



COMUNE DI RAVENNA

AREA INFRASTRUTTURE CIVILI
SERVIZIO GEOLOGICO PROTEZIONE CIVILE



Sistema di Qualità certificato per
Progettazione, programmazione,
affidamento, direzione lavori
dei lavori pubblici
e delle manutenzioni ordinarie;
gestione espropri.

INTERVENTO: Lavori finalizzati alla difesa e salvaguardia della zona Nord di Lido di Dante

FASE PROGETTUALE

PRELIMINARE – DEFINITIVA

| | | |
|---|--|-------------------------------|
| Segretario Generale Dott. Paolo Neri | Assessore ai LL.PP.: Roberto Giovanni Fagnani | Sindaco Michele de Pascale |
| Capo Servizio: Dott. Gianni Gregorio | Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI | |

**RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO:**

Dott. Gianni Gregorio

PROGETTISTA COORDINATORE:

Dott. Nannini Sergio

COORD. SICUREZZA PROGETTAZIONE:

Dott. Nannini Sergio

PROGETTISTA:

Dott. Nannini Sergio

COLLABORATORE ALLA PROGETTAZIONE

Geom. Michela Chiarini

ELABORAZIONE GRAFICA:

Dott. Nannini Sergio

Geom. Chiarini Michela

| | | | | | |
|------|-------------|----------|--------------|------------|-------|
| | | | | | |
| 0 | EMISSIONE | | | | |
| Rev. | Descrizione | Redatto: | Controllato: | Approvato: | Data: |

ELABORATO:

RELAZIONE GENERALE

Codice intervento:

fasc. 2020/06.05/349

Data:

09 settembre 2020

Codice Elaborato:

1R RG

Scala:

File:

06.05/349.P.D - RG

Revisione:

R0

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUZIONE..... | 2 |
| 2. INQUADRAMENTO GENERALE..... | 3 |
| 2.1. Inquadramento geografico | 3 |
| 2.2. Inquadramento vincoli esistenti..... | 4 |
| 3. CRITICITA' PRESENTI SULL'AREA..... | 6 |
| 3.1. Elementi antropici..... | 6 |
| 3.2. Naturalistica | 7 |
| 3.3. Trasporto di sedimenti..... | 8 |
| 3.4. Subsidenza | 9 |
| 3.5. Eventi Estremi | 10 |
| 4. SOLUZIONI PROGETTUALI E VERIFICA DELLE ALTERNATIVE | 13 |
| 5. L'INTERVENTO PREVISTO..... | 17 |
| 6. OBIETTIVI DI PROGETTO | 18 |
| 7. ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI..... | 19 |

1. INTRODUZIONE

In data 2 Febbraio 2017, presso la sede del Comune di Ravenna, è stata stipulata la convenzione con P.G. N.16925 del 02/02/2017 fra il **COMUNE DI RAVENNA E ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITA' DI BOLOGNA - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI (DICAM) PER IL SERVIZIO RELATIVO ALL'INDIVIDUAZIONE, MEDIANTE MODELLAZIONE NUMERICA E VERIFICA DI VARIE IPOTESI DI DIFESA, DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE OTTIMALE PER LA PROTEZIONE DEL TRATTO DI LITORALE A NORD DI LIDO DI DANTE.**

A partire dalla metà degli '80, causa la subsidenza, il blocco del trasporto lungo costa a causa delle opere di difesa realizzate e l'insufficienza degli apporti di sabbia al mare da parte dei fiumi, diversi tratti di spiaggia protetti da scogliere sono entrati in erosione o in deficit sedimentario, e tra questi vi è quello in oggetto del presente intervento.

Per cercare di migliorare la situazione del paraggio costiero, il Comune di Ravenna e la Regione Emilia-Romagna hanno già attivato negli anni recenti interventi finalizzati al miglioramento delle condizioni di sicurezza dell'abitato di Lido di Dante mediante interventi di solo ripascimento che si sono resi necessari negli ultimi anni con cadenza annuale. Al fine di garantire il mantenimento di una lunghezza di spiaggia minima e una difesa dell'abitato è sono stati realizzate opere di difesa costiera come pennelli o scogliere.

Nello Studio in oggetto, eseguito dalla Prof. Ing. Archetti e dall' Ing. Gaeta, è stata analizzato un ampio tratto di costa antistante Lido di Dante nella zona compresa tra la prima scogliera emersa di Lido Adriano e la costa a circa mille metri a sud della difesa soffolta di Lido di Dante. Lo studio è finalizzato alla predisposizione di uno studio di fattibilità mirato all'ottimizzazione della risposta del sistema attuale di scogliere emerse al fine di ridurre i fenomeni erosivi oggi in atto. L'analisi ha compreso: simulazioni della dinamica litoranea del tratto costiero mediante modelli numerici, individuazione e proposizione giustificata della soluzione progettuale ottimale.

Quest'area va considerata sotto il profilo della dinamica costiera come un paraggio a sé stante ove risulta quasi nulla l'alimentazione naturale proveniente da sud in quanto anche la zona naturalistica di foce Bevano è soggetta a evidenti fenomeni erosivi, come anche è quasi nulla la quantità di sedimenti che annualmente vengono trasportati dai Fiumi Uniti.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO



L'area interessata dall'intervento è ubicata nella parte meridionale del Comune di Ravenna ed è ricompresa nella "Macrocella" n. 4, nel "tratto costiero significativo" n. 41, nella tavola n. 6 del Sistema regionale Cella Litoranee SICELL, come definito nello "Stato del litorale emiliano - romagnolo all'anno 2007".

I tratti sono stati recentemente ridefiniti, nel 2010, dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del progetto Europeo "Coastance".

Nella presente relazione si utilizzerà quindi la nuova e più recente classificazione regionale, che ha già una valenza definitiva, facendo riferimento alle "Celle" relative. In base a questa nuova classificazione, il progetto interesserà quindi principalmente la "Cella litoranea" della costa regionale n. 73 denominata "Sud Foce Fiumi Uniti con parziali influenze sulla cella adiacente nord (n. 74 - "Foce Fiumi Uniti") che non viene interessata dai lavori, ma solo dai possibili effetti degli stessi.

Le schede relative alle celle allegate al presente elaborato, danno una descrizione tecnica della località in oggetto, la quale viene riportata sintetizzata e aggiornata alla situazione attuale. Il tratto di costa di Lido di Dante, ubicato in cella n. 73 interessato dal presente progetto, è di tipo "Cella con spiaggia", ha un'estensione di 600 m, ovvero compreso tra l'ultimo pennello di Lido di Dante e la foce del Fiumi Uniti. La cella è compresa nel comune di Ravenna ed è idonea ad una necessità di intervento, dovuta anche alla presenza di un retro-spiaggia urbanizzato.

Sotto il profilo dell'equilibrio costiero, la situazione attuale è la seguente:

- La zona di Lido di Dante è difesa, da sud a nord, da un'univa difesa soffolta (circa 0,80 km), sub parallela alla linea di riva, con chiusura sia a nord che a sud della cella di sedimentazione mediante due pennelli anch'essi soffolti;
- A nord la foce dei Fiumi Uniti è delimitata da una difesa radente a protezione dell'argine in sinistra idraulica, che si collega tramite un pennello soffolto alle difese emerse di Lido Adriano.

I due bacini idrografici nella zona considerata presentano caratteristiche e dimensioni molto differenti. Il Bacino di Fiumi Uniti, che sfocia a nord di Lido di Dante, è quello più ampio e il torrente Bevano, che sfocia a sud del sito di studio, è essenzialmente un canale naturale di scarico di pianura con un trasporto irrilevante di sedimenti. Il primo costituisce il più importante sistema idrografico della Romagna con una superficie di circa 1540 km², suddivisa nei due sottobacini del fiume Montone (750 km²) e del Ronco (750 km²).

2.2. INQUADRAMENTO VINCOLI ESISTENTI

Si è verificata la conformità ai seguenti strumenti di pianificazione:

- a) Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) approvato ai sensi dell'art. 1 bis della Legge 431/1985, con DCR n. 1338 del 28 gennaio 1993 e n. 1551 del 14 luglio 1993;
- b) Gestione integrata delle zone costiere (GIZC), rappresenta lo strumento di programmazione e pianificazione di riferimento per la gestione della costa in Emilia Romagna, adottato dal Consiglio Regionale dell'Emilia Romagna con Delibera 20 gennaio 2005 n. 645;
- c) Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna (PTCP) è stato adottato con D.G.P. n. 51 del 06.06.2005, approvato con D.G.P. n. 9 del 28.02.2006 e pubblicato sul BUR n. 65 del 10/05/2006;
- d) Piano Strutturale Comunale adottato con Deliberazione del Consiglio Comunale No. 117/50258 del 23 giugno 2005, successivamente approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale No. PV 25/2007 del 27 febbraio 2007;
- e) RUE adottate il 03/07/08 con Delibera di CC. No.64552/102 e approvate il 28/07/09 con Delibera di CC. No.77035/133, sono state modificate con Delibera di Consiglio Comunale No. 23970/37 del 10/03/2011;
- f) “Regolamento capanni da pesca” approvato con delibera di C.C.N. 95065/97 del 01/08/2014 è entrato in vigore con la pubblicazione BUR n.267, dell'avviso di avvenuta approvazione, il 27/08/2014 (ai sensi del comma 3 dell'Art.33 della L.R. 20/2000 smi).
- g) Piano territoriale della Stazione “Pineta di Classe e Salina di Cervia” del Parco regionale del Delta del Po approvato con la DGR 489/2012;
- h) Sito IT4070009 SIC-ZPS “Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano”, istituito con DGR 512/09;
- i) Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico redatto dall'Autorità per i Bacini Regionali Romagnoli approvato con Delibera della Giunta Regionale n. 350 del 17/03/03 e successive varianti.

Il progetto in esame nasce con la specifica finalità di difesa dai fenomeni erosivi grazie agli interventi previsti di realizzazione di un pennello con doppio tratto per meglio rispondere alle correnti presenti.

In riferimento a tale intervento, lo strumento di indirizzo regionale per la Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC) negli indirizzi proposti (a cui fa esplicito riferimento, tra l'altro, anche il

PTCP della Provincia di Ravenna per quanto attiene la disciplina del sistema costiero) promuove prioritariamente il riequilibrio sedimentario (sia dai corsi d'acqua sia lungo costa) compresi gli interventi di ripascimento anche protetto, se necessario, con opere di contenimento al fine di contrasto agli effetti negativi prodotti dall'erosione costiera,.

L'incertezza legata alla disponibilità, a costi sostenibili, di materiale da ripascimento in quantità tali da contrastare le perdite da erosione e subsidenza ovvero l'impossibilità di programmare interventi di ripascimento con sabbie da depositi sottomarini al largo, hanno indirizzato, per questo progetto, la scelta verso una soluzione marcatamente strutturale quale il pennello posizionato alla destra idraulica dei Fiumi Uniti.

Tali tipologie d'intervento risultano compatibili con quanto indicato dal Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) :“gli interventi di difesa dai fenomeni erosivi e di ingressione marina devono essere effettuati prioritariamente in forma di ricostituzione dell'apparato morfologico e vegetazionale della duna, ovvero di ripascimento artificiale protetto, anche mediante barriere soffolte, potendosi altresì prevedere la sostituzione di queste ultime alle esistenti scogliere artificiali, anche allo scopo di migliorare le condizioni di ricambio d'acqua nelle zone di balneazione comprese tra la battigia e le esistenti scogliere artificiali.” e dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna (PTCP) : “deve essere perseguita la conservazione della conformazione naturale dei territori meno interessati da processi insediativi antropici, mentre in quelli più interessati da tali processi deve essere promossa e favorita, anche mediante interventi di sperimentazione, la ricostituzione di elementi di naturalità”.

Si rimanda alla “Valutazione di Impatto Ambientale” in allegato per maggiori specifiche riguardo i vincoli elencati.

3. CRITICITA' PRESENTI SULL'AREA

3.1. ELEMENTI ANTROPICI

Già si è fatto cenno alle potenzialità attrattive per un turismo di qualità, che si mostri come alternativo al turismo balneare, competitivo con quest'ultimo in termini di destagionalizzazione e di permanenza del turista sul territorio. Sono purtroppo note, invece, le problematiche che affliggono questa stessa area in termini di degrado, conseguenza della frequentazione diffusa ed incontrollata del passato.

Come riferimento ad attività antropiche atte ad agire nella zona in oggetto, si è fatto riferimento a quanto riportato per il progetto della realizzazione delle opere soffolte in corrispondenza del Comune di Lido di Dante.

L'attività di controllo e di salvaguardia svolte dal Corpo Forestale dello Stato, nonché l'adozione di un "Regolamento delle modalità di fruizione", a partire dal giugno 2010, hanno consentito di raggiungere favorevoli risultati anche dal punto di vista della sicurezza pubblica.

Alla luce della situazione relativa all'insediamento abusivo presso la foce del Bevano – ora completamente demolito – permette prospettive finora inattuabili. Per raggiungere gli obiettivi di protezione ambientale previsti, l'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina nel 2012 ha applicato, per la fruizione della spiaggia tra Lido di Dante e Lido di Classe il vigente Piano Territoriale della Stazione "Pineta di Classe e Salina di Cervia" (D.d.G. RER n. 489 del 23.04.12). Verificata la reale efficacia degli strumenti di regolamentazione delle modalità di fruizione per contrastare i fenomeni degenerativi, si è infatti ritenuto opportuno affrontare la problematica soprattutto con metodologie di livello essenzialmente gestionale.

Nonostante il netto miglioramento rispetto alcuni anni addietro, la situazione è però da ritenersi ancora problematica.

Successivamente al disastroso incendio del luglio 2012, il Consiglio Comunale di Ravenna ha emanato un Atto di indirizzo per la rinaturalizzazione della Pineta Ramazzotti e del prospiciente sistema dunale richiedendo espressamente all'organismo di gestione della Riserva – il Corpo Forestale dello Stato, Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina – di procedere con la preclusione alla fruizione libera dell'area.

Alla luce di tutto quanto finora premesso, l'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina - per il raggiungimento dei propri prioritari obiettivi istituzionali di conservazione della biodiversità - affinché tali chiusure non risultino punitive nei confronti del tessuto socio-economico locale, ha prospettato un nuovo modello di visita, basato sul presupposto di separare il turismo balneare – da considerarsi, quando eccessivo, incompatibile con le finalità di tutela dell'area – dal turismo escursionistico, da favorire, diversificare e sostenere, in quanto fondato sul valore intrinseco della Riserva e della biodiversità in essa contenuta.

Lo scopo della proposta, se correttamente recepita e quindi rispettata, è quello di mettere a disposizione del territorio un'area di elevatissimo valore naturalistico, da fruire tuttavia in modo che sia evidente la forte connotazione di tutela ambientale. Solo in tal modo può venire garantita la valorizzazione e la riqualificazione sociale di questi luoghi.

L'Ufficio territoriale per la Biodiversità di Punta Marina da diversi anni ormai è impegnato affinché la spiaggia sia percepita in quanto parte insostituibile della stessa, con un ruolo ecologico e con precise finalità di conservazione, certamente diverse da quelle di una qualsiasi "spiaggia libera". Per un bagnante inconsapevole, una spiaggia naturale è solo un luogo improduttivo se non sono consentite attività ricreative e di svago, mentre per le finalità della conservazione la necessità è quella di sottrarre questa sottile fascia di sabbia alla presenza dell'uomo che, anche del tutto inconsapevolmente, è in grado di provocare l'estinzione locale di diverse specie.

Al contrario di aree naturali remotamente collocate in luoghi selvaggi e difficilmente raggiungibili, quest'area protetta è – da sempre – frequentata intensamente da residenti ma anche da turisti, quasi sempre per finalità del tutto diverse da quelle naturalistiche ed escursionistiche. I passaggi necessari affinché un visitatore generico acquisisca la consapevolezza di trovarsi in un luogo particolare, con precise regole predisposte per garantirne la conservazione non costituiscono solamente azioni di contorno (azioni di sensibilizzazione, educazione ambientale) ma risultano essenziali in quanto interventi finalizzati ad incrementare la percezione dell'area protetta sul territorio.

Da questo punto di vista la realizzazione di strutture finalizzate a favorire la visita affinché la stessa venga effettuata nel rispetto delle norme e, soprattutto, dell'ambiente naturale, è funzionale alle attività di conservazione (protezione fisica con staccionate, recinzioni dissuasive, passerelle di attraversamento per l'accesso alla spiaggia, capannini informativi).

3.2. NATURALISTICA

Attualmente, la criticità maggiore è quindi la rapidità con la quale le interferenze agiscono sulle specie, gli habitat ed i processi ecologici: la prima delle strategie gestionali percorribili è quindi quella di cercare di rallentare i processi di degrado del sistema, anche con interventi di tipo sperimentale.

Di regola gli interventi di protezione dei litorali soggetti ad erosione possono dividersi in due categorie in funzione del loro scopo principale: difesa delle spiagge e difesa delle dune. Per la conservazione degli ambienti naturali gli interventi maggiormente efficaci dovrebbero opportunamente tentare di garantire la coesistenza dei due differenti ambienti.

Difatti, su una spiaggia in erosione, dove anche le dune siano regolarmente attaccate dal moto ondoso, sarebbe necessario prevedere interventi per la stabilizzazione della linea di riva in quanto nessuna opera di protezione delle dune (in particolare quelle eseguite con tecniche di ingegneria naturalistica) può resistere a lungo alle sollecitazioni indotte dal moto ondoso se non è attenuato da una spiaggia di sufficiente estensione.

In effetti risulta che la fascia ottimale per l'attecchimento di cespi di *Ammophila* è compresa tra 50 e 70 m dal mare. Nel caso di eventuali interventi di rinaturalizzazione sarebbe quindi fondamentale disporre di un'ampiezza di spiaggia non inferiore a circa 50 metri.

L'approccio di intervento generalmente considerato come il meno impattante per la protezione delle spiagge è il ripascimento artificiale. Alimentando periodicamente le spiagge in erosione con sabbie prelevate in aree di deposito, talvolta anche sottomarine, si apportano sul litorale i sedimenti erosi dal mare, sostituendosi così all'azione dei fiumi. Lungo i tratti costieri caratterizzati da cospicue correnti longitudinali, i ripascimenti possono attivare il nastro trasportatore del trasporto solido. Si tratta comunque evidentemente di soluzioni che dal punto di vista del contrasto all'erosione costiera garantiscono risultati solo temporanei. Ricorrere unicamente ai ripascimenti risulta poi particolarmente rischioso in quanto l'intervento è del tutto dipendente da una disponibilità economica continua.

Oltre che oneroso, l'intervento può altresì rivelarsi rapidamente inefficace quando viene realizzato lungo tratti costieri soggetti a subsidenza particolarmente veloce, come è il caso del tratto Lido di Dante – Lido di Classe.

L'alternativa è la realizzazione di difese rigide in massi. In generale, tuttavia, gli interventi di difesa che tendono ad irrigidire il sistema sono quelli meno idonei a garantire la naturale capacità di assorbimento del sistema. Tali interventi, sebbene insostituibili nelle situazioni più critiche, sono quelli che ovviamente meno si inseriscono in un contesto naturalistico. Anche questi interventi, di concezione chiaramente ingegneristica, raramente si rivelano risolutivi, acuendo in certi casi situazioni di crisi già in atto proprio per la presenza, nelle vicinanze, di opere analoghe.

Se l'obiettivo finale è quello della conservazione degli habitat e delle specie, soprattutto vicino ai centri abitati, la realizzazione di opere di protezione rigide, può rappresentare la soluzione più efficace per la conservazione di sistemi ambientali complessi e dinamici in una scala temporale ampia, quindi garantire un processo di modifica e riassetto territoriale che non abbia un rapido e poco efficace impatto sull'ambiente. Fenomeni che portano a modifiche a lungo termine, infatti, sono da considerarsi preferibili, ove un ripascimento creerebbe un iniziale squilibrio in termini di processo sedimentario.

La costa in analisi nel progetto è soggetta a modifiche morfologiche dovute principalmente a due fenomeni:

- a) Elevato trasporto di sedimenti, il quale caratterizza le celle 73 e 74 come soggette a erosione;
- b) Eventi estremi di mareggiata, prevalentemente di Bora e di Scirocco, in aumento negli ultimi anni.

3.3. TRASPORTO DI SEDIMENTI

Il litorale di Lido di Dante è da decenni soggetto ad una forte erosione, che le opere rigide finora realizzate hanno potuto solo in parte contrastare, in quanto la problematica è associata ad una forte subsidenza dell'area, confermata dai recenti rilievi di Arpa, come anche riportato nello "Stato

del litorale emiliano - romagnolo all'anno 2007" e nel progetto COASTANCE del 2012 già sopra citato.

La riduzione del trasporto solido da parte dei corsi d'acqua rappresenta la principale causa di erosione delle spiagge. La stima della quantità di materiale portato dai fiumi è piuttosto aleatoria. I diversi studi fatti (Idroser e Preti) hanno messo in luce una notevole diminuzione dei depositi sabbiosi di provenienza fluviale dagli anni '80 agli anni '90, da imputarsi principalmente a presenza di dighe e sbarramenti lungo i corsi d'acqua, sistemazione dei bacini montani, asportazione dagli alvei fluviali di grandi masse di materiali (Bondesa e Dal Cin, 1975; Antoniazzi, 1976). Le misurazioni condotte negli anni tra 2000 e 2006 hanno riportato un trasporto solido al fondo apprezzabile, in particolare durante le piene. L'analisi quantitativa, eseguita dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Romagnoli assieme ad ARPA nel 2007, è stata svolta in 7 sezioni fluviali, di cui 4 in corrispondenza della chiusura dei bacini montani del Lamone, Montone, Ronco e Savio e 3 in corrispondenza della chiusura dei bacini idrografici prima dello sbocco a mare del Lamone, Fiumi Uniti e Savio.

Le misure effettuate ed i campioni analizzati hanno rilevato un trasporto di materiale sabbioso molto modesto. Infine, lo studio eseguito da *Ciavola et al.* nel 2005 individua una media del trasporto solido da parte del torrente Bevano di circa 3902 m³/anno. (1)

3.4. SUBSIDENZA

L'estesa urbanizzazione, la diminuzione dell'apporto di sedimenti da parte dei fiumi, la presenza di opere costiere nella zona sud della cella in oggetto (moli, barriere e pennelli), i marcati tassi di subsidenza hanno fortemente accentuato la vulnerabilità della costa, oggi soggetta ad estesi processi erosivi, i quali sono rimasti stabili e in attesa di interventi dal 2000 (Figura 1).

| n | denominazione | tipologia | delimitazione fisica | comune | prov. | M | UG | SUG | L | ASPE 06 | ASPE 12 |
|----|----------------------|--------------------|--|---------|-------|----|-----|-----|-----|---------|---------|
| 72 | Lido di Dante | Cella con spiaggia | Tratto difeso da una scogliera semisommersa a compreso tra il primo e il terzo e ultimo pennello | Ravenna | RA | M4 | RAC | D | 605 | E | E |
| 73 | Sud Foce Fiumi Uniti | Cella con spiaggia | Tratto compreso tra l'ultimo pennello di Lido di Dante e la foce dei Fiumi Uniti | Ravenna | RA | M4 | RAC | D | 600 | E | E |
| 74 | Foce Fiumi Uniti | Foce fluviale | Tratto corrispondente alla foce dei Fiumi Uniti | Ravenna | RA | M4 | RAC | D | 270 | | |

Figura 1 - Descrizione celle n. 73-74 - Sistema gestionale delle litoranee, Regione Emilia-Romagna, 2012

A causa dell'abbassamento dei fondali negli ultimi decenni si è inoltre riscontrato un aumento della frequenza di eventi dannosi per mareggiate associate ad acqua alta, per ultima la serie di eventi di ottobre 2010 e febbraio 2015 che hanno coinvolto tutto il tratto litorale fino a Lido di Savio. Nello specifico è registrato un tasso medio di subsidenza di 2 cm/anno per la cella 73 e 74.

Da *Calabrese et al.* (2), emerge il seguente quadro conoscitivo per la cella 73 (Figura 2 e Figura 3). Si noti la zona indicata in rosso in Figura 2 relativa alla porzione di spiaggia in erosione.



Figura 2 - Punti per rilievo altimetrico a nord di Lido di Dante - 2012

Come valutato anche dal progetto COASTANCE, la cella in oggetto presenta un forte grado di erosione, nel riferimento all'intervallo temporale 2000-2006, che aumenta negli anni. Quanto sopra descritto va integrato con altre considerazioni di fondo riguardanti il tratto in forte erosione:

- a) Per gli aspetti turistici si tratta di un'area molto importante caratterizzato da una forte pressione antropica diretta sull'arenile;
- b) Lo stato attuale delle opere di difesa presenti in zona e le metodologie di intervento fin qui adottate hanno limitato l'erosione nelle zone protette, ma comunque senza nessun beneficio per la zona oggetto del presente studio.

3.5. EVENTI ESTREMI

La zona in oggetto è soggetta a numerosi eventi estremi che vanno ad agire non solo sulla morfo-dinamica del litorale, ma anche sulla sicurezza idro-geologica, strutturale e civile della zona considerata l'abitato situato nel retro-spiaggia.

Le mareggiate sono definite come “una successione di stati di mare durante i quali $H_s(t)$ supera una soglia critica h_{crit} e non scende al di sotto di tale soglia per durate di tempo superiori a un valore Δt_{crit} prefissato” (Boccotti, 1997).

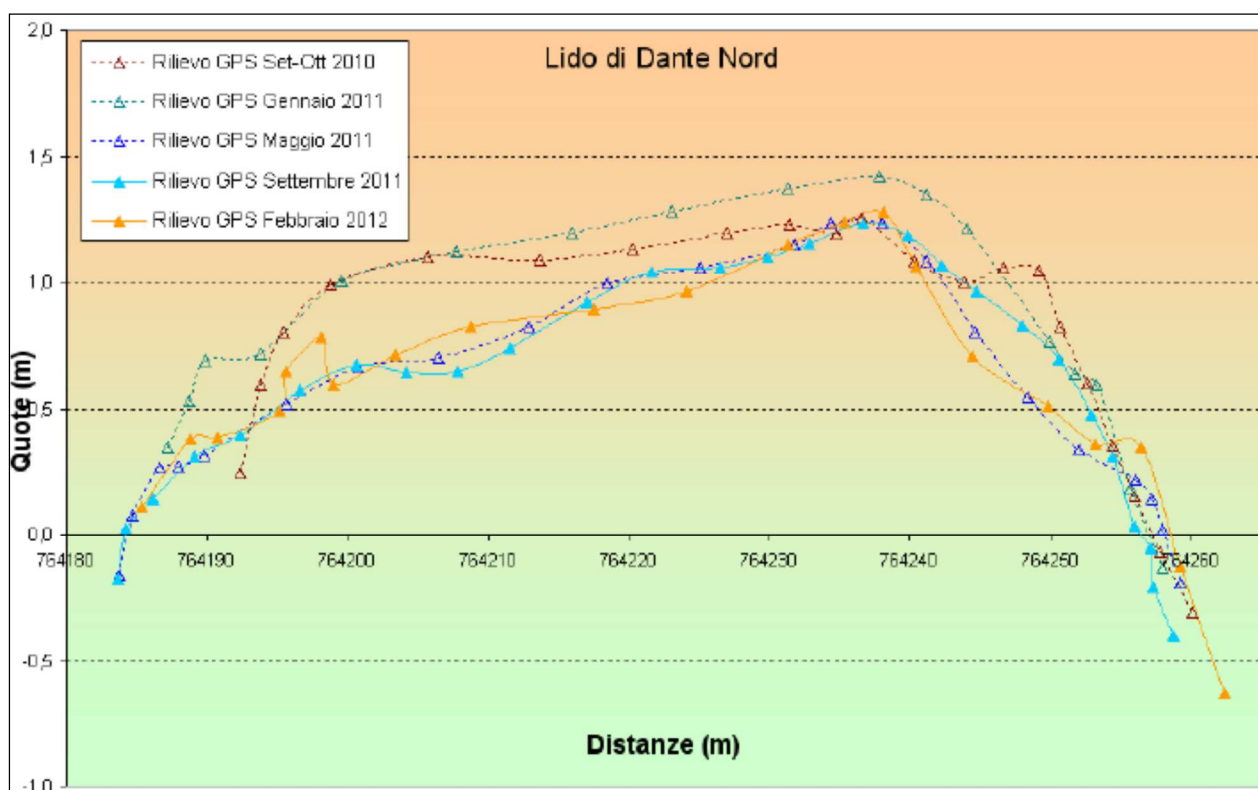


Figura 3 - Altimetria della spiaggia a nord di Lido di Dante nei rilievi da Settembre 2010 a Febbraio 2012

Secondo Boccotti (1997) il valore Δt_{crit} può essere fissato pari a 12 ore e la soglia critica h_{crit} in 1,5 m, nel Mediterraneo. Nell'Atlante delle onde nei mari italiani (Corsini et al., 2004) si considera come mareggiata la successione temporale degli stati di mare caratterizzati da: persistenza dell'altezza d'onda sopra la soglia di 1 m maggiore di 12 ore consecutive, attenuazione dell'agitazione ondosa sotto la soglia di 1 m per meno di 6 ore, appartenenza della direzione di provenienza ad un determinato settore angolare ($\pm 30^\circ$ rispetto alla direzione iniziale), intervallo temporale tra due picchi indipendenti superiore a 48 ore.

Questa stessa definizione, con la sola esclusione dell'ultima condizione, viene utilizzata da Preti (2009) per caratterizzare gli eventi di mareggiata per il litorale emiliano – romagnolo sulla base delle osservazioni disponibili per la boa di Ancona. Un'altra definizione per l'area nord adriatica si può trovare in Bertotti et al. (1996), dove una mareggiata viene ritenuta indipendente rispetto all'evento precedente e a quello successivo se risultano soddisfatte tre condizioni: l'altezza d'onda significativa massima H_s risulta superiore a 2 m; l'intervallo temporale fra due picchi successivi è di almeno 24 ore; nel periodo di tempo che intercorre fra due picchi consecutivi H_s si riduce a meno del 50% del valore del primo picco.

Su queste definizioni è stato possibile individuare numerosi eventi critici che da tempo condizionano tutto il litorale emiliano – romagnolo, in particolar modo quello riguardante il tratto in oggetto. Si riportano, con l'unico scopo di motivare la problematica ambientale dovuta alle mareggiate, gli eventi più recenti registrati dell'Ottobre 2012, del Febbraio 2015 e le ultime registrate nella stagione autunnale e invernale tra il 2016 e il 2017.

Nello studio modellistico redatto dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM) previsto per la fine della Fase I, i dati di altezza significativa, direzione e periodo di picco dell'onda utilizzati nelle simulazioni sono in totale 106.080 e coprono un arco temporale di rilevazione dal 23 maggio 2007 al 10 giugno 2013. Nello studio relativo alla verifica di stabilità dell'opera sono stati aggiunti, alla serie temporale di onde registrate, i dati fino a Novembre 2016 in modo da tener conto degli ultimi eventi estremi accaduti nell'ultimo periodo.

4. SOLUZIONI PROGETTUALI E VERIFICA DELLE ALTERNATIVE

Piuttosto che cercare di fermare il dinamismo occorre quindi trovare il modo per adattarvi. In una situazione di elevato dinamismo in senso geomorfologico, se gli interventi di stabilizzazione causano un aumento della staticità rispetto alle condizioni naturali, il sistema perde di funzionalità. In ogni caso, quando gli interventi riguardano aree naturali, è comunque lecito attendersi interferenze tra le opere di difesa e le componenti biologiche del sistema.

In via del tutto teorica occorrerebbe invece invertire la rotta e cercare di rendere più dinamico e quindi adattabile il sistema. Per rispondere a tutti gli obiettivi di difesa della zona costiera da eventi estremi di Bora e Scirocco, oltre che ad una protezione contro la marcata erosione che colpisce l'intera zona di Lido di Dante, è stata analizzata la condizione attuale in loco, per poi redigere le adeguate soluzioni progettuali.

- a) **Configurazione attuale:** tramite un'analisi qualitativa dell'andamento dell'arenile alla destra dei Fiumi Uniti, si nota come l'evoluzione della linea di costa misurata tramite un confronto di fotogrammetrie passate, nell'arco temporale tra l'anno 2003 e 2017, raggiunge un valore medio di circa 30 metri all'altezza della foce dei Fiumi Uniti e di circa 60 metri all'altezza del primo pennello a nord del complesso di difesa di Lido di Dante. Si specifica che l'immagine riportata come sfondo è relativa al 30 Aprile 2017. L'unico elemento di difesa nelle celle n. 73 e n. 74 (secondo la classificazione SICELL) è visualizzata come un'opera di armatura della foce, prevalentemente realizzata a nord della stessa.



Figura 4 - Evoluzione linea di costa - Google Maps

Avendo constatato l'assenza di una configurazione attuale in grado di adempiere agli obiettivi desiderati nella zona di intervento, le soluzioni progettuali sono così schematizzate:

- a) **Configurazione progettuale A:** opera modellata nel software MIKE21 dal DICAM – Università di Bologna per la conclusione della fase 1, con le seguenti caratteristiche:
 - 1) Asse composto da un primo tratto rettilineo di lunghezza circa 100 m e da un tratto curvilineo di circa 200 m successivo al primo;
 - 2) Quota sommitale pari a +1 m rispetto il livello medio del mare;
 - 3) Ampiezza berma di 5 m;
 - 4) Inclinazione simmetrica delle scarpate pari a 2:3.

La soluzione è stata scartata in quanto la realizzazione del tratto curvilineo non è considerata economica nella fase esecutiva;

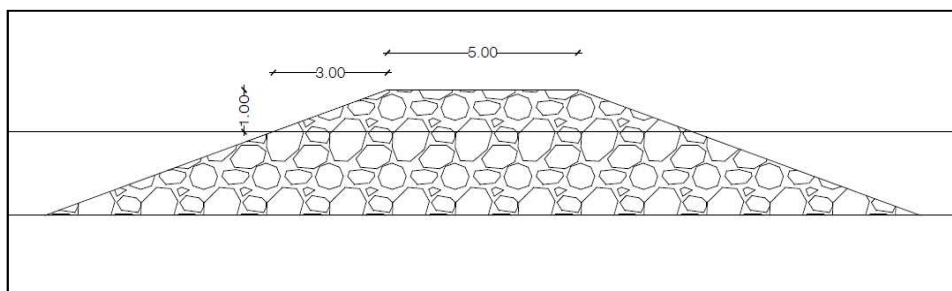


Figura 5 - Configurazione progettuale A

- b) **Configurazione progettuale B:** la soluzione ha previsto un'asse d'opera costituito da una spezzata composta da un primo tratto di 220 m con un angolo di 105° rispetto la direzione della costa e un secondo di 80 m. La quota di berma, con larghezza pari a 3 m, è stata posizionata a +1.20 m. Le pendenze delle scarpate sono rimaste costanti per il tratto N.2, mentre per il primo si è deciso per una pendenza di 2:3 per il lato nord, mentre di 1:1 per il lato sud. Si è notato che la seguente soluzione creerebbe correnti di risacca in condizioni di evento estremo e ordinario nelle direzioni d'onda di Bora e di Scirocco. Tali correnti potrebbero causare in primo luogo situazioni pericolose per i spiagianti oltre che evitare una corretta sedimentazione delle sabbie per l'avanzamento del desiderato avanzamento di linea di costa. In Figura 6 è rappresentato l'andamento delle correnti nella soluzione in esame;
- c) **Configurazione progettuale C:** mentre la scelta delle pendenze delle scarpate è rimasto costante, per ovviare al problema delle correnti appena esposto, si è optato per una rotazione del primo tratto del pennello pari a 13° in modo da ottenere una disposizione spaziale quanto più ortogonale possibile alla linea di costa. Il secondo tratto è inclinato rispetto al primo di 102° in quanto meglio risponde alla direzione delle onde in entrambe le condizioni estreme ondose di progetto. Oltre all'angolo di contatto con la costa, le lunghezze del primo e del secondo asse sono state modificate a 260 metri e 75 metri rispettivamente.
- d) **Configurazione progettuale D:** si è ritenuto che un processo di consolidazione del fondale provocherebbe un abbassamento della quota di berma del pennello. Nella zona in esame non sono state svolte prove geotecniche atte a determinare la capacità portante e di consolidamento del fondale. Per tanto, l'opera è stata elevata a +1.50 m sopra il livello medio del mare in modo tale da compensare gli effetti prevedibili di una consolidazione del suolo.

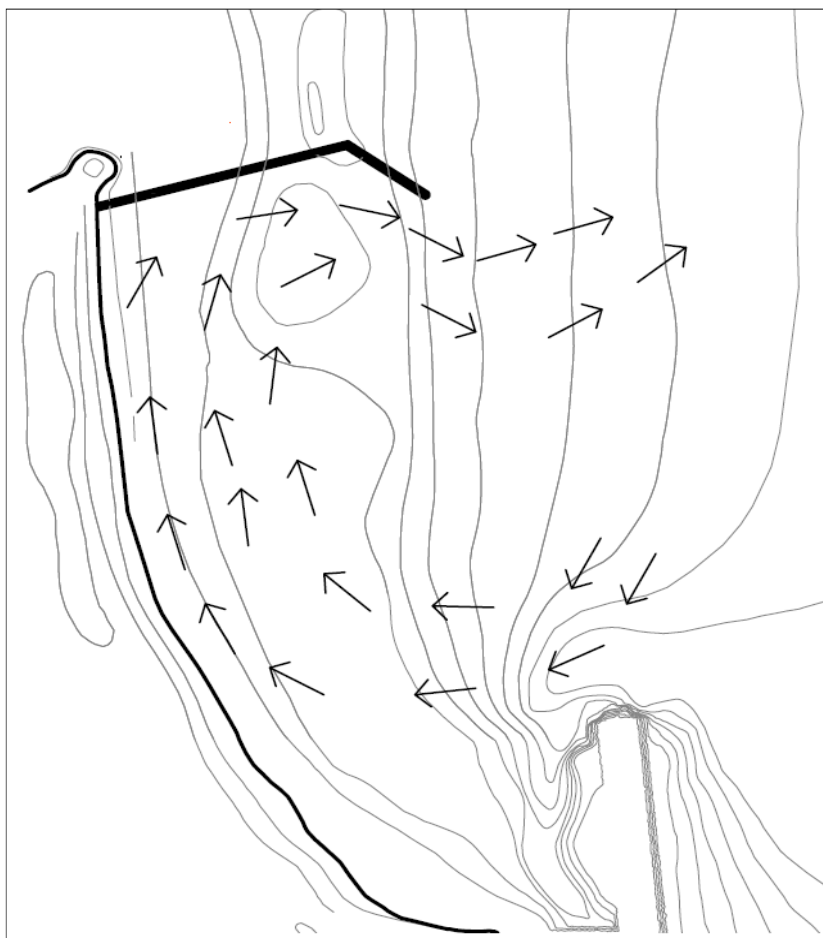


Figura 6 - Correnti di Risacca nella soluzione progettuale B

La soluzione finale adottata per le fasi successive di dimensionamento generale e di verifica degli elementi costruttivi è relativa alla **Configurazione Progettuale D**.

5. L'INTERVENTO PREVISTO

Successivamente, grazie ai risultati ottenuti tramite l'applicazione della modellistica numerica e in seguito al confronto avuto con il Comune di Ravenna, è stato individuato l'intervento ottimale per la mitigazione delle problematiche che si verificano lungo il tratto costiero delle celle SICELL numero 73 e 74. L'opzione di intervento è stata indicata come **Configurazione Progettuale D**.

Lo studio delle variazioni indotte dalla realizzazione pennello sul moto ondoso e sulla dinamica litoranea è stato condotto mediante l'applicazione della modellistica numerica, con l'utilizzo del codice di calcolo MIKE21 sviluppato dal *Danish Hydraulic Institute*. In particolare sono stati applicati i moduli PMS (Parabolic Mild Slope waves), HD (HydroDynamic) e ST (non cohesive Sediment Transport), per la determinazione rispettivamente del campo d'onda generato in corrispondenza delle strutture, della corrente idrodinamica indotta dal moto ondoso e della capacità di trasporto di sedimenti generato da onde e correnti.

In generale, questa analisi ha messo in evidenza l'attenuazione dell'onda nell'avvicinamento a riva, quando cioè inizia a risentire in maniera importante dell'interazione con il fondale; l'abbassamento dell'altezza d'onda è importante in prossimità delle scogliere, che inducono le onde al frangimento.

Come già detto, in fase di redazione del progetto, si è ritenuto di tenere in considerazione l'effetto della subsidenza nel medio periodo sulle strutture e il possibile cedimento dovuto al carico aggiuntivo a causa della presenza dell'opera, per cui si è previsto di posizionare la sommità alla quota di +1.50 m s.l.m.m. In questo modo si è raggiunto un compromesso tra i risultati teorici degli studi e la necessità pratica di garantire una difesa diretta dalle mareggiate con livello di marea alto, che recentemente hanno creato le maggiori problematiche.

Considerata l'importanza che le linee guida GIZC danno alla conversione, lungo il litorale emiliano-romagnolo, delle barriere artificiali emerse in un'altra tipologia di intervento meno impattante, data l'importanza della sperimentazione in campo per questa tipologia di intervento, a supporto poi di metodi empirici, e considerati i limiti che la modellistica numerica ha per i sistemi di difesa longitudinali, si ritiene importante prevedere all'interno del progetto una azione di monitoraggio dei reali effetti di questa modifica di tipologia di struttura sul litorale, oltre alla realizzazione di un programma di monitoraggio specifico da individuarsi in funzione delle caratteristiche del paraggio.

L'amministrazione provvederà a nominare il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione per il completamento dell'opera. Inoltre, non è previsto un piano di esproprio in quanto si tratta di aree demaniali marittime e si provvederà, a livello esecutivo e prima dell'inizio dei lavori, a chiedere la consegna provvisoria delle aree ai servizi competenti regionali (Settore Demanio Marittimo e Porti Turistici – Servizio Commercio, Turismo e Qualità Aree Turistiche).

6. OBIETTIVI DI PROGETTO

Il progetto ha come obiettivo quello di evitare che le mareggiate provenienti prevalentemente dal quadrante NE e SE, come individuate nello studio modellistico presentato per la Fase I, producano nuovamente danni nella località interessata.

La spiaggia di Lido di Dante risulta oggi particolarmente ridotta in ragione dell'arretramento provocato negli ultimi decenni dall'erosione marina, cui si è cercato di porre rimedio con le barriere soffolte realizzate negli ultimi anni. Tali realizzazioni non hanno previsto interventi a nord di località Lido di Dante.

La costruzione del pennello andrà a ridurre notevolmente l'azione erosiva della linea di costa a nord di Lido di Dante e alla destra idraulica dei Fiumi Uniti, il cui avanzamento, dovrà essere analizzato previo studio modellistico con dati di trasporto sedimentologico su tutto il tratto costiero a sud della foce Po. Tale avanzamento e ricostruzione naturale della spiaggia porterà giovamento non solo alla flora e alla fauna locale, secondo quanto espresso nella Valutazione di Impatto Ambientale in allegato, ma costituirà anche un impatto visivo e turistico migliore, con conseguente rivalutazione del tratto di arenile a nord di Lido di Dante.

Sulla base dei risultati ottenuti nello studio in questione, si prevede di realizzare un pennello con le seguenti caratteristiche:

- a) Primo tratto rettilineo con angolo rispetto la linea di riva di 92° ; lunghezza di circa 270 m; elevazione della cresta pari a +1.50 m s.l.m., pendenze delle scarpate pari a 2:3 nel lato nord ed esterno, 1:1 nel lato sud ed interno;
- b) Secondo tratto rettilineo con angolo rispetto al primo di 102° ; lunghezza di circa 75 m; elevazione uguale al primo tratto per tutta la sua lunghezza; pendenze delle scarpate uguali e pari a 2:3;
- c) Sezione tipo composta da una mantellata in doppio strato con massi di III cat. di spessore di circa 2.40 m poggiata su uno strato di massi in I cat. con 0.45 m di spessore e sporgente, dal limite di mantellata di 1.35 m nelle sezioni di tronco e 1.80 m in quelle di testata. Il tutto è sorretto da un nucleo realizzato in misto di cava "tout-venant";
- d) Protezione contro lo sbancamento del piede composto dal prolungamento dello strato di I cat. sul fondale per un'estensione di 1.35 m nelle sezioni di tronco e 1.80 m in quelle di testata.

7. ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI

Come evidenziato nell'allegato 3 al progetto preliminare e definitivo – Computo Metrico e Stima dei Lavori, l'importo complessivo previsto per la realizzazione dell'intervento ammonta a € 772,000.00 così ripartiti:

| | | |
|---|---|------------|
| A | TOTALE LAVORI a misura soggetti a ribasso d'asta - EURO | 614.116,11 |
| B | TOTALE ONERI sicurezza non soggetto a ribasso d'asta - EURO | 8.196,00 |
| C | TOTALE LAVORI in Appalto EURO | 622.312,11 |
| SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE | | |
| | Per IVA al 22% sui lavori in appalto - C | 132.908,66 |
| | 6. Spese di cui agli articoli 24 comma 4, del codice, per polizze assicurative per la copertura dei rischi di natura professionale a favore dei dipendenti incaricati della progettazione e verifica interna. | 250,00 |
| | 8.1 Fondo per le funzioni tecniche e l'innovazione calcolata nella misura massima lorda sulla base di gara ex. Art. 113 comma 2 D.Lgs 50/2016. Quota relativa all'incentivo per funzioni tecniche, di cui all'articolo 113 comma 3 del D.Lgs 50/2016, nella quota dell'80 | 9.956,99 |
| | 8.2 Fondo per le funzioni tecniche e l'innovazione calcolata nella misura massima lorda sulla base di gara ex. Art. 113 comma 2 D.Lgs 50/2016. Quota relativa all'incentivo per funzioni tecniche, di cui all'articolo 113 comma 4 D.Lgs 50/2016, nella quota del 20% | 2.489,25 |
| | per arrotondamenti | 82,99 |
| | Importo somme a disposizione | 149.687,90 |
| | Importo complessivo dei lavori | 772,000.00 |

È prevista l'esecuzione di rilievi in prima e seconda pianta per valutare i quantitativi di scapolo da inserire in fase esecutiva a seconda di cambiamenti batimetrici.

Il progetto svolto costituisce la parte progettuale propedeutica che verrà inserita in seguito in ambito del bilancio del Comune di Ravenna.