

**REGIONE  
TOSCANA**



**ARPAT**

# **Rapporto sullo stato delle acque marine in Toscana 2001**







**RAPPORTO SULLO STATO  
DELLE ACQUE MARINE IN TOSCANA  
2001**



# **Rapporto sullo stato delle acque marine in Toscana 2001**



a cura di

Antonio Melley e Marisa Iozzelli

Firenze, dicembre 2001

## **Rapporto sullo stato delle acque marine in Toscana**

Redazione: Antonio Melley, ARPAT

Realizzazione editoriale: Centro Stampa 2P, Firenze

Elaborazioni cartografiche: Antonio Melley, ARPAT

Finito di stampare nel mese di dicembre 2001

*In copertina:*

Spiaggia Lunga – Promontorio di Piombino

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>13</b>
1.1	La Toscana: politiche per una regione marittima	13
1.2	Normative	15
1.2.1	La qualità delle acque di balneazione	15
1.2.2	Qualità delle acque marino costiere	19
1.3	L'impegno di ARPAT sul mare	24
1.4	Interreg IIC e IIIB – Risultati conseguiti e attesi	27
1.4.1	Interreg IIC “Salvaguardia Preventiva dell'Ecosistema Costiero ed Insulare Toscano”.	27
1.4.2	Interreg IIC “Controllo della contaminazione marina costiera”	28
1.4.3	Interreg IIIB “Individuazione di indici biologici per le acque costiere del Mediterraneo – BIOCoast”	28
1.4.4	Interreg IIIA “Traccianti di contaminazione dei fondali marini”.	30
1.5	Definizione fascia costiera	31
1.6	Caratterizzazione delle coste e delle acque	33
1.6.1	Morfologia costiera e batimetria	33
1.6.2	Caratteristiche fisiche	34
<b>2</b>	<b>INDICATORI</b>	<b>36</b>
2.1	Metodologia	36
2.1.1	Il metodo DPSIR	36
2.1.2	Il SINAnet ed i Centri Tematici Nazionali	37
2.1.3	Applicazione del DPSIR alle acque costiere	38
2.1.4	Gli indicatori utilizzati	39
2.2	I determinanti	43
2.2.1	Popolazione	43
2.2.2	Turismo	46
2.3	Le pressioni	52
2.3.1	Attività produttive	52
2.3.2	Carichi organici potenziali	55
2.3.3	Carichi trofici	60
2.3.4	Carichi fluviali: l'Arno	66
2.3.5	Traffico marittimo	71
2.3.6	Pesca	73
2.4	Lo stato	79
2.4.1	Nutrienti, biomassa e Indice trofico TRIX	79
2.4.2	Indice di Qualità Batteriologica (IQB)	87
2.4.3	Nuovi indici proposti	92
2.5	L'impatto	94
2.5.1	La balneazione e i divieti	94

2.5.2	Idoneità alla balneazione	95
<b>2.6</b>	<b>Le risposte</b>	<b>98</b>
2.6.1	Bilancio depurativo	98
2.6.2	Investimenti in campo della depurazione	102
<b>3</b>	<b>PROBLEMATICHE VARIE</b>	<b>106</b>
3.1	Eutrofizzazione	106
3.2	Fioriture algali e biotossine	109
3.3	Le mucillagini nel Tirreno toscano	111
3.4	Aree critiche (Solvay, Piombino, Livorno)	114
3.4.1	Area di Livorno.	116
3.4.2	Area di Rosignano Solvay.	118
3.4.3	Area di Piombino.	122
3.5	Inquinamento da idrocarburi in mare	124
<b>4</b>	<b>PROSPETTIVE</b>	<b>126</b>
4.1	Stato della conoscenza per la redazione dei Piani di Tutela	126
4.1.1	Acque di balneazione	126
4.1.2	Acque marino costiere	128
4.2	Nuovi modelli di monitoraggio: ipotesi di un Osservatorio regionale	129
4.2.1	L'Osservatorio regionale	131
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>132</b>



## AUTORI E ARGOMENTI

### COORDINAMENTO:

Antonio Melley, *ARPAT, CTN\_AIM*

### INTRODUZIONE:

Mario Bucci, *ARPAT, Area “Mare”*

Marisa Iozzelli, *Regione Toscana, Area Tutela acque interne e costiere*

Paolo Matina, *Regione Toscana, Area Tutela acque interne e costiere*

Antonio Melley, *ARPAT, CTN\_AIM*

### METODOLOGIA, INDICATORI DI DRIVING E DI PRESSIONE:

Antonio Melley, *ARPAT, CTN\_AIM*

### PESCA

Roberto Auteri, *ARPAT, Area “Mare”*

Romano Baino, *ARPAT, Area “Mare”*

### INDICATORI DI STATO

Mario Bucci, *ARPAT, Area “Mare”*

Marco Cruscanti, *ARPAT, Area “Mare”*

Lucio De Maio, *ARPAT, Area “Mare”*

Luisa Gori, *ARPAT, Area “Mare”*

Marisa Iozzelli, *Regione Toscana, Area Tutela acque interne e costiere*

Antonio Melley, *ARPAT, CTN\_AIM*

Daniela Verniani, *ARPAT, Area “Mare”*

### INDICATORI DI IMPATTO

Marisa Iozzelli, *Regione Toscana, Area Tutela acque interne e costiere*

Antonio Melley, *ARPAT, CTN\_AIM*

#### INDICATORI DI RISPOSTA

Roberto Calzolari, *Regione Toscana, Area Tutela acque interne e costiere*

Marisa Iozzelli, *Regione Toscana, Area Tutela acque interne e costiere*

Antonio Melley, *ARPAT, CTN\_AIM*

#### PROBLEMATICHE VARIE

Mario Bucci, *ARPAT, Area “Mare”*

Lucio De Maio, *ARPAT, Area “Mare”*

Michele Magri, *ARPAT, Area “Mare”*

Antonio Melley, *ARPAT, CTN\_AIM*

Franco Simoni, *ARPAT, Area “Mare”*

#### PROSPETTIVE

Marisa Iozzelli, *Regione Toscana, Area Tutela acque interne e costiere*

Antonio Melley, *ARPAT, CTN\_AIM*

#### RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare tutti coloro che, a titolo personale od in modo istituzionale, hanno fornito i dati necessari alla realizzazione del documento e, in particolare, l'Area Extradipartimentale Statistica della Regione Toscana, i Dipartimenti ARPAT di Massa Carrara, Lucca, Pisa, Livorno, Piombino e Grosseto, il personale dell'Area “Mare” e del CTN\_AIM di ARPAT, il Dipartimento della Prevenzione del Ministero della Salute, il Servizio Difesa Mare del Ministero dell'Ambiente, il Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale e l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.

## **PRESENTAZIONE**

Con questo rapporto, che si inserisce nel panorama più vasto della 6<sup>a</sup> Conferenza Regionale sull'Ambiente, vogliamo dare un significativo contributo alla diffusione della conoscenza sullo stato delle acque marine nella nostra regione, nella convinzione che la trasparenza e le informazioni sono già una garanzia di tutela ambientale.

Con queste pagine mettiamo così a disposizione i dati raccolti nel corso degli anni da ARPAT, l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana, nella sua veste istituzionale di agenzia regionale deputata ai controlli. Offriamo, cioè, a lettori, che auspichiamo non solo specialisti e addetti al settore, il frutto di un impegno dell'Agenzia che, peraltro in stretto raccordo col Dipartimento delle politiche territoriali e ambientali della Regione Toscana, è assai più vasto e imperniato sul diritto-dovere della trasparenza e dell'informazione diffusa.

I dati raccolti e pubblicati si riferiscono alla qualità delle acque marine in relazione alla loro idoneità alla balneazione ed al loro stato ambientale. Ovviamente si tratta di una conoscenza assolutamente non fine a se stessa. Serve ai cittadini, serve agli operatori turistici e a quanti vorranno tuffarsi consapevolmente nelle acque del mare toscano. E serve moltissimo agli amministratori, perché i controlli e le analisi svolte dalla Agenzia regionale, e più complessivamente l'insieme delle attività di monitoraggio delle acque marine costiere, rappresentano la base conoscitiva necessaria per la predisposizione dei Piani di tutela delle acque, ai sensi della normativa vigente.

In conformità con la metodologia sugli indicatori DPSIR (Driving forces, Pressure, State, Impact, Response), viene approfondita l'analisi dello stato qualitativo delle acque marine che, alla luce dell'attività di controllo ormai pluriennale dell'Agenzia, caratterizza e distingue la Toscana nel panorama nazionale.

I risultati, soprattutto se confrontati con i dati raccolti nei primi anni di monitoraggio, sono più che confortanti. L'ultima stagione balneare, tra l'altro, è risultata quella con le analisi migliori da quando abbiamo avviato questa specifica attività di controllo. Questo ci conforta a proseguire ulteriormente su questa strada. Di fronte abbiamo altre grandi sfide. La Toscana si attende dal nostro impegno una rapida attuazione della riforma dell'organizzazione del servizio idrico integrato, avviata con la legge Galli, insieme ad azioni significative di contenimento della pressione sugli attingimenti da falda lungo la costa e di riduzione degli scarichi non depurati a mare.

Ripeto, sono sfide impegnative, ma alle quali possiamo guardare con fiducia. Questo stesso volume è di per se stesso una prova non solo della strada percorsa, ma anche del fatto che in Toscana possiamo ritenere davvero raggiungibili gli obiettivi di qualità delle acque determinati dal D.Lgs 152/99 per i prossimi anni. Di più: sono convinto che sapremo bruciare i tempi, anticipando le scadenze fissate dalla normativa.

*L'Assessore all'Ambiente della Regione Toscana*

Tommaso Franci

## PREMESSA

L'uscita di questo volume può rappresentare il frutto di una maturazione, da lungo tempo in atto, verso una presa definitiva di coscienza circa la "marittimità" della Regione.

La Toscana è una regione con un notevole sviluppo costiero, una spiccata vocazione turistica ed una lunga tradizione di traffici marittimi, oltre che ricca di ambienti litoranei assai diversificati (coste sabbiose e scogliere, lagune costiere ed isole). Nelle sue acque si possono ritrovare sia zone fortemente influenzate dalle attività umane (industriali, portuali, residenziali) che aree del tutto integre e naturali (per esempio, alcune delle isole dell'Arcipelago Toscano).

Essa può, quindi, configurarsi come rappresentativa delle diverse situazioni che si incontrano lungo le coste italiane, per delineare le quali occorrono strumenti conoscitivi e di controllo idonei a permetterne una razionale gestione per quanto concerne la zona marino – costiera.

Per questi motivi Regione Toscana e ARPAT si sono da tempo poste il problema di come affrontare in modo razionale ed efficace la questione del controllo e della protezione del mare costiero regionale.

Il monitoraggio delle acque destinate alla pratica balneare costituisce, ormai, "storia" in tema di controlli e ci sentiamo di poter affermare che la sintonia tra ARPAT, Regione e Ministero della Salute assicura un intervento veramente ottimale, i risultati del quale, tra l'altro, sono ampiamente visibili.

Ma il mare non rappresenta soltanto ambiente di svago e ricreazione, esso è, invece, un ambiente complesso, ben diverso dal microecosistema costituito dalle acque di balneazione, selezionate in funzione del loro utilizzo e scarsamente influenzate dal regime delle correnti e dalle condizioni meteomarine.

Si è reso, quindi, necessario caratterizzare e controllare gli ecosistemi marini costieri nella loro accezione più completa, anche al fine di quantificare le deviazioni dalla norma prodotte da fenomeni di inquinamento. E allora nella "storia" dei controlli è entrato a far parte il Poseidon, la nostra bella imbarcazione oceanografica, acquisita tramite la messa a disposizione, da parte della Giunta Regionale, di un finanziamento "vincolato" (circa un miliardo); si è così potuto disporre di un mezzo, e di un'organizzazione specialistica a esso legata, proprio per affinare e completare le attività di studio e controllo del nostro mare.

Nello studio della fascia costiera, oltremodo prezioso si è rivelato il criterio nuovo con il quale si sono affrontati i vari temi; è il tipo di approccio che ha diretto le attività del Centro Tematico Nazionale per le Acque Interne e Marine Costiere (CTN AIM) del quale l'ARPAT era, ed è tuttora, leader. Questo approccio, indicato con l'acronimo DPSIR (Driving, Pressure, State, Impact, Response), è basato sull'uso di un insieme di indicatori ed indici proposto dall'Agenzia Ambientale Europea ed adottato da ANPA per l'Italia. Il "reporting" ambientale che ne deriva è ritenuto il modo più

significativo di rappresentare l'ambiente e la sua evoluzione. In esso si prevede la messa a punto e l'utilizzo di 5 tipologie di strumenti conoscitivi, in modo da valutare non solo lo "stato dell'ambiente", ma le cause primarie che ne determinano i mutamenti (**Driving** = Forza motrice), le **Pressioni** che agiscono direttamente, lo **Stato** e il conseguente **Impatto** che queste provocano e le **Risposte** in termini normativi, strutturali e gestionali, attuate per compensare o mitigare gli effetti delle pressioni e gli impatti.

I punti critici, le "driving forces" e le pressioni, non mancano di certo lungo la nostra costa; ricordo Marina di Massa e il suo porto, Livorno e la sua zona portuale e industriale; Rosignano e lo scarico Solvay; Piombino con il porto e la grande area siderurgica. Mi preme sottolineare, inoltre, la fragilità ambientale della costa settentrionale della regione, con il rischio costituito dalle foci dei fiumi drenanti gran parte del territorio regionale (o, almeno, di quello più densamente popolato) e la possibilità del manifestarsi di fenomeni, anche di una certa rilevanza, conseguenti all'apporto di carico trofico.

Il presente Rapporto, l'importanza ad esso attribuita, significa, e me lo auguro veramente, che la Regione Toscana sta ormai diventando una regione marittima.

Una regione, cioè, fortemente legata alla tutela del suo mare, alle problematiche relative ai trasporti marittimi ed allo sfruttamento delle risorse marine, una regione che ha richiesto e voluto che il suo mare fosse compreso all'interno di quella vasta area di salvaguardia denominata "Santuario dei Cetacei". E a questo proposito desidero non dimenticare l'incidente alla nave Erika, affondata nel 2000 in prossimità della Bretagna, con un carico diretto verso le nostre coste, che, tra l'altro, riportò l'attenzione sulla questione della navigazione costiera delle grandi petroliere e in genere dei bastimenti con carichi pericolosi a bordo.

La marittimità della nostra Regione dovrà essere capace di misurarsi anche con questo tipo di sfide.

Alessandro Lippi

*Direttore Generale ARPAT*



## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 *La Toscana: politiche per una regione marittima*

Affermare che la Toscana è una regione marittima non risulta certo originale: tale affermazione appartiene alla geografia quanto alla storia della nostra regione.

Affermare invece che la regione Toscana, tra le regioni bagnate dal mare, presenta oggi una spiccata vocazione marittima, se teniamo conto della popolazione insediata lungo la costa e nelle isole, di quella fluttuante per motivi turistici, delle attività economiche legate al turismo ed all'industria, insediate lungo la costa, e se teniamo conto del loro peso, sia in relazione all'interno della regione, che in rapporto ai valori degli analoghi insediamenti di altre regioni marittime, tale affermazione risulta già più interessante.

Rispetto a tali condizioni e caratteristiche territoriali, socio-economiche ed ambientali, la Regione Toscana ha, nel corso degli anni, messo in atto politiche per la tutela delle acque marine che, progressivamente, hanno assunto un particolare rilievo.

Prima di esplicitare tali politiche e riassumere i risultati conseguiti, che vengono illustrati nel dettaglio in questa pubblicazione, appare opportuno richiamare come la Toscana, dal punto di vista geografico, presenti una specifica particolarità.

Il suo territorio è costituito, essenzialmente, da un insieme di bacini idrografici che si sviluppano per intero nella regione. Solo una minima parte del territorio toscano fa parte infatti di bacini idrografici che si sviluppano in altre regioni. In altre parole, nel tratto di mare toscano confluiscono solamente, o quasi (l'unica eccezione è il fiume Magra, al confine tra Toscana e Liguria) i corsi d'acqua provenienti dalla nostra regione.

Ciò comporta che lo stato quanti-qualitativo delle acque interne e le azioni messe in atto per la loro tutela e risanamento si ripercuotono direttamente sul nostro mare. La Toscana si presenta e si comporta pertanto come un unico grande bacino ove tutte, o quasi, le sue acque interne, e solo queste, confluiscono, e quindi condizionano qualitativamente, le acque marine.

Questa particolarità non può non condizionare, positivamente, il governo dell'acqua della Regione e degli altri enti competenti e le politiche da essa messe in atto: i benefici della tutela e del risanamento delle acque interne sono riscontrabili localmente, rendendo massima l'efficacia e le sinergie delle diverse politiche per le acque.

All'interno di questo modello semplificato del territorio e delle acque si riscontrano alcuni punti di crisi ambientale in relazione alle pressioni in esso insistenti, i cui elementi principali sono identificabili nell'asta media e bassa del fiume Arno, in alcuni acquiferi sotterranei delle aree di pianura sottoposti ad emungimenti eccessivi (soprattutto della Valle dell'Arno), nelle acque di transizione superficiali (bacino del

Lago di Massaciuccoli e di Burano, Laguna di Orbetello) e nelle acque costiere in corrispondenza della confluenza di dette acque superficiali interne col mare.

A queste si aggiunge il territorio dell'intera fascia costiera, interessata da fenomeni di intrusione e risalita del cuneo salino. Le acque interne sotterranee presentano problematiche, ancorché specifiche e particolari conseguenze, analoghe alle acque superficiali di transizione; potrebbe pertanto essere individuata per la nostra regione, lungo la fascia territoriale costiera, una nuova tipologia di acqua interna: l'acqua sotterranea di transizione.

Passando all'analisi delle acque marine, oggetto del presente studio, le politiche messe in atto si sono storicamente conformate alle funzioni ed alle attività presenti nella fascia costiera. Alla riduzione del ruolo del mare quale infrastruttura per la mobilità di merci e persone, al conseguente ridimensionamento e differenziazione dei porti, in relazione anche alla diversa presenza della pesca, alla riduzione (seppur minima e localizzata nel nord della regione) della grande industria, si è consolidata, estesa e differenziata la pressione turistica, legata non più esclusivamente alla sola balneazione. Il turismo si presenta oggi, insieme alla presenza storica delle città, la nuova industria che esprime la prevalente, diffusa pressione antropica sulla costa e sul mare.

Rispetto alle altre funzioni la pressione determinata dal turismo (in analogia soltanto alla pesca) si presenta con una forte caratterizzazione ambientale, avendo fra i propri requisiti e presupposti un ambiente naturale sano, con la minima contaminazione, e quindi "bello".

Tale requisito ambientale risulta capace di assumere il ruolo ordinatore dell'intero assetto e organizzazione delle coste e dell'intera fascia costiera, compresa la qualità delle acque interne confluite nel mare. Le politiche per il turismo, quelle per la pesca, divengono pertanto le politiche cardine del mare, che impongono requisiti per le altre e dettano livelli e standard qualitativi paradigmatici, spesso superiori a quelli oggi prescritti dalla disciplina vigente, non solo per l'acqua, ma anche per gli altri media naturali (aria, territorio).

Rispetto alle considerazioni sin qui svolte ed ai riferimenti assunti, per quanto specificatamente riguarda l'uso turistico del mare, si può con soddisfazione affermare che la Toscana è, grazie alle politiche messe in atto da un decennio, ormai all'avanguardia nella applicazione e nel rispetto della normativa per la balneazione.

Per quanto riguarda la qualità complessiva delle acque costiere, a fronte di una situazione delle acque interne superficiali e sotterranee della regione, che presenta punti di crisi e livelli qualitativi non sempre soddisfacenti, ad eccezione di alcune aree di crisi puntuali (foci di fiumi, porti, presenza di significativi scarichi industriali), il livello qualitativo si presenta generalmente buono, in ciò anticipando il raggiungimento di obiettivi di qualità che il D.Lgs 152/99 pone dopo il 2008.

Le politiche messe in atto da parte della Regione, coerentemente recepite e sviluppate sia dagli Enti Locali direttamente, che attraverso le Autorità di Ambito per quanto riguarda il servizio idrico integrato, si pongono pertanto l'obiettivo sia del mantenimento dei livelli soddisfacenti già raggiunti, sia di raggiungerne di migliori per aree critiche. Tali politiche assumono strumenti e canali organizzativi diversi, i cui punti



di rilievo sono costituiti dai piani integrati di area, per specifiche aree, i piani di Ambito per il servizio idrico integrato, il Piano di tutela delle acque, il piano regionale per la tutela della costa, i Piani di bacino e quelli territoriali, oltre ai piani settoriali di specifici settori economici.

L'unitarietà delle politiche è garantita dal paradigma ambientale che, come richiamato in precedenza, assume il turismo, la pesca e la difesa del territorio quali punti di riferimento.

## **1.2 Normative**

I controlli delle acque marine costiere sono regolamentati da quattro importanti atti legislativi.

In ordine cronologico il primo è costituito dal D.P.R. 8 giugno 1982, n. 470 *“Attuazione della direttiva (CEE) n. 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione”*, il secondo riguarda la Legge 31 dicembre 1982, n. 979 *“Disposizioni per la difesa del mare”*, il terzo è costituito dal Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152 *“Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”*, e infine il quarto riguarda l'articolo della Legge 29 dicembre 2000, n. 422 *“Legge comunitaria 2000”*.

### **1.2.1 La qualità delle acque di balneazione**

Il recepimento della direttiva (CEE) n. 76/160 con il citato D.P.R. n. 470/82 colma una lacuna legislativa in materia igienico-sanitaria delle acque di balneazione interne e marine; non esistevano infatti precedenti normative specifiche, fatte salve le generiche disposizioni del Regio Decreto n. 726/1895 sugli stabilimenti balneari, del Testo Unico delle Leggi Sanitarie del 1934 e della Circolare del Ministero della Salute 400/5/79 del 1979 che, anticipando il D.P.R. citato, contiene le prime disposizioni specificatamente attinenti alla balneazione.

La Regione Toscana anticipa, fin dal 1980, lo spirito del D.P.R. n. 470/82 dando operatività al contenuto della Circolare Ministeriale ed attivando, attraverso i Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale delle Unità Sanitarie Locali, il controllo delle acque di balneazione.

Il Decreto riconosce alle Regioni un ruolo centrale nella gestione del controllo attribuendo ad esse, tra l'altro:

- la competenza di individuare, sulla base delle analisi, le zone idonee o non idonee alla balneazione (art. 4 lettera b),
- la facoltà di richiedere al Ministero della Salute le deroghe ai limiti imposti ad alcuni parametri (art. 4 lettera e),
- l'individuazione dei punti di campionamento senza però fissare nessuna modalità operativa (art. 14 lettera a).

Sulla scorta delle segnalazioni ed in stretta collaborazione con i tecnici delle Unità Sanitarie Locali che già dal 1970 sottoponevano la costa toscana a controlli periodici e che perciò stesso ne conoscevano bene la morfologia, la densità della popolazione balneare, le situazioni territoriali particolari, le consuetudini balneari, la Regione ha individuato fin dal 1983 circa 300 punti di campionamento, attualmente 368, lungo i 633 chilometri di costa.

I criteri sui quali si fondò la scelta dei punti furono sostanzialmente:

- densità di popolazione balneare,
- presenza di strutture adibite alla balneazione,
- accessibilità dei luoghi da terra,
- consuetudini balneari della popolazione,
- fonti di possibile inquinamento da mare e da terra.

Grazie alla stretta e fattiva collaborazione tra Enti Locali, Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale, Regione e Ministero della Salute, pur dovendo superare i primi momenti critici dell'applicazione di una normativa non facile da gestire e da mettere a regime, i criteri seguiti si sono dimostrati validi, utili e garantistici per la sorveglianza igienico-sanitaria e la tutela della salute.

La suddetta normativa considera prevalentemente l'aspetto sanitario della questione; in conseguenza di ciò gli 11 parametri da ricercare nelle acque sottoposte ad analisi sono così suddivisi:

- 4 parametri di natura microbiologica (coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, salmonella),
- 7 parametri di natura chimica-fisica (pH, ossigeno disciolto, colorazione, trasparenza, oli minerali, tensioattivi, fenoli).

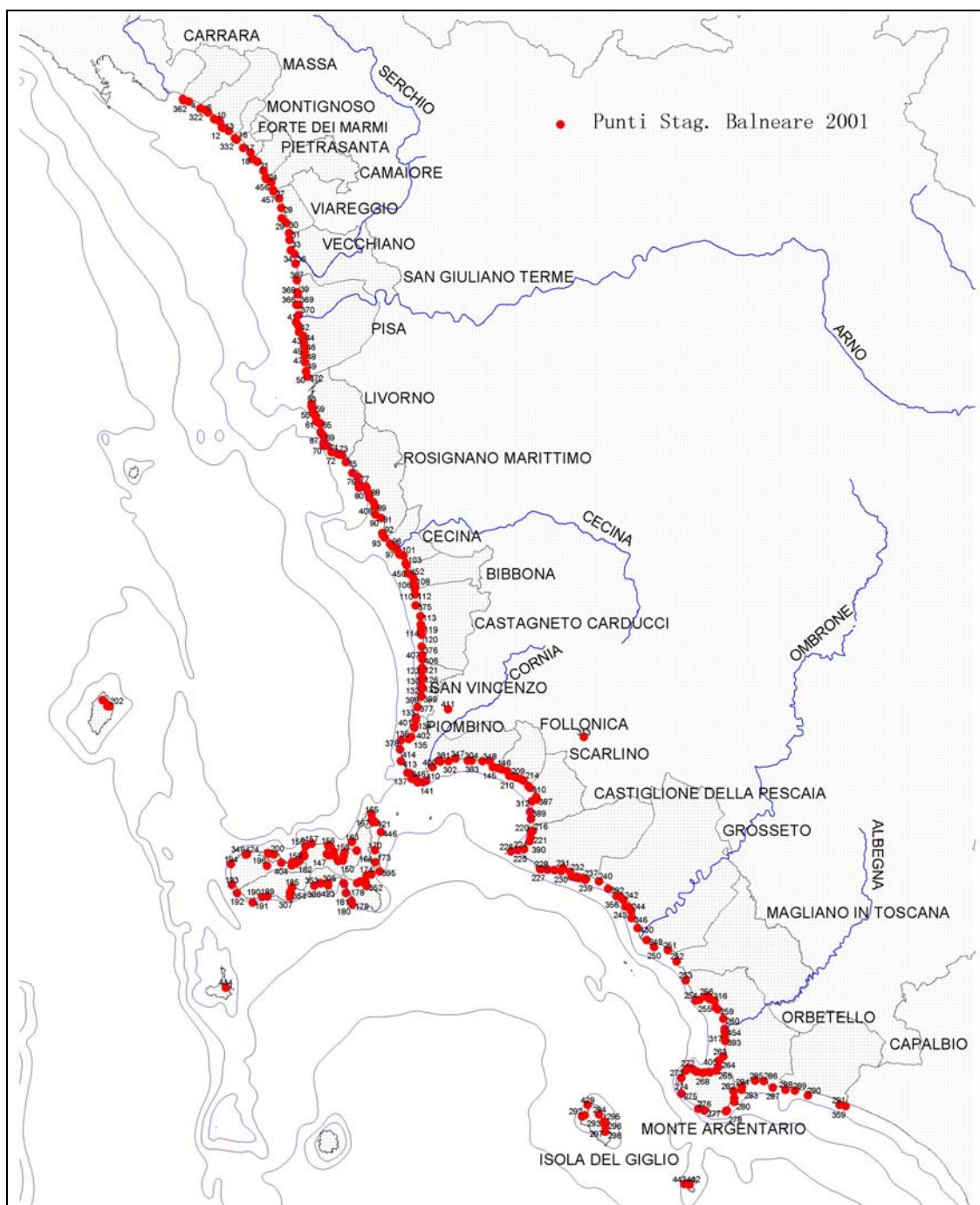
I prelievi vengono eseguiti ogni 15 giorni nel periodo compreso fra il 1° aprile e il 30 settembre, e per ogni singolo punto di campionamento, i prelievi sono opportunamente distanziati durante il mese.

Ciascun punto di campionamento risulta idoneo alla balneazione se tutti i parametri ricercati sono conformi ai valori previsti dal DPR 470/82; se anche un solo parametro risulta non conforme, il punto viene sottoposto a 5 campionamenti suppletivi e, in caso di ulteriore non conformità di almeno 2 di essi, viene emessa ordinanza sindacale di temporanea non idoneità.

All'inizio della stagione balneare, ciascun punto di campionamento risulta idoneo alla balneazione quando le analisi effettuate durante l'anno precedente hanno evidenziato la conformità dei parametri batteriologici per l'80% dei campioni prelevati e dei parametri chimici e fisici per il 90% dei campioni prelevati.

Dall'esame dei parametri appare già l'intendimento del legislatore, rivolto a elaborare un protocollo normativo teso alla tutela dei bagnanti. Se si considera, poi, che i prelievi devono essere effettuati in acque comprese entro fondali non superiori ai 120 cm di profondità, in caso di coste sabbiose, od entro 5m dalla costa, nel caso di

scogliere, e, comunque, in zone prevalentemente adibite alla pratica ricreativa, è chiaro come si vada in realtà a indagare un microecosistema costituito da acque prossime alla battigia, scarsamente influenzate dal regime delle correnti e dalle condizioni meteomarine selezionate in funzione del loro utilizzo.



*Figura 1 - Punti di prelievo per il controllo delle acque di balneazione in Toscana nella stagione 2001*

Durante la stagione balneare 2001, su 633 chilometri di costa, alla quale concorrono zone inaccessibili per varie ragioni, quali le coste dell'Arcipelago Toscano, del promontorio dell'Argentario, del Parco dell'Uccellina, sono stati controllati 368 punti di balneazione.

A partire dalla stagione balneare 1995 le Isole di Gorgona e di Pianosa sono state dichiarate permanentemente non balneabili per motivi indipendenti da inquinamento in quanto sedi di colonie penali e perciò non accessibili; ugualmente non balneabile per motivi indipendenti da inquinamento è stata dichiarata l'Isola di Montecristo perché riserva naturalistica integrale. Con Decreto Ronchi del 1998 anche l'Isola di Pianosa, ormai rimossa la colonia penale, è stata dichiarata riserva naturalistica integrale.

I controlli hanno riguardato anche due punti di balneazione interna, uno sul Laghetto Calidario in Comune di Campiglia Marittima e uno sul Lago dell'Accesa in Comune di Massa Marittima.

Il D.P.R. n. 470/82 non ha subito nessuna modifica fino alla emanazione della Legge 29 dicembre 2000, n. 422 che, con l'articolo 18, ha dettato nuove e più severe norme in materia di acque di balneazione.

Innanzitutto quando per i coliformi totali e fecali vengano superati rispettivamente i valori di 10'000/100 ml e 2'000/100 ml, la percentuale dei campioni conformi passa dall'80% al 95%; inoltre, se per due stagioni balneari consecutive un punto dimostra la non conformità alla balneazione, tale zona deve essere vietata e poste contemporaneamente in atto misure di miglioramento volte a rimuovere le cause dell'inquinamento; infine, se durante la stagione balneare precedente sono stati effettuati campionamenti routinari in numero inferiore a quelli previsti, la zona dovrà essere vietata alla balneazione per tutta la stagione balneare successiva.

Pertanto, se per un verso la Legge n. 422/2000 ha fatto notevoli passi avanti a vantaggio della prevenzione e del miglioramento delle acque di balneazione imponendo limiti più severi e restrittivi dei precedenti, ha anche imposto delle regole talvolta troppo punitive e assolutamente non giustificate.

Va, comunque, apprezzato il merito di questa norma di aver riconosciuto il ruolo delle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale, a distanza di sei anni dalla loro istituzione, perlomeno di quella toscana.

Da tempo è stata avvertita la necessità di modificare l'attuale Direttiva Europea 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione e, in seguito alle conclusioni a cui si è giunti nel corso di diversi seminari internazionali e italiani, è stata stabilita l'esigenza di una sua revisione. Nel 1994 il Consiglio dell'Unione Europea ha pertanto presentato una proposta di nuova Direttiva che modificava parzialmente quella attuale ma che, ritenuta insoddisfacente, è stata poi respinta nel 1999 da quattordici Stati membri dell'Unione su quindici.

Attualmente è in preparazione una nuova proposta che prevede un approccio innovativo e conforme alle più recenti politiche di programmazione e gestione delle risorse ambientali nell'ambito di quanto proposto dall'OMS e congruente alle disposizioni inserite nella Direttiva Quadro sulle acque.

Sulla base dell'attuale normativa, di fondamentale importanza è la fase di controllo analitico delle acque che, mediante la determinazione delle caratteristiche microbiologiche, è stata finora ritenuta in grado di fornire indicazioni sulla potenziale presenza di microrganismi patogeni e quindi di segnalare un rischio per la salute dei bagnanti.

Nelle norme attuali sono tuttavia evidenti alcune limitazioni di non scarso rilievo: la valutazione della qualità delle acque è di carattere retrospettivo, sia perché l'idoneità o meno alla balneazione di una determinata zona deriva dai risultati dei controlli effettuati nell'anno precedente, sia perché le risposte degli esami analitici svolti per la ricerca degli indicatori di contaminazione si ottengono solo dopo l'eventuale avvenuta esposizione al pericolo.

Inoltre, il controllo della qualità delle acque viene, attualmente, effettuato solo per verificare se esiste rispondenza dei risultati delle analisi con i valori parametrici fissati.

Necessario sarebbe invece individuare e riconoscere tutti i meccanismi responsabili dell'eventuale superamento dei limiti stabiliti e i processi che determinano la qualità dell'acqua e la sua variabilità per potere minimizzare l'impatto delle attività antropiche tramite interventi di gestione mirati al miglioramento della qualità delle acque.

Sulla base di questi nuovi principi è auspicabile che venga elaborata la nuova Direttiva Europea sulla qualità delle acque di balneazione che, mediante interpretazione delle interrelazioni tra caratteristiche del territorio e determinazioni analitiche di un più ristretto numero di più specifici parametri a carattere sanitario, potrà permettere di elaborare modelli più coerenti e significativi di previsione, valutazione e gestione del rischio associato alla balneazione.

La conoscenza di tutti i diversi fattori, caratteristiche e specificità del territorio capaci di avere effetto sulla qualità dell'ambiente, capaci di concorrere alla variabilità delle condizioni ambientali, potrà permettere di promuovere il miglioramento progressivo della qualità ambientale per predisporre le più appropriate misure di prevenzione e tutela della salute pubblica. Inoltre, questo nuovo approccio potrebbe portare ad una modifica del principio, attualmente adottato e predisposto dalle norme in vigore, di "punizione/chiusura delle spiagge, quando si verifichi un superamento dei valori dei parametri", con il principio di "punizione/chiusura delle spiagge, legata a mancati interventi di miglioramento e risanamento delle aree in risposta a dati di non conformità ai valori dei parametri".

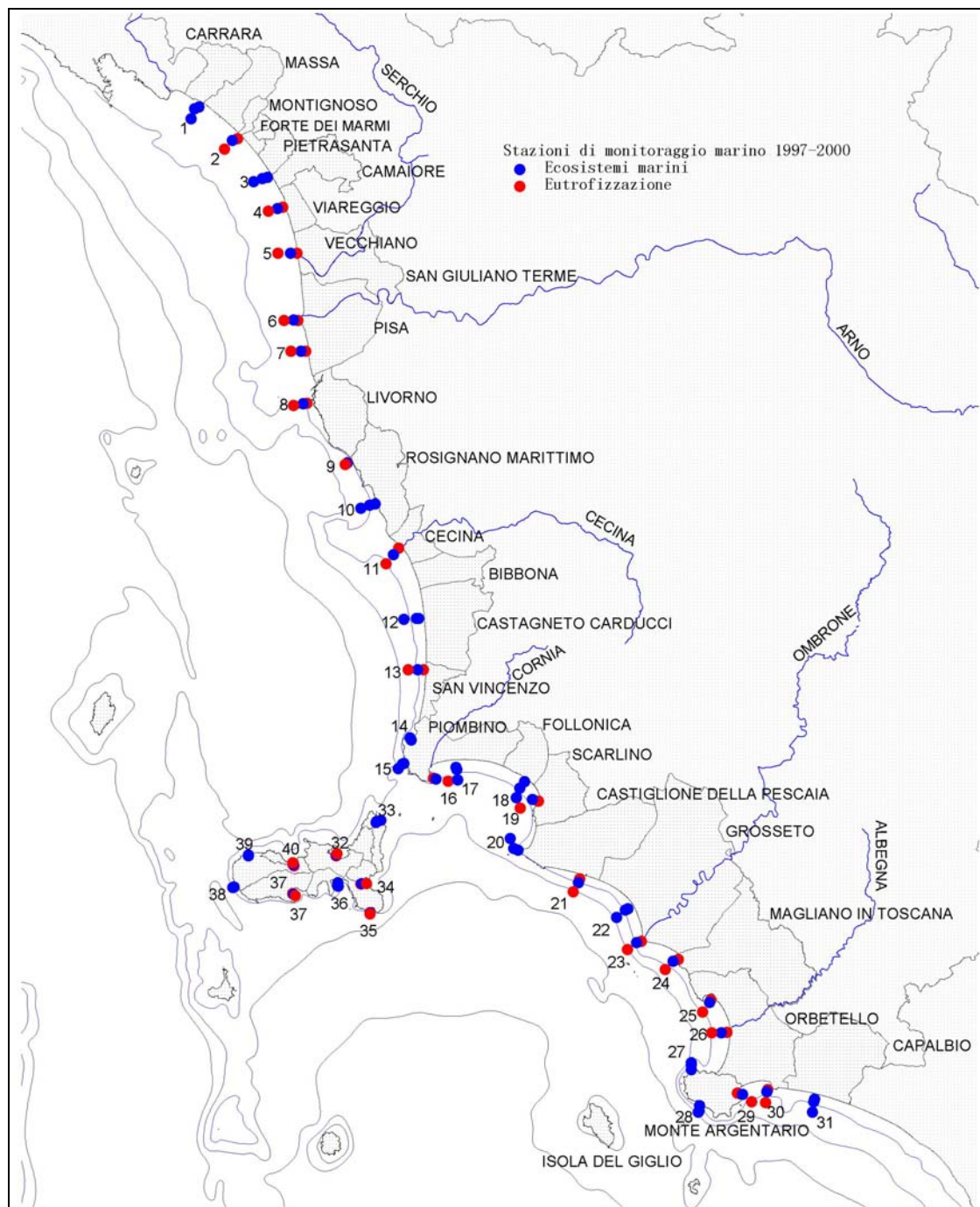
### **1.2.2 Qualità delle acque marino costiere**

La Legge n. 979/82, prima norma italiana, in ordine di tempo, che stabiliva criteri e competenze per il monitoraggio ed il controllo del mare, è indirizzata ad un controllo ambientale più ampio ed ha tra i principali obiettivi quello di:

- attivare programmi di monitoraggio marino,
- predisporre piani di pronto intervento contro gli inquinamenti da idrocarburi,

- istituire riserve marine.

Il Ministero dell'Ambiente ha infatti stipulato, a partire dal 1997, con le regioni marittime italiane specifiche convenzioni triennali al fine di dare attuazione ai programmi di monitoraggio in mare previsti dalla Legge citata.



*Figura 2 - Stazioni di monitoraggio delle acque marine costiere della Toscana nel periodo 1997-2000*

Il programma di monitoraggio della Regione Toscana, realizzato in convenzione con il Ministero dell'Ambiente ed affidato all'ARPAT, ha avuto inizio con il primo triennio dal maggio 1997 al dicembre 2000, e prosegue con il nuovo programma triennale, che va ad integrarsi con il monitoraggio previsto dal citato decreto n. 152/99, con inizio nel giugno 2001 e termine previsto nel maggio 2004.

Il monitoraggio del primo triennio poneva sotto controllo la costa regionale continentale e dell'Isola d'Elba, con esclusione delle sole isole minori, per una lunghezza di circa 400 chilometri, individuando (Figura 2):

- 40 transetti, con 3 stazioni su ciascuno (500m, 1000m, 3000m dalla linea di costa), per il monitoraggio degli ecosistemi marini;
- 23 transetti, con 2 stazioni su ciascuno (500m, 3000m dalla linea di costa), per il controllo dell'eutrofizzazione;
- 14 zone per il monitoraggio di molluschi bivalvi.

L'individuazione dei transetti è stata fatta secondo un criterio puramente geografico, prevedendone uno ogni 10 km per il monitoraggio degli ecosistemi marini e uno ogni 20 km per l'eutrofizzazione. Le zone per il monitoraggio dei bivalvi sono state localizzate in vicinanza delle principali sorgenti litoranee di contaminazione (foci di fiumi, prossimità di porti, zone industriali costiere ecc.).

I prelievi, per il monitoraggio dell'eutrofizzazione, venivano eseguiti bimensilmente nel periodo giugno-settembre e mensilmente nel periodo ottobre-maggio per un totale di 16 ogni anno su ognuna delle tre stazioni previste per ogni transetto individuato; mentre per il monitoraggio degli ecosistemi marini e dei bivalvi la frequenza era stagionale.

Il D.Lgs. 152/99, che si inserisce su questo impianto normativo senza abrogarlo, ma rinnovando ed integrando, richiama i nuovi concetti di tutela della qualità delle acque costiere e di ecosistemi marini attraverso l'adozione e lo sviluppo di nuovi metodi per l'identificazione delle sorgenti di inquinamento e la conoscenza delle cause e del degrado dello stesso, nelle sue diverse manifestazioni.

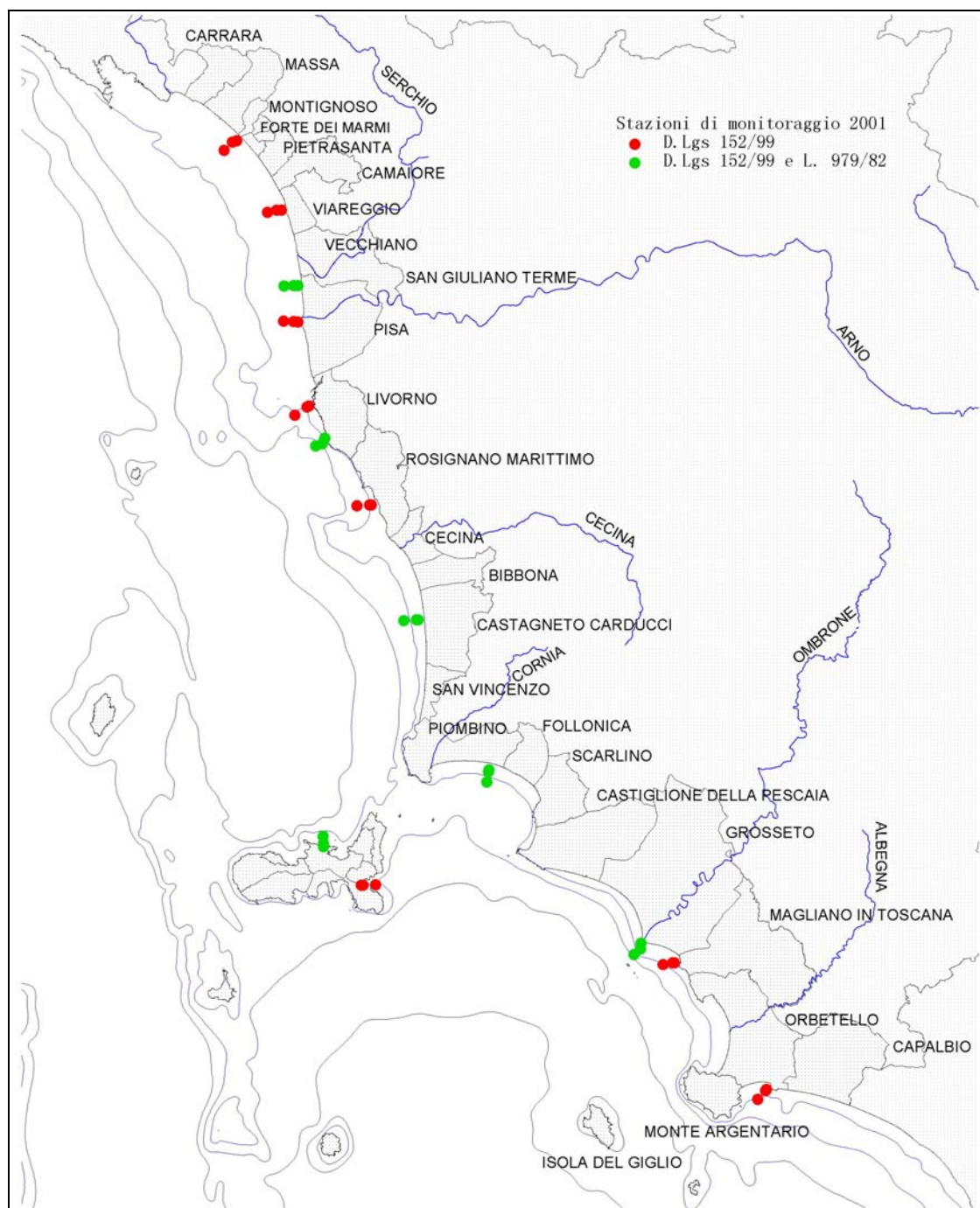
Uno degli elementi di novità introdotti è il concetto di una politica ambientale volta al perseguimento e/o al mantenimento di prefissati obiettivi di qualità dell'ambiente marino costiero, in accordo con gli attuali orientamenti comunitari.

Il criterio nuovo - contenuto nella normativa attuale - che chiarisce e informa la natura stessa del monitoraggio delle acque in genere, e quindi anche del mare costiero, è chiaramente evidente nell'introduzione dello stato di qualità ambientale dei corpi idrici superficiali, che per le acque marine costiere, è definito sulla base di:

- stato chimico, che deve essere definito in base alla presenza di sostanze chimiche pericolose nei sedimenti e negli organismi bioaccumulatori (molluschi bivalvi)
- stato ecologico, che deve essere definito sulla base dello stato trofico, che corrisponde all'applicazione dell'indice TRIX, dello stato chimico e delle caratteristiche delle biocenosi (prateria di *Posidonia oceanica*, coralligeno, comunità dei fondi mobili, ecc.) e tramite l'uso di altri indici biologici.



Soprattutto innovativa è stata l'introduzione dell'indice trofico TRIX ai fini della classificazione delle acque marine costiere (allegato 1 D.Lgs. 152/99) che permette di esplicitare la dinamica e le distribuzioni spazio-temporali dei parametri fondamentali di uno stato trofico (indicatori trofici).



*Figura 3 - Stazioni di monitoraggio delle acque marine costiere della Toscana a partire dal giugno 2001*



L'adozione di questa filosofia comporta, e ha comportato, una radicale revisione di tutto il sistema del controllo, sia per quanto riguarda le stazioni da sottoporre a monitoraggio, sia per ciò che concerne: le frequenze di campagna da adottare, le matrici da esaminare, i parametri da determinare, i dati da elaborare, i risultati da produrre.

L'individuazione dei transetti e delle stazioni non è quindi avvenuta sulla base di un semplice criterio chilometrico, ma all'interno di opportune aree critiche e aree di riferimento definite lungo la costa regionale, nelle quali, oltre alle acque (dove sarà indagato anche lo zooplankton) e ai molluschi bivalvi bioaccumulatori, dovranno essere esaminati i sedimenti, anche mediante indagini ecotossicologiche, nonché lo stato delle biocenosi bentoniche, in particolare le praterie di fanerogame, il coralligeno, le biocenosi dei fondi mobili.

Le aree, critiche e di riferimento, sono state individuate, di comune accordo tra Regione, ARPAT e Ministero dell'Ambiente, fondamentalmente sulla base dei risultati del precedente monitoraggio, relativo a tre fattori:

- presenza di sostanze chimiche pericolose negli organismi bivalvi;
- stato trofico, che corrisponde all'applicazione dell'indice TRIX;
- individuazione di biocenosi di pregio.

I prelievi delle acque sono previsti bimensilmente per tutti i mesi per un totale di 24 ogni anno su ognuna delle tre stazioni previste per ogni transetto individuato, mentre le biocenosi sono campionate annualmente ed i sedimenti ed i bivalvi semestralmente.

Le aree individuate lungo la costa toscana sono le seguenti (14 aree di indagine: 12 aree critiche e 2 aree di riferimento):

1. Area del Cinquale (MS);
2. Area antistante il porto di Viareggio (LU);
3. Area compresa tra il fiume Serchio e il fiume Arno;
4. Area antistante la foce del fiume Arno (PI);
5. Area portuale di Livorno;
6. Area compresa tra il porto di Livorno e il Comune di Rosignano Marittimo (LI);
7. Area interessata dallo scarico di sodiera e cloro alcali Solvay – Rosignano (LI);
8. Area compresa tra il Comune di Cecina (LI) e il Comune di S. Vincenzo (LI);
9. Area compresa tra il porto di Piombino (LI) e il porto di Fiumara (GR);
10. Area del Golfo di Mola, Porto Azzurro, Isola d'Elba;
11. Area antistante la foce del fiume Ombrone (GR);
12. Area marina adiacente la Laguna di Orbetello, lato sud (GR);
13. Isola d'Elba, costa nord, che fungerà da area di controllo (o bianco);
14. Parco Uccellina (GR), che fungerà da area di controllo (o bianco).

All'interno di ognuna delle aree sono stati tracciati i transetti, lungo i quali si sono identificate le stazioni da utilizzare per il monitoraggio (tre per ciascun transetto).

La Figura 3 evidenzia le aree in questione, differenziando tra quelle previste ai sensi del D.Lgs. n. 152/99 e della Legge n. 979/82, facenti parte della rete di monitoraggio nazionale (in verde) e quelle previste solo dal D.Lgs. n. 152/99, di competenza esclusivamente regionale (in rosso). All'interno di ognuna delle aree sono stati tracciati i transetti, lungo i quali si sono identificate le stazioni da utilizzare per il monitoraggio (tre per ciascun transetto).

### **1.3 L'impegno di ARPAT sul mare**

Quando è entrata in vigore la legge regionale istitutiva dell'Agenzia, la L.R. 18 Aprile 1995, n. 66, tra le attività dell'ARPAT il legislatore aveva, in modo lungimirante, previsto all'art. 8, lettera a 4), la "tutela dell'ambiente marino e costiero".

Era qualcosa di più, tanto di più, delle competenze allora esercitate, lodevolmente, per l'attività di controllo sulla balneazione dagli ex Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale.

Presentiamo oggi, per stralci, quello che è stato costruito con passione, e motivazione, seguendo gli orientamenti e le indicazioni programmatiche della Giunta Regionale e del Consiglio della Toscana, anno per anno, al momento dell'approvazione dei programmi annuali e pluriennali dell'Agenzia, nei quali la tutela della risorsa "Mare" ha acquisito spazi e ruoli sempre crescenti.

Per dare seguito a tutto ciò, l'ARPAT negli anni si è dotata di alcune strutture dedicate esclusivamente al controllo ed allo studio delle problematiche marine, prima fra tutte l'**Area per la Tutela dell'ambiente marino, lagunare, lacustre, costiero e dell'ittiofauna**, la cosiddetta Area "Mare". Questa struttura coordina le attività dell'Agenzia relativamente alle acque marine costiere, avvalendosi sia dell'intervento dei cinque Dipartimenti provinciali costieri, sia delle strutture specialistiche, che operano al suo interno, e che sono: Oceanografia e Ricerca in Ambiente Marino; Gestione della Fauna Ittica, Ecosistemi Marini e Acquacoltura (GEA); Eutrofizzazione e Biotossine Algali; Innovazione, telerilevamento e stazione satellitare; Ambienti lagunari, lacustri e delle acque di transizione.

L'Area Mare dispone, poi, come presupposto fondamentale per una corretta ed efficiente operatività, di un proprio battello oceanografico, la M/N Poseidon, acquistata nel 1998, battello dotato di strumentazione, anche sofisticata, per misure, rilievi e campionamenti in mare.

Infine, dal 1998, all'ARPAT è stato assegnato, a livello nazionale il ruolo di Agenzia leader del **Centro Tematico Nazionale per le Acque Interne e Marino costiere** (CTN-AIM), nell'ambito di un progetto del sistema ANPA-ARPA-APPA per la messa a punto, finalmente, del Sistema informativo nazionale per l'ambiente. Il CTN-AIM ha sede a Firenze, presso l'Agenzia, e vede la partecipazione di numerose altre Agenzie, oltre che di alcune istituzioni di riferimento, quali ICRAM – Istituto centrale per la ricerca scientifica e tecnologica applicata al mare, ISS – Istituto superiore della sanità e CNR-IRSA – Istituto per le ricerche e gli studi sulle acque, per la messa a punto

di strategie comuni a livello nazionale per il controllo e la valutazione dei corpi idrici italiani. Nel 2001 all'ARPAT è stato riconosciuto nuovamente, in occasione del rinnovo della struttura dei CTN, il ruolo di leader per quanto concerne le acque interne e marine costiere, a conferma dell'eccellenza raggiunta a livello nazionale nella struttura delle Agenzie.

Ci piace ricordare il primo atto del Dicembre '95 nel quale, mentre si balbettava ancora sull'identità, il ruolo e le attività dell'intera struttura agenziale, il "Progetto Mare" dell'Agenzia già delineava, con sufficiente chiarezza, i seguenti obiettivi:

- a) censimento delle fonti inquinanti;
- b) studio del comportamento degli inquinanti immessi in ambiente marino da scarichi;
- c) studio sulla dispersione in mare delle emissioni in atmosfera provenienti dalla costa;
- d) monitoraggio dell'ambiente marino;
- e) realizzazione di un laboratorio di ricerca delle tossine algali e dell'eutrofizzazione;
- f) messa a punto di un sistema di sorveglianza satellitare delle acque dell'arcipelago toscano.

Da quel tempo molti anni, ben sei, sono trascorsi e numerosi passi in avanti sono stati fatti, l'Agenzia ha allargato il suo orizzonte anche alla ricerca sulle problematiche relative alla tutela delle risorse del mare. I programmi operativi sono stati predisposti in modo, via via, più calibrato ed aderente alle necessità, fino a giungere in questo anno 2001, a questa strutturazione:

- **Progetto mare**, cioè l'indagine, la sorveglianza ed il controllo del mare costiero della toscana, che dà il nome alla intera attività agenziale e si sostanzia in due subprogetti:
  - a) attività del battello oceanografico dell'agenzia, nel quadro:
    - delle attività previste dalla nuova convenzione, recentemente stipulata con la Regione Toscana e il Ministero dell'Ambiente, ai fini del monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero prospiciente la Regione nel triennio 2001 - 2004, così come indicato dalla L. 979/82;
    - del monitoraggio e classificazione delle acque marine costiere e del rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque destinate alla vita dei molluschi, ai sensi del D.Lgs. 152/99 e successive modificazioni e integrazioni.
  - b) caratterizzazione delle sorgenti inquinanti presenti lungo la costa toscana, valutazione degli effetti ambientali registrabili in seguito al rilascio in mare di sostanze e miscele dannose, individuazione di azioni di rimedio o di mitigazione.
- **Risorse e produttività marina**: attuazione di una serie di programmi tesi alla tutela delle risorse ittiche, alla sperimentazione di nuove tecniche di produzione, al controllo dello sforzo di pesca nel mare regionale.

In questo ambito si collocano numerose linee di indagine e ricerca collegate sia a programmi ministeriali (quello per le Politiche Agricole e quello per l'Ambiente, in particolare) sia comunitari.

Particolare attenzione è inoltre rivolta alla tutela dei cetacei nel quadro di iniziative di ampio respiro internazionale.

- Indagine e ricerca nella zona marina interessata dallo scarico Solvay di fronte alla costa di Rosignano Marittimo (LI), anche allo scopo di pervenire, in tempi brevi, a sostanziali azioni di mitigazione e recupero ambientale del paraggio, cessando ogni scarico a mare.
- Studio sull'area delle Secche della Meloria al largo di Livorno, al fine di individuare l'eventuale presenza di segni di "sofferenza ambientale".
- Collaborazione con l'ICRAM, nell'ambito di un più generale protocollo d'intesa, per la conduzione di importanti interventi quali il monitoraggio e controllo del fenomeno delle mucillagini, lo studio della situazione relativa agli elasmobranchi, il riscontro degli effetti conseguenti ai grandi lavori portuali.
- Attività della struttura specialistica regionale per l'eutrofizzazione e le biotossine algali. Tale centro svolge una funzione determinante nel monitoraggio e caratterizzazione delle fioriture algali che si sviluppano nelle acque litoranee regionali nel sistema lacustre.
- Messa a punto di un sistema satellitare di sorveglianza delle acque dell'Arcipelago Toscano, con informazione distribuita sul territorio.
- Monitoraggio e contrasto dell'erosione costiera lungo i principali litorali della regione.
- Progettualità in materia di aree marine da tutelare.
- Azioni di coordinamento come componente delle strutture operanti in ambito nazionale per la realizzazione del Sistema Informativo Nazionale Ambientale, in quanto, come già ricordato, Agenzia leader del Centro Tematico Nazionale per le Acque Interne e Marino Costiere (CTN AIM).
- Collaborazione con il Ministero della Salute ed il Ministero dell'Ambiente, sia al fine di descrivere le pressioni che l'azione antropica esercita sul mare costiero e che possono essere messe in relazione alla qualità delle acque di balneazione, sia allo scopo di studiare le possibilità di giungere a una nuova direttiva comunitaria in materia.
- Attività per il rilievo delle batimetrie costiere come più volte richiesto dagli enti pubblici preposti.

Rientrano nei programmi, inoltre, le attività più propriamente istituzionali, di grande importanza, che sono:

- il monitoraggio, come già ricordato, delle acque di balneazione ai sensi della normativa vigente;

- la partecipazione alle istruttorie connesse alle attività di dragaggio fondali e di movimentazione di materiali in genere in ambiente marino, nonché il controllo ambientale delle varie fasi esecutive dei lavori;
- il controllo delle acque di scarico che recapitano in mare e dei relativi impianti di depurazione, sia civili che industriali.

#### **1.4 Interreg IIC e IIIB – Risultati conseguiti e attesi**

I progetti svolti in ambito Interreg da parte della Regione Toscana e di ARPAT sono stati e, probabilmente, continueranno ad essere un potente strumento di indagine e di approfondimento delle tematiche ambientali riferite al controllo ed alla gestione della fascia costiera.

L'opportunità di poter usufruire di finanziamenti significativi per finalità di ricerca e di scambio delle informazioni, unite alla caratteristica fondamentale di dover confrontare realtà locali (progetti transfrontalieri), regionali e nazionali assai diverse tra loro e coordinare ed integrare obiettivi ed impostazioni altrettanto diversificate, hanno fatto sì che questi progetti rappresentassero un importante banco di prova e di crescita, sia scientifica che culturale, per tutti i soggetti coinvolti.

Qui di seguito, si riassumono brevemente i principali risultati conseguiti nei progetti Interreg della seconda fase (1992-99) e quanto si propone di fare per la fase III (2000-2006) in ambito Mediterraneo occidentale (MedOcc). Alcuni di questi stessi progetti hanno messo le basi per sperimentare nuovi indicatori della qualità delle acque costiere, che saranno descritti nel capitolo Nuovi indici proposti.

##### **1.4.1 Interreg IIC “Salvaguardia Preventiva dell'Ecosistema Costiero ed Insulare Toscano”.**

E' stata indagata la componente microrganismica eucariotica ad alghe, funghi e protozoi degli ecosistemi marini dell'Isola d'Elba e della costa continentale toscana, per mezzo sia della raccolta di animali filtratori (mitili) nell'area colonizzata dai microrganismi oggetto di interesse, sia mediante l'allestimento di colture di laboratorio di ceppi di specie ritenute interessanti per la valutazione di bioattività di loro estratti grezzi, attraverso un processo di isolamento e identificazione dei principi attivi, con il traguardo finale di un loro isolamento allo stato puro.

Il rilevamento programmato temporalmente su base annuale dei fattori ambientali fisici, chimici, fisico-chimici e biologici, così come le misurazioni meteorologiche, idrologiche e correntometriche sul campo, ha fornito le informazioni indispensabili per la definizione delle condizioni che favoriscono la stabilizzazione e la eventuale fioritura di specie.

Composti bioattivi, tra cui alcuni dotati di importanti proprietà tossiche, sono stati isolati da ceppi di protisti ciliati appartenenti al genere *Euplotes*.

Alcuni di questi composti, appartenenti alla famiglia delle “euplotine” e dei “raikovenali”, sono presenti in ceppi di origine intertropicale. La presenza di tali ceppi appare particolarmente diffusa nell'area di campionamento, anche se non sembra vi sia alcuna correlazione significativa tra le caratteristiche fisiche e chimiche dell'acqua di

mare e la frequenza di isolamento dei surriferiti ceppi; considerata la natura e il meccanismo di azione dei composti bioattivi isolati, appare improbabile un loro impatto negativo sull'ecosistema.

Per quanto concerne le tossine nei campioni di mitili, la maggioranza di essi non contiene concentrazioni di acido ocadaico superiori a quelle determinabili in considerazione del limite di sensibilità di questo tipo di analisi.

#### **1.4.2 Interreg IIC “Controllo della contaminazione marina costiera”**

L'obiettivo del progetto è stato quello di valutare le possibilità offerte dalla metodologia di saggio algale (prova di laboratorio concettualmente molto semplice) di classificare le acque marine - costiere in funzione dello stato trofico.

La metodologia di saggio algale è stata utilizzata, con cadenze stagionali e con un numero complessivo di 184 campioni esaminati, per il monitoraggio delle acque costiere della Regione Toscana, congiuntamente con le metodiche tradizionali di determinazione dei nutrienti, della clorofilla e dell'ossigeno disciolto, che permettono il calcolo dell'Indice TRIX.

I risultati autorizzano a considerare il test algale un sistema in grado di fornire dati complementari al TRIX, in special modo nelle situazioni di oligotrofia o mesotrofia delle acque, nelle quali l'indice trofico TRIX è inadatto a discriminare eventuali differenze dello stato di qualità; il test algale appare molto più sensibile e quindi assai più adatto a essere applicato nella maggior parte delle acque costiere tirreniche. Essendo quindi in grado di fornire, nelle situazioni sopra definite, una quantità di informazioni sicuramente superiore, tale test è da considerare primario, e da affiancare al sistema di indicatori necessario al calcolo del TRIX, nella valutazione dello stato trofico di una parte assai rilevante delle acque marine costiere del Mediterraneo Occidentale.

#### **1.4.3 Interreg IIIB “Individuazione di indici biologici per le acque costiere del Mediterraneo – BIOCoast”**

Basandosi sulle conoscenze acquisite durante il precedente Interreg IIC, si è sviluppato un progetto (BIOCoast) che prevede l'elaborazione e la sperimentazione di indici biologici per la definizione della qualità delle acque marine costiere del Mediterraneo occidentale, con speciale attenzione alle zone sottoposte a pressione antropica, e per la caratterizzazione delle dinamiche evolutive a lungo termine delle comunità bentoniche (in particolare la variabilità genetica in *Posidonia oceanica* nel Mediterraneo occidentale, in relazione alla struttura e dinamica delle praterie).

Questo in considerazione del fatto che, nel concetto di ambiente marino costiero, l'aspetto saliente è rappresentato dalla stretta interrelazione esistente tra le acque e il territorio ad esse prospiciente e che, di conseguenza, non sempre sono note con certezza le varie componenti con le quali la complessa attività umana influenza l'ambiente.

Gli indici biologici, specialmente quando accompagnati da idonee informazioni al contorno, possono fornire notizie sulla qualità ambientale nel suo insieme, a prescindere dalle conoscenze specifiche sulle sostanze inquinanti immesse. Gli indici proposti sono in grado di dare risposte obiettivamente valide per il particolare ambiente

considerato e, nel contempo, sono realmente applicabili da parte delle unità operative che esercitano il controllo.

Nel dettaglio, gli indici individuati come interessanti e meritevoli di approfondimenti e proposti per il progetto sono l'Indice Biotico per le Coste Rocciose, l'Indice Trofico di Crescita Algale e l'Indice Marino Epibatterico, tutti già testati in Toscana e proposti fin da ora come possibili indicatori per le acque (vedi par. 2.4.3), ed altri che verranno sperimentati proprio in questo Interreg IIIB, di cui diamo una breve descrizione:

- Indice di Trasparenza delle Chiome degli Alberi Litoranei: CTICT (Crown Transparency Index for Coastal Trees).

L'analisi chimica di un corpo idrico ha il vantaggio della rapidità di esecuzione, ma una matrice così mutevole com'è l'acqua fornisce solo una fotografia istantanea del momento in cui è stato effettuato il prelievo. Viceversa il biomonitoraggio è un metodo per ottenere informazioni sulla qualità ambientale integrata sul lungo periodo in modo relativamente economico. I danni da aerosol marino alle chiome degli alberi (indicatori a lungo termine) hanno il vantaggio di essere facilmente diagnosticabili e la loro quantificazione rappresenta un indice sintetico della qualità degli ecosistemi costieri che può essere rappresentato anche per via cartografica e monitorato nel suo evolversi nel tempo. La definizione delle cause di danno può essere poi approfondita con analisi chimiche e biologiche in casi di studio prescelti.

Allo stato dell'arte, i danni che l'aerosol marino induce sulla vegetazione sono ascrivibili alla presenza di tensioattivi nelle acque marine superficiali. I tensioattivi rappresentano i principi attivi dei normali detersivi in commercio. La loro presenza nei corpi idrici è accompagnata da altri inquinanti di origine urbana e industriale, quali metalli pesanti, contaminanti organici, idrocarburi, ed è indice di caratteristiche chimico-fisiche e batteriologiche scadenti.

- *Posidonia oceanica* Biotic Index (PoBI)

Si tratta di un indice atto a permettere di valutare lo stato di salute delle praterie di *Posidonia oceanica*. *Posidonia oceanica* è da considerare un ottimo bioindicatore a causa dell'ampia distribuzione delle praterie, della sensibilità esibita nei confronti di disturbi di natura antropica e dei lunghi cicli vitali che permettono di valutare variazioni delle condizioni ambientali su lunghi periodi. *Posidonia oceanica* può essere utilizzata come bioindicatore sia attraverso lo studio delle caratteristiche strutturali delle praterie, della dinamica dei limiti, delle caratteristiche fenologiche della pianta e della composizione e struttura della comunità epifita, sia attraverso la ricerca di metalli in traccia nei tessuti ed infine impiegandola come biomarker. Tra le suddette metodiche, non tutte sono state sufficientemente approfondite e testate e sono richieste ulteriori verifiche della loro validità e possibilità di impiego su larga scala.

Si prevede di studiare differenti aspetti strutturali delle praterie e di investigare sulla variabilità spaziale e temporale della comunità epifita di *Posidonia oceanica*. La fenologia della pianta sarà investigata sia mediante le variazioni temporali inerenti il periodo di studio, sia attraverso informazioni ottenute dall'analisi lepidocronologica

dei rizomi. I dati ottenuti dai singoli campi di ricerca dovranno essere integrati tra loro per l'ottenimento di indici sintetici. I risultati potranno condurre all'identificazione di indici quantitativi tali da permettere di stabilire confronti nel tempo e nello spazio tra praterie di *Posidonia oceanica*. Tali indici potranno condurre, grazie al valore di *Posidonia oceanica* come bioindicatore, all'ottenimento di informazioni sulle condizioni ecologiche di aree costiere sottoposte a differenti fattori di disturbo sia naturali che antropici.

Allo scopo di seguire l'introduzione e l'espansione di specie alloctone in Mediterraneo, che è ormai soggetto da lungo tempo a questo fenomeno sia per effetto delle imbarcazioni transoceaniche, sia, recentemente, a causa della maricoltura di specie non indigene (inclusi numerosi parassiti) nell'ambito degli indici proposti in BIOCoast si è compreso il progetto EXMED.

Considerato che alcuni invasori stanno sostituendo le specie autoctone riducendo, a volte in maniera grave, la biodiversità originale, e che il tasso di tali invasioni aumenta nel tempo e sta assumendo un significato economico ed ecologico rilevante, lo studio che proponiamo si prefigge in particolare di valutare:

- 1) la situazione attuale di invasioni da parte di specie marine costiere alloctone e monitorare la loro espansione nei prossimi anni;
- 2) l'impatto ecologico dovuto alle specie alloctone sugli ecosistemi costieri maggiormente biodiversi. Verranno studiate le vicarianze ecologiche e la competizione biologica tra le specie alloctone e quelle che rischiano di essere sostituite e verranno valutati i rischi potenzialmente connessi a queste possibili sostituzioni;
- 3) la possibilità di inquinamento genetico tra specie alloctone ed autoctone tassonomicamente affini;
- 4) gli effetti economici di queste espansioni, e possibili sostituzioni ecologiche, sull'industria della pesca, sia di tipo artigianale che di tipo intensivo.

#### **1.4.4 Interreg IIIA "Traccianti di contaminazione dei fondali marini".**

Si tratta di un'idea nata studiando la problematica relativa alle Secche della Meloria, zona di elevato interesse ecologico, per la quale è stata adombrata l'esistenza di potenziali fattori di alterazione, attualmente in essere; su tali fattori sono state formulate tre possibili ipotesi:

- la presenza del porto di Livorno, con la possibilità di rilascio in acqua di materiali fini, in special modo durante l'effettuazione di operazioni di dragaggio;
- l'avvenuta deposizione dei materiali di dragaggio del porto in una vasta area situata a Nord – Nord Ovest della Secca;
- il trasporto di materiali provenienti dalla foce dell'Arno.

Il progetto di ricerca, per la Meloria, è teso a rilevare :

- se l'Area della Secca sia interessata da fenomeni evidenti di infangamento o comunque di diminuita trasparenza delle acque;



- se l'infangamento o la diminuita trasparenza, ove accertati, siano in ipotesi riconducibili a una delle sorgenti prima riportate;
- se i sedimenti, comunque presenti, possano essere in un qualche modo messi in relazione a quelli portuali o a quelli fluviali;
- se si riscontrino evidenti segni di sofferenza nelle biocenosi presenti (es. prateria di fanerogame, sabbie fini ben calibrate, ecc.).

All'iniziativa stanno aderendo la Provincia dell'Alta Corsica e la Provincia di Sassari, in quanto due possibili aree di sicuro interesse per lo sviluppo e l'applicazione della metodologia, che sarà applicata nel presente progetto di ricerca, sono rappresentate dalla costa da Capo Corso a Bastia e dal Golfo dell'Asinara.

L'indagine in Corsica sarà orientata al monitoraggio ed alla individuazione dell'origine dei contaminanti derivanti sia dalle attività portuali di Bastia sia dalle attività antropiche condotte sul continente.

L'indagine nel Golfo dell'Asinara riveste particolare importanza, a causa dell'attività degli insediamenti industriali di Porto Torres, dove come è noto sono presenti anche una raffineria ed una centrale elettrica, ambedue di dimensioni ragguardevoli. L'attività industriale di Porto Torres, a causa della circolazione marina, probabilmente vorticoso, dell'area, dovuta all'orografia della zona ed alle forti correnti dello Stretto di Bonifacio, potrebbe contaminare sia l'Asinara che le coste a NE, verso S. Teresa di Gallura.

### **1.5 Definizione fascia costiera**

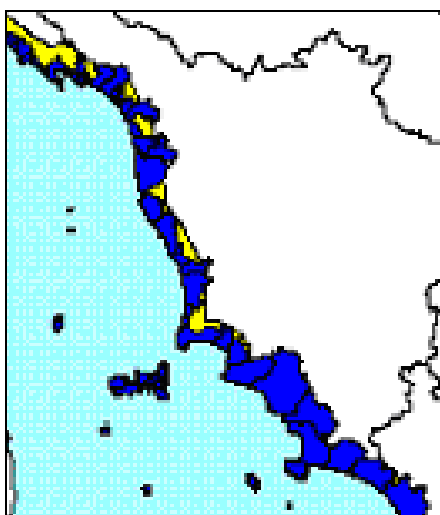
Le zone costiere costituiscono degli ambienti complessi, influenzati da vari fattori (idrologici, geomorfologici, socio-economici), sia nelle componenti terrestri che marine, sia di origine naturale che antropica, e necessitano ovviamente di una gestione integrata che consideri tutti questi aspetti.

Per poter comprendere, valutare e gestire i vari fenomeni che si sviluppano sulla fascia costiera, è necessario, innanzitutto definirne i limiti territoriali, fisiologici ed ecologici degli ambienti considerati. Naturalmente, dovendo applicare un modello concettuale ed interpretativo a situazioni naturali, sono necessarie delle schematizzazioni e semplificazioni che riducono la variabilità intrinseca, permettendo comunque un'analisi dei fenomeni anche se limitata.

Il problema della definizione della "fascia costiera" e "zona costiera" considerando l'estensione terrestre e quella marina da prendere in esame è ancora ampiamente dibattuto, a livello mondiale. Generalmente le zone costiere vengono definite come estensioni "marine": "dal limite di marea fino alla parte più esterna della piattaforma continentale", "zona che circonda il continente per 200 miglia nautiche della zona economica esclusiva" [1], "zona di circa 120 miglia che si estende verso il mare includendo ecosistemi come le praterie di fanerogame, e le barriere coralline e che comunque incorpora gli estuari e le acque salmastre" [2]. Tali definizioni difficilmente si adattano a situazioni particolari quali quella mediterranea.

Per ciò che riguarda l'estensione "terrestre", il limite interno della zona costiera viene spesso esteso all'interno dei bacini dei fiumi che defluiscono in mare perché il flusso d'acqua dolce insieme al carico dei sedimenti e della sostanza organica trasportata fanno parte integrante della dinamica costiera [3]. Tale considerazione è stata recepita dalle nuove legislazioni ambientali in materia di tutela delle acque, sia italiana (D.Lgs 152/99) che europea (Dir. 2000/60/CE), che richiedono una correlazione fra le acque marino costiere ed i bacini fluviali pertinenti.

L'approccio integrato al controllo delle acque richiesto fornisce sicuramente maggiori elementi di valutazione per la qualità delle acque marine, ma non è esaustivo ed anzi sottovaluta l'apporto delle pressioni lungo la fascia costiera in situazioni, molto comuni alle coste italiane (soprattutto meridionali) e a gran parte della fascia costiera mediterranea, dove l'apporto fluviale è decisamente scarso (se non assente) mentre le pressioni demografiche ed economiche sono forti e spesso in aumento.



*Figura 4 - confronto tra fascia costiera di 10km (in giallo) e limiti amministrativi dei comuni costieri (in blu)*

Una definizione inerente alla parte "terrestre" della fascia costiera generalmente utilizzata, soprattutto per cercare di uniformare l'estensione spaziale è quella di considerare una fascia terrestre di 10 km di larghezza all'interno della linea di costa. Tale approccio è stato utilizzato ad esempio nei rapporti della Commissione Europea e dell'Agenzia Europea per l'Ambiente [4].

Approcci metodologici per una valutazione integrata e più realistica possibile sullo stato dell'ambiente marino costiero sono in corso di sperimentazione, a vari livelli, e richiedono l'analisi di diverse componenti distribuite nel tempo.

Vista la notevole indeterminatezza della definizione di "fascia costiera" o, comunque, la notevole complessità di una trattazione ben rispondente a tutte le diverse situazioni territoriali, morfologiche, economiche e demografiche, ci siamo visti costretti a restringere il campo di indagine ai soli comuni che possedessero almeno un piccolo tratto di costa, sia continentale che insulare. In tal modo abbiamo avuto due vantaggi: avere un criterio oggettivo ed uniforme per tutto il territorio regionale e, soprattutto, poter riferirci all'entità amministrativa "comune", presente in moltissime banche dati da cui abbiamo prelevato i dati necessari alla costruzione degli indicatori. Naturalmente, un criterio così restrittivo, peraltro già utilizzato dall'ISTAT nella classificazione delle caratteristiche territoriali dei comuni italiani ("litoraneo"), presenta i suoi limiti quando

si vanno ad analizzare situazioni puntuali o di particolare rilevanza, anche in considerazione della notevole diversità che presentano le coste italiane.

## **1.6 Caratterizzazione delle coste e delle acque**

### **1.6.1 Morfologia costiera e batimetria**

La costa toscana si estende per circa 400 km nella sola parte continentale, da Marina di Carrara alla foce del torrente Chiarone, e per oltre 600 km, se comprendiamo tutte le isole dell'Arcipelago Toscano, rappresentando quasi un terzo delle coste tirreniche della penisola. Sui litorali e sull'Arcipelago insiste un considerevole volume di attività sociali che dipendono dal mare come via di comunicazione, come risorsa turistica, come sistema produttore di risorse alimentari, come sistema ricettore dispersivo e purificatore della materia ed energia residue della produzione sociale.

Dal punto di vista morfologico il litorale toscano si presenta differenziato abbastanza nettamente in tre tipologie fondamentali:

- 1) litorali caratterizzati da coste basse e sabbiose, con fondali a debole pendenza e scarsa profondità anche a notevole distanza dalla costa.

Queste condizioni sono caratteristiche del litorale apuo-versiliese-pisano, di quello livornese tra Rosignano e San Vincenzo, del Golfo di Follonica, della costa grossetana tra Castiglione della Pescaia e Marina di Alberese (all'interno del Parco Regionale della Maremma), dei tomboli della Laguna di Orbetello e del litorale di Capalbio.

Trattasi di coste a bassa energia, con modeste possibilità di mescolamento delle acque e di dispersione degli inquinanti;

- 2) litorali a costa alta, con batimetriche ravvicinate e profondità notevoli già in vicinanza della riva.

Tali caratteristiche si riscontrano nel tratto compreso tra Livorno e Castiglioncello, nel Promontorio di Piombino, nella zona di Punta Ala, in quella di Talamone e dell'Argentario.

Si tratta di coste a elevata energia, con notevoli capacità di mescolamento e dispersione degli inquinanti;

- 3) litorali dell'Arcipelago, con assoluta prevalenza di costa alta e rocciosa, a elevata energia.

Questa particolare conformazione, insieme alla presenza dell'Arcipelago - che si frappone tra la parte meridionale e quella settentrionale della costa - ed alla particolare distribuzione delle foci dei principali corsi d'acqua regionali, permette di suddividere la costa medesima abbastanza nettamente in una zona settentrionale (a nord dell'arcipelago), con le caratteristiche dei litorali a bassa energia e con discreto apporto di nutrienti, nella zona dell'arcipelago ed in quella continentale che lo fronteggia, con le caratteristiche opposte di alta energia e scarso apporto di nutrienti, in una zona meridionale, con caratteristiche assai simili alla seconda.

### 1.6.2 Caratteristiche fisiche

La circolazione delle acque tra il Mare Tirreno Settentrionale e il Mar Ligure è fortemente influenzata dalla diminuzione batimetrica che si riscontra in corrispondenza dell'Arcipelago Toscano, con conseguente riduzione di un efficace mescolamento delle acque a nord e a sud dell'Arcipelago medesimo.

La presenza dell'Arcipelago, nella zona di transizione tra Mar Ligure e Mar Tirreno, insieme ai canali di Corsica (tra Corsica e Capraia) e dell'Elba (tra Capraia e Elba), gioca pertanto un ruolo fondamentale nel determinare i flussi di corrente.

Il flusso di corrente è quasi sempre diretto dal Mar Tirreno verso il Mar Ligure, con un'intensità variabile con le stagioni e con la profondità.

La direzione del flusso è determinata dalla differenza di temperatura tra il bacino ligure (più freddo) e quello tirrenico; tale gradiente tende ad accentuarsi in inverno e perdura per tutta la primavera, stagioni durante le quali sono concentrati per la massima parte gli scambi.

Al contrario, durante l'estate ed i primi mesi autunnali, il minor gradiente termico, le difficoltà di comunicazione tra i due bacini, rappresentate dalle soglie poco profonde e anguste del Canale di Corsica, e il minor apporto dei venti, indeboliscono fortemente il flusso, che talora cessa del tutto.

La temperatura del mare toscano durante il periodo inverno - primaverile oscilla intorno ai 13-14°C in tutta la colonna d'acqua, mentre la salinità aumenta, anche se in modo lieve, dalla superficie verso il fondo, con un massimo localizzato nello strato intermedio delle Acque Levantine<sup>1</sup>. In alcuni punti, corrispondenti alla zona costiera compresa tra la foce del Magra e quella dell'Arno, si riscontrano acque superficiali fredde e poco aline.

Con il procedere della primavera, per l'irraggiamento solare, comincia a formarsi un certo gradiente termico nello strato superficiale, fino all'instaurarsi, durante la stagione estiva, di un netto termocline tra 10 e 50m, che fa passare la temperatura da 26°C in superficie fino a 13-14°C a 100 m, con una netta stratificazione della colonna d'acqua. Verso la fine dell'estate la stratificazione inizia a regredire, finché a fine autunno il raffreddamento superficiale riattiva i processi di mescolamento verticale.

---

<sup>1</sup> Nei bacini del Mediterraneo occidentale si individuano tipicamente 3 grandi masse d'acqua che circolano in modo autonomo: uno strato superficiale (0-200m) di acque provenienti dall'Atlantico, più o meno modificate; uno intermedio (200-1000m) di provenienza dal bacino orientale (Acque Levantine); uno profondo (1000-5000m), di acque di formazione indipendente e variabile. A queste si aggiungono nel Tirreno, soprattutto nella stagione estiva, acque molto superficiali di origine locale.



*Figura 5 - Schema semplificato della circolazione superficiale del Mar Tirreno toscano: linea continua per la corrente sempre presente e linea tratteggiata per le correnti di tipo stagionale*

## 2 INDICATORI

### 2.1 Metodologia

#### 2.1.1 Il metodo DPSIR

Per poter parlare con sufficiente cognizione di causa di protezione ambientale e per poter operare interventi di risanamento e di tutela è necessario avere una conoscenza approfondita dello stato dell'ambiente, della sua evoluzione, dei processi fondamentali e delle dinamiche di questi. Risulta, inoltre, imprescindibile la consapevolezza dei forti legami che intercorrono tra le diverse componenti ambientali "in senso stretto" e quelle più specificamente economiche, sociali e politiche. Per questi motivi diventa fondamentale possedere degli strumenti conoscitivi potenti, affidabili, di facile lettura e validi per le diverse realtà locali, nazionali ed internazionali. Questi strumenti sono gli indicatori e, ancor più, gli indici ambientali.

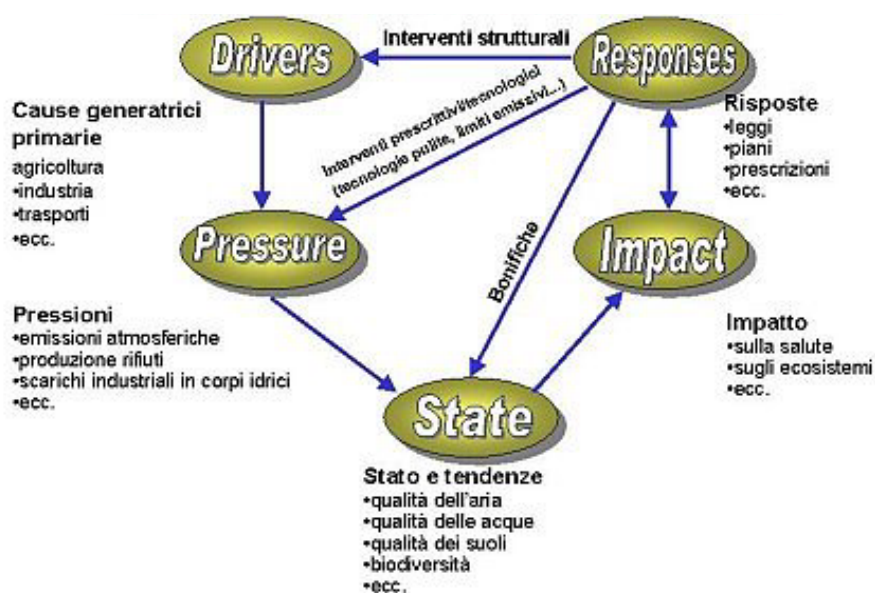


Figura 6 - Il sistema degli indicatori ambientali DPSIR

Il sistema di indicatori ed indici adottato a livello europeo, sia dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) sia da EUROSTAT (STATistical office of the EUROpean Community), è quello basato sullo schema DPSIR (Driving, Pressure, State, Impact, Response), evoluzione di un precedente schema semplificato PSR, utilizzato, per esempio, dall'OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). Questo approccio prevede un controllo globale sull'evoluzione dell'ambiente e non solo, considerando sia i fattori che inducono i cambiamenti partendo da lontano (Driving = Cause generatrici o Determinanti), sia quelli che gravano più direttamente

sull'ambiente, le Pressioni, sia quelli che descrivono la situazione attuale, lo Stato, sia quelli che misurano gli effetti delle alterazioni, l'Impatto, e le contromisure che vengono prese per ridurle, la Risposta.

Questo sistema, per poter funzionare, una volta identificati gli indicatori e gli indici necessari a valutare tutti i fattori per i diversi comparti ambientali, necessita di parametri facilmente e rapidamente misurabili, che forniscano una base dati molto estesa, costantemente aggiornata e controllata. Per operare scelte di pianificazione territoriale, economica e politica, il flusso delle informazioni deve essere efficiente e continuo, il più possibile standardizzato ed esente da “misunderstandings” o dubbie interpretazioni, a partire da chi preleva il dato, passando dai centri di raccolta e di controllo, fino al destinatario finale.

Ciò ha determinato la necessità della creazione, in Europa come in Italia, di un sistema conoscitivo ambientale “normalizzato” sia a livello regionale, sia a livello nazionale e comunitario, relativo alla rilevazione dei dati, alla riconoscibilità ed alla validazione delle fonti, alla sistematicità dell'elaborazione. All'interno di questo sistema, i vari soggetti devono confrontarsi con un “linguaggio” universale ed in modo tale che le informazioni siano immediatamente leggibili ed acquisibili nei livelli successivi.

Queste esigenze, presenti fin dalla fine degli anni '80, hanno portato all'ipotesi del Sistema INformativo Ambientale (SINA), affidato direttamente al Ministero dell'Ambiente. Una volta creata, (legge 61/94) l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) e, successivamente, con il trasferimento del SINA all'Agenzia (DPR 335/97) si è avviata una fase di sviluppo per estendere le sue funzioni di supporto alle attività di pianificazione e verifica degli interventi ambientali, di comunicazione e di controllo. Questa iniziativa, attuata con l'apporto delle Agenzie Regionali (ARPA) e delle Province autonome (APPA), fino ad allora istituite, dopo varie difficoltà, ha portato negli ultimi anni il SINA ad essere una realtà operativa.

Il modello DPSIR, però, richiede anche una rete di relazioni e di connessioni esterne al sistema delle agenzie ambientali, con gli altri soggetti che, a vario titolo, possono vantare competenze nel campo della raccolta, della gestione e dell'elaborazione dei dati e delle informazioni sull'ambiente: dagli istituti di statistica alle organizzazioni del mondo produttivo, dagli enti di ricerca agli organi istituzionali.

### **2.1.2 Il SINAnet ed i Centri Tematici Nazionali**

A livello europeo, il modello di rete utilizzato (European Environment Information and Observation Network, EIONET) prevede una struttura articolata su centri di raccolta e di elaborazione dati per i diversi settori ambientali, gli European Topic Centre (ETC), costituiti dai maggiori esperti provenienti dagli stati membri dell'UE, a cui affluiscono le informazioni dai punti di raccolta dati a livello nazionale, i National Focal Point (NFP), che agiscono in sintonia con i National Reference Centre (NRC), competenti per le diverse tematiche.

Dovendo garantire una uniformità tra strutture nazionali e comunitarie, ANPA (NFP per l'Italia) ha adottato lo stesso schema, creando i Centri Tematici Nazionali (CTN), appoggiandosi al sistema delle Agenzie Ambientali (ARPA-APPA), che ormai,

dopo sette anni, si può considerare completo ed in grado di coprire tutto il territorio italiano.

I CTN ed i Punti Focali Regionali (PFR), la cui designazione è di competenza delle Regioni, sono i soggetti specificamente orientati all'alimentazione della base conoscitiva, con un ruolo prevalente di produzione di informazioni e conoscenze tipicamente legate all'ambiente.

Con Delibera n.405, del 20 ottobre 1998, del proprio Consiglio di Amministrazione, sentito il Consiglio Nazionale delle Agenzie, l'ANPA ha approvato la creazione di 6 CTN, da sviluppare in collaborazione con le Agenzie regionali di protezione ambientale, e attualmente sono:

- Atmosfera e Clima & Emissioni in aria (CTN\_ACE);
- AGenti Fisici (CTN\_AGF);
- Acque Interne e Marino costiere (CTN\_AIM);
- COnservazione della Natura (CTN\_CON);
- RIFIuti (CTN\_RIF);
- Suolo e Siti Contaminati (CTN\_SSC).

Per ciascuno di essi sono state individuate una struttura "leader", direttamente convenzionata con l'ANPA – cui deve rispondere per tutti i compiti assegnati – e altre strutture "co-leader" e "partecipanti", scelte tra le diverse Agenzie esistenti ed operative fin dal 1998 e, successivamente, dalle nuove che si sono via via costituite. I soggetti esterni al circuito delle Agenzie, Università, gli istituti di ricerca, ecc., si configurano come Istituzioni Principali di Riferimento (IPR) e rivestono particolare importanza per le diverse tematiche di tipo specifico.

Sostanzialmente, il ruolo dei CTN è legato alla identificazione degli indicatori necessari a soddisfare le esigenze conoscitive per la gestione integrata dell'ambiente. In base a questi strumenti, alla richiesta della normativa, cioè alle informazioni ed ai controlli che sono previsti dalle varie norme (regionali, nazionali, comunitarie o internazionali) ed alla identificazione delle possibili fonti di dati, devono essere individuati i criteri generali di creazione delle reti per il monitoraggio ambientale, nelle diverse matrici, e, di conseguenza, definire gli standard informatici e metodologici per la raccolta e la trasmissione dei dati. Altro compito fondamentale è quello di prevedere dei modelli interpretativi degli indicatori all'interno del sistema DPSIR, cercando di definire gli obiettivi di qualità ambientale a cui tendere. Il tutto dovrebbe anche comportare la determinazione dei principi su cui impostare l'attività di reporting ambientale, per coordinare ed uniformare il panorama nazionale e regionale.

### **2.1.3 Applicazione del DPSIR alle acque costiere**

Il CTN\_AIM nel 1999 ha prodotto il primo documento di individuazione degli indicatori per le acque, comprendendo anche le marine (*"Manuale degli indici e degli indicatori"*), sulla base del quale sono stati realizzati degli studi applicativi su alcune limitate realtà regionali, raccolti nel volume *"Verso il 1° rapporto sui corpi idrici italiani"* [5] e, in particolare, il caso studio sul litorale toscano, realizzato da ARPAT.



Prendendo spunto da queste esperienze nel 2000, il Ministero della Salute, con l'ISS, ha chiesto la collaborazione del Ministero dell'Ambiente, dell'ANPA e del CTN\_AIM, della Regione Toscana e dell'ARPAT, per studiare la realizzazione di un rapporto che mettesse in relazione la qualità delle acque di balneazione con le pressioni che su di esse si esercitano. Questo prodotto, che ha tentato di considerare gli aspetti igienico-sanitari, la qualità ambientale ed i fattori di pressione, applicando l'approccio DPSIR alle acque di balneazione della Toscana, è stato allegato al consueto rapporto sulla *“Qualità delle acque di balneazione del 1999”*, con il titolo di *“Le pressioni ambientali e la balneazione. Un caso studio: la Toscana”* [6].

L'anno successivo, visto il buon esito dell'esperienza toscana, il Ministero della Salute ha proceduto ad un allargamento alle altre Regioni che fossero interessate e si è così potuto realizzare un rapporto su 4 regioni, oltre alla Toscana, l'Emilia Romagna, le Marche e la Sardegna. Questo ha consentito di verificare la bontà dell'approccio anche riferito a realtà territoriali assai diverse, sia per quanto riguarda caratteristiche delle acque (Adriatico e Tirreno), che delle coste e soprattutto, con situazione di antropizzazione assai variabili.

In questa seconda esperienza si sono introdotti alcuni indicatori, nel frattempo messi a punto dal CTN\_AIM, per una miglior valutazione, sia qualitativa che quantitativa, degli apporti antropici. Il volume *“Pressioni ambientali e balneabilità. Emilia-Romagna, Marche, Sardegna, Toscana”*, edito dal Ministero della Salute, è stato distribuito a parte ma in un circuito analogo a quello del rapporto annuale 2000 sulla *“Qualità delle acque di balneazione”* [7].

Infine, tra il 2000 ed il 2001, il CTN\_AIM ha provveduto alla realizzazione di una nuova applicazione del DPSIR, utilizzando tutti gli indicatori nel frattempo selezionati per le acque interne e marine, stavolta a livello nazionale, il *“Rapporto SINAnet sulle acque”*, di imminente pubblicazione. Quest'ultimo documento è servito per verificare quali indicatori fossero realmente costruibili in modo uniforme su tutto il territorio italiano, valutandone il grado di significatività e la possibilità di aggiornamento, arrivando a darne un giudizio complessivo sulla efficacia di ciascuno.

#### **2.1.4 Gli indicatori utilizzati**

Sulla base di tutti i documenti elencati nel paragrafo precedente e sull'esperienza maturata nella loro realizzazione, abbiamo individuato un set di indicatori che ci sono apparsi affidabili ed utilizzabili per un'analisi dettagliata a livello di acque costiere regionali. In questa nostra selezione non abbiamo, però, trascurato di prendere in considerazione anche ciò che, nel frattempo, veniva proposto da altri soggetti nel campo del reporting ambientale sulle acque (Regioni, ARPA, EEA, ecc.).

Di certo vi è che la causa determinante (Driving), di qualunque ambiente si tratti, è rappresentata dall'azione modificatrice, a qualunque livello, da parte dell'uomo. Nel caso particolare delle acque costiere, ciò si traduce nella presenza antropica sulla fascia costiera, che può essere facilmente e schematicamente quantificata tramite il numero di abitanti (popolazione residente e densità di popolazione) e di turisti (presenze turistiche, densità turistica ed incidenza del turismo sulla popolazione).

Se, poi, andiamo a considerare quale sia la reale pressione causata dall'antropizzazione, vediamo come il principale mezzo di trasferimento degli inquinanti dal territorio costiero all'ambiente marino sia quello "liquido"<sup>1</sup>, cioè tramite i corsi d'acqua che sboccano a mare, veicolando tutto ciò che recepiscono in termini di scarichi diretti ed indiretti. I carichi fluviali, quindi, ci dovrebbero dare un'esatta stima della pressione che viene esercitata. Tuttavia, l'inadeguatezza delle reti di monitoraggio quantitativo dei corsi idrici (il regime fortemente torrentizio della maggior parte dei corsi d'acqua ne rende ardua la stima della portata) ed il numero stesso di quelli che confluiscono al mare (dai piccoli fossi ai canali artificiali, dai torrenti ai fiumi), non consentono un bilancio completo dei carichi inquinanti.

Dal momento che, si poteva avere una certa affidabilità del dato solo per il maggiore dei fiumi toscani, l'Arno, abbiamo dovuto stimare la restante parte dei carichi immessi in mare tramite dati indiretti di produzione agricola, zootecnica ed industriale, oltre che di popolazione e turismo. Sulla base di questi dati abbiamo valutato il carico organico potenziale ed i carichi trofici (azoto e fosforo), riferendoci alle quantità potenzialmente prodotte dai diversi settori ed introdotte nell'ambiente idrico.

Inoltre, per avere qualche informazione sulla possibilità di immissione di altre tipologie di sostanze inquinanti, meno abbondanti ma altrettanto dannose per gli ecosistemi (metalli pesanti, solventi clorurati, PCB, IPA, ecc.) abbiamo preso in considerazione lo sviluppo industriale, come numero di addetti alle attività produttive, considerando in particolare quelle di tipo manifatturiero (le "industrie" vere e proprie).

Infine, come ulteriori fattori di pressione sono stati valutati le attività che avevano dirette conseguenze sulle risorse ittiche, cioè la pesca ed il traffico marittimo, quest'ultimo anche per le gravi conseguenze che può provocare in termini di inquinamento massivo ed altamente tossico (idrocarburi, composti organostannici, ecc.).

Dal punto di vista dello stato e della qualità delle acque, abbiamo considerato i classici fattori ecologici per il mare costiero, nutrienti e biomassa fitoplanctonica, valutando il grado di trofia del sistema attraverso l'indice TRIX. Inoltre, dato che non si potevano tralasciare gli aspetti legati specificatamente alla acque di balneazione, facenti parte a pieno titolo di quelle costiere, abbiamo utilizzato i dati del monitoraggio ai sensi del DPR 470/82 per costruire un Indice di Qualità Batteriologica, che rappresentasse non tanto un livello igienico, quanto un grado di compromissione delle acque dovuto a scarichi civili.

Con gli indicatori di stato sopra elencati, però, non si può dare un giudizio complessivo sulle acque marine e sugli ecosistemi che in queste si trovano, rimanendo di fatto scoperti la maggior parte dei fattori biologici (biodiversità, biomassa totale e produttività, complessità delle biocenosi e loro significati ecologici, ecc.). Allora, abbiamo ritenuto utile proporre alcuni indici (RIBI, Test algale, IME), che, seppur ancora sperimentali o non del tutto affinati, potrebbero essere usati in affiancamento od

---

<sup>1</sup> in realtà, anche le emissioni atmosferiche sono una modalità di trasferimento degli inquinanti verso l'ambiente marino, non solo costiero, ma hanno una certa rilevanza solo a livello di grande circolazione, di scambi tra bacini (per esempio tra Mar Mediterraneo ed Oceano Atlantico) e evoluzione temporale a media e grande scala del bilancio delle sostanze chimiche.

in sostituzione di quelli, fornendo informazioni per ampliare e meglio diversificare l'analisi.

L'impatto, per ora, è stato possibile valutarlo solo sulle acque di balneazione, attraverso l'idoneità alla balneazione ed all'evoluzione spazio-temporale dei divieti permanenti e temporanei, in quanto solo in questo campo si hanno elementi certi di conseguenze sulle attività umane ed esistono dati raccolti a questo scopo.

Nel campo delle risposte messe in atto dalle pubbliche amministrazioni per eliminare o mitigare i fattori di alterazione delle acque, si può considerare come predominante lo sforzo fatto nel settore della depurazione degli scarichi, sia attraverso il bilancio depurativo, cioè la quantità di sostanza organica (in abitanti equivalenti) trattata dagli impianti rispetto a quella potenzialmente prodotta, sia come sforzo economico sopportato per investimenti nel campo della depurazione.

*Tabella 1: elenco degli indicatori utilizzati in questo lavoro*

DPSIR	Titolo	Descrizione	Scopo
D	Popolazione	Distribuzione spaziale (comuni, province) e/o temporale (trend su più anni) della popolazione residente nell'area di interesse	Valutare lo sviluppo demografico in un determinato arco temporale e fare eventuali previsioni per il futuro
D	Densità di Popolazione	Distribuzione spaziale (comuni, province) e/o temporale (trend su più anni) della densità abitativa nell'area di interesse	Valutare l'incidenza dello sviluppo demografico in base al territorio sul quale insiste per prevedere effetti sulla disponibilità delle risorse e sulla naturalità degli ecosistemi
D	Presenze turistiche	Presenze turistiche nell'anno o nel periodo di maggiore afflusso turistico (estate: aree balneari; inverno: aree sciistiche) e andamento negli anni, anche in riferimento alla dimensione territoriale (densità)	Valutare la rilevanza del fenomeno "turismo" sul territorio di interesse, in qualità di potenziale consumo delle risorse ed impatto sugli equilibri degli ecosistemi
D	Incidenza del turismo	Incidenza delle presenze dovute al turismo rispetto alla popolazione residente	Valutare la rilevanza delle presenze turistiche rispetto alla popolazione residente o durante tutto l'arco dell'anno o durante i periodi di maggior afflusso (estivo o invernale a seconda delle zone)
P	Attività produttive	Numero di occupati nei settori produttivi a maggior impatto sull'ambiente (agricolo, trasporti, industriale)	Misura della pressione esercitata da parte delle attività produttive, sia come apporti inquinanti che come consumo delle risorse
P	Carichi fluviali	Quantità di sostanze (sostanza organica, nutrienti azotati e fosforati) veicolate dai fiumi al mare	Studio dell'impatto fluviale sulle acque marine costiere, anche riguardo all'eutrofizzazione
P	Carichi organici potenziali	Stima della quantità di sostanza organica immessa nell'ambiente da parte dei principali settori: civile, industriale e zootecnico	Valutare la pressione esercitata sulla qualità della risorsa idrica dai carichi inquinanti che teoricamente giungono ad essa
P	Carichi trofici	Quantità di azoto e fosforo potenzialmente immesse nell'ambiente idrico da parte del settore civile, industriale, agricolo e zootecnico	I carichi di nutrienti possono essere un importante fattore di pressione sui corpi idrici
P	Pesca	Quantità di pesce pescato in una determinata area di pesca (sia acque interne che marine), suddiviso per le	Valutare la pressione a cui sono sottoposte le popolazioni ittiche, come prelievi della risorsa sia in termini assoluti

DPSIR	Titolo	Descrizione	Scopo
		principali tipologie ittiche, e potenza impiegata per pescare (sforzo di pesca) in un anno e tra i diversi anni	sia in relazione alla flotta utilizzata, e, quindi, le possibili alterazioni della rete alimentare degli ecosistemi marini, sia attualmente che nel tempo
P	Traffico marittimo	Quantificazione del traffico marittimo, sia commerciale che passeggero, nei principali porti in un anno e tendenza negli anni	valutare la pressione esercitata sull'ambiente marino dal traffico marittimo ed i potenziali fattori di alterazione grave degli ecosistemi (rischi di sversamenti)
S	Nutrienti	Variazione della concentrazione di nutrienti azotati (ammonio, nitriti e nitrati) e fosforati nelle acque in relazione alla stagione ed alla circolazione	Verificare come e quanto le acque marine riescono ad assorbire il carico trofico proveniente da terra e come questo influisca sulle loro caratteristiche "naturali"
S	Biomassa fitoplanctonica	Variazione della concentrazione di clorofilla, della densità e della composizione del popolamento fitoplanctonico nelle acque marine costiere, negli anni e nelle stagioni	Valutare l'abbondanza dei principali produttori primari delle acque marine, sui quali si basa tutta la rete trofica, e la presenza di cicli stagionali (come densità e dominanza specifica) tipici delle latitudini considerate
S	Indice Trofico TRIX	Combinazione lineare di 4 variabili (OD, Clorofilla "a", Fosforo totale e Azoto inorganico disciolto, cioè la somma dell'azoto ammoniacale, nitrico e nitroso) scarsamente correlabili tra loro, maggiormente rappresentative dei sistemi eutrofici che definiscono, in una scala da 0 a 10, il grado di trofia ed il livello di produttività delle aree costiere	Ridurre la complessità del sistema marino costiero, eliminare valutazioni soggettive basate sui singoli parametri e su denominatori trofici non quantificabili, discriminare tra diverse situazioni spazio-temporali rendendo possibile un confronto quantitativo
S	Indice di Qualità Batteriologica - IQB	Percentuale di campioni con assenza di Coliformi fecali (o Streptococchi fecali) rispetto a quelli analizzati nei controlli routinari delle acque di balneazione	Valutare la compromissione delle acque di balneazione dovuta essenzialmente alla presenza di scarichi civili non o poco depurati
I	Divieti di balneazione	Numero di divieti permanenti alla balneazione per motivi di inquinamento per comune costiero e, eventualmente, loro estensione rispetto alla lunghezza della costa	Rappresenta l'effetto più eclatante dei problemi ambientali di origine antropica a carico delle acque di balneazione, essendo divieti dovuti a varie tipologie di inquinamento costante negli anni, sia per quanto riguarda le fonti che la distanza dal mare
I	Idoneità alla balneazione	Numero di punti risultati idonei alla balneazione ai sensi del DPR 470/82 alla fine di una stagione balneare rispetto al totale di punti controllati in un comune	A differenza dei divieti permanenti, i dati sulla idoneità alla balneazione sono maggiormente riferiti a fenomeni di inquinamento discontinuo e più localizzato, con una scala temporale ridotta
R	Bilancio depurativo	Rapporto tra i carichi organici potenziali (civili e industriali) e la reale capacità depurativa degli impianti esistenti nell'area di interesse	Valutare la risposta, nel tempo, della pubblica amministrazione alla pressione esercitata sulla qualità della risorsa idrica dagli scarichi non sottoposti a depurazione
R	Investimenti nel campo della depurazione	Andamento delle spese totali sostenute per la riduzione e il controllo di fenomeni di inquinamento relativamente al settore acque	Valutare la risposta della società, in termini di investimenti economici, per il controllo degli eventuali inquinamenti alla conservazione della qualità della risorsa idrica

## **2.2 I determinanti**

### **2.2.1 Popolazione**

#### **2.2.1.1 I dati**

I dati di popolazione utilizzati derivano, per il 1991, dal 13° Censimento generale della popolazione, effettuato dall'ISTAT nel 1991, mentre quelli dell'anno 2000, i più aggiornati attualmente disponibili, provengono dalle comunicazioni degli Uffici anagrafici comunali, raccolte dall'ISTAT nel 2000-2001, tramite gli Uffici statistici regionali. La differenza sostanziale tra i due metodi di indagine è riferibile ad un minor dettaglio ed affidabilità dei dati derivanti dai "Movimenti anagrafici" rispetto ai Censimenti generali, in quanto la raccolta delle informazioni non è diretta, non è dettagliata per sezioni censuarie, per esempio, e l'aggiornamento delle anagrafi varia da zona a zona. In realtà, tali differenze si fanno sensibili per analisi estese (interregioni o tutta la nazione) o molto localizzate (quartieri di un singolo comune) e, comunque, soprattutto per finalità specifiche di demografia o aspetti sociali.

#### **2.2.1.2 Risultati**

Come risulta dai dati presentati (Tabella 2 e Figura 7), la popolazione è rimasta sostanzialmente la stessa negli ultimi 10 anni, con le sole variazioni di rilievo concentrate nei comuni più grandi e, soprattutto, a vocazione industriale, quali Pisa, Livorno e Piombino. Questo è spiegabile con una crisi occupazionale che ha investito negli ultimi vent'anni i settori produttivi dell'industria pesante ed una generale diminuzione della qualità della vita nei grandi centri. Il calo demografico, seppur contenuto, non è sufficientemente compensato a livello provinciale dall'aumento registrato in tutte le altre "piccole" località della costa toscana, fenomeno diffuso a livello nazionale ed in tutto il bacino mediterraneo di incremento della popolazione della fascia costiera, soprattutto se interessata da fattori di crescita economica dovuti alla risorsa turistica.

Andando, poi, ad esaminare la distribuzione della popolazione, sia come valore assoluto, sia come densità abitativa, si può osservare come, sia nel 1991 che nel 2000, le maggiori concentrazioni siano riferite al settore settentrionale della costa (Figura 7). Infatti (Tabella 2), nel tratto compreso tra Carrara e Cecina, che rappresenta solo il 22% della lunghezza della costa toscana, si addensano oltre il 70% degli abitanti della fascia costiera, con densità medie di oltre 720 abitanti/km<sup>2</sup> e punte individuali di oltre 1500 Ab/km<sup>2</sup>, nei comuni di Viareggio e Livorno. Nella restante parte della costa, sia continentale che insulare, le densità sono mediamente poco superiori a 120 Ab/km<sup>2</sup>, cioè quasi 6 volte inferiori, e, addirittura, il valore più elevato (Follonica) è circa la metà del valore medio a Nord del Cecina. Per avere un termine di paragone su cosa possano significare questi valori, si ricorda che la densità di popolazione media dell'Italia è intorno a 190 Ab/km<sup>2</sup> (tra 1991 e 1999) e quella della Toscana è poco superiore a 150 Ab/km<sup>2</sup>.

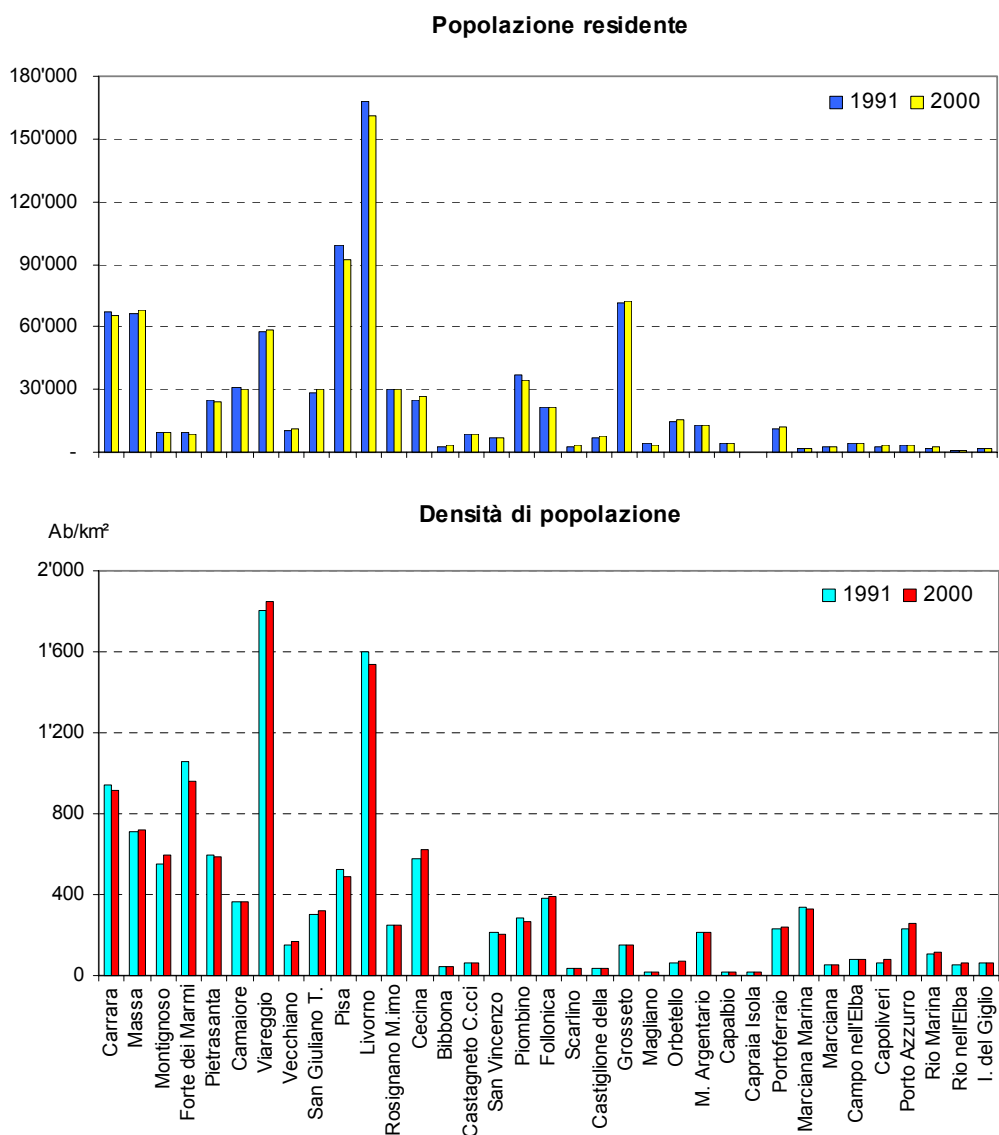
*Tabella 2: Popolazione e Densità di popolazione nei comuni costieri della Toscana nel 1991 e nel 2000 (dati ISTAT)*

Prov. Comune	Costa (km)	Superficie <sup>1</sup> (km <sup>2</sup> )		Popolazione (Ab)		Densità di popolaz. (Ab/km <sup>2</sup> )	
		1991	2000	1991	2000	1991	2000
MS Carrara	4.0	71.3	71.3	67'197	65'302	942.9	916.0
MS Massa	8.8	94.1	94.1	66'737	68'141	709.0	724.0
MS Montignoso	0.7	16.7	16.7	9'158	9'903	549.4	594.1
<b>MS Totale provinciale</b>	<b>13.6</b>	<b>182.1</b>	<b>182.1</b>	<b>143'092</b>	<b>143'346</b>	<b>785.9</b>	<b>787.3</b>
LU Forte dei Marmi	4.8	9.0	9.0	9'514	8'617	1'057.1	957.4
LU Pietrasanta	4.2	41.8	41.8	24'817	24'397	593.1	583.1
LU Camaiore	3.0	84.6	84.6	30'648	30'556	362.3	361.2
LU Viareggio	11.2	31.9	31.9	57'514	58'884	1'804.1	1'847.1
<b>LU Totale provinciale</b>	<b>23.3</b>	<b>167.3</b>	<b>167.3</b>	<b>122'493</b>	<b>122'454</b>	<b>732.1</b>	<b>731.9</b>
PI Vecchiano	3.8	67.3	67.3	10'410	11'391	154.7	169.3
PI San Giuliano Terme	3.6	92.2	92.2	28'188	29'856	305.7	323.7
PI Pisa	20.4	187.1	187.1	98'928	91'977	528.8	491.6
<b>PI Totale provinciale</b>	<b>27.8</b>	<b>346.6</b>	<b>346.6</b>	<b>137'526</b>	<b>133'224</b>	<b>396.8</b>	<b>384.4</b>
LI Livorno	52.7	104.8	105.0	167'512	161'288	1'598.5	1'536.8
LI Rosignano Marittimo	21.4	120.8	120.8	30'021	30'495	248.5	252.4
LI Cecina	7.4	42.9	42.6	24'636	26'464	573.7	621.5
LI Bibbona	4.9	65.6	65.6	2'793	3'036	42.6	46.3
LI Castagneto Carducci	13.3	142.3	142.3	8'256	8'324	58.0	58.5
LI San Vincenzo	11.3	33.1	33.1	7'175	6'837	216.6	206.4
LI Piombino	38.9	130.1	130.4	36'774	34'521	282.7	264.8
<b>LI Totale provinciale</b>	<b>150.0</b>	<b>639.6</b>	<b>639.7</b>	<b>277'167</b>	<b>270'965</b>	<b>433.3</b>	<b>423.6</b>
GR Follonica	6.8	55.8	55.8	21'353	21'680	382.4	388.3
GR Scarlino	9.6	88.4	88.4	2'782	3'086	31.5	34.9
GR Castiglione della Pescaia	27.8	209.0	209.0	7'195	7'465	34.4	35.7
GR Grosseto	22.4	474.3	474.5	71'257	72'601	150.2	153.0
GR Magliano in Toscana	5.8	250.7	250.7	4'082	3'750	16.3	15.0
GR Orbetello	36.4	227.0	227.0	14'862	15'236	65.5	67.1
GR Monte Argentario	40.2	60.3	60.3	12'643	13'062	209.7	216.7
GR Capalbio	12.2	187.6	187.6	4'014	3'912	21.4	20.9
<b>GR Totale provinciale</b>	<b>161.2</b>	<b>1'553.1</b>	<b>1'553.2</b>	<b>138'188</b>	<b>140'792</b>	<b>89.0</b>	<b>90.6</b>
LI Capraia Isola	30.8	19.3	19.3	267	348	13.9	18.1
LI Portoferraio	25.6	47.8	50.4	11'042	11'999	231.1	238.3
LI Marciana Marina	8.5	5.8	5.8	1'971	1'893	342.2	328.6
LI Marciana	14.0	45.3	45.3	2'244	2'281	49.5	50.4
LI Campo nell'Elba	70.2	55.7	55.7	4'274	4'335	76.8	77.9
LI Capoliveri	44.5	39.5	39.5	2'435	3'163	61.6	80.1
LI Porto Azzurro	4.7	13.4	13.4	3'111	3'434	232.9	257.0
LI Rio Marina	24.3	19.5	19.5	2'043	2'267	104.6	116.0
LI Rio nell'Elba	7.8	16.8	16.8	866	999	51.6	59.5
GR Isola del Giglio	48.2	23.8	23.8	1'558	1'553	65.5	65.3
<b>Totale Arcipelago Toscano</b>	<b>278.5</b>	<b>286.7</b>	<b>289.3</b>	<b>29'811</b>	<b>32'272</b>	<b>104.0</b>	<b>111.5</b>
<b>Totale regionale</b>	<b>654</b>	<b>3'175.4</b>	<b>3'178.1</b>	<b>848'277</b>	<b>843'053</b>	<b>267.1</b>	<b>265.3</b>

<sup>1</sup> Per esattezza abbiamo riportato la superficie comunale come risulta dai dati ISTAT, in quanto talvolta ci sono state modifiche per la costituzione di nuovi comuni o la scomparsa di altri o, ancora, per nuove e più precise misurazioni, soprattutto nel caso di comuni con territorio insulare.

Le differenze tra questi due tratti del litorale toscano, sono ancora più evidenti se si considerano i valori di abitanti: con una media di quasi 90mila abitanti nella parte settentrionale e solo 10mila nel resto dei comuni.

La tendenza nel decennio, come visto in precedenza, è quella di un leggero e diffuso aumento della densità di popolazione lungo la costa meridionale, comprendendo in questa anche le isole dell'Arcipelago Toscano, dove i bassi valori assoluti di abitanti rendono significativi anche piccoli spostamenti, relativi ad una scala temporale ridotta.



*Figura 7 - Popolazione (sopra) e Densità di popolazione (sotto) nei comuni costieri della Toscana nel 1991 e nel 2000*

Se esaminiamo più nel dettaglio la situazione a livello di singolo comune, pur suddividendo l'osservazione tra le due componenti individuate, vediamo come all'interno di ciascun gruppo ci siano situazioni diverse. Vi sono comuni che non sembrerebbero eccessivamente popolati, ma che, invece, rispetto alla superficie occupata mostrano densità ragguardevoli: questo vale, per esempio (Figura 7), nel tratto settentrionale per i comuni di Montignoso, Forte dei Marmi, Pietrasanta e Viareggio (cioè quasi tutta la Versilia), e, a Sud, i comuni di Portoferraio, Marciana Marina e Porto Azzurro (tutti sull'Isola d'Elba).

D'altra parte, vi sono comuni che dispongono di un territorio sufficiente a disperdere gran parte dei residenti, abbassando sensibilmente la loro densità di popolazione, come Pisa o Grosseto (in assoluto il comune più grande), anche se il fatto di possedere una vasta superficie comunale è solo un vantaggio di tipo statistico, in quanto la gran parte degli abitanti resta spesso localizzata nel centro urbano del capoluogo.

## **2.2.2 Turismo**

### **2.2.2.1 I dati**

I dati del turismo vengono, generalmente, rilevati a livello locale da parte degli uffici statistici provinciali e/o regionali e dagli enti turistici (APT, EPT, ecc.) e, successivamente, immessi nel sistema statistico nazionale (SiStaN) per le elaborazioni successive da parte dell'ISTAT. Per problemi derivanti dalla necessità di tutela della privacy e dei dati personali, i dati di dettaglio comunale talvolta vengono "filtrati" in modo tale che non sia possibile riconoscere l'eventuale unica struttura ricettiva di un comune, attribuendo, in pratica, ad un comune confinante quel dato turistico.

Le presenze turistiche si ottengono moltiplicando il numero di persone che hanno usufruito delle strutture ricettive (arrivi) per i giorni di pernottamento di ciascuno, in un determinato lasso temporale (generalmente l'anno). I dati normalmente reperiti, si riferiscono a tutte le strutture ricettive<sup>1</sup>, lasciando di fatto esclusi dalla rilevazione dei movimenti turistici solo gli alloggi non registrati ed il fenomeno delle "seconde" case, che per alcune zone costiere, come potrebbe essere quella versiliese, assumono una certa importanza. Del resto, non avendo modo di stimare con una certa oggettività questi ultimi aspetti, variando tra l'altro in modo consistente da zona a zona, abbiamo ritenuto di attenerci solo ai dati ufficiali (ISTAT o Regione Toscana).

Per completezza d'informazione va detto, però, che tutto il sistema di rilevazione di movimenti turistici ha subito una sua evoluzione nel corso degli anni, arrivando ad un livello abbastanza standardizzato ed omogeneo di raccolta delle informazioni solo negli anni '90. Inoltre, a cavallo del 1990 c'è stata una sostanziale modifica del sistema, passando dalla competenza più o meno provinciale dei vari enti per il turismo (EPT,

---

<sup>1</sup> Le strutture ricettive comprendono: esercizi alberghieri, residenze turistiche-alberghiere, campeggi, villaggi turistici, alloggi dati in affitto da privati o imprese iscritti al R.E.C., alloggi agroturistici, ostelli per la gioventù, case per ferie, rifugi alpini e altre strutture ancora. Per quanto riguarda gli alloggi dati in affitto da soggetti non iscritti al R.E.C. o da istituti religiosi, la soppressione dell'imposta di soggiorno (D.L. 549/1988) non ne permette più la rilevazione.



APT, ecc.) al controllo da parte degli uffici statistici regionali (SiStaN), provocando in questa fase una certa difficoltà di completamento delle indagini. In Toscana, di fatto, i dati del 1990 e del 1991 risultano abbastanza lacunosi, sia come copertura territoriale (dati incompleti per le province di Firenze e Massa Carrara) sia nel tipo di strutture indagate (in pratica solo gli esercizi alberghieri). Per questi motivi, non è stato possibile utilizzare i dati del 1990-91, in coerenza con gli altri parametri considerati (popolazione, agricoltura, industria, ecc.), da confrontare con il 2000 ed abbiamo optato per il 1992, primo anno completo ed analogo ai successivi. Per ulteriore tutela, prima di adottare questa soluzione, è stata fatta una verifica sulle differenze a livello di comune (laddove si avevano i dati) e di provincia tra questi 3 anni a parità di struttura ricettiva, non osservando cambiamenti significativi.

Calcolando il rapporto, in percentuale (%), tra le presenze turistiche ed i residenti nel periodo di interesse, si ottiene l'incidenza del turismo sulla popolazione, facendo attenzione a riportare alla stessa unità di misura i due termini, al nominatore ed al denominatore, in questo modo:

$$\frac{\text{presenze}}{Ab} * \frac{1}{365} * 100 \text{ se si considera l'intero anno (365gg)}$$

Il valore risultante, espresso in percentuale, rende conto di quanto il peso turistico sia importante sulle infrastrutture del territorio considerato, cioè quanto possa influire sulla gestione “normale” dei servizi (trasporti, rifiuti, ecc.) e delle risorse (consumi idrici, scarichi, ecc.).

#### **2.2.2.2 Risultati**

Analizzando i dati a livello comunale (Tabella 3), balza agli occhi come vi siano alcune realtà dove il fenomeno turistico raggiunge valori di presenze nettamente emergenti rispetto alla restante costa, situazioni, peraltro, ben facilmente prevedibili conoscendo la tradizione e la vocazione turistica che da lungo tempo queste località hanno: principalmente Massa, Viareggio, Pisa, Castiglione della Pescaia, Grosseto, Orbetello e Capoliveri. Vi è poi un altro gruppo, molto numeroso, di comuni che hanno presenze turistiche importanti, ma non come le prime, con valori mediamente compresi tra 300 e 600mila: questo secondo gruppo comprende gli altri comuni della Versilia, tutta la costa tra Livorno e Follonica ed alcune zone dell'Elba.

Altra caratteristica immediatamente evidente è l'aumento che si osserva tra 1992 e 2000 per tutta la costa (Figura 8 in alto): questo fenomeno, come si è già messo in evidenza per la popolazione, è una tendenza diffusa a livello di bacino mediterraneo, vuoi proprio per il sempre maggior sfruttamento delle risorse turistiche balneari e marine (con l'individuazione di nuove forme legate alla pesca, all'osservazione della natura sopra e sotto la superficie del mare, ecc.), vuoi per un aumentata competitività del trasporto marittimo e della navigazione di tipo crocieristico. In particolare, in alcune località, anche già ben conosciute, assistiamo ad un vero e proprio raddoppio nel numero di turisti tra il 1992 ed il 2000: Massa, Pisa, Cecina e San Vincenzo, senza contare quelle con livelli bassi ma ben più che raddoppiati nel corso degli anni.

*Tabella 3: Presenze turistiche, Densità del turismo e Incidenza del turismo nei comuni costieri della Toscana nel 1992 e nel 2000 (dati Regione Toscana)*

Prov. Comune	Presenze turistiche		Densità turistica (pres./km <sup>2</sup> )		Incidenza del turismo (pres./Ab)	
	1992	2000	1992	2000	1992	2000
MS Carrara	56'822	104'802	797	1'470	0.2%	0.4%
MS Massa	702'136	1'472'196	7'459	15'642	2.9%	5.9%
MS Montignoso	30'951	76'070	1'857	4'563	0.9%	2.1%
<b>MS Totale provinciale</b>	<b>789'909</b>	<b>1'653'068</b>	<b>4'338</b>	<b>9'079</b>	<b>1.5%</b>	<b>3.2%</b>
LU Forte dei Marmi	379'559	459'484	42'173	51'054	10.9%	14.6%
LU Pietrasanta	417'313	538'203	9'974	12'863	4.6%	6.0%
LU Camaiore	441'349	558'839	5'218	6'606	3.9%	5.0%
LU Viareggio	842'854	1'033'916	26'438	32'431	4.0%	4.8%
<b>LU Totale provinciale</b>	<b>2'081'075</b>	<b>2'590'442</b>	<b>12'438</b>	<b>15'483</b>	<b>4.7%</b>	<b>5.8%</b>
PI Vecchiano	9'821	22'407	146	333	0.3%	0.5%
PI San Giuliano Terme	44'107	141'415	478	1'533	0.4%	1.3%
PI Pisa	872'663	1'516'313	4'665	8'105	2.4%	4.5%
<b>PI Totale provinciale</b>	<b>926'591</b>	<b>1'680'135</b>	<b>2'674</b>	<b>4'848</b>	<b>1.8%</b>	<b>3.5%</b>
LI Livorno	378'515	311'031	3'612	2'964	0.6%	0.5%
LI Rosignano Marittimo	366'095	470'714	3'030	3'896	3.3%	4.2%
LI Cecina	322'112	622'184	7'501	14'612	3.6%	6.4%
LI Bibbona	419'840	728'590	6'405	11'113	41.2%	65.7%
LI Castagneto Carducci	456'307	657'594	3'207	4'622	15.1%	21.6%
LI San Vincenzo	254'236	565'155	7'674	17'059	9.7%	22.6%
LI Piombino	297'037	476'356	2'283	3'654	2.2%	3.8%
<b>LI Totale provinciale</b>	<b>2'494'142</b>	<b>3'831'624</b>	<b>3'899</b>	<b>5'990</b>	<b>2.5%</b>	<b>3.9%</b>
GR Follonica	349'659	399'812	6'262	7'161	4.5%	5.1%
GR Scarlino	53'933	82'876	610	938	5.3%	7.4%
GR Castiglione della Pescaia	983'850	1'225'551	4'708	5'865	37.5%	45.0%
GR Grosseto	731'543	969'539	1'542	2'043	2.8%	3.7%
GR Magliano in Toscana	2'209	19'253	9	77	0.1%	1.4%
GR Orbetello	771'517	906'095	3'399	3'992	14.2%	16.3%
GR Monte Argentario	104'611	111'299	1'735	1'846	2.3%	2.3%
GR Capalbio	42'048	69'451	224	370	2.9%	4.9%
<b>GR Totale provinciale</b>	<b>3'039'370</b>	<b>3'783'876</b>	<b>1'957</b>	<b>2'436</b>	<b>6.0%</b>	<b>7.4%</b>
LI Capraia Isola	37'050	34'414	1'924	1'787	38.0%	27.1%
LI Portoferraio	447'638	665'301	9'369	13'214	11.1%	15.2%
LI Marciana Marina	86'584	144'051	15'032	25'009	12.0%	20.8%
LI Marciana	182'291	255'721	4'025	5'646	22.3%	30.7%
LI Campo nell'Elba	426'206	651'459	7'657	11'704	27.3%	41.2%
LI Capoliveri	748'484	925'398	18'944	23'422	84.2%	80.2%
LI Porto Azzurro	138'698	189'930	10'382	14'216	12.2%	15.2%
LI Rio Marina	118'929	140'068	6'086	7'168	15.9%	16.9%
LI Rio nell'Elba	50'452	115'194	3'007	6'865	16.0%	31.6%
GR Isola del Giglio	88'910	99'943	3'736	4'199	15.6%	17.6%
<b>Totale Arcipelago Toscano</b>	<b>2'325'242</b>	<b>3'221'479</b>	<b>8'109</b>	<b>11'135</b>	<b>21.4%</b>	<b>27.3%</b>
<b>Totale regionale</b>	<b>11'656'329</b>	<b>16'760'624</b>	<b>3'671</b>	<b>5'274</b>	<b>3.8%</b>	<b>5.4%</b>

Se prendiamo in esame la densità di presenze rispetto al territorio comunale (Tabella 3), notiamo come solo pochi dei comuni con i valori assoluti più elevati mostra anche concentrazioni massime. Infatti, stavolta sono Forte dei Marmi, Viareggio, Marciana Marina, e Capoliveri ad essere, sia nel '92 che nel 2000, ben oltre le 10mila presenze per km<sup>2</sup>, con molti altri comuni che vi arrivano solo dopo l'incremento

turistico degli ultimi anni, Massa, Pietrasanta, Cecina, Bibbona, San Vincenzo, Portoferraio, Campo nell'Elba e Porto Azzurro.

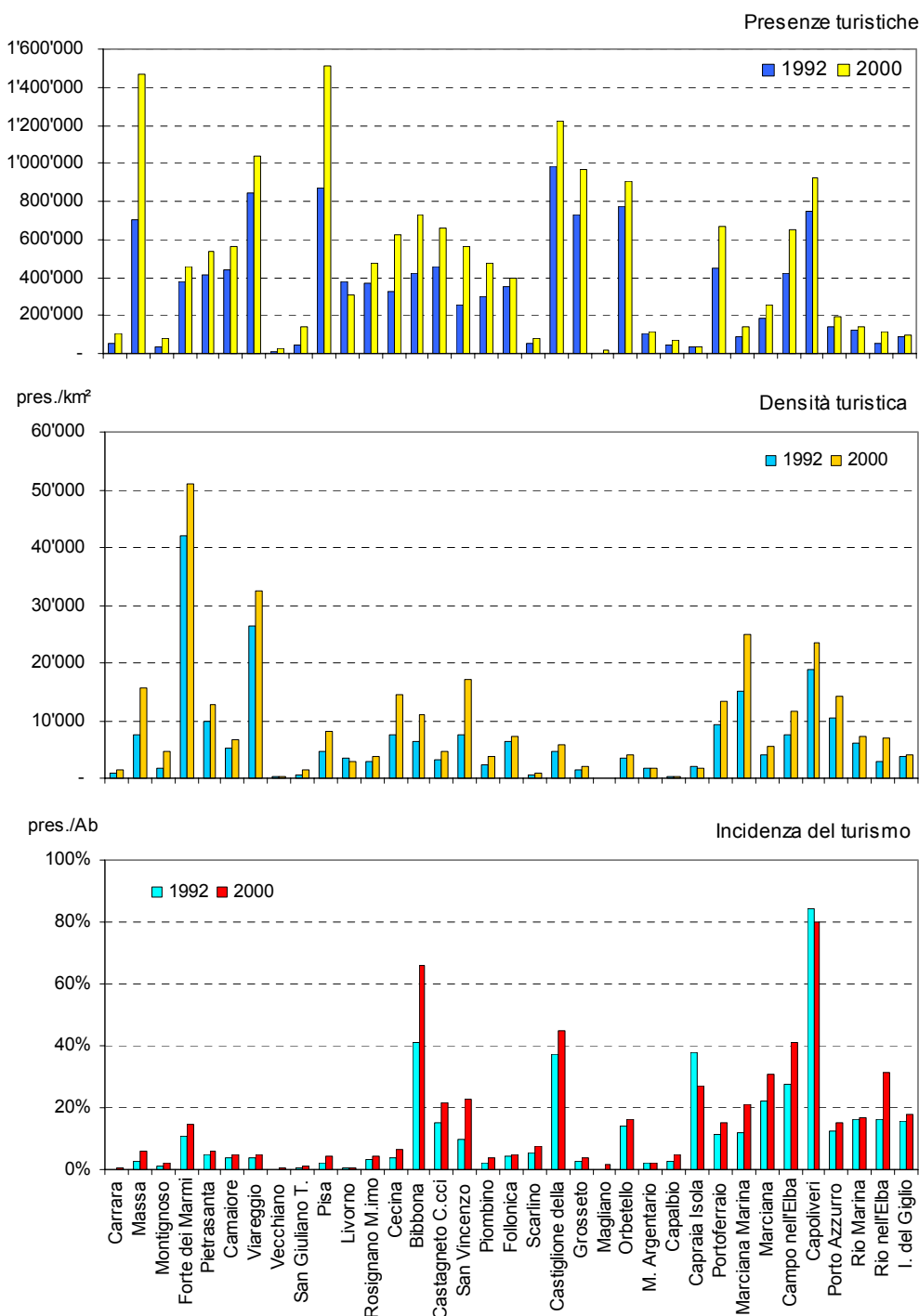


Figura 8 - Presenze turistiche (in alto), Densità delle presenze turistiche (al centro) e Incidenza del turismo (in basso) nei comuni costieri della Toscana nel 1992 e nel 2000 – dati Regione Toscana

In pratica, si osserva una maggior suddivisione in zone ben distinte (Figura 8 al centro), rispetto al solo esame delle presenze, con un settore settentrionale, da Massa a Viareggio con i valori di densità più elevati in assoluto, una zona centrale mediamente poco densa e, infine, concentrazioni di nuovo alte nell'Arcipelago Toscano.

L'elemento forse più interessante, a nostro giudizio, resta l'incidenza del turismo sulla popolazione, considerando che è quello con il maggior significato ambientale, in quanto tende a valutare il grado di problematicità apportato dalla presenza di turisti su un territorio più o meno strutturato e popolato. Infatti, il turista non deve essere visto solo come possibile fonte di reddito economico e possibilità di sviluppo sociale, ma anche come fattore di criticità verso la gestione del territorio, se non regolamentato a sufficienza e se non si predispongono le misure necessarie ad una compensazione di questi carichi aggiuntivi. Valutando, quindi, il grado di sviluppo economico ed antropico, in generale, attraverso la popolazione, presupponendo che gli amministratori abbiano dimensionato la maggior parte dei servizi e delle infrastrutture essenzialmente su questo parametro, abbiamo un potente indicatore di quanto il territorio in senso lato sia "pronto" ed in grado di sopportare ulteriori abitanti, anche se temporanei. Teniamo conto che si tratta di stime estremamente prudenziali, in quanto, come detto, la presenza turistica, per essere correttamente rapportata alla popolazione, è stata "spalmata" su tutto l'anno, con una sorta di presenza media annuale, mentre tutti sappiamo che, soprattutto nelle località litorali, il fenomeno è concentrato in poche settimane all'anno.

Dall'esame della Tabella 3 si evince come, a fronte di un peso sostanzialmente più rilevante della popolazione costiera nella parte settentrionale, ci sia un'incidenza nettamente maggiore del turismo balneare in alcuni comuni della costa livornese (Bibbona, Castagneto e San Vincenzo), a Castiglione della Pescaia e nei comuni dell'Arcipelago. Questa tendenza ad un progressivo aumento via via che ci si allontana dalle zone densamente abitate delle province di Massa, Lucca e Pisa, è ben evidente sia nel 1992 che nel 2000 (Figura 8 in basso) e non può essere attribuita a fenomeni generali su scala mediterranea, come per gli altri indicatori, in quanto l'incidenza è un rapporto tra due grandezze che variano nel tempo in modo simile.

In sintesi, il litorale apuo-versiliese-pisano risente di flussi turistici "storici" e di fenomeni demografici sviluppatisi negli anni addietro, che hanno comportato una notevole urbanizzazione, con un aumento della popolazione ormai proporzionale al turismo, e la creazione di tutti quegli strumenti necessari a sostenere un carico costantemente elevato. Invece, laddove il territorio non ha ancora subito grandi modificazioni o, almeno, non in modo così diffuso ed intenso, i flussi turistici attualmente in atto possono comportare seri problemi di gestione. Questo è il caso di numerose località con vocazione turistica relativamente recente della costa livornese e grossetana e delle isole dell'Arcipelago (Figura 9), dove gli stress attuali fanno prevedere un aggravarsi della situazione, peraltro ancora di ottimo livello ambientale.

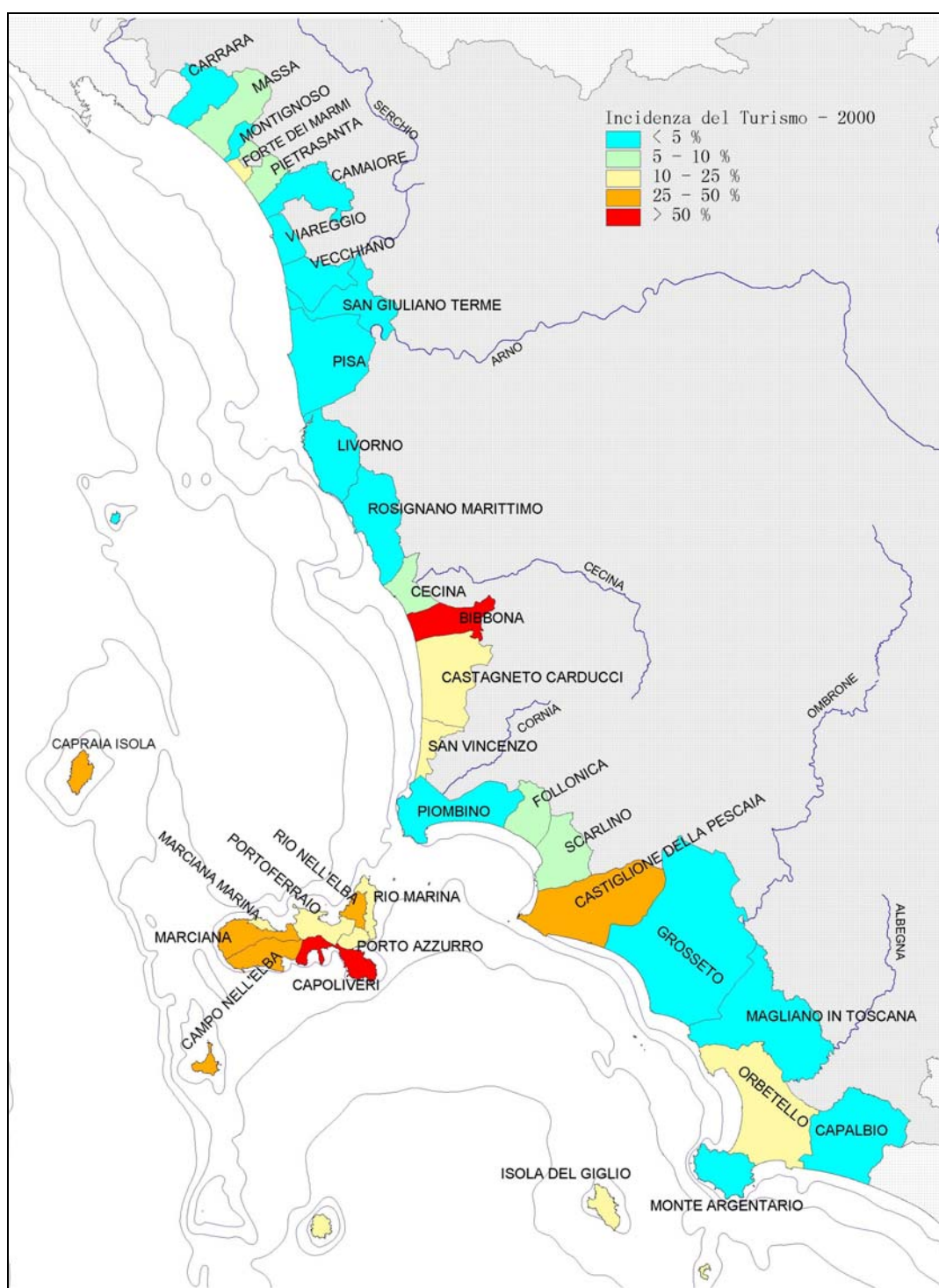


Figura 9 - Incidenza del turismo sulla popolazione nei comuni costieri della Toscana nel 2000 – dati Regione Toscana

## 2.3 Le pressioni

### 2.3.1 Attività produttive

#### 2.3.1.1 I dati

I dati sono raccolti dall'ISTAT durante i censimenti nazionali delle attività produttive che si ripetono con cadenza decennale (1951, '61, '71, '81, '91 e 2001). Il numero degli addetti di ogni tipologia per singolo comune andrebbe raggruppato nei principali settori produttivi (agricolo, trasporti, industriale o manifatturiero, commerciale, servizi e altro) e, per quello industriale, ulteriormente suddiviso (meccanico, metallurgico, plastico, chimico, estrattivo, tessile-conciario, ecc.). Nell'ultimo decennio è stato effettuato anche un censimento intermedio (1996), modificando la classificazione delle imprese (ATECO5) in base al rapido modificarsi della struttura economica e commerciale del comparto produttivo italiano, tralasciando di rilevare i dati dei settori agricolo (agricoltura, zootecnia, silvicoltura, caccia, pesca, ecc.), della sanità, dell'istruzione e delle organizzazioni "non profit", con un dettaglio comunale.

I censimenti del 1996 (i più aggiornati attualmente disponibili) e del 1991 non sono, perciò, facilmente confrontabili e si è dovuto necessariamente utilizzare raggruppamenti più generici di quelli inizialmente ipotizzati, focalizzando l'attenzione su quelle attività che potevano genericamente essere più impattanti per l'ambiente idrico, quali le attività manifatturiere, soprattutto di tipo industriale (classi ATECO4 da 3000 a 4000 ed ATECO5 da 15000 a 40000).

In particolare, è stato considerato il numero di addetti per ogni Unità Locale<sup>1</sup> e non per ogni impresa<sup>2</sup>, in quanto il primo termine si riferisce alla localizzazione delle attività, mentre il secondo al soggetto fiscale titolare delle attività.

#### 2.3.1.2 Risultati

I dati comunali (Tabella 4) confermano quanto anticipato per la popolazione (vedi par. 2.2.1) a proposito della crisi occupazionale nei grandi poli industriali costieri della Toscana e, più in generale, complessivamente in tutto il settore manifatturiero. Infatti, il calo degli addetti, sia totali che industriali, è presente su tutta la fascia costiera dal 1991 al 1996 e particolarmente accentuato, in termini di perdite assolute, nelle zone di Carrara, Massa, Viareggio, Pisa, Livorno, Piombino e Grosseto.

---

<sup>1</sup> Unità locale (U.L.): luogo variamente denominato (stabilimento, negozio, laboratorio, ufficio, studio, albergo, ecc.) in cui si realizza la produzione di beni o nel quale si svolge o si organizza la prestazione di servizi destinabili o non destinabili alla vendita. L'U.L. è topograficamente individuata in un'unica località (provincia, comune, sezione di censimento), nella quale lavorano od alla quale fanno riferimento una o più persone, eventualmente a tempo parziale, per conto di una stessa impresa. (*definizione ISTAT 1996*)

<sup>2</sup> Impresa: organizzazione di una attività economica esercitata con carattere professionale ai fini della produzione di beni o della prestazione di servizi destinabili alla vendita: può essere unilocalizzata o plurilocalizzata, a seconda che l'attività sia svolta in un'unica sede o in più unità locali. (*definizione ISTAT 1996*)

*Tabella 4 – Addetti alle attività produttive delle Unità Locali dei comuni costieri toscani, nel 1991 e nel 1996 (dati ISTAT)*

Prov. Comune	Addetti industriali		Addetti totali	
	1991	1996	1991	1996
MS Carrara	8'137	5'250	21'008	16'395
MS Massa	8'972	5'603	23'221	17'456
MS Montignoso	869	484	1'947	1'449
<b>MS Totale provinciale</b>	<b>17'978</b>	<b>11'337</b>	<b>46'176</b>	<b>35'300</b>
LU Forte dei Marmi	557	218	3'486	3'064
LU Pietrasanta	3'845	2'498	8'588	7'105
LU Camaiore	3'416	1'494	8'758	7'227
LU Viareggio	6'357	3'809	21'304	16'530
<b>LU Totale provinciale</b>	<b>14'175</b>	<b>8'019</b>	<b>42'136</b>	<b>33'926</b>
PI Vecchiano	719	428	2'149	1'768
PI San Giuliano Terme	1'601	703	4'486	4'288
PI Pisa	9'890	6'212	45'129	27'347
<b>PI Totale provinciale</b>	<b>12'210</b>	<b>7'343</b>	<b>51'764</b>	<b>33'403</b>
LI Livorno	13'128	8'284	52'928	39'134
LI Rosignano Marittimo	4'340	2'844	8'871	7'348
LI Cecina	1'889	830	7'773	5'747
LI Bibbona	173	73	753	685
LI Castagneto Carducci	556	337	1'892	1'657
LI San Vincenzo	639	125	1'949	1'418
LI Piombino	7'990	4'909	15'615	10'616
<b>LI Totale provinciale</b>	<b>28'715</b>	<b>17'402</b>	<b>89'781</b>	<b>66'605</b>
GR Follonica	1'900	722	6'318	4'752
GR Scarlino	1'196	340	1'752	909
GR Castiglione della Pescaia	966	237	3'061	2'349
GR Grosseto	6'503	2'771	24'949	17'960
GR Magliano in Toscana	174	32	603	335
GR Orbetello	1'155	434	4'567	2'957
GR Monte Argentario	713	335	2'788	2'117
GR Capalbio	211	130	806	648
<b>GR Totale provinciale</b>	<b>12'818</b>	<b>5'001</b>	<b>44'844</b>	<b>32'027</b>
LI Capraia Isola	28	9	121	123
LI Portoferraio	857	457	4'096	3'781
LI Marciana Marina	240	22	729	489
LI Marciana	139	31	595	556
LI Campo nell'Elba	207	114	1'076	1'199
LI Capoliveri	88	33	643	888
LI Porto Azzurro	175	36	1'019	701
LI Rio Marina	145	27	520	375
LI Rio nell'Elba	84	5	196	114
GR Isola del Giglio	106	44	477	456
<b>Totale Arcipelago Toscano</b>	<b>2'069</b>	<b>778</b>	<b>9'472</b>	<b>8'682</b>
<b>Totale regionale</b>	<b>87'965</b>	<b>49'880</b>	<b>284'173</b>	<b>209'943</b>

Dal punto di vista della distribuzione spaziale (Figura 10), invece, cambia poco o nulla in questi primi anni '90, con una costante maggior concentrazione di addetti nella parte settentrionale della costa e nelle zone portuali di Livorno e Piombino, città storicamente industriali della Toscana.

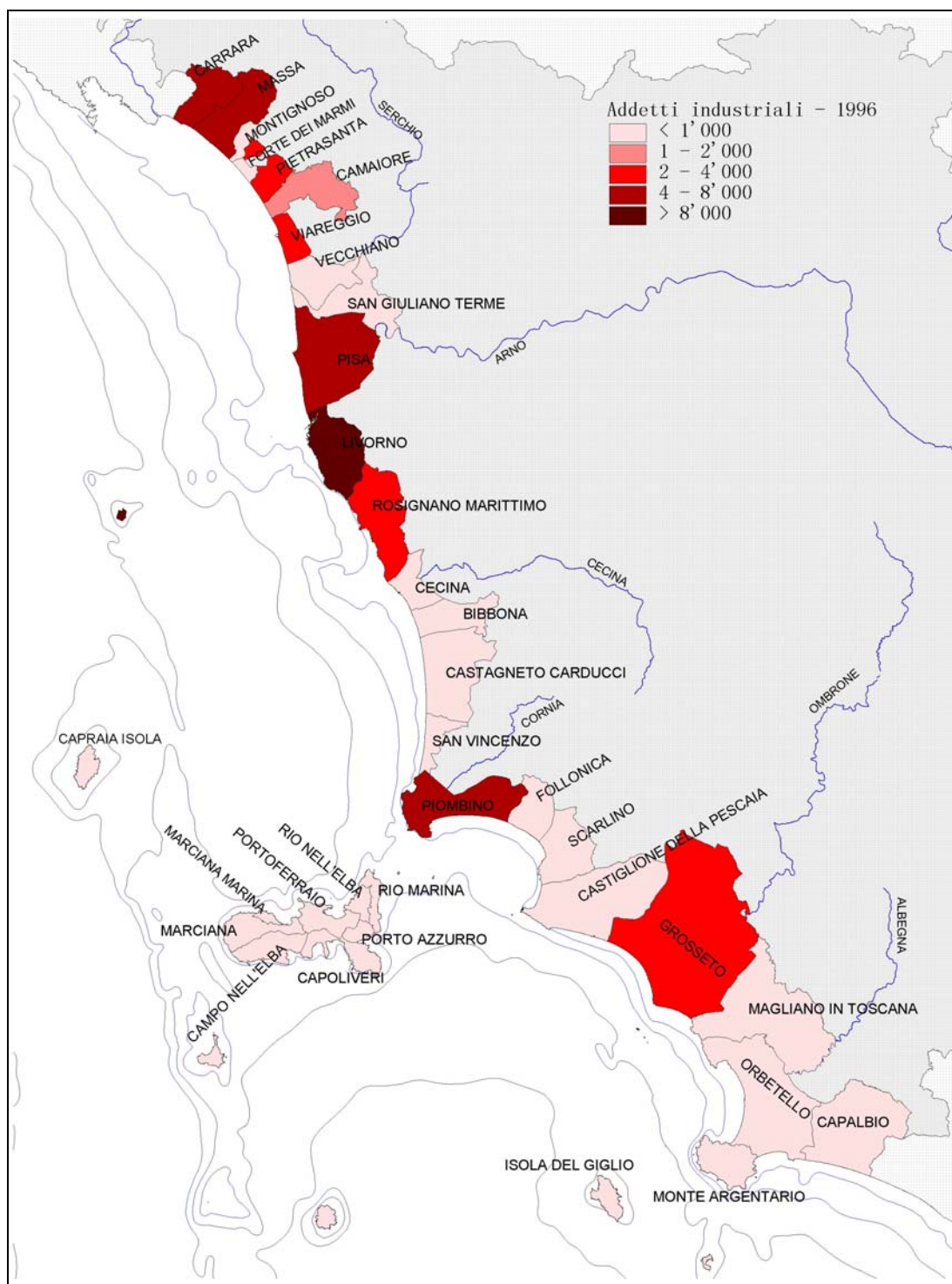


Figura 10 - Addetti alle attività produttive industriali(classi ATECO5 da 15000 a 40000) delle Unità Locali dei comuni costieri toscani nel 1996 (dati ISTAT)



## 2.3.2 Carichi organici potenziali

### 2.3.2.1 I dati

Il carico organico potenziale è una stima di quanta sostanza organica può essere immessa nell'ambiente idrico ed è calcolato in abitanti equivalenti (AbEq) civili, industriali e zootecnici, attraverso l'uso di coefficienti di conversione secondo lo schema seguente:

- civile: numero di abitanti + presenze turistiche/365
- industriali: numero di addetti \* coefficienti del CNR-IRSA (Quaderno 90, 1991) secondo la tabella sottostante

Censimento generale 1991	Coeff.	Censimento intermedio 1996	Coeff.
Codice ATECO4	AbEq/Add	Codice ATECO5	AbEq/Add
2010	5.0	10100-10300	20.0
2021	20.0	11110-11200	30.0
2022	30.0	12000	0.6
2023	0.6	13100-13200	5.0
2024	0.0	15111-15990	98.0
3010	98.0	16000	7.5
3020	7.5	17110-17300	17.0
3030-3040	17.0	17401-18300	0.6
3051	0.6	19100-19303	17.0
3052	17.0	20100-20522	1.6
3061	1.6	21110-21250	118.0
3062	1.7	22110-22330	0.6
3070	118.0	23100-24700	66.0
3080-3093	0.6	25110-25240	10.0
3101	2.3	26110-26820	1.5
3102	2.0	27100-27540	2.3
3111-3112 e 3114	1.0	28110-28756	2.0
3113	0.6	29111-29720	1.0
3115	1.7	30010-30020	0.6
3120	1.5	31101-32300	1.0
3131-3132	66.0	33101-33500	0.6
3133	17.0	34100-36636	1.7
3140-3151	10.0	37100-37202	0.6
3152	1.7	40100-40202	1.4
5010	1.4	40300-41002	0.6
5020	0.6		

- zootecnia: numero di capi allevati \* coefficienti del CNR-IRSA (Quaderno 90, 1991), come da tabella seguente, sia per i dati del 1990 che del 2000

Tipologia degli animali allevati	kg/capo all'anno
Bovini	8.16
Equini	8.08
Ovo-caprini	1.78
Suini	1.95
Pollame	0.20

Per quanto riguarda le fonti dei dati, oltre a quello già specificato per gli indicatori di popolazione, turismo ed attività produttive, è necessario considerare che sono stati utilizzati ambiti temporali il più possibile omogenei per i diversi parametri, racchiudendo nel biennio 1990-91 i dati per popolazione (1991), industria (1991) e zootecnia (1990), con la sola eccezione del turismo (1992), e riferendoci al 2000, come termine di paragone più aggiornato, per popolazione, turismo e zootecnia, mentre l'industria è relativa al 1996. I dati della zootecnia sono stati forniti dalla Regione Toscana come dati provvisori del 5° Censimento generale dell'Agricoltura.

Questo indicatore è utile per cercare di quantificare in qualche modo ciò che attraverso varie vie giunge fino ai corpi idrici, siano essi corsi d'acqua od il mare, vista l'impossibilità pratica di controllare tutte le possibili immissioni dirette, liquide e non, come concentrazioni e flussi.

Limitando il calcolo solo a quei comuni direttamente in contatto con le acque marine costiere stimiamo di avere una buona informazione sulle quantità di sostanza organica che arrivano in modo puntiforme e diffuso al mare, dato che per la maggior parte gli scarichi degli altri comuni vengono convogliati attraverso corsi d'acqua di una certa importanza, le cui caratteristiche sono, in teoria di più facile controllo. Quindi, in aggiunta ai carichi così calcolati, andrebbero tenuti presenti i contributi apportati dai carichi fluviali, aspetti esaminati successivamente (vedi par. 2.3.4).

#### 2.3.2.2 Risultati

Le differenze tra il biennio 1990-91 ed il 2000 sono essenzialmente di due tipi: da un lato i carichi organici sia totali che industriali e zootecnici subiscono un netto calo su tutto il litorale, a causa della crisi industriale e della forte riduzione nel settore agricolo complessivo (praticamente il quantitativo totale zootecnico viene dimezzato), mentre i carichi civili sembrano sostanzialmente stabili con una leggera tendenza all'aumento, soprattutto nel grossetano e nella costa insulare (Tabella 5).

D'altro lato si può notare come il contributo relativo delle diverse componenti vari in modo non uguale, tanto che il civile diventa la principale fonte di inquinamento organico nel 2000 (dieci anni prima lo era l'industria) e, in conseguenza di ciò, l'iniziale gradiente Nord-Sud di aumento del carico totale (Figura 11) si altera con la provincia di Livorno che sopravanza tutte le altre.

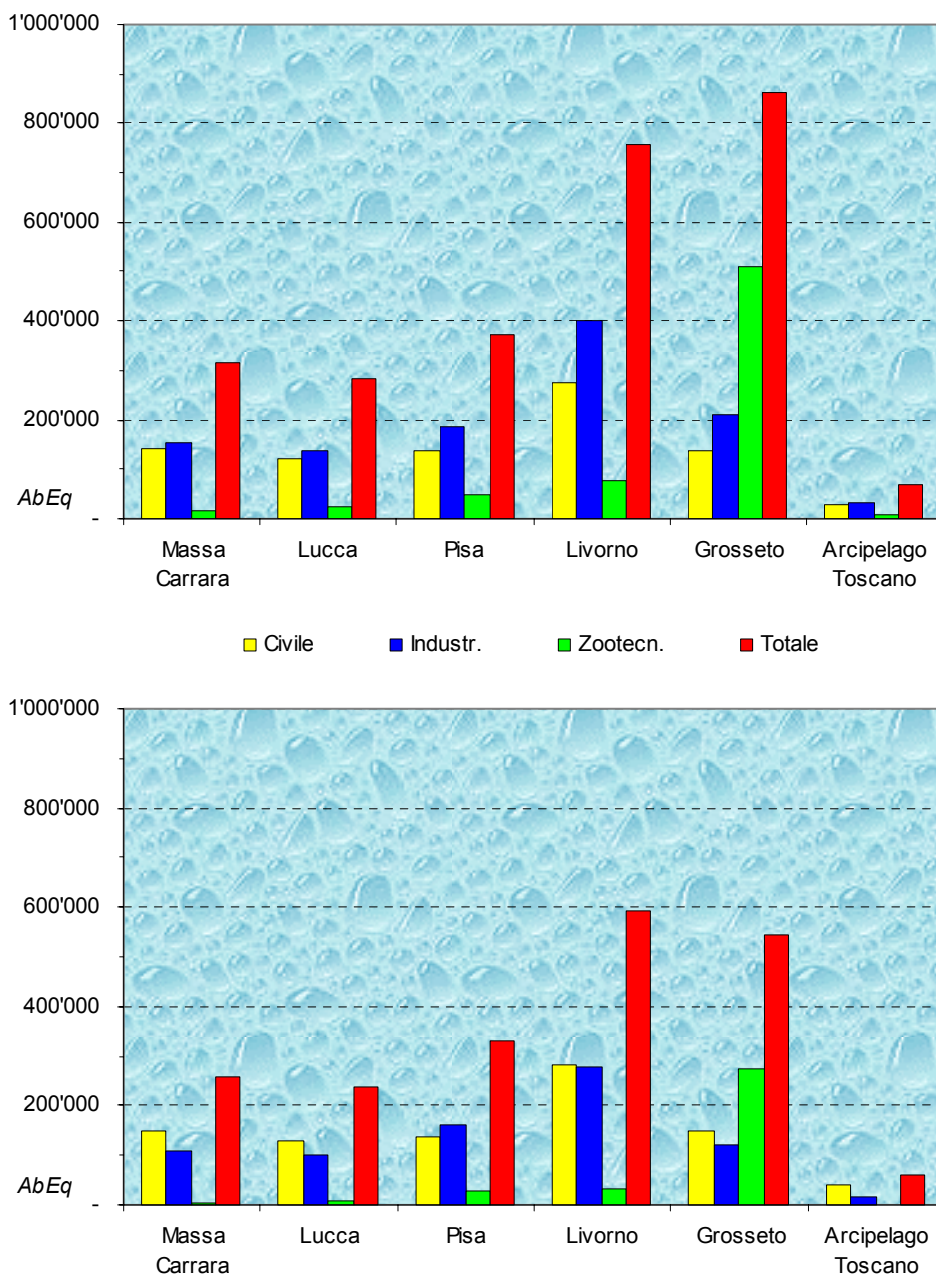
*Tabella 5 – Carico organico potenziale dei comuni costieri toscani nel 1990-91 e nel 2000 (elaborazione da dati ISTAT e Regione Toscana)*

Prov. Comune	1990-91 (AbEq)				2000 (AbEq)			
	Civile	Industr.	Zoot.	Totale	Civile	Industr.	Zoot.	Totale
MS Carrara	67'197	56'283	2'920	<b>126'400</b>	65'589	38'440	693	<b>104'722</b>
MS Massa	66'737	92'858	10'391	<b>169'986</b>	72'174	64'581	1'701	<b>138'456</b>
MS Montignoso	9'158	5'581	3'602	<b>18'340</b>	10'111	5'354	664	<b>16'129</b>
<b>MS Totale provinciale</b>	<b>143'092</b>	<b>154'722</b>	<b>16'913</b>	<b>314'727</b>	<b>147'875</b>	<b>108'375</b>	<b>3'058</b>	<b>259'308</b>
LU Forte dei Marmi	9'514	6'136	257	<b>15'906</b>	9'876	4'827	80	<b>14'782</b>
LU Pietrasanta	24'817	31'727	6'848	<b>63'392</b>	25'872	16'585	1'735	<b>44'191</b>
LU Camaiore	30'648	25'755	10'264	<b>66'667</b>	32'087	20'834	2'914	<b>55'835</b>
LU Viareggio	57'514	73'588	5'736	<b>136'838</b>	61'717	57'863	2'283	<b>121'863</b>
<b>LU Totale provinciale</b>	<b>122'493</b>	<b>137'206</b>	<b>23'104</b>	<b>282'803</b>	<b>129'551</b>	<b>100'108</b>	<b>7'011</b>	<b>236'671</b>
PI Vecchiano	10'410	7'598	5'626	<b>23'635</b>	11'452	6'710	4'772	<b>22'934</b>
PI San Giuliano Terme	28'188	22'622	13'484	<b>64'294</b>	30'243	18'302	5'753	<b>54'299</b>
PI Pisa	98'928	154'170	31'179	<b>284'277</b>	96'131	137'735	18'045	<b>251'911</b>
<b>PI Totale provinciale</b>	<b>137'526</b>	<b>184'391</b>	<b>50'289</b>	<b>372'206</b>	<b>137'827</b>	<b>162'747</b>	<b>28'571</b>	<b>329'145</b>
LI Livorno	167'512	185'792	7'915	<b>361'219</b>	162'140	121'209	2'396	<b>285'745</b>
LI Rosignano Marittimo	30'021	133'020	25'718	<b>188'759</b>	31'785	100'948	6'583	<b>139'316</b>
LI Cecina	24'636	25'587	5'539	<b>55'762</b>	28'169	15'313	1'264	<b>44'746</b>
LI Bibbona	2'793	2'646	10'758	<b>16'197</b>	5'032	4'482	7'544	<b>17'058</b>
LI Castagneto Carducci	8'256	8'915	8'777	<b>25'948</b>	10'126	7'863	5'895	<b>23'884</b>
LI San Vincenzo	7'175	7'168	1'453	<b>15'796</b>	8'385	5'822	1'406	<b>15'613</b>
LI Piombino	36'774	39'448	17'244	<b>93'467</b>	35'826	24'305	6'996	<b>67'127</b>
<b>LI Totale provinciale</b>	<b>277'167</b>	<b>402'577</b>	<b>77'403</b>	<b>757'147</b>	<b>281'463</b>	<b>279'942</b>	<b>32'085</b>	<b>593'489</b>
GR Follonica	21'353	23'575	2'877	<b>47'805</b>	22'775	20'065	1'129	<b>43'969</b>
GR Scarlino	2'782	57'832	70'768	<b>131'383</b>	3'313	14'927	5'292	<b>23'532</b>
GR Castiglione d. Pescaia	7'195	8'171	44'224	<b>59'589</b>	10'823	5'407	8'045	<b>24'275</b>
GR Grosseto	71'257	64'545	197'506	<b>333'308</b>	75'257	52'063	109'426	<b>236'746</b>
GR Magliano in Toscana	4'082	3'513	103'412	<b>111'007</b>	3'803	1'302	62'772	<b>67'876</b>
GR Orbetello	14'862	39'437	44'036	<b>98'334</b>	17'718	17'902	43'533	<b>79'154</b>
GR Monte Argentario	12'643	8'806	534	<b>21'983</b>	13'367	6'396	-	<b>19'763</b>
GR Capalbio	4'014	4'854	48'434	<b>57'303</b>	4'102	3'993	42'246	<b>50'341</b>
<b>GR Totale provinciale</b>	<b>138'188</b>	<b>210'733</b>	<b>511'791</b>	<b>860'712</b>	<b>151'159</b>	<b>122'055</b>	<b>272'443</b>	<b>545'657</b>
LI Capraia Isola	267	203	-	<b>470</b>	442	400	90	<b>932</b>
LI Portoferraio	11'042	8'453	1'242	<b>20'736</b>	13'822	6'967	323	<b>21'112</b>
LI Marciana Marina	1'971	12'603	43	<b>14'617</b>	2'288	902	30	<b>3'220</b>
LI Marciana	2'244	1'723	360	<b>4'327</b>	2'982	1'290	4	<b>4'276</b>
LI Campo nell'Elba	4'274	1'933	3'606	<b>9'813</b>	6'120	2'748	195	<b>9'063</b>
LI Capoliveri	2'435	2'835	632	<b>5'902</b>	5'698	1'130	22	<b>6'850</b>
LI Porto Azzurro	3'111	1'984	1'072	<b>6'167</b>	3'954	1'423	540	<b>5'917</b>
LI Rio Marina	2'043	1'583	29	<b>3'655</b>	2'651	1'779	38	<b>4'467</b>
LI Rio nell'Elba	866	395	334	<b>1'594</b>	1'315	105	-	<b>1'420</b>
GR Isola del Giglio	1'558	1'352	23	<b>2'933</b>	1'827	1'029	382	<b>3'238</b>
<b>Arcipelago Toscano</b>	<b>29'811</b>	<b>33'064</b>	<b>7'339</b>	<b>70'214</b>	<b>41'098</b>	<b>17'772</b>	<b>1'625</b>	<b>60'495</b>
<b>Totale regionale</b>	<b>848'277</b>	<b>1'122'692</b>	<b>686'840</b>	<b>2'657'808</b>	<b>888'973</b>	<b>790'998</b>	<b>344'793</b>	<b>2'024'763</b>

Attualmente, dal punto di vista geografico (Figura 12) il carico totale maggiore si registra nei comuni di Pisa e Livorno e, complessivamente, in tutto il litorale compreso tra Rosignano Marittimo ed il confine con la Liguria, restando a Sud il solo comune di Grosseto con un carico importante, in gran parte ancora di origine zootecnica. Si pensi che i comuni di Pisa, Livorno e Rosignano, da soli, rappresentano

circa 1/3 del carico totale della costa toscana e si tratta, tra l'altro, di una zona interessata anche dall'apporto fluviale dell'Arno.

Spiccano, inoltre, i carichi estremamente limitati apportati dai comuni dell'Arcipelago, per i 2/3 di fonte civile, con il solo Portoferraio degno di nota.



*Figura 11 - Carico organico potenziale dei comuni costieri toscani raggruppati per provincia nel 1990-91 e nel 2000*

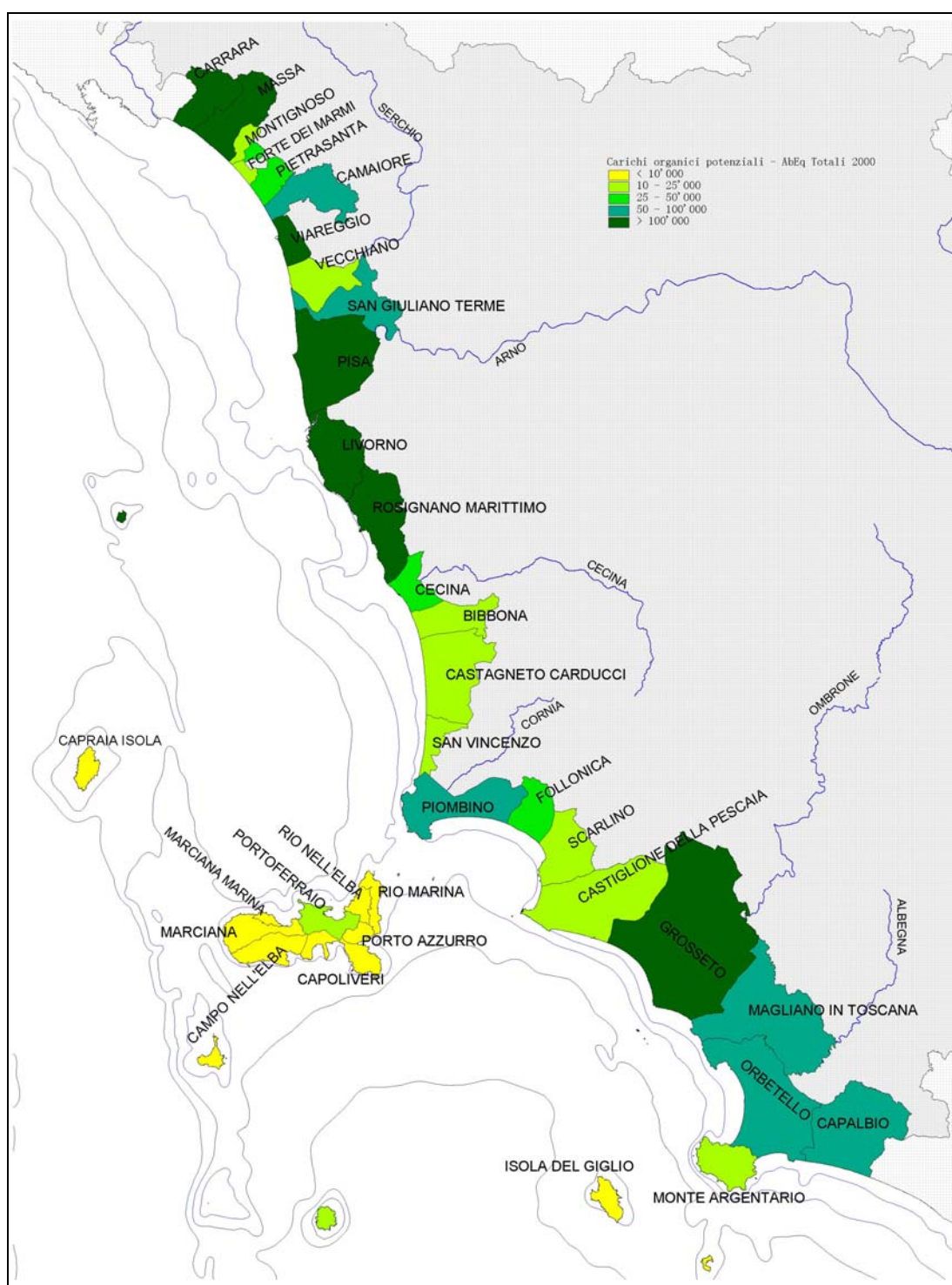


Figura 12 – Carico organico potenziale totale (AbEq) dei comuni costieri toscani nel 2000

### 2.3.3 Carichi trofici

#### 2.3.3.1 I dati

I carichi trofici, in analogia con il precedente indicatore, sono riferiti alle quantità di azoto (N) e fosforo (P) prodotte dai diversi settori, civile, industriale, agricolo e zootecnico e potenzialmente trasferite ai corpi idrici. Questo indicatore, che effettua una stima attraverso l'uso di coefficienti di conversione messi a punto dal CNR-IRSA (Quaderno 90, 1991) secondo lo schema seguente, non tiene conto di quanta parte venga effettivamente immessa in acqua e neppure delle trasformazioni subite dai composti azotati e fosforati durante i cicli biogeochimici, ma a parità di stima è un opportuno termine di confronto tra le diverse situazioni territoriali.

Settore	Parametro	Dati	Coeff. N	Coeff. P	Unità
Civile	Popolazione	abitanti	4.50	0.67	kg/abitante
	Turismo	presenze/365	4.50	0.67	kg/presenza
Industriale	Addetti UL	Classi attività economiche	10.00	1	kg/addetto
		ATECO4 2-6000			
		ATECO5 10-45000			
Agricoltura	Suolo coltivato	SAU <sup>2</sup>	3	2	
	Suolo incolto	Sup. totale <sup>4</sup> – SAU	2.00	0.10	kg/ha
Zootecnia	Bovini	capi	54.80	7.40	kg/capo
	Equini	capi	62.00	8.70	kg/capo
	Ovo-caprini	capi	4.90	0.80	kg/capo
	Suini	capi	11.30	3.80	kg/capo
	Pollame	capi	0.48	0.17	kg/capo

E' doveroso fare una breve annotazione su una modifica introdotta in questo indicatore, per il calcolo del contributo del suolo incolto rispetto a quanto proposto nei precedenti documenti già citati (vedi par. 2.1.3).

Considerando che, anche nel caso delle rilevazioni delle aziende agricole, esistono i limiti dovuti alla tutela della privacy, che impongono di "mascherare" eventuali dati di una sola azienda presente in un determinato comune attribuendola ad uno limitrofo con altre aziende, e che la superficie di proprietà di una azienda può far

<sup>1</sup> Per il carico di fosforo del settore industriale il CNR-IRSA suggerisce di considerare il 10% di quello attribuibile alla popolazione residente

<sup>2</sup> Superficie agricola utilizzata (SAU): corrisponde alla superficie di ciascuna azienda agricola destinata alla produzione agricola, comprendendo i seminativi, le coltivazioni permanenti, i prati permanenti ed i pascoli

<sup>3</sup> Per il suolo coltivato (SAU) il CNR-IRSA suggerisce di dividere le quantità di N e P contenute nei fertilizzanti venduti, riportate negli Annuari di Statistica Agraria a livello regionale, per gli ettari di SAU di ciascuna regione, in modo da ottenere un dato medio di N e P per unità di SAU; moltiplicando questo per la SAU di ogni comune si può stimarne il contributo comunale.

<sup>4</sup> Per "superficie totale" si intende quella riferita alla superficie totale di ciascuna azienda agricola, comprendente, oltre alla SAU, quella agraria non utilizzata e tutte le altre aree (giardini, cortili, canali, fabbricati, ecc.) situate all'interno del perimetro aziendale

parte del territorio di più comuni, abbiamo constatato che utilizzare la differenza tra superficie totale comunale e SAU delle aziende presenti in quel comune portava ad errori talvolta evidenti ed abbiamo allora, più correttamente, optato per calcolare il suolo non coltivato come differenza della superficie totale aziendale e della SAU.

Per le fonti di dati vale tutto quello esposto nei precedenti indicatori per i relativi dati di costruzione, si rammentano solo schematicamente gli anni di riferimento per i 2 ambiti temporali semplificati utilizzati nella discussione dei risultati:

Dati	Ambito temporale semplificato	
	1990-91	2000
Popolazione	1991	2000
Turismo	1992	2000
Attività produttive	1991	1996
Agricoltura	1990	2000
Zootecnia	1990	2000

#### 2.3.3.2 Risultati

La Tabella 6 mostra come i carichi totali di azoto e fosforo nel corso degli anni abbiano subito una evoluzione diversa a seconda della zona considerata.

Il tratto compreso tra Carrara e Pisa ha mantenuto nel decennio un carico trofico pressoché costante, con una tendenza a leggera diminuzione per l'azoto e all'aumento per il fosforo.

Invece, nei comuni dell'area livornese, si assiste ad un vero crollo delle quantità di entrambi i nutrienti: il carico azotato nel 2000 si riduce a 1/3 di quello del 1990-91 ed il fosforo praticamente si dimezza. Questa forte diminuzione è determinata sia dalla crisi industriale che da quella agricola e zootecnica, mentre il contributo del settore civile resta costante. Questi stessi fattori interessano anche i comuni delle isole toscane, per quanto questi, in termini assoluti, abbiano situazioni assai diverse rispetto alla costa continentale.

Nel litorale maremmano, infine, le differenze tra i due periodi considerati sono minime, evidentemente a causa del fatto che, come nel tratto più settentrionale, la crisi agricola viene compensata da una ripresa della zootecnia e di una parte delle attività produttive. A questo proposito è importante far notare che le classi considerate "attive" per il calcolo dei carichi trofici sono le stesse di quelle dei carichi organici potenziali (vedi par. 2.3.2), ma sono leggermente diverse da quelle del raggruppamento "industriale" analizzate nelle attività produttive (vedi par. 2.3.1). Infatti, qui la classificazione comprende anche quelle attività del settore estrattivo e della fornitura di servizi basilari (acqua, gas, petrolio, energia elettrica, ecc.), che certamente sono incrementati con il passare del tempo e lo sviluppo tecnologico della nostra società.

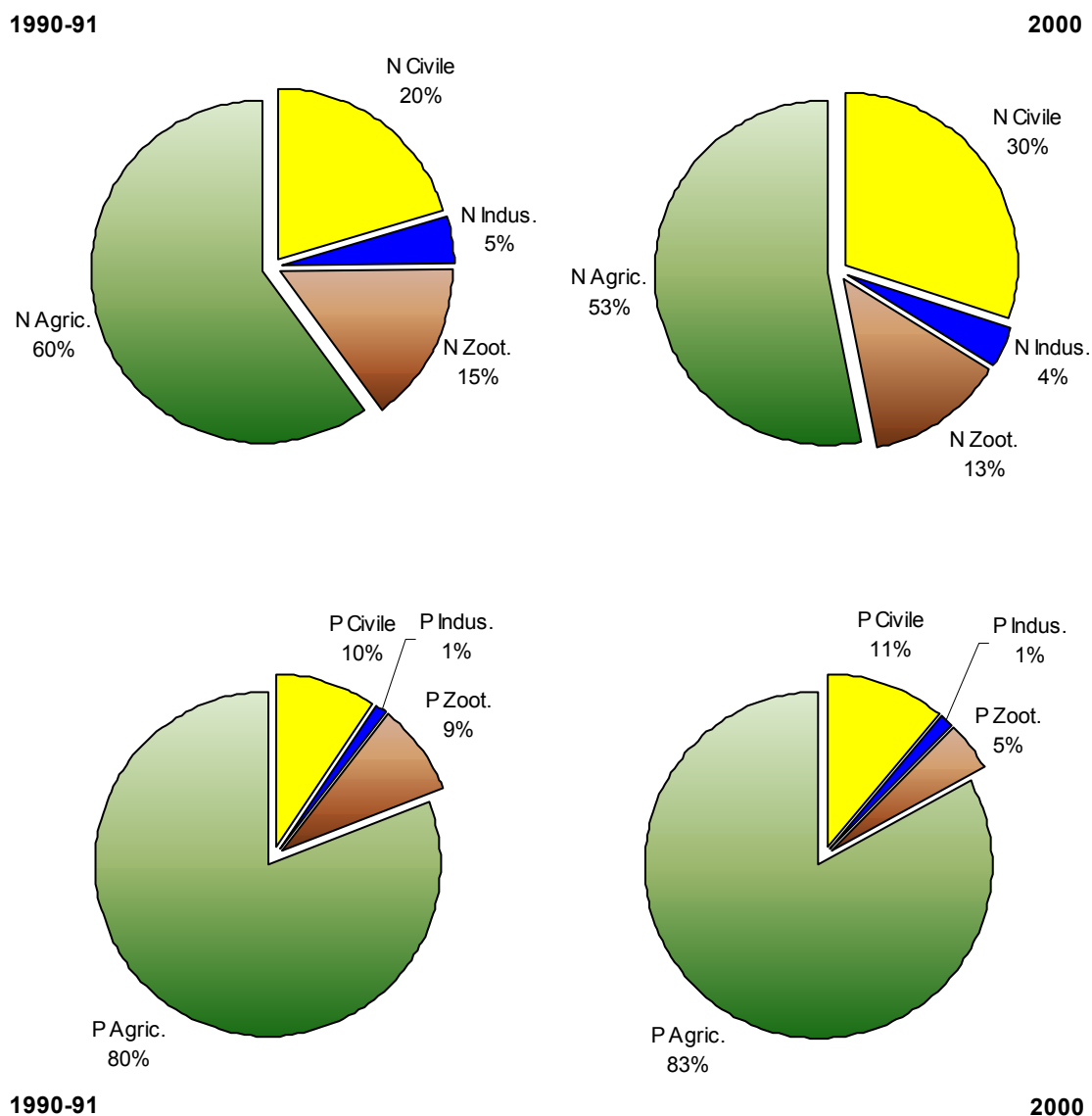
*Tabella 6 – Carichi trofici totali di Azoto (N) e di Fosforo (P) in t/anno nei comuni costieri della Toscana nel 1990-91 e nel 2000 (elaborazioni da dati ISTAT e Regione Toscana)*

Prov. Comune	Carico totale di Azoto (t/anno)		Carico totale di Fosforo (t/anno)	
	1990-91	2000	1991	1996
MS Carrara	408	373	60	62
MS Massa	451	521	69	136
MS Montignoso	69	68	12	16
<b>MS Totale provinciale</b>	<b>928</b>	<b>962</b>	<b>141</b>	<b>214</b>
LU Forte dei Marmi	58	50	10	9
LU Pietrasanta	238	187	56	43
LU Camaiore	396	287	136	95
LU Viareggio	394	367	72	73
<b>LU Totale provinciale</b>	<b>1'086</b>	<b>890</b>	<b>274</b>	<b>220</b>
PI Vecchiano	199	235	102	107
PI San Giuliano Terme	408	396	182	168
PI Pisa	1'047	1'069	350	383
<b>PI Totale provinciale</b>	<b>1'654</b>	<b>1'701</b>	<b>634</b>	<b>658</b>
LI Livorno	1'360	888	230	158
LI Rosignano Marittimo	1'842	499	393	214
LI Cecina	599	273	124	105
LI Bibbona	920	224	207	111
LI Castagneto Carducci	1'646	392	369	199
LI San Vincenzo	446	119	98	53
LI Piombino	2'043	581	433	241
<b>LI Totale provinciale</b>	<b>8'855</b>	<b>2'975</b>	<b>1'852</b>	<b>1'079</b>
GR Follonica	191	200	65	70
GR Scarlino	354	251	162	133
GR Castiglione della Pescaia	434	379	231	192
GR Grosseto	2'677	2'626	1'234	1'220
GR Magliano in Toscana	1'053	1'177	571	621
GR Orbetello	734	933	387	432
GR Monte Argentario	85	89	23	24
GR Capalbio	770	816	454	428
<b>GR Totale provinciale</b>	<b>6'298</b>	<b>6'471</b>	<b>3'126</b>	<b>3'122</b>
LI Capraia Isola	2	3	0	1
LI Portoferraio	188	102	37	31
LI Marciana Marina	25	12	5	3
LI Marciana	44	15	9	3
LI Campo nell'Elba	173	58	37	22
LI Capoliveri	111	35	23	9
LI Porto Azzurro	82	27	17	7
LI Rio Marina	21	13	4	3
LI Rio nell'Elba	35	10	7	3
GR Isola del Giglio	11	13	3	3
<b>Totale Arcipelago Toscano</b>	<b>692</b>	<b>289</b>	<b>141</b>	<b>84</b>
<b>Totale regionale</b>	<b>19'512</b>	<b>13'288</b>	<b>6'169</b>	<b>5'378</b>

Dal punto di vista dei contributi dominanti nella composizione dei carichi trofici della costa toscana, si può osservare come (Figura 13) il settore agricolo sia costantemente dominante per entrambi gli elementi. Però, questa maggior importanza è



certamente più evidente nel caso del fosforo, con addirittura l'83% del totale nel 2000, mentre per l'azoto c'è una distribuzione meno monotematica, con una riduzione dell'agricoltura (dal 60 al 53%) a tutto vantaggio del settore civile.



*Figura 13 – Contributo relativo dei diversi settori (civile, industriale, agricolo e zootecnico) al carico trofico totale di Azoto (N) e Fosforo (P) sul totale dei comuni costieri toscani*

L'ultimo aspetto da considerare è quello della distribuzione geografica in termini assoluti dei carichi trofici (Figura 14 e Figura 15), che, per quanto visto in precedenza, presenta i valori massimi nelle zone dove il settore agricolo è più sviluppato, cioè la costa grossetana, oppure laddove le diverse componenti sono tutte assai concentrate, l'area pisano-livornese, e questa caratteristica è valida sia per il fosforo che per l'azoto.

Altrettanto comune ai due nutrienti è il livello veramente basso che si osserva nei comuni di tutto l'Arcipelago Toscano e di Monte Argentario.

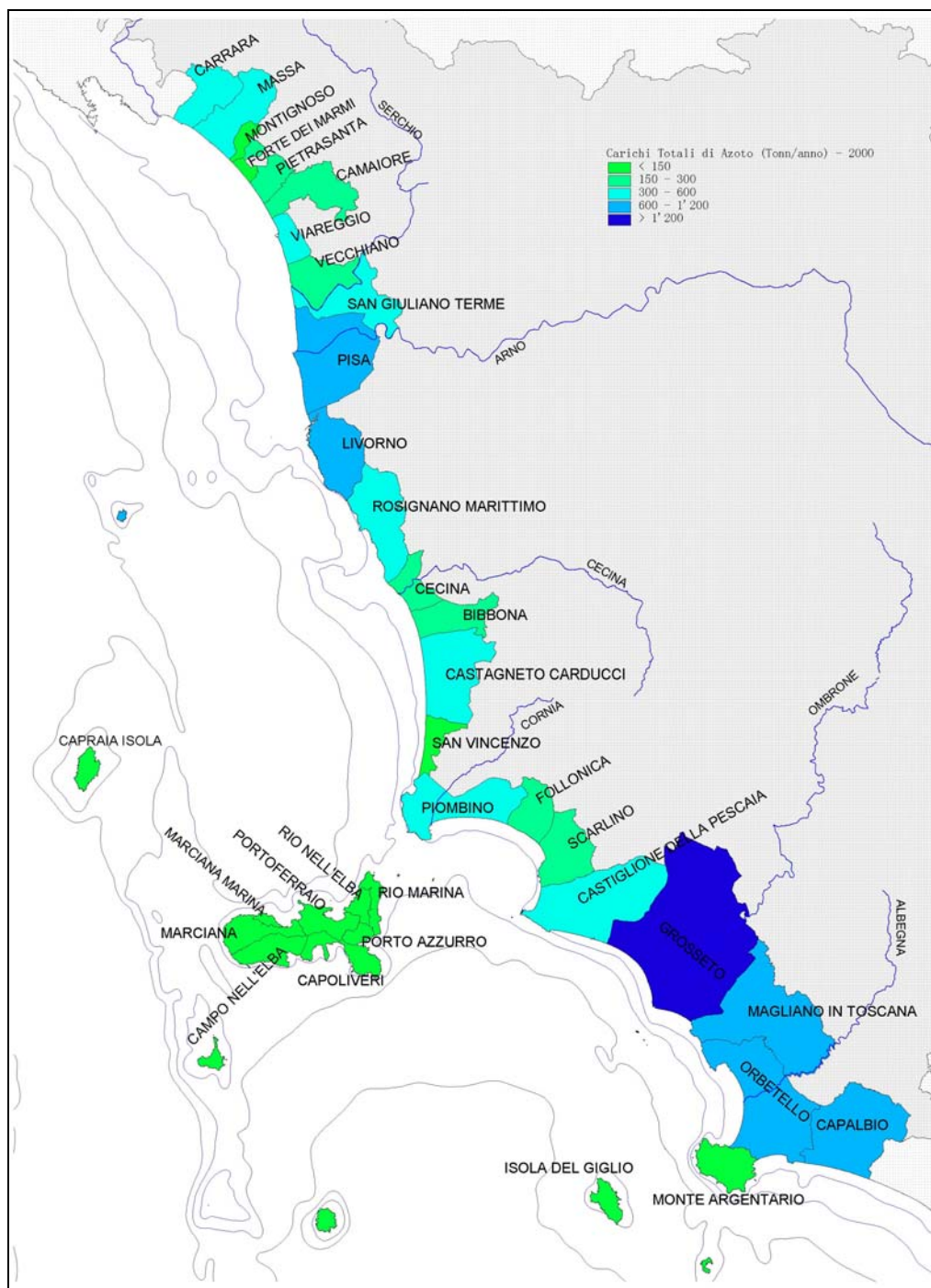


Figura 14 – Carichi trofici totali (t/anno) di azoto nei comuni costieri della Toscana nel 2000

Una certa differenza esiste nel tratto apuo-versiliese, dove i carichi di fosforo mostrano una maggior variabilità, rispetto agli equivalenti azotati, tutti piuttosto scarsi, con Massa che ha valori molto più elevati degli altri comuni vicini.

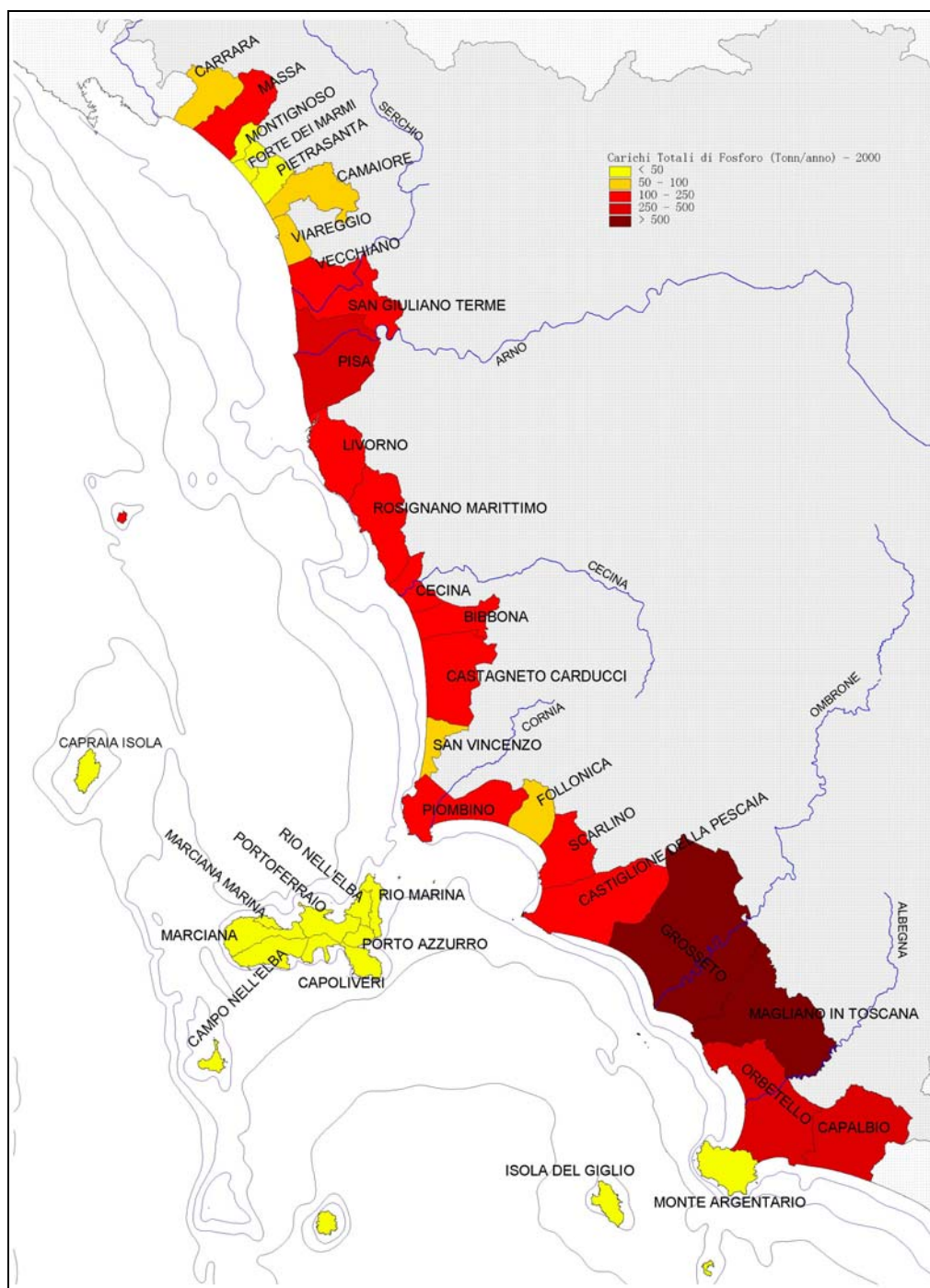


Figura 15 – Carichi trofici totali (t/anno) di fosforo nei comuni costieri della Toscana nel 2000

### **2.3.4 Carichi fluviali: l'Arno**

#### **2.3.4.1 I dati**

Come si è detto nella parte introduttiva, circa la scelta degli indicatori (vedi par. 2.1.4), i quantitativi trasportati dai corsi d'acqua al mare sarebbero l'elemento fondamentale per completare il quadro di tutti gli apporti inquinanti, provenienti o no dalle attività antropiche, immessi nelle acque costiere. Per condurre una corretta analisi, quindi, è condizione fondamentale possedere almeno una stima dei carichi dei principali fiumi, tralasciando quelli di limitata capacità, anche se talvolta importanti qualitativamente e se considerati complessivamente.

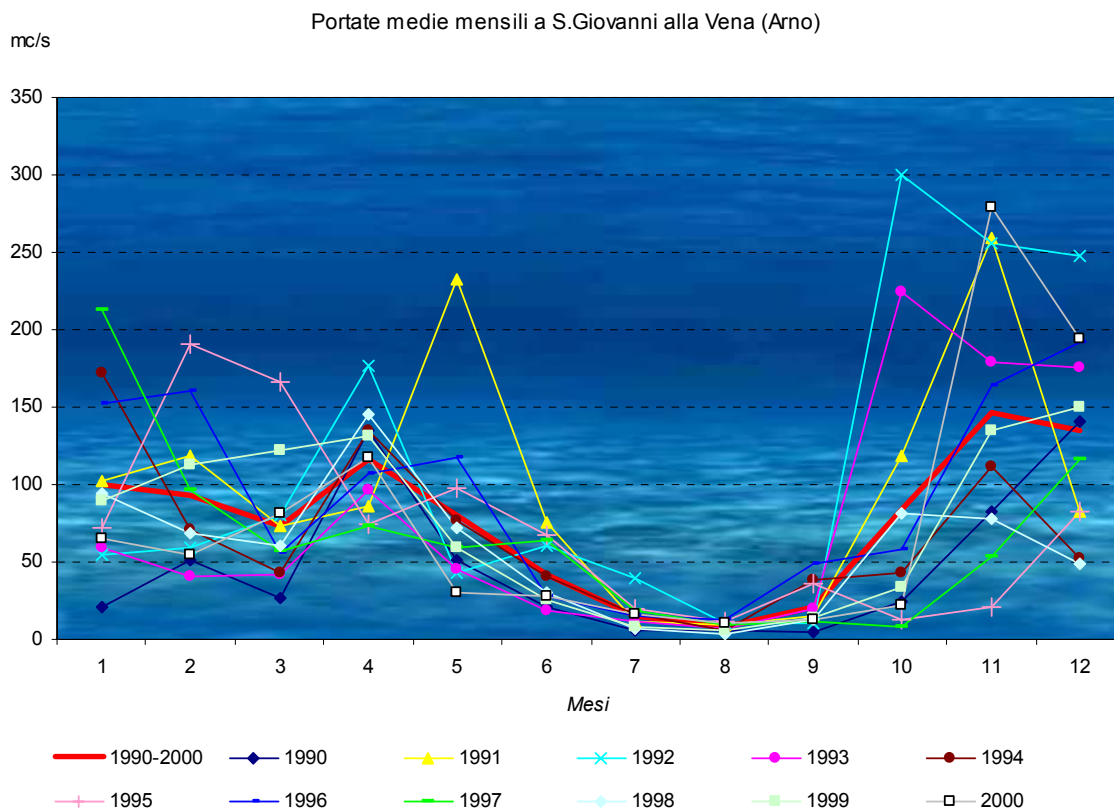
Però, la rete idrologica di misurazione delle portate fluviali è ancora assai lontana dall'essere completata, così come prevedrebbe lo stesso D.Lgs 152/99, ed attualmente esistono dati affidabili e disponibili solo per il fiume Arno, limitando, così, la nostra analisi al calcolo del carico fluviale di questo unico, seppur il principale, fiume della Toscana.

I dati di portata ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) vengono rilevati giornalmente dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale presso la stazione automatica di S. Giovanni alla Vena, località del comune di Vicopisano (PI) ad Est della città di Pisa, posta a circa 2,5 km di distanza dalla foce dell'Arno. Questa localizzazione è considerata idonea per valutare la portata a chiusura di bacino, pur non essendo nelle immediate vicinanze della foce, in quanto da questo punto in poi il corso dell'Arno è considerato pensile, cioè è situato ad un livello più elevato del territorio che attraversa e non può, ovviamente, ricevere altri apporti. Inoltre, la distanza dal mare evita i problemi di intrusione delle acque marine in risalita, che potrebbe far variare la misurazione idrologica.

I dati di concentrazione, rilevati dall'ARPAT (Dipartimento di Pisa), sono relativi a due punti di campionamento posti nelle immediate vicinanze della stazione idrologica: uno leggermente a monte presso Calcinaia e l'altro presso lo stesso S. Giovanni alla Vena. Abbiamo scelto di utilizzare 2 gruppi di dati qualitativi, in quanto la stazione di Calcinaia è campionata fin dal 1990, mentre l'altra è stata istituita solo a partire dal 1995.

Per poter calcolare i carichi, avendo dati idrologici e chimici campionati con frequenza assai diversa (giornaliera per 10 anni i primi e meno che mensile i secondi), abbiamo dovuto calcolare delle medie mensili. Inoltre, dato che lo scopo principale dell'indicatore è di vedere in che modo la pressione delle sostanze inquinanti vari nel confronto temporale tra 1991 e 2000, abbiamo riferito i dati chimici ad un andamento medio delle portate fluviali dal 1990 al 2000, evitando la variabilità dovuta a differenti regimi tra i due periodi.

Tra l'altro, come dimostra la Figura 16, l'andamento stagionale dell'Arno, fiume a regime torrentizio, ha una sua regolarità mantenuta in quasi tutti gli anni esaminati e l'andamento interpolato è ben rappresentativo di questa struttura stagionale.



*Figura 16 – Andamento temporale della portata (medie mensili) del fiume Arno a S. Giovanni alla Vena dal 1990 al 2000 e andamento medio 1990-2000 – dati Regione Toscana*

Quindi, riassumendo:

1. dai dati giornalieri di portata, abbiamo calcolato le portate medie mensili del periodo 1990-2000
2. abbiamo moltiplicato i dati mensili, rispettivamente del 1991, del 2000 e della media tra 1991 e 2000, di concentrazione di COD, Azoto (come somma di nitriti, nitrati ed ammonio) e Fosforo (dati di ortofosfati o fosforo totale) per le medie mensili di portata;
3. il carico istantaneo mensile (in kg/s), così ottenuto al punto precedente, è stato moltiplicato per i secondi contenuti in ogni mese, ottenendo il carico complessivo mensile (in tonn/mese);
4. infine, il carico fluviale annuale (t/anno) è la somma dei carichi complessivi dei 12 mesi;
5. per trasformare il COD in AbEq abbiamo usato la seguente equazione
 
$$1 \text{ AbEq} = 130 \text{ g/giorno di COD} = 47.45 \text{ kg/anno COD}$$

### 2.3.4.2 Risultati

Dal punto di vista trofico si vede (Tabella 7) come l'Arno da solo apporta una quantità di azoto (circa 10mila tonnellate all'anno) pari quasi a tutto quello stimato proveniente dai comuni costieri toscani, poco oltre le 13mila t/anno (vedi Tabella 6). Se consideriamo, poi, che questa quantità viene sversata in un ben determinato punto del litorale, dove la circolazione delle correnti ed i fattori climatici e geomorfologici non consentono una grande dispersione del pennacchio fluviale (vedi par. 1.6), possiamo capire quanto ciò influisca sulle caratteristiche delle acque marine.

Le quantità di fosforo, invece, sono paragonabili a quanto viene prodotto dai comuni limitrofi alla foce: Pisa e S. Giuliano Terme insieme superano le 540 t/anno, mentre l'Arno ne trasporta da 400 a 600 t/anno.

*Tabella 7 – Carichi fluviali dell'Arno alle stazioni di prelievo di Calcinaia e S. Giovanni alla Vena nel 1991, nel 2000 e mediati nel periodo 1991-2000*

Periodo	Stazione	COD t/anno	Carico Organico AbEq	Azoto t/anno	Fosforo t/anno
1990-2000	Calcinaia	64'718	1'363'922	9'657	462
1995-2000	S. Giovanni alla Vena	61'219	1'290'181	10'057	411
1991	Calcinaia	66'898	1'409'867	8'040	431
1991	S. Giovanni alla Vena	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2000	Calcinaia	58'485	1'232'553	10'023	601
2000	S. Giovanni alla Vena	59'878	1'261'926	10'683	553

Possiamo, poi, confrontare i carichi da noi calcolati con quelli potenziali, sia trofici che organici, calcolati, per il bacino dell'Arno e per gli altri fiumi che sboccano a mare in Toscana (dati ARPAT – CTN\_AIM), con la stessa metodologia utilizzata in questo lavoro.

Il dato più interessante, però, è quello che risulta dal confronto del carico organico (in AbEq) che ha l'Arno alla foce rispetto a quanto ipotizzato che gli possa arrivare dai carichi organici potenziali civili e industriali, dopo che questi stessi sono stati depurati.

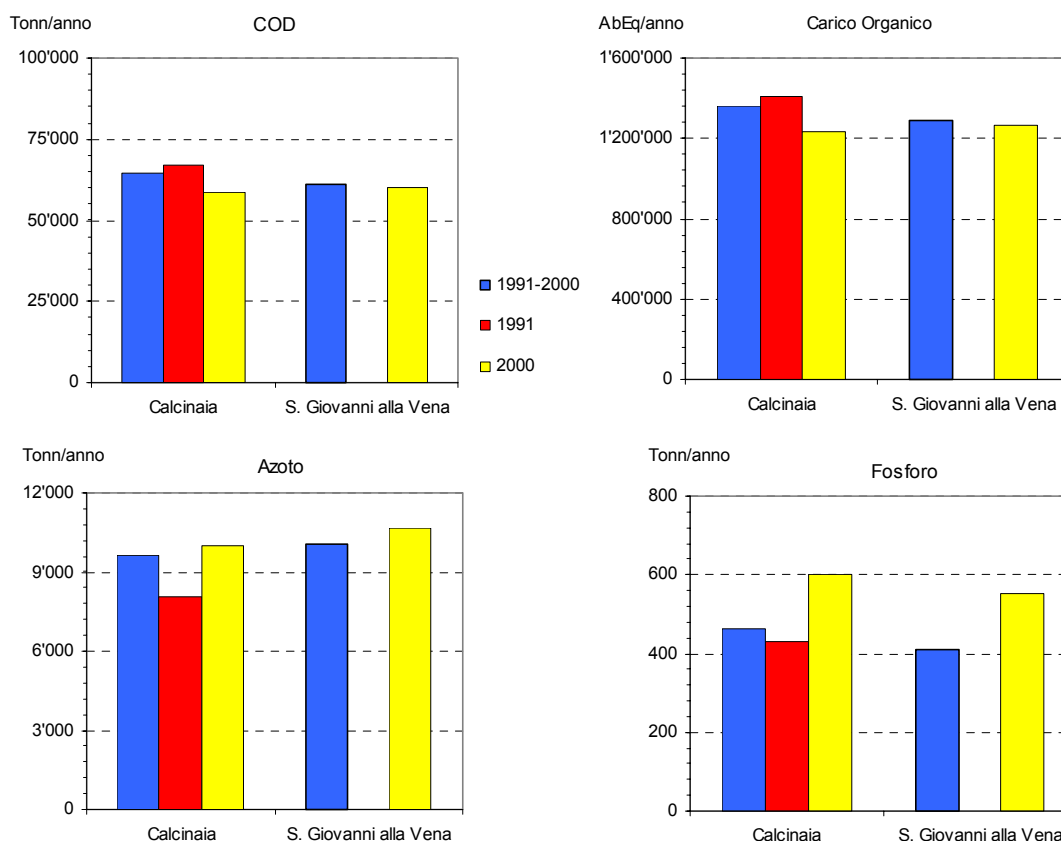
Il calcolo di questo “Bilancio depurativo” ci presenta un deficit stimato, per l'anno 2000, in 1'215'383 AbEq, senza contare che gli impianti di trattamento delle acque non hanno mai percentuali di abbattimento completo delle quantità in ingresso (al massimo si arriva al 90%) e, quindi, i loro scarichi costituiscono un ulteriore carico per il fiume.

Inoltre, nel Bilancio, non sono compresi, per ovvie ragioni, i carichi organici prodotti dal settore zootecnico, che per l'Arno nel 2000 ammontano a quasi 700mila AbEq e che, secondo il CNR-IRSA (Quaderno 90, 1991), arrivano realmente alle acque solo in minima parte (5%).

Pertanto, se al deficit depurativo aggiungiamo una percentuale del 10-15% sul carico trattato e depurato, cioè oltre 600'000 AbEq, e quello che viene immesso dalla



zootecnia, in pratica non più di 35mila AbEq, otteniamo un carico organico complessivo in arrivo all'Arno di quasi 1'900'000 AbEq: il carico che il fiume porta a mare è di quasi 1'300'000 AbEq, cioè la gran parte di quello che gli viene immesso, riuscendo, probabilmente, ad autodepurarsi per 1/3 del carico.



*Figura 17 – Carichi fluviali di sostanza organica, come COD (in alto a sinistra) e come abitanti equivalenti (in alto a destra), e di azoto (in basso a sinistra) e fosforo (in basso a destra) del fiume Arno presso le stazioni di Calcinaia e S. Giovanni alla Vena nel 1991, nel 2000 e come media del periodo 1991-2000*

Invece, se proviamo ad utilizzare lo stesso criterio per i nutrienti, ci troviamo di fronte alla difficoltà di quantificare esattamente quanta parte possa essere quella trasferita dalle fonti potenziali al fiume, non avendo dati disponibili in tal senso.

Comunque, resta il fatto che, almeno per il fosforo sembra improbabile che le quantità generate possano essere abbattute da impianti di depurazione o da altri trattamenti al punto di diminuire di circa 20 volte, cioè di essere assimilabili al carico immesso in mare. Infatti, se per la sostanza organica i tempi di degradazione e/o di sedimentazione sono tali da non essere compatibili con un assorbimento totale delle enormi quantità immesse nel fiume, per i nutrienti e, soprattutto, per il fosforo, elemento spesso limitante negli ecosistemi acquatici e con velocità di riciclo molto elevate, esiste

una certa possibilità che il fiume da solo ne riesca ad utilizzare la quasi totalità, scaricando in mare solo una minima parte di eccedenza.

*Tabella 8 – Carichi organici potenziali e trofici dei principali fiumi toscani che sfociano in mare (dati ARPAT CTN\_AIM)*

Bacino	Carico organico potenziale		Carico di Azoto		Carico di Fosforo	
	AbEq 1990-91	AbEq 2000	t/anno 1990-91	t/anno 2000	t/anno 1990-91	t/anno 2000
Serchio	1'031'368	941'152	4'363	3'569	1'539	1'164
Arno	8'417'030	7'477'779	42'977	34'950	17'461	13'496
Cecina	160'294	114'169	2'393	1'874	1'200	959
Cornia	91'141	78'110	1'212	1'014	585	478
Bruna	138'252	86'791	1'505	1'168	707	547
Ombrone	1'578'029	1'157'308	19'245	14'909	9'462	7'382
Albegna	300'114	220'219	3'658	2'934	1'797	1'478

Se proviamo ad trasferire il risultato ottenuto per l'Arno, in termini di carico organico fluviale corrispondente a 2/3 del potenziale depurato ed a non più del 20% del totale, possiamo stimare, in modo del tutto approssimativo nei valori assoluti, ma, probabilmente, abbastanza congruo nell'ordine di grandezza delle quantità in gioco, i carichi degli altri fiumi toscani.

Da questa estrapolazione, risulterebbe che (Tabella 9), relativamente all'anno 2000, il peso dei carichi fluviali sul tratto di costa considerato varia in modo diverso rispetto alle dimensioni del bacino e cambiano in maniera significativa le pressioni esaminate a livello comunale solo nel caso di Arno, Serchio ed Ombrone. Di questo fatto non si può non tenere conto nella discussione dei dati complessivi degli apporti antropici.

*Tabella 9 – Stima dei carichi fluviali organici e della loro importanza rispetto ai carichi comunali*

Bacino	Carico organico potenziale AbEq	Carico fluviale stimato <sup>1</sup> AbEq	Carico potenziale dei comuni costieri <sup>2</sup> AbEq	Carico comunale / Carico fluviale %
Serchio	941'152	188'230	77'234	41
Arno	7'477'779	1'495'556	251'911	17
Cecina	114'169	22'834	61'804	271
Cornia	78'110	15'622	67'127	430
Bruna	86'791	17'358	24'275	140
Ombrone	1'157'308	231'462	236'746	102
Albegna	220'219	44'044	147'030	334

<sup>1</sup> la stima è stata riferita ai 2/3 del carico potenziale

<sup>2</sup> i comuni costieri considerati sono quelli di pertinenza della sola area foceale e, al massimo, due comuni per ciascun bacino



In pratica, rispetto a quanto esposto a proposito dei carichi organici potenziali (vedi par. 2.3.2.2) e dei carichi trofici (vedi par. 2.3.3.2), si ha che i carichi di Serchio ed Arno, che rappresentano oltre l'80% degli apporti fluviali così stimati, insistono su un tratto di costa già fortemente interessato da pressioni: tra Livorno e Viareggio si concentrano carichi organici per oltre 1/3 del totale costiero e trofici per circa 1/5.

L'Ombrone, d'altra parte, incide, per la maggior parte, sul litorale di Grosseto che è secondo solo a Pisa e Livorno per abitanti equivalenti e di gran lunga il comune con il maggior apporto di nutrienti.

Quindi, per i tre maggiori fiumi si tratta di aggiungere pressione a zone già "sufficientemente stressate", mentre il resto del litorale toscano non sembra soffrire di ulteriori carichi significativi.

### **2.3.5 Traffico marittimo**

#### **2.3.5.1 I dati**

I traffici marittimi considerati in questo lavoro, fanno riferimento ai movimenti (somma di arrivi e partenze) di navi, di merci e di passeggeri. Gli anni considerati sono il 1996, il 1997 ed il 1998, ultimi aggiornamenti forniti dall'ISTAT e riferiti ai principali porti, che, per quanto riguarda il panorama nazionale, sono rappresentativi di oltre il 95% del traffico totale, e viene fornito il dato aggregato a livello regionale di tutto il traffico marittimo.

I dati reperiti, forniti dai vari porti, non offrono un quadro completo annuale della situazione di traffici di merci e passeggeri: si riscontrano carenze di dati per alcuni porti ed anni e non è quindi possibile valutare l'andamento stagionale. Per cercare di ottimizzare le informazioni disponibili abbiamo quindi mediato i dati dal 1996 al 1998 per ottenere una valutazione complessiva sulla quantità e distribuzione del traffico marittimo nei vari porti.

Per quanto riguarda i dati delle caratteristiche delle infrastrutture portuali di tutti i porti della Toscana (Tabella 10), la fonte è il Ministero dei Trasporti e della Navigazione (ora Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) e sono relativi al 1995, ma non sono cambiati significativamente negli ultimi anni.

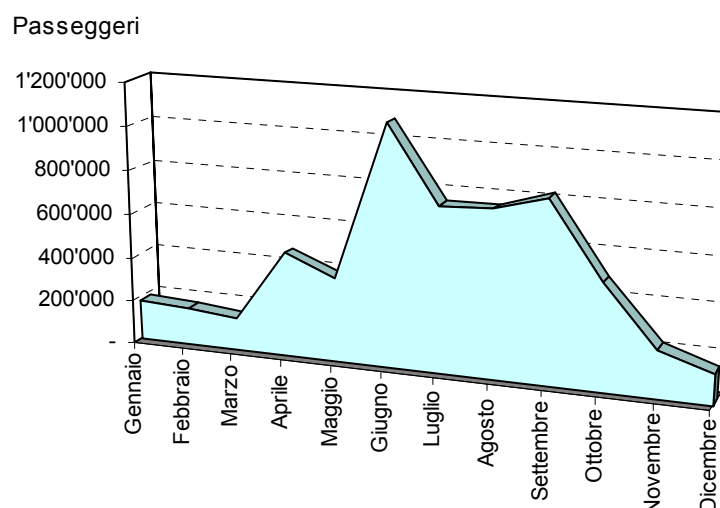
#### **2.3.5.2 Risultati**

Innanzitutto si può facilmente osservare come le dimensioni dei porti, sulla base delle caratteristiche infrastrutturali (Tabella 10), siano molto diverse e, come era previsto, risultano predominanti i porti di Marina di Carrara, Livorno e Piombino.

Esaminando i dati del traffico vero e proprio, per quanto non sia stato possibile avere una distribuzione stagionale dei movimenti per i singoli porti nei diversi anni, viste le carenze informative, abbiamo provato a ricostruire un andamento generale in Toscana, mediando i dati dal 1996 al 1998 a parità di mese (Figura 18). Nel fare questa interpolazione, abbiamo preso in considerazione solo il traffico passeggeri in quanto è quello maggiormente soggetto ad escursioni stagionali, andando ad aumentare sensibilmente nei mesi estivi e, soprattutto, nei porti a maggior vocazione turistica.

*Tabella 10 – Caratteristiche delle infrastrutture portuali dei porti toscani – dati Ministero dei Trasporti e della Navigazione 1995*

Porto	Prov.	Merci e passeggeri		
		Accosti		Piazzali
		n°	metri	m <sup>2</sup>
Marina di Carrara	MS	4	1'600	145'470
Viareggio	LU	1	250	13'105
Livorno	LI	17	6'413	611'700
Piombino	LI	10	2'340	90'200
Portoferraio	LI	7	739	6'750
Capraia Isola	LI	1	12	0
Rio Marina	LI	1	123	0
Porto Azzurro	LI	1	83	0
Follonica	GR	1	700	0
Castiglione della Pescaia	GR	1	120	2'400
Talamone	GR	3	149	3'000
Porto S. Stefano	GR	6	685	3'700
Isola del Giglio	GR	1	40	0



*Figura 18 – Andamento mensile dei passeggeri movimentati nei porti toscani, calcolato come medie del periodo 1996-98*

La differenza tra tipologie portuali risulta ben evidente anche esaminando i dati dei movimenti effettuati ogni anno nei principali porti toscani (Tabella 11), che rappresentano tra il 70 ed il 100% del totale toscano, a seconda del parametro considerato. Infatti, se come numero di navi, a parte Marina di Carrara che è sensibilmente inferiore a tutti gli altri (e lo è per tutte le grandezze del traffico), i tre porti di Livorno, Piombino e Portoferraio sembrano abbastanza equivalenti, analizzando il tonnellaggio di questo naviglio, appare come Livorno sia nettamente superiore agli altri due.

Le navi movimentate nel porto livornese sono essenzialmente dedicate al trasporto merci, con un rapporto di 3-4 volte maggiore rispetto a Piombino (analogo a quello del TSN) ed ancora più elevato per Portoferraio.

Se, infine, osserviamo i dati del traffico passeggeri troviamo un'altra volta un sostanziale equilibrio tra i tre porti. Però, se consideriamo il fatto che i porti di Piombino e Portoferraio sono praticamente di fronte, divisi solo dal Canale di Piombino, e che scambiano tra loro la quasi totalità del traffico passeggeri, possiamo, in pratica, ritenere che si tratti di un unico fattore di pressione e che l'incidenza sull'ambiente sia quella del solo Piombino.

*Tabella 11 – Movimenti di navi, di merci e di passeggeri nei principali porti toscani, calcolati come media mensile nel periodo 1996-98 – da dati ISTAT*

Porto	Prov.	Navi				Merci		Passeggeri	
		n°		TSN <sup>1</sup>		tonnellate		n°	
Marina di Carrara	MS	125	2%	346'955	4%	240'434	9%	26	0%
Livorno	LI	1'096	22%	5'253'929	63%	1'712'248	70%	110'857	23%
Piombino	LI	1'364	27%	1'497'028	18%	470'023	19%	155'506	32%
Portoferraio	LI	996	20%	1'027'793	12%	54'915	2%	136'431	28%
<b>TOSCANA</b>		<b>5'016</b>	<b>100%</b>	<b>8'336'793</b>	<b>100%</b>	<b>2'340'469</b>	<b>100%</b>	<b>484'052</b>	<b>100%</b>

### 2.3.6 Pesca

L'ecosistema marino è molto delicato, cambiamenti naturali, di tipo abiotico (temperatura, salinità, ecc.) o biotico (relativi a rapporti interspecifici di predazione, competizione, ecc.), possono in diversi modi alterare il suo "equilibrio".

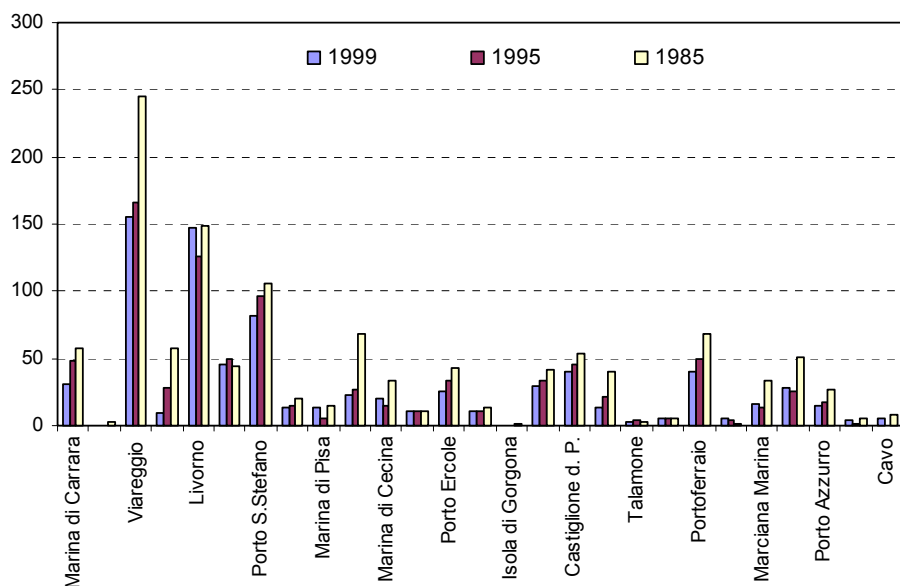
La pesca, se condotta in modo irrazionale, può incidere sull'ecosistema nel suo complesso, depauperando le specie più pregiate e modificando quindi i rapporti interspecifici del sistema trofico e può essere dannosa anche per specie di nullo interesse commerciale quando si fa uso della pesca a strascico su substrati ospitanti biocenosi delicate o fragili.

L'ARPAT-GEA si è occupato per molto tempo di monitorare la situazione degli ambienti marini in Toscana, ponendo speciale attenzione sullo "stato di salute" delle specie che localmente sono l'oggetto privilegiato dei vari tipi di pesca commerciale. Per fare ciò, ci si è valse di un insieme di strumenti e metodologie scientifiche che possiamo denominare genericamente "Scienza della pesca". Questa branca scientifica deriva dalla compenetrazione di due fonti principali di conoscenza: la biologia (soprattutto in senso popolazionistico) e le tecniche matematico-statistiche.

Una informazione fondamentale per stimare lo sforzo di pesca è legata alla composizione quantitativa e qualitativa delle imbarcazioni da pesca.

<sup>1</sup> TSN = Tonnellate di stazza netta, è un parametro utilizzato per quantificare dimensioni e capacità del naviglio

Negli anni 1885, 1995 e 1999 sono stati eseguiti dei censimenti della flottiglia i cui risultati sono riportati nella Figura 19 e nella Figura 20: è evidente la generale diminuzione numerica dei motopesca (il dato di Capraia è irrilevante nel contesto generale essendo legata ad un incremento da 2 a cinque delle motobarche).



*Figura 19 - Consistenza del naviglio toscano nel 1985, nel 1995 e nel 1999*

Per valutare lo stato di sfruttamento delle risorse e fare previsioni sulle conseguenze dell'applicazione di modalità alternative di pesca, si ricorre all'uso di modelli che descrivono i principali fenomeni della dinamica delle popolazioni: crescita, mortalità, reclutamento, migrazioni, ecc. Attraverso tali simulazioni numeriche si tende quindi a valutare quantità e modalità di prelievo e come queste possono incidere sulle variabili del sistema biologico.

Le principali fonti d'informazione sono di tipo diretto come le campagne in mare con strumenti di cattura idonei (dati d'abbondanza, dati biologici, oceanografici, ecc.) e di tipo indiretto, es. la raccolta di dati statistici provenienti dalla cattura commerciale (catture, sforzo di pesca, struttura di taglie, ecc.).

La realizzazione di queste attività ha permesso di ottenere un quadro abbastanza preciso dello stato di sfruttamento delle principali risorse nell'area di mare prospiciente la Toscana.

Considerando che il lavoro è molto complesso e le risorse umane ridotte, si è deciso di focalizzare l'attenzione su un numero limitato di specie che sono state considerate di primaria importanza ed indicatori dello stato generale. Speciale attenzione è stata quindi dedicata alle specie demersali (catturate con lo strascico), in quanto le catture derivate da questo tipo di pesca rappresentano la frazione più importante del pescato nella nostra regione. La scelta è stata condizionata anche alla

disponibilità di finanziamenti ad hoc da parte del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali e dall'Unione Europea.

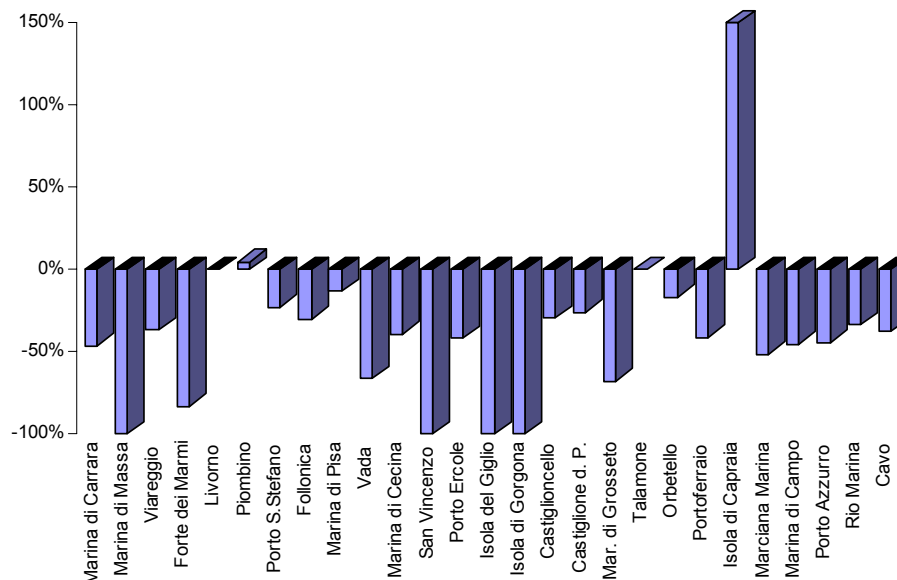


Figura 20 - Variazione percentuale del numero di imbarcazioni dal 1985 al 1999

Le ricerche non sempre hanno permesso di valutare tutti gli aspetti che ha un'attività complessa come la pesca. Spesso sono carenti le informazioni su aspetti socio-economici, o quelli relativi alle interazioni tecniche fra diverse modalità di pesca che possono competere nella cattura delle stesse risorse, o ancora di tipo biologico come la competizione fra specie per cibo, spazio, e i rapporti predatore-preda.

L'obiettivo della valutazione degli stocks non deve essere inteso esclusivamente quale tecnica per stimare le abbondanze in mare o ottimizzare le rese. Le modalità di sfruttamento considerate più idonee dovrebbero dare garanzia riguardo alla loro sostenibilità nel tempo. In particolare occorre avvalersi sempre più delle conoscenze relative agli aspetti riproduttivi per suggerire punti di riferimento biologici (quantitativi massimi da prelevare o limite massimo dello sforzo da pesca) in modo di garantire una biomassa riproduttrice sufficiente.

Di seguito sono riportate le principali conclusioni sullo stato di sfruttamento di alcune delle specie di maggiore interesse pescate in Toscana.

Nel caso del nasello (*Merluccius merluccius*), i risultati ottenuti suggeriscono uno sfruttamento non ottimale della risorsa, tanto da richiedere una diminuzione della pressione di pesca. Considerando gli aspetti riproduttivi e le dimensioni attuali della flotta peschereccia, sarebbe auspicabile la riduzione dello sforzo di pesca specialmente nelle aree dove le forme giovanili si concentrano diventando molto vulnerabili all'attrezzo di pesca.

La triglia di fango (*Mullus barbatus*) è risultata nel complesso pienamente sfruttata o addirittura sovrasfruttata. Si sono ottenute numerose indicazioni scientifiche che quantificano livelli di sfruttamento sensibilmente differenziati. Ad esempio, nella zona settentrionale, prospiciente il porto di Viareggio, l'elevata pressione di pesca sulle giovani reclute potrebbe limitare le potenzialità di rinnovo della risorsa riducendo eccessivamente lo stock dei riproduttori e quindi il suo autorinnovo.

Nel caso dello scampo (*Nephrops norvegicus*), per la porzione a Nord dell'Isola d'Elba, si può affermare che la specie è sottosfruttata in relazione alle sue potenzialità. Tale situazione si evidenzia anche per l'alta percentuale degli adulti che denota una popolazione ben strutturata. La bassa pressione di pesca si può spiegare con l'elevata distanza tra i fondi a scampi ed i principali porti pescherecci, con le modeste rese economiche (le catture per unità di sforzo della specie nell'area non sono particolarmente elevate) e anche per il fatto che le specie accompagnatrici hanno uno scarso valore commerciale. A sud dell'Elba, invece, la specie risulta molto più sfruttata, specialmente nei banchi di pesca prospicienti Porto Santo Stefano, relativamente vicini dalla costa.

Il potassolo (*Micromesistius poutassou*) viene comunemente catturato come by-catch nella pesca dello scampo e risulta solo moderatamente sfruttato anche perché la specie è solo parzialmente vulnerabile all'attrezzo di pesca utilizzato (rete a strascico) grazie al suo comportamento semi-pelagico.

Simile è il caso della mostella di fondale (*Phycis blennoides*), la cui cattura può essere definita accessoria, e che avviene contemporaneamente alla pesca mirata a scampi e aristeidi. Lo stock appare subire un tasso di sfruttamento non troppo elevato, specialmente nella porzione settentrionale.

Il gambero bianco (*Parapaeneus longirostris*) evidenzia una situazione di sfruttamento moderato nella porzione settentrionale dell'area mentre è più sfruttato nella porzione a sud. Trattandosi di una specie di breve vita e considerata la tipologia di campionamento eseguita, i risultati ottenuti per il gambero bianco devono però essere considerati con cautela e verificati su trend a lungo periodo.

Il moscardino (*Eledone cirrhosa*) è abbondantemente presente sui fondi molli ed è quindi una importante specie bersaglio; purtroppo la valutazione dello stato di sfruttamento della specie presenta evidenti difficoltà dovute a numerosi fattori come il breve ciclo vitale, l'ampio periodo in cui compaiono le nuove reclute, la variabilità nella disponibilità allo strascico nelle fasi del reclutamento e della riproduzione a causa della loro dipendenza dai fondi duri, ed infine la selettività della rete sia relativa al sacco che alle ali, dalle quali possono sfuggire alla cattura giovani e adulti.

Altre specie hanno interesse commerciale nell'area e molte di loro mostrano un'ampia distribuzione batimetrica in relazione alla taglia. E' il caso della gallinella (*Trigla lucerna*) e del pagello (*Pagellus erythrinus*): nella pesca costiera, sono catturati enormi quantitativi di individui di queste specie che per loro ridotte dimensioni hanno uno scarso o nullo valore commerciale. La protezione delle tre miglia della fascia costiera può aumentare le probabilità di sopravvivenza per queste specie pregiate ed aumentare i quantitativi pescabili a taglie superiori.

Uno degli aspetti dell'attività di pesca che contribuiscono alla riduzione delle rese è la scarsa selettività degli attrezzi di pesca comunemente in uso. La maglia della rete troppo piccola produce elevate catture di individui di piccola taglia per numerose altre specie oltre a quelle già citate precedentemente, anche di alto pregio (es. pesce San Pietro). Il problema della maglia non è di facile soluzione, perché le sue dimensioni dipendono fondamentalmente dalle caratteristiche dei pesci obiettivo dell'attività: se si pensa ai crostacei e ai molluschi, che spesso presentano adulti di piccole dimensioni, l'aumento della dimensione della maglia produrrebbe a breve termine un abbassamento delle catture globali e quindi del reddito. Questa prima fase sarebbe però successivamente compensata da una maggiore sopravvivenza degli individui adulti, i quali, non solo garantiscono il rinnovo delle generazioni future, ma hanno anche un miglior prezzo di mercato.

Tentando di fare alcune generalizzazioni, si può dire che le specie ad ampio spettro batimetrico, come il nasello e il moscardino, presentano un andamento delle biomasse piuttosto stabile, suggerendo che il prelievo è stato fino ad ora compatibile con l'autorinnovo della popolazione. In particolare per il nasello, i modelli utilizzati indicano che, con la taglia di prima cattura attuale, la risorsa è pienamente sfruttata o localmente sovrasfruttata. La biomassa dei riproduttori risulta troppo ridotta con il rischio, in caso di variazioni, di una impossibilità di autorinnovo dello stock. Si suggerisce, per queste situazioni, di diminuire o almeno non aumentare il prelievo, in particolare dei riproduttori, e di determinare una situazione di maggiore sicurezza con l'incremento della taglia di prima cattura; quest'ultimo obiettivo potrebbe essere raggiunto rendendo operativo il divieto di pesca nelle zone di nursery, già da tempo da noi individuate.

Nel caso delle due principali specie di crostacei commercialmente pescate sui fondi batiali della zona come lo scampo e il gambero rosa, i tassi di sfruttamento, ai cui le specie sono sottoposte, sono molto diversi da area ad area, in alcuni casi prossimo a quello ottimale e con sufficienti garanzie per il rinnovo delle risorse, mentre in altre necessita di essere ridotto.

Delle due specie più costiere, la triglia di fango e il polpo, solamente la prima rappresenta una risorsa importante per lo strascico della zona. Per la triglia, l'attuale combinazione di sforzo di pesca e taglia di prima cattura è prossima alla condizione ottimale in alcune aree mentre in altre sono necessari interventi gestionali razionalizzanti. Un fermo di pesca stagionale se ben mirato nel tempo e nello spazio, ritardando l'inizio del prelievo, tende ad un aumento della taglia di prima cattura.

Le serie storiche, fino ad ora disponibili, di abbondanza, struttura demografica della popolazione e composizione specifica delle catture sono ancora relativamente brevi per poter fornire strumenti utili per definire tendenze e fare previsioni a medio-lungo termine sul futuro delle risorse. E' comunque importante ricordare, anche in assenza di dati precisi, che molte delle specie che 40-50 anni fa erano abbondanti, e che in alcuni casi, giustificavano da sole un'attività di pesca, ora non lo sono più o addirittura sono praticamente scomparse. Si tratta, soprattutto, di specie che si trovano ai più alti livelli delle reti trofiche, in particolare pesci cartilaginei, quali ad esempio lo spinarolo (*Squalus acanthias*) e la squatina (*Squatina squatina*). Queste specie hanno in

genere una strategia riproduttiva caratterizzata da un solo periodo di deposizione durante l'anno nel quale depositano (o partoriscono) un numero molto limitato di uova o neonati. L'equilibrio per queste specie risulta oggi molto precario e l'azione negativa della pesca risulta particolarmente incisiva.

L'ARPAT-GEA si è occupato anche di promuovere azioni atte alla protezione dei fondali marini costieri, delle comunità biologiche che vivono sugli stessi, delle aree dove i giovani trovano protezione e alimento nelle prime fasi di vita demersale ("aree di nursery").

La costa prospiciente la provincia di Livorno è stata oggetto di posa in opera di strutture anti-strascico, progettate appositamente, ed in futuro si prevede il proseguimento della iniziativa per tutta la costa toscana,

Sono state individuate (e sono attualmente oggetto di studio) le aree di nursery del nasello e della triglia di fango; sono state proposte misure per la loro protezione (aree di divieto di pesca temporale o per tutto l'anno), ma le misure proposte non sono ancora state messe completamente in pratica da parte delle autorità competenti.

Tutte queste misure di protezione dell'ambiente e delle fasi giovanili di alcune specie possono contribuire a migliorare le rese commerciali permettendo la sopravvivenza di un maggior numero di individui, ma anche possono aiutare a garantire la biodiversità dei fondali marini. In questo modo si protegge l'intero ecosistema da possibili stress sia di origine naturale, sia antropica.



## 2.4 Lo stato

### 2.4.1 Nutrienti, biomassa e Indice trofico TRIX

#### 2.4.1.1 I dati

I dati presentati in questo paragrafo sono relativi all'attività di monitoraggio svolta in convenzione con il Ministero Ambiente – Servizio Difesa Mare nel periodo 1997-2000 e nei primi mesi del triennio 2001-2004 (vedi anche par. 1.2.2).

Le stazioni sono state suddivise in due gruppi, uno vicino a riva (100-200 metri di distanza) ed uno al largo (da 1000 a 3000 metri dalla linea di costa), in quanto le caratteristiche delle acque marine variano sensibilmente via via che ci si allontana dalla costa, particolarmente nei tratti dove il fondale aumenta rapidamente.

*Tabella 12 – Nome e localizzazione delle stazioni di monitoraggio 1997-2000 utilizzate per il calcolo delle medie di nutrienti, biomassa e TRIX*

Transetto		Stazione a riva							Stazione al largo						
n°	Nome	Cod.	Longit. E			Latit. N.			Cod.	Longit. E			Latit. N.		
02	Cinquale	0202	10	08	27	43	58	32	0230	10	06	47	43	57	31
04	Nettuno	0402	10	14	22	43	51	53	0430	10	12	30	43	51	17
05	Foce Serchio	0502	10	16	04	43	47	03	0530	10	13	50	43	47	04
06	Foce Arno	0602	10	16	04	43	40	45	0630	10	14	18	43	40	50
07	Tirrenia	0702	10	17	00	43	37	44	0730	10	15	06	43	37	44
08	Livorno boa luminosa	0802	10	17	11	43	32	36	0830	10	15	26	43	32	15
09	Rosignano Chioma	0901	10	22	40	43	26	49	0910	10	22	10	43	26	33
11	Cecina	1102	10	29	04	43	18	03	1130	10	27	30	43	16	56
13	San Vincenzo	1302	10	32	04	43	11	18	1330	10	30	01	43	06	19
16	Piombino Porto	1602	10	33	13	42	55	58	1630	10	35	07	42	55	23
19	Fiumara	1902	10	47	00	42	53	11	1930	10	44	58	42	52	48
21	Foce Bruna	2102	10	52	24	42	45	45	2130	10	51	35	42	44	18
23	Foce Ombrone	2302	11	00	20	42	39	20	2330	10	58	33	42	38	42
24	Poggio dell'Uccellina	2402	11	05	02	42	37	32	2430	11	03	29	42	36	37
25	Spiaggia Fertilìa	2502	11	09	22	42	33	29	2530	11	08	07	42	32	16
26	Foce Albegna	2602	11	11	22	42	30	08	2630	11	09	22	42	30	08
29	Cala Galera	2902	11	12	36	42	24	13	2930	11	14	26	42	23	25
30	Canale Ansedonia	3002	11	16	42	42	24	40	3030	11	16	04	42	23	13
32	Portoferraio	3201	10	20	00	42	48	13	3210	10	20	12	42	48	35
34	Portoazzurro	3401	10	23	16	42	45	32	3410	10	23	51	42	45	34
35	Punta Rossa	3501	10	24	39	42	42	52	3505	10	24	40	42	42	40
37	Golfo di Campo	3701	10	14	22	42	44	52	3710	10	14	51	42	44	31
40	Golfo di Procchio	4001	10	14	40	42	47	21	4010	10	14	27	42	47	52

Per una maggiore chiarezza rappresentativa, nella discussione della variazione spaziale dei vari parametri si è riportato nei grafici:

- in ascisse i 23 transetti, in ordine progressivo da Nord verso Sud con i 5 dell'Isola d'Elba (Cod. da 32 a 40) raggruppati alla fine dell'asse, in quanto, nel nuovo piano di monitoraggio questa è stata scelta come zona di riferimento;
- in ordinate le medie riscontrate in ciascuna stazione, vicina e lontana.

Per quanto riguarda le modalità di calcolo degli indicatori, non dovrebbero esserci dubbi circa le concentrazioni di nutrienti, nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ammoniaca ( $\text{NH}_4$ ), ortofosfato ( $\text{PO}_4$ ) e fosforo totale ( $\text{P}_{\text{tot}}$ ), o della biomassa (densità cellulare per il fitoplancton e densità di individui per lo zooplancton), mentre è opportuno descrivere quelle per l'indice TRIX.

L'indice trofico TRIX, attualmente è l'unico indice definito per lo stato di qualità delle acque marino costiere; tale indice riassume in un valore numerico (in una scala di valori da 1 a 10) le condizioni di trofia del sistema di acque considerato.

$$\text{TRIX} = [\log_{10}(\text{Cha} \times \text{D\%O} \times \text{N} \times \text{P}) - (a)] \div b$$

**Cha**= clorofilla a [ $\mu\text{g dm}^{-3}$ ]

**D%O**= ossigeno disciolto come deviazione % assoluta della saturazione ( $100 - \text{O}_2\text{D\%}$ )

**N**= azoto inorganico disciolto [ $\mu\text{g dm}^{-3}$ ]

**P**= fosforo totale [ $\mu\text{g dm}^{-3}$ ]

**a, b**: costanti determinate sulla base dei limiti superiore ed inferiore dei parametri ( $a = -1.5$  e  $b = 1.2$  per i valori ricavati dai dati del Mar Adriatico settentrionale).

Oltre alla definizione matematica dell'indice, per la quale rimandiamo ad una trattazione più dettagliata nella specifica pubblicazione del CTN\_AIM [8], è importante chiarire e sottolineare il significato ecologico ed ambientale da attribuire al TRIX.

Il D. Lgs 152/99 nella tabella 17 dell'Allegato 1 (par. 3.4.3) associa ai valori di TRIX uno "stato ambientale" a cui corrispondono una serie di specifiche condizioni (Tabella 13). In tale maniera le acque marino costiere vengono classificate esclusivamente in base ad un indice di trofia che fornisce delle indicazioni solo su alcune delle condizioni del sistema considerato.

*Tabella 13 – Classificazione delle acque marine costiere in base alla scala trofica  
(Tabella 17 Allegato 1 D.Lgs 152/99, come modificata dal D.Lgs 258/00)*

Indice di trofia	Stato	Condizioni
2 - 4	ELEVATO	Buona trasparenza delle acque Assenza di anomale colorazioni delle acque Assenza di sottosaturazione di ossigeno disciolto nelle acque bentiche
4 - 5	BUONO	Occasionali intorbidimenti delle acque Occasionali anomale colorazioni delle acque Occasionali ipossie nelle acque bentiche
5 - 6	MEDIOCRE	Scarsa la trasparenza delle acque Anomale colorazioni delle acque Ipossie e occasionali anossie delle acque bentiche Stati di sofferenza a livello di ecosistema bentonico
6 - 8	SCADENTE	Elevata torbidità delle acque Diffuse e persistenti anomalie nella colorazione delle acque Diffuse e persistenti ipossie/anossie nelle acque bentiche Morte di organismi bentonici Alterazione/semplicità delle comunità bentoniche Danni economici nei settori del turismo, pesca ed acquacoltura

### 2.4.1.2 Risultati

L'andamento generale dei nutrienti sotto costa, per tutto il periodo di monitoraggio, indica un trend in calo procedendo da Nord verso Sud, con una situazione che a nord di Livorno si colloca su valori di concentrazione decisamente più elevati di tutta la restante costa (Figura 21). Questo andamento è confermato anche dalle stazioni al largo, sia pure con una minore evidenza.

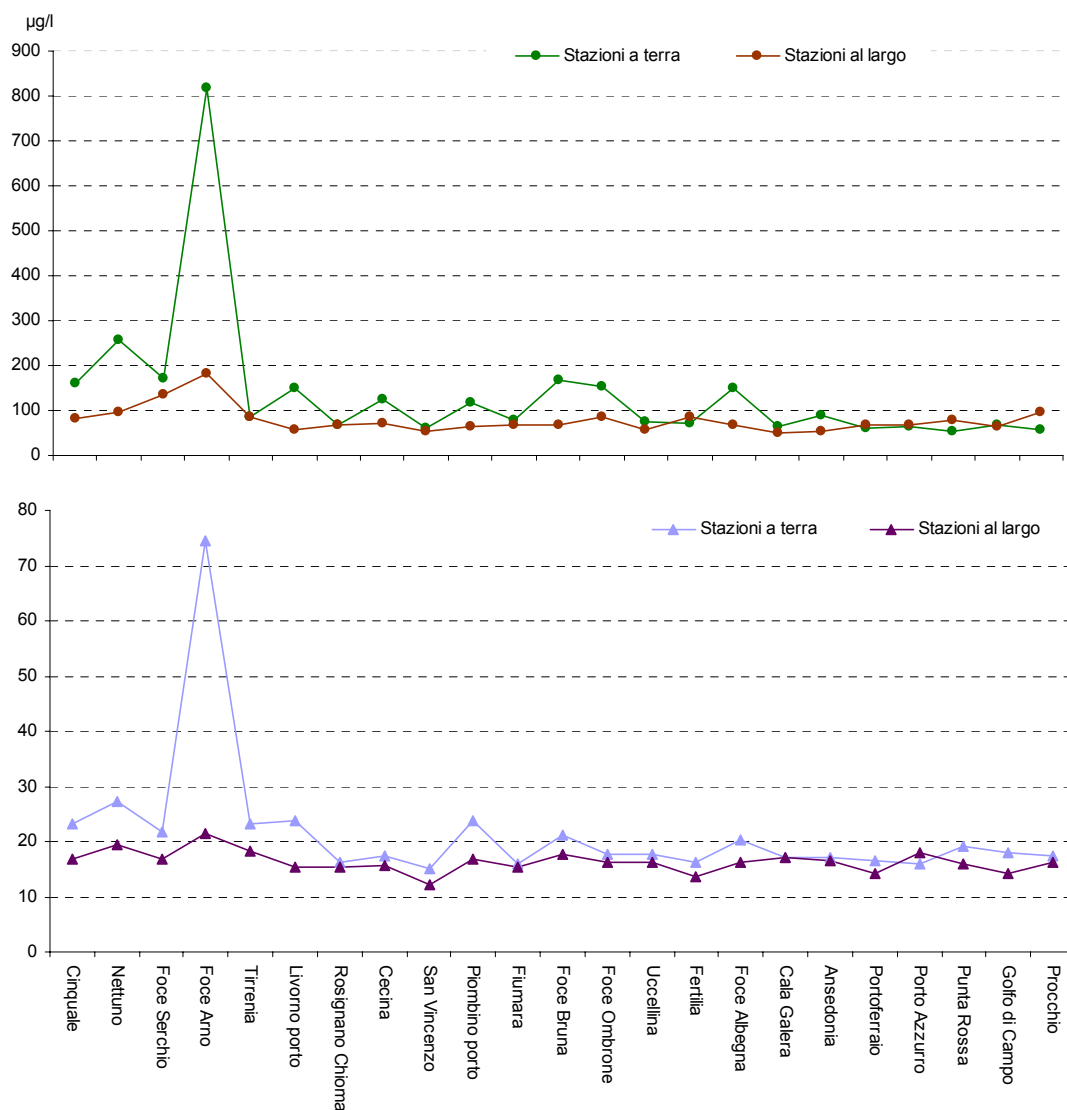


Figura 21 – Andamento spaziale delle concentrazioni medie di azoto inorganico disciolto (in alto), calcolato come somma di  $NO_2+NO_3+NH_4$ , e di fosforo totale (in basso) nel periodo 1997-2000

L'andamento dei valori dell'indice trofico TRIX conferma il dato dei nutrienti: nelle stazioni a terra la media dei valori di tutto il periodo attribuisce lo stato di "scadente" alla foce Arno

Il dato del TRIX è decisamente interessante, in quanto alla sua formazione concorrono altri elementi, quali la % di ossigeno disciolto e la concentrazione di clorofilla *a*, che non abbiamo qui illustrato. Una indagine condotta nel 1999 utilizzando una differente metodologia, francamente più sensibile del TRIX (test algale con l'alga verde unicellulare *Dunaliella tertiolecta*) conferma questa situazione, identificando una zona di "elevata eutrofizzazione" tra le stazioni vicine comprese tra Foce Arno e Nettuno e, in quelle lontane, tra Foce Serchio e Nettuno.

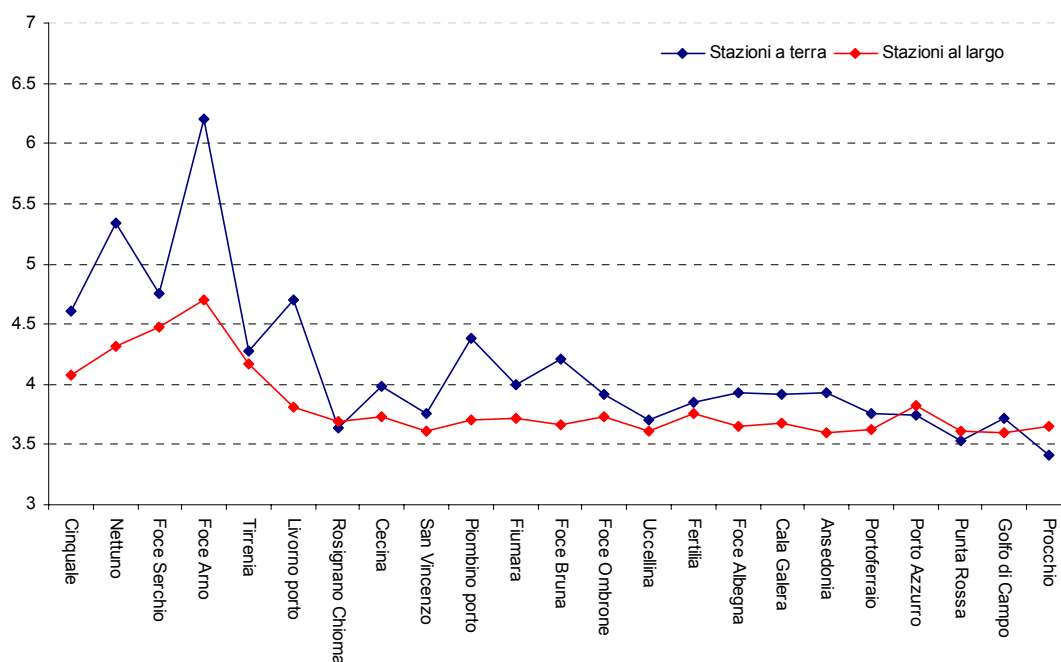


Figura 22 - Andamento spaziale dell'indice trofico TRIX, calcolato come medie nel periodo 1997-2000

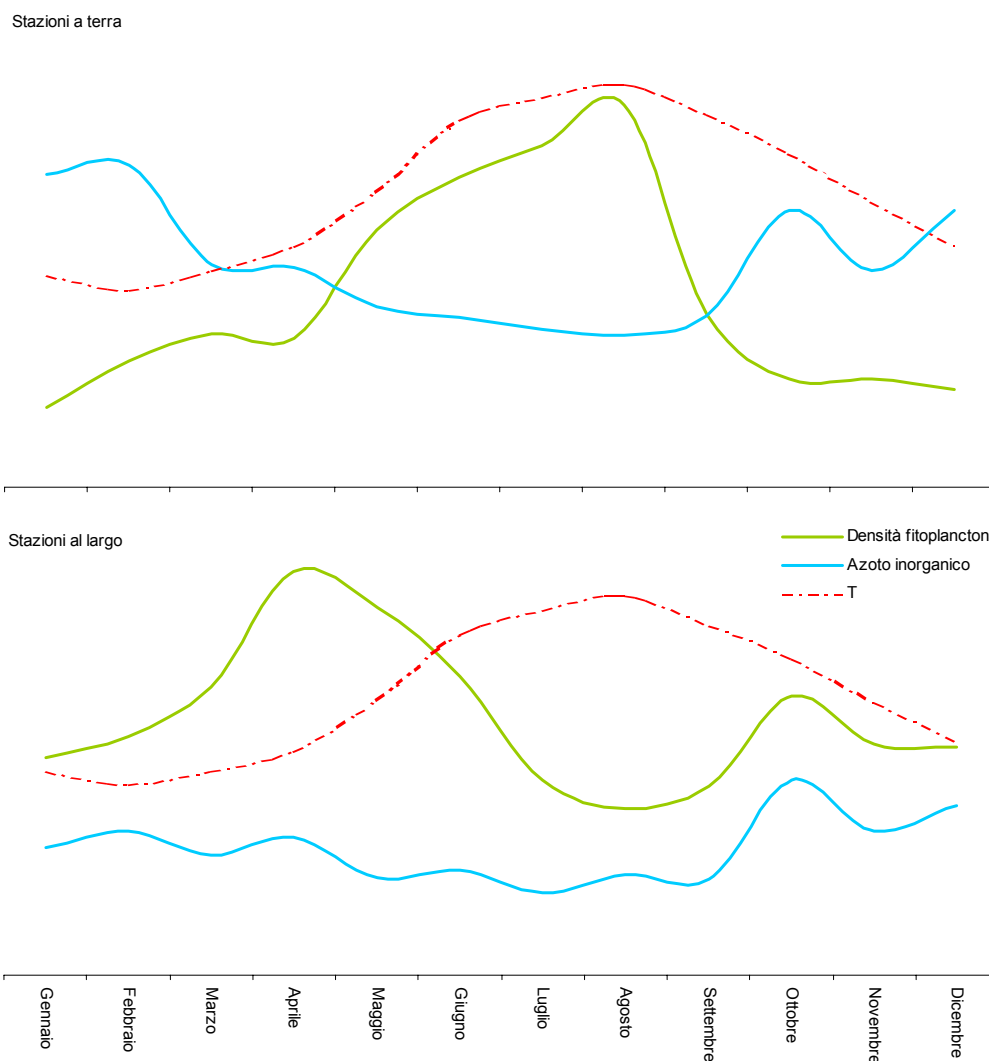
Le stazioni vicine a riva dell'Isola d'Elba mostrano una situazione complessiva che si separa abbastanza nettamente dall'insieme della costa continentale, il che conforta la scelta di queste acque come zona di riferimento nel nuovo monitoraggio.

Ci è sembrato interessante verificare, per le stazioni vicine e per quelle lontane, il comportamento temporale della concentrazione dei nutrienti azotati e fosforati e della densità del fitoplancton, elaborato in medie mensili complessive, relative a tutto il periodo 1997 – 2000 (Figura 23).

Nelle stazioni sotto costa, la presenza di numerosi fattori turbativi dei normali equilibri (apporti terrigeni localizzati e saltuari, minor rimescolamento, ecc.) non permette di evidenziare un collegamento diretto tra biomassa e trofia, in quanto si osserva una sola grande fioritura nel periodo estivo, momento di maggior carenza nutritiva delle acque. Per un'analisi approfondita si dovrebbe disporre di un reticolo di punti di prelievo più denso lungo la costa e, soprattutto, con frequenze di campionamento più intense.

Nelle stazioni al largo, invece, l'andamento dei due parametri è piuttosto tipico con l'aumento del fitoplancton in primavera che segue quello invernale dei nutrienti. Durante la fioritura, le popolazioni microalgali consumano la maggior parte dei nutrienti, i quali, di conseguenza, tendono a diminuire drasticamente, non riuscendo a venir rimpiazzati da nuovi apporti per tutta l'estate.

Con l'inizio dell'autunno, le piogge e le condizioni meteorologiche in generale, consentono una graduale ripresa delle concentrazioni di azoto, che è nuovamente disponibile e sufficiente per una seconda fioritura algale, anche questa tipica delle nostre latitudini.



*Figura 23 – Andamento temporale delle medie mensili di temperatura (°C) densità fitoplanctonica (cell/l) e di azoto inorganico disciolto (μM/l) nel 1997-2000 nelle stazioni sotto costa (in alto) ed in quelle al largo (in basso)*

Per quanto concerne il monitoraggio iniziato nel giugno 2001, sono stati elaborati solo i dati ricavati dalle stazioni vicine dei sei transetti (cinque aree critiche e

un'area di riferimento all'Isola d'Elba) individuati dal Ministero dell'Ambiente, Servizio Difesa Mare.

Dall'esame dei dati finora disponibili per i nutrienti, compresi anche i silicati, si apprezza una situazione piuttosto discontinua, ma in sostanza omogenea, nella quale la stazione dell'Isola d'Elba non si separa chiaramente (Figura 24).

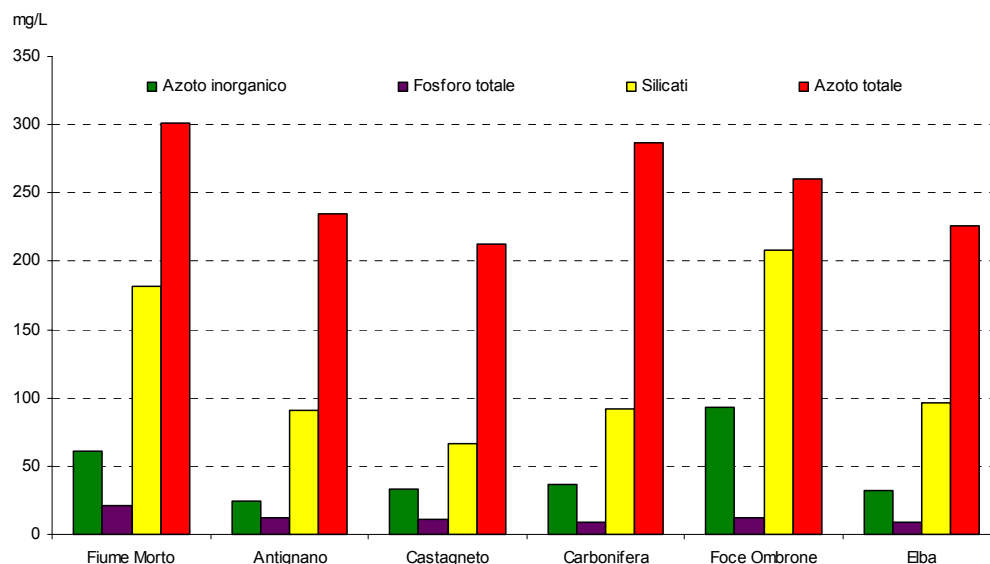


Figura 24 – Concentrazioni medie dei nutrienti nel 2001 nelle stazioni sotto costa

Si può notare (Figura 25) che per tutta la biomassa c'è un apprezzabile crescita procedendo verso le stazioni settentrionali, ma, mentre la densità del fitoplancton sale bruscamente a partire dall'area livornese, l'aumento dello zooplancton è più continuo e apparentemente poco condizionato dalla densità fitoplanctonica.

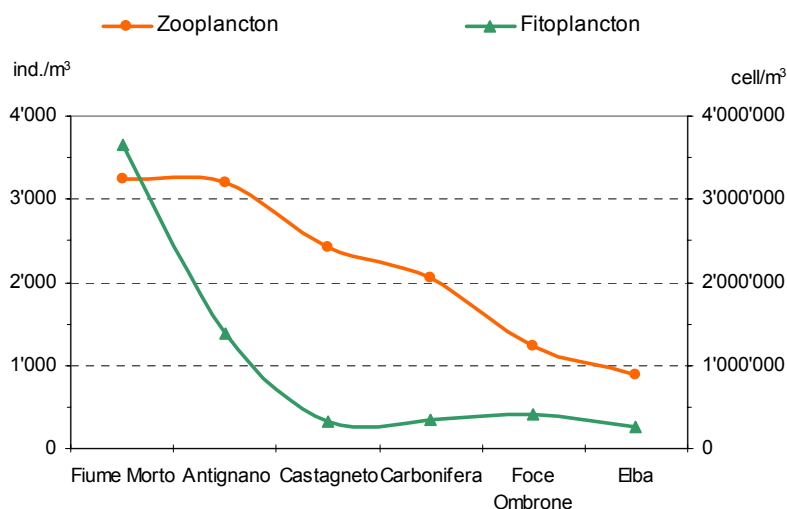


Figura 25 - Andamento delle densità del plancton lungo la costa toscana nel 2001

Il confronto tra fitoplancton totale e concentrazione media di fosfati nelle singole stazioni mostra una relazione diretta tra questi parametri (Figura 26)

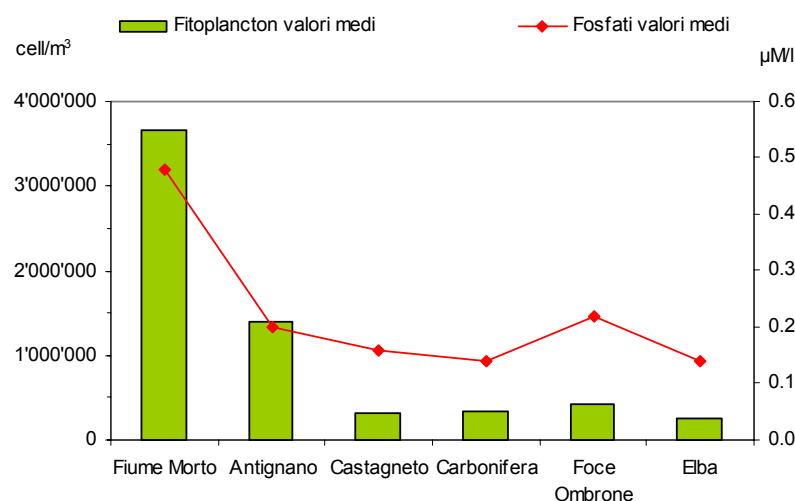


Figura 26 - Confronto tra fitoplancton totale e concentrazione media di fosfati nelle singole stazioni del 2001

L'Area dell'Elba, apparentemente, si separa in maniera abbastanza netta da tutte le altre riguardo alla densità dello zooplancton; questo è, al momento, l'unico riscontro che sembra distinguere l'area di riferimento da quelle critiche.

Applicando il test della varianza alla densità zooplanctonica, si nota che l'esame dell'insieme dei dati (Tabella 14) permette di rifiutare l'ipotesi nulla, per cui essi non risultano appartenere alla stessa famiglia. Togliendo dall'insieme quelli ottenuti nella stazione dell'Elba, l'ipotesi nulla non può più essere rifiutata.

Tabella 14 - Confronto delle densità zooplanctoniche delle stazioni toscane

Analisi varianza ad un fattore (p=0.05)				
GRUPPI	F	Valore di significatività	F critico	Rifiuto dell' ipotesi nulla (H <sub>0</sub> )
Fiume Morto	3.46	0,009	2.39	SI
Antignano				
Castagneto				
Carbonifera				
Foce Ombrone				
Elba				
Fiume Morto	2.22	0,081	2.58	NO
Antignano				
Castagneto				
Carbonifera				
Foce Ombrone				
Fiume Morto	2.95	0,03	2.58	SI
Antignano				
Castagneto				
Carbonifera				
Elba				

Quindi, in effetti, l'area isolana si differenzia proprio da tutte le altre, almeno per questo parametro, e sembra quindi giustificata la decisione di stabilire all'Elba l'area di riferimento del monitoraggio marino costiero.

Esaminando il comportamento delle frazioni dello zooplancton studiate (Figura 27), si nota che, nelle stazioni di Carbonifera (Golfo di Follonica) e dell'Elba (Capo Bianco, Portoferraio), la componente dei Cladoceri è meno rappresentata che non nelle altre aree. Le due stazioni appartengono a siti piuttosto diversi dal punto di vista geografico e oceanografico, ma sono situate approssimativamente alla stessa latitudine e l'una, sul continente, fronteggia l'altra, sull'Isola.

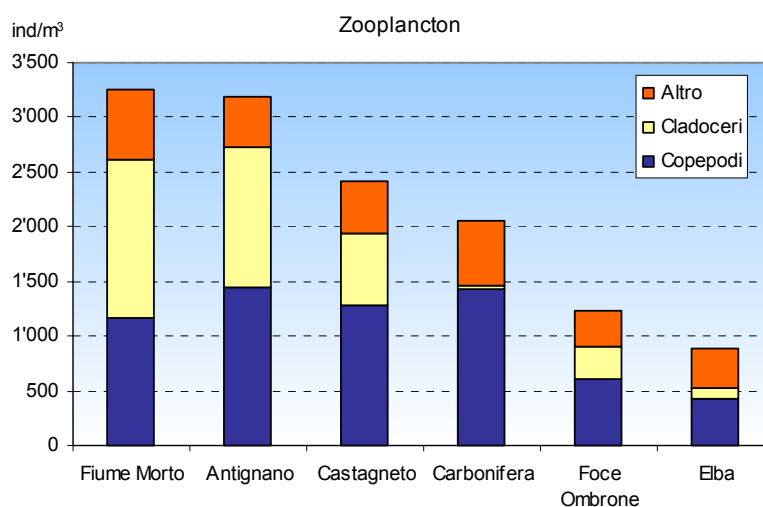


Figura 27 – Composizione del popolamento zooplanctonico medio nel 2001

A titolo di esempio, può interessare l'esame del comportamento delle varie frazioni zooplanctontiche riscontrare a Carbonifera nel corso delle campagne sinora effettuate (Figura 28).

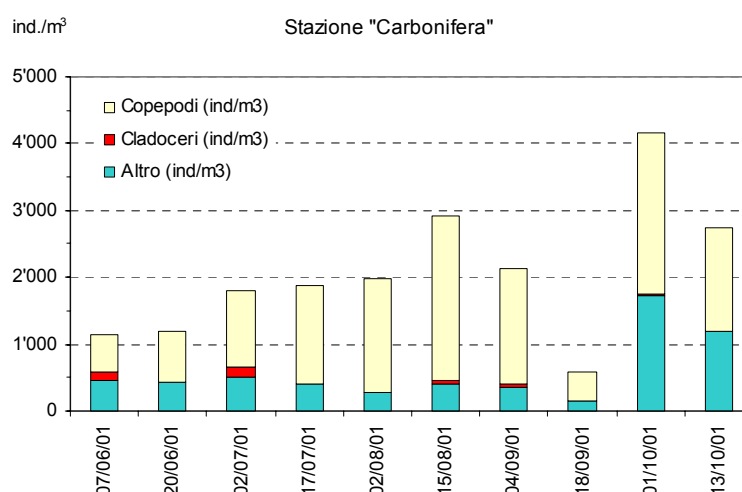
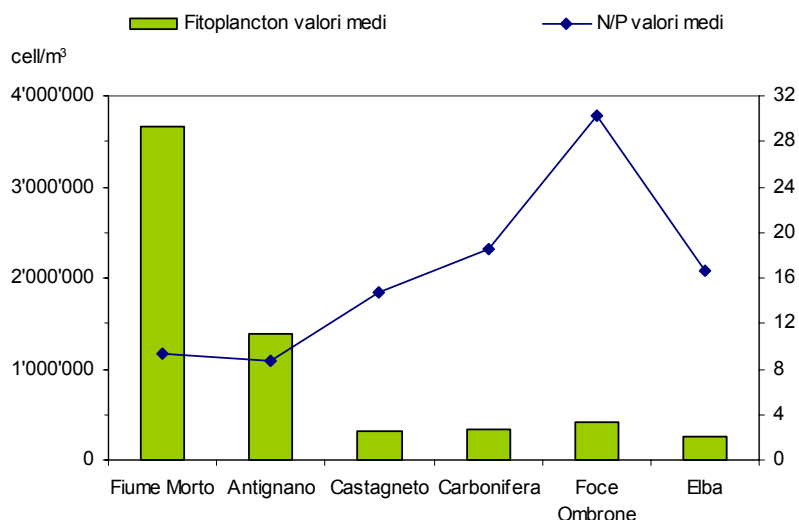


Figura 28 – Composizione del popolamento zooplanctonico a Carbonifera nel 2001



Infine il rapporto N/P mostra (Figura 29) una sostanziale limitazione teorica da fosforo lungo la costa toscana, con valori che comunque si abbassano notevolmente procedendo verso Nord. Tale andamento fa supporre che si verifichi la possibilità, in caso di notevoli aumenti del carico trofico totale, che l'azoto rappresenti talvolta, nella costa settentrionale, il fattore limitante.



*Figura 29 – Confronto tra concentrazione media di fitoplancton e rapporto N/P lungo la costa toscana nel 2001*

E' da sottolineare come nel piano di monitoraggio elaborato per la convenzione con il Ministero dell'Ambiente, la parte settentrionale della costa regionale sia stata limitata, per decisione del Ministero, all'Area Fiume Morto, situata tra foce Arno e foce Serchio, e come manchi invece proprio l'Area di foce Arno.

Il monitoraggio complementare da D.lgs.152 prevede invece, per il nord della Regione, un limite settentrionale al Cinquale, in Provincia di Massa Carrara, e aree situate in Versilia, con transetto al Nettuno di Viareggio, e presso la foce dell'Arno. L'area di riferimento è stata prevista nel continente, e precisamente a Cala di Forno, nel Parco dell'Uccellina.

## 2.4.2 Indice di Qualità Batteriologica (IQB)

### 2.4.2.1 I dati

Per quel che riguarda la valutazione dello stato della risorsa marina costiera, è stato anche elaborato un indice di tipo indiretto: non misura direttamente il livello qualitativo di una risorsa, ma ne fornisce indirettamente un secondo grado di lettura, mirato alla individuazione degli effettivi livelli di stress a cui questa è sottoposta, permettendo anche una valutazione relativa alla serie storica.

Lungo le coste toscane i parametri che determinano la qualità delle acque, relativamente alla balneazione, sono prevalentemente quelli batteriologici, che non hanno una vera rilevanza di tipo sanitario, ma servono per valutare la potenziale

pericolosità delle acque per la salute pubblica, in quanto legati alla presenza di contaminazione civile e fecale delle acque. Questi batteri, in sintesi, vengono ricercati per l'indicazione che forniscono sulla possibile presenza di altri organismi, impossibili da rilevare o da identificare in un monitoraggio routinario per l'estrema variabilità temporale e spaziale della composizione batterica, associati a questo tipo di inquinamento. Con questo stesso significato, di indicatore ambientale, sono stati utilizzati i dati microbiologici per elaborare un indice che desse conto del livello di alterazione delle acque di balneazione e, quindi, delle acque costiere causata da immissioni di acque contaminate da scarichi civili.

E' stato perciò valutato il numero di campionamenti con assenza (intesa come "non rilevabilità" secondo le procedure tecniche adottate in fase di analisi) di Coliformi fecali o di Streptococchi fecali, rapportandoli al numero totale dei campioni prelevati: il valore percentuale ottenuto è stato definito Indice di Qualità Batteriologica delle acque ad uso di balneazione (IQB): tanto più alto è il valore percentuale, tanto migliore è la qualità dell'acqua.

Per semplicità di lettura e per una sostanziale uniformità dei valori calcolati con l'uno o l'altro batterio fecale, si riporta, nella tabella e nelle figure seguenti, l'IQB delle province e dei comuni costieri toscani dal 1990 al 2001, calcolato come percentuale di assenza di Coliformi fecali.

Nella rappresentazione cartografica (Figura 31), l'attribuzione del giudizio valutativo alle classi percentuali secondo lo schema successivo, è stata fatta solo per analogia con la classificazione dell'indice trofico TRIX, che vale come riferimento per la prima classificazione delle acque marine costiere (D.Lgs 152/99).

<i>Giudizio</i>	<i>IQB</i>
Pessimo	0-20%
Scadente	20-40%
Mediocre	40-60%
Buono	60-80%
Elevato	80-100%

Questi dati, che hanno una validità statistica, possono essere aggiornati e ulteriormente implementati anno dopo anno; si può mantenere costante il livello di valutazione della qualità nel tempo, ampliare il range qualitativo dell'indicatore (ad esempio aggiungere anche l'indicatore per la qualità dei parametri chimici) e calcolare l'indice anche rispetto ai singoli punti di campionamento o alle singole coste comunali (Tabella 15) e provinciali.

#### **2.4.2.2 Risultati**

Dall'analisi a livello comunale (Tabella 15) si evince chiaramente che l'IQB migliore si registra in alcuni comuni della costa grossetana (Magliano in Toscana) e dell'Arcipelago toscano (Capraia Isola e Rio nell'Elba), con punte anche del 100% per più anni consecutivi, soprattutto nell'ultimo periodo.

Tabella 15 - IQB delle acque di balneazione dei comuni toscani dal 1990 al 2001, calcolato come percentuale di assenza di Coliformi fecali (dati ARPAT)

Prov.	Comune	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
MS	Carrara	31%	40%	52%	42%	27%	32%	47%	75%	60%	44%	58%	23%
MS	Massa	36%	42%	55%	62%	47%	48%	54%	59%	67%	40%	30%	15%
MS	Montignoso	42%	42%	60%	46%	41%	50%	39%	50%	54%	25%	15%	29%
MS	<b>Totale provinciale</b>	<b>35%</b>	<b>41%</b>	<b>55%</b>	<b>55%</b>	<b>42%</b>	<b>45%</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>63%</b>	<b>37%</b>	<b>33%</b>	<b>19%</b>
LU	Forte dei Marmi	33%	28%	21%	28%	22%	25%	33%	47%	29%	40%	19%	23%
LU	Pietrasanta	27%	25%	29%	20%	17%	27%	25%	37%	20%	29%	13%	8%
LU	Camaione	46%	29%	5%	13%	4%	17%	39%	67%	33%	29%	21%	11%
LU	Viareggio	35%	31%	23%	35%	15%	25%	24%	61%	24%	40%	28%	22%
LU	<b>Totale provinciale</b>	<b>33%</b>	<b>28%</b>	<b>22%</b>	<b>26%</b>	<b>16%</b>	<b>25%</b>	<b>28%</b>	<b>50%</b>	<b>24%</b>	<b>34%</b>	<b>20%</b>	<b>17%</b>
PI	Vecchiano	17%	22%	19%	39%	22%	17%	14%	31%	31%	46%	40%	14%
PI	San Giuliano T.	33%	42%	33%	63%	67%	50%	33%	63%	71%	79%	67%	13%
PI	Pisa	40%	45%	50%	51%	38%	46%	35%	48%	49%	48%	53%	33%
PI	<b>Totale provinciale</b>	<b>36%</b>	<b>40%</b>	<b>44%</b>	<b>50%</b>	<b>38%</b>	<b>43%</b>	<b>32%</b>	<b>47%</b>	<b>48%</b>	<b>50%</b>	<b>52%</b>	<b>28%</b>
LI	Livorno	68%	80%	87%	84%	76%	86%	73%	80%	69%	59%	71%	54%
LI	Rosignano M.mo	82%	85%	88%	89%	84%	86%	80%	90%	85%	83%	87%	65%
LI	Cecina	81%	93%	87%	79%	73%	78%	69%	80%	76%	55%	68%	69%
LI	Bibbona	79%	100%	95%	89%	90%	87%	62%	95%	84%	68%	86%	67%
LI	Castagneto C.cci	93%	90%	100%	87%	89%	99%	69%	99%	95%	90%	87%	90%
LI	San Vincenzo	44%	75%	61%	73%	76%	71%	71%	77%	69%	48%	47%	59%
LI	Piombino	76%	78%	61%	82%	69%	73%	77%	70%	74%	59%	51%	69%
LI	<b>Totale provinciale</b>	<b>74%</b>	<b>84%</b>	<b>82%</b>	<b>84%</b>	<b>78%</b>	<b>83%</b>	<b>73%</b>	<b>83%</b>	<b>79%</b>	<b>68%</b>	<b>71%</b>	<b>66%</b>
GR	Follonica	2%	0%	0%	0%	0%	42%	32%	46%	47%	53%	45%	50%
GR	Scarlino	0%	0%	0%	0%	0%	46%	32%	38%	46%	44%	32%	45%
GR	Castiglione della P.	50%	64%	63%	66%	72%	74%	54%	63%	51%	50%	40%	51%
GR	Grosseto	43%	45%	47%	60%	50%	54%	55%	58%	43%	54%	55%	43%
GR	Magliano	67%	50%	67%	67%	100%	83%	100%	83%	100%	50%	100%	100%
GR	Orbetello	49%	56%	46%	58%	68%	65%	50%	53%	62%	49%	52%	60%
GR	M. Argentario	53%	55%	55%	53%	60%	63%	55%	64%	68%	52%	75%	80%
GR	Capalbio	63%	70%	58%	56%	58%	83%	63%	47%	63%	50%	31%	61%
GR	<b>Totale provinciale</b>	<b>47%</b>	<b>53%</b>	<b>47%</b>	<b>51%</b>	<b>56%</b>	<b>64%</b>	<b>51%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>	<b>50%</b>	<b>51%</b>	<b>57%</b>
LI	Capraia Isola	80%	97%	52%	100%	96%	100%	100%	88%	100%	79%	63%	83%
LI	Portoferraio	45%	78%	76%	85%	80%	72%	78%	93%	67%	77%	76%	83%
LI	Marciana Marina	21%	46%	47%	58%	38%	45%	67%	59%	44%	33%	38%	53%
LI	Marciana	24%	70%	56%	68%	71%	47%	66%	84%	68%	56%	75%	82%
LI	Campo nell'Elba	27%	55%	79%	76%	79%	80%	65%	85%	71%	79%	51%	90%
LI	Capoliveri	25%	85%	80%	94%	87%	73%	87%	91%	73%	90%	71%	89%
LI	Porto Azzurro	15%	47%	47%	54%	73%	56%	67%	83%	73%	97%	50%	75%
LI	Rio Marina	29%	69%	83%	75%	73%	77%	85%	87%	82%	81%	73%	92%
LI	Rio nell'Elba	75%	58%	75%	83%	83%	75%	83%	100%	100%	100%	92%	100%
GR	I. del Giglio	46%	58%	48%	62%	50%	46%	42%	56%	56%	61%	59%	57%
	<b>Arcipelago Toscano</b>	<b>31%</b>	<b>66%</b>	<b>69%</b>	<b>75%</b>	<b>74%</b>	<b>63%</b>	<b>71%</b>	<b>83%</b>	<b>71%</b>	<b>76%</b>	<b>66%</b>	<b>81%</b>
	<b>totale costa</b>	<b>50%</b>	<b>61%</b>	<b>62%</b>	<b>65%</b>	<b>61%</b>	<b>66%</b>	<b>59%</b>	<b>69%</b>	<b>64%</b>	<b>59%</b>	<b>57%</b>	<b>56%</b>

Altro fatto da notare è che, comunque, permane una forte variabilità interna ad ogni comune, tranne pochi casi, con oscillazioni da una stagione all'altra anche del 100% in un senso o nell'altro. Ciò potrebbe star a significare, oltre a problemi intrinseci dell'indicatore, carenze nel controllo degli scarichi e nel campo della depurazione, messe in evidenza da fattori meteorologici imprevedibili (precipitazioni, venti e correnti), ed ancora una gestione non ottimale del ciclo integrato delle acque.

Una conferma di quanto sopra affermato viene dall'esame dei dati IQB a livello provinciale (Figura 30) ed insulare; infatti, si evidenzia che il territorio che dal 1990 ad oggi risulta avere i valori di qualità migliori è quello della provincia di Livorno: all'interno di questa abbiamo distinto due gruppi, la costa continentale livornese che ha

avuto valori quasi sempre elevati con un leggero scadimento nel finale, e l'Arcipelago Toscano (comprendente anche il Giglio) che, a partire da una situazione scadente (1990), ha ben presto raggiunto un livello costantemente buono, passando l'80% in due occasioni (1997 e 2001).

La provincia di Grosseto, non mostra grandi cambiamenti con valori che si aggirano costantemente tra 50 e 60%, in leggero progressivo miglioramento dal 1990 al 2001, per quanto questo non renda conto delle forti differenze a livello dei singoli comuni (vedi sopra).

Ben peggio si comportano, nel complesso, le province di Massa, Pisa e Lucca, vero “fanalino di coda” di tutta la regione con una qualità quasi sempre scadente e talvolta pessima. In questo tratto si assiste ad un comportamento analogo nell'evoluzione decennale con tutti i comuni che, partendo da situazioni diverse, mostrano un netto miglioramento dal 1994 al 1998-99 ed un vero “crollo” nelle stagioni del nuovo millennio, con Lucca che passa dallo scadente (34%) al pessimo (20-19%), Pisa dal mediocre (50-52%) allo scadente (28%) e Massa che scende dal buono del 1998 (63%) al pessimo della stagione appena conclusa (17%).

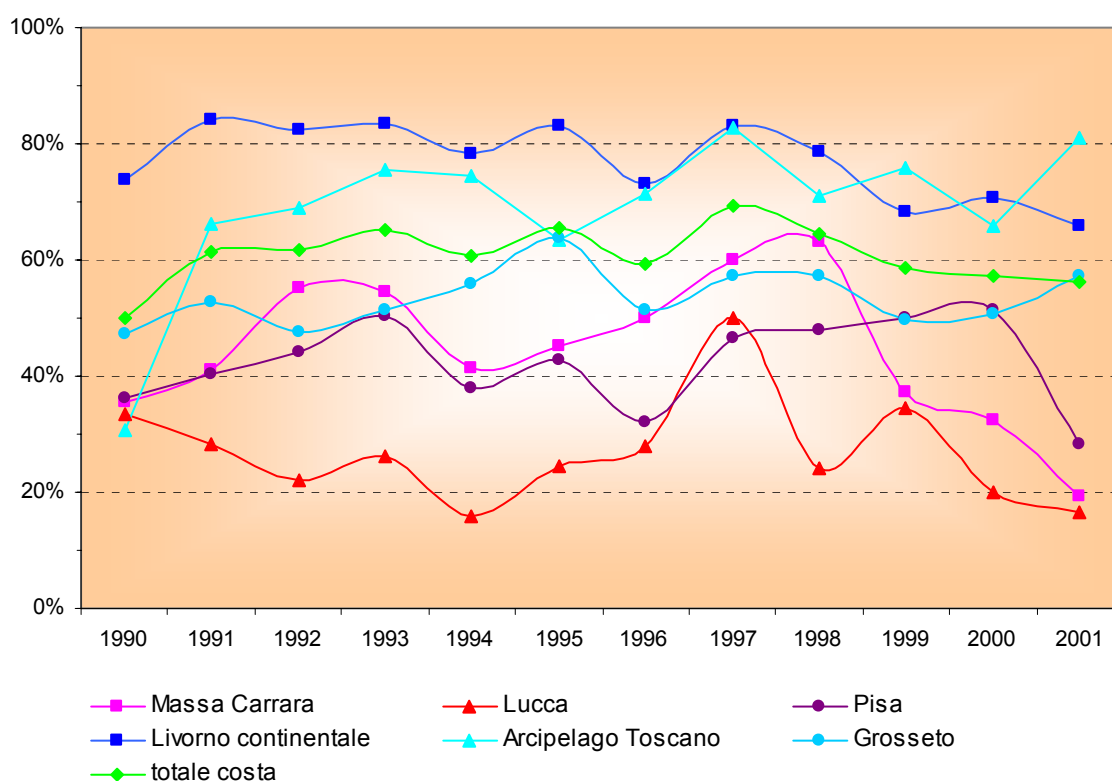


Figura 30 – Indice di Qualità Batteriologica (IQB) delle acque di balneazione delle province toscane dal 1990 al 2001, calcolato come percentuale di assenza del parametro Coliformi fecali (dati ARPAT)

La media regionale, logicamente, risente delle diverse componenti analizzate in precedenza, ma è determinata molto più dalle province meridionali, a causa del maggior

numero di punti di campionamento e, quindi, di dati, collocandosi nella fascia medio alta di valori, tra mediocre e buono ed in calo negli ultimi anni.

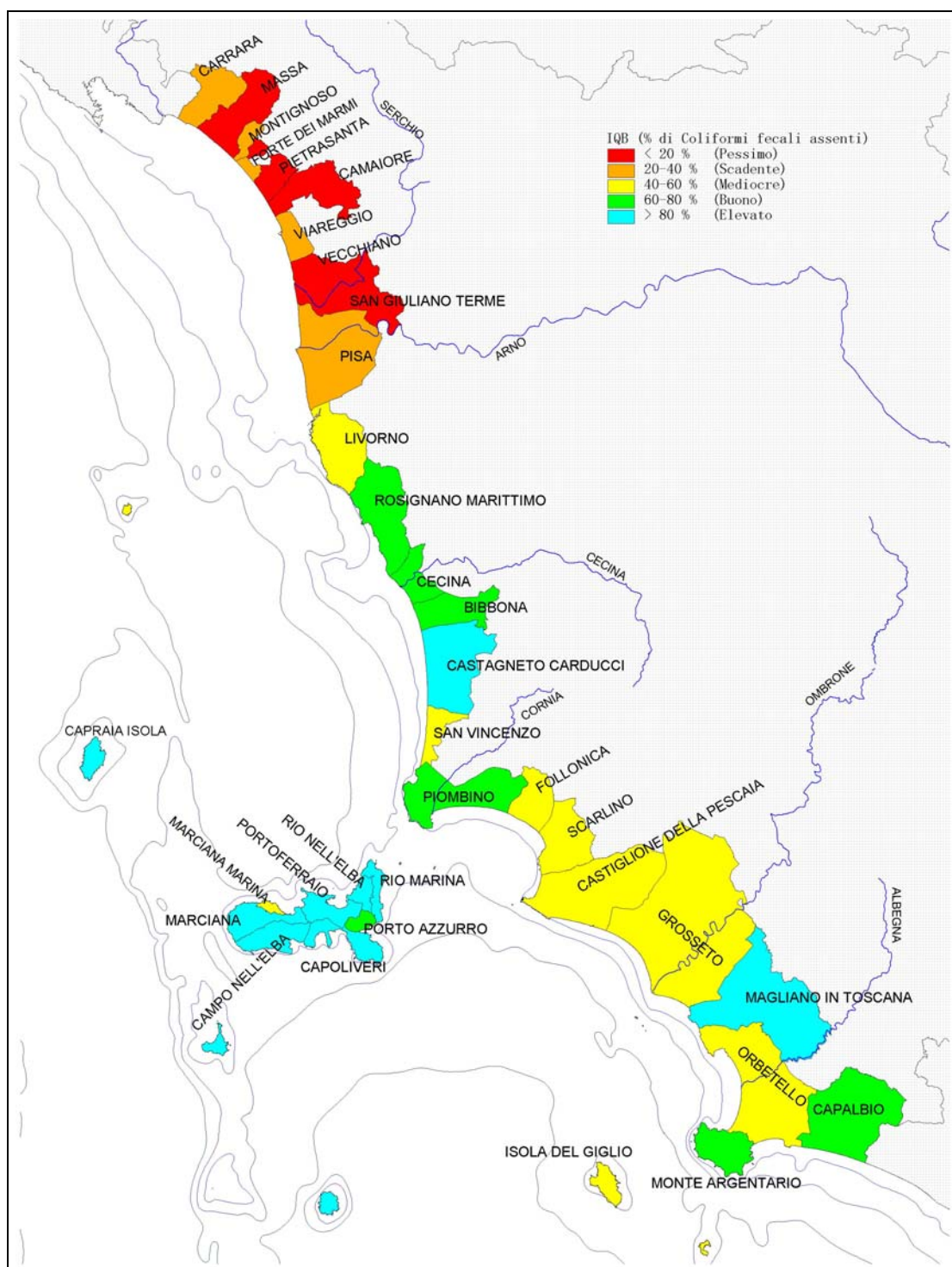


Figura 31 - Indice di Qualità Batteriologica (come percentuale di assenza di Coliformi fecali) nelle acque di balneazione dei comuni toscani nella stagione 2001

### 2.4.3 Nuovi indici proposti

#### 2.4.3.1 Indice Biotico per le Coste Rocciose: RIBI (Rocky Intertidal Biotic Index)

Si tratta di un indice atto a descrivere lo stato dell'ambiente marino caratterizzato da coste rocciose. Lo scopo è quello di studiare le biocenosi del piano mesolitorale al fine di definire un indice quantitativo tale da permettere di stabilire confronti, nel tempo e nello spazio, tra zone costiere rocciose del mar Tirreno e del mar Ligure. Tale studio può essere esteso ad altre regioni del Mediterraneo occidentale, in modo tale da verificare l'applicabilità dell'indice all'intera costa interessata.

Senza scendere in particolari, l'indice basato su organismi: 1) ubiquitari, abbondanti, semplici da studiare e da campionare; 2) a lunga vita; 3) appartenenti a macro-taxa caratterizzati da sensibilità differenti rispetto a diversi tipi di inquinamento; 4) capaci di reagire efficacemente a differenti generi di impatto.

Per verificare la validità dell'indice e per ottenere informazioni sulle possibili cause di alterazione degli ecosistemi, la ricerca sarà estesa ad un organismo situato all'apice della catena alimentare nell'ecosistema considerato, e quindi anche alla sommità del fenomeno di biomagnificazione della concentrazione dei metalli pesanti, quale il "granchio corridore" *Pachygrapsus marmoratus*

#### 2.4.3.2 Indice Trofico di Crescita Algale: ALTI (ALgal Trophic Index).

E' un indice sviluppato durante il precedente Interreg IIC da parte della Regione Toscana e utilizzato dalla medesima e dalla Regione Siciliana.

Il saggio algale rappresenta una prova di laboratorio concettualmente molto semplice che consiste nella misura della crescita, in condizioni controllate, di un clone algale in un campione d'acqua utilizzato come terreno di coltura. L'incremento della crescita algale è indice di presenza di nutrienti, il decremento di essa evidenzia la possibile presenza di sostanze tossiche.

La prova di crescita algale è un metodo senz'altro economico e, una volta ottimizzato, si presenta di esecuzione semplice e non soggetta agli inconvenienti derivati dall'uso di strumentazione complicata.

Essa, grazie alla mole di informazioni che può fornire e alla sua grande sensibilità nelle condizioni di media e modesta trofia, è in grado di rappresentare un sistema di biomonitoraggio rivolto al controllo ed alla classificazione delle acque marine - costiere, utilizzabile nell'intero bacino del Mediterraneo occidentale.

#### 2.4.3.3 Indice Marino Epibatterico (IME)

E' un indice basato sul comportamento degli epibatteri eterotrofi marini e della loro componente bioluminescente.

Benché i batteri marini governino i passaggi fondamentali della dinamica planctonica è molto raro che i programmi di controllo della qualità degli ecosistemi marini comprendano anche sistemi di rilevazione della densità batterica.

Un'alterazione dell'attività batterica eterotrofa determinerebbe una variazione di densità di entrambe le componenti batteriche; una tale alterazione potrebbe dunque

essere osservata per mezzo della determinazione della sola componente epibatterica facilmente rilevabile con le comuni tecniche colturali. Mediante l'utilizzo della tecnica delle membrane filtranti è possibile determinare i valori di densità epibatterica totale (espressa mediante il parametro ABC-Apparent Bacterial Concentration) e della frazione luminescente (espressa mediante il parametro ALBC-Apparent Luminous Bacterial Concentration). La frazione luminescente è sensibile all'effetto di sostanze tossiche.

Valori alterati di densità batteriche rispetto al zone di riferimento permettono di individuare situazioni ambientali modificate da carichi organici e, eventualmente, da sostanze tossiche. I valori di densità batterica possono essere utilizzati per la classificazione delle acque mediante un indice epibatterico.

## **2.5 L'impatto**

### **2.5.1 La balneazione e i divieti**

#### **2.5.1.1 I dati**

I divieti permanenti di balneazione che interessano la costa toscana sono stati individuati ai sensi del D.P.R. n. 470/82, sia per motivi indipendenti da inquinamento (porti, servitù militari, colonie penali, riserve naturalistiche), che per motivi igienico sanitari (principalmente in corrispondenza delle foci dei maggiori corsi d'acqua).

Mentre per quanto riguarda i divieti istituiti per motivi indipendenti da inquinamento nessuna misura di risanamento può, ovviamente essere adottata, per quanto riguarda la seconda tipologia di divieti, l'art. 9 del D.Lgs. n. 152/99 impone l'identificazione delle cause del fenomeno inquinante nonché le misure di risanamento che dovranno essere adottate per ripristinare, in tempi ragionevolmente compatibili con la gravità dell'inquinamento, l'idoneità alla balneazione.

La Regione Toscana, a maggior tutela della salute pubblica, già da molti anni e anticipando il dettato del citato art. 9, nel caso di non idoneità alla balneazione reiterata per più anni consecutivi sullo stesso punto di controllo, ha sempre dichiarato il punto stesso permanentemente vietato. Questo ha comportato, naturalmente, l'eliminazione del punto dall'anagrafe ministeriale e l'istituzione di 2 nuovi punti di campionamento posizionati ai limiti della zona potenzialmente inquinata, nonché, misure di risanamento, concordate con l'Amministrazione Locale competente, atte a rimuovere il divieto permanente in un tempo compatibile con gli interventi programmati.

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. n. 152/99 alle Regioni è richiesto annualmente di comunicare al Ministero dell'Ambiente tutte le informazioni relative alle cause e alle misure necessarie per rimuovere il divieto e la Regione, prima dell'inizio di ogni stagione balneare, fa il punto sugli interventi eseguiti e su quelli programmati per tutte le zone sottoposte a divieto, affidando contemporaneamente ai Dipartimenti ARPAT competenti per territorio la verifica delle condizioni igienico sanitarie delle acque.

#### **2.5.1.2 Risultati**

L'opera di sensibilizzazione della Regione nei confronti delle Amministrazioni Locali sta cominciando a dare i primi frutti, tanto che all'inizio della stagione balneare 2001 sono stati rimossi ben tre divieti permanenti di balneazione:

- foce fosso della Madonna in Comune di Bibbona
- foce fosso Nuovo in Comune di Cecina
- foce canale Ansedonia in Comune di Orbetello

e all'inizio della stagione balneare 2002 sarà rimosso un altro divieto permanente di balneazione:

- foce Rio Maggiore in Comune di Livorno.



Analizzando la situazione lungo la costa e le isole, dal punto di vista dei divieti permanenti per inquinamento, possiamo osservare come ci sia un netto gradiente nella densità di divieti, con il tratto settentrionale (costa apuana) in cui si ha mediamente più di 1 divieto ogni 10 km, che scende a meno di 1 ogni 40 km per la costa maremmana, fino alla situazione ottimale delle isole dell'Arcipelago, dove non è presente alcun divieto.

Questo fatto si può motivare con la maggior pressione antropica che grava sul tratto apuo-versiliese-pisano e con le caratteristiche idrologiche e morfologiche che avvantaggiano naturalmente, sia per ricambio idrico che per dispersione degli inquinanti, le coste meridionali ed insulari. Per quanto riguarda il caso della provincia di Lucca, che nonostante sia sottoposta ad un elevato carico turistico risulta priva di divieti per inquinamento, bisogna far presente che la particolare conformazione dei corpi idrici recettori che veicolano al mare gli scarichi dei depuratori permette una maggiore ritenzione degli stessi e, probabilmente, un abbattimento naturale ed ulteriore delle concentrazioni batteriche, pur restando, comunque, una situazione anomala.

*Tabella 16 – distribuzione dei divieti permanenti delle acque di balneazione per motivi di inquinamento, ai sensi del DPR 470/82, lungo la costa Toscana nel 2001*

Zona <sup>1</sup>	Costa km	Divieti permanenti		Divieti permanenti per inquinamento		
		Nr.	km/divieto	Nr.	Costa vietata	km/divieto
Provincia di Massa	13.6	5	2.7	4	3%	3.4
Provincia di Lucca	23.3	1	23.3	0	0%	> 23.3
Provincia di Pisa	27.8	3	9.3	3	12%	9.3
Costa Livornese	150.0	23	6.5	6	2%	25.0
Costa Grossetana	161.2	11	14.7	4	3%	40.3
Arcipelago Toscano	278.5	8	34.8	0	0%	> 278.5

Tutto ciò risulta nonostante il notevole sforzo di aumento della depurazione delle acque fatto da parte di tutti i comuni costieri, come si evince dai finanziamenti (comunali, regionali, statali e comunitari) erogati in tal senso negli ultimi 10 anni per impianti già realizzati od in via di completamento (Tabella 18): tra coloro che operano i maggiori investimenti sono da segnalare i Comuni di Carrara, Montignoso, Camaiore e Viareggio.

## **2.5.2 Idoneità alla balneazione**

### **2.5.2.1 I dati**

Questo indicatore esprime in termini percentuali il numero dei campionamenti con esiti positivi, sul totale dei campionamenti osservati nella stagione balneare, con riferimento alla conformità ai parametri previsti dalla normativa statale.

<sup>1</sup> nel caso di Livorno e Grosseto abbiamo separato i tratti di costa continentale da quelli facenti parte dell'Arcipelago Toscano, a causa delle forti differenze di tipo idrologico ed antropico

L'osservazione dei dati di una stagione balneare determina l'idoneità alla balneazione all'inizio della stagione successiva; il permanere dell'idoneità è garantito dalle condizioni di conformità verificate attraverso la continuazione del monitoraggio.

Il controllo della qualità delle acque di balneazione è essenzialmente regolamentato dal D.P.R. n. 470/82, come modificato dall'art. 18 della Legge n. 422/2000.

L'obiettivo precipuo del D.P.R. n. 470/82 è la tutela igienico sanitaria delle acque marine e interne, al fine di salvaguardare i bagnanti dall'instaurarsi di eventi patologici; in questa ottica vengono ricercati costantemente 11 parametri di cui:

- 4 di natura microbiologica: coliformi totali, *coliformi fecali*, *streptococchi fecali salmonella* (*enterovirus* ove necessario);
- 7 di natura chimico-fisica (colorazione, trasparenza, pH, ossigeno disciolto, oli minerali, sostanze tensioattive e fenoli).

I controlli, effettuati a cura dei Dipartimenti ARPAT competenti per territorio, sono bimensili nel periodo 1° aprile – 30 settembre, devono essere eseguiti a 30 centimetri sotto il pelo libero dell'acqua, ad una distanza dalla battigia tale che il fondale abbia una profondità compresa tra 80 e 120 centimetri e nell'orario 9.00 – 15.00.

All'inizio della stagione balneare i punti risultano idonei alla balneazione quando le analisi effettuate durante la stagione precedente evidenziano la conformità dei parametri batteriologici per l'80% dei campioni prelevati e dei parametri chimico-fisici per il 90% dei campioni prelevati. Durante la stagione in corso, invece, il giudizio di idoneità alla balneazione è assegnato in base alla conformità ai valori previsti dal D.P.R. n. 470/82 per tutti i parametri dell'allegato 1 per ogni prelievo eseguito su ciascun punto di campionamento.

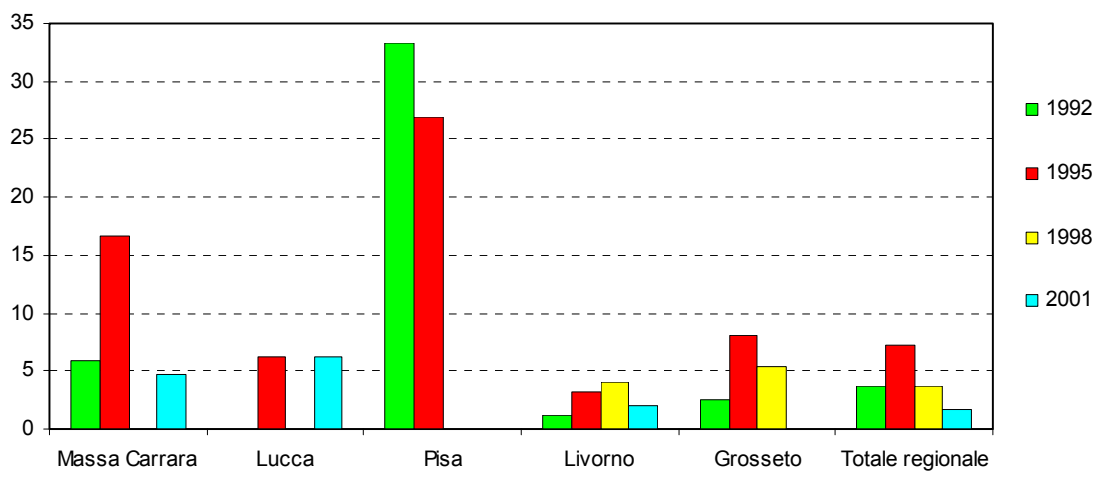
A partire dalla stagione balneare 1984 la fascia costiera toscana adibita alla balneazione, comprese le Isole d'Elba, Giglio, Pianosa e Giannutri, è stata costantemente monitorata in un numero sempre maggiore di punti fino ad arrivare ai 368 della stagione 2001.

La Regione Toscana dispone di una serie storica di dati informatizzati delle stagioni comprese fra il 1990 e il 2001, quindi di ben 12 anni di campionamenti completi, sui cui risultati poter operare qualsiasi tipo di elaborazione.

#### **2.5.2.2 Risultati**

Dall'analisi dei dati analitici delle stagioni balneari 1992, 1995, 1998 e 2001, pur partendo da percentuali di inidoneità alla balneazione comunque non elevate, se si esclude il caso particolare di Pisa, si evince chiaramente che negli ultimi dieci anni si è assistito ad un notevole e graduale miglioramento delle condizioni del mare toscano.

Nel corso degli anni considerati diverse province hanno registrato il 100% di idoneità alla balneazione: Massa Carrara durante la stagione 1998, Lucca durante le stagioni 1992 e 1998, Pisa durante le stagioni 1998 e 2001 e Grosseto durante la stagione 2001.



*Figura 32 - Percentuale di punti temporaneamente non idonei nelle stagioni balneari 1992, 1995, 1998 e 2001, suddivisi per provincia e come totale della Toscana*

La situazione particolare registrata nel 1992 risulta dovuta all'inquinamento da idrocarburi lungo tutto il litorale pisano a seguito del grave incidente del traghetto Moby Prince che ha impedito di effettuare i campionamenti per buona parte della stagione balneare.

L'elaborazione dei risultati analitici aggregati a livello regionale, mostra chiaramente che la percentuale dei punti temporaneamente non idonei si è mantenuta costantemente bassa nell'ultimo decennio fino a raggiungere il minimo storico durante l'ultima stagione balneare: ben 362 punti di campionamento, pari al 98,37% del totale, sono risultati idonei alla balneazione.

Questi dati, apparentemente in contrasto con quanto visto per l'indicatore di stato dell'IQB (vedi par. 2.4.2), sono facilmente spiegabili se si riflette sul significato diverso che hanno i due strumenti: da una parte l'idoneità alla balneazione è solo un giudizio di tipo igienico-sanitario che viene emesso per salvaguardare un tipo specifico di utilizzo della risorsa marina ed una sua mancanza è l'effetto più evidente che una eventuale alterazione delle acque costiere apporta alle attività antropiche inerenti su essa (l'impatto, appunto), con una semplificazione di tipo dualistico antitetico ("nero o bianco", "buono o cattivo"); dall'altra l'IQB rende conto di un fenomeno di contaminazione, da scarichi civili, delle acque marine che, senza dubbio, ne altera in tutto o in parte le caratteristiche naturali, sia chimiche che biologiche, ed è orientato verso una tutela della qualità complessiva degli ecosistemi più che allo sfruttamento della risorsa, con una interpretazione di tipo probabilistico.

## 2.6 Le risposte

### 2.6.1 Bilancio depurativo

#### 2.6.1.1 I dati

Per effettuare correttamente il bilancio depurativo, cioè stimare quanta parte del carico organico potenziale civile ed industriale venga effettivamente eliminato dagli impianti di trattamento prima di essere immesso nelle acque, bisognerebbe possedere tutta una serie di dati molto dettagliati. Si deve conoscere:

- per ciascun impianto depurativo,
  - il reale bacino di utenza, cioè quali agglomerati sono effettivamente allacciati o lo dovrebbero essere, sulla base del quale si può stimare la necessità depurativa (in AbEq) con l'uso dei coefficienti appositi (vedi par. 2.3.2)
  - la capacità di trattamento (in AbEq) di progetto e quella attuale,
  - il livello di abbattimento del carico organico in ingresso,
  - il recettore diretto dello scarico del depuratore ed il relativo bacino di appartenenza;
- per ciascun comune,
  - quanti e quali depuratori sono presenti sul suo territorio,
  - quanta parte delle industrie e della popolazione è allacciata ai diversi depuratori.

Purtroppo allo stato attuale i dati del reale bacino di utenza, anche solo riferito agli utenti allacciati, non sono facilmente reperibili, soprattutto non esiste un soggetto preposto alla raccolta e trasmissione di queste informazioni a livello nazionale. Esistono alcune indagini portate avanti dall'ISTAT nel 1993 [9], dalla FEDERGASACQUA nel 1996 [10] e dal Nucleo Operativo Ecologico dei Carabinieri nel 1998, ma nessuna è sufficientemente dettagliata da fornire i dati disaggregati e/o con una copertura territoriale sufficiente. Inoltre, queste tre indagini sono state condotte con criteri e metodi diversi e le informazioni risultanti non possono essere comparabili od integrabili: gli unici dati che si possono utilizzare sono quelli relativi alla capacità potenziale dei depuratori, ma riferiti alla provincia o regione e, quindi, praticamente inutili per i nostri scopi.

In seguito all'introduzione ed alla completa applicazione del D.Lgs 152/99, che prevede l'identificazione degli agglomerati, quale unità base per la gestione di scarichi ed impianti di trattamento delle acque (art.2, comma 1, lettera "m"), e che disciplina i limiti di emissione degli scarichi idrici in base alla potenzialità degli impianti di depurazione (Allegato 5), si prevede che tale deficit informativo verrà colmato. Inoltre, dato che lo stesso decreto prevede che tutte queste ed altre informazioni, necessarie per la redazione dei piani di tutela, vengano trasmesse dai vari soggetti detentori all'ANPA, si potrà avere una banca dati uniforme e completa.

Nel frattempo, rispetto alla messa a regime del sistema di trasmissione dati previsto dal D.Lgs 152/99, ARPAT nel 2000 ha effettuato una propria ricognizione relativa ai depuratori delle province toscane, con potenzialità di progetto superiori ai 2000 AbEq (calcolati sulla base del BOD<sub>5</sub>). I dati così raccolti, oggetto di una specifica pubblicazione che uscirà in contemporanea a questa “*Rapporto sulla depurazione delle acque reflue urbane in Toscana – 2001*”, a cura di ARPAT e Regione Toscana, hanno costituito un importante aggiornamento di quelli fino ad allora disponibili. Però, per completezza di indagine ed essendo la fascia costiera toscana ricca di piccoli insediamenti con depuratori inferiori ai 2000AbEq, le informazioni sono state integrate con quelle raccolte per precedenti indagini sull’argomento (vedi pubblicazioni 2.1.3), avendo un quadro praticamente completo.

Nonostante queste informazioni aggiornate e molto dettagliate, non è stato possibile definire con esattezza il bacino di utenza, né quale e quanta parte di un comune confluisca in un depuratore piuttosto che in un altro, salvo rare eccezioni. Allora, in prima approssimazione, abbiamo dovuto usare i dati dei carichi organici potenziali in AbEq del settore civile ed industriale (vedi par. 2.3.2) del comune. Questi dati sono stati rapportati, poi, alla somma delle capacità massime di progetto di tutti i depuratori presenti sul territorio comunale, tralasciando il fatto che alcuni depuratori hanno allacciati utenti di più comuni limitrofi e che il “surplus” di potenzialità di un impianto non può essere trasferito “tout court” ad un altro dello stesso comune.

In definitiva, quindi, la formula utilizzata per il calcolo del bilancio depurativo di ogni comune è la seguente:

$$\frac{\sum_{i=1}^n AbEq_{(prog.)}}{(C.O.P._{(civile)} + C.O.P._{(industr.)})} * 100$$

con AbEq<sub>(prog)</sub> = capacità di trattamento di progetto di ogni impianto

n = numero di depuratori presenti sul territorio comunale

C.O.P = carico organico potenziale, civile o industriale (vedi par. 2.3.2)

### 2.6.1.2 Risultati

Naturalmente, con tutte queste premesse la discussione ed il commento ai risultati sembrano abbastanza difficili da sostenere con una qualche affidabilità, anche se per le nostre conoscenze spesso non si è distanti dal reale stato della depurazione.

Come appare immediatamente evidente dalla Tabella 17 e dalla Figura 33, il bilancio depurativo è maggiormente deficitario, cioè con una parte consistente dei carichi organici potenziali (>50%) non trattati, proprio in quelle zone dove i fattori di pressione acquistano un peso importante: principalmente tra la foce dell’Arno e quella del Serchio (Vecchiano, S. Giuliano e Pisa), in alcuni comuni grossetani (Scarlino e Magliano) e dell’Elba (Portoferraio, Marciana Marina e Rio Marina).

Tabella 17 – Bilancio depurativo nel 2000 nei comuni costieri toscani – dati ARPAT

Prov.	Comune	Carichi organici potenziali civili + industriali AbEq	Capacità depurativa di progetto AbEq	Bilancio depurativo %
MS	Carrara	104'029	68'000	65.4
MS	Massa	136'755	147'100	107.6
MS	Montignoso	15'465	-	0.0
<i>MS</i>	<i>Totale provinciale</i>	<i>256'250</i>	<i>215'100</i>	<i>83.9</i>
LU	Forte dei Marmi	14'703	10'000	68.0
LU	Pietrasanta	42'456	81'000	190.8
LU	Camaione	52'921	80'000	151.2
LU	Viareggio	119'579	83'000	69.4
<i>LU</i>	<i>Totale provinciale</i>	<i>229'660</i>	<i>254'000</i>	<i>110.6</i>
PI	Vecchiano	18'162	9'000	49.6
PI	San Giuliano T.	48'546	-	0.0
PI	Pisa	233'866	110'000	47.0
<i>PI</i>	<i>Totale provinciale</i>	<i>300'574</i>	<i>119'000</i>	<i>39.6</i>
LI	Livorno	283'349	249'000	87.9
LI	Rosignano M.imo	132'733	70'560	53.2
LI	Cecina	43'481	38'500	88.5
LI	Bibbona	9'514	35'000	367.9
LI	Castagneto C.cci	17'988	43'000	239.0
LI	San Vincenzo	14'207	42'000	295.6
LI	Piombino	60'131	68'000	113.1
<i>LI</i>	<i>Totale provinciale</i>	<i>561'404</i>	<i>546'060</i>	<i>97.3</i>
GR	Follonica	42'841	104'000	242.8
GR	Scarlino	18'240	2'950	16.2
GR	Castiglione della P.	16'230	35'632	219.5
GR	Grosseto	127'320	146'520	115.1
GR	Magliano	5'104	500	9.8
GR	Orbetello	35'620	24'350	68.4
GR	M. Argentario	19'763	33'400	169.0
GR	Capalbio	8'095	8'695	107.4
<i>GR</i>	<i>Totale provinciale</i>	<i>273'213</i>	<i>355'047</i>	<i>130.0</i>
LI	Capraia Isola	842	5'500	653.3
LI	Portoferraio	20'789	2'000	9.6
LI	Marciana Marina	3'189	-	0.0
LI	Marciana	4'272	3'800	89.0
LI	Campo nell'Elba	8'868	22'000	248.1
LI	Capoliveri	6'828	9'200	134.7
LI	Porto Azzurro	5'377	20'000	371.9
LI	Rio Marina	4'429	-	0.0
LI	Rio nell'Elba	1'420	4'000	281.7
GR	I. del Giglio	2'856	2'120	74.2
	<i>Arcipelago Toscano</i>	<i>58'870</i>	<i>68'620</i>	<i>116.6</i>
<b>totale costa</b>		<b>1'679'970</b>	<b>1'557'827</b>	<b>92.7</b>

Dobbiamo fare una distinzione tra le diverse situazioni, in quanto i comuni elbani sono spesso carenti di impianti veri e propri, ma sono dotati quasi tutti di condotte sottomarine che, pur non depurando gli scarichi, ne convogliano gli effetti al largo ed in profondità consentendo, in pratica, una dispersione ed una diluizione infinita.

Il comune di Scarlino, poi, ha carichi civili veramente modesti (poche migliaia di AbEq), che sarebbero completamente o quasi depurati dai piccoli impianti installati, ed il suo deficit è determinato dai carichi industriali, per i quali non possediamo i dati degli impianti a piè di fabbrica.

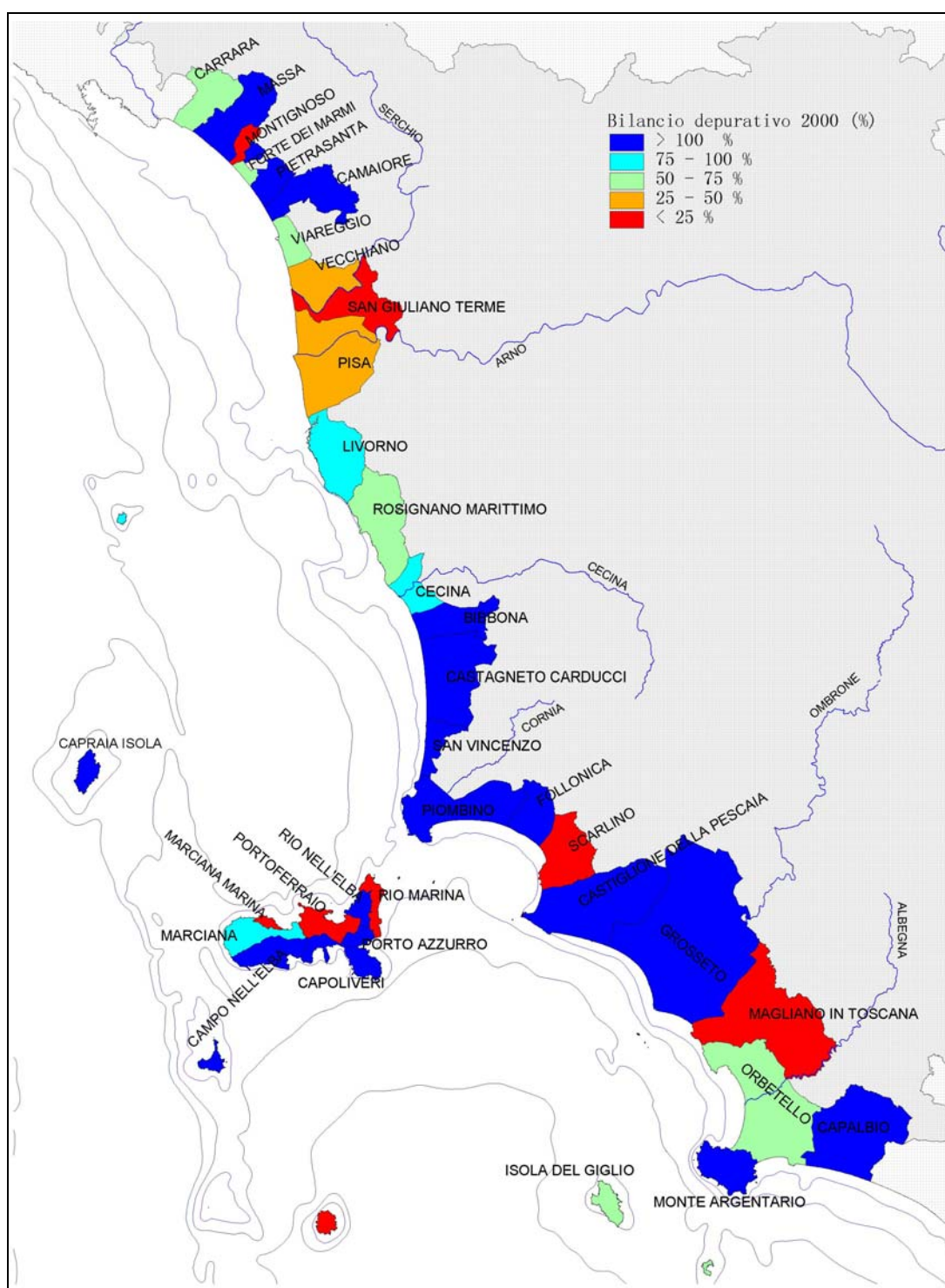


Figura 33 – Bilancio depurativo (%) dei comuni costieri della Toscana nel 2000

Nettamente diverso è lo stato della depurazione nei comuni pisani, dove, pur considerando che il comune di S. Giuliano è quasi interamente allacciato al depuratore di Pisa “La Fontina”, permane una colpevole carenza dell’area in questione. Questa

carenza è già evidente per i soli carichi civili, che non vengono trattati in modo completo, e viene aggravata dall'aggiunta di quelli industriali. Questo fatto è tanto più grave se ci ricordiamo che in questo tratto del litorale si concentrano le foci e, quindi, i carichi dei due maggiori fiumi toscani ed i problemi ambientali sono più che manifesti.

Nel resto della costa possiamo dire che la situazione è soddisfacente, con alcuni problemi per Carrara, Forte dei Marmi e Viareggio, tre comuni di una zona particolarmente "critica" e dal non piccolo carico da depurare, soprattutto se pensiamo che alla nostra analisi sfuggono le pressioni dei turisti pendolari e delle seconde case, di cui questo litorale è ricco.

Qualche carenza depurativa sembra esserci anche per l'Isola del Giglio, dove, infatti, la qualità delle acque ne risente (vedi par. 2.4.2) e per il comune di Orbetello. Quest'ultimo, però, non dovrebbe permanere a lungo in questa situazione, considerata l'importanza della salvaguardia della sua Laguna e lo sforzo che Regione, Ministero dell'Ambiente, ARPAT ed enti locali stanno attuando per uscire dall'emergenza ambientale, con investimenti consistenti proprio nel campo della depurazione e del monitoraggio.

## **2.6.2 Investimenti in campo della depurazione**

### **2.6.2.1 I dati**

I dati riportati nella Tabella 18 si riferiscono agli investimenti, nel campo delle reti fognarie e degli impianti di depurazione delle acque reflue nei comuni costieri, effettuati sulla base dei finanziamenti comunitari, statali e regionali (cioè quelli che sono stati erogati con un coinvolgimento più o meno diretto della Regione), senza tener conto degli investimenti autonomi da parte degli enti locali o dei gestori. Per l'Arcipelago Toscano i dati disponibili erano solo quelli relativi alla Comunità Montana dell'Elba, soggetto responsabile della gestione del ciclo delle acque sull'Isola.

Il periodo preso in considerazione va dal 1990 al 2001 e le cifre riportate (in Lire) non sono state attualizzate.

Sulla base di questi dati economici, si sono determinati due indici di spesa, per avere una loro incidenza sul territorio di interesse o in relazione alle pressioni antropiche, a seconda delle caratteristiche intrinseche del fenomeno analizzato:

- **Indice di spesa per fognature:** ritenendo che la dispersione territoriale del carico inquinante sia direttamente collegata al costo della raccolta e del collettamento, in quanto i sistemi fognari sono generalmente tanto più estesi quanto è maggiore la superficie comunale e la popolazione, si è calcolata la spesa in sistemi fognari (Milioni di Lire) per la densità di abitanti equivalenti ( $AbEq/km^2$ ), riferiti al settore civile (popolazione e turisti);
- **Indice di spesa per depurazione:** essendo il costo degli impianti connesso direttamente al carico inquinante da depurare (sempre considerando il solo comparto civile), si è calcolata la spesa in impianti di depurazione (in Lire) per abitante equivalente.



### 2.6.2.2 Risultati

Dall'analisi dei dati (Tabella 18), risulta una spesa complessiva nel decennio di quasi 116 miliardi di Lire, di cui circa 76 miliardi in depurazione e 40 in reti fognarie.

*Tabella 18 – investimenti fatti dai comuni costieri toscani nel campo delle fognature o della depurazione dal 1990 al 2000 (dati Regione Toscana)*

Soggetto	Investimenti			Carico civile <sup>1</sup>		Indice di spesa	
	Fognature	Depuraz.	Totale	AbEq	AbEq/km <sup>2</sup>	Fognature Milioni Lire *km <sup>2</sup> /AbEq	Depuraz. Lire/AbEq
Milioni di Lire							
Carrara	2'800	0	2'800	65'996	926	3.0	0
Massa	1'500	200	1'700	77'891	827	1.8	2'568
Montignoso	1'500	0	1'500	10'407	624	2.4	0
Camaione	2'822	0	2'822	34'257	405	7.0	0
Viareggio	6'047	15'873	21'920	65'731	2'062	2.9	241'484
<i>Costa apuo-versiliense</i>	<i>14'669</i>	<i>16'073</i>	<i>30'742</i>	<i>254'282</i>	<i>969</i>	<i>15.1</i>	<i>63'209</i>
Vecchiano	980	4'226	5'206	11'539	172	5.7	366'193
S. Giuliano Terme	681	700	1'381	30'793	334	2.0	22'732
Pisa	8'892	15'771	24'663	107'019	572	15.5	147'368
<i>Costa pisana</i>	<i>10'553</i>	<i>20'697</i>	<i>31'250</i>	<i>149'351</i>	<i>359</i>	<i>29.4</i>	<i>138'578</i>
Livorno	3'211	552	3'763	163'348	1'559	2.1	3'376
Bibbona	0	5'479	5'479	7'861	120	0.0	696'985
Castagneto C.cci	1'950	1'597	3'547	12'679	89	21.9	125'956
<i>Costa livornese</i>	<i>5'161</i>	<i>7'628</i>	<i>12'789</i>	<i>183'888</i>	<i>589</i>	<i>8.8</i>	<i>41'479</i>
Scarlino	2'401	0	2'401	3'635	41	58.4	0
Castig. della Pescaia	0	500	500	15'581	75	0.0	32'090
Grosseto	0	10'509	10'509	79'022	167	0.0	132'988
Orbetello	3'000	0	3'000	21'237	94	32.1	0
Capalbio	365	350	715	4'372	23	15.7	80'055
<i>Costa grossetana</i>	<i>5'766</i>	<i>11'359</i>	<i>17'125</i>	<i>123'847</i>	<i>80</i>	<i>72.2</i>	<i>91'718</i>
<i>Com. Montana Elba</i>	<i>3'800</i>	<i>20'250</i>	<i>24'050</i>	<i>51'391</i>	<i>195</i>	<i>19.4</i>	<i>394'038</i>
<b>Totale</b>	<b>39'949</b>	<b>76'006</b>	<b>115'955</b>	<b>762'759</b>	<b>2'193</b>	<b>18.2</b>	<b>99'646</b>

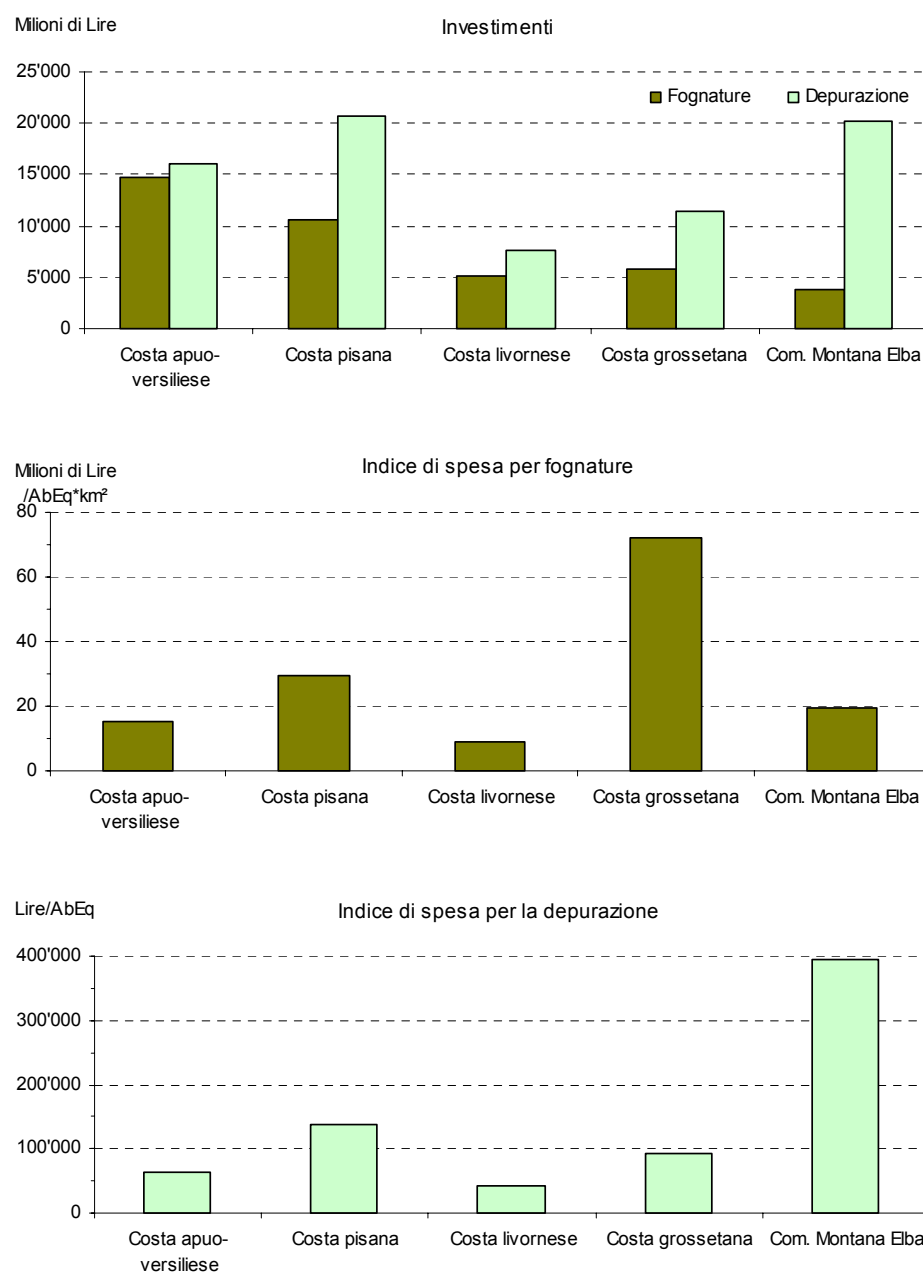
Relativamente alla distribuzione territoriale risulta evidente come circa il 53% degli investimenti sia stato assorbito dalla costa a Nord di Livorno, che non rappresenta più del 10% della lunghezza totale. In questo tratto grava in modo stabile la maggior pressione antropica con circa il 53% del carico inquinante rispetto al totale ed elevate densità, da qualche centinaio fino a circa 2000 AbEq/km<sup>2</sup> a Viareggio.

Dagli indici di spesa, emerge come vi sia un forte squilibrio tra le spese unitarie (per AbEq/km<sup>2</sup>) per i sistemi fognari, circa 18,2 milioni di Lire in tutta la Toscana costiera, e quelle per i sistemi di depurazione, meno di centomila Lire per AbEq, con un rapporto di 183 Lire spese in fognature per ogni Lira spesa in impianti di depurazione. Questo sbilanciamento permane se pur in modo diverso in tutte le aree costiere esaminate.

<sup>1</sup> in questo caso, il carico civile in abitanti equivalenti (AE) è stato calcolato sommando gli abitanti residenti e le presenze turistiche/151, considerando cioè solo i giorni di presenza nel periodo di maggior affollamento turistico, la stagione balneare: da maggio a settembre vi sono 151 giorni

Interessanti sono i risultati dell'indice di spesa per fognatura, analizzato per aree omogenee (Figura 34, al centro), che nella costa maremmana, con bassa densità di carico (80 AbEq/km<sup>2</sup>), sono circa 4 volte più elevati della media regionale. Questo fatto, a nostro avviso, evidenzia come, in presenza di piccoli agglomerati numerosi e distanti tra loro e pochi e poco densi centri urbani, come è certamente il caso di tutta la provincia di Grosseto, la scelta della centralizzazione degli impianti di trattamento necessita di alti valori unitari di investimenti e, conseguentemente, si ponga il problema di un'attenta analisi dei costi sostenuti rispetto ai benefici ambientali ottenuti tra questa opzione ed altre scelte tecnicamente possibili.

Relativamente alle spese di depurazione (Figura 34, in basso), emerge la specificità dell'Arcipelago Toscano che presenta un valore quasi 4 volte superiore alla media regionale (394mila Lire/AbEq), probabilmente da attribuire alla presenza di un sistema di depurazione e smaltimento assai costoso, basato principalmente su condotte sottomarine.



*Figura 34 – Investimenti nel campo delle reti fognarie e della depurazione effettuati dai comuni costieri toscani tra il 1990 ed il 2001 (in alto), indice di spesa per fognature (al centro) e per depurazione (in basso) – dati Regione Toscana*

### 3 PROBLEMATICHE VARIE

#### 3.1 Eutrofizzazione

Il fenomeno dell'eutrofizzazione è definito come un aumento nel tasso di fornitura della sostanza organica in un ecosistema [11], generalmente correlato ad un arricchimento in nutrienti che aumenta sensibilmente la produzione primaria del sistema stesso.

I nutrienti in ambiente marino possono essere sotto forma inorganica disciolta (nitriti, nitrati e ammonio come fonte di azoto ed ortofosfati di fosforo) e, quindi, immediatamente disponibili per i produttori primari (fitoplancton) oppure in forma organica disciolta o particellata, che deve essere prima rimineralizzata da parte dei batteri per essere poi utilizzata dagli organismi fotosintetici. Sia la componente azotata che quella fosfata sono necessarie per lo sviluppo della biomassa primaria, dapprima, e di tutti gli organismi appartenenti alla rete alimentare degli ecosistemi marini, successivamente. Gli organismi adattano il loro accrescimento in base alle concentrazioni assolute e relative dei nutrienti, che a loro volta vengono regolate dalla presenza più o meno massiccia del fitoplancton, in un equilibrio dinamico che regola i flussi energetici dell'ecosistema.

In base all'equilibrio che si crea tra disponibilità di nutrienti e sviluppo della biomassa primaria, si distinguono le acque in diversi livelli di trofia, individuati, per esempio, in base alla produzione primaria del fitoplancton (classificazione di Nixon), misurata come carbonio prodotto in un anno per unità di superficie marina

Livello di trofia	Produzione primaria ( $\text{g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ )
Oligotrofico	<100
Mesotrofico	100-300
Eutrofico	301-500
Iperotrofico	>500

Quando, per cause naturali gli apporti nutritivi aumentano, per esempio dopo piogge abbondanti che aumentano gli apporti fluviali o in zone di risalita di acque profonde ("upwelling"), la risposta della biomassa fitoplanctonica è immediata, con un rapido accrescimento ("fioritura"), fino al consumo della maggior parte dei nutrienti ed allo sviluppo di consumatori primari (zooplancton) e secondari (pesci, molluschi, ecc.) che riportano le popolazioni algali nella loro giusta dimensione.

Se questo arricchimento trofico non è limitato nel tempo, ma viene continuamente rinnovato ed accelerato per cause non naturali (apporti antropici), i rapporti tra nutrienti e biomassa si modificano progressivamente ed il sistema evolve verso livelli sempre maggiori di trofia e, quindi, di produzione. Questa evoluzione, però, in quanto non determinata da fattori naturali, non consente un facile ripristino degli equilibri ed i cambiamenti introdotti in modo repentino ed intenso possono così portare

a fenomeni di distrofia, dove una sola componente biologica dell'ecosistema si sviluppa in concentrazioni tali da non riuscire più ad essere controllata dalle altre.

Questo è ciò che avviene nel caso dell'eutrofizzazione, dove da una situazione teoricamente ottimale di eutrofia, con alta produttività di tutti i livelli trofici (l'Adriatico, per esempio, è un mare eutrofico e tra i più pescosi del mondo), si passa ad una distrofia con abnorme sviluppo della sola biomassa autotrofa, bassa produzione globale e frequenti morie di organismi marini.

Un aumento eccessivo del fitoplancton, che non viene più consumato a sufficienza dallo zooplancton (le microalghe, infatti, producono sostanze in quantità ora significative ad azione inibente sui predatori), tende a formare uno strato continuo e compatto nei livelli superiori della colonna d'acqua. La conseguenza di ciò è un forte assorbimento della luce nei primi metri, a tutto danno del popolamento vegetale (macroalghe e piante) del fondo, ed un rapido accumulo di sostanza organica in decomposizione, con sovraccarico dei processi di mineralizzazione. Questa massa organica tende a sedimentare sui fondali, dove la componente batterica avvia la decomposizione con forte consumo di ossigeno e nel giro di breve tempo si creano condizioni di ipossia (carenza di ossigeno nell'acqua) fino a vere e proprie sacche anossiche, in determinate situazioni meteorologiche ed idrodinamiche.

Il fenomeno si verifica generalmente d'estate con acque calme, temperature elevate, che favoriscono l'attività batterica, mancanza di vento e scarsità di ricambi idrici, che ostacolano il rifornimento di acqua e di ossigeno disciolto nelle zone anossiche. In tali condizioni nei sedimenti i processi di mineralizzazione della sostanza organica seguono la via anaerobica, quale la solfato-riduzione, il cui prodotto, l'idrogeno solforato ( $H_2S$ ), oltre ad essere altamente tossico porta ad un ulteriore consumo di ossigeno che aggrava le condizioni di anossia dell'ecosistema.

La permanenza di queste situazioni di carenza di ossigeno porta l'ecosistema ad un livello di instabilità ecologica il cui effetto finale è, la morte degli organismi bentonici non in grado di spostarsi (sessili), e il cambiamento nel comportamento di pesci e delle specie bentoniche vagili, che si spostano, cambiando il loro biotopo.

Gli effetti finali sono, in un possibile gradiente di pericolosità:

- la crescita esponenziale di macroalghe filamentose opportuniste (es: *Ulva rigida*, *Cladophora sp.*), favorita dalla modifica dell'illuminazione degli strati profondi;
- la colorazione delle acque, dovuta alla fioritura di particolari alghe, con formazione di schiuma;
- la mortalità di specie bentoniche sessili e di quegli organismi (anche pesci) che, per sfuggire alle sacche anossiche, finiscono piaggiati;
- un possibile aumento di specie fitoplanctoniche tossiche, che possono dare problemi sia per ingestione diretta, sia per nebulizzazione delle tossine nell'aerosol marino, sia tramite il loro accumulo in organismi (molluschi e crostacei) destinati al consumo umano

- elevata mortalità di tutti gli organismi coinvolti a causa della produzione di elevate quantità di idrogeno solforato, dovuta all'attività di solfato-riduzione come via anaerobica di mineralizzazione della sostanza organica.

A valle di questi effetti immediati ci sono gli impatti dell'eutrofizzazione sulle caratteristiche naturali delle acque e sulle attività che vi si svolgono, quali:

- cambiamenti nella struttura e nella funzione degli ecosistemi marini costieri;
- riduzione della biodiversità specifica;
- riduzione delle risorse naturali dei pesci demersali e dei crostacei;
- riduzione del reddito per gli impianti di maricoltura;
- riduzione del reddito per il turismo;
- rischi di tossicità per l'uomo dovuti alle tossine algali.

Nonostante la penisola italiana si estenda all'interno di un bacino, il Mediterraneo, considerato oligotrofico, esistono particolari zone dove il fenomeno dell'eutrofizzazione si è manifestato in tutta la sua gravità già da alcuni anni.

A partire dalla fine degli anni '80, lungo le coste dell'Adriatico settentrionale, un bacino, come si è detto, eutrofico ed altamente produttivo, ma per questo particolarmente sensibile ad ogni ulteriore pressione antropica, si sono verificati episodi con elevata frequenza ed intensità del fenomeno, suscitando l'attenzione dell'opinione pubblica. A seguito di ciò furono avviati i programmi di monitoraggio del Ministero dell'Ambiente per le regioni costiere adriatiche (1990), estesi dal 1997 a tutte le regioni costiere.

Per evitare o ridurre i fenomeni di eutrofizzazione, è necessario tenere sotto controllo innanzitutto l'evoluzione trofica degli ecosistemi, anche se in realtà gli elementi da considerare per una valutazione più ampia del fenomeno sono diversi (condizioni morfologiche, climatiche, idrodinamiche, biologiche, attività antropiche, apporti fluviali, ecc.), in modo da poter segnalare per tempo le situazioni a rischio e, eventualmente, identificare i fattori causali e le possibili soluzioni (di non facile messa a punto).

A tal fine, per un monitoraggio efficace era necessario avere un indicatore che, sulla base di alcuni dati fondamentali e di semplice reperibilità, consentisse di rendere paragonabili le informazioni ottenute all'interno di un'ampia scala di situazioni trofiche: questo indicatore è stato individuato nell'indice trofico TRIX [12], messo a punto utilizzando i dati raccolti durante quasi 20 anni di monitoraggio in un'ampia zona costiera dell'alto Adriatico.

La situazione delle coste toscane, dal punto di vista dell'indice TRIX, è già stata illustrata nel paragrafo specifico (2.4.1) e si vuole qui sommariamente ricordare che l'unico tratto attualmente considerato eutrofico ed a rischio di eutrofizzazione è quello compreso tra la foce dell'Arno e la Versilia, litorale dalle molte pressioni e dai molti problemi.

### 3.2 Fioriture algali e biotossine

Il fenomeno delle fioriture algali (“algal blooms”) è abbastanza diffuso lungo le coste di tutto il mondo, in particolare, in quei tratti maggiormente interessati da arricchimenti nutritivi delle acque di origine naturale (“upwelling”) o antropica (apporti da terra).

Anche nel Mediterraneo si hanno segnalazioni, da molti anni, di episodi nel Mar Adriatico, soprattutto nel settore nord-occidentale, alla foce dei grandi fiumi europei (Rodano, Ebro) ed in altre zone particolari.

Spesso queste fioriture si verificano in zone eutrofizzate, dove cioè gli equilibri trofici ed i flussi energetici sono alterati (vedi par. 3.1), ma non sono necessariamente innescati da queste condizioni. Questi fenomeni, dovuti alla massiccia proliferazione di una o poche specie fitoplanctoniche, dominanti su tutte le altre, sono spesso segnali di una qualche distrofia o di un mutamento, anche solo temporaneo, delle condizioni chimico-fisiche (temperatura, ossigenazione, pH, ecc.) o biologiche (sembrano spesso coinvolte forme di resistenza presenti nei sedimenti) e possono, in casi particolari, costituire un problema per le attività umane.

Infatti, queste microalghe possono causare, unitamente ad un’alterazione degli equilibri biologici degli ecosistemi, una colorazione diffusa e anomala delle acque, si parla, allora di “maree rosse” (“red tides”), nome derivante dal tipo di pigmento contenuto nelle specie più frequentemente responsabili. Oppure si possono verificare problemi per la salute pubblica, in conseguenza della produzione da parte delle alghe di sostanze tossiche (biotossine), che vengono concentrate lungo la catena alimentare dagli organismi predatori (zooplankton, molluschi bivalvi, pesci, ecc.) fino a diventare pericolose per l’uomo.

Questi episodi, sia di colorazione delle acque, sia di presenza di specie potenzialmente tossiche, si sono verificati nell’ultimo decennio anche lungo il litorale toscano settentrionale con una frequenza tale che è stato necessario istituire un sistema di monitoraggio e controllo del fenomeno.

Le sostanze tossiche prodotte sono di vario tipo e, in genere, sono legate ad una particolare specie, quindi la loro diffusione risente dei cicli stagionali degli organismi produttori. I periodi di maggior rischio sono: per l’acido ocadaico (DSP) la primavera, per l’acido domoico (ASP) l’inverno-primavera, per la saxitossina (PSP) e le ciguatossine l’estate e l’autunno.

Il monitoraggio per la ricerca delle biotossine nelle popolazioni algali, su campioni di mitili e nei sedimenti marini del litorale toscano con frequenza stagionale nel periodo 1999-2001 ha dato esito negativo.

Negli ultimi 2 anni, però, si è assistito alla fioritura localizzata di alcune specie microalgali potenzialmente tossiche (generi *Ostreopsis* e *Dinophysis* e *Fibrocapsa japonica*). Nel 2001 la fioritura di *Fibrocapsa japonica* è stata particolarmente intensa, con cambiamento della colorazione nelle acque marine in prossimità della riva lungo il litorale versiliese e, pochi giorni dopo, anche lungo quello pisano.

Questi risultati, insieme a quelli ottenuti durante il monitoraggio marino costiero sul fitoplancton (vedi par. 2.4.1), porterebbero a ipotizzare che nelle acque litoranee toscane non vi siano fioriture algali tali da creare situazioni di rischio tossicologico per la salute pubblica.

Tuttavia la presenza di specie potenzialmente tossiche, appartenenti ai generi planctonici *Dinophysis*, *Alexandrium*, *Pseudonitzschia* e *Lingulodinium*, ed ai generi epifitici *Coolia*, *Ostreopsis* e *Prorocentrum*, nonché la possibilità che i cambiamenti delle caratteristiche chimiche (nutrienti) e fisiche (temperatura e salinità) delle acque, specialmente in zone circoscritte e dal ricambio idrico limitato, possano innescare fioriture algali (come è avvenuto per specie non tossiche), inducono alla prudenza ed a continuare un'attenta attività di monitoraggio. Infatti, nel periodo agosto 2000 - ottobre 2001, limitatamente al litorale settentrionale della regione (da Livorno a Marina di Massa) è stato attivato un monitoraggio delle alghe bentoniche ed epifitiche, che nel 2002 sarà esteso a tutta la regione.

*Tabella 19 – principali episodi di fioriture algali nelle acque costiere della Toscana, con indicati periodo, localizzazione, organismi reponsabili e problematiche introdotte*

Periodo	Zona	Alghe	Problematiche
Estate 1983, agosto 1994, settembre 1997, agosto 1998, agosto-settembre 1999, agosto 2001	da Marina di Massa a Pisa	<i>Fibrocapsa japonica</i>	Colorazione delle acque e ittiotossine
luglio 1999	a 500 metri da riva, da Viareggio al Cinquale	<i>Dinophysis caudata</i> e <i>Alexandrium minutum</i>	Alghe potenzialmente tossiche
febbraio 2001	A 1000 metri dalla costa viareggina	<i>Dinophysis caudata</i> , <i>D. parva</i> , <i>D. sacculus</i> e <i>Alexandrium minutum</i> (raro).	Alghe potenzialmente tossiche

I risultati finora acquisiti dimostrano che *Ostreopsis ovata* colonizza rapidamente le macroalghe delle scogliere naturali e artificiali nel periodo fine primavera – inizio estate, per presentare il massimo sviluppo nel periodo estivo e decrescere in autunno. In inverno si assiste alla sua scomparsa, senza escludere la possibilità che siano prodotte forme di resistenza, quando la temperatura dell'acqua è più bassa. Si può ipotizzare, dato il comportamento di questa macroalga, che si tratti di una specie alloctona tropicale adattata al Mare Tirreno.

Il monitoraggio ha permesso, poi, di scoprire nuove specie potenzialmente tossiche, alcune delle quali - *Prorocentrum emarginatum* e *Coolia monotis* - mai segnalate nel Mar Tirreno settentrionale e nel Mar Ligure Meridionale e che, insieme a *Ostreopsis sp* e *Prorocentrum lima*, possono produrre potenti neurotossine, accumulabili come ciguatossine nei pesci predatori, attraverso la catena alimentare



E' da sottolineare che le tossine algali, per la loro importanza acquisita nell'ultimo decennio, sono diventate argomento d'interesse mondiale e sono venute a far parte delle priorità dell'UNESCO.

### **3.3 Le mucillagini nel Tirreno toscano**

Il fenomeno della comparsa di materiale mucillaginoso in sospensione nelle acque costiere ha interessato negli ultimi anni alcune zone dei nostri litorali, determinando seri problemi di ordine economico per i settori del turismo e della pesca e suscitando quindi molta attenzione nell'opinione pubblica.

La mucillagine è un secreto di natura polisaccaridica prodotto da organismi fotosintetici, che in specifiche condizioni ambientali e/o fisiologiche sviluppano una iperproduzione di essudati cellulari. Queste sostanze mucose, se presenti in concentrazioni elevate nell'acqua, da una fase inizialmente dispersa e non visibile, tendono ad aggregarsi, formando veri e propri ammassi o feltri, di dimensioni via via crescenti, all'interno dei quali proliferano gli organismi produttori, probabilmente favoriti dalle particolari condizioni che si instaurano in questo microcosmo [13].

L'aspetto che questi aggregati assumono, secondo lo schema più comune, può essere suddiviso in 5 tipi, a seconda della fase di aggregazione, da forme più disgregate (neve marina), attraverso stadi intermedi (filamenti, reticoli, nuvole) fino agli addensamenti cremosi che tendono ad affiorare in superficie.

Nel mar Tirreno sono stati rilevati due diverse formazioni di mucillagini: quelle *pelagiche* e quelle *bentoniche*, differenti fra loro non tanto per la mera ubicazione in superficie piuttosto che distese sul substrato di fondo, ma, soprattutto, perché, hanno origine ed evoluzione indipendenti. Le prime, analoghe al tipo che si sviluppa in Adriatico, sono composte e secrete esclusivamente da fitoplancton, mentre le bentoniche, che in Adriatico non sembrano essere presenti, vedono la partecipazione di macroalghe filamentose e specie fitoplanctoniche soprattutto epifitiche [14e 15]

In ogni caso, ciò che si verifica, a livello di macroaggregati, è che nel caso si depositino sul fondo, ricoprono in maniera stabile gli organismi sessili, sia vegetali che animali, provocando vari stadi di sofferenza fino alla morte. Nel caso, invece, che restino galleggianti o emergano in superficie, i problemi maggiori si hanno per le attività umane, in quanto fanno emigrare la maggior parte del pesce verso altre zone e, soprattutto, intasano le reti dei pescatori, con grave danno per tutto il settore della pesca. Inoltre, la presenza in superficie ha conseguenze negative di carattere estetico verso le attività turistiche e ricreative della zona interessata dal fenomeno, compromesse ancor più dallo sviluppo di odori sgradevoli dovuti alla decomposizione del materiale organico.

Nell'estate del 1989, nel Mar Adriatico settentrionale si sono determinati affioramenti consistenti fino a formare uno strato mucillaginoso stimato intorno a 10'000 km<sup>2</sup>, grande circa quanto una regione come la Basilicata, ed era sospinto da venti e correnti verso la zona di balneazione, arrecando seri danni all'economia. Successivamente si sono avuti affioramenti significativi solo in certi anni (1990, '91 e '92) e con estensioni molto più limitate, probabilmente grazie al verificarsi di

perturbazioni estive, ma nella colonna d'acqua sono state riscontrate formazioni mucose a vari livelli in ogni estate.

Per quanto riguarda le cause iniziali del fenomeno, siamo ancora a livello di ipotesi, di sicuro non si tratta di un legame diretto con fattori di inquinamento antropico né di arricchimento trofico, come nel caso dell'eutrofizzazione, dato che il problema delle mucillagini non è un fenomeno “nuovo” per i nostri mari e si verifica anche in zone pressoché incontaminate ancora oggi, quali le acque intorno all'Isola di Montecristo.

La bibliografia scientifica riporta svariati casi a partire dal 1729 [16] di affioramenti di materiale mucillaginoso nel Nord Adriatico, dove il fenomeno era noto con il nome di “mare sporco”, anche se negli ultimi dieci anni la frequenza di questi episodi è probabilmente aumentata. A partire dagli anni '90 il fenomeno ha fatto la sua comparsa anche nel Mar Tirreno [17], ma l'esistenza di vocaboli dialettali dei pescatori del Tirreno per indicare quella sostanza “viscida e gelatinosa” che spesso intasa le loro reti nella tarda primavera ed estate [14], definizione che si adatta perfettamente alla mucillagine, suggeriscono una presenza continuativa anche nel passato del fenomeno, forse solo ignorato dalla letteratura scientifica.

Inoltre, da un punto di vista trofico, le differenze con l'eutrofizzazione sono evidenti, mentre quest'ultima è correlata ad un diretto apporto antropico di nutrienti ed è caratterizzata da elevatissime concentrazioni di biomassa fitoplanctonica, la produzione di mucillagine non è in correlazione con tali apporti, manifestandosi inizialmente al largo ed in profondità, e non sembra che ci sia un aumento significativo nella produzione primaria.

Da tutto ciò, risulta chiara la necessità di un inquadramento più generale del problema, indipendentemente dalle caratteristiche dei mari dove si verifica, che sono importanti solo ai fini delle dimensioni e della frequenza del fenomeno. Probabilmente, insieme ai fattori fisici e chimici delle acque devono essere maggiormente indagati gli aspetti legati alla componente biotica, sia algale che batterica, anche in considerazione della discontinuità nella distribuzione spaziale e temporale delle mucillagini (sia pelagiche che bentoniche), tipica di fattori biologici.

Ricerche ed analisi sono attualmente in corso, in vari laboratori, per identificare le cause del processo ed un programma di monitoraggio e studio sui “Processi di formazione delle Mucillagini nell'Adriatico e nel Tirreno” (MAT) è stato finanziato dal Ministero dell'Ambiente, a partire da giugno 1999, predisposto e coordinato dall'ICRAM. In quest'ambito, nel Tirreno settentrionale le campagne mensili di monitoraggio (controlli idrologici e ricerche subacquee) vengono eseguite dal Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università di Firenze e da ARPAT.

I punti di prelievo sono tre: Secca di Pinocchi nel Golfo del Campese all'Isola del Giglio; Formiche di Grosseto, stazione in seguito sostituita con Punta Secca all'Isola di Giannutri; stazione posta circa ad 11 miglia a Ovest di Giannutri, con fondale di circa 300 metri, con funzione di “bianco”.

I dati, a differenza di quelli del monitoraggio marino costiero, non forniscono una rappresentazione spaziale, ma solo serie temporali, a causa del limitato numero di

stazioni di campionamento. In questo caso la sequenza spaziale viene ricomposta in seno all'intero progetto nell'ambito dei due bacini, Adriatico e Tirreno appunto, in virtù delle attività di tutte le Unità Operative che, insieme all'ARPAT, vi partecipano.

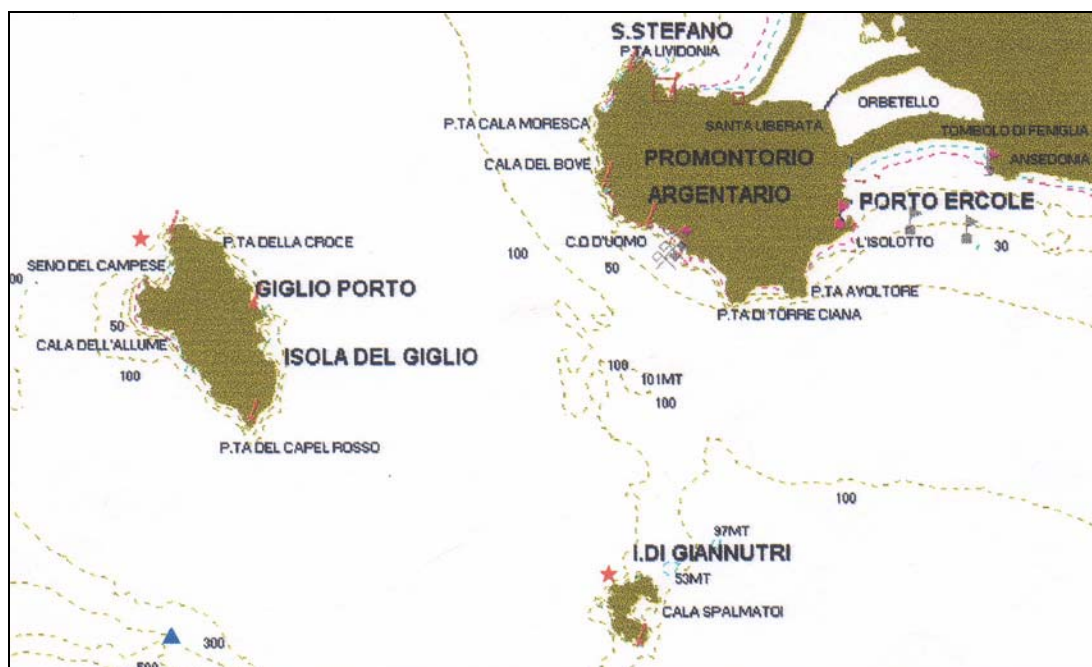


Figura 35 – Punti di campionamento delle mucillagini nel Mar Tirreno settentrionale nell'ambito del progetto MAT: sono indicati i siti di indagine(★) e la stazione “bianco” (▲)

Le campagne di monitoraggio prevedono, oltre alla rilevazione delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche della colonna d'acqua, anche l'effettuazione di immersioni con ARA per la determinazione della presenza di aggregati mucilluginosi, la definizione della consistenza e della ricopertura del fondo e per l'esecuzione di prelievi di materiale.

Dai nostri dati risulta che l'andamento generale del fenomeno, nel corso dei tre anni di studio (1999-2001), è stato chiaramente condizionato dalle condizioni meteo marine.

In particolare, durante l'estate del 2000, si è assistito ad un primo periodo (giugno) di comparsa di considerevoli ammassi mucosi, ma le cattive condizioni del mese successivo, con forte idrodinamismo e calo delle temperature, hanno determinato una rapida diminuzione del fenomeno. Infatti, già dalla fine di aprile è stato possibile campionare gli aggregati tra 10 e 20 metri di profondità (costituiti principalmente da *Nematochrysopsis marina* e da *Acinetospora crinita*, quest'ultima più in profondità), che sono via via aumentati di dimensione fino a luglio. Le condizioni meteo marine sfavorevoli ne hanno compromesso l'ulteriore sviluppo ed è stato messo in evidenza come queste, insieme al fotoperiodo ed ai nutrienti, siano i fattori dominanti lo sviluppo delle Crisofite e la composizione specifica negli aggregati metafitici.

Agli inizi di agosto, gli aggregati scompaiono dalle quote più superficiali e si distribuiscono nell'intervallo tra 15 e 30 metri, scendendo ulteriormente con inversione della presenza percentuale delle due specie algali. A settembre la separazione batimetrica delle due specie è netta (*Chrysonephos* a 25 metri e *Nematochrysopsis* a 30 metri), ma con aggregati residui ormai estremamente sporadici. Successivamente, in tutto il Tirreno, è stata registrata una ripresa del fenomeno.

L'inverno 2001 è stato particolarmente mite e la temperatura del mare non ha raggiunto le minime tipiche del periodo. Nel mese di maggio, le temperature elevate e le condizioni di tempo buono hanno favorito la formazione degli aggregati, inizialmente presenti con ciuffi di *Nematochrysopsis* distribuiti in maniera uniforme. Le cattive condizioni meteo marine di giugno hanno disperso gran parte del materiale accumulato nelle settimane precedenti.

In ogni modo, dagli studi fino ad ora condotti è emerso che il fenomeno della formazione degli aggregati mucillaginosi è governato dalla concomitanza di diversi fattori di tipo fisico (temperatura dell'acqua, stratificazione o meno della massa d'acqua, idrodinamismo, fotoperiodo, ecc.), chimico (nutrienti, ossigeno disciolto, ecc.) e biologico (composizione specifica), ma, mentre sembra di aver ormai individuato le condizioni necessarie, non appare altrettanto semplice determinare quali siano le condizioni sufficienti.

### **3.4 Aree critiche (Solvay, Piombino, Livorno)**

Da quanto esposto nei precedenti capitoli, le concentrazioni industriali e portuali di Livorno, Rosignano e Piombino costituiscono senza dubbio "aree critiche" per quanto concerne la qualità delle acque marine costiere.

Occorre comunque, per dovere di chiarezza, richiamare l'inquadramento normativo di tali aree, proprio in relazione alla definizione di criticità qui utilizzata.

Per Livorno e Piombino, la necessità di approfondire le problematiche legate al rischio industriale in tali "aree ad elevata concentrazione industriale" è stata riconosciuta formalmente nel 1995, in occasione di uno dei tanti, reiterati decreti di modifica del DPR 175 del 1988, che ha recepito in Italia la direttiva "Seveso".

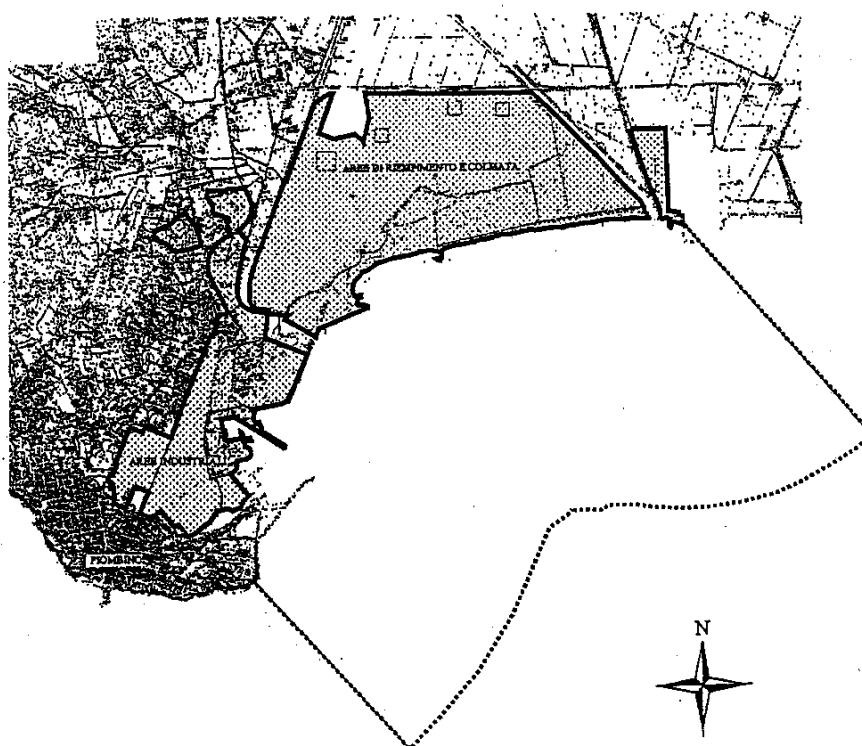
Livorno e Piombino sono due poli produttivi di primaria importanza, caratterizzati da una elevata densità di industrie a rischio di incidente rilevante, in stretta relazione funzionale con un complesso sistema di trasporti terrestri, imperniato sul binomio porto–infrastrutture viarie terrestri.

La "criticità" derivante dalla presenza delle industrie a rischio e dalla ingente movimentazione di sostanze pericolose ha reso necessaria la predisposizione di piani di intervento, con l'indicazione di azioni di mitigazione dei rischi.

Nel caso di Piombino, gli elementi di crisi ambientale si sono acuiti nell'ultimo decennio, con manifestazioni di criticità presenti, tra l'altro, nella gestione dei rifiuti e dei reflui industriali, con conseguente accentuazione del potenziale interessamento dell'ambiente marino costiero. Tali manifestazioni di criticità coinvolgono anche il polo di Rosignano Solvay, non previsto tra le aree critiche.

Con Legge 9 dicembre 1998, n. 426 “Nuovi interventi in campo ambientale”, è stata individuata una serie di siti di interesse nazionale nei quali sono necessari primi interventi di bonifica. Essi sono “quelli compresi nelle seguenti aree industriali e siti ad alto rischio ambientale i cui ambiti sono perimetrati, sentiti i comuni interessati, dal Ministero dell’Ambiente...”. Tra gli interventi di bonifica di interesse nazionale, in Toscana sono presenti Piombino e Massa Carrara ed è stata recentemente avanzata l’ipotesi di inserimento del canale industriale di Livorno

Con decreto del Ministero dell’Ambiente 10 gennaio 2000 è stato perimetrato il sito di Piombino: come si può notare dalla Figura 36, nella perimetrazione è compresa una vasta area di ambiente marino costiero.



*Figura 36 – Perimetrazione del sito di interesse nazionale di Piombino (D.M.A. 20.01.2000)*

In buona sostanza quindi le aree critiche di Livorno, Rosignano Solvay e Piombino trovano attualmente un riconoscimento legislativo, anche se per diverse finalità, soltanto per Livorno e Piombino. Per quanto concerne Rosignano Solvay, comunque, è in corso un approfondimento per giungere ad un accordo di programma che coinvolge tutti gli Enti interessati, compreso il Ministero dell’Ambiente, finalizzato a ricondurre in un ambito formale la questione ambientale legata al complesso industriale ivi presente, al fine di ridurre le pressioni.

Fatta questa doverosa premessa sugli aspetti normativi delle cosiddette aree critiche, si può procedere nell'esame delle problematiche a esse legate, relative alle acque marine costiere.

### **3.4.1 Area di Livorno.**

L'apporto di acque reflue della città di Livorno e della zona circostante si può scomporre in due distinti settori, quello di natura civile e quello degli insediamenti produttivi (polo industriale, servizi e produzione energetica).

Il porto di Livorno è costituito da due grandi sistemi di bacini, il porto industriale, di recente fondazione, e quello commerciale. Geograficamente si estende all'interno e lungo la linea di costa compresa tra la foce del canale Scolmatore del fiume Arno ed il bacino Morosini, prospiciente il cantiere L. Orlando. Gli accessi navigabili sono le due aperture foranee, dalle quali transita il traffico marittimo, e la piccola apertura del canale dei Navicelli.

A servizio del traffico portuale sono presenti sulle darsene alcuni impianti di trattamento delle acque di zavorra e di sentina delle navi e numerose aziende scaricano i loro reflui depurati nel bacino portuale.

Per quanto riguarda l'apporto inquinante da insediamenti civili, l'impatto più significativo è quello dell'impianto di depurazione della città di Livorno: anch'esso recapita nel bacino portuale e tratta anche un certo numero di scarichi provenienti da insediamenti produttivi.

L'acqua di raffreddamento della Centrale Termoelettrica ENEL viene attualmente immessa, in via provvisoria, nel sistema dei Fossi Medicei, al fine di garantire, aumentando la velocità di scorrimento delle acque, il ricambio delle stesse.

L'AGIP Petroli invia a spot le acque trattate in un canale secondario, che poi si immette nel canale Scolmatore.

L'ambiente portuale, quindi, riceve la quasi totalità degli scarichi trattati, civili e industriali, fungendo come una sorta di immenso sedimentatore per i solidi sospesi, ma le sue aperture foranee mettono in comunicazione le acque portuali con il mare aperto.

Da ciò due distinti ordini di problemi:

- in occasione di dragaggi portuali i materiali sedimentati possono costituire potenziale danno per il mare costiero, in virtù dell'accumulo protrattosi nel corso degli anni. E' interessante citare il progetto di bonifica dei fondali portuali di Livorno (progetto BoFoPoLi) che l'Autorità Portuale di Livorno si appresta ad attuare in occasione del dragaggio del Canale Industriale;
- gli accessi navigabili sono potenziali vie di emissione verso il mare aperto di solidi sospesi contaminati e di sostanze solubili contaminanti (evento questo assai poco probabile, in relazione alle diluizioni in gioco nell'ambiente marino).

Dal momento che di fronte alla città e al porto si trova una zona di elevato valore ambientale, quella delle Secche della Meloria, per la quale è stata più volte segnalata, anche in letteratura, la presenza di uno stato di stress, ARPAT ha elaborato un

programma di lavoro, a partire dall'estate 2000, teso a raccogliere notizie e dati al fine di comprendere lo stato ambientale di questa area.

Le Secche delle Meloria interessano una vasta area, di circa 40 kmq, situata a ponente della città di Livorno, in Toscana, il cui punto emerso è situato a 3 MN circa dalla costa (Figura 37).

Il fondale della zona, molto eterogeneo, presenta una profondità variabile che degrada fino a circa 25 – 30 m. Ampie zone di *Posidonia oceanica* si alternano ad altre nelle quali prevalgono depositi di panchina fossilifera e concrezioni organogene. Caratteristica è la presenza dei cosiddetti “catini”, depressioni pseudocircolari sul cui fondo si accumulano sabbie carbonatiche grossolane di origine organogena, che ospitano un popolamento assai ricco e diversificato, soprattutto della meiofauna.

L'elevata biodiversità della zona è dimostrata anche dalla presenza di molte entità floristiche endemiche del Mediterraneo e di specie rare o rarissime o di nuova identificazione (*Acrothamnion sp*), ciò che testimonia del grande valore naturalistico del luogo, rappresentato principalmente dall'esistenza di una delle più rigogliose praterie a *Posidonia oceanica* che sia dato di vedere lungo le nostre coste.

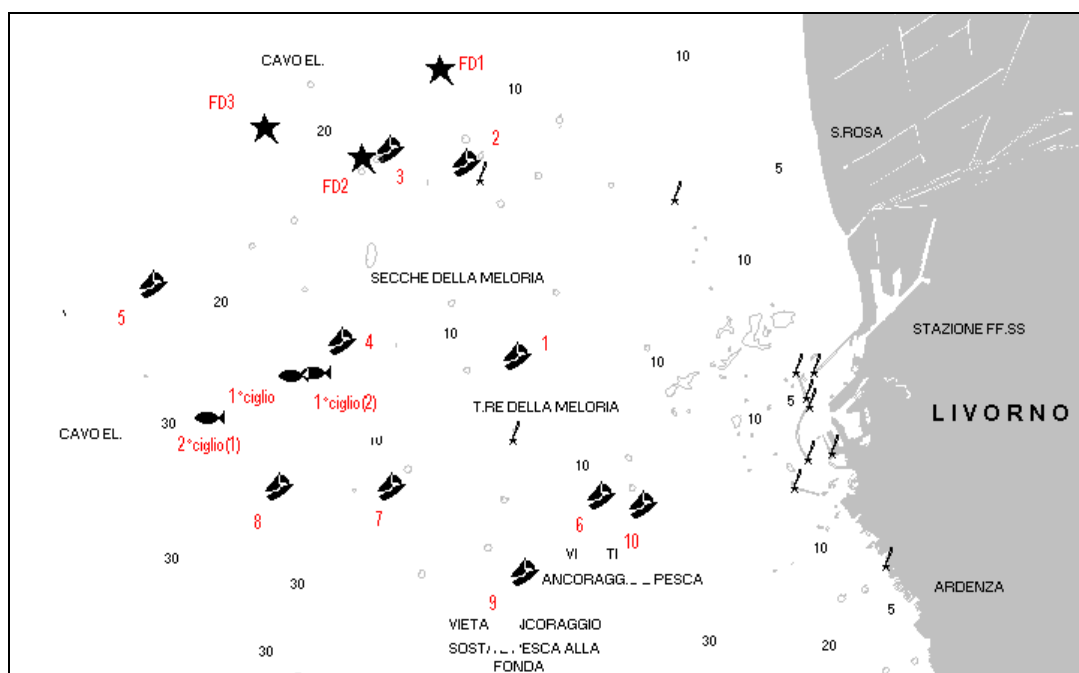


Figura 37 – Zona delle Secche della Meloria, con indicati i siti di indagine durante varie fasi della ricerca

Le indagini eseguite nel corso di un anno (dal luglio 2000) hanno permesso di riscontrare che la situazione dei fondali delle Secche della Meloria, in sostanza, non appare interessata da evidenti fenomeni di degrado, le biocenosi presenti essendo ben strutturate e rappresentative di quel tipo di fondale. Un discorso a parte va fatto per la riduzione della trasparenza riscontrata nei primi 2 – 3 metri della colonna d'acqua, in

concomitanza con vento proveniente da N-NW, fenomeno più volte notato e segnalato nel corso di alcune delle immersioni sulle Secche. Questa forte riduzione di trasparenza negli strati più superficiali della colonna d'acqua potrebbe essere dovuta al trasporto, da parte del vento e delle correnti da esso generate, di acqua superficiale torbida proveniente sia dallo sbocco del canale Scolmatore dell'Arno, posto a meno di 2 miglia a Nord delle Secche, sia dal fiume Arno, la cui foce dista meno di 10 miglia dalla zona di indagine; potrebbe essere dovuta anche al trasporto delle acque portuali di Livorno.

Una volta terminate le ispezioni subacquee, il programma prevedeva di indagare i sedimenti del fondo lungo ipotetiche traiettorie dirette, a partire dalla zona nella quale fu deposto il materiale proveniente dal dragaggio del porto di Livorno, verso l'area della Meloria. Visto inoltre che il fatto saliente, riscontrato durante le ispezioni subacquee, era rappresentato proprio dallo strato di torbidità localizzato poco al di sotto della superficie marina e compreso in pochi metri della colonna d'acqua, l'esame dei sedimenti avrebbe potuto anche contribuire a chiarire l'origine dello stesso.

Sono stati quindi eseguiti, da parte del battello oceanografico Poseidon dell'ARPAT, cinque prelievi di sedimento tramite benna Van Veen. Sui campioni sono state eseguite dal Dipartimento ARPAT di Livorno le analisi programmate; il riscontro analitico mostra una sostanziale sovrapposizione di valori, almeno per i parametri indagati, tra i campioni dell'area di indagine con quelli del bianco di riferimento.

### **3.4.2 Area di Rosignano Solvay.**

L'area industriale di Rosignano, che rappresenta la vera criticità per questo tratto di mare, comprende, all'interno dello stabilimento della Solvay, vari impianti produttivi appartenenti alle società Solvay Chimica Italia S.p.A e Solvay Polyolefins Europe Italia S.p.A. E' presente, inoltre, un impianto di Cogenerazione EE – vapore della ROSEN S.p.A.

Le unità produttive sono le seguenti:

- Sodiera: produzione di carbonato di sodio, bicarbonato di sodio, cloruro di calcio;
- Elettrolisi: produzione di cloro, idrogeno, soda caustica;
- Polietilene: produzione di resine con differenti caratteristiche;
- Perossidati: produzione di acqua ossigenata, percarbonato di sodio, perborato di sodio tetraidrato;
- Prodotti clorati: produzione di clorometani e acido cloridrico.

Di tutte queste linee produttive prenderemo in considerazione la sodiera (processo Solvay) e l'impianto per la produzione di cloro, idrogeno e soda caustica per via elettrolitica (celle a catodo di mercurio).

Comune a entrambi i processi è la necessità di disporre di soluzioni concentrate di cloruro di sodio (salamoia), per la purificazione del quale si producono grandi quantità di carbonato di calcio in soluzione acquosa (solidi sospesi). I processi sono, poi, caratterizzati da specifici stadi, con la produzione di ulteriori residui di lavorazione. E' pertanto necessario esaminare più nel dettaglio le modalità di formazione dei residui,



i quali vanno poi a interessare l'ambiente marino nel paraggio circostante lo scarico industriale Solvay.

#### **3.4.2.1 Residuo solido. Sodiera e impianto cloro – alcali.**

Si forma nelle fasi di depurazione della salamoia (comune ad ambedue i processi) e, durante il processo Solvay (carbonato di sodio), quasi esclusivamente nell'impianto di recupero dell'ammoniaca. Questi due distinti spurghi, caratterizzati da diversa quantità, composizione chimica, granulometria e, per quanto riguarda la frazione calcarea, purezza, vengono riuniti nello scarico generale della fabbrica sotto forma di sospensione acquosa e immessi direttamente in mare tramite un canale eduttore privato. Per tale scarico è stata concessa nel passato una deroga al rispetto dei limiti per il parametro "solidi sospesi", in forza della delibera C.I.T.A.I. del 4/2/1977. E' attualmente in corso, da parte degli enti locali, della Regione e del Ministero dell'Ambiente, come accennato all'inizio, la procedura per ricondurre lo scarico in un ambito formale, coerente con il quadro normativo attuale, attraverso la stipula di un accordo di programma ai sensi dell'art. 28 comma 10 del D.Lgs 152/99.

I solidi sospesi, grazie anche all'impianto di carbonatazione che abbatte una notevole quantità di materiale finissimo e flocculato, sono quindi costituiti essenzialmente da carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), insieme a inerti. Non si tiene conto (da parte dell'azienda) del solfato di calcio ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) prodotto, in quanto esso dovrebbe subire una dissociazione ionica una volta pervenuto in mare.

In buona sostanza, ogni anno, lo scarico Solvay sversa in mare circa 180mila tonnellate di solidi modalmente afferenti al campo delle peliti (silt e clay), ma con discreta presenza anche di frazioni classificabili nel campo delle sabbie.

#### **3.4.2.2 Mercurio. Impianto cloro – alcali.**

La produzione del cloro, dell'idrogeno e della soda caustica avviene per elettrolisi di una soluzione di sale comune in celle elettrolitiche con catodo di mercurio. Al catodo si forma un amalgama di sodio che, decomposto con acqua (disamalgamatore), produce soda caustica pura e idrogeno, mentre all'anodo si libera cloro. La decomposizione dell'amalgama, oltre alla produzione di soda caustica e idrogeno, comporta la liberazione di mercurio, che viene recuperato ma che, in parte, va a interessare lo scarico a mare dello stabilimento.

L'apporto di mercurio dovuto ai reflui Solvay per l'impianto cloro - alcali si è drasticamente ridotto a partire dal 1973. L'impianto di trattamento dei reflui dell'elettrolisi (con solfuri e polisolfuri) permette di rimanere al di sotto della concentrazione di  $10\mu\text{g/l}$  a piè di impianto, con una concentrazione allo scarico, in condizioni di marcia normali, di  $1\mu\text{g/l}$ . Tale inquinante si è, peraltro, accumulato nel tempo in fase sedimentaria e, sia pure irregolarmente, compare ancora in concentrazioni apprezzabili anche in fase biologica.

Nell'ambito dell'accordo di programma per la riduzione delle pressioni nell'ambiente, si è ipotizzata la sostituzione delle celle a mercurio utilizzate dagli attuali impianti con celle a membrana, in grado di eliminare completamente l'emissione dei residui di mercurio.

### **3.4.2.3 Effetti conseguenti all'immissione di solidi sospesi a mare**

Il problema degli effetti sull'ambiente marino derivanti dalla componente sospesa dello scarico Solvay si protrae da oltre mezzo secolo (la fabbrica si è insediata prima del 1920) e nell'arco degli ultimi trent'anni sono state numerose le indagini sulle varie componenti degli ecosistemi interessati, quasi tutte eseguite da Enti pubblici di ricerca e finalizzate, generalmente, all'ottenimento, da parte della Solvay, del rinnovo dell'autorizzazione allo scarico.

Il perdurare dello scarico per molte decine di anni ha finito per produrre un'alterazione della condizione naturale dell'ambiente marino circostante il punto di rilascio, che si manifesta in superficie con una evidente chiazza bianca opaca estesa per qualche chilometro e sul corrispondente fondale con la sostanziale scomparsa della vegetazione stanziale.

Infatti, una volta in mare, questi materiali sedimentano più o meno vicino alla costa, a seconda del diametro idraulico delle particelle e del campo cinetico delle acque. Le frazioni più fini si depongono, dunque, verso il largo, mentre quelle più grossolane fanno addirittura parte del sedimento di spiaggia, che conferisce all'arenile di Rosignano il caratteristico colore bianco.

Dalle indagini visive sembra che la direzione prevalente delle traiettorie di sedimentazione sia dalla costa verso il largo. Da indagini telemetriche e da osservazioni dirette da aeromobile risulta chiaramente che la zona delle torbide è vasta, arrivando, in condizioni di ondazione dai quadranti di traversia, a lambire le Secche di Vada.

Gli impatti sull'ecosistema marino dello scarico dei solidi si possono ricondurre a due tipologie principali:

- la presenza di torbidità importanti nella colonna d'acqua;
- l'alterazione del sedimento in posto, con particolare riferimento alle zone di massima deposizione.

Il fitoplancton è stato esaminato abbastanza approfonditamente, effettuando prelievi a due quote differenti (10 e 25 m) in una stazione interessata dallo scarico e in una stazione di controllo. La stazione di controllo presentava diversità sempre più elevate e densità di popolazione sempre maggiori della stazione interessata dallo scarico, nella quale, tra l'altro, la biomassa appare la stessa a 10 come a 25 metri. Anche la concentrazione di clorofilla "a" segue sostanzialmente gli stessi andamenti, risultando maggiore nella stazione di controllo.

Per quanto riguarda lo zooplancton, esso mostrava la tipica composizione costiera e non sembrava presentare differenze quali – quantitative di una qualche importanza tra le due stazioni.

Nell'ambiente bentonico le deposizioni anomale di materiale fine producono:

- un'alterazione progressiva della tessitura del sedimento in posto;
- una sostituzione completa del sedimento in posto con materiali originati dallo scarico.

Dalle informazioni disponibili, nel caso in cui il sedimento risulta interamente originato dallo scarico Solvay, sembra che la colonizzazione ex - novo non esiti in unità ben strutturate, soprattutto a causa della sostanziale incoerenza dei substrati, enfatizzata dal fatto che gli stessi si presentano spesso come flocculati. Alcuni eventi di colonizzazione, anche da parte di elementi floristici esotici (*Acrothamnion preissii*), paiono mostrare un'evoluzione tendente alla stabilizzazione biogena dei sedimenti, ma nulla permette di sostenere che non si tratti di situazioni del tutto episodiche.

Le osservazioni su *Posidonia oceanica* e sulla flora algale evidenziano un quadro di forte degrado dell'ambiente bentonico, in prevalenza nel settore a Nord del canale eduttore, ma esteso anche al largo. Macchie di vegetazione (es. praterie di *Caulerpa prolifera* impostate su "mattes" morte di *Posidonia oceanica* con isole colonizzate dalla posidonia stessa) si trovano su una vasta estensione a Sud del canale. Verso il largo si osservano zone sempre più colonizzate da posidonia fino a che non si entra nella grande prateria delle Secche di Vada.

#### **3.4.2.4 Effetti conseguenti all'immissione di mercurio a mare**

Dopo la drastica diminuzione, dal 1973, dell'apporto di mercurio, i sedimenti attuali, poveri di questo elemento, stanno ricoprendo quelli dei periodi precedenti, impedendo la formazione di metilmercurio ad opera della flora batterica.

Il tratto di mare nel quale è possibile collegare la presenza di mercurio ai fanghi degli scarichi Solvay, in organismi bentonici od in predatori che vivono sul fondo, sembra essere limitato alla batimetrica dei 100 metri.

Mediante successive operazioni di carotaggio è stato possibile, conoscendo le date di inizio delle produzioni presso lo stabilimento Solvay (1918 per la soda a partire dall'ammoniaca e 1940 per la produzione di cloro-soda caustica per via elettrolitica) e le date di prelievo delle carote, stimare il tasso di sedimentazione (0.822 cm/anno). Tale tasso è abbastanza in linea con quello, compreso tra 1 e 3mm/mese, calcolato da ARPAT mediante l'uso di un modello matematico (D-Cormix 3) nell'ambito di uno studio diffusionale, effettuato mediante modelli matematici, dello scarico Solvay.

Nei sedimenti antistanti Rosignano, all'inizio degli anni '70 si riscontravano concentrazioni di Hg pari a 4-5mg/kg, mentre in altre zone di riferimento la concentrazione era di un ordine di grandezza inferiore (intorno a 0,1mg/kg). Anche alcuni organismi (granchi, patelle e scorfani) registravano tenori di mercurio anomali rispetto ad altre zone del Mediterraneo.

Il prof. Bacci dell'Università di Siena ha prodotto sull'argomento una completa ed esauriente nota. I carotaggi del fondo marino effettuati nel 1982 e nel 1984 evidenziavano già un recupero ambientale, in quanto, in una carota estratta a 1,65 miglia dalla costa, a WNW rispetto al canale di scarico, lo strato superiore (10 cm) presentava concentrazioni intorno a 2mg/kg, con gli strati sottostanti caratterizzati dalle concentrazioni proprie delle deposizioni precedenti.

I successivi carotaggi, effettuati, con varie discontinuità, nel periodo 1991/2000, hanno fornito un quadro complessivo della contaminazione pregressa e residua nel mare antistante Rosignano Solvay:

- nel 1991 hanno confermato la diminuzione della concentrazione di mercurio, con i primi 10 cm intorno a 0,4–0,5 mg/kg
- nel 1992 lo strato più contaminato da mercurio si trovava già al di sotto dei 10 cm dalla superficie del sedimento; negli strati più superficiali la concentrazione era intorno a 1,5–0,7 mg/kg
- nei reperti più recenti lo strato superficiale degli ultimi 8–9 cm non raggiunge mai 1 mg/kg, con il top intorno a 0,5 mg/kg.

La quota biodisponibile, quella presente nello strato dei primi 10 cm, che rappresenta un comparto dinamico attivo ed efficace nei processi di metilazione, tende ai valori di fondo senza, peraltro, raggiungerli. E' da tener conto, nella valutazione delle concentrazioni indicate, della distribuzione geografica dei diversi siti di campionamento.

Mediante l'uso di indicatori biologici fu stimato il tempo necessario per riportare l'area interessata dallo scarico al livello originario di mercurio (tempo di recupero ambientale). Si riscontravano riduzioni differenziate dei tenori di mercurio durante il periodo 1973–83 (tempo di dimezzamento: *Patella* sp 2 anni, *Pachigrapsus marmoratus* 4 anni, *Scorpaena porcus* 6 anni) e tempi di recupero elevati. Ciò stava a indicare che il mercurio, pervenuto nei sedimenti e nella catena alimentare locale, poteva essere eliminato dal biota solo molto lentamente.

Le concentrazioni di mercurio nelle patelle e nei granchi raggiungevano nel 1991 il livello di fondo; campionamenti eseguiti dal 1992 al 2000 confermavano questi dati. Per gli scorfani le concentrazioni nel 1991 si attestavano ancora intorno a 0,45mg/kg, circa quattro volte superiori al valore naturale. Campagne di pesca eseguite nel 1996 hanno evidenziato concentrazioni, nei pesci stanziali (triglia di fango, pagello, sacchetto) che, a parità di taglia e profondità di cattura, non si discostano in maniera significativa dai valori di fondo tipici dell'Arcipelago Toscano.

### **3.4.3 Area di Piombino.**

Il territorio di Piombino è caratterizzato dalla presenza di un polo industriale di notevoli dimensioni: la sola industria siderurgica occupa una superficie di 8milioni di m<sup>2</sup>. Le principali Aziende presenti sul territorio, che oltre tutto hanno forti interconnessioni con l'ambiente marino, sono:

- Lucchini S.p.A. Azienda siderurgica a ciclo integrale, principale polo italiano per la produzione di laminati lunghi;
- I.S.E. S.p.A. (Ilva Servizi Energetici). Controlla e gestisce le Centrali termoelettriche ubicate all'interno dello stabilimento Lucchini;
- La Magona d'Italia. Azienda metalmeccanica tra i principali produttori italiani di lamiere zincate e/o verniciate;
- SOL S.p.A. Per la produzione di gas tecnici e medicali: ossigeno, azoto, argon;
- Dalmine. Per la produzione di tubazioni zincate e con rivestimento plastico;

- Centrale Termoelettrica ENEL di Torre del Sale, alimentata a olio combustibile (4 gruppi da 320 MW ciascuno);
- Porto di Piombino. Per il traffico di materie prime o di merci prelaborate destinate alle attività industriali, merci alla rinfusa, traffico di collegamento con le isole e sistema di approvvigionamento di olio combustibile per la CTE ENEL.

Anche per Piombino l'apporto di acque reflue si può scomporre in due distinti settori, considerando quello di natura civile e quello degli insediamenti produttivi. A differenza di Livorno, le acque di scarico civile non recapitano nelle acque portuali ed è in via di completamento un progetto, finanziato in ambito europeo, per il loro riuso nei processi produttivi dell'area industriale.

Gli effluenti industriali confluiscono nella quasi totalità (uno della Magona e quattro della Lucchini) nel bacino portuale; i rimanenti recapitano nelle acque del golfo di Follonica: direttamente quello dell'ENEL, tramite un canale quello confluyente di Dalmine e Lucchini.

Anche qui, come per Livorno, il porto, anche se di dimensioni decisamente meno rilevanti, va a costituire il sedimentatore di una gran parte dei materiali solidi apportati dagli scarichi, nonché la via di uscita a mare di eventuali sostanze contaminanti in soluzione. Ripetiamo che, date le elevatissime diluizioni che si verificano nell'ambiente marino, è l'apporto solido, con le sostanze contaminanti che lo accompagnano, a costituire il principale veicolo degli inquinanti a mare. Si deve inoltre considerare l'apporto a mare di solidi provenienti non da scarichi, ma dalle emissioni in atmosfera provenienti in prevalenza dall'impianto siderurgico (polveri sedimentabili in uscita dai camini, spolveramento durante le operazioni di scarica delle navi carboniere, spolveramento dai carbonili e dai parchi materie prime).

Le argomentazioni già addotte per Livorno in relazione alle movimentazioni di materiali di dragaggio valgono quindi anche per Piombino.

Nel quadro degli interventi previsti dalla citata Legge 9 dicembre 1998 n. 426, abbiamo visto come la perimetrazione, per i necessari primi interventi di bonifica, abbracci una vasta area di ambiente marino costiero, dall'ambito portuale vero e proprio fino alla CTE ENEL. In quest'ottica andranno, quindi, considerati gli interventi di dragaggio da effettuare, o da programmare, in sintonia con il progetto BoFoPoLi del porto di Livorno.

Un particolare aspetto è rappresentato dallo scarico della centrale ENEL (acqua di raffreddamento), data la sua rilevante portata e il notevole salto termico.

Tutte le indagini eseguite nel Golfo di Follonica sulla prateria a *Posidonia oceanica* indicano che l'area con la situazione maggiormente compromessa, per quanto riguarda il margine superiore, è sicuramente rappresentata dalla costa SE del Golfo (Follonica e Scarlino), oltreché dalle acque antistanti la zona industriale e portuale di Piombino. Tuttavia, la situazione migliora man mano che ci si allontana verso il centro della prateria o verso il margine inferiore, con il progressivo insediamento di una prateria abbastanza fiorente.

Si ritiene di segnalare inoltre un modesto aumento del livello trofico nelle acque situate di fronte all'ingresso del porto.

### 3.5 Inquinamento da idrocarburi in mare

A livello mondiale il petrolio è la merce maggiormente trasportata via mare (si parla di quantità intorno al 40% dell'intero trasporto marittimo) e per la maggior parte si tratta di prodotti non raffinati.

Nel Mediterraneo, bacino che rappresenta meno dell'1% della superficie marina mondiale, si svolge il 20% del traffico petrolifero, ammontante a circa 360 milioni di tonnellate annue (fonte REMPEC).

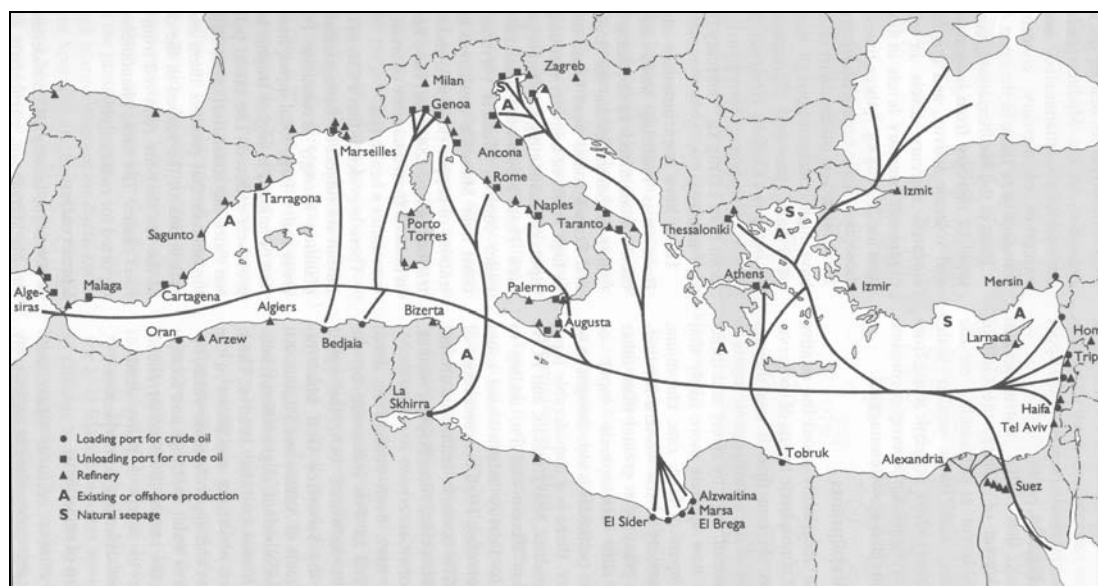


Figura 38 – Traffico di petrolio lungo le principali direttrici attraverso il Mar Mediterraneo con indicate i principali porti e raffinerie (da Elsevier Science)

Naturalmente, collegato a questo, è l'elevato numero di navi (petroliere e chimichiere) che solcano le acque mediterranee per trasportare i prodotti petroliferi dai paesi produttori (principalmente il Medio Oriente e l'Africa settentrionale) verso i paesi europei che si affacciano sulle sue rive. Queste navi sono, in gran parte, di vecchia concezione (si stima che oltre il 60% abbia più di 15 anni di età) e, quindi, spesso non dotate di misure di sicurezza per prevenire sversamenti (sistemi di svuotamento di cisterne ed acque di sentina "top and load") ed incidenti (doppio scafo): ogni anno vengono immesse nelle acque mediterranee oltre 630mila tonnellate di petrolio.

Anche l'Italia ed i bacini occidentali in particolare hanno da tempo subito le conseguenze di questa situazione, con il caso più eclatante costituito dall'incidente occorso alla petroliera cipriota Haven nel 1991 presso le coste liguri. Questo episodio, sicuramente il più importante per dimensioni ed estensione dello sversamento, area interessata e impatto sull'opinione pubblica, è stato seguito da non pochi segnali

preoccupanti, di più o meno grave intensità, come quello della Ievoli Sun o della stessa Erika, che naufragata sulle coste della Bretagna nel 1999, era diretta a Livorno ed avrebbe dovuto rifornire le industrie di Piombino. Inoltre sempre più numerosi sono le segnalazioni relative a spiaggiamenti di materiali di natura petrolifera od alla presenza di macchie oleose in mare, come è accaduto lo scorso anno all'Isola d'Elba (Fetovaia) o nella stagione appena conclusa al largo dell'Isola di Capraia.

Le conseguenze dell'inquinamento da idrocarburi non sono facili da sintetizzare né da generalizzare, in quanto il comportamento di questi composti in mare ed i loro tempi di degradazione (se mai esiste) e di sedimentazione variano con la composizione delle miscele e con le condizioni meteorologiche e fisiche delle acque.

In genere, uno sversamento consistente produce effetti acuti nel breve termine e cronici nel lungo periodo sugli ecosistemi marini: gli organismi maggiormente colpiti sono uova e piccoli di pesci, zooplancton, invertebrati filtratori (coralli, spugne, molluschi bivalvi, ecc.), piante ed alghe bentoniche e l'avifauna che viene a contatto con le macchie galleggianti.

In particolare gli effetti acuti, oltre quelli maggiormente percepiti dai cittadini riferiti a spiaggiamenti oleosi che impediscono balneazione ed uso delle coste, ma non sono i più gravi, riguardano gli impedimenti che la pellicola oleosa provoca per gli scambi gassosi (anossie), per la penetrazione della luce (inibizione della fotosintesi) e per la mobilità degli organismi.

Quando, però, le concentrazioni delle sostanze inquinanti, spesso tossiche, sono al di sotto della soglia letale (e visibile), con tempi più o meno lunghi vengono provocate mutazioni fisiologiche (fisiche e comportamentali), del livello di biodiversità e della rete alimentare, alterando di fatto tutti i flussi energetici degli ecosistemi marini, con grave compromissione degli stessi. Questi fenomeni si attuano sia lungo la colonna d'acqua sia, maggiormente, sui sedimenti, dove la gran parte delle masse oleose va a depositarsi con il passare dei giorni dal momento dello sversamento, "scomparendo", e dove permane per moltissimi anni, disperdendosi lentamente nella fase acquosa.

Ogniquale si registri una segnalazione di inquinamento vengono allertati tutti i soggetti competenti (ARPAT, Capitanerie di Porto e Guardia Costiera, Ministero dell'Ambiente, Protezione civile, ecc.), ma sono sempre interventi che, avvenendo con un certo ritardo rispetto al momento dell'incidente, possono avere solo effetti limitati di ripristino delle condizioni ambientali.

Importante sarebbe poter disporre di un sistema di sorveglianza ad ampio raggio sui mari italiani e toscani, in grado di segnalare tempestivamente qualsiasi episodio di "oil spill" per favorire una sua risoluzione e valutarne la possibile evoluzione spaziale e temporale. In tal senso, ARPAT e la Regione si stanno adoperando per valutare la possibilità di utilizzo di sistemi satellitari di telerilevamento, specifici per l'inquinamento da idrocarburi e più generali di controllo delle caratteristiche delle acque marine (vedi par. 1.3 e par. 4.2).

I problemi di inquinamento oleoso, come si è visto, sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche del traffico marittimo (numero e tipologia delle navi, merci trasportate e sistemi di sicurezza, rotte, ecc.) ed anche in questo caso lo sviluppo

tecnologico viene in aiuto dei soggetti preposti al controllo. Il Comando Generale delle Capitanerie di Porto sta sperimentando un sistema di gestione e controllo del traffico marittimo tramite sensori costieri che rilevano alcuni dati “anagrafici” (identità, nazionalità, ecc.), confrontandoli ed integrandoli con quelli disponibile nelle banche dati dei registri navali di iscrizione. Questo sistema, il Vessel traffic service (Vts), potrebbe essere utilizzato, fin dalla prossima stagione estiva, dalla Capitaneria di Porto di Portoferraio.

## **4 PROSPETTIVE**

### ***4.1 Stato della conoscenza per la redazione dei Piani di Tutela***

Con l'introduzione dei “Piani di Tutela delle Acque”, (articolo 44 e allegato 4) il D.Lgs. n. 152/99 introduce uno strumento nuovo che rappresenta sicuramente il superamento della logica settoriale delle precedenti normative e si rivolge ad una insolita ampiezza di prospettive.

Il Piano deve contenere infatti l'insieme complessivo delle misure necessarie alla tutela qualitativa e quantitativa dell'intero sistema idrico regionale e di bacino e in particolare:

- i risultati dell'attività conoscitiva,
- l'individuazione degli obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione,
- l'elenco dei corpi idrici a specifica destinazione e delle aree richiedenti specifiche misure di risanamento e di prevenzione dall'inquinamento, le misure di tutela qualitative e quantitative tra loro integrate e coordinate per bacino idrografico,
- l'indicazione della cadenza temporale degli interventi e delle relative priorità,
- il programma di verifica dell'efficacia degli interventi stessi,
- gli interventi di bonifica dei corpi idrici.

Alla luce dell'esperienza toscana, relativamente alle acque marino costiere e alle acque di balneazione, si può affermare che lo stato della conoscenza è più che soddisfacente, così come lo stato di qualità ambientale che scaturisce da una prima analisi dei dati in possesso.

#### **4.1.1 Acque di balneazione**

Per quanto riguarda le acque di balneazione (acque a specifica destinazione) la Regione Toscana anticipa fin dal 1980 lo spirito del D.P.R. n. 470/82 dando operatività al contenuto della Circolare Ministeriale ed attivando, attraverso i Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale delle Unità Sanitarie Locali, il controllo delle acque di balneazione.

Sulla scorta delle segnalazioni ed in stretta collaborazione con i tecnici delle Unità Sanitarie Locali che già dal 1970 sottoponevano la costa toscana a controlli periodici e che perciò stesso ne conoscevano bene la morfologia, la densità della



popolazione balneare, le situazioni territoriali particolari, le consuetudini balneari, la Regione ha individuato nel 1983 circa 300 punti di campionamento; naturalmente nel corso degli anni, per variate condizioni socio-economiche, ambientali o turistiche, i punti di campionamento hanno subito modifiche sia territoriali che numeriche.

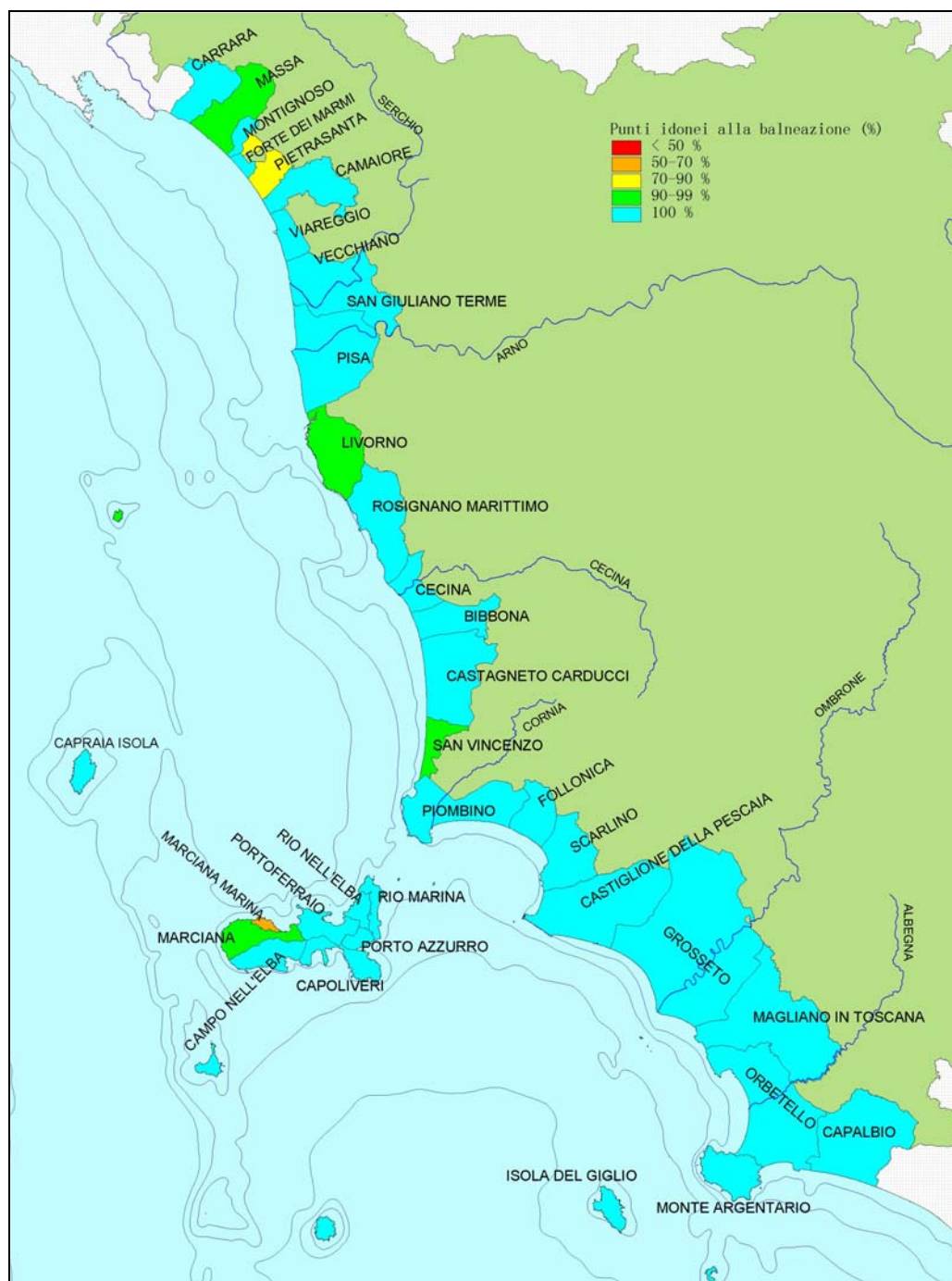


Figura 39 – Percentuale comunale di punti idonei alla balneazione al termine della stagione 2001

Lo stato della conoscenza delle acque di balneazione, controllate ormai con la regolarità prevista dal D.P.R. n. 470/82 e successive modificazioni e integrazioni da ben 19 anni, è da considerare ottimale.

L'elaborazione dei risultati analitici aggregati a livello regionale (Figura 32), mostra che la percentuale dei punti temporaneamente non idonei si è mantenuta costantemente bassa nell'ultimo decennio fino a raggiungere il minimo storico durante l'ultima stagione balneare: solamente 6 punti di campionamento, pari all'1,63% del totale, sono risultati temporaneamente non idonei alla balneazione. La situazione a livello comunale viene riportata nella figura seguente

Analizzando la situazione lungo la costa e le isole, dal punto di vista dei divieti permanenti per inquinamento, possiamo osservare come ci sia un netto gradiente nella densità di divieti, con il tratto settentrionale in cui si ha mediamente più di 1 divieto ogni 10 km, che scende a meno di 1 ogni 40 km per la costa maremmana, fino alla situazione ottimale delle isole dell'Arcipelago, dove non c'è alcun divieto.

La Regione Toscana, a maggior tutela della salute pubblica, già da molti anni e anticipando il dettato dell'art. 9 del D.Lgs. n. 152/99, nel caso che un punto risultasse temporaneamente non idoneo per più stagioni balneari consecutive (2-3), dichiarava il punto stesso permanentemente non balneabile; questo comportava l'eliminazione del punto dall'anagrafe ministeriale e l'istituzione di 2 nuovi punti di campionamento ai limiti della zona potenzialmente inquinata, nonché, ai sensi dell'art. 9 del D.Lgs. n. 152/99, misure di risanamento atte a rimuovere il divieto permanente in un tempo ragionevolmente compatibile con gli interventi programmati.

Qualche parola va spesa a proposito dei divieti permanenti a causa di inquinamento in quanto, con l'entrata in vigore del D.Lgs. n. 152/99, le Regioni devono annualmente comunicare al Ministero dell'Ambiente tutte le informazioni relative alle cause e alle misure che è necessario adottare per rimuovere il divieto e la Regione, prima dell'inizio di ogni stagione balneare, concorda con tutti i Comuni interessati un piano di risanamento delle zone sottoposte a divieto, affidando contemporaneamente ai Dipartimenti ARPAT competenti per territorio la verifica dello stato di inquinamento delle acque.

#### **4.1.2 Acque marino costiere**

Il monitoraggio delle acque marine costiere è disciplinato dalla Legge n. 979/82 e dal D.Lgs n. 152/99 e successive modifiche; infatti, in applicazione dell'art. 3 della Legge 979/82, l'Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare, oggi Servizio Difesa Mare, del Ministero dell'Ambiente ha organizzato una rete di osservazione della qualità dell'ambiente marino costiero attraverso la stipula di apposite convenzioni di durata triennale con 14 Regioni marittime.

Il programma della Regione Toscana ha avuto inizio nel maggio 1997 e si è concluso con il mese di aprile 2000; l'attività di controllo, svolta interamente dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), è stata prolungata, in accordo col Ministero per tutto il 2000, fino alla stipula della nuova convenzione, firmata da Ministero dell'Ambiente – Servizio Difesa Mare e Regione Toscana il 18 dicembre 2000. Il nuovo programma triennale, sempre affidato dalla

Regione all'ARPAT, è divenuto tecnicamente operativo dalla fine del mese di giugno 2001 (vedi anche par. 1.2.2).

Dopo tre anni di monitoraggio possono essere avanzate alcune considerazioni di sintesi, utilizzando allo scopo un importante indice di qualità delle acque costiere, previsto dalla nuova normativa italiana di settore: l'indice di stato trofico (TRIX). Questo indice, anche se non è in grado di rappresentare tutte le variabili in gioco, permette di valutare in modo oggettivo, per quanto parziale, la situazione ambientale.

Il confronto tra le varie stazioni di prelievo, effettuato, oltre che con il TRIX, anche sulla base della concentrazione di clorofilla "a" e della densità del fitoplancton, mostra un andamento delle condizioni di carico trofico decrescente da nord verso sud. Considerando il solo indice trofico, lungo la costa toscana si possono distinguere due tratti (settentrionale: da Livorno fino al confine regionale nord; meridionale: da Piombino fino al confine regionale sud) che differiscono significativamente tra loro.

Le stazioni a nord di Livorno presentano, invece, una situazione del tutto diversa: lo stato trofico qui è tra il mediocre e il buono, come media su 24 mesi (1997 – 1999), con la stazione Foce Arno che presenta valori al limite dello scadente e che è l'unica a presentare un valore maggiore di 6 (scadente), come media annuale, sia nel periodo 1997/1998 sia nel 1999/2000.

In sintesi si può affermare, quindi, che:

- le acque toscane non presentano, tranne situazioni localizzate, rischi imminenti di eutrofizzazione;
- sono da escludere pericoli di crisi distrofiche;
- la costa settentrionale della regione è maggiormente interessata da fenomeni che provocano un incremento del carico trofico nelle acque litoranee.

Le stazioni del tratto meridionale, Isola d'Elba inclusa, presentano, infatti, un valore di TRIX medio tra 5 e 3, in un intervallo di stato trofico compreso tra buono (porti e foci dei fiumi) ed elevato (maggior parte delle stazioni).

Terminate le operazioni di monitoraggio relative al primo triennio, si è provveduto a predisporre i nuovi piani di monitoraggio, che diverranno operativi a partire dalla fine di questa primavera, in attuazione sia della nuova normativa italiana sulle acque (Decreti legislativi 152/1999 e 258/2000), sia delle recenti disposizioni emanate dal Ministero dell'Ambiente (Servizio Difesa Mare) sul monitoraggio marino costiero.

Naturalmente non possono essere avanzate considerazioni di sintesi, così come è avvenuto per il triennio 1997-2000, perché la quantità di dati attualmente a disposizione non permetterebbe di trarre conclusioni attendibili.

#### **4.2 Nuovi modelli di monitoraggio: ipotesi di un Osservatorio regionale**

Lungo la costa regionale sono presenti diffuse cause di rischio per l'ambiente marino, in relazione sia ai numerosi insediamenti urbani, industriali e portuali presenti, sia al traffico marittimo.

I fenomeni di inquinamento sono rappresentati, ad esempio, dallo scarico “bianco” della Solvay di Rosignano, dal pennacchio termico della CTE ENEL di Torre del Sale a Piombino, dagli idrocarburi sversati in mare e riscontrati frequentemente sui litorali regionali.

La sorveglianza costante di tali fenomeni è necessaria sia per disporre del quadro costante della situazione e dell'evoluzione delle noxae inquinanti, sia per permettere, in certi casi, agli organi preposti di intervenire rapidamente.

Per conseguire tali obiettivi bisogna disporre di un sistema che consenta l'analisi contemporanea di diversi parametri, con frequenza plurigiornaliera e su aree estese. Per ottenere un monitoraggio così configurato, la sola possibilità è rappresentata dal telerilevamento da parte di satelliti orbitanti, settore nel quale negli ultimi anni sono stati compiuti significativi passi in avanti, tali da renderne l'uso immediatamente applicabile a molte realtà ambientali e non.

Nel 2000 hanno preso l'avvio due progetti sperimentali che vedono coinvolta ARPAT sul monitoraggio da satellite dell'ambiente marino:

- il **Progetto MIR** (Metodologie integrate di indagine in aree di pregio ambientale mirate alla valorizzazione e gestione delle risorse), cofinanziato dal Ministero della ricerca scientifica, e dai soggetti partecipanti, tra i quali ARPAT e numerosi istituti di ricerca universitari, con il coordinamento del Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (CoNISMa), iniziato ufficialmente il 5 giugno 2000 e che vede ARPAT coinvolta nella fase operativa dal settembre 2001;
- il **“Progetto pilota di monitoraggio dell'ambiente marino tramite telerilevamento dati da satellite”**, che vede la partecipazione di ARPAT, del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni (DET) della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze e della Stazione di Telerilevamento da Satellite del PIN Scrl di Prato, iniziato nel settembre 2000 e che si concluderà entro il 31.12.2001.

In pratica, con alcune differenze di tempistica, aree di interesse e di tecniche impiegate, entrambi i progetti sono rivolti alla realizzazione di un sistema di monitoraggio in continuo del mare, tramite l'utilizzo di satelliti che garantiscano una copertura spaziale e temporale adeguata ed una buona risoluzione sulla superficie marina. Il sistema sarà costituito da una stazione locale presso la sede ARPAT di Piombino collegata via Internet al Laboratorio di Telerilevamento di Prato, dal quale riceverà le mappe georeferenziate dei parametri rilevati per procedere ad una loro validazione e verifica sulla base dei dati rilevati dal battello oceanografico “Poseidon” di ARPAT, anche con campagne specifiche.

I parametri presi in esame, tra quelli rilevati, riguarderanno:

- dai satelliti NOAA: temperatura superficiale del mare, flusso delle correnti superficiali e indizi sulla presenza di idrocarburi;
- dai satelliti SeaStar: pigmenti, assorbimento della clorofilla e solidi sospesi.

La zona presa in esame comprenderà il Mar Tirreno settentrionale ed il Mar Ligure, con particolare riferimento all'Arcipelago Toscano, in quanto l'Ente Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano segue con interesse tutta questa attività e si è

prospettata l'installazione di una stazione anche presso la sede del Parco, collegata a quella di Piombino, fattore di estrema importanza per un fattivo coordinamento delle operazioni di sorveglianza e protezione dell'ambiente marino insulare.

Il progetto prevede, infine, la disponibilità presso la sede dell'Area Mare di ARPAT, ubicata a Piombino, di dati relativi alla copertura nuvolosa e alle sue variazioni, ottenibili dalla Stazione di Prato.

Altre iniziative che si stanno valutando al momento, riguardano la possibilità di utilizzo e di sperimentazione di un sistema di monitoraggio specifico per gli sversamenti in mare di idrocarburi ("oil spills"), denominato **RAMSES** (Regional earth observation Application for Mediterranean Sea Emergency Surveillance), tramite l'utilizzo di sensori radar (attualmente su satelliti ERS e successivamente su ENVISAT e RADARSAT). Questo strumento, già operativo a livello di aree campione, è stato messo a punto dall'Agenzia Spaziale Europea, con la partecipazione di quella italiana (ASI) e di numerosi altri partner nazionali ed internazionali, tra i quali il Laboratorio per la Meteorologia e la Modellistica Ambientale (La.M.M.A.) della Regione Toscana. Proprio considerando l'importanza per la costa toscana di provvedere ad una sorveglianza sul trasporto di sostanze pericolose, si è prospettata una collaborazione con il La.M.M.A. per l'applicazione del RAMSES e per l'avvio di uno studio integrato dell'Alto Tirreno tramite l'utilizzo di più satelliti e sensori (LANDSAT, SPOT, NOAA, ecc.), da inserire tra i progetti INTERREG III.

Infine, ARPAT è coinvolta, quale possibile partner operativo, con l'Università di Pisa, il Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni (CNIT) e l'ASI, in un progetto presentato per lo studio del "colore" del mare con il satellite MERIS, di prossimo lancio, che rappresenta un'evoluzione del SeaStar.

#### **4.2.1 L'Osservatorio regionale**

L'impegno per la protezione e la prevenzione dell'inquinamento marino della Regione Toscana prevede, grazie anche ad un cofinanziamento con il Ministero dell'Ambiente – Servizio Difesa Mare in attuazione degli articoli 69 e 80 del D. Lgs. N. 112/1998, la prossima attivazione di un "Osservatorio regionale di controllo e prevenzione dell'inquinamento del mare toscano a supporto delle competenze del Ministero dell'Ambiente", che funzionerà in accordo con il Servizio di Protezione Civile, avvalendosi delle strutture e delle competenze professionali di ARPAT e La.M.M.A.

L'obiettivo è quello di attivare una struttura in grado di segnalare al Ministero dell'Ambiente i fenomeni di inquinamento marino di vario genere, individuando gli sversamenti in mare; il progetto nel suo insieme potrà contare sull'impiego di un battello attrezzato della Regione Toscana, con funzioni di controllo delle zone marine antistanti la costa continentale e le isole dell'Arcipelago toscano e potrà avvalersi di metodi di telerilevamento particolarmente avanzati, con l'utilizzo dei dati rilevati dal satellite LANDSAT o prodotti nell'ambito del progetto RAMSES per il monitoraggio degli sversamenti di petrolio in mare.

## 5 BIBLIOGRAFIA

1. OECD, 1993 - *Coastal Zone Management - Integrated Policies*. OECD, Paris: 19-124
2. Hinrichsen D., 1998 - *Coastal Waters of the World: trends, threats and strategies*. Island Press, Washington D.C. - Covelo, California: 275 pp.
3. Miller B.T., 1999 - *The living ocean*. Island Press Washington D.C. California: 214 pp.
4. EEA, 1999 - *Environment in the European Union at the turn of the century*. EEA, Environmental assessment report, n. 2:
5. Bucci M., Mazzoni M., Melley A., 1999 - *Verso il 1° Rapporto sui corpi idrici italiani*. ANPA - ARPAT
6. Bonadonna L., Bucci M., Di Girolamo I., Dottarelli P., Fabiani C., Gramaccioni L., Bozzelli M., Mazzoni M., Melley A., Oleari F., Rosini R., Sarti N., Vescovi U., Zapponi A., 2000 – *Le Pressioni ambientali e la balneazione. Un caso di studio: la Toscana*. In: Qualità delle acque di balneazione. Rapporto 1999. Ministero della Sanità, Sistema Informativo Sanitario, Roma
7. Bolognini L., Bonadonna L., Brun F., Bucci M., Colagrossi R., Coltelli E., Erbi G., Ferrari S., Gambassi F., Iozzelli M., Loi S., Macis S., Melley A., Meloni G., Mulas G., Strino V., Vescovi U., 2001 – *Pressioni ambientali e balneabilità. Emilia-Romagna, Marche, Sardegna, Toscana*. In: Qualità delle acque di balneazione. Rapporto 2000. Ministero della Sanità, Sistema Informativo Sanitario, Roma
8. Montanari G., Giovanardi F., Melley A., 2000 – *Gli indici trofici per le acque marine costiere*. ANPA, RTI CTN\_AIM 1/2000
9. ISTAT, 1998 – *Il processo di depurazione e la qualità delle acque reflue urbane. Anno -1993*. Istituto Nazionale di Statistica, Informazioni, n. 67: 184 pp.
10. PROAQUA, 1996 – *L'impatto sul servizio idrico della direttiva CEE 91/271 concernente il trattamento delle acque reflue urbane*. PROAQUA Istituto per studi e ricerche sui servizi idrici, Roma: 157 pp.
11. Nixon S.W., 1995 - *Coastal marine eutrophication a definition, social causes, and future concerns*. *Ophelia* **41**: 199-219
12. Vollenweider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G & Rinaldi, A., 1998 - *Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index*. *Environmetrics*, **9**: 329-357
13. Melley A., Innamorati M., Nuccio C., Piccardi R., Benelli M., 1998 – *Caratterizzazione e stagionalità delle mucillagini tirreniche*. *Biol. Mar. Medit.* **5** (1): 203-213
14. Innamorati M., 1992 – *Mucillagini e fitoplancton*. In: La crisi nel Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali. *Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica*, **9**: 61-80

15. Sartoni G., Sonni C., 1991 – *Tribonema marinum* J. Feldmann e *Acinetospora crinita* (Carmichael) Suvageau nelle formazioni mucillaginose bentoniche osservate sulle coste toscane nell'estate 1991. Infor. Bot. Ital., **23**: 23-30
16. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 1989 – *Gli episodi di "mare sporco" nell'Adriatico dal 1729 ai giorni nostri*. A cura di Fonda Umani S., E. Ghirardelli, M. Specchi. Uff. Stampa e Pubbliche relazioni della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Trieste, **I-VIII**: 1-178
17. AA.Vv., 1992 - *La crisi nel Mediterraneo in seguito alla fioritura di masse algali*. Acc. Int. Sci. Tecn. Sub. Ustica, **9**: 88 pp.