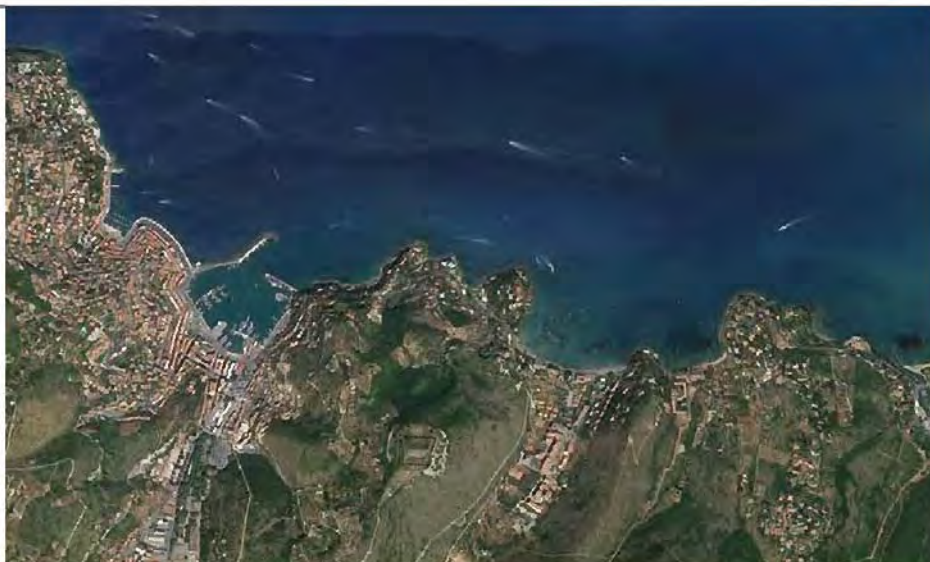




## COMUNE DI MONTE ARGENTARIO



VERIFICA ASSOGGETTABILITA' VIA AI SENSI DELL'ART. 48 L.R.T. N. 10/2010, DI SUPPORTO  
AL PROGETTO DI INTERVENTO DI PROTEZIONE CONTRO L'EROSIONE COSTIERA E  
RIPASCIMENTO DI ALCUNI ARENILI IN LOC. PORTO SANTO STEFANO

COMMITTENTE:

COMUNE DI MONTE ARGENTARIO



PROGETTISTI:

Dott. Geol. Massimo Fanti



Ing. Matteo Tanzini  
Ing. Glada Bonacchi  
Ing. Alberto Rabai

RILIEVI TOPOGRAFICI E BATIMETRICI:

Geom. Marco Bisdomini  
Geom. Davide Racloppl  
Dott. Geol. Luigi Guldarini



Ing. Chiara Chiostrini  
Ing. Simone Galardini



**PROGETTO LOTTO 1 - SPIAGGE GERINI, SODA, POZZARELLO**  
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DEGLI INTERVENTI  
DI RIPASCIMENTO PROPOSTI

NOME FILE: Elab\_01\_Relazione Tecnica descrittiva progetto ripascimento LOTTO 1.pdf

ELABORATO:

01

AGG.:	DATA:	DESCRIZIONE:	AGG.:	DATA:	DESCRIZIONE:
01	27/04/2015				

## I N D I C E

1.	PREMESSA.....	2
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	2
3.	DATI DI PROGETTO .....	4
3.1	CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI CHIUSURA.....	7
4.	CRITERI DI SELEZIONE DEGLI INTERVENTI POSSIBILI .....	7
4.1	SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO .....	8
5.	TEORIA DEL RIPASCIMENTO .....	11
5.1	CALCOLO DEL VOLUME DI RIPASCIMENTO .....	14
5.2	INTERVENTO CALA DEL POZZARELLO.....	17
5.3	INTERVENTO SPIAGGIA LA SODA.....	25
5.4	INTERVENTO SPIAGGIA LA GERINI .....	31

## TAVOLE:

TAV.11 – PLANIMETRIA E SEZIONI DI PROGETTO - STATO SOVRAPPOSTO - SPIAGGIA GERINI

TAV.12 – PLANIMETRIA E SEZIONI DI PROGETTO - STATO SOVRAPPOSTO - SPIAGGIA LA SODA

TAV.13 – PLANIMETRIA E SEZIONI DI PROGETTO - STATO SOVRAPPOSTO – SPIAGGIA POZZARELLO

## ALLEGATO 1:

ANALISI GRANULOMETRICHE

## 1. PREMESSA

A seguito delle elaborazioni dello studio meteo marino condotto su alcuni arenili tra il Promontorio dell'Argentario e il Tombolo della Giannella, in loc. Porto Santo Stefano in Comune di Monte Argentario (GR), si definiscono nella presente relazione interventi di manutenzione straordinaria per la salvaguardia e la protezione del tratto di costa analizzato da fenomeni erosivi.

Sulla base delle caratteristiche del moto ondoso e del trasporto solido ricavate dallo studio meteo marino, del rilievo batimetrico e delle analisi granulometriche realizzate su campioni significativi delle spiagge La Gerini, La Soda e Pozzarello, si prevede di intervenire su questi tre arenili con un ripascimento artificiale. Nella Cala del Pozzarello, vista la sua maggiore estensione rispetto agli altri tratti di costa studiati, si vuole intercettare il trasporto solido lungo riva con la realizzazione di un pennello per indurre conseguentemente la formazione di un cumulo di sedimenti sul lato sopraflutto.

In base alla disponibilità economica dell'amministrazione comunale, i ripascimenti artificiali sui tre arenili potranno esser realizzati a stralci annuali fino al completo avanzamento della linea di riva previsto dal presente progetto.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Gli arenili oggetto del presente studio per la manutenzione straordinaria tramite realizzazione di ripascimenti artificiali sono la spiaggia Gerini, La Soda e Cala del Pozzarello, a prevalente composizione sabbiosa, localizzati tra il Promontorio dell'Argentario e il Tombolo della Giannella, nell'area costiera meridionale della Toscana, in particolare nella parte di ponente della Laguna di Orbetello.

L'ubicazione dei tratti di arenile sono rappresentati nelle figure seguenti.





Figura 1 – Inquadramento geografico dell'area d'interesse (fonte immagine: Google Earth).



Figura 2 – Ubicazione degli arenili di intervento (fonte immagine: Google Earth).

### 3. DATI DI PROGETTO

Dalla definizione delle caratteristiche del moto ondoso e delle correnti lungo gli arenili oggetto d'interesse ricavate dallo studio meteo marino, sono state ottenute le altezze d'onda in funzione del loro periodo di ritorno, ovvero del tempo durante il quale esse possono essere uguagliate o superate mediamente una sola volta, nel settore di traversia scelto:

settore 260°-290°	
Tr	Hs,max (m)
10	2.67093
20	4.30206
<b>30</b>	<b>5.2562</b>
50	6.45829
100	8.08941

Tabella 1 – Altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno per il settore di provenienza scelto (260° - 290°)

Si assume un'altezza d'onda a largo corrispondente a un tempo di ritorno pari a 30 anni per il tipo di intervento che si va a progettare. Pertanto i dati di progetto per tutti e tre gli arenili in oggetto, accomunati dallo stesso clima meteo marino, sono i seguenti:

$H_0 = 5,25 \text{ m}$	Altezza d'onda a largo;
$T_p = 9,17 \text{ s}$	Periodo di picco caratteristico dell'onda;
$\theta_{0-N} = 275^\circ \text{N}$	Direzione di provenienza dell'onda a largo;
$\omega = \frac{2\pi}{T} = 0,69 \text{ Hz}$	Pulsazione dell'onda
$L_0 = 1,56 \cdot T^2 = 131,19 \text{ m}$	Lunghezza d'onda a largo

I valori calcolati in acque profonde sopra riportati sono stati utilizzati per determinare le condizioni estreme in prossimità della costa e più precisamente in corrispondenza delle quote dove sono localizzati gli interventi degli arenili oggetto del progetto, ovvero in condizioni di acque basse.

L'energia e la direzione delle onde in prossimità della costa non sono eguali a quelle al largo, per le trasformazioni che esse subiscono, nel movimento dall'acqua profonda verso i bassi fondali: l'interazione

con il fondale decrescente induce una modifica delle caratteristiche come altezza e lunghezza d'onda; quest'ultima nel movimento verso costa si riduce generando un aumento della ripidità (rapporto H/L); il fenomeno continua fin quando non si raggiunge una condizione di instabilità e l'onda frange dissipando energia.

Da questo punto in poi, le caratteristiche del moto ondoso non sono più riconducibili alla teoria lineare dello shoaling, e quindi bisogna far riferimento ai criteri per la determinazione del frangimento.

Il valore da attribuire all'onda di progetto scaturisce dalle condizioni di frangimento.

Per la determinazione dell'altezza d'onda, funzione della profondità del fondale marino e di altri parametri relativi alla morfologia trasversale della spiaggia, si possono utilizzare tre formule come indicato in letteratura: quella di Goda (relativa alle onde regolari), quelle di *Kamphuis* (per onde irregolari) e quella di *Mc Cowan & Munk*:

#### Goda:

$$H_b = 0,17 \cdot L_0 \left[ 1 - \exp \left( - \frac{1,5\pi d}{L_0} \cdot \left( 1 + 15m^{\frac{4}{3}} \right) \right) \right]$$

dove:

$H_b$  = Altezza d'onda al frangimento;

$L_0$  = Lunghezza d'onda a largo;

$d$  = Profondità;

$m$  = Pendenza media del fondale.

All'altezza d'onda così ottenuta sommiamo un setup di 0,50 m, e non 0,70 m, in quanto l'espressione di Goda tiene conto intrinsecamente di una quota parte del sovrizzo dovuto a marea, vento e onde.

#### Kamphuis:

$$H_b = 0,0955 \cdot \exp(4,0 \cdot m) \cdot L_{pd} \cdot \tanh \left( \frac{2\pi d}{L_{pd}} \right)$$

dove:

$H_b$  = Altezza d'onda al frangimento;

$L_{pd}$  = lunghezza d'onda calcolata con il periodo di picco nel punto di frangimento;

$d$  = Profondità;

$m$  = Pendenza media del fondale.

Per la determinazione della lunghezza d'onda corrispondente ad una profondità specifica, è necessario stabilire se tale punto è situato in acque intermedie o in acque basse.

Si determina la lunghezza d'onda che si ha al limite tra acque intermedie e acque basse e quindi la profondità limite corrispondente:

$$L_s = \frac{gT^2}{20}$$

$$d_s = \frac{L_s}{20}$$

A tale altezza si somma un valore di setup di 0,7 m.

Kamphuis semplificato:

$$H_b = 0,56 \cdot \exp(3,5 \cdot m) \cdot d$$

dove:

$H_b$  = Altezza d'onda al frangimento;

$d$  = Profondità;

$m$  = Pendenza media del fondale.

A tale altezza si somma un valore di setup di 0,7 m.

Mc Cowan & Munk

$$H_b = 0,78 \cdot d$$

dove:

$H_b$  = Altezza d'onda al frangimento;

$d$  = Profondità.

A tale altezza si somma il valore del setup pari al 10% dell'altezza d'onda al largo.

Si assume poi un'altezza a frangimento di progetto a favore di sicurezza tra quelle ottenute dai metodi sopra spiegati.



### 3.1 CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI CHIUSURA

In letteratura si definisce profondità di chiusura (indicata generalmente con DoC oppure Hc), la profondità oltre la quale non si hanno cambiamenti significativi della batimetria né alcun trasporto di sedimenti significativo per un dato o caratteristico intervallo di tempo. Generalmente si fa riferimento ad un orizzonte temporale annuale, per cui la profondità di chiusura calcolata è quella con valenza annuale.

Il calcolo della profondità di chiusura viene affrontato utilizzando formula di Hallermeier (1978, 1981):

$$DoC = 2.28h^* - 68.5 \left( \frac{h^{*2}}{gT_p^{*2}} \right)$$

dove  $h^*$  è l'altezza d'onda di frangimento, non disponendo di dati per ricavare l'altezza d'onda significativa al largo con frequenza di accadimento pari a 12 ore/anno,  $T_p^*$  è il periodo di picco corrispondente all'onda di frangimento e  $g$  l'accelerazione di gravità.

## 4. CRITERI DI SELEZIONE DEGLI INTERVENTI POSSIBILI

I litorali sabbiosi e la costa più in generale è un ambiente molto delicato e spesso in equilibrio instabile, per cui ogni piccola modifica o intervento può generare squilibri tanto nel medio che nel lungo termine. È risaputo infatti che qualsiasi opera realizzata lungo la costa può costituire un ostacolo al propagarsi del moto ondoso e al conseguente trasporto solido, e pertanto, interagendo con essi può dar luogo ad effetti di vario genere, causando alterazioni del litorale in zone limitrofe a quella di intervento.

È fondamentale pertanto attuare delle strategie di intervento che siano compatibili con lo stato dei luoghi e che non producano effetti collaterali in aree limitrofe; difatti se non opportunamente analizzati gli interventi possono contrastare la naturale dinamica costiera, favorendo lo spostamento delle problematiche riscontrate nelle zone contigue a quella d'intervento. In linea di massima valgono i seguenti principi generali:

1. Gli interventi di ripascimento artificiale non possono essere attuati con il rifornimento completo di materiale proveniente da aree limitrofe, che verrebbero probabilmente a trovarsi in condizione di deficit di sedimento;
2. La scelta dell'intervento ottimale deve essere perseguito favorendo lavori che si inseriscano in modo soft nel paesaggio, che siano gradualmente ed elastici, prediligendo gli interventi di



manutenzione ordinaria e straordinaria, in modo da valutare le soluzioni di maggiore efficacia in successivi step temporali.

#### 4.1 SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO

La scelta della tipologia d'intervento richiede un'attenta analisi preliminare che riguarda non solo l'ubicazione puntuale dell'opera ma anche lo studio dei processi delle aree limitrofe e dell'individuazione degli interessi e delle aspettative della collettività sull'area d'indagine (intenti conservazionistici, fruibilità turistica, sostenibilità economica). La compatibilità tra questi interessi e i provvedimenti per ridurre il tasso di erosione della spiaggia porta alla scelta dell'intervento. Generalmente i fattori determinanti nella scelta di un intervento di difesa costiera, sono la salvaguardia del territorio, il regime dei trasporti di sedimenti, il clima meteo marino, la morfologia del settore di traversia, la finalità dell'intervento protettivo e la sostenibilità economica dell'intervento.

Un primo step per la selezione della tipologia di intervento nel tratto di litorale oggetto di studio consiste nell'utilizzare lo schema di Kobayashi et al. per fornire una prima indicazione sul grado di idoneità di ciascun tipo di intervento.

Caratteristiche del paraggio															
Tipo di intervento	Tempistica			Trasporto litoraneo					Marea		Instabilità morfologica			Moto ondoso	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
<i>Pennelli</i>	*	1	2	0	*	3	2	3	1	2	2	1	3	2	1
<i>Frangiflutti foranei</i>	2	2	2	2	3	+	2	*	2	1	2	1	0	0	3
<i>Difese aderenti</i>	3	+	*	*	*	0	*	*	1	2	*	1	*	1	2
<i>Ripascimenti</i>	1	1	2	3	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	1
<i>Conservazione e dune</i>	1	2	2	1	2	0	2	0	2	2	0	2	2	1	2

Tabella 2 - Quadro sinottico utilizzato per la scelta della tipologia di intervento

La chiave di lettura del quadro è riportata qui di seguito:

**Tempistica**

- a) Emergenza: il pericolo per le persone e le cose è tale che l'intervento deve essere iniziato immediatamente (entro 15 giorni), anche in assenza di un formale progetto;
- b) Urgenza: la situazione comporta che vi sia il tempo per eseguire una programmazione ed eseguire parte delle indagini necessarie alla corretta progettazione;
- c) Tempestività: tale da avere il tempo per eseguire tutte le indagini necessarie, senza correre il rischio di giungere troppo tardi.

**Regime del trasporto litoraneo**

- d) trasporto litoraneo longitudinale di piccola entità rispetto ai movimenti trasversali;
- e) deriva litoranea (trasporto netto) assente o insignificante rispetto ai trasporti lordi;
- f) deriva litoranea modesta ma ben definita;
- g) trasporti litoranei importanti ma con deriva mal definita;
- h) trasporti litoranei importanti e deriva ben definita.

**Marea**

- i) limitata escursione di marea;
- j) elevata escursione di marea.

**Instabilità morfologica**

- k) instabilità insignificante (ad es. falesie);
- l) instabilità modesta; ad es. spiagge sottili di grande estensione e poket beach;
- m) instabilità importante (ad esempio cuspidi focali e piccole unità fisiografiche con forti trasporti).

**Moto ondoso**

- n) moderato: mareggiate con altezza d'onda significativa inferiore a 2 m;
- o) significativo: mareggiate con altezza significativa superiore a 2 m.

I numeri e gli asterischi (+,\*) individuano il grado di idoneità dell'intervento nell'area di studio ed in particolare:

- f 3 = soluzione consigliabile;
- f 2 = soluzione idonea;
- f 1 = soluzione accettabile;
- f + = soluzione idonea o accettabile per qualche forma del tipo, inefficiente per altre;
- f 0 = soluzione inefficiente;

f \* = soluzione sconsigliabile.

Applicando il Metodo di Kobayashi ai tratti di litorale oggetto di studio (tutti piuttosto omogenei fra loro) e considerando che la situazione ha carattere d'urgenza, che il trasporto litoraneo è ben definito ma non di notevole entità, l'escursione di marea limitata e l'instabilità morfologica significativa, risultano le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche del paraggio																
Tipo di intervento	Tempistica			Trasporto litoraneo				Marea			Instabilità morfologica			Modo ondoso		Idoneità
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	TOT.
<i>Pennelli</i>	*	1	2	0	*	3	2	3	1	2	2	1	3	2	1	9
<i>Frangiflutti foranei</i>	2	2	2	2	3	+	2	*	2	1	2	1	0	0	3	7 +
<i>Difese aderenti</i>	3	+	*	*	*	0	*	*	1	2	*	1	*	1	2	3 + *
<i>Ripascimenti</i>	1	1	2	3	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	1	9
<i>Conservazione dune</i>	1	2	2	1	2	0	2	0	2	2	0	2	2	1	2	9

Tabella 3 - Metodo di Kobayashi applicato ai punti d'intervento d'interesse

Dal primo step è possibile affermare che un sistema di pennelli, il ripascimento e la conservazione delle dune sono gli interventi di difesa più idonei nei tratti di litorale d'interesse; anche i frangiflutti foranei sono ipotizzabili mentre le difese aderenti sono sconsigliabili.

Un secondo passo nella procedura di selezione della tipologia di intervento consiste nell'utilizzare la matrice di Kobayashi et al. (1985) in cui vengono messi in relazione gli elementi caratteristici delle opere di difesa con gli effetti sull'ambiente.

VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'OPERA		Preservazione ambiente naturale	Spazio per lo sviluppo della fauna marina	Spazio per attività turistiche	Difesa della costa	Effetti sul ricambio idrico	Effetti sul paesaggio	Controllo eventi disastrosi
ELEMENTI CARATTERISTICI DELLE OPERE DI DIFESA								
ELEMENTI DELLA SEZIONE TRASVERSALE DELL'OPERA	Profilo naturale della spiaggia sommersa		●	●	●	●	●	●
	Opera sommersa e staccata dalla riva		●	●	●	●	●	●
	Opera sommersa e radicata alla riva		●	●	●	●	●	●
	Opera emergente e staccata dalla riva		●	●	●	●	●	●
	Opere che si protendono dalla riva verso il mare		●	●	●	●	●	●
ELEMENTI PLANIMETRICI DEL SISTEMA DI PROTEZIONE	Opere parallele alla linea di riva		●	●	●	●	●	●
	Opere parallele alla riva e ad esse collegate		●	●	●	●	●	●

efficace e fattibile    
 moderatamente efficace ma fattibile    
 poco efficace e non fattibile

Tabella 4 - Procedura di selezione della tipologia di intervento derivata da Kobayashi et al. (1985) in cui vengono messi in relazione gli interventi di difesa con gli effetti sull'ambiente.

Combinando i criteri dello step 1 con quest'ultimi l'opzione di ripascimento rappresenta il giusto compromesso tra difesa della costa e preservazione dell'ambiente. Nel caso dell'arenile di Pozzarello, per garantire maggior durabilità all'intervento di ripascimento, questo viene protetto con la posa di un pennello ortogonale alla linea di costa, visto il grande interesse turistico della spiaggia.

## 5. TEORIA DEL RIPASCIMENTO

L'intervento di ripascimento consiste nello sversamento di sedimenti di idonea granulometria e proprietà tessiturali in tratti di litorale in erosione, al fine di produrre un avanzamento della linea di costa.

In fase di sversamento il materiale per il ripascimento generalmente viene disposto secondo un profilo più ripido rispetto a quello d'equilibrio, creando una perturbazione temporanea della linea di costa;



successivamente la dinamica costiera modella il ripascimento sia in direzione longitudinale che trasversale, facendolo tendere al profilo di equilibrio teorico.

I principali parametri da cui dipendono i meccanismi di modellamento longitudinale e trasversale sono l'altezza d'onda al frangimento, il diametro medio del sedimento da versare, l'estensione del ripascimento ed i coefficienti di overfill e di ripascimento.

In effetti, la scelta del materiale di riporto per un ripascimento artificiale costituisce un'operazione delicata che richiede il rispetto di alcune condizioni derivanti dal confronto tra la granulometria del materiale di riporto e quella del materiale originario. Infatti, nell'ipotesi che il materiale di riporto abbia la stessa granulometria del materiale originario (o che sia leggermente più grossolano), il volume di progetto potrà essere calcolato considerando trascurabili le perdite di materiale di riporto dovute a diversità di comportamento sotto l'azione del moto ondoso (processi di rimozione e di selezione dei sedimenti). L'utilizzo di materiale più fine comporterà invece, sotto l'azione del moto ondoso, la perdita di quantità anche considerevoli di sedimenti di cui si dovrà tener conto maggiorando adeguatamente i quantitativi di apporto calcolati nell'ipotesi di uniformità di caratteristiche tra materiale di ripascimento e materiale originario.

#### Coefficiente di overfill

Il coefficiente di overfill RA, calcolato da James (1975), viene riportato solitamente in forma grafica, con riferimento alle seguenti grandezze:

RA: numero stimato di metri cubi di materiale richiesto per produrre un metro cubo di materiale di spiaggia quando la spiaggia è in condizioni compatibili con il materiale originario;

$\sigma_\phi$  : deviazione standard della distribuzione granulometrica del campione in unità  $\phi$

$$\sigma_\phi = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{2}$$

$M_\phi$  : diametro medio della distribuzione granulometrica del campione in unità  $\phi$

$$M_\phi = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{16}}{2}$$

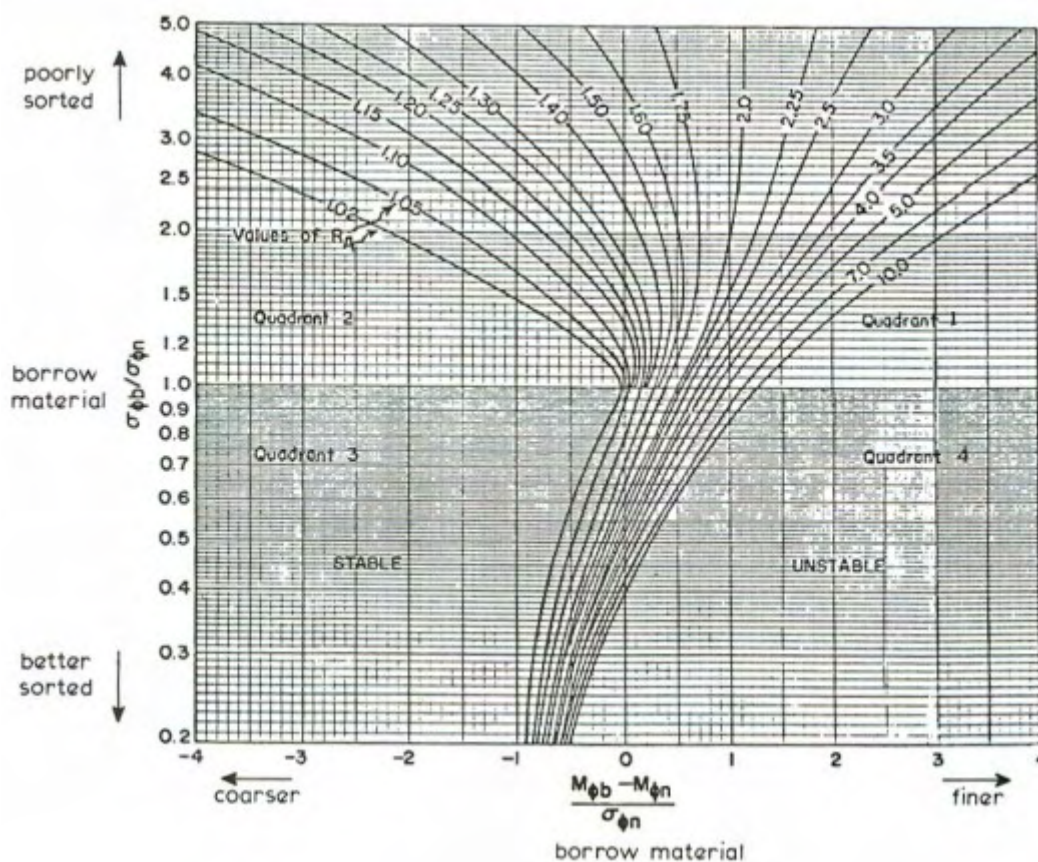


Figura 3 - Coefficiente di overfill Ra

#### Coefficiente di ripascimento

Un secondo coefficiente, che interessa la durata a lungo termine del ripascimento, riguarda l'incremento della frequenza degli apporti di sedimento rispetto al caso di invarianza del sedimento di riporto rispetto a quello nativo. Infatti, la diversa dimensione dei sedimenti implica un diverso tempo di residenza del materiale nella zona interessata dal ripascimento. Tale coefficiente, indicato con RJ, è deducibile graficamente e rappresenta l'incremento della frequenza di ripascimento rispetto alla condizione di invarianza del sedimento di riporto rispetto a quello di origine.

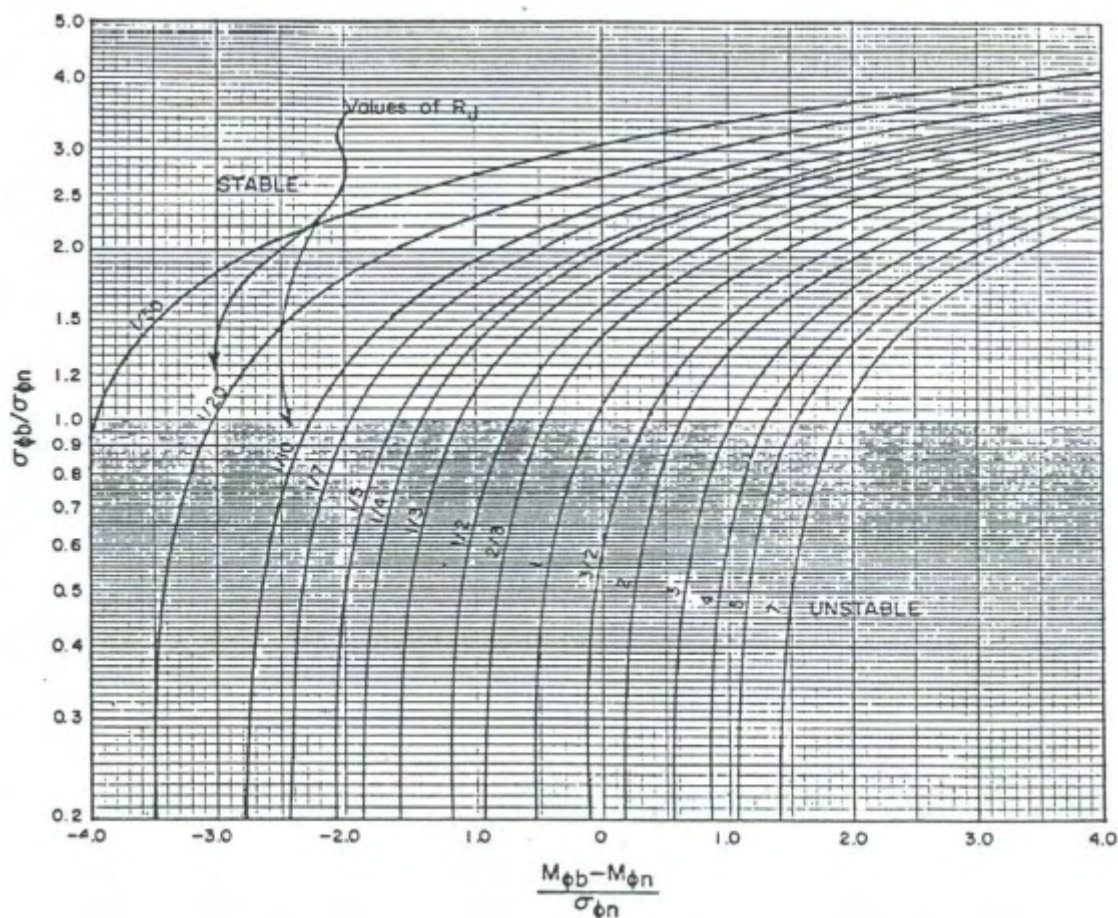


Figura 4 - Coefficiente di ripascimento  $R_j$

## 5.1 CALCOLO DEL VOLUME DI RIPASCIMENTO

Per determinare il volume di materiale necessario al ripascimento di una spiaggia è possibile utilizzare la teoria sviluppata da Dean (1991). Bruun (1954) sviluppò una semplice equazione per la determinazione del profilo d'equilibrio della spiaggia e per mettere in relazione la profondità dell'acqua  $h$  alla distanza offshore (verso mare)  $x$ :

$$h = A x^m$$

con  $A$  parametro dimensionale, detto fattore di forma e che dipende dalle caratteristiche del materiale del fondo, ed  $m$  parametro che assume valore di  $2/3$ .



La semplice legge ipotizzata da Bruun fu supportata da Dean (1977) che mostrò come il coefficiente di forma potesse essere rapportato alla velocità di caduta del sedimento dalla legge seguente:

$$A = 0,067w^{0,44}$$

Questo fattore di forma A fu relazionato al diametro dei sedimenti utilizzando le equazioni sviluppate da Hallermeier (1981):

$$w = 14 D^{1,1}$$

con w espressa in cm/sec e D diametro medio dei sedimenti espresso in mm. Il fattore di forma A può quindi essere espresso in funzione del diametro medio D delle particelle, dalla seguente:

$$A = 0,21D^{0,48}$$

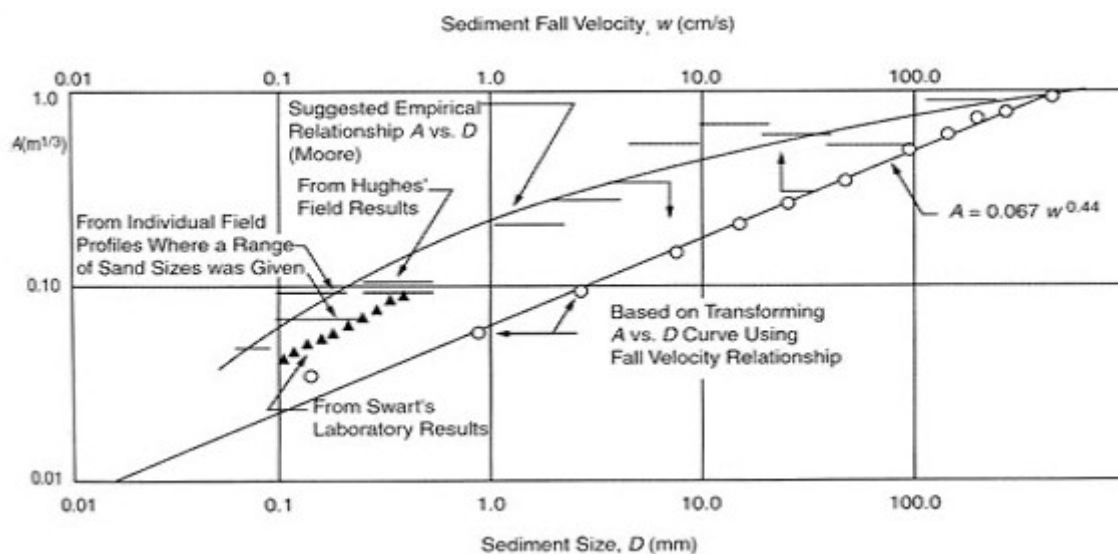


Figura 5 - Relazione tra il fattore di forma A il diametro medio dei granuli D e la velocità di sedimentazione w (Dean, 1987 e Moore, 1982)

Dean (1991) definisce tre tipi base di profili di ripascimento:

- "Intersecting profile" dove il profilo conseguente al ripascimento interseca il profilo originario;
- "Non-intersecting profile" dove il profilo del ripascimento non interseca il profilo originario prima della profondità di chiusura;
- "Submerged profile" dove dopo l'equilibrio non c'è spiaggia emersa.



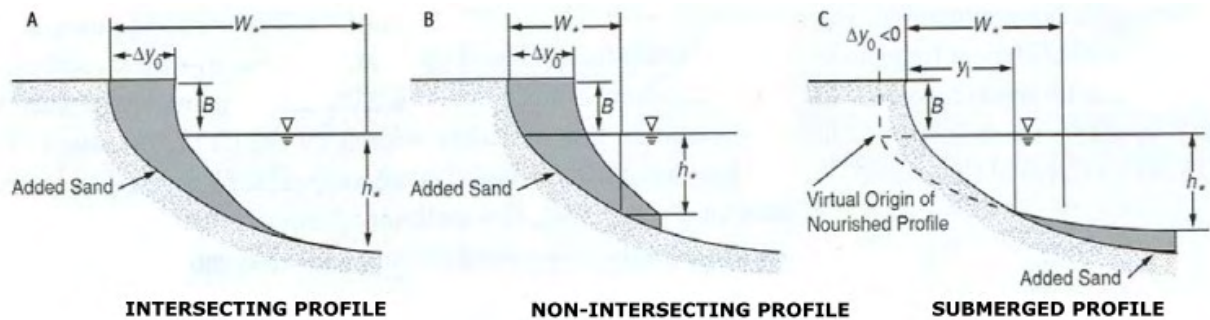


Figura 6 - Tipi base di profili di ripascimento (Dean 1991)

Dean mostra che un profilo è "Intersecting" o "Non-intersecting" secondo che si verifica:

$$Y = \left( \frac{A_N}{H} \right)^{3/2} + \left( \frac{A_N}{A_F} \right)^{3/2} < 1, \text{ Intersecting Profiles}$$

$$Y = \left( \frac{A_N}{H} \right)^{3/2} + \left( \frac{A_N}{A_F} \right)^{3/2} > 1, \text{ Non-intersecting Profiles}$$

Con H profondità di chiusura (DoC),  $A_N$  valore di A riferito al sedimento originario (native) e  $A_F$  valore di A riferito al sedimento di ripascimento (filling). I volumi per unità di lunghezza di materiale da ripascimento per un profilo "non intersecting" e un profilo "intersecting" sono dati rispettivamente dalle seguenti equazioni:

$$V = YB + \frac{3}{5} H^{5/2} \left[ \left[ \frac{Y}{H^{3/2}} + \left( \frac{1}{A_F} \right)^{3/2} \right]^{5/3} A_N - \left( \frac{1}{A_F} \right)^{3/2} \right]$$

$$V = BY + \frac{\frac{3}{5} A_N Y^{5/3}}{\left[ 1 - \left( \frac{A_N}{A_F} \right)^{3/2} \right]^{2/3}}$$

con B altezza della berna e Y avanzamento della spiaggia.

## 5.2 INTERVENTO CALA DEL POZZARELLO

Il punto d'interesse è ubicato in località Cala del Pozzarello, a Sud Est della località Torre Calvello ed è rappresentato da una ampio arenile esposto a Nord ed in generale alle agitazioni del moto ondoso provenienti dal primo quadrante.

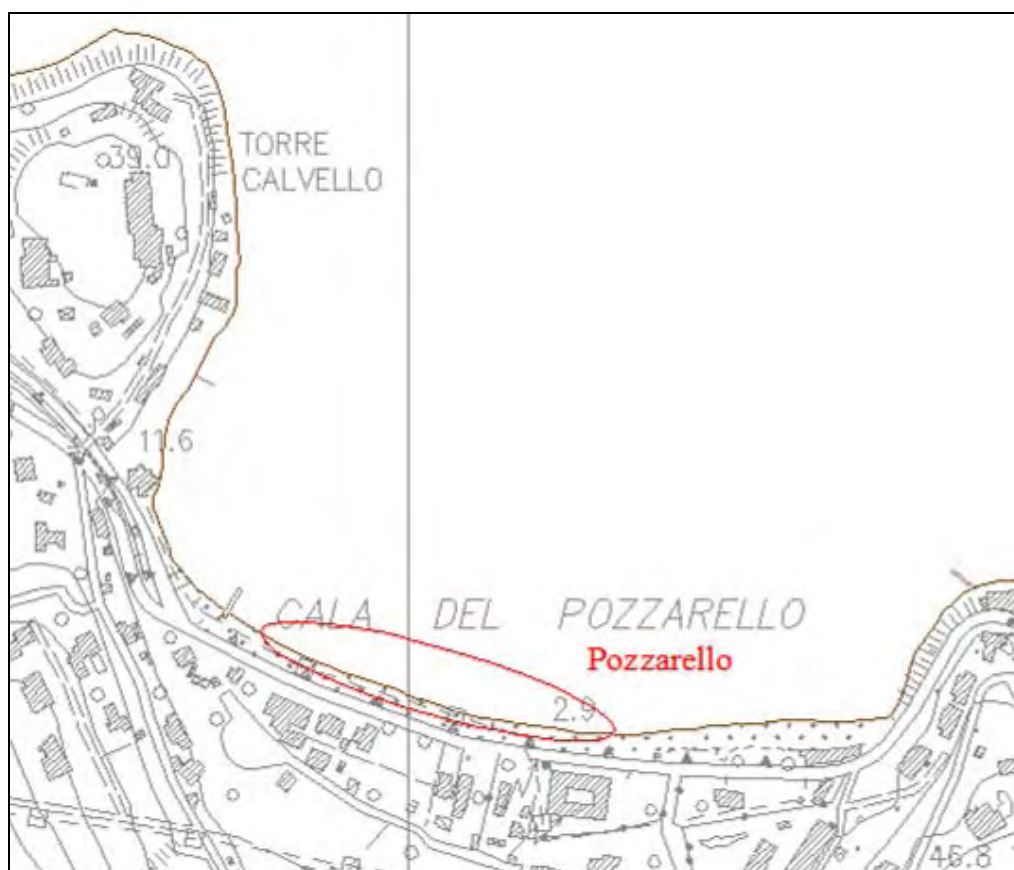


Figura 7 – Ubicazione cartografica del punto d'intervento



Figura 8 – Vista del punto di intervento

Dallo studio evolutivo della linea di costa della spiaggia La Soda condotto all'interno dello studio meteo marino, si riportano i risultati grafici e numerici dell'analisi diacronica del territorio in riferimento a 1996, 2007, 2010 e 2013, anni di acquisizione delle foto aeree dei voli AGEA.



Figura 9 – Analisi diacronica della linea di costa fra il 1996 ed il 2013

Le analisi di fotointerpretazione e le elaborazioni GIS hanno evidenziato le seguenti caratteristiche dell'arenile di Cala del Pozzarello:

Periodo di osservazione 1996 - 2013 (1996 come riferimento zero)				
Anno	Area [mq]	Variazione area [mq]	Variazione lineare media [m]	Tasso di variazione [m/anno]
1996	4995	0	0.00	0.00
2007	4373	-622	-1.66	-0.15
2010	3333	-1040	-2.77	-0.92
2013	3677	344	0.92	0.31
Complessivo 1996-2013		-1318	-3.51	-0.21

Tabella 5 – Tendenza evolutiva dell'arenile

Nel periodo 1996-2013 si riscontra una tendenza evolutiva di arretramento della costa, con un tasso medio di circa 20 cm annui; tuttavia nell'ultimo periodo di osservazione 2010-2013 si è riscontrata una controtendenza, con avanzamento della linea di riva con un tasso di 30 cm annui, che tuttavia non è stato sufficiente a controbilanciare l'intensa attività erosiva verificatasi soprattutto nel periodo 2007-2010 e riportare il profilo alla sagoma dell'anno 1996.

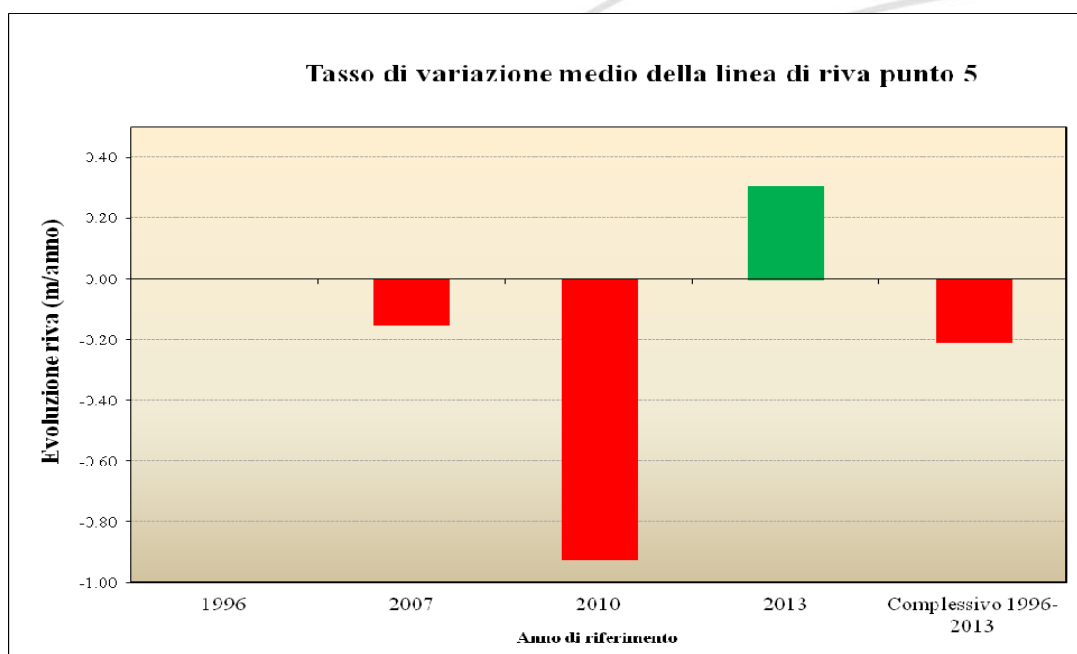


Figura 10 – Tendenza evolutiva di Cala del Pozzarello sulla base di fotointerpretazione ed analisi GIS

Alla Cala del Pozzarello sono stati prelevati due campioni per l'analisi granulometrica - in allegato alla presente relazione - vista la diversa composizione del tratto più a ovest (con una **lunghezza di circa 130 m**)



rispetto ai due a est (con una lunghezza complessiva di circa **350 m**), tra quelli in intervento. In entrambi i casi le sabbie dei campioni prelevati, in base alle proprietà chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, risultano classificabili in categoria A1, che prevede, secondo il Manuale ICRAM, le seguenti possibilità di gestione:

Classe	Opzioni di gestione
<b>A1</b>	Sabbie (pelite < 10%) da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ripascimento di arenili (previa verifica compatibilità con il sito di destinazione);</li><li>2. Ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero comprese le deposizioni finalizzate al ripristino della spiaggia sommersa;</li><li>3. Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale;</li><li>4. Riutilizzi a terra (secondo la normativa vigente);</li><li>5. Deposizione in bacini di contenimento (es. vasche di colmata);</li><li>6. Immersione in mare.</li></ol>

Sulla base delle curve granulometriche dei campioni prelevati sul tratto a ovest e su quelli a est della Cala del pozzarello (in tabella N=native), si scelgono le caratteristiche del materiale da cava da riportare (in tabella F=filling), così da calcolare i coefficienti di overfill e di ripascimento correttivi dei volumi di sversamento che risultano dall'applicazione della teoria di Dean per ottenere un avanzamento della linea di riva di **7 m** rispetto all'attuale; si preferisce l'utilizzo di sabbia proveniente da cave di prestito piuttosto che da tratti limitrofi in deposito per non turbare l'instabile equilibrio raggiunto in un tratto di arenile di grande interesse turistico.

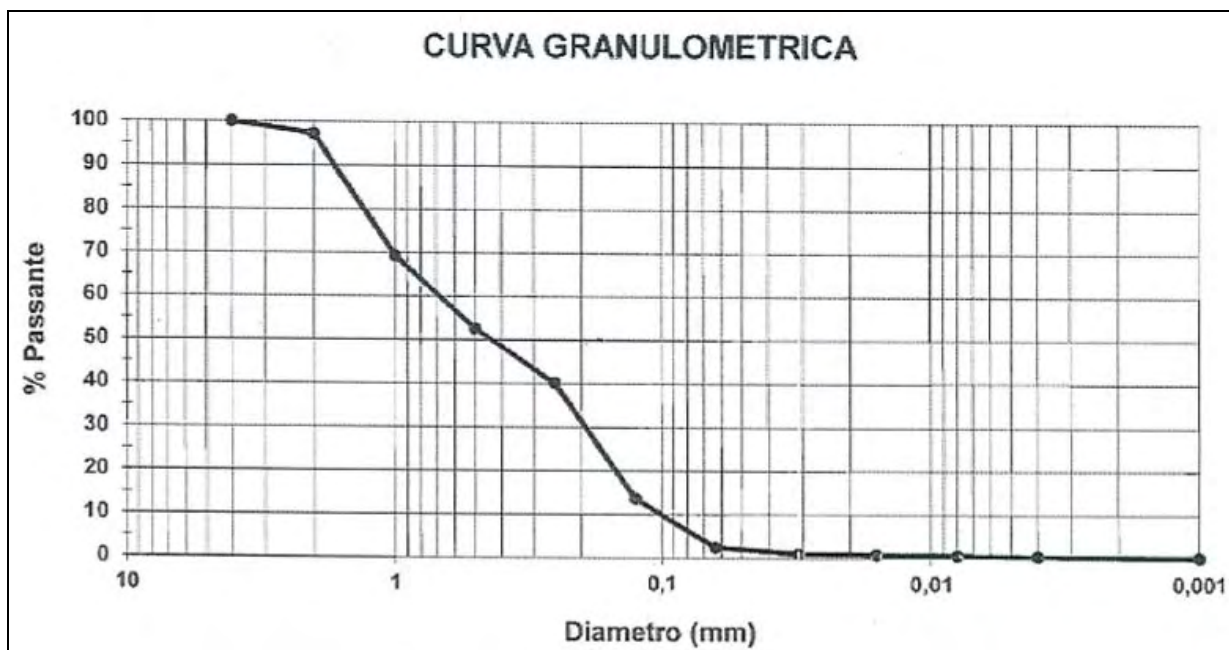


Figura 11 – Curva granulometrica del campione prelevato nel tratto a ovest della Cala del Pozzarello.

D84N (mm)	φ84N	D16N (mm)	φ16N	σN	MN	D84F (mm)	φ84F	D16F (mm)	φ16F	σF	MF
1.60	-0.68	0.15	2.74	-1.71	1.03	1.92	-0.94	0.18	2.47	-1.71	0.77

Tabella 6 – Diametri di materiale nativo e di filling e relative medie e deviazioni standard – tratto a ovest

Con i valori nella precedente tabella si entra nei grafici delle figure 3 e 4 da cui si ottengono un coefficiente di overfilling RA pari a 1,125 e un coefficiente di frequenza di ripascimento RJ prossimo all'unità che identifica un profilo di ripascimento piuttosto stabile.

D50N (mm)	D50F (mm)	AN	AF	h* (m)	Doc (m)	B (m)	Y
0.45	0.54	0.142	0.154	1.78	3.28	1.00	0.894

Tabella 7 – Grandezze e parametri necessari al calcolo del profilo secondo la teoria di Dean

Come da valori riportati nella tabella precedente, il profilo del tratto di spiaggia a ovest risulta "Intersecting" ( $Y < 1$ ) pertanto si calcola il volume teorico per metro lineare di costa, pari a circa **16 mc/m**, secondo la formula seguente:

$$V = BY + \frac{\frac{3}{5} A_N Y^{\frac{5}{3}}}{\left[ 1 - \left( \frac{A_N}{A_F} \right)^{\frac{3}{2}} \right]^{\frac{2}{3}}}$$

Applicando il fattore correttivo di overfilling RA calcolato in 1.125 si ottiene un volume reale di sversamento pari a 18 mc/m. Considerando 130 m di costa su cui effettuare ripascimento, il volume totale necessario di materiale da sversare con le caratteristiche granulometriche richieste, come da tabelle 7 e 8, è pari a circa **2.400 mc**:

$$V_{ovest} = (V \cdot RA) \cdot L = 2.400 \text{ mc}$$

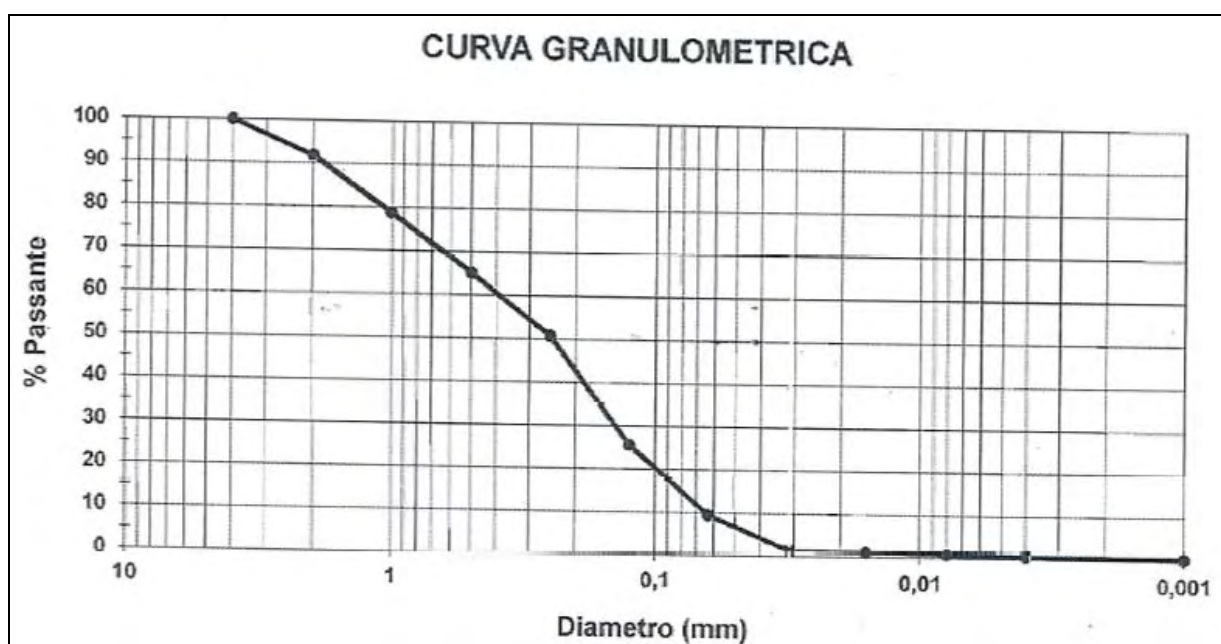


Figura 12 – Curva granulometrica del campione prelevato nei tratti a est della Cala del Pozzarello.

D84N (mm)	φ84N	D16N (mm)	φ16N	σN	MN	D84F (mm)	φ84F	D16F (mm)	φ16F	σF	MF
1.70	-0.77	0.09	3.56	-2.16	1.40	2.04	-1.03	0.10	3.29	-2.16	1.13

Tabella 8 – Diametri di materiale nativo e di filling e relative medie e deviazioni standard – tratti a est

Con i valori nella precedente tabella si entra nei grafici delle figure 3 e 4 da cui si ottengono un coefficiente di overfilling RA pari a 1,10 e un coefficiente di frequenza di ripascimento RJ prossimo all'unità che identifica un profilo di ripascimento piuttosto stabile.

D50N (mm)	D50F (mm)	AN	AF	h* (m)	Doc (m)	B (m)	Y
0.25	0.3	0.107	0.117	1.78	3.28	1.00	0.875

Tabella 9 – Grandezze e parametri necessari al calcolo del profilo secondo la teoria di Dean

Come da valori riportati nella tabella precedente, i profili dei tratti di spiaggia a est risultano "Intersecting" ( $Y < 1$ ) pertanto si calcola il volume teorico per metro lineare di costa, pari a circa **13 mc/m**, secondo la formula seguente:

$$V = BY + \frac{\frac{3}{5} A_N Y^{\frac{5}{3}}}{\left[ 1 - \left( \frac{A_N}{A_F} \right)^{\frac{3}{2}} \right]^{\frac{2}{3}}}$$

Applicando il fattore correttivo di overfilling RA calcolato in 1.10 si ottiene un volume reale di sversamento pari a 15 mc/m. Considerando 350 m di costa su cui effettuare ripascimento, il volume totale necessario di materiale da sversare con le caratteristiche granulometriche richieste, come da tabelle 7 e 8, è pari a circa **5.100 mc**:

$$V_{est} = (V \cdot RA) \cdot L = 5.100 \text{ mc}$$

Come accennato in precedenza, vista l'importanza dell'arenile per la fruizione turistica e la necessità di garantire la durabilità del ripascimento nel tempo, questo viene protetto tramite la posa di un pennello in massi sciolti ortogonale alla linea di costa. L'effetto di queste strutture è quello di intercettare in parte o totalmente il trasporto solido lungo riva e di provocare conseguentemente la formazione di un cumulo di sedimenti sul lato sopraflutto, proteggendo pertanto anche il ripascimento sottoflutto, in quanto il settore sarà soggetto a minor agitazione ondosa. In genere i pennelli vengono posizionati ortogonalmente alla linea di riva e si estendono dal retro-spiaggia fino alla linea di frangenti di mareggiata.

La stima del dimensionamento degli elementi lapidei costituenti il pennello può essere effettuata se si assume che l'altezza dell'onda di progetto sia pari all'altezza d'onda limite al frangimento  $H_b$  definita da J.W. Kamphuis (1991) nella seguente equazione:

$$H_b = 0,56 * e^{3,5 * m} d_b$$

dove:

$d_b$  = la profondità di frangimento

$m$  = pendenza del fondale

Nel caso in esame, essendo la pendenza del fondale pari a 0.023 e la profondità di frangimento calcolata in 2.06 m si ottiene un valore teorico d'onda al frangimento  $H_b$  di 1.25 m.



In realtà la determinazione di  $d_b$  deve essere effettuata in funzione della massima profondità al piede dell'opera e del sovrizzo del livello del mare; il contributo di sovrizzo del livello del mare in condizioni estreme è dato da:

$$S = S_r + S_b + S_w$$

dove:

$S_r$  = sovrizzo del livello del mare dovuto alla marea astronomica

$S_b$  = sovrizzo dovuto all'effetto barico inverso

$S_w$  = sovrizzo del livello del mare dovuto all'azione del vento

In genere, per il Mar Tirreno si considera un valore del sovrizzo dovuto alla marea di circa 30 cm, circa 20 cm per il sovrizzo dovuto al vento, mentre  $S_b$  in genere è da considerarsi trascurabile.

Ricalcolando il valore di  $H_b$  in funzione dei parametri sopra riportati si ottiene un valore di riferimento pari a 1.75 m.

Sostituendo questo valore nella formula di Hudson:

$$P_{50} = \frac{\gamma_r \cdot H_b^3}{K_D \cdot \Delta^3 \cdot \cot g \alpha}$$

dove:

- $\gamma_r$  peso specifico dei massi (N/mc);
- $H_b$  altezza d'onda di progetto;
- $\Delta$  peso del corpo immerso  $(\gamma_r / \gamma_w) - 1$ ;
- $K_d$  coefficiente di stabilità;
- $\alpha$  pendenza dell'opera.

Nello specifico, assumendo  $\gamma_r$  pari a 25.000 N/mc,  $H_b$  1.75 m,  $\Delta = 1.5$ ,  $K_d = 2.0$  (valore ricavato per via tabulare) ed una pendenza della mantellata di 1/2 su entrambi i lati:

$$P_{50} = 750 \text{ Kg}$$

da cui

$$Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{P_{50}}{\gamma_r}} = 0.65 \text{ m}$$

Per quanto riguarda la larghezza in sommità si considera un valore di 5 volte il  $D_{n50}$  ovvero pari a 3.25 m; come detto per quanto riguarda la lunghezza del pennello questa sarà allungata fino alla profondità di

circa 2,0, ovvero in corrispondenza della fine del profilo di sversamento del ripascimento. La lunghezza del pennello è pertanto pari a 37,50 metri con una cubatura complessiva di **530 mc** di massi da porre in opera.

### 5.3 INTERVENTO SPIAGGIA LA SODA

La Soda è ubicata subito ad Est della Cala del Pozzarello, a Sud Ovest del promontorio di Santa Liberata, ed è rappresentata da una spiaggia esposta al Maestrale ed in generale alle agitazioni del moto ondoso provenienti dal quarto quadrante.

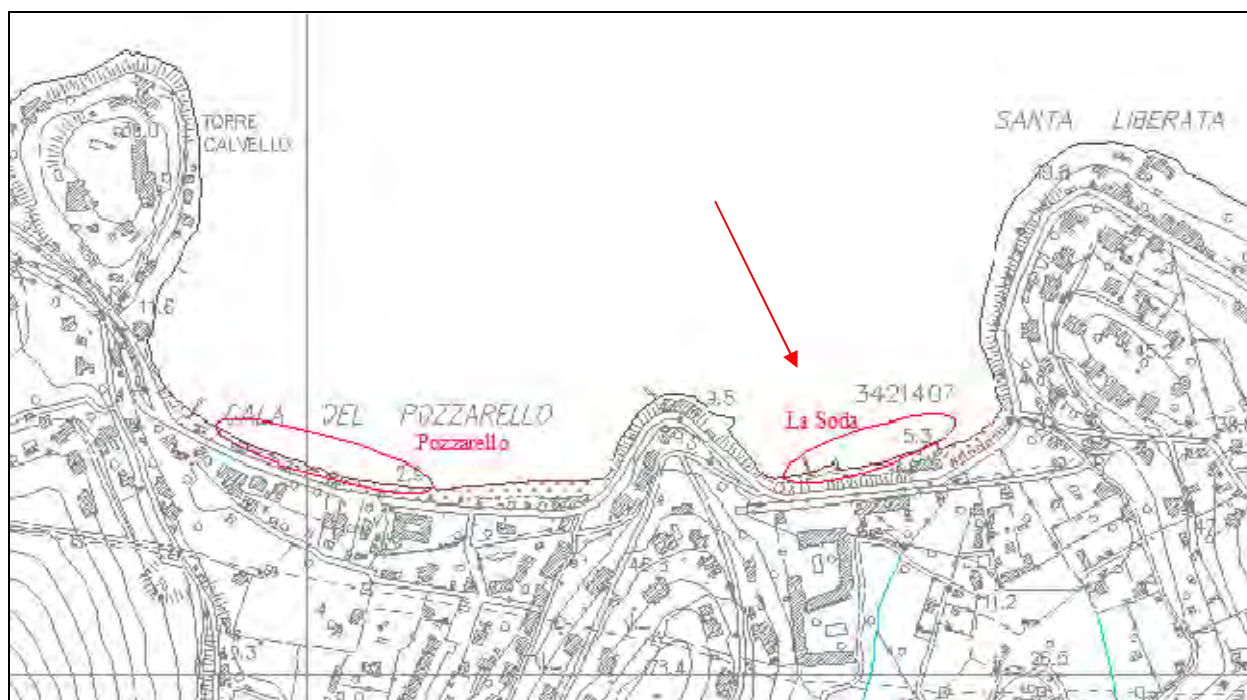


Figura 13 – Ubicazione cartografica del punto d'intervento





Figura 14 – Vista del punto di intervento

Dallo studio evolutivo della linea di costa della spiaggia La Soda condotto all'interno dello studio meteo marino, si riportano i risultati grafici e numerici dell'analisi diacronica del territorio in riferimento a 1996, 2007, 2010 e 2013, anni di acquisizione delle foto aeree dei voli AGEA.



Figura 15 – Analisi diacronica della linea di costa fra il 1996 ed il 2013

Le analisi di fotointerpretazione e le elaborazioni GIS hanno evidenziato le seguenti caratteristiche dell'arenile La Soda:

Periodo di osservazione 1996 - 2013 (1996 come riferimento zero)				
Anno	Area [mq]	Variazione area [mq]	Variazione lineare media [m]	Tasso di variazione [m/anno]
1996	4928	0	0.00	0.00
2007	5262	334	1.04	0.09

2010	5513	251	0.78	0.26
2013	6107	594	1.86	0.62
Complessivo 1996-2013		1179	3.68	0.22

Tabella 10 – Tendenza evolutiva dell'arenile

Nel periodo 1996-2013 si riscontra una tendenza evolutiva costante di avanzamento della costa, con un tasso medio di circa 22 cm annui; il processo di avanzamento, lento nel periodo 1996-2007, sembra invece aver aumentato di magnitudo negli ultimi tempi, con un tasso medio di circa 60 cm annui nell'ultimo triennio di osservazione.

Tasso di variazione medio della linea di riva punto 6

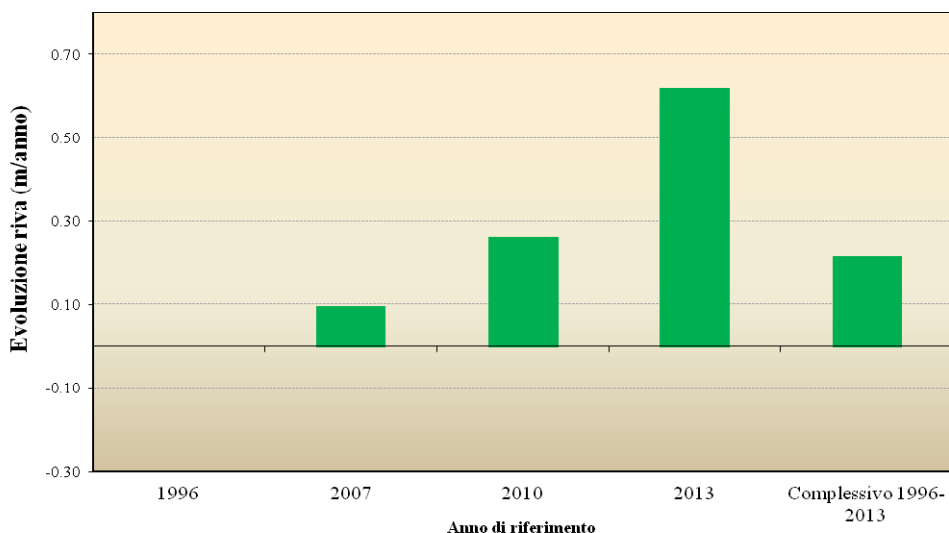


Figura 16 – Tendenza evolutiva sulla base di fotointerpretazione ed analisi GIS





Figura 17 – Sovrapposizione su ortofoto AGEA del 2013 delle linee di costa (2013 rosso, 2010 giallo, 2007 verde, 1996 blu)

Nonostante la tendenza generale della spiaggia La Soda ad avanzare, la presenza del molo dei Due Pini determina deposito a ovest ma erosione a est, in corrispondenza del tratto di pertinenza del Comune su cui si prevede pertanto del ripascimento per una lunghezza di circa **80 m**.

Secondo l'analisi granulometrica realizzata alla Soda - in allegato alla presente relazione - le sabbie del campione prelevato, viste le proprietà chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, risultano classificabili in categoria A1, che prevede, secondo il Manuale ICRAM, le seguenti possibilità di gestione:

Classe	Opzioni di gestione
<b>A1</b>	Sabbie (pelite < 10%) da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità: 1. Ripascimento di arenili (previa verifica compatibilità con il sito di destinazione); 2. Ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero comprese le deposizioni finalizzate al ripristino della spiaggia sommersa; 3. Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale; 4. Riutilizzi a terra (secondo la normativa vigente); 5. Deposizione in bacini di contenimento (es. vasche di colmata); 6. Immersione in mare.

Sulla base della curva granulometrica del campione prelevato sulla spiaggia La Soda (in tabella N=native), si scelgono le caratteristiche del materiale da cava da riportare (in tabella F=filling), così da calcolare i coefficienti di overfill e di ripascimento correttivi del volume di sversamento che risulta dall'applicazione della teoria di Dean per ottenere un avanzamento della linea di riva di **5 m** rispetto all'attuale; si preferisce l'utilizzo di sabbia proveniente da cave di prestito piuttosto che da tratti limitrofi in deposito per non turbare l'instabile equilibrio raggiunto in un tratto di arenile di grande interesse turistico.

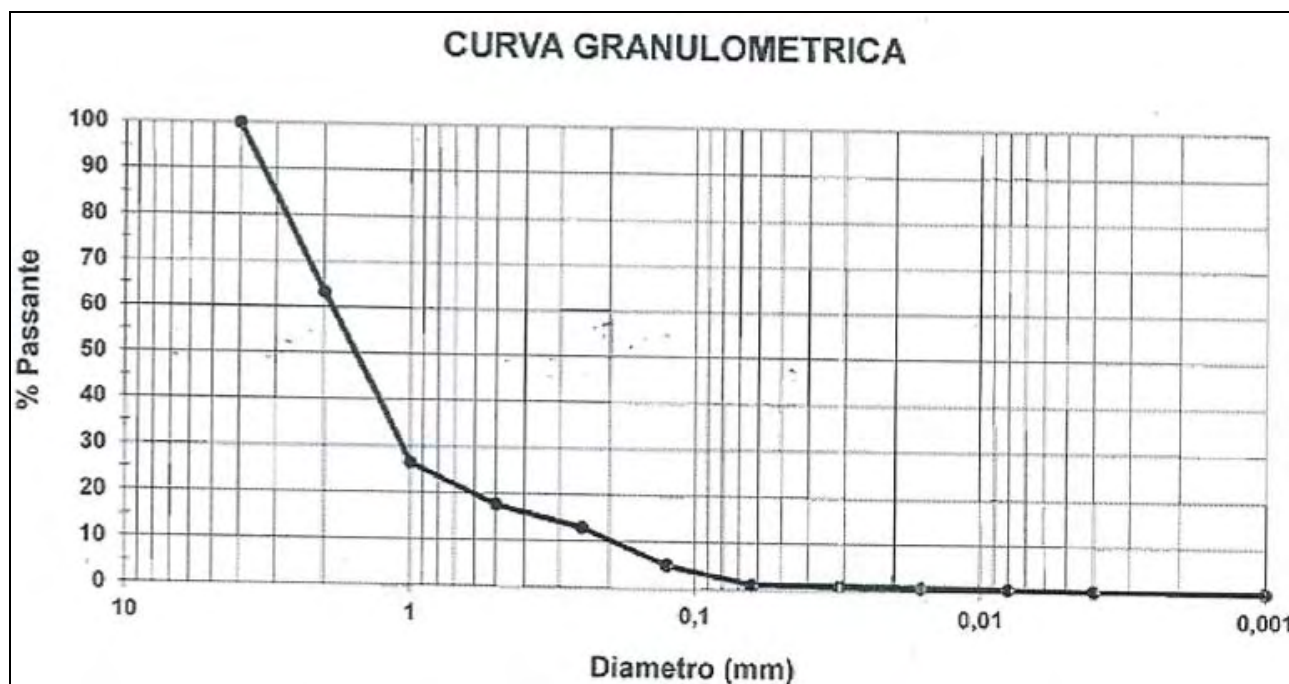


Figura 18 – Curva granulometrica del campione prelevato alla Soda.

D84N (mm)	$\phi$ 84N	D16N (mm)	$\phi$ 16N	$\sigma$ N	MN	D84F (mm)	$\phi$ 84F	D16F (mm)	$\phi$ 16F	$\sigma$ F	MF
3.00	-1.58	0.30	1.74	-1.66	0.08	3.60	-1.85	0.36	1.47	-1.66	-0.19

Tabella 11 – Diametri di materiale nativo e di filling e relative medie e deviazioni standard

Con i valori nella precedente tabella si entra nei grafici delle figure 3 e 4 da cui si ottengono un coefficiente di overfilling RA pari a 1,125 e un coefficiente di frequenza di ripascimento RJ prossimo all'unità che identifica un profilo di ripascimento piuttosto stabile.

D50N (mm)	D50F (mm)	AN	AF	h* (m)	Doc (m)	B (m)	Y
1.60	1.92	0.237	0.252	2.10	3.87	1.00	0.924

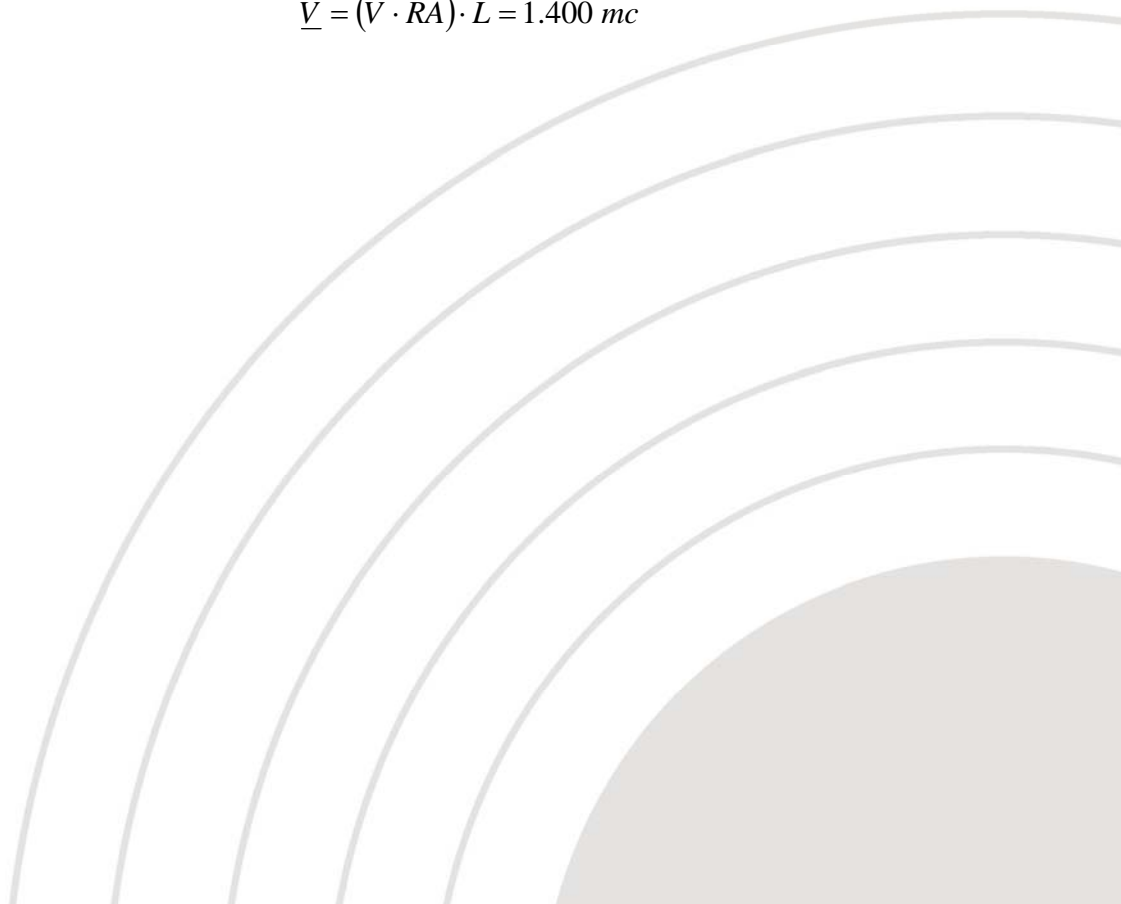
Tabella 12 – Grandezze e parametri necessari al calcolo del profilo secondo la teoria di Dean

Come da valori riportati nella tabella precedente, il profilo della spiaggia La Soda risulta "Intersecting" ( $Y < 1$ ) pertanto si calcola il volume teorico per metro lineare di costa, pari a circa **15 mc/m**, secondo la formula seguente:

$$V = BY + \frac{\frac{3}{5} A_N Y^{\frac{5}{3}}}{\left[ 1 - \left( \frac{A_N}{A_F} \right)^{\frac{3}{2}} \right]^{\frac{2}{3}}}$$

Applicando il fattore correttivo di overfilling RA calcolato in 1.125 si ottiene un volume reale di sversamento pari a 17 mc/m. Considerando 80 m di costa su cui effettuare ripascimento, il volume totale necessario di materiale da sversare con le caratteristiche granulometriche richieste, come da tabelle 7 e 8, è pari a circa **1.400 mc**:

$$\underline{V} = (V \cdot RA) \cdot L = 1.400 \text{ mc}$$





## 5.4 INTERVENTO SPIAGGIA LA GERINI

La Gerini è ubicata subito ad Sud della località Torre di Santa Liberata, ed è una spiaggia esposta a Nord Est ed in generale alle agitazioni del moto ondoso provenienti dal primo quadrante.



Figura 19 – Ubicazione cartografica del settimo punto d'intervento



Figura 20 – Vista del punto di intervento



Dallo studio evolutivo della linea di costa della spiaggia La Gerini condotto all'interno dello studio meteo marino, si riportano i risultati grafici e numerici dell'analisi diacronica del territorio in riferimento a 1996, 2007, 2010 e 2013, anni di acquisizione delle foto aeree dei voli AGEA.



Figura 21 – Analisi diacronica della linea di costa fra il 1996 ed il 2013

Le analisi di fotointerpretazione e le elaborazioni GIS hanno evidenziato le seguenti caratteristiche dell'arenile La Gerini:

Periodo di osservazione 1996 - 2013 (1996 come riferimento zero)				
Anno	Area [mq]	Variazione area [mq]	Variazione lineare media [m]	Tasso di variazione [m/anno]
1996	1641	0	0.00	0.00
2007	1481	-160	-0.58	-0.05
2010	984	-497	-1.81	-0.60
2013	1320	336	1.22	0.41
Complessivo 1996-2013		-321	-1.17	-0.07

Tabella 13 – Tendenza evolutiva dell'arenile

Nel periodo 1996-2013 si riscontra una tendenza evolutiva all'arretramento, in parte controbilanciata da una tendenza al deposito dell'ultimo triennio 2010-2013.

**Tasso di variazione medio della linea di riva punto 7**

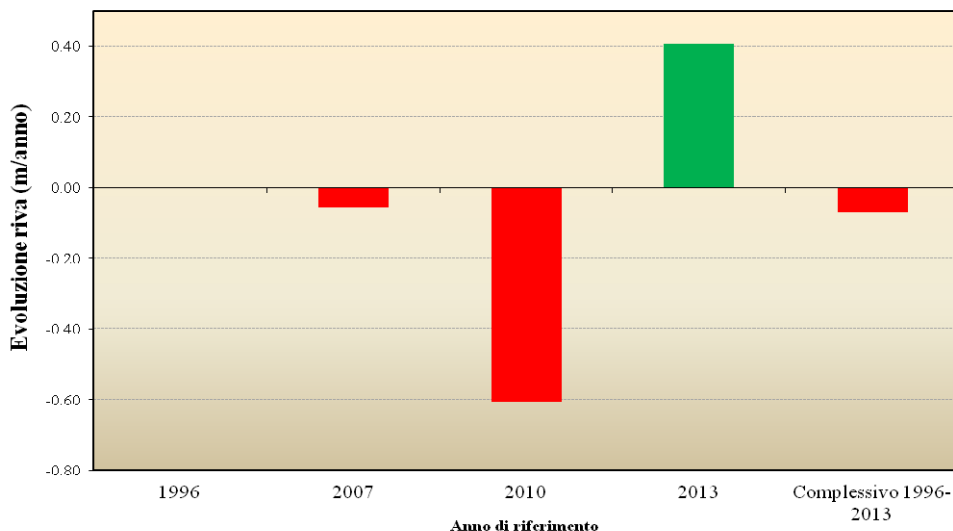


Figura 22 – Tendenza evolutiva sulla base di fotointerpretazione ed analisi GIS

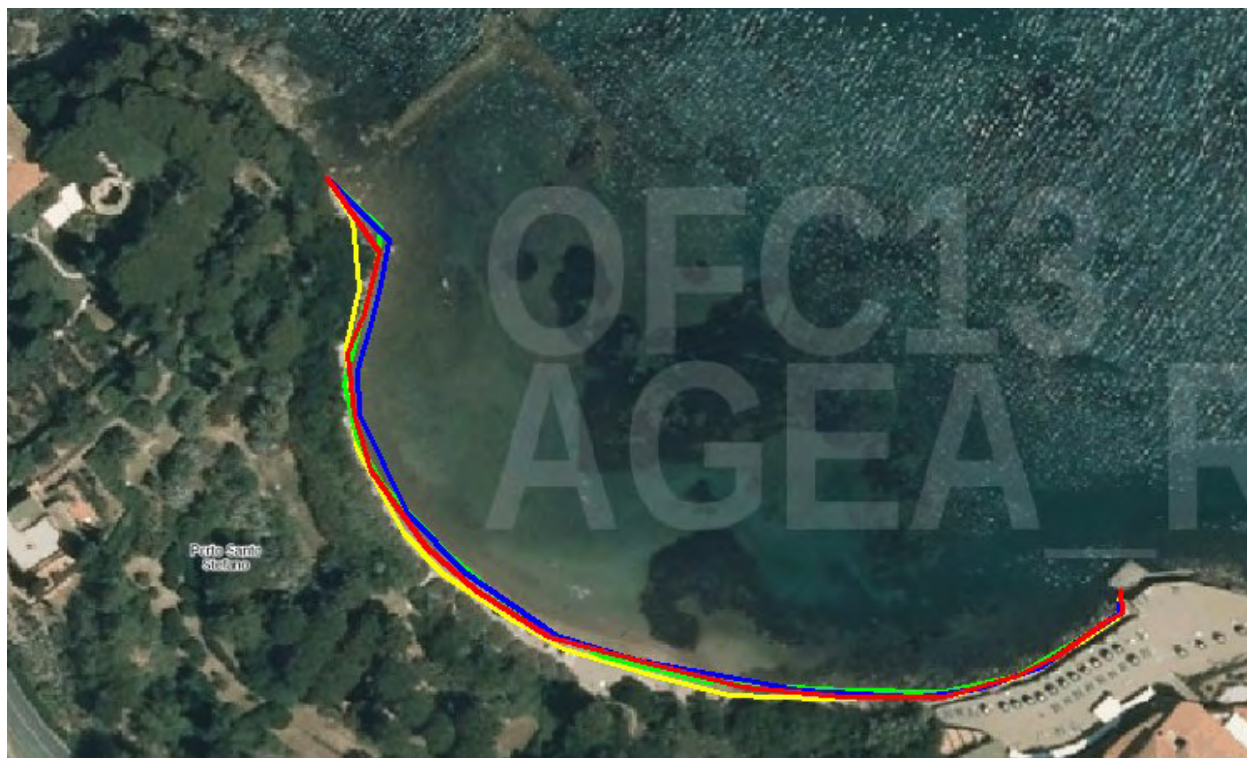


Figura 23 – Sovrapposizione su ortofoto AGEA del 2013 delle linee di costa (2013 rosso, 2010 giallo, 2007 verde, 1996 blu)

Secondo l'analisi granulometrica realizzata alla Gerini - in allegato alla presente relazione - le sabbie del campione prelevato, viste le proprietà chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, risultano classificabili in categoria A1, che prevede, secondo il Manuale ICRAM, le seguenti possibilità di gestione:

Classe	Opzioni di gestione
<b>A1</b>	<p>Sabbie (pelite &lt; 10%) da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ripascimento di arenili (previa verifica compatibilità con il sito di destinazione);</li> <li>2. Ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero comprese le deposizioni finalizzate al ripristino della spiaggia sommersa;</li> <li>3. Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale;</li> <li>4. Riutilizzi a terra (secondo la normativa vigente);</li> <li>5. Deposizione in bacini di contenimento (es. vasche di colmata);</li> <li>6. Immersione in mare.</li> </ol>

Sulla base della curva granulometrica del campione prelevato sulla spiaggia La Gerini (in tabella N=native), si scelgono le caratteristiche del materiale da cava da riportare (in tabella F=filling), così da calcolare i coefficienti di overfill e di ripascimento correttivi del volume di sversamento che risulta dall'applicazione della teoria di Dean per ottenere un avanzamento della linea di riva di **10 m** rispetto all'attuale.

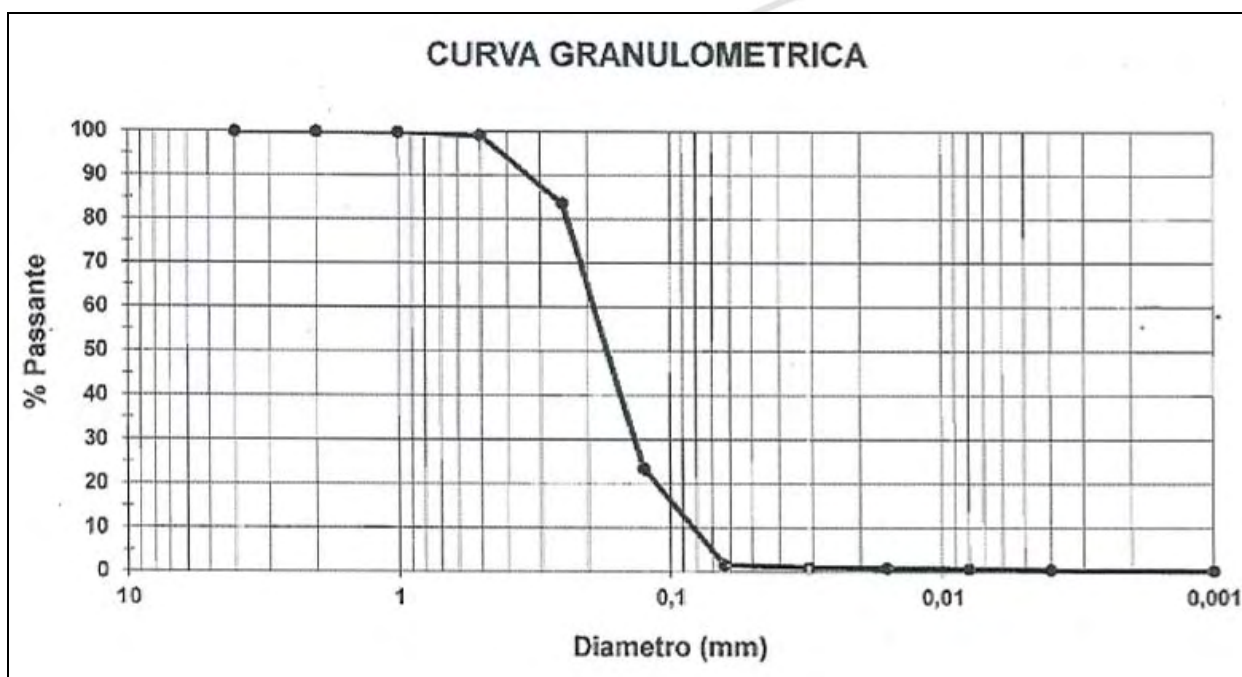


Figura 24 – Curva granulometrica del campione prelevato alla Gerini.

D84N (mm)	φ84N	D16N (mm)	φ16N	σN	MN	D84F (mm)	φ84F	D16F (mm)	φ16F	σF	MF
0.26	1.94	0.10	3.32	-0.69	2.63	0.31	1.68	0.12	3.06	-0.69	2.37

Tabella 14 – Diametri di materiale nativo e di filling e relative medie e deviazioni standard

Con i valori nella precedente tabella si entra nei grafici delle figure 3 e 4 da cui si ottengono un coefficiente di overfilling RA pari a 1,75 e un coefficiente RJ che indica un profilo del ripascimento piuttosto stabile.

D50N (mm)	D50F (mm)	AN	AF	h* (m)	Doc (m)	B (m)	Y
0.18	0.22	0.089	0.099	1.63	3.00	0.60	0.863

Tabella 15 – Grandezze e parametri necessari al calcolo del profilo secondo la teoria di Dean

Come da valori riportati nella tabella precedente, il profilo della spiaggia La Gerini risulta "Intersecting" ( $Y < 1$ ) pertanto si calcola il volume teorico per metro lineare di costa, pari a circa **15 mc/m**, secondo la formula seguente:

$$V = BY + \frac{\frac{3}{5} A_N Y^{\frac{5}{3}}}{\left[ 1 - \left( \frac{A_N}{A_F} \right)^{\frac{3}{2}} \right]^{\frac{2}{3}}}$$

Al valore calcolato si applica il coefficiente di overfilling RA 1,75, ottenendo il volume reale di sversamento pari a 26 mc/m. Considerando **130 m** di costa su cui effettuare ripascimento, il volume totale necessario di materiale da sversare con le caratteristiche granulometriche richieste, come da tabelle 10 e 11, è pari a circa **3.500 mc**:

$$\underline{V} = (V \cdot RA) \cdot L = 3.500 \text{ mc}$$



Grosseto, aprile 2015

Consulenti Tecnici



Dott. Geol. Massimo Fanti

Dott. Ing. Giada Bonacchi



Dott. Ing. Matteo Tanzini



Dott. Ing. Alberto Rabai



## **ALLEGATO 1**

### **ANALISI GRANULOMETRICHE**







**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

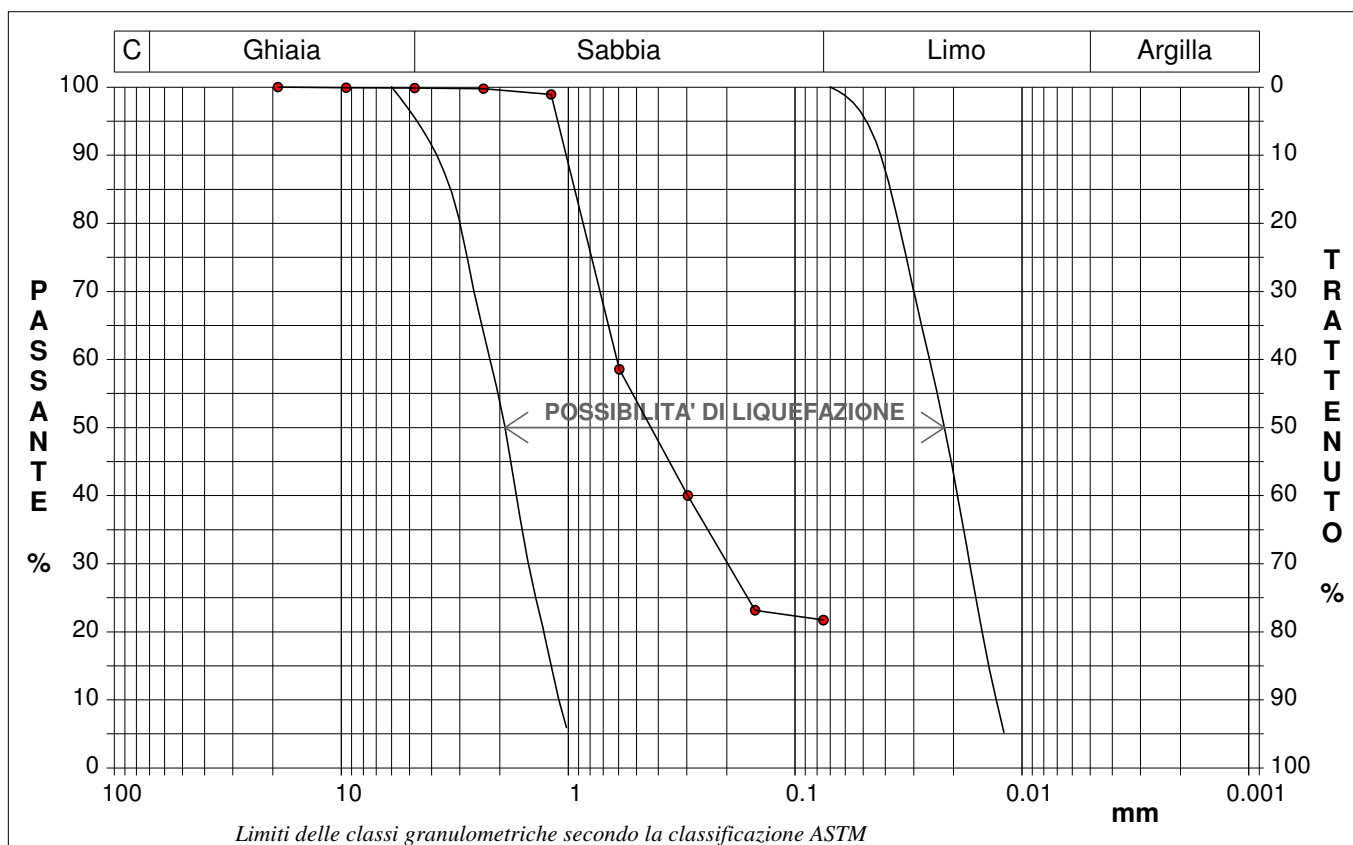
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00988	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 31/03/15	Inizio analisi: 30/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 82 del 18/03/15		<b>Apertura campione:</b> 26/03/15	Fine analisi: 31/03/15

COMMITTENTE: Comune di Monte Argentario			
RIFERIMENTO: Porto S. Stefano (GR)			
SONDAGGIO: SP1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	gerini

### ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,5 %	D10	---	mm
Sabbia	78,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	47,9 %	D30	0,19799	mm
Limo-Argilla	21,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	21,7 %	D50	0,43204	mm
				D60	0,61011	mm
				D90	1,02136	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	58,54						
9,5200	99,90	0,2970	40,00						
4,7500	99,84	0,1500	23,16						
2,3600	99,75	0,0750	21,70						
1,1900	98,90								



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Comune di Monte Argentario		
RIFERIMENTO:	Porto S. Stefano (GR)		
SONDAGGIO:	SP2	CAMPIONE:	C1 PROFONDITA': m spiaggia

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
Classif. CNR-UNI	

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	58,9	%
Sabbia	35,3	%
Limo-Argilla	5,8	%
D 10	0,773444	mm
D 50	8,428129	mm
D 60	18,337440	mm
D 90	57,793740	mm
Passante set. 10	19,5	%
Passante set. 40	8,3	%
Passante set. 200	5,8	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa

**SCISSOMETRO**

$\tau$	kPa
$\tau$	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta	
C	kPa
$\phi$	°
C <sub>Res</sub>	kPa
$\phi_{Res}$	°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	C' <sub>cu</sub>	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	C <sub>cu</sub>	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	C <sub>u</sub>	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Massivo		Qualità del campione: Q 2	
---------------------------	--	---------------------------	--

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
GR				
		0		Ciottoli eterogenei con sabbia grossolana
		5		
		10	10	

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

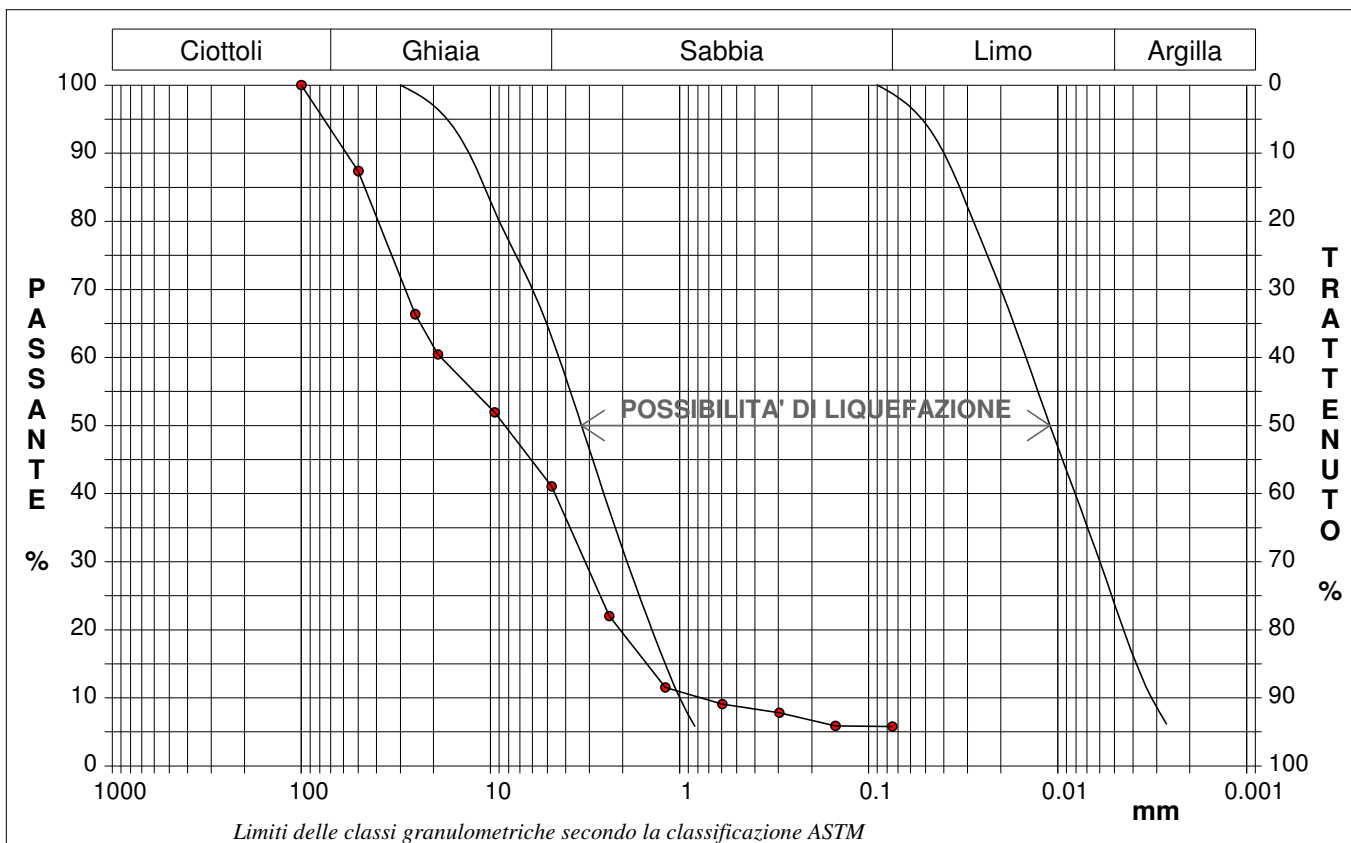
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00989	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 31/03/15	Inizio analisi: 26/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 82 del 18/03/15		<b>Apertura campione:</b> 26/03/15	Fine analisi: 27/03/15

COMMITTENTE: Comune di Monte Argentario			
RIFERIMENTO: Porto S. Stefano (GR)			
SONDAGGIO: SP2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	spiaggia

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia e ciottoli	58,9 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	19,5 %	D10	0,77344 mm
Sabbia	35,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	8,3 %	D30	3,16417 mm
Limo-Argilla	5,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	5,8 %	D50	8,42813 mm
				D60	18,33744 mm
				D90	57,79374 mm
Coefficiente di uniformità		23,71	Coefficiente di curvatura		0,71



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
100,0000	100,00	4,7500	41,06	0,1500	5,87				
50,0000	87,36	2,3600	22,02	0,0750	5,76				
25,0000	66,33	1,1900	11,52						
19,0000	60,44	0,5950	9,08						
9,5200	51,90	0,2970	7,78						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Comune di Monte Argentario		
RIFERIMENTO:	Porto S. Stefano (GR)		
SONDAGGIO:	SP3	CAMPIONE:	C1
		PROFONDITA': m	Pozzarello

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
Classif. CNR-UNI	

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	78,0	%
Sabbia	16,0	%
Limo-Argilla	6,0	%
D 10	0,675544	mm
D 50	51,936690	mm
D 60	59,207870	mm
D 90	87,719220	mm
Passante set. 10	16,8	%
Passante set. 40	9,1	%
Passante set. 200	6,0	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa

**SCISSOMETRO**

$\tau$	kPa
$\tau$	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta	
C	kPa
$\phi$	°
C <sub>Res</sub>	kPa
$\phi_{Res}$	°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	C' <sub>cu</sub>	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	C <sub>cu</sub>	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	C <sub>u</sub>	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Massivo		Qualità del campione: Q 2	
---------------------------	--	---------------------------	--

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
GR				
		0		Ciottoli eterogenei con sabbia grossolana
		5		
		10		
			10	

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00990** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 82 del 18/03/15

DATA DI EMISSIONE: 31/03/15

Inizio analisi: 30/03/15

Apertura campione: 26/03/15

Fine analisi: 31/03/15

COMMITTENTE: Comune di Monte Argentario

RIFERIMENTO: Porto S. Stefano (GR)

SONDAGGIO: SP3

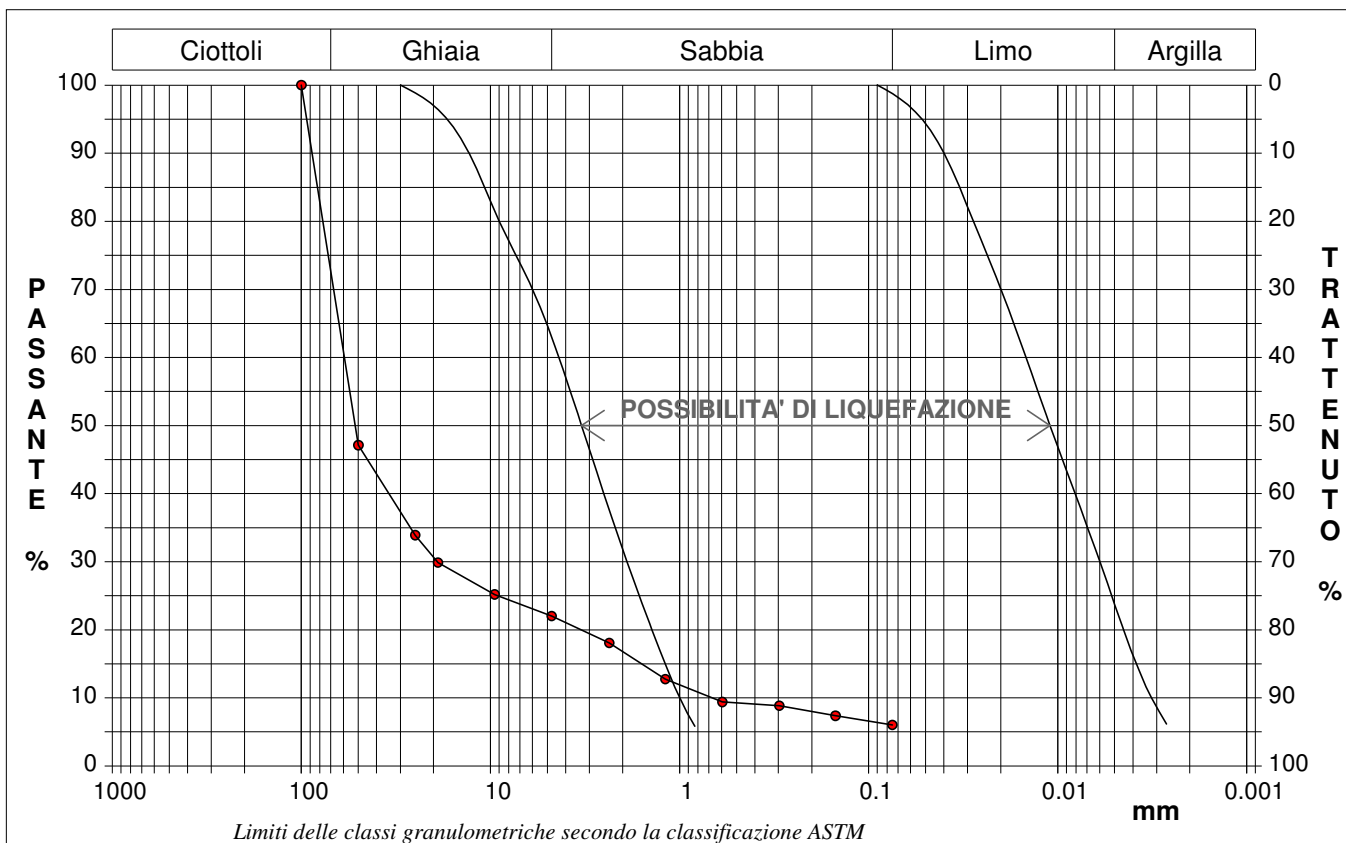
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m Pozzarello

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia e ciottoli	78,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	16,8 %	D10	0,67554 mm
Sabbia	16,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	9,1 %	D30	19,18388 mm
Limo-Argilla	6,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	6,0 %	D50	51,93669 mm
				D60	59,20787 mm
				D90	87,71922 mm
Coefficiente di uniformità		87,64	Coefficiente di curvatura		9,20



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
100,0000	100,00	4,7500	22,02	0,1500	7,36				
50,0000	47,10	2,3600	18,05	0,0750	6,01				
25,0000	33,87	1,1900	12,75						
19,0000	29,86	0,5950	9,38						
9,5200	25,18	0,2970	8,84						



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terreMINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Comune di Monte Argentario		
RIFERIMENTO:	Porto S. Stefano (GR)		
SONDAGGIO:	SP3	CAMPIONE:	C2
		PROFONDITA': m	Pozzarello

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
Classif. CNR-UNI	

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	13,1	%
Sabbia	74,6	%
Limo-Argilla	12,3	%
D 10		mm
D 50	0,482433	mm
D 60	0,761746	mm
D 90	8,514007	mm
Passante set. 10	75,5	%
Passante set. 40	44,8	%
Passante set. 200	12,3	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa

**SCISSOMETRO**

$\tau$	kPa
$\tau$	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta	
C	kPa
$\phi$	°
C <sub>Res</sub>	kPa
$\phi_{Res}$	°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	C' <sub>cu</sub>	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	C <sub>cu</sub>	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	C <sub>u</sub>	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Massivo		Qualità del campione: Q 2	
---------------------------	--	---------------------------	--

Posizione delle prove	cm	R <sub>p</sub> kPa	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
GR	0		Sabbia grossolana
	5		
	10	10	



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

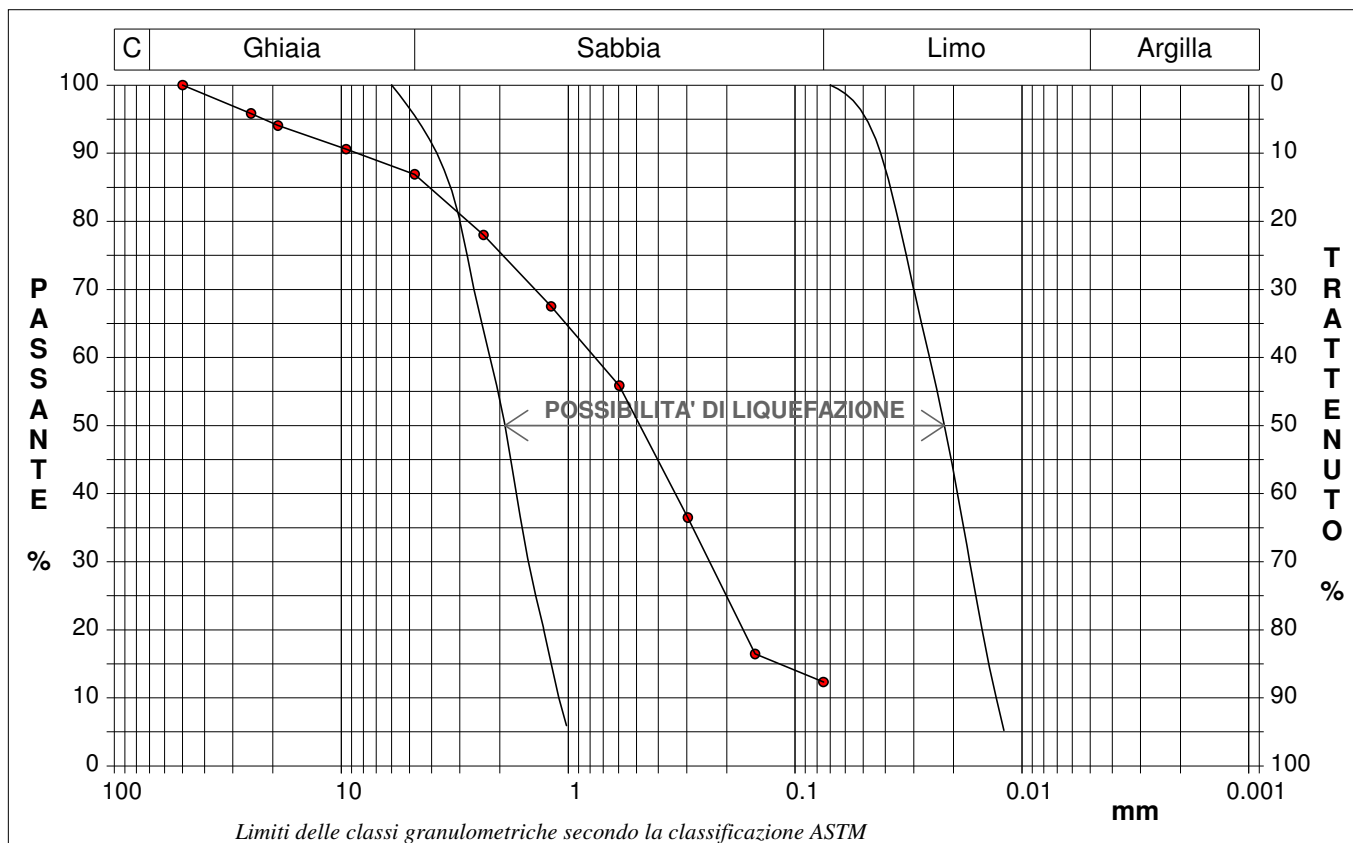
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00991	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 31/03/15	Inizio analisi: 26/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 82 del 18/03/15		<b>Apertura campione:</b> 26/03/15	Fine analisi: 27/03/15

COMMITTENTE: Comune di Monte Argentario				
RIFERIMENTO: Porto S. Stefano (GR)				
SONDAGGIO: SP3		CAMPIONE: C2		PROFONDITA': m Pozzarello

### ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	13,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	75,5 %	D10	---	mm
Sabbia	74,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	44,8 %	D30	0,23831	mm
Limo-Argilla	12,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	12,3 %	D50	0,48243	mm
				D60	0,76175	mm
				D90	8,51401	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	2,3600	77,99	0,0750	12,31				
25,0000	95,83	1,1900	67,49						
19,0000	94,04	0,5950	55,85						
9,5200	90,60	0,2970	36,46						
4,7500	86,89	0,1500	16,42						