



Università degli Studi di Parma
Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Dipartimento di Scienze della Terra

**MASTER UNIVERSITARIO INTERSEDE
IN SCIENZE COSTIERE APPLICATE**
ANNO ACCADEMICO 2010-11

Relazione Finale di Ricerca

***Ripascimenti in ghiaia e ipotesi progettuali per il
riequilibrio della spiaggia del Pozzale,
isola Palmaria***

Relatori

Chiar.mo Prof. Ing. Pier Luigi Aminti
Chiar.ma Dott.ssa Serena Strada

Candidato

Dott. Ing. Andrea Città



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile

Università degli Studi di Parma
Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Dipartimento di Scienze della Terra

**MASTER UNIVERSITARIO INTERSEDE
IN SCIENZE COSTIERE APPLICATE**
ANNO ACCADEMICO 2010-11

Relazione Finale di Ricerca

***Ripascimenti in ghiaia e ipotesi progettuali per il
riequilibrio della spiaggia del Pozzale,
isola Palmaria***

Relatori

Pier Luigi Aminti

Prof. Ing. Pier Luigi Aminti
Università degli Studi di Firenze

Serena Strada

Dott.ssa Serena Strada
Parco Naturale Regionale di Porto Venere

Candidato

Andrea Città

Dott. Ing. Andrea Città

Indice

Introduzione

Lo stato dei litorali italiani

1. Nozioni sui ripascimenti

1.1. Caratteri generali

1.2. I ripascimenti in Liguria

1.3. Monitoraggio delle opere di difesa della costa e di ripascimento degli arenili

1.3.1 Monitoraggio della qualità delle acque

1.3.2 Monitoraggio sedimentologico

1.3.3 Monitoraggio delle biocenosi costiere

1.3.4 Monitoraggio della qualità delle acque

1.3.5 Restituzione dei dati di monitoraggio

2. Inquadramento dell'intervento sulla spiaggia del Pozzale e valutazione degli scenari progettuali

2.1. Isola Palmaria

2.2. Spiaggia del Pozzale

2.3. Analisi preliminari del progetto di ripascimento artificiale

2.4. Ipotesi di intervento

2.5. Tentativo di progetto di semplice ripascimento artificiale

2.6. Preventivo di spesa per l'intervento di solo ripascimento artificiale per la spiaggia del
Pozzale

3. Conclusioni

4. Bibliografia

Introduzione

Lo stato dei litorali italiani

La fascia costiera italiana, che si sviluppa per oltre 7500 chilometri, è caratterizzata da paesaggi di eccezionale valore naturalistico, ma ospita una consistente parte delle risorse economiche nazionali, con importanti centri urbani ed industriali, infrastrutture varie ed attività turistiche.

Come in tutti i paesi industrializzati, l'interfaccia terra – mare costituisce una delle zone più soggette a degrado ambientale, sia per gli interessi conflittuali che vi si accentrano, sia per la fragilità tipica di ogni ambiente di transizione.

Questa fragilità trova la sua espressione più eclatante nell'erosione che colpisce oggi una quota consistente delle spiagge italiane. È questo un fatto nuovo, perché in epoca storica tutte le spiagge dell'Italia erano interessate da un accrescimento generalizzato, dovuto alla grande quantità di sedimenti che i fiumi portavano a mare in conseguenza degli estesi disboscamenti che venivano praticati nei bacini idrografici. Alla foce dei fiumi arrivavano così più sedimenti di quanto il mare non riuscisse a rimuoverne, tanto che in quel periodo si sono formate vaste pianure costiere orlate da imponenti cordoni dunari e cuspidi deltizie aggettanti in mare.

Le ampie spiagge sono quindi il risultato di un enorme dissesto idrogeologico, innescato da quella copertura boschiva che ha accompagnato la crescita del Paese.

Dalla metà del XIX secolo, l'abbandono delle campagne e la ricrescita del bosco, le bonifiche per colmata delle paludi costiere e gli interventi di stabilizzazione dei versanti, nonché la costruzione di dighe e l'estrazione di inerti dagli alvei fluviali, hanno determinato una drastica riduzione dell'apporto sedimentario da parte dei fiumi, cosicché le spiagge hanno iniziato a ritirarsi.

Nello stesso periodo era iniziato il flusso migratorio dall'interno verso la costa, dove, anche per favorevoli condizioni morfologiche, si sono venuti a concentrare tutte quelle attività che fanno oggi di questa parte del territorio una delle più dinamiche del Paese e con un flusso demografico in crescita costante. Purtroppo, molti insediamenti sono stati costruiti in prossimità del mare, proprio quando l'erosione stava producendo i suoi primi effetti.

Il fenomeno era divenuto così preoccupante che era stata promulgata una legge specifica, la “Legge per la difesa degli abitati dall'erosione marina” (04 luglio 1907), che prevedeva l'intervento automatico dello Stato laddove gli insediamenti abitativi erano minacciati dall'erosione. Nella Legge erano contemplate tre possibilità:

- 1 - la costruzione di pennelli,
- 2 - la costruzione di scogliere parallele a riva;
- 3 - ogni altro lavoro idoneo a fermare l'erosione.

Di fatto i litorali sono stati “stabilizzati” con scogliere aderenti e protetti dalle onde con scogliere parallele poste al largo, ma anche con molti pennelli che hanno, così, di fatto bloccato il flusso dei sedimenti lungo riva ed aggravato l’erosione nei tratti di litorale non protetti. Queste opere, inoltre, hanno stravolto il paesaggio costiero ed impediscono oggi una ottimale utilizzazione dell’arenile.

Una scarsa attenzione ai problemi ambientali e una limitata conoscenza dei processi costieri ha portato anche alla costruzione di porti lungo le coste basse, che hanno intercettato il flusso dei sedimenti lungo riva causando o incentivando l’erosione delle spiagge sotto flutto.

Il panorama costiero è però destinato a cambiare rapidamente, grazie alle nuove tecniche di difesa che si sono rese disponibili e a nuovi modelli di gestione della fascia costiera basati sulla consapevolezza che non è più possibile opporsi in modo rigido all’avanzata del mare.

Da alcuni anni in Italia si sono cominciate ad utilizzare scogliere sommerse, sia parallele che ortogonali alla riva, in modo da ridurre l’impatto visivo delle difese, ma più che altro per intervenire in modo meno violento sulla dinamica della spiaggia. Ma la novità che ha caratterizzato gli ultimi due decenni è l’affermazione dei ripascimenti artificiali, alcuni dei quali vengono oggi realizzati senza la costruzione di strutture di contenimento, accettando quindi le perdite verso il largo e lungo riva dei sedimenti versati.

Negli ultimi anni, alcuni tratti della costa italiana sono stati oggetto di importanti interventi di ripascimento con sabbia prelevata sulla piattaforma continentale, che hanno portato ad una espansione dell’arenile di svariate decine di metri, spesso consentendo una drastica riduzione delle difese tradizionali: sui litorali del Veneto, dell’Emilia Romagna e del Lazio sono stati versati complessivamente più di 20 milioni di metri cubi di sedimenti e quasi tutti gli interventi di difesa costiera oggi in fase di realizzazione o di progetto si basano su consistenti ripascimenti.

Ma oggi è possibile progettare opere di difesa più morbida, con minore impatto sulle spiagge poste sottoflutto e in grado di preservare i valori paesaggistici originari, si pone sempre il problema della sostituzione delle vecchie scogliere.

Queste, in alcuni casi, hanno modificato talmente la linea di riva ed i fondali antistanti che non è più possibile una loro semplice sostituzione con le nuove opere. È necessario studiare nuove soluzioni per gestire questa fase di transizione e di riconversione delle vecchie “hard structures” nelle nuove “soft protections”.

Alcune esperienze fatte recentemente mostrano che in molti casi è possibile un ritorno alla spiaggia, con una graduale riduzione delle scogliere senza pregiudicare la stabilità della costa e delle infrastrutture in essa presenti. Ecco che in molte regioni si progettano interventi che prevedono la demolizione delle scogliere, in molti tratti del nostro litorale, si sviluppano per una lunghezza anche doppia rispetto a quella della spiaggia che devono proteggere. Ciò è il risultato della

sovrapposizione di più eventi, spesso effettuati senza neppure una chiara comprensione dell'effetto esercitato dalle opere precedentemente costruite, dato che queste non venivano accompagnate da un monitoraggio idoneo a valutarne l'efficacia e a consentirne successive ottimizzazioni.

Oggi, non solo si interviene con difese assai meno impattanti sull'ambiente costiero, ma ogni progetto viene seguito per anni da rilievi topografici della spiaggia emersa e sommersa e dall'analisi granulometrica dei sedimenti di un ampio tratto costiero. Laddove vengono realizzati ripascimenti artificiali, il controllo si estende alle biocenosi marine e, se i materiali derivano dal dragaggio dei fondali, anche l'area di prelievo viene monitorata con grande attenzione.

Se l'interesse per l'ambiente costiero ed il valore economico della spiaggia spingono verso la ricerca di soluzioni sempre più nuove per la difesa dei litorali, contemporaneamente emerge la consapevolezza che non tutte le spiagge sono difendibili, anche perché in molti casi è proprio la loro erosione che garantisce l'afflusso di sabbia ai settori limitrofi. Il fatto che circa l'80% delle spiagge mondiali sia in erosione dimostra che questo processo dipende anche da fattori globali, e principalmente dall'innalzamento del livello marino, al quale non sembra si possa trovare un rapido rimedio. Il convivere con l'erosione è la nuova sfida che si deve affrontare, e se si è costretti a difendere ad ogni costo i litorali intensamente urbanizzati, parallelamente si deve consentire all'erosione di procedere negli ambienti più naturali, considerando che in molti casi la delocalizzazione di piccole strutture ha dei costi economici, e certamente ambientali, assai minori di quelli di difesa ad oltranza.

Se questo è lo scenario che ci si attende, è evidente che ogni piano di sviluppo della fascia costiera deve essere attentamente valutato, per evitare che fra breve non si debba intervenire per difendere gli insediamenti appena costruiti.

Capitolo 1

Nozione sui ripascimenti

1.1 - Caratteri generali

Per **ripascimento** in geomorfologia ed in geologia si intende il fenomeno naturale di riporto lungo i fiumi, i laghi e le coste marine di quantità di sabbia per l'azione dello scorrere delle acque lungo i fiumi ed in mare per l'azione delle onde e delle correnti.

Il **ripascimento** costiero ultimamente è un argomento che ha assunto una grande importanza per la necessità del ripristino artificiale delle condizioni preesistenti o ideali di tratti sabbiosi marini, ma anche lagunari e fluviali, quasi sempre quindi spiagge utilizzate a fini turistici presso località balneari, attraverso l'azione di riporto di volumi di sabbia con le stesse caratteristiche peculiari del sito interessato, quindi dello stesso colore, granulometria e tipologia del materiale, generalmente quarzo e/o granuli di conchiglie e coralli frantumati e levigati dall'azione delle onde o digeriti da specie ittiche quali i pesci pappagallo o balestra. Il ripascimento artificiale è quindi una azione molto delicata e complessa e si deve rispettare e che solitamente si intraprende a seguito di un lungo ed acceso dibattito ambientale e politico.

Ormai molte sono le spiagge erose per motivazioni diverse che vanno dal prelievo delle sabbie avvenuto in assenza di regole e normative negli anni '50/'60 per la forte speculazione edilizia dell'epoca, alla modifica delle linee di costa per la costruzione di moli, pennelli di protezione dal moto ondoso ed opere civili e la conseguente modifica delle correnti e delle maree abbinata alla costante erosione dei fondali adiacenti spesso determinati dalla sparizione della *Posidonia oceanica*. In molti casi tuttavia l'azione del moto ondoso può avere caratteristiche naturali di particolare ed insolita forza ed intensità che determina asportazioni di notevoli quantità di sabbia ma anche grandi danneggiamenti di opere civili ed insediamenti costieri. Tale situazione ha determinato la necessità di studiare e finanziare molteplici interventi di risanamento delle coste. Negli ultimi anni molti sono stati gli interventi di ripascimento di spiagge a livello nazionale anche molto conosciute, soprattutto per i grandi interessi e motivazioni socio/economiche ed ambientali connesse.

A livello internazionale in molte località, legate ad un costante e rapido sviluppo economico e turistico ed in grado di attuare progetti senza difficoltà di carattere burocratico ed ambientale, e soprattutto con notevoli disponibilità finanziarie, sono stati realizzati importanti lavori di ripascimento artificiale, associati alla realizzazione di barriere rocciose e reef artificiali. Uno dei

casi più conosciuti è l'imponente sviluppo di tali realizzazioni lungo le coste degli Emirati Arabi e di Abu Dhabi in particolare con la creazione di diverse isole artificiali a forma di Palma.

I sistemi di riporto della sabbia sono molteplici, uno dei più semplici è quello di riportare la sabbia dai fondali adiacenti la linea di battigia attraverso ruspe o altri mezzi meccanici di movimento terra o con elettro/motopompe aspiratrici azionate da operatori subacquei. Un altro metodo molto utilizzato negli ultimi anni è quello di aspirare la sabbia da siti denominati così "cave di sabbia marina", in pratica fondali distanti dalla linea di costa e profondi, attraverso mezzi navali dotati di sistemi di aspirazione molto potenti in grado di riversare attraverso lunghe tubazioni enormi quantità di sabbia presso le spiagge interessate dagli interventi. L'azione finale è quella del relativo spianamento e livellamento anche con l'ausilio di sistemi laser.

In diversi casi, a fronte degli ingenti costi sostenuti dalle amministrazioni interessate, il ripascimento non ha ottenuto il soddisfacente risultato sperato, innescando clamorose contestazioni e conseguenti azioni delle autorità giudiziarie con diverse condanne per i responsabili degli interventi non eseguiti secondo i capitolati di appalto. Uno dei casi più eclatanti è stato il ripascimento delle spiagge del Poetto a Cagliari dove è stata riportata sabbia non corrispondente a quella preesistente poiché di tonalità notevolmente più scure e granulometrie differenti, molto evidenti alla vista lungo le linee di contatto adiacenti tra la sabbia originale e quella riportata, visibili anche attraverso Google Earth. Vi sono state inoltre anche altre azioni completamente illegali, con utilizzo di sabbie prelevate da cave poste in terraferma, del tipo usato per l'edilizia, quindi assolutamente non conformi. Questo poiché i costi di attuazione sono molto ridotti ed i tempi di intervento molto rapidi nei confronti dei prelievi marini, condizionati questi anche dalle condizioni meteo-marine avverse, le caratteristiche delle sabbie sono però solitamente completamente differenti. È il caso di alcune attività commerciali, compresi villaggi ed alberghi, posti sulla spiaggia che hanno utilizzato questo sistema per ripristinare le spiagge antistanti le loro strutture ed addirittura per riportare sabbia dove questa non vi è mai stata presente, quindi in assenza di autorizzazioni, di studi scientifici e valutazioni di impatto ambientale preliminari.

Altro problema importante, spesso non tenuto nella dovuta considerazione è il ripresentarsi della successiva rierosione dei litorali soggetti a ripascimento artificiale, poiché i fattori che hanno determinano le condizioni di erosione rimangono in essere e non sono state intraprese azioni correttive o risolutive efficaci o se tali azioni sono state in qualche modo intraprese con la creazione di barriere artificiali queste non sono state sufficienti o sono del tutto errate nella impostazione progettuale e di studio preliminare o di realizzazione. Essendo quindi una delle motivazioni principali dell'erosione il movimento delle correnti e del moto ondoso impetuoso, rimane molto difficile studiare e progettare sistemi che siano oltretutto in armonia con i parametri estetici ed

ambientali naturali, vedi utilizzo di manufatti in cemento e/o di strutture visibili, quali le scogliere artificiali, sopra il livello dell'acqua, rimane quindi un argomento di studio e di confronto aperto ed in continua evoluzione.

1.2 I ripascimenti in Liguria

Il turismo balneare rappresenta per la Liguria una delle principali risorse economiche; accanto alle politiche e agli interventi per il miglioramento e la salvaguardia della qualità delle acque marine, la manutenzione ed il potenziamento delle spiagge rappresentano pertanto per la nostra Regione una attività di importanza strategica.

Tutta la costa Ligure è interessata da interventi di ripascimento sia a carattere manutentivo che strutturale ed in particolare la provincia di Savona è al primo posto nell'iniziativa di ripascimento degli arenili mentre la provincia di La Spezia risulta quella meno attiva per questa tipologia di intervento.

Negli ultimi dieci anni l'amministrazione regionale ha investito molto sugli interventi di ripascimento del litorale, sia a livello economico (con il finanziamento degli interventi) sia a livello normativo.

A livello normativo la prima azione ha riguardato la sfera dell'attribuzione delle competenze: con la legge regionale 13/99 i ripascimenti sono stati distinti in due categorie:

- a. **ripascimenti stagionali:** quelli volti esclusivamente alla manutenzione della spiaggia (ripristino annuale dei profili di spiaggia) e che prevedono l'apporto di sabbia in quantità inferiore ai 10 metri cubi per metro lineare di spiaggia; l'autorizzazione di tali interventi è stata delegata ai Comuni;
- b. **ripascimenti strutturali:** interventi volti al potenziamento, alla ricostruzione o alla creazione ex novo di spiagge, con apporto di sabbia in quantità superiore ai 10 metri cubi per metro lineare di spiaggia; l'autorizzazione di tali interventi è compito della Regione.

In seconda battuta l'azione normativa e regolamentare ha riguardato gli aspetti procedurali e tecnici a cui sottoporre la progettazione e l'approvazione degli interventi: la già citata legge 13/99 affida infatti alla Regione la definizione dei criteri generali, dei requisiti qualitativi e delle modalità operative da osservare nella progettazione e nella realizzazione degli interventi.

Nell'esercizio di tali funzioni, la Regione ha emanato nel 2001 i "***Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili***", che individuano i

contenuti progettuali e i criteri di ammissibilità tecnica e ambientale, o nel 2002, il regolamento regionale n.6 "*Disciplina del procedimento relativo all'approvazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili*", che individua l'iter procedurale che i Comuni devono seguire per l'approvazione degli interventi stagionali; o nel 2003 i "***Criteri generali per la progettazione e l'esecuzione delle opere di difesa della costa e degli abitati costieri e di ripascimento degli arenili***" che individuano, tra l'altro, i contenuti progettuali e i criteri di ammissibilità tecnica e ambientale per i ripascimenti strutturali.

Tale corpus attività normativa è stata ritenuta assolutamente necessaria al fine di garantire buone procedure in rispondenza ad alti costi: il ripascimento è un intervento oneroso e la sua resa in termini di nuove superfici di spiaggia e di stabilità del risultato deve essere alta affinché tale strategia di intervento risulti vincente; o ambientalmente compatibile.

Al fine di contemperare le esigenze economiche legate alla risorsa "spiaggia" con quelle ambientali è stato necessario individuare standard qualitativi sui materiali utilizzati: le esperienze del passato hanno insegnato che il riutilizzo di materiale "di fortuna" (originato da scavi e demolizioni, senza selezione o vagliatura) hanno causa pesanti ripercussioni sulla trasparenza delle acque e sulla sopravvivenza dei popolamenti marini.

Dal 2003 il Settore ecosistema Costiero raccoglie in uno specifico data-base i dati tecnici di tutti i ripascimenti stagionali (in base al regolamento n. 6 ogni Comune è tenuto ad inviare al Dipartimento Ambiente, quale osservatorio a scala regionale, le informazioni sugli interventi realizzati) e strutturali (approvati direttamente in seno regionale).

La raccolta e relazione dei dati comprende il quinquennio dal 2003 (anno in cui la normativa di settore è andata a regime) al 2007.

I dati sono presentati

- alla scala locale: per ogni comune è stata elaborata una scheda monografica con i dati dei singoli ripascimenti e della loro localizzazione geografica; in questo caso sono stati inclusi, per completezza, anche i dati preliminari dei principali interventi strutturali del 2008 ancora in corso;
- alla scala regionale: ai fini di una trattazione statistica i dati del quinquennio 2003- 2007 sono stati aggregati in base a diversi parametri quali:
 - ⇒ Tipologia: ripascimento stagionale o strutturale;
 - ⇒ Provincia di appartenenza;
 - ⇒ Tipo di fonte del materiale.

Per quanto riguarda la fonte del materiale utilizzato per i ripascimenti sono state individuate

le seguenti categorie

- Alveo: sedimenti prelevati dai torrenti a scopo di manutenzione idraulica;
- Cava: materiale acquistato in cava come materia prima;
- Mare: sedimenti dragati da fondali marini, dall'imboccatura portuale di porticcioli turistici, dal bacino di porti in costruzione;
- Scavo: sedimenti derivanti da scavi di opere pubbliche o private (gallerie, box interrati ecc.);
- Spiaggia: sedimenti prelevati dalla spiaggia sommersa;
- Foce: sedimenti prelevati dalla barra di foce di corsi d'acqua.

Occorre sottolineare che l'attribuzione delle categorie "mare", "spiaggia", "foce" "alveo", ambiti talvolta fra loro contigui e funzionalmente collegati dal punto di vista sedimentologico, è sempre soggetta ad un margine di discrezionalità.

In particolare la Regione Liguria, ai sensi dell'art. 2, c.5 della L.R. n. 13/99, è chiamata a svolgere l'attività di indirizzo e di coordinamento in materia di protezione ed osservazione della costa e ripascimento degli arenili in quanto deve garantire che sia effettuata un'adeguata verifica dell'efficacia degli interventi di difesa della costa dall'erosione e degli interventi strutturali di ripascimento anche in termini di incidenza sul litorale e sull'ambiente marino costiero.

Appare, quindi, opportuno approfondire e meglio dettagliare gli aspetti relativi al monitoraggio degli interventi da effettuare prima e dopo l'intervento.

1.3 Monitoraggio delle opere di difesa della costa e di ripascimento degli arenili.

Tali criteri rappresentano, in particolare, il contenuto minimo essenziale del *Piano di monitoraggio delle opere di difesa della costa e di ripascimento degli arenili*, che deve essere già sviluppato in sede di progettazione dell'opera sul presupposto che il monitoraggio debba essere calibrato in funzione della tipologia dell'opera e dell'estensione areale del tratto di litorale interessato.

Il Piano, che potrà essere approfondito, caso per caso, in relazione agli impatti previsti dell'opera sul paraggio ed alle finalità della stessa, individua le azioni essenziali da intraprendere ad intervento ultimato:

- il monitoraggio della dinamica costiera;
- il monitoraggio sedimentologico;
- il monitoraggio delle biocenosi;

- il monitoraggio della qualità delle acque, qualora le opere comportino la delimitazione di specchi acquei a ridotto scambio idrico.

Costituiscono elaborati fondamentali del Piano la relazione tecnica descrittiva e la planimetria delle sezioni e dei punti di campionamento.

1.3.1 Monitoraggio della dinamica costiera

Il monitoraggio della dinamica costiera implica l'effettuazione delle seguenti indagini da programmare e sviluppare secondo i seguenti criteri:

1) Estensione del monitoraggio (areale e temporale)

Il monitoraggio va esteso a tutto l'areale di possibile influenza dell'opera e va quindi calibrato in relazione all'entità ed alla tipologia dell'opera stessa. A tale scopo devono essere individuati:

- i limiti dell'unità fisiografica all'interno della quale insiste l'intervento;
- la profondità di chiusura della spiaggia sommersa.

Sulla base di questi elementi, da considerarsi come limiti dell'area da monitorare, sarà cura del progettista restringere l'area ad un paraggio costiero più ridotto motivando la scelta sulla base di opportune considerazioni tecniche.

Il monitoraggio deve svilupparsi per un tempo sufficiente ad una corretta valutazione degli effetti sul litorale e dell'efficacia dell'intervento: almeno 3 anni dopo la conclusione dei lavori per interventi di piccola entità (ripascimenti di spiaggia, risistemazione di opere costiere, etc..) e almeno 5 anni per interventi comportanti nuove opere fisse (costruzione di pennelli, barriere, nuove spiagge).

2) Rilievi piano altimetrici

- **Rilievo della linea di riva**

Il rilievo va effettuato con cadenza minima annuale tramite qualsiasi metodo che garantisca una precisione minima di ± 20 cm (GPS ad alta precisione, fotogrammetria, topografia).

Il rilievo va effettuato dopo le mareggiate invernali e prima degli interventi di risistemazione delle spiagge, che precedono la stagione balneare.

– **Rilievo del profilo della spiaggia emersa.**

Il Piano deve prevedere l'individuazione di un congruo numero di profili morfologici trasversali, perpendicolari alla linea di riva. L'ubicazione dei profili deve essere scelta in modo tale da rappresentare la spiaggia emersa in tutta la sua estensione anche in relazione alla presenza di opere fisse (pennelli, barriere, moli). La metodologia di rilievo morfologico potrà essere scelta dal progettista, in ogni caso dovranno essere indicate la posizione delle creste della berme ordinarie e di tempesta, l'estensione della battigia, lo scalino di battigia.

Elementi a corredo dei rilievi piano altimetrici

A corredo dei rilievi planoaltimetrici devono essere indicate:

- le caratteristiche dell'ultima mareggiata che ha interessato il litorale precedentemente al rilevamento, in termini di altezza d'onda al largo e direzione del moto ondoso;
- per ogni campagna di rilevamento della spiaggia l'ora e il giorno di rilievo, il livello medio mare (comprensivo di correzione di marea lunisolare e atmosferica).

Capisaldi

Il Piano deve prevedere che, in occasione della prima campagna di monitoraggio, vengano individuati i capisaldi di inizio dei profili di spiaggia, da posizionare in corrispondenza di strutture fisse e inamovibili e da individuare chiaramente sul terreno. Le relative monografie, contenenti le coordinate spaziali e la descrizione inequivocabile della posizione dei capisaldi, dovranno essere fornite alla Regione insieme ai dati del monitoraggio.

Rilievi batimetrici

Il Piano di Monitoraggio deve prevedere un rilievo batimetrico, che va esteso a tutto l'areale interessato dalla dinamica sedimentaria dalla linea di battigia fino alla profondità di chiusura della spiaggia sommersa, considerando un'ondazione con tempo di ritorno annuale.

Può essere utilizzata qualsiasi metodologia di rilievo che consenta la precisione prevista dalla scala del rilievo (ecoscandaglio con posizionamento GPS, multibeam, ecc.).

La scala del rilievo dipende dall'entità dell'intervento e dalla complessità della morfologia del fondale. La griglia di rilievo può variare da 5 metri per analisi molto dettagliate, con restituzione grafica alla scala 1:500 per esempio nei pressi di un'opera fissa, fino a 50 metri, con restituzione in scala 1:5000 per zone di fondale omogeneo. Date le finalità del monitoraggio non è ammessa una griglia di rilievo più ampia tranne che in situazioni particolari che sarà cura del progettista dimostrare ed evidenziare.

Nel caso di rilievo tramite profili batimetrici è necessario che i profili siano posizionati in continuità con quelli di spiaggia emersa, ove presenti.

1.3.2 Monitoraggio sedimentologico

Il monitoraggio sedimentologico prevede la caratterizzazione della spiaggia emersa e sommersa tramite il prelievo e l'analisi di campioni e la misura di alcuni parametri sedimentologici in conformità a quanto previsto nei criteri seguenti.

Campionamento

I campioni vanno prelevati in congruo numero e la loro ubicazione deve essere scelta in base alle finalità del monitoraggio, quindi dove le indicazioni dedotte dalle analisi possono essere più utili.

Il Piano deve fornire al soggetto incaricato del monitoraggio i criteri per la scelta dei punti di campionamento in relazione alla morfologia della spiaggia e dei risultati degli stessi campionamenti.

In generale:

- Spiaggia emersa: il campione va prelevato sulla battigia, possibilmente al centro di ogni eventuale falcatura minore presente sulla spiaggia. Nel caso di presenza di morfologie cuspidate il campione di battigia va prelevato al centro della concavità. Occorre prelevare solo i primi 2-3 centimetri di spessore, campionando, pertanto, le lamine di sedimento espressione del moto ondoso in atto al momento del prelievo. Se ritenuto utile in sede di esecuzione del monitoraggio, sulla spiaggia emersa vanno misurati i centili della berma ordinaria e delle eventuali berme di tempesta presenti.
- Spiaggia sommersa: l'ubicazione dei campioni va scelta sulla base delle caratteristiche morfologiche del fondale in corrispondenza di particolari elementi morfologici quali barre, truogoli ovvero laddove vi siano significative variazioni della morfologia, fino alla

profondità di chiusura della spiaggia. Qualora nei rilievi successivi al primo si evidenzino zone di accumulo o erosione del fondale, è opportuno che alcuni campioni vengano ubicati in tali zone.

La spaziatura dei campioni deve consentire la caratterizzazione completa della spiaggia sommersa.

Il campionamento va effettuato prelevando la porzione superficiale del fondale.

- **Analisi granulometriche**

Le analisi granulometriche sui campioni prelevati secondo le modalità sopra descritte devono essere eseguite con la metodologia prevista dalla norma UNI EN 933-1.

A tale scopo va utilizzata una batteria di setacci a intervallo 1 μ . Qualora ricorrano circostanze particolari, per esempio fondali sabbiosi molto omogenei, al fine di discriminare in maniera più dettagliata le classi granulometriche, è opportuno prevedere l'utilizzo di una batteria di setacci ad intervallo $\frac{1}{2}$ μ .

I setacci vanno scelti opportunamente in modo da rappresentare il sedimento nella sua completezza. Il crivello di diametro superiore va, quindi, scelto in base alla dimensione massima dei granuli presenti nel campione da analizzare (norma UNI EN 933-1).

1.3.3 Monitoraggio delle biocenosi costiere

Qualora risulti necessario il monitoraggio delle biocenosi costiere, possono essere svolte una o più delle seguenti attività di indagine:

- descrizione dei fondali lungo transetti, da documentare tramite riprese video e fotografie di punti notevoli;
- mappatura dei fondali, da effettuarsi attraverso indagini elettroacustiche (side scan sonar, multibeam) e mosaica tura dei relativi sonogrammi;
- conteggi o censimenti su aree standard, finalizzati alla definizione dello stato delle praterie di fanerogame o di popolamenti di substrato duro. Per la caratterizzazione qualitativa dei posidonieti si dovrà fare riferimento alla metodologia di cui alla Deliberazione della Giunta regionale n.773 del 04/07/2003;
- “balisage” (marcatura) del limite superiore e inferiore delle praterie di Posidonia;
- censimenti visuali della fauna ittica.

Ai fini della redazione del monitoraggio delle biocenosi costiere, occorre fare riferimento alla “Mappatura dei principali popolamenti marino – costieri della Liguria” in scala 1:10.000 edita e continuamente aggiornata dalla Regione, disponibile in formato GIS (formato *esri* o *mapinfo*). Tale cartografia deve essere utilizzata, unitamente alla bibliografia disponibile, come base di riferimento per le attività di approfondimento e di verifica sul campo.

La scelta della o delle tecniche di indagine viene effettuata dal professionista incaricato dell'esecuzione del monitoraggio in funzione dell'estensione dell'area e delle caratteristiche naturalistiche desumibili dalla documentazione di riferimento.

Il Piano deve contenere una descrizione del sistema di posizionamento dei dati (estremi dei transetti, georeferenziazione di raster e grid, punti balisage, punti censimenti, punti foto), che deve permettere una precisione del rilievo non inferiore ai 2 metri.

1.3.4 Monitoraggio della qualità delle acque

Nel caso in cui gli interventi comportino la delimitazione di specchi acquei a ridotto scambio idrico, il Piano prevede la definizione dei punti di campionamento, secondo gli standard stabiliti dalla normativa vigente sulle acque di balneazione, per la determinazione periodica di parametri quali:

- Ossigeno disciolto
- Trasparenza
- Coliformi fecali
- Streptococchi fecali.

1.3.5 Restituzione dei dati di monitoraggio

Al monitoraggio segue una fase di restituzione dei dati.

I dati raccolti nel corso del monitoraggio della dinamica costiera (topografico, batimetrico), vanno resi in formato compatibile con gli standard della Regione Liguria in forma di triplette x,y,z, e in forma di elaborati grafici georiferiti secondo gli standard:

- Coordinate metriche Gauss-Boaga fuso ovest (datum Roma 1940)
- Coordinate metriche UTM, fuso 32 (datum WGS 84).

Ai risultati dei Rilievi Planoaltimetrici devono essere allegate le monografie dei capisaldi di inizio dei profili di spiaggia, individuati in occasione della prima campagna di rilievi, contenenti le coordinate spaziali e la descrizione inequivocabile della posizione dei capisaldi stessi.

La restituzione dei risultati delle analisi granulometriche, in particolare, deve essere effettuata secondo il modello di riferimento presente in normativa.

Occorre, inoltre, allegare una tabella riassuntiva dei dati secondo il modello, dove le classi granulometriche rappresentate sono indicative e dipendono dal tipo di sedimento analizzato.

Non sono, invece, necessarie elaborazioni dati e valutazioni, in quanto i dati di monitoraggio verranno inseriti nel sistema regionale ed ivi elaborati.

Per quanto attiene ai risultati del monitoraggio delle biocenosi, tutto il materiale cartografico deve essere fornito anche in versione numerica (GIS o autocad) e georiferito in uno dei seguenti sistemi di riferimento:

- Coordinate metriche Gauss-Boaga fuso ovest (datum Roma 1940);
- Coordinate metriche UTM, fuso 32 (datum WGS 84).

Tutto il materiale iconografico (foto e video) deve essere fornito anche in versione digitale, in formato compatibile con i sistemi della Regione Liguria.

Capitolo 2

Inquadramento dell'intervento sulla spiaggia del Pozzale e valutazione degli scenari possibili

2.1 – Isola Palmaria

L'**isola Palmaria** si trova nel mar Ligure, all'estremità occidentale del Golfo della Spezia; con la sua area di 1,89 km quadrati è di fatto la più grande isola dell'Arcipelago Spezzino e di tutte le cinque isole liguri.

Posta di fronte al borgo di Portovenere, da cui è separata da uno stretto braccio di mare detto *Le bocche*, è parte di un arcipelago costituito anche dalle isole del Tino e del Tinetto. Il suo territorio fa parte del comune di Portovenere.

Dal 1997 l'isola Palmaria, insieme alle altre isole Tino e del Tinetto, Porto Venere e le Cinque Terre è stata inserita tra i Patrimoni dell'umanità dell'UNESCO.

L'isola ha una forma triangolare: i lati che si affacciano verso Portovenere e il golfo della Spezia sono quelli più antropizzati e degradano dolcemente sino al livello del mare, ricoperti dalla tipica vegetazione mediterranea; il lato che guarda verso ovest, ossia verso il mare aperto, è caratterizzato invece da alte falesie a picco sull'acqua, nelle quali si aprono molteplici grotte. I lati più antropizzati vedono la presenza di alcune abitazioni private, di una trattoria (in località *Pozzale*) e soprattutto di stabilimenti balneari, sia pubblici sia riservati ai dipendenti di Marina Militare e Aeronautica Militare.

Per quanto riguarda il lato occidentale, ovvero quello più difficilmente accessibile, sono degne di nota la Grotta Azzurra, visitabile in barca, e la Grotta dei Colombi, che si può raggiungere solo calandosi con delle corde. Quest'ultima in particolare si è rivelata molto importante nello studio delle vicende storiche del Golfo, in quanto al suo interno sono state ritrovate ossa fossili di animali pleistocenici, quali il camoscio e il gufo delle nevi, ma soprattutto resti di sepolture umane, che attestano la presenza dell'uomo ad almeno cinquemila anni fa.

Sull'isola sono presenti inoltre molte costruzioni di carattere militare e di grande interesse storico: sulla sommità, inaccessibile in quanto ex territorio militare ed attualmente in stato di abbandono, il forte *Conte di Cavour* (o forte Palmaria), la batteria sperimentale oggi adibita a centro di educazione ambientale e la batteria Semaforo; presso punta Scuola, la torre corazzata *Umberto I* – che aveva in dotazione due cannoni Krupp da 400 mm, ossia con il più alto calibro per l'epoca –, adibita nel secondo dopoguerra a carcere militare e da pochi anni ristrutturato e i resti della batteria

Albini; sparsi nell'intero territorio dell'isola, svariati bunker risalenti alla Seconda guerra mondiale e resti di postazioni d'artiglieria costiera e contraerea per lo più inaccessibili in quanto abbandonati e sommersi dalla vegetazione.

Degna di nota, infine, è la presenza (nella parte meridionale dell'isola, denominata *Pozzale*) di una cava abbandonata, utilizzata un tempo per l'estrazione del pregiato marmo nero con striature dorate detto *portoro*. Sono ancora presenti i resti delle gru e dei paranchi utilizzati per la movimentazione dei blocchi di marmo, nonché i muri delle abitazioni dei minatori.

Il 22 maggio 2009 è stato abbattuto con 672 candelotti di esplosivo gelatinato (per un totale di circa 50 chili), l'ecomostro che da anni rendeva brutta la vista della costa dell'isola da Portovenere. Il cosiddetto "Scheletrone" era stato costruito nel 1968 con regolare concessione edilizia.



Fig. 1 – Isola Palmaria (Google Earth)

2.2 – Spiaggia del Pozzale

La Spiaggia del Pozzale si trova sul lato occidentale dell'isola di Palmaria, nel comune di Portovenere; vi si accede solo via mare con i vaporetto che partono da La Spezia ed ovviamente da Portovenere. Si tratta di una bellissima spiaggia ciottolosa dalle pietre ben levigate, circondata da un magnifico scenario naturale, con scogliere e colli ricoperti di pinetina a pino d'Aleppo e mirti, lecci, lentischi, cisti e ginestre. Questo intorno naturalistico incontaminato e selvaggio è disturbato unicamente dalla presenza di un accampamento militare e di un piccolo bar-ristorante. Il mare è bellissimo, turchese, cristallino, trasparente e con fondali sassosi, ideale per fare il bagno, facendo attenzione all'ingresso in acqua. Se si è già sull'isola, è possibile raggiungere la spiaggia a piedi tramite un sentiero piuttosto ripido.



Fig. 2 – Spiaggia del Pozzale oggetto dell'intervento di ripascimento (Google Earth)

2.3 – Analisi preliminari del progetto di ripascimento artificiale

La presente relazione, come suggerito nello stesso titolo, è una elaborazione dei dati raccolti e analizzati al fine di un futuro intervento di riequilibrio della spiaggia del Pozzale in località isola Palmaria, comune di Portovenere (Sp).

I dati relativi alle analisi preliminari inerenti il clima meteomarinico e la statistica degli eventi estremi, utile per la fase di progettazione e verifica degli interventi strutturali e i risultati in termini di profili di spiaggia, e dell'analisi della batimetria del fondale ottenuta da un rilievo con Side Scan Sonar e Single Beam si sono ottenuti da un'elaborazione eseguita dall' Ing. Buzzolino.

In seguito al primo sopralluogo del Gruppo di Progettazione Pozzale, avvenuto in data 22 Luglio 2011, sono state raccolte idee e informazioni relative ad un possibile intervento, nei limiti delle criticità economiche e geografiche, tali considerazioni vengono di seguito riportate e opportunamente ampliate in relazione alle analisi meteo marine svolte.

Per l'esecuzione dei lavori di riequilibrio dell'area, sono stati stanziati dalla Regione Liguria circa 300000 €, tale cifra vincola fortemente il tipo di intervento da eseguire.

Infatti, opere di difesa come i ripascimenti, vanno stimati non solo sulla base dei costi di realizzazione e dei materiali utilizzati, ma necessitano di ulteriori spese per la gestione e il mantenimento nel tempo dell'opera stessa. Chiaramente, quanto meglio viene realizzata l'opera ex novo, tanto minori saranno i costi di gestione stagionale.

Della cifra a disposizione, si è ipotizzato che circa 200000 € siano destinati all'acquisto dei materiali e la restante cifra vada indirizzata alla realizzazione dell'opera stessa, tali ripartizioni risultano comunque inadeguate alla risoluzione della criticità del luogo, soprattutto nell'ottica di un intervento duraturo nel tempo. Infatti, la posizione della spiaggia, ubicata su un' isola, eleva i costi di trasporto dei materiali, implica la necessità di lavorare in condizioni di mare calmo con conseguente allungamento dei tempi di lavoro e noleggio dei mezzi rispetto agli standard di realizzazione.

Alla base di qualsiasi progettazione di opere di difesa marittima c'è l'analisi meteomarina, nel caso del Pozzale, le analisi svolte hanno evidenziato come il paraggio sia interessato da un'area di generazione che va indicativamente dal Golfo di Lerici fino all'Isola d'Elba (settore di traversia 30 – 160 °N Fig. 3).



Fig. 3 – Settore di traversia

Relativamente a tale settore, le onde più gravose sono quelle provenienti dalla direzione tra i 150 e i 160° N, mentre per i venti i più frequenti sono quelli provenienti da terra in direzione $30 - 40^\circ$ N. Osservando la rosa del mare e quella dei venti per il settore di traversia, e comparandole con quelle omnidirezionali è immediato notare l'effetto di riparo dell'isola del Tino, che protegge la spiaggia dai forti venti che spirano da mare in direzione $195 - 210^\circ$ N, mitigando così l'area del Pozzale che risulterebbe senno in mare aperto.

2.4 – Ipotesi di intervento

Si riportano di seguito, infine, i possibili tipi di intervento ipotizzati:

- ripascimento tradizionale,
- allungamento pontili con eventuale incurvamento del pontile Sud a protezione del ripascimento della spiaggia;
- creazione di un'isola sommersa a protezione del ripascimento della spiaggia,
- barriera sommersa da pontile a pontile a protezione del ripascimento della spiaggia.

L'ipotesi di effettuare un intervento di tipo "morbido" quale il ripascimento, è negli ultimi anni una delle soluzioni progettuali di difesa costiera più gradite e realizzate, ma di alti costi di realizzazione e mantenimento, come spiegato in precedenza. Pertanto, visto il budget modesto a disposizione e quindi la difficoltà di realizzare con tale cifra un ripascimento duraturo, sono state ipotizzate una serie di soluzioni alternative che permettano un minore utilizzo di materiale nell'intervento e svolgano al tempo stesso un'azione di protezione.

L'ipotesi più semplice da realizzare prevede la ristrutturazione dei pontili di attracco in modo da renderli una parte strutturale dell'intervento con funzione di limitare il trasporto lungo costa ed un eventuale allungamento con pennello che preveda un incurvamento per il pontile più a Sud in modo da limitare il moto ondoso.

L'idea più originale, ma sicuramente costosa, deriva da una accorta analisi della carta batimetrica, che evidenzia una zona pianeggiante antistante la spiaggia alla profondità di circa -8 m che permetterebbe l'alloggio di un'isola sommersa a protezione della spiaggia.

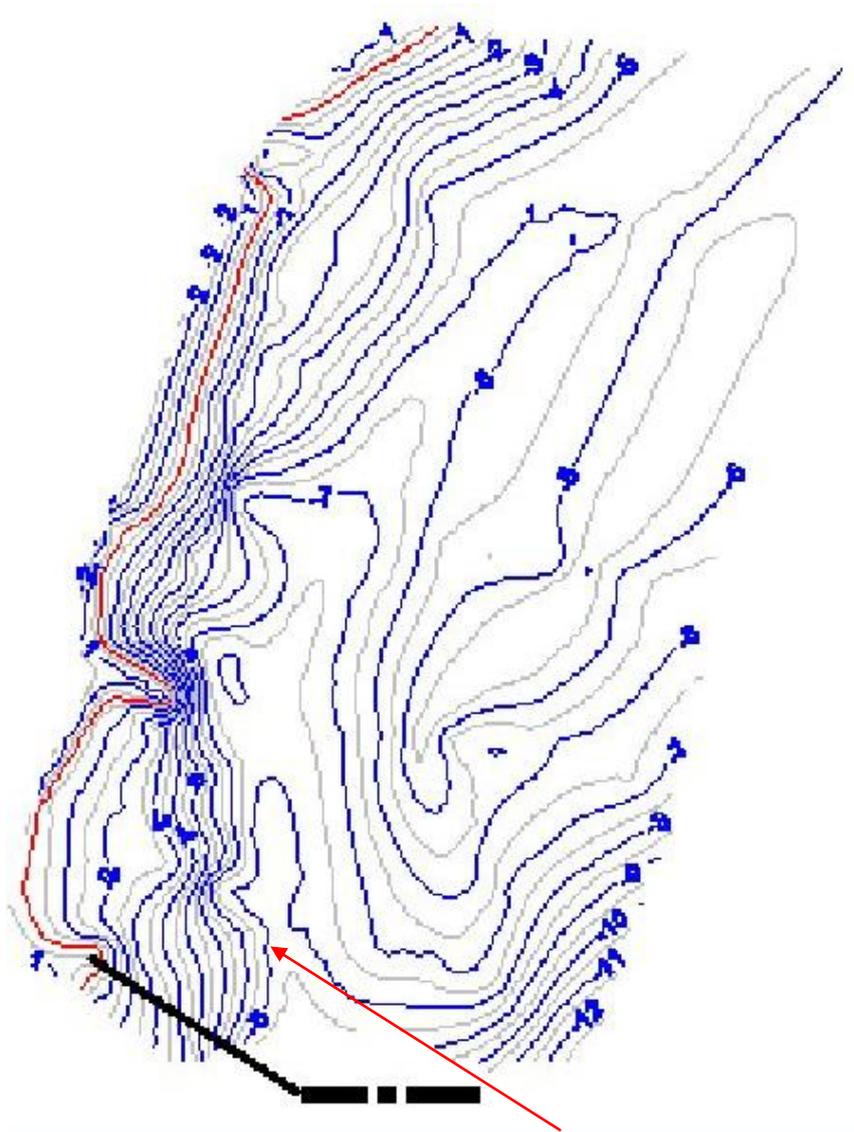


Fig. 4 - Carta batimetrica: individuazione zona per inserimento isola sommersa.

Infine, l'ultima ipotesi progettuale prevede l'inserimento di una barriera soffolta tra i due pontili che anche in questo caso devono essere opportunamente ristrutturati, creando così una cella chiusa, protetta dai pontili sui lati e dalla barriera frontalmente, che limiterebbe lo scambio di sedimenti con l'esterno fino alla creazione di una sorta di unità fisiografica.

2.5 – Tentativo di progetto di semplice ripascimento artificiale in ghiaia

In questo paragrafo si trattano i passi affrontati per arrivare a disegnare un profilo di equilibrio della spiaggia del Pozzale in esame attraverso un ripascimento in ghiaia.

Il materiale che verrà utilizzato durante l'esecuzione dei lavori deve essere di qualità simile a quello già presente in luogo per non alterare gli equilibri naturali della spiaggia. Poiché in questo caso non è semplice reperire materiale simile a quello naturale in zone adiacenti la spiaggia, i costi di trasporto sono molto elevati in quanto la ghiaia va trasportata, tramite camion, dalla zona di cava al porto della Spezia e successivamente, con l'utilizzo di chiatte, portata via mare sulla zona oggetto dell'intervento.

L'onda di progetto scelta è di 4,5 m, che al frangimento raggiunge valori di 5,22 m.

Dalla statistica degli eventi estremi, fornita dall'Ing. Buzzolino, si nota come per le verifiche a 20-30 anni si debbano utilizzare onde di 6 – 6,5 m. Inoltre è stata calcolata la profondità di chiusura, indicante il limite alla movimentazione dei sedimenti che risulta essere di 8,98 m.

I ripascimenti delle spiagge in ghiaia hanno la funzione di stabilizzare la linea di riva e assorbire l'energia del moto ondoso. Il profilo di equilibrio delle spiagge in ghiaia e ciottoli, sotto determinate caratteristiche di moto ondoso e dei sedimenti, viene ricavato con il modello parametrico di Van der Meer che utilizza i seguenti dati:

- parametri del moto ondoso quali: altezza d'onda significativa H_s , periodo d'onda T , numero di onde incidenti N ;
- parametri di spiaggia quali: profilo iniziale, diametro medio dei sedimenti utilizzati per l'intervento di ripascimento D_{50} e pendenza iniziale della spiaggia naturale.

Il numero di Van der Meer è pari a H_0T_0 e si ricava dalla seguente equazione:

$$H_0T_0 = \left(\frac{H_s}{\Delta D_{50}} \right) T \sqrt{\left(\frac{g}{D_{50}} \right)}$$

dove, nel nostro caso:

- altezza d'onda significativa H_s è pari a 0,8 volte la profondità di scarpata $h_s = 3$ m e quindi $H_s = 2,4$ m;
- diametro medio dei sedimenti utilizzati per il ripascimento $D_{50} = 0,02$ m
- accelerazione di gravità $g = 9,81$ m²/s;
- periodo d'onda $T = 10,5$ s.
- $\Delta = 1,65$;
- numero di onde incidenti $N = 5000$ (dato utilizzato nelle formule seguenti).

Ora, noto il numero di Van der Meer H_0T_0 , è possibile calcolare gli altri parametri fondamentali per disegnare il profilo di equilibrio:

- limite di Run – Up l_r : $H_0T_0 = 2,9 \left(\frac{l_r}{D_{50}N^{0,05}} \right)^{1,3}$;
- posizione della cresta l_c : $H_0T_0 = 21 \left(\frac{l_c}{D_{50}N^{0,12}} \right)^{1,2}$;
- altezza della cresta h_c : $H_0T_0 = 25 \left(\frac{h_c}{D_{50}N^{0,15}} \right)^{1,5}$;
- posizione della scarpata l_s : $H_0T_0 = 3,8 \left(\frac{l_s}{D_{50}N^{0,07}} \right)^{1,3}$;
- profondità della scarpata $h_s = 3$ m (emerge dai profili della spiaggia iniziale disegnati conoscendo la batimetria del fondale);
- profondità di transizione h_t : $H_0T_0 = 5 \left(\frac{h_t}{D_{50}N^{0,04}} \right)^{1,5}$

Dai calcoli svolti, in questo caso, i valori ottenuti dei parametri sopra descritti risultano essere quelli in Fig. 5.

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| $H_s =$ | 2,40 m |
| $D_{50} =$ | 0,02 m |
| $N =$ | 5000 |
| $T =$ | 10,5 sec |
| $H_0 T_0 =$ | 8868,78 |
| $l_r =$ | 14,69 m |
| $l_c =$ | 8,57 m |
| $h_c =$ | 3,60 m |
| $h_s =$ | 3,00 m |
| $l_s =$ | 14,15 m |
| $h_t =$ | 4,12 m |

Fig. 5 – Valori dei parametri necessari per il disegno del profilo di equilibrio

Trovati i valori di h_c , l_c , h_s , l_s è possibile ricavare i parametri a_1 e a_2 delle curve che rappresentano il profilo in prossimità della linea di riva che hanno le seguenti espressioni:

- $y = a_1 x^{0,83}$ per il tratto sopra il livello del mare;
- $y = a_2 (-x)^{1,15}$ per il tratto sotto il livello del mare

dove a_1 e a_2 vengono determinati sostituendo alle coppie di valori $(y; x)$ rispettivamente $(h_c; l_c)$ nel primo caso e $(h_s; l_s)$ nel secondo caso.

Nota la batimetria antistante la spiaggia del Pozzale oggetto dell'intervento, si è reso possibile disegnare tre profili che dessero un'idea dell'andamento del fondale scegliendo tre tracciati che intercettassero le zone sommerse reputate più interessanti (Fig. 6).

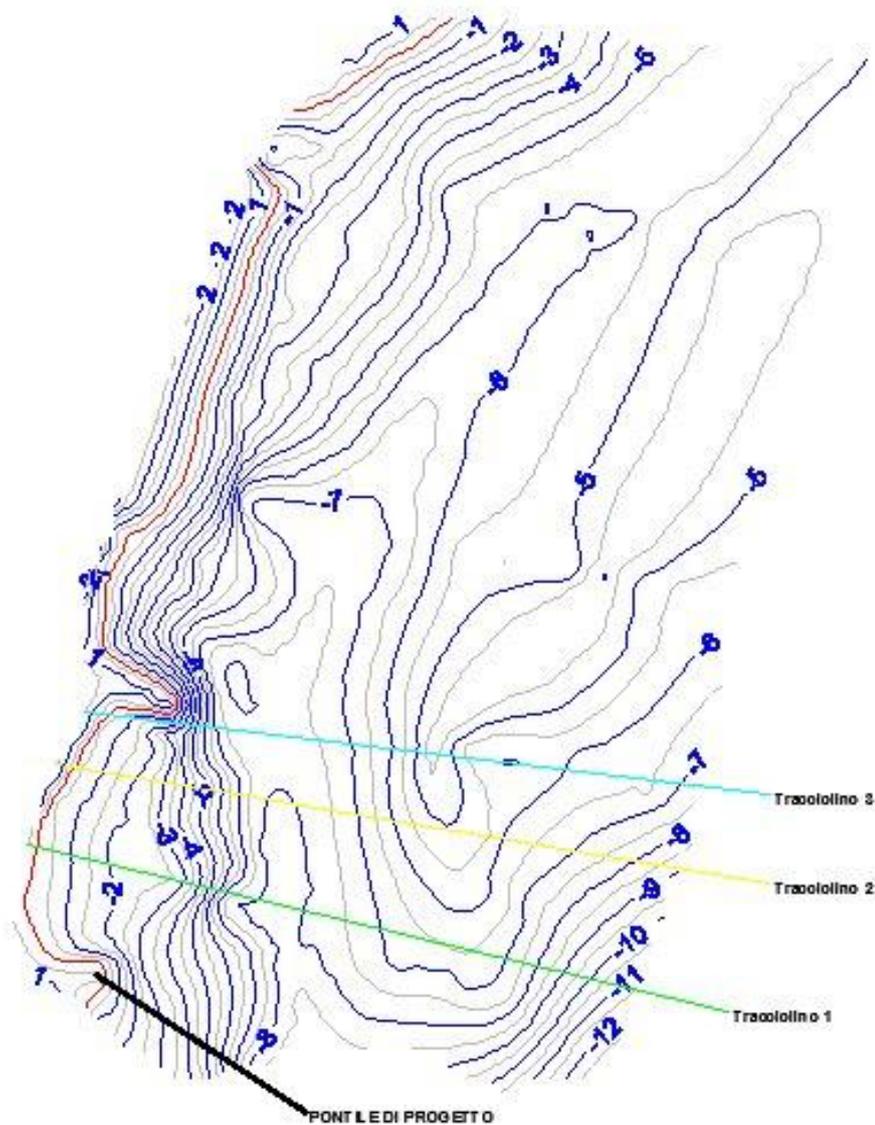


Fig. 6 – Batimetria e tracciati scelti

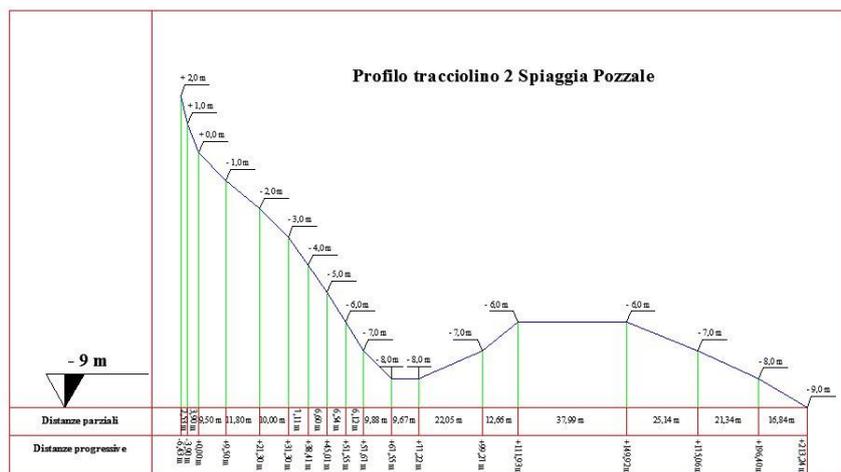


Fig.7 – Andamento del fondale relativo al tracciato 2

A questo punto si sono disegnati i profili di equilibrio riferiti al tracciato 2 (Fig.7) e al tracciato 3, mentre il tracciato 1 è stato scartato perché troppo vicino al pontile lato sud. Il volume di ghiaia V necessario al ripascimento artificiale si calcola misurando la quantità di ghiaia necessaria a riempire lo spazio tra l'andamento del fondale e il profilo di equilibrio ottenuto dal metodo di Van der Meer, ed è trovato facendo la media dei volumi ottenuti dal profilo di equilibrio 2 e 3. Nel nostro caso, quindi, il volume di ghiaia necessario al ripascimento è pari a 33 m^3 per metro lineare.

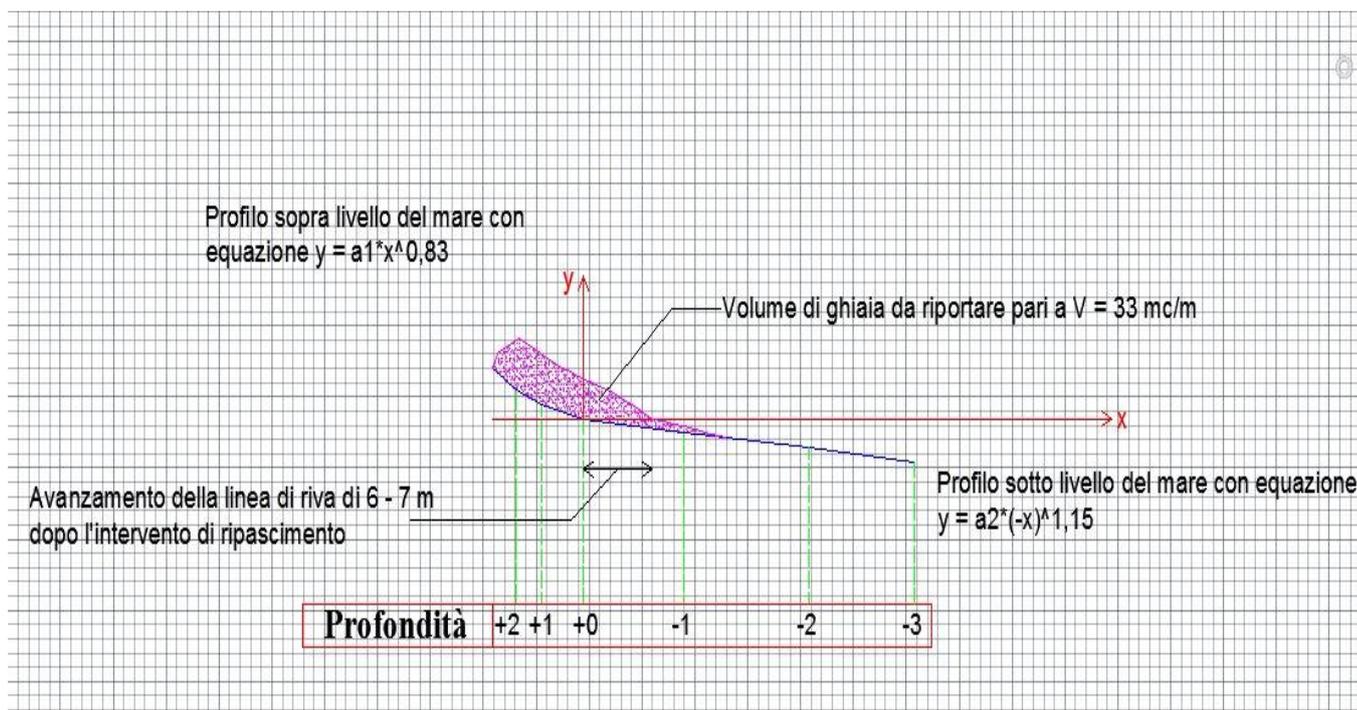


Fig. 8 – Profilo di equilibrio spiaggia Pozzale

2.6 – Preventivo di spesa per l'intervento di solo ripascimento artificiale per la spiaggia del Pozzale

Nel paragrafo precedente si è visto come per eseguire un intervento di riequilibrio con solo ripascimento artificiale della spiaggia del Pozzale oggetto dello studio siano necessari 33 m³ di ghiaia per metro lineare. Il costo della ghiaia di dimensioni congrue al materiale già presente varia dai 15 ai 20 € al m³. Poiché la spiaggia oggetto dell'intervento è lunga circa 98 m, per il ripascimento sono necessari circa 3300 m³ di ghiaia, quindi, per una stima preliminare dei costi per l'acquisto del solo materiale necessario per il riequilibrio la spesa ammonta a 66000 €, considerando il prezzo della ghiaia pari a 20 € al m³.

A questa spesa vanno aggiunte anche le seguenti altre:

- 20 € al m³ per il trasporto del materiale con chiatta dal porto della Spezia, quindi un totale di 66000 euro;
- 8 € al m³ per lo stendimento del materiale sulla spiaggia, quindi per un totale di 26400 €;
- 3% sulla spesa per gli oneri per la sicurezza, pari a 4752 €;
- 10% sulla spesa per le spese tecniche, pari a 15840 €;
- 5% sulla spesa per eventuali imprevisti, pari a 7920 €;
- 60000 € per il monitoraggio;
- 10000 € per le spese amministrative;
- 20% sulla spesa totale di I.V.A.

In conclusione, quindi, per realizzare l'intervento di ripascimento della spiaggia del Pozzale sono necessari 308300 € complessivi, praticamente più del budget stanziato dalla regione Liguria per l'esecuzione dei lavori che ammontava a 300000 €.

Al termine dell'intervento si ha un avanzamento della linea di riva di circa 6 – 7 m dalla posizione attuale.

3. Conclusioni

Concludendo, quanto emerge da questo lavoro preliminare è la grande difficoltà nel riequilibrio della spiaggia del Pozzale: oltre ai problemi di natura economica e geografica infatti, si è ipotizzato che la grande spiaggia presente negli anni '70-'80 fosse una conseguenza dell'accumulo di materiale di scarto derivato dalla cava adiacente e non la reale configurazione del litorale.

Infatti, con la cessazione delle attività estrattive (1984) sono venuti a mancare gli apporti di sedimento ghiaioso, in una zona interessata da forti correnti lungo costa, ed è quindi iniziato il forte fenomeno erosivo.

Pertanto si crede che senza l'attività di cava la spiaggia non sarebbe esistita e che quindi ora si sia ritornati al ripristino della situazione naturale della zona.

4. Bibliografia

- Coastal Engineering Manual, *EM 1110-2-1100*, U.S. Army Corps of Engineers' (USACE).
- Wikipedia;
- “Criteri generali per il monitoraggio delle opere di difesa della costa e degli abitati costieri e di ripascimento degli arenili” – DGR N. 1783/2005
- AMINTI P., 1989. *Raccolta dei dati relativi ai venti ed al moto ondoso*. In *Coste Toscane: studi sulla erosione, sui venti, sul moto ondoso* (a cura del Dipartimento Ambiente Regione Toscana e dell' Università degli Studi di Firenze). Convegno Coste toscane: Erosione o Tutela, Alberese Giugno 1989, 11-31.
- AMINTI P.L., PRANZINI E., 2000. *Indagine sperimentale per la ristrutturazione delle difese di Marina di Pisa*. Studi Costieri, 3, 57-70.
- AMINTI P., PRANZINI & TECCHI M.G., 1999. Modello di previsione del profilo di una spiaggia artificiale in ghiaia per la protezione di litorali o di opere costruite sulla costa. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1-2 ottobre 1998, pp. 257-262.
- BERRIOLO G., SIRITO G., 1972. *Spiagge e Porti Turistici*. Hoepli Editore Milano, 428 pp.
- CNR, MURST (CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, MINISTERO DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA), 1997. *Atlante delle spiagge italiane: Dinamismo - Tendenza evolutiva - Opere umane*. S.EL.CA., Firenze.
- OPEN UNIVERSITY - OCEANOGRAPHY COURSE TEAM, 1989. *Waves, Tides and Shallow Water Processes*. Pergamon Press, Oxford, 187 pp.
- U.S. CORPS OF ENGINEERS, 1984. *Shore Protection Manual (Fourth Edition)*. Department of the Army, Coastal Engineering Research Center. U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 20402. Two volumes