

Aspetti ambientali del dragaggio
di sabbie relitte a fini di ripascimento:
proposta di un protocollo di monitoraggio

Luisa Nicoletti, Daniela Paganelli, Massimo Gabellini



I QUADERNI

Aspetti ambientali del dragaggio
di sabbie relitte a fini di ripascimento:
proposta di un protocollo di monitoraggio

Luisa Nicoletti, Daniela Paganelli, Massimo Gabellini

 ICRAM

settembre 2006

Foto copertina di: Gian Domenico Ardizzone

Impaginazione e stampa
Studio Egocreativo Srl
Via Antonio Schivardi, 39 - 00144 Roma
www.egocreativo.it

Questo volume è stato realizzato con il contributo della Regione Lazio nell'ambito del progetto europeo Beachmed (Interreg III B) e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione Protezione Natura.

È VIETATA LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL DOCUMENTO IN QUALSIASI FORMA E CON QUALSIASI MEZZO.

Hanno collaborato alla stesura di questo Quaderno:

per l'ICRAM:

SABRINA AGNESI

PAOLA LA VALLE

MONICA PANFILI

ANTONELLA AUSILI

LORETTA LATTANZI

ALFREDO PAZZINI

SILVIA BELLACICCO

CHIARA MAGGI

SERGIO SILENZI

BARBARA LA PORTA

ORNELLA NONNIS

MONICA TARGUSI

e inoltre:

Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

PROF. GIAN DOMENICO ARDIZZONE

Istituto di Meteorologia e Oceanografia, Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

PROF. GIORGIO BUDILLON

Regione Lazio, Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i Popoli, Aree Marine Protette

ING. PAOLO LUPINO

Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università degli Studi di Genova

PROF. SERGIO TUCCI

Un particolare ringraziamento va a quanti, assegnisti, borsisti, tirocinanti e tesisti, hanno contribuito alle attività di campo e di laboratorio.

Si ringrazia il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione Protezione Natura, per la revisione del testo, in particolare i dottori Roberto Cresca, Barbara Sorgente, Maria Grazia Zappone e Paolo Zotti.

Si ringrazia, inoltre, il Responsabile Servizio Navale dell'ICRAM Luigi Manzueto e i Comandanti e gli equipaggi delle navi oceanografiche Astrea e Vega I.

Citazione consigliata per il volume:

Nicoletti L., Paganelli D., Gabellini M. (2006) - Aspetti ambientali del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento: proposta di un protocollo di monitoraggio. Quaderno ICRAM n. 5: 159 pp.

Fotografie ed Illustrazioni di:

Sabrina Agnesi, Andrea Belluscio, Paola La Valle, Luisa Nicoletti, Alfredo Pazzini, Regione Lazio.

O mer, nul ne connaît tes richesses intimes

C. BAUDELAIRE, L'homme et la Mer



Indice



INDICE

PREFAZIONE

INTRODUZIONE 1

CAPITOLO 1

ASPETTI AMBIENTALI DEL DRAGAGGIO DI SABBIE RELITTE A FINI DI RIPASCIMENTO 9

1.1 Area di Dragaggio	11
1.1.1 Morfodinamica e Caratteristiche del Fondo	11
1.1.2 Colonna d'Acqua	22
1.1.3 Organismi Marini	30
1.1.3.1 Benthos	30
1.1.3.2 Plancton	37
1.1.3.3 Necton	37
1.1.3.4 Habitat Sensibili	38
1.1.3.5 Mammiferi Marini e altre Specie in Pericolo	38
1.1.4 Usi Legittimi del Mare	39
1.2 Area di Trasporto	40
1.2.1 Colonna d'Acqua	40
1.2.2 Organismi Marini	40
1.3 Area di Ripascimento	41
1.3.1 Morfodinamica e Caratteristiche del Fondo	41
1.3.2 Colonna d'Acqua	42
1.3.3 Organismi Marini	42
1.3.3.1 Benthos	43
1.3.3.2 Necton	44
1.3.3.3 Habitat Sensibili	46

CAPITOLO 2

IL PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO 51

2.1 Dove, Quando, Come e A quale scala condurre le indagini	51
2.2 Struttura Generale	56

CAPITOLO 3

STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE 67

3.1 Caratterizzazione a scala Regionale (Fase A)	68
3.1.1 Area di Dragaggio	73
3.1.2 Area di Ripascimento	76
3.2 Caratterizzazione della Macroarea (Fase B)	77
3.2.1 Area di Dragaggio	77
3.2.2 Area di Ripascimento	83



3.3 Caratterizzazione dei Siti di intervento (Fase C1)	84
3.3.1 Area di Dragaggio	84
3.3.2 Area di Trasporto	87
3.3.3 Area di Ripascimento	87
CAPITOLO 4	
STUDIO DI MONITORAGGIO	91
4.1 Monitoraggio in Corso d'opera (Fase C2)	91
4.1.1 Area di Dragaggio	91
4.1.2 Area di Trasporto	92
4.1.3 Area di Ripascimento	92
4.2 Monitoraggio <i>Post operam</i> (Fase C3)	94
4.2.1 Area di Dragaggio	94
4.2.2 Area di Trasporto	94
4.2.3 Area di Ripascimento	95
CAPITOLO 5	
SCHEDE DI SINTESI	98
CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE	
Scheda 1 – Fase A: Area di Dragaggio	99
Scheda 2 – Fase A: Area di Ripascimento	102
Scheda 3 – Fase B: Area di Dragaggio	106
Scheda 4 – Fase B: Area di Ripascimento	107
Scheda 5 – Fase C1: Area di Dragaggio	109
Scheda 6 – Fase C1: Area di Trasporto	112
Scheda 7 – Fase C1: Area di Ripascimento	114
MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	
Scheda 8 – Fase C2: Area di Dragaggio	116
Scheda 9 – Fase C2: Area di Trasporto	118
Scheda 10 – Fase C2: Area di Ripascimento	120
MONITORAGGIO <i>POST OPERAM</i>	
Scheda 11 – Fase C3: Area di Dragaggio	122
Scheda 12 – Fase C3: Area di Trasporto	124
Scheda 13 – Fase C3: Area di Ripascimento	126
GLOSSARIO	131
BIBLIOGRAFIA	143



PREFAZIONE

Nel nostro paese le coste, che si sviluppano per circa 8.000 chilometri, rappresentano un'importante risorsa strategica: esse sono fra le aree più densamente popolate e sono la sede di un'intensa attività economica principalmente legata ad insediamenti urbani, turistici, portuali e industriali. Al contempo, tali aree ospitano alcuni degli habitat più fragili e preziosi d'Europa. Lo sfruttamento crescente di tali aree sono sempre più sottoposte, associato ad eventi naturali quali ad esempio le oscillazioni del livello del mare e l'incremento della frequenza e dell'intensità degli eventi atmosferici estremi (cambiamenti climatici globali), con conseguente aumento dei fenomeni erosivi, determinano il degrado delle risorse costiere. Tale degrado comporta, inevitabilmente, conseguenze sociali, economiche ed ambientali non trascurabili per l'intera comunità. Tutte le modificazioni che interessano tali aree, causate da eventi naturali o da attività antropiche, dovrebbero, quindi, essere attentamente valutate, considerando i possibili effetti che esse possono indurre sull'ambiente marino (perdita di habitat, diminuzione della biodiversità ecc.).

In tale contesto, il tema del "recupero" dei litorali e, conseguentemente, la necessità di approvvigionamento di materiale da destinare al ripascimento delle spiagge in erosione ha assunto, soprattutto a partire dagli ultimi anni, una rilevanza internazionale.

In Italia, coerentemente con quanto avviene ormai da anni sia in Europa sia nel resto del mondo, una possibile risposta è stata identificata nell'utilizzo di sabbie marine relitte provenienti da depositi sabbiosi presenti al largo. Sebbene tale pratica sia già attuata da diversi anni, il quadro nazionale normativo di riferimento attualmente vigente è ancora parzialmente *in itinere* e prevede per le autorizzazioni al dragaggio la delega alle amministrazioni locali; non esistono, inoltre, protocolli specifici di riferimento sull'argomento.

Poiché tali attività comportano la movimentazione di grandi quantità di sedimento (milioni di metri cubi), oltre all'aspetto tecnico-progettuale ed economico, è fondamentale che una particolare attenzione sia rivolta agli aspetti ambientali, soprattutto in un ambiente peculiare e ricco di emergenze naturalistiche, quale è quello del bacino mediterraneo. Si pone, quindi, con forza la necessità di disporre di una regolamentazione basata su salde e corrette valutazioni tecnico-scientifiche, sia pure nel rispetto della semplicità delle procedure. In tale quadro si inserisce l'esperienza dell'ICRAM, impegnato da anni in attività di ricerca e di confronto in ambito internazionale negli studi di monitoraggio ambientale delle attività di dragaggio in genere e, in particolare, in quelle finalizzate al ripascimento con sabbie relitte (Nicoletti *et al.*, 2002, 2004a; Nonnis *et al.*, 2002; Pulcini *et al.*, 2002; Paganelli *et al.*, 2005).

In merito a tali attività, che se mal pianificate e gestite, possono indurre impatti ambientali rilevanti, con possibilità di importanti ricadute anche a livello economico, sono sicuramente necessari ulteriori studi e approfondimenti, anche in ragione della grande varietà geografica e ambientale che caratterizza le coste della nostra penisola.

La proposta di un protocollo di monitoraggio, specifico per il dragaggio di sabbie relitte e il ripascimento, nasce, in particolare dall'esperienza pluriennale che l'ICRAM ha sviluppato in questi anni, occupandosi della progettazione e della realizzazione degli studi ambientali che precedono e accompagnano tali attività. Trattandosi di approcci innovativi, la maggior



parte di tali studi ha, inoltre, avuto la connotazione di progetti pilota, permettendo di acquisire esperienze tali da consentire all'ICRAM la partecipazione a progetti europei su questa specifica tematica.

È doveroso ricordare che la maggior parte delle esperienze condotte dall'ICRAM su queste tematiche specifiche è stata realizzata su incarico delle amministrazioni locali. In particolare, l'ICRAM vanta una collaborazione ormai pluriennale con la Regione Lazio, collaborazione che ha visto l'Istituto impegnato in studi di monitoraggio fin dal 1999. Tali attività di monitoraggio ambientale hanno consentito di acquisire, per tutte le variabili considerate, una considerevole mole di dati. I dati raccolti hanno permesso nel tempo di mettere a punto una procedura di monitoraggio via via sempre più sperimentata e perfezionata. L'originalità degli studi condotti in tale ambito ha fatto sì che l'ICRAM sia stato invitato a partecipare al Progetto Europeo Interreg IIIB "Beachmed". In particolare, la partecipazione a questo progetto ha consentito all'ICRAM di confrontarsi direttamente con gli altri partner europei e con le loro diverse realtà geografiche e ambientali. L'ICRAM ha così ottenuto il raggiungimento di un risultato prestigioso, quale la condivisione da parte di alcune regioni europee (Regioni Lazio, Toscana, Liguria e Generalitat Valenciana) di un protocollo metodologico, specifico per gli studi ambientali inerenti l'utilizzo delle sabbie relitte per il ripascimento delle spiagge in ambito europeo (Protocollo ENV1). Il protocollo, perfezionato e ottimizzato nel corso di diversi anni di studio e applicazioni sperimentali, rappresenta un fondamentale punto di riferimento, anche in relazione a successivi sviluppi normativi.

Attualmente gli studi di monitoraggio legati a tali attività costituiscono l'oggetto di un nuovo Progetto Europeo Interreg IIIC "Beachmed-e" che vede l'ICRAM impegnato come capofila in un sottoprogetto specifico dal titolo: "Condivisione, definizione ed applicazione del protocollo ENV1 alle attività di dragaggio e ripascimento con sabbie relitte ed applicazioni specifiche per lo studio della torbidità (EuDREP)".

Sempre nell'ambito degli studi ambientali da produrre a supporto delle attività di movimentazione dei sedimenti marini in genere, l'ICRAM ha inoltre collaborato, insieme all'APAT, alla realizzazione del "Manuale per la Movimentazione dei sedimenti marini", prodotto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione Protezione Natura, in cui viene anche affrontato, per la prima volta in un documento ufficiale, il tema specifico dei ripascimenti con sabbie relitte.

Il documento presentato in questo Quaderno costituisce un ulteriore passo in avanti; poichè le esperienze di cui si dispone sono ancora limitate e le metodologie operative non sono ancora ben consolidate, ogni nuova esperienza "di campo" può portare suggerimenti in grado di migliorare il protocollo in esame. Questo lo rende sempre più rispondente alle esigenze di tecnici ed amministratori, anche in rapporto alle emergenze naturalistiche e territoriali estremamente diversificate, come avviene nel caso delle coste italiane.

Tale documento si inserisce, inoltre, nell'ambito della proposta dell'ICRAM inerente la realizzazione di linee guida sulla movimentazione dei fondali marini e degli ambienti ad essi contigui, di cui già è uscito il volume dedicato ai dragaggi portuali (Pellegrini *et al.*, 2002).

In considerazione del fatto che questo documento è destinato ad un pubblico eterogeneo che comprende da un lato studiosi e ricercatori, dall'altro amministratori e operatori tecnici, il Quaderno è strutturato in due parti principali.

La prima (Capitolo 1), corredata da un'esauritiva rassegna bibliografica, presenta un



carattere più scientifico: sono esaminati gli aspetti ambientali connessi al dragaggio di sabbie relitte per il ripascimento dei litorali, emersi dallo studio della letteratura scientifica e tecnica, nazionale e internazionale.

La seconda parte, suddivisa in quattro capitoli, inizia con la trattazione degli aspetti generali che sono alla base della sua configurazione (Capitolo 2). Questo capitolo è utile, soprattutto, per quanti necessitano (o desiderano) comprenderne la struttura generale come aree di interesse, tempistica degli studi e parametri da analizzare. I due capitoli successivi sono invece specifici e spiegano nel dettaglio il protocollo, rispettivamente per quanto attiene allo studio di caratterizzazione (Capitolo 3) e allo studio di monitoraggio (Capitolo 4). Questi due capitoli sono stati strutturati soprattutto al fine di fornire un utile strumento alle amministrazioni competenti e tutti gli attori coinvolti nella difesa della costa. Infine, nell'ultimo capitolo (Capitolo 5), come ulteriore ausilio per quanti dovranno affrontare operativamente tali problematiche, sono riportate le schede sintetiche corredate di diagrammi, nelle quali è riportato in modo estremamente semplificato l'*iter* da seguire per questo tipo di studi. Infine, le esperienze specifiche condotte dal nostro Istituto sono riportate in appositi box, all'interno dei singoli capitoli.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte si vuole, infine, sottolineare come questo lavoro costituisca un importante punto di partenza e un notevole contributo per tutte le realtà del nostro paese, centrali e periferiche. Il presente Quaderno, prodotto nell'ambito del **Progetto Europeo "Beachmed" Interreg IIIB (Regione Lazio)** e del **"Programma di attività per l'adeguamento del quadro conoscitivo della qualità dell'ambiente marino e costiero" (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione Protezione Natura)**, si pone, infatti, come riferimento tecnico per la materia, con la finalità di sviluppare i temi ambientali relativi alla movimentazione dei sedimenti marini per il ripascimento dei litorali in erosione, nonché come supporto per le Amministrazioni competenti nell'ambito della difesa costiera e per tutti gli attori locali coinvolti.



Introduzione



INTRODUZIONE

L'erosione costiera è divenuto un problema di rilevanza internazionale (Carter e Woodroffe, 1994; Preti, 2002), riconosciuto ed affrontato con sempre più crescente preoccupazione.

La maggior parte delle coste italiane è attualmente soggetta ad evidenti fenomeni erosivi mentre sono limitati i tratti di litorale in condizioni di stabilità e/o di avanzamento (Aucelli *et al.*, 2006).

Il tasso di accrescimento/erosione che caratterizza una spiaggia non è costante nel tempo, varia con le stagioni e dipende dal bilancio sedimentario fra gli apporti di materiale che arrivano sul litorale e le relative perdite. L'*input* è costituito principalmente dal materiale portato in carico dai fiumi e ridistribuito sul litorale dalle onde e dalle correnti, mentre l'*output* è dovuto all'allontanamento del materiale lungo riva per effetto delle ondazioni (deriva litorale); subordinatamente, perdite di materiale possono essere anche verso il largo per effetto di eventi estremi di particolare rilevanza.

L'erosione può essere aggravata dalla naturale subsidenza delle coste derivata dai naturali processi geologici, dalla generale risalita del livello del mare, nonché dagli effetti dell'eccessiva antropizzazione delle coste (Boesch, 1982; Louis Berger Group, 1999; Green, 2002).

Inoltre, la realizzazione di opere di sbarramento per la regimazione dei versanti, unitamente alla costruzione di invasi da destinare a uso idroelettrico e/o irriguo, hanno contribuito alla sensibile diminuzione degli apporti di sedimento da parte dei corsi d'acqua, interferendo con i naturali processi erosivi dei litorali, intensificandoli. Ulteriori fattori concorrono ad aumentare i fenomeni erosivi, quali: l'irrigidimento della linea di costa dovuto alla realizzazione di opere marittime (che interferiscono con il trasporto longitudinale), l'estrazione di fluidi dal sottosuolo (con la conseguente intensificazione dei naturali processi di subsidenza della fascia costiera), l'immobilizzazione e lo spianamento delle dune e, non ultimo, la rimozione della sabbia dalle spiagge dovuto al calpestio (Herbich, 1990, 1992a, 1992b; Preti e Albertazzi, 2003).

La Difesa delle Coste

Storicamente per recuperare e proteggere le spiagge in erosione si è intervenuti realizzando opere rigide trasversali (pennelli) e longitudinali (frangiflutti, difese aderenti, barriere) alla linea di costa. Tali interventi, pur riscuotendo ancora oggi pareri favorevoli in considerazione della disponibilità di tecniche progettuali ben consolidate e di proiezioni di costo relativamente affidabili, presentano effetti indesiderati sotto il profilo ambientale e paesaggistico e, soprattutto, alterano in modo a volte imprevedibile le dinamiche costiere su scala locale (Capobianco *et al.*, 1999).

A partire dagli ultimi vent'anni, dopo che molti interventi di ingegneria tradizionale per la protezione costiera hanno manifestato i propri limiti, sia tecnici sia economici, si è rivolta l'attenzione verso una nuova tecnica di intervento di tipo "soft", che può garantire una migliore risposta sotto il profilo ambientale, paesaggistico ed economico: il ripascimento.



Il Ripascimento

Il ripascimento è un intervento di difesa costiera che consiste nel ricostruire la spiaggia erosa mediante l'impiego di materiale idoneo. Quest'ultimo può avere diverse provenienze, per esempio da alvei fluviali, da cave terrestri, da ambiti costieri (dragaggio delle foci fluviali e dei canali navigabili) o da depositi marini (depositi di sabbie relitte).

Messo a confronto con altre tecniche di difesa della costa, il ripascimento risulta sicuramente più modulabile ed offre benefici in termini di salvaguardia dell'ambiente e di uso del litorale. Il ripascimento consente di minimizzare sia l'impatto ambientale sia gli effetti negativi spesso associati all'uso di strutture rigide (Adriaanse e Coosen, 1991; Correggiari et al., 1992). Esso, infatti, se ben condotto, non altera i caratteri paesaggistici ed ambientali della zona di intervento, né modifica la dinamica litoranea (Preti, 2002).

Per tali motivi, il ripascimento delle spiagge è andato affermandosi come un possibile strumento di gestione della costa. Dalle sue prime applicazioni sperimentali il suo utilizzo è andato aumentando costantemente, sia in Europa sia negli Stati Uniti, pur essendo talvolta considerato una tecnica ingegneristica da consolidare e da utilizzare preferibilmente in abbinamento ad opere di difesa "miste" (Benassai et al., 1997; Capobianco et al., 1999).

Oggi il ripascimento costituisce una soluzione sempre più apprezzata per contrastare il problema dell'erosione (Capobianco e Stive, 1997).

Per consolidare e diffondere l'applicazione del ripascimento come strumento per la gestione della costa occorre poter disporre di grandi quantitativi di sabbia a basso costo (Preti, 2002). Tale esigenza, connessa al fatto che i vincoli legati al recupero di materiale in aree emerse (cave, alvei fluviali ecc.) tendono a diventare sempre più restrittivi, ha fatto emergere la necessità di individuare nuove fonti d'approvvigionamento del materiale stesso. Una possibile soluzione a questa problematica consiste nell'utilizzo dei depositi di sabbie relitte, pratica diffusa anche in Italia a partire dagli anni '90.

Le Sabbie Relitte

Le sabbie relitte sono depositi sedimentari non diagenizzati, situati lungo la piattaforma continentale in condizioni di non equilibrio con la dinamica sedimentaria attuale. La movimentazione di tali sedimenti, trovandosi al largo ad elevate profondità, non influenza il regime del moto ondoso e quindi la dinamica costiera.

Tali depositi sono generalmente riferibili ad antiche spiagge (paleospiegge), la cui formazione viene fatta risalire al periodo di basso stazionamento del livello marino dell'ultimo glaciale o alla fase di risalita successiva che ha caratterizzato l'Olocene. Circa 22 mila anni fa, infatti, durante l'ultimo periodo glaciale, il mare ha stazionato a circa -120 m rispetto al livello attuale. Il riscaldamento globale successivo ha determinato lo scioglimento delle coltri glaciali, portando il mare a una rapida risalita, sino ad un livello prossimo all'attuale raggiunto circa 6 mila anni fa. Lungo la piattaforma continentale si sono così potuti succedere, sino all'attuale conformazione, ambienti litorali diversi. I depositi di sabbie relitte presenti lungo le piattaforme continentali possono essere coperti dai sedimenti pelitici di deposizione recente o essere affioranti.

Nonostante i depositi di sabbie relitte siano presenti lungo la piattaforma continentale a profondità variabili tra i 30 e i 130 m, la fascia ottimale per il loro sfruttamento ai fini di ripascimento è attualmente quella compresa tra i 50 e i 100 m di profondità (BEACHMED, 2003).



In alcuni casi l'impiego di sabbie relitte è, tuttavia, difficilmente realizzabile, soprattutto per ragioni di tipo economico. Queste difficoltà sono legate alla presenza di condizioni particolari, come una copertura pelitica di spessore rilevante, un limitato spessore dei depositi sabbiosi e conseguentemente limitate cubature di sabbia, significativi contenuti di sedimenti fini (sedimenti con diametro medio <63 micron), depositi localizzati a profondità troppo elevate.

Attualmente affinché un deposito di sabbie relitte abbia un reale interesse minerario, devono essere soddisfatte, contemporaneamente, le seguenti condizioni (Colantoni e Galignani, 1980; Curzi et al., 1987; Chiocci e La Monica, 1999; BEACHMED, 2003):

- il deposito deve essere costituito da sabbie con caratteristiche granulometriche idonee;
- il deposito deve avere spessori consistenti, superiori a 3-4 m;
- il deposito deve essere affiorante o avere una limitata copertura pelitica, inferiore a 3-4 m;
- il deposito deve essere localizzato in aree con profondità non superiore ai 100 m;
- il deposito deve avere una cubatura significativa, generalmente superiore ai 3.000.000 m³;
- il deposito non deve presentare alla superficie formazioni incrostanti.

Le Attività di Ripascimento mediante Sabbie Marine Sommerse

Le prime attività di ripascimento mediante sabbie sommerse risalgono già ai primi decenni del secolo scorso, con il ripascimento della spiaggia di Coney Island, NY, effettuato negli anni 1922-1923 (Domurat, 1987; Dornhelm, 1995). Tuttavia tale pratica ha trovato un notevole sviluppo solo nelle ultime due decadi, diffondendosi in particolare nel Nord Europa (Olanda, Belgio, Danimarca, Germania ecc.). In Italia le prime attività documentate di ripascimento dei litorali in erosione mediante sabbie relitte sono quelle relative ai ripascimenti delle spiagge di Cavallino e Pellestrina (Venezia) in cui sono stati utilizzati complessivamente 6.000.000 m³ di sabbia, prelevata da un deposito sommerso riferibile alle spiagge relitte rinvenute alla profondità di 20 m dalla foce del Fiume Tagliamento fino alla foce del Fiume Adige (Cecconi e Ardone, 1999).

Nel Mar Tirreno le prime esperienze in tal senso sono quelle relative al ripascimento del litorale di Ostia del 1999, condotto utilizzando sabbie provenienti da un deposito sottomarino presente al largo di Anzio (RM). In particolare, lungo la piattaforma continentale del Lazio, sono presenti numerosi depositi di natura sabbiosa idonei alle attività di ripascimento (BEACHMED, 2003). Tali depositi, oggetto di studio da parte dell'Università "La Sapienza" di Roma (Chiocci e La Monica, 1999), sono riferibili a corpi deposizionali di diversa natura, ma generalmente caratterizzati da prevalente granulometria medio-grossolana. Questi depositi, la cui descrizione è riportata in Chiocci e La Monica (1999), sono generalmente ricoperti dai sedimenti pelitici di età olocenica immessi nel bacino dai principali corsi d'acqua (Fiumi Tevere e Volturno-Garigliano) e ridistribuiti dalle correnti di piattaforma. In questo caso i depositi più idonei per il ripascimento sono riferibili, in sintesi, a 5 tipologie principali: paleocordoni litorali, cunei deposizionali marini, cunei deposizionali fluvio-marini, riempimenti di paleoalvei fluviali e cunei marini di basso stazionamento.

In Italia sono state condotte altre attività di ripascimento, in particolare lungo le coste dell'Emilia-Romagna (Mar Adriatico), dove sono stati utilizzati depositi sabbiosi presenti al largo di Ravenna (Preti, 2002). La presenza di sabbie relitte in Adriatico è, del resto, documentata lungo tutta la piattaforma. Tali depositi, di spessore e forma estremamente



variabile, parzialmente ricoperti da sedimenti fini di deposizione attuale, sono generalmente localizzati al largo e sono il risultato del progredire della trasgressione olocenica su depositi costieri e di spiaggia (Brambati *et al.*, 1973; CNR, 1978; Coltellacci, 1980; Preti, 1985, 1990; Curzi *et al.*, 1987; Correggiari *et al.*, 2002, 2003). In Adriatico i depositi di maggior spessore sono localizzati in corrispondenza di dossi, cordoni e dune sommerse, come quelli segnalati a nord del delta del Po (Brambati e Venzo, 1967; Colantoni *et al.*, 1979) o al largo delle coste dell'Emilia-Romagna (Curzi e Gallignani, 1982; Preti, 1985, 1990).

Il Quadro Normativo di Riferimento

Il quadro normativo di riferimento attualmente vigente in Italia, specifico per le attività di dragaggio delle sabbie relitte a fini di ripascimento, è ancora parzialmente *in itinere*.

Nella Legge n. 152 del 11 maggio 1999 ("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", aggiornata a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258), il legislatore tratta, all'art. 35, "*l'immersione in mare di materiale derivante da attività di escavo e attività di posa in mare di cavi e condotte*" di materiali definiti come "*materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi; inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo, ove ne sia dimostrata la compatibilità ambientale e l'innocuità; materiale organico e inorganico di origine marina o salmastra, prodotto durante l'attività di pesca effettuata in mare o laguna o stagni salmastri*". In particolare, si stabilisce che "*l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di cui al comma 1, lettera A), è rilasciata dall'autorità competente solo quando è dimostrata, nell'ambito dell'istruttoria, l'impossibilità tecnica o economica del loro utilizzo ai fini di ripascimento...*" (la stessa norma è riportata all'articolo 109 del Dlgs 152/2006). Questa legge, inoltre, prevedeva l'emanazione di un allegato tecnico all'art. 35, al fine di regolamentare in modo circostanziato tutte le attività di movimentazione dei fondi marini. Poiché la predisposizione dell'allegato tecnico è ancora *in itinere*, il ripascimento con sabbie relitte è ancora disciplinato dal Decreto Ministeriale 24 gennaio 1996 (attività istruttorie per il rilascio dell'autorizzazione) e dalla Legge 31 luglio 2002, n. 179, che ha definito per le autorizzazioni il passaggio di competenze dallo Stato alle Regioni.

La legge n. 179 del 31 luglio 2002 ha stabilito, infatti, all'art. 21 (autorizzazione per gli interventi di tutela della fascia costiera) che l'ente competente per l'istruttoria e il rilascio dell'autorizzazione ai sensi dell'art. 35 comma 2 del Dlgs 152/1999 in merito agli interventi di ripascimento della fascia costiera è la Regione. Nel caso in cui vengano impiegati per il ripascimento materiali provenienti dall'escavo di fondi marini, la Regione, all'avvio dell'istruttoria per il rilascio dell'autorizzazione, deve acquisire il parere della Commissione Consultiva della Pesca ed informarne il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

La Regione, inoltre, al fine di verificare i possibili impatti ambientali causati sia dalle attività di dragaggio di sabbie relitte sia dal ripascimento, dovrà presentare istanza di assoggettabilità a VIA (Valutazione di Impatto Ambientale) regionale, in ottemperanza alla



Dir. 85/377/CEE e al DPR 12 aprile 1996. Tali interventi rientrano, infatti, nell'elenco delle tipologie progettuali dell'Allegato II della Dir. 85/377/CEE, in quanto interventi assimilabili a: *“opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa mediante la costruzione, per esempio, di dighe, moli, gettate ed altri lavori di difesa del mare, esclusa la manutenzione e la ricostruzione di tali opere”* e alla *“estrazione di minerali mediante dragaggio marino o fluviale”*.

Un ultimo accenno riguarda la normativa più propriamente connessa alla qualità del sedimento marino, in particolare il Decreto Ministeriale 367/2003 (Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del Decreto Legislativo n. 152 del 11 maggio 1999), che riporta gli standard di qualità per l'ambiente marino costiero. Nel decreto vengono fissati gli standard di qualità per i sedimenti marino-costieri relativamente ad alcune sostanze pericolose e prioritarie individuate ai sensi del regolamento 2455/2001/EC; si precisa, inoltre, che tali valori non sono vincolanti, ma devono supportare le misure da intraprendere per la tutela del corpo idrico, e decadono qualora il superamento dello standard si verifichi in corrispondenza di accertate province geochimiche. Il D.M. 367/2003, sebbene non specifico per valutare la conformità di sedimenti di piattaforma, è tuttora l'unico riferimento nazionale per la tutela dell'ambiente marino.



Capitolo 1

Aspetti ambientali del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento

1 ASPETTI AMBIENTALI DEL DRAGAGGIO DI SABBIE RELITTE A FINI DI RIPASCIMENTO

L'attività di dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento comporta una serie di effetti sull'ambiente marino nelle diverse aree interessate (**Figura 1.1**):

- l'area della piattaforma continentale in cui è presente il deposito di sabbie relitte che si intende coltivare, d'ora in poi denominata **area di dragaggio**;
- l'area che si estende dal sito di dragaggio a quello di ripascimento, d'ora in poi denominata **area di trasporto**;
- l'area che interessa la spiaggia oggetto del ripascimento vero e proprio, d'ora in poi denominata **area di ripascimento**.



Figura 1.1 - Aree coinvolte nelle attività di dragaggio di sabbie relitte e di ripascimento.

Ne consegue che lo studio e la valutazione delle problematiche ambientali connesse dovranno tenere conto delle diverse aree coinvolte. Durante le attività di dragaggio e di ripascimento, le principali turbative riguardano le alterazioni morfologiche e batimetriche del fondo e della linea di costa, le caratteristiche tessiturali e geotecniche dei sedimenti superficiali, l'immissione in sospensione di significative quantità di sedimento fine nonché quelle indotte direttamente sugli organismi bentonici per effetto della defaunazione e del seppellimento. Allo stesso tempo devono anche essere considerati gli effetti di turbativa sull'ambiente, che possono avere ricadute significative su attività economiche quali ad esempio la pesca (**Figura 1.2**).

In questo capitolo vengono riportati gli effetti che il dragaggio di sabbie relitte e il ripascimento possono indurre sull'ambiente circostante.

In particolare non viene affrontato, però, il problema degli effetti indotti sull'ambiente nel caso della movimentazione di sedimenti contenenti sostanze pericolose; la normativa vigente in Italia, in-



fatti, impone che i sedimenti destinati al ripascimento delle spiagge siano esclusivamente sedimenti di buona qualità, ovvero non contaminati. A ciò si aggiunge la considerazione che le sabbie relitte, per le loro stesse caratteristiche geologiche e giacaturali, difficilmente possono costituire un recapito preferenziale per sostanze inquinanti presenti in mare e sono quindi normalmente sedimenti di buona qualità.

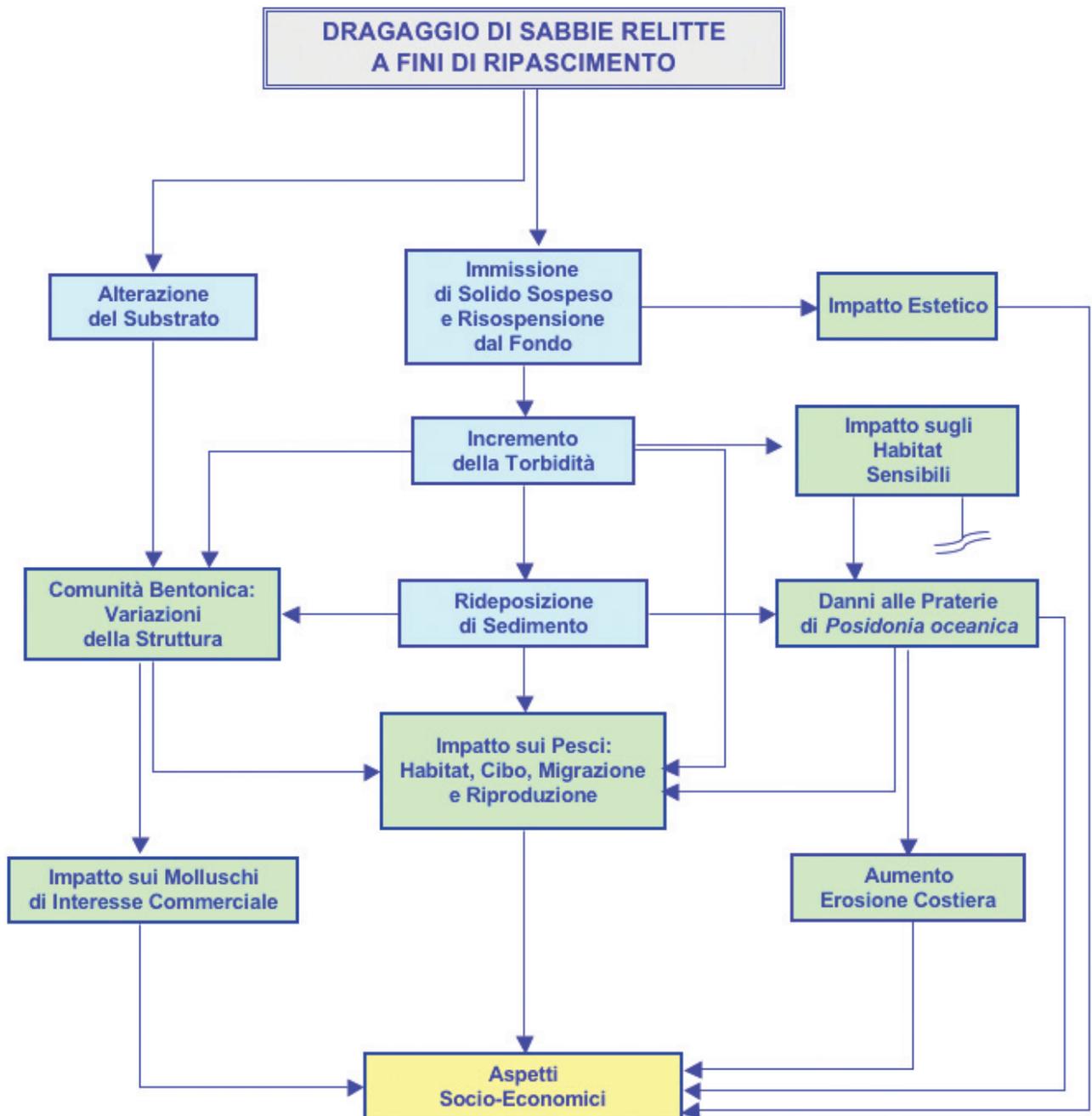


Figura 1.2 - Dragaggio a fini di ripascimento: turbative ambientali e ricadute economiche.



1.1 AREA DI DRAGAGGIO

Il dragaggio effettuato in aree costiere può avere implicazioni non trascurabili sull'evoluzione delle spiagge, tanto che il dragaggio è sottoposto a significative restrizioni nelle aree vicine alla costa e in quelle rilevanti ai fini del trasporto sedimentario costiero o con funzione di protezione della linea di costa, come banchi di sabbia, lingue e barre.

Al contrario, le alterazioni prodotte sull'ambiente dalle attività di dragaggio di sabbie relitte non comportano variazioni rilevanti sulla dinamica sedimentaria, pur potendo variare le condizioni locali di trasporto e di sedimentazione. La particolare natura delle sabbie relitte, sedimenti che si sono formati con livelli del mare notevolmente più bassi di quelli odierni e che quindi sono al di fuori della dinamica deposizionale attuale, fa sì che il prelievo della sabbia non interferisce con le dinamiche dei sedimenti litorali.

Tuttavia, durante il complesso insieme delle attività di dragaggio si possono verificare altre alterazioni non trascurabili, sia sul comparto fisico sia su quello biologico.

Relativamente al comparto fisico si individuano due ambiti principali (MMS, 2001):

- *Substrato*. Le variazioni che interessano il substrato possono riguardare sia la morfologia e la batimetria sia le caratteristiche tessiturali dei sedimenti superficiali (granulometria, grado di compattazione, ossigeno disciolto e contenuto di sostanza organica). Morfodinamica e caratteristiche dei sedimenti superficiali sono ambiti strettamente correlati;
- *Colonna d'acqua*. Le variazioni che possono interessare la colonna d'acqua, includono le caratteristiche chimico-fisiche e le concentrazioni di particolato sospeso. Va considerato che tali aspetti sono notevolmente influenzati dalle caratteristiche dinamiche dell'area (onde, correnti e maree). Nel caso specifico oggetto di questo studio, considerato che le caratteristiche ondometriche sono irrilevanti data la localizzazione al largo delle sabbie relitte e che nel Mar Mediterraneo le maree hanno una rilevanza solo locale, la dinamica è esclusivamente riferita alle correnti.

Gli effetti determinati dalle attività di dragaggio sugli organismi marini riguardano direttamente le comunità bentoniche. I più evidenti sono legati alla completa rimozione dei sedimenti superficiali e, di conseguenza, alla defaunazione diretta dell'area dragata. Gli effetti del dragaggio, tuttavia, possono ripercuotersi lungo la catena trofica interessando anche i popolamenti ittici.

Un'attenzione particolare deve essere riservata allo studio delle specie di interesse commerciale, al fine di minimizzare i possibili effetti negativi sulle attività di pesca che potrebbero avere un impatto economico significativo, soprattutto a livello locale.

Le aree della piattaforma continentale che ospitano i depositi sabbiosi potenzialmente sfruttabili a fini di ripascimento possono, inoltre, essere interessate da diversi usi legittimi del mare, come la presenza di Aree Marine Protette, grandi infrastrutture (strutture *offshore*, cavi, condotte, oleodotti), attività antropiche (maricoltura), nonché aree di particolare destinazione d'uso (poligoni militari, aree autorizzate allo sversamento dei materiali portuali, aree di divieto di ancoraggio e pesca), tutte realtà spesso incompatibili con la conduzione delle attività di dragaggio. Per questo motivo, al fine di ottimizzare sia gli studi ambientali sugli effetti del dragaggio delle sabbie relitte a fini di ripascimento, sia la gestione stessa dell'ambiente di piattaforma, la loro localizzazione deve essere conosciuta e cartografata sin dalle prime fasi degli studi di compatibilità.

1.1.1 Morfodinamica e Caratteristiche del Fondo

L'impatto fisico del dragaggio di sabbie relitte da destinare al ripascimento di litorali in erosione consiste principalmente nella modificazione dell'assetto morfologico e batimetrico dell'area dragata.



ta, con la creazione di forme depresse, cui può associarsi l'alterazione della tessitura dei sedimenti superficiali (ICES, 1992, 2001, 2003; Newell *et al.*, 1998; Boyd e Rees, 2003).

La natura e l'entità dell'alterazione fisica del fondo marino dipendono, tra gli altri fattori, dal metodo utilizzato per la coltivazione del deposito. Infatti, depositi di ampia estensione spaziale tendono ad essere coltivati per limitati spessori su vaste aree, mentre depositi meno estesi tendono ad essere coltivati per il massimo spessore utile, con la conseguente formazione di importanti depressioni rispetto alle condizioni pre-escavo.

In ambito europeo vengono utilizzati principalmente due tipi di draga: le draghe stazionarie (*anchor dredging*) e le draghe semoventi (*trailer dredging*) (Figura 1.3).

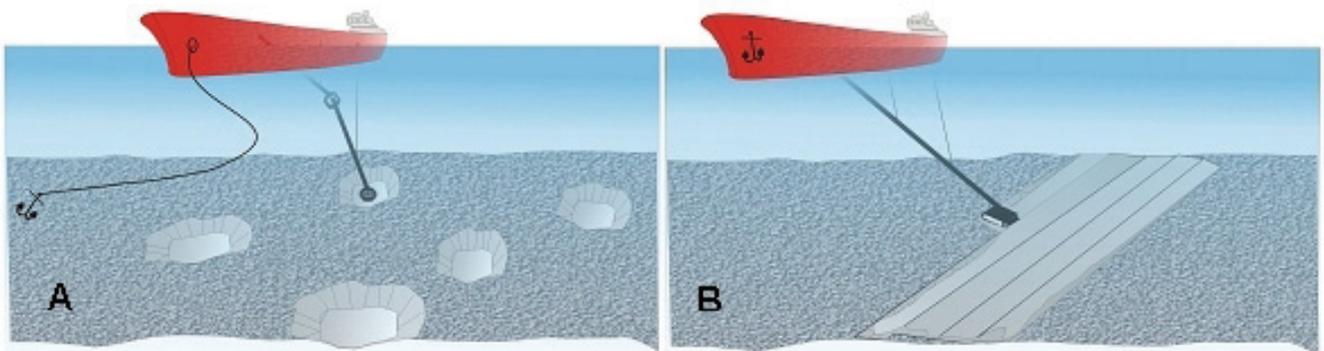


Figura 1.3 - A) Draga stazionaria; B) Draga semovente.



Figura1.4 - Draga stazionaria con l'elinda in superficie; all'estremità dell'elinda è ben visibile la testa dragante.



La draga stazionaria effettua il prelievo del sedimento ancorandosi in singole stazioni, nelle quali la testa dragante (**Figura 1.4**), situata all'estremità della tubazione (elinda), viene infissa verticalmente nel fondo, permettendo l'aspirazione del sedimento da dragare. Tale metodo è da preferirsi laddove il deposito da coltivare presenti un prevalente sviluppo verticale e/o sia spazialmente limitato. L'effetto indotto da questo tipo di draga sull'assetto morfologico e batimetrico del fondo (**Figura 1.5**) consiste in una serie di depressioni e/o pozzi di forma subcircolare, di dimensioni variabili in funzione del tipo di draga: da 2 a oltre 20 m per la profondità e da 20 a 100 m per il diametro (Van der Veer *et al.*, 1985; Norden-Andersen *et al.*, 1992; Newell *et al.*, 1998; Desprez, 2000; ICES, 2003; Hitchcock e Bell, 2004; Birklund e Wijsman, 2005; ICRAM, 2005a).

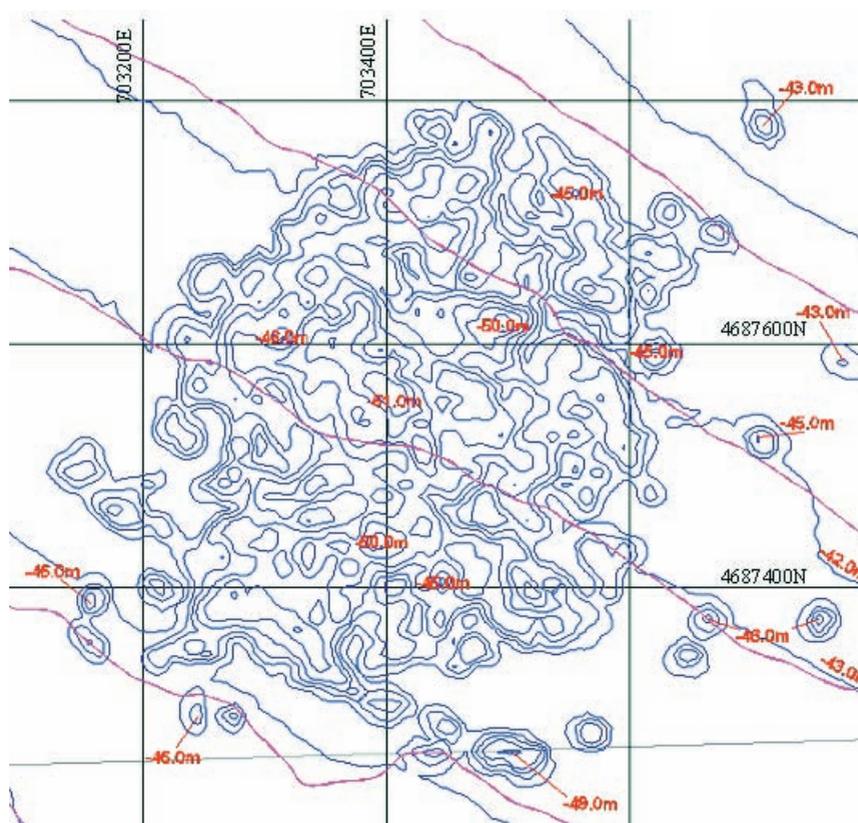


Figura 1.5 - Dettaglio di un rilievo batimetrico di un settore ubicato nel Mar Tirreno centrale al largo di Montalto di Castro (Lazio settentrionale), dragato mediante draga stazionaria. L'area sottoposta ad attività più intensa è caratterizzata da un andamento batimetrico irregolare, mentre nei settori periferici si distinguono i singoli segni lasciati dalla testa dragante. Le linee di colore viola corrispondono alle isobate rilevate prima delle attività di dragaggio, quelle blu dopo il dragaggio (ICRAM, 2005a).

Il sovrapporsi di un gran numero di impronte subcircolari dà luogo ad un andamento batimetrico del fondo decisamente irregolare, in corrispondenza del quale, oltre alla presenza di un'area depressa più o meno ampia, si possono distinguere i locali approfondimenti lasciati dalla testa dragante (**Figura 1.6 e 1.7**). Rilievi morfologici condotti mediante *Side Scan Sonar* hanno mostrato, in un'area del Mar Tirreno centrale (Lazio settentrionale) interessata da operazioni di dragaggio condotte mediante draga stazionaria, la presenza, nell'area più intensamente coltivata, di una *facies sonar* caotica (**Figura 1.8**) dovuta all'alternanza di aree ad alto/basso *backscatter* e di ombre sonar riferibili ai dislivelli creati (ICRAM, 2005a).

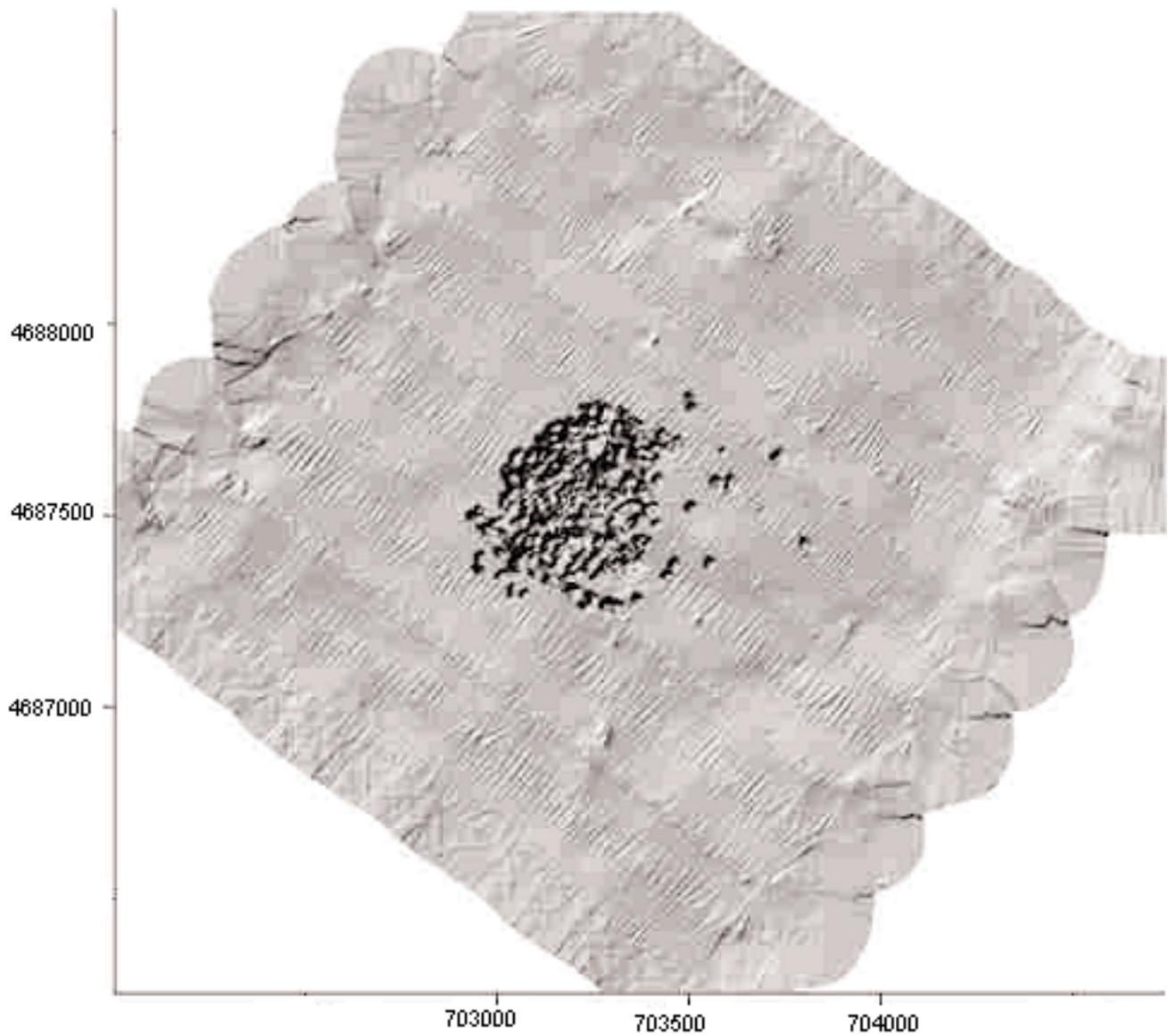


Figura 1.6 - *Shaded Relief Map*, derivante da dati batimetrici, di un settore ubicato nel Mar Tirreno centrale al largo di Montalto di Castro (Lazio settentrionale), dragato mediante draga stazionaria. Si distingue l'area coltivata e nelle aree periferiche i singoli approfondimenti lasciati dalla testa dragante della draga (ICRAM, 2005a).

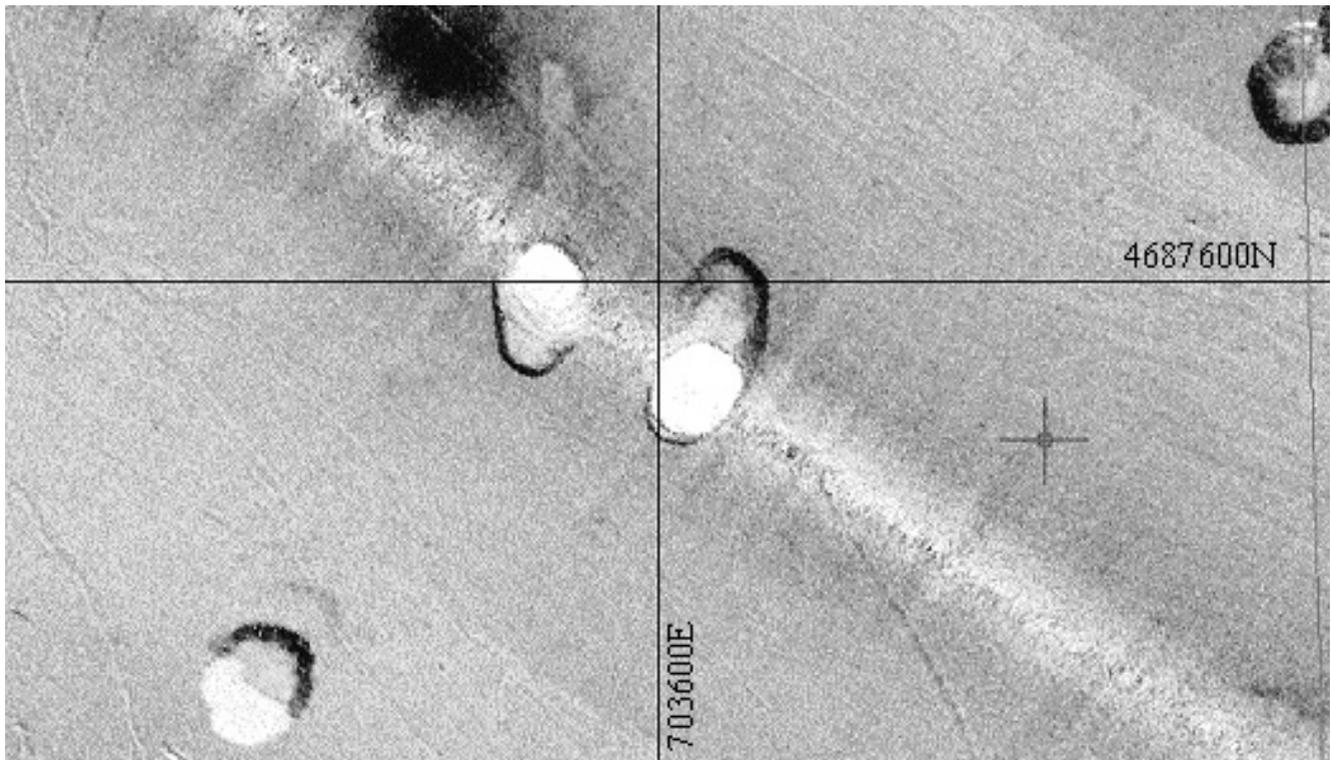


Figura 1.7 – Dettaglio di un rilievo morfologico di un settore ubicato nel Mar Tirreno centrale al largo di Montalto di Castro (Lazio settentrionale), dragato mediante draga stazionaria. Si osservano le singole tracce lasciate dalla testa dragante (ICRAM, 2005a).

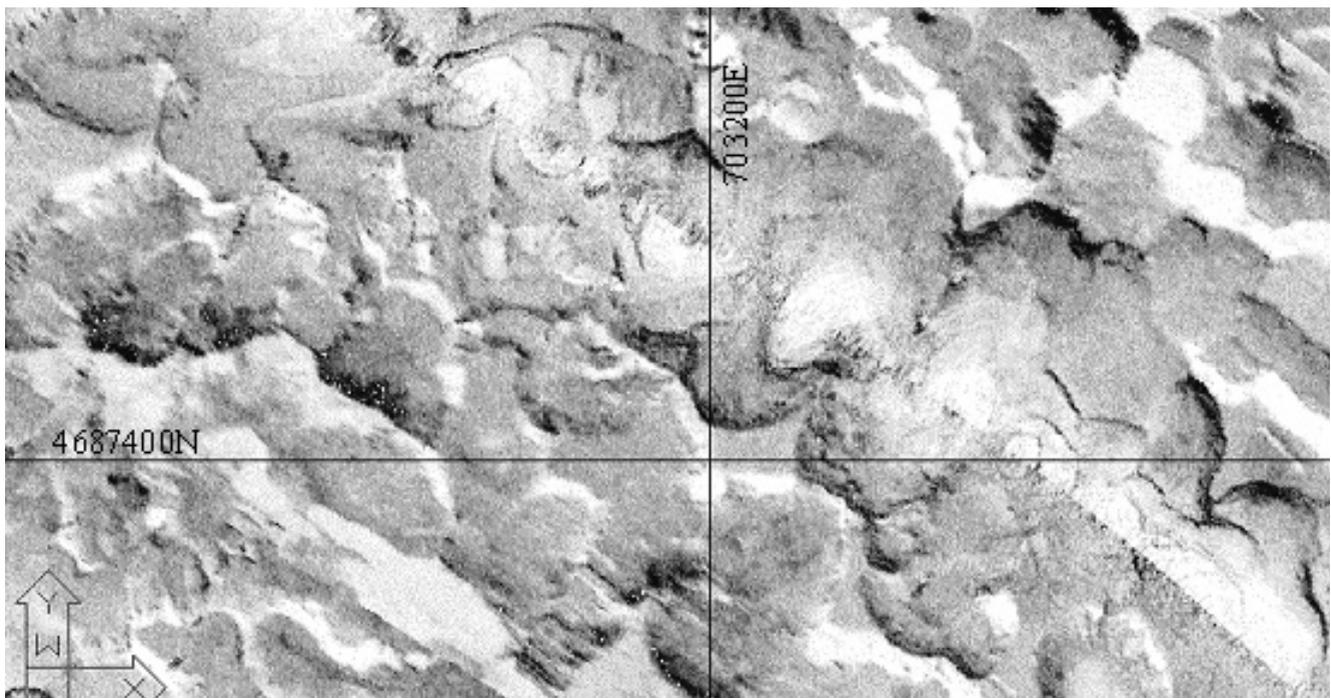


Figura 1.8 – Dettaglio di un rilievo morfologico di un settore ubicato nel Mar Tirreno centrale al largo di Montalto di Castro (Lazio settentrionale), dragato mediante draga stazionaria. *Facies sonar* caotica dovuta alla sovrapposizione delle tracce lasciate dalla testa dragante entro l'area di maggiore attività di prelievo (ICRAM, 2005a).

Nel caso di dragaggi condotti mediante draghe semoventi (*trailer dredging*), il sedimento viene prelevato attraverso una o più tubazioni, mentre la draga si sposta lentamente lungo le rotte definite in funzione del piano di coltivazione.

Gli effetti indotti sulla morfologia e sulla batimetria del fondo da questo tipo di draga (**Figura 1.9**) consistono in una serie di solchi, subparalleli tra loro, di dimensioni variabili in funzione del tipo di draga: da 1-2 m fino a 4-5 m di larghezza e profondi 0,5-2 m (Kenny e Rees, 1994, 1996; Newell *et al.*, 1998; ICRAM, 2005b).

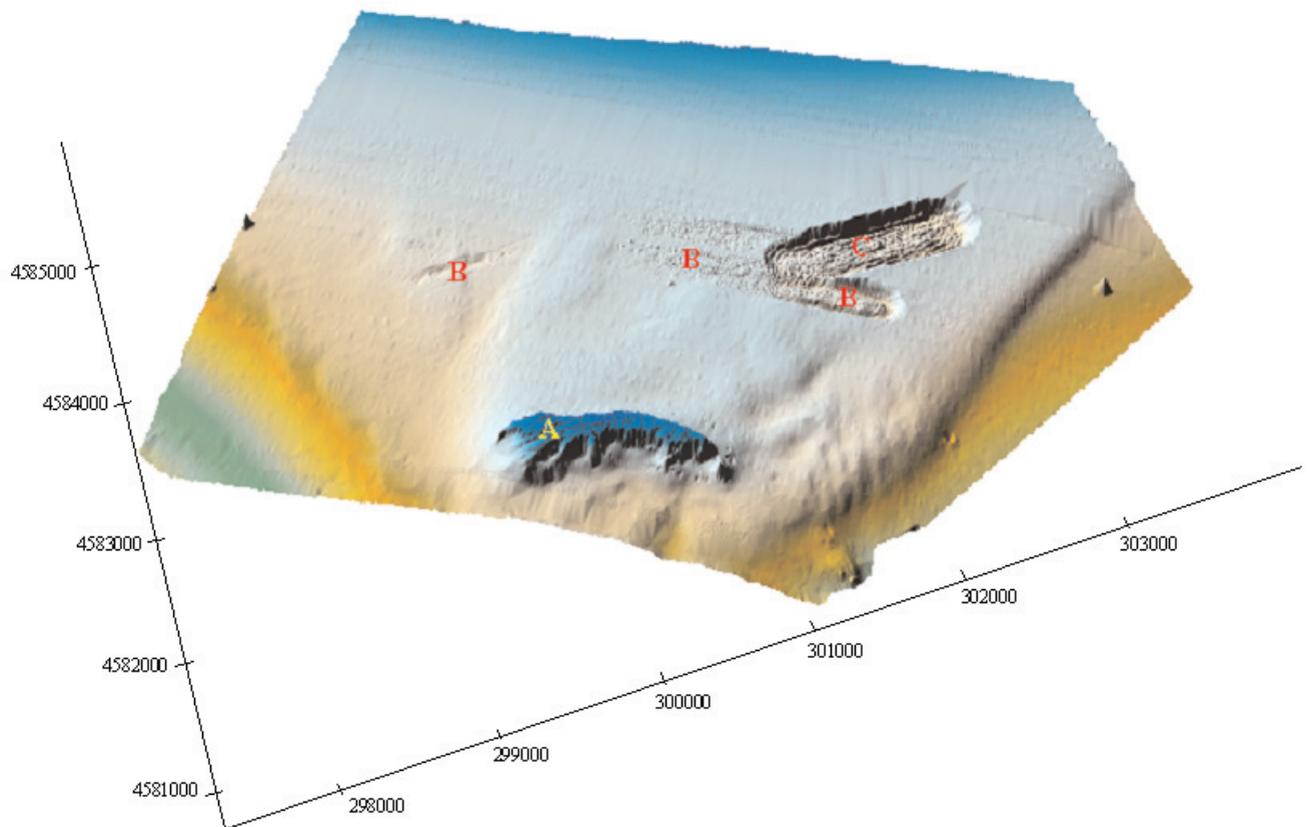


Figura 1.9 - Modello 3D, da dati batimetrici, di un settore ubicato nel Mar Tirreno centrale al largo di Anzio (Lazio centrale), sottoposto a dragaggi ripetuti mediante l'impiego di draghe semoventi. In particolare si distinguono la Secca Costacurti (A) di importante valore naturalistico e le aree movimentate nel 1999 (B) (ICRAM, 2001) e nel 2003 (C) (ICRAM, 2005b).

Solchi più profondi sono stati segnalati nel Mar Baltico (Gajewski e Uscinowicz, 1993) e nel Mediterraneo (Fabi *et al.*, 2003, 2004; ICRAM, 2001, 2005b), con un maggior approfondimento nel caso di ripetuti passaggi della draga (Newell *et al.*, 1998). Nel caso di un dragaggio effettuato nel Mar Tirreno centrale al largo di Anzio (Lazio centrale) sono stati rilevati approfondimenti di circa 5 m rispetto alla morfologia preesistente al dragaggio (ICRAM, 2005b). I rilievi morfologici, condotti mediante *Side Scan Sonar*, hanno mostrato nelle zone oggetto della massima attività di prelievo l'esistenza di una *facies sonar* caotica, dovuta al sovrapporsi di un gran numero di solchi generati dai ripetuti passaggi della draga, mentre le singole tracce lasciate dalla testa dragante erano ben distinguibili nelle aree periferiche (**Figura 1.10**).

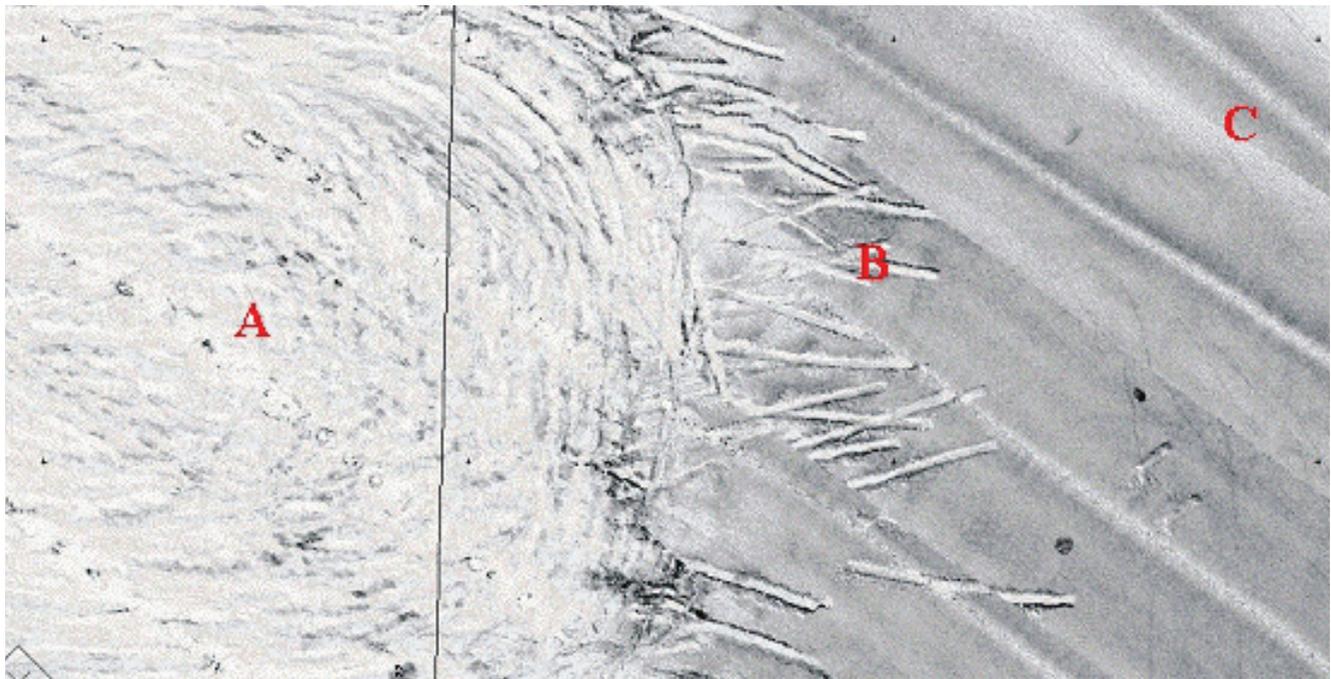
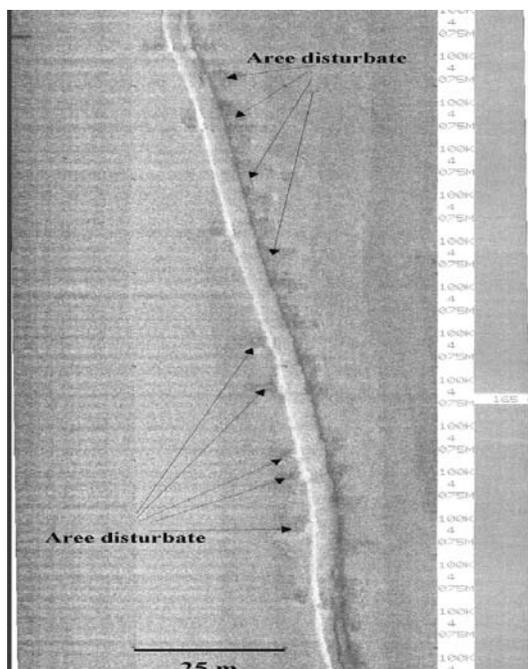


Figura 1.10 – Dettaglio di un rilievo morfologico di un settore ubicato nel Mar Tirreno centrale al largo di Anzio (Lazio centrale), dragato mediante draga semovente. *Facies sonar* caotica dovuta alla sovrapposizione delle tracce lasciate dalla testa dragante entro l'area di maggiore attività di prelievo (A), singole tracce (B) e fondo indisturbato (C) (ICRAM, 2005b).

Altri lineamenti morfologici, di interesse esclusivamente locale, della dimensione di alcuni metri (5-10 m), distanziati di alcune decine di metri (20-50 m), sono stati individuati grazie a piccole anomalie di *backscatter* lungo i bordi dei solchi lasciati dalla testa dragante (Figura 1.11) e interpretati come lineamenti primari (*levées*) dovuti a variazioni nell'assetto della testa dragante (ICRAM, 2001; Hichcock e Bell, 2004).



Per quanto concerne i tempi di recupero delle depressioni generate dalle attività di dragaggio, questi sono estremamente variabili e dipendono sia dal tipo di draga utilizzato (che determina le dimensioni e la forma iniziali della depressione), sia da una combinazione di fattori specifica del sito di dragaggio, quali l'assetto morfologico dell'area circostante (fondo sub-pianeggiante o aree a *sand-banks* o *ridges*), la natura del sedimento (ghiaia o sabbia) e la stabilità del fondo, a loro volta dipendenti sia dall'origine relitta o recente della risorsa, sia dalle locali condizioni idrodinamiche (regime ondometrico e correntometrico) (Newell et al., 1998; Birklund e Wijsman, 2005; SANDPIT, 2005).

Figura 1.11 – Dettaglio di un rilievo morfologico di un settore ubicato nel Mar Tirreno centrale al largo di Anzio (Lazio centrale), dragato mediante draga semovente. Si osserva un solco prodotto dalla testa dragante, caratterizzato lungo i bordi da piccole aree con anomalie di *backscatter*, interpretate come variazioni nell'assetto della sabbia stessa (ICRAM, 2001).



I tempi di recupero possono variare da 1 mese a oltre 15 anni (ICES, 2001); in genere il recupero è più rapido se il dragaggio, condotto con una draga semovente, interessa un ambiente molto dinamico, mentre è estremamente lento (fino al caso in cui non sia possibile giungere a una condizione di recupero vera e propria) nel caso di cavità molto profonde, come quelle create dall'impiego di draghe stazionarie, soprattutto in presenza di un ambiente a bassa energia.

Le depressioni prodotte dall'utilizzo delle draghe stazionarie possono quindi costituire dei lineamenti del fondo abbastanza persistenti nel tempo, visibili anche ad anni di distanza, pur interessando di contro ridotte aree di fondo marino (Newell *et al.*, 1998; Birklund e Wijsman, 2005). Le draghe semoventi, invece, determinano dei limitati approfondimenti, ma coinvolgono aree molto più ampie (Birklund e Wijsman, 2005).

Una discreta produzione scientifica, di seguito illustrata, è disponibile relativamente a studi condotti in merito ai tempi di recupero delle depressioni generate dal dragaggio di fondi marini per l'estrazione di inerti (Mare del Nord) (Kenny e Rees, 1996, 1998; Newell *et al.*, 1998; Desprez, 2000; Birklund e Wijsman, 2005).

Un dragaggio sperimentale, condotto al largo di North Norfolk (Gran Bretagna, draga semovente) per il prelievo di un sedimento ghiaioso-sabbioso, ha determinato un dislivello di oltre 2 m e l'incremento della frazione ghiaiosa per l'esposizione di un livello ghiaioso sottostante. Dopo 1 anno le tracce, ulteriormente erose, erano ancora visibili, mentre 2 anni dopo il dragaggio le stesse erano riconoscibili solo mediante *Side Scan Sonar* (Kenny e Rees, 1996). L'equilibrio nel trasporto di fondo è stato raggiunto dopo 3 anni, quando i sedimenti superficiali sono risultati simili a quelli prelevati prima del dragaggio (Kenny *et al.*, 1998).

Al largo di Dieppe (Francia), il dragaggio industriale di sedimento grossolano (ghiaia-sabbia grossolana) ha determinato l'abbassamento del fondo di oltre 5 m. Dopo il dragaggio, le caratteristiche granulometriche dei sedimenti superficiali sono cambiate e questi ultimi sono risultati progressivamente dominati da sabbia fine derivante dall'*overflow* e/o dal trasporto di fondo. In quest'area i solchi erano ancora visibili dopo 4 anni dal termine del dragaggio, mentre gli Autori descrivono in un'area attigua a quella dragata a fini industriali l'esistenza di cavità ancora ben distinguibili 9 anni dopo la loro formazione (Desprez, 2000; Birklund e Wijsman, 2005).

Nelle piane di marea olandesi (Mare del Nord) profonde depressioni prodotte da una draga stazionaria utilizzata per il prelievo di sedimenti sabbiosi persistono da oltre 13-14 anni; entro tali cavità si sono accumulati sedimenti più sottili rispetto a quelli circostanti e sono state osservate alte concentrazioni di sostanza organica (Birklund e Wijsman, 2005).

In una cava sperimentale, localizzata all'estuario della Senna (Francia), è stato prodotto, in seguito al prelievo di sedimenti sabbiosi, un abbassamento del fondo marino compreso tra 5 e 12 m; dopo 15 anni, mentre nel settore più profondo non erano visibili fenomeni di riempimento, nelle porzioni meno profonde è stato osservato un modesto riempimento di sabbia fine-silt imputabile al trasporto di fondo e/o ai crolli delle pareti della cavità (Desprez, 2000).

Sempre nel Mare del Nord, al largo delle coste inglesi del Suffolk, solchi prodotti da draghe semoventi, moderatamente profondi (solo 20-30 cm), sono rimasti visibili per almeno 4 anni, mentre i lineamenti del fondo generati dai dragaggi condotti nel Canale di Bristol, grazie alla locale elevata mobilità del sedimento, sono rimasti visibili solo per 2 o 3 cicli tidali (Newell *et al.*, 1998).

Studi recenti condotti nell'ambito del Progetto Europeo SANDPIT (2005) evidenziano, inoltre, come sui tempi di recupero delle depressioni generate da dragaggi condotti con draghe stazionarie incida l'influenza che la presenza delle depressioni stesse esercita sulla circolazione locale. Il dragaggio per il prelievo di sedimenti modifica, infatti, la preesistente batimetria del sito di prelievo, creando delle depressioni, con il conseguente aumento della profondità della colonna d'acqua. L'alterata



morfologia del fondo può modificare le locali condizioni idrodinamiche, che a loro volta possono determinare delle variazioni nel sistema deposizionale (Birklund e Wijsman, 2005).

Quando una corrente attraversa l'area occupata dalla depressione, la sua velocità decresce per effetto dell'aumento della profondità dell'acqua (cui si assiste in corrispondenza della depressione) e diminuisce la capacità di trasporto del mezzo. Ne consegue che in prossimità e all'interno della depressione il carico di fondo e anche una certa aliquota di carico in sospensione potranno essere depositati (SANDPIT, 2005). Se l'apporto di sedimenti non è sufficiente per il riempimento della cavità, la depressione morfologica persiste nel tempo. Con il persistere nel tempo della cavità (ovvero a seguito dell'alterazione persistente della batimetria del fondo) possono, inoltre, essere prodotti effetti sulle correnti di fondo in grado di determinare l'erosione della cavità stessa e l'asportazione dei sedimenti sottili (Birklund e Wijsman, 2005).

Tutti questi effetti sono funzione di diversi fattori, quali le dimensioni della depressione, l'angolo fra l'asse principale della depressione e la direzione della corrente, la forza di attrito della corrente locale e le caratteristiche batimetriche nell'intorno della depressione (SANDPIT, 2005). Generalmente, però, le dimensioni delle depressioni sono tali, che i suoi effetti sono limitati all'area immediatamente adiacente la depressione, e non sono noti effetti sulla circolazione a una scala più ampia (macroscala) (SANDPIT, 2005).

In generale, il riempimento delle depressioni avviene sia per effetto del franamento delle pareti laterali (*slumping*) (Figura 1.12), sia per il riempimento ad opera delle particelle fini trasportate dalle correnti di fondo e per le quali la depressione può costituire un "invito morfologico" (trappola sedimentaria). Esso è funzione, quindi, sia delle caratteristiche idrodinamiche locali, sia dell'intensità stessa del dragaggio (intesa come numero di passaggi ripetuti della draga in una stessa area o capacità di approfondimento) (Van der Veer *et al.*, 1985; Gajewski e Uscinowicz, 1993; Newell *et al.*, 1998; Fabi *et al.*, 2004; ICRAM, 2005b).

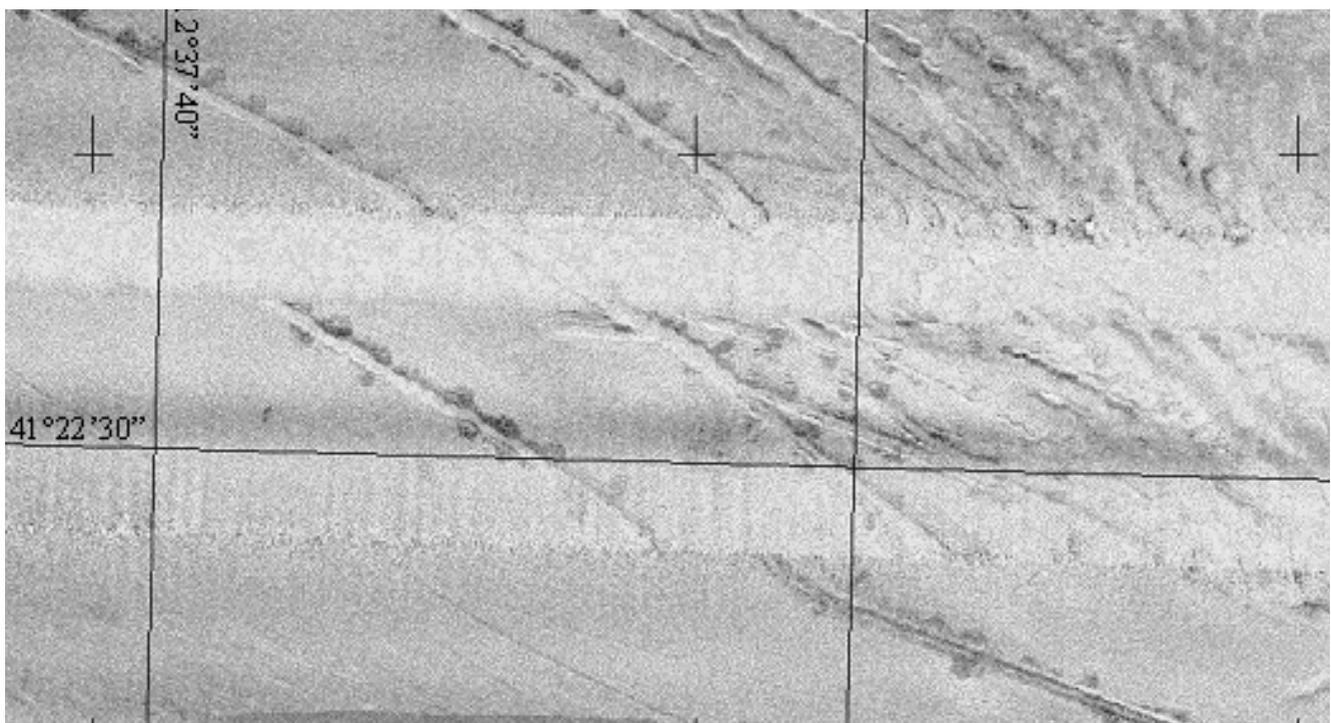


Figura 1.12 – Dettaglio di un rilievo morfologico di un settore ubicato nel Mar Tirreno centrale al largo di Anzio (Lazio centrale), dragato mediante draga semovente. Le aree di anomalie di *backscatter* sui bordi di alcuni solchi sono riferibili a fenomeni di instabilità a piccola scala con franamenti lungo i bordi (ICRAM, 2005b).



In Adriatico, il monitoraggio di un sito dragato (con draga semovente) per il prelievo di sabbie relitte affioranti ha messo in evidenza come, 2 anni dopo il dragaggio, l'effetto combinato di crolli delle pareti e rielaborazione del sedimento sabbioso per effetto delle correnti di fondo sia stato tale da ridurre in modo sensibile i solchi generati dal dragaggio, come stimato mediante rilievi batimetrici condotti con un ecografo multifascio (Fabi *et al.*, 2004).

Nell'ambito di studi e simulazioni condotte per valutare gli effetti dell'estrazione delle sabbie sull'ambiente costiero, è stato rilevato come depressioni localizzate a profondità maggiori di 25 m non producano effetti sul moto ondoso in prossimità della costa, non incidano sulla dinamica litorale, né producano variazioni misurabili sulla linea di riva. È stato inoltre osservato come l'impatto della depressione sulle correnti di fondo sia più ridotto nel caso di forme localizzate a maggiori profondità e come l'area in cui le correnti di fondo risentono della presenza della buca si riduca sensibilmente per depressioni di ridotte dimensioni e localizzate a profondità elevate (SANDPIT, 2005).

È questo il caso del dragaggio delle sabbie relitte, depositi non in equilibrio con l'attuale sedimentazione pelitica, nei quali, data la localizzazione in aree ad elevata profondità e a basso idrodinamismo, la modificazione del rilievo non altera significativamente la circolazione, se non a livello locale.

In particolari condizioni (rilievo negativo accentuato, scarsa circolazione e sedimentazione di particellato sottile di tipo argilloso) può anche verificarsi, all'interno delle depressioni, l'instaurarsi di condizioni anossiche, con la formazione di livelli di sedimento arricchiti in metalli pesanti (*heavily anoxic sediments*), con conseguente peggioramento della qualità dell'acqua (Newell *et al.*, 1998; Louis Berger Group, 1999; Hitchcock e Bell, 2004; SANDPIT, 2005). Tutto ciò può presentare effetti non trascurabili sugli organismi marini, con l'insediamento di comunità notevolmente diverse da quelle presenti prima della movimentazione (Newell *et al.*, 1998).

Il ruolo dei sedimenti sottili nel riempimento, e più in generale nel mantellamento delle forme create dal passaggio della draga, viene confermato dalle indagini acustiche. Nel caso di un dragaggio di sabbie relitte presenti al di sotto di un sottile strato pelitico di deposizione recente, effettuato nel Mar Tirreno centrale al largo di Anzio (Lazio centrale), i rilievi *Side Scan Sonar* condotti dopo 3 anni dal termine del dragaggio, pur evidenziando entro l'area movimentata una *facies sonar* caotica, non hanno individuato evidenti differenze di *backscatter* tra le zone effettivamente dragate e i fondi circostanti (ICRAM, 2005b).

Le modificazioni generate sul fondo marino dal dragaggio oltre ad essere riconoscibili dal punto di vista strettamente morfologico, possono essere individuate in virtù delle variazioni granulometriche che possono interessare il sedimento superficiale. Talvolta il sedimento grossolano rimosso dal dragaggio può essere sostituito da sedimenti più fini (Newell *et al.*, 1998; Desprez, 2000; Birklund e Wijsman, 2005); oppure, all'interno della depressione si può riscontrare un incremento della granulometria per l'esposizione di strati profondi di sedimento, caratterizzati da granulometrie maggiori (Kenny e Rees, 1994, 1996; ICRAM, 2005b).

Per quanto riguarda le caratteristiche dei sedimenti, quindi, la movimentazione del fondo può determinare da una lato l'esposizione in superficie dei livelli di sedimento sottostanti, dall'altro può favorire la formazione di un livello superficiale di nuova formazione, caratterizzato da elevata idratazione e dovuto alla rideposizione del sedimento messo in sospensione dal dragaggio. In entrambi i casi, il nuovo sedimento superficiale può differire rispetto a quello originario per granulometria, grado di compattazione, contenuto d'acqua, resistenza al taglio e concentrazione di ossigeno disciolto (Brambati e Fontolan, 1990; Desprez, 2000; MMS, 2001; Hitchcock e Bell, 2004).

Ne consegue che nell'area di dragaggio le variazioni indotte sui sedimenti superficiali sono più evidenti laddove il dragaggio implica l'esposizione di sedimenti di tipologia differente rispetto ai sedimenti superficiali originariamente presenti.



Nel caso di due dragaggi di sabbie relitte condotti nel Mar Tirreno centrale al largo di Montalto di Castro e al largo di Anzio (rispettivamente Lazio settentrionale e Lazio centrale), al di sopra dei depositi di sabbie relitte è presente una coltre pelitica di deposizione recente di spessore variabile da pochi centimetri a qualche metro: all'interno delle aree effettivamente dragate è stato osservato un significativo incremento della frazione sabbiosa, per l'esposizione del deposito sabbioso a seguito del dragaggio (ICRAM, 2001, 2005a, 2005b).

In entrambi i casi considerati, prima del dragaggio, il sedimento superficiale era caratterizzato da una netta prevalenza della componente pelitica (sempre > 60%) su quella sabbiosa, mentre dopo il dragaggio la frazione sabbiosa presente nel sedimento superficiale ha superato il 90% del contenuto totale (ICRAM, 2001, 2005a). Ciò può essere spiegato considerando che per la coltivazione del deposito di sabbie relitte era necessario asportare la coltre superficiale, costituita dai sedimenti fini di deposizione recente, con la conseguente esposizione dei depositi grossolani sottostanti.

Il confronto fra i risultati emersi nel caso di dragaggi condotti nella stessa area del Mar Tirreno al largo di Montalto di Castro utilizzando draghe semoventi e draghe stazionarie ha messo in evidenza che nel primo caso, al di fuori delle aree dragate, i sedimenti superficiali presentavano un modesto incremento delle frazioni sottili, mentre l'utilizzo di draghe stazionarie non sembra comportare, al di fuori dell'area effettivamente dragata, variazioni tessiturali rilevanti (ICRAM, 2006).

Nei monitoraggi successivi, che hanno interessato le aree dragate del Mar Tirreno centrale, è stato registrato inoltre un modesto incremento della frazione pelitica, attribuibile a processi di rideposizione successivi alla fase di dragaggio (ICRAM, 2001, 2005b). In alcune delle aree dragate è stata osservata in particolare la creazione di uno strato pelitico di notevole idratazione e fluidità, con caratteristiche geotecniche notevolmente differenti rispetto al sedimento sottostante, pelitico o sabbioso, ma sempre dotato di minore idratazione e maggiore densità (ICRAM, 2001).

Al contrario, nel caso di dragaggi condotti in Adriatico centro-settentrionale, per il prelievo di sabbie relitte affioranti, essendo stato esposto un sedimento con caratteristiche simili a quello originariamente presente, non sono state rilevate variazioni granulometriche significative, come è stato messo in evidenza dai monitoraggi successivi alle attività di dragaggio, eseguiti in un arco temporale di 3 anni (Fanelli *et al.*, 2003; ICRAM, 2005c).

Infine, in aree caratterizzate da intenso sfruttamento (dragaggi ripetuti), può risultare difficile individuare dei trend significativi per il recupero delle aree dragate, anche per l'effetto delle perdite accidentali di materiale (**Figura 1.13**), individuabili dai rilievi acustici del fondo, che possono alterare seppure in maniera contenuta le caratteristiche granulometriche dei sedimenti superficiali (ICRAM, 2005b).

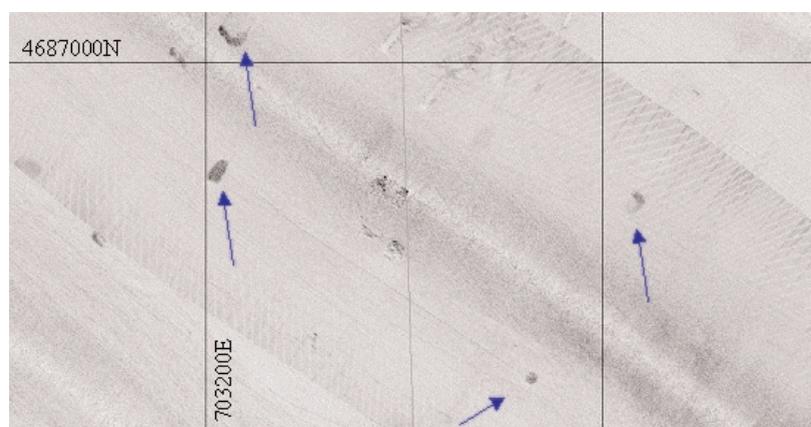


Figura 1.13 – Dettaglio di un rilievo morfologico di un settore ubicato nel Mar Tirreno centrale al largo di Anzio (Lazio centrale), dragato mediante draga semovente. Aree ad alto *backscatter* riferibili a perdite di materiale sabbioso ad opera della draga durante gli spostamenti (ICRAM, 2005b).



Per quanto riguarda l'aspetto chimico dei sedimenti è noto che la loro movimentazione può comportare, qualora fossero presenti, la rimobilizzazione di specie chimiche con possibili ripercussioni sull'ecosistema marino (Puig *et al.*, 1999; Bottcher *et al.*, 2003).

Le sabbie relitte, per le caratteristiche granulometriche, geologiche e giaciture del deposito, non presentano, in genere, anomalie di concentrazione dovute ad apporti antropici e la copertura pelitica, quando presente, protegge le sabbie da possibili inquinanti. Nonostante questo, prima di procedere al dragaggio, sarebbe sempre opportuno verificare le condizioni di naturalità delle sabbie.

Il sedimento sottile recente, che spesso ricopre le sabbie relitte, per sua stessa natura (elevata superficie specifica), presenta grande affinità all'accumulo di specie chimiche e la risospensione, che si verifica quando lo sforzo di taglio è sufficiente a vincere la coesione del materiale, è la modalità più frequente con cui i contaminanti vengono reintrodotti nella colonna d'acqua e nel ciclo del particolato (Kim *et al.*, 2004).

L'aspetto che deve quindi essere considerato è principalmente quello legato alla risospensione del sedimento fine superficiale, che potrebbe avere effetti non trascurabili sull'ambiente.

Nel caso specifico di ripascimento con sabbie relitte, è necessario fare alcune precisazioni:

- per il ripascimento devono essere utilizzati solo sedimenti di buona qualità chimica, non interessati da anomalie di concentrazione di origine indefinita;
- il dragaggio delle sabbie relitte non risponde a condizioni di necessità né di urgenza, come avviene nel caso, per esempio, dei dragaggi portuali in cui, ai fini della sopravvivenza del porto stesso, è spesso necessario intervenire con il dragaggio;
- è auspicabile concentrare la ricerca dei depositi di sabbie relitte in aree non interessate da fenomeni di inquinamento.

Le attività di dragaggio con sabbie relitte, con il possibile coinvolgimento in fase di movimentazione della copertura pelitica recente, sono, quindi, da condurre solamente se, in fase di caratterizzazione, è stata opportunamente e specificatamente verificata la naturalità dei sedimenti interessati *in toto* dalla movimentazione.

1.1.2 Colonna d'Acqua

Durante le operazioni di dragaggio di sabbie relitte può verificarsi, in diverse fasi del ciclo di lavorazione e a diverse profondità, il rilascio di sedimenti lungo la colonna d'acqua con la formazione di un pennacchio di torbida (*turbidity plume*) e la conseguente alterazione delle caratteristiche idrologiche naturali. Ne consegue che la conoscenza della distribuzione spaziale (orizzontale e verticale) del pennacchio di torbida ha un ruolo molto importante per la tutela dell'ambiente marino. Il pennacchio di torbida, d'ora in avanti denominato *plume*, è un fenomeno temporaneo dovuto all'immissione nella colonna d'acqua di solido sospeso per effetto del dragaggio, che determina un aumento localizzato della torbidità. L'estensione e la durata della *plume* dipendono dalla natura e dal volume del sedimento mobilizzato, dalle caratteristiche della draga e dalle condizioni idrodinamiche locali. Generalmente le attività di dragaggio



Figura 1.14 – *Plume* superficiale generata durante le attività di dragaggio.



comportano l'insorgere sia di una *plume* superficiale sia di una *plume* di fondo (*benthic plume*).

La *plume* superficiale (**Figura 1.14**) si genera in seguito allo scarico fuoribordo (*overflow*) di una miscela di acqua e sedimento fine, che si verifica principalmente durante la fase di carico della draga per effetto dello scarico dell'acqua in eccesso aspirata insieme al sedimento. Dopo il completamento del carico l'*overflow* può continuare per alcune decine di minuti, durante la fase di abbandono dell'area di prelievo.

Il permanere nel tempo della *plume*, anche nel caso di sedimenti di buona qualità e con caratteristiche tessiturali omogenee, comporta un'alterazione fisica non solo nella zona direttamente interessata dal dragaggio ma anche nelle zone prossimali. Infatti, i sedimenti più fini, messi in sospensione per effetto del dragaggio, vengono dispersi in funzione delle condizioni dinamiche locali e possono essere deposti anche a una notevole distanza dal sito di escavo (ICES, 1996; Hill *et al.*, 1999). Si può formare così sul fondo uno strato, generalmente costituito da sedimento fine, il cui spessore è variabile in funzione del volume di sedimento mobilizzato e del suo grado di dispersione (Louis Berger Group, 1999).

Il livello di torbidità e quindi le caratteristiche della *plume*, dipendono dalle seguenti variabili (Herbich, 2000; Hitchcock e Bell, 2004):

- caratteristiche dei materiali dragati (tessitura, geotecnica, reologia e microbiologia);
- caratteristiche e modalità delle operazioni di dragaggio (dimensioni dell'area coinvolta, volume di sedimento movimentato, durata delle operazioni e caratteristiche tecniche del dragaggio);
- idrologia della colonna d'acqua nell'area di intervento, in particolare presenza o meno di termoclino e concentrazioni di solido sospeso;
- caratteristiche idrodinamiche nell'area di intervento (velocità della corrente, turbolenza ecc.).

Nel movimento di discesa della *plume* verso il fondo, si distinguono una "fase dinamica", in cui la *plume* scende rapidamente verso il basso come corrente di densità e una "fase passiva" di dispersione, più lenta, che si attiva in ritardo rispetto all'*overflow*, a seguito dell'attraversamento della colonna d'acqua e all'impatto sul fondo (Whiteside *et al.*, 1995; Hitchcock *et al.*, 1999). Le caratteristiche e la modalità di dispersione della *plume*, nonché l'area interessata da tale fenomeno, dipendono sia dal tipo e dalla quantità di sedimento coinvolto sia dalle caratteristiche idrologiche e dinamiche delle masse d'acqua (Hammer *et al.*, 1993; Newell *et al.*, 1998). Mentre la frazione più grossolana (del sedimento) si deposita abbastanza velocemente, il sedimento sottile rimane in sospensione anche per effetto della turbolenza prodotta dalla draga. Osservazioni compiute in Mediterraneo evidenziano, inoltre, la formazione di *plumes* localizzate in corrispondenza del termoclino (**Figura 1.15**), con la creazione di code allungate nel senso della corrente (Toumazis, 1995; ICRAM, 2004; Barbanti *et al.*, 2005). La parte più densa del materiale liberato in superficie scende rapidamente verso il fondo, mentre i sedimenti fini, più leggeri e quindi meno densi, scendono più lentamente, formando la *plume*.

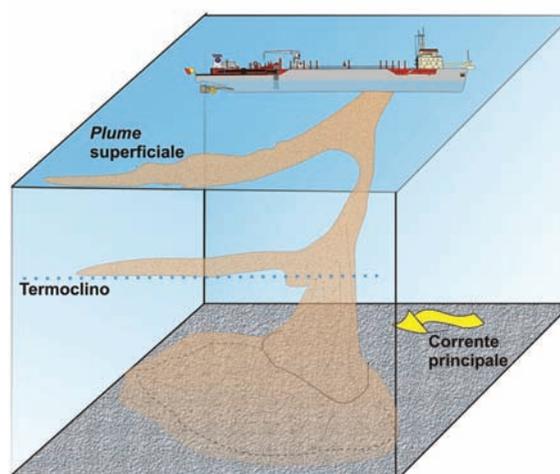


Figura 1.15 - Formazione e modalità di dispersione della *plume* generata durante l'*overflow*. Si osserva in particolare la formazione di una *plume* localizzata in corrispondenza del termoclino e allungata nel senso della corrente (ridisegnato da Toumazis, 1995).



Le correnti agenti lungo la colonna d'acqua deflettono il percorso dei sedimenti in fase di discesa, influenzano i fenomeni di miscelamento e favoriscono la diffusione della *plume* nel senso della corrente. Le acque più dense presenti al di sotto del termoclino tendono però ad ostacolare la discesa verso il fondo dei sedimenti fini, circoscrivendo in parte i fenomeni di dispersione alle acque meno dense poste al di sopra dello stesso.

Hitchcock *et al.* (1999) osservano, durante il dragaggio, anche la formazione di una più piccola *plume* localizzata in prossimità del fondo (*benthic plume*), generata dall'effetto della testa dragante sui sedimenti di fondo. Gli stessi Autori descrivono, infine, la formazione di *plumes* di fondo secondarie in cui il materiale dragato, appena rideposto, viene rimobilizzato per effetto delle correnti tidali.

Le dimensioni della *plume* di fondo sono generalmente da 4 a 5 ordini di grandezza inferiori a quelle della *plume* superficiale, da cui vengono in genere incorporate durante la discesa verso il fondo (Hitchcock *et al.*, 1999).

Le dimensioni delle *plumes* generate dai dragaggi possono essere influenzate anche da alterazioni del fondo preesistenti, causate ad esempio da dragaggi ripetuti e/o da attività di pesca a strascico. Tali condizioni possono determinare l'amplificazione dei fenomeni di risospensione del sedimento, già alterato nelle sue caratteristiche meccaniche. Un fenomeno simile è stato osservato nelle acque territoriali di Honk Kong (Mar della Cina), sottoposte a dragaggio estensivo e ripetuto per l'estrazione di materiale da destinare all'industria delle costruzioni (Morton, 1996).

Numerosi studi sono stati condotti per valutare sia le dimensioni dell'area interessata dalla *plume* sia i tempi di recupero. Le stime per i sedimenti sabbiosi, calcolate sul modello di diffusione Gaussiana (Louis Berger Group, 1999), riportano valori estremamente variabili, da 50 m per le sabbie grossolane a 11 km per le sabbie molto fini (Newell *et al.*, 1998). Stime analoghe condotte per i sedimenti fini indicano distanze superiori a 20 km, con i sedimenti che possono rimanere in sospensione anche per 4-5 cicli tidali (Newell *et al.*, 1998).

Le osservazioni sperimentali condotte indicano, tuttavia, estensioni generalmente inferiori rispetto a quelle calcolate mediante tali modelli, con valori compresi, nel caso di sedimenti sabbiosi e siltosi, tra 200 e 500 m in Poiner e Kennedy (1984) e in Hitchcock e Drucker (1996), rispettivamente per dragaggi condotti nel Queensland (Australia NE) e in East Anglia (Regno Unito). Anche nel caso di *plumes* costituite prevalentemente da sedimenti fini, le osservazioni sperimentali confermano estensioni inferiori, rispetto a quelle stimate con i modelli, variabili da 1 a 4-5 km (Hitchcock e Bell, 2004).

Hitchcock e Drucker (1996) riportano anche le modalità di deposizione del sedimento trasportato dalla *plume* (frazione totale e frazione fine), studiando mediante campionamenti tradizionali di acqua e rilevamenti trasmissometrici le concentrazioni di solido sospeso nella colonna d'acqua a profondità e distanze diverse (Figura 1.16).

Anche Whiteside *et al.* (1995), esaminando gli effetti della dispersione della *plume* nello strato superficiale della colonna d'acqua (8 m) dopo 40 minuti dal dragaggio, riferiscono differenze analoghe fra i valori ottenuti dal modello e i dati sperimentali.

Indagini condotte in Mar Baltico sugli effetti del dragaggio sulla risospensione di solido sospeso hanno messo in evidenza (analizzando l'attenuazione della luce) come la larghezza della *plume* non superi i 50 m e che la deposizione di sedimento diventa irrilevante a 150 m (Gajewski e Uscinowicz, 1993). I risultati di questo studio sono sintetizzati nella Figura 1.17.

È stato riconosciuto come altri fattori, biologici e fisici, intervengano nel regolare le modalità di trasporto e di rideposizione dei sedimenti portati in carico dalla *plume*, determinando un generale aumento delle velocità di sedimentazione, cui corrisponde la diminuzione dell'area interessata dalla *plume*

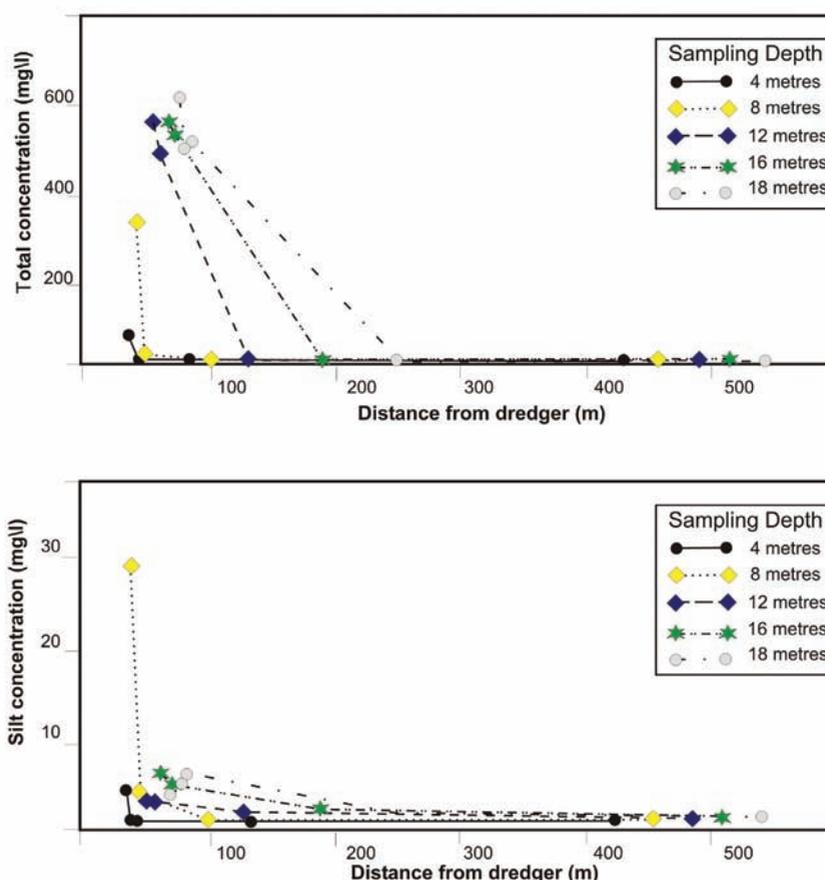


Figura 1.16 – Concentrazioni di solido sospeso totale (in alto) e della sola frazione siltosa (in basso) rilevate lungo la colonna d’acqua a diverse profondità e a distanze crescenti dall’area di dragaggio, misurate mediante campionamenti di acqua e trasmittometria ottica (modificato da Hitchcock e Drucker, 1996).

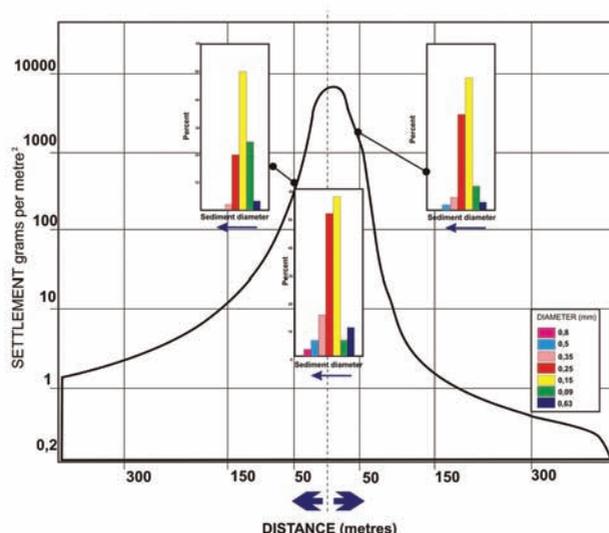


Figura 1.17 – Nel diagramma sono riportate le caratteristiche del sedimento rideposto a seguito di attività di dragaggio condotte in Mar Baltico con draga semovente. In particolare sono riportati i grafici della distribuzione granulometrica del sedimento rideposto all’interno del solco di dragaggio e ad una distanza di 50 m. Si osserva che la maggior parte del sedimento sabbioso mobilizzato e messo in sospensione come overflow si depone entro 150 m dal solco di dragaggio (modificato da Gajewski e Uscinowicz, 1993).



(Louis Berger Group, 1999). Questi fattori possono essere:

- i processi biologici che includono principalmente l'ingestione di particellato da parte degli organismi con conseguente produzione di *fecal pellets*, più densi (Louis Berger Group, 1999);
- i processi fisici che riguardano la flocculazione e l'aggregazione del materiale in sospensione in particelle di dimensioni maggiori (Asper, 1987; Aldridge e Gottschalk, 1988; Hay et al., 1990);
- i processi fisici generati dalle forze coesive agenti sulle particelle di piccole dimensioni, che determinano la formazione di correnti di densità, più dense e quindi più veloci (Newell et al., 1998).

Un altro processo che interviene durante la formazione della *plume* è stato descritto da Hitchcock et al. (1999) e Newell et al. (1999). Esso consiste nella distruzione della componente biotica presente nel sedimento dragato con la conseguente liberazione in sospensione di materia organica, sotto forma di lipidi e carboidrati, della quale non è ancora ben definita l'interazione con il sedimento sospeso. Il meccanismo proposto ipotizza che la presenza in sospensione di lipidi e carboidrati possa ridurre il tasso di sedimentazione del materiale fine, favorendo quindi il permanere della parte visibile della *plume* anche per grandi distanze. La parte distale della *plume* è stata rilevata solo mediante tecniche acustiche (*Continuous Backscatter Profiling* o CBP e *Acoustic Doppler Current Profiling* o ADCP), mentre si sono dimostrati inefficaci i rilevamenti tradizionali (campionamenti di acqua e misure trasmissometriche), non essendo tale fenomeno riconducibile a concentrazioni anomale di solido sospeso.

Newell et al. (1998) mettono in evidenza, nel caso di dragaggi effettuati al largo delle coste inglesi (East Anglia), su un fondo di circa 22 m, come l'estensione della *plume* sia pari a circa 400 m, se valutata in termini di concentrazione di solido sospeso, e di circa 3,5 km se valutata mediante rilievi acustici.

Il fenomeno della *plume* è un fenomeno temporaneo, la cui durata è regolata dagli stessi fattori che governano le modalità di dispersione del sedimento ed è pertanto estremamente variabile. Newell et al. (1998) riportano che la maggior parte del sedimento che rimane in sospensione si deposita dopo un tempo di 20-30 minuti. In Louis Berger Group (1999) si riporta che la concentrazione di sedimento sospeso diminuisce abbastanza rapidamente durante le prime fasi della dispersione, con decrementi significativi dopo 1 ora.

Sulla base delle considerazioni esposte si può quindi concludere che l'impatto generato dalla *plume* è sito-specifico e dipende anche dalla stagione in cui vengono condotte le attività di dragaggio.

IL MONITORAGGIO DELLA *PLUME* DURANTE LE ATTIVITÀ DI PRELIEVO DI SABBIE RELITTE

L'ICRAM, per valutare e monitorare la torbidità generata dalle attività di dragaggio di sabbie relitte, ha condotto studi specifici durante il prelievo delle sabbie effettuato dalla Regione Lazio (maggio 2004) sulla piattaforma continentale laziale, al largo di Montalto di Castro (VT). A tal fine è stato utilizzato un correntometro profilante ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) e una sonda multiparametrica CTD (*Conductivity, Temperature, Depth*), accoppiata a strumenti per la misura della torbidità (scatterometri ottici o trasmisometri) (BEACHMED, 2004).

L'impiego di tale metodologia ha consentito di:

- valutare la distanza entro la quale si evidenziano gli effetti delle operazioni di dragaggio, descrivendo la variabilità spazio-temporale della *plume*;
- individuare la direzione prevalente di dispersione della *plume* e la relativa persistenza in funzione delle condizioni idrodinamiche locali;
- valutare l'entità del disturbo indotto dal dragaggio, in termini di concentrazione dei solidi sospesi lungo la colonna d'acqua;
- verificare l'eventuale interessamento di habitat sensibili (praterie di *Posidonia oceanica*) presenti nelle vicinanze dell'area di dragaggio.

Il disegno di campionamento ha previsto la conduzione di indagini correntometriche e di caratterizzazione del particolato sospeso e dei principali parametri idrologici, lungo transetti appositamente individuati.

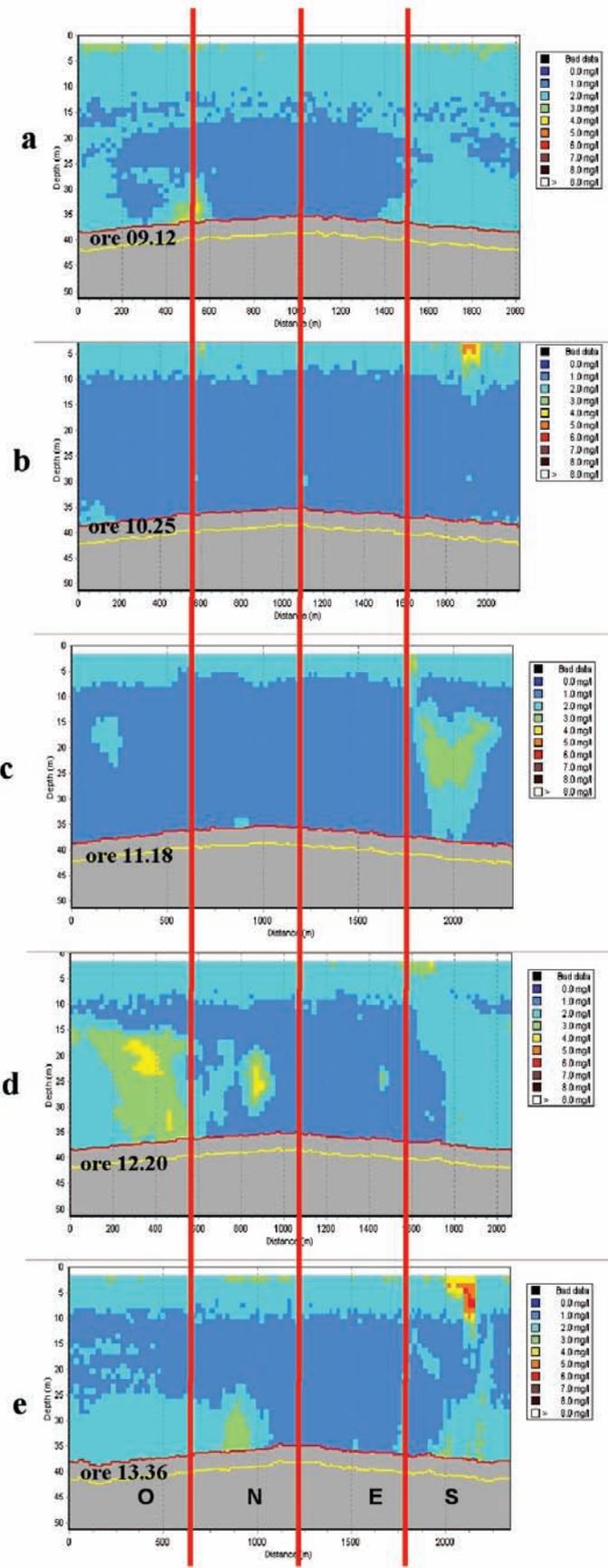
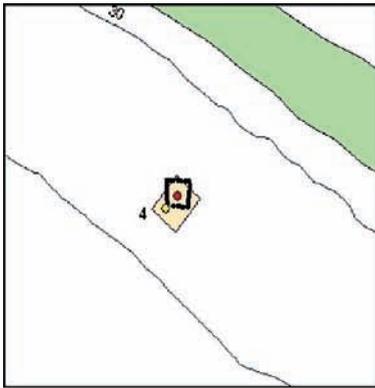
Le campagne di misura nell'area sono state condotte per 4 giorni consecutivi.

Il primo giorno, prima dell'inizio delle attività di dragaggio, sono state effettuate misure di concentrazione del solido sospeso e dei principali parametri idrologici lungo transetti costa-largo, per l'individuazione dei valori di riferimento.

In seguito, per seguire e quantificare l'estensione della *plume* generata dal dragaggio sono stati eseguiti, durante ogni ciclo lavorativo della draga, una serie di transetti di lunghezza, distanza e orientamento variabili. In tempo reale, attraverso la visualizzazione dei dati ADCP, è stato quindi possibile individuare le zone interessate dalla *plume*.



Plume di torbida osservata durante il dragaggio delle sabbie relitte condotto al largo di Montalto di Castro (VT)



Variabilità temporale della *plume* espressa in concentrazione di solido sospeso (mg/l)

Per verificare l'eventuale impatto sugli habitat sensibili presenti sotto costa (praterie di *Posidonia oceanica*) sono state condotte ulteriori indagini correntometriche, idrologiche e di particolato sospeso, lungo transetti di misura estesi dal punto di generazione della *plume* fino alle zone di interesse.

Infine, la variabilità temporale della *plume* è stata analizzata eseguendo, con cadenza periodica di circa 1 ora, per un totale di 5 ore, transetti di forma quadrata, a una distanza media di 250 m dalla draga. L'esecuzione di tali transetti ha permesso di monitorare un intero ciclo lavorativo della draga.

L'aumento di torbidità generato dalle attività di dragaggio è apparso di intensità modesta, anche nelle immediate vicinanze (250 m) della draga, dove sono stati registrati valori di 5-6 mg/l, più alti rispetto a valori di fondo di circa 1 mg/l. Tali aumenti sono risultati essere poco persistenti: pur nelle condizioni di scarso dinamismo presenti nell'area, in un tempo di circa 2 ore (inferiore al tempo che intercorreva fra due cicli successivi di dragaggio) si sono ripristinate sul sito di dragaggio condizioni analoghe o poco differenti dalle condizioni naturali.

In questo studio la perturbazione generata dal dragaggio è risultata non costante nel tempo ma al contrario fortemente discontinua; inoltre ha interessato solo porzioni limitate della colonna d'acqua. In particolare, gli incrementi di torbidità sono stati registrati in strati ben definiti: in superficie, come conseguenza diretta della fase di *overflow*, in corrispondenza del termoclino, per uno spessore di 2-4 m, e sul fondo, per effetto diretto dell'aspirazione della sabbia.

È risultato, infine, che l'aumento di torbidità dovuto al dragaggio diventava indistinguibile dai valori di fondo (bianco) rinvenuti per il sito già ad una distanza di circa 2 km e che le aree a E-NE dell'area di dragaggio in cui erano presenti praterie di *Posidonia oceanica*, non sono state interessate da aumenti di torbidità attribuibili al dragaggio.

È importante sottolineare come i risultati riportati non possano essere generalizzati in quanto sono sito-specifici: la distribuzione spaziale e l'evoluzione della *plume* dipendono infatti dalle caratteristiche chimico-fisiche e dinamiche della colonna d'acqua, che caratterizzano l'area al momento del dragaggio, dalle caratteristiche granulometriche del sedimento movimentato nonché dalla tecnologia utilizzata per il prelievo delle sabbie.



Acoustic Doppler Current Profiler



1.1.3 Organismi Marini

Nell'ambiente marino vengono distinti due grandi domini: il dominio bentonico rappresentato dai fondi marini e il dominio pelagico che è costituito dalle masse d'acqua sovrastanti. Il primo è popolato dagli organismi di fondo (benthos) e il secondo da quelli pelagici (plancton e necton) (Ghirardelli, 1981).

Particolarmente rilevanti ai fini degli studi ambientali sono inoltre gli animali nectonici come i mammiferi marini e le altre specie animali in pericolo di estinzione (tartarughe marine e alcune specie di cetacei), nonché gli habitat marini "sensibili" (come definiti ai sensi della Direttiva 92/43/CEE), ovvero gli habitat marini in cui vivono specie rare, endemiche, vulnerabili o in pericolo.

1.1.3.1 Benthos

Gli organismi bentonici sono tutti quegli organismi che contraggono in qualche modo un rapporto con il substrato più o meno stretto e più o meno costante. Il substrato può presentare una grande variabilità di aspetti: può essere formato essenzialmente da affioramenti rocciosi, scogli, moli ecc. (fondi duri) o essere costituito da sedimento incoerente non diagenizzato come sabbia e/o fango (fondi mobili).

Le attività di dragaggio delle sabbie relitte e il ripascimento coinvolgono in modo diretto essenzialmente gli organismi bentonici di fondo mobile. Gli organismi bentonici di fondo duro, qualora presenti in prossimità delle aree di dragaggio, possono essere invece interessati solo indirettamente dagli effetti di tali attività.

Il principale impatto prodotto dal dragaggio delle sabbie relitte consiste nella parziale o completa rimozione delle comunità bentoniche presenti nell'area di dragaggio e nel disturbo indotto sugli organismi delle aree limitrofe per effetto sia dell'alterazione del substrato (granulometria, stabilità del sedimento e resistenza al taglio) sia della siltazione del sedimento messo in sospensione nella colonna d'acqua (Snyder, 1976; Auld e Schubel, 1978; Salen-Picard *et al.*, 1997; Harvey *et al.*, 1998; Boyd e Rees, 2003; Diaz *et al.*, 2004). In queste ultime aree, non direttamente interessate dalle operazioni di dragaggio, il sedimento messo in sospensione può danneggiare gli apparati filtratori e respiratori degli organismi sospensivori e l'alterazione delle caratteristiche del substrato possono determinare un cambiamento della fauna microscopica che si insedia sul substrato (ad esempio diatomee, batteri, protozoi, comunemente chiamati *microbial film*), fonte di cibo di molti organismi bentonici (Turner e Todd, 1991). Alcuni Autori (Bonvicini Pagliai *et al.*, 1985; Hitchcock *et al.*, 1999) hanno identificato nelle modificazioni del substrato indotte dalle operazioni di dragaggio, in particolare nell'aumento della componente fangosa, una delle principali cause di alterazione dei normali cicli biologici degli organismi bentonici, in quanto tale aumento influirebbe sul reclutamento delle larve e sul loro insediamento sul substrato.

Un altro fattore che può condizionare i popolamenti bentonici presenti nelle aree dragate è la quantità elevata di sedimento messo in sospensione nella colonna d'acqua durante i lavori, che potrebbe influire sui processi fotosintetici degli organismi autotrofi, alterando la trasparenza dell'acqua. Tuttavia, nel caso dei depositi di sabbie relitte, generalmente ubicati a profondità elevate (spesso oltre il limite della zona eufotica), la componente vegetale delle comunità bentoniche è pressoché assente e la luce non rappresenta quindi un fattore limitante.

Gli studi condotti sulle comunità bentoniche in aree dragate in Gran Bretagna hanno messo in evidenza che, a seguito di tali attività, si assiste, dopo circa 7 mesi, a una variazione della struttura originaria del popolamento, con significative diminuzioni del numero di individui, della biomassa e della diversità (Kenny e Rees, 1994; Newell *et al.*, 1998; Green, 2002; Boyd e Rees, 2003; Newell *et al.*, 2004).

Indagini compiute in Olanda da Van Moorsel e Waardenburg (1990, 1991) e Van Moorsel (1993)



evidenziano, subito dopo il dragaggio, una riduzione dei valori di abbondanza (70%), biomassa (80%) e del numero di specie (30%). Questi Autori affermano che entro 1 anno dal dragaggio la densità e il numero di specie ritornano a livelli simili a quelli osservati prima del dragaggio, mentre la biomassa impiega un tempo superiore (2 anni). Anche [Poiner e Kennedy \(1984\)](#) riportano, nel caso di dragaggi effettuati su fondi sabbiosi al largo delle coste australiane, una diminuzione della diversità specifica, della ricchezza e dell'abbondanza nell'area dragata, ma, contemporaneamente, registrano un incremento dei popolamenti circostanti in risposta all'aumento di risorse (rilascio di nutrienti) generato dalla risospensione del sedimento. Tuttavia gli effetti prodotti sugli organismi dal sedimento in sospensione diminuiscono con la distanza dalla sorgente di disturbo ([Gray et al., 1990](#)).

Le conseguenze osservate sulle comunità bentoniche localizzate esternamente alle aree dragate sono da considerarsi, quindi, di lieve entità ([Blake et al., 1996](#); [Newell et al., 1998](#); [Hitchcock et al., 1999](#)).

Indagini condotte in Italia, lungo il litorale tirrenico, hanno messo in evidenza come in generale gli effetti della movimentazione dei sedimenti siano maggiormente evidenti nelle "comunità sensibili" rispetto a quelle già compromesse e disturbate ([Aliani et al., 1994](#)). Anche secondo [Bellan et al. \(1985\)](#) sono proprio le comunità meno perturbate quelle che maggiormente subiscono l'azione dei vari fattori di disturbo, e quindi ne mostrano prima di altre gli effetti.

Nella **Tabella 1.1** vengono riportati alcuni esempi di effetti indotti dal dragaggio sulle comunità bentoniche insediate in diversi habitat, valutati in funzione dei cambiamenti dei principali parametri strutturali (numero di specie, numero di individui e biomassa). La biomassa e il numero di individui sembrano essere i parametri maggiormente influenzati dall'attività del dragaggio, mentre l'andamento del numero di specie appare più variabile e strettamente condizionato dal tipo di habitat considerato.

Tabella 1.1 - Effetti indotti dal dragaggio sulle comunità bentoniche insediate in diversi habitat, espressi come variazione dei principali parametri strutturali (numero di specie, numero di individui e biomassa) (modificata da [Newell et al., 1998](#)).

Località	Tipo di habitat	% di riduzione dopo il dragaggio			Bibliografia
		Specie	Individui	Biomassa	
Goose Creek, Long Island, NY, USA	<i>Shallow lagoon mud</i>	26	79	63-79	Kaplan et al., 1975
Klaver Bank, Dutch Sector, North Sea	<i>Sands-gravels</i>	30	72	82	Van Moorsel, 1994
Lowerstoft, Norfolk, UK	<i>Sands-gravels</i>	34	77	92	Newell e Seiderer, 1997a
Tampa Bay, Florida, USA	<i>Oyster shell</i>	40	65	90	Connor e Simon, 1979
Dieppe, France	<i>Sands-gravels</i>	50-70	70-80	80-90	Desprez, 1992
Moreton Bay, Queensland, Australia	<i>Sands</i>	51	46	-	Poiner e Kennedy, 1984
Hong Kong, Japan	<i>Sands</i>	60	60	-	Morton, 1996
Lowerstoft, Norfolk, UK	<i>Gravels</i>	62	94	90	Kenny e Rees, 1994
Chesapeake Bay, USA	<i>Coastal embayment muds-sands</i>	70	71	65	Pfitzenmeyer, 1970

Di un certo interesse gli studi condotti in Francia nel Golfo di Fos ([Salen-Picard et al., 1997](#)) dove sono state osservate le variazioni a lungo termine prodotte sulla fauna macrobentonica a diverse profondità: le comunità delle basse profondità sono risultate essere quelle più fortemente alterate, con l'instaurarsi, dopo il termine dei lavori, di un popolamento assai diverso da quello originale, con condizioni di non equilibrio a 2 anni dal termine delle operazioni. Al contrario, nelle comunità più profonde non sono state segnalate variazioni evidenti.



Subito dopo il termine delle attività di dragaggio l'area direttamente coinvolta dal dragaggio è interessata da processi di ricolonizzazione mediante la migrazione di organismi adulti dalle aree circostanti e/o l'insediamento di forme larvali (Bonvicini Pagliai *et al.*, 1985; Van der Veer *et al.*, 1985; Rees e Dare, 1993; Newell *et al.*, 1998; Hitchcock *et al.*, 1999; Wilber *et al.*, 2003; Nicoletti *et al.*, 2004b). Nelle prime fasi del processo di recupero la comunità bentonica presente sarà costituita principalmente da individui di piccole dimensioni che si distribuiscono generalmente nello strato più superficiale. Alcuni Autori affermano che la motilità degli organismi è in particolare un fattore importante nel processo di ricolonizzazione, per cui i primi a ripopolare l'area sarebbero policheti erranti, seguiti da crostacei e molluschi (Stickney e Perlmutter, 1975; McCauley *et al.*, 1977).

Per quanto riguarda i tempi di ricolonizzazione numerosi studi riportano tempi variabili da 1 mese fino ad 1 anno (Green, 2002). I primi organismi ad arrivare appartengono a specie pioniere e/o opportuniste, come ad esempio i policheti del genere *Streblospio*, *Capitella*, *Owenia*, *Scolecopsis* e *Chaetozona*, gli anfipodi *Corophium* e *Ampelisca* e il mollusco *Corbula gibba* (Bonvicini Pagliai *et al.*, 1985; Curini Galletti, 1987; Crema, 1989; Crema *et al.*, 1991; Newell *et al.*, 1998; Seiderer e Newell, 1999; Nicoletti *et al.*, 2004b). In particolare *Corbula gibba*, come osservato da indagini condotte in un sito a largo di Capo d'Anzio (Roma) lungo la piattaforma continentale tirrenica, può colonizzare rapidamente il substrato defaunato in seguito ad attività di dragaggio, comportandosi come una specie pioniere e assumendo il tipico ruolo di specie opportunistica. Questa specie si sviluppa velocemente grazie all'elevato potenziale riproduttivo agevolata anche dall'assenza di competitori (Nicoletti *et al.*, 2004b).

Al contrario, la presenza di organismi caratterizzati da un basso tasso di riproduzione e crescita lenta comporta tempi di recupero più lunghi, come nel caso delle comunità che vivono nelle acque fredde dell'Artico dove latitudine e temperatura influenzano il ciclo biologico delle specie, prolungando fino a 10-12 anni i tempi di recupero delle aree dragate (Wright, 1977; De Groot, 1979; Aschan, 1988).

Bonsdorff (1980) descrive un processo di ricolonizzazione di fondi dragati in aree inquinate (Raisio Bay, Finlandia), distinguendo tre fasi: la prima fase distinta dalla presenza di poche specie opportuniste, con elevata abbondanza; la seconda caratterizzata da un aumento del numero di specie, di abbondanza e di biomassa e, infine, la terza contraddistinta dalla stabilizzazione del popolamento con generale diminuzione di abbondanza e biomassa.

La dominanza di specie opportuniste nelle fasi iniziali della ricolonizzazione sembra essere legata alla presenza di materiale di sedimentazione recente, non consolidato (Newell *et al.*, 1998, 2004); non sempre l'instabilità sedimentaria, nonché l'arricchimento di materiale organico (associato all'aumento di solido sospeso), sembrano però essere condizioni sufficienti a determinare l'elevata abbondanza osservata per talune specie dopo il dragaggio (Nicoletti *et al.*, 2004b).

Le specie insediate sui substrati dragati danno luogo ad una successione caratterizzata da popolamenti diversi, fino al completo recupero dell'area. Newell *et al.* (1998) considerano avvenuto il recupero della comunità solo quando questa riesce a raggiungere almeno l'80% della diversità specifica e della biomassa iniziali. In Ellis e Hoover (1990) e in C-CORE (1996) si intende per recupero il raggiungimento di uno stadio finale in cui sia presente una comunità che è simile a quella precedente il dragaggio per composizione delle specie, densità della popolazione e biomassa.

La struttura della comunità bentonica, osservata dopo il dragaggio, non presenta sempre caratteristiche simili a quella originaria (Louis Berger Group, 1999). In diverse aree è stato infatti osservato che i popolamenti insediati dopo il dragaggio raggiungono valori simili di abbondanza totale e diversità specifica, ma non la medesima composizione specifica (Van Dolah *et al.*, 1984; Wilber e Stern 1992; Green, 2002).

I tempi di recupero delle comunità dragate risultano piuttosto variabili e strettamente dipendenti



dal tipo di habitat, composizione granulometrica del sedimento e grado di idrodinamismo (Van Dolah *et al.*, 1984; Evans, 1994; Kenny e Rees, 1996; Newell *et al.*, 1998, 2004). Anche la durata delle operazioni di dragaggio, insieme alle dimensioni dell'area dragata, hanno un'influenza diretta sul recupero delle comunità bentoniche coinvolte: interventi ridotti nel tempo e nello spazio permettono un recupero relativamente rapido, mentre dragaggi estesi hanno un effetto molto più prolungato nel tempo (Van Dalfsen *et al.*, 2000).

Nella **Tabella 1.2** sono riportati i dati reperiti in letteratura relativi ai tempi di recupero di alcune comunità bentoniche insediate in diversi habitat.

Tabella 1.2 - Tempi di recupero della fauna bentonica dopo il dragaggio in diversi habitat (modificata da Newell *et al.*, 1998).

Bibliografia	Località	Tipo di habitat	Tempi di recupero
Bonsdorff, 1980	Raisio Bay, Finland	Shallow brackish water	2 years
Clarke <i>et al.</i> , 1990	Mobile Bay, Alabama, USA	Channel muds	6 months
Courtney <i>et al.</i> , 1972	Florida, USA	Coral reefs	> 7 years
Crema & Valentini, 1998	Cagliari Gulf, Italy	Fine sands, silt and clay	30 months
De Groot, 1979; 1986	Dutch Coastal Waters, Netherland	Sands	3 years
Desprez, 1992	Dieppe, France	Sands-gravels	> 2 years
Desprez, 2000	Dieppe, France	Sands-gravels	> 28 months
Diaz, 1994	James River, Virginia, USA	Freshwater semi-liquid muds	3 weeks
Kaplan <i>et al.</i> , 1975	Goose Creek, Long Island, NY, USA	Lagoon muds	> 11 months
Kenny & Rees, 1994, 1996	Lowestoft, Norfolk, UK	Gravels	> 2 years
Maragos, 1979	Hawaii, USA	Coral reefs	> 5 years
McCauley <i>et al.</i> , 1977	Coos Bay, Oregon, USA	Disturbed muds	4 weeks
Bonvicini Pagliai <i>et al.</i> , 1985	Cagliari Bay, Italy	Channel muds	6 months
Pfitzenmeyer, 1970	Chesapeake Bay, USA	Muds and sands	18 months
Rosenberg, 1977	Byofjord, Sweden	Fjord-like estuary	1 year
Sardà <i>et al.</i> , 2000	Bay of Blanes, Catalan Coast, Spain	Shallow soft bottom	> 2 years
Taylor & Saloman, 1968	Boca Ciega Bay, Florida, USA	Shells-sands	10 years
Van Dalfsen <i>et al.</i> , 2000	Torsminde, Denmark	North Sea coastal assemblage	2-4 years
US Army Corps of Engineers, 1974	Tampa Bay, Florida, USA	Oyster shell	> 4 years
Van Moorsel, 1994	Klaver Bank, Dutch sector, North Sea	Sands-gravels	1-2 years
Wright, 1977	Beaufort Sea, Canada, USA	Sands-gravels	12 years
Van Dalfsen <i>et al.</i> , 2000	Terselling, Netherland	North Sea coastal assemblage	2-4 years
Van Dalfsen <i>et al.</i> , 2000	Daurada Coast, Spain	Infralittoral open sandy coast	> 4 years

Fattori fondamentali che intervengono nei processi di recupero sono anche il tipo di comunità presente e il suo grado di adattamento al disturbo (Newell *et al.*, 1998). È infatti noto che alcuni gruppi tassonomici sono più tolleranti al disturbo indotto dal dragaggio rispetto ad altri (Morton, 1996; Harvey *et al.*, 1998; De Grave e Whitaker, 1999). È stato osservato che il ritorno a condizioni di equilibrio in un tempo relativamente breve è possibile quando nell'area sono presenti comunità bentoniche già adattate a condizioni di equilibrio dinamico, con disturbi periodici del fondo (Evans, 1994) o a condizioni di elevato idrodinamismo. Il recupero delle comunità in aree dragate può avvenire dopo 3 mesi dal dragaggio (Van Dolah *et al.*, 1984) o entro 2 anni (Kenny e Rees, 1996), pur osservandosi ancora valori di abbondanza e di diversità specifica inferiori a quelli originari.

Alcuni Autori sostengono che il dragaggio comporta solo effetti transitori e che il ripristino della copertura sedimentaria e di una comunità simile a quella originaria avviene entro i 2 anni (Harvey *et al.*, 1998); altri Autori, invece, ipotizzano effetti rilevanti per tempi molto lunghi (100-125 anni) o, nel caso della movimentazione di grandi quantità di materiali, effetti addirittura irreversibili (Toumazis, 1995).

Un altro fattore che regola le modalità e i tempi di risposta delle comunità bentoniche in aree dragate, è quello della stagionalità (ovvero la stagione in cui le operazioni di dragaggio vengono condotte). La stagione, nei mari temperati, può infatti influenzare il processo di colonizzazione in quanto il periodo



riproduttivo di molte specie bentoniche coincide quasi sempre con un particolare momento dell'anno (Brown e Swearingen, 1998; Lin e Shao, 2002; Taylor e Wilson, 2003).

Lo studio del benthos rappresenta un efficace strumento per il monitoraggio dell'ambiente marino e si rivela una componente importante anche negli studi di impatto relativi ai dragaggi di sabbie relitte. I popolamenti bentonici sono, infatti, largamente utilizzati come descrittori delle caratteristiche ambientali e come indicatori delle alterazioni dell'ambiente marino indotte da attività antropica in quanto posseggono le seguenti caratteristiche:

- sono generalmente organismi sedentari e riflettono le condizioni ambientali locali;
- hanno cicli vitali relativamente lunghi;
- comprendono numerose specie con cicli vitali diversi, con ruoli trofici diversi e con differente grado di tolleranza a condizioni di stress;
- svolgono un ruolo fondamentale nello scambio di nutrienti e materiale tra il sedimento e la colonna d'acqua;
- presentano strette relazioni con i principali parametri ambientali (substrato, temperatura, ossigeno, salinità e profondità).

Attraverso lo studio delle modificazioni strutturali delle comunità bentoniche e delle interazioni interspecifiche, è possibile risalire ai principali fattori di condizionamento e di perturbazione indotti dalla movimentazione dei sedimenti.

La conoscenza dell'ecologia delle singole specie permette inoltre di individuare particolari specie o gruppi di specie che possono essere utilizzati come indicatori biologici, in quanto la loro presenza o assenza indica una particolare condizione ambientale (Della Croce *et al.*, 1997; Occhipinti *et al.*, 2003). Per studiare gli effetti indotti dalla movimentazione di sedimenti sul benthos, le variabili utilizzate (come gli indici strutturali) non sono tutte ugualmente efficaci. Ad esempio, Harvey *et al.* (1998), in uno studio effettuato nel Golfo di San Lorenzo (Canada) sugli effetti indotti sulle comunità bentoniche dallo scarico di materiali dragati, mettono in evidenza la maggiore efficacia di alcuni indici come il numero di famiglie, la ricchezza specifica (d) e il rapporto tra gruppi trofici rispetto all'abbondanza totale e agli indici di diversità (H') e di equiripartizione o *evenness* (J). Nel caso del dragaggio di sabbie relitte al largo della costa tirrenica laziale, tuttavia, l'utilizzo dei principali indici strutturali (numero di specie, numero di individui, indice di ricchezza specifica, indice di *evenness* e indice di diversità specifica) si è rivelato particolarmente valido per individuare l'area perturbata e valutare l'entità degli effetti indotti dalla movimentazione (ICRAM, 2005a; Marzialetti *et al.*, 2006). Numerosi studi condotti per valutare gli effetti ambientali di attività antropiche hanno messo in evidenza che gli organismi bentonici appartenenti a specifici gruppi sistematici sono maggiormente sensibili alle alterazioni ambientali rispetto ad altri (Roberts *et al.*, 1998). Pertanto è possibile il loro impiego sia come generici indicatori di perturbazione sia come indicatori di disturbi specifici (Salen-Picard *et al.*, 1997). I gruppi sistematici più rappresentati, sia come numero di specie sia come numero di individui, nelle comunità bentoniche marine di fondo mobile sono, in genere, i policheti, i molluschi (gasteropodi e bivalvi) e i crostacei malacostraci (decapodi e anfipodi). Buoni indicatori, particolarmente adatti a studi di monitoraggio ambientale (Bellan, 1984), sono risultate molte specie appartenenti ai policheti i quali occupano nicchie alimentari notevolmente diversificate, inserendosi quindi a differenti livelli trofici nelle comunità macrobentoniche e rappresentando così efficaci descrittori anche in termini sia funzionali (Bianchi e Morri, 1985) sia strutturali (Gambi e Giangrande, 1985). Anche i molluschi possono essere considerati efficaci descrittori delle condizioni ecologiche degli ambienti marini costieri in quanto sono strettamente legati alla tessitura del sedimento (Gambi *et al.*, 1982). Per quanto attiene al gruppo dei crostacei, gli anfipodi con la loro ricchezza di individui e di specie, presentano una grande variabilità etologico-funzionale, andando a ricoprire in tal modo un ampio spettro di condizioni ecologiche (Scipione, 1989; Scipione e Fresi, 1984).

IL MONITORAGGIO DEL POPOLAMENTO BENTONICO

L'ICRAM ha condotto numerosi studi di impatto ambientale relativi ad attività di dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento. La procedura di indagine per la valutazione della compatibilità ambientale e dell'eventuale impatto generato dalle attività di dragaggio e di ripascimento è stata articolata in tre fasi:

- 1) prima delle attività (caratterizzazione della macroarea e del sito di intervento);
- 2) durante (monitoraggio in corso d'opera);
- 3) dopo (monitoraggio *post operam*).

Di seguito vengono illustrati in modo sintetico gli studi di monitoraggio *post operam* svolti in tre diverse aree della piattaforma continentale italiana: a largo di Capo d'Anzio (2001) e di Montalto di Castro (2004) nel Tirreno centrale, su incarico della Regione Lazio, e a largo di Ravenna (2002) in Adriatico settentrionale, su incarico di ARPA Emilia-Romagna. Per ciascuna area di studio è stato eseguito un piano di campionamento specifico, articolato in diversi cicli temporali, realizzato in funzione delle caratteristiche fisico-chimiche e biologiche dell'area di prelievo e delle caratteristiche tecniche del dragaggio (dimensioni dell'area dragata, volume di sabbia estratta, tipologia di draga utilizzata).

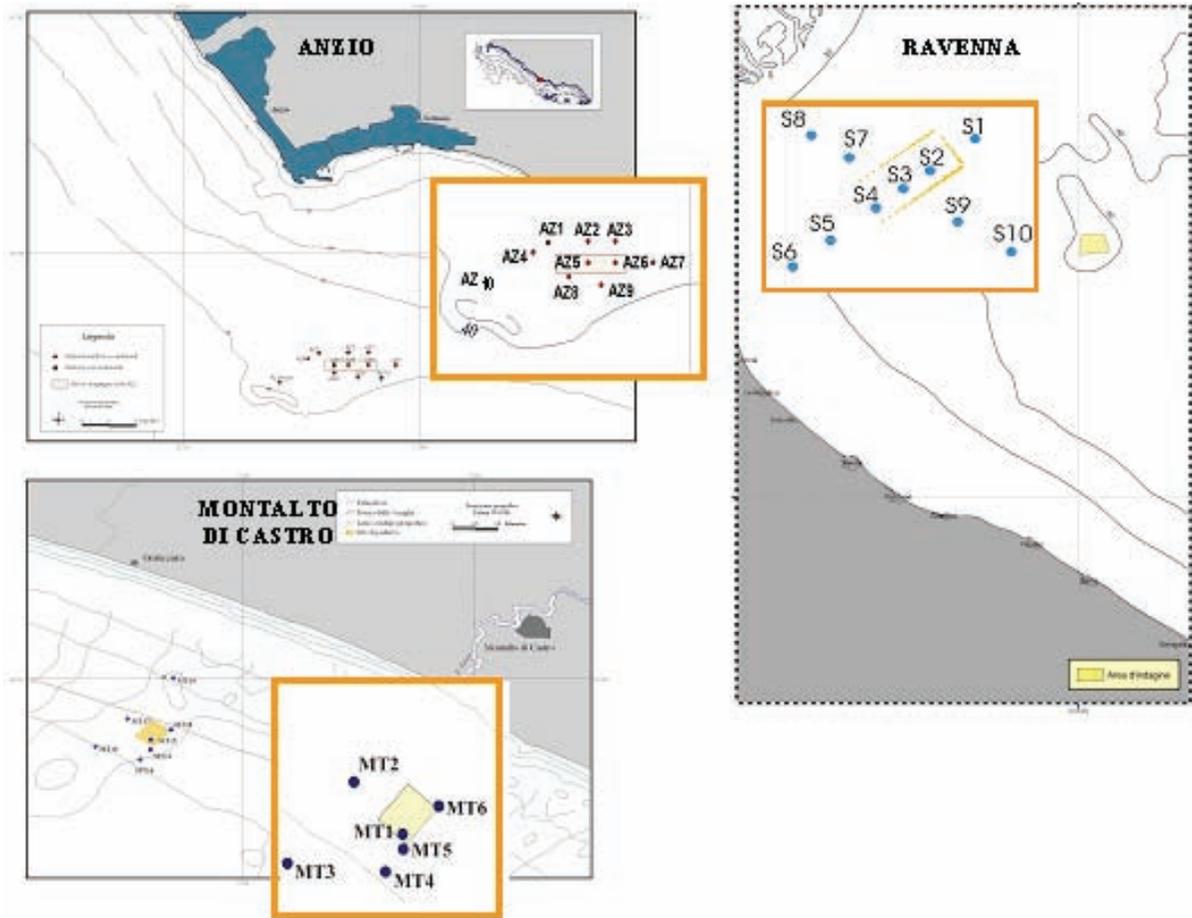
I campionamenti sono stati eseguiti in ogni stazione, utilizzando una benna Van Veen (area di presa di 0.1 m²), eseguendo due repliche in ogni stazione. Gli organismi rinvenuti sono stati identificati a livello di specie e contati.

I risultati ottenuti per le diverse aree evidenziano come in generale l'impatto sui popolamenti bentonici sia limitato all'area direttamente interessata dal dragaggio o ad aree strettamente limitrofe. I tempi di recupero dei popolamenti bentonici sono risultati diversi nelle tre aree: al largo di Ravenna si assiste ad un ripristino delle condizioni originarie dopo 18 mesi dal termine del dragaggio; al largo di Capo d'Anzio il popolamento appare ben strutturato dopo 11 mesi dal dragaggio, pur presentando ancora una composizione specifica diversa da quella originaria; al largo di Montalto di Castro, già 2 mesi dopo il dragaggio, il popolamento presenta valori di ricchezza specifica simili a quelli riscontrati prima dei lavori, pur avendo valori di abbondanza inferiori.

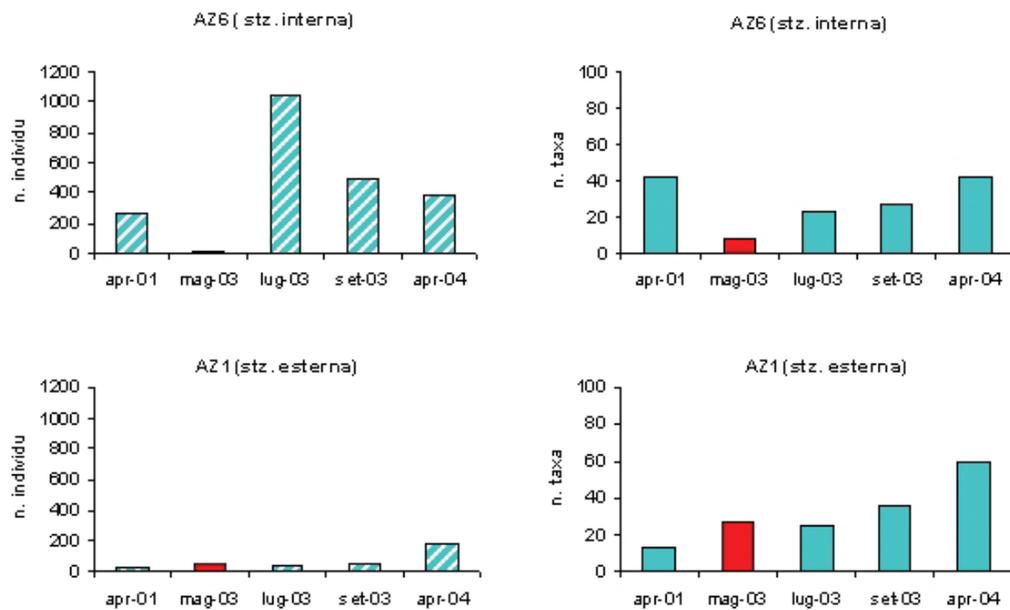
Dai risultati ottenuti in questo studio emerge che, in generale, i processi di recupero dei popolamenti bentonici sono caratterizzati da modalità e tempi dipendenti sia da fattori ambientali sia dalle caratteristiche tecniche del dragaggio quali dimensioni dell'area di prelievo, periodo e durata del dragaggio, volume della sabbia prelevata.



Campionamento del benthos con l'utilizzo di una benna Van Veen



Aree di studio e stazioni di campionamento



Numero di individui e di taxa rinvenuti nelle stazioni AZ6 e AZ1 a largo di Capo d'Anzio. In rosso è rappresentato il campionamento effettuato durante le operazioni di dragaggio



1.1.3.2 Plancton

Il plancton è costituito da organismi animali (zooplancton) e vegetali (fitoplancton) che sono incapaci di compiere movimenti autonomi sufficienti a contrastare onde e correnti e che vengono quindi trasportati passivamente per effetto delle stesse. Sulla base delle caratteristiche del ciclo vitale si distinguono gli organismi oloplanctonici, che passano tutta la vita in sospensione, dagli organismi meroplanctonici che sono planctonici solo per una parte della loro esistenza (uova e stadi larvali e giovanili di animali che da adulti conducono vita bentonica o nectonica o, al contrario, stadi adulti di organismi, come alcune meduse, che hanno stadi giovanili bentonici) (Ghirardelli, 1981).

Per quanto riguarda gli effetti delle attività di dragaggio delle sabbie relitte sul plancton, la produzione letteraria specialistica non è molto rilevante.

Gli effetti, controversi, che il dragaggio delle sabbie potrebbe indurre sul plancton sono principalmente connessi all'aumento di solido sospeso e, quindi, di torbidità, generato dalla risospensione del sedimento associata alla *plume*. Per questo motivo, considerato che le *plumes* sono generalmente di dimensioni ridotte e, soprattutto, hanno una durata limitata, diversi Autori riportano solo effetti minimi e di breve durata (Hammer *et al.*, 1993; Hardaway *et al.*, 1998) o, comunque, accettabili (MMS, 2001).

In particolare, gli effetti indotti sullo zooplancton sono effetti diretti, associati a fenomeni di abrasione e di intasamento dell'apparato branchiale (Snyder 1976; Auld e Schubel 1978); secondo Jones e Lee (in Louis Berger Group, 1999), al contrario, anche nel caso di concentrazioni di solido sospeso molto elevate, tali effetti non sarebbero da ritenersi rilevanti.

Le principali turbative che interessano il fitoplancton sono sempre legate all'aumento di torbidità che potrebbe inibire la capacità fotosintetica (Louis Berger Group, 1999); anche in questo ambito Lee e Jones (1992) affermano che tale diminuzione è raramente in grado di generare un impatto significativo su questi organismi.

1.1.3.3 Necton

Il necton comprende tutti gli organismi acquatici che vivono sempre o solo per una parte della vita sospesi nell'acqua (molti pesci nectonici hanno stadi larvali e giovanili planctonici) e che sono in grado di nuotare attivamente vincendo la forza delle correnti. Il necton è formato prevalentemente da pesci ma anche da crostacei, molluschi cefalopodi e da un numero relativamente piccolo di specie di animali come rettili (tartarughe e serpenti), uccelli (pinguini) e mammiferi (cetacei, pinnipedi) (Ghirardelli, 1981).

Gli effetti del dragaggio sugli organismi nectonici interessano in particolar modo le specie demersali (specie nectoniche che hanno un rapporto più o meno costante con il fondo). Queste specie infatti sono strettamente legate al fondo sia da un punto di vista trofico sia riproduttivo e quindi risultano quelle più sensibili alle variazioni delle caratteristiche del fondo. Tali variazioni sono principalmente legate alla sospensione di sedimento nella colonna d'acqua e alla conseguente rideposizione di questo sul fondo (ICES, 2000). Le ripercussioni a livello trofico potrebbero anche coinvolgere le specie demersali qualora dopo il dragaggio si assistesse ad una diminuzione degli organismi bentonici, con conseguente minor disponibilità di cibo (Oakwood Environmental, 1998). La presenza di grandi quantità di solido sospeso può comportare anche danni rilevanti sulle specie demersali come la rimozione del muco protettivo che ricopre il corpo a causa di fenomeni di abrasione e l'occlusione dell'apparato branchiale (ICES, 2000).

Inoltre, la diminuzione della penetrazione della luce lungo la colonna d'acqua, associata all'aumento di solido sospeso, può generare nei pesci una riduzione della visione, influenzandone il comportamento trofico e riducendone l'efficienza predatoria.

È stato, inoltre, osservato che la distribuzione del popolamento ittico delle aree movimentate è



correlato al tasso di recupero delle comunità bentoniche (Green, 2002). Altri Autori hanno osservato una maggior disponibilità di cibo durante e subito dopo il dragaggio, almeno a scala locale, che ha determinato un richiamo per le specie ittiche presenti nell'area.

Per le specie non stanziali ma che trascorrono in queste aree solo una parte del loro ciclo vitale l'impatto può essere considerato minimo o inesistente (Hammer *et al.*, 1993; Louis Berger Group, 1999).

In caso l'area dragata sia molto ampia e il dragaggio venga condotto per tempi molto lunghi, l'attività di movimentazione dei fondi potrebbe influenzare il comportamento migratorio di alcuni pesci, soprattutto se questa è condotta in concomitanza dei periodi critici del loro ciclo vitale (ICES, 2000).

Ne consegue che gli effetti del dragaggio possono venire ridotti e/o evitati sospendendo le attività di dragaggio durante quelle fasi in cui gli organismi sono più sensibili, ossia durante i periodi di deposizione e di reclutamento (OMOE, 1994; ICES, 2000). Su tale principio si basa infatti il concetto di *environmental windows* (Dickerson *et al.*, 1998), che deriva da quello di *seasonal restriction* di Schubel *et al.* (1978). Le *environmental windows* rappresentano, infatti, i periodi ottimali durante i quali il dragaggio può essere condotto con un impatto accettabile sulle risorse biologiche.

1.1.3.4 Habitat Sensibili

Gli habitat marini "sensibili" (Direttiva 92/43/CEE) sono quelli, di fondo duro o mobile, in cui vivono specie endemiche, rare, vulnerabili o in pericolo, particolarmente sensibili alle variazioni dei parametri abiotici (luce, salinità, temperatura, torbidità ecc.) e agli stress ambientali, sia naturali sia di origine antropica. Questi habitat, nel caso specifico del Mar Mediterraneo, sono riconducibili soprattutto alla *facies a maërl* del Detritico Costiero, alle biocenosi del Coralligeno e a quella delle praterie di *Posidonia oceanica*. I fondi a maërl sono caratterizzati dalla consistente presenza delle alghe Corallinacee *Lithothamnion corallioides* e *Phymatolithon calcareum*, entrambe inserite nella Direttiva Habitat (92/43/CEE) come specie di interesse comunitario con la raccomandazione che il prelievo sia compatibile con la loro conservazione (Bressan *et al.*, 2001; Nicoletti *et al.*, 2003).

Le comunità bentoniche di fondo duro (biocenosi del Coralligeno), così come le praterie di *Posidonia oceanica*, non direttamente coinvolte dalle attività di estrazione delle sabbie, possono risentire in modo indiretto soprattutto dell'aumento di torbidità indotto dalla movimentazione dei fondi circostanti. Infatti, questa potrebbe limitare la penetrazione della luce danneggiando gli organismi autotrofi. Inoltre, la rideposizione di materiale fine messo in sospensione dalle attività di dragaggio potrebbe danneggiare molti degli organismi presenti negli habitat sensibili.

Una particolare attenzione meritano le praterie di *Posidonia oceanica* (specie endemica del Mar Mediterraneo), riconosciute come "habitat prioritario" ai sensi della Direttiva 92/43/CEE del 21/5/1992 (Direttiva Habitat) e quindi inserite nei Siti Rete Natura 2000 (come Sito di Importanza Comunitaria o SIC). Questo comporta che in caso di interventi da condurre in un SIC o nelle sue immediate vicinanze dovrà essere avviata, secondo il "principio di precauzione", la valutazione di incidenza, disciplinata in ambito nazionale dall'art. 6 del DPR 12 marzo 2003 n.120 (G.U. n. 124 del 30 maggio 2003).

Gli aspetti ambientali e normativi connessi alla tutela delle praterie di *Posidonia oceanica* vengono esaminati in dettaglio nel paragrafo 1.3.3.3 (area di ripascimento, habitat sensibili).

1.1.3.5 Mammiferi Marini e altre Specie in Pericolo

L'unico rischio possibile per i mammiferi marini e le altre specie in pericolo è quello di entrare in collisione con i mezzi nautici operanti al momento del dragaggio, cui si associano gli effetti del disturbo legato allo svolgimento delle attività (per esempio il rumore). È noto che i rischi di collisione sono direttamente correlati alla durata delle operazioni e all'estensione delle aree dragate. Pertanto



si può concludere che, almeno nel caso dei dragaggi a fini di ripascimento condotti nel Mar Mediterraneo, il rischio è sicuramente trascurabile, al contrario di quanto avviene nel caso dei dragaggi ripetuti condotti per la gestione dei canali navigabili o per l'estrazione di inerti a fini industriali (Louis Berger Group, 1999).

1.1.4 Usi Legittimi del Mare

Negli studi ambientali che accompagnano le attività di dragaggio delle sabbie relitte una particolare attenzione deve essere rivolta all'identificazione e alla caratterizzazione degli usi legittimi del mare presenti nell'area di dragaggio. Fra questi possono, infatti, essere presenti degli usi che non permettono l'esecuzione del dragaggio.

Tra gli usi legittimi del mare sono da includersi le aree di pregio naturalistico e/o archeologico protette da specifiche normative e/o convenzioni, delibere ministeriali ecc., come ad esempio Aree Marine Protette, Parchi Nazionali, Siti Rete Natura 2000, Aree Archeologiche Marine. In particolare, nelle aree in cui si prevede di effettuare attività di movimentazione dei fondi, la presenza di aree di pregio naturalistico deve essere ben conosciuta, al fine di programmare correttamente le attività di dragaggio e prevedere, eventualmente, misure adeguate per la mitigazione degli effetti (Pellegrini *et al.*, 2002).

Altri usi del mare che potrebbero indurre limitazioni importanti alla conduzione delle attività di dragaggio sono quelli legati alla presenza di attività antropiche quali la maricoltura, di infrastrutture quali strutture *off-shore*, cavi, condotte e oleodotti, nonché le aree con particolari destinazioni d'uso quali quelle autorizzate allo sversamento dei materiali portuali.

Nella definizione e nella pianificazione dei programmi di dragaggio delle sabbie relitte, particolare attenzione dovrà quindi essere posta nell'individuazione di tali aree.



1.2 AREA DI TRASPORTO

Le alterazioni che possono essere prodotte sull'ambiente fisico durante le operazioni di trasporto delle sabbie relitte dal sito di dragaggio a quello di ripascimento sono abbastanza limitate sia nel tempo sia nello spazio. Tali alterazioni riguardano essenzialmente la colonna d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche e concentrazioni di solido sospeso), per effetto della torbidità generata dall'*overflow* della draga (*plume* di torbida) e il substrato, per effetto della sedimentazione del materiale portato in carico dalla *plume*. In generale tali effetti sono assai limitati e possono essere considerati trascurabili. Ne consegue che anche quelli indotti sulle risorse biologiche saranno circoscritti e tali da poter essere considerati irrilevanti. Particolare attenzione dovrebbe essere fatta nel caso in cui nell'area di trasporto, o nelle sue immediate vicinanze, siano presenti habitat sensibili, come praterie di *Posidonia oceanica* e/o sia segnalato il passaggio di mammiferi marini.

Un aspetto che non deve essere assolutamente sottovalutato è quello relativo alla durata prevista per le attività. Infatti, qualora il trasporto interessi un arco di tempo considerevole, è possibile che la sommatoria degli effetti derivanti dai singoli eventi determini il perdurare nel tempo di livelli anomali di torbidità, con possibili ricadute sugli habitat sensibili eventualmente presenti.



Figura 1.18 – Torbidità generata durante il trasporto della sabbia dal sito di dragaggio a quello di ripascimento.

1.2.1 Colonna d'Acqua

Le alterazioni indotte sull'ambiente fisico durante il trasporto delle sabbie sono principalmente quelle generate dai processi di intorbidimento della colonna d'acqua per effetto della *plume* prodotta dall'*overflow* durante il trasporto della sabbia dai siti di dragaggio a quelli di ripascimento (**Figura 1.18**). Come già discusso (paragrafo 1.1.2), l'impatto generato dalla *plume* è sicuramente temporaneo e governato dai fattori che ne regolano anche dimensioni e forma (concentrazione del sedimento sospeso e sua distribuzione granulometrica, caratteristiche correntometriche, superficiali e profonde, al momento del

trasporto, velocità e rotta della draga). Le *plumes* di sedimento sospeso generate durante i dragaggi delle sabbie relitte sono generalmente di dimensioni abbastanza limitate nello spazio e variabili in maniera inversamente proporzionale alla granulometria dei sedimenti interessati ([Hammer et al., 1993](#); [Newell et al., 1998](#)).

La *plume*, generata dai processi di *overflow*, ha inizio durante le fasi di carico e tende a diminuire di intensità con il passare del tempo e, conseguentemente, all'aumentare dello spazio percorso.

1.2.2 Organismi Marini

Per quanto attiene l'area di trasporto, gli effetti più importanti generati dal trasporto delle sabbie sono quelli che possono essere indotti sugli habitat sensibili e/o sui mammiferi marini. Per tali effetti vale quanto riportato nel paragrafo 1.3.3.3 per il caso della *Posidonia oceanica* e nel paragrafo 1.1.3.5 per quello dei mammiferi marini.



1.3 AREA DI RIPASCIMENTO

Le attività di ripascimento possono comportare importanti modificazioni sia sulla morfodinamica e sulle caratteristiche del fondo sia sulla colonna d'acqua.

Per quanto attiene le risorse biologiche, gli effetti più rilevanti sono quelli che possono venire indotti sul popolamento bentonico, in particolare sugli habitat sensibili eventualmente presenti nelle immediate vicinanze della spiaggia, e sul popolamento ittico. Gli effetti sono principalmente associati al ricoprimento generato durante il refluento della sabbia, alle differenze granulometriche e geotecniche dei sedimenti appena depositi rispetto a quelli preesistenti, nonché all'aumento, temporaneo, della torbidità dell'acqua (**Figura 1.19**).



Figura 1.19 – Torbidità generata durante il refluento della sabbia sulla spiaggia.

Una particolare attenzione deve essere rivolta alla presenza di organismi bentonici come i molluschi qualora essi siano oggetto di attività di pesca professionale, in quanto gli effetti indotti dal ripascimento sui popolamenti a molluschi potrebbero avere anche ricadute socio-economiche non trascurabili (paragrafo 1.3.3.1).

1.3.1 Morfodinamica e Caratteristica del Fondo

L'attività di ripascimento, cui si deve il rimodellamento dell'intero profilo di spiaggia, ha inizio con il refluento della sabbia nella parte emersa della spiaggia (B.N.P., 1995). Da questa il sedimento viene ridistribuito dal moto ondoso verso il largo, lungo la spiaggia sommersa e fino alla massima profondità di azione del moto ondoso (profondità di chiusura della spiaggia attiva), per essere infine rideposto lungo il nuovo profilo di equilibrio. Il materiale mobilizzato lungo la zona costiera può anche dar luogo alla formazione di elementi temporanei (barre) che scompaiono a seguito dell'azione naturale del moto ondoso.



Le caratteristiche granulometriche e composizionali del sedimento utilizzato per il ripascimento, nonché il volume di materiale sversato, sono fattori importanti nella definizione degli effetti indotti sull'ambiente fisico della spiaggia.

Le alterazioni fisiche che interessano la spiaggia, in termini di caratteristiche del fondo (morfologia e composizione), includono quindi:

- cambiamenti della linea di riva che, modificata, può determinare variazioni significative sui fenomeni di rifrazione del moto ondoso e quindi sul trasporto sedimentario locale;
- variazioni dei tassi di sedimentazione;
- variazioni delle caratteristiche granulometriche e geotecniche dei sedimenti.

Variazioni nella batimetria e morfologia costiera possono essere indotte anche dal movimento del materiale più fine che, subito dopo la deposizione del sedimento sulla spiaggia, potrà essere allontanato verso il largo e/o lungo la costa e dar luogo alla formazione di elementi temporanei (barre) che scompariranno a seguito dell'azione del moto ondoso.

Poiché il ripascimento comporta l'immissione di nuovo materiale, anche nel caso di ripascimenti condotti con sedimenti di composizione e distribuzione granulometrica simile a quelle del sedimento originario, possono essere osservate variazioni significative dell'ambiente fisico (della spiaggia), indotte dalle variazioni che intervengono a carico di alcuni parametri quali grado di compattazione, resistenza al taglio e contenuto di umidità (Nelson e Dickerson, 1988; Green, 2002).

Le variazioni presenti a carico del sedimento di spiaggia e relative alle caratteristiche tessiturali, geotecniche e di composizione, possono inoltre riflettersi anche su un diverso aspetto estetico (dimensione, colore e natura dei granuli) rispetto alle sabbie originarie. In particolare, mentre la distribuzione granulometrica delle sabbie è un parametro essenziale ai fini del mantenimento del profilo di equilibrio della spiaggia (e come tale adeguatamente indagato in sede progettuale), altre caratteristiche come il contenuto di detrito conchigliare, il tipo di sedimento e/o il colore possono avere importanza soprattutto nel caso di spiagge di particolare valenza paesaggistica.

1.3.2 Colonna d'Acqua

Il refluento della sabbia sulla spiaggia determina sulla colonna d'acqua effetti legati essenzialmente all'aumento temporaneo di carico sospeso e, quindi, di torbidità. Tali effetti non sono di entità rilevante se confrontati con le naturali variazioni di torbidità che si osservano in questo ambiente.

La torbidità durante le attività di ripascimento risulta elevata nelle immediate vicinanze delle condotte di scarico della sabbia e scompare poche ore dopo il termine dei lavori (Van Dolah *et al.*, 1984; Green, 2002); il 97-99 % del carico sospeso si deposita entro poche decine di metri dal punto di scarico (Schubel *et al.*, 1978).

In caso di moto ondoso elevato si assiste, subito dopo il ripascimento, ad un incremento ancora più sensibile del particellato sospeso, per l'allontanamento della frazione fine, favorito anche dal basso grado di compattazione del sedimento appena deposto. Tuttavia la torbidità torna a valori prossimi a quelli precedenti in breve tempo (Green, 2002).

1.3.3 Organismi Marini

La letteratura esistente riguardante gli effetti del ripascimento sugli organismi marini mette in luce come i più rilevanti coincidano con quelli a carico del popolamento bentonico e della fauna ittica demersale, mentre sono trascurabili quelli sulle altre componenti biologiche (ad esempio il plancton), che non verranno pertanto discussi.



1.3.3.1 *Benthos*

Le attività di ripascimento delle spiagge possono produrre impatti significativi sulle comunità bentoniche ivi presenti (Green, 2002), anche se in misura meno rilevante di quanto avviene nel sito di dragaggio. La durata degli effetti è inoltre considerevolmente inferiore, tanto che le comunità interessate possono tornare ai livelli simili a quelli precedenti il ripascimento anche nel giro di pochi mesi (Van Dolah *et al.*, 1984; Green, 2002).

Gli studi condotti documentano solo alterazioni temporanee di abbondanza, diversità e composizione specifica della fauna intertidale, della durata variabile da poche settimane a pochi mesi (B.N.P., 1995). La maggior parte delle aree interessate dal ripascimento vengono ricolonizzate dalle stesse specie presenti prima delle attività (Green, 2002; Wilber *et al.*, 2003).

I maggiori disturbi indotti sugli organismi sono quelli direttamente connessi allo sversamento di materiali sulla spiaggia e quelli legati al peggioramento della qualità dell'acqua per aumento della torbidità e la conseguente diminuzione di penetrazione della luce.

Gli effetti del refluento della sabbia includono:

- soffocamento e seppellimento;
- alterazione dei fondi su cui sono insediati i popolamenti;
- alterazione delle dinamiche di popolazione (con effetti importanti sulle aree di nursery e di riproduzione);
- diminuzione delle risorse trofiche.

Durante il ripascimento la maggior parte della sabbia viene posizionata sulla spiaggia emersa e nel tempo viene allontanata verso quella sommersa grazie all'azione del moto ondoso. Tale spostamento può determinare la formazione di uno strato di sedimento nuovo nella zona intertidale di spessore variabile da pochi centimetri a più di 1 metro. Gli organismi che vivono lungo le spiagge sottoposte a ripascimento, per sopravvivere, dovranno quindi essere in grado di migrare verticalmente attraversando la coltre sabbiosa che man mano si deposita (B.N.P., 1995). La questione fondamentale nella valutazione degli effetti indotti dal ripascimento non è pertanto la perdita temporanea degli organismi presenti sulla spiaggia, peraltro attesa, quanto la velocità di recupero di queste comunità dopo il completamento del progetto di ripascimento.

I meccanismi di reclutamento che intervengono a seguito del ripascimento sono stati descritti da Van Dolah *et al.* (1984): migrazione degli adulti e dei giovanili dalle aree adiacenti, migrazione verticale degli organismi attraverso la coltre di sedimento deposto e immissione sulla spiaggia di organismi trasportati con il sedimento. Il successo di questi meccanismi è strettamente dipendente dallo spessore della coltre sabbiosa e dalla granulometria del sedimento sversato, nonché dalla capacità di movimento delle specie coinvolte.

La maggior parte degli organismi che popolano le spiagge sono specie scavatrici che sono ben adattate ai cambiamenti periodici e a un ambiente abbastanza stressato. Soprattutto gli organismi più grandi e mobili sono in grado di sopravvivere al ripascimento abbandonando momentaneamente l'area. È questo il caso dei granchi fantasma della North Carolina che si allontanano sia per effetto delle modificazioni fisiche indotte sull'ambiente sia per cercare nuove fonti di cibo (B.N.P., 1995).

Altre specie, di ambiente intertidale e/o subtidale, sopravvivono invece al ripascimento con la migrazione verticale, scavando attraverso la coltre sabbiosa (Maurer *et al.*, 1981a, 1981b, 1982, 1986; Green, 2002).

Laddove le attività di ripascimento hanno comportato modifiche rilevanti dal punto di vista della granulometria del substrato, sono state osservate importanti variazioni anche nella composizione degli organismi bentonici, con conseguente alterazione dell'ecologia della spiaggia (Rakocinski *et al.*, 1996).



Sedimenti con una diversa distribuzione granulometrica o sedimenti che siano stati ben compattati durante le operazioni di messa in posto, possono ridurre la velocità di ricolonizzazione della spiaggia, ma, soprattutto, possono incidere sulla composizione specifica dei nuovi popolamenti (Van Dolah *et al.*, 1984; Green, 2002). Le variazioni indotte sui popolamenti bentonici della spiaggia possono inoltre avere importanti ricadute economiche se si tratta di specie di interesse commerciale (B.N.P., 1995).

A tale proposito lungo il litorale laziale sono state effettuate indagini specifiche per valutare gli effetti che le attività di ripascimento possono indurre su alcune specie di molluschi bivalvi di interesse commerciale. Le indagini svolte hanno evidenziato che la specie *Donax trunculus* (tellina) che vive a profondità comprese tra 0 e 2 m, è inizialmente molto influenzata dallo sversamento del sedimento sabbioso, riuscendo comunque a colonizzare il nuovo sedimento in tempi assai rapidi; la specie *Chamelea gallina* (vongola), al contrario, che è distribuita preferenzialmente tra i 2 e i 7 m di profondità, sembra non risentire degli effetti del ripascimento.

Una delle soluzioni proposte per minimizzare gli impatti del ripascimento sulle risorse biologiche e in particolare sulle comunità bentoniche, è quella di non far coincidere tali attività con le fasi in cui gli organismi sono più sensibili al disturbo (ad esempio durante i periodi di reclutamento e di riproduzione), applicando quindi, anche nel caso del ripascimento, il concetto di *environmental windows*, già discusso in precedenza (paragrafo 1.1.3.3).

1.3.3.2 Necton

I possibili effetti generati dalle attività di ripascimento sul popolamento ittico delle aree costiere sono diversi e possono comportare la diminuzione delle abbondanze durante le operazioni di refluisce della sabbia, danni agli apparati branchiali dei pesci (per l'aumento della torbidità), ridotta disponibilità di cibo e il seppellimento di specie demersali (Green, 2002). Tuttavia, indagini specifiche non evidenziano alterazioni della composizione e dell'abbondanza del popolamento (Nelson e Collins, 1987; B.N.P., 1995). Alcuni Autori osservano infatti che gli organismi nectonici che vivono in queste aree sono molto mobili e possono facilmente allontanarsi dalle zone direttamente interessate dalle attività di ripascimento (Green, 2002; Wilber *et al.*; 2003).

In generale gli effetti prodotti dal ripascimento sui popolamenti nectonici sono tutti a breve termine; il necton non sembra risentire del disturbo come invece avviene per le comunità bentoniche della spiaggia.

GLI EFFETTI DELLE ATTIVITÀ DI RIPASCIMENTO SUI POPOLAMENTI BENTONICI COSTIERI

L'ICRAM, per valutare le possibili interazioni tra il ripascimento e i popolamenti bentonici costieri, ha recentemente condotto, su incarico della Regione Lazio, uno studio conoscitivo su alcuni molluschi bivalvi di interesse commerciale, quali telline (*Donax trunculus*) e vongole (*Chamelea gallina*), presenti lungo alcuni tratti del litorale laziale. Questi bivalvi sono specie oggetto di pesca professionale in tutte le marinerie locali e costituiscono una importante risorsa economica. Essi, soprattutto in alcune fasi del loro ciclo vitale, sono estremamente sensibili alle modificazioni dell'ambiente in cui vivono, in particolare alle variazioni granulometriche del sedimento.

L'indagine è stata condotta lungo diversi litorali laziali prima, durante e dopo gli interventi di ripascimento previsti nel 2003.



Molluschi bivalvi di interesse commerciale: *Donax trunculus* (tellina) e *Chamelea gallina* (vongola)

Gli studi, condotti per circa 1 anno prima degli interventi di ripascimento, hanno permesso di individuare le principali specie presenti lungo il piano infralitorale superficiale di fondo mobile, ambiente caratterizzato da forte moto ondoso e da instabilità dei sedimenti. In particolare, per le specie *Donax trunculus* e *Chamelea gallina*, è stata studiata la distribuzione, la densità (numero di individui per metro quadrato), la dinamica di popolazione e il periodo di riproduzione e di reclutamento. In generale, dai risultati ottenuti è emerso che *D. trunculus* predilige un intervallo batimetrico compreso tra 0 e 2 m e un sedimento caratterizzato da un diametro medio compreso tra 125 e 250 micron. I risultati hanno messo in evidenza, inoltre, un lungo periodo di reclutamento da luglio a settembre, a volte esteso fino all'inverno successivo. Il reclutamento dei giovanili avviene tra 0 e 0,5 m di profondità e gli individui, crescendo, si spostano verso profondità maggiori.

Subito dopo i lavori di ripascimento, *D. trunculus* scompare, probabilmente soffocato dalla nuova sabbia immessa sulla spiaggia. In tutti i litorali studiati, a distanza di pochi mesi (3-4) dal ripascimento, dopo un periodo di assestamento dei sedimenti e in coincidenza del periodo di reclutamento della specie, è stato rilevato ovunque l'arrivo di individui giovanili.

Per quanto riguarda *C. gallina*, la ricerca condotta ha evidenziato come essa sia principalmente distribuita a profondità comprese tra 2 e 7 m di profondità; il reclutamento avviene nel mese di settembre e in misura minore nel mese di maggio. Nel complesso, il popolamento a *Chamelea* non sembra avere risentito delle attività di ripascimento.

Da questo studio emerge l'importanza di conoscere i periodi di riproduzione e di reclutamento delle principali specie di bivalvi di interesse commerciale al fine di poter minimizzare gli impatti in caso di attività di ripascimento. Una indicazione di carattere gestionale potrebbe essere quindi quella di effettuare il ripascimento nel periodo precedente a quello del reclutamento della specie d'interesse (ad esempio il periodo estivo per *D. trunculus* presente lungo le coste del Lazio), in modo da permettere, dopo un opportuno periodo di assestamento del nuovo sedimento sversato, l'insediamento dei giovanili.



1.3.3.3 Habitat Sensibili

Tra gli habitat sensibili, quelli che possono risentire maggiormente degli effetti indotti dalle attività di ripascimento sono, nel caso specifico del Mar Mediterraneo, le praterie di *Posidonia oceanica*. L'elevata torbidità e il carico sospeso potenzialmente associato alle fasi iniziali del ripascimento, possono infatti inibire o ridurre significativamente l'attività fotosintetica, con potenziali danni alle praterie stesse e all'ecosistema di cui esse fanno parte (Goldberg, 1988; B.N.P., 1995).

Le praterie di *Posidonia oceanica* L. Delile

La *Posidonia oceanica* (L.) Delile è una fanerogama marina analoga alle piante superiori terrestri e pertanto organizzata in fusto (rizoma), foglie e radici. Il fusto (rizoma) può accrescersi sia orizzontalmente (accrescimento plagiotropo), che verticalmente (accrescimento ortotropo) sfuggendo, entro certi limiti, al progressivo innalzamento del fondo e dando origine ad una tipica formazione a "terrazzo" chiamata col termine francese "matte".

La matte è formata da un intreccio di più strati di vecchi rizomi e radici e da sedimento intrappolato tra questi e fortemente compattato. La crescita verticale della matte è mediamente stimata di 1 m ogni 100 anni.

Nella parte superiore di ogni rizoma è situato l'apice vegetativo da cui si originano le foglie organizzate in ciuffi: ogni ciuffo è composto da 6-7 foglie nastriformi disposte a ventaglio con le più vecchie e più lunghe posizionate esternamente, mentre quelle più giovani e più corte sono più interne.

La *P. oceanica* forma ampie praterie (**Figura 1.20**) che si possono estendere generalmente da 0 a 40 m di profondità (Pérès e Picard, 1964). Si distinguono un margine superiore (profondità minima alla quale è possibile trovare la prateria), più sensibile alle attività che insistono sulla costa e un margine inferiore (la profondità massima raggiunta dalla prateria stessa).



Figura 1.20 - Prateria di *Posidonia oceanica*.



Le praterie di *Posidonia oceanica*, che coprono in Mediterraneo un areale stimato in circa 2,5-5 milioni di ettari (Pergent *et al.*, 1995), costituiscono una delle componenti fondamentali dell'equilibrio e della ricchezza dell'ambiente litorale costiero.

Questa fanerogama, infatti, svolge un importantissimo ruolo ecologico in mare, che può essere schematizzato come segue (Ott, 1980; Blanc e Jeudy de Grissac, 1984; Jeudy de Grissac e Boudouresque, 1985; Mazzella *et al.*, 1989; Chimenz *et al.*, 1996; Francour, 1997; Guidetti e Bussotti, 1998; Tunesi e Boudouresque, 2006):

- produce ossigeno: 1 m² di prateria in buone condizioni produce da 4 a 20 litri di ossigeno nell'arco di 24 ore;
- produce ed esporta biomassa: con circa 38 tonnellate di peso secco per ettaro per anno (di produzione primaria), le praterie di *P. oceanica* vengono considerate le più importanti produttrici di materia vivente del Mediterraneo. Una parte di questa produzione, sotto forma di foglie morte, viene trasportata dalle onde e dalle correnti verso altri ecosistemi;
- costituisce un ambiente estremamente ricco e diversificato: il popolamento associato a *P. oceanica* è caratterizzato dalla presenza di fauna sessile (principalmente epifiti animali e vegetali), fauna sedentaria, vagile e mobile;
- rappresenta un'importante area di riproduzione e di nursery per moltissime specie di invertebrati e pesci;
- stabilizza i fondi mobili e difende le coste dall'erosione. Le onde e le correnti vengono infatti ammortizzate dall'azione frenante della matte e delle foglie e il sedimento in transito viene trattenuto in parte dalle foglie e dal sistema dei rizomi.

Le praterie di *Posidonia* rappresentano il popolamento vegetale più esteso e comune del piano infralitorale mediterraneo e vengono normalmente utilizzate come indicatori biologici (Pergent, 1991; Pergent *et al.*, 1995) per la loro elevata sensibilità alle alterazioni delle caratteristiche ambientali e agli impatti di origine antropica (Ardizzone e Pelusi, 1983; Augier *et al.*, 1984; Porcher, 1984, Bourcier, 1989; Peirano e Bianchi, 1995).

Le caratteristiche generali delle praterie, quali ad esempio il ricoprimento percentuale, la densità fogliare e la profondità massima del limite inferiore, possono essere utilizzati come indicatori di eventuali impatti antropici e/o naturali (Pergent *et al.*, 1995).

La loro localizzazione prossima alla costa le espone ai danni indotti dalle attività antropiche che insistono sulla fascia litorale, quali la presenza di manufatti e infrastrutture, scarichi (generalmente ricchi di sostanze eutrofizzanti e inquinanti), nonché le attività di pesca a strascico e gli ancoraggi. Inoltre, la realizzazione di alcuni tipi di opere, quali ad esempio i pennelli (sovente associati al ripascimento), può modificare localmente il comportamento delle onde e delle correnti, interagendo con i processi di trasporto litorale che presiedono alla distribuzione dei sedimenti in mare, con possibili ripercussioni sull'ambiente marino in generale e sulle praterie di *P. oceanica* in particolare. Esse, infatti, possono subire gli effetti di:

- processi di erosione costiera (riduzione del substrato sabbioso della prateria fino all'esposizione dei rizomi);
- dragaggi in ambito litoraneo con possibili effetti di erosione sulle spiagge sommerse limitrofe;
- dragaggi delle sabbie del largo, soprattutto per effetto dell'*overflow*;
- costruzione di opere marittime con conseguente instaurarsi di processi erosivi, deposizionali e di variazione della dinamica sedimentaria e della limpidezza delle acque;
- ripascimento artificiale delle spiagge, con la possibilità che si instaurino localizzati e temporanei flussi sedimentari prima assenti.



Nel caso del ripascimento gli effetti attesi sulle praterie di *Posidonia oceanica* sono essenzialmente quelli legati all'aumento della torbidità dell'acqua e al possibile seppellimento delle piante. Quest'ultimo è legato alla maggior movimentazione dei sedimenti di fondo a seguito del refluenimento della sabbia, soprattutto per la scarsa compattazione del sedimento appena deposto. Effetti del seppellimento sulle praterie potrebbero essere attesi laddove la profondità di chiusura della spiaggia attiva prevista per il ripascimento (la profondità massima alla quale il sedimento risente ancora dell'azione del moto ondoso) sia localizzata a una profondità maggiore rispetto alla profondità del limite superiore della prateria stessa.

Indagini specifiche sono state condotte da [Manzanera et al. \(1998\)](#) per studiare gli effetti della ipersedimentazione sulle praterie in seguito alla realizzazione delle opere costiere. Questi Autori hanno rilevato come la risposta della pianta sia fortemente dipendente dall'intensità e durata della ipersedimentazione; anche modesti seppellimenti (5 cm) possono infatti indurre una significativa mortalità fogliare. Il problema dell'ipersedimentazione è stato affrontato anche nello studio di [Gambi et al. \(2005\)](#) effettuato su una prateria presente nella Baia dei Maronti (Isola di Ischia, NA).

È noto in letteratura, ed è stato confermato anche da studi lepidocronologici, che la diminuzione di luminosità generata dall'aumento di sedimenti fini in sospensione determina un calo nella produzione fogliare della prateria cui potrebbe seguire, con il persistere dell'alterazione, la riduzione della densità e la regressione del suo limite inferiore ([Guidetti e Fabiano, 2000](#)).

Studi recenti, condotti lungo le coste spagnole in un'area interessata dalla realizzazione di un porto ([Ruiz e Romero, 2003](#)), hanno dimostrato come tali fattori possano spiegare solamente il 20% del declino osservato per le praterie di *P. oceanica* presenti. Lo stato di salute della prateria è legato anche ad altri fattori quali il rilascio dei nutrienti, che agisce da una lato su epifiti e macroalghe e dall'altro sulla qualità del sedimento per effetto soprattutto della siltazione e dell'instaurarsi di condizioni anossiche ([Ruiz et al., 1993](#); [Ruiz e Romero, 2003](#)).

Nel caso specifico di ripascimento con sabbie relitte, l'aumento di torbidità e la diminuzione di luminosità ad esso associato non dovrebbero produrre effetti significativi sulle praterie per i seguenti motivi:

- il fenomeno è certamente temporaneo e di ridotta entità poiché il sedimento utilizzato per il ripascimento è normalmente francamente sabbioso e la componente fine, responsabile del perdurare nel tempo e nello spazio della torbidità, è praticamente assente;
- la durata prevista per i lavori, riferita ai singoli tratti interessati, è relativamente breve;
- la maggior parte delle attività viene generalmente svolta nel periodo invernale-primaverile, in un periodo dell'anno, cioè, in cui i valori di torbidità sono naturalmente più elevati.

Uno studio di monitoraggio di una prateria di *P. oceanica* presente lungo le coste di Tarquinia (Mar Tirreno centrale) condotto dall'ICRAM, in collaborazione con l'Università "La Sapienza" di Roma e la Regione Lazio, in occasione di un intervento di ripascimento con sabbie relitte avvenuto nel periodo maggio-luglio 2004, è riportato in [Nicoletti et al., 2005](#).

Un ultimo aspetto che deve essere considerato è, infine, il rapporto che esiste fra la stabilità della costa e la presenza di praterie di *P. oceanica*. La perdita di prateria (anche di un solo metro) può indurre sul litorale un'erosione consistente, anche di diversi metri ([Della Croce et al., 1997](#)). Secondo alcuni Autori il ripristino della spiaggia ha un ruolo positivo nell'aumentare la stabilità delle praterie, mentre il deficit sedimentario ne favorisce la regressione ([Ballesta et al., 2000](#)). Un miglioramento dello stato generale di salute della prateria, derivante dalla stabilizzazione della spiaggia, può addirittura aumentare la protezione della spiaggia stessa. Si deduce che un intervento di ripascimento ben progettato potrebbe favorire, sia direttamente sia indirettamente, non solo la stabilità della spiaggia ma anche il miglioramento dello stato di salute delle praterie di *P. oceanica* adiacenti ([Ballesta et al., 2000](#)).



Capitolo 2

Il protocollo di monitoraggio

2 IL PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO

2.1 DOVE, QUANDO, COME E A QUALE SCALA CONDURRE LE INDAGINI

La necessità di disporre di uno strumento metodologico efficace di cui avvalersi negli studi di monitoraggio che accompagnano le attività di ripascimento con sabbie relitte, ha portato l'ICRAM a formulare tale proposta di protocollo (**Figura 2.1**). Questo protocollo è stato "costruito" immaginando di rispondere ai diversi interrogativi relativi ai tempi e alle modalità con cui devono essere condotte le indagini ambientali, che ricercatori e/o amministrazioni di volta in volta devono porsi prima di avviare questo tipo di studi:

- Dove?
- Quando?
- Come?
- A quale scala?

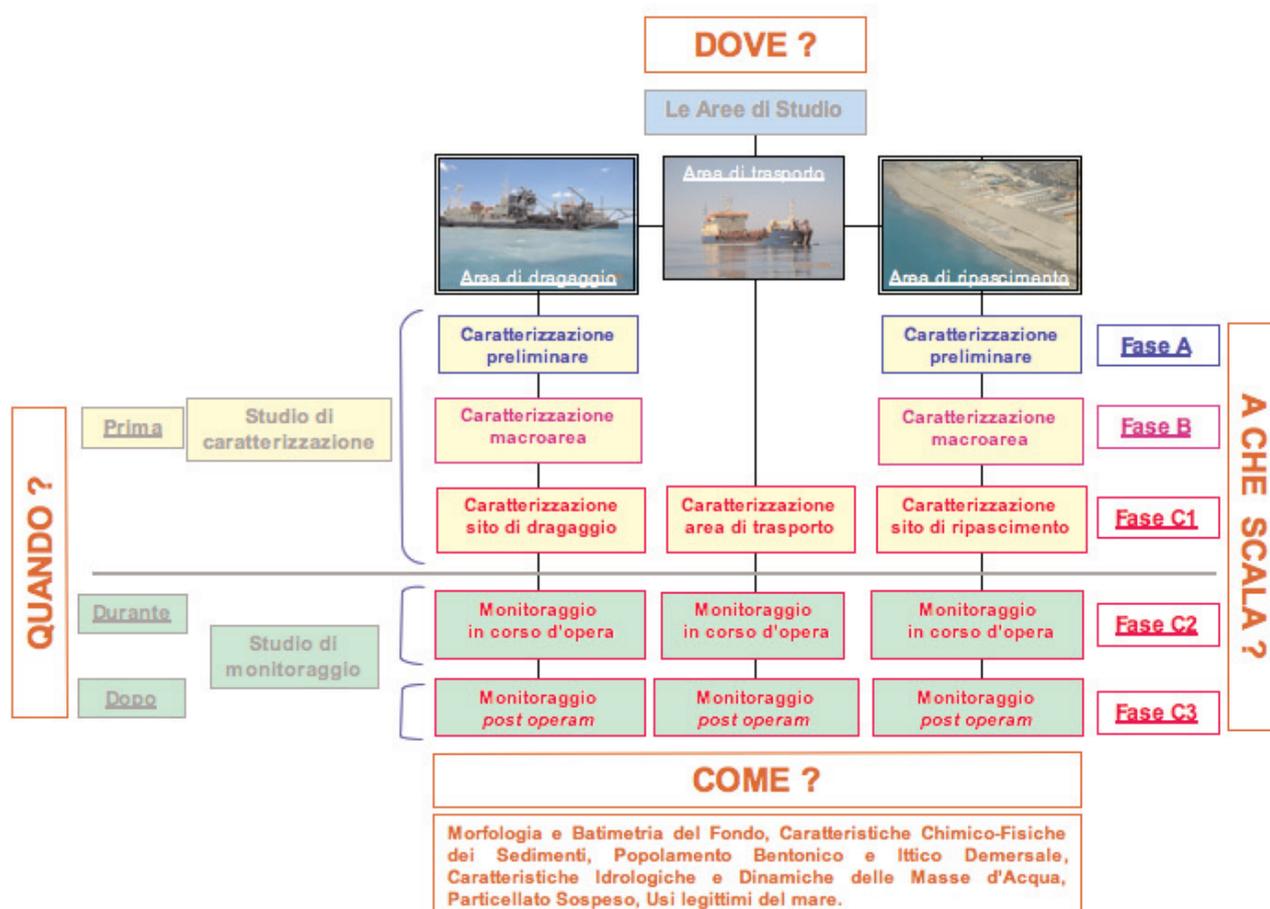


Figura 2.1 - Schema del protocollo di indagine.



La risposta alla prima domanda (**Dove?**) comporta la definizione dello specifico ambito di applicazione. Le attività di dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento comportano, infatti, l'esecuzione di specifiche e distinte attività: il dragaggio, il trasporto delle sabbie e il ripascimento. Tali attività determinano, quindi, l'individuazione di ambiti spaziali differenti in cui hanno luogo le specifiche attività: la piattaforma continentale (dragaggio), la spiaggia (ripascimento) o entrambe (trasporto). L'area di dragaggio è l'area della piattaforma continentale in cui è presente il deposito di sabbie relitte che si intende coltivare, l'area di trasporto è l'area che coincide con le possibili rotte di trasferimento della sabbia, e si estende, quindi, dal sito di dragaggio al sito di ripascimento, e l'area di ripascimento che è l'area che include al suo interno il tratto di litorale oggetto del ripascimento vero e proprio.

Gli ambienti coinvolti sono quindi diversi per le caratteristiche ambientali, il tipo di attività e, conseguentemente, per gli effetti che essi possono subire a seguito della movimentazione dei sedimenti. Nell'area di dragaggio gli effetti dell'estrazione delle sabbie interessano sia il comparto fisico (substrato e colonna d'acqua) sia quello biologico, con particolare riferimento agli effetti indotti sul popolamento bentonico e alle possibili ricadute sulle attività di pesca. Nell'area di trasporto e nell'area di ripascimento, invece, gli effetti più rilevanti, derivanti dalle attività di movimentazione delle sabbie, sono quelli potenzialmente indotti sugli ambienti sensibili eventualmente presenti, sia per effetto dell'aumento, temporaneo, di sedimento in sospensione sia per effetto della rideposizione di nuovo sedimento.

La risposta alla seconda domanda (**Quando?**) comporta l'articolazione dello studio in due parti principali:

- studio di caratterizzazione ambientale, da condursi prima dell'avvio delle attività di movimentazione dei sedimenti;
- studio di monitoraggio ambientale, da condursi durante e dopo il compimento delle attività.

Ciascuna parte ha, per sua stessa natura, obiettivi specifici e ben differenziati.

Lo studio di caratterizzazione ambientale comporta indagini condotte in fasi successive e a scale diverse, mirate a un sempre maggiore approfondimento. Tale studio ha lo scopo di valutare se le attività di movimentazione del fondo possano essere svolte con effetti sostenibili sull'ambiente e di valutare se, per la conduzione di tali attività, debbano essere presi opportuni e specifici accorgimenti (prescrizioni), in rapporto alle tecniche di esecuzione previste.

Lo studio di monitoraggio ambientale è specifico per ogni ambito coinvolto e si articola in:

- monitoraggio in corso d'opera, in cui vengono indagati gli effetti indotti dall'ambiente durante lo svolgimento delle singole attività;
- monitoraggio *post operam*, in cui vengono indagati gli eventuali effetti indotti sull'ambiente dopo il completamento delle attività, fino al ripristino di condizioni di equilibrio.

Durante il monitoraggio in corso d'opera, qualora si assista a danni rilevanti sull'ambiente, con particolare riferimento agli habitat sensibili e/o da tutelare, si potrà, in ogni momento, decidere di interrompere le attività.

La risposta alla terza domanda (**Come?**) comporta l'identificazione e la scelta dei parametri che dovranno essere utilizzati per studiare gli effetti sull'ambiente marino del dragaggio delle sabbie relitte e del ripascimento. I parametri sono stati scelti sulla base delle informazioni bibliografiche relative alle problematiche ambientali connesse a tali attività e rielaborate in base alle esperienze dirette *in situ* maturate dall'ICRAM e sono relativi a:

- *Morfologia, batimetria e caratteristiche fisico-chimiche dei sedimenti.*

L'assetto morfologico e batimetrico del fondo è ottenuto rispettivamente mediante rilievi *Side Scan*



Sonar (S.S.S.) e Multibeam. Questo tipo di indagine permette innanzitutto di definire l'inquadramento generale, sia dell'area in cui è stato individuato il deposito sabbioso sia dell'area da ripascere, e di evidenziare l'eventuale presenza di substrati rocciosi e/o di habitat sensibili. Permette, inoltre, al termine delle attività, di identificare le variazioni di rilievo generate dal dragaggio e di definire con esattezza l'estensione dell'area movimentata.

Le analisi fisiche condotte sui sedimenti superficiali hanno lo scopo di descrivere le caratteristiche tessiturali dei sedimenti e di valutare la quantità di frazione fine che potrebbe essere messa in sospensione durante le attività di movimentazione del fondo. Inoltre, nel caso specifico dell'area dragata, le analisi fisiche dei sedimenti superficiali condotte dopo il dragaggio contribuiscono a definire l'area interessata dalla rideposizione di sedimento.

Le analisi chimiche dei sedimenti (metalli in traccia e microinquinanti organici) forniscono informazioni sulla qualità del sedimento che deve essere movimentato. Il sedimento che spesso ricopre i depositi di sabbie relitte è un sedimento fine (oltre pelitica di deposizione recente) ed, essendo dotato di una elevata superficie specifica (elevato rapporto superficie/volume), costituisce un comparto preferenziale per l'accumulo di sostanze pericolose. Poiché non è possibile destinare al ripascimento un sedimento contaminato*, la caratterizzazione chimica ha, quindi, lo scopo di verificare la buona qualità di tale sedimento. In particolare, poiché i metalli in traccia presenti nel sedimento possono avere un'origine sia naturale sia antropica, le analisi chimiche devono poterne evidenziare l'origine e accertare che i valori rinvenuti sono riferibili a concentrazioni di *background*.

Il campionamento dei sedimenti è da condursi preferibilmente mediante l'utilizzo di un *box-corer*. Tale strumento, infatti, permette di prelevare il sedimento indisturbato e pertanto permette di campionare sia il sedimento superficiale sia i livelli sottostanti e di visualizzare la stratificazione dei primi 20-30 cm di sedimento. Le analisi granulometriche dovranno essere condotte in modo tale da ottenere una rappresentazione della distribuzione di frequenza delle classi granulometriche con intervallo di 0,5 phi**.

- *Idrologia e dinamica delle masse d'acqua.*

La movimentazione di sedimento comporta effetti rilevanti sulla qualità dell'acqua con l'immissione di quantità anche significative di solido sospeso. Al fine di valutare la diffusione del particolato sospeso indotta dalle attività di movimentazione è, quindi, importante conoscere sia le concentrazioni di solido sospeso, presenti naturalmente nell'area, sia le caratteristiche chimico-fisiche e dinamiche della colonna d'acqua. Poiché idrologia e dinamica delle masse d'acqua sono parametri soggetti a significative variazioni stagionali, si dovranno condurre più campagne di rilevamento, che includano almeno le due stagioni estreme, inverno ed estate.

- *Popolamento bentonico.*

Lo studio del popolamento bentonico fornisce indicazioni sulle condizioni generali dell'ambiente. Data la loro stretta associazione con il fondo e la scarsa vagilità, tali organismi rappresentano uno strumento efficace per studiare i cambiamenti, naturali e/o di origine antropica, dell'ambiente marino. Studiando i popolamenti bentonici e la loro evoluzione a seguito delle attività di movimentazione (dragaggio e ripascimento), è possibile studiare tempi e modalità con cui l'area movimentata tende a raggiungere nuove condizioni di equilibrio. Nel caso specifico dell'area di ripascimento, in presenza di specie bentoniche di particolare rilievo, quali specie di interesse commerciale come molluschi bivalvi, lo studio di caratterizzazione dovrà permettere l'identificazione dei periodi di riproduzione e di reclutamento di tali specie. Lo strumento più comunemente usato per il campionamento del benthos è la benna Van Veen.

- *Popolamento ittico.*

La caratterizzazione dei popolamenti ittici demersali è importante al fine di evidenziare particolari situazioni come la presenza di specie sensibili o di fasi critiche del loro ciclo biologico.

* Per la legge italiana la movimentazione di sedimenti contaminati è possibile solo per determinate destinazioni d'uso. In particolare, tali sedimenti non possono essere destinati al ripascimento (Decreto Ministeriale 24 gennaio 1996).

** $\phi = -\log_2 \frac{\text{diametro granuli (mm)}}{1 \text{ mm}}$



La stretta associazione con il fondo delle specie demersali le rende, infatti, più direttamente interessate da possibili alterazioni ambientali generate dalle attività di movimentazione di sedimento. Le indagini sul popolamento ittico demersale dovranno essere svolte stagionalmente, mediante campagne di pesca a strascico, predisponendo un piano di campionamento stratificato, che consenta di identificare aree di nursery e aree di riproduzione.

- *Usi legittimi del mare.*

Possono essere presenti zone caratterizzate da usi legittimi del mare non compatibili con la movimentazione dei fondi (vincoli) che possono, quindi, limitare o condizionare significativamente tali attività. Deve pertanto essere segnalata, nell'area di interesse, l'eventuale presenza di Aree Marine Protette, parchi nazionali, barriere artificiali sottomarine, impianti di maricoltura, aree di sversamento dei materiali portuali, cavi e condotte, strutture *offshore*, zone di divieto di ancoraggio e pesca e poligoni militari. L'area di prelievo delle sabbie relitte non dovrebbe, inoltre, ricadere all'interno della fascia delle 3 miglia dalla costa o della fascia compresa entro i 50 m di profondità, qualora tale profondità sia raggiunta entro le 3 miglia; quest'area rappresenta, infatti, la fascia più sensibile rispetto alla movimentazione di sedimento così come riportato nella Legge 963/1965 e nel DPR 1639/1968 relativi ad attività di pesca a strascico.

La risposta alla quarta domanda (**A quale scala?**) comporta l'identificazione di tre fasi che corrispondono a tre livelli di indagine: indagini a scala regionale (Fase A), caratterizzazione della macroarea (Fase B) e caratterizzazione dei siti di intervento (Fase C) (**Figura 2.2**). La Fase A, da condurre per l'area di dragaggio e per l'area di ripascimento, ha lo scopo di fornire un quadro il più completo possibile delle conoscenze attualmente disponibili per le varie discipline riguardanti il dominio marino e viene condotta a scala regionale. Essa interessa un'area sufficientemente estesa tale da coprire le aree di intervento e le aree circostanti per un ampio raggio e consiste nella raccolta e nell'analisi critica dei dati di letteratura esistenti. La Fase A, in particolare, è utile soprattutto a quelle Regioni che dispongono di diversi depositi sabbiosi e, allo stesso tempo, hanno problemi di erosione su ampi tratti di litorale, al fine di predisporre una corretta ed efficace programmazione degli interventi di gestione e di difesa del litorale. Nella Fase B, da condurre sia per l'area di dragaggio sia per l'area di ripascimento, al fine di fornire un quadro di maggior dettaglio e colmare le eventuali lacune bibliografiche emerse nella Fase A, si procede, mediante indagini dirette, alla caratterizzazione delle due macroaree; quella relativa all'area di dragaggio dovrebbe essere possibilmente estesa dall'area che ospita il giacimento sabbioso fino alla costa. Deve, infatti, essere considerato che, generalmente, le indagini geologiche finalizzate alla caratterizzazione dei depositi sabbiosi procedono in parallelo con le indagini ambientali. Ne consegue che, nella maggior parte dei casi, al momento in cui si procede con lo studio di caratterizzazione della macroarea relativa all'area di dragaggio (Fase B), le indicazioni circa la localizzazione e le caratteristiche del deposito sono ancora generiche. Nella fase successiva di caratterizzazione *ante operam* del sito di dragaggio (Fase C1), invece, si conosce con un buon dettaglio sia il sito di dragaggio (definito come l'area interna al deposito sabbioso che sarà effettivamente dragata) e le caratteristiche delle sabbie, sia l'area di destinazione delle stesse (area di ripascimento). In generale, la Fase C prevede una caratterizzazione dettagliata dei siti di intervento, da effettuare prima (C1, caratterizzazione del sito), durante (C2, monitoraggio in corso d'opera) e dopo (C3, monitoraggio *post operam*) le attività in oggetto. L'obiettivo di quest'ultima fase è quello di rilevare gli eventuali cambiamenti indotti sull'ambiente dai lavori di dragaggio e di ripascimento, nonché i tempi e le modalità di recupero degli ambienti coinvolti.

La Fase C1 viene sempre condotta solo per l'area di dragaggio e per l'area di ripascimento, mentre per l'area di trasporto viene condotta solo qualora siano presenti habitat sensibili.

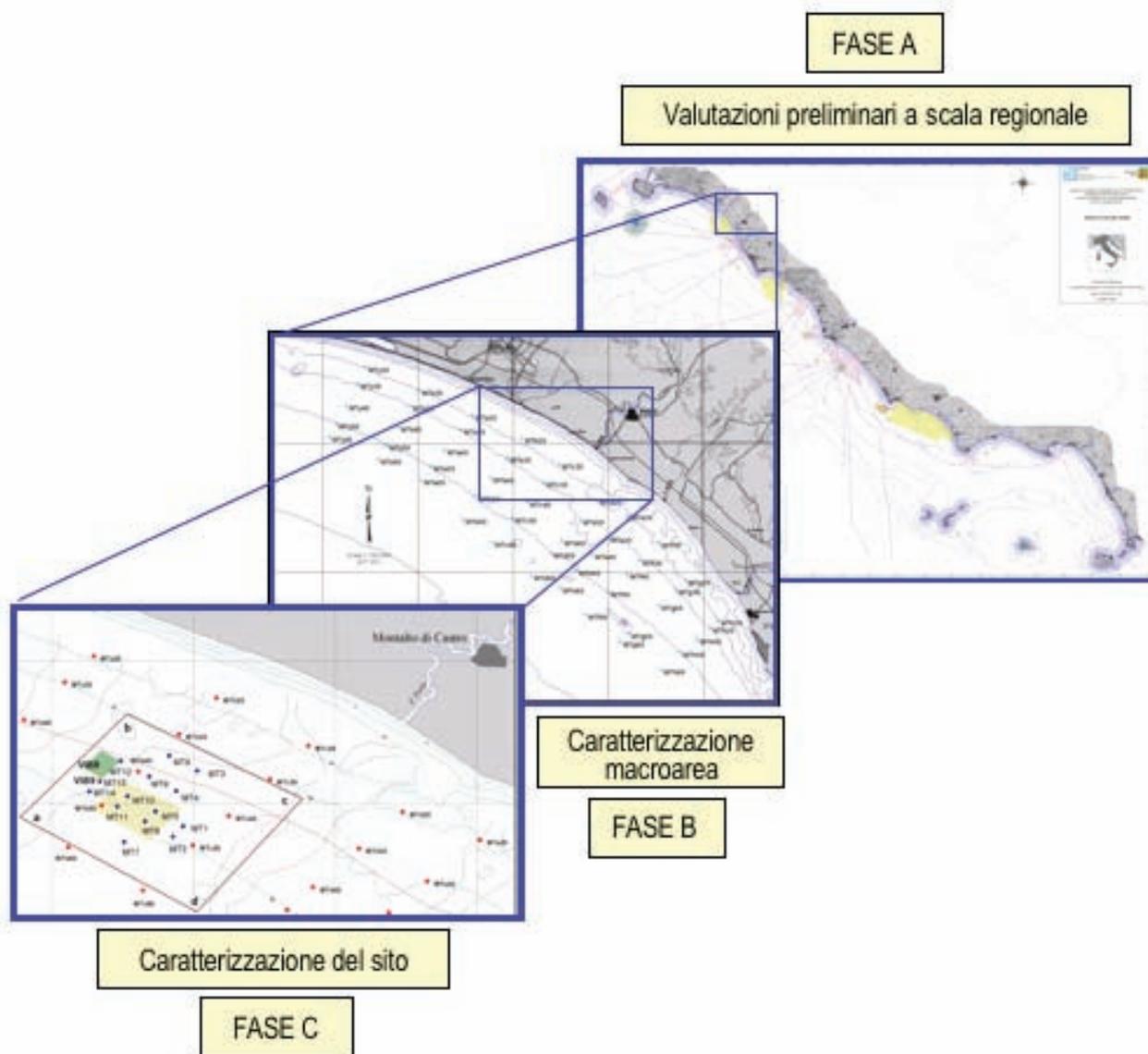


Figura 2.2 -Scala di indagine. Area di dragaggio.

2.2 STRUTTURA GENERALE

Sulla base delle esperienze maturate dall'ICRAM nell'ambito degli studi ambientali connessi alle attività di ripascimento mediante sabbie relitte, che hanno visto impegnati i ricercatori di questo Istituto a partire dal 1999, viene presentato in questo Quaderno un protocollo di monitoraggio finalizzato alla conduzione di studi ambientali che accompagnano tali attività, e che sono di fondamentale importanza per una corretta gestione integrata della fascia costiera.

Elzinga *et al.* (2001) definiscono il monitoraggio come “la raccolta e l’analisi di osservazioni o misurazioni ripetute nel tempo al fine di valutare eventuali cambiamenti e/o sviluppi in direzione di obiettivi gestionali”, mentre più in generale Margoluis e Salafsky (1998) includono nella definizione di monitoraggio la raccolta periodica di dati relativi sia agli obiettivi prefissati sia alle attività di progetto.

Il monitoraggio è da considerarsi, quindi, un processo fondamentale nell’ambito della gestione adattativa* (Wilhere, 2002), in quanto esso permette di verificare se le azioni di gestione, accuratamente pianificate, applicate e verificate ad intervalli prestabiliti siano congruenti e compatibili con i risultati attesi, e, conseguentemente, se la gestione procede correttamente nel suo corso (**Figura 2.3**).

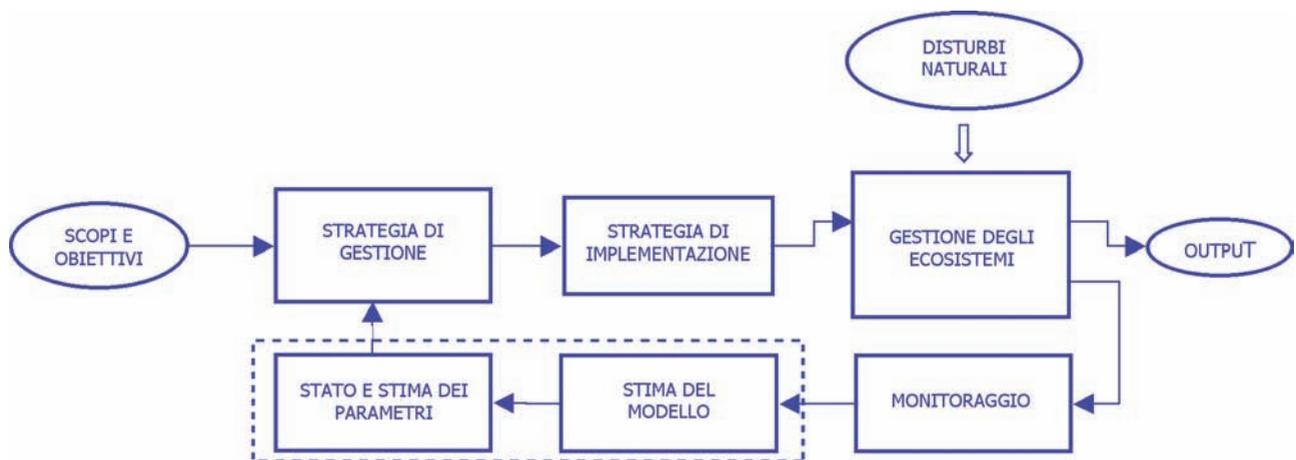


Figura 2.3 - Diagramma di flusso del processo di gestione adattativa (modificato da Wilhere, 2002).

In un contesto di gestione adattativa, il monitoraggio misura i progressi o il raggiungimento degli obiettivi e fornisce gli elementi necessari per il cambiamento o il mantenimento delle azioni di gestione, in altre parole permette di valutare se le attività che costituiscono l’azione di gestione (in questo caso il dragaggio e il ripascimento) sono condotte in modo tale che gli effetti indotti sull’ambiente sono accettabili o se bisogna intervenire con qualche modifica (ad esempio sospendendo il dragaggio o proponendo rotte alternative per il trasporto).

* Processo di acquisizione sistematica e successiva applicazione di informazioni affidabili, al fine di migliorare l’efficacia della gestione nel tempo.



Il monitoraggio costituisce quindi uno strumento efficace per (Ciucci, 2004):

- accrescere le conoscenze in campo ecologico;
- rilevare tendenze nel lungo periodo;
- individuare crisi potenziali (variazioni) in tempo utile;
- valutare l'esito di interventi di gestione.

Con "ripascimento con sabbie relitte" si fa generalmente riferimento a un'operazione abbastanza complessa e articolata in diverse attività, specifiche di ambienti diversi: il dragaggio che interessa un ambiente tipicamente di piattaforma, il trasporto che si estende dal deposito di sabbie relitte fino alla spiaggia da ripascere e che coincide con le rotte di navigazione della draga e il ripascimento che interessa il tratto di litorale da ripascere. Ai fini di uno studio ambientale finalizzato al monitoraggio degli effetti indotti da tutte queste attività sull'ambiente marino, in ognuna delle aree interessate dovranno essere condotte ricerche e/o indagini specifiche la cui definizione e organizzazione costituisce l'oggetto di questo protocollo.

Per monitorare gli effetti indotti sull'ambiente marino dal dragaggio e dal ripascimento con sabbie relitte, dovranno essere condotte specifiche indagini sia durante lo svolgimento delle attività (monitoraggio in corso d'opera), sia al termine delle stesse (monitoraggio *post operam*). La durata del monitoraggio *post operam*, in particolare, dovrà essere tale da permettere di ottenere dati attendibili circa le variazioni indotte sull'ambiente e per determinare i tempi e le modalità di recupero delle aree coinvolte.

La necessità di pianificare un appropriato piano di monitoraggio impone la conoscenza delle condizioni ambientali (morfologia e batimetria del fondo, granulometria dei sedimenti, idrologia e dinamica delle masse d'acqua e natura e distribuzione degli organismi marini) esistenti prima dell'avvio di tali attività, nei diversi ambiti territoriali coinvolti. Se non si dispone di tali informazioni bisogna, quindi, avviare uno specifico progetto per la caratterizzazione ambientale dell'area o monitoraggio di base (Morrison, 2002).

Di seguito viene presentata, per ogni fase (Fase A, B e C1 dello studio di caratterizzazione e Fase C2 e C3 dello studio di monitoraggio) e per ogni ambito coinvolto (area di ripascimento, area di dragaggio e di trasporto), una sintesi della struttura del protocollo. Le schede relative, citate nel testo, sono riportate nel Capitolo 5.

Lo studio di caratterizzazione (Fase A, B e C1)

Lo studio di caratterizzazione prevede la raccolta dei dati di base (caratteristiche biotiche e abiotiche delle aree interessate, usi legittimi del mare) da utilizzare come dati di confronto nell'ambito del successivo monitoraggio. Esso interessa tutti gli ambiti territoriali coinvolti (area di dragaggio, area di trasporto e area di ripascimento) ed è articolato in tre fasi: Fase A, in cui si prevede la raccolta di dati bibliografici su un'area vasta, estesa possibilmente all'intera unità fisiografica; Fase B, in cui è prevista la raccolta di dati sperimentali su un'area vasta (macroarea) nell'intorno dei possibili siti di intervento e Fase C1, in cui sono previste indagini sperimentali all'interno delle aree che saranno effettivamente movimentate e nelle loro immediate vicinanze. I risultati emersi in quest'ultima fase sono quelli sui quali si potrà stabilire la compatibilità ambientale delle attività previste.

FASE A

La Fase A, la prima fase dello studio ambientale, consiste nella raccolta e nell'analisi dei dati di letteratura disponibili, necessari per la caratterizzazione ambientale, relativamente a tutte le aree coinvolte, dal sito di prelievo delle sabbie relitte fino alle spiagge da ripascere.



Area di dragaggio (scheda n. 1) e area di ripascimento (scheda n. 2)

Quando si avvia uno studio ambientale per il dragaggio di sabbie relitte ai fini di ripascimento, bisogna, per prima cosa, avviare una raccolta bibliografica dei dati e delle informazioni relativi ai parametri di interesse riguardanti un'area sufficientemente vasta che includa sia la piattaforma continentale in cui sono presenti i depositi di sabbie relitte, sia la spiaggia che sarà oggetto di ripascimento (paragrafi 3.1.1 e 3.1.2). Tali parametri riguardano non solo il comparto fisico (caratteristiche morfologiche e batimetriche del fondo, caratteristiche granulometriche e chimiche dei sedimenti superficiali, caratteristiche idrologiche e dinamiche della colonna d'acqua), e quello biologico (caratteristiche dei popolamenti bentonici e ittici e dei principali habitat sensibili eventualmente presenti), ma anche tutti gli aspetti inerenti gli usi legittimi del mare. Questi ultimi devono essere, infatti, ben conosciuti, sia con riferimento alla presenza di aree protette, sia per quanto attiene la presenza di aree con specifiche destinazioni d'uso, non compatibili con le attività di movimentazione dei sedimenti, come ad esempio avviene nel caso delle aree destinate allo sversamento dei materiali portuali. La raccolta e l'elaborazione di tutti questi dati permette di delineare un primo quadro informativo sulla fattibilità in senso ambientale delle attività in oggetto. Tale processo potrà essere agevolato dall'utilizzo di sistemi informativi territoriali utili sia per la costituzione di apposite banche dati, che potranno essere aggiornate con i dati sperimentali raccolti nelle successive fasi di caratterizzazione, sia per la costruzione di carte tematiche di base e di carte derivate, da utilizzare anche ai fini della pianificazione delle successive fasi di indagine, come le *carte di compatibilità ambientale* al dragaggio (paragrafo 3.1).

Da questa fase dovrà quindi emergere una prima valutazione comparata circa la compatibilità ambientale delle attività di dragaggio, ottenuta combinando i dati bibliografici con le prime informazioni disponibili già in questa fase sulle caratteristiche del deposito di sabbie relitte (come localizzazione ed estensione presunta dei depositi).

È importante sottolineare che per alcuni dei parametri indagati, come nel caso del popolamento ittico e delle caratteristiche della massa d'acqua, bisognerà disporre di dati stagionali, in quanto questi sono soggetti a variazioni importanti al variare delle stagioni.

Nel caso, ad esempio, delle caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua, uno degli aspetti più rilevanti, in Mediterraneo, è senza dubbio quello legato alla presenza di un termoclino estivo. L'esistenza di questo forte gradiente termico di fatto comporta l'identificazione di due masse d'acqua ben distinte, separate da una netta discontinuità. In caso di movimentazione dei sedimenti, la presenza del termoclino determina, quindi, un comportamento diverso rispetto alla diffusione del sedimento lungo una colonna d'acqua omogenea. Per esempio, in presenza del termoclino, viene segnalata la possibilità di code di dispersione non solo in superficie e sul fondo, ma anche in corrispondenza dello stesso termoclino (Toumazis, 1995).

Nel caso dei popolamenti ittici, oltre alle informazioni più generali sulle caratteristiche del popolamento, particolare attenzione necessita l'identificazione spazio-temporale delle aree di nursery o aree di concentrazione dei giovanili. La presenza delle aree di nursery è strettamente correlata al periodo di riproduzione e quindi temporalmente definita. Per questi motivi, i dati relativi a tali parametri dovrebbero avere dei precisi riferimenti stagionali, utili soprattutto in fase di pianificazione e programmazione delle attività, in accordo con il concetto di *environmental windows* (paragrafo 1.1.3.3).

FASE B

Dopo la raccolta dei dati bibliografici, condotta su un'area vasta, estesa possibilmente all'unità fisiografica e che riguarderà sia le aree della piattaforma che ospitano i depositi di sabbie relitte sia i litorali da ripascere, si passerà, se necessario, alla conduzione delle indagini sperimentali previste



nella Fase B. Tale fase ha, infatti, lo scopo di caratterizzare le aree di interesse al fine di colmare le eventuali lacune emerse in precedenza, aggiornare i dati e ottenere una caratterizzazione ad una scala di indagine adeguata sia dell'area di dragaggio sia dell'area di ripascimento. Essa, oltre a fornire le indicazioni necessarie alla formulazione delle prime ipotesi di compatibilità ambientale al dragaggio, costituirà la base sulla quale impostare lo studio di caratterizzazione ambientale dei siti d'intervento, da condurre nella Fase C1.

Area di dragaggio (scheda n. 3)

Nell'area di dragaggio, lo studio di caratterizzazione (paragrafo 3.2.1) ha lo scopo di caratterizzare l'area, integrando i dati sperimentali sia con quelli corrispondenti raccolti nella fase di indagine precedente sia con tutte le informazioni relative alle caratteristiche dei depositi di sabbie relitte preliminarmente identificati (localizzazione geografica ed estensione dei depositi).

L'area di studio sarà quindi sufficientemente estesa e dovrà comprendere un'area vasta all'interno della quale siano presenti tutti i depositi di sabbie relitte potenzialmente sfruttabili (nel momento in cui viene avviato lo studio di caratterizzazione della macroarea, generalmente, ancora non si conosce con certezza il "corridoio di dragaggio" ovvero il deposito di sabbie relitte o quale parte di esso sarà effettivamente dragato).

In tale ottica è, quindi, prevista la realizzazione di campagne sperimentali per la raccolta di dati originali relativamente a: granulometria e chimica (contenuto in metalli in traccia e in microinquinanti organici) dei sedimenti superficiali, caratteristiche idrologiche e dinamiche delle masse d'acqua, particellato sospeso, popolamento bentonico (caratterizzazione biocenotica) e popolamento ittico demersale (identificazione delle aree di nursery).

Inoltre, come già precedentemente detto, per lo studio delle caratteristiche idrologiche e dinamiche delle masse d'acqua, per il particellato sospeso e per lo studio del popolamento ittico devono essere previste delle campagne di campionamento stagionali.

In questa fase particolare attenzione meritano le indagini condotte sulle caratteristiche dei sedimenti superficiali, con particolare riferimento al contenuto in metalli in traccia (di seguito indicati come metalli). Le analisi usualmente condotte sul contenuto in metalli dei sedimenti (studio delle abbondanze totali) non sempre consentono di definire con certezza se le concentrazioni rilevate per i metalli siano effettivamente ascrivibili a fenomeni naturali e, soprattutto, quale sia la loro mobilità. Per questo motivo, qualora in questa fase emergessero concentrazioni importanti di alcuni elementi, sarà necessario utilizzare tali risultati per prevedere, nelle successive fasi di approfondimento, quando si studieranno le caratteristiche ambientali nel corridoio di dragaggio, analisi chimiche approfondite sulla mobilità dei metalli.

Area di ripascimento (scheda n. 4)

Analogamente a quanto avviene per l'area di dragaggio, questa fase (paragrafo 3.2.2) ha lo scopo di caratterizzare l'area, integrando i dati sperimentali con quelli analoghi raccolti nella fase di indagine precedente. Di particolare rilievo è la caratterizzazione degli habitat sensibili, eventualmente presenti, quali le praterie di *Posidonia oceanica*, che potrebbero subire effetti non trascurabili soprattutto per l'immissione in sospensione di quantità anche importanti di sedimento.

Nell'area di ripascimento saranno quindi avviate, se necessario, indagini sperimentali su un'area vasta che includa al suo interno il sito da ripascere e, in particolare, dovranno essere previste campagne mirate alla raccolta di dati sui popolamenti bentonici e sul popolamento ittico demersale, con particolare riferimento all'identificazione delle aree di nursery.



FASE C1

Lo studio condotto in questa fase è mirato alla caratterizzazione dei siti di intervento e ha lo scopo di raccogliere, per ognuna delle aree coinvolte, tutte le informazioni necessarie per stabilire la sostenibilità ambientale degli interventi.

Area di dragaggio (scheda n. 5)

Lo studio di caratterizzazione del sito di dragaggio (paragrafo 3.3.1) ha, in particolare, lo scopo di evidenziare se il dragaggio è ambientalmente compatibile. Per tale motivo dovranno essere esaminate le caratteristiche fisiche, chimiche* e, in caso di sabbie relitte affioranti, anche quelle microbiologiche dei sedimenti oggetto della movimentazione. Per tutti questi motivi l'area di indagine dovrà necessariamente includere al suo interno l'area che sarà effettivamente dragata (corridoio di dragaggio). In particolare, il piano di campionamento dovrà prevedere un minimo di 11 stazioni, di cui almeno 3 interne al sito di dragaggio, e dovrà, inoltre, tenere conto delle caratteristiche idrodinamiche dell'area, emerse nelle precedenti fasi di indagine.

Le campagne sperimentali dovranno essere finalizzate a indagare, in tutta l'area studiata, le caratteristiche tessiturali (granulometria) e chimiche dei sedimenti superficiali (sostanza organica, metalli e microinquinanti organici), le caratteristiche idrologiche e dinamiche delle masse d'acqua, il particolato sospeso e il popolamento bentonico.

Nell'area che sarà effettivamente sottoposta al dragaggio dovranno, inoltre, essere acquisiti anche dati morfologici e batimetrici e dati inerenti le caratteristiche granulometriche e chimiche (solo metalli) dei sedimenti profondi (in almeno 3 stazioni di campionamento) costituenti il deposito di sabbie relitte.

Tutti questi dati dovranno, infine, essere integrati con quelli ottenuti nelle fasi precedenti in funzione sia delle caratteristiche geologiche e sedimentologiche del deposito di sabbie relitte sia delle specifiche tecniche del dragaggio.

Area di trasporto (scheda n. 6)

Lo studio di caratterizzazione dell'area di trasporto viene condotto solo nel caso in cui siano presenti habitat sensibili lungo e/o nei pressi delle rotte scelte per il trasporto della sabbia dal sito di dragaggio a quello di ripascimento.

Gli habitat sensibili potrebbero, infatti, subire effetti non trascurabili a causa dell'immissione in sospensione di sedimento, dovuta sia a fenomeni di *overflow*, sia a perdite di carico accidentali (paragrafo 3.3.2). Questa fase ha, quindi, lo scopo di verificare se esistono delle rotte preferenziali per il trasferimento della sabbia, tali da minimizzare i possibili effetti sugli habitat sensibili e sugli organismi marini in generale. A tale scopo in questa fase dovranno essere previste, in tutta l'area potenzialmente interessata dalle rotte di trasferimento della sabbia, delle specifiche indagini mirate allo studio degli habitat sensibili ivi presenti.

I dati ottenuti dovranno, infine, essere analizzati in funzione di tutte le informazioni tecniche inerenti le caratteristiche del dragaggio e del materiale da dragare.

Area di ripascimento (scheda n. 7)

La Fase C1 viene condotta qualora le indagini precedenti (Fase A e B) abbiano rilevato nell'area costiera antistante il litorale da ripascere o nelle sue immediate vicinanze, la presenza di specie sensibili da tutelare, quali ad esempio molluschi bivalvi la cui pesca artigianale incide significativamente sulle economie locali, o la presenza di habitat sensibili, quali le praterie di *Posidonia oceanica*, tutelate ai sensi della Direttiva Habitat. Le indagini svolte in questa fase (paragrafo 3.3.3) hanno lo scopo di caratterizzare con precisione gli habitat sensibili e/o le specie sensibili e di monitorare (moni-

* Qualora le analisi chimiche condotte in precedenza (Fase B) indichino concentrazioni elevate di metalli nei sedimenti superficiali, sono previste all'interno dell'area da dragare ulteriori analisi chimiche (speciazione chimica o ripartizione delle specie metalliche nelle diverse fasi del sedimento) dei sedimenti superficiali.



toraggio di base o inventario) le principali caratteristiche di tali habitat al fine di poter controllare successivamente, durante e dopo il ripascimento, se tali attività abbiano inciso in modo importante sul loro stato di salute. A tale scopo nella fase di caratterizzazione del sito da ripascere sono previste indagini specifiche sul popolamento bentonico; in particolare, qualora nell'area di studio siano presenti praterie di *P. oceanica*, le indagini dovranno essere estese fino al loro limite inferiore. Al fine di pianificare correttamente le indagini da svolgere, in questa fase dovranno essere, inoltre, già note le specifiche tecniche essenziali del progetto.

Lo studio di monitoraggio (Fasi C2 e C3)

Lo studio di monitoraggio prevede, nelle tre aree interessate, una serie di indagini finalizzate a valutare sia gli effetti indotti sull'ambiente durante lo svolgimento di tali attività (monitoraggio in corso d'opera), sia gli effetti a medio e a lungo termine (monitoraggio *post operam*).

Le indagini che vengono svolte durante la fase di monitoraggio in corso d'opera (Fase C2) servono per poter valutare se gli effetti prodotti sono accettabili e, quindi, se le attività possono proseguire o, in caso contrario, se è necessario intervenire sospendendo, per esempio, le attività per qualche tempo o predisponendo immediate misure di mitigazione. I risultati che scaturiscono dalla Fase C2 hanno lo scopo, inoltre, di verificare la validità dell'area di studio identificata in fase di caratterizzazione (Fase C1), eventualmente ampliandola sulla base dei risultati emersi proprio in corso d'opera. È evidente, infatti, come un corretto piano di monitoraggio se da un lato implica il confronto fra stazioni omologhe dall'altro deve poter essere modificato sulla base dei primi risultati ottenuti, in accordo proprio con il principio della gestione adattativa (Wilhere, 2002).

Nella fase di monitoraggio *post operam* (Fase C3) vengono studiati, in ognuna delle aree coinvolte, gli eventuali effetti indotti a medio e a lungo termine dalle attività di dragaggio e ripascimento sull'ambiente marino e, in particolare, le modalità e i tempi di recupero, ovvero le modalità con cui si ritorna a condizioni se non uguali almeno simili a quelle inizialmente presenti.

FASE C2

Area di dragaggio (scheda n. 8)

Lo studio di monitoraggio in corso d'opera (paragrafo 4.1.1), condotto nell'area di dragaggio, ha principalmente lo scopo di verificare l'evoluzione spazio-temporale della *plume* di torbida; in particolare ha lo scopo di verificare l'estensione e la geometria dell'area interessata dagli effetti del dragaggio, oltre all'area effettivamente dragata, al fine di predisporre un corretto piano di monitoraggio *post operam*. Pertanto, quando viene avviato un dragaggio di sabbie relitte dovrà sempre essere prevista una fase di monitoraggio in corso d'opera in cui monitorare la diffusione della *plume* di torbida, al fine di comprendere sia il grado di disturbo indotto a breve termine sia le modalità di trasporto e diffusione della *plume* stessa; i maggiori effetti sull'ambiente, soprattutto al di fuori dell'area movimentata, derivano, infatti, dalla rideposizione dei sedimenti finì messi in sospensione.

Infine, in almeno le stesse stazioni campionate per la caratterizzazione del sito di dragaggio (Fase C1) bisogna prevedere un campionamento del benthos.

Area di trasporto (scheda n. 9)

Il monitoraggio in corso d'opera (paragrafo 4.1.2) nell'area di trasporto risponde essenzialmente all'esigenza di verificare se gli habitat sensibili (precedentemente identificati lungo le possibili rotte di trasporto della sabbia e/o nelle immediate vicinanze) siano realmente e in quale misura interessati dalla diffusione della *plume*. Sarà quindi indagata l'estensione spaziale della *plume* di torbida e gli habitat sensibili coinvolti.



Area di ripascimento (scheda n. 10).

Il monitoraggio in corso d'opera nell'area di ripascimento (paragrafo 4.1.3) viene condotto solamente nel caso in cui dalla Fase C1 sia emersa la reale possibilità che habitat sensibili presenti possano essere interessati dal refluitamento delle sabbie (ad esempio praterie di *Posidonia oceanica*). Altrimenti si passa direttamente alla Fase di monitoraggio C3.

Il monitoraggio in corso d'opera in questo caso ha lo scopo di verificare gli effetti a breve e a brevissimo termine indotti dalla movimentazione delle sabbie sugli habitat sensibili ivi presenti, soprattutto nel caso in cui sia presente una prateria di *P. oceanica*. Tale studio deve consentire di valutare se le attività possono procedere come inizialmente stabilito o se gli effetti indotti, cumulandosi, producono effetti a breve termine più importanti di quanto inizialmente stimato, suggerendo modalità operative diverse per minimizzare gli effetti osservati.

FASE C3

Area di dragaggio (scheda n. 11)

Dopo il termine delle attività di dragaggio, nella stessa area, dovrà essere avviato un monitoraggio *post operam* (paragrafo 4.2.1). Per alcuni parametri, come la batimetria e la morfologia del fondo, il "monitoraggio" ha in realtà lo scopo di "fotografare" la realtà fisica (morfologia e batimetria) del fondo dopo il passaggio della draga. Infatti, nelle condizioni in cui si trovano i depositi di sabbie relitte lungo le piattaforme continentali mediterranee (a profondità sempre ragguardevoli, dove agisce una ridotta idrodinamica e dove il tasso di sedimentazione è generalmente ridotto), non è ragionevole prevedere un completo recupero delle forme generate dall'escavo, ma soltanto un generale mantellamento. Per gli altri parametri, invece, come nel caso del popolamento bentonico, il monitoraggio ha lo scopo di seguire l'evoluzione nel tempo del popolamento fino al raggiungimento di una nuova condizione di equilibrio.

Dovranno, pertanto, essere previste una serie di campagne di monitoraggio che interesseranno un'area di studio certamente coincidente con quella identificata in fase di caratterizzazione (Fase C1) ed, eventualmente, ampliata sulla base dei risultati emersi durante il monitoraggio in corso d'opera (Fase C2).

Per raggiungere gli scopi prefissati dal monitoraggio, durante le diverse campagne di rilevamento in cui sarà articolata la fase di monitoraggio *post operam*, dovranno essere indagati tutti i parametri necessari a ricostruire gli effetti del dragaggio e le modalità e i tempi di recupero. Il numero delle campagne di rilevamento, la tempistica e i parametri da indagare in ognuna di esse (non necessariamente in ogni campagna di rilevamento dovranno essere rilevati tutti i parametri) sarà deciso ogni volta e dipenderà sia dalle condizioni locali sia dalle caratteristiche del dragaggio (il monitoraggio è sito-specifico). Riguardo la durata di questa fase, in generale è auspicabile che il monitoraggio non venga interrotto prima che siano trascorsi almeno 2 anni dal termine delle attività.

Area di trasporto (scheda n. 12)

La fase di monitoraggio *post operam* viene condotta in quest'area qualora la precedente fase di indagine (Fase C2) abbia già evidenziato possibili effetti sugli habitat sensibili. Lo scopo del monitoraggio *post operam* è, quindi, quello di verificare se tali effetti perdurano nel tempo ed, eventualmente, quali sono le modalità e i tempi di recupero degli ambienti coinvolti.

A tal fine bisognerà, quindi, predisporre campagne di rilevamento e/o misura finalizzate principalmente allo studio degli habitat sensibili coinvolti, unitamente a campagne di rilevamento dei principali parametri idrologici della massa d'acqua e del particolato sospeso (paragrafo 4.2.2).



Area di ripascimento (scheda n. 13)

In quest'area la fase di monitoraggio *post operam* (paragrafo 4.2.3) viene condotta con specifico riferimento alla presenza di habitat sensibili e/o specie sensibili che possano avere subito effetti in seguito al ripascimento. Lo scopo del monitoraggio sarà, quindi, quello di valutare lo stato di salute degli habitat presenti ed, eventualmente, di studiarne i tempi e le modalità di recupero. A tal fine si prevede di condurre più campagne di rilevamento e/o misura in cui rilevare i parametri di interesse. L'area di studio e, soprattutto, le stazioni di rilevamento dovranno essere le stesse rispetto a quelle già utilizzate nella fase di caratterizzazione (Fase C1) ed eventualmente aumentate sulla base dei risultati emersi dallo studio di monitoraggio in corso d'opera (Fase C2). Il numero delle campagne e la loro cadenza temporale dovrà essere definita di caso in caso e difficilmente potrà essere stabilita efficacemente a priori.



Capitolo 3

Studio di caratterizzazione



3 STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE

Le attività di dragaggio di sabbie relitte e di ripascimento comportano una serie di effetti sull'ambiente marino di tipo sia fisico sia biologico, come già messo in evidenza nel Capitolo 1. I principali effetti fisici sono l'aumento del carico sospeso (con conseguente aumento di torbidità) e le variazioni indotte sul fondo (sia in termini di caratteristiche tessiturali dei sedimenti, sia in termini di morfologia e batimetria); effetti rilevanti si possono avere anche sulle risorse biologiche (popolamento bentonico, popolamento ittico demersale ed habitat sensibili eventualmente presenti) a causa dell'asportazione meccanica dei popolamenti durante il dragaggio (sito di dragaggio) e a causa del loro seppellimento, dovuto sia al refluire della sabbia nel sito di ripascimento sia alla rideposizione del sedimento messo in sospensione in entrambi i siti durante le attività di dragaggio e di ripascimento.

È evidente che, nell'intraprendere un'attività così complessa, dovranno essere preliminarmente condotte accurate indagini ambientali, in tutte le aree coinvolte (area di dragaggio, area di trasporto, area di ripascimento), al fine di disporre di un bagaglio completo di informazioni. Tali informazioni, derivanti da studi interdisciplinari, devono poter offrire una lettura rapida e integrata delle diverse tematiche ambientali che possono interagire con le attività di movimentazione dei fondi; inoltre, dovranno fornire il supporto su cui programmare le future attività di monitoraggio da condurre durante e dopo l'esecuzione dei lavori.

Lo studio di caratterizzazione ambientale ha lo scopo di fornire elementi, utili al fine di poter valutare se le attività di movimentazione del fondo possano essere svolte con effetti accettabili sull'ambiente. Esso comporta la realizzazione di studi condotti a un dettaglio via via crescente: uno studio a scala regionale, basato sulla raccolta di dati di letteratura (Fase A), successivamente integrato da indagini sperimentali a larga scala (macroarea) (Fase B) e a scala di dettaglio (Fase C1).

Se i dati disponibili raccolti durante la Fase A sono recenti e sufficientemente rappresentativi, è possibile passare direttamente alla fase di caratterizzazione del sito (Fase C1). Se, invece, i dati sono carenti e/o è ipotizzabile che da quando sono stati raccolti siano accaduti eventi di particolare rilevanza ambientale, quali ad esempio fenomeni meteomarini di intensità eccezionale e/o sversamenti accidentali di sostanze inquinanti, dovranno essere raccolti dati aggiornati mediante l'esecuzione di indagini dirette per la caratterizzazione delle macroaree (Fase B).

Sulla base dei risultati ottenuti sarà possibile definire le modalità di indagine, i parametri da rilevare e lo schema di campionamento da adottare nella fase successiva (Fase C), finalizzata alla caratterizzazione dei siti di intervento (Fase C1), al monitoraggio in corso d'opera (Fase C2) e al monitoraggio *post operam* (Fase C3).

L'estensione dell'area da indagare in ogni singola fase è definita, di volta in volta, in base alle caratteristiche generali note dell'area e alla posizione e dimensione del deposito.

Si ritiene utile sottolineare, ancora una volta, come in questo Quaderno si intenda presentare e discutere i soli aspetti ambientali del dragaggio di sabbie relitte a fini di ripascimento, mentre gli aspetti tecnici relativi al prelievo delle sabbie ed al ripascimento vero e proprio sono oggetto di specifiche indagini tecniche condotte dai progettisti.

Infine, si intende mettere in evidenza che i ripascimenti possono essere condotti solo su spiagge ritenute idonee sia dal punto di vista chimico sia biologico.



3.1 CARATTERIZZAZIONE A SCALA REGIONALE (FASE A)

Raccolta e Analisi dei Dati Bibliografici

Lo studio di caratterizzazione comporta, inizialmente, la raccolta e l'analisi dei dati disponibili in letteratura, al fine di caratterizzare dal punto di vista ambientale sia l'area della piattaforma continentale, che ospita i depositi di sabbie relitte, sia il tratto di costa interessato dalle attività di ripascimento.

Per quanto riguarda i parametri da ricercare, oltre a quelli più propriamente ambientali, specifici per le due diverse aree, in entrambe dovranno essere ricercate tutte le informazioni circa gli usi legittimi del mare. A tal riguardo, particolare attenzione deve essere posta nel caso delle aree marine regolamentate da specifiche norme di protezione, quali:

- Aree archeologiche marine;
- Aree Marine Protette (AMP);
- Aree naturali marine protette come identificate negli elenchi forniti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (Oasi Blu WWF);
- Aree protette territoriali costiere (parchi e riserve naturali, nazionali e regionali);
- Aree Specialmente Protette del Mediterraneo (ASPIM) identificate ai sensi della Convenzione di Barcellona* per la protezione del Mediterraneo;
- Parchi archeologici sommersi di cui ai decreti ministeriali n. 303 – 304/2/02 del 9/12/2002;
- Siti Rete Natura 2000** identificati ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE (Siti di Importanza Comunitaria) e della direttiva Uccelli 79/409/CEE (Zone di Protezione Speciale);
- Zone marine di ripopolamento***, zone marine di tutela biologica****.

Particolare attenzione dovrà, inoltre, essere posta nell'identificazione di quelle aree generalmente sensibili alle attività di movimentazione dei fondi, quali ad esempio le aree di nursery (aree di concentrazione di giovanili) delle principali specie demersali di interesse commerciale e la fascia delle 3 miglia dalla costa (o la fascia compresa entro i 50 m di profondità, qualora tale profondità sia raggiunta entro le 3 miglia dalla costa) e/o quelle in cui sono presenti habitat sensibili, come identificati ai sensi della Direttiva "Habitat" (ad esempio le praterie di *Posidonia oceanica* e la *facies* a maërl) e della Convenzione di Barcellona. Poiché le aree di nursery delle specie demersali rappresentano le zone dove si concentrano i giovanili di tali specie, il perturbare queste aree potrebbe compromettere il rendimento delle attività di pesca. Per quanto attiene in particolare all'area di dragaggio, considerato che le aree di nursery presenti al largo lungo la piattaforma continentale hanno generalmente un'estensione assai più ampia rispetto a quella dell'area direttamente interessata dalle attività di prelievo delle sabbie, non sono attesi effetti particolarmente rilevanti.

In ogni caso, qualora i dati disponibili evidenzino la presenza di elementi sensibili, per gli stessi dovranno essere ricercati dati e informazioni stagionali, tali da identificare già in una fase preliminare delle possibili finestre ambientali (*environmental windows*), ovvero i periodi dell'anno in cui la movimentazione può essere condotta riducendo al minimo i possibili effetti sull'ambiente (paragrafo 1.1.3.3).

Per gli usi del mare propriamente detti dovrà, infine, essere considerata la presenza di:

- aree destinate alla maricoltura (molluschi e specie ittiche);
- aree autorizzate allo sversamento dei materiali portuali;
- barriere artificiali sommerse;

* La convenzione di Barcellona (1976) per la protezione del Mar Mediterraneo dalle azioni di inquinamento provvede a garantire la qualità ambientale del Mediterraneo con il protocollo "Aree Specialmente Protette" (ASPIM) e provvede alla protezione delle specie minacciate di estinzione e alla conservazione degli habitat. È stata ratificata dall'Italia con la legge del 25 gennaio 1979 n. 30.

** In particolare, qualora lo studio di compatibilità ambientale evidenzi la presenza di siti Natura 2000, che possano in qualche modo risentire degli effetti diretti e/o indiretti delle attività di dragaggio, dovrà essere attivata la valutazione di incidenza. Essa, disciplinata in Italia dall'art. 6 del DPR 12 marzo 2003 n.120, (G.U. della Repubblica Italiana n.124 del 30 maggio 2003), dovrà essere redatta secondo gli indirizzi riportati nell'allegato G al DPR 357/97.



- zone di divieto di ancoraggio e pesca;
- cavi, condotte e oleodotti;
- strutture *offshore*;
- poligoni militari.

In rapporto a tutti gli elementi ritenuti di interesse, deve essere sempre condotta un'analisi critica dei dati di ingresso, mirata sia alla qualità in senso generale dei dati e delle informazioni raccolte, sia, nel caso di inserimento dei dati in un sistema G.I.S. (*Geographic Information System*), alla possibilità di georeferenziare gli stessi.

Il G.I.S. è un sistema di software, apparati, metodi e dati in grado di analizzare, progettare e gestire l'ambiente e il territorio. I dati di diversa natura possono essere considerati come livelli di informazioni spaziali e, come tali, registrati in un unico database, che può essere integrato con nuovi dati. Un G.I.S. consente di gestire questi livelli, di combinarli visivamente (cartografia) e di utilizzarli per correlazioni spaziali, analisi ed elaborazioni, permettendo sia una più facile comprensione dei fenomeni complessi sia la valutazione dei possibili scenari futuri (previsione), consentendo di mettere a punto specifiche e mirate metodologie di analisi per la pianificazione e la gestione degli interventi sul territorio.

Questo sistema permette la visualizzazione dei dati raccolti nelle diverse discipline in una serie di carte tematiche e, mediante processi di sovrapposizione (*overlay mapping*), la visualizzazione delle eventuali aree in cui l'estrazione delle sabbie non è accettabile, ovvero delle "aree ambientalmente non compatibili con le attività di movimentazione dei sedimenti".

Cartografia Tematica

I dati bibliografici raccolti in questa fase e utilizzati per la costruzione del G.I.S. permettono di condurre, nelle aree in cui è stata segnalata la presenza di depositi sabbiosi, un'analisi specifica mirata ad evidenziare le zone in cui si suggerisce una particolare attenzione ai fini dell'estrazione delle sabbie e del ripascimento, per la presenza di usi del mare non compatibili con tali attività.

I dati, appositamente analizzati e inseriti nel sistema G.I.S., vengono quindi utilizzati per la costruzione di carte tematiche specifiche quali, ad esempio, la carta della distribuzione dei sedimenti superficiali (**Figura 3.1**), la carta della distribuzione delle biocenosi bentoniche (**Figura 3.2**) e la carta degli usi legittimi del mare (**Figura 3.3**).

Nella redazione delle carte tematiche, si dovrà tenere conto del fatto che alcuni dei parametri indagati e fondamentali ai fini di una corretta analisi di compatibilità ambientale, tra i quali l'idrologia e la dinamica delle masse d'acqua e la composizione e la struttura del popolamento ittico, sono soggetti a variazioni stagionali. Ne consegue che anche le carte tematiche relative dovranno descrivere le diverse situazioni stagionali; nella **Figura 3.4** è riportata, a titolo di esempio, la distribuzione delle aree di nursery nel periodo primaverile.

Ai fini di una valutazione preliminare della compatibilità ambientale è possibile, attraverso il processo di *overlay mapping* dei livelli informativi di interesse, elaborare delle carte di sintesi o carte di sovrapposizione (**Figura 3.5**) in cui vengono riportati tutti gli elementi di interesse, che vincolano e/o possono in qualche modo limitare le attività di movimentazione delle sabbie. Alcuni di questi elementi costituiscono dei vincoli "rigidi". È, per esempio, il caso delle Aree Marine Protette, delle aree di sversamento di materiali portuali, dei cavi e delle condotte, delle strutture *offshore*, delle zone di divieto di ancoraggio e pesca, delle barriere artificiali sottomarine, della fascia delle 3 miglia dalla costa e delle praterie di *Posidonia oceanica*: dove questi vincoli sono presenti non sono, infatti, possibili attività di movimentazione del fondo.

*** Legge 17 febbraio 1982, n. 41.

**** D.P.R. 2 ottobre 1968, n. 1639.

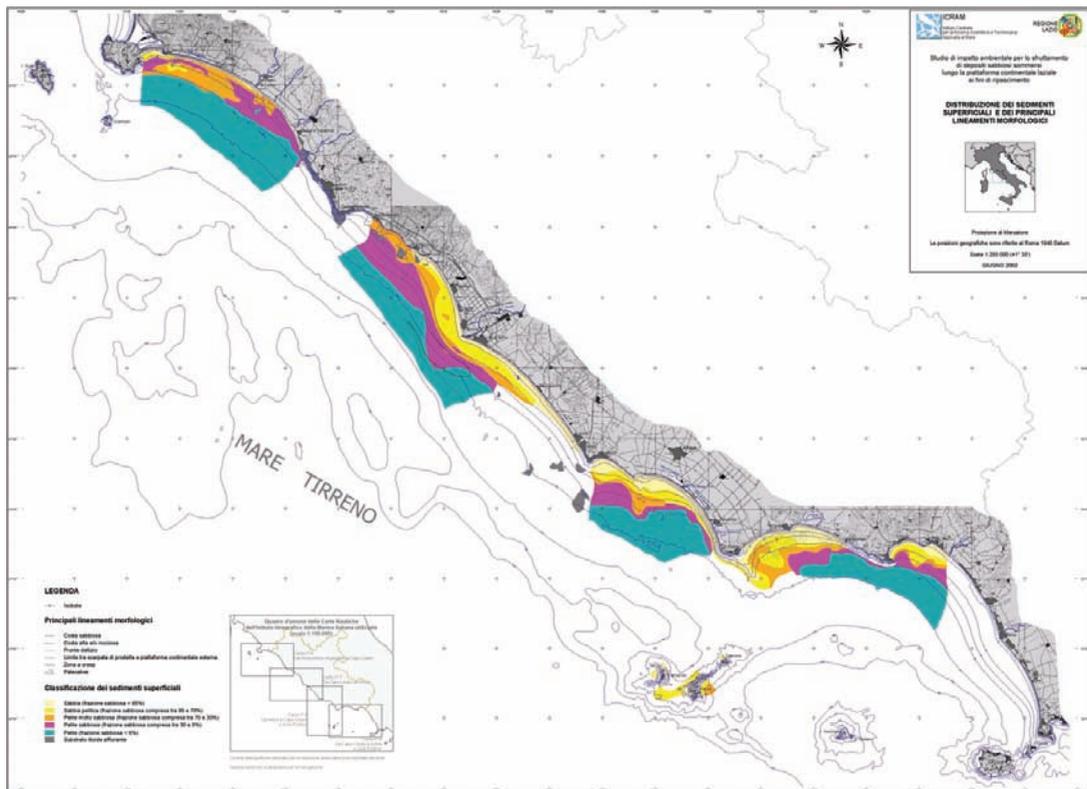


Figura 3.1 - Carta della distribuzione dei sedimenti superficiali lungo la piattaforma continentale laziale (Fase A).

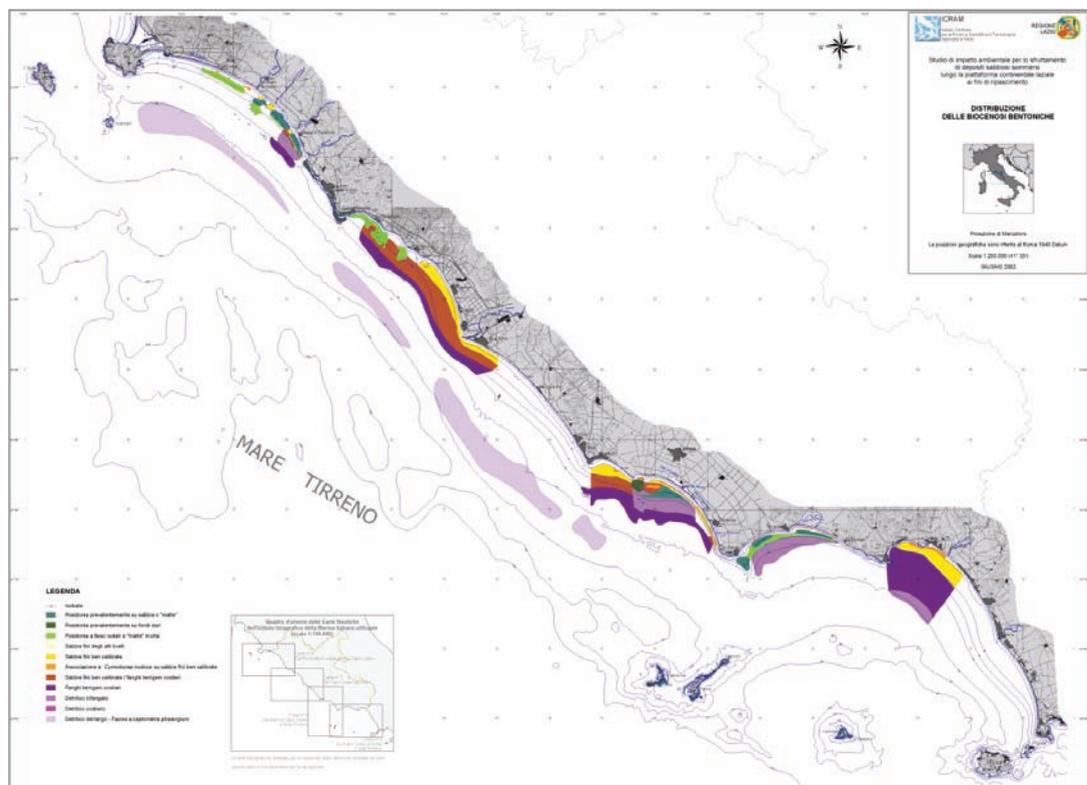


Figura 3.2 - Carta della distribuzione delle biocenosi bentoniche lungo la piattaforma continentale laziale (Fase A).

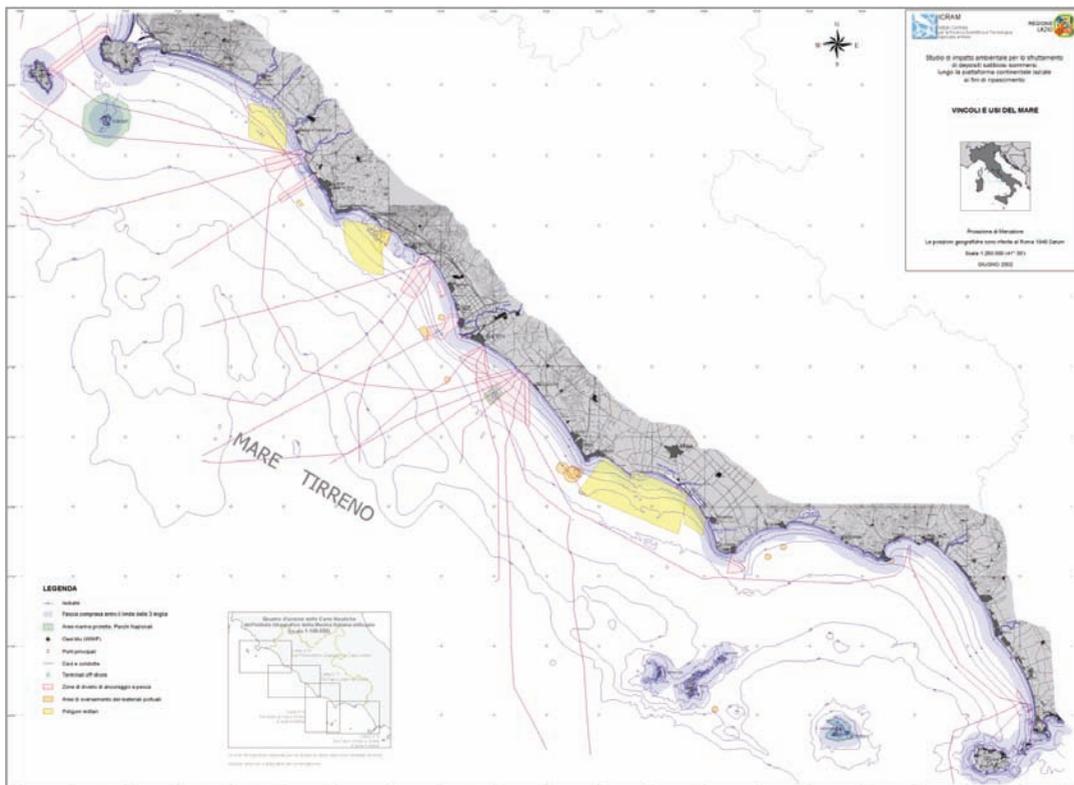


Figura 3.3 - Carta degli usi legittimi del mare lungo la piattaforma continentale laziale (Fase A).

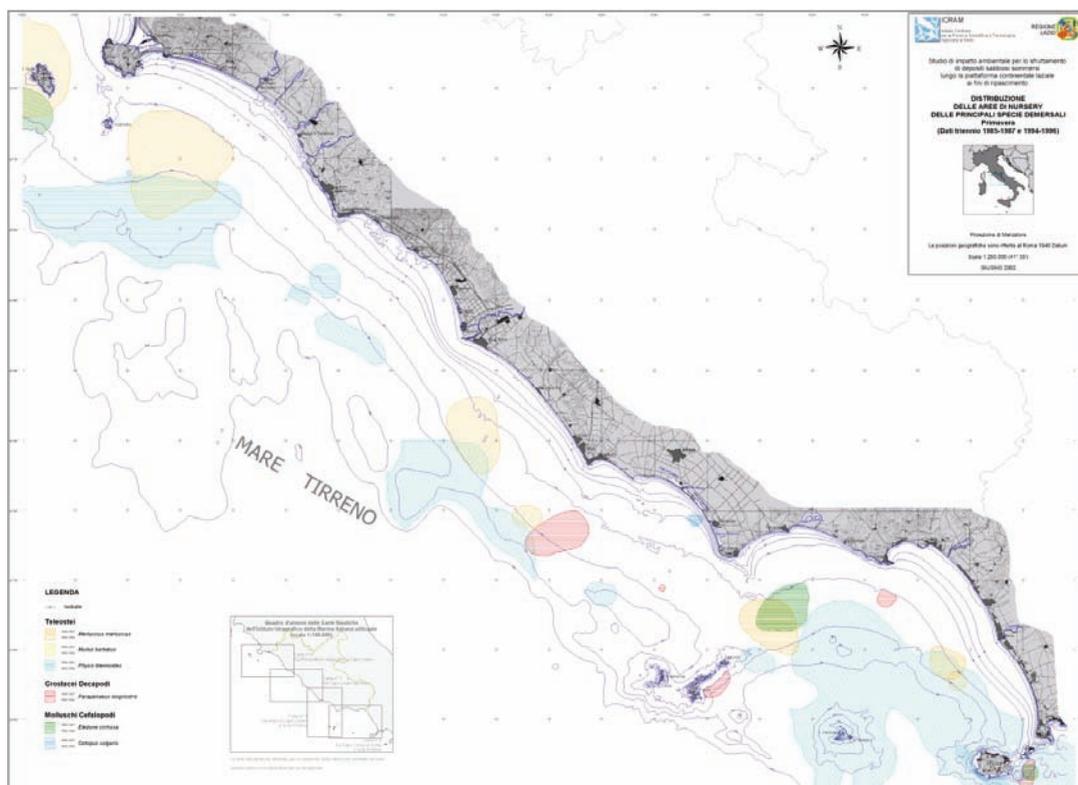


Figura 3.4 - Carta della distribuzione delle aree di nursery in primavera lungo la piattaforma continentale laziale (Fase A).

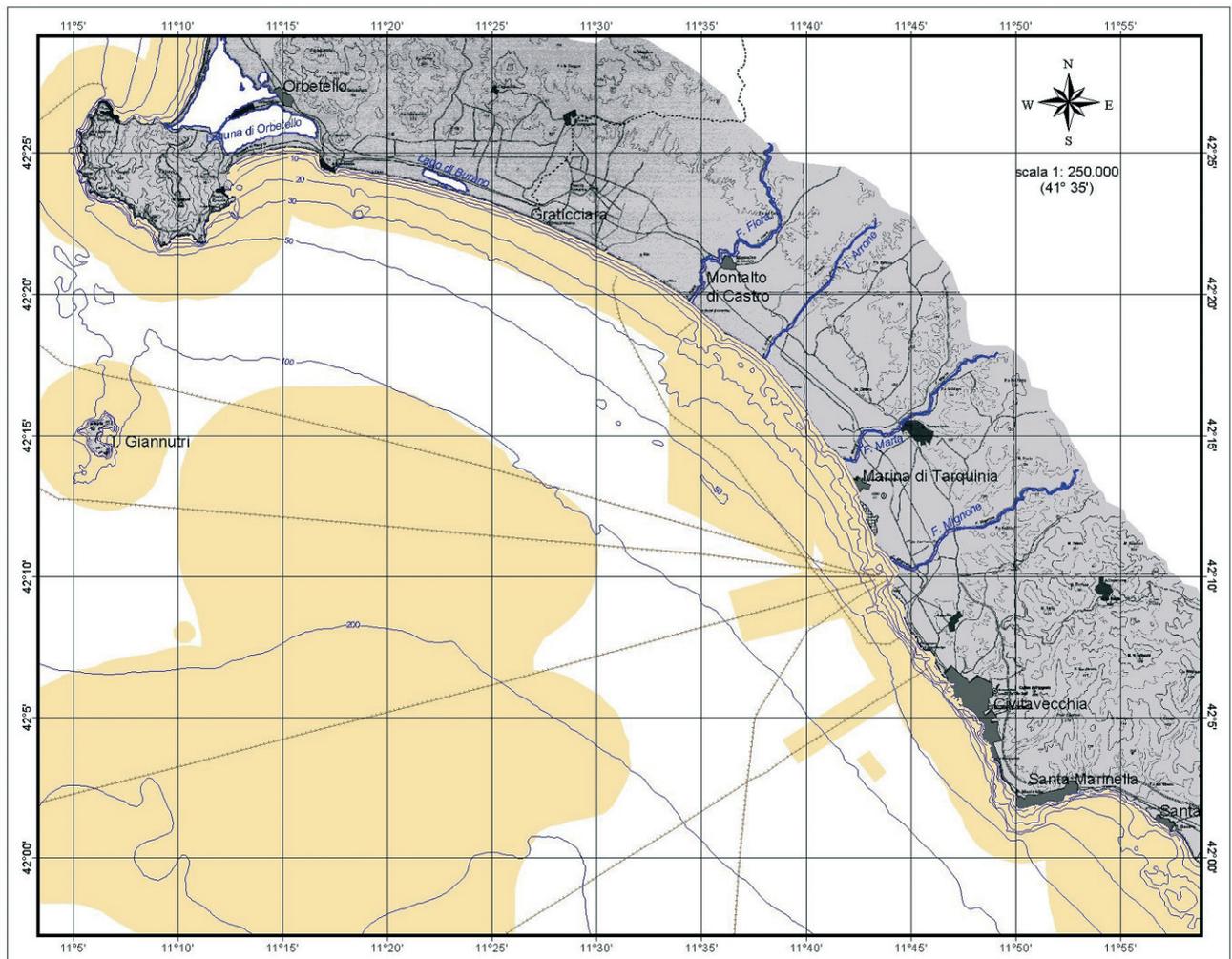


Figura 3.5 - Carta di sovrapposizione stagionale (primavera): in giallo le aree in cui le attività di movimentazione delle sabbie possono non essere ambientalmente compatibili.

In particolare, laddove è presente una prateria di *P. oceanica* bisogna prevedere, oltre alle aree di vincolo "rigido" (aree di fatto coincidenti con l'estensione della prateria stessa e in cui non possono essere condotte attività di movimentazione del fondo), delle aree limitrofe di "rispetto" in cui la conduzione di tali attività potrebbe indurre effetti non trascurabili sulla prateria e tali da poter compromettere lo stato di salute della stessa.

Altri elementi possono costituire, invece, dei vincoli "non rigidi". La loro compatibilità con le attività di movimentazione deve essere valutata caso per caso; ad esempio, relativamente alle aree di nursery, è importante considerare la loro estensione rispetto alle dimensioni del sito di dragaggio.

Un altro aspetto da considerare è, come già ricordato, la stagionalità di taluni elementi di interesse (vincoli), per cui anche le carte di sovrapposizione dovranno riportare le diverse situazioni stagionali.

Lo studio di caratterizzazione, già in questa fase, potrà, quindi, permettere l'individuazione di opportune finestre ambientali.



3.1.1 Area di Dragaggio (scheda n.1)

La raccolta dei dati deve essere estesa ad un'area sufficientemente ampia e tale da includere i depositi di sabbia potenzialmente sfruttabili e le aree circostanti per un ampio raggio e dovrebbe essere possibilmente estesa fino alla linea di costa.

Per quanto attiene, in particolare, alla ricerca bibliografica, oltre ai dati relativi agli usi legittimi del mare (paragrafo 3.1), essa prevede la raccolta e l'analisi critica dei dati di letteratura esistenti, relativamente ai parametri di seguito elencati:

- morfologia e batimetria del fondo;
- caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- caratteristiche chimiche dei sedimenti superficiali:
 - sostanza organica o carbonio organico totale (TOC);
 - metalli:
 - Al, As, Cd, Cr_{tot}, Pb, Hg, Ni, Cu, V e Zn;
 - microinquinanti organici:
 - IPA (idrocarburi policiclici aromatici) totali e singoli congeneri: fluorantene, naftalene, antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, indopirene, acenaftene, fluorene, fenantrene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, dibenzo(a,h)antracene, indeno(1,2,3,c-d)pirene;
 - pesticidi organoclorurati: aldrin, dieldrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esaclorocicloesano (lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni famiglia somma degli isomeri 2,4 e 4,4);
 - PCB (policlorobifenili) totali e singoli congeneri: PCB28, PCB52, PCB77, PCB81, PCB101, PCB118, PCB126, PCB128, PCB138, PCB153, PCB156, PCB169, PCB180 e loro sommatoria;
 - esaclorobenzene;
 - TBT (tributilstagno);
- idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche);
- particolato sospeso (totale e inorganico);
- dinamica delle masse d'acqua (correntometria);
- popolamento bentonico (caratterizzazione biocenotica);
- popolamento ittico demersale (aree di nursery).

Tutti i dati raccolti, analizzati e inseriti in un sistema G.I.S., potranno suggerire dei diversi scenari.

Se i dati raccolti sono ritenuti sufficienti a caratterizzare l'area dal punto di vista ambientale, già in questa fase potrebbero emergere elementi sufficienti per valutare preliminarmente la compatibilità ambientale del dragaggio e si passerà direttamente alla fase di caratterizzazione del sito di dragaggio (Fase C1).

Qualora venga, invece, rilevata un'insufficienza di dati e/o la carenza di dati di buona qualità (dati troppo vecchi, scale di indagine non adeguate, difficoltà di georeferenziare i dati), sarà necessario avviare una fase di caratterizzazione sperimentale di un'area vasta, che racchiuda al suo interno il deposito di sabbie relitte, mediante la realizzazione di apposite campagne oceanografiche (Fase B).

VINCOLI E USI LEGITTIMI DEL MARE: IL CASO DI STUDIO DELLA PIATTAFORMA CONTINENTALE LAZIALE

L'ICRAM, nell'ambito di un progetto di sfruttamento di depositi di sabbie relitte a fini di ripascimento, ha condotto, su incarico della Regione Lazio, uno studio mirato a indagare la compatibilità ambientale del dragaggio di sabbie relitte (ICRAM, 2002). Sono stati così individuati e cartografati (in ambiente G.I.S.) tutti gli elementi la cui presenza poteva limitare o condizionare in modo importante l'attività di estrazione delle sabbie lungo la piattaforma continentale laziale.

Per il Lazio sono stati identificati, oltre ad elementi generali quali le zone di mare nelle quali la profondità delle acque è inferiore ai 50 m entro le 3 miglia marine dalla costa e le zone di divieto di ancoraggio e pesca, come indicato nelle carte nautiche, i seguenti elementi:

Aree Marine Protette

- Secche di Tor Paterno: istituita con Decreto del Ministero dell'Ambiente del 29 novembre 2000 (G.U. del 20/01/01), comprende un'unica zona di riserva generale;
- Isola di Ventotene e Santo Stefano: istituita con Decreto Ministeriale del 12 dicembre 1997 (G.U. del 24/02/98), la riserva presenta una zonazione su 3 livelli, con un'area di riserva integrale (zona A), un'area di riserva orientata (zona B) e un'area di riserva generale (zona C).

Oasi Blu WWF

- Villa di Tiberio: istituita con C.D. del 19/05/1995
- Monte Orlando: istituita con C.D. del 04/02/1993
- Monte Gianola: istituita con C.D. del 14/07/1992

Siti di Importanza Comunitaria

- IT6000001 "Fondali tra le foci del F. Chiarone e F. Fiora"
- IT6000002 "Fondali antistanti Punta Morelle"
- IT6000003 "Fondali tra le foci del T. Arrone e del T. Marta"
- IT6000004 "Fondali tra Marina di Tarquinia e Punta Quaglia"
- IT6000005 "Fondali tra Punta Sant'Agostino e Punta Mattonara"
- IT6000006 "Fondali tra Punta del Pecoraio e Capo Linaro"
- IT6000007 "Fondali antistanti Santa Marinella"
- IT6000008 "Secche di Macchiatonda"
- IT6000009 "Secche di Torre Flavia"
- IT6000010 "Secche di Tor Paterno"
- IT6000011 "Fondali tra Torre Astura e Capo Portiere"
- IT6000012 "Fondali tra Capo Portiere e Lago di Caprolace"
- IT6000013 "Fondali tra Capo Circeo e Terracina"
- IT6000014 "Fondali tra Terracina e Lago Lungo"
- IT6000015 "Fondali circostanti l'Isola di Palmarola"
- IT6000016 "Fondali circostanti l'Isola di Ponza"
- IT6000017 "Fondali circostanti l'Isola di Zannone"
- IT6000018 "Fondali circostanti l'Isola di Ventotene"
- IT6000019 "Fondali circostanti l'Isola di Santo Stefano"

Zone di Protezione Speciale

- IT6040015 "Parco Nazionale del Circeo"
- IT6040019 "Isole di Ponza, Palmarola, Zannone, Ventotene e Santo Stefano"

Aree da tutelare (aree di nursery del popolamento demersale)

Lungo il litorale laziale è stata rilevata la presenza di aree di nursery delle principali specie demersali di interesse commerciale:

Teleostei

- *Merluccius merluccius*: in primavera, estate e autunno
- *Mullus barbatus*: in estate e autunno
- *Phycis blennoides*: in primavera e estate

Crostacei decapodi

- *Parapenaeus longirostris*: in primavera e estate

Molluschi cefalopodi

- *Eledone cirrhosa*: in primavera, estate e autunno
- *Octopus vulgaris*: in primavera e estate

Barriere artificiali sottomarine

Nella piattaforma laziale sono presenti 4 barriere artificiali, di cui una localizzata al largo di Fregene e 3 al largo di Ponza (Chiaia di Luna, Secca Mattoni e Cala Inferno).

Aree di sversamento dei materiali portuali

Sono state censite 18 aree autorizzate allo sversamento di materiali portuali di cui 4 fanno capo alla Capitaneria di Porto di Civitavecchia (Roma), 4 a quella di Gaeta (LT) e 10 a quella di Roma-Fiumicino.

Poligoni militari

Lungo la costa laziale sono presenti 5 poligoni militari di cui 3 (Pian di Spille, Santa Severa e Furbara) afferenti alla Capitaneria di Porto di Civitavecchia (Roma) e 2 (Nettuno e Sabaudia) afferenti all'Ufficio Circondariale Marittimo di Anzio (Roma).

Cavi, condotte e oleodotti

La presenza di cavi sottomarini, condotte di scarico e oleodotti comporta l'interdizione alle attività di ancoraggio e di pesca, ovvero di tutte le attività che interessano il fondo. In taluni casi è anche interdotta la navigazione.

- Cavi sottomarini: l'area è risultata interessata dalla presenza di numerosi cavi sottomarini che interessano il tratto di mare compreso tra Punta S. Agostino a nord e la rada di Gaeta a sud.
- Condotte sottomarine: sono presenti 5 condotte sottomarine localizzate tra il fosso di Pratica e Torre Vittoria.
- Oleodotti: nell'area sono presenti un totale di 5 oleodotti, che sono localizzati, procedendo da nord verso sud, lungo la costa tra Montalto di Castro e Torre Valdaliga (con entrambi gli approdi a terra interrati), a Torre Valdaliga, per il collegamento a terra della torre petrolifera presente a NO di Torre Valdaliga, a Fiumicino (due oleodotti sottomarini convergenti in un unico terminale) e a nord della Diga Foranea del Nuovo Porto Commerciale di Gaeta, oleodotto collegato al terminale presente nella rada omonima.

Strutture offshore

Nell'area sono presenti 2 piattaforme di carico e scarico e una torre petrolifera. La torre è localizzata a NO di Torre Valdaliga, nel punto di coordinate 42°07'27"N e 11°43'38"E. Le 2 piattaforme mono-ormeggio sono situate al largo di Fiumicino.



3.1.2 Area di Ripascimento (scheda n. 2)

Anche nel caso dell'area di ripascimento lo studio di caratterizzazione ha inizio con la raccolta e l'analisi dei dati disponibili in letteratura, per definire le principali caratteristiche ambientali nel tratto di costa che sarà oggetto del ripascimento.

L'area oggetto di studio dovrà essere sufficientemente estesa da comprendere sia il tratto o i tratti di litorale direttamente interessati dalle attività di ripascimento sia le aree circostanti.

I problemi ambientali che possono insorgere in questa area sono quelli essenzialmente legati agli effetti che il ripascimento stesso può indurre sugli organismi marini: i più immediati sono quelli legati a fenomeni di seppellimento durante il refluire della sabbia sulla spiaggia, mentre altri problemi possono insorgere a causa delle modificazioni indotte sull'ambiente fisico (variazioni delle caratteristiche del substrato e della qualità dell'acqua). Dovranno, quindi, essere raccolti e analizzati dati provenienti dalla letteratura, sia scientifica sia tecnica, inerenti i seguenti aspetti ambientali:

- popolamento bentonico;
- popolamento ittico demersale.

Un'attenzione particolare dovrà essere dedicata all'identificazione di aree ad elevata sensibilità ambientale, quali le aree di nursery delle principali specie demersali e/o le aree in cui sono presenti habitat sensibili.

Le aree di nursery, in quanto zone di concentrazione di giovanili, sono aree particolarmente sensibili e potrebbero quindi risentire degli effetti (diretti e indiretti) del ripascimento, soprattutto quando esse si presentano con estensione limitata in rapporto alle dimensioni dell'area interessata da interventi di ripascimento.

Anche in questo caso, analogamente a quanto avviene per l'area di dragaggio, l'obiettivo della ricerca è quello di individuare, tramite dettagliate e accurate indagini stagionali, i periodi dell'anno in cui il ripascimento può essere condotto con i minori effetti possibili sull'ambiente (*environmental windows*) e concentrare in essi le attività di ripascimento.

Tutti i dati raccolti dovranno essere quindi sottoposti ad un'attenta valutazione critica che dovrà interessare sia la qualità dei dati e delle informazioni raccolte sia, nel caso di inserimento dei dati in un sistema G.I.S., la necessità e la possibilità di georeferenziarli. I dati validati verranno, quindi, utilizzati per la costruzione di carte tematiche di base e di carte di sintesi in cui riportare tutti gli elementi di interesse che potrebbero vincolare, in qualche modo, le attività di ripascimento.

Se le informazioni raccolte sono recenti e sufficientemente rappresentative delle condizioni ambientali dell'area, dopo la Fase A si potrà avviare direttamente lo studio di caratterizzazione del litorale da ripascere (Fase C1). In questo caso, lo studio di caratterizzazione condotto nella Fase A potrà, già in questa fase, fornire gli elementi necessari per una prima valutazione della compatibilità ambientale del ripascimento e per una valutazione preliminare circa la possibilità di adottare finestre ambientali. Qualora i dati raccolti non siano ritenuti adeguati a descrivere le caratteristiche ambientali dell'area o si siano verificati fenomeni di particolare rilevanza ambientale (come fenomeni meteo-marini di intensità eccezionale) in tempi successivi alla raccolta dei dati in oggetto, si dovrà procedere con la fase di caratterizzazione sperimentale della macroarea che prevede la raccolta di dati sperimentali aggiornati (Fase B).



3.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA MACROAREA (FASE B)

In questa fase vengono condotte indagini sperimentali a larga scala al fine di avere un quadro sufficientemente dettagliato, dal punto di vista ambientale (fisico, chimico e biologico), di un'area sufficientemente estesa e che includa al suo interno, per quanto possibile, il deposito di sabbie relitte, nel caso dell'area di dragaggio, e il tratto di spiaggia da ripascere, nel caso dell'area di ripascimento. Questa fase è prevista qualora sia emerso dalla fase precedente (Fase A) un'insufficienza di dati e/o la carenza di dati di buona qualità (dati troppo vecchi, scale di indagine non adeguate, difficoltà di georeferenziare i dati).

3.2.1 Area di Dragaggio (scheda n.3)

Per la caratterizzazione della macroarea in cui si trovano i depositi di sabbie relitte deve essere previsto un piano di campionamento specifico su un'area vasta che includa tali depositi. Devono pertanto essere previste campagne sperimentali mirate, con piani di campionamento specifici, ampi ed omogenei, per caratterizzare in maniera approfondita l'area oggetto di studio. La scelta delle stazioni di campionamento sarà decisa sulla base sia delle caratteristiche dell'area sia delle eventuali lacune emerse nella Fase A.

Un esempio di piano di campionamento di una macroarea è riportato nella **Figura 3.6**.

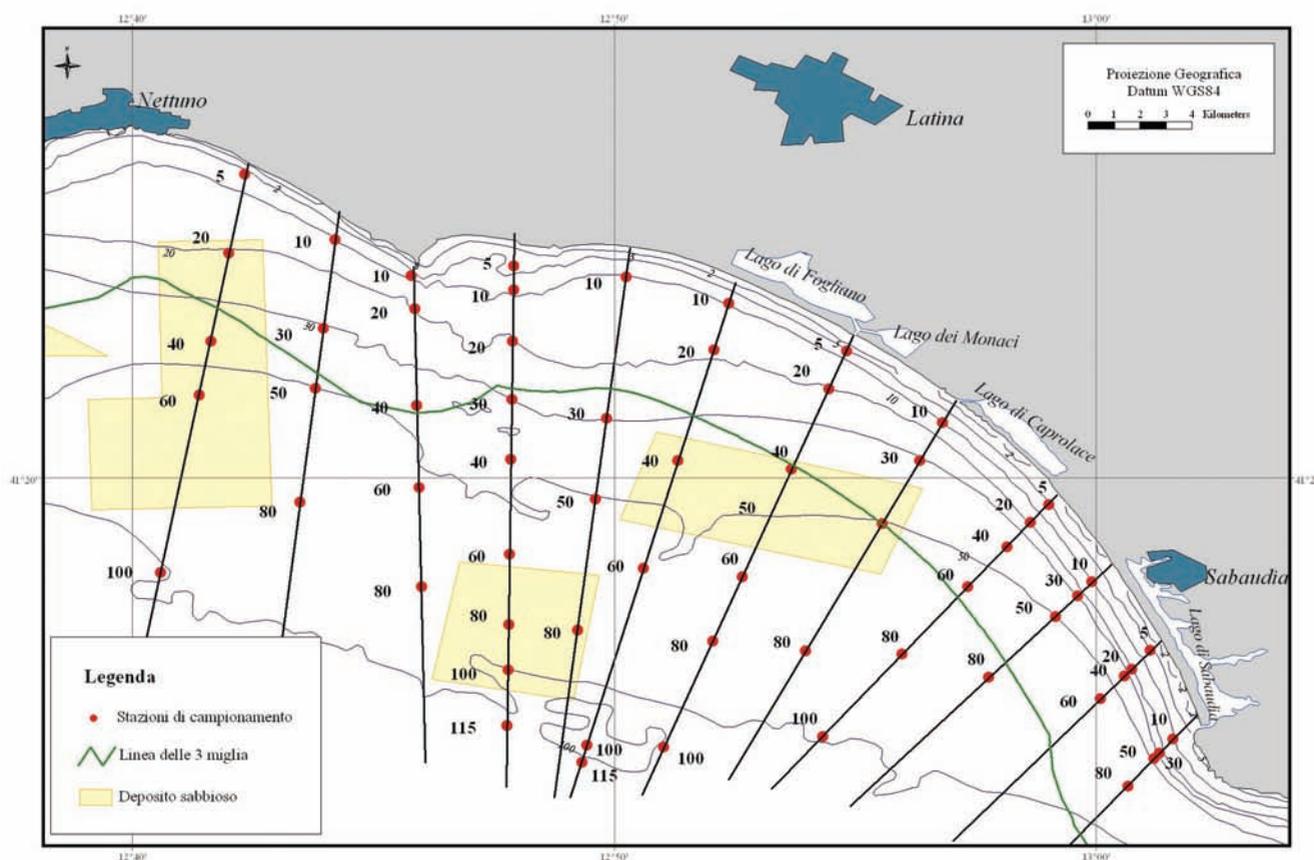


Figura 3.6 - Piano di campionamento per la Fase B, area di dragaggio (in giallo sono indicati i depositi di sabbie relitte).



Nell'area così definita dovranno essere condotte indagini sperimentali relative a:

- caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- caratteristiche chimiche dei sedimenti superficiali:
 - sostanza organica o carbonio organico totale (TOC);
 - metalli:
Al, As, Cd, Cr_{tot}, Pb, Hg, Ni, Cu, V e Zn;
 - microinquinanti organici:
IPA (idrocarburi policiclici aromatici) totali e singoli congeneri: fluorantene, naftalene, antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, indopirene, acenaftene, fluorene, fenantrene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, dibenzo(a,h)antracene, indeno(1,2,3,c-d)pirene;
pesticidi organoclorurati: aldrin, dieldrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esaclorocicloesano (lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni famiglia somma degli isomeri 2,4 e 4,4);
PCB (policlorobifenili) totali e singoli congeneri: PCB28, PCB52, PCB77, PCB81, PCB101, PCB118, PCB126, PCB128, PCB138, PCB153, PCB156, PCB169, PCB180 e loro sommatoria;
esaclorobenzene;
TBT (tributilstagno);
- idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche);
- particolato sospeso (totale e inorganico);
- dinamica delle masse d'acqua (correntometria);
- popolamento bentonico (caratterizzazione biocenotica);
- popolamento ittico demersale (aree di nursery).

In particolare, nel caso dei parametri caratterizzati da importanti variazioni stagionali (idrologia e dinamica delle masse d'acqua, particolato sospeso e popolamento ittico demersale), dovranno essere previste campagne stagionali al fine di individuare i periodi dell'anno in cui la movimentazione può essere condotta con i minori effetti possibili sull'ambiente marino.

Le informazioni raccolte saranno riportate nella banca dati del G.I.S., integrando i dati già raccolti nella Fase A, e sintetizzate in carte tematiche, aggiornate rispetto a quelle prodotte nella fase precedente.

In questa fase di caratterizzazione dovrà essere possibile, sulla base di dati sperimentali aggiornati, la visualizzazione delle aree ambientalmente non compatibili con le attività di dragaggio (valutazione comparata preliminare circa la compatibilità ambientale delle attività di dragaggio).

Le informazioni raccolte dovranno permettere di definire le modalità di indagine, lo schema di campionamento e i parametri da analizzare, riguardanti la fase successiva, oltre a fornire un supporto su cui programmare le future attività di monitoraggio durante le operazioni di dragaggio e al termine dei lavori.

Le conclusioni ottenute in questa fase potranno portare a diversi sviluppi. Se i risultati delle indagini indicheranno che le attività di dragaggio sono ambientalmente compatibili si potrà procedere con la successiva fase di indagine, ovvero alla caratterizzazione del sito di dragaggio (Fase C1). Qualora, invece, i risultati ottenuti indichino che le attività di dragaggio non sono ambientalmente compatibili, si potrà decidere di concentrare le indagini su altri depositi.

Qualità dei sedimenti

Un aspetto di particolare rilevanza ambientale che deve essere affrontato in questa fase è quello relativo alla qualità chimica dei sedimenti; normalmente, per valutare la qualità chimica (metalli e composti organici) dei sedimenti della coltre pelitica superficiale nell'area di dragaggio, si prevede la determinazione del contenuto totale con relativa speciazione dei singoli congeneri per i contaminanti organici e del solo contenuto totale per i singoli metalli.



Contaminanti organici

I contaminanti organici, monitorati per la tutela dell'ambiente marino (IPA, composti organoclorurati, composti organostannici ecc.), presentano quasi tutti una elevata stabilità chimica e, quindi, una elevata persistenza ambientale. Questo purtroppo li rende contaminanti ubiquitari, con tendenza all'accumulo in sedimenti e organismi marini. La loro presenza nell'ambiente marino difficilmente è riconducibile a situazioni di naturalità. Pertanto, qualora ne venga accertata la presenza nel corso della fase di caratterizzazione della macroarea, nella successiva Fase C1 si deve prevedere di limitare l'area di dragaggio ad una zona non contaminata.

Metalli

Nel caso dei metalli, invece, può verificarsi che le anomalie di concentrazione rinvenute nei sedimenti siano realmente ascrivibili a fenomeni naturali (ad esempio anomalie geochimiche); in tal caso è importante non solo dimostrare la naturalità del fenomeno ma anche valutare se, ed in che misura, il metallo sia mobile e quindi potenzialmente biodisponibile. I soli valori di abbondanza totale non permettono né di risalire alle singole specie chimiche, né di differenziare l'apporto di origine naturale da quello di origine antropica. In presenza di province geochimiche il contenuto totale di metallo particolarmente elevato non è rappresentativo di una situazione di contaminazione; inoltre, in questo caso, i metalli generalmente risultano presenti sotto forma difficilmente mobilizzabile con le normali variazioni dei parametri chimico-fisici, attese a seguito della movimentazione delle sabbie. Pertanto, qualora nella Fase B dovessero emergere anomalie di concentrazione nel sedimento superficiale pelitico, nella successiva Fase C1 si deve prevedere di inserire indagini specifiche più approfondite (ad esempio procedure operative di estrazione sequenziale) al fine di valutare la mobilità delle specie metalliche all'interno del sedimento superficiale e, quindi, anche la naturalità delle concentrazioni osservate. Se i risultati della Fase B non evidenziano particolari arricchimenti nei sedimenti superficiali, nella successiva Fase C1 si prevede la determinazione del solo contenuto totale (**Figura 3.7**).

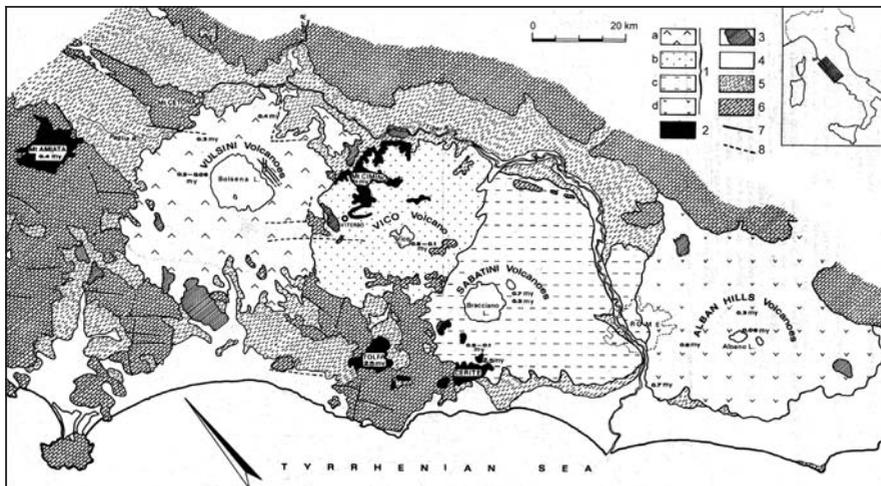


Figura 3.7 - Caratterizzazione chimica (metalli) dei sedimenti nell'area di dragaggio.

CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI: IL CASO DEI METALLI

Le indagini sotto riportate riguardano una delle prime esperienze effettuate in Italia sugli studi di caratterizzazione ambientale, condotti per il dragaggio di sabbie relitte, in cui è stato affrontato, per la prima volta, il problema della mobilità chimica dei metalli contenuti nel sedimento superficiale dell'area di dragaggio.

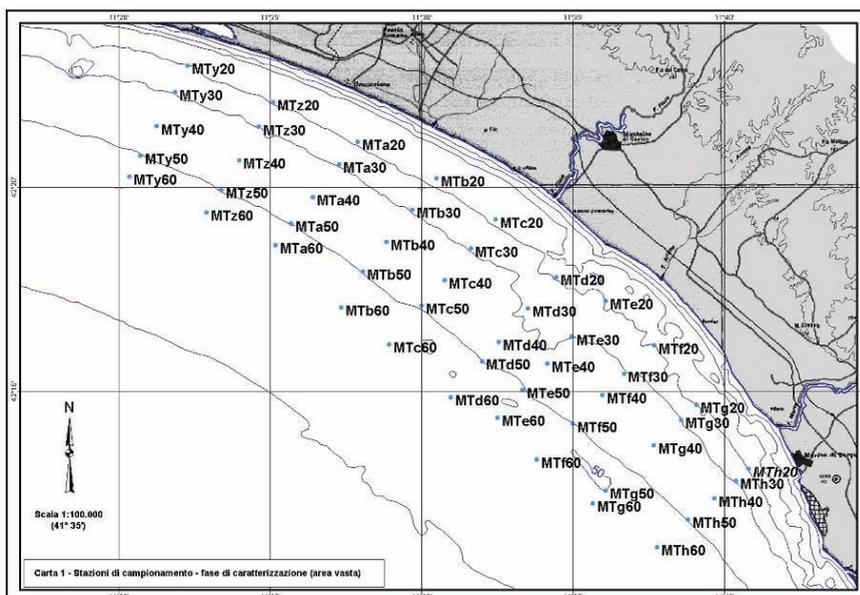
L'area di studio è localizzata in un settore della piattaforma continentale del Lazio settentrionale a largo di Montalto di Castro (VT), in cui è nota la presenza di anomalie geochemiche di alcuni elementi quali il Hg, il Pb ed alcuni elementi del gruppo del Fe, per l'influenza sia del sistema mercurifero del monte Amiata (Toscana) sia delle formazioni vulcaniche della serie K-alcalina (Branca *et al.*, 1996).



Schema geologico del dominio vulcanico peritirrenico laziale. Legenda: 1) Vulcaniti alcalino potassiche (Quaternario) (a. Distretto Vulcanico dei Monti Vulsini; b. Distretto Vulcanico dei Monti Viciani; c. Distretto Vulcanico dei Monti Sabatini; d. Distretto Vulcanico dei Colli Albani); 2) Vulcaniti acide (Pliocene-Pleistocene); 3) Travertino; 4) Sedimenti continentali e costieri (Quaternario); 5) Sedimenti argillosi e sabbiosi (Miocene sup.-Pliocene-Pleistocene inf.); 6) Successioni prevalentemente sedimentarie (Carbonifero-Miocene inf.); 7) Faglie; 8) Faglie sepolte (da Locardi *et al.*, 1976)

In quest'area, a seguito della presenza di depositi di sabbie relitte utilizzabili per il ripascimento, sono state avviate dall'ICRAM, su incarico della Regione Lazio, degli studi di caratterizzazione ambientale dell'area di dragaggio, che includevano, in particolare, indagini chimiche dei sedimenti superficiali.

Lo studio ambientale ha avuto avvio con la caratterizzazione chimica dei sedimenti superficiali in un'area vasta (Fase B) all'interno della quale erano localizzati i depositi di sabbie relitte, prelevando 36 campioni di sedimento superficiale, secondo lo schema di campionamento riportato nella figura seguente.



Schema di campionamento per la caratterizzazione chimica dei sedimenti superficiali (Caratterizzazione della macroarea)

In questa fase sono state condotte analisi sui microinquinanti organici e sui metalli. La determinazione del contenuto totale di metalli (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb e Zn) è stata effettuata mediante mineralizzazione con miscela di acidi forti a caldo (metodica US EPA 3052) e successiva determinazione analitica con spettrometria di assorbimento atomico.

I risultati ottenuti hanno rilevato assenza di contaminazione per quanto concerne i microinquinanti organici mentre, per quanto concerne i metalli, hanno rilevato la presenza di alcuni valori anomali, probabilmente imputabili alle caratteristiche geochimiche dei bacini versanti.

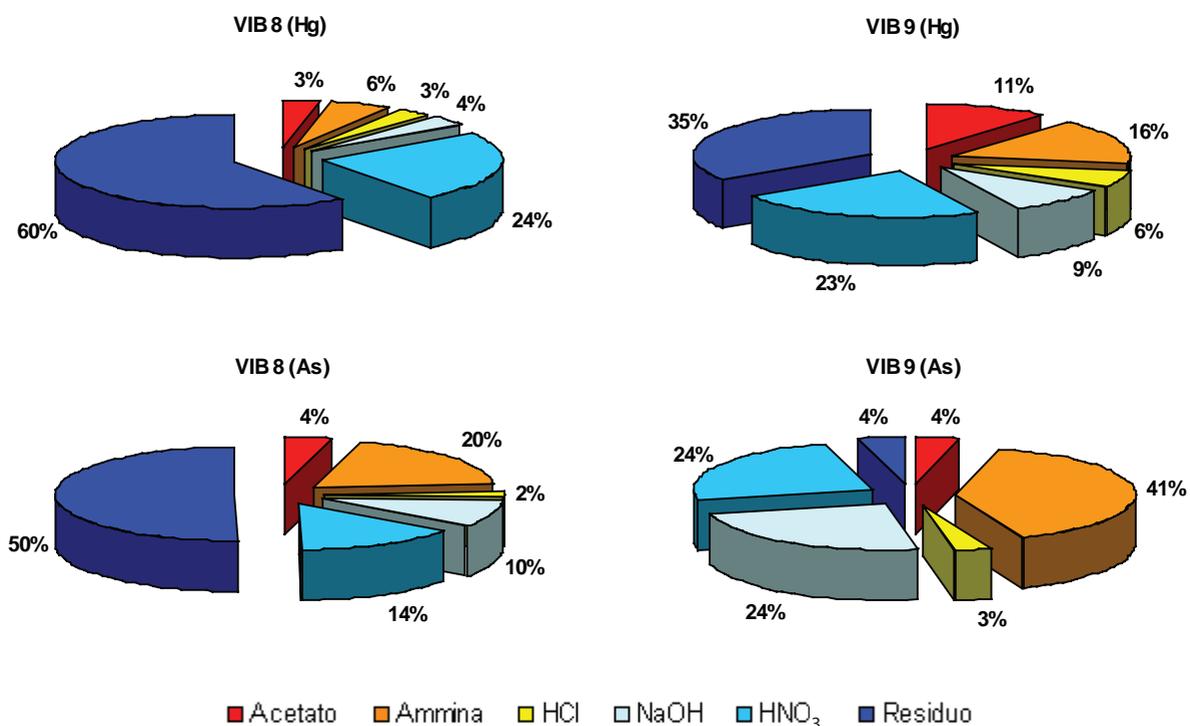
Successivamente, dopo che la Regione Lazio ha fornito le coordinate esatte dell'area da dragare, è stata avviata l'indagine di dettaglio del sito di intervento (Fase C1). I risultati relativi a questa fase, è bene ricordarlo, sono quelli utili ai fini dell'autorizzazione alla movimentazione, ai sensi del D.M. 24 gennaio 1996 e del D.lgs 152/1999. Sono state, pertanto, condotte analisi chimiche di determinazione del contenuto totale dei metalli, secondo la metodologia citata in precedenza, sui sedimenti superficiali di 4 stazioni situate all'interno dell'area da dragare. I risultati ottenuti non hanno individuato particolari anomalie di concentrazione, se non qualche valore relativamente più alto per As e Hg. Dal confronto con i valori riportati nel D.M. 367/2003, relativo alla fissazione di standard di qualità per i sedimenti marini costieri (non specifico per valutare la conformità di sedimenti di piattaforma, ma tuttora l'unico riferimento normativo nazionale), è risultato che As e Hg eccedevano il valore stabilito dal decreto. È emersa, quindi, la necessità di verificare che tali concentrazioni fossero effettivamente rappresentative del fondo naturale (come previsto nel decreto). Inoltre, data la tossicità degli elementi presenti in concentrazioni maggiori, si è deciso di procedere con ulteriori e approfondite analisi chimiche, integrando il protocollo metodologico sino a questo punto utilizzato (Paganelli *et al.*, 2005).

Sono stati, quindi, effettuati ulteriori campionamenti di sedimento superficiale in 2 stazioni, denominate VIB8 e VIB9. Su questi campioni, oltre alla determinazione del contenuto totale dei metalli, sono state condotte analisi chimiche per determinare la ripartizione delle specie metalliche nelle diverse frazioni. La mobilità del metallo nelle diverse frazioni è stata quindi valutata mediante una procedura operativa di estrazione sequenziale con solventi a potere estraente crescente (Maggi *et al.*, in stampa).

Analogamente a quanto emerso dalle precedenti fasi di indagine, i risultati ottenuti per le abbondanze totali indicano concentrazioni di Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Hg, Cd, As e Zn coerenti con i valori riportati in letteratura per la piattaforma del Tirreno centrale (Leoni *et al.*, 1991, 1993; Niccolai *et al.*, 1993; Cosma *et al.*, 1994; Barghigiani *et al.*, 1996; Branca *et al.*, 1996), con tenori mediamente più elevati in VIB8, in cui la frazione pelitica è sensibilmente maggiore rispetto a quella presente in VIB9. In particolare, per quel che riguarda Hg e As, il tenore di Hg è risultato superiore al valore fissato come standard di qualità ambientale del D.M. 367/2003 solo in un campione (VIB8), mentre il tenore in As supera in entrambi i campioni analizzati il valore riportato nel suddetto decreto.

Le estrazioni sequenziali hanno, però, messo in evidenza che nel campione VIB8, in cui erano stati rinvenuti per il Hg i valori di concentrazione più elevati (contenuto totale 0.499 mg/kg s.s.), più del 50% del contenuto totale è presente nella frazione residua, insolubile, e la frazione estratta con acido nitrico, che rappresenta forme chimiche decisamente poco mobili, costituisce il 23%. Per quanto riguarda l'As è stato, inoltre, verificato che la percentuale di metallo presente sottoforma di residuo insolubile oscilla tra il 50% e il 35%, rispettivamente in VIB8 (contenuto totale 58.300 mg/kg s.s.) e VIB9 (contenuto totale 34.111 mg/kg s.s.); l'aliquota estratta con acido nitrico raggiunge il 14% in VIB8 e il 23% in VIB9.

La ripartizione percentuale delle diverse frazioni estratte per il Hg e l'As è riportata nella figura a pagina seguente.



Ripartizione percentuale delle singole fasi per il Hg (in alto) e per l'As (in basso) nel sedimento superficiale

Le estrazioni sequenziali hanno messo in evidenza anche altre situazioni. Ad esempio, Cd e Pb, la cui frazione mobile (rappresentata dalle prime due frazioni estratte) raggiunge percentuali più elevate rispetto a quanto rilevato nel caso del Hg e dell'As, non hanno destato alcuna preoccupazione in quanto tali percentuali sono riferite a tenori totali di metallo molto bassi (rispettivamente 0.114 e 0.059 mg/kg s.s. per il Cd e 23.909 e 11.304 mg/kg s.s. per il Pb).

Al termine di queste indagini specifiche è stato possibile osservare che, nonostante fossero state riscontrate anomalie di concentrazione di alcuni metalli, nei 2 campioni di sedimento superficiale sottoposti ad estrazione sequenziale, le concentrazioni rilevate, in accordo con le caratteristiche granulometriche del sedimento, non destavano preoccupazione in quanto il metallo risultava "bloccato" per più del 50% del contenuto totale sottoforma non mobile.

I risultati ottenuti nell'ambito dello studio di caratterizzazione ambientale svolto al largo di Montalto di Castro (VT) hanno portato all'implementazione del protocollo di monitoraggio, dimostrando che l'impiego di procedure di estrazione sequenziale costituisce un efficace strumento di indagine per lo studio della naturalità dei metalli presenti nel sedimento. Per tali motivi è opportuno prevedere questo tipo di indagine in fase di caratterizzazione del sito di dragaggio qualora nella fase precedente, di caratterizzazione dell'area vasta, emergano valori di concentrazione totale elevati.



3.2.2 Area di Ripascimento (scheda n. 4)

In questa fase vengono raccolti tutti i dati necessari per valutare se le variazioni indotte sull'ambiente fisico (come la variazione della granulometria dei sedimenti superficiali e l'aumento di torbidità) possano indurre effetti rilevanti sia sugli organismi bentonici sia sugli habitat sensibili eventualmente presenti, quali le praterie di *Posidonia oceanica*.

Per la caratterizzazione della macroarea, sulla base dei primi dati scaturiti nella Fase A, deve essere previsto un piano di campionamento specifico su un'area vasta che includa il tratto di litorale da ripascere.

In quest'area dovranno essere condotte indagini dirette relative a:

- granulometria dei sedimenti superficiali;
- popolamento bentonico (caratterizzazione biocenotica);
- popolamento ittico demersale (aree di nursery).

In particolare, lo studio della componente bentonica dovrà indagare l'eventuale presenza di habitat sensibili, come ad esempio le praterie di *P. oceanica*, per altro oggetto di specifiche norme di protezione (paragrafo 3.1), e/o di specie sensibili. Indagini dirette dovranno, inoltre, essere svolte stagionalmente per individuare nell'area le principali caratteristiche del popolamento ittico demersale, con particolare riferimento alla localizzazione delle aree di nursery.

Una particolare attenzione dovrà essere posta anche nell'individuazione di specie bentoniche di interesse commerciale come ad esempio il bivalve *Chamelea gallina*. Un effetto negativo su tali specie potrebbe, infatti, avere anche importanti ripercussioni di tipo economico. A tale proposito, sarà utile conoscere i cicli vitali di queste specie al fine di poter individuare i periodi in cui le attività di ripascimento possano essere condotte con i minori effetti.

Tutte le informazioni ottenute dalle indagini saranno riportate nella banca dati del G.I.S. e utilizzate per la costruzione di carte tematiche.

Le informazioni raccolte, integrate con i dati relativi alla Fase A mediante il sistema G.I.S., forniranno indicazioni sugli eventuali impatti che potrebbero insorgere in seguito al refluire della sabbia sulla spiaggia, consentendo di valutare così la compatibilità ambientale degli interventi previsti.

Le informazioni raccolte in questa fase, inoltre, dovranno fornire il supporto su cui programmare le future attività di caratterizzazione e di monitoraggio (in corso d'opera e *post operam*) del sito da ripascere.

I risultati che saranno ottenuti in questa fase potranno definire scenari diversi. Se le indagini indicheranno che le attività di ripascimento sono ambientalmente compatibili si procederà con la successiva fase di indagine, ovvero con la caratterizzazione del sito da ripascere (Fase C1).

3.3 CARATTERIZZAZIONE DEI SITI DI INTERVENTO (FASE C1)

Nella Fase C1 si effettuano indagini ambientali di dettaglio in un'area di dimensioni ridotte rispetto a quella oggetto delle indagini precedenti (Fase A e B).

La Fase C1 viene condotta in tutte e 3 le aree interessate: area di dragaggio, area di trasporto e area di ripascimento. Le specifiche aree di indagine dovranno racchiudere al loro interno rispettivamente il sito di dragaggio, la rotta scelta per il trasporto delle sabbie relitte dal deposito fino alla spiaggia da ripascere e la spiaggia da ripascere.

Questa fase di caratterizzazione dei siti ha inizio una volta noto il progetto esecutivo, in cui sono indicate: l'area scelta per il dragaggio, ovvero il settore del deposito sabbioso che si intende realmente dragare (corridoio di dragaggio), la spiaggia alla quale la sabbia è destinata e le specifiche tecniche delle attività (metodo di dragaggio, durata e periodo, quantità e qualità della sabbia ecc.).

Lo scopo di questa fase è quello di ottenere i risultati necessari a produrre la valutazione comparata circa la compatibilità ambientale nonché quello di acquisire i dati che forniranno il quadro ambientale dell'area in condizioni non disturbate. Tali dati saranno utilizzati, nelle successive fasi di monitoraggio (Fase C2 e C3), come confronto per valutare sia gli eventuali effetti indotti da tali attività, sia gli eventuali tempi di recupero dell'ambiente marino.

3.3.1 Area di Dragaggio (scheda n.5)

La strategia di campionamento da adottare in questa fase dovrà consentire una caratterizzazione significativa dell'intera superficie e del volume di materiale da sottoporre a prelievo.

Il disegno di campionamento dovrà essere impostato sulla base delle ipotesi di impatto scaturite nelle Fasi A e B; in ogni caso, le stazioni saranno poste sia all'interno del sito previsto per il dragaggio sia all'esterno, a distanze crescenti, in funzione delle caratteristiche idrodinamiche dell'area e dell'eventuale presenza, nei dintorni, di habitat sensibili (**Figura 3.8**).

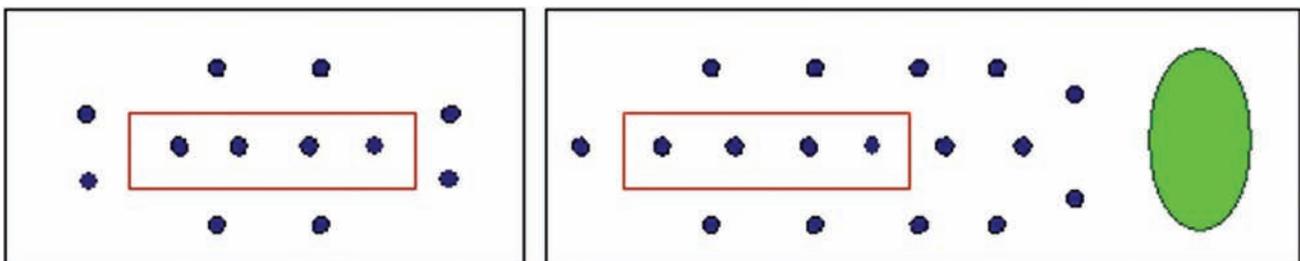


Figura 3.8 - Ipotesi di distribuzione delle stazioni di campionamento in assenza (a sinistra) e in presenza di habitat sensibili (a destra). In rosso è delimitato il corridoio di dragaggio, mentre in verde è riportato un habitat sensibile.

In particolare, le stazioni di campionamento dovranno essere così disposte:

- area interna al deposito: 4 stazioni per km²; per siti di dimensioni inferiori a 1 km² il numero di stazioni non deve comunque essere inferiore a 3;
- area esterna al deposito: 8 stazioni per siti di dimensione fino a 1 km²; il numero dovrà aumentare proporzionalmente in relazione all'aumento di dimensioni dell'area.



I sedimenti marini

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei sedimenti marini da destinare ad attività di ripascimento (sabbie relitte), dovrà essere effettuato, per le sole sabbie del deposito, il confronto con i parametri (metalli e microinquinanti organici) riportati nel Decreto 367/2003 che indica gli standard di qualità per i sedimenti marini costieri, con particolare riferimento alle concentrazioni delle sostanze prioritarie e quelle pericolose e prioritarie individuate ai sensi della decisione n. 2455/2001/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2001. È però importante osservare che, come recita lo stesso decreto all'Allegato A, parte generale, comma 3, *“le concentrazioni rilevate nei sedimenti ricadenti in regioni geochimiche che presentano livelli di fondo superiori a quelli riportati in tabella 2, sono sostituiti dalle concentrazioni di fondo naturale”*, ovvero i valori di concentrazioni riportati in tabella per i metalli possono essere ecceduti purché sia dimostrata la loro origine naturale.

Relativamente alla caratterizzazione chimica del deposito di sabbie relitte, è necessario, in almeno 3 stazioni interne all'area di dragaggio prelevare delle carote di sedimento per le analisi granulometriche e chimiche. Le carote dovranno essere sezionate in diversi livelli di sedimento, scelti in modo tale da ottenere dei risultati che siano rappresentativi di tutto lo spessore del deposito, al fine di verificare la loro congruità rispetto agli standard di qualità indicati nel suddetto decreto (D.M. 367/2003).

In sede progettuale dovranno, inoltre, essere valutati anche gli effetti che potrebbero derivare da possibili differenze composizionali (chimiche e/o mineralogiche) fra le sabbie relitte e quelle originarie della spiaggia da ripascere, tali da indurre effetti fisici non trascurabili al momento del refluire della sabbia sulla spiaggia e del successivo rimescolamento operato dal moto ondoso e dalle correnti (ad esempio un aumento della torbidità per effetto dello sfregamento di granuli di durezza diversa). A tale riguardo non appena il deposito di sabbie relitte che si intende utilizzare per il ripascimento di un determinato tratto di litorale sarà stato identificato con certezza, dovranno essere previsti studi specifici che potranno anche avvalersi dell'impiego di modelli fisici e/o modelli matematici. La differenza composizionale fra la sabbia originaria e quella utilizzata per il ripascimento può, inoltre, generare un impatto estetico dovuto alle differenti caratteristiche macroscopiche del sedimento quali colore, forma e dimensioni. Tali aspetti dovranno essere valutati già in sede progettuale. Infatti, le caratteristiche fisiche e meccaniche delle sabbie relitte, che si intendono utilizzare e che sono strettamente legate alla fattibilità dell'opera, non sono oggetto dello studio ambientale ma sono parte integrante del progetto tecnico del ripascimento.

Nel caso di depositi con copertura pelitica, il campionamento e la caratterizzazione dei sedimenti superficiali (per uno spessore pari a 5 cm) avrà il solo scopo di valutare gli effetti indotti sull'ambiente a seguito di una eventuale mobilitazione di contaminanti. Infatti, qualora le analisi chimiche condotte sulla coltre pelitica superficiale facciano ipotizzare uno stato di contaminazione in atto o pregressa, non si potrà comunque procedere all'estrazione delle sabbie a causa del possibile rilascio degli inquinanti generato dalla movimentazione dei sedimenti superficiali.

In tutte le stazioni di campionamento dovranno essere acquisiti i dati relativi a:

- caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche);
- particolato sospeso (totale e inorganico);
- popolamento bentonico.

Per quanto concerne le sole stazioni ubicate all'interno del sito di dragaggio dovranno essere svolte



le seguenti indagini dei sedimenti superficiali:

- caratteristiche chimiche dei sedimenti superficiali:
 - sostanza organica o carbonio organico totale (TOC)
 - metalli:
Al, As, Cd, Cr_{tot}, Pb, Hg, Ni, Cu, V e Zn;
 - microinquinanti organici:
IPA (idrocarburi policiclici aromatici) totali e singoli congeneri: fluorantene, naftalene, antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, indopirene, acenaftene, fluorene, fenantrene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, dibenzo(a,h)antracene, indeno(1,2,3,c-d)pirene;
pesticidi organoclorurati: aldrin, dieldrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esaclorocicloesano (lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni famiglia somma degli isomeri 2,4 e 4,4);
PCB (policlorobifenili) totali e singoli congeneri: PCB28, PCB52, PCB77, PCB81, PCB101, PCB118, PCB126, PCB128, PCB138, PCB153, PCB156, PCB169, PCB180 e loro sommatoria;
esaclorobenzene;
TBT (tributilstagno);

Nel sito di dragaggio dovranno essere eseguiti rilievi *Side Scan Sonar (S.S.S.)* e *Multibeam* per il rilievo della morfologia e della batimetria del fondo.

Al fine della caratterizzazione del sedimento sabbioso da dragare, dovranno essere condotte, in almeno 3 carote prelevate all'interno del sito di dragaggio e, per ogni carota, a livelli e a quote significative, le seguenti analisi:

- caratteristiche tessiture (granulometria) dei sedimenti profondi;
- chimica dei sedimenti profondi (sostanza organica o carbonio organico totale (TOC), metalli: Al, As, Cd, Cr_{tot}, Pb, Hg, Ni, Cu, V e Zn).

Qualora il deposito di sabbie relitte da destinare al ripascimento sia privo di copertura pelitica, e quindi affiorante, sui sedimenti superficiali dovranno essere eseguite le seguenti analisi microbiologiche:

- Coliformi (*Escherichia coli*);
- Enterococchi (fecali);
- Salmonelle;
- Clostridi (spore di clostridi solfito-riduttori);
- Stafilococchi;
- Miceti.

I risultati conseguiti in questa fase (caratterizzazione del sito di dragaggio), integrati con quelli ottenuti dalle fasi precedenti e con le modalità e le tecniche di esecuzione del dragaggio, permetteranno di formulare le ipotesi dei possibili impatti sull'ambiente e definire, conseguentemente, sia le procedure di monitoraggio in corso d'opera sia quelle di monitoraggio *post operam*.

Lo studio condotto durante la fase di caratterizzazione del sito di dragaggio (Fase C1) potrà avere i seguenti risultati:

- il dragaggio delle sabbie relitte è ambientalmente compatibile e non sono attesi effetti rilevanti sull'ambiente marino circostante;
- il dragaggio delle sabbie è ambientalmente compatibile, solo con opportuni accorgimenti tecnici;
- il dragaggio delle sabbie è ambientalmente non compatibile.



3.3.2 Area di Trasporto (scheda n.6)

L'area di trasporto coincide con l'area interessata dalla rotta di navigazione della draga dal sito di dragaggio a quello di ripascimento.

Nell'area di trasporto la caratterizzazione del sito (Fase C1) viene condotta solamente nel caso in cui nell'area di trasporto e/o nelle sue vicinanze siano presenti habitat sensibili.

I principali effetti ambientali che possono essere indotti dal trasporto delle sabbie sono quelli a carico della colonna d'acqua per effetto della *plume* generata dall'*overflow* della draga (paragrafo 1.2.1), con possibili effetti sugli habitat sensibili eventualmente presenti nelle vicinanze (paragrafo 1.3.3.2). Dovranno quindi essere condotte indagini dirette finalizzate alla caratterizzazione dei suddetti habitat.

I dati, acquisiti in questa fase, dovranno essere elaborati in funzione dell'ipotetica rotta, dell'idrodinamismo dell'area, della composizione della sabbia, della presenza di copertura pelitica del deposito, delle caratteristiche tecniche del dragaggio e del trasporto, della durata e del periodo previste per le attività.

In questo modo sarà possibile condurre una valutazione comparata circa la compatibilità ambientale delle attività di trasporto delle sabbie dal sito di dragaggio a quello di ripascimento, confermando la rotta inizialmente ipotizzata, suggerendo percorsi e/o modalità operative differenti e tali da ridurre al minimo gli effetti sull'ambiente, o, eventualmente, verificare la non compatibilità ambientale di tali attività.

3.3.3 Area di Ripascimento (scheda n.7)

Nella Fase C1 di caratterizzazione del sito di ripascimento si effettuano indagini ambientali nell'area prospiciente il litorale da ripascere e, possibilmente, nelle aree strettamente limitrofe. L'estensione dell'area da indagare dipenderà essenzialmente dalle caratteristiche stesse degli habitat sensibili eventualmente individuati, ma si suggerisce, generalmente, di estendere l'area di indagine fino alla profondità di 10 m e, in presenza di praterie di *Posidonia oceanica*, almeno fino al margine inferiore della stessa, che dovrà essere accuratamente rilevato.

Le indagini riguarderanno in particolare:

- caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- habitat sensibili e/o specie sensibili.

I dati raccolti in questa fase, integrati con quelli relativi alle indagini ambientali condotte nelle fasi precedenti (Fase A e Fase B), dovranno essere analizzati anche in funzione delle caratteristiche tecniche del ripascimento, quali:

- localizzazione geografica ed estensione del litorale da ripascere;
- caratteristiche tessiturali (granulometria) e mineralogiche della sabbia che si intende utilizzare per il ripascimento;
- caratteristiche progettuali: avanzamento stimato della linea di riva, volume di sabbia previsto per il ripascimento, disegno del nuovo profilo di equilibrio e profondità di chiusura della spiaggia attiva, metodo previsto per lo sversamento della sabbia, durata stimata e periodo previsto per lo svolgimento delle attività di ripascimento.

La stima della profondità di chiusura (la profondità massima alla quale il sedimento risente ancora dell'azione del moto ondoso) è importante nel caso siano presenti habitat sensibili come la prateria di *P. oceanica*; infatti, laddove la profondità di chiusura sia localizzata a una profondità maggiore rispetto alla profondità del margine superiore della prateria, potrebbero verificarsi episodi di seppellimento delle praterie stesse (**Figura 3.9**).

Inoltre, conoscere le caratteristiche tecniche del ripascimento è importante in quanto uno degli

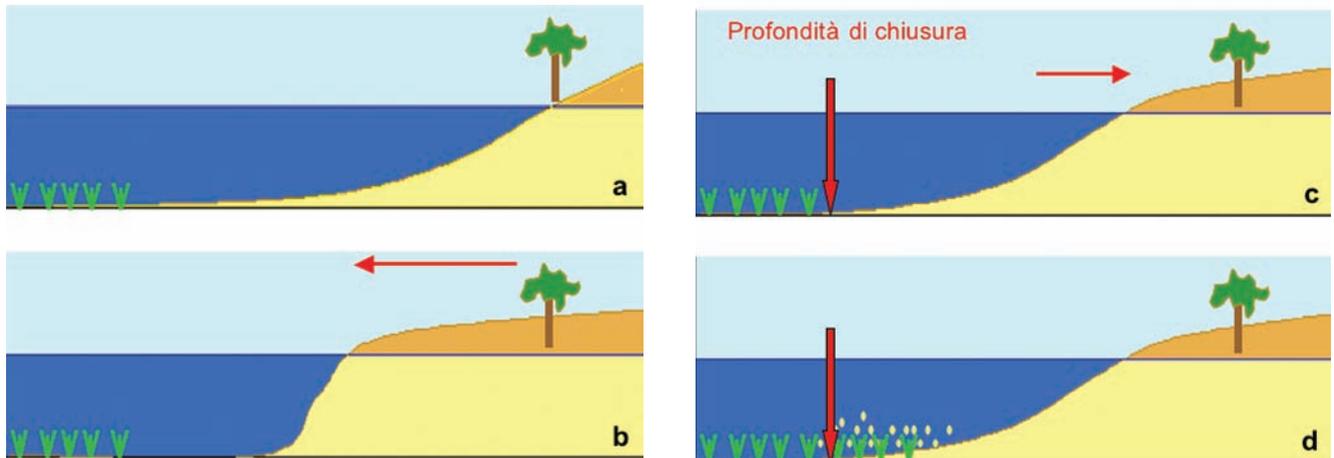


Figura 3.9 - Profondità di chiusura della spiaggia attiva in un intervento di ripascimento: a) profilo di spiaggia di un litorale in erosione con *Posidonia oceanica*, b) profilo di spiaggia subito dopo la messa in posto del nuovo sedimento. Nuovo profilo di spiaggia dopo il rimodellamento del nuovo sedimento da parte del moto ondoso: c) caso in cui la profondità di chiusura si trova ad una profondità minore rispetto a quella del margine superiore della prateria e d) caso in cui la profondità di chiusura è maggiore rispetto a quella del margine superiore della prateria.

effetti ambientalmente più importanti è l'aumento momentaneo della torbidità, la cui rilevanza è significativamente influenzata dalla durata del fenomeno, dalle caratteristiche granulometriche del sedimento e dalla stagione in cui si opera.

In merito alla compatibilità compositiva tra le sabbie provenienti dall'area di dragaggio e quelle originarie della spiaggia da ripascere, si possono anche ipotizzare effetti sull'ambiente derivanti da eventuali differenze composizionali, come nel caso dell'aumento di torbidità generato dallo sfregamento di granuli di durezza diversa. Tali effetti dovranno essere oggetto di specifici studi in sede progettuale (paragrafo 3.3.1).

La valutazione comparata di tutti questi aspetti porterà quindi a stabilire la compatibilità ambientale delle attività di ripascimento individuando, laddove necessario, gli accorgimenti tecnici da seguire al fine di rendere minimi gli effetti sull'ambiente, nonché di definire le specifiche procedure di monitoraggio.

Lo studio condotto durante la fase di caratterizzazione del sito di ripascimento (Fase C1) potrà, quindi, avere i seguenti risultati:

- il ripascimento è ambientalmente compatibile:
 - non sono presenti habitat sensibili in prossimità dell'area di ripascimento;
 - sono presenti habitat sensibili in prossimità dell'area di ripascimento.

Nel primo caso si procederà con il solo monitoraggio *post operam* (Fase C3), mentre nel secondo caso sarà necessario avviare un monitoraggio in corso d'opera (Fase C2).

- il ripascimento è ambientalmente non compatibile.



Capitolo 4

Studio di monitoraggio



4 STUDIO DI MONITORAGGIO

Lo studio di monitoraggio deve essere condotto per ognuna delle 3 aree interessate dalle attività (area di dragaggio, area di trasporto e area di ripascimento) e si articola in 2 fasi: la Fase di Monitoraggio in corso d'opera (Fase C2) e la Fase di Monitoraggio *post operam* (Fase C3).

Il monitoraggio in corso d'opera ha una durata variabile, in funzione soprattutto della durata prevista per le attività di movimentazione dei sedimenti. Il monitoraggio *post operam* deve, invece, interessare un arco temporale non inferiore ai 2 anni. Qualora negli ambienti interessati siano presenti habitat quali la prateria di *Posidonia oceanica*, per il monitoraggio *post operam* della stessa deve essere prevista una durata superiore, al fine di valutare correttamente gli effetti indotti sulla prateria di *P. oceanica*, essendo tale fanerogama caratterizzata da una crescita molto lenta.

4.1 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA (FASE C2)

4.1.1 Area di Dragaggio (scheda n.8)

L'obiettivo di questa fase è quello di verificare, durante le attività di dragaggio, le eventuali variazioni dei parametri ambientali generate dal dragaggio delle sabbie tali da compromettere l'assetto naturale dell'area e il suo futuro recupero. Dovranno, in particolare, essere indagate le turbative indotte sia sulla colonna d'acqua (aumento della torbidità) sia sui popolamenti bentonici. Occorre, infatti, verificare se al vettore di carico siano associati fenomeni importanti di *overflow* e se gli stessi possano interessare, in particolar modo, gli habitat sensibili eventualmente presenti. A tale proposito si prevede di condurre indagini specifiche sulle masse d'acqua (caratteristiche fisico-chimiche, particolato sospeso, intensità e direzione delle correnti), al fine di seguire l'evoluzione spaziale e temporale della *plume* di torbida. Qualora durante questa fase risultasse una distribuzione del sedimento sospeso tale da interessare gli habitat sensibili eventualmente presenti nelle vicinanze, questi habitat dovranno essere sottoposti ad un più approfondito monitoraggio.

La frequenza delle attività e il numero delle campagne da effettuare durante questa fase di indagine vengono stabilite di volta in volta, considerando sia le ipotesi di impatto emerse nelle fasi precedenti di studio di caratterizzazione ambientale sia le specifiche progettuali del dragaggio, tra le quali ha grande rilevanza la durata prevista per le attività di movimentazione.

In dettaglio, durante la fase di monitoraggio in corso d'opera, sono previste indagini sperimentali relative a:

- caratterizzazione spaziale e temporale della *plume* di torbida;
- popolamento bentonico.

Le indagini sul popolamento bentonico vanno effettuate in tutte le stazioni scelte durante la precedente fase di caratterizzazione (Fase C1).

I risultati ottenuti durante il monitoraggio in corso d'opera, integrati con quelli ottenuti nello studio di caratterizzazione ambientale (Fase A, B, e C1), serviranno per definire operativamente i protocolli da seguire durante il successivo monitoraggio *post operam* (Fase C3). Qualora durante il monitoraggio in corso d'opera emergessero dei risultati tali da evidenziare la compromissione dell'ambiente, come per esempio danni agli habitat sensibili, sarà opportuno valutare un'eventuale sospensione immediata delle attività di dragaggio.

In ogni caso, sia che si concluda che il dragaggio possa proseguire, eventualmente con opportuni accorgimenti tecnici e/o procedurali, sia che si renda necessario interrompere le attività, si dovrà passare alla fase di monitoraggio *post operam* (Fase C3).



4.1.2 Area di Trasporto (scheda n. 9)

Il monitoraggio in corso d'opera degli effetti indotti sull'ambiente dal trasporto delle sabbie relitte (Fase C2) interessa la stessa area di studio già definita in precedenza (Fase C1). Le indagini ambientali in questa fase hanno lo scopo di valutare se l'effetto fisico (aumento della torbidità), indotto sulla colonna d'acqua durante le operazioni di trasporto del materiale, possa interessare gli habitat sensibili presenti.

Durante questa fase occorre, quindi, verificare, analogamente a quanto suggerito nel caso dell'area di dragaggio, se la diffusione della *plume* possa realmente interessare gli habitat sensibili presenti. In particolare, sono previste indagini specifiche sulla colonna d'acqua al fine di caratterizzare la *plume* di torbida nello spazio e nel tempo.

Per stabilire la frequenza delle attività (possono, infatti, anche essere previste più campagne di monitoraggio) devono essere considerati diversi aspetti, quali:

- i risultati emersi nello studio di caratterizzazione;
- le caratteristiche del dragaggio (in particolare la percentuale di pelite presente nella sabbia trasportata e i volumi di sedimento movimentati);
- la presenza, lungo le rotte di trasferimento della sabbia e/o nelle loro immediate vicinanze, di habitat sensibili e/o da tutelare.

Lo studio di monitoraggio in corso d'opera potrà avere i seguenti risultati:

- l'*overflow* non interferisce con gli habitat sensibili;
- l'*overflow* interferisce con gli habitat sensibili e il trasporto può proseguire solo con opportuni accorgimenti (ad esempio percorsi alternativi);
- l'*overflow* interferisce con gli habitat sensibili e il trasporto non può proseguire.

Negli ultimi due casi, nei quali le indagini condotte individuano dei *patterns* di distribuzione del sedimento tali da interessare gli habitat sensibili, questi dovranno essere sottoposti a specifico monitoraggio *post operam* (Fase C3) le cui modalità saranno individuate proprio sulla base dei risultati emersi in questa fase.

4.1.3 Area di Ripascimento (scheda n. 10)

La fase di monitoraggio in corso d'opera nell'area di ripascimento (Fase C2) viene condotta solo quando nella fase precedente (Fase C1) sia emersa la reale possibilità che gli habitat sensibili presenti possano essere interessati direttamente dal refluito delle sabbie. Più in generale, si ritiene importante sottolineare come l'obiettivo perseguito durante questa fase non sia tanto quello di verificare le variazioni dei parametri ambientali indotte dalle attività di ripascimento, essendo infatti evidenti gli effetti a breve termine sull'ambiente e sugli organismi marini ivi presenti, quanto quello di valutare gli eventuali effetti diretti (ricoprimento e conseguente soffocamento) indotti su habitat sensibili come le praterie di *Posidonia oceanica*, per altro sottoposte a specifiche norme di tutela (paragrafo 3.1).

In particolare, nel caso in cui sui fondi antistanti il tratto di spiaggia da ripascere sia presente una prateria di *P. oceanica*, il cui limite superiore sia relativamente vicino all'area direttamente interessata dal ripascimento, dovrà essere previsto uno specifico piano di monitoraggio per controllare che la sabbia non sia sversata direttamente sopra la prateria. Infatti, uno sversamento cospicuo di sabbia sopra la prateria arrecherebbe sicuramente danni immediati ed essendo la *P. oceanica* una pianta a crescita molto lenta (tra 1 e 6 cm/a, Badalamenti *et al.*, 2006), il danno potrebbe essere anche irreversibile. Bisogna, inoltre, considerare la possibilità che gli effetti, cumulandosi, producano a breve termine impatti più importanti di quanto inizialmente stimato, suggerendo modalità operative diverse per minimizzare gli effetti osservati.



L'area di studio sulla quale condurre il monitoraggio in corso d'opera deve coincidere con quella definita nella Fase C1 e devono essere condotte indagini dirette relative agli habitat sensibili individuati nelle fasi precedenti.

I dati acquisiti dovranno essere analizzati al fine di evidenziare se le attività di ripascimento possano indurre effetti importanti sugli habitat sensibili, valutando, quindi, l'impatto ambientale del ripascimento e fornendo indicazioni sulla possibile prosecuzione delle attività con l'adozione, eventualmente, di specifici accorgimenti tecnici. I dati, inoltre, integrati con quelli emersi dallo studio di caratterizzazione ambientale (Fase A, B e C1), dovranno permettere la definizione di specifici piani di monitoraggio *post operam*.



4.2 MONITORAGGIO *POST OPERAM* (FASE C3)

Al termine delle attività dovrà essere avviato lo studio di monitoraggio che ha lo scopo di seguire l'evoluzione nel tempo degli effetti prodotti dal dragaggio di sabbie relitte e dal ripascimento, fino al completo ripristino delle condizioni ambientali originarie o fino al raggiungimento di nuove condizioni di equilibrio.

Tali indagini riguardano diversi parametri e si articolano in diversi cicli temporali, da decidere in base alle caratteristiche dell'ambiente in cui si svolgono le attività.

I risultati dello studio di monitoraggio, inoltre, dovranno fornire alle autorità competenti le informazioni tecniche per stabilire:

- se le indicazioni scaturite dalle fasi precedenti siano state rispettate;
- i tempi e le modalità di recupero dell'area indagata;
- se, definiti gli eventuali effetti indotti dalle attività di dragaggio e ripascimento con sabbie relitte e i tempi di recupero dell'ambiente, siano ipotizzabili ulteriori interventi analoghi.

4.2.1 Area di Dragaggio (*scheda n. 11*)

Lo scopo delle indagini condotte al termine delle operazioni di dragaggio è di fornire dati relativi alle variazioni dei parametri indagati a seguito delle attività di movimentazione del fondo e stimare i tempi di recupero. Tali indagini riguardano diversi parametri e si articolano in diversi cicli temporali, da decidere in base alle caratteristiche dell'ambiente in cui si trova il sito di dragaggio.

Il monitoraggio deve essere in grado di valutare i tempi di recupero degli ambienti coinvolti e deve coprire un arco temporale minimo di 2 anni; è possibile ipotizzare che le campagne di indagine siano inizialmente più frequenti e più diradate con il passare del tempo.

È importante che almeno alcune delle campagne di monitoraggio vengano effettuate nella stessa stagione in cui è stata condotta la fase di caratterizzazione del sito (Fase C1), che di fatto costituisce, relativamente alle attività di dragaggio, la situazione originaria (bianco) cui fare riferimento per il confronto.

Per quanto attiene, in particolare, al monitoraggio del popolamento ittico demersale, le cale di pesca sperimentali devono essere condotte, per ogni ciclo, sia nelle vicinanze dell'area dragata sia nelle aree adiacenti, in modo tale da evidenziare i possibili effetti del dragaggio.

Le attività previste in questa fase riguardano:

- morfologia e batimetria del fondo;
- caratteristiche tessiture (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche);
- particolato sospeso (totale e inorganico);
- popolamento bentonico;
- popolamento ittico demersale.

Qualora durante la fase di monitoraggio in corso d'opera (Fase C2) sia emerso un possibile impatto sugli habitat sensibili eventualmente presenti in aree limitrofe, anche questi dovranno essere sottoposti a specifico monitoraggio.

4.2.2 Area di Trasporto (*scheda n. 12*)

Nell'area di trasporto il monitoraggio *post operam* viene eseguito solo nel caso in cui durante la fase precedente (Fase C2) sia emersa una distribuzione spaziale della *plume* tale da interessare gli habitat sensibili presenti lungo le rotte di trasferimento delle sabbie e/o nelle loro immediate vicinanze.



L'area in cui condurre le indagini sarà quella individuata nella Fase C2.

Per definire il numero di monitoraggi e la frequenza delle attività si dovrà fare riferimento alle caratteristiche ambientali dell'area e alle caratteristiche tecniche del dragaggio, integrate con i risultati emersi nelle fasi precedenti.

Durante le fasi di monitoraggio dovranno essere previste indagini dirette relative a:

- idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche);
- particolato sospeso (totale e inorganico);
- habitat sensibili.

Il monitoraggio dell'area di trasporto deve essere condotto fino al ritorno a condizioni ambientali comparabili a quelle *ante operam* e deve permettere di valutare i tempi di recupero degli habitat sensibili eventualmente interessati dagli effetti del trasporto delle sabbie.

4.2.3 Area di Ripascimento (scheda n. 13)

Il monitoraggio in quest'area ha, in particolare, lo scopo di valutare gli effetti a breve e a lungo termine prodotti dal ripascimento sulle comunità bentoniche presenti sulla spiaggia sommersa, con particolare riguardo, quando presenti, agli effetti indotti su habitat sensibili quali le praterie di *Posidonia oceanica*.

Il disegno di campionamento per il monitoraggio *post operam* dovrà prevedere la stessa area di indagine e le stesse stazioni già identificate nella Fase C1 e nella Fase C2, se effettuata. La frequenza delle attività e il numero delle campagne sperimentali verrà definito di volta in volta e verrà deciso in funzione delle caratteristiche ambientali dell'area e delle specifiche progettuali del ripascimento, integrate con i risultati emersi nella Fase C1 e Fase C2, quest'ultima se effettuata. Il monitoraggio dovrà, in ogni caso, avere una durata complessiva tale da documentare i possibili effetti indotti ed, eventualmente, il ristabilirsi di condizioni di equilibrio.

Dovranno essere effettuate, per ogni campagna sperimentale, indagini dirette relative a:

- granulometria dei sedimenti superficiali;
- habitat sensibili e/o specie sensibili.

Le indagini granulometriche dei sedimenti superficiali vengono eseguite con il solo scopo di supportare le indagini condotte sugli habitat sensibili e/o le specie sensibili.



Capitolo 5

Schede di sintesi



5 SCHEDE DI SINTESI

In questo capitolo vengono presentate le schede riassuntive, corredate di diagrammi, relative al protocollo di indagine proposto dall'ICRAM per gli studi ambientali connessi alle attività di dragaggio delle sabbie relitte ed il loro utilizzo a fini di ripascimento.



scheda 1

Studio di Caratterizzazione Ambientale

FASE A AREA DI DRAGAGGIO CARATTERIZZAZIONE PRELIMINARE A SCALA REGIONALE

Area di studio

Area sufficientemente ampia comprendente i potenziali giacimenti di sabbia presenti e le aree circostanti per un ampio raggio, fino alla linea di costa, e possibilmente estesa all'intera unità fisiografica.

Informazioni tecnico-scientifiche disponibili in letteratura relative a:

Caratteristiche ambientali dell'area:

- Morfologia e batimetria del fondo;
- Caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- Caratteristiche chimiche dei sedimenti superficiali:
 - SOSTANZA ORGANICA O CARBONIO ORGANICO TOTALE (TOC);
 - METALLI
Al, As, Cd, Cr_{tot}, Pb, Hg, Ni, Cu, V e Zn;
 - MICROINQUINANTI ORGANICI
IPA (idrocarburi policiclici aromatici) totali e singoli congeneri: fluorantene, naftalene, antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, indopirene, acenaftene, fluorene, fenantrene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, dibenzo(a,h)antracene, indeno(1,2,3,c-d)pirene;
pesticidi organoclorurati: aldrin, dieldrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esaclorocicloesano (lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni famiglia somma degli isomeri 2,4 e 4,4); PCB (policlorobifenili) totali e singoli congeneri: PCB28, PCB52, PCB77, PCB81, PCB101, PCB118, PCB126, PCB128, PCB138, PCB153, PCB156, PCB169, PCB180 e loro sommatoria; esaclorobenzene;
TBT (tributilstagno);
- Idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche);
- Particellato sospeso (totale e inorganico);
- Dinamica delle masse d'acqua (correntometria);
- Popolamento bentonico (caratterizzazione biocenotica);
- Popolamento ittico demersale (aree di nursery).

Usi legittimi del mare:

- Aree soggette a specifiche norme di protezione:
 - Aree archeologiche marine;
 - Aree Marine Protette (AMP);
 - Aree naturali marine protette (Oasi Blu WWF);
 - Aree protette territoriali costiere (parchi e riserve naturali);
 - Aree Specialmente Protette del Mediterraneo (ASPIM);
 - Parchi archeologici sommersi;
 - Siti Rete Natura 2000 (SIC e ZPS);
 - Zone marine di ripopolamento e Zone marine di tutela biologica.



- Aree da tutelare:
 - Aree di nursery delle principali specie demersali;
 - Praterie di *Posidonia oceanica* e/o altre biocenosi sensibili;
 - Fascia delle 3 miglia dalla costa o fascia compresa entro i 50 m di profondità, qualora la profondità di 50 m sia raggiunta entro le 3 miglia dalla costa.
- Altri usi legittimi del mare:
 - Aree destinate alla maricoltura (molluschi e specie ittiche);
 - Aree autorizzate allo sversamento dei materiali portuali;
 - Barriere artificiali sommerse;
 - Zone di divieto ancoraggio e pesca;
 - Cavi, condotte e oleodotti;
 - Strutture *offshore*;
 - Poligoni militari.

Elaborazione dei dati

- Analisi critica dei dati acquisiti;
- Creazione di un apposito database (preferibilmente realizzato mediante sistema G.I.S.);
- Elaborazione dei dati in funzione delle prime indicazioni di massima sulle caratteristiche del deposito sabbioso (localizzazione geografica);
- Realizzazione di carte tematiche.

Risultati

Valutazione comparata preliminare circa la compatibilità ambientale delle attività di dragaggio.

Conclusioni

- I dati presenti in letteratura non sono sufficienti → Fase B (caratterizzazione area dragaggio);
- I dati presenti in letteratura sono sufficienti e:
 - il dragaggio è compatibile → Fase C1 (caratterizzazione sito di dragaggio);
 - il dragaggio non è compatibile.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase A nell'area di dragaggio è riportato nel diagramma n.1.



STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

1

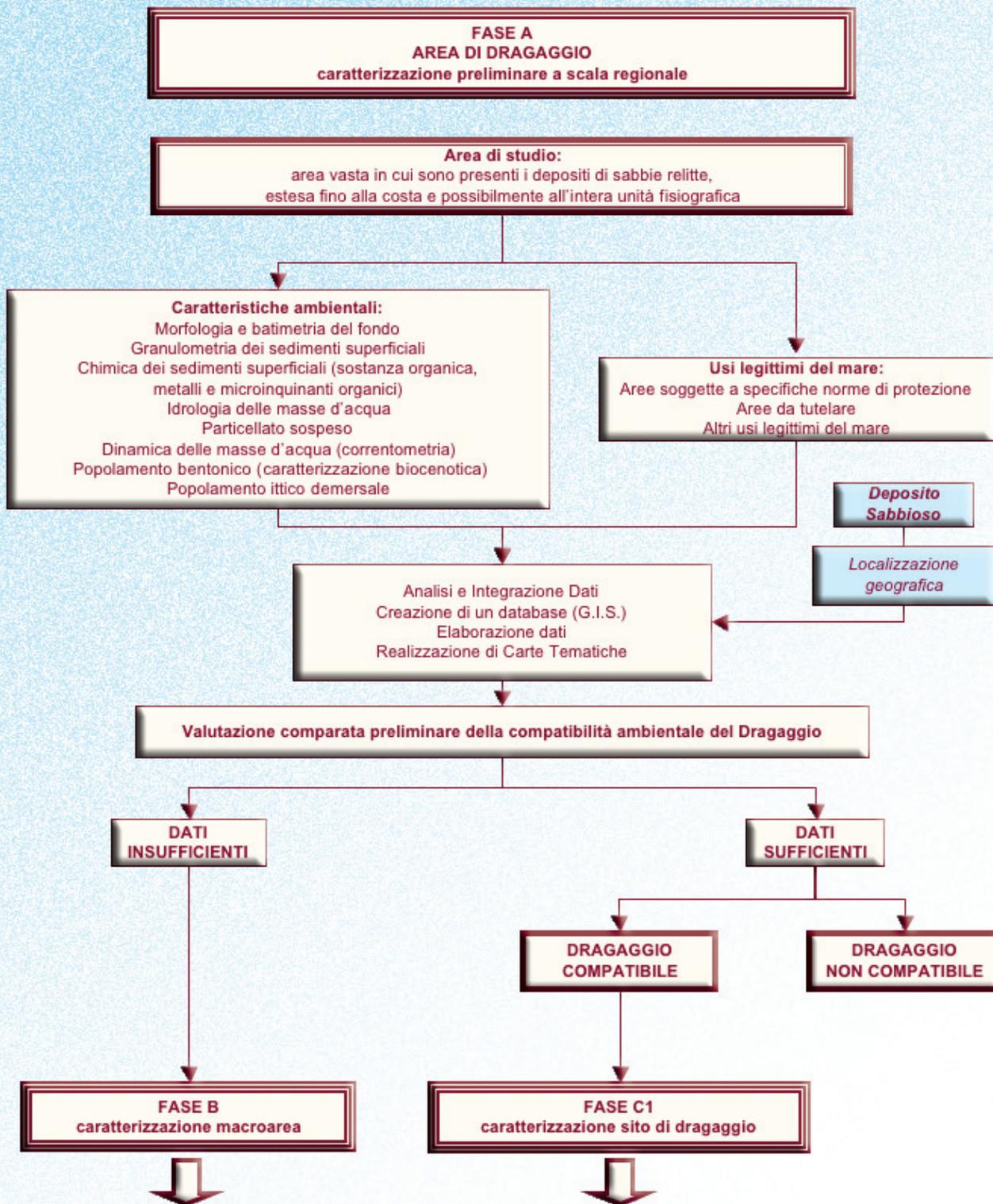


Diagramma n. 1 - Studio di caratterizzazione ambientale, Fase A - area di dragaggio.

**scheda 2***Studio di Caratterizzazione Ambientale***FASE A
AREA DI RIPASCIMENTO
CARATTERIZZAZIONE PRELIMINARE A SCALA REGIONALE****Area di studio**

Area sufficientemente ampia comprendente il tratto di spiaggia direttamente interessato da attività di ripascimento e possibilmente estesa all'unità fisiografica.

Informazioni tecnico-scientifiche disponibili in letteratura relative a:**Caratteristiche ambientali dell'area:**

- Popolamento bentonico (caratterizzazione biocenotica);
- Popolamento ittico demersale (aree di nursery).

Usi legittimi del mare:

- Aree soggette a specifiche norme di protezione:
 - Aree archeologiche marine;
 - Aree Marine Protette (AMP);
 - Aree naturali marine protette (Oasi Blu WWF);
 - Aree protette territoriali costiere (parchi e riserve naturali);
 - Aree Specialmente Protette del Mediterraneo (ASPIM);
 - Parchi archeologici sommersi;
 - Siti Natura 2000 (SIC e ZPS);
 - Zone marine di tutela biologica e Zone marine di ripopolamento.
- Aree da tutelare:
 - Aree di nursery delle principali specie demersali;
 - Praterie di *Posidonia oceanica* e/o biocenosi sensibili.
- Altri usi legittimi del mare:
 - Aree destinate alla maricoltura (molluschi e specie ittiche);
 - Barriere artificiali sommerse;
 - Zone di divieto ancoraggio e pesca;
 - Cavi, condotte e oleodotti;
 - Strutture *offshore*;
 - Poligoni militari.

Elaborazione dei dati

- Analisi critica dei dati acquisiti;
- Creazione di un apposito database (preferibilmente realizzato mediante sistema G.I.S.);
- Elaborazione dei dati in funzione delle prime indicazioni di massima sulle caratteristiche del ripascimento (localizzazione geografica del tratto di litorale interessato);
- Realizzazione di carte tematiche.

Risultati

Valutazione comparata preliminare circa la compatibilità ambientale delle attività di ripascimento.



Conclusioni

- I dati presenti in letteratura non sono sufficienti → Fase B (caratterizzazione area di ripascimento);
- I dati presenti in letteratura sono sufficienti e:
 - le attività di ripascimento sono compatibili → Fase C1 (caratterizzazione sito di ripascimento);
 - le attività di ripascimento non sono compatibili.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase A nell'area di ripascimento è riportato nel diagramma n.2.



2

STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

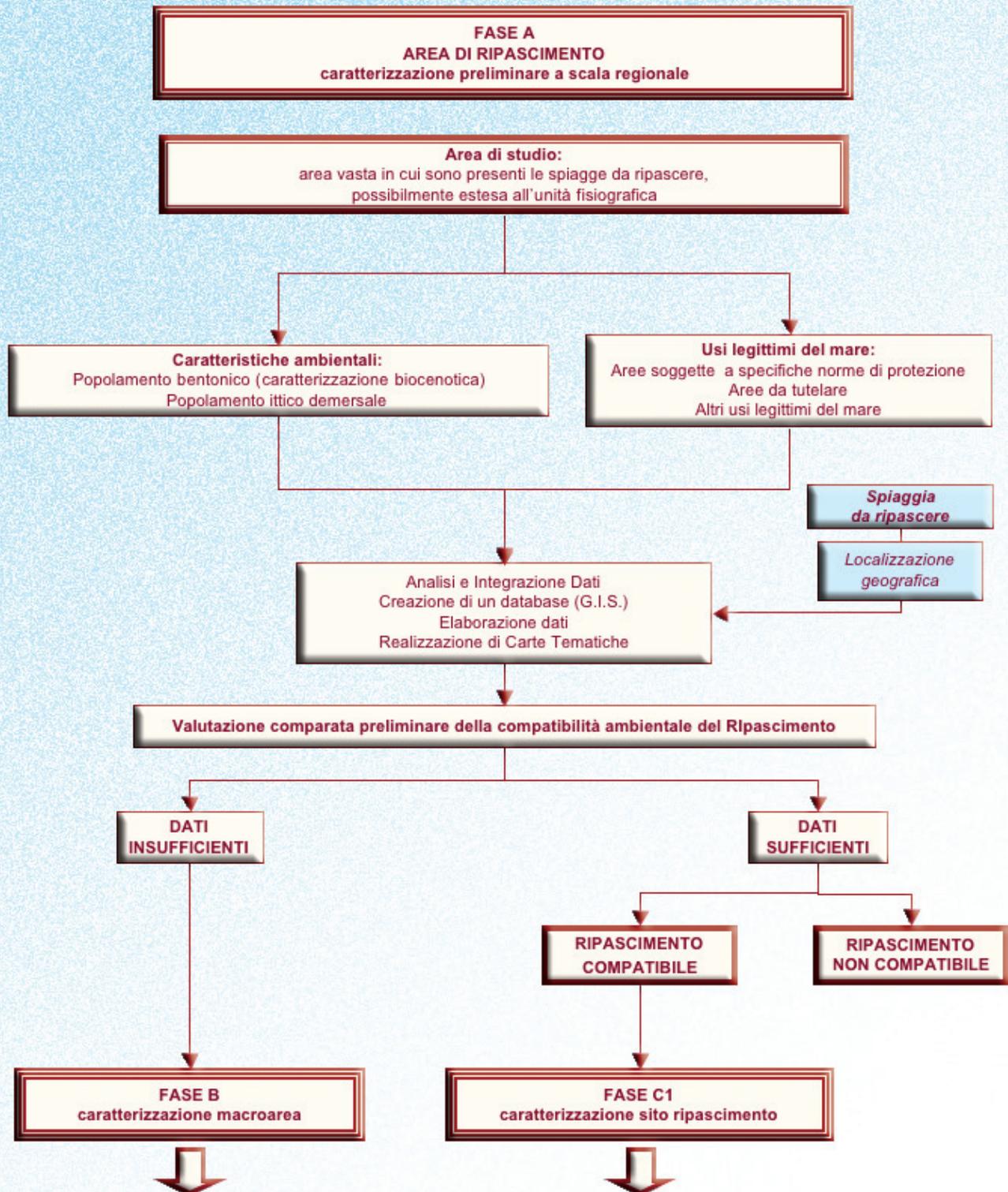


Diagramma n. 2 - Studio di caratterizzazione ambientale, Fase A - area di ripascimento.



Studio di Caratterizzazione Ambientale

FASE B AREA DI DRAGAGGIO CARATTERIZZAZIONE DELLA MACROAREA

Area di studio

Piano di campionamento specifico su un'area vasta in cui sono presenti i depositi di sabbie re-litte, estesa fino alla costa e possibilmente all'intera unità fisiografica.

Indagini relative a:

- Caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- Caratteristiche chimiche dei sedimenti superficiali:
 - SOSTANZA ORGANICA O CARBONIO ORGANICO TOTALE (TOC);
 - METALLI
Al, As, Cd, Cr_{tot}, Pb, Hg, Ni, Cu, V e Zn;
 - MICROINQUINANTI ORGANICI
IPA (idrocarburi policiclici aromatici): fluorantene, naftalene, antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, indopirene, acenaftene, fluorene, fenantrene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, dibenzo(a,h)antracene, inde-no(1,2,3,c-d)pirene;
pesticidi organoclorurati: aldrin, dieldrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esa-clorocicloesano (lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza somma degli isomeri 2,4 e 4,4);
PCB (policlorobifenili): PCB28, PCB52, PCB77, PCB81, PCB101, PCB118, PCB126, PCB128, PCB138, PCB153, PCB156, PCB169, PCB180 e loro sommatoria;
esaclorobenzene;
TBT (tributistagno);
- Idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche, campionamenti stagionali);
- Particellato sospeso (totale e inorganico, campionamenti stagionali);
- Dinamica delle masse d'acqua (correntometria, rilevamenti stagionali);
- Popolamento bentonico (caratterizzazione biocenotica);
- Popolamento ittico demersale (aree di nursery, campionamenti stagionali).

Elaborazione dei dati

- Elaborazione e integrazione dei dati ottenuti con quelli scaturiti nella Fase A;
- Creazione di carte tematiche aggiornate.

Risultati

Valutazione comparata preliminare circa la compatibilità ambientale delle attività di dragaggio.

Conclusioni

- Il dragaggio è compatibile → Fase C1 (caratterizzazione sito di dragaggio);
- Il dragaggio non è compatibile.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase B nell'area di dragaggio è ripo-rtato nel diagramma n.3.



3

STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

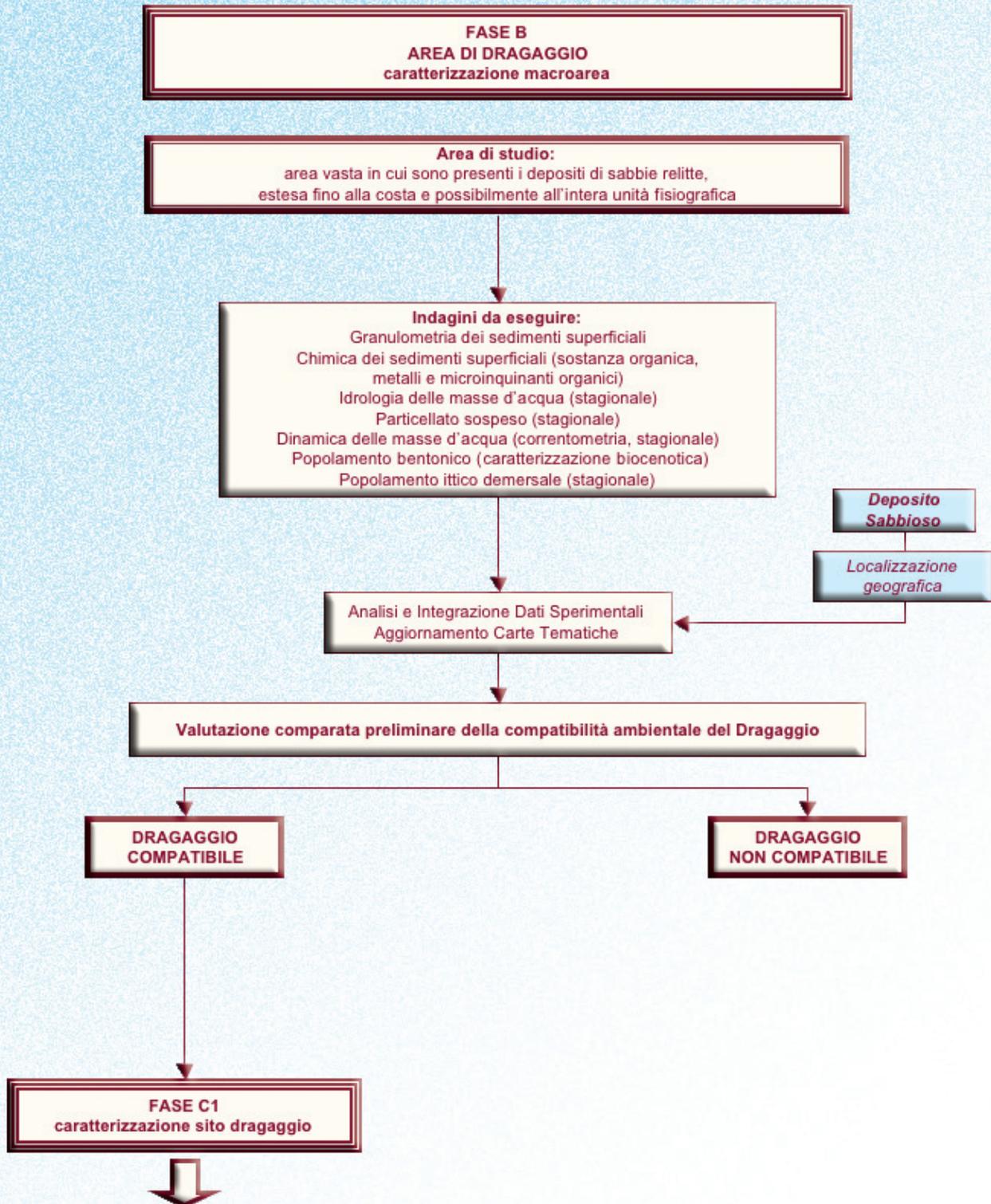


Diagramma n. 3 - Studio di caratterizzazione ambientale, Fase B - area di dragaggio.

*Studio di Caratterizzazione Ambientale***FASE B
AREA DI RIPASCIMENTO
CARATTERIZZAZIONE DELLA MACROAREA****Area di studio**

Piano di campionamento specifico su un'area vasta che includa la spiaggia da ripascere, possibilmente estesa all'intera unità fisiografica.

Indagini relative a:

- Granulometria dei sedimenti superficiali;
- Popolamento bentonico (caratterizzazione biocenotica);
- Popolamento ittico demersale (aree di nursery, campagne stagionali).

Elaborazione dei dati

- Elaborazione e integrazione dei dati ottenuti con quelli scaturiti nella Fase A;
- Creazione di carte tematiche aggiornate.

Risultati

Valutazione comparata preliminare circa la compatibilità ambientale delle attività di ripascimento.

Conclusioni

- Le attività di ripascimento sono compatibili → Fase C1 (caratterizzazione sito di ripascimento);
- Le attività di ripascimento non sono compatibili.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase B nell'area di ripascimento è riportato nel diagramma n.4.



4

STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

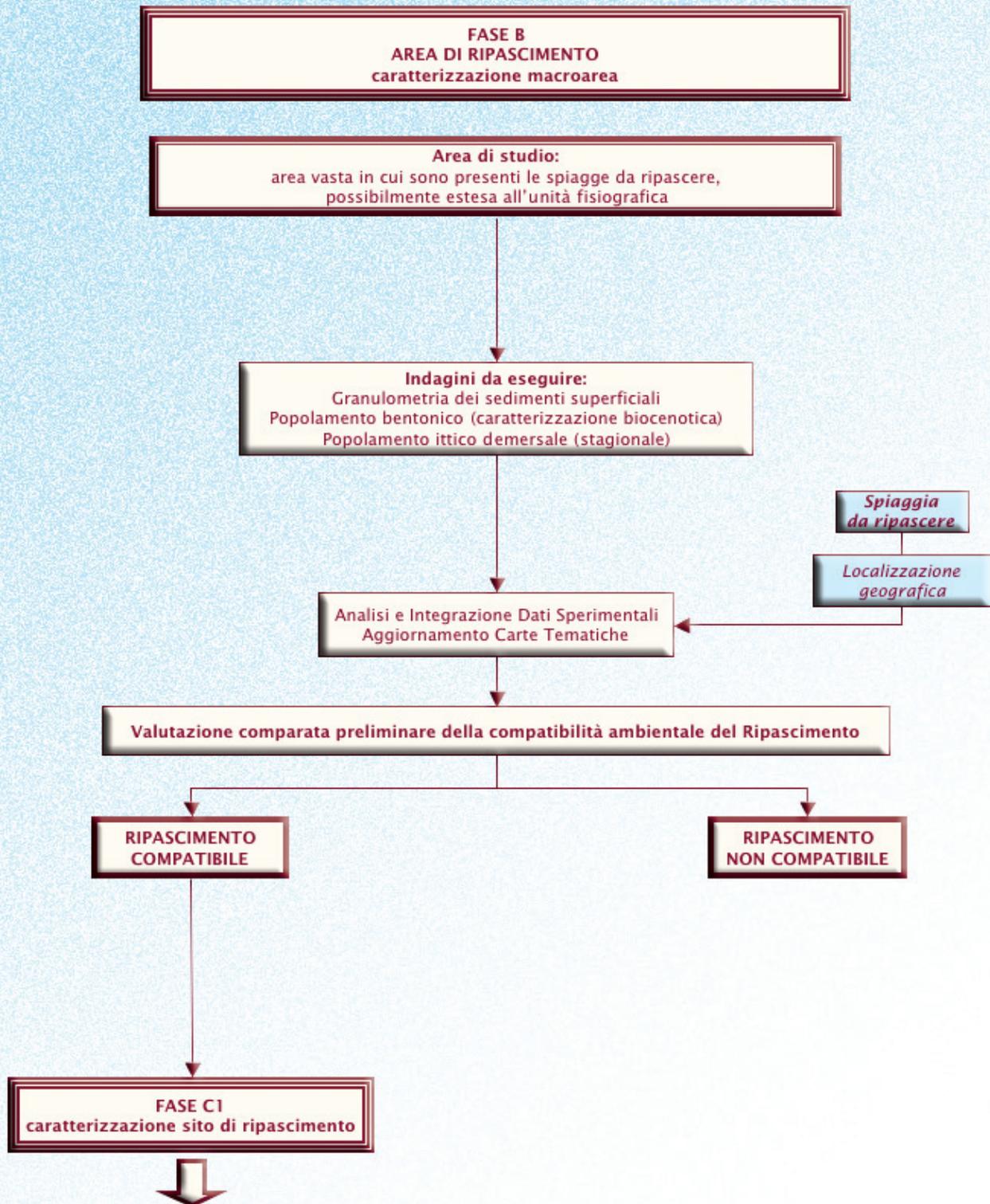


Diagramma n. 4 - Studio di caratterizzazione ambientale, Fase B - area di ripascimento.



Studio di Caratterizzazione Ambientale

FASE C1 AREA DI DRAGAGGIO CARATTERIZZAZIONE DEL SITO DI DRAGAGGIO

Area di studio

Area comprendente il sito previsto per il dragaggio.

Le stazioni di campionamento sono poste all'interno del sito previsto per il dragaggio e all'esterno, a distanze crescenti, in funzione delle caratteristiche idrodinamiche dell'area e dell'eventuale presenza nei dintorni di aree sensibili. Disposizione e numero delle stazioni di campionamento:

- internamente al sito di dragaggio: 4 stazioni per km², almeno 3 stazioni per siti di dimensioni inferiori;
- esternamente al sito di dragaggio: 8 stazioni per siti di dimensione uguale o inferiore ad 1 km², il numero dovrà proporzionalmente aumentare all'aumentare della dimensione del sito.

Indagini relative a:

- Morfologia e batimetria del fondo¹;
- Caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- Caratteristiche chimiche dei sedimenti superficiali¹:
 - SOSTANZA ORGANICA O CARBONIO ORGANICO TOTALE (TOC);
 - METALLI
Al, As, Cd, Cr_{tot}, Pb, Hg, Ni, Cu, V e Zn;
 - MICROINQUINANTI ORGANICI
IPA (idrocarburi policiclici aromatici): fluorantene, naftalene, antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, indopirene, acenaftene, fluorene, fenantrene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, dibenzo(a,h)antracene, indeno(1,2,3,c-d)pirene;
pesticidi organoclorurati: aldrin, dieldrin, α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esaclorocicloesano (lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza somma degli isomeri 2,4 e 4,4);
PCB (policlorobifenili): PCB28, PCB52, PCB77, PCB81, PCB101, PCB118, PCB126, PCB128, PCB138, PCB153, PCB156, PCB169, PCB180 e loro sommatoria;
Esaclorobenzene;
TBT (tributistagno).
- Microbiologia dei sedimenti superficiali²:
Coliformi (*Escherichia coli*);
Enterococchi (fecali);
Salmonelle;
Clostridi (spore di clostridi solfito-riduttori);
Stafilococchi;
Miceti;
- Caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti profondi³;
- Chimica dei sedimenti profondi³ (sostanza organica o carbonio organico totale (TOC), metalli: Al, As, Cd, Cr_{tot}, Pb, Hg, Ni, Cu, V e Zn);
- Idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche);
- Particellato sospeso (totale e inorganico);
- Popolamento bentonico.



Elaborazione dei dati

Analisi critica dei dati acquisiti, integrati con quelli ottenuti nelle Fasi A e B, in funzione di:

- caratteristiche geologiche e sedimentologiche del deposito sabbioso: localizzazione, estensione, volume, spessore medio, composizione, presenza di copertura pelitica;
- metodo di dragaggio;
- durata e periodo di attività previsti per le operazioni di dragaggio.

Risultati

- Valutazione comparata circa la compatibilità ambientale delle attività di dragaggio.
- Definizione delle condizioni di esecuzione del dragaggio per la minimizzazione degli effetti sull'ambiente.
- Definizione delle procedure (tempi e modi) di monitoraggio in corso d'opera (Fase C2).

Conclusioni

- Il dragaggio è compatibile → Fase C2 (monitoraggio in corso d'opera sito di dragaggio);
- Il dragaggio è compatibile solo con opportuni accorgimenti tecnici → Fase C2 (monitoraggio in corso d'opera sito di dragaggio);
- Il dragaggio non è compatibile.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase C1 nell'area di dragaggio è riportato nel diagramma n.5.

¹ Solo nelle stazioni all'interno del sito di dragaggio.

² Solo nelle stazioni all'interno del sito di dragaggio qualora le sabbie da destinare al ripascimento siano affioranti e prive di copertura pelitica.

³ In almeno 3 carote, a quote significative, al fine di caratterizzare il sedimento sabbioso da dragare.



STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

5

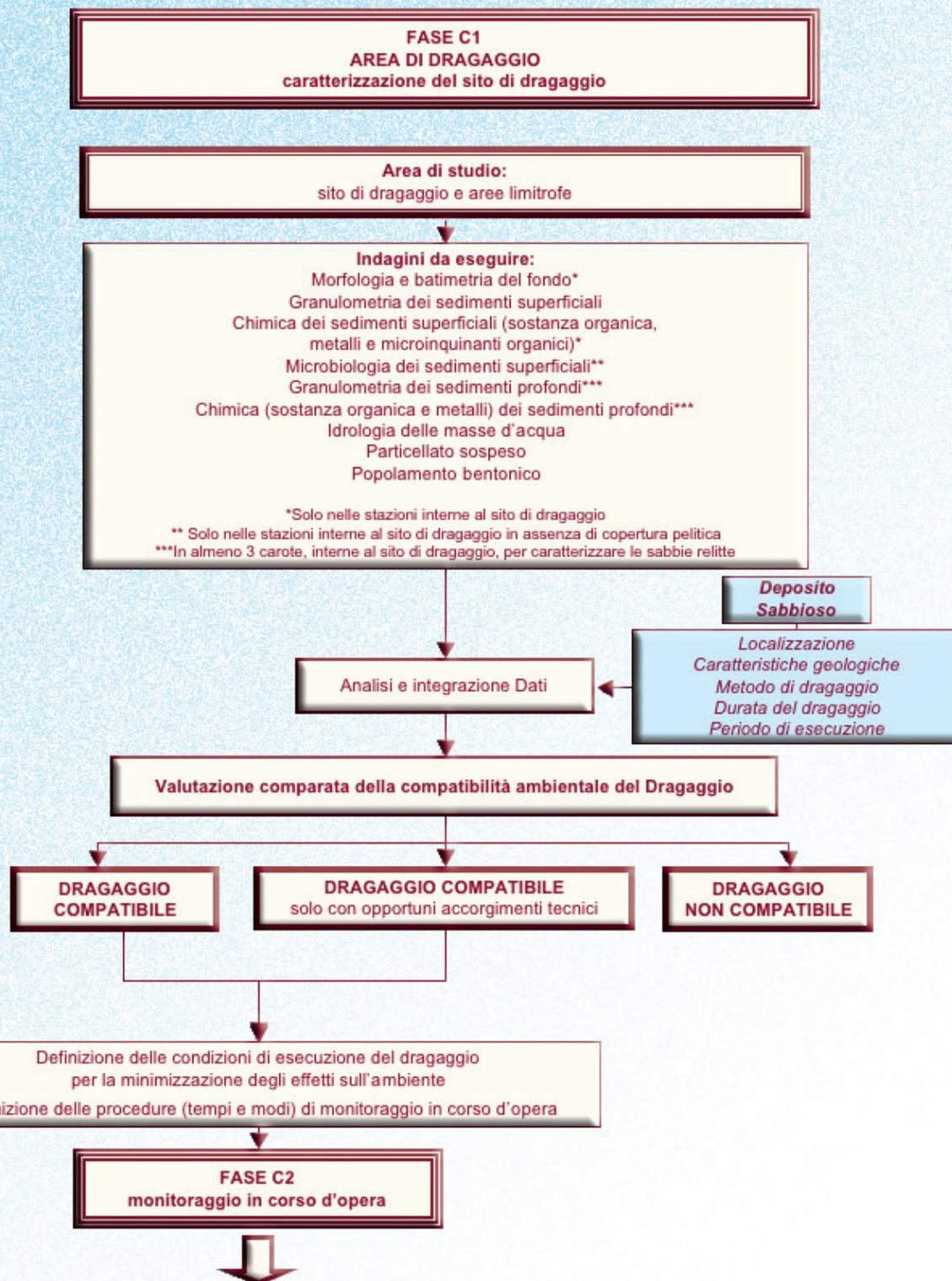


Diagramma n. 5 - Studio di caratterizzazione ambientale, Fase C1 - area di dragaggio.

**scheda 6***Studio di Caratterizzazione Ambientale***FASE C1
AREA DI TRASPORTO
CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI TRASPORTO**

Viene condotta solamente nel caso in cui siano presenti habitat sensibili lungo e/o nei pressi delle rotte per il trasporto della sabbia dal sito di dragaggio al sito di ripascimento.

Area di studio

Area che include le rotte di navigazione della draga per il trasferimento delle sabbie dal sito di dragaggio a quello di ripascimento.

Indagini relative a:

- Habitat sensibili (principali biocenosi bentoniche).

Elaborazione dei dati

Analisi critica dei dati acquisiti, in funzione di:

- Ipotetica rotta;
- Idrodinamica locale;
- Composizione della sabbia;
- Presenza di copertura pelitica sul deposito;
- Caratteristiche tecniche del dragaggio e fenomeni di *overflow*;
- Durata e periodo previsti per le attività di dragaggio.

Risultati

- Valutazione comparata circa la compatibilità ambientale delle attività di trasporto delle sabbie dal sito di dragaggio a quello di ripascimento;
- Definizione delle rotte di trasporto delle sabbie per la minimizzazione degli effetti sull'ambiente;
- Definizione delle procedure (tempi e modi) di monitoraggio in corso d'opera (Fase C2).

Conclusioni

- Il trasporto è compatibile → Fase C2 (monitoraggio in corso d'opera sito di trasporto);
- Il trasporto è compatibile solo con opportuni accorgimenti tecnici e/o scegliendo opportuni percorsi per il trasporto → Fase C2 (monitoraggio in corso d'opera sito di trasporto);
- Il trasporto lungo le rotte ipotizzate non è compatibile.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase C1 nell'area di trasporto è riportato nel diagramma n.6.



STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

6

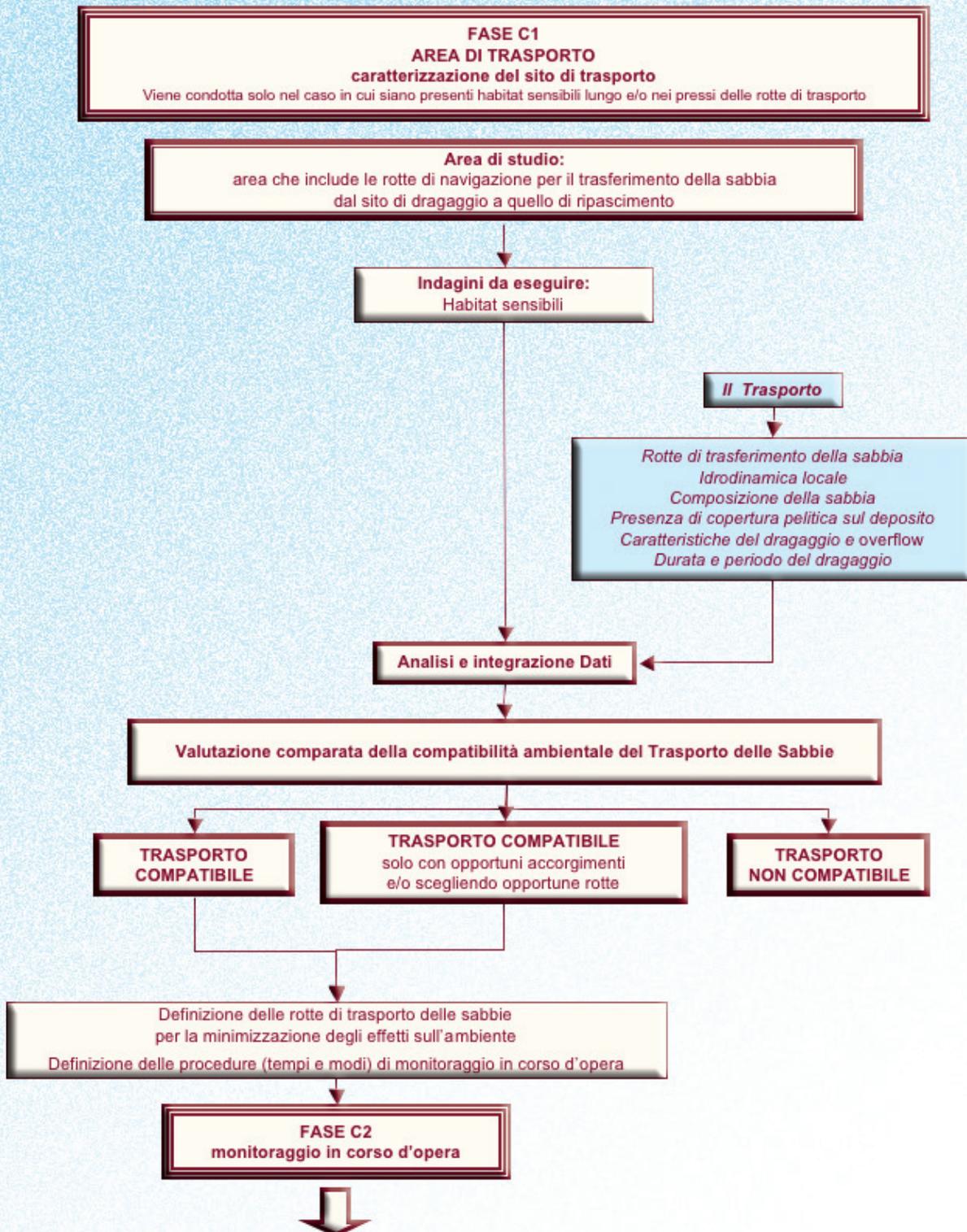


Diagramma n. 6 - Studio di caratterizzazione ambientale, Fase C1- area di trasporto.

**scheda 7***Studio di Caratterizzazione Ambientale***FASE C1
AREA DI RIPASCIMENTO
CARATTERIZZAZIONE DEL SITO DI RIPASCIMENTO****Area di studio**

Area interessata dalle attività di ripascimento.

Indagini dirette relative a:

- Caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- Habitat sensibili e/o specie sensibili.

Elaborazione dei dati

Analisi critica dei dati acquisiti, integrati con quelli ottenuti nelle Fasi A e B, in funzione delle caratteristiche tecniche del ripascimento quali:

- localizzazione geografica ed estensione del litorale da ripascere;
- caratteristiche tessiturali (granulometria) e mineralogiche della sabbia che si intende utilizzare per il ripascimento;
- caratteristiche progettuali: avanzamento stimato della linea di riva, volume di sabbia previsto per il ripascimento, disegno del nuovo profilo di equilibrio e profondità di chiusura stimata dal progetto, metodo previsto per il refluento della sabbia;
- durata stimata delle attività di ripascimento;
- periodo previsto per lo svolgimento delle attività di ripascimento.

Risultati attesi

- Valutazione comparata circa la compatibilità ambientale delle attività di ripascimento;
- Definizione delle condizioni di esecuzione del ripascimento per la minimizzazione degli effetti sull'ambiente;
- Definizione delle procedure (tempi e modi) di monitoraggio in corso d'opera (Fase C2).

Conclusioni

- Il ripascimento è compatibile:
 - assenza di habitat sensibili in prossimità del sito di ripascimento → Fase C3 (monitoraggio *post operam* sito di ripascimento);
 - presenza di habitat sensibili in prossimità del sito di ripascimento → Fase C2 (monitoraggio in corso d'opera sito di ripascimento);
- Il ripascimento non è compatibile.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase C1 nell'area di ripascimento è riportato nel diagramma n.7.



STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

7

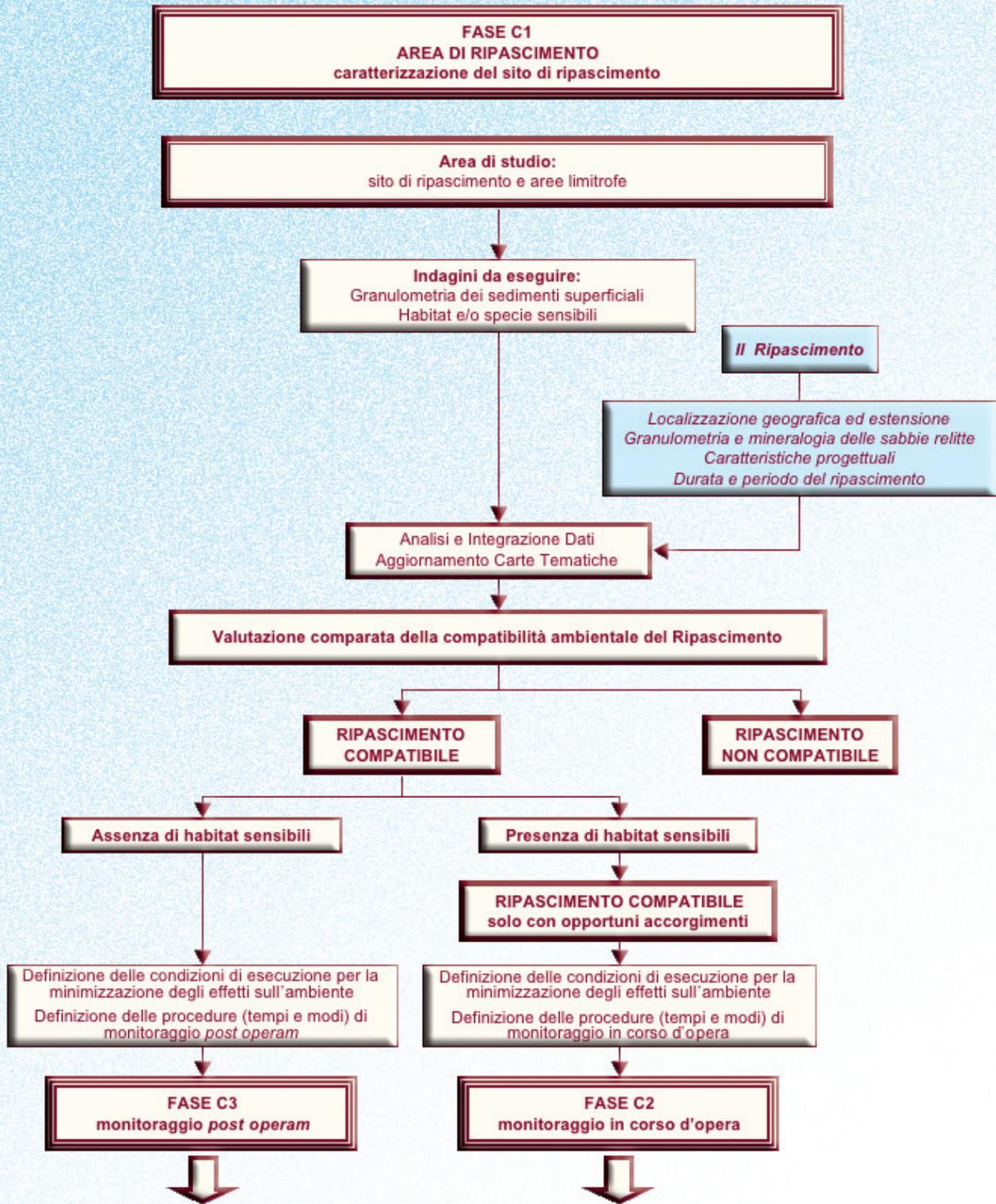


Diagramma n. 7 - Studio di caratterizzazione ambientale, Fase C1 - area di ripascimento.

**scheda 8***Studio di Monitoraggio Ambientale***FASE C2
AREA DI DRAGAGGIO
MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA**Area di studio

Stessa area e stesse stazioni individuate nella Fase C1.

Indagini relative a:

- Caratterizzazione spaziale e temporale della *plume* di torbida;
- Popolamento bentonico.

Elaborazione dei dati

Analisi critica dei dati acquisiti.

Risultati

- Valutazione dell'impatto ambientale delle attività di dragaggio;
- Definizione di tempi e modi del monitoraggio *post operam* (Fase C3).

Conclusioni

- Il dragaggio può proseguire →Fase C3 (monitoraggio *post operam* sito di dragaggio);
- Il dragaggio può proseguire, con la segnalazione di specifiche prescrizioni tecniche →Fase C3 (monitoraggio *post operam* sito di dragaggio);
- Il dragaggio non può proseguire, con conseguente immediata interruzione delle attività →Fase C3 (monitoraggio *post operam* sito di dragaggio).

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase C2 nell'area di dragaggio è riportato nel diagramma n.8.



STUDIO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

8

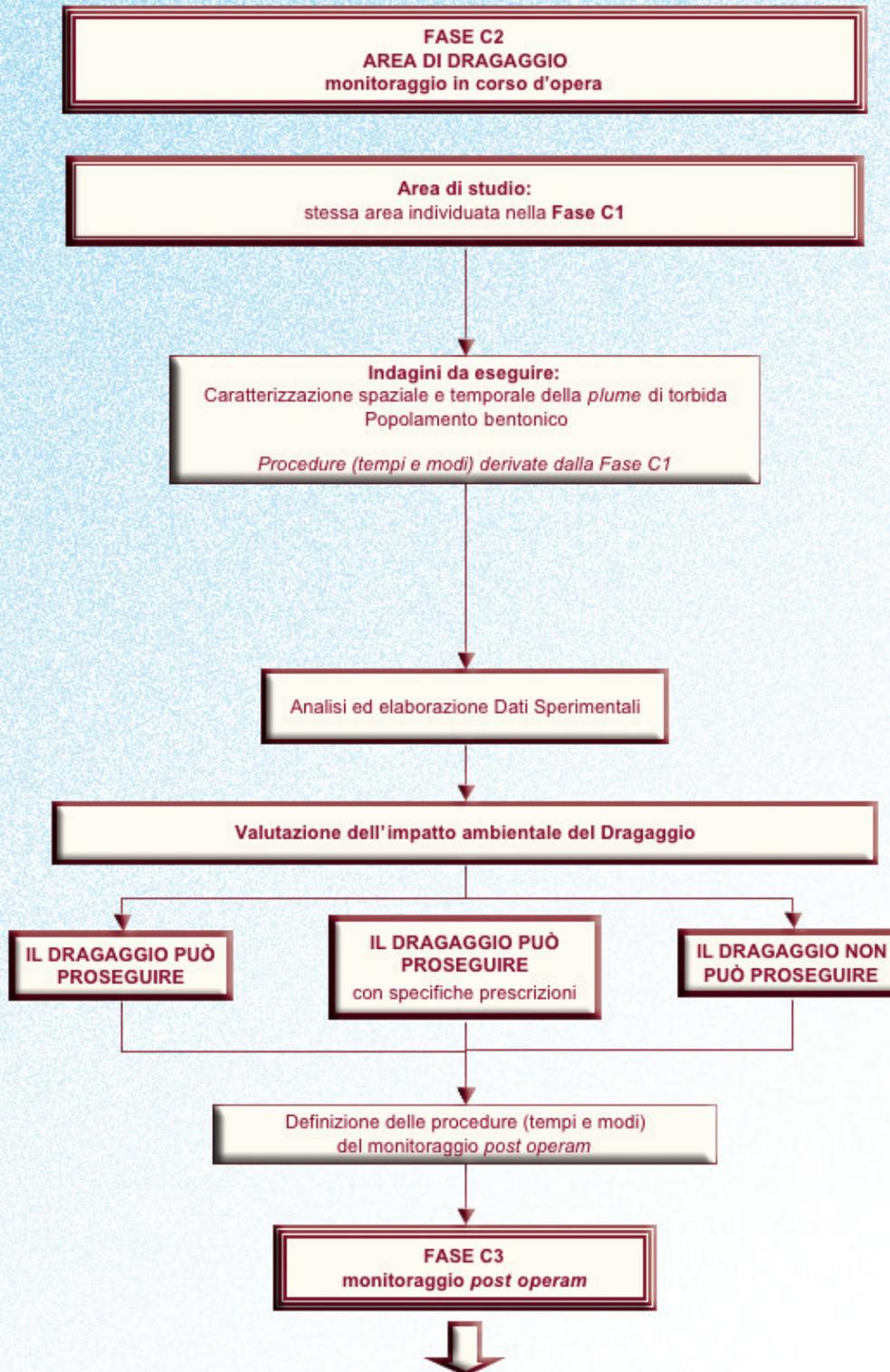


Diagramma n. 8 - Studio di monitoraggio ambientale, Fase C2 - area di dragaggio.

**scheda 9***Studio di Caratterizzazione Ambientale***FASE C2
AREA DI TRASPORTO
MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA****Area di studio**

Stessa area prevista nella Fase C1. In questa fase possono essere previste più campagne di controllo: la frequenza delle attività è decisa sia in funzione delle caratteristiche dell'area e delle tecniche utilizzate per il dragaggio sia in funzione dei risultati già ottenuti nelle fasi precedenti.

Indagini relative a:

- Caratterizzazione spaziale e temporale della *plume* di torbida;
- Habitat sensibili.

Elaborazione dei dati

Analisi critica dei dati acquisiti al fine di verificare se al vettore di carico siano associati fenomeni di *overflow* durante il trasporto e se gli stessi possano interessare gli habitat sensibili presenti.

Risultati

- Valutazione dell'impatto ambientale delle attività di trasporto delle sabbie dal sito di dragaggio a quello di ripascimento;
- Definizione di tempi e modi del monitoraggio *post operam* (Fase C3) da eseguire qualora risultassero dei *patterns* di distribuzione del sedimento messo in sospensione tali da interessare gli habitat sensibili.

Conclusioni

- L'*overflow* non interferisce con gli habitat sensibili, il trasporto può proseguire,
- L'*overflow* interferisce con gli habitat sensibili:
 - il trasporto può proseguire solo con opportuni accorgimenti tecnici e/o scegliendo opportuni percorsi alternativi per il trasporto → Fase C3 (monitoraggio *post operam* sito di trasporto);
 - il trasporto non può proseguire → Fase C3 (monitoraggio *post operam* sito di trasporto).

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase C2 nell'area di trasporto è riportato nel diagramma n.9.



STUDIO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE 9

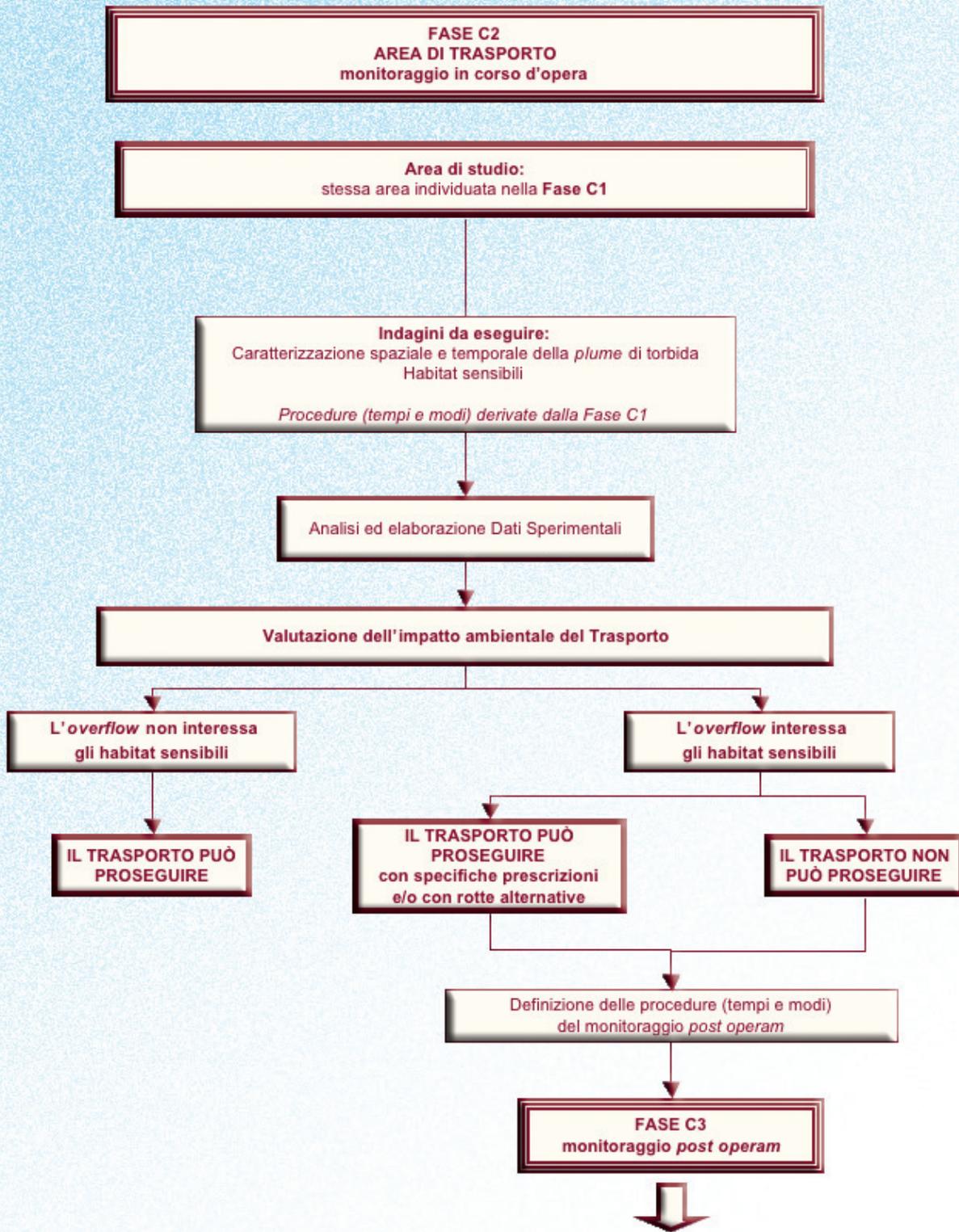


Diagramma n. 9 - Studio di monitoraggio ambientale, Fase C2 - area di trasporto.

**scheda 10***Studio di Monitoraggio Ambientale***FASE C2
AREA DI RIPASCIMENTO
MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA**

Viene condotta solamente nel caso in cui dalla Fase C1 emerga la reale possibilità che gli habitat sensibili presenti possano essere interessati direttamente dallo sversamento delle sabbie (ad esempio praterie di *Posidonia oceanica*). Altrimenti si passa direttamente alla Fase di monitoraggio *post operam* (Fase C3).

Area di studio

Stessa area prevista nella Fase C1.

Indagini relative a:

- Habitat sensibili.

Elaborazione dei dati

Analisi critica dei dati acquisiti al fine di verificare se le attività di ripascimento possano interessare in maniera negativa gli habitat sensibili presenti.

Risultati

- Valutazione dell'impatto ambientale delle attività di ripascimento;
- Definizione di tempi e modi del monitoraggio *post operam* (Fase C3).

Conclusioni

- Il ripascimento può proseguire → Fase C3 (monitoraggio *post operam* sito ripascimento);
- Il ripascimento può proseguire solo con opportuni accorgimenti tecnici → Fase C3 (monitoraggio *post operam* sito ripascimento);
- Il ripascimento non può proseguire, con conseguente immediata interruzione delle attività → Fase C3 (monitoraggio *post operam* sito ripascimento).

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase C2 nell'area di ripascimento è riportato nel diagramma n.10.



STUDIO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

10

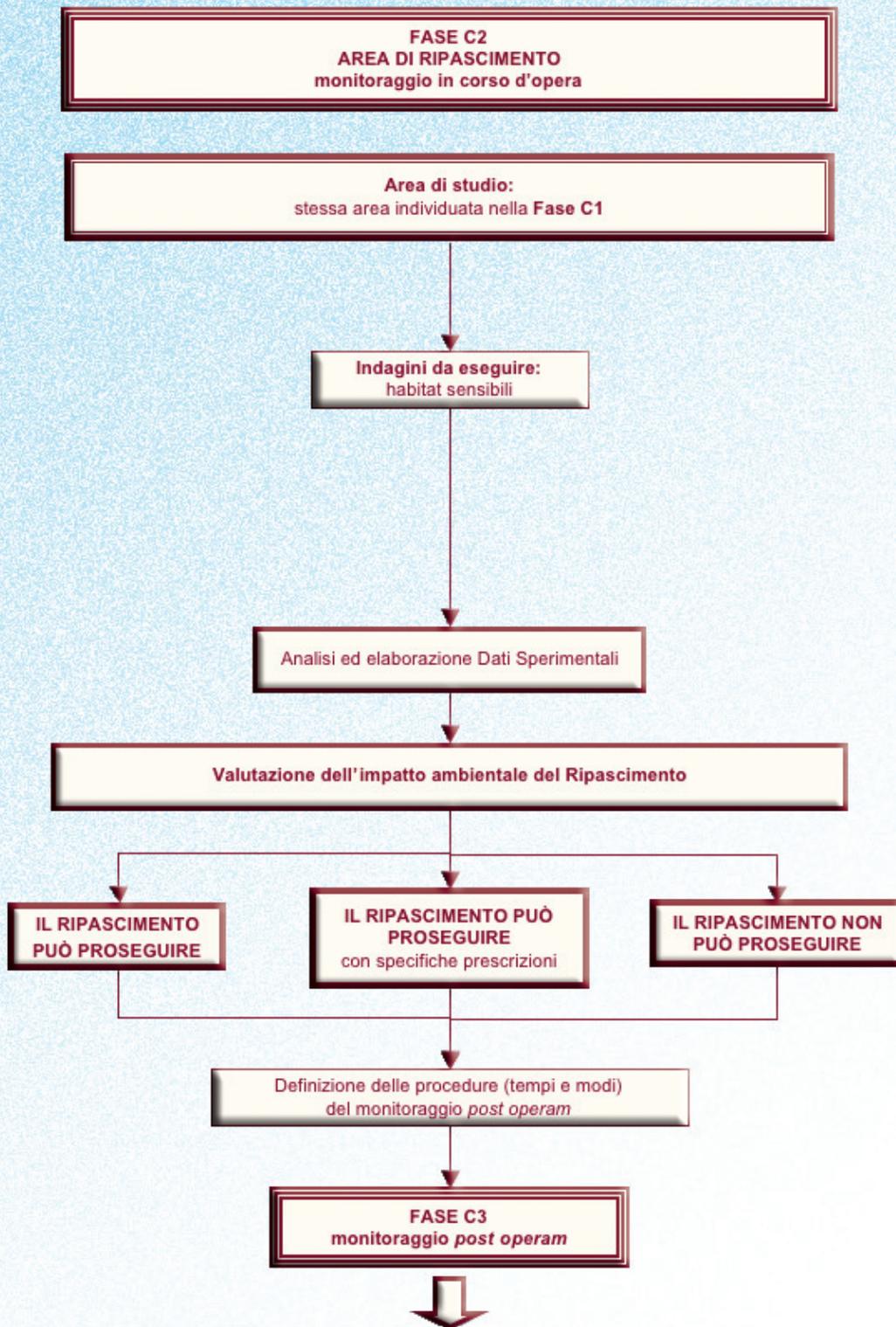


Diagramma n.10 - Studio di monitoraggio ambientale, Fase C2 - area di ripascimento.

**scheda 11***Studio di Monitoraggio Ambientale***FASE C3
AREA DI DRAGAGGIO
MONITORAGGIO POST OPERAM****Area di studio**

Stessa area e stesse stazioni individuate nella Fase C1 e tempi così come scaturiti dalla Fase C1 e C2.

Indagini relative a:

- Morfologia e batimetria del fondo;
- Caratteristiche tessiturali (granulometria) dei sedimenti superficiali;
- Idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche);
- Particellato sospeso (totale e inorganico);
- Popolamento bentonico;
- Popolamento ittico demersale (aree di nursery, campagne stagionali).

Elaborazione dei dati

Analisi critica dei dati acquisiti.

Risultati

Valutazione dell'impatto ambientale delle attività di dragaggio. Stima dei tempi e delle modalità di recupero dell'area.

Conclusioni

I risultati del monitoraggio forniscono alle autorità competenti le informazioni per stabilire:

- se le indicazioni fornite al fine di prevenire possibili effetti negativi sull'ambiente causati dal dragaggio delle sabbie e scaturite dalle fasi precedenti siano state rispettate;
- i tempi e le modalità di recupero dell'area dragata;
- se, definiti gli eventuali effetti indotti dalla movimentazione e i tempi di recupero dell'ambiente, siano ipotizzabili ulteriori sfruttamenti del deposito.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase C3 nell'area di dragaggio è riportato nel diagramma n.11.



STUDIO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

11

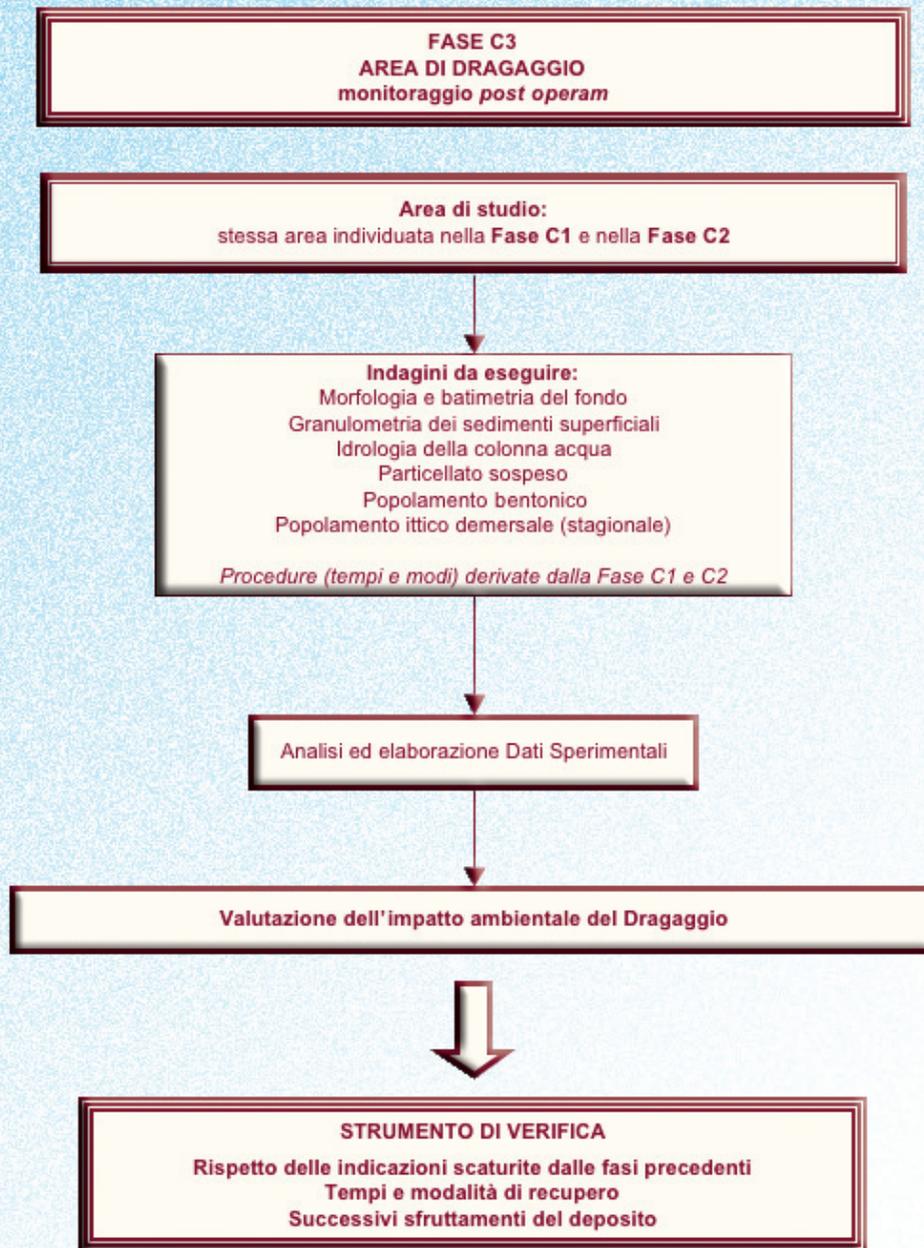


Diagramma n. 11 - Studio di monitoraggio ambientale, Fase C3 - area di dragaggio.

**scheda 12***Studio di Monitoraggio Ambientale***FASE C3
AREA DI TRASPORTO
MONITORAGGIO POST OPERAM**

Da eseguire solamente nel caso in cui nella Fase C2 siano risultati dei *patterns* di distribuzione del sedimento messo in sospensione durante il trasporto, tali da interessare gli habitat sensibili.

Area di studio

Area individuata nella Fase C2. La frequenza delle attività è decisa sia in funzione delle caratteristiche dell'area sia in funzione dei risultati già ottenuti nelle fasi precedenti.

Indagini relative a:

- Idrologia delle masse d'acqua (caratteristiche chimico-fisiche);
- Particellato sospeso (totale e inorganico);
- Habitat sensibili.

Elaborazione dei dati

Analisi critica dei dati acquisiti.

Risultati

Valutazione dell'impatto ambientale sugli habitat sensibili interessati da fenomeni di *overflow* avvenuti durante il trasporto. Valutazione dei tempi e delle modalità di recupero dell'area.

Conclusioni

I risultati del monitoraggio forniscono alle autorità competenti le informazioni per stabilire:

- se le indicazioni fornite al fine di prevenire possibili effetti negativi sull'ambiente causati dal trasporto delle sabbie e scaturite dalle fasi precedenti siano state rispettate;
- i tempi e le modalità di recupero dell'area interessata;
- se, definiti gli eventuali effetti indotti dal trasporto delle sabbie e i tempi di recupero dell'ambiente, sia possibile in futuro ripetere le stesse rotte.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase C3 nell'area di trasporto è riportato nel diagramma n.12.



STUDIO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

12

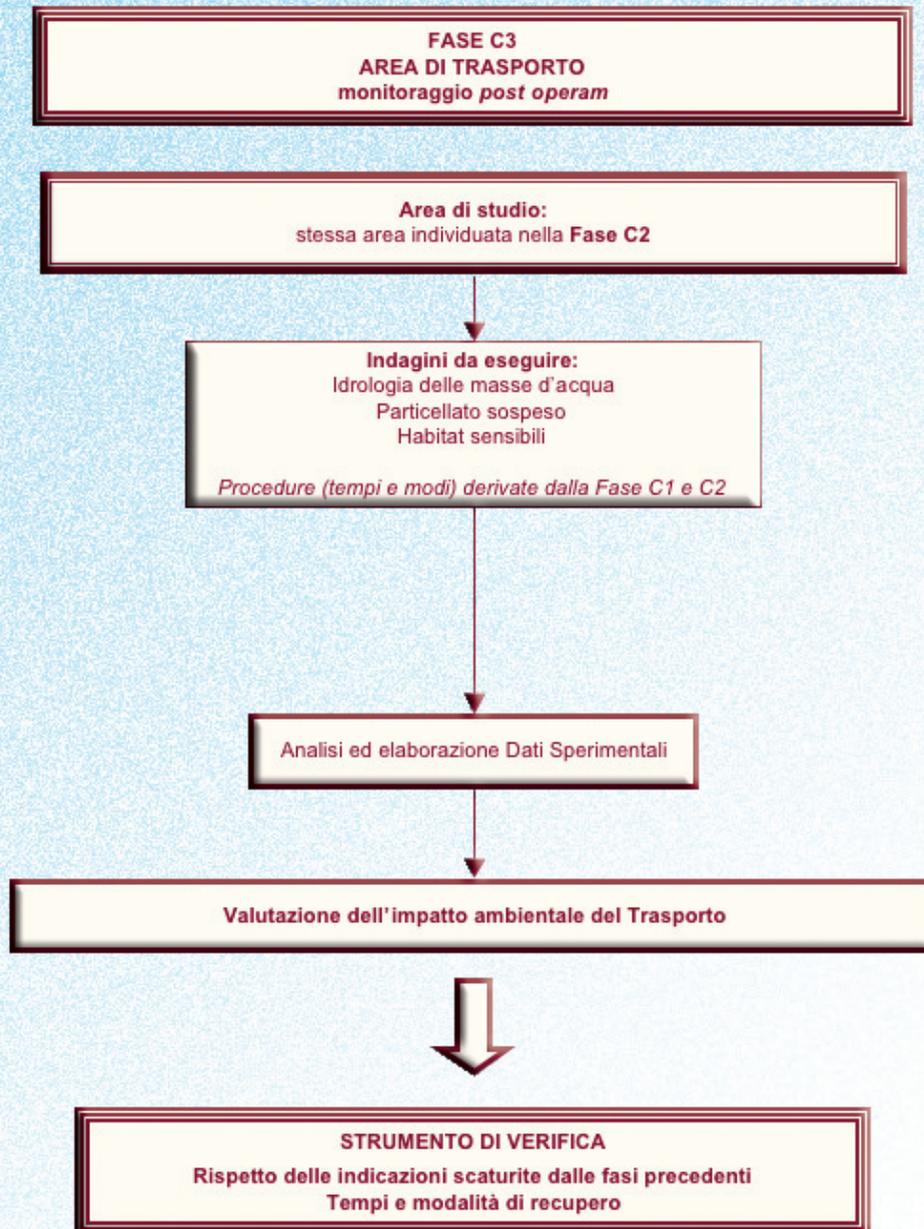


Diagramma n.12 - Studio di monitoraggio ambientale, Fase C3 - area di trasporto.

**scheda 13***Studio di Monitoraggio Ambientale***FASE C3
AREA DI RIPASCIMENTO
MONITORAGGIO *POST OPERAM***Area di studio

Stessa area e stesse stazioni previste nella Fase C1 e C2.

Indagini relative a:

- Granulometria dei sedimenti superficiali;
- Habitat sensibili e/o specie sensibili.

Elaborazione dei dati

Analisi critica dei dati acquisiti.

Risultati

Valutazione dell'impatto ambientale delle attività di ripascimento. Stima dei tempi e delle modalità di recupero dell'area.

Conclusioni

I risultati del monitoraggio forniscono alle autorità competenti le informazioni tecniche per stabilire:

- se le indicazioni fornite, al fine di prevenire possibili effetti negativi sull'ambiente causati dal versamento delle sabbie e scaturite dalle fasi precedenti, siano state rispettate;
- i tempi e le modalità di recupero dell'area interessata;
- se, definiti gli eventuali effetti indotti dal versamento delle sabbie e i tempi di recupero dell'ambiente, siano ipotizzabili in futuro ulteriori interventi di ripascimento.

Il diagramma di flusso relativo alle indagini previste per la Fase C3 nell'area di ripascimento è riportato nel diagramma n.13.



STUDIO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

13

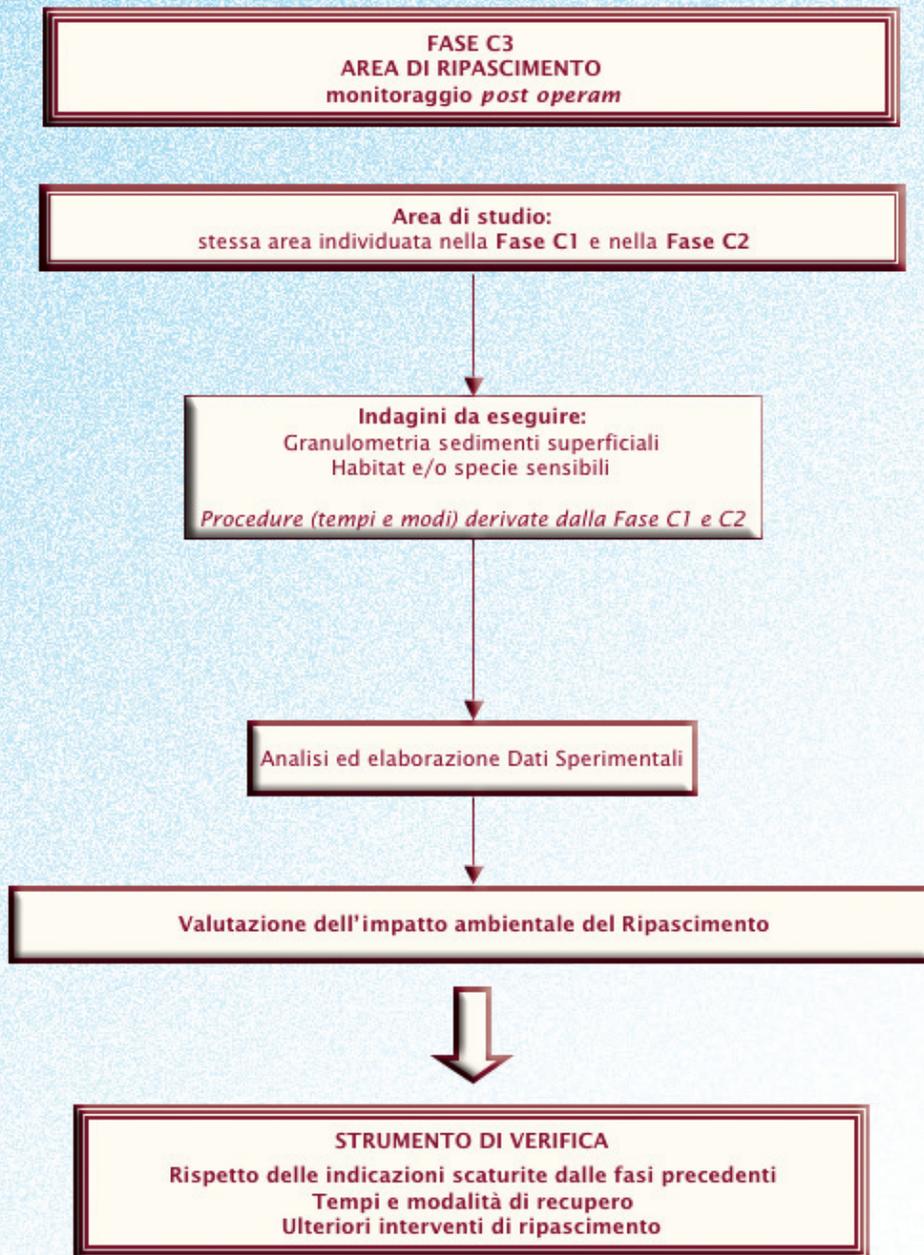


Diagramma n.13 - Studio di monitoraggio ambientale, Fase C3 - area di ripascimento.



Glossario



Area di dragaggio

Area della piattaforma continentale in cui è presente il deposito o i depositi di sabbie relitte che si intende dragare.

Area di nursery

Area di concentrazione dei giovanili di specie ittiche. Le aree di nursery si trovano in corrispondenza di zone particolarmente favorevoli per l'accrescimento in relazione alle caratteristiche delle acque e alla disponibilità di risorse trofiche.

Area di ripascimento

Area di spiaggia, sommersa ed emersa, interessata dalle attività di refluento di materiale idoneo, in questo caso di sabbie relitte, per la ricostituzione dell'arenile.

Area di riproduzione

Area di concentrazione degli adulti di specie ittiche in riproduzione. Le aree di riproduzione delle diverse popolazioni nelle aree marine temperate sono spesso ben definite e sono riutilizzate ad ogni stagione riproduttiva.

Area di trasporto

Tratto di mare coincidente con le rotte di navigazione scelte per il trasporto delle sabbie relitte dall'area di dragaggio all'area di ripascimento.

Acoustic Doppler Current Profiling (ADCP)

Strumento, noto anche come correntometro doppler a profilazione, in grado di rilevare direzione e intensità delle correnti marine in un dato punto lungo tutta la colonna d'acqua, dalla superficie al fondo.

Background

Valori di concentrazione degli elementi chimici presenti in un'area priva di apporti antropici, dovuti alle caratteristiche naturali, geochimiche e mineralogiche, dei sedimenti.

Backscatter

Termine comunemente usato per indicare l'energia di ritorno proveniente dal fondo marino. Le onde acustiche emesse da un *Side Scan Sonar* raggiungono il fondo e lo energizzano. Una parte dell'energia, diffratta dal fondo marino, torna al *towfish* (vedi *Side Scan Sonar*) e viene immediatamente trasmessa al sistema di acquisizione tramite il cavo di collegamento. In funzione dell'intensità dell'energia di ritorno o *backscatter*, si avranno differenti tonalità di grigio sul sonogramma finale.

Benna

Strumento utilizzato per il campionamento del popolamento bentonico di fondo mobile. Tale strumento permette di prelevare una quantità ben definita di sedimento e quindi di ottenere la riproducibilità del campione. Le benne comunemente usate hanno un'area di presa che oscilla da 0,03 a 0,55 m². La benna Van Veen, la benna Smith-McIntyre e la benna Day sono tra gli strumenti più utilizzati.

Benthic plume

Torbidità osservabile in prossimità del fondo e riconducibile alla risospensione di sedimento fine generata dall'interazione meccanica e idrodinamica della testa dragante con il fondo marino.



Benthos

Insieme di organismi (animali e vegetali) che vivono a contatto con il fondo marino. Si divide in phytobenthos (organismi vegetali) e zoobenthos (organismi animali). Gli organismi di grandezza superiore ad 1 mm vengono definiti macrobenthos, quelli di dimensioni inferiori a 100 micron microbenthos.

Bioaccumulo

Capacità di un organismo di concentrare sostanze chimiche nei propri tessuti a partire dal mezzo in cui queste sono veicolate. Si può stabilire una relazione tra le concentrazioni misurate nell'organismo, il tempo di vita dell'organismo ed i livelli di esposizione.

Biocenosi o comunità

Insieme di individui di specie diverse aventi esigenze ambientali comuni, che coesistono, riproducendosi, in uno spazio comune caratterizzato da parametri ambientali omogenei.

Biomassa

Consiste nella quantità di sostanza di organismi viventi, animali e vegetali, per unità di superficie o di volume espressa in unità di peso.

Box-corer

Strumento che permette di ottenere un ampio volume di sedimento, che nella parte centrale può essere considerato indisturbato. Si tratta di una "scatola" a base quadrata o rettangolare, zavorrata e in grado di penetrare il fondo per circa 30 cm; il recupero del sedimento è assicurato da una chiusura basale. Permette di effettuare il campionamento ed una accurata descrizione del sedimento lungo tutto lo spessore recuperato.

Comunità

vedi *Biocenosi*

Concentrazione di fondo

Concentrazione di una sostanza chimica presente in una matrice prima dell'accadere di un determinato fenomeno, naturale o antropico, che può cambiare la composizione chimica della matrice e la concentrazione della sostanza.

Contaminante

Qualunque sostanza in grado di manifestare un'azione tossica sull'ambiente o sull'organismo. La tossicità di una sostanza è una caratteristica sia qualitativa, in quanto l'azione tossica dipende dall'interazione della struttura molecolare con le molecole biologiche, sia quantitativa, in quanto l'azione tossica si manifesta solo quando si superano determinati livelli di concentrazione nell'ambiente o in alcuni tessuti dell'organismo. Due parametri fondamentali sono l'esposizione, cioè la quantità di sostanza disponibile ad entrare nell'organismo, e la dose, cioè la quantità di sostanza che effettivamente entra nell'organismo.

Correntometro

Strumento che permette di misurare direzione e intensità delle correnti marine. Attualmente i correntometri si utilizzano per misure puntuali ad una data profondità (correntometri *single point*) o per profilature verticali (correntometri *doppler*, o ADCP). Un correntometro *single point* misura



direzione bidimensionale e velocità della corrente in un punto singolo della colonna d'acqua, mentre un profilatore *doppler* effettua misure tridimensionali a numerosi livelli (celle) nella colonna d'acqua.

Corridoio di dragaggio

Area all'interno del deposito di sabbie relitte nella quale si intende procedere al dragaggio.

Crostacei

Artropodi prevalentemente marini, con respirazione branchiale, di regola provvisti di appendici bifide e di due paia di antenne sul capo. Il corpo è rivestito da uno scheletro esterno resistente detto "carapace".

CTD (Conductivity, Temperature, Depth)

Sonda multiparametrica in grado di misurare in continuo dei parametri fisico-chimici (temperatura, salinità, clorofilla, pH ecc) della colonna d'acqua. Viene calata mediante un verricello lungo la verticale dalla superficie al fondo; i dati acquisiti sono trasmessi via cavo ad un computer situato a bordo dell'imbarcazione.

Demersale, popolamento

Insieme delle specie in grado di compiere movimenti indipendenti dalle masse d'acqua (necton) che hanno un rapporto più o meno costante con il fondo.

Differential Global Positioning System (DGPS)

Sistema di localizzazione basato su una rete di satelliti che emettono segnali sincronizzati. Interpolando le informazioni provenienti da 3 o più satelliti, integrate con quelle provenienti da una stazione fissa posizionata in un punto noto, questi sistemi sono in grado di calcolare le coordinate della loro posizione rispetto al globo terrestre con estrema precisione (1-2 m).

Draga (mezzo nautico)

Mezzo nautico, appositamente attrezzato, che si utilizza per il prelievo di materiali dal fondo marino, o più in generale dal fondo di un corpo d'acqua. Il sistema di raccolta del materiale può essere di tipo meccanico o idraulico. Le draghe possono essere stazionarie (*anchor dredging*) o semoventi (*trailer dredging*).

Draga semovente (trailer dredging)

Draga che durante il dragaggio si sposta lentamente lungo rotte prestabilite.

Draga stazionaria (anchor dredging)

Draga che durante il dragaggio rimane fissa, a volte ancorata; draga in un punto e poi si sposta in un altro punto vicino.

Dragaggio

Prelievo all'interno di un corpo idrico (lago, canale, fiume e mare) di sedimento dal fondo condotto mediante draga.

Echinodermi

Gruppo sistematico di animali esclusivamente marini con organizzazione strutturale caratterizzata da



una disposizione pentaradiale degli organi intorno ad un asse centrale. Il corpo è contenuto in uno scheletro calcareo. La locomozione avviene per mezzo dei pedicelli ambulacrali.

Ecotossicologia

Scienza che, utilizzando metodi e concetti propri della tossicologia, applica i principi dell'ecologia e della chimica ambientale per studiare gli effetti delle sostanze tossiche sugli ecosistemi.

Elinda (o pipe)

Tubazione della draga attraverso la quale il sedimento viene aspirato dal fondo.

Environmental window

Periodo dell'anno in cui è auspicabile concentrare le attività di dragaggio in quanto gli effetti attesi sull'ambiente sono minimi; il concetto di *environmental window* che nasce come opzione di gestione per il dragaggio e lo scarico in porti o baie (Dickerson *et al.*, 1998), deriva direttamente dal concetto di *seasonal restriction* (periodo durante il quale il dragaggio non è permesso) di Schubel *et al.* (1978).

Fanerogame marine

Piante superiori, e pertanto organizzate in fusto (rizoma), foglie e radici, che vivono sommerse in mare. Le principali specie presenti nei mari italiani sono: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Nanozostera noltii* e *Halophila stipulacela*.

Fecal pellets

Materia organica (globuli fecali) presente nei sedimenti sottoforma di materiale degradato amorfo in corpi rotondeggianti, generalmente caratterizzati da un'elevata densità. I *fecal pellets* sono prodotti principalmente da organismi quali policheti, molluschi, crostacei e pesci.

Finestra ambientale

vedi *Environmental window*

Flocculazione

Fenomeno secondo il quale particelle sospese in soluzione colloidale si aggregano (flocculi) dando luogo ad un corpo di fondo.

Fotosintesi

Processo che utilizza l'energia del sole per trasformare anidride carbonica in carboidrati, con liberazione di ossigeno. La fotosintesi è compiuta dagli organismi autotrofi.

Frangiflutto

Sistema di difesa costiera costituito da strutture rigide disposte parallelamente alla linea di costa.

Habitat

Ambiente definito da fattori abiotici e biotici specifici, in cui vive una particolare specie.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro. Gli IPA oltre all'utilizzo nell'industria petrolifera si impiegano nella produzione di coloranti, plastiche, pesticidi e medicinali.



Inquinante

Qualunque sostanza (o energia) direttamente o indirettamente introdotta nell'ambiente, in grado di provocare un'alterazione dell'ecosistema, capace di produrre effetti negativi sulle risorse biologiche, sulla salute umana e sulla qualità delle acque (GESAMP, *Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection*). Secondo tale definizione tutte le sostanze sono potenzialmente inquinanti.

Metalli in traccia

Elementi chimici presenti, nella matrice indagata, in concentrazione dell'ordine di 1 parte per milione, o anche inferiore. Si tratta generalmente di elementi appartenenti alla classe dei metalli di transizione, con l'aggiunta di alcuni elementi, come l'arsenico e il mercurio, con caratteristiche non propriamente metalliche.

Microbial film

Matrice organica formata da biopolimeri poco solubili in acqua, nella quale vive e si riproduce una fauna microscopica fonte di cibo per molti organismi. Il *microbial film*, che ricopre ogni superficie immersa in mare, rappresenta la prima fase della colonizzazione biologica.

Molluschi

Organismi a simmetria bilaterale provvisti di un corpo molle costituito tipicamente da un capo anteriore, un piede ventrale e una massa viscerale dorsale. Il corpo è generalmente circondato da un mantello e può essere protetto da una conchiglia calcarea esterna.

Monitoraggio

Raccolta e analisi di osservazioni o misurazioni ripetute nel tempo al fine di descrivere l'evoluzione temporale di fenomeni fisici, chimici e biologici in una data area.

Multibeam

Strumento, anche chiamato ecoscandaglio multifascio, utilizzato per i rilevamenti batimetrici ad alta risoluzione. Lo strumento invia simultaneamente più segnali e permette di ottenere una copertura del fondale lungo una fascia di ampiezza variabile a seconda delle caratteristiche dello strumento e della profondità dell'area investigata. Per un corretto utilizzo lo strumento deve essere interfacciato con un DGPS, un sensore di movimento, una girobussola ed una sonda CTD.

Necton

Insieme di specie animali in grado di compiere movimenti indipendenti dalle masse d'acqua, ed in particolare ampi spostamenti orizzontali. Si tratta quindi di animali in grado di resistere e di opporsi alle correnti e ai movimenti delle. L'insieme delle specie che hanno un rapporto più o meno costante con il fondo è conosciuto sotto il nome di specie demersali.

Overflow

Fenomeno legato allo scarico fuoribordo di una miscela di acqua e sedimento fine e che si verifica principalmente durante le fasi di carico della draga per effetto dello scarico dell'acqua in eccesso aspirata insieme al sedimento.

Overlay mapping

Sistema di integrazione dei diversi livelli informativi che permette l'elaborazione di carte di sovrapposizione.



Paleoalvei fluviali

Incisioni fluviali presenti lungo le piattaforme continentali e risalenti a periodi di basso stazionamento del livello del mare. Sono in prosecuzione di corsi d'acqua tuttora attivi oppure sono ubicati di fronte ai rilievi che in passato erano in grado di alimentare i reticoli fluviali che incidavano la piattaforma continentale.

Paleocordoni litoranei

Corpi deposizionali trasgressivi di ambiente litorale, paralleli alla linea di costa e lunghi diversi km; sono caratterizzati da una base piana e da una superficie di tetto da ondulata a piana, da una geometria interna con riflettori progradanti verso mare e da una *facies* acustica poco trasparente.

Paleospiaggia

Spiaggia formatasi nel passato geologico, durante i periodi di basso stazionamento del livello marino.

Pennello

Sistema di difesa costiera costituito da strutture rigide disposte trasversalmente alla linea di costa.

Piattaforma continentale

Porzione sommersa di continente caratterizzata da bassi fondali e deboli pendenze del fondo marino ($0,1^\circ-1^\circ$) associata, alle medie latitudini, ad una sedimentazione limoso-argillosa. Essa è delimitata verso terra dal limite dalla spiaggia sottomarina e verso largo da un bordo esterno o ciglio (*shelf break*), ubicato a una profondità media di 130-140 m e identificato da un brusco aumento della pendenza del fondo.

Picnoclino

Strato della colonna d'acqua nel quale si osserva il massimo valore del gradiente ialino verticale.

Plancton

Organismi animali (zooplancton) e vegetali (fitoplancton), incapaci di compiere movimenti autonomi sufficienti a contrastare onde e correnti e che vengono quindi trasportati passivamente per effetto delle stesse. Appartengono al plancton anche uova e stadi giovanili o larvali di animali che da adulti sono bentonici o nectonici (meroplancton).

Plume

Pennacchio di torbida. Fenomeno temporaneo dovuto all'immissione in sospensione di solido sospeso per effetto del dragaggio, che determina un aumento localizzato della torbidità. L'estensione e la durata della *plume* dipendono dalla natura e dal volume del sedimento mobilizzato, dalle caratteristiche della draga e dalle condizioni idrodinamiche locali.

Policheti

Costituiscono uno dei gruppi sistematici più importanti del benthos. Il loro corpo è suddiviso da un gran numero di anelli o segmenti. Si dividono in erranti e sedentari. Gli erranti sono organismi bentonici che si muovono sui fondali per mezzo di protuberanze sporgenti verso l'esterno dette "parapodi". I sedentari sono quelli che vivono fissi o all'interno di tane, tubi e gallerie che costruiscono da sé.



Policlorobifenili (PCB)

Famiglia di sostanze organiche aventi il gruppo bifenile legato al cloro, molto stabili e persistenti, utilizzati nei trasformatori elettrici e nei condensatori come isolanti e nei gasdotti come lubrificanti.

Posidonia oceanica

Fanerogama marina analoga alle piante superiori terrestri e pertanto organizzata in fusto (rizoma), foglie e radici. Cresce nella zona eufotica fino a 40 m di profondità e può formare delle praterie. La sua importanza risiede nell'intrappolare il sedimento tra i rizomi, aiutare a prevenire l'erosione della costa e fungere da "nursery" per una grande quantità di organismi marini.

Produzione primaria

Consiste nel peso di nuova sostanza organica prodotta, in un determinato periodo di tempo in seguito alla fotosintesi o a processi di chemiosintesi più le perdite (respirazione, escrezione, danneggiamento, morte naturale e prelievo da parte di organismi erbivori).

Provincia geochimica

Spazio delimitato della crosta terrestre nel quale la composizione delle rocce e/o dei mezzi che da esse prendono origine, si discosta in maniera significativa da quella della composizione media. Questa differenza in composizione si riferisce ad uno o a più elementi maggiori, minori ed in traccia; e in molti casi è molto marcata nel senso che si possono riscontrare fattori di arricchimento rispetto al valor medio anche superiori ad un fattore 10.

Reclutamento

Termine usato nello studio della dinamica di popolazione per indicare l'ingresso di una nuova generazione in una popolazione a seguito di un evento riproduttivo.

Remotely Operated Vehicle (R.O.V.)

Mezzo subacqueo manovrato a distanza, per lo più filoguidato, dotato di telecamera, in grado di effettuare ispezioni visive dirette e indirette del fondo marino.

Resistenza al taglio

Si intende la resistenza alla rottura che i terreni o le rocce sono in grado di opporre quando sottoposti a sforzi di taglio (ovvero sforzi tangenziali). Essa dipende dalla coesione e dallo stress normale moltiplicato per l'angolo d'attrito.

Ripascimento

Intervento di difesa costiera che consiste nel ricostruire la spiaggia erosa mediante il refluento di materiale idoneo di provenienza marina o terrestre.

Sabbie relitte

Depositi sedimentari non diagenizzati, presenti lungo la piattaforma continentale, che si sono formati durante i periodi di basso stazionamento del livello marino o durante la fase di risalita successiva che ha caratterizzato l'Olocene. Tali depositi, generalmente riferibili ad antiche spiagge (paleospiagge), possono essere affioranti sul fondo del mare o essere coperti da sedimenti fini di deposizione recente.

*Side Scan Sonar (S.S.S.)*

Strumento utilizzato per l'acquisizione di immagini del fondo marino (sonogrammi), la cui interpretazione permette di definire l'assetto morfologico del fondale. Il sistema consiste in un "pesce" (*towfish*) rimorchiato dall'imbarcazione ad una distanza controllata dal fondo e collegato tramite un cavo al sistema di registrazione di bordo. L'immagine morfo-acustica del fondale esprime le variazioni di intensità del *backscatter*, in termini di toni di grigio, associate a variazioni morfologiche, della tessitura/composizione dei sedimenti e alla presenza di affioramenti rocciosi.

Siltazione

Si intendono gli effetti generati dalla deposizione e dall'accumulo del solido sospeso nella colonna d'acqua.

Sistema Informativo Geografico (G.I.S., Geographic Information System)

Sistema di software, apparati, metodi e dati in grado di analizzare, progettare e gestire l'ambiente e il territorio.

Sonda multiparametrica
vedi CTD*Specie pioniere*

Organismi che si insediano più o meno rapidamente su ogni substrato non colonizzato (nuovo o defaunato). Queste specie, cosmopolite opportuniste, hanno la capacità di colonizzare rapidamente un substrato grazie all'elevato potenziale riproduttivo e sfruttando una situazione transitoria favorita dall'assenza di competitori.

Speciazione chimica

Identificazione della specifica forma chimica in cui una sostanza si trova nell'ambiente.

Spiaggia

Le spiagge costituiscono la maggior parte delle zone di transizione dalle terre emerse al mare. Esse comprendono la fascia che va dal livello più alto raggiunto dalle onde di risacca, durante le tempeste, fino alla zona sommersa in cui si risente dell'azione del moto ondoso; oltre tale profondità il movimento dei detriti ad opera delle onde diviene trascurabile.

Substrato mobile

Termine usato per indicare substrati in cui gli elementi costitutivi sono spostabili gli uni rispetto agli altri. Tali elementi possono avere dimensioni assai variabili, da alcuni centimetri (ciottoli) a qualche micron (argille).

Termoclino

Strato della colonna d'acqua nel quale si osserva il massimo valore del gradiente termico verticale.

Testa dragante

Porzione terminale della tubazione (elinda) situata sulla draga, attraverso la quale il sedimento viene aspirato.

*Torbidità*

Espressione di una proprietà ottica di un liquido, che causa l'assorbimento e la riflessione dei raggi luminosi, limitando la loro diffusione in linea retta all'interno del liquido stesso. La misura della torbidità di un corpo d'acqua si basa sulla misura della perdita di intensità luminosa che un impulso di luce subisce nel percorrere un determinato tragitto attraverso una soluzione. L'attenuazione dell'impulso dipende sia dalle caratteristiche fisiche della massa d'acqua, sia dalla sostanza particolata sospesa e dalla sostanza disciolta. La torbidità, infine, viene spesso misurata come concentrazione di solido in sospensione in un dato volume di acqua (mg/l).

Vettore di carico

Mezzo nautico di supporto che viene utilizzato per il trasporto del materiale dragato dall'area di dragaggio all'area di ripascimento.



Bibliografia



- ADRIAANSE L.A., COOSEN J. (1991) - Beach and dune nourishment and environmental aspects. *Coastal Engineering*, **16**: 129-146.
- ALDRIDGE A., GOTTSCHALK W. (1988) – *In situ* settling behaviour of marine snow. *Limnology and Oceanography*, **33**: 339-351.
- ALIANI S., BIANCHI C.N., DE BIASI A.M. (1994) – Modificazioni del benthos in un'area marina soggetta a discarica di materiale portuale. *Biologia Marina Mediterranea*, **1** (1): 265-269.
- ARDIZZONE G.D., PELUSI P. (1983) - Regression of a tyrrhenian *Posidonia oceanica* prairie exposed to nearshore trawling. *Rapport et Procès-verbaux de Réunion CIESM*, Monaco, **28** (3): 175-177.
- ASCHAN M. (1988) - Soft bottom macrobenthos in a Baltic archipelago: Spatial variation and optimal sampling strategy. *Annales Zoologici Fennici*, **25**: 153-164.
- ASPER V. (1987) - Measuring the flux and sinking speed of marine snow aggregates. *Deep Sea Research*, **34**: 1-17.
- AUCELLI P. *et al.* (2006) - Lo stato dei litorali italiani. Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero. *Studi Costieri*, **10**: 5-112.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA, G. (1984) - L'herbier de *Posidonia oceanica* et la pollution par le mercure sur le littoral des Bouches-du-Rhone et du Var (France). In: "International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds", Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. (eds.), GIS Posidonie publ., Fr., **1**: 399-406.
- AULD A.H., SCHUBEL J.R. (1978) - Effects of suspended sediment on fish eggs and larvae: a laboratory assessment. *Estuarine and Coastal Marine Science*, **6**: 153-164.
- BADALAMENTI F., DI CARLO G., D'ANNA G., GRISTINA M., TOCCACELI M. (2006) - Effects of dredging activities on population dynamics of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Mediterranean sea: the case study of Capo Feto (SW Sicily, Italy). *Hydrobiologia*, **555**: 253-261.
- BALLESTA L., PERGENT G., PASQUALINI V., PERGENT-MARTINI C. (2000) – Distribution and dynamics of *Posidonia oceanica* beds along the Alberères coastline. *Life Sciences*, **323**: 407-414.
- BARBANTI A., CHIARLO R., FORNASIERO P., GABELLINI M., LA VALLE P., NICOLETTI L. (2005) - Innovative Monitoring of Turbidity due to Dredging Activities. In: "MEDCOAST '05 - Proceedings of the Seventh International Conference on the Mediterranean Coastal Environment", Özhan E. (ed.), 25-29 October 2005, Kusadasi, Turkey: 803-814.
- BARGHIGIANI C., RISTORI T., LOPEZ ARENAS J. (1996) - Mercury in marine sediment from a contaminated area of the northern Tyrrhenian Sea: <20 mm grain-size fraction and total sample analysis. *The Science of the Total Environment*, **192**: 63-73.
- BEACHMED (2003) - IL PROGETTO BEACHMED: Recupero ambientale e mantenimento dei litorali



- in erosione con l'utilizzo di depositi sabbiosi marini (Convenzione 2002-01-4.3-i-028). PROGRAMMA OPERAZIONALE INTERREG III B. Protezione e valorizzazione del patrimonio naturale e culturale, gestione della biodiversità, dei territori e dei paesaggi. SPAZIO DEL MEDITERRANEO OCCIDENTALE. 1° Quaderno tecnico (Fase "A"), Roma, ottobre 2003: 236 pp.
- BEACHMED (2004) - IL PROGETTO BEACHMED: Recupero ambientale e mantenimento dei litorali in erosione con l'utilizzo di depositi sabbiosi marini (Convenzione 2002-01-4.3-i-028). PROGRAMMA OPERAZIONALE INTERREG III B. Protezione e valorizzazione del patrimonio naturale e culturale, gestione della biodiversità, dei territori e dei paesaggi. SPAZIO DEL MEDITERRANEO OCCIDENTALE. 3° Quaderno Tecnico (Fase "C"), Roma, dicembre 2004: 275 pp.
- BELLAN G. (1984) - Indicateurs et indices biologiques dans le domaine marine. *Bulletin d'Écologie*, **15** (1): 13-20.
- BELLAN G., BOURCIER M., PICARD J., SALEN-PICARD C., STORA G. (1985) – Conséquences structurelles dues aux perturbations affectant les biocénoses benthiques méditerranéennes de substrat meuble. *Rapport Commission International Mer Méditerranée*, **29** (5): 215-221.
- BENASSAI E., GENTILOMO M., RAGONE A., SETARO F., TOMASICCHIO U. (1997) - Littoral restoration by means of protected beach nourishment: recent italian works (Venetian and Tyrrhenian-Calabrian coasts). *Bulletin of the Permanent International Association of Navigation Congresses*, CIP 1997, **94** (28 ref.): 43-55.
- BIANCHI C.N., MORRI C. (1985) - Policheti come descrittori della struttura trofica degli ecosistemi marini. *Oebalia*, **XI**: 203-214.
- BIRKLUND J.W.M., WIJSMAN J. (2005) – Aggregate extraction: a review on the effect on ecological functions. Report Z3279.10, WL Delfet Hydraulics, Delft, The Netherlands. In: "SANDPIT Sand Transport and Morphology of offshore sand mining pits. Process knowledge and guidelines for coastal management", Van Rijn L.C., Solusby R.L., Hoekstra P., Davies A.G. (eds.), EC Framework V Project N. EVK3-2001-00056: J1- J11.
- BLAKE N.J., DOYLE L.J., CULTER J.J. (1996) - Impacts and direct effects of sand dredging for beach renourishment on the benthic organisms and geology of the west Florida shelf. Contract 14-35- 0001-30644. US Dept. of Interior, MMS, Office of International Activities and Marine Minerals: 109 pp.
- BLANC J.J., JEUDY de GRISSAC A. (1984) – Erosions sous-marines des herbiers à *Posidonia oceanica* (Méditerranée). In: "International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds", Boudouresque C.F, Jeudy de Grissac A., Olivier J. (eds.), GIS Posidonie publ., Fr., **1**: 23-28.
- B.N.P. (1995) - Beach Nourishment and Protection.



<http://www.nap.edu/books/0309052904/html/index.html>

- BOESCH D.F. (1982) - Proceedings of the Conference on Coastal Erosion and Wetland Modification in Louisiana: Causes, Consequences, and Options. U.S. Fish and Wildlife Service FWS/OBS-82/59: 256 pp.
- BONSDORFF E. (1980) - Macrozoobenthic recolonization of a dredged brackish water bay in SW Finland. *Ophelia*, suppl. **1**: 145-155.
- BONVICINI PAGLIAI A.M., COGNETTI VARRIALE A.M., CREMA R., CURINI GALLETTI M., VANDINI ZUNARELLI R. (1985) – Environmental impact of extensive dredging in a coastal marine area. *Marine Pollution Bulletin*, **16**: 483-488.
- BOTTCHER M.E., RINNA J., WARMING B., WEHAUSEN R., HOWELL M.W., SCHNETGER B., STEIN R., BRUMSACK H.J., RULLKOTTER J. (2003) – Geochemistry of sediments from the connection between the western and eastern Mediterranean Sea - *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **190**: 165-194.
- BOURCIER M. (1989) - Régression des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, à l'Est de Marseille, sous l'action conjuguée des activités humaines et des modifications climatiques. In: "International Workshop on *Posidonia oceanica* beds", Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. (eds.), GIS Posidonie publ., Fr., **2**: 287-299.
- BOYD S.E., REES H.L. (2003) – An examination of the spatial scale of impact on the marine benthos arising from marine aggregate extraction in the central English Channel. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **57**: 1-16.
- BRAMBATI A., FONTOLAN G. (1990) - Sediment resuspension induced by clam fishing with hydraulic dredges in the Gulf of Venice (Adriatic Sea). A preliminary experimental approach. *Bollettino di Oceanologia Teorica e Applicata*, **VIII** (2): 113-121.
- BRAMBATI A., VENZO G.A. (1967) - Recent sedimentation in the Northern Adriatic Sea between Venice and Trieste. *Studi Trentini di Scienze Naturali*, Sez. A, **XLIV**: 202-274.
- BRAMBATI A., BREGANT D., LEONARDI G., STOLFA D. (1973) - Transport and sedimentation in the Adriatic sea. Museo friulano di Storia naturale, Udine, pubblicazione n. **20**: 1-60.
- BRANCA M.E., CALDERONI G., PETRONE V. (1996) - Geochimica dei sedimenti. In: "Il Mare del Lazio", Università degli Studi di Roma "La Sapienza" - Regione Lazio, Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità: 109-135.
- BRESSAN G., BABBINI L., GHIRARDELLI L., BASSO D. (2001) – Biocostruzione e biodistruzione di Corallinales nel Mar Mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea*, **8** (1): 131-174.
- BROWN K.M., SWEARINGEN D.C. (1998) - Effects of seasonality, length of immersion,



- locality and predation on an intertidal fouling assemblage in the Northern Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **225** (1): 107-121.
- C-CORE (1996) - Proposed marine mining technologies and mitigation techniques: A detailed analysis with respect to the mining of specific offshore mineral commodities. C-CORE Publication 96-C15, Contract Report for U.S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service: 400 pp.
- CAPOBIANCO M., STIVE M.J.F. (1997) - Soft Protection Technologies as a Tool for Integrated Coastal Zone Management. In: "MEDCOAST '97 - Proceedings of the Third International Conference on the Mediterranean Coastal Environment", Özhan E. (ed.), 11-14 November 1997, Valletta, Malta: 469-484.
- CAPOBIANCO M., HAMM L., SILVA P. (1999) - Interventi di ripascimento nelle coste europee: ricadute a livello italiano. *Studi costieri. Dinamica e difesa dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera*, **1**: 3-12.
- CARTER R.W.G., WOODROFFE C.D. (1994) - Coastal Evolution: an introduction. In: "Coastal Evolution. Late Quaternary shoreline morphodynamics", R.W.G. Carter and C.D. Woodroffe (eds.), Cambridge University Press: 1-32.
- CECCONI G., ARDONE G. (1999) - La protezione delle spiagge della laguna di Venezia. In: "Riqualificazione e salvaguardia dei litorali: idee, proposte e confronti tra esperienze mediterranee". A. Tervisani e V. Petrocelli (eds.), ACLI Anni Verdi – Pro Loco Bernalda (MT). Patrocinio: Regione Basilicata, Amministrazione Provinciale di Matera: 58-65.
- CHIMENZ GUSSO C., TARAMELLI E., GRAVINA M.F. (1996) – I popolamenti bentonici litorali. In: "Il Mare del Lazio", Università degli Studi di Roma "La Sapienza" – Regione Lazio, Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità: 147-193.
- CHIOCCI F.L., LA MONICA G.B. (1999) - Individuazione e caratterizzazione dei depositi sabbiosi presenti sulla piattaforma continentale della Regione Lazio e valutazione di un loro utilizzo ai fini del ripascimento dei litorali in erosione. Rapporto della prima fase. Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Scienze della Terra – Regione Lazio, Dipartimento OO.PP. e Servizi per il Territorio – ROMA, settembre 1999: 100 pp.
- CIUCCI P. (2004) - Il monitoraggio della biodiversità. Dispense del Master di II livello. In: "Conservazione della biodiversità animale: aree protette e reti ecologiche"; Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo: 47 pp.
- C.N.R. (1978) - Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico. Risultati delle



- crociere 1976 e 1977 (da Ancona alla foce del Reno). In: "CNR Prog. Fin. Oceanografia e Fondi Marini", Colantoni P., Gallignani P. (eds.), Subprogetto 4, Quad. 1, Bologna: 113 pp.
- COLANTONI P., GALLIGNANI P. (1980) - Ricerche sulla piattaforma continentale dell'alto adriatico: considerazioni conclusive. In: "CNR Prog. Fin. Oceanografia e Fondi Marini", Colantoni P., Gallignani P. (eds.), Subprogetto 4, Quad. 2, Bologna: 81-87.
- COLANTONI P., GALLIGNANI P., LENZA R. (1979) - Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic continental shelf (Italy). *Marine Geology*, 33: 41-50.
- COLTELLACCI M.M. (1980) – Distribuzione dei sedimenti sulla piattaforma continentale tra Ravenna e Chioggia. In: "CNR Prog. Fin. Oceanografia e Fondi Marini", Colantoni P., Gallignani P. (eds.), Subprogetto 4, Quad. 2, Bologna: 29-36.
- CORREGGIARI A., FRASCARI F., MISEROCCHI S., FONTANA D. (1992) - Breakwaters and eutrophication along the Emilia-Romagna Coast. In: "Marine coastal eutrophication. The response of marine transitional systems to human impact: Problems and perspectives for restoration", Vollenweider R.A., Marchetti R., Viviani R. (eds.), Amsterdam, Elsevier: 277-290.
- CORREGGIARI A., CATTANEO A., CARRÀ D., PENITENTI D., PRETI M., TRINCARDI F. (2002) - Offshore sand for beach restoration: North Adriatic shelf examples. *CIESM Workshop n. 18 "Erosion littorale en Méditerranée: dynamique, diagnostic et remèdes"* - Tanger, Maroc, 18-21 septembre 2002: 79-82.
- CORREGGIARI A., CARRÀ D., LANDUZZI V., PENITENTI D., VIGLIONE M., PALTRINIERI D., ANTONELLI U. (2003) - Research and identification of sand deposit in the central Adriatic sea. Convegno: "Le sabbie sottomarine dell'Adriatico centrale. Proteggere ed ampliare l'orizzonte delle spiagge" - Sirolo, 4-5 maggio 2003.
- COSMA B., DRAGO M., PICCAZZO M., TUCCI S. (1994) - Heavy metal in high Tyrrhenian Sea sediments: distribution of Cr, Cu, Ni, and Mn in superficial sediments. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali*, 87: 145-161.
- CREMA R. (1989) – Aspetti della successione in comunità macrozoobentoniche marine di fondi mobili. *Atti della Scienza Italiana di Ecologia* (1989), 7: 315-320.
- CREMA R., VALENTINI A. (1998) – Ricostituzione della comunità zoobentonica in fondali defaunati da operazioni di dragaggio. *Biologia Marina Mediterranea*, 5 (1): 144-153.
- CREMA R., CASTELLI A., PREVEDELLI D. (1991) – Long term eutrophication effects on macrofaunal communities in northern Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 22 (10): 111-122.



- CURZI P.V., GALLIGNANI P. (1982) - Evoluzione sedimentaria recente della piattaforma continentale centro e nord adriatica. Atti Conferenza Nazionale per una politica ambientale di salvaguardia dei litorali. *Cronache Adriatiche*, **1-2**: 64-66.
- CURZI P.V., MARABINI E., TOMADIN L. (1987) - Provenienza e dispersione dei sedimenti attuali sulla piattaforma abruzzese. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **37**: 437-451.
- CURINI GALLETTI M.C. (1987) – Recovery a soft bottom community after extensive dredging. I. Mollusca. *FAO Fisheries Report*, **352** (suppl.): 54-56.
- DE GRAVE S., WHITAKER A. (1999) – Benthic community re-adjustment following dredging of a muddy-maërl matrix. *Marine Pollution Bulletin*, **38** (2): 102-108.
- DE GROOT S.J. (1979) – An assessment of the potential environmental impact of large-scale sand-dredging for the building of artificial islands in the North Sea. *Ocean Management*, **5**: 211-232.
- DELLA CROCE N., CATTANEO VIETTI R., DANOVARO R. (1997) – Ecologia e protezione dell'ambiente marino costiero. Utet, Torino: 420 pp.
- DESPREZ M. (2000) – Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel: short- and long-term post-dredging restoration. *ICES Journal of Marine Science*, **57**: 1428-1438.
- DIAZ R.J., CUTTER G.R. Jr., HOBBS H. III (2004) – Potential impacts of sand mining offshore of Maryland and Delaware: Part 2 – Biological considerations. *Journal of Coastal Research*, **20** (1): 61-69.
- DICKERSON D.D., REINE J.J., CLARKE D.G. (1998) - Economic impacts of environmental windows associated with dredging operations, DOER Technical Notes Collection (TN DOER-E3), US Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS: 18 pp.
- DOMURAT G.W. (1987) - Beach nourishment: a working solution. *Shore and Beach*, **55** (3-4): 92-95.
- DORNHELM R.B. (1995) - The Coney Island public beach and boardwalk improvement of 1923. *Shore and Beach*, **63** (1): 7-11.
- ELLIS D.V., HOOVER P.M. (1990) - Benthos in Tailings Beds from an Abandoned Coastal Mine. *Marine Pollution Bulletin*, **21** (10): 477-480.
- ELZINGA C.L., SALZER D.W., WILLOUGHBY J.W., GIBBS. J.P. (2001) - Monitoring plant and animal populations. Blackwell Science, Inc.: 360 pp.
- EVANS N.C. (1994) – Effects of Dredging and Dumping on the Marine Environment of Hong Kong. *Terra et Aqua*, **57**: 15-25.



- FABI G., MANOUKIAN S., TEDESCHI R. (2003) – Monitoraggio dell'area destinata al prelievo di sabbie al largo di Ravenna. Rapporto per ARPA Emilia Romagna: 10 pp.
- FABI G., MANOUKIAN S., TEDESCHI R. (2004) – Monitoraggio dell'area destinata al prelievo di sabbie al largo di Ravenna. Rapporto per ARPA Emilia Romagna: 17 pp.
- FANELLI E., NICOLETTI L., FRANCESCHINI G., GIOVANARDI O., GABELLINI M., PRETI M. (2003) - Environmental Impact Assessment after Sand Extraction for Beach Nourishment: a Methodological Approach. In: "MEDCOAST '03 - Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment", Özhan E. (ed.), 7-11 October 2003, Ravenna, Italy: 951-958.
- FRANCOUR P. (1997) - Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): Assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *Marine Ecology*, **18** (2): 157-173.
- GAJEWSKI L.S., USCINOWICZ S. (1993) - Hydrologic and sedimentologic aspects of mining aggregate from the Slupsk Bank (Baltic Sea). *Marine Georesources and Geotechnology*, **11**: 229-244.
- GAMBI M.C., GIANGRANDE A. (1985) – Caratterizzazione e distribuzione delle categorie trofiche dei policheti nei fondi mobili del Golfo di Salerno. *Oebalia*, **IX**: 241-252.
- GAMBI M.C., FRESI E., GIANGRANDE A. (1982) - Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Naturalista Siciliano*, S. IV, VI (suppl.), **3**: 489-497.
- GAMBI M.C., DAPPIANO M., LORENTI M., IACONO B., FLAGELLA S., BUIA M.C. (2005) – Chronicle of a Death Foretold - Features of a *Posidonia Oceanica* Bed Impacted by Sand Extraction. In: "MEDCOAST '05 - Proceedings of the Seventh International Conference on the Mediterranean Coastal Environment", Özhan E. (ed.), 25-29 October 2005, Kusadasi, Turkey: 441-450.
- GHIRARDELLI E. (1981) – La vita nelle acque. UTET, Torino: 609 pp.
- GOLDBERG W.M. (1988) - Biological effects of beach nourishment in south Florida: the good, the bad, and the ugly. In: "Proceedings of Beach Preservation Technology", 1988. Tallahassee: Florida Shore and Beach Preservation Association.
- GRAY J.S., CLARKE K.R., WARWICK R.M., HOBBS G. (1990) – Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example from the Ekofisk and Eldfisk oilfields, North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **66**: 285-299.
- GREEN K. (2002) - Beach nourishment: a review of the biological and physical impacts. ASMFC (Atlantic States Marine Fisheries Commission), Habitat Management Series, **7**: 174 pp.
- GUIDETTI P., BUSSOTTI S. (1998) - Juveniles of littoral fish species in shallow seagrass beds: preliminary quali-quantitative data. *Biologia Marina Mediterranea*, **5**: 347-350.



- GUIDETTI P., FABIANO M. (2000) – The use of lepidochronology to assess the impact of terrigenous discharge on the primary leaf production of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, **40** (5): 449-453.
- HAMMER R.M., BALCOM B.J., CRUICKSHANK M.J., MORGAN C.L. (1993) - Synthesis and Analysis of Existing Information Regarding Environmental Effects of Marine Mining. Final Report by Continental Shelf Associates, Inc. for the U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Office of International Activities and Marine Minerals, Herndon, VA, OCS Study MMS 93-0006: 392 pp.
- HARDAWAY C.S. Jr., MILLIGAN D.A., THOMAS G.R., HOBBS C.H. (1998) – Environmental studies relative to potential sand mining in the vicinity of the City of Virginia Beach, Virginia. Part 2: Preliminary shoreline adjustments to dame Neck Beach nourishment project southeast Virginia coast – Final Report: MMS Cooperative Agreement 14-35-0001-30807 through Virginia Institute of Marine Science of the College of William & Mary: 82 pp.
- HARVEY M., GAUTHIER D., MUNRO J. (1998) – Temporal Changes in the Composition and Abundance of the Macro-benthic Invertebrate Communities at Dredged Material Disposal Sites in the Anse à Beaufils, Baie des Chaleurs, Eastern Canada. *Marine Pollution Bulletin*, **36** (1): 41-55.
- HAY B.J., HONJO S., KEMPE S., ITTEKKOT V.A., DEGENS E.T., KONUK T., IZDAR E. (1990) - Interannual particle flux in the southwestern Black Sea. *Deep Sea Research*, **37**: 911-928.
- HERBICH J.B. (1990) - Handbook of Coastal and Ocean Engineering. Vol. **1**: Wave Phenomena and Coastal Structures. Gulf Publishing Company, Houston: 1200 pp.
- HERBICH J.B. (1992a) - Handbook of Coastal and Ocean Engineering. Vol. **3**: Harbours, Navigation Channels, Estuaries and Environmental Effects. Gulf Publishing Company, Houston: 864 pp.
- HERBICH J.B. (1992b) - Handbook of Dredging Engineering. McGraw-Hill, New York: 600 pp.
- HERBICH J.B. (2000) - Handbook of Dredging Engineering. Second Edition McGraw-Hill, New York: 992 pp.
- HILL A.S., VEALE L.O., PENNINGTON D., WHYTE S.G., BRAND A.R., HARTNOLL R.G. (1999) - Changes in Irish Sea benthos: possible effects of 40 years of dredging. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **48**: 739-750.
- HITCHCOCK D.R., BELL S. (2004) – Physical impacts of marine aggregate dredging on seabed resources in coastal deposits. *Journal of Coastal Research*, **20** (1): 101-114.
- HITCHCOCK D.R., DRUCKER B.R. (1996) – Investigation of benthic and surface plumes associated with marine aggregates mining in the United Kingdom. In: “The Global Ocean towards



- Operational Oceanography”, Proceedings of the Oceanology International Conference, ISBN 0-900254-12-2: 221-234.
- HITCHCOCK D.R., NEWELL R.C., SEIDERER L.J. (1999) - Investigation of benthic and surface plumes associated with marine aggregate mining in the United Kingdom. Final Report. Contract Report for the U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service. Contract Number 14-35-0001-30763. Coastline Surveys Ltd Ref. 98-555-03 (Final): 168 pp.
- ICES (1992) - Report of the ICES Working Group on the effects of extraction of marine sediments on fisheries. ICES co-operative research report n. **182**. ICES, Copenhagen, Denmark: 78 pp.
- ICES (1996) – Report of the working group on the effects of extraction of marine sediments on the marine ecosystems. ICES CM 1996/E:7 MEQC, Stromness, Scotland, 23-26 April 1996: 111 pp.
- ICES (2000) - Report of the working group on the effects of extraction of marine sediments on the marine ecosystems, Gdansk, Poland: 172 pp.
- ICES (2001) – Effects of extraction of marine sediments on the marine ecosystem. Cooperative research report n. **247**: 80 pp.
- ICES (2003) – Working group on the Effects of extraction of marine sediments on the marine ecosystem. ICES CM 2003/E:07, Ostend, Belgium 1-5 April-2003: 104 pp.
- ICRAM (2001) - Studio pilota per l’impatto ambientale connesso allo sfruttamento di depositi sabbiosi sommersi ai fini di ripascimento: il caso Anzio (Roma). Relazione Finale Terza Campagna Monitoraggio - Fase III/t. Rapporto Tecnico per la Regione Lazio: 83 pp.
- ICRAM (2002) - Studio per l’impatto ambientale connesso allo sfruttamento di depositi sabbiosi sommersi lungo la piattaforma continentale laziale ai fini di ripascimento: Fase A - Caratterizzazione della piattaforma continentale laziale (Sintesi dei dati di letteratura scientifica e tecnica esistenti). Rapporto Tecnico per la Regione Lazio: 140 pp.
- ICRAM (2004) - Studio per l’impatto ambientale connesso allo sfruttamento di depositi sabbiosi sommersi ai fini di ripascimento lungo la piattaforma continentale laziale: area di Tor Vaianica. Fase C1 – Caratterizzazione del sito C2. Rapporto Tecnico per la Regione Lazio: 87 pp.
- ICRAM (2005a) - Studio in corso d’opera e monitoraggio per l’impatto ambientale connesso allo sfruttamento del deposito sabbioso sommerso ai fini di ripascimento, Cava A2 – Montalto di Castro. Fase C3 - Monitoraggio. Rapporto Tecnico per la Regione Lazio: 97 pp.
- ICRAM (2005b) - Studio per l’impatto ambientale connesso allo sfruttamento di depositi sabbiosi sommersi ai fini di ripascimento lungo la piattaforma continentale laziale: Sito Anzio (AZ). Fasi di Monitoraggio (C3): luglio 2003, settembre 2003 e aprile 2004. Rapporto Tecnico per la Regione Lazio: 240 pp.



- ICRAM (2005c) - Programma pluriennale di monitoraggio dell'area a mare da cui sono state prelevate sabbie utilizzate per il ripascimento delle spiagge emiliano-romagnole. Fase di Monitoraggio (Anno III) - Rapporto Tecnico per l'ARPA Emilia Romagna: 122 pp.
- ICRAM (2006) - Studio per l'impatto ambientale connesso allo sfruttamento di depositi sabbiosi sommersi ai fini di ripascimento lungo la piattaforma continentale laziale: Cava A2 - Montalto di Castro - Fase C1 - caratterizzazione del sito (Settembre 2005). Rapporto Tecnico per la Regione Lazio: 51 pp.
- JEUDY DE GRISSAC A., BOUDOURESQUE C.F. (1985) - Rôles des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers: les herbiers à *Posidonia oceanica*. In: "Les aménagements côtiers et la gestion du littoral", Ceccaldi H.J., Champalbert G. (eds.), Coll. Pluridisciplinaire franco-Japonais océanographie: 143-151.
- KENNY A.J., REES H.L. (1994) - The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: early post-dredging recolonization. *Marine Pollution Bulletin*, **28**: 442-447.
- KENNY A.J., REES H.L. (1996) - The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: results of 2 years post-dredging. *Marine Pollution Bulletin*, **32**: 615-622.
- KENNY A.J., REES H.L., GREENING J., CAMPBELL S. (1998) - The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos at an experimental dredge site off North Norfolk, U.K. (results 3 years post-dredging). ICES, Theme Session on Recovery and Protection of Marine Habitats and Ecosystems from Natural and Anthropogenic Impacts, report N. CM 1998/V, 14: 1-8.
- KIM E.H., MASON R.P., PORTER E.T., SOULEN H.L. (2004) - The effect of resuspension on the fate of total mercury and methyl mercury in a shallow estuarine ecosystem: a mesocosm study. *Marine Chemistry*, **86**: 121-131.
- LEE G.F., JONES R.A. (1992) - Water quality aspects of dredging and dredged sediment disposal. In: "Handbook of Dredging Engineering", Herbich J.B. (ed.): 923-959.
- LEONI L., SARTORI F., DAMIANI V., FERRETTI O., VIEL D. (1991) - Trace element distributions in superficial sediments of the Northern Tyrrhenian Sea: contribution to heavy-metal pollution assessment. *Environmental Geology Water Science*, **17**: 103-116.
- LEONI L., SARTORI F., NICOLAI I. (1993) - Metalli pesanti nei sedimenti attuali della piattaforma costiera toscana. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali*, **CII**: 23-60.
- LIN H.J., SHAO K.T. (2002) - The development of subtidal fouling assemblages on artificial structures in Keelung harbour, northern Taiwan. *Zoological Studies*, **41** (2): 170-182.



- LOCARDI E., FUNICIELLO R., LOMBARDI G., PAROTTO M. (1976) - The main volcanic groups of Latium (Italy): relations between structural evolution and petrogenesis. In: "International Colloquium of Planetary Geology", Roma, September 22-30, 1975. Proceedings. *Geologica Romana*, **15**: 279-300.
- LOUIS BERGER GROUP Inc. (1999) - Use of federal offshore sand resources for beach and coastal restoration in New Jersey, Maryland, Delaware, and Virginia. Contract N. 1435-01-98-RC-30820. Department of the Interior, Minerals Management Service, Office of International Activities and Marine Minerals, Herndon, VA: 244 pp.
- MAGGI C., BIANCHI J., DATTOLO M., MARIOTTI S., COZZOLINO A., GABELLINI M. (in stampa) - Fractionation studies and bioaccumulation of cadmium, mercury and lead in two harbour areas. *Chemical Speciation and Bioavailability*, paper 1.0236.
- MANZANERA M., PÉREZ M., ROMERO J. (1998) – Seagrass mortality due to oversedimentation: an experimental approach. *Journal of Coastal Conservation*, **4**: 67-70.
- MARGOLUIS R, SALAFSKY N. (1998) - Measures of success: designing, managing and monitoring conservation and development projects. Island Press, Washington, D.C., USA: 382 pp.
- MARZIALETTI S., GABELLINI M., LA PORTA B., LATTANZI L., LA VALLE P., PAGANELLI D., PANFILI M., TARGUSI M., NICOLETTI L. (2006) - Attività di dragaggio ai fini di ripascimento al largo di Montalto di Castro (VT): effetti sul popolamento a policheti. *Biologia Marina Mediterranea*, **13** (1): 601-605.
- MAURER D., KECK R.T., TINSMAN J.C., LEATHEM W.A. (1981a) – Vertical migration and mortality of benthos in dredged material. I. Mollusca. *Marine Environmental Research*, **4**: 299-319.
- MAURER D., KECK R.T., TINSMAN J.C., LEATHEM W.A. (1981b) – Vertical migration and mortality of benthos in dredged material. II. Crustacea. *Marine Environmental Research*, **5**: 301-317.
- MAURER D., KECK R.T., TINSMAN J.C., LEATHEM W.A. (1982) – Vertical migration and mortality of benthos in dredged material. III. Crustacea. *Marine Environmental Research*, **6**: 49-68.
- MAURER D., KECK R.T., TINSMAN J.C., LEATHEM W.A., WETHE C.A., LORD C., CHURH T.M. (1986) – Vertical migration and mortality of benthos in dredged material: a synthesis. *International Revue der gesamten Hydrobiologie*, **71**(1): 49-63.
- MAZZELLA L., SCIPIONE M.C., BUIA M.C. (1989) - Spatio-temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology*, **10**: 107-131.



- McCAULEY S.E., PARR R.A., HANCOCK D.R. (1977) – Benthic infauna and maintenance dredging: a case study. *Water Research*, **11**: 133-242.
- MMS (2001) - Development and design of biological and physical monitoring protocols to evaluate the long-term impacts of offshore dredging operations on the marine environment. U.S. Department of the Interior Minerals Management Service. Final Report. OCS Study, MMS 2001-89: 116 pp.
- MORRISON M.L. (2002) - Wildlife restoration: techniques for habitat analysis and animal monitoring. Island Press Washington, USA: 209 pp.
- MORTON B. (1996) – The subsidiary impacts of dredging (and trawling) on a subtidal benthic molluscan community in the southern waters of Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, **32** (10): 701-710.
- NELSON W.G., COLLINS G.W. (1987) - Effects of Beach Nourishment on the benthic macrofauna and fishes of the nearshore zone of Sebastian inlet state recreation area. Unpublished report to Jacksonville District, U.S. Army Corps of Engineers from the Department of Oceanology and Ocean Engineering, Florida Institute of Technology.
- NELSON D.A., DICKERSON D.D. (1988) - Hardness of nourished and natural sea turtle nesting beaches on the East Coast of Florida. USACE Waterways Experiment Station Vicksburg, Mississippi: 27 pp.
- NEWELL R.C., HITCHCOCK D.R., SEIDERER L.J. (1999) – Organic enrichment associated with outwash from marine aggregates dredging: a probable explanation for surface sheens and enhanced benthic production in the vicinity of dredging operations. *Marine Pollution Bulletin*, **38** (9): 809-818.
- NEWELL R.C., SEIDERER L.J., HITCHCOCK D.R. (1998) - The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, **36**: 127-178.
- NEWELL R.C., SEIDERER L.J., SIMPSON N.M., ROBINSON J.E. (2004) – Impacts of marine aggregate dredging on benthic macrofauna off the South coast of the United Kingdom. *Journal of Coastal Research*, **20** (1): 115-125.
- NICCOLAI I., FERRETTI O., MANFREDI FRATTARELLI F.M. (1993) - Distribuzione degli elementi traccia nei sedimenti superficiali tra l'Isola d'Elba e l'Argentario. In: "Arcipelago Toscano, Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico", Enea Area Energia Ambiente e Salute, S. Teresa (La Spezia): 185-195.
- NICOLETTI L., LA VALLE P., CHIMENZ GUSSO C. (2004b) – Specie indicatrici: il caso *Corbula gibba* (Olivi, 1792). *Biologia Marina Mediterranea*, **11** (2): 273-277.



- NICOLETTI L., BELLUSCIO A., LA VALLE P., ARDIZZONE G.D. (2005) – Monitoring of *Posidonia Oceanica* Meadow after Beach Nourishment. In: “MEDCOAST ‘05 - Proceedings of the Seventh International Conference on the Mediterranean Coastal Environment”, Özhan E. (ed.), 25-29 October 2005, Kusadasi, Turkey: 451-460.
- NICOLETTI L., LA VALLE P., PAGANELLI D., GABELLINI M. (2002) - Il ripascimento mediante sabbie relitte: studi di compatibilità ambientale nell’esperienza laziale. Atti del congresso “Processi erosivi delle coste. Fenomeni di sedimentazione e trasporto: prevenzione e risanamento”. Vieste, 30 novembre 2002: 48-53.
- NICOLETTI L., LA VALLE P., PAGANELLI D., GABELLINI M. (2004a) – Environmental impact study of marine sand extraction for beach nourishment. IGCP-464 “Continental Shelves during Last Glacial Cycle” 4th Annual Conference, 28 August - 3 September 2004 Rome and Ponza Island: 67-68.
- NICOLETTI L., FANELLI E., LATTANZI L., LA VALLE P., GABELLINI M., CHIMENZ GUSSO C. (2003) - Contribution to the knowledge of coastal detritic bottoms off Anzio (central Tyrrhenian sea). *Biologia Marina Mediterranea*, **10** (2): 589-592.
- NONNIS O., NICOLETTI L., LA VALLE P., CELIA MAGNO M., GABELLINI M. (2002) - Environmental impact after sand extraction for beach nourishment in an area off Latium coast (Tyrrhenian sea, Italy). Littoral 2002, The changing coast. EUROCOAST/EUCC, Porto – Portugal, EUROCOAST – Portugal (Ed.), **3**: 81-84.
- NORDEN-ANDERSEN O.G., NIELSEN P.E., LETH J. (1992) – Effects on sea bed, benthic fauna and hydrography of sand dredging in Koge Bay, Denmark. In: “Proceedings of the 12th Baltic Marine Biologists Symposium”, Helsingor, Denmark 25-30 August 1991: 1-6.
- OAKWOOD ENVIRONMENTAL Ltd. (1998) - Strategic cumulative effects of marine aggregates dredging (SCEMAD). U.S. DOI. Final report to the Minerals Management Service, Washington, D.C., under contract N. 1435-01-98-CT-30894.
- OCCHIPINTI AMBROGI A., FORNI G. (2003) – Gli indici biotici. In: “Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo”, Gambi M.C. e Dappiano M. (eds.), *Biologia Marina Mediterranea*, **10** (suppl): 577-604.
- OMOE (ONTARIO MINISTRY OF ENVIRONMENT) (1994) - Evaluating Construction Activities Impacting on Water Resources. PART III B, Handbook for Dredging and Dredged Material Disposal in Ontario - Dredging Transport and Monitoring. Queen’s Printer for Ontario: 26 pp.
- OTT J. (1980) - Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology*, Germ., **1**: 47-64.
- PAGANELLI D., LA VALLE P., MAGGI C., NICOLETTI L., NONNIS O., GABELLINI M. (2005) – Il



- ripascimento della spiaggia di Roma (Ostia): Studio di compatibilità ambientale per lo sfruttamento dei depositi sabbiosi sommersi. Atti dei Convegni Lincei "Ecosistema Roma", Roma 14-16 Aprile 2004, Bardi Editore, **218**: 359-365.
- PEIRANO A., BIANCHI C.N. (1995) - Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance: a simulation-like approach off Liguria (NW Mediterranean Sea). In: "Proceedings of the 30th E.M.B.S.", Southampton, UK, September 1995: 87-95.
- PELLEGRINI D., ONORATI F., VIRNO LAMBERTI C., MERICO G., GABELLINI M., AUSILI A. (2002) - Aspetti tecnico-scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali marini. Dragaggi Portuali. Quaderno ICRAM N° 1: 201 pp.
- PÉRÈS J.M., PICARD J. (1964) – Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*, **31**: 5-137.
- PERGENT G. (1991) - Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. *Océanis*, **17** (4): 341-350.
- PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., BOUDOURESQUE C.F. (1995) – Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: état des connaissances. *Mésogée*, **54**: 3-29.
- POINER I.R., KENNEDY R. (1984) – Complex patterns of change in the macrobenthos of a large sandbank following dredging. *Marine Biology*, **78**: 335-352.
- PORCHER M. (1984) - Impact des mouillages forains sur les herbier a *Posidonia oceanica*. In: "International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds", Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. (eds.), GIS Posidonie publ., Fr., **1**: 63-72.
- PRETI M. (1985) - Ricerca di depositi sabbiosi sul fondo del mare Adriatico da utilizzare per il ripascimento delle spiagge in erosione. IDROSER, Bologna: 176 pp.
- PRETI M. (1990) - Ricerca di depositi sabbiosi sul fondo del mare Adriatico da utilizzare per il ripascimento delle spiagge in erosione, 2^a campagna. IDROSER, Bologna: 115 pp.
- PRETI M. (2002) - Ripascimento di spiagge con sabbie sottomarine in Emilia-Romagna. *Studi costieri*, **5**: 107-134.
- PRETI M., ALBERTAZZI C. (2003) - Complex Sand Nourishment in Emilia-Romagna Region. In: "MEDCOAST '03 - Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment", Özhan E. (ed.), 7-11 October 2003, Ravenna, Italy: 1639-1648.
- PUIG P., PALANQUES A., SANCHEZ-CABEZA J.A., MASQUÈ P. (1999) – Heavy metals in



- particulate matter and sediments in the southern Barcelona sedimentation system (North-Western Mediterranean). *Marine Chemistry*, **63**: 311-329.
- PULCINI M., NICOLETTI L., LA VALLE P., PAGANELLI D., GABELLINI M. (2002) – Il GIS applicato ad un'analisi di compatibilità ambientale per lo sfruttamento di depositi sabbiosi sommersi lungo la piattaforma continentale laziale ai fini di ripascimento. *Atti 6° conferenza A.S.I.T.A.*, Perugia, novembre 2002, **2**: 1179-1183.
- RAKOCINSKI C.F., HEARD R.W., LECROY S.E., McLELLAND J.A., SIMONS T. (1996) - Responses by macrobenthic assemblages to extensive beach restoration at Perdido Key, Florida, USA. *Journal of Coastal Research*, **12** (1): 326- 353.
- REES H.L., DARE P.J. (1993) – Sources of mortality and associated life-cycle traits of selected benthic species: a review. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research. Fisheries Research Data Report, n. **83**, Lowestoft, 1993: 36 pp.
- ROBERTS R.D., GREGORY M.R., FOSTER B.A. (1998) – Developing an efficient macrofauna monitoring index from an impact study – a dredge spoil example. *Marine Pollution Bulletin*, **36** (3): 231-235.
- RUIZ J.M., ROMERO J. (2003) – Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, **46**: 1523-1533.
- RUIZ J.M., MARIN A., CALVO J.F., RAMIREZ-DIAZ L. (1993) – Interactions between floodway and coastal constructions in Aguilas Bay (southeastern Spain). *Ocean and Coastal Management*, **19**: 241-262.
- SALEN-PICARD C., BELLAN G., BELLAN-SANTINI D., ARLAHAC D., MARQUET R. (1997) – Changements à long terme dans une communauté benthique d'un golfe méditerranéen (golfe de Fos). *Oceanologica Acta*, **20** (1): 299-310.
- SANDPIT (2005) – Sand transport and morphology of offshore sand mining pits. Process knowledge and guidelines for coastal management. van Rijn L.C., Soulsby R.L., Hoekstra P., Davies A.G. (eds.). EC Framework V Project No. EVK3-2001-00056: 816 pp.
- SARDÀ R., PINEDO S., GREMARE A., TABOADA S. (2000) – Changes in the dynamic of shallow-bottom assemblages due to sand extraction in the Catalan Western Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Science*, **57**: 1446-1453.
- SCHUBEL J.R., CARTER H.H., WILSON R.E., WISE W.W., HEATON M.G., GROSS M.G. (1978) - Field investigations of the nature, degree, and extent of turbidity generated by open-water pipeline disposal operations. Technical Report D-78-30. Marine Sciences Research



- Centre, State University of New York, Stony Brook, NY: 245 pp.
- SCIPIONE M.B. (1989) – Comportamento trofico dei Crostacei Anfipodi in alcuni sistemi bentonici costieri. *Oebalia*, **XV**-1NS: 249-260.
- SCIPIONE M.B., FRESI E. (1984) - Distribution of amphipod crustaceans in *Posidonia oceanica* (L.) Delile foliar stratum. In: "International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds", Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. (eds.), GIS Posidonie publ., Fr., **1**: 319-329.
- SEIDERER L.J., NEWELL R.C. (1999) – Analysis of the relationship between sediment composition and benthic community structure in coastal deposits: implications for marine aggregate dredging. *ICES Journal of Marine Science*, **56**: 757-765.
- SNYDER G.R. (1976) - Effects of dredging on aquatic organisms with special application to areas adjacent to the northeastern Pacific Ocean. *Marine Fisheries Review*, **38**: 34-38.
- STICKENEY R.R., PERLMUTTER D. (1975) – Impact of intracoastal maintenance dredging on a mud-bottom benthos community. *Biological Conservation*, **7**: 211-225.
- TAYLOR P.D., WILSON M. A. (2003) - Paleoecology and evolution of marine hard substrate communities. *Earth-Science Reviews*, **62**: 1-103.
- TOUMAZIS A.D. (1995) – Environmental impact associated with the dumping of dredged material at sea. A study for the limassol port extension works. *Water Science and Technology*, **32** (9-10): 151-158.
- TUNESI L., BOUDOURESQUE C.F. (2006) – Les causes de la régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. In: "Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*". Ramoge publ: 32-47.
- TURNER S.J., TODD C.D. (1991) – The effects of *Gibbula cineraria* (L.), *Nucella lapillus* (L.) and *Asterias rubens* L. on developing epifaunal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **154**: 191-213.
- VAN DALFSEN J.A., ESSINK K., TOXVIG MADSEN H., BIRKLUND J., ROMERO J., MANZANERA M. (2000) – Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the Western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, **57**: 1439-1445.
- VAN DER VEER H.W., BERGMAN M.J.N., BEUKEMA J.J. (1985) – Dredging activities in the Dutch Wadden Sea: effects on macrobenthic infauna. *Netherlands Journal of Sea Research*, **19**: 183-190.
- VAN DOLAH R.F., CALDER D.R., KNOTT D.M. (1984) – Effects of dredging and open-water disposal on benthic macroinvertebrates in a South Carolina Estuary. *Estuaries*, **7** (1): 28-37.
- VAN MOORSEL G.W.N.M. (1993) - Long-term recovery of geomorphology and population development of large molluscs after gravel extraction at the Klaverbank (North Sea). Bureau



- Waardenburg bv, Culemborg, The Netherlands: 5-54.
- VAN MOORSEL G.W.N.M. (1994) - The Klaverbank (North Sea), geomorphology, macrobenthic ecology and the effect of gravel extraction. Bureau Waardenburg bv. Culemborg. The Netherlands: 65 pp.
- VAN MOORSEL G.W.N.M., WAARDENBURG H.W. (1990) - Impact of gravel extraction on geomorphology and the macrobenthic community of the Klaverbank (North Sea) in 1989. Bureau Waardenburg bv. Culemborg. The Netherlands.
- VAN MOORSEL G.W.N.M, WAARDENBURG H.W. (1991) - Short-term recovery of geomorphology and macrobenthos of the Klaverbank (North Sea) after gravel extraction. Bureau Waardenburg bv. Culemborg. The Netherlands: 26 pp.
- WHITESIDE P.G.D., OOMS K., POSTMA G.M. (1995) – Generation and decay of sediment plumes from sand dredging overflow. In: “Proceedings of the 14th World Dredging Congress”, **14**: 877-892.
- WILBER P., STERN M. (1992) - A re-examination of infaunal studies that accompany beach nourishment projects. In: “New directions in beach management”. Proceedings of the 5th annual national conference on beach preservation technology, Tait L. (ed.), St. Petersburg, Florida, February 12-14, 1992: 242-257.
- WILBER D.H., CLARKE D.G., RAY G.L., BURLAS M. (2003) – Response of surf zone fish to beach nourishment operations on the northern coast of New Jersey, USA. *Marine Ecology Progress Series*, **250**: 231-246.
- WILHERE G.F. (2002) - Adaptive management in habitat conservation plans. *Conservation Biology*, **16** (1): 20-29.
- WRIGHT S. (1977) - Evolution and the genetics of populations. Vol. 3 - Experimental results and evolutionary deductions. University of Chicago Press, Chicago: 614 pp.

Finito di stampare nel mese di
dicembre 2006