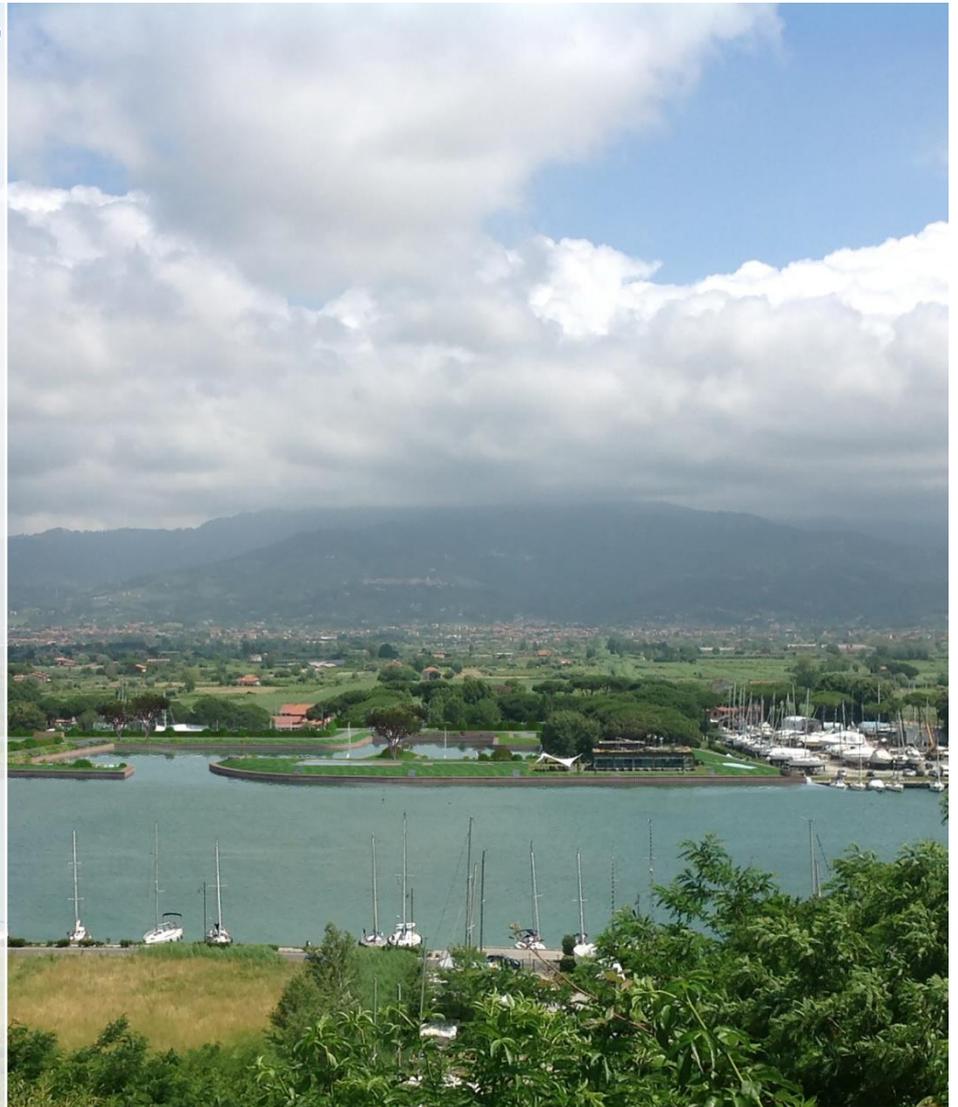


**Comune di Ameglia (SP)**

Strumento Urbanistico Attuativo  
(ex L.r. 24/1987 e s.m.i.)

**Progetto Definitivo  
Marina Azzurra Yachting**



**Proponente**



**MARINA AZZURRA YACHTING S.R.L.**

Sede Legale: Via Litoranea, 14  
19031 Ameglia (SP)

Iscrizione Registro Imp. di La Spezia

Partita Iva: 01425770110

Rea: Sp - 128169

Tel +39.0187.64169 - Fax. +39 0187.64960

**Gruppo di lavoro**

**Progettista**

Ing. Andrea Benvenuti



HydroGeo  
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



Studio tecnico - Hydrogeo

Arch. Elisabetta Berti

**Aspetti idraulici**

Ing. Andrea Benvenuti

Studio tecnico - Hydrogeo

**Aspetti impiantistici**

Ing. Andrea Benvenuti

Studio tecnico - Hydrogeo

**Aspetti geologici**

Geol. Pietro Curcio



**Aspetti urbanistici e paesaggistici**

Arch. Elisabetta Berti

**Aspetti ambientali**

Valutazione Impatto Ambientale  
(VIA)

Ing. Carlo Grassi



10 febbraio 2017

**ST02 - Relazione Geotecnica**



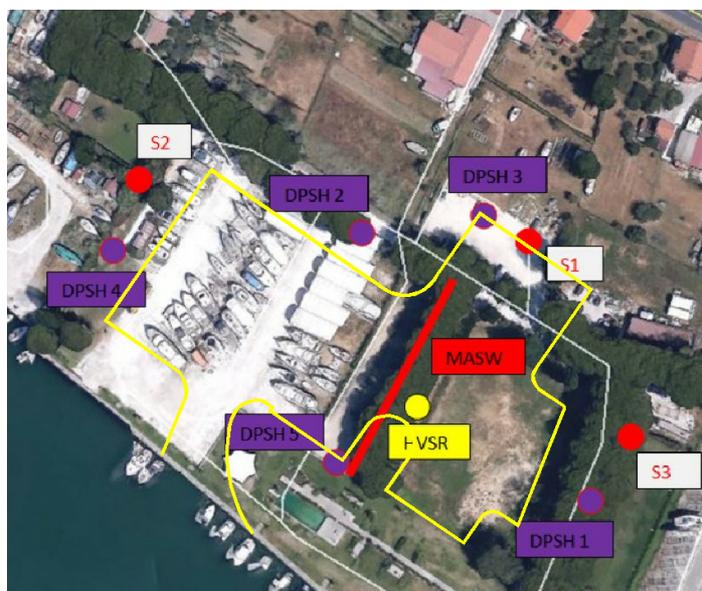
## **INDICE**

**A6 RELAZIONE GEOTECNICA**

**2**

## A6 RELAZIONE GEOTECNICA

Il calcolo strutturale delle opere di sostegno è basato su un modello geotecnico del terreno ricostruito a partire dalle risultanze della campagna di indagini condotta dallo Studio Geologico Gaia nell'anno 2016. La campagna di indagini è riassunta nella seguente illustrazione ove i sondaggi sono posizionati al di sopra di un estratto aerofotogrammetrico su cui è rappresentato il perimetro del bacino di progetto.



La campagna di indagini è consistita in:

- n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo attrezzati a piezometro (S1, S2, S3);
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH (DPSH1, DPSH2, DPSH3, DPSH4, DPSH5);
- n. 1 indagine sismica MASW
- n. 1 indagine sismica passiva HVSR

Le risultanze delle indagini sopra elencate hanno consentito di ricostruire il seguente modello stratigrafico (con  $M_k$  ed  $E_k$  modulo edometrico e modulo elastico):

strato	litologia	$\gamma_k$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (KN/m <sup>3</sup> )	$C_{uk}$ (Kg/cmq)	$c'_k$ (Kg/cmq)	$M_k$ (MPa)	$E_k$ (MPa)
1	Terreno rimaneggiato e/o di riporto costituito da sabbie sciolte con clasti	19.00	29.8	-	-	7.8	11.0
2	Sabbie fini limose molto sciolte con clasti	18.20	24.8	0.15	0.015	4.4	1.5
3	Ghiaie sabbiose e limose mediamente addensate con clasti	19.30	31.5	-	-	16.4	24.3
4	Sabbie medio-fini mediamente addensate con clasti	19.40	34.5	-	-	17.3	36.5
5	Sabbie medio-fini addensate con clasti	20.00	38.0	-	-	25.6	58.8

Per le caratteristiche geometriche dello scavo da sostenere si può ipotizzare che la palancola in progetto interessi i primi 10m circa di terreno, a partire dal piano di campagna. Ciò significa che ai fini del dimensionamento dell'opera di sostegno rivestono particolare interesse gli strati 2 e 3.

Gli strati 4 e 5 risultano infatti troppo profondi per essere interessati dall'opera, mentre lo strato 1 viene sostanzialmente asportato a seguito del primo scavo di sbancamento in assenza di palancole.

A conferma di quanto sopra detto si rileva come lo spessore medio dello strato 1 dedotto dall'interpretazione delle prove DPSH sia attorno al valore di 1.40m e come la profondità di passaggio dallo strato 3 allo strato 4, rispetto al piano campagna, si collochi attorno al valore medio di circa 10m, dedotto dall'interpretazione dei sondaggi a carotaggio continuo.

Particolare interesse, ai fini della modellazione strutturale, assume quindi la profondità della superficie di passaggio dallo strato 2 allo strato 3, partendo dal piano campagna. Tale profondità, ricostruita incrociando i dati delle varie prove condotte viene rappresentata nella seguente illustrazione:



In definitiva, il modello geotecnico per lo studio dell'opera in progetto può anche essere ridotto alla presenza dei soli due strati 2 e 3. Il fatto che localmente l'opera, all'estremità inferiore della palancola, o nel tratto terminale del bulbo di fondazione dei tiranti, possa interferire con lo strato 4 è di scarsa rilevanza e rappresenta una circostanza dal lato della sicurezza, essendo sia lo strato 3 che il 4 puramente incoerenti ed essendo le caratteristiche meccaniche dello strato 4 migliori dello strato 3.

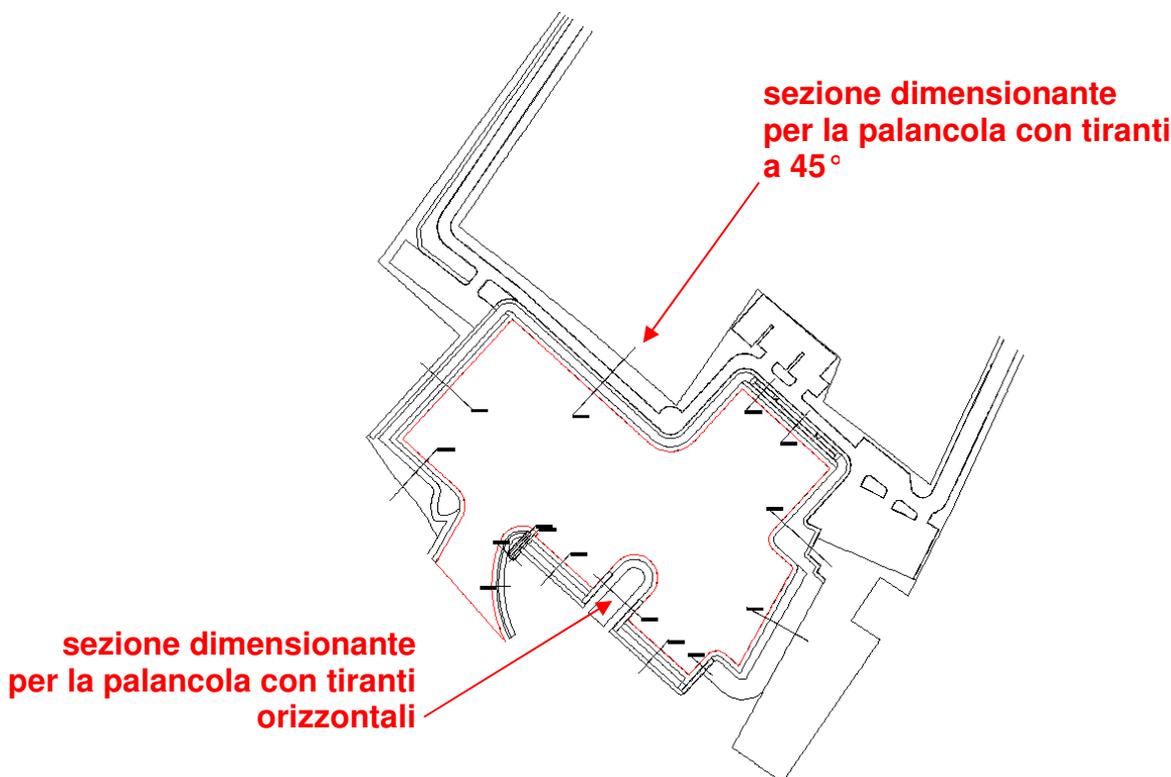
I depositi in oggetto sono sede di una falda freatica, il cui livello è stato rinvenuto ad una profondità media di 2 metri, a conferma di quanto riscontrato anche in rilevazioni precedenti, ovvero in corrispondenza dello 0 sul livello del mare. La falda è a pelo libero, direttamente connessa al sistema acquifero di subalveo del fiume Magra, con prevedibile oscillazione stagionale del livello in funzione del regime fluviale. Pertanto, in occasione di eventi di piena particolarmente intensi, non si può escludere che il livello della falda possa risalire fino a quote prossime al piano di campagna.

Per tale motivo, nelle verifiche in fase di esercizio della palancola, il livello della falda a tergo dell'opera è stato supposto coincidente con la quota delle banchine, ovvero 1.15m sopra il pelo libero del bacino.

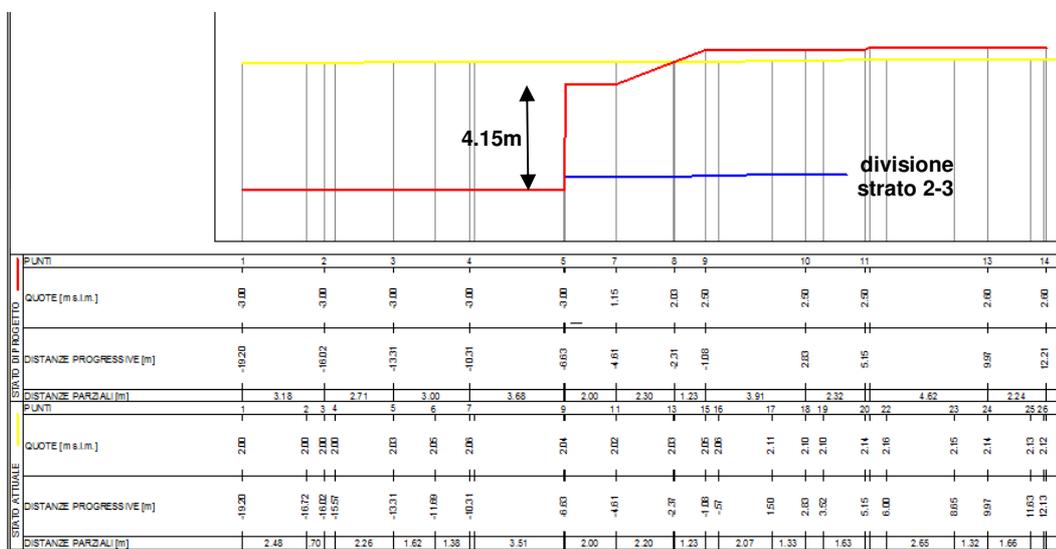
Per tutto quanto sopra detto si può concludere che le sezioni di calcolo più impegnative per i tratti caratterizzati dalla presenza di tiranti inclinati saranno quelle ove la superficie di separazione tra strato 2 (di caratteristiche meccaniche peggiori) e strato 3 (di caratteristiche meccaniche migliori) è più profonda, ovvero i lati Nord-Est (profondità 4.80m) e Sud-Est (profondità 4.50m).

Per la vicinanza della strada di accesso alla testa della palanca (circa 7m) e dei relativi sovraccarichi le sezioni di calcolo del tratto Nord-Est saranno le più impegnative ai fini del dimensionamento.

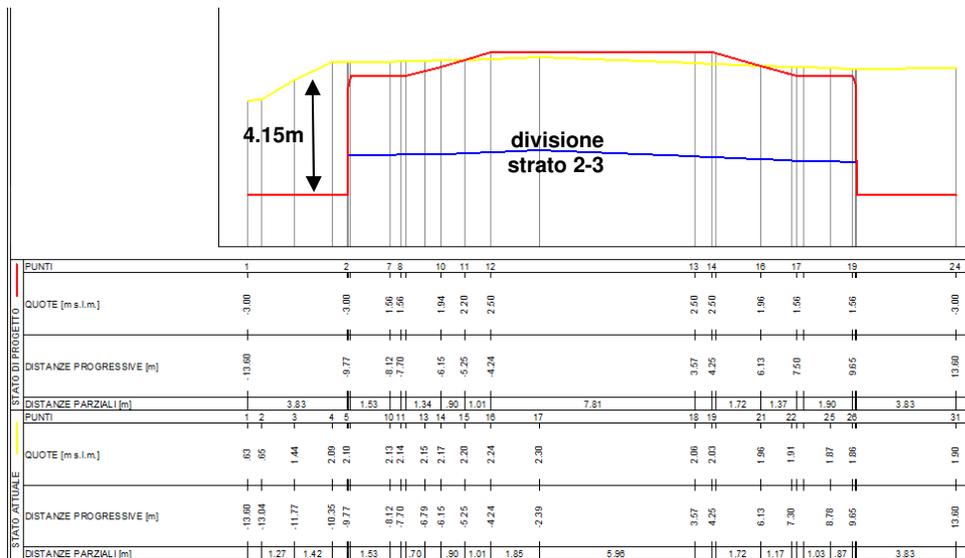
Viceversa il tratto caratterizzato dalla presenza dei tiranti orizzontali (in corrispondenza della "penisola") sul lato Sud-Ovest è talmente circoscritto che la sezione di calcolo è per esso già univocamente determinata, con la superficie di separazione tra strato 2 e 3 alla profondità di 3.60m dall'attuale piano campagna.



sezioni dimensionanti ai fini del calcolo della palanca



sezione dimensionante per la palanca con tiranti a 45°



sezione dimensionante per la palancola con tiranti orizzontali

Per quanto concerne il calcolo della palancolata questo è stato condotto secondo il metodo degli elementi finiti, supponendo questa stessa immersa in un letto di molle orizzontali tra loro indipendenti.

La scelta della costante di Winkler di tali molle riveste importanza fondamentale per tale metodo. Non disponendo di valutazioni dirette da prove geotecniche di tale parametro si è optato per una stima mediante metodi numerici convenzionali. Tali metodi fanno uso o della pressione passiva o del carico ultimo. Per definizione la costante di Winkler è il rapporto fra un carico ed un cedimento. Se come carico consideriamo il carico ultimo alla profondità desiderata e come spostamento consideriamo uno spostamento convenzionale di 2.54 cm (1 pollice) avremo una stima ragionevole della costante di Winkler. Alcuni autori suggeriscono, invece, di rapportare la pressione passiva alla profondità desiderata con lo spostamento convenzionale.

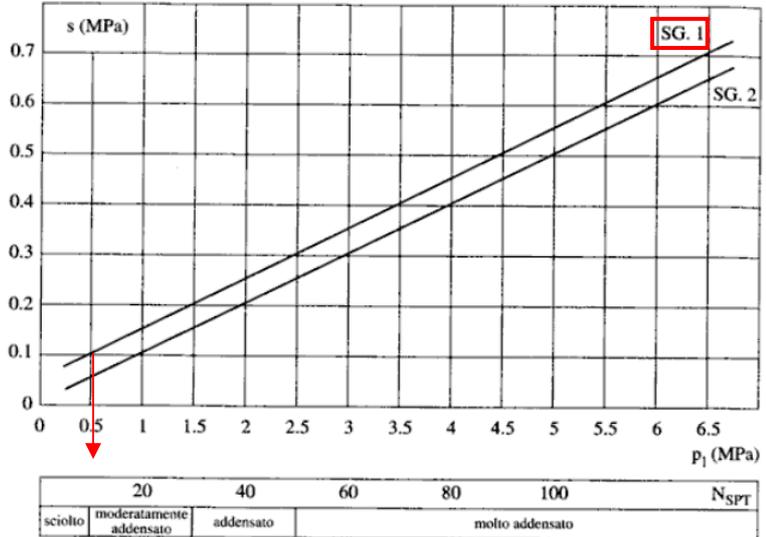
Entrambi i metodi, quindi, mettono in relazione il valore di k con le caratteristiche fisiche del terreno (angolo di attrito, coesione e peso specifico). Nel programma PAC utilizzato per il calcolo la stima della costante di Winkler viene fatta usando il secondo metodo (pressione passiva) opportunamente modificato.

Infatti al posto della pressione passiva si adotta la differenza fra pressione passiva di valle e pressione attiva di monte e come spostamento convenzionale si adotta il valore 1.5 cm.

Per quanto concerne la verifica dell'ancoraggio dei tiranti inclinati (nello strato 3) questa è condotta secondo il metodo di Bustamante e Doix. I parametri adottati, considerando che i tiranti saranno gettati con iniezioni selettive e ripetute (IRS) risultano in particolare:

Terreno	Valori di $\alpha$		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1.8	1.3 - 1.4	1,5 Vs
Ghiaia sabbiosa	1,6	1,2 - 1,4	1,5 Vs
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	1,5 Vs
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: (1,5 - 2)Vs; IGU: 1,5Vs
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: 2Vs; IGU: 1,5Vs
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: (2,5 - 3)Vs; IGU: (1,5 - 2)Vs
Marne	1,8	1,1 - 1,2	(1,5 - 2)Vs per strati compatti
Calcani marnosi	1,8	1,1 - 1,2	(2 - 6)Vs o più per strati fratturati
Calcani alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(1,1 - 1,5)Vs per strati poco fratturati 2Vs o più per strati fratturati

Terreno	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG 1	SG 2
Limo e argilla	AL 1	AL 2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC 1	MC 2
Roccia alterata e/o fratturata	≥ R 1	≥ R 2



Per il parametro  $\alpha$ , che tiene conto della maggiorazione del diametro della perforazione nella zona del bulbo, è stato adottato il valore minimo suggerito pari a 1.6. Per quanto concerne la resistenza tangenziale  $s$  da assumere all'interfaccia terreno-zona iniettata è stato assunto il valore di 0.1 MPa, ovvero 1 Kg/cmq. Tale valore spetta (vedi abaco) alla zona di confine tra terreni incoerenti sciolti e moderatamente addensati e corrisponde ad un valore  $N_{spt}$  attorno a 10, cautelativo se si considera che il valore medio  $N_{spt}$  associato allo strato 3 è mediamente pari a 18 sulla base delle prove in situ condotte.

Per quanto concerne la classificazione sismica del terreno in sito ai sensi del D.M. 14/01/08, in base alle risultanze delle prove MASW e HVSR, si ha:

categoria C

categoria topografica T1