



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

Divisione Generazione ed Energy Management
Unità di Business di Torrevaldaliga Nord

DOMANDA DI AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE

CENTRALE TERMOELETTRICA DI TORREVALDALIGA NORD

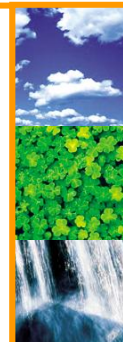
ASSETTO DI FUNZIONAMENTO A CARBONE

INTEGRAZIONI - ALLEGATO D7

Relazione sulla identificazione e quantificazione degli effetti delle emissioni in acqua e confronto con SQA per la proposta impiantistica per la quale si chiede l'Autorizzazione



00				Uso Pubblico
Rev				
04/06/2010	Prima emissione	Sotgiu (EAS) Cainer (AUT) Guastella (AUT)	Bracaloni (CI)	Ruggeri (DUB)
Data	Oggetto	Preparato da	Verificato da	Approvato da



Centrale Termoelettrica di TVN
INTEGRAZIONI - Allegato D7
A.I.A. - Assetto di funzionamento a carbone



1. PREMESSA

L'immissione in corpi idrici dell'acqua calda proveniente dai circuiti di raffreddamento di centrali termoelettriche mediante scarichi a cielo aperto è tipicamente condizionata dalla conformazione e dalle condizioni idrauliche degli stessi, dalle condizioni meteomarine tipiche del sito, oltre che dalle condizioni di esercizio degli impianti.

Il controllo sperimentale delle temperature, secondo le modalità stabilite dalla legislazione (DLgs 152/06, "Norme in materia ambientale", 3 aprile 2006 n.152 s.m.i.; "Metodi analitici per le acque: Metodologie per la determinazione dell'incremento di temperatura nelle acque marine a seguito di sversamenti di scarichi termici." n. 4, Ottobre - Dicembre 1993 e successivi), rappresenta uno strumento per la verifica, del rispetto della legislazione vigente e, conseguentemente, per la gestione della produzione di centrale.

2. ALLEGATI

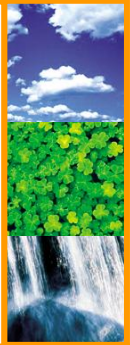
Per l'ALL.D7 relativamente all'identificazione e la quantificazione degli effetti delle emissioni in acqua e confronto con gli Standard di Qualità Ambientali (S.Q.A.) per la proposta impiantistica autorizzata con Decreto n.55/02/2003 del 24 dicembre 2003 e realizzata utilizzando le Migliori Tecniche al momento Disponibili (M.T.D.) individuate nell'ambito delle BREF's di settore, si allega lo stralcio del Capitolo 4 dello Studio di Impatto Ambientale.



Centrale Termoelettrica di TVN
INTEGRAZIONI - Allegato D7
A.I.A. - Assetto di funzionamento a carbone



Allegato 1
Capitolo "4.2.2 Ambiente idrico" dello Studio di
Impatto Ambientale di aprile 2002



Centrale Termoelettrica di TVN
INTEGRAZIONI - Allegato D 7
A.I.A. - Assetto di funzionamento a carbone





Microinquinanti

Per i microinquinanti selezionati con i criteri precedentemente indicati (ovvero essere presenti nelle emissioni di impianti con stessa tipologia, con concentrazione media superiore all'1% del limite di legge applicabile, decreto del 12 luglio 1990, ed essere presenti tra quelli considerati nelle " *Air Quality Guidelines for Europe*" - WHO), è stata calcolata la distribuzione al suolo delle medie annuali. Nel seguente prospetto si mettono a confronto i valori calcolati nel punto di massima ricaduta per la situazione attuale e per quella futura.

Microinquinanti

Prospetto di riepilogo dei valori massimi assoluti calcolati per la media annuale - Valori in ng/m³

Composto	Situazione attuale	Situazione Futura
As	0,21	0,18
Cr (totale)	0,33	0,23
Ni (totale)	3,67	0,14

Dai dati si riscontra una diminuzione delle concentrazioni al suolo dei tre composti considerati.

La distribuzione al suolo delle aree di ricaduta è la stessa indicata per i valori medi annuali degli ossidi di azoto. I processi di dispersione sono infatti gli stessi per i diversi composti considerati.

In conclusione si può affermare che la qualità dell'aria nel territorio in esame, che già risulta buona nella situazione attuale, subirà complessivamente, con la trasformazione a carbone della centrale, un ulteriore miglioramento.

Effetti sul microclima

Il flusso di calore in atmosfera, dovuto al normale funzionamento della centrale, è costituito dal calore sensibile dei fumi, dal calore latente connesso all'umidità dei fumi stessi e dal calore disperso nell'ambiente dalle superfici calde. La trasformazione dell'impianto non comporta variazioni apprezzabili di questo contributo e quindi sul microclima.

4.2.2 Ambiente idrico

4.2.2.1 Situazione ambientale attuale

Qualità delle acque

Temperatura

Un fattore che può influire sulla qualità delle acque del tratto di mare antistante la Centrale di Torrevaldaliga Nord è costituito dallo scarico degli effluenti connessi con il raffreddamento dell'impianto di produzione di energia elettrica.

Nel ciclo termico, la condensazione del vapore richiede un opportuno sistema di refrigerazione. Il raffreddamento dell'impianto in esame (sistema con circuito aperto) prevede che esso venga effettuato prelevando acqua dal mare (attraverso un'opera di presa (figura 4.2.2.1/l) con le finestre di captazione ubicate tra quota -8,5 e quota -13,0 m, facendola passare attraverso uno scambiatore di



della mineralizzazione degli scarichi risulta evidente non solo nella direzione anzidetta (S-E verso N-W) ma anche con la batimetria più profonda (da costa verso il largo). Con correnti insistenti verso Sud anche i fiumi Mignone e Marta, pur se in modo meno sensibile, contribuiscono a determinare la qualità delle acque. Le indagini effettuate dall'Enel hanno fornito i seguenti valori medi relativi ai principali parametri analizzati.

I valori dell'ammoniaca e dei nitrati sono risultati più elevati in inverno ($21,4 \div 32,5 \mu\text{g/l}$ e $22,0 \div 49,0 \mu\text{g/l}$) rispetto all'estate ($4,9 \div 24,5 \mu\text{g/l}$ e $4,5 \div 9,1 \mu\text{g/l}$); nitriti e ortofosfati non presentano differenze significative tra le due stagioni, i primi hanno valori medi compresi tra $1,9 \div 5,5 \mu\text{g/l}$ mentre i secondi tra $8,4 \div 14,9 \mu\text{g/l}$.

Le concentrazioni di ossigeno disciolto sono risultate elevate in tutte le indagini effettuate e comprese mediamente tra $7,3 \text{ mg/l}$ in superficie e $7,9 \text{ mg/l}$ sul fondo. Neppure nelle ore mattutine, in cui si presenta il minimo giornaliero, la concentrazione si abbassa a valori in qualche modo pregiudizievoli per la vita acquatica; pertanto la forte produttività della zona non sembra comportare il rischio dell'insorgenza di situazioni distrofiche.

Il confronto delle concentrazioni di ossigeno tra zona e zona, indicativo di eventuali effetti dell'esistente scarico termico, non ha fornito indicazioni apprezzabili nelle zone più direttamente influenzate dal pennacchio termico. Solamente in una piccola area antistante lo scarico si assiste ad una lieve diminuzione ($6,5 \text{ mg/l}$). È opportuno comunque notare che tale effetto, derivante dal funzionamento della centrale, si verifica in quanto l'ossigeno è presente in concentrazioni prossime alla saturazione, senza pregiudizio della qualità dell'acqua.

Nella zona di mare interessata dalla presenza dell'impianto la qualità dell'acqua mostra evidenti segni di apporti eutrofizzanti; i nutrienti sono più o meno marcatamente presenti a seconda delle condizioni oceanografiche. Non si sono tuttavia osservati i sintomi negativi dell'eutrofizzazione, quali fenomeni di carenza di ossigeno, scarsa trasparenza dell'acqua, ecc.; evidentemente la forte produzione di ossigeno sul fondo, dovuta alla vegetazione bentonica, e l'accentuato ricambio della zona sono sufficienti a mantenere la qualità dell'acqua ad un livello buono.

I campionamenti eseguiti dall'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" in diversi transetti, dei quali uno, tra Civitavecchia e il fiume Mignone, evidenziano che la concentrazione di ossigeno decresce con la profondità fino alla batimetria di circa 300 metri, per poi assumere valori pressoché costanti intorno a 4 mg/l .

L'ossigenazione diminuisce per salinità crescenti e questo si verifica fino all'isobata di 300 metri. Dai dati raccolti si evidenzia la stratificazione di acque superficiali più ossigenate ed a salinità inferiore su acque più salate e meno ossigenate, caratterizzate da valori di saturazione dell'ordine del 75%, che restano praticamente invariati anche a profondità maggiori.

Nei pressi della centrale, l'apporto idrico di maggiore interesse è rappresentato dal fiume Mignone, le cui acque sono classificate, sulla base di poche indagini effettuate, come ciprinicole.

I valori di BOD5 nell'arco dell'anno oscillano tra un minimo di 1,9 mg/l di ossigeno in febbraio e un massimo di 9 mg/l agosto.

Alla foce del Mignone, tra gli anni 1996 e 1998, la salinità oscillava tra 23,5 e 34,0‰ e la situazione dal punto di vista batteriologico, riscontrata a 500, 1.000 e 3.000 metri dalla costa, si presentava con caratteristiche qualitative migliori (ICRAM 1996-1999) rispetto ai valori riscontrati, nello stesso periodo, dalle analisi batteriologiche (coliformi totali, coliformi fecali e streptococchi fecali) effettuate in corrispondenza della foce del Fiora e del Marta, con un massimo, in quest'ultima località, di 18.000 coliformi totali per 100 ml.

4.2.2.2 Analisi previsiva dell'impatto con la trasformazione dell'impianto

Qualità delle acque

Temperatura

La dispersione delle acque di raffreddamento della Centrale di Torrevaldaliga Nord risulta influenzata dalle modifiche di assetto delle opere a mare nella zona antistante l'impianto così come previste dal progetto di ampliamento del Porto di Civitavecchia, in particolare, per la parte riguardante la nuova darsena energetica e grandi masse.

Le opere di presa e di scarico della Centrale di Torrevaldaliga Nord non sono direttamente coinvolte dal progetto e non subiranno modifiche, ma sono comunque interessate dal cambiamento indotto e dalle rilevanti modifiche apportate alle condizioni di presa e di scarico della vicina Centrale di Torrevaldaliga Sud (di proprietà Interpower).

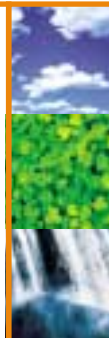
Attualmente la Centrale di Torrevaldaliga Sud scarica le acque di raffreddamento in vicinanza del Porto di Civitavecchia mediante due diffusori a pelo libero. Con la costruzione della nuova darsena energetica e grandi masse e di un nuovo molo di sopraflutto, è stato previsto che gli attuali due diffusori saranno riportati in un unico scarico posizionato all'esterno del suddetto molo di sopraflutto, così da impedire il verificarsi di fenomeni di ricircolo termico, mentre l'opera di presa è prevista all'interno della darsena.

La presenza delle nuove opere portuali comporterà, dunque, per la Centrale di Torrevaldaliga Sud una modifica nella dislocazione dello scarico e nella forma del pennacchio termico che potrebbe interferire sia con lo scarico sia con la presa della centrale di Torrevaldaliga Nord, situati immediatamente all'uscita della darsena.

Alla luce di tali modifiche sono state pertanto eseguite le modellazioni matematiche per valutare la distribuzione spaziale della perturbazione complessivamente indotta nei campi di moto e nel campo termico dagli scarichi delle Centrali di Torrevaldaliga Nord e Torrevaldaliga Sud.

Lo studio, condotto da Enel Hydro e riportato in allegato 4.2.2/I, è stato impostato considerando il progetto di Variante al Piano Regolatore Portuale di Civitavecchia, recentemente approvato dal Ministero dell'Ambiente, e valutando inoltre:

- la presenza di un molo di sottoflutto che, oltre a ridurre l'ampiezza della bocca di ingresso alla darsena, si prolunga sin quasi davanti l'opera di presa della Centrale di Torrevaldaliga Nord, a 300 m dalla corrispondente opera di scarico;





- lo spostamento della banchina polifunzionale di riva (nuove banchine carbone e gessi) a ridosso delle attuali opere di scarico della Centrale di Torrevaldaliga Sud e il conseguente riempimento di una porzione di darsena prima disponibile allo scarico;
- la trasformazione della Centrale di Torrevaldaliga Sud, con il nuovo assetto costituito da 3 gruppi a ciclo combinato e un quarto gruppo a gasolio di riserva;
- il miglioramento del 10% nel rendimento dei gruppi della Centrale di Torrevaldaliga Nord, con la conseguente riduzione del calore ceduto alle acque di raffreddamento (incremento termico dello scarico ridotto a $7,65^{\circ}\text{C}$).

Lo studio è stato dunque condotto per analizzare la dispersione termica delle due centrali nelle condizioni meteomarine e di ventosità caratteristiche del sito, secondo due diverse ipotesi critiche di direzione del vento e di corrente marina (vento da nord ovest e corrente verso nord ovest o sud est), ed è stato sviluppato con il codice tridimensionale idrostatico TRIMDI, usualmente impiegato per questo tipo di analisi.

Lo studio ha verificato la nuova configurazione del campo termico superficiale, di interesse per gli effetti di scambio termico con l'atmosfera, e medio nello strato di tre metri sotto la superficie, in ottemperanza alla vigente normativa ambientale vigente, entrambi rispetto alla temperatura ambiente.

Lo studio ha inoltre rappresentato il campo di moto in superficie ed alla quota media delle opere di presa, per valutare la possibile interferenza delle nuove opere portuali con l'opera di presa della Centrale di Torrevaldaliga Sud, in relazione all'instaurarsi di eventuali condizioni di ricircolo termico dello scarico della Centrale di Torrevaldaliga Nord.

L'ipotesi di corrente verso nord ovest e vento da nord ovest comporta gli effetti contrastanti di vento e corrente e rappresenta la condizione peggiore agli effetti dell'allargamento del pennacchio della Centrale di Torrevaldaliga Nord e della diminuzione dell'efficienza di mescolamento. La corrente tende in tal caso ad allontanare il pennacchio dalla bocca di darsena mentre il vento esercita, superficialmente l'azione opposta. Per effetto delle due spinte contrastanti, i due pennacchi rimangono ben distinti e paralleli all'asse dello scarico, fondendosi solo alle isoterme tra $+0,5^{\circ}\text{C}$ e $+1^{\circ}\text{C}$. Per il pennacchio termico della Centrale di Torrevaldaliga Nord, l'isoterma $+3^{\circ}\text{C}$, nello strato medio di 3 metri, si sviluppa a circa 550 metri dallo scarico.

Con corrente verso sud est il pennacchio della Centrale di Torrevaldaliga Nord è spinto dall'effetto contemporaneo di vento e corrente verso la darsena, ciò rappresenta le condizioni più critiche per i fenomeni di ricircolo alla presa della Centrale di Torrevaldaliga Sud, ma la spinta combinata, trasversale al getto, comporta un aumento della diluizione turbolenta nella zona iniziale, con inglobamento di acqua fredda e notevole riduzione delle dimensioni del pennacchio. I risultati della modellizzazione mostrano come i pennacchi restano, anche in tal caso, ben distinti anche per bassi valori di incremento termico. Il pennacchio dello scarico della Centrale di Torrevaldaliga Nord ha una limitatissima intromissione in darsena al termine del molo di sopraflutto e presenta un forte spostamento verso sud est, con l'isoterma $+3^{\circ}\text{C}$ nello stato medio di 3 metri a circa 500 metri dalla bocca di uscita.

In entrambi i casi il campo di moto mostra che l'acqua tende ad entrare in darsena negli strati superficiali e ad uscirne negli strati profondi, non essendo presente la spinta idraulica degli attuali scarichi della Centrale di Torrevaldaliga Sud, e che il ricircolo di acqua calda dallo scarico della Centrale di Torrevaldaliga

Nord, alla quota della presa in darsena della stessa centrale, è ad isoterme inferiori a $+0,10 / 0,05^{\circ}\text{C}$.

L'analisi dei flussi termici, condotta per valutare il ricircolo di acqua dagli scarichi alle prese delle due centrali termoelettriche, mostra valori del soprizzo termico pari a $0,43^{\circ}\text{C}$ per Torrevaldaliga Sud e $0,25^{\circ}\text{C}$ per Torrevaldaliga Nord, in condizioni meteomarine stazionarie peggiorative.

L'analisi dei risultati ottenuti con la modellazione eseguita consente dunque di poter affermare che, rispetto a precedenti ipotesi di modifica della opere portuali, le nuove soluzioni progettuali concorrono ad un sostanziale miglioramento della situazione relativa alla dispersione termica in mare.

I pennacchi termici delle due centrali sono di fatto disaccoppiati e non si hanno significative probabilità di ricircolo; inoltre, nel nuovo assetto dei gruppi della Centrale di Torrevaldaliga Nord, risulta garantito il rispetto dei limiti di legge, anche nelle condizioni più critiche e in particolare, si ha un arretramento del pennacchio caldo per effetto del minore calore scaricato (dell'ordine dei 100 m per l'isoterma a $+2^{\circ}\text{C}$) e una minima influenza sulle opere di presa della Centrale di Torrevaldaliga Sud.

Idrochimica

Nel quadro degli interventi previsti per la trasformazione a carbone della Centrale di Torrevaldaliga Nord, è stato predisposto un nuovo progetto per il circuito delle acque, fortemente orientato alla massimizzazione dei recuperi interni delle acque reflue trattate e di conseguenza alla minimizzazione dei prelievi della risorsa idrica dall'ambiente, come descritto in dettaglio nel Quadro di Riferimento Progettuale.

Per produrre l'acqua industriale necessaria al funzionamento dei nuovi impianti di desolfurazione, verrà installato un impianto di dissalazione dell'acqua di mare che potrà essere del tipo a membrana, preceduto da un idoneo pretrattamento di filtrazione, oppure del tipo ad evaporazione termica. Si tratta di due tecnologie di analoga efficacia, molto diffuse in ambito internazionale.

In entrambi i processi l'acqua di mare viene concentrata di 1,5 - 2 volte e la salamoia che ne deriva viene poi rilasciata, restituendo in pratica il solo carico salino entrante, così come già avviene per la salamoia prodotta dall'evaporatore attualmente presente in testa al circuito dell'acqua demineralizzata di raffreddamento. Tali flussi ammontano a circa $3.150.000 \text{ m}^3/\text{anno}$.

Tutti gli eventuali reflui dell'isola produttiva e dei desolficatori non recuperati saranno avviati ad un impianto di depurazione di nuova realizzazione, posto in serie al disoleatore per il trattamento delle acque potenzialmente inquinabili da oli ed al trattamento biologico delle acque derivanti dai servizi igienici. Tale impianto, strutturato come precedentemente descritto, consente la modulazione del pH nelle vasche di reazione e la rimozione dei metalli disciolti negli spurghi della desolfurazione (rimossi come precipitati nel chiarificatore). La stazione finale di filtrazione garantisce poi la rimozione di eventuali residui di solidi sospesi. Il flusso proveniente da questo impianto è stimato in circa $1.270.000 \text{ m}^3/\text{anno}$.

Data la prevista configurazione dei trattamenti e degli scarichi sopra riportata, si nota come le maggiori differenze rispetto alla situazione attuale siano costituite dall'aumento delle salamoie (scarichi dei processi fisici di evaporazione e dissalazione), dall'aumento della portata di scarico proveniente dal sistema di trattamento integrato chimico - fisico, dovuto alla presenza degli spurghi di desolfurazione e dalla sensibile riduzione degli apporti con potenziale presenza di oli.





Le caratteristiche chimiche previste per le acque scaricate dalla centrale nel nuovo assetto, oltre ad essere compatibili con i limiti previsti dalla vigente legislazione in materia di recapito di effluenti liquidi nelle acque superficiali, non incidendo sostanzialmente sul carico organico, né comportando apporti eutrofizzanti di rilievo, non interferiranno rispetto alle tipiche criticità sulla qualità delle acque del tratto di mare antistante, così come precedentemente delineata.

Ovviamente sarà cura di Enel Produzione adottare tutti i necessari sistemi di monitoraggio degli effluenti di centrale per garantire il pieno rispetto delle vigenti disposizioni in materia ambientale (D.Lgs. 152/99 e successive modifiche ed integrazioni).

4.2.3 Suolo e sottosuolo

4.2.3.1 Caratterizzazione delle componenti

Dall'esame della Carta dei Suoli d'Italia (Mancini F., 1966a e 1966b), emerge che l'area di interesse è caratterizzata dalle seguenti associazioni di suoli:

- a) suoli bruni mediterranei, suoli lisciviati e litosuoli;
- b) regosuoli e vertisuoli;
- c) andosuoli e litosuoli;
- d) suoli bruni calcarei, rendzina e suoli bruni lisciviati;
- e) vertisuoli e suoli alluvionali;
- f) suoli rossi mediterranei, suoli bruni e litosuoli;
- g) suoli alluvionali.

a) suoli bruni mediterranei, suoli lisciviati e litosuoli

Si tratta di suoli su substrato roccioso, talvolta affiorante, di varia natura. Tale substrato è frequentemente costituito da rocce eruttive (ad esempio granito), sedimentarie (arenarie e argille), metamorfiche (gneiss, micascisti, filladi, ecc.) e di rado risulta costituito da calcari.

I suoli bruni mediterranei, presenti in prevalenza sui pendii, hanno un orizzonte umifero superficiale decisamente rilevante, specialmente sotto macchia densa o lecceta.

I suoli lisciviati, che tendono ad occupare i pianori, mostrano l'orizzonte A2 ben evidente: si tratta probabilmente di suoli di origine più antica e non di rado mostrano in profondità tracce di idromorfia. Sono, inoltre, presenti tutti gli stadi di passaggio ai suoli lisciviati a pseudogley.

I litosuoli non costituiscono un'elevata percentuale della superficie occupata dall'associazione.

Questa associazione occupa la maggiore superficie all'interno dell'area di studio, comprendendo anche l'area industriale in cui è ubicato l'impianto termoelettrico da trasformare.

b) regosuoli e vertisuoli

Associazione tipica del Pliocene marino argilloso e limoso (*facies piacentiana*). In particolare i regosuoli si possono ritrovare soprattutto in presenza di forti pendenze con forme calanchive. I vertisuoli, invece, sono maggiormente presenti dove i pendii risultano meno accentuati ed il substrato è fortemente argilloso, con una mineralogia dominata da specie a reticolo espandibile.

L'associazione si sviluppa su una superficie piuttosto estesa, a Nord dell'area considerata, ed è attraversata dal fiume Mignone.



Ambiente acquatico

Acque marine

La concentrazione di clorofilla non è alta e varia tra 0,6 e 3,3 mg/m³ in inverno e tra 0,3 e 1,2 mg/m³ in estate; per quanto riguarda la sua distribuzione spaziale subisce un lieve decremento nelle immediate vicinanze dell'opera di scarico della centrale termoelettrica, seguito da un incremento nella fascia marina più al largo.

Anche la produttività primaria fitoplanctonica viene rilevata con valori medi non elevati, compresi tra 0,5 mgC/m³·h (in inverno) e 1,75 mgC/m³·h (in estate); questo parametro tuttavia risente del livello di disponibilità di nutrienti inorganici e può mostrare, con correnti superficiali dirette a N-W, anche valori decisamente più elevati, con un andamento spaziale in calo procedendo verso Punta S. Agostino.

Un'indagine relativa alla comunità zooplanctonica costiera è stata effettuata dall'Enel negli anni 1988-89 nel tratto di mare antistante la Centrale di Torrevaldaliga Nord con campionamenti in quattro stazioni con cadenza quindicinale. Da quanto è stato osservato emerge una sostanziale omogeneità della comunità zooplanctonica osservata; non risulta possibile, infatti, riconoscere una "risposta" particolare ai cicli stagionali da parte di qualcuna delle zone studiate. Se si considerano, però, le biomasse zooplanctoniche utilizzando la densità della componente a Copepodi, come sempre largamente dominante, e se ne osserva l'andamento temporale, si nota come, ferma restando una sostanziale omogeneità dell'area, le maggiori abbondanze si registrano nelle zone al largo (circa un miglio) del Porto di Civitavecchia e del refluo della Centrale di Torrevaldaliga Nord. In particolare è da sottolineare che in quest'ultima zona sono stati rilevati due dei picchi di abbondanze più elevati nel corso dei due anni di indagini. I valori osservati, tra l'altro, sono da considerarsi elevati sia per l'ambiente di studio sia in assoluto.

Sulle coste laziali sono state effettuate numerose indagini sulle biocenosi bentoniche dall'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" con la collaborazione della Regione Lazio. I risultati delle indagini sono stati pubblicati nel 1996. Altri studi sono stati svolti specificatamente sul benthos delle coste laziali (citati in Taramelli, Rivosecchi et al., 1990). Le indagini condotte sui fondi duri sono relative alla zona di Civitavecchia e ad alcuni substrati artificiali, mentre i fondi molli sono stati principalmente studiati in alcune aree del Lazio Settentrionale ed in corrispondenza della foce del Tevere.

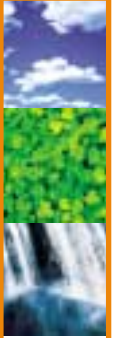
I fondi molli della fascia costiera esaminati (0-7 m) afferiscono sostanzialmente alla biocenosi delle sabbie fini degli alti livelli (SFHN) (Péres e Picard, 1964; Meinesz et al., 1983). Questa si presenta nel suo aspetto tipico soprattutto a Fregene, a Torre Flavia (5 m) e a Terracina (1 m), dove dominano le specie caratteristiche quali i Bivalvi *Donax semistriatus*, *Donax trunculus*, *Tellina tenuis*, *Lentidium mediterraneum*; a queste si aggiungono le specie sabulicole *Glycera tridactyla*, *Chamelea gallina*, *Diogenes pugilator*, preferenziali della suddetta biocenosi. Nei livelli più superficiali (1 m) il popolamento si presenta spesso impoverito, sia in termini di ricchezza specifica che di abbondanza, in conseguenza delle selettive condizioni idrodinamiche. Alla batimetria di 5 m (soprattutto a Sabaudia) la presenza di elementi caratteristici della biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (*Bathyporeia guilliamsoniana*, *Nassarius mutabilis*, *Liocarcinus zariquiey*, *Glycera tridactyla* e *Anaitides mucosa*) testimonia la

transizione verso quest'ultima biocenosi. A Fregene e Terracina gli Anfipodi *Ampelisca brevicornis*, *Bathyporeia guilliamsoniana* e *Bathyporeia megalops* denotano la presenza di sabbia fine, mentre nel transetto del Fiora *Pontocrates altamarinus* indica la presenza di sabbie più grossolane. Per quanto riguarda i fondi molli della Fascia del Largo (8 - 110 m), i popolamenti zoobentonici risultano distribuiti in diverse biocenosi in relazione al gradiente di profondità ed al tipo di substrato.

Nella fascia batimetrica tra 8 e 15 m domina la biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC), distribuita prevalentemente a Nord del Tevere, tra Focene e Ladispoli, e a Nord del Circeo fino ad Anzio. Facies a *Spisula subtruncata*, bivalve caratteristico di questa biocenosi, sono evidenziabili di fronte ad Anzio ed al largo di Sabaudia. Oltre a specie tipicamente sabulicole (*Nephtys hombergii*, *Tellina pulchella*) si trovano alcuni elementi limicoli (*Glycera unicornis*, *Abra alba*) lungo le coste del Lazio settentrionale, come ad esempio tra le foci dei fiumi Mignone e Fiora. Un fondo ad *Owenia fusiformis* è presente su sabbie infangate in corrispondenza di Torre Astura. Popolamenti di fondo duro sono presenti soprattutto a Nord, come nella zona tra S. Severa e Civitavecchia, ma anche di fronte a Torre Astura, dove è in genere insediata la Posidonia.

I popolamenti delle sabbie procedono fin verso i 20 metri, con l'aggiunta di specie sabulicole tolleranti e tendenzialmente limicole (*Ampelisca typica*, *Nephtys hombergii*, *Melinna palmata*, *Abra alba*, *Nucula nucleus*), che testimoniano la contemporanea presenza di una frazione più fine del sedimento. Tra i 20 e 30 metri si estende la fascia ecotonale tra le sabbie ed il fango, che risulta colonizzata da un popolamento zoobentonico misto. Specie frequenti nei sedimenti sabbiosi (*Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergii*, *Tellina nitida*) si accompagnano a specie comuni nei fanghi terrigeni costieri (VTC) (*Turritella communis*, *Paralacydonia paradoxa*, *Laonice cirrata*, *Sternaspis scutata*), alle quali si aggiungono varie specie tipiche dei sedimenti misti (*Corbula gibba*, *Nucula nitidosa*). Alcune zone rocciose isolate sono presenti lungo le coste settentrionali a Nord e a Sud di Civitavecchia in prossimità del margine inferiore della Posidonia, che in quest'area è costituita prevalentemente da fasci isolati e "matte" morta (Ardizzone e Belluscio, 1996). Tipici popolamenti di sedimenti misti e substrati duri sono da segnalare in corrispondenza della Posidonia a largo del Lago di Fogliano. Alcuni elementi tipici del detritico costiero e del detritico infangato, soprattutto tra i Molluschi (*Plagiocardium papillosum*, *Tellina balaustina*, *Pitar rudis*, *Dentalium inaequicostatum*), caratterizzano l'area di regressione della Posidonia estesa a Sud del Circeo. È infine da ricordare l'area intorno alla foce del Tevere, dove elementi caratteristici della biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (*Sternaspi scutata*, *Goniada maculata*) dominano già a 20 metri di profondità per l'influenza degli apporti fluviali. In misura più ridotta questi effetti si denotano anche in corrispondenza delle foci dei fiumi Marta e Mignone.

Nella fascia tra i 30 e i 50 metri sono ancora presenti popolamenti zoobentonici misti tra S. Severa e Torre Astura. Elementi con affinità per i sedimenti più grossolani e misti (*Glycera lapidum*, *Corbula gibba*) e preferenziali dei fondi detritici (*Tellina serrata*, *Aponuphis brementi*) testimoniano la presenza di aree occupate dal detritico infangato (DE) distribuite a Nord, ad esempio di fronte a Tarquinia, a S. Marinella e tra Torre Astura e il Lago di Caprolace. La biocenosi del detritico infangato è inoltre insediata a Sud del Circeo soprattutto al largo di Terracina, oltre il limite della Posidonia. Il tipico VTC è presente soprattutto in corrispondenza della foce del Tevere, ma anche più a Sud, come tra Anzio e il Circeo.





Oltre i 50 metri il limitato numero di campioni ha consentito di evidenziare popolamenti tipici dei fanghi ai quali si aggiungono aree di detritico infangato e di sedimenti misti, soprattutto a Sud del Circeo. I Policheti dominano, in termini sia di ricchezza specifica che di abbondanza, sulle altre frazioni del popolamento zoobentonico quali Molluschi ed Anfipodi, che risultano assai ridotte a queste profondità, rispetto ai livelli più superficiali.

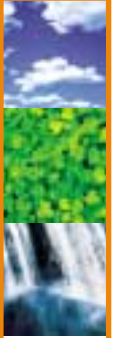
Nell'infralitorale, tra 1 e 5-6 metri di profondità si accentuano le differenze tra i popolamenti bentonici dei tre transetti. A Capo Linaro il fitobenthos si presenta con la "facies" caratterizzata dalla feoficea *Cladostephus spongiosus* e da altre specie (*Halopteris scoparia*, *Padina pavonica*, *Codium vermilara*) che tipicamente si insediano su fondi rocciosi dove si accumulano anche notevoli quantità di sedimento che resta intrappolato nell'intreccio dei loro talli. I massi di maggiori dimensioni sono ricoperti prevalentemente da corallinacee incrostanti accompagnate da ricci. L'insieme descritto costituisce un mosaico delle biocenosi della roccia infralitorale di moda calma (RIPC) e delle rodoficee calcaree incrostanti e ricci (RCEO) (Meinesz et al., 1983).

Il popolamento zoobentonico è formato in generale dalle specie tipiche dei substrati rocciosi fotofili di moda semiesposta, soggetti a debole idrodinamismo (Bellan Santini, 1969). Un primo insieme di specie, associate direttamente al substrato roccioso, comprende alcuni erbivori, come i Molluschi *Chiton olivaceus* e *Achantochitona aenea*, e alcuni sospensivori, come i Policheti Sabellidae e il gasteropode *Vermetus triquetrus* che con le sue conchiglie forma uno strato irregolare sulla roccia, contribuendo non poco all'eterogeneità del substrato. Sono presenti inoltre numerosi molluschi endobionti, come *Striarca lactea*, *Irus irus*, *Cardita calyculata*. Importante è inoltre la presenza dei Policheti Serpulidae, anch'essi costruttori di tubi calcarei, ma che in questo caso sono risultati poco numerosi e soprattutto allo stadio giovanile. Un secondo gruppo più eterogeneo comprende il maggior numero di specie che sono associate sia al tappeto algale che allo strato algale eretto: tra i Policheti *Syllis prolifera*, *Syllis armillaris*, *Nereis jacksoni*, *Platynereis dumerilii* e *Perinereis cultrifera*; tra gli Anfipodi *Amphitoe ramondi* e *Elasmopus pocillimanus*, associate allo strato arborecente, e *Maera inaequipes*, preferenziale della componente algale più sciafila. L'eterogeneità del substrato viene inoltre testimoniata dalla presenza di specie ad ampia valenza ecologica, ma preferenziali dei fondi molli (*Eunice vittata*, *Lysidice ninetta* tra i Policheti).

Tra gli Anfipodi, *Corophium sextonae* è specie in grado di costruire tubi con particelle fini, aderendo ad alghe, Idroidi ed altri organismi sessili. Alla maggiore profondità esaminata (10 m), alle specie legate ai biotopi algali fotofili se ne aggiungono altre tipicamente sciafile e normalmente frequenti nelle formazioni coralligene del piano circalitorale (*Eunice torquata*) o legate alla presenza di interstizi (*Striarca lactea*, *Chama gryphoides*, *Haplosyllis spongicola*, ecc.). In tali strati più profondi, dove è prevalente una copertura algale incrostante (*Pseudolithophyllum expansum*, *Peyssonnelia* spp.), che determina la formazione di interstizi favorendo il trattenimento di particelle fini, la componente a Policheti risulta dominante e maggiormente diversificata. Al contrario, la distribuzione degli Anfipodi è tendenzialmente legata alle batimetriche più superficiali, ove lo strato algale arborecente ha una maggiore importanza. L'insieme risulta ascrivibile al popolamento sciafilo infralitorale su roccia con concrezionamento biologico (Meinesz et al., 1983). Una situazione opposta si riscontra invece al Circeo, dove la parete verticale termina a 6 metri di profondità su un fondo sabbioso. Nell'infralitorale, tra 1 e 5 metri, le associazioni fitobentoniche si discostano solo in parte dalle situazioni tipiche dei biotopi algali

di moda battuta (Bellan Santini, 1969; Meinesz et al., 1983). Le condizioni ambientali in questo transetto non sembrano particolarmente alterate, data la presenza del *Cystoseiretum strictae* in superficie ed i valori abbastanza buoni degli indici ecologici (ID medio = 1,9; R/P medio = 4,5). Per quanto riguarda il popolamento zoobentonico, numerose sono le specie associate al tappeto algale ed allo strato algale eretto, come, tra i Policheti, diversi *Syllidae* e *Nereidae*. Le poche specie distribuite anche nei fondi molli, rappresentate prevalentemente dagli Anfipodi *Corophium acutum* e *Corophium sextonae*, sono associate al sedimento che si deposita nel sottostrato algale. Un concrezionamento originato dai tubi dei policheti *Sabellaria alveolata* e *Sabellaria spinulosa* condiziona infine il substrato roccioso a 5 m, sostituendo in parte il popolamento vegetale. Anche in questo transetto, il popolamento a Policheti presenta un incremento nella ricchezza specifica con il procedere della profondità, mentre il contrario si verifica per gli Anfipodi, in assenza di una ricca componente vegetale. Nel transetto di Gaeta il popolamento algale infralitorale tra 1 e 6 metri non corrisponde a nessuno di quelli fotofili conosciuti, ma presenta aspetti sciafili anche nei livelli più superficiali. Un fattore causale importante di questa instabilità ambientale è sicuramente di tipo edafico, riconducibile all'elevato grado di torbidità dell'acqua, l'identificazione delle cui cause richiede ulteriori ricerche. Specie algali come *H. scoparia* e *P. pavonica*, tolleranti la presenza di sedimento, sono infatti abbondanti a questi livelli. L'insieme di tali condizioni si riflette sulla componente zoobentonica. Alle specie tipicamente ascrivibili ai popolamenti algali fotofili e già trovate nei precedenti transetti (*Syllis prolifera*, *Amphiglena mediterranea*, *Platynereis dumerilii*, *Perinereis cultrifera*, *Elasmpus pocillimanus*, *Caprella acanthifera*) vanno infatti aggiunte quelle che sono preferenzialmente legate ai substrati rocciosi del Circolitorale (i Policheti *Lumbrinereis coccinea* e *Chrysopetalum debile*) ed inoltre quelle reperibili anche nei fondi molli (tra gli Anfipodi *Corophium acutum* e *Corophium sextonae*, tra i Policheti *Ophiodromus pallidus* e *Kefersteinia cirrata*). Alle maggiori profondità esaminate (12 e 15 m) domina una componente sciafila nei popolamenti sia floristici che faunistici. La copertura quasi totale presentata da varie specie di alghe rodoficee del genere *Peyssonnelia* non consente di individuare nessuna caratteristica associazione fitobentonica. La componente faunistica risulta impoverita rispetto ai livelli più superficiali, soprattutto per la riduzione di specie legate alla frazione algale. Questa riduzione non viene compensata dalla comparsa di specie legate ai fondi molli, né di quelle frequenti nel Coralligeno; ciononostante il popolamento presente si potrebbe attribuire all'*Udoteo Aglaothamnetum tripinnati* che afferisce alle biocenosi sciafile infralitorali su roccia senza concrezionamento biologico (Meinesz et al., 1983).

Per quanto riguarda invece i fondi duri, i popolamenti zoobentonici delle coste laziali presi in esame si presentano nel complesso ben strutturati, con dominanza di singole specie tipicamente fotofile. Lungo il transetto di Capo Linaro, l'assenza dei popolamenti a *Cystoseira* probabilmente non è legata a fenomeni di inquinamento, ma a fattori edafici, in particolare alla conformazione del fondo. Questo degrada dolcemente verso il largo, presentando una superficie assai irregolare e non consente l'insediamento e la strutturazione di tipiche fitocenosi dell'infralitorale roccioso. Nella frangia infralitorale a Capo Linaro la specie dominante è *Mitilaster minimum* che si adatta a situazioni di idrodinamismo ridotto. Nell'infralitorale tra 1 e 5-6 metri di profondità si accentuano le differenze tra i popolamenti bentonici dei tre transetti. A Capo Linaro il fitobenthos





si presenta con "facies" caratterizzata dalla feoficea *Cladostephus spongiosus* che tipicamente si insedia su fondi rocciosi. Il popolamento zoobentonico è formato da specie tipiche dei fondali rocciosi e fotofili soggetti a debole idrodinamismo (Bellan, Santini, 1969). Un primo insieme di specie, associate direttamente al substrato roccioso, comprende alcuni erbivori come i molluschi *Chiton olivaceus* e alcuni sospensivori come i Policheti Sabellide e il gasteropode *Vermetus triquetrus*. Sono presenti numerosi molluschi endobionti come *Striarca lactea*. Importante è inoltre la presenza dei policheti *Serpulidae*, costruttori di tubi calcarei. Un secondo gruppo più eterogeneo comprende numerose specie associate al tappeto algale soprattutto Policheti e Anfipodi. Alla maggior profondità esaminata (10 m) alle specie fotofile si aggiungono specie sciafile es. *Eunice torquata* e *Striarca lactea*. In tali strati profondi dove è prevalente una copertura algale incrostante la componente a Policheti risulta dominante, al contrario la distribuzione degli Anfipodi è legata alle batimetrie più superficiali dove lo strato algale arborescente ha maggiore importanza. L'insieme risulta ascrivibile al popolamento sciafalo infralitorale su roccia con concrezionamento biologico (Meinesz et al., 1983).

Per quanto riguarda le praterie di *Posidonia oceanica*, lungo la costa che conduce fino al porto di S. Marinella, il fondale si presenta dominato da "matte" morta di *Posidonia*, con ampi catini e canali di sabbia (specialmente intorno i 15-16 m). La "matte" presenta a tratti alti scalini (specialmente intorno i 12-13 m). *Posidonia* è presente con fasci isolati o macchie sparse; macchie con copertura maggiore, fino al 30%, sono presenti intorno i 14-15 m di profondità. Avvicinandosi verso il porto di S. Marinella sono presenti ancora basse formazioni rocciose, sempre tra abbondante "matte" morta.

I fondali di Capo Linaro si presentano prevalentemente rocciosi già a partire dai primissimi metri di profondità. La roccia appare più compatta rispetto alle zone precedenti, ma sempre di natura organogena, molto articolata e frastagliata. Macchie di *Posidonia* sono presenti per lo più su roccia fino a 10 m (copertura inferiore al 10%), anche in catini o buche di sabbia oltre questa profondità, con copertura che intorno gli 11 m arriva al 30-40%. Il fondale degrada poi ripidamente da 11-12 m fino a circa 29 m, ancora con roccia. Oltrepassato Capo Linaro e proseguendo verso Nord fino a Civitavecchia, il fondale si presenta ancora roccioso, con ampi canali di sabbia. Macchie di *Posidonia* più o meno grandi sono evidenti sia nei catini che sulla roccia, con copertura che raramente supera il 20%. Oltre Civitavecchia e fino alla foce del Mignone il fondale presenta caratteristiche pressoché simili a quanto visto finora. Oltre i 15 metri, il popolamento dei fondi duri acquista il tipico aspetto del precoralligeno, con presenza della gorgonia *Eunicella cavolinii*. La *Posidonia* è presente sempre con macchie più o meno grandi sia nei catini di sabbia che sulla roccia. Il fondale antistante la foce del Mignone si presenta prevalentemente sabbioso, anche se, soprattutto al largo, sono presenti affioramenti rocciosi che risalgono verso la superficie. I fondali antistanti Punta della Quaglia mostrano intorno ai 12-13 metri ancora un mosaico di sabbia con *Posidonia* (copertura pari a circa il 30%) e basse formazioni rocciose; oltre i 15 metri queste ultime assumono l'aspetto di vere e proprie secche rocciose. Oltre i 17-18 m la *Posidonia* si presenta ancora a rade macchie, sia su roccia che sabbia o "matte". Aumentando la profondità diminuisce la quantità di *Posidonia* presente e aumenta la "matte" morta.

A partire da circa 7 metri di profondità la Posidonia è presente, con una copertura del 20-30%, su sabbia e "matte", qualche affioramento roccioso è presente a tratti. Oltre i 10-12 m il fondale presenta ampie zone rocciose, con articolate formazioni organogene e Posidonia, con una copertura del 20-30%. Intorno i 15 m il fondale è roccioso, con articolate formazioni di origine organogena dall'aspetto mammellonare. Oltre i 18-20 m il fondale mostra prevalentemente "matte" morta, con sparsi affioramenti rocciosi. La Posidonia è presente con rade macchie e fasci isolati e si presenta via via più rada aumentando la profondità.

Risalendo ancora verso Nord la situazione non cambia di molto. Il fondale è prevalentemente sabbioso dal largo verso costa, fino alla profondità di 18 m circa, dove si ritrova "matte" morta, spesso molto insabbiata, talvolta ben alta e evidente. Sono radi i ciuffi di Posidonia sulla "matte" e oltre i 15 m è evidente un gradino di roccia, alto circa un metro, con il solito aspetto articolato. Ancora la Posidonia, con copertura in genere non superiore al 20%, è presente fino alla profondità di 8 m. Evidenti canali di sabbia sono presenti tra la "matte". Oltre questa profondità è presente ancora roccia alta e articolata, con sabbia e macchie di Posidonia.

In sintesi quindi, lungo la costa laziale settentrionale, la distribuzione della Posidonia appare molto eterogenea. Tra Torre Flavia a Capo Linaro si ritrovano ampie zone di "matte" morta intervallate a rocce organogene, catini di sabbia con radi fasci di Posidonia e talvolta macchie di Posidonia più consistenti.

I fondali tra Capo Linaro e Torre S. Agostino presentano un mosaico di Posidonia, rocce prevalentemente organogene e fondi molli. Risulta invece più articolata la situazione rilevata dalla foce del Mignone alla foce del Marta, ove sono presenti mosaici di sabbie, rocce organogene e macchie di Posidonia assieme ad ampie zone sabbiose o secche con roccia organogena e a grandi estensioni di "matte" morta, con rada Posidonia viva.

La caratteristica principale dei fondali con Posidonia del Lazio settentrionale presenta abbondanza di "matte" morta, soprattutto nella zona compresa tra Torre Flavia e Capo Linaro e dalla foce del Mignone a quella del Tafone. Il problema della regressione della Posidonia è quindi generalizzabile per tutta la costa laziale, isole Pontine escluse.

L'alterazione della qualità delle acque costiere è uno dei motivi invocati per spiegare la regressione delle praterie di Posidonia. A partire dagli anni '60 l'accrescersi della popolazione costiera e il processo di urbanizzazione e di sviluppo industriale dei paesi mediterranei hanno prodotto un degrado netto della qualità delle acque neritiche. L'incremento massiccio degli apporti in mare di sali minerali, materie organiche e sostanze chimiche inquinanti, attraverso una serie di fonti (effluenti urbani, industriali, ecc.), ha prodotto come conseguenza più vistosa la perdita di trasparenza di queste acque per l'aumento delle particelle in sospensione tanto inorganiche quanto organiche, attraverso il processo di arricchimento trofico delle acque, di origine fitoplanctonica. Inoltre la realizzazione di alcuni tipi di opere lungo la linea costiera (dighe, terrapieni, ecc.), modificando localmente il comportamento delle onde e delle correnti, interagiscono con i processi del trasporto litorale che presiedono alla distribuzione dei sedimenti (Astier, 1983). Per ultimo occorre considerare le attività di pesca (pesca a strascico) che, seppure regolamentata, influenzano in modo non indifferente i margini della prateria di Posidonia.

