

COMUNE DI MONTE ARGENTARIO

Prov. di Grosseto



INTERVENTO DI PROTEZIONE CONTRO L'EROSIONE COSTIERA E RIPASCIMENTO DELL'ARENILE IN LOC. POZZARELLO

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

R.1 - RELAZIONE GENERALE

Ubicazione: Cala del Pozzarello

Committente: Amm.ne Comunale di Monte Argentario

Dirigente Ufficio Tecnico LL.PP.: Dott. Lucio Luzzetti

Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Marco Pareti

Progettista: Ing. Massimo Benedetti

Geologo: Geol. Franco Duranti

Dicembre 2017

Il Dirigente U.T. LL.PP.

Dott. Lucio Luzzetti

Il R.U.P.

Arch. Marco Pareti

Il Progettista

Ing. Massimo Benedetti

Il Geologo

Geol. Franco Duranti

RELAZIONE GENERALE DEL PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

1) Premessa

Il presente progetto riguarda l'intervento di difesa costiera da realizzare sull'arenile della Cala del Pozzarello, nel Comune di Monte Argentario, classificabile come "ripascimento protetto", e cioè un intervento di difesa costiera realizzato mediante versamento di sedimenti, abbinato alla costruzione di un pennello trasversale atto a contenere il materiale versato e proteggere l'arenile dai processi erosivi.

Il progetto definitivo/esecutivo elaborato riprende e sviluppa le soluzioni adottate nel progetto preliminare approvato dall'Amministrazione Comunale. Nella fase iniziale di studio sono stati esaminati in particolare i seguenti documenti forniti al sottoscritto per presa visione:

- Elaborato 06 - Integrazione Relazione tecnica descrittiva;
- Rilievo plano-altimetrico a curve di livello con equidistanza 0,25 m e rilievo batimetrico stato attuale;
- Rilievo plano-altimetrico a curve di livello con equidistanza 0,25 m e rilievo batimetrico stato sovrapposto e sezioni;
- Relazione sullo studio meteomarinario di supporto al progetto per gli interventi di protezione contro l'erosione costiera e ripascimento di alcuni arenili nel Comune di Monte Argentario.

Il Comune di Monte Argentario ha sottoposto il progetto preliminare in oggetto a procedimento di verifica di assoggettabilità a V.I.A., al termine del quale la Regione Toscana ha emesso il parere conclusivo n. 4785 del 17/04/2018, con il quale ha decretato la non assoggettabilità a VIA del progetto.

2) Inquadramento geografico

L'arenile oggetto di intervento è localizzato tra il Promontorio dell'Argentario ed il Tombolo della Giannella, nell'area costiera meridionale della Toscana; si trova su un litorale esposto a Nord, e quindi soggetto alle agitazioni del moto ondoso provenienti dal primo quadrante.

Nelle figure seguenti è rappresentata l'ubicazione della Spiaggia del Pozzarello interessata dagli interventi in progetto.

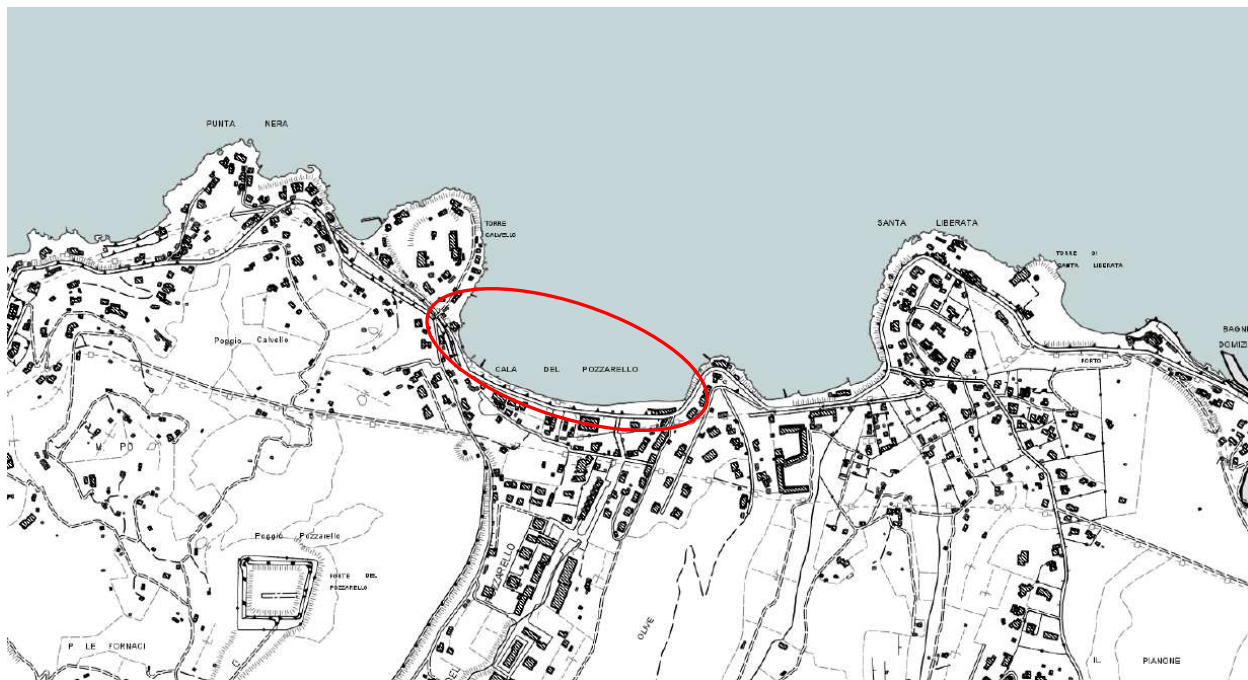
Aerofoto a larga scala



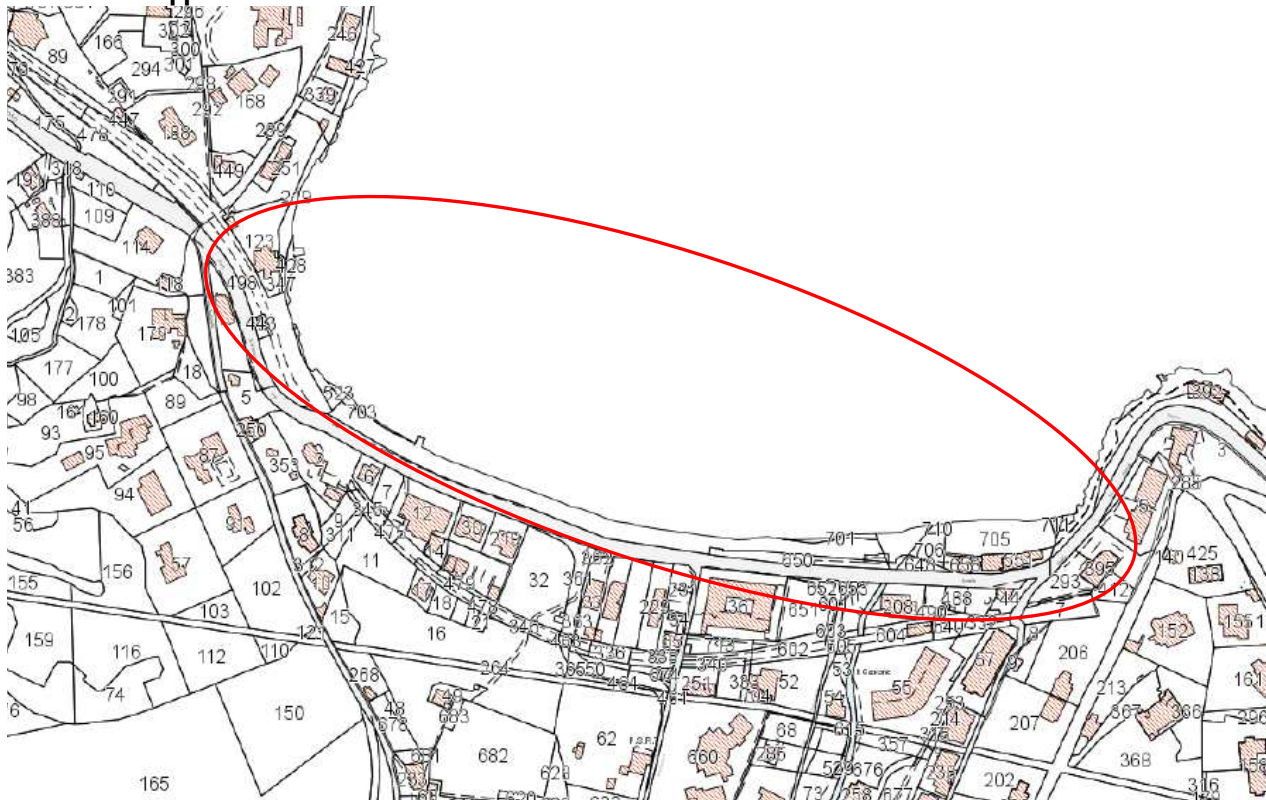
Aerofoto di dettaglio



Estratto C.T.R. – scala 1:10000



Estratto di mappa catastale

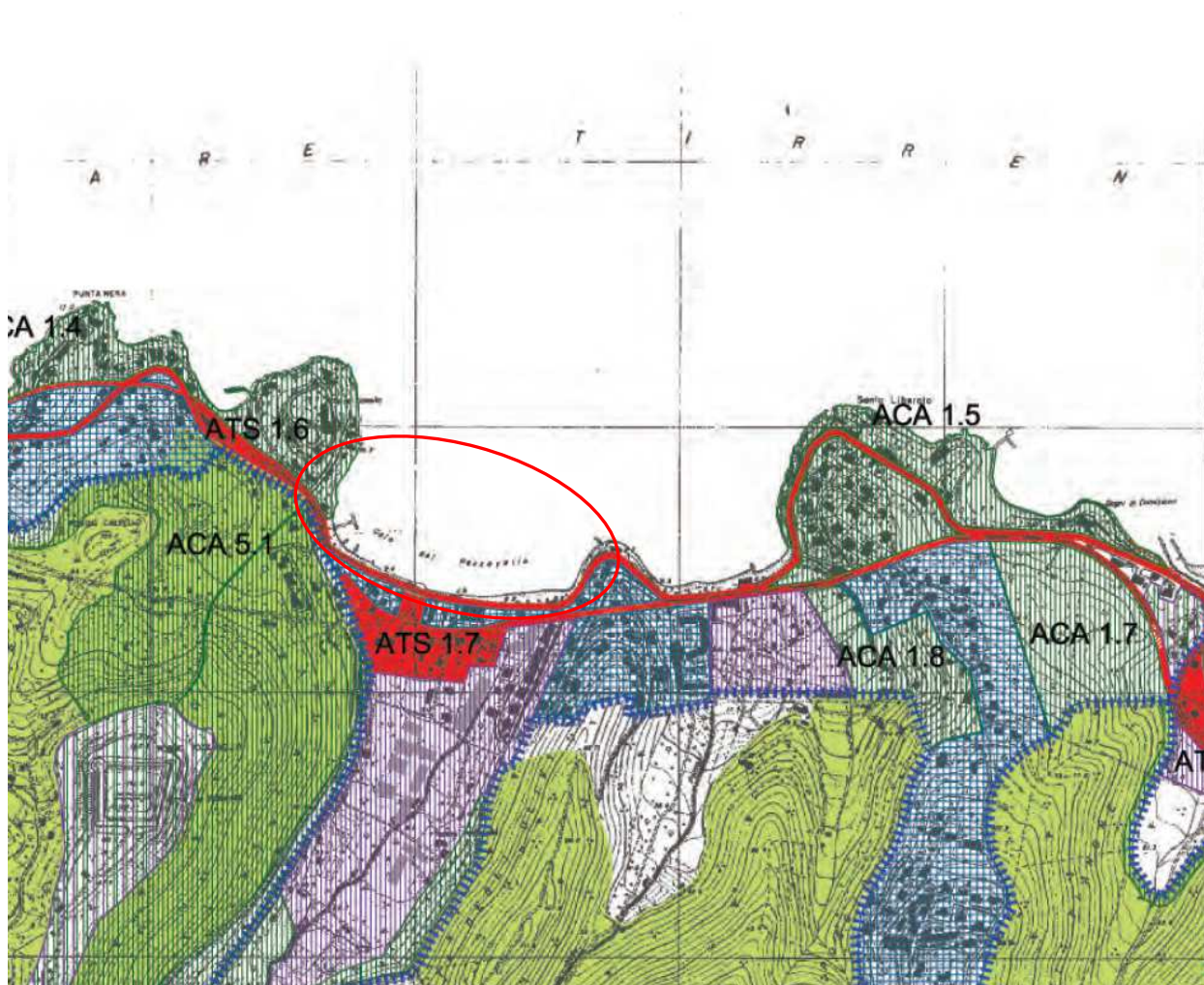


 Area di intervento

2) Inquadramento urbanistico

All'interno del Piano Strutturale l'area è compresa nell'U.T.O.E. 1: Porto S. Stefano.

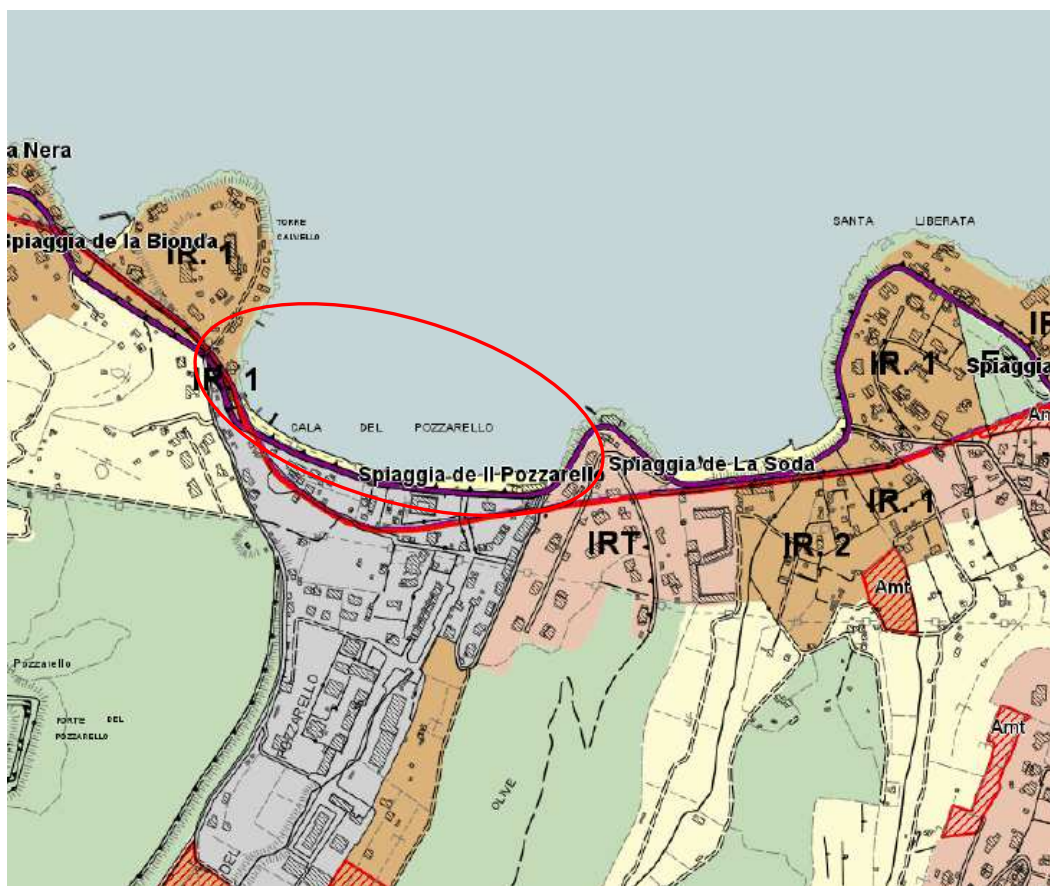
Estratto Piano Strutturale – TAV. 7



Nei confronti del Regolamento Urbanistico l'area è così caratterizzata:

- TAV. C: Territorio rurale - Ambiti territoriali – Spiaggia de Il Pozzarello (art. 48 N.T.A.)
- TAV. B1: Risorse naturali: l'area ricade in parte all'interno di aree boscate ed in parte in ambienti aperti naturali
- TAV. B.2: Risorse storico culturali: il tratto di strada panoramica a monte del versante oggetto di intervento è incluso nella viabilità di accesso alle mete turistiche
- TAV. B3.1: Aree a disciplina speciale: l'area di intervento ricade all'interno di A.R.P.A. – Aree di rilevante pregio ambientale

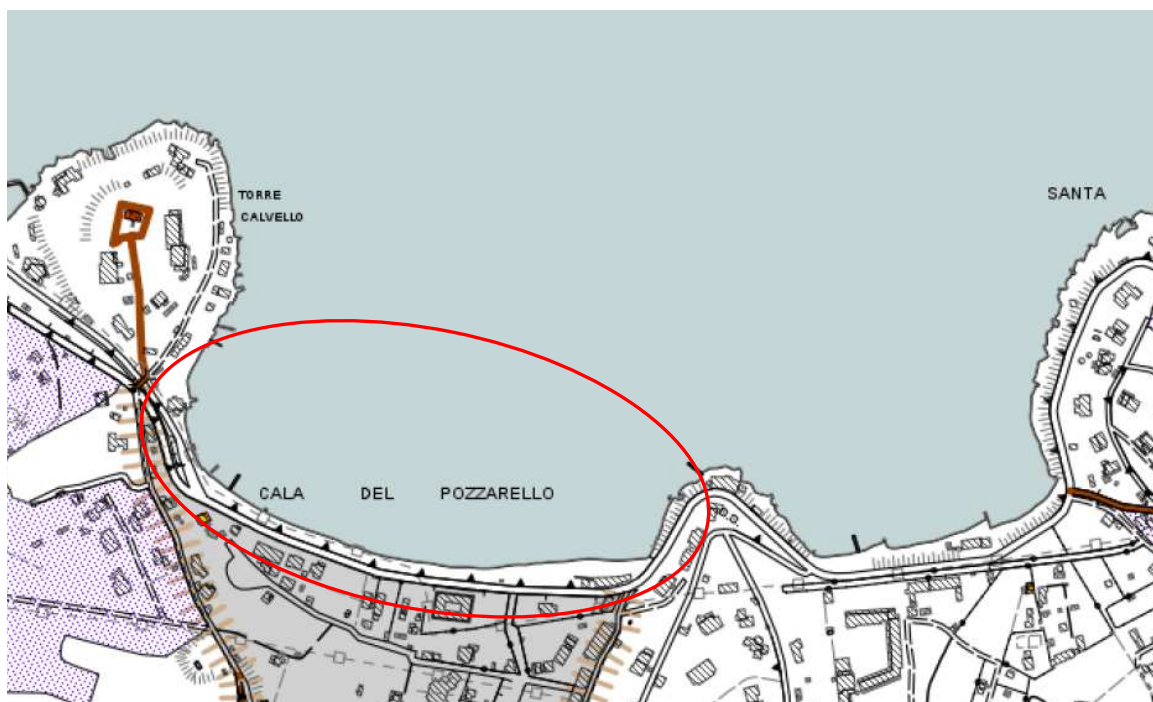
Estratto Regolamento Urbanistico – TAV. C: Territorio rurale - ambiti territoriali



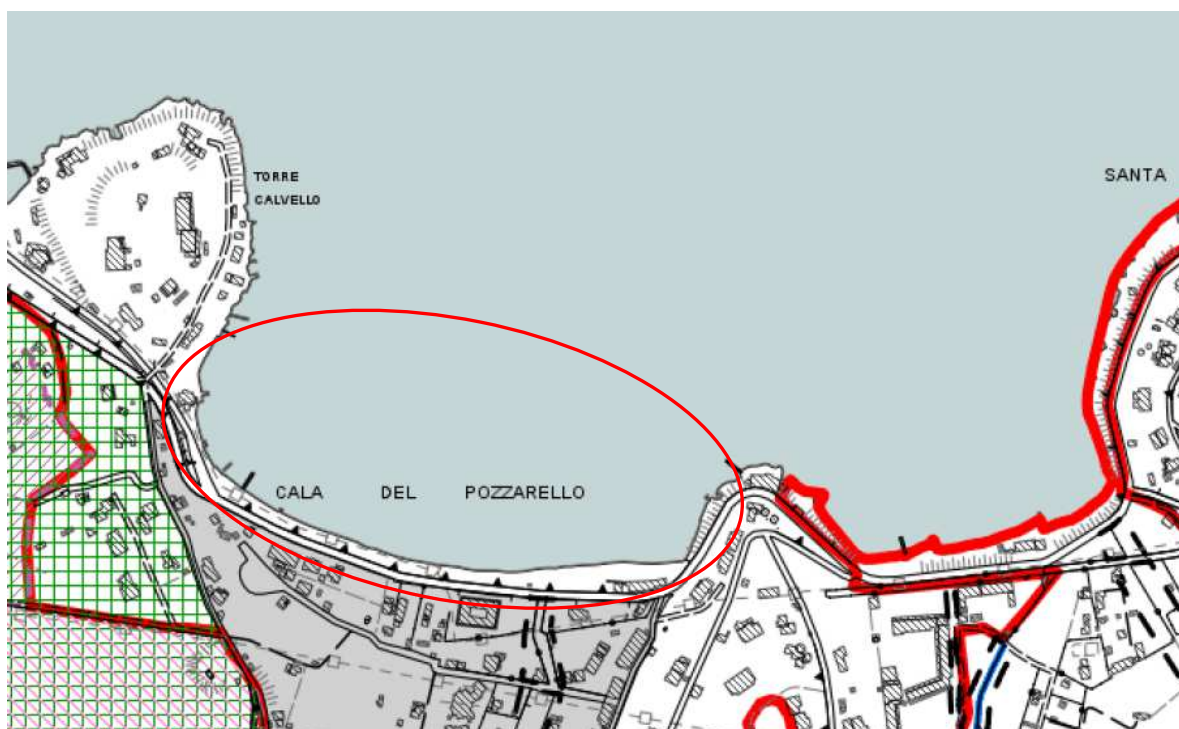
Estratto Regolamento Urbanistico – TAV. B1 – Risorse naturali



Estratto Regolamento Urbanistico – TAV. B.2: Risorse storico culturali



Estratto Regolamento Urbanistico – TAV. B.3.1: Aree a disciplina speciale



3) Vincoli

In merito ai vincoli vigenti l'area oggetto di intervento è così disciplinata:

- TAV. B.3.2.1: Vincoli ex lege:

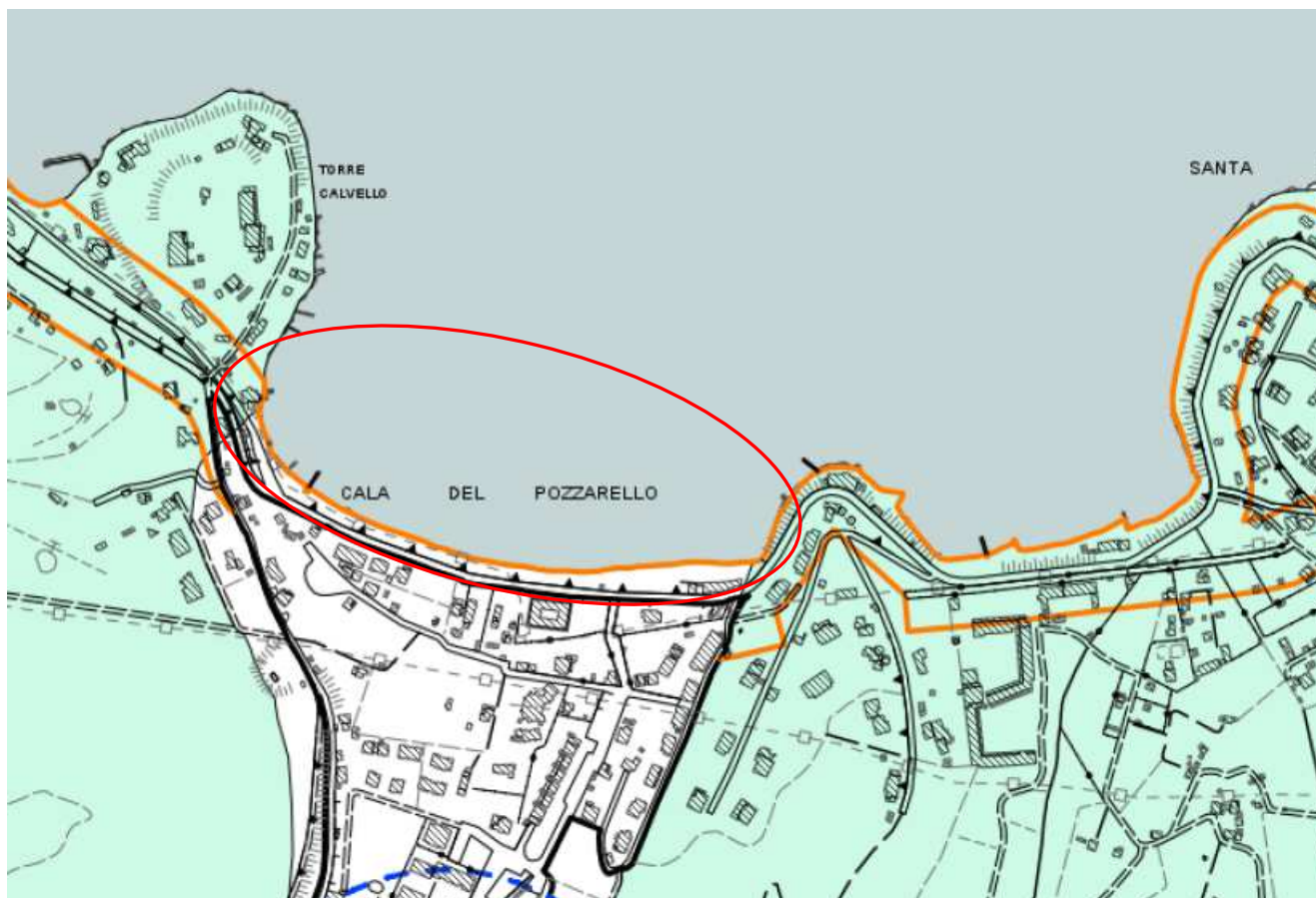
l'area si trova all'interno della Fascia di rispetto stradale (D.L. n°285 del 30 aprile 1992 e D.P.R. n°495 del 16 dicembre 1992);

l'area non è soggetta al Vincolo Idrogeologico ai sensi dell'art. 1 del Regio Decreto 30.12.1923 N.3267

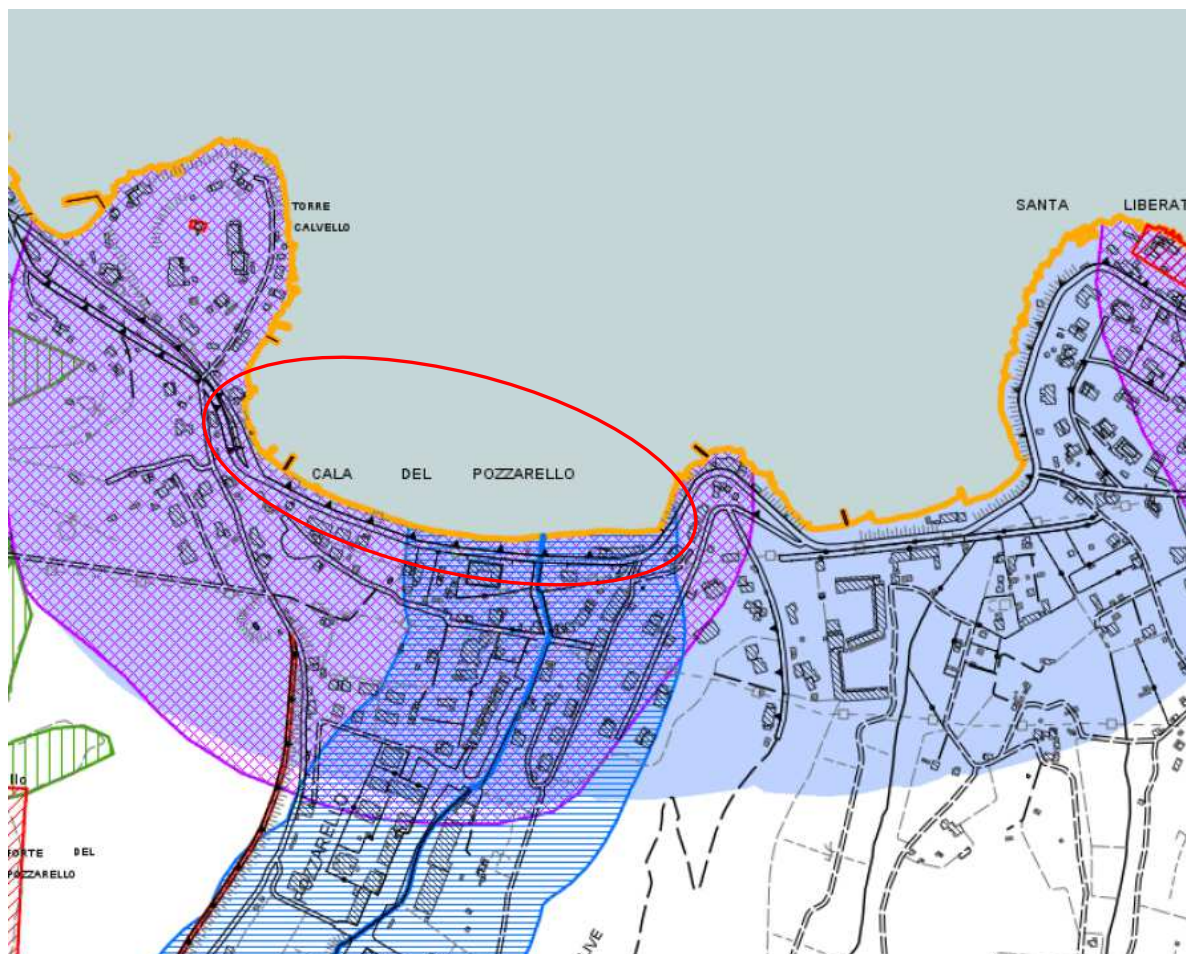
- TAV. B.3.3.2: Beni culturali, paesaggistici ed ambientali:

l'immobile è tutelato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 Parte Terza – art. 136 (D.M. 21.02.1958), ed ai sensi dell'art. 142, comma 1 lett. a (territori costieri compresi nella fascia di 300 m dalla linea di battigia), comma 1 lett. c (fiumi, torrenti e corsi d'acqua e relative sponde, per una fascia di 150 m), comma 1 lett. m (zone di interesse archeologico).

Estratto Regolamento Urbanistico – TAV. B.3.2.1: Vincoli ex lege



Estratto Regolamento Urbanistico – TAV. B.3.2.2: Beni culturali, paesaggistici, ambientali



4) Descrizione delle opere in progetto

Il Comune di Monte Argentario, in virtù dell'importanza della Spiaggia del Pozzarello dal punto di vista turistico, intende realizzare un'opera di ripascimento al fine di ripristinare l'arenile ed ottenere un avanzamento della linea di costa di 7,00 m rispetto alla linea di battigia attuale, in modo da garantire una migliore fruizione della spiaggia da parte dell'utenza turistica.

Il litorale sabbioso, ed in genere la linea di costa, è un ambiente molto delicato e spesso in una situazione di equilibrio instabile. Pertanto ogni modifica di questo può causare squilibri sia nel medio e che nel lungo termine. Qualsiasi opera realizzata nell'ambito costiero può rappresentare un ostacolo al propagarsi del

moto ondoso e del conseguente trasporto solido e quindi, interagendo con essi, può comportare alterazioni del litorale nelle zone limitrofe a quelle di intervento.

Nella scelta delle soluzioni progettuali è importante tener conto di tali fattori ed adottare pertanto delle strategie di intervento compatibili con lo stato dei luoghi, che non alterino in maniera negativa gli equilibri esistenti e che non producano effetti collaterali negativi sulle zone limitrofe.

In fase progettuale è quindi opportuno tener conto dei seguenti principi generali:

- gli interventi di ripascimento artificiale non possono essere attuati con il rifornimento completo di materiale proveniente dal litorale limitrofo, poichè si creerebbe in tal modo una condizione di deficit sedimentario;
- si deve prediligere la scelta di opere che si inseriscano in maniera corretta nel contesto paesaggistico di intervento, che siano graduali ed elastiche, favorendo interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, in modo da valutare le soluzioni di maggiore efficacia da realizzare in fasi temporali successive.

a) Scelta del tipo di intervento:

















































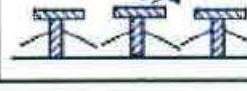







I principali elementi che determinano la scelta del tipo di intervento da attuare sono: la salvaguardia del territorio, il regime dei trasporti dei sedimenti, le caratteristiche del clima meteomarinico, la morfologia del settore di traversia, la finalità dell'intervento di protezione e la sostenibilità economica dell'intervento.


Si conferma la scelta individuata nel progetto preliminare attraverso il metodo di Kobayashi et al., applicato al tratto di litorale oggetto di intervento, riassunto nella tabella seguente:


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


dalla quale si evince che gli interventi più idonei per l'arenile in oggetto sono il ripascimento, i pennelli e la conservazione delle dune.

La scelta viene quindi affinata con il successivo step di selezione, attraverso la matrice di Kobayashi et al., che tiene conto degli effetti sull'ambiente in relazione agli elementi caratteristici delle diverse opere di difesa:

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

Matrice di Kobayashi et al. - caratteristiche delle opere di difesa in relazione agli effetti sull'ambiente

In conclusione si determina che l'intervento di ripascimento rappresenta il giusto compromesso tra l'esigenza di protezione contro l'erosione costiera e la salvaguardia dell'ambiente. Per garantire una maggiore durata nel tempo dell'intervento di ripascimento si è scelto di realizzare un pennello ortogonale alla linea di costa, che attenui il trasporto solido longitudinale e consenta una maggiore durata dell'intervento, in relazione al notevole interesse turistico della spiaggia del Pozzarello.

4.1) Ripascimento artificiale

Lo studio meteomarinario a corredo del progetto preliminare riporta lo studio evolutivo della linea di costa della spiaggia del Pozzarello, riferita al periodo temporale dal 1996 al 2013 (anni di acquisizione delle foto aeree AGEA). Nella tabella seguente, ripresa dalla relazione tecnica del progetto preliminare, si riasumono i dati evolutivi dell'arenile espressi in variazione lineare media della linea di costa:

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

Tendenza evolutiva dell'arenile

In definitiva nel periodo 1996-2013 si è avuta complessivamente una tendenza evolutiva di arretramento della costa, con un valore medio di arretramento di circa 20 cm/anno, pur avendo registrato nell'ultimo periodo 2010-2013 dei dati in controtendenza, con un avanzamento della linea di riva di 31 cm/anno, comunque non sufficienti a recuperare la forte erosione verificatasi nel periodo 2007-2010.

Per la scelta del tipo di materiale di cava da riportare sono stati effettuati due campionamenti sulla spiaggia del Pozzarello. Questo in relazione alla diversa composizione del tratto più ad Ovest, della lunghezza di circa 130 m, rispetto ai due tratti più ad Est, della lunghezza di circa 350 m, in modo da caratterizzare le due diverse tipologie di materiale attualmente presente sull'arenile.

Si riportano di seguito le analisi granulometriche allegate al progetto preliminare:



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 terra

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

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 ³
Peso di volume secco	kN/m ³
Peso di volume saturo	kN/m ³
Peso specifico	kN/m ³
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	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
σ_{Rim}	kPa

SCISSOMETRO

τ	kPa
τ	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
C	kPa
ϕ	\circ
C _{Res}	kPa
ϕ_{Res}	\circ

PERMEABILITA'

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

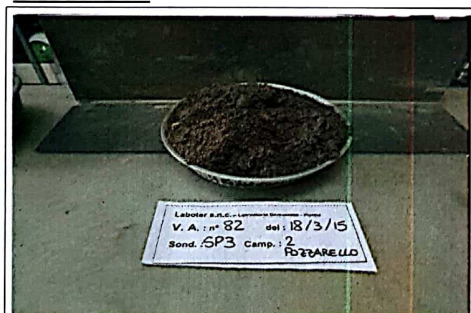
COMPRESSIONE TRIASSIALE

SOMME DES PRESSIONS HYDROSTATIQUES				
C.D.	C _d	kPa	Φ _d	°
C.U.	C' _{cu}	kPa	Φ' _{cu}	°
	C _{cu}	kPa	Φ _{cu}	°
III	C _u	kPa	Φ _u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /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		Sabbia grossolana
		5		
		10		



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

DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
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

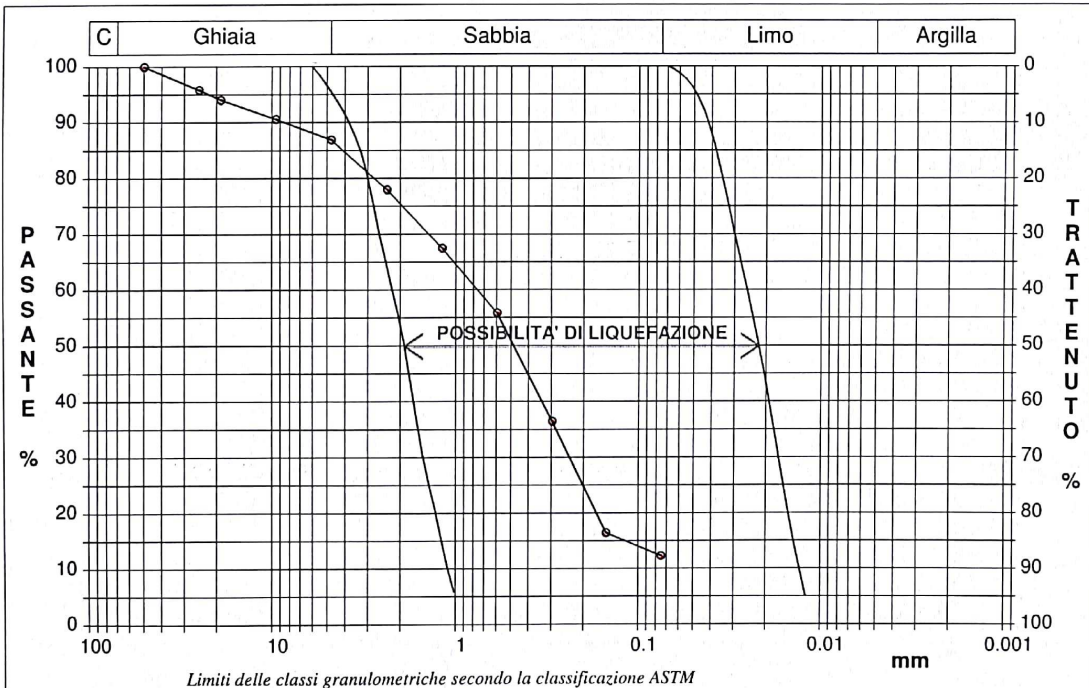
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00991	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/03/15	Inizio analisi: 26/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 82 del 18/03/15		Apertura campione: 26/03/15	Fine analisi: 27/03/15

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						

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



LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistola
tel. 0573570566

DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
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

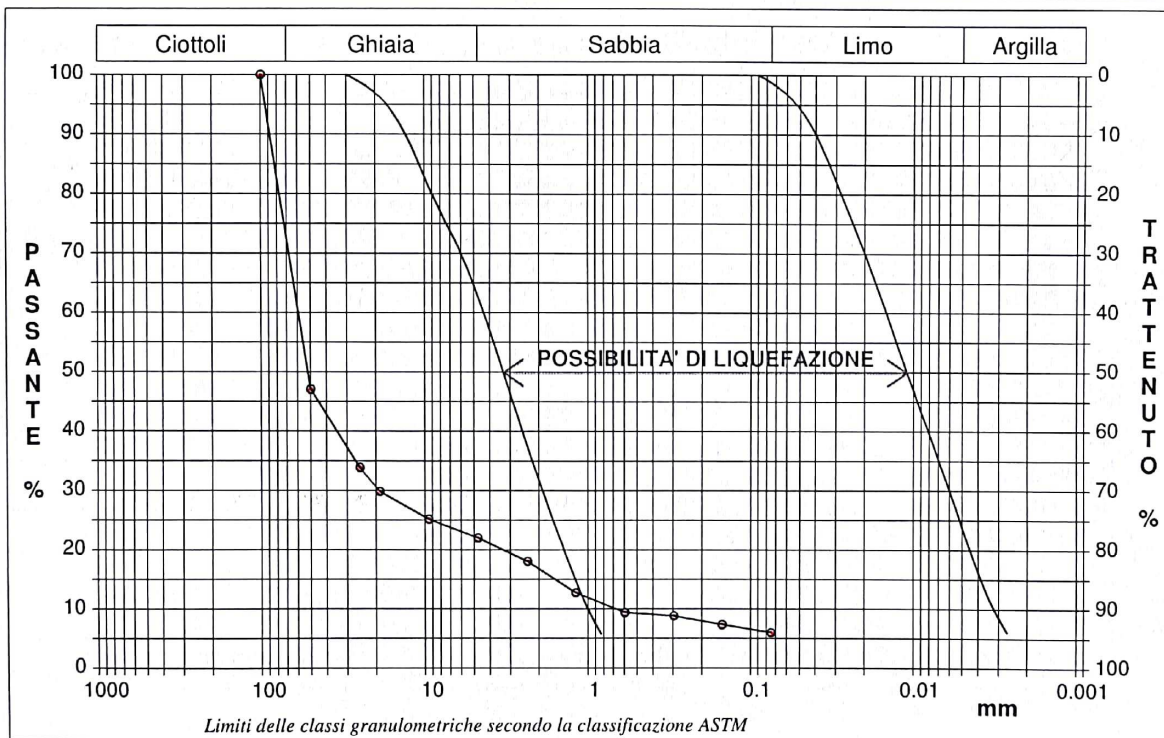
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00990	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/03/15	Inizio analisi: 30/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 82 del 18/03/15		Apertura campione: 26/03/15	Fine analisi: 31/03/15

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 %	D ₁₀	0,67554 mm
Sabbia	16,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	9,1 %	D ₃₀	19,18388 mm
Limo-Argilla	6,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	6,0 %	D ₅₀	51,93669 mm
				D ₆₀	59,20787 mm
				D ₉₀	87,71922 mm
Coefficiente di uniformità		87,64	Coefficiente di curvatura		9,20

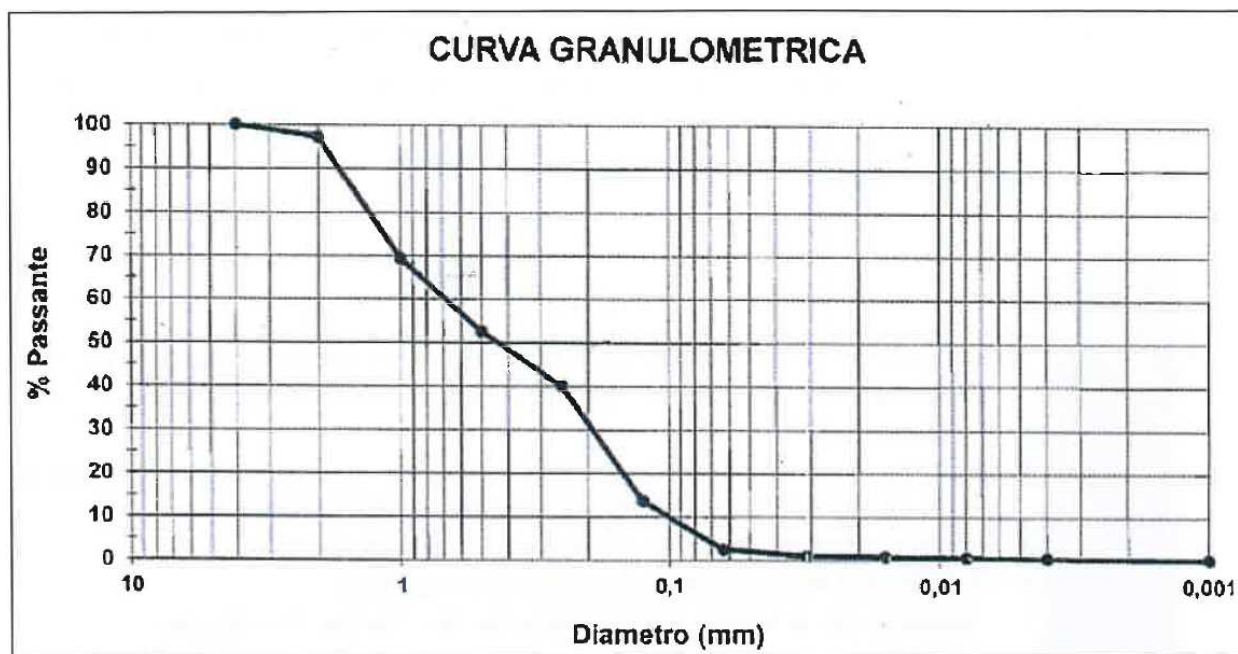


Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
100,0000	100,00	4,7500	22,02	0,1500	7,36				
50,0000	47,10	2,3600	18,05	0,0750	6,01				
25,0000	33,87	1,1900	12,75						
19,0000	29,86	0,5950	9,38						
9,5200	25,18	0,2970	8,84						

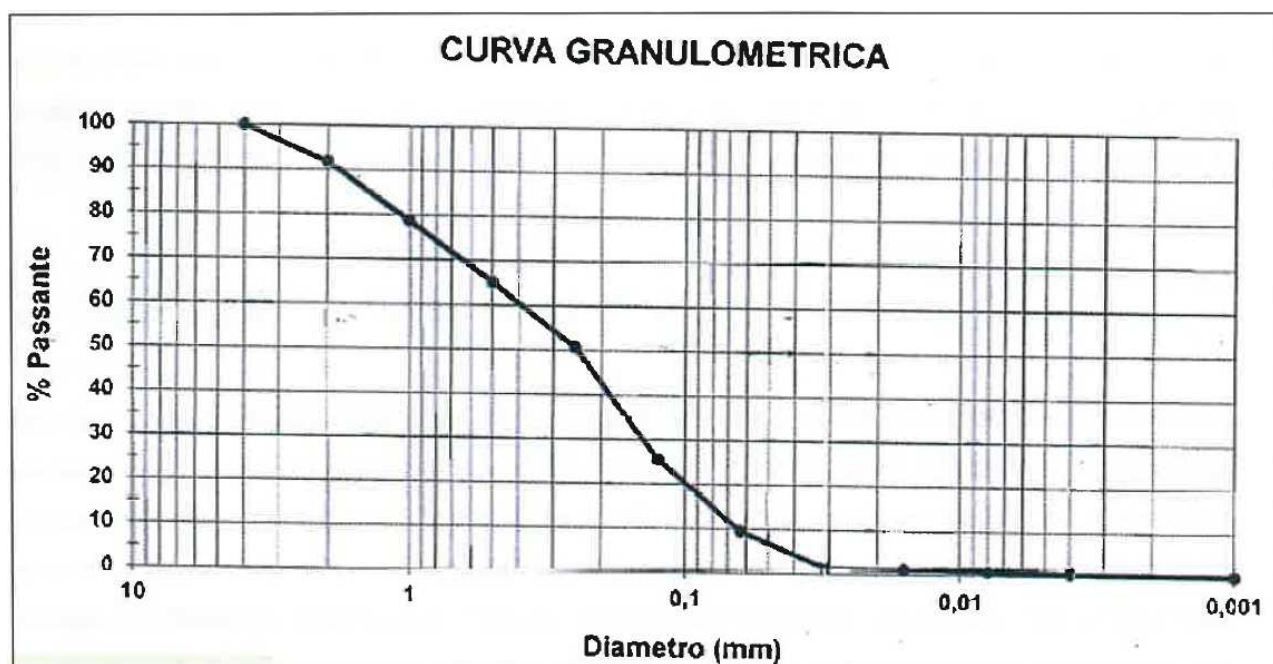
In entrambe i casi le sabbie dei due campioni prelevati, in base alle proprietà chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, risultano classificabili in categoria A1 che prevede le seguenti possibilità di gestione, in conformità al manuale ICRAM:

Classe	Opzioni di gestione
A1	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 delle curve granulometriche dei campioni prelevati, riportate di seguito, sono state scelte le caratteristiche del materiale di cava da riportare, preferendolo all'utilizzo di sabbia proveniente da tratti limitrofi in deposito, al fine di non turbare l'equilibrio instabile raggiunto in tratti costieri di rilevante interesse turistico.



Curva granulometrica del campione prelevato nel tratto Ovest della Spiaggia del Pozzarello



Curva granulometrica del campione prelevato nel tratto Est della Spiaggia del Pozzarello

Per quanto riguarda i volumi reali di sversamento necessari per i due tratti si riprende quanto riportato nella relazione del progetto preliminare:

- tratto Ovest: volume reale di sversamento pari a 18 mc/m
lunghezza del tratto interessato 130 m
volume reale di sversamento pari a circa 2400 mc
- tratto Est: volume reale di sversamento pari a 15 mc/m
lunghezza del tratto interessato 350 m
volume reale di sversamento pari a circa 5100 mc

In definitiva l'intervento di ripascimento prevede in totale lo sversamento di circa 7500 mc di materiale proveniente da cava di prestito, suddivisi in circa 2400 mc per il tratto Ovest e circa 5100 mc per il tratto Est, in modo da raggiungere un avanzamento della linea di riva di circa 7,00 m.

Il materiale da versare proveniente da cava di prestito dovrà avere le seguenti caratteristiche granulometriche:

- tratto Ovest: D16=0,18 mm; D50=0,54 mm; D84=1,92 mm
- tratto Est: D16=0,10 mm; D50=0,30 mm; D84=2,04 mm

Il colore del materiale da utilizzare dovrà essere determinato in riferimento al colore dei sedimenti nativi della spiaggia oggetto di intervento.

4.2) Pennello ortogonale alla linea di costa

Come già accennato, in considerazione dell'importanza della spiaggia del Pozzarello dal punto di vista turistico, e di conseguenza della necessità di garantire la durabilità nel tempo dell'intervento di ripascimento, si è scelto di realizzare un pennello in massi naturali sciolti ortogonale alla linea di costa.

L'effetto di tale tipo di opera di difesa costiera è quello di intercettare, in parte o in tutto, il trasporto solido longitudinale alla riva e di favorire di conseguenza l'accumulo di sedimenti sul lato sopraflutto, proteggendo al tempo stesso anche il ripascimento sottoflutto con la limitazione dell'agitazione ondosa.

a) Dati di progetto:

La scelta dei dati di progetto per la verifica dell'opera di difesa costiera viene fatta analizzando i dati ricavati dallo studio meteomarinico allegato al progetto preliminare. Per la conoscenza del quadro completo del clima meteomarinico dell'area oggetto di studio si rimanda alla lettura della relazione sullo studio meteomarinico allegata al progetto preliminare.

Di seguito si riporta la tabella con le altezze d'onda al largo riferite ai diversi tempi di ritorno, per il settore di provenienza di interesse (260°-290°):

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

Sulla scorta dei risultati dello studio meteo marino, effettuato per il settore di provenienza scelto (260°-290°), si assumono i seguenti dati di progetto:

$H_0 = 6,45$ m altezza d'onda al largo corrispondente ad un tempo di ritorno di 50 anni

$T_p = \text{SQR}(H/0,058) = 10,55$ s periodo di picco caratteristico dell'onda al largo

$\omega = 2 \pi / T = 0,59$ Hz pulsazione dell'onda

$L_0 = 1,56 T^2 = 173,48$ m lunghezza dell'onda al largo

L'altezza d'onda di progetto per la successiva verifica con il metodo di Hudson è stata determinata assumendola pari all'altezza d'onda al frangimento ricavata applicando la formula di Kamphuis.

b) Calcoli di dimensionamento del pennello:

Con l'adozione dei dati di progetto suindicati sono stati effettuati i calcoli per la verifica ed il dimensionamento degli elementi lapidei naturali costituenti il pennello, al fine di verificare la massa degli stessi in relazione alle caratteristiche del moto ondoso a cui essi potranno essere esposti.

I calcoli sono stati svolti con due metodi distinti, metodo di Hudson e metodo di Van der Meer, in modo da ottenere due valori distinti da poter confrontare e validare.

Si riportano nelle pagine seguenti i calcoli di verifica effettuati.

Calcolo dell'altezza d'onda significativa (formula di Kamphuis)

$$H_s = 0,56 e^{(3,5m)} d_b$$

in cui: m = pendenza del fondale
 d_b = profondità di frangimento

nel nostro caso si ha:

$$\begin{aligned} m &= 0,023 \\ d_b &= 2,06 \text{ m} \end{aligned}$$

per cui si ottiene:

$$H_s = 1,25 \text{ m}$$

Tenendo conto poi del sovrizzo del livello del mare medio si ottiene l'altezza d'onda di riferimento, sommando i diversi contributi dovuti alla marea astronomica (S_T), all'effetto barico inverso (S_B) ed all'azione del vento (S_W).

$$\text{Sovralzo del livello del mare medio:} \quad S = S_T + S_B + S_W$$

Sostituendo i valori usuali per il Mar Tirreno si ha:

$$S_T = 0,30 \text{ m}$$

$$S_B = 0 \text{ m}$$

$$S_W = 0,20 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_T + S_B \\ S = + S_W = 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Pertanto l'altezza d'onda di progetto è pari a:

$$H_b = H_s + S = 1,75 \text{ m}$$

Verifica di stabilità del pennello (formula di Van der Meer)

Calcolo del parametro di Iribarren:

$$\text{tg } \alpha = 0,50 \quad \text{pendenza del paramento della mantellata}$$

$$H_b = 1,75 \text{ m} \quad \text{altezza d'onda di progetto}$$

$$L_{0m} = \frac{1,56 \times T_o^2}{2\pi} \quad \text{lunghezza d'onda al largo corr. al periodo medio}$$

I dati dell'altezza d'onda al largo, con tempo di ritorno di 50 anni, e del periodo medio ricavati dallo studio meteomarinò allegato al progetto preliminare sono:

$$H_0 = 6,45 \text{ m}$$

$$T_0 = 10,55 \text{ s}$$

$$L_{0m} = 173,48 \text{ m}$$

Per cui il parametro di Iribarren è:

$$\xi_m = \text{tg } \alpha / (\text{RADQ}(H_b/L_0)) = 4,98$$

Il parametro critico è pari a:

$$\xi_{mc} = (6,2 P^{0,31} \text{RADQ}(\text{tg } \alpha))^{1/(P+0,5)}$$

in cui P è la permeabilità dell'opera. Per la tipologia di pennello progettato si ha:

$$P = 0,6$$

per cui si ha:

$$\xi_{mc} = 3,32$$

essendo $\xi_m > \xi_{mc}$ il frangente dell'onda sul paramento è di tipo surging e la massa dell'elemento lapideo è determinata con la formula seguente:

$$H_b / (D_{n50} \times \Delta) = 1,0 P^{-0,13} (S / \text{RADQ}(N))^{0,2} \xi_m^P \cotg^{0,5} \alpha$$

da cui si ricava:

$$D_{n50} = (H_b / \Delta) / (1,0 P^{-0,13} (S / \text{RADQ}(N))^{0,2} \xi_m^P \cotg^{0,5} \alpha)$$

in cui:

$$\Delta = (\gamma_m / \gamma_w) - 1 \quad \text{con:} \quad \gamma_m = 2300 \quad \text{Kg/mc} \quad \gamma_w = 1030 \quad \text{Kg/mc}$$

$$\Delta = 1,23$$

$$N: \text{numero di onde della tempesta} \quad N = 5000$$

$$S: \text{livello di danneggiamento} \quad S = 2 \quad (\text{danneggiamento nullo})$$

Quindi si ricava:

$$D_{n50} = 0,73 \quad \text{m}$$

$$P_{n50} = 900 \quad \text{Kg}$$

Verifica di stabilità del pennello (formula di Hudson)

$$M_{50} = \gamma_m H_b^3 / (K_d \Delta^3 \cotg \alpha) \quad \text{massa mediana dell'elemento}$$

Sostituendo i valori:

$$\gamma_m = 2300 \quad \text{Kg/mc} \quad \text{peso specifico dei massi}$$

$$H_b = 1,75 \quad \text{m} \quad \text{altezza d'onda di progetto}$$

$$K_d = 2,9 \quad \text{coefficiente di non danneggiamento}$$

$$\Delta = 1,23 \quad \text{densità relativa dell'elemento immerso}$$

$$\cotg \alpha = 2 \quad \text{scarpa del paramento}$$

si ottiene:

$$M_{50} = 1134 \quad \text{Kg}$$

da cui si ricava:

$$D_{n50} = H_b / (\Delta (K_d \cotg \alpha)^{1/3})$$

Sostituendo i valori:

$$D_{n50} = 0,79 \text{ m}$$

c) Caratteristiche costruttive e dimensionali del pennello:

In base ai risultati dei calcoli svolti si è scelto di realizzare il pennello con massi naturali aventi le seguenti caratteristiche:

$$D_{n50} = 0,79 \text{ m}$$

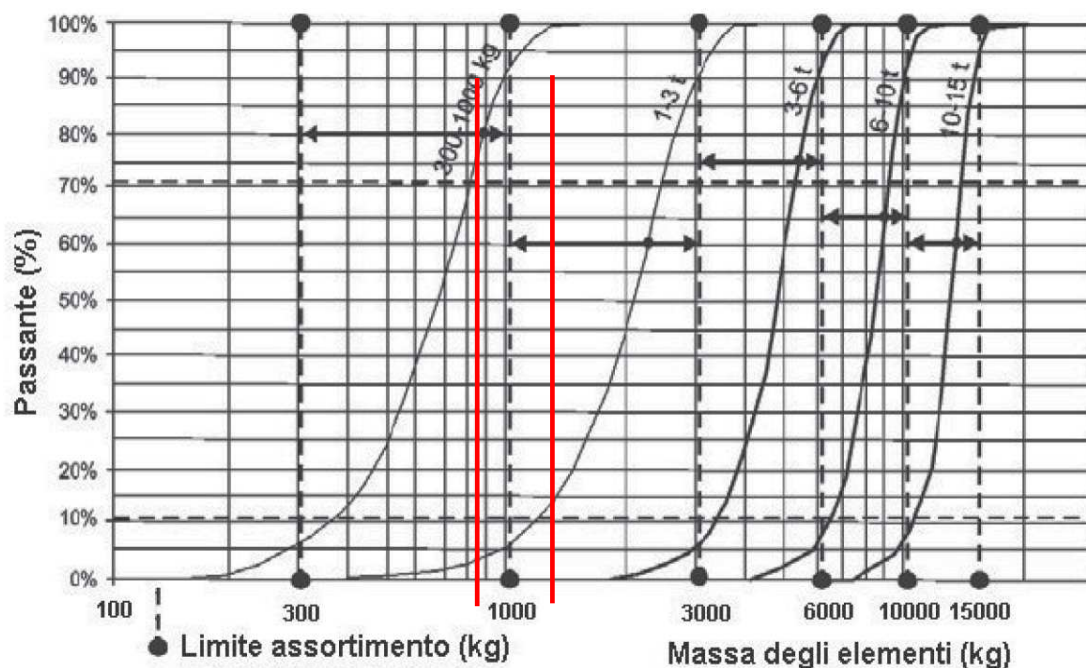
$$M_{50} = 1134 \text{ Kg}$$

Il grado di assortimento della massicciata viene stabilito in accordo al criterio di Hudson:

$$M_{\min} = 0,75 M_{50} = 0,75 \times 1134 = 851 \text{ Kg}$$

$$M_{\max} = 1,25 M_{50} = 1,25 \times 1134 = 1418 \text{ Kg}$$

La scelta della categoria dei massi naturali da impiegare nella costruzione del pennello viene fatta impiegando la tabella seguente, attribuendo il valore inferiore ($0,75 M_{50}$) al limite del 10 % del passante ed il valore superiore ($1,25 M_{50}$) al limite del 70% del passante.



Pertanto si sceglie di impiegare massi di Cat. 2, con peso compreso tra 1000 Kg ed i 3000 Kg.

Il pennello dovrà essere realizzato con massi naturali di calcare proveniente da cave di prestito ed aventi colorazione adatta per un corretto inserimento nel contesto paesaggistico esistente, quindi con tonalità di colore simili a quelle delle scogliere naturali presenti nel sito di realizzazione.

Il piano di posa del pennello sarà adeguatamente preparato e spianato e su di esso vi sarà posato uno strato di telo in geotessile non tessuto, con caratteristiche come da Capitolato Speciale d'Appalto, idoneo ad impedire fenomeni di scalzamento dovuti al moto ondoso.

La radice del pennello dovrà essere ben ammorsata sull'arenile, in modo da prevenire fenomeni di aggiramento e sfiancamento delle onde. I massi dovranno essere posti in opera a secco, in modo tale da realizzare il pennello in modo non regolare, ma bensì come una formazione "naturale" rocciosa

La lunghezza dell'opera dalla radice alla testata sarà di 38,00 m, con una larghezza in sommità di 3,25 m (circa 4 volte D_{n50}), e pendenza delle scarpate di 2:1. La larghezza del pennello in corrispondenza della base di appoggio sul fondale varierà da un minimo di 7,95 m ad un massimo di 11,95 m. L'altezza massima del pennello sarà di 2,10 m, mentre la profondità massima del fondale, in corrispondenza della testata del pennello, sarà di 1,96 m. Il volume complessivo dei massi da posare sarà di circa 504 mc.

L'adozione di un pennello corto e basso del tipo semisoffolto, cioè con testata sommersa sotto il livello del mare medio ed al livello della bassa marea, è giustificata dal fatto di garantire comunque l'arrivo di materiale alla riva sottoflutto, in modo da scongiurare un'eccessiva perturbazione dell'equilibrio del litorale che si avrebbe invece con una drastica interruzione del trasporto solido alla riva sottoflutto.

In caso contrario, cioè con un pennello alto e lungo, una volta che l'accumulo dei materiali sopraflutto raggiunge la sommità del pennello, il trasporto solido prosegue con la deriva verso fondali profondi, dove le sabbie sono da considerarsi perdute per la spiaggia attiva, con il rischio di trasportare a valle l'erosione che si vuole ridurre sopraflutto.

Per una migliore comprensione delle caratteristiche tipologiche e dimensionali del pennello si rimanda alla lettura dell'elaborato grafico TAV. 12 allegato al progetto definitivo/esecutivo.

d) Verifiche geotecniche:

I calcoli di verifica di stabilità del complesso opera terreno sono stati svolti con i metodi dell'equilibrio limite globale. Questo poichè, essendo l'opera in progetto una barriera in scogli naturali, e quindi deformabile, le azioni orizzontali dovute al moto ondoso sono assorbite dalla struttura stessa, che agisce quindi sul terreno di fondazione essenzialmente come azione verticale. In base ai parametri geomeccanici del terreno di fondazione e del rilevato (pennello) sono stati svolti i calcoli di verifica con software CARL 12.0 prodotto dalla Aztec Informatica S.r.l. di Casole Bruzio (Cs), eseguendo le verifiche al carico limite ed allo scorrimento sul piano di posa, nonché la verifica dei cedimenti. Si riportano di seguito i calcoli effettuati.

Progetto: Verifiche geotecniche pennello Pozzarello
Ditta: Comune di Monte Argentario
Comune: Comune di Monte Argentario
Progettista: Ing. Massimo Benedetti

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
- Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
- Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
- Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Richiami teorici

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

L'espressione di **Maugeri-Novità** per il calcolo della capacità portante si esprime nel modo seguente:

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c h_{cf} + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q h_{qf} + 0.5 B \gamma N_s d_s i_s g_s b_s h_{sf}$$

dove:

- N_c, N_q, N_s sono i fattori di capacità portante;
- d_c, d_q, d_s sono i fattori di profondità;
- s_c, s_q, s_s sono i fattori di forma;
- i_c, i_q, i_s sono i fattori di inclinazione del carico;
- b_c, b_q, b_s sono i fattori di inclinazione del piano di posa;
- g_c, g_q, g_s sono i fattori di inclinazione del pendio;
- h_{cf}, h_{qf}, h_{sf} sono i fattori correttivi per l'azione del sisma.

Fattori di capacità portante	$N_c = (N_q - 1) \tan \phi$	$N_q = e^{\tan \phi} K_p$	$N_s = 2.0 (N_q - 1) \tan \phi$
Fattori di forma	$s_c = 1 + 0.2 K_p B/L$	$s_q = 1 + 0.1 K_p B/L$	$s_s = s_q$
Fattori di profondità del piano di posa	$d_c = d_q - (1 - d_q)/(N_c \tan \phi)$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$	$d_s = 1$
Fattori di inclinazione del carico	$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$	$i_q = (1 - H/(V + A_f c_a \tan \phi))^m$	$i_s = (1 - H/(V + A_f c_a \tan \phi))^{m+1}$
Fattori di inclinazione del piano di posa	$b_c = b_q - (1 - b_q)/(N_c \tan \phi)$	$b_q = (1 - \eta \tan \phi)^2$	$b_s = b_q$
Fattori di inclinazione del pendio	$g_c = g_q - (1 - g_q)/(N_c \tan \phi)$	$g_q = (1 - \tan \beta)^2$	$g_s = g_q$
Fattori correttivi in condizioni sismiche	$h_{cf} = D k_1^2 + E k_1 + 1$	$h_{qf} = H k_1^2 + I k_1 + 1$	$h_{sf} = B k_1^2 + C k_1 + 1$

i coeff. presenti nelle formule hanno il seguente significato:

$$\begin{aligned}K_p &= \tan^2(45 + \phi/2) \\m &= (2 + B/L)/(1 + B/L) \\k &= D/B \quad \text{per } D/B \leq 1.0 \\k &= \arctg(D/B) \quad \text{per } D/B > 1.0\end{aligned}$$

- K_p coeff. di spinta passiva
- V componente del carico perpendicolare alla base
- H componente del carico parallela alla base
- A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \times L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B , L e all'eccentricità del carico e_B , e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ ed $L' = L - 2e_L$)
- η angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

$$B = -31.10(\tan\phi)^3 + 86.60(\tan\phi)^2 - 74.40(\tan\phi) + 24.80$$

$$C = 12.90(\tan\phi)^3 - 35.07(\tan\phi)^2 + 30.28(\tan\phi) - 12.48$$

$$D = 70.06(\tan\phi)^3 - 173.00(\tan\phi)^2 + 129.00(\tan\phi) - 29.61$$

$$E = 1.27(\tan\phi) - 1.07$$

$$H = 63.96(\tan\phi)^3 - 155.14(\tan\phi)^2 + 116.00(\tan\phi) - 25.99$$

$$I = 4.48(\tan\phi)^3 - 10.57(\tan\phi)^2 + 8.50(\tan\phi) - 0.23$$

Per poter applicare la formula di Maugeri-Novità devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$\begin{aligned}H &< V \tan\delta + A_f c_a \\ \beta &\leq \phi \\ i_{qr}, i_{\gamma} &> 0 \\ \beta + \eta &\leq 90^\circ \\ K_h &< 0.4\end{aligned}$$

Verifica allo scorrimento

Per la verifica a scorrimento lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere la fondazione deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere la fondazione F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle della fondazione. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 30 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Calcolo delle tensioni indotte

Metodo di Boussinesq

Il metodo di Boussinesq considera il terreno come un mezzo omogeneo elastico ed isotropo. Dato un carico concentrato Q , applicato in superficie, la relazione di Boussinesq fornisce la seguente espressione della tensione verticale indotta in un punto $P(x,y,z)$ posto alla profondità z :

$$q_v = \frac{3Qz^3}{2\pi R^5}$$

dove: $R = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$;

Per ottenere la pressione indotta da un carico distribuito occorre integrare tale espressione su tutta l'area di carico, considerando il carico Q come un carico infinitesimo agente su una areola dA . L'integrazione analitica di questa espressione si presenta estremamente complessa specialmente nel caso di carichi distribuiti in modo non uniforme. Pertanto si ricorre a metodi di soluzione numerica. Dato il carico agente sulla fondazione, si calcola il diagramma delle pressioni indotte sul piano di posa della fondazione. Si divide l'area di carico in un elevato numero di areole rettangolari a ciascuna delle quali compete un carico dQ : la tensione indotta in un punto $P(x,y,z)$, posto alla profondità z , si otterrà sommando i contributi di tutte le areole di carico calcolati come nella formula di Boussinesq.

Dati

Geometria del rilevato

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione del rilevato
B	Base totale espressa in [m]
L	Altezza espressa in [m]
B_s	Base lato inclinato sinistro espressa in [m]
B_d	Base lato inclinato destro espressa in [m]
D	Profondità del piano di posa in [m]
Terreno	

Descrizione	B	H	Bs	Bd	D	Terreno
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
Rilevato	11,65	2,10	4,20	4,20	0,00	rilevato pennello

Descrizione terreni e falda

Caratteristiche fisico-meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
δ	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [kg/cmqa]
ca	Adesione del terreno espressa in [kg/cmqa]

Descr	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	ca
	[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cmqa]	[kg/cmqa]
sabbie sciolte sature	1950,0	2150,0	25.00	15.00	0,000	0,000
rilevato pennello	2100,0	2200,0	40.00	20.00	0,000	0,000

Falda

Profondità dal piano campagna 0,00 [m]

Descrizione prova SPT

Simbologia adottata

n°	Numero d'ordine dei valori della prova
Z _i	Profondità alla quale viene fatta la misura espressa in [m]
N _{SPT}	Numero di colpi

n°	Z _i	N _{SPT}
	[m]	
1	1,50	11

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno dello strato

Punto di sondaggio n° 1:	X = 0,0 [m]	Y = 0,0 [m]
Punto di sondaggio n° 2:	X = 3,0 [m]	Y = 0,0 [m]
Punto di sondaggio n° 3:	X = 0,0 [m]	Y = 3,0 [m]

n°	Z1	Z2	Z3	Terreno
	[m]	[m]	[m]	
1	-15,0	-15,0	-15,0	sabbie sciolte sature

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 1

Simbologia adottata

γ _{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ _{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ _{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ _{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
γ _{tang'}	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ _{c'}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ _{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ _{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ _f	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ _{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ _{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ _{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ _{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	γ _{tang'}	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	γ _{c'}	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ _{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ _{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ _f	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche geotecniche:

		R1	R2	R3
Capacità portante	γ _r	1.00	1.80	2.30
Scorrimento	γ _r	1.00	1.10	1.10

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
Momento positivo senso antiorario.

N	Sforzo normale totale espressa in [kg]
M_x	Momento in direzione X espressa in [kgm]
M_y	Momento in direzione Y espressa in [kgm]
e_x	Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]
e_y	Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]
β	Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]
T	Forza di taglio espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Peso proprio rilevato - PERMANENTE

Rilevato	N	M _x	M _y	e _x	e _y	β	T
	[kg]	[kgm]	[kgm]	[m]	[m]		[kg]
Rilevato	32854,5	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0	0,0

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 STR - A1-M1-R1

Nome	γ	ψ
Peso proprio rilevato	1.30	1.00

Combinazione n° 2 GEO - A2-M2-R2

Nome	γ	ψ
Peso proprio rilevato	1.00	1.00

Combinazione n° 3 STR - A1-M1-R1

Nome	γ	ψ
Peso proprio rilevato	1.00	1.00

Combinazione n° 4 GEO - A2-M2-R2GEO - A2-M2-R3

Nome	γ	ψ
Peso proprio rilevato	1.00	1.00

Opzioni di calcolo

Analisi in condizioni drenate

Verifica al carico limite

Metodo di calcolo della portanza:

Altezza del cuneo di rottura:

Criterio per il calcolo del macrostrato equivalente:

Nel calcolo della portanza sono state richieste le seguenti opzioni:

Maugeri-Novità

AUTOMATICA

MEDIA ARITMETICA

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Riduzione per rottura locale o punzonamento del terreno:

TERZAGHI

Meccanismo di punzonamento in presenza di falda.

Verifica allo scorrimento

Partecipazione spinta passiva terreno di rinfiando: 5.00 (%)

Cedimenti

Per il calcolo dei cedimenti, è stata impostata un'altezza dello strato compressibile legato alla percentuale tensionale.

In particolare la percentuale impostata è: 0,05 (%)

E' stato richiesto di tenere in conto della fondazione compensata.

Risultati

Verifica della portanza per carichi verticali

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>PF</i>	Rottura per punzonamento in presenza di falda
<i>q_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg/cm ²]
<i>q_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg/cm ²]
<i>P_u</i>	Portanza ultima, espressa in [kg]
<i>P_d</i>	Portanza di progetto, espressa in [kg]
<i>V</i>	Carico ortogonale al piano di posa, espresso in [kg]
<i>η</i>	Fattore di sicurezza a carico limite ($\eta = P_d/V$)

<i>Cmb</i>	<i>Fnd</i>	<i>PF</i>	<i>q_u</i> [kg/cm ²]	<i>q_d</i> [kg/cm ²]	<i>P_u</i> [kg]	<i>P_d</i> [kg]	<i>V</i> [kg]	<i>η</i>
1	1	NO	2,46	2,46	286165	286165	42711	6.70
2	1	NO	1,52	0,85	177552	98640	32855	3.00
3	1	NO	2,25	2,25	262374	262374	32855	7.99
4	1	NO	1,38	0,77	160747	89304	32855	2.72

Caratteristiche terreno e fondazione di progetto

Simbologia adottata

<i>Cmb</i>	Indice della combinazione
<i>Fnd</i>	Indice della fondazione
<i>H</i>	Altezza del cuneo di rottura, espressa in [m]
<i>γ</i>	Peso di volume, espressa in [kg/mc]
<i>φ</i>	Angolo di attrito, espressa in [°]
<i>c</i>	Coesione, espressa in [kg/cm ²]
<i>G</i>	Modulo di taglio, espresso in [kg/cm ²]
<i>B'</i>	Base ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($B' = B - 2e_x$), espressa in [m]
<i>L'</i>	Lunghezza ridotta per effetto dell'eccentricità del carico ($L' = L - 2e_y$), espressa in [m]
<i>R_{ex}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo X
<i>R_{ey}</i>	Fattore di riduzione per carico eccentrico lungo Y
<i>I_R</i>	Indice di rigidità
<i>I_{RC}</i>	Indice di rigidità critico

<i>Cmb</i>	<i>Fnd</i>	<i>H</i> [m]	<i>γ</i> [kg/mc]	<i>φ</i> [°]	<i>c</i> [kg/cm ²]	<i>G</i> [kg/cm ²]	<i>B'</i> [m]	<i>L'</i> [m]	<i>R_{ex}</i>	<i>R_{ey}</i>	<i>I_c</i>	<i>I_{RC}</i>
1	1	9,14	1150,00	17.27	0,00	1347,79	--	--	--	--	1.00	88.84
2	1	8,38	1150,00	13.97	0,00	1347,79	--	--	--	--	1.00	57.98
3	1	9,14	1150,00	17.27	0,00	1347,79	--	--	--	--	1.00	88.84
4	1	8,38	1150,00	13.97	0,00	1347,79	--	--	--	--	1.00	57.98

Fattori correttivi verifica capacità portante

Combinazione n° 1

Fondazione n° 1

Fattori di capacità portante	N _c = 12.54	N _q = 4.90	N _γ = 3.67
Fattori di forma	S _c = 1.00	S _q = 1.00	S _γ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	I _c = 1.00	I _q = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	D _c = 1.00	D _q = 1.00	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	B _c = 1.00	B _q = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	G _c = 1.00	G _q = 1.00	G _γ = 1.00
Fattori per effetto del sisma	H _{cf} = 1.00	H _{qf} = 1.00	H _{γf} = 1.00

Combinazione n° 2

Fondazione n° 1

Fattori di capacità portante	Nc = 10.35	Nq = 3.57	N _γ = 2.28
Fattori di forma	Sc = 1.00	Sq = 1.00	S _γ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	Ic = 1.00	Iq = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	Dc = 1.00	Dq = 1.00	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	Bc = 1.00	Bq = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	Gc = 1.00	Gq = 1.00	G _γ = 1.00
Fattori per effetto del sisma	Hcf = 1.00	Hqf = 1.00	Hyf = 1.00

Combinazione n° 3

Fondazione n° 1

Fattori di capacità portante	Nc = 12.54	Nq = 4.90	N _γ = 3.67
Fattori di forma	Sc = 1.00	Sq = 1.00	S _γ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	Ic = 1.00	Iq = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	Dc = 1.00	Dq = 1.00	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	Bc = 1.00	Bq = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	Gc = 1.00	Gq = 1.00	G _γ = 1.00
Fattori per effetto del sisma	Hcf = 0.99	Hqf = 1.02	Hyf = 0.92

Combinazione n° 4

Fondazione n° 1

Fattori di capacità portante	Nc = 10.35	Nq = 3.57	N _γ = 2.28
Fattori di forma	Sc = 1.00	Sq = 1.00	S _γ = 1.00
Fattori per effetto del punzonamento	Ψ _c = 1.00	Ψ _q = 1.00	Ψ _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del carico	Ic = 1.00	Iq = 1.00	I _γ = 1.00
Fattori di profondità	Dc = 1.00	Dq = 1.00	Q _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del piano di posa	Bc = 1.00	Bq = 1.00	B _γ = 1.00
Fattori di inclinazione del pendio	Gc = 1.00	Gq = 1.00	G _γ = 1.00
Fattori per effetto del sisma	Hcf = 0.99	Hqf = 1.02	Hyf = 0.91

Verifica allo scorrimento

Simbologia adottata

Cmb	Identificativo della combinazione
R _{ult1}	Resistenza offerta dal piano di posa per attrito ed adesione espressa in [kg]
R _{ult2}	Resistenza passiva offerta dall'affondamento del piano di posa espressa in [kg]
R	Somma di R _{ult1} e R _{ult2}
R _d	Resistenza di progetto allo scorrimento espressa in [kg]
H	Forza di taglio agente al piano di posa espresso in [kg]
η	Coeff. di sicurezza allo scorrimento (η=R _d /H)

Cmb	Fnd	R _{ult1} [kg]	R _{ult2} [kg]	R [kg]	R _{amm} [kg]	H [kg]	η
1	1	11444	0	11444	11444	0	100.00
2	1	7043	0	7043	6402	0	100.00
3	1	8803	0	8803	8803	0	100.00
4	1	7043	0	7043	6402	0	100.00

Modello del rilevato con la stratigrafia del terreno di fondazione

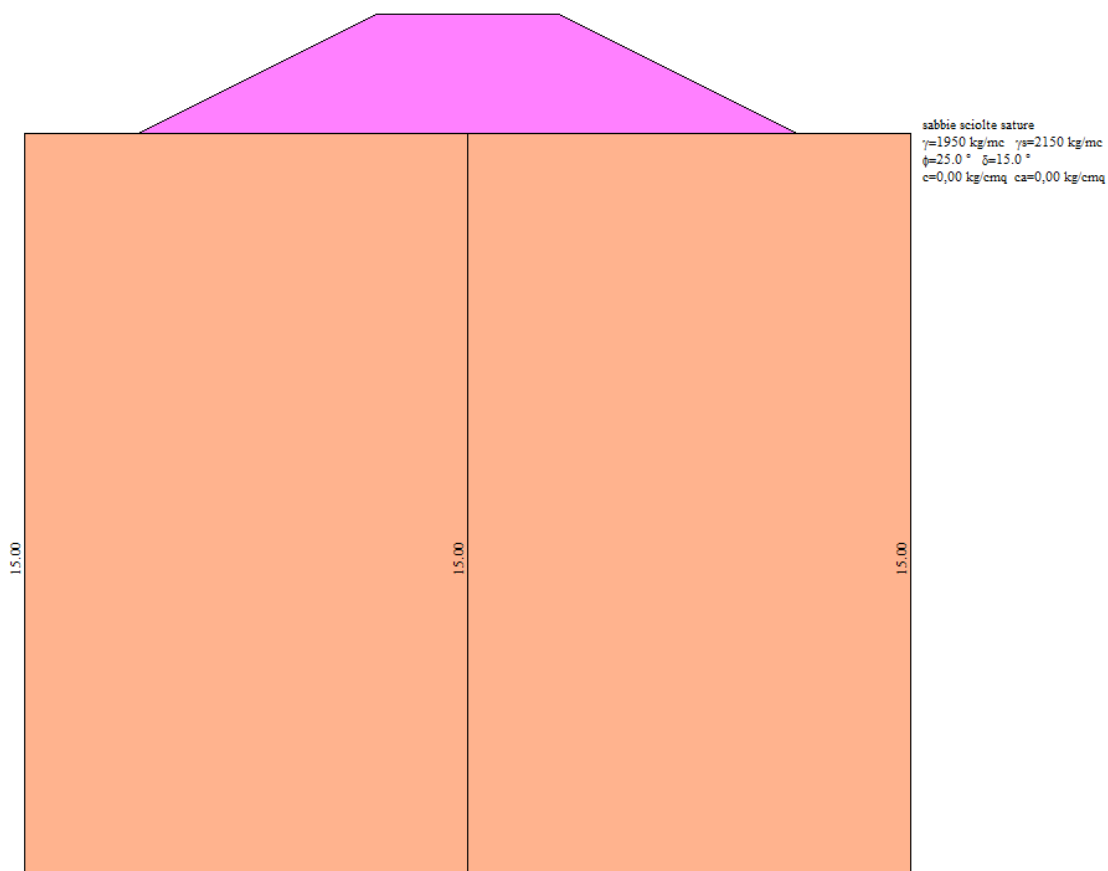


Diagramma cunei di rottura

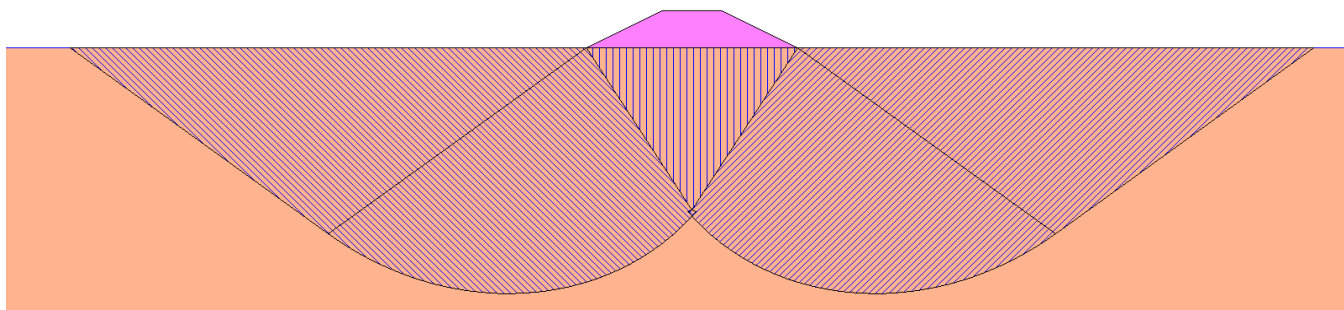
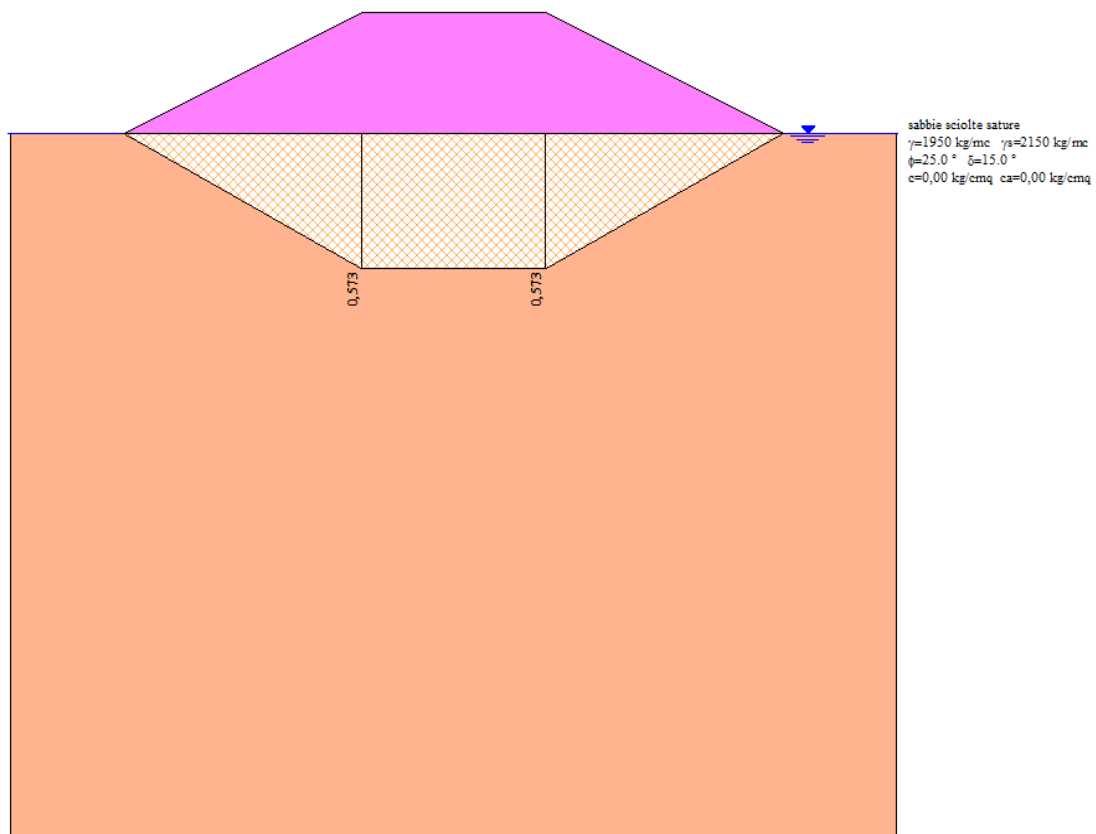


Diagramma solido delle pressioni



Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica a carico limite viene eseguita secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle caratteristiche del terreno equivalente di progetto;
- Calcolo della fondazione di progetto;
- Calcolo del carico limite.

Il calcolo dei cedimenti viene eseguita secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della distribuzione dei carichi al piano di posa;
- Calcolo delle pressioni indotte nel terreno dal carico applicato;
- Calcolo dei cedimenti.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	CARL - Carico Limite e Cedimenti
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	ING. BENEDETTI MASSIMO
Licenza	AIU2884D3

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Il progettista
(Ing. Massimo Benedetti)

5) Prescrizioni operative da seguire nella realizzazione delle opere

La Regione Toscana, con parere conclusivo n. 4785 del 17/04/2018, ha decretato la non assoggettabilità a VIA del progetto. Nello stesso parere sono riportate alcune prescrizioni da rispettare nella fase di esecuzione delle opere, derivanti dai pareri espressi dai vari Enti competenti.

Si riportano di seguito le principali misure prescritte, rimandando alla lettura dell'atto sopra riportato per l'esame di tutte le prescrizioni:

a) una volta individuata la cava di provenienza, i sedimenti da versare sul litorale dovranno essere sottoposti ad analisi di laboratorio, per la caratterizzazione dei medesimi dal punto di vista granulometrico, fisico, chimico, microbiologico ed ecotossicologico, al fine di dimostrare l'effettiva compatibilità con il litorale oggetto di intervento e la relativa innocuità ambientale. I risultati delle analisi di laboratorio dovranno essere trasmesse alla Regione Toscana - Settore Genio Civile Toscana Sud;

b) dovrà essere ottenuta la prescritta autorizzazione ai sensi della D.G.R.T. n. 1341/2015, in materia di "movimentazione sedimenti marini", per l'immissione in mare di inerti, da richiedere al Settore Genio Civile Toscana Sud utilizzando l'allegato D, paragrafo A) della suddetta D.G.R.T. n. 1341/2015;

c) si dovranno mettere in atto tutte le possibili misure di mitigazione per tutelare la prateria di Posidonia oceanica, quali ad esempio:

- l'utilizzo dei mezzi di cantiere nella fase di spandimento della sabbia dovrà causare la minore torbidità possibile, cercando di limitare l'ingresso in acqua dei mezzi stessi;

- si dovranno utilizzare panne galleggianti con gonne per evitare la diffusione verso il largo della torbidità provocata dal cantiere;

d) il colore del materiale da utilizzare dovrà essere determinato in riferimento al colore dei sedimenti nativi della spiaggia oggetto di intervento;

e) i massi dovranno essere posti in opera a secco, in modo tale da realizzare il pennello in modo non regolare, ma bensì come una formazione "naturale" rocciosa;

f) il soggetto proponente deve predisporre un piano di monitoraggio degli effetti delle attività ai sensi della D.G.R. 1341/2015 (Allegato D);

g) devono essere predisposte opportune misure di prevenzione e/o mitigazione delle polveri diffuse durante l'esecuzione dei lavori quali:

- le aree destinate alla circolazione dei mezzi (aree di transito, manovra, etc) ed alle lavorazioni, qualora pulverolente, dovranno essere mantenute umide;

- gli eventuali cumuli di materiali che possono generare polveri diffuse dovranno essere mantenuti umidi e/o coperti con teli, stuoie, etc;

- per i mezzi operativi dovranno essere utilizzati carburanti diesel a basso tenore di zolfo e filtri di abbattimento del particolato;
 - ove possibile devono essere impiegati apparecchi con motore elettrico;
 - deve essere ottimizzato il carico dei mezzi di trasporto al fine di ridurre il numero dei veicoli in circolazione;
 - deve essere adottata la riduzione della velocità dei mezzi di trasporto lungo la viabilità di servizio a 30 Km/h;
- h) dovrà essere preavvisata con almeno 20 giorni di anticipo rispetto alla data di inizio dei lavori la Soprintendenza Archeologica, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Siena Grosseto ed Arezzo, al fine di consentire eventuali sopralluoghi di personale della Soprintendenza
- i) per quanto riguarda gli aspetti legati alla sicurezza della navigazione ed alla fruibilità del Demanio Marittimo:
- gli interventi previsti in progetto dovranno essere realizzati preferibilmente al di fuori della stagione balneare, che va dal 1 Maggio al 30 Settembre. Qualora ciò non fosse possibile dovranno essere emanate apposite ordinanze di divieto di balneazione temporanea, così come previsto dal D.Lgs. n. 116/2008, dandone immediato avviso ad ARPAT;
 - le aree di cantiere in mare dovranno essere opportunamente delimitate da segnalamenti conformi alle prescrizioni di cui al regolamento per prevenire gli abbordi in mare, idonei a garantire la sicurezza della navigazione in ore notturne e, comunque, fino a quando il pennello non verrà riportato sulle cartografie nautiche;
 - l'attuazione del progetto dovrà essere compatibile con le destinazioni d'uso delle concessioni demaniali marittime attualmente insistenti sui luoghi, con particolare riferimento ai campi boe destinati ad ormeggio di natanti ed alle strutture balneari;
 - la realizzazione di nuove opere sul demanio marittimo per fini pubblici deve essere sottoposta al vaglio del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti a seguito dell'iter istruttorio propedeutico al rilascio, in regime di consegna, delle aree demaniali marittime di interesse ex art. 34 C.N., dunque successivamente alla presentazione di apposito Mod. D1 giusta D.M. del 05.06.2009 pubblicato sulla G.U. n. 180 del 05.08.2009.

Il Progettista
Ing. Massimo Benedetti