

STUDIOGAGGERO

SAVONA – VIA PIA 130 R – FAX 019/8386702 – TEL 019/829463
CELL. 335/303133 – E-MAIL ing.gaggero@libero.it

COMUNE DI LAIGUEGLIA

PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO DELLE SPIAGGE DI PERTINENZA DELLE CONCESSIONI BALNEARI DENOMINATE CAPO MELE, MARINELLA ED ARCOBALENO

Elab. A

COMPENDIO RELAZIONI

Dott. ing. Paolo GAGGERO
C.F. GGGPLA49H27I480F

NP 1882

Novembre 2014

archivio/np1882/compendio

NP 1882

COMUNE DI LAIGUEGLIA

PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO DELLE SPIAGGE DI PERTINENZA DELLE CONCESSIONI BALNEARI DENOMINATE CAPO MELE, MARINELLA ED ARCOBALENO

Elab. A COMPENDIO RELAZIONI

Novembre 2014 Dott. Ing. Paolo Gaggero

INDICE

1. **Premesse**
2. **Storia del litorale**
3. **Studi pregressi**
4. **Rilevamenti e monitoraggi**
5. **Strategia d'intervento**
6. **Descrizione del progetto**
   - **6.1 Criterio generale**
   - **6.2 Opere previste nel presente progetto**
7. **Valutazioni geologico – tecniche**
8. **Idrologia**
9. **Analisi idraulico – marina**
10. **Verifiche di stabilità**
11. **Valutazione dei quantitativi di ripascimento**
12. **Aspetti ambientali**
13. **Aspetti archeologici**
14. **Tempi realizzativi – Programma d'intervento**
15. **Costo dell'opera**

Elaborati

A) Compendio relazioni
B) Stima dei lavori
C) Valutazione dei quantitativi di ripascimento
D) Relazione paesaggistica

Tavole

Tav. 1	Inquadramento cartografico	scala: varie
Tav. 2	Planimetria dello stato di fatto	scala 1:2000
Tav. 3	Riprese fotografiche del litorale e fotomontaggio (Regione Liguria – Marzo 2008)	fuoriscala
Tav. 4	Planimetria particolare di progetto	scala 1:2000

Tav. 5	Sezioni	fuoriscala
Tav. 6	Sezioni e particolari costruttivi	scala: varie
Tav. 7	Particolari testate e pennelli	scala: varie
Tav. 8	Particolare ripascimenti	scala: varie
Tav. 9	Particolare berma radente Capo Mele. Stato attuale e progetto	scala: varie

1. PREMESSE

La spiaggia di Laigueglia è stata oggetto, dai primi anni 2000, di reiterati interventi volti al suo consolidamento e potenziamento. Nell'ultimo ventennio del XX secolo l'ampiezza dell'arenile era progressivamente diminuita e la granulometria del sedimento si era accresciuta sino ai limiti dei ciottoli. I gestori balneari avevano intrapreso attività pre-stagionali di sorbonamento della spiaggia sommersa, utilizzando improvvisate zattere di pompaggio condotte a mano; le sabbie venivano raccolte sul litorale emerso e trattenute mediante tavolame ancorato al suolo formante la linea di battigia artificiale.

L'anno 1999 fu e resta una data fondamentale per il destino della spiaggia di Laigueglia: in quella data, infatti, fu firmato il Protocollo di Intesa tra i Comuni di Alassio e Laigueglia e la Regione Liguria, con la partecipazione della Provincia di Savona; in esso erano poste le premesse per la realizzazione ed approvazione del progetto per la difesa ed il ripascimento delle spiagge nel tratto costiero da Capo Mele a Vadino.

In tale atto furono individuati finanziamenti e promossi interventi volti alla difesa dell'arenile, sia con la modifica di preesistenti opere fisse (pennelli) sia soprattutto con importanti azioni di ripascimento. Mentre la modifica dei pennelli fu attuata su tutto il litorale comunale, i ripascimenti furono versati sulle spiagge comprese tra la radice di Capo Mele sino al molo centrale (ovvero sulla parte SW della spiaggia). I lavori, realizzati nei primi anni 2000, offrirono uno scenario di spiaggia sensibilmente ampliata, risultata stabile per un lungo periodo sino alla primavera del 2008. La spiaggia di NE (tra il molo centrale ed il confine di Alassio) rimase invece in condizioni di modesta estensione.

Le reiterate mareggiate del 2008 assottigliarono la stringa di spiaggia e furono realizzati interventi tampone di ripascimento stagionale finanziati in gran parte dalla Regione Liguria ed estesi a tutto il golfo di Alassio-Laigueglia.

Successivamente, nonostante qualche modesta progradazione estiva, la spiaggia ha assunto caratteristiche di sofferenza erosiva, soprattutto nella parte SW della cosiddetta spiaggia di ponente (rispetto al molo centrale) e segnatamente lungo la radice di Capo Mele e la concavità radicale, nonché nella parte più a S (cosiddetta spiaggia di levante) e segnatamente dal molo centrale sino ai primi due pennelli trasversali verso Alassio.

Nel tratto molo centrale – confine con Alassio si è provveduto a prolungare gli sporgenti trasversali mediante geotubi innestati sui pennelli esistenti e sono stati realizzati ripascimenti stagionali reiterati annualmente.

Pur tuttavia, soprattutto nei due tratti indicati, la spiaggia sembra aver perduto le caratteristiche di stabilità che si erano manifestate sino al 2008; l'Associazione dei Bagni Marini ci ha affidato allora l'incarico di individuare soluzioni generali di intervento anche pluriennale per la difesa ed il ripascimento dell'intero arenile comunale: il progetto venne redatto nel 2011; pur condiviso dalla quasi totalità dei concessionari, e presentato in riunioni ufficiose ai competenti Settori Tecnici della Regione Liguria, non è stata ancora attivata la prevista conferenza dei servizi per l'approvazione ai sensi dell'art. 6 della L.R. 13/99. Abbiamo inteso che il progetto è rimasto al passo per dubbi e perplessità da parte dei primi concessionari a NE del molo centrale.

I titolari delle concessioni all'altro estremo della spiaggia in radice di Capo Mele, ovvero Bagni Capo Mele, Marinella ed Arcobaleno, pressati dai periodici problemi erosivi, ci hanno chiesto di sviluppare il progetto per quanto riguarda il litorale di loro competenza.

Abbiamo ritenuto percorribile la stesura di tale progetto, da intendersi peraltro come lotto o stralcio di un intervento più generale, esteso sino al molo centrale, che indubbiamente scinde il comportamento del litorale in due evoluzioni distinte e differenti; inoltre, per motivi di esposizione e morfologia costiera, le spiagge coinvolte (Capo Mele – Marinella – Arcobaleno) hanno anch'esse comportamenti diversi da quelli del litorale più a levante e costituiscono un sottoparaggio dalle caratteristiche singolari rispetto alla restante porzione di costa comunale. In particolare il tratto più a SW dei bagni Capo mele è sviluppato lungo una scogliera longitudinale quasi radente, che impedisce allo stato sia il formarsi di un'adeguata fascia di arenile che l'efficace protezione della retrostante passeggiata pubblica sui pilastri e soletta.

2. STORIA DEL LITORALE

Il litorale di Laigueglia si estende per circa 4200 m, ed è costituito:

A. costa alta e rocciosa, priva di edificazione, tra la punta più meridionale di Capo Mele e le prime case del centro abitato. Ai piedi del ripido versante si distende una stretta lingua di depositi per lo più costituiti da pietrame e terriccio, derivati dal disfacimento del versante stesso. La spiaggia sommersa è costituita da sabbie fini.

B. sino al "molo centrale" da una spiaggia che per circa 300,0 ml è caratterizzata da ghiaia e ciottoli e successivamente da sabbia fine segnata ritmicamente da relativamente brevi pennelli in massi; alle sue spalle si snoda, alla quota urbana, la passeggiata che lambisce a ponente la strada Aurelia ed a levante il centro storico.

C. oltre il molo centrale fino al confine con Alassio la spiaggia, generalmente di minore ampiezza rispetto alla precedente, è anch'essa lambita dalla passeggiata. Questo tratto di spiaggia è di più recente formazione, artificialmente esteso mediante una serie di pennelli che ne scandiscono lo sviluppo longitudinale, trattenendo le portate solide transitanti prevalentemente verso Alassio. La granulometria del sedimento è diffusamente fine.

Tutto il litorale di Laigueglia (con eccezione del tratto occidentale di cui sub A e primo tratto sub B nell'elencazione precedente) è caratterizzato da spiaggia emersa fine (D50 = 0.20 mm molto ben classata) e spiaggia sommersa identica. Il tratto più a ponente (bagni Capo Mele spiaggia libera e concessione La Suerte) raccolgono il trasporto solido più grossolano proveniente dal versante di Capo Mele; la selezione granulometrica attuata dalla velocità dei moti ondosi (coniugata con l'energia decrescente da SW verso NE) ha sviluppato una certa separazione delle caratteristiche della spiaggia segnata dal pennello che divide i bagni Capo Mele dai bagni Marinella, dove la sabbia è già tutta fine.

Negli anni 80/90 i gestori balneari erano costretti a ripascere periodicamente la spiaggia con prelievo dalla parte sommersa mediante rudimentali sorbone, che garantivano la copertura della presente granulometria pesante. La pendenza della spiaggia veniva addolcita mediante un sistema di casserature in legno posate in battigia: esse raggiungevano anche lo scopo di contenere la sabbia durante le mareggiate di media intensità.

Alla fine degli anni '80 e nei primi '90 fu realizzato un sistema di pennelli sia a SW che a NE del molo centrale: ciò ha contribuito in modo efficace ad alzare il fondale ed ad agevolare la crescita in

ampiezza di spiaggia. Nei primi anni 2000, in esito ad un'attuazione del già citato protocollo d'intesa tra il Comune e la Regione Liguria (insieme al Comune di Alassio e alla Provincia di Savona) vennero rimessi in ordine in tutti i pennelli precedentemente realizzati (SW e NE) addolcendone le pendenze e regolarizzandone l'ampiezza di berma; due pennelli furono prolungati con setti sommersi in sacchi impilati e vennero effettuati importanti ripascimenti, con materiale di cava fluviale; questo venne versato, peraltro, solo a SW del molo centrale, in due riprese, per 20.000 + 10.500 mc. Le operazioni, che sono state oggetto di monitoraggio, hanno avuto notevole successo: la spiaggia SW, in esito ai ripascimenti, si è ampliata, e quella NE, pur non direttamente interessata dai ripascimenti, è progradata sensibilmente. Il materiale di ripascimento proveniva dalla cava S. Antonio di Groppello Cairoli.

E' stato realizzato nella primavera 2010 un intervento nella spiaggia a NE del molo centrale, consistente nel prolungamento degli esistenti pennelli con geotubi (3 geotubi di L = 50 ml e 3 di L = 20 ml).

Il decreto approvativo regionale competente aveva prescritto che venissero attuati almeno 1.500 mc di ripascimento nella zona, con valenza strutturale. L'intervento è stato eseguito, riversando il materiale nel tratto centrale della stessa spiaggia (nuovamente materiale della cava S. Antonio di Groppello Cairoli).

Nell'autunno/primavera 2008/2009 reiterate e talvolta importanti mareggiate hanno causato erosione generalizzata nel Golfo di Alassio; così pure nella stagione 2009/2010. Conseguentemente i gestori balneari si sono attivati ed hanno attuato interventi di ripascimento stagionale mediante sorbonamento della spiaggia sommersa progettato su tutto il litorale. L'intervento della primavera 2009 è stato eseguito diffusamente sul litorale a SW del molo centrale, mentre in quello a NE l'avanzata stagione (si era giunti ormai ad aprile, oltre i limiti -31 marzo- indicati dallo specifico regolamento) ne ha imposto la sospensione. Una importante mareggiata intervenuta nei primi giorni di giugno, ha peraltro nuovamente sconvolto il litorale; e se a SW del molo la situazione è risultata meno critica proprio per la estensione dei ripascimenti poco prima effettuati, a NE le onde hanno fatto scempio della spiaggia, invadendo anche le strutture degli stabilimenti. In quest'ultima occasione è intervenuta finanziariamente la Regione Liguria ed è stato possibile procedere ad un intervento di ricostruzione dell'arenile, traendo il materiale dalla duna formatasi nella spiaggia sommersa e concludendo i lavori a stagione balneare avanzatissima (15 luglio). Nella primavera 2010, grazie ad un cofinanziamento Regione Liguria – Comune (quest'ultimo sovvenzionato dai gestori balneari) è stato eseguito un ulteriore

sorbonamento nella stessa zona di NE dove sono stati posati i geotubi sopra ricordati. Non è stato versato materiale tra il molo centrale ed il primo pennello verso Alassio; i gestori balneari di tale tratto hanno richiesto un intervento in quel tratto dopo l'ultimazione dei lavori, segnalando situazioni erosive (quest'ultimo intervento, pur autorizzato, non è stato poi eseguito).

Nella primavera 2011, 2012, 2013 e 2014 sono stati predisposti ed autorizzati ripascimenti stagionali generalizzati, mediante sorbonatura ed apporto esterno (50% cadauno), e che i gestori degli stabilimenti balneari, singolarmente, si sono riservati di attuare ed hanno attuato parzialmente o totalmente all'interno delle celle litoranee; in alcune parti di litorale, e segnatamente nel tratto più orientale di ambedue le fasce a SW e NE del molo centrale, il ripascimento non è stato effettuato.
L'esito delle operazioni è stato temporaneo, con efficacia condizionata al verificarsi di eventi meteomarini sfavorevoli prima o durante la stagione balneare.
Devesi anche segnalare che i reiterati sorbonamenti hanno modificato il fondale (approfondimento a tratti) in modo pur reversibile; talvolta la potenza della sorbona, non opportunamente movimentata sulla superficie del fondale, ha determinato la formazione di profondi avvallamenti con emersione di sedimenti più grossolani.

Vicende molto articolate ha subito il litorale di pertinenza dei Bagni Capo Mele, il cui pennello di estremità a NE segna il limite di transito del ciottolame; tale limite, che era molto più ad E negli anni '80, sembra essersi stabilizzato dopo gli importanti versamenti descritti ai punti precedenti. La presenza di ciottolame irripidisce ovviamente la sezione trasversale della spiaggia, che si riduce molto di ampiezza e trova immediatamente, come limite, la linea inerodibile rappresentata dalla struttura della passeggiata a mare. La inerodibilità non è poi assoluta, poiché (vedi fotografie Tavola 9) le mareggiate di inclinazione più sfavorevole provocano un profondo solco a monte della scogliera protettiva e minacciano pericolosamente la stabilità della pubblica passeggiata. La scogliera, di lunghezza circa 60 ml, non è in grado di esercitare efficace funzione protettiva, poiché distaccata dalle strutture fondazionali della passeggiata: nel tratto di distacco l'energia delle onde, ancora sensibile, riesce ad asportare il materiale ciottoloso ed a raggiungere gli strati di posa delle fondazioni, con reale pericolo per la stabilità globale dell'intera struttura.

Quanto sopra riportato descrive la storia più recente del litorale; per una migliore comprensione dei processi di modifica della spiaggia, è molto interessante la lettura dei paragrafi scritti da Studio Volta per Ente Provinciale del Turismo di Savona negli anni 1970

"il litorale di Laigueglia si estende dal Capo Mele alla punta rocciosa di Porto Salvo.

Fa parte dell'unità fisiografica costituita dall'arco di costa tra il Capo Mele ed il Capo S. Croce, che la punta di Porto Salvo interrompe circa a metà e che ha alle sue spalle formazioni calcaree dell'Eocene. Il Capo Mele, alto e dirupato, non spianato da erosioni, abrasioni o fenomeni di epirogenesi, ha addossato ai suoi sedimenti una duna morta dell'alto quaternario, costituita da sabbie e materiali calcarei, la quale lascia comprendere come nel Pleistocene si fosse formata una vasta spiaggia, dove l'ondazione deponeva elementi, spiaggia che cessò di funzionare nei periodi successivi di regressione.

La rada di Laigueglia è molto riparata dalla traversia di Libeccio-Mezzogiorno dalla presenza di Capo Mele, che provocando la rifrazione dell'onda, ne riduce di molto l'intensità.

Avendo la costa andamento da Mezzogiorno a Mezzanotte, sia il Libeccio per l'espansione attorno al Capo, sia lo Scirocco, la investono con forte inclinazione verso nord, inclinazione che diminuisce procedendo verso Alassio. Ne consegue che nel primo tratto, da Capo Mele a Laigueglia, i materiali acquistano una forte velocità di traslazione ed ivi le sabbie non possono depositarsi.

In corrispondenza dello scoglio della Tontonara la costa piega di diversi gradi verso est, l'inclinazione dell'onda diminuisce e qui inizia la spiaggia che si distende per tutto l'arco fino ad Alassio.

L'arenile non fu mai rilevante per quanto su esposto, per la sua scarsa possibilità di rifornimento da S-O e per il breve reticolo idrografico che vi tributa. La sua diminuzione maggiore data dalla metà del secolo scorso. Ancora nel 1799, dinnanzi alle case a mare, esisteva una strada. Divenuta questa inservibile, nel 1820 le onde riuscivano a raggiungere qualche casa, venendo a frangere contro le pareti. Le planimetrie del 1862-63 mostrano uno stato infelicissimo. Il giardino Musso, quello Badarò, le case a levante della piazza Gari sino al Bastione erano con le scarpate in mare e dovevano essere costruiti muri di difesa e scogliere.

Solamente all'altezza della cappella della Concezione e in direzione di Porto Salvo la spiaggia sotto la via era larga dai 30 ai 40 metri. Nel 1874 alcuni colpi da levante rendevano pericoloso lo stato di tutto il paese, tanto da dover pensare a provvedimenti seri. Alcuni anni dopo, le case e i giardini si difendevano ancora insufficientemente fino al momento che, nel novembre 1889, su progetto dell'ing. Gurgo, l'impresa « Saldarini» dava inizio alla costruzione di un molo, lungo 60 metri, posto

di fronte alla casa Ferrari, sulla destra del fossato Vecchio, opera che veniva collaudata l'anno seguente.

I risultati furono buoni, ma non potevano essere ottimi.

Essendo stato eretto a ponente nell'unico rivo di qualche importanza, il pennello non poteva raccogliere che scarse arene da ovest; con siffatto modo di costruzione si era però preservata dalla corrosione la zona a ponente del molo stesso. L'allargamento della spiaggia per una ventina di metri, che si ebbe negli anni tra il 1891 e il 1896 fece sorgere varie proposte di allungamento al molo, proposte che era inutile inoltrare, dato che la spiaggia non riusciva mai a raggiungere neppure metà del pennello costruito. Nel 1910 ed nel 1913 il lido aveva una maggior ampiezza degli anni precedenti, e così pure nel 1923, permanendo buono lo stato al Bastione e a levante del fossato Vecchio, sebbene in seguito il mare picchiasse e danneggiasse alcuni punti della passeggiata verso Alassio, zona che mantenutasi stabile sino alla fine del secolo scorso, andò vieppiù deteriorandosi, forse anche per la concomitanza di numerose estrazioni di arena, che vietate dinnanzi al paese, verso Porto Salvo erano permesse.

Nel 1937 la spiaggia era abbondante ed in complesso l'arenile si presentava stabile.

Oggi tutto l'arco è in fase di arretramento. In corrispondenza di Porto Salvo, le fondazioni della passeggiata a mare di Alassio, che nel 1961 erano coperte da un metro di sabbia, oggi affiorano per circa mezzo metro. Così pure all'altra estremità dell'arenile, verso Capo Mele, si nota un peggioramento della granulometria, che dalla sabbia fine passa gradatamente ai grossi ciottoli con conseguente aumento della pendenza della scarpa ed arretramento della linea di battigia.

La spiaggia di Laigueglia è stata fino ad oggi alimentata dalle alluvioni del Merula, dai rivi locali, dalla corrosione operata dal mare sui banchi di arenarie sommersi di Capo Mele e dalla discariche e frane della zona del Capo.

Tutti questi apporti sono sempre stati di modesta entità, ma sono bastati a mantenere in equilibrio la spiaggia, riparata dal Libeccio, specialmente dopo che con la costruzione del pennello sulla destra del fossato Vecchio, venne creato un appoggio capace di trattenere una parte delle arene nel movimento verso Alassio e venne diminuita l'inclinazione della linea di battigia rispetto all'onda. Tuttavia, mentre nella zona tra il pennello e Porto Salvo, si può ritenere che già sussista il movimento alterno delle sabbie verso levante sotto l'azione delle libecciate e verso ponente durante le sciroccate, così come si verifica certamente sulla costa di Alassio, osservando i piani d'onda (tavole 3 e 7 dell'allegato 2 – non allegate al presente testo) si nota come, malgrado il miglioramento di inclinazione operato dal pennello, il movimento debba essere a direzione unica

verso levante. Non essendovi nel tratto altro apporto locale che quello del rio Cuni, assolutamente insignificante, l'intero rifornimento proviene dalla zona di Capo Mele.

Da un autorevole studio eseguito dal prof. Conti negli ultimi anni, si apprende che l'apporto per erosione delle rocce deve ritenersi ormai esaurito, essendo i banchi di arenarie rifornitori ormai livellati.

L'apporto del Merula è sempre stato piuttosto scarso, poiché soltanto una piccola percentuale del materiale di questa provenienza riusciva a superare Capo Mele, sia per l'orientamento geografico per cui (tav. 7 – non allegata al presente testo) l'onda di Scirocco, nell'ultimo tratto del Capo in territorio di Andora, respinge decisamente le arene verso Andora, mentre il Libeccio-Mezzogiorno investe la costa quasi frontalmente e quindi con debole componente verso la punta del capo, sia per la repulsione dei flutti, che battendo contro la costa scoscesa del Capo tendevano a trascinare le sabbie al largo. Tuttavia nel quadro della scarsezza di apporti già vista, ciò che superava il Capo, anche se quantità minima, doveva rappresentare una considerevole percentuale del totale degli apporti disponibili.

Ultimamente si è avuta una prima diminuzione di questo materiale con la sistemazione dell'alveo del Merula, eseguita proprio con l'intento di ridurre il trasporto solido. In un secondo tempo con l'impianto di attrezzature per l'estrazione e frantumazione della ghiaia dal letto del torrente; questi ha praticamente cessato di essere un elemento nel gioco di conservazione delle spiagge, essendosi ridotta praticamente a zero la sua portata solida utile.

Anche riuscendo a far cessare le estrazioni, ormai la costruzione del porto di Andora preclude la possibilità di passaggio delle sabbie, che per alcuni anni si accumuleranno a ponente del molo foraneo, ne supereranno poi il primo braccio, per disperdersi in gran parte negli alti fondali durante il percorso lungo la scogliera del secondo tratto. La piccola parte infine che supererà il fanale rosso, verrà intrappolata all'imboccatura del porto e a ridosso del molo sottoflutto.

Anche l'ultimo tipo di apporto infine, quello delle discariche di Capo Mele, non è più da ritenersi valido, non tanto per la quantità, ma questa volta per il peggioramento della qualità, intervenuto a seguito dei lavori di allargamento dell'Aurelia.

Mentre fino ad allora i versamenti erano graduali per sgombero di frane di relativamente modeste proporzioni e comprendenti in gran parte materiale di cappellaccio per cui si aveva una buona percentuale di granulometria fine, che prevaleva sui materiali grossolani, con il verificarsi di massicce discariche di scapoli e ciottolame, contemporanee alla cessazione dell'apporto del

Merula, la spiaggia è stata invasa dai ciottoli, che possedendo un angolo di attrito maggiore, ne hanno aumentato la pendenza sulla battigia, cosicché i grani più fini non possono fermarsi.

Il fenomeno è progressivo e senza un intervento procederà sempre più da ponente verso levante.

A peggiorarlo hanno pure contribuito i concessionari, che, per ottenere una spiaggia di sabbia fine nell'estate, peggiorano artificialmente la pendenza della battigia, variando il livello dell'arenile sottostante, che viene sistemato orizzontalmente come un campo, alzandone il fronte a mare. Contemporaneamente viene pompata sabbia fine immediatamente fuori della battigia e distesa sul «campo» difendendola dal mare con tavoloni e paletti.

Questo sistema, che provoca un'accelerazione del processo di degradazione, favorendo lo scorrimento delle sabbie verso Alassio anche sotto l'azione delle mareggiate estive, porta pure un pericoloso danno psicologico, favorendo la mentalità di preferire spiagge artificiali, estraniate dal mare, più comode da mantenere grazie alle pompe succhianti di cui un esempio portato agli estremi si ha nella concessione Mantellassi a Porto Salvo.

Al contrario deve essere chiaro che la spiaggia è un tutto unico con il mare che deve liberamente distendersi su di essa ed alla quale non bisogna togliere la naturale pendenza. E' invece utilissimo all'inizio della stagione, «lavarla» setacciandone i componenti in profondità, sotterrando le pietre e portando in superficie la sabbia, lavoro che hanno sempre fatto i nostri padri e che oggigiorno può essere eseguito rapidamente e profondamente con mezzi meccanici.

Da quanto esposto è chiaro che l'arenile di Laigueglia è destinato ad una lenta degradazione sia per quantità che per qualità".

Segue uno schema risolutivo da ritenersi ormai storicamente superato

3. STUDI PREGRESSI

Il litorale è stato oggetto di numerosi studi, tra i quali si ricordano

- Studio Brondi
- Studio Volta
- Studio Sogreah
- Studio Gaggero

- Studio Brondi

Il dott. Aldo Brondi ebbe incarico nel 1975 dai Comuni riuniti di Alassio e Laigueglia di redigere uno studio sedimentologico del golfo. Il lavoro rappresenta certamente una base analitica dei processi costieri, estesi alla disamina dell'intera progressione geologico-marina, con grande attenzione all'evoluzione della costa retrostante la spiaggia ed interpretazione degli effetti sulla stabilità di quest'ultima. Le analisi sono state svolte soprattutto con attenzione all'interpretazione geologica

- Studio Volta

Lo studio Volta ha reiteratamente affrontato il tema delle spiagge, sia in testi ampliati a spettro provinciale ("Le nostre spiagge" – EPT Savona; "Assetto costiero" – Amministrazione provinciale di Savona), sia in studi e progetti localizzati. Tali lavori caratterizzati dall'usuale professionalità ed esperienza proprie dello Studio Volta, hanno messo in luce i caratteri più propriamente idraulico-marittimi dell'evoluzione costiera, suggerendo, e talvolta progettando, interventi di mitigazione

- Sogreah – Grenoble

Nel 1998 l'Amministrazione Comunale di Laigueglia, sollecitata dalla categoria dei gestori balneari in forte difficoltà, ha commissionato al laboratorio di idraulica Sogreah di Grenoble lo studio della difesa e potenziamento dell'arenile comunale. Sulla base di rinnovati rilievi batimetrici e sedimentologici e l'impiego di modulazioni matematiche elementari, fu proposta una serie di scenari risolutivi dell'erosione in atto, con crescente artificializzazione del litorale

- Studio Gaggero

Lo Studiogaggero fu interpellato durante la fase di lavoro di Sogreah con funzione di tramite tecnico tra le pur giuste aspettative dei gestori balneari e le azioni progettuali di Sogreah. Il periodo storico aveva sollecitato la fantasia degli operatori, favorevolmente impressionati dalle proposte progettuali sviluppate su alcuni lidi italiani ed in particolare a Loano. Praticamente tutti

ritenevano che l'unica soluzione percorribile fosse quella di una barriera longitudinale, meglio se emersa, anche priva di contestuali ripascimenti.

Le riunioni presso la Regione Liguria finalizzate all'illustrazione del progetto Sogreah ed all'impostazione di una collaborazione tra Regione e Comuni per le azioni partecipate volte alla difesa della costa, evidenziarono alcuni principi fondamentali su cui si sarebbe successivamente fondata tutta la programmazione regionale:

a) la difesa della costa e dell'arenile deve essere orientata verso sistemi il più possibile aperti

b) il ripascimento è la principale e fondamentale azione irrinunciabile per la restituzione di spiagge erose.

Non fu facile trovare un'intesa, che peraltro fu sancita nel primo protocollo tra Regione Liguria e Comuni di Laigueglia ed Alassio, partecipato anche dalla Provincia di Savona. Mentre nasceva il protocollo, fu varata la legge regionale 13/99, che individuava funzioni, compiti, consistenza del Demanio Marittimo. Il Genio Civile OOMM partecipò ancora per un breve periodo alle verifiche tecniche previste dall'art. 12 del C.N.M., passando progressivamente la mano agli uffici regionali che si stavano formando.

In esito al protocollo di intesa lo Studiogaggero ebbe incarico di sviluppare i temi della proposta Sogreah; in esito a reiterate proposte e soluzioni, fu infine approvato un sistema di interventi con opere suddivise, per finanziamento, tra Regione Liguria e Comune di Laigueglia:

- al Comune venne lasciato l'impegno di rimodellare i pennelli esistenti, sorti su iniziative disarticolate
- la Regione si assunse l'onere di coprire le spese di importanti volumi di ripascimento di qualità proporzionata al pregio della sabbia locale.

Si susseguirono diversi progetti e diversi appalti, che formarono gli scenari descritti nel paragrafo 2. E' il caso di evidenziare anche in questa sede che la scelta di intervenire con i ripascimenti solo a SW del molo centrale deriva da indicazioni proposte dai consulenti tecnici della Regione Liguria, come prima fase di un processo che allora appariva finanziariamente tutto percorribile. Il ciclo virtuoso dei finanziamenti si interruppe però drasticamente dopo il 2004/2005. I successivi progetti redatti ancora da Studiogaggero, furono di portata molto ridotta, con finanziamenti minimali incapaci di modificare il processo erosivo che progressivamente si andava nuovamente sviluppando su un litorale difeso per metà.

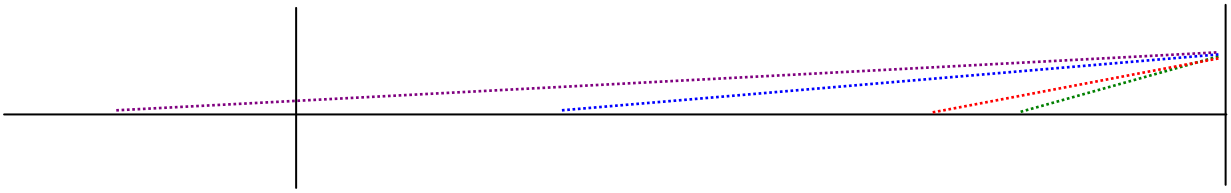
4. RILEVAMENTI E MONITORAGGI

La storia del litorale in Laigueglia è, come riportato al punto precedente, assai articolata e complessa, e si coniuga con la fragilità del sito, caratterizzato dalle sabbie più fini (presenti in tutto il golfo di Alassio) di tutta la Liguria. Pertanto è stato necessario tenere in debito controllo l'evolversi della situazione, con opportune azioni di monitoraggio, già previste dal protocollo d'intesa del 1999, attuato con gli interventi strutturali realizzati nel 2000 e 2002 (pennelli e ripascimenti).

I rilievi effettuati hanno evidenziato una graduale progradazione della spiaggia, sino al 2008 (alcuni modesti arretramenti temporanei sono stati causati da altrettante modeste mareggiate). Alla fine di novembre del 2008 e nei primi mesi del 2009, in esito alle già citate mareggiate, la battigia è arretrata sensibilmente, costringendo, come riferito, i bagni marini all'intervento di ripascimento stagionale, come pure nelle stagioni successive.

Il recupero della spiaggia è stato evidentemente parziale, poiché sia i fondi che i tempi disponibili erano assai ridotti. E' stato calcolato che la perdita di materiale emerso è stata di circa 40.000 mc; il ripascimento stagionale totale è stato inferiore ai 20.000 mc e per lo più con prelievo dalla spiaggia sommersa e con scarso apporto di materiale esterno. Pertanto il grado di stabilità raggiunto e ancora presente nella primavera/estate 2008 non è stato più raggiunto.

In generale si può riassumere il comportamento della battigia con il seguente grafico



- dopo gli interventi strutturali 2000/2002 .....
- dal 2002 al 2008 .....
- dopo le mareggiate 2008/2009 e nonostante i ripascimenti della primavera/estate 2009 .....
- ottobre 2009 / primavera estate 2010 e altre.....

Per scongiurare ulteriori arretramenti si rendono quindi sicuramente necessari ulteriori interventi di ripascimento, estesi anche al litorale a NE del molo centrale.

5. STRATEGIA D'INTERVENTO

L'esperienza diretta degli ultimi dieci anni ha permesso a tutti di comprendere che l'impostazione tecnica voluta dalla Regione Liguria, a favore di importanti ripascimenti piuttosto che ad altre opere fisse aggiuntive al sistema, era ed è corretta. Pertanto è stato abbastanza semplice anche per il ns studio proporre agli interessati una strategia di intervento che:

- privilegia ripascimenti importanti come potenziamento e difesa dell'arenile
- prevede solamente apporti di materiale di qualità (peraltro esigenza ben radicata anche nella mentalità locale)
- lascia alle opere fisse (attuali con potenziamenti strutturalmente modesti) il compito di rallentare i processi di trasporto longitudinale che comunque, inevitabilmente, tende a spostare i materiali verso NE lungo la spiaggia sommersa

La norma trova eccezione nella parte radicale di Capo Mele, bisognosa comunque di una vitale artificializzazione e di protezione per la passeggiata pubblica.

6. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

6.1 Criterio generale

L'impostazione progettuale estesa a tutto il litorale potrebbe comprendere:

(per i riferimenti identificativi dei pennelli vedasi tav. 8)

RIPASCIMENTI

PENNELLO	RIPASCIMENTO D50 2 mm	RIPASCIMENTO D50 0.4 mm
A		
	2700.00	0.00
B		
	5000.00	0.00
C		
	5400.00	0.00
D		
	4300.00	0.00
E		
	0.00	5400.00
F		
	0.00	6800.00
G		
	0.00	2800.00
J		
	0.00	2900.00
H		
	0.00	5700.00
I		
	0.00	4300.00
L		
	0.00	5600.00
M		
	0.00	19900.00
O		
	0.00	11100.00
R		
	0.00	4800.00
S		
	0.00	5700.00
T		
	0.00	4900.00
U		
	0.00	5900.00
V		
	0.00	5900.00
Z		
	0.00	7800.00
X		
SOMMANO	17400.00	99500.00
	di cui	*di cui*
SPIAGGE LIBERE, SPIAGGE LIBERE ATTREZZATE, BAGNI COMUNALI AREA PESCATORI ED AREA SPORTIVA	5000.00	19400.00

OPERE FISSE

PENNELLO	RIPASCIMENTO D50 2 mm	RIPASCIMENTO D50 0.4 mm	NOTE	PROLUNGAMENTO IN MASSI	GEOTUBI DN 200	GEOTUBI DN 300	SCARICO A MARE
A			//	10.00	0.00	25.00	NO
	2700.00	0.00					
B			//	10.00	0.00	25.00	NO
	5000.00	0.00					
C			//	10.00	0.00	25.00	NO
	5400.00	0.00					
D			*SPOSTAMENTO*	10.00	20.00	30.00	NO
	4300.00	0.00					
E			//	10.00	15.00	35.00	NO
	0.00	5400.00					
F			//	10.00	45.00	35.00	SI
	0.00	6800.00					
G			//	10.00	40.00	30.00	SI
	0.00	2800.00					
J			*asportazione geotubo*	10.00	60.00	30.00	SI
	0.00	2900.00					
H			//	10.00	50.00	30.00	SI
	0.00	5700.00					
I			*asportazione sacchi*	10.00	45.00	30.00	SI
	0.00	4300.00					
L			//	10.00	45.00	30.00	SI
	0.00	5600.00					
M			*asportazione sacchi*	15.00	50.00	30.00	SI
	0.00	19900.00					
O			//	0.00	0.00	0.00	NO
	0.00	11100.00					
R			*RADICAMENTO*	10.00	45.00	40.00	NO
	0.00	4800.00	*asportazione geotubo*				
S			*asportazione geotubo*	10.00	50.00	45.00	NO
	0.00	5700.00					
T			*RADICAMENTO*	10.00	50.00	50.00	SI
	0.00	4900.00	*asportazione geotubo*				
U			*asportazione geotubo*	10.00	50.00	50.00	SI
	0.00	5900.00					
V			*asportazione geotubo*	10.00	50.00	50.00	NO
	0.00	5900.00					
Z			*asportazione geotubo*	10.00	50.00	50.00	NO
	0.00	7800.00					
X			//	0.00	0.00	0.00	NO
SOMMANO	17400.00	99500.00			665.00	640.00	

Devesi aggiungere il rinforzo della scogliera longitudinale radente per ml 60,0 nella parte di SW dei bagni Capo Mele tra pennello C e D.

Il progetto, esteso a tutto il litorale, comprenderebbe pertanto le seguenti tipologie d'intervento:

- ripascimenti, per quantitativi valutati nell'elaborato C mediante l'applicazione della curva di DEAN

$A = 0.41(d_{50})^{0.94}$ $d_{50} < 0.4$ mm
$A = 0.23(d_{50})^{0.32}$ $0.4 \leq d_{50} < 10.0$ mm
$A = 0.23(d_{50})^{0.28}$ $10.0 \leq d_{50} < 40.0$ mm
$A = 0.46(d_{50})^{0.11}$ $d_{50} < 40.0$ mm

Sono riportati i valori degli apporti necessari ad una progradazione della battigia di 10 e 25 ml, con perdite alla posa rispettivamente ipotizzate del 10% e 20%. Il quantitativo totale massimo è calcolato pari a 116.900 mc, di cui 17.400 mc in d_{50} = 2 mm alla radice di Capo Mele, sino ai bagni Capo Mele inclusi, e 99.500 mc in d_{50} = 0.4 mm più a NE sino al confine con Alassio. L'apporto a ml di spiaggia è variabile generalmente tra 40 e 50 mc/ml

- prolungamento di tutti i pennelli esistenti per 10 ml, con struttura tradizionale in massi naturali di 3^ categoria, con quota di piano di berma (1.20 ml), ampiezza della berma (4.0 ml) e pendenza delle scarpate (3.5/1) identiche a quelle esistenti
- realizzazione di setti sommersi in testa ai pennelli esistenti costituiti da geotubi di polipropilene di diametro nominale Dn 200 cm (con riempimento di 2.6 mc/ml>) e Dn 300 cm (con riempimento di 5.9 mc/ml).

  La lunghezza totale dei setti è di 665 ml, per Dn 200 e ml 640 per Dn 300, per prolungamenti globali estesi sino al raggiungimento della isobata -3.00.
- per eseguire i lavori di prolungamento dei pennelli è necessario prolungare, ove presenti, le tubazioni di scarico delle acque bianche urbane, anch'esse per 10 ml. Le tubazioni sono in acciaio Dn 500, intestate sulle flange già a suo tempo predisposte per l'operazione, e con terminale nuovamente flangiato, con ostruzione all'ingresso realizzata con barre. In totale sono 140 ml di tubazione
- le operazioni sopradescritte implicano il disfacimento delle testa dei pennelli, ove dotati di scarico; inoltre gli esistenti geotubi e/o setti in sacchi (peraltro questi ultimi in pessimo stato di conservazione) devono essere svuotati e salpati

- per la zona radicale di Capo Mele, corrispondente ai bagni Capo Mele, è stata riportata in progetto per i pennelli C,D,E, la soluzione coerente al più ampio "progetto di riequilibrio e stabilizzazione dell'arenile" proposta dal concessionario dei bagni Capo Mele che ci ha richiesto, inoltre, di rinforzare la scogliera in difesa dei 60 ml di passeggiata di ponente, con riempimento dello spazio tra fondazioni della passeggiata e scogliera esistente, con berma finale a quota dell'estradosso delle fondazioni e ampiezza totale circa 7,00 ml. I massi aggiuntivi sono previsti di 3^{a} categoria.

6.2 Opere previste nel presente progetto

Con il traguardo programmatico dello scenario generale sopra descritto, nel presente progetto sono comprese le opere riguardanti le sole concessioni Capo Mele – Marinella – Arcobaleno, ovvero:

PENNELLO	RIPASCIMENTO D50 2 mm (max)	RIPASCIMENTO D50 0,4 mm (max)	NOTE	PROLUNGAMENTO IN MASSI	GEOTUBI DN 200	GEOTUBI DN 300	SCARICO A MARE
C			//	10.00	0.00	25.00	NO
	2200.00	0.00					
D			SPOSTAMENTO	10.00	20.00	0.00	NO
	1700.00	0.00					
E			//	10.00	15.00	0.00	NO
	0.00	2200.00					
F			//	10.00	45.00	0.00	SI
	0.00	2700.00					
G			//	10.00	40.00	0.00	SI
SOMMANO	3900.00	4900.00					

A quanto sopra è aggiunto il rinforzo della scogliera longitudinale radente per ml 60,0 nella parte di SW dei bagni Capo Mele, tra pennello C e D.

I quantitativi di ripascimento e le lunghezze dei geotubi sono congruamente ridotti per tenere conto della parzialità dell'intervento.

7. VALUTAZIONI GEOLOGICO – TECNICHE

Le valutazioni di origine sedimentologico sono state chiarite in precedenza e rapportate ai ragguardevoli successi ottenuti con i lavori strutturali realizzati a SW del molo (non seguiti da idonea ed opportuna manutenzione). Vengono in allegato riportate le analisi granulometriche delle sabbie di spiaggia e di alcune soluzioni di apporto.

Una interessante analisi geologica è stata realizzata per le indagini preliminari all'esecuzione del già citato pontile in testa al molo centrale; sono stati effettuati due sondaggi a rotazione e carotaggio continuo in testa al molo e sulla spiaggia immediatamente a nord del molo stesso, ottenendo il sorprendente risultato di strati di sabbia molto uniforme.

Riportiamo dallo studio, disponibile agli atti del Comune nell'ambito della progettazione esecutiva del pontile e presso la Provincia di Savona in allegato alla denuncia strutturale, le stratigrafie delle perforazioni, con l'avvertenza che la S1 è rappresentativa di un saggio esteso dal piano di berma del molo, mentre la S2 descrive una perforazione diretta sulla spiaggia

STRATIGRAFIA - S1 - profondità 20.00 m

SCALA 1 : 100 Pagina 1/1

Riferimento: Commessa: 1011I066 Committente: Comune di Laigueglia	Sondaggio: S1 - profondità 20.00 m
Località: Sondaggi geognostici per molo principale	Quota:
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l. Perforatore: Hajderaj E. Sonda: Ellettari EK 200 S	Data: 02/11/10 - 08/11/10
Coordinate:	Redattore: Geol. Tiziana Castano
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	

metri batt.	ø mm	RQD % 0 --- 100	R v	LITOLOGIA	Prel. % 0 --- 100	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N
1	131					1,1	1,1	Masso di natura calcareo dolomitica appartenente alla scogliera del molo.				
2								Riporti artificiali costituiti da ghiaie eterometriche, ciottoli e massi (alcuni frantumati per effetto della lavorazione con carotiere semplice) con sabbie presenti in percentuale variabile. Laterizio centimetrico a 5.20 m.				
3												
4										4,5	25-R/9cm	Rif
5						5,4	4,3					
6								Sabbie a granulometria medio - fine debolmente limose con clasti sparsi (ø ghiaie fini) subarrotondati; colore marrone; livello molto umido.		6,0	4-7-9	16
7								tra 5.40 - 5.80 m possibile livello rimaneggiato costituito da sabbie medio - fini limose.	1) SPT < 7,00 7,95			
8										7,5	9-12-16	28
9										9,0	11-13-19	32
10	101											
11									2) SPT < 10,50 10,95	10,5	10-14-19	33
12										12,0	14-19-23	42
13												
14									3) SPT < 13,50 13,95	13,5	8-19-26	45
15										15,0	7-11-18	29
16						16,0	10,6	Substrato roccioso rappresentato da sequenze flyshoidi marnoso arenacee; le principali discontinuità visibili sono riconducibili ad almeno 3 diverse famiglie: 1) superfici di strato: inclinazione estremamente variabile, da circa 40° a suberticale, da chiusa ad aperta, talora con farciture argilloso - limose di colore rossastro (16.80 m, 17.05 m, 17.40 m); 2) fratture inclinate di 45°, da chiuse ad aperte con patine di ossidazione di colore rosso ruggine; 3) fratture con inclinazione di circa 60° da aperte a saldate con materiale calcitico, ove aperte sono interessate da patine di ossidazione di colore marrone chiaro - rossastro;				
17												
18												
19												
20						20,0	4,0					

UTENSILI DI PERFORAZIONE:
- carotiere semplice ø 131 mm: 0.00 - 1.00 m;
- carotiere semplice ø 101 mm: 1.00 - 16.00 m;
- carotiere doppio tipo T6S ø 101 mm: 16.00 - 20.00 m;

RIVESTIMENTO:
- ø 127/152 mm: 0.00 - 16.50 m.

STRATIGRAFIA - S2 - profondità 10.00 m

SCALA 1 : 100 Pagina 1/1

Riferimento: Commessa: 1011I066 Committente: Comune di Laigueglia	Sondaggio: S2 - profondità 10.00 m
Località: Sondaggi geognostici per molo principale	Quota:
Impresa esecutrice: TERRA s.r.l. Perforatore: Hajderaj E. Sonda: Ellettari EK 200 S	Data: 09/11/10 - 10/11/10
Coordinate:	Redattore: Geol. Tiziana Castano
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	



metri batt.	ø mm	RQD % 0 --- 100	R v	LITOLOGIA	Prel. % 0 --- 100	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N
								Sabbie a granulometria medio - fine debolmente limose con clasti sparsi (ø ghiaie fini) subarrotondati; colore marrone; livello molto umido.			
								Tra 8.50 - 9.70 m aumento della granulometria: sabbie eterometriche.	1,5	10-15-17	32
									3,0	15-20-27	47
									4,5	11-17-21	38
									6,0	13-19-24	43
									7,5	15-27-40	67
									9,0	11-19-27	46
						9,7	9,7	Substrato roccioso (flysh marnoso arenaceo).			
	101					10,0	0,3				

UTENSILI DI PERFORAZIONE:
- carotiere semplice ø 101 mm: 0.00 - 9.70 m;
- carotiere doppio tipo T6S ø 101 mm: 9.70 - 10.00 m;

RIVESTIMENTO:
- ø 127 mm: 0.00 - 9.50 m.

8. IDROLOGIA

Nella Tavola 2 sono evidenziati i corsi d'acqua presenti sul litorale: il progetto non ne intercetta alcuna. Peraltro, anche a futura memoria, segnaliamo che la foce del Rio Patetta (in corrispondenza del pennello M) era stata consolidata nelle due uscite laterali durante i lavori relativi ai ripascimenti strutturali più volte citati: l'esito è stato molto soddisfacente.

9. ANALISI IDRAULICO – MARINA

Molti studi sono già stati sviluppati sulla dinamica idraulico-marina del litorale del golfo di Alassio ed i particolare delle spiagge di Laigueglia. Tra essi possiamo citare i più recenti, in cui sono stati utilizzati modelli matematici

- Sogreah: relativo al progetto di difesa dell'arenile già citato al capitolo 3
- Studio Gaggero-Sogreah: relativo all'ipotesi di una discarica per alimentazione sedimentologica delle spiagge del golfo di Alassio
- Hydrosoil s.r.l.: relativo ad alcune verifiche di ordine idraulico-marittimo in vista della costruzione del pontile in testa al molo centrale (progetto Studiogaggero)

Da quest'ultimo, che è agli atti del Comune e dei sovraordinati enti resi partecipi alla conferenza dei servizi per l'approvazione della sistemazione del molo centrale, abbiamo tratto alcune conclusioni, che riportiamo sotto forma tabellare e grafica

DIR (°N)		H_S (m)									
		0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50
		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
40	50	1624	507	***199***	0	0	0	0	0	0	0
50	60	1637	1568	1254	288	96	14	***7***	0	0	0
60	70	713	644	301	96	7	7	0	***7***	0	0
70	80	589	528	178	41	48	7	7	0	***7***	0
80	90	501	458	157	89	7	7	0	0	0	***14***
90	100	589	302	158	62	28	0	***7***	0	0	0
100	110	480	309	110	28	14	***7***	0	0	0	0
110	120	561	432	102	48	14	0	7	***7***	0	0
120	130	767	513	226	103	49	7	***14***	0	0	0
130	140	1142	630	343	76	41	0	***14***	0	0	0
140	150	1213	807	275	68	14	***21***	0	0	0	0
150	160	1493	740	226	83	28	7	0	***7***	0	0
160	170	1636	617	281	69	7	***14***	0	0	0	0
170	180	1862	829	322	76	28	***14***	0	0	0	0
180	190	2102	1060	452	165	104	0	7	0	***14***	0
190	200	3931	2328	944	365	206	82	0	49	***28***	0
200	210	6874	4137	1952	2858	808	274	125	***21***	0	0
210	220	15498	6737	4501	747	143	***76***	0	0	0	0
220	230	4455	***1965***	0	0	0	0	0	0	0	0

Registrazioni di moto ondoso al largo

T_R (anni)	H_S (m)		
	Settore 30°-90°N	Settore 90°-150°N	Settore 150°-210°N
2	2.53	2.32	3.23
5	3.44	3.17	4.13
10	4.04	3.73	4.73
25	4.80	4.44	5.49
50	5.36	4.96	6.05
100	5.92	5.48	6.60

Valori di altezza significativa in funzione del tempo di ritorno (modello di Gumbel)

SETTORE 30-90 °N				SETTORE 90-150 °N				SETTORE 150-210 °N			
ANNO	Hs [m]	T [s]	Dir [°N]	ANNO	Hs [m]	T [s]	Dir [°N]	ANNO	Hs [m]	T [s]	Dir [°N]
1993	4.41	8.18	86	1993	3.57	7.03	113	1993	2.86	6.96	199
1994	3.30	7.20	31	1994	3.46	7.74	134	1994	4.25	8.58	193
1995	2.38	6.36	47	1995	1.67	6.62	134	1995	3.31	7.44	204
1996	2.15	6.07	80	1996	2.03	6.87	100	1996	3.27	9.82	210
1997	2.43	6.05	42	1997	1.83	6.09	94	1997	4.18	9.32	180
1998	2.24	5.74	37	1998	1.56	6.89	146	1998	2.49	7.52	208
1999	2.15	6.48	79	1999	2.76	8.30	140	1999	2.67	8.08	177
2000	1.84	8.42	32	2000	2.42	7.91	123	2000	4.46	8.55	189
2001	2.78	6.51	50	2001	2.45	7.93	137	2001	2.49	7.91	208

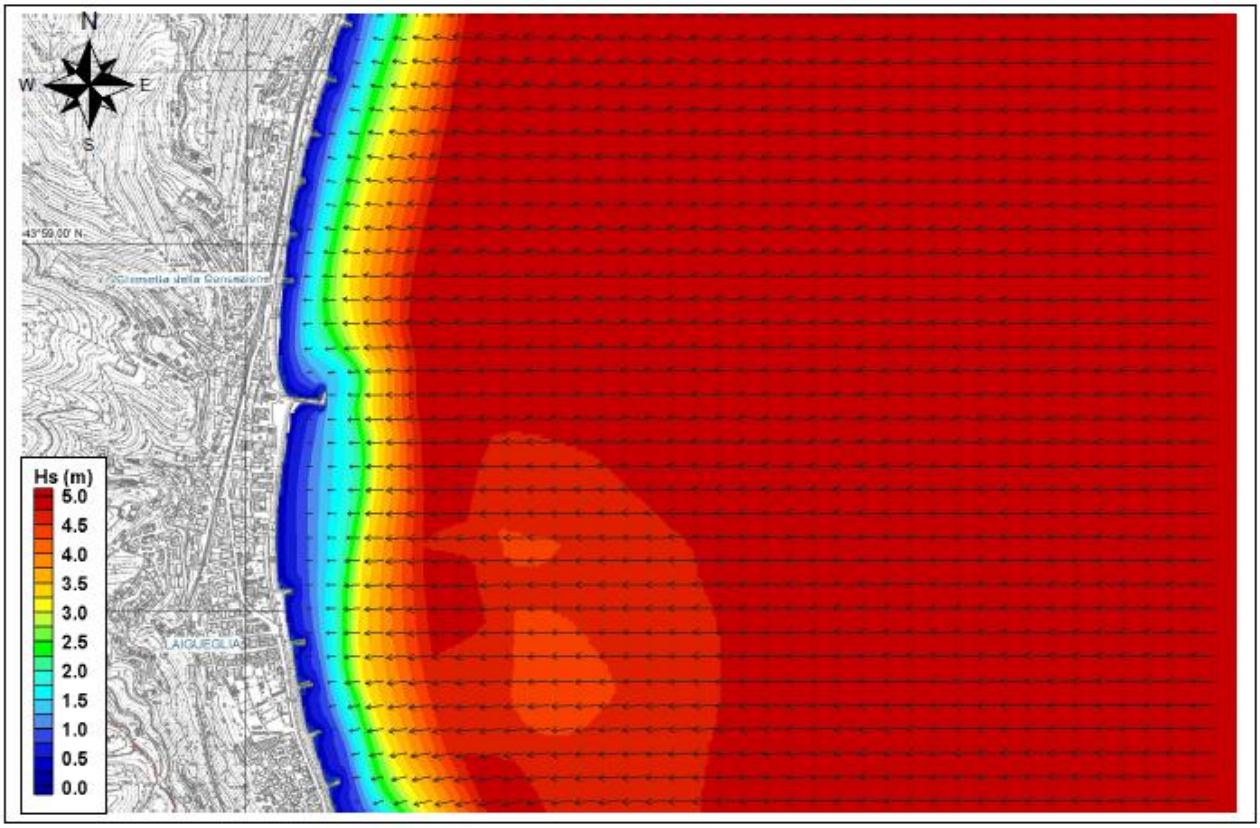
Analisi delle statistiche degli estremi

			CARATTERISTICHE AL LARGO				CARATTERISTICHE LOCALI (nel punto P_B)			
TEST	Caratteristiche mareggiata	Setup (m s.m.m.)	H_S (m)	T_{01} (s)	T_p (s)	DIR (°N)	H_S (m)	T_{01} (s)	T_p (s)	DIR (°N)
1	T_R = 50 anni	+0.50	5.36	10.1	12.0	90	1.55	10.1	12.0	91.7
2	T_R = 50 anni	+0.50	4.96	9.8	11.6	120	1.55	9.8	11.6	97.7
3	T_R = 50 anni	+0.50	6.05	11.4	13.5	190	1.56	11.4	13.5	102.5
4	T_R = 10 anni	+0.50	4.04	8.5	10.1	90	1.53	8.5	10.1	91.1
5	T_R = 10 anni	+0.50	3.73	8.6	10.2	120	1.53	8.6	10.2	96.7
6	T_R = 10 anni	+0.50	4.73	9.9	11.7	190	1.52	9.9	11.7	103.7
7	T_R = 5 anni	+0.50	3.44	7.8	9.2	90	1.52	7.8	9.2	91.1
8	T_R = 5 anni	+0.50	3.17	8.0	9.5	120	1.52	8.0	9.5	97.7
9	T_R = 5 anni	+0.50	4.14	9.2	10.9	190	1.24	9.2	10.9	104.3
10	Fr. = 1 g/anno	-	2.04	6.6	8.4	85	1.22	6.6	8.4	90.1
11	Fr. = 1 g/anno	-	3.06	7.4	10.2	115	1.24	7.4	10.2	95.7
12	Fr. = 7 gg/anno	-	1.28	5.2	7.0	85	1.20	5.2	7.0	89.7
13	Fr. = 7 gg/anno	-	2.11	6.5	8.4	115	1.22	6.5	8.4	96.7
14	Fr. = 30 gg/anno	-	0.45	4.3	5.7	85	0.42	4.3	5.7	88.9
15	Fr. = 30 gg/anno	-	1.41	5.2	7.0	115	1.20	5.2	7.0	97.7

Caratteristiche dell'onda propagata in un punto mediano del litorale (testa del molo centrale)

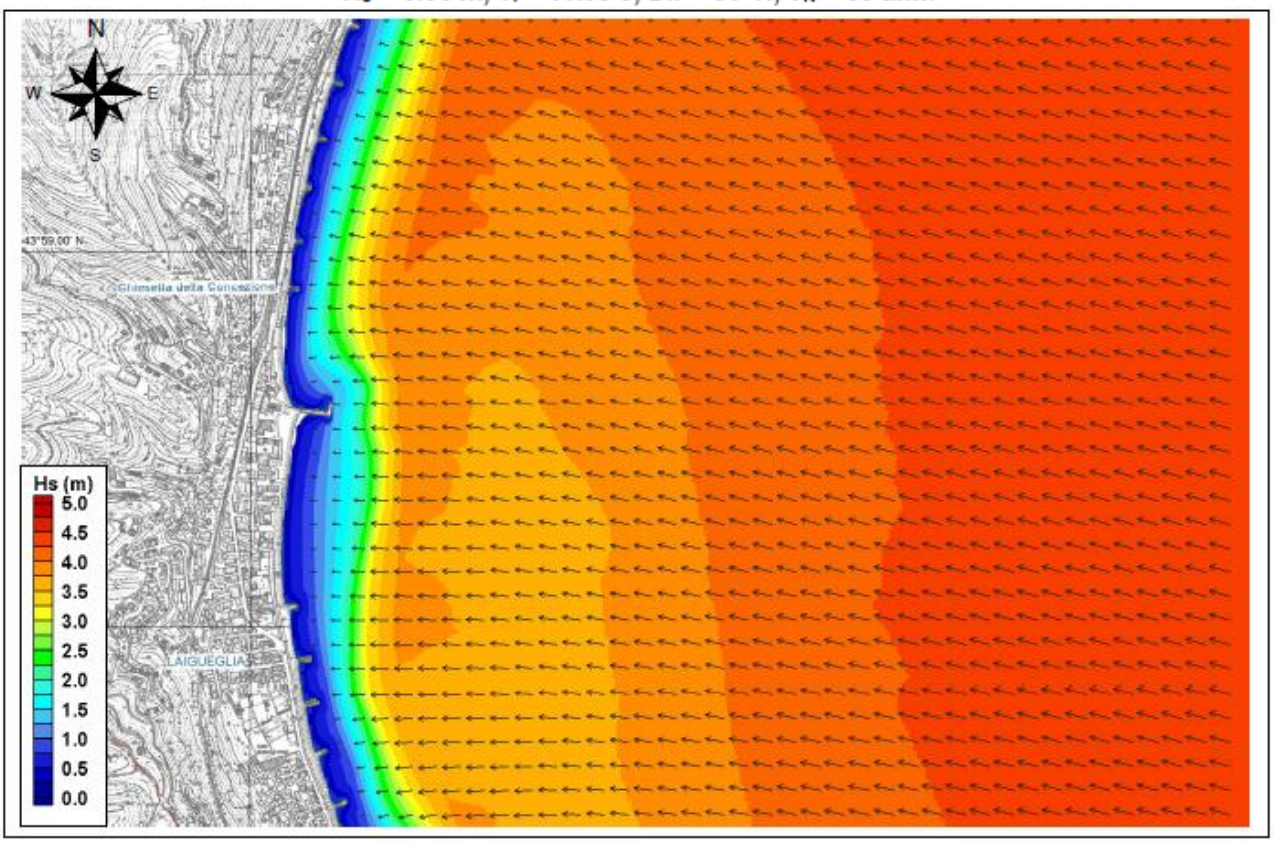
				CARATTERISTICHE AL LARGO			
TEST	Caratteristiche mareggiata	Setup (m s.m.m.)	Settore di provenienza al largo	H_S (m)	T_{01} (s)	T_p (s)	Dir (°N)
1	T_R = 50 anni	+0.50	30°-90°N	5.36	10.1	11.98	90
2	T_R = 50 anni	+0.50	90°-150°N	4.96	9.8	11.62	120
3	T_R = 50 anni	+0.50	150°-210°N	6.05	11.4	13.52	190

Caratteristiche al largo delle mareggiate estreme con tempo do ritorno 50 anni



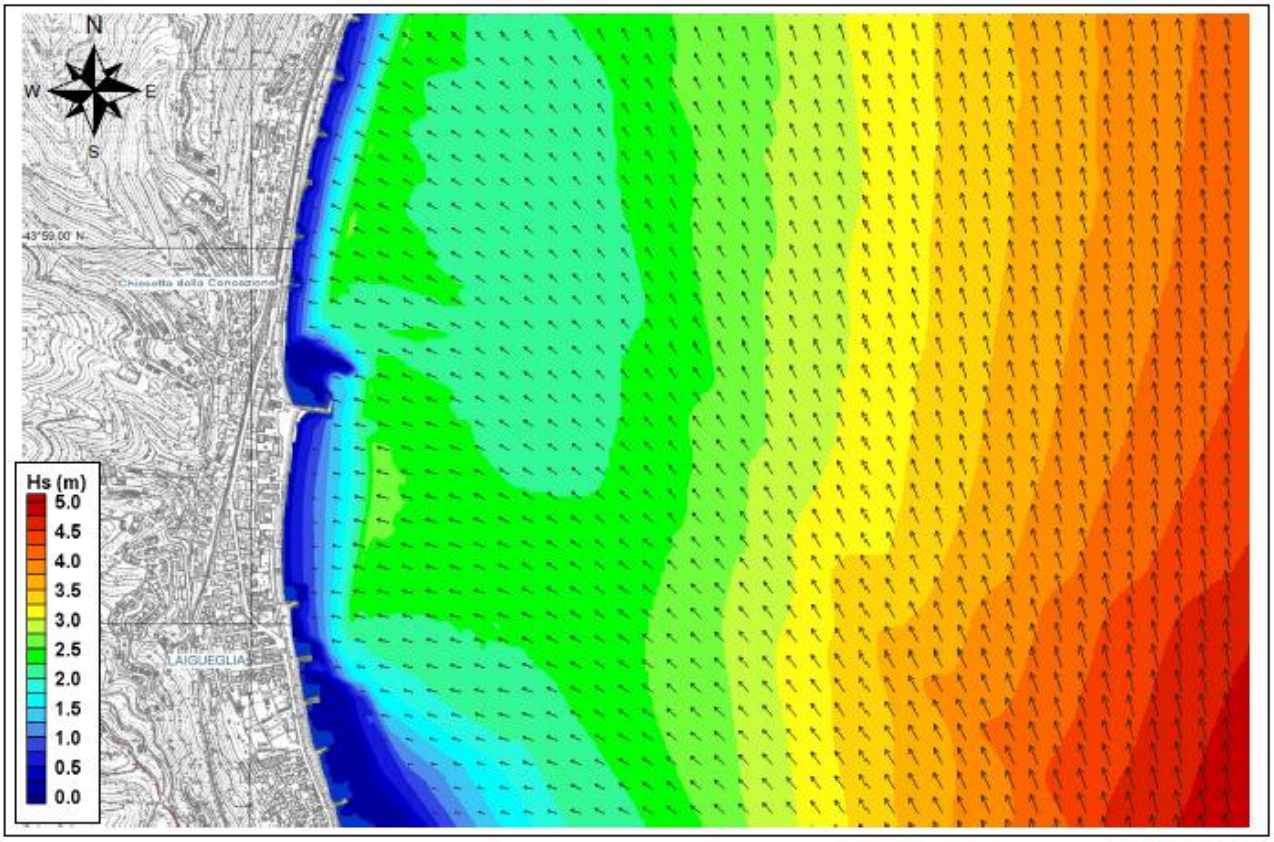
Caratteristiche della mareggiata al largo:

H_S = 5.36 m, T_P= 11.98 s, Dir = 90°N, T_R = 50 anni



Caratteristiche della mareggiata al largo:

H_S = 4.96 m, T_P= 11.62 s, Dir = 120°N, T_R = 50 anni



Caratteristiche della mareggiata al largo:

H_S = 6.05 m, T_P= 13.52 s, Dir = 190°N, T_R = 50 anni

Le figure soprastanti forniscono una chiara illustrazione delle rotazioni d'onda proveniente dalla traversia principale. I venti di NE inducono onde di energia ridotta e sono frequenti soprattutto nel periodo invernale. Come più volte ricordato la risultante globale del trasporto solido ha una modesta risultante S⇨N. Ciò è dimostrato anche dalla presenza diffusa sulle spiagge di Alassio di scaglie di mica proprie delle sabbie apportate sul litorale di Laigueglia nel corso dei ripascimenti strutturali degli ultimi anni.

10. VERIFICHE DI STABILITÁ

Il dimensionamento dei massi di apporto viene effettuato, a vantaggio di sicurezza (e con riguardo alle preesistenze di dimensioni ragguardevoli), mediante l'applicazione della teoria dell'onda solitaria alla massima profondità nelle pertinenze delle scarpate.

H = 2.50 ml (valore molto cautelativo) $H_{altamarea}$ = 2.50+0.50=3.00 ml

H_{fr} = 0.78 × 3.00 = 2.34 ml

Vale il prospetto seguente, nel quale, per pendenze variabili, sono calcolati i pesi unitari dei massi da impiegarsi

In conformità alle più recenti istruzioni dell'ufficio Ecosistema Costiero Regionale si prevede comunque di utilizzare massi di 3ª categoria (3-7 ton).

FORMULA di HUDSON

La formula di Hudson e rappresentata dalla seguente espressione

W=(Wr/(Sr-1)³*A³/(Kctg@))

dove

L'onda massima di progetto e' determinata con la teoria dell'onda solitaria (a vantaggio sicurezza)sulla profondita massima circostante pari a ml.

Wr e' il peso specifico del litotipo usato per la scarpata	= t/mc	2,6	3,00
A e' l'altezza d'onda incidente sull'opera	= m	2,34	
ctg@ e' la inclinazione della scarpata sull'orizzontale	=	3,5	
K e' un coefficiente	K =	2	
per cui nel caso in esame il valore del peso del singolo masso W risulta =ton		1,34	

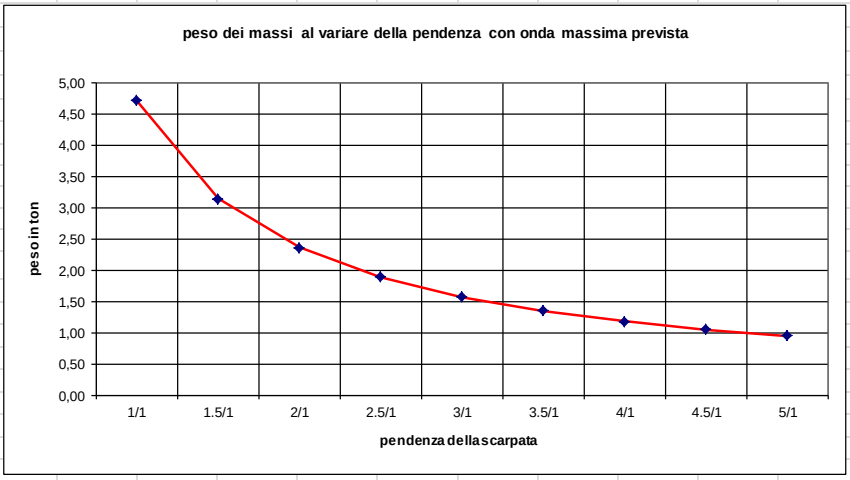
volume masso mc.	0,52
diametro sfera equivalente	1,00

Viene fornita peraltro una tabella di variazione dei valori di W al variare di A e di ctg@

	altezza d' onda incidente														
pendenza	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5
1/1	1,24	1,97	2,94	4,18	5,74	7,63	9,91	12,60	15,74	19,36	23,49	28,18	33,45	39,34	45,88
1.5/1	0,83	1,31	1,96	2,79	3,82	5,09	6,61	8,40	10,49	12,91	15,66	18,79	22,30	26,23	30,59
2/1	0,62	0,98	1,47	2,09	2,87	3,82	4,96	6,30	7,87	9,68	11,75	14,09	16,72	19,67	22,94
2.5/1	0,50	0,79	1,17	1,67	2,29	3,05	3,96	5,04	6,30	7,74	9,40	11,27	13,38	15,74	18,35
3/1	0,41	0,66	0,98	1,39	1,91	2,54	3,30	4,20	5,25	6,45	7,83	9,39	11,15	13,11	15,29
3.5/1	0,35	0,56	0,84	1,19	1,64	2,18	2,83	3,60	4,50	5,53	6,71	8,05	9,56	11,24	13,11
4/1	0,31	0,49	0,73	1,05	1,43	1,91	2,48	3,15	3,93	4,84	5,87	7,04	8,36	9,84	11,47
4.5/1	0,28	0,44	0,65	0,93	1,27	1,70	2,20	2,80	3,50	4,30	5,22	6,26	7,43	8,74	10,20
5/1	0,25	0,39	0,59	0,84	1,15	1,53	1,98	2,52	3,15	3,87	4,70	5,64	6,69	7,87	9,18

categorie	1ª	da 50 kg a ton 1
	2ª	da ton 1.01 a ton 3.0
	3ª	da ton 3.01 a ton 7.0
	4ª	oltre 7.01 ton

pendenza	onda incidente prevista 2,34
1/1	4,70
1.5/1	3,14
2/1	2,35
2.5/1	1,88
3/1	1,57
3.5/1	1,34
4/1	1,18
4.5/1	1,05
5/1	0,94



La verifica di stabilità dei geotubi può essere effettuata, in prima approssimazione, con l'applicazione della formula di HUDSON su un elemento finito di geotubo corrispondente ad n diametri. Considerata la profondità massima di imbasamento (3.00 ml) si valuta che l'onda incidente massima può raggiungere l'altezza di (teoria onda solitaria)

$$0.78 \times (3.00 + 0.50) = \text{ml } 2.73$$

Con pendenza di scarpata identificata in 1/1, l'equilibrio dell'elemento unitario è garantito con peso di

$$t\ 92.36$$

corrispondente ad un elemento di geotubo pari a:

- volume unitario v = 5.90 ml
- peso riempimento t/mc = 1.80

$$L = \frac{92.36}{5.90 \times 1.80} = 8.70 \text{ ml}$$

corrispondente a

$$\frac{8.70}{3.00} = 2.90 \text{ diametri}$$

per i quali la collaborazione è garantita; il calcolo non tiene inoltre conto della sommersione dei setti, pari a 3.00 – 1.80 = 1.20 ml

FORMULA di HUDSON

La formula di Hudson e rappresentata dalla seguente espressione

$W=(Wr/(Sr-1)^3*A^3/(Kctg@))$

dove

Wr e' il peso specifico del litotipo usato per la scarpata	= t/mc	1,8		3,00
A e' l'altezza d'onda incidente sull'opera	= m	3,50		
ctg@ e' la inclinazione della scarpata sull'orizzontale	=	1		
K e' un coefficiente		K =	2	
per cui nel caso in esame il valore del peso del singolo elemento W risulta =t			92,36	

L'onda massima di progetto e' determinata con la teoria dell'onda solitaria (a vantaggio sicurezza)sulla profondita massima circostante pari a ml.

volume masso mc.	51,31
diametro sfera equivalente	4,61

Viene fornita peraltro una tabella di variazione dei valori di W al variare di A e di ctg@

	altezza d' onda incidente														
pendenza	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5
1/1	7,27	11,55	17,23	24,54	33,66	44,80	58,16	73,95	92,36	113,60	137,87	165,37	196,30	230,87	269,27
1.5/1	4,85	7,70	11,49	16,36	22,44	29,87	38,78	49,30	61,57	75,73	91,91	110,24	130,87	153,91	179,52
2/1	3,64	5,77	8,62	12,27	16,83	22,40	29,08	36,97	46,18	56,80	68,93	82,68	98,15	115,43	134,64
2.5/1	2,91	4,62	6,89	9,81	13,46	17,92	23,27	29,58	36,94	45,44	55,15	66,15	78,52	92,35	107,71
3/1	2,42	3,85	5,74	8,18	11,22	14,93	19,39	24,65	30,79	37,87	45,96	55,12	65,43	76,96	89,76
3.5/1	2,08	3,30	4,92	7,01	9,62	12,80	16,62	21,13	26,39	32,46	39,39	47,25	56,09	65,96	76,94
4/1	1,82	2,89	4,31	6,13	8,41	11,20	14,54	18,49	23,09	28,40	34,47	41,34	49,07	57,72	67,32
4.5/1	1,62	2,57	3,83	5,45	7,48	9,96	12,93	16,43	20,52	25,24	30,64	36,75	43,62	51,30	59,84
5/1	1,45	2,31	3,45	4,91	6,73	8,96	11,63	14,79	18,47	22,72	27,57	33,07	39,26	46,17	53,85

11. VALUTAZIONE DEI QUANTITATIVI DI RIPASCIMENTO

Nell'elaborato C sono riportati i conteggi, sviluppati attraverso la formula di DEAN

$A = 0.41(d_{50})^{0.94}$ $d_{50} < 0.4$ mm

$A = 0.23(d_{50})^{0.32}$ $0.4 \leq d_{50} < 10.0$ mm

$A = 0.23(d_{50})^{0.28}$ $10.0 \leq d_{50} < 40.0$ mm

$A = 0.46(d_{50})^{0.11}$ $d_{50} < 40.0$ mm

Sulle 19 sezioni di spiaggia emersa e sommersa si è distribuita la curva di DEAN corrispondente a materiale di apporto caratterizzato da D50 = 2mm (sezioni 3-4) e D50 = 0.4 mm (sezioni 5-6-7).

Sono state effettuate due diverse valutazioni

A) versamento con avanzamento della linea di battigia pari a 10 ml, spessore dello strato aggiunto 1 ml, percentuale di perdite 10%

B) versamento con avanzamento della linea di battigia pari a 25 ml, spessore dello strato aggiunto 1 ml, percentuale di perdite 20%

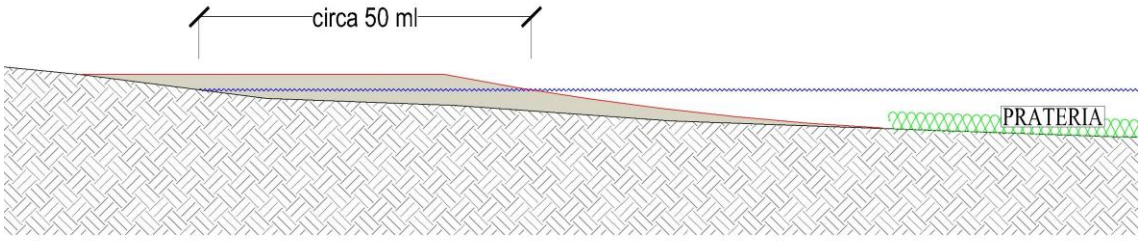
Per ogni sezione viene determinata la superficie di materiale d'apporto; la stessa viene assunta come valore medio all'interno di ogni cella di intervento, ed il volume di ripascimento viene determinato moltiplicandi la superficie sopra calcolata per la distanza tra gli assi delle opere trasversali delimitanti le diverse celle. Le distanze sono elencate nel seguente quadro (e sono rilevabili anche nei grafici progettuali)

Pennelli	**Distanze (ml)**
C – D	111.4
D – E	82.0
E – F	110.0
F - G	139.79

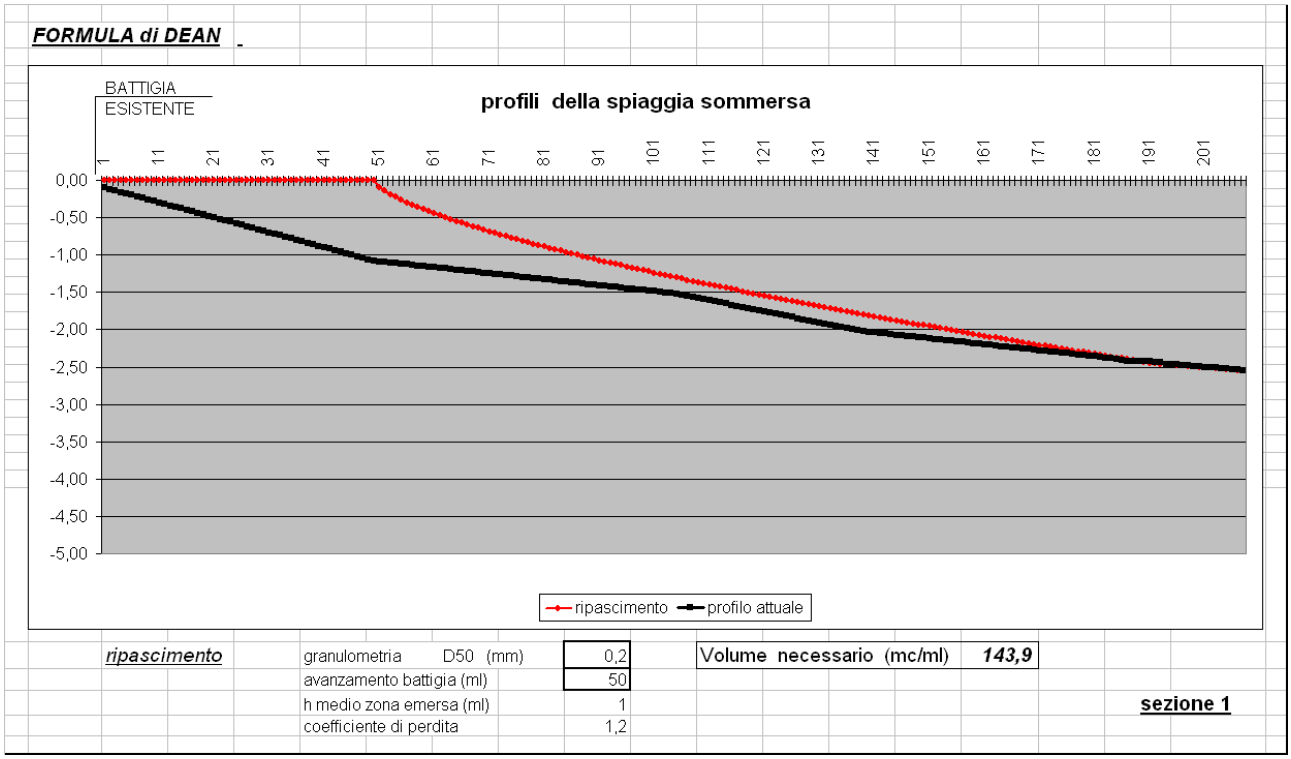
I risultati sono riportati nell'ultima pagina dell'elaborato C. I valori dei versamenti variano da circa 15 mc/ml a circa 50 mc/ml. Nel progetto si è valutato opportuno un primo versamento di circa 20 mc/ml, superiore alle necessità per un avanzamento della linea di battigia di 10 ml (all'atto del versamento).

12. ASPETTI AMBIENTALI

Le opere che si intendono realizzare e gli effetti sull'arenile che si attendono dalle stese non coinvolgono la parte di spiaggia sommersa interessata da biocenosi marine. Infatti è possibile tracciare una curva di equilibrio della spiaggia che, per assurdo, lambisca le praterie di cimodocea e caulerpa antistanti; considerata la granulometria media locale, più volte verificata nelle preesistenze e negli apporti, caratterizzata da $0,1 < D_{50} < 0,2$ mm, e la curva di DEAN relativa, si può verificare che un ipotetico ripascimento naturale od artificiale, per raggiungere le praterie, dovrebbe essere, dimensionato per 143,9 mc/ml con un avanzamento delle liee di battigia pari a 50 ml. A maggior ragione l'osservazione ha valore per ripascimenti realizzati con materiali caratterizzati da D_{50} = 0.4 mm, D_{50} = 2mm. Evidentemente dovrà essere rispettato il limite in pelite (5% di norma) abbassato al valore massimo 3%.



SEZIONE TIPO ATTUALE
RIPASCIMENTO 143,9 mc/ml



13. ASPETTI ARCHEOLOGICI

Il litorale di Laigueglia è stato oggetto di importanti lavori nell'ultimo decennio. Sono stati ricostruiti i pennelli, sono stati realizzati geotubi, è stato disteso a mare un importante ripascimento, sono state prelevate spiagge dalla sabbia sommersa. Nel corso dei lavori, mai è apparso alcun elemento che potesse indurre a ritenere che reperti di tipo archeologico potessero essere presenti o rilevabili. Il continuo movimento delle sabbie ha alternativamente scoperto e ricoperto ampie aree emerse e sommerse, senza mettere in evidenza corpi singolari. Il progetto si estende entro i limiti dei 3 metri di profondità, entro il campo della profondità di chiusura e quindi della zona attiva del trasporto solido. Non è quindi prevedibile, alla luce delle osservazioni effettuate, la presenza di reperti archeologici nelle aree di lavoro.

14. TEMPI REALIZZATIVI – PROGRAMMA D'INTERVENTO

La realizzazione delle opere coinvolge tempi piuttosto modesti, contenibili entro i 2 mesi secondo il seguente schema di cronoprogramma

	GIORNI					
CATEGORIA DI LAVORO	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**
Cantiere	■					■
Interventi sui pennelli e scogliera radente	■	■	■			
Tubazioni	■	■	■			
Geotubi		■	■	■		
Ripascimento				■	■	■
Sicurezza	■	■	■	■	■	■

Peraltro tutti gli interventi possono essere realizzati autonomamente, con il solo avvertimento di accoppiare al prolungamento dei pennelli (ed eventualmente alla fase dei geotubi) il previsto ripascimento sopraflutto (SW). È evidente inoltre che il prolungamento delle tubazioni di scarico delle acque bianche debba precedere il prolungamento dei pennelli.

15. COSTO DELL'OPERA

Il costo globale dei lavori è previsto in € 775.000,00 come da seguente quadro economico

QUADRO ECONOMICO					
A SOMME PER LAVORI					
lavori (soggetti al ribasso)		€	534.750,00		
		SOMMANO		***€***	***534.750,00***
B ONERI PER LA SICUREZZA					
sicurezza (non soggetta al ribasso)		€	10.000,00		
		SOMMANO		***€***	***10.000,00***
C TOTALE LAVORI E SICUREZZA					
somma A + B		€	544.750,00		
		SOMMANO		***€***	***544.750,00***
D SOMME A DISPOSIZIONE					
spsese tecniche (progettazione, D.L., coord. sicurezza)	12%	€	544.750,00	**€**	**65.370,00**
c.n.p.a.i.a.	4%	€	65.370,00	**€**	**2.614,80**
i.v.a. per spese tecniche	22%	€	67.984,80	**€**	**14.956,66**
i.v.a. per lavori	22%	€	544.750,00	**€**	**119.845,00**
Verifica archeologica				**€**	**3.500,00**
Verifica bellica				**€**	**8.000,00**
incentivi progett., pubblicità, aut. Vigilanza. imprevisti ed arrot.				**€**	**15.963,54**
		SOMMANO		***€***	***230.250,00***
E IMPORTO COMPLESSIVO DELL'OPERA					
somma C + D		**€**	**775.000,00**		
		TOTALE		***€***	***775.000,00***