



Studio di Geologia
Tecnica ed ambientale

Via Luigi Galvani n.19
63822 Porto S. Giorgio FM
Tel Fax 0734 679003
Tel 347 8679039
E-mail grazianociferri@alice.it
grazianociferri@epap.sicurezzapostale.it

PROGRAMMA OPERATIVO REGIONALE MARCHE FESR 2014/2020 ASSE 4 - AZIONE 14.3.1

INTERVENTI PER LO SVILUPPO DELLA MOBILITA' CICLOPEDONALE

COMPLETAMENTO DELLA CICLOVIA ADRIATICA NEI COMUNI DI ALTIDONA - CAMPOFILONE - PEDASO

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA modellazione geologica e geotecnica

COMUNE DI CAMPOFILONE

Tecnico incaricato:

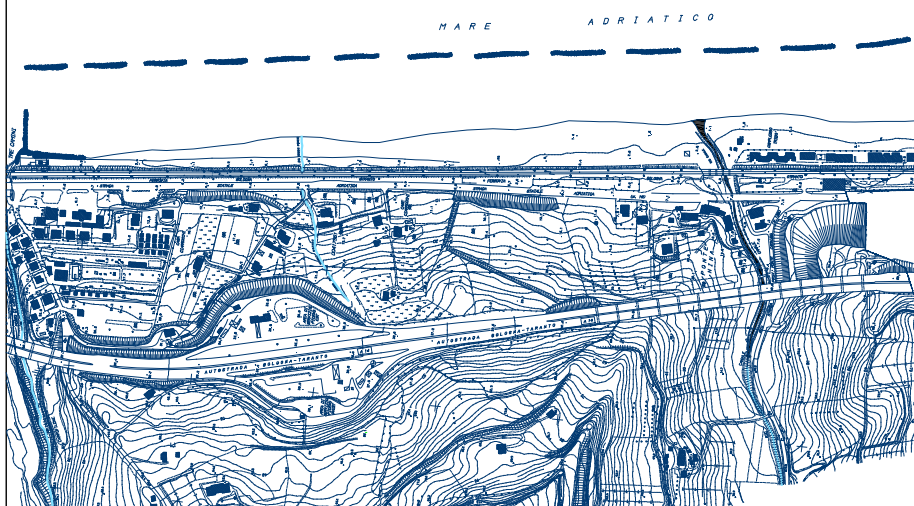
Dr Geol Graziano Ciferri

Codice Fiscale: CFR GZN 63P01 G920H

Partita IVA: 01372470441



Ottobre 2018



INDICE

1. PREMESSA E METODOLOGIA D'ANALISI	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE.....	3
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	4
3.1 Tettonica.....	6
4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	7
5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	8
6. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE	9
6.1 Valori caratteristici dei parametri geotecnici	10
6.2 Parametri geotecnici di progetto	10
7. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO.....	10
7.1 Carico limite di fondazione superficiale.....	11
7.2 Coefficiente di sottofondo statico.....	12
8. INVARIANZA IDRAULICA.....	12
9. CONCLUSIONI	12

ALLEGATI nel testo:

- | | |
|---|----------------|
| - COROGRAFIA | scala 1:10.000 |
| - CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO | scala 1:10.000 |
| - MAPPA DI PERICOLOSITA' E DI RISCHIO
DA ALLUVIONE MARINA | scala 1:10.000 |
| - CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA –
UBICAZIONE INDAGINI | scala 1:2.000 |
| - ELABORATI PROVE PENETROMETRICHE P_{DPSH1} , P_{DPSH2} e P_{DPSH3} | |
| - RELAZIONE DI CALCOLO – Fondazione superficiale | |

1. PREMESSA E METODOLOGIA D'ANALISI

Nella presente relazione sono illustrati i risultati dell'indagine geologica, geomorfologica e geotecnica eseguita nell'area ubicata nel comune di Campofilone in località Marina. Nell'area è in progetto la realizzazione dei tratti mancanti della ciclovia Adriatica, l'opera andrà a ricollegarsi con la pista ciclabile già esistente ubicata tra la linea ferroviaria e la linea di battigia.

(cfr.: *Corografia*, scala 1:10.000)

L'indagine è stata eseguita in conformità con la vigente normativa tecnica:

- per le edificazioni in zone sismiche ai sensi della L. n. 64 del 02/02/1974, decreto attuativo (D.M. 11/03/1988 e Circolare LL.PP. n. 30483 del 02/09/1988) e Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche, D.M. del 16/01/1996, D.M del 14/01/2008 e del D.M. 17/01/2018;
- per la Verifica di Compatibilità Idraulica ai sensi della L.R. 23 novembre 2011 n.22 art. 10, comma 4, *"Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico"* e D.G.R. n.53 del 27/01/2014 *"Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali"*

Tale indagine è stata diretta ad approfondire la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito e la definizione del modello geotecnico del sottosuolo, per consentire al progettista una corretta progettazione in rapporto alle caratteristiche del terreno.

Il rilievo ha avuto lo scopo di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo, la presenza della falda acquifera e la parametrizzazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni.

La metodologia adottata per lo svolgimento della presente indagine è stata così articolata:

- **Ricerca bibliografica**

Dalla ricerca bibliografica sono stati acquistati dati esistenti relativi ad indagini eseguite nell'area in oggetto; gli studi e le pubblicazioni consultate sono:

- *L'AMBIENTE FISICO DELLE MARCHE -autori vari-* Editore a cura dell'Assessorato Urbanistica-Ambiente della Regione Marche; 1991
- *LA GEOLOGIA DELLE MARCHE -Centamore E., Deiana G.-* Studi geologici camerti; numero speciale in occasione del 73° Congresso della Società Geologica Italiana; Roma, 1986.
- *CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO* scala 1:10.000 del *"Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI)* L. 183/89- L. 365/00 -L.R. 13/99 redatto dalla

regione Marche -Autorità di Bacino Regionale.

- *RACCOMANDAZIONI SULLA PROGRAMMAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE*, A.G.I. 1977.
- *RELAZIONE GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA* in allegato al Piano Particolareggiato della Spiaggia, del comune di Campofilone, Novembre 2007.
- *VERIFICA IDRAULICA* relativa a Opere di intubamento dei fossi coincidenti con i sottovia ferroviari, opere correlate al progetto di urbanizzazione spiaggia Ponte Nina, nel comune di Campofilone, Gennaio 2007.
- ***Rilievo di superficie***

Al fine della caratterizzazione e modellazione geologica del sito è stato eseguito un rilievo geologico. L'analisi geologica e geomorfologica di dettaglio, eseguita attraverso il rilievo delle forme e dei depositi ad esse connessi, ha permesso la ricostruzione del modello geologico e morfogenetico in cui ricade l'area in esame e formulare le tendenze evolutive future in relazione sia alle caratteristiche lito-stratigrafiche e sia alla dinamica geomorfologica.
- ***Ricostruzione litostratigrafica e caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni***

La ricostruzione litostratigrafica e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è avvenuta per mezzo dell'acquisizione di dati litostratigrafici relativi a tre prove penetrometriche dinamiche eseguite lungo il tracciato della pista ciclabile Tali dati hanno consentito la ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo con la caratterizzazione sedimentologica e stratigrafica dei terreni (*natura, colore, qualità, ecc.*) e la valutazione dello spessore e la geometria dei litotipi.
- ***Valutazione delle caratteristiche idrogeologiche***

Le caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche dell'area hanno consentito la caratterizzazione idrogeologica del sito in oggetto.
- ***Stesura della presente relazione esplicativa e relative carte tematiche.***

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE

L'area oggetto di studio ricade geograficamente nel foglio n. 315, Sezione n. 315110 della Carta Tematica della Regione Marche in scala 1:10.000, ed è ubicata ad Est del territorio comunale di Campofilone. L'ambiente è di pianura costiera ed è pianeggiante.

L'area si estende per una lunghezza di 1500 m e confina a Nord con il comune di Pedaso, a Sud con il comune di Massignano, ad Est con il mare Adriatico e ad Ovest con il rilevato ferroviario "Ferrovia Bologna-Otranto".



Fig. 1: Ubicazione su foto aerea

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Nella regione marchigiana è presente una successione sedimentaria pressoché continua dal Trias superiore al Neogene, che poggia su un basamento cristallino ercinico in evoluzione continua fino al Pleistocene.

Tale successione presenta variazioni di spessori e di facies che riflettono quelle spazio-temporali degli ambienti di sedimentazione (Centamore e Micarelli, 1991).

Nell'area oggetto di studio, ubicata nell'estremo settore sud-orientale del Bacino Marchigiano Esterno, affiorano la successione di sedimenti terrigeni del ciclo plio-pleistocenico.

Il susseguirsi nel corso del tempo di molteplici ambienti di sedimentazione, di concerto con l'evoluzione tettonica quaternaria e le azioni marine trasgressive e regressive combinate alle variazioni climatiche, portarono all'instaurarsi di processi erosivi lineari alternati a fasi di sedimentazione e/o a prevalente erosione laterale. La disposizione strutturale dei litotipi si inserisce dunque nell'ampia "Monoclinale" regionale nel dominio del Bacino Marchigiano Esterno, la quale consiste in una successione di strati debolmente inclinati (11°) ed immergenti verso E/N-E.

Il sottosuolo dell'area in oggetto è costituito da depositi di spiaggia (MUS_{g2a}), cronologicamente riconducibili all'Olocene, in profondità ed in discordanza angolare sono presenti i depositi di margine e di riempimento di paleocanali sottomarini che a loro volta mascherano i depositi da

neritici ad epibatiali di rilevante potenza, l'unità rilevata è costituita dalla formazione delle Argille Azzurre (FAA) di epoca Pliocenica.

Depositi di spiaggia (MUS_{g2a})

I depositi di spiaggia sono gli attuali depositi litorali che marciano la fascia di transizione tra il mare adriatico e la terraferma. Granulometricamente sono costituite essenzialmente da sabbie medio-fini a luoghi ghiaiose con prevalenza di ciottoli appiattiti. La loro estensione risente fortemente della variazione energetica del moto ondoso condizionato dalle variazioni meteoroclimatiche che avvengono sia stagionalmente che in tempi lunghi. Olocene-Attuale

Formazione delle Argille Azzurre (FAA)

La formazione è costituita da argille siltose bluastre e grigio-azzurre generalmente ben stratificate, a volte esse presentano intercalazioni millimetriche di sabbie fini grigiastre anche in forma lenticolare. Tali sedimenti sono riconducibili alle facies G, di Mutti & Ricci Lucchi (1972) e rappresentano tipici fanghi emipelagici. Tale litofacies è riferibile al Pliocene inferiore p.p.

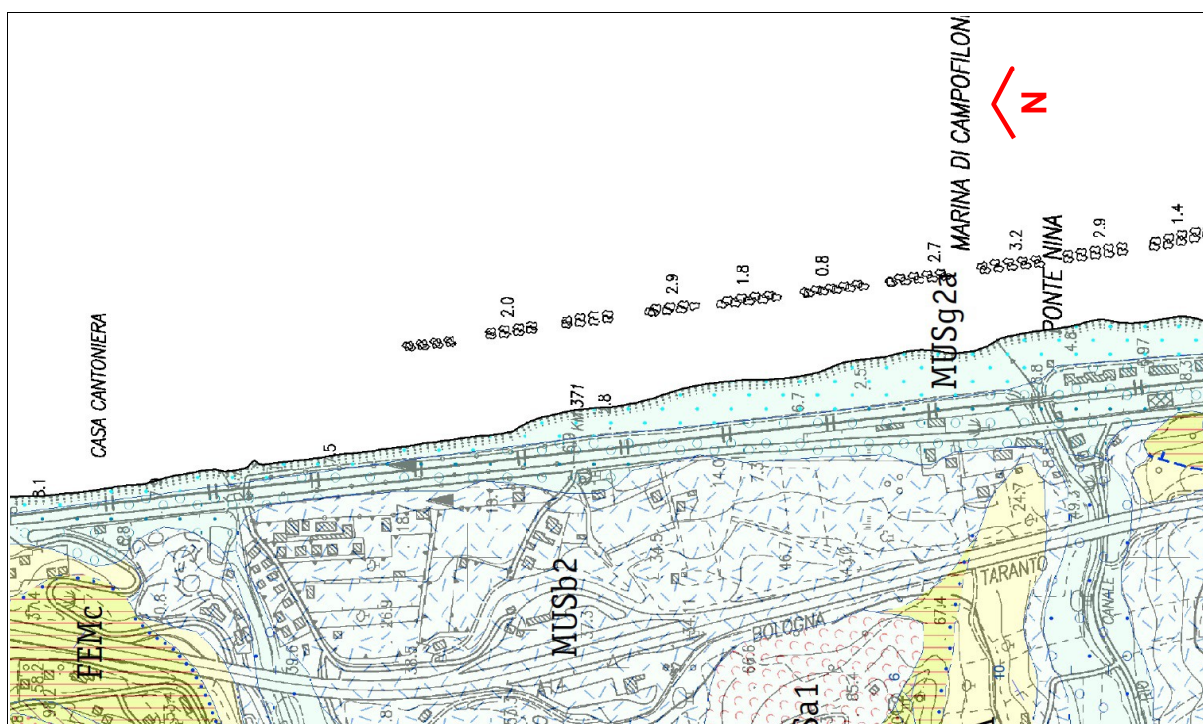





















Fig. 2: CARTA GEOLOGICA REGIONALE. Stralcio planimetrico tratto da sezione 315110

LEGENDA GEOLOGICA		SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA	
DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI			
SISTEMA DEL MUSONE (OLOCENE)			
	MUSa1 Frane in evoluzione		FORMAZIONE DI FERMO litofacies limoso-argillosa Siciliano
	MUSb2 Depositi eluvio-colluviali		FORMAZIONE DI FERMO litofacies arenacea Siciliano
	MUSb Depositi alluvionali attuali ghiaia, sabbia		FORMAZIONE DI FERMO litofacies conglomeratica Siciliano
	MUSbn Depositi alluvionali terrazzati ghiaie sabbiose, sabbie limose	SUCCESSIONE PLIOCENICA	
	MUSg2a Depositi di spiaggia attuali sabbie prevalenti		FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE (Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore)
	MUSg2b Depositi di spiaggia antica ghiaie e sabbie in proporzioni variabili		Contatto stratigrafico o litologico
SISTEMA DI MATELICA (PLEISTOCENE SUPERIORE)			Limite stratigrafico inconforme
	MTIbn Depositi alluvionali terrazzati ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie limi e argille		Contatto stratigrafico o litologico incerto
			Limite stratigrafico inconforme incerto
			Faglia diretta incerta o spolta
			Orlo di scarpata di frana
			Stratificazione diretta
			Cava inattiva

3.1 Tettonica

La formazione della costa di Campofilone che si estende per un tratto di 1,5 Km è geologicamente molto recente, infatti ancora durante la fase tettonica *Plio-Pleistocenica* si verificò, in un quadro generale di attività distensiva, il collassamento di gran parte dell'area con il ripristino di condizioni di sedimentazione marina.

Con il *Pleistocene inferiore*, associato a fenomeni di sollevamento tettonico regionale, inizia il sollevamento del bacino quaternario che in più fasi ha portato i sedimenti di chiusura della sequenza quaternaria a quote altimetriche variabili da 200 a 500 m s.l.m.

Nel quaternario, l'evoluzione morfologica è dovuta agli agenti meteorici, all'azione delle acque superficiali, agli agenti chimico-fisici e per azione della gravità, generando depositi alluvionali, depositi eluvio-colluviali e depositi di spiaggia.

Il fondale marino, che costituisce la piattaforma continentale adriatica, diventa più profondo da costa verso il largo con pendenza che raggiunge il valore massimo di 7 m/km. La direzione della costa è N155°E.

4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La porzione di territorio in oggetto si sviluppa lungo la pianura costiera per un tratto di 1,5 Km, ad una quota altimetrica variabile da 0 a 3,0 m sul livello medio del mare.

L'assetto geomorfologico generale della zona, deriva dall'azione della sedimentazione di genesi alluvionale e marina, si presenta pressoché pianeggiante con una lieve pendenza variabile dal 2% al 4 % digradante verso Est.

Dall'analisi delle caratteristiche meteo marine, si evidenziano mareggiate dominanti di levante (Est) e di scirocco (Sud-Est) essendo la zona riparata dalle mareggiate da Nord dalla presenza del promontorio del Monte Conero e localmente del promontorio di Pedaso.

In prossimità della foce del Rio Canale in località Ponte Nina è presente un'area soggetta a pericolosità ed a rischio idrogeologico per fenomeni di esondazione, E-26-001, area individuata negli strumenti urbanistici comunali e in altri studi specifici di settore (C.A.R.G., S.C.A.I., R.I.M., studi GNDCl) ed acquisite nel Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI), approvato con D.C.R. n.116 del 21.01.2004, aggiornato 2016.

(cfr.: *Carta del rischio idrogeologico, scala 1:10.000*).

L'area ricade, inoltre nella perimetrazione a pericolosità ed a rischio alluvione marina, nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), piano elaborato sulla base degli indirizzi operativi per l'attuazione della direttiva 2007/60/C del 23/10/2007 "*Valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni*". Gli scenari di inondazione dovuti all'innalzamento temporaneo o tendenziale del livello del mare considerano la concomitanza dei seguenti fenomeni: sollevamento determinato dalle variazioni meteorologiche, marea astronomica e set-up, valutazione speditiva del run-up (Stockdon, 2006) per le aree conosciute. Sono state individuate due aree di pericolosità di base a due altezze d'onda con tempo di ritorno pari a 10 e 100 anni, per Tempo di ritorno 10 anni altezza pari a 1,79 m, per Tempo di ritorno 100 anni altezza pari a 2,45 m.

Il tracciato della ciclovvia in oggetto ricade, nel tratto a Nord fuori dalla perimetrazione, il tratto centrale ricade in area con Tr10, mentre il tratto Sud ricade in area con Tr100.

(cfr.: *Mappa di pericolosità e di rischio da alluvione marina, scala 1:10.000*).

Da fonti storiche acquisite si evince che la linea di costa ha subito negli anni una notevole mobilità non uniforme, con tendenza all'arretramento della spiaggia accentuatasi dopo la costruzione della ferrovia nel 1862.

Negli anni successivi al 1950 iniziò, lungo la spiaggia di Campofilone, un arretramento consistente della linea di costa nella porzione a Nord della cuspide deltizia del Rio Canale.

Fra gli anni '50 ed '80 sono state posizionate scogliere radenti e semiradenti a difesa del rilevato

ferroviario. Successivamente, nel 1984 e nel 1991 – 1992 sono state posizionate n. 10 scogliere frangiflutti emerse in mare ad una distanza variabile da 100 m a 140 m dalla linea di costa attuale.

Infine nel 2005-2006 è stata completata la protezione su tutto il litorale con n. 3 scogliere frangiflutti in corrispondenza del tratto Nord, inoltre è stato realizzato un pennello in prossimità della foce del fosso di Campofilone, a protezione della spiaggia in erosione.

Attualmente il litorale di Campofilone risulta protetto per tutta la sua estensione dalle scogliere frangiflutti, atte a ridurre ed evitare i fenomeni di erosione marina.

5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

L'evoluzione del sistema idrografico superficiale risulta fortemente condizionato dai fenomeni neotettonici avvenuti a partire dal Pliocene inferiore-medio, che hanno favorito il rapido approfondimento dell'intero reticolo idrografico.

Il reticolo idrografico nell'area è rappresentato da piccoli fossi con portate molto variabili legate al regime di piovosità stagionale. Procedendo da Nord verso Sud abbiamo: fosso di Campofilone ubicato lungo il confine Nord con il comune di Pedaso, un canale di scolo delle acque superficiali provenienti dalla sede della S.S. n.16, il fosso Vecchi Poveri con un bacino idrografico di modesta estensione e con un regime idraulico non perenne, quattro canali di scolo delle acque superficiali che provengono prevalentemente dalla sede stradale S.S n.16 e A14 e dal drenaggio delle acque superficiali proveniente da una modesta porzione di versante ubicato ad Ovest, infine, a Sud è presente il fosso Rio Canale, con un regime idraulico non perenne.

Per quanto riguarda la circolazione idrica profonda, viste le caratteristiche litologiche e tessiturali dei terreni e la sovrapposizione stratigrafica di litotipi permeabili (ghiaie e sabbie) su litotipi impermeabili e/o scarsamente permeabili (argille), esistono condizioni favorevoli per instaurarsi di un acquifero costiero in comunicazione con il mare. L'acqua sotterranea, proveniente dai bacini idrografici dei singoli fossi, fluisce verso la riva. Il contatto tra acqua dolce della falda acquifera e acqua salata del mare è identificato da un'interfaccia acqua dolce/ acqua salata la cui posizione è impostata dalla differenza di altitudine (differenza di carico) tra il livello piezometrico ed il livello medio del mare. L'interfaccia è un equilibrio naturale che uno sfruttamento intensivo dell'acqua sotterranea, con portate superiori a quelle di alimentazione, deprime la superficie piezometrica, generando la diminuzione della differenza di carico e l'acqua salata penetra progressivamente all'interno dell'acquifero, generando forme d'inquinamento.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche è stato rilevato il livello piezometrico della falda freatica alla profondità di 2,0 m dal piano campagna, dai dati acquisiti la quota del livello piezometrico nell'acquifero della pianura costiera può variare di 0,50 m in un ciclo stagionale (periodo di morbida - periodo di magra).

6. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

Al fine di ricostruire la successione litologica e la parametrizzazione geotecnica dei terreni sono state acquisite tre prove penetrometriche dinamiche.

(cfr.: *Carta Geologica - ubicazione indagini, scala 1:2.000*)

I parametri geotecnici di seguito riportati sono stati ricavati dall'elaborazione e dalla correlazione dei dati sperimentali secondo l'interpretazione di Terzaghi, D'Appolonia, Sanglerat ed altri autori, che tengono conto della resistenza di rottura dinamica alla punta. Inoltre sono stati correlati ad analisi di laboratorio eseguite su terreni simili.

I litotipi rilevati in superficie sono:

a. Ghiaie a granulometria eterometrica di natura prevalentemente calcarea con spigoli arrotondati, in matrice sabbiosa. Terreno incoerente, non stratificato, molto addensato. Dal punto di vista geotecnico il terreno ha buone qualità geomeccaniche.

<i>Parametri geotecnici</i>	<i>min ÷ max</i>	<i>Medio</i>	<i>Parametri caratteristici (D.M.08)</i>	<i>U.M.</i>
Peso dell'unità di volume	$\gamma = 1,8 \div 1,85$		$\gamma_k = 1,8$	g/cmc
Angolo di attrito drenato	$\varphi' = 34^\circ \div 37^\circ$	$\varphi'_m = 35,5$	$\varphi'_k = 34^\circ$	Gradi
Modulo elastico	$E_s = 194 \div 244$	$E_{s_m} = 219$	$E_{s_k} = 175$	Kg/cm ²
Densità relativa	$D_r = 70 \div 85$			%

b. Sabbie di colore avana con inclusi elementi ghiaiosi eterometrici di natura prevalentemente calcarea con spigoli arrotondati. Terreno incoerente, non stratificato, molto addensato. Dal punto di vista geotecnico il terreno ha buone qualità geomeccaniche.

<i>Parametri geotecnici</i>	<i>min ÷ max</i>	<i>Medio</i>	<i>Parametri caratteristici (D.M.08)</i>	<i>U.M.</i>
Peso dell'unità di volume	$\gamma = 1,8 \div 1,85$		$\gamma_k = 1,8$	g/cmc
Angolo di attrito drenato	$\varphi' = 24^\circ \div 29^\circ$	$\varphi'_m = 26,5$	$\varphi'_k = 25^\circ$	Gradi
Modulo elastico	$E_s = 130 \div 140$	$E_{s_m} = 135$	$E_{s_k} = 108$	Kg/cm ²
Densità relativa	$D_r = 15 \div 30$			%

6.1 Valori caratteristici dei parametri geotecnici

Il valore caratteristico, in coerenza con gli Eurocodici, inteso come una stima cautelativa del parametro, effettuata dal progettista, del valore appropriato per lo stato limite considerato, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica.

Le opere dovranno essere verificate per gli stati limite ultimi che possono presentarsi in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni e per gli stati limite di esercizio, definiti in relazione alle prestazioni attese.

I parametri geotecnici caratteristici secondo quanto disposto dalle Norme tecniche sono stati calcolati adottando l'approccio Bayesiano secondo la metodologia proposta da Cherubini e Orr (1999), dove X_m (valore medio) e COV (coeff. di variazione)

$$X_k = X_m (1 - COV/2)$$

Adottando le raccomandazioni di Schneider sui valori del COV, Angolo di attrito 10 % - Coesione 40 % - Modulo di comprimibilità 40 %, si ottengono i valori geotecnici caratteristici riportati nel paragrafo precedente.

6.2 Parametri geotecnici di progetto

I parametri geotecnici di progetto da adottare nel calcolo si ottengono dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale in funzione allo stato limite considerato, D.M. del 17.01.2018, tab. 6.2.II.

7. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO

Il nuovo tracciato della ciclovia verrà realizzato su terreno caratterizzato da una litologia sabbioso ghiaiosa ed è costituito da una pavimentazione in calcestruzzo, previa preparazione del sottofondo con compattazione degli strati sottostanti.

La soletta in calcestruzzo armato che si andrà a realizzare avrà uno spessore di 15 cm, che rappresenterà una fondazione superficiale di tipo platea, la quale permetterà la trasmissione dei carichi derivanti dal peso proprio e dalle azioni su di essa sul terreno. Tale terreno dovrà essere adeguatamente compattato al fine di diminuire la compressibilità, di ridurre la permeabilità e la suscettibilità all'acqua, possono essere rullati fino ad ottenere densità altissima senza variazione volumetrica, usando carrelli gommati.

7.1 Carico limite di fondazione superficiale

Il carico limite di una fondazione superficiale è definito con riferimento al valore massimo di carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si può raggiungere la condizione di rottura.

Per il calcolo del carico limite di fondazione superficiale in condizione statica è stata adottata la soluzione di *Hansen* (1970). La soluzione proposta è di seguito esposta nella formula generale.

$$Q_{LIM} = 1 / 2 \gamma^2 B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} d_{\gamma} + c N_c s_c d_c i_c b_c g_c + \gamma^1 D N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

c = coesione del terreno

γ^1 = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa

γ^2 = peso di volume del terreno sotto il piano di posa

B = larghezza della fondazione

D = profondità di posa della fondazione

$N_{\gamma} N_c N_q$ = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio

$s_{\gamma} s_c s_q$ = fattori di forma della fondazione

$i_{\gamma} i_c i_q$ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico

$b_{\gamma} b_c b_q$ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione

$g_{\gamma} g_c g_q$ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna

$d_{\gamma} d_c d_q$ = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa

Q_{LIM} = carico limite

L'esempio di calcolo riportato nella relazione allegata è riferito ad una fondazione superficiale con una tipologia a platea di dimensioni 1,0 x 2,5 m, con un piano di posa a 0,15 m, nel litotipo "b" *sabbie* (condizione più cautelativa).

Sono stati assunti parametri geotecnici di progetto ottenuti dividendo i valori caratteristici per i coefficienti parziali riportati nel D.M. 17.01.2018 tab. 6.2.II, in relazione allo stato limite considerato, adottati coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazione superficiali, D.M. 17.01.2018 tab. 6.4.I

Condizioni statiche	Approccio 2 (A1+M1+R3)
Pressione limite [Q_{LIM}] kg/cmq	0,64
Resistenza di progetto [R_d] kg/cmq	0,28

7.2 Coefficiente di sottofondo statico

Il coefficiente di sottofondo statico del terreno "Kv", nell'ipotesi di comportamento alla "Winkler", è possibile determinarlo analiticamente solo a seguito dell'analisi delle azioni di progetto, e si ottiene dal rapporto tra la pressione agente sulla fondazione rigida ed il suo cedimento assoluto. Adottando il metodo proposto da Bowles dove:

$$K_v = Q_{\text{Lim}} / DH$$

DH = 2,5 cm spostamento ritenuto ammissibile.

$$K_v = 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

8. INVARIANZA IDRAULICA

In merito alle misure compensative volte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali (*in osservanza al titolo III della D.G.R. n.53 del 27/01/2014, richieste all'art. 10 comma 4 della L. R. n. 22 del 22/11/2011*), l'intervento per la realizzazione della ciclovia, ubicata tra la linea ferroviaria e la linea di battigia, non necessita di tale verifica, come riportato nelle linee guida "B", *sviluppo della verifica per l'invarianza idraulica*, al paragrafo B.4, *Indicazioni operative e misure per la permeabilità delle aree, lo scarico in acque costiere o comunque che non subiscono effetti idraulici dagli apporti meteorici* (punto h), rientra tra le soluzioni tecnicamente conformi.

Nell'area in oggetto sono già presenti condotte per la raccolta delle acque con scarico direttamente al mare.

9. CONCLUSIONI

Le osservazioni e le considerazioni fino a qui esposte, in relazione all'intervento per la realizzazione della ciclovia Adriatica nel comune di Campofilone, portano ad evincere le seguenti conclusioni:

1. la capacità portante ed i cedimenti del terreno di fondazione, risultano compatibili con le aspettative progettuali della costruzione;
2. l'area, in relazione alle favorevoli condizioni morfologiche si presenta stabile, non essendo interessata da fenomeni morfogenetici in atto;
3. l'intervento non andrà ad alterare l'attuale assetto idrogeologico e geomorfologico dell'area.

Porto San Giorgio, 6 Ottobre 2018


Dr. Geol. Graziano Ciferri




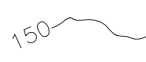
Dr. Geol. Graziano Ciferri

Studio di geologia tecnica ed ambientale - Via Luigi Galvani n. 19 - Porto San Giorgio - tel e fax 0734/679003

LEGENDA:

 Ciclovvia Adriatica
Comune di Campofilone

 Reticolo idrografico

 Curve di livello
quota altimetrica s.l.m.

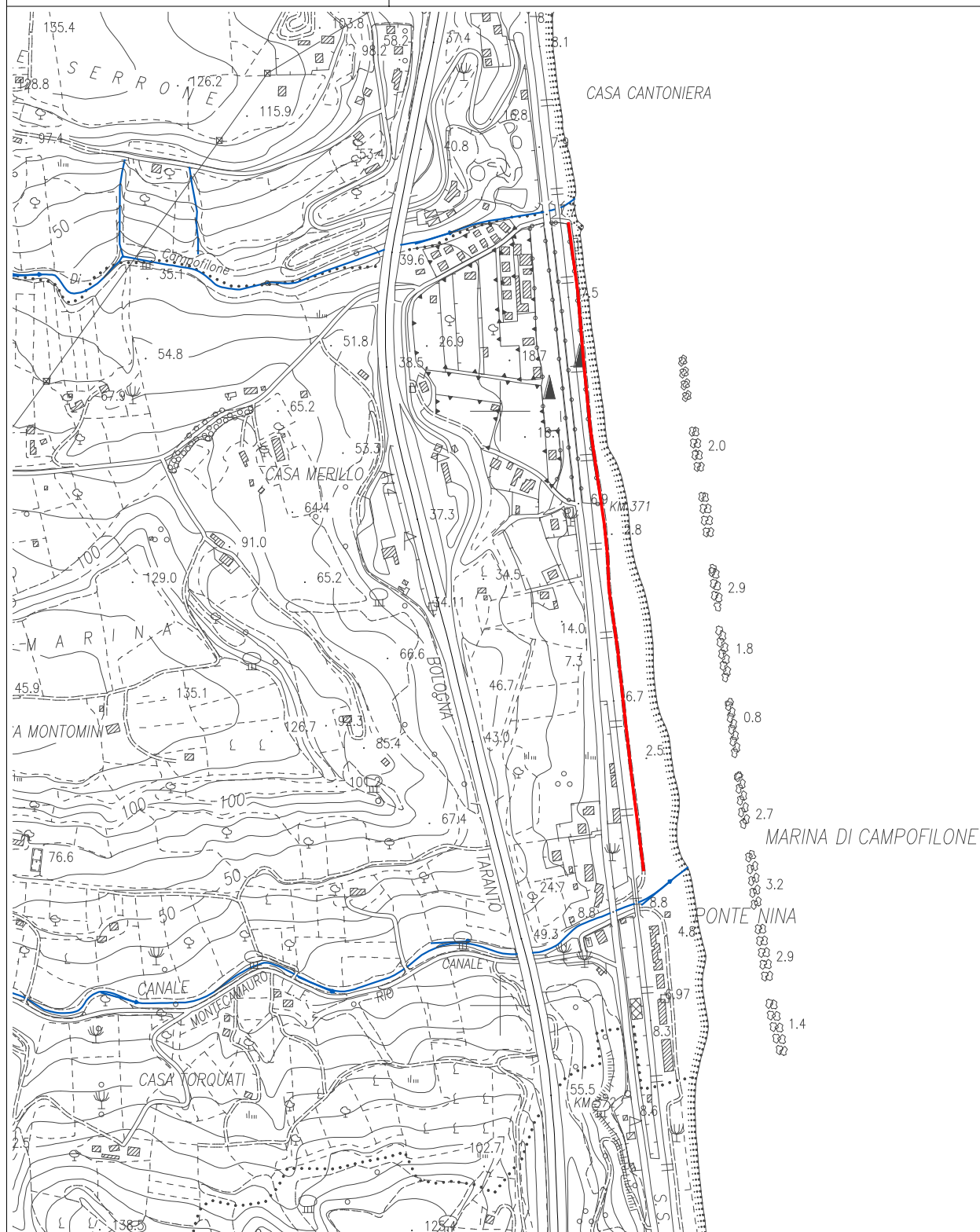
 Confine comunale

COROGRAFIA


scala 1:10.000







Base cartografica:
CARTA TECNICA REGIONALE scala 1:10.000 (agg. 2000)
Foglio n.315 ne n.315110
L'equidistanza fra le curve di livello è di 10,0 m,
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.







LEGENDA:

 Ciclovía Adriática
Comune di Campofilone

Aree a rischio frana (Codice F-xx-yyy)

-  Rischio moderato (R1)
-  Rischio medio (R2)
-  Rischio elevato (R3)
-  Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione (Codice E-xx-yyy)

-  Rischio moderato (R1)
-  Rischio medio (R2)
-  Rischio elevato (R3)
-  Rischio molto elevato (R4)

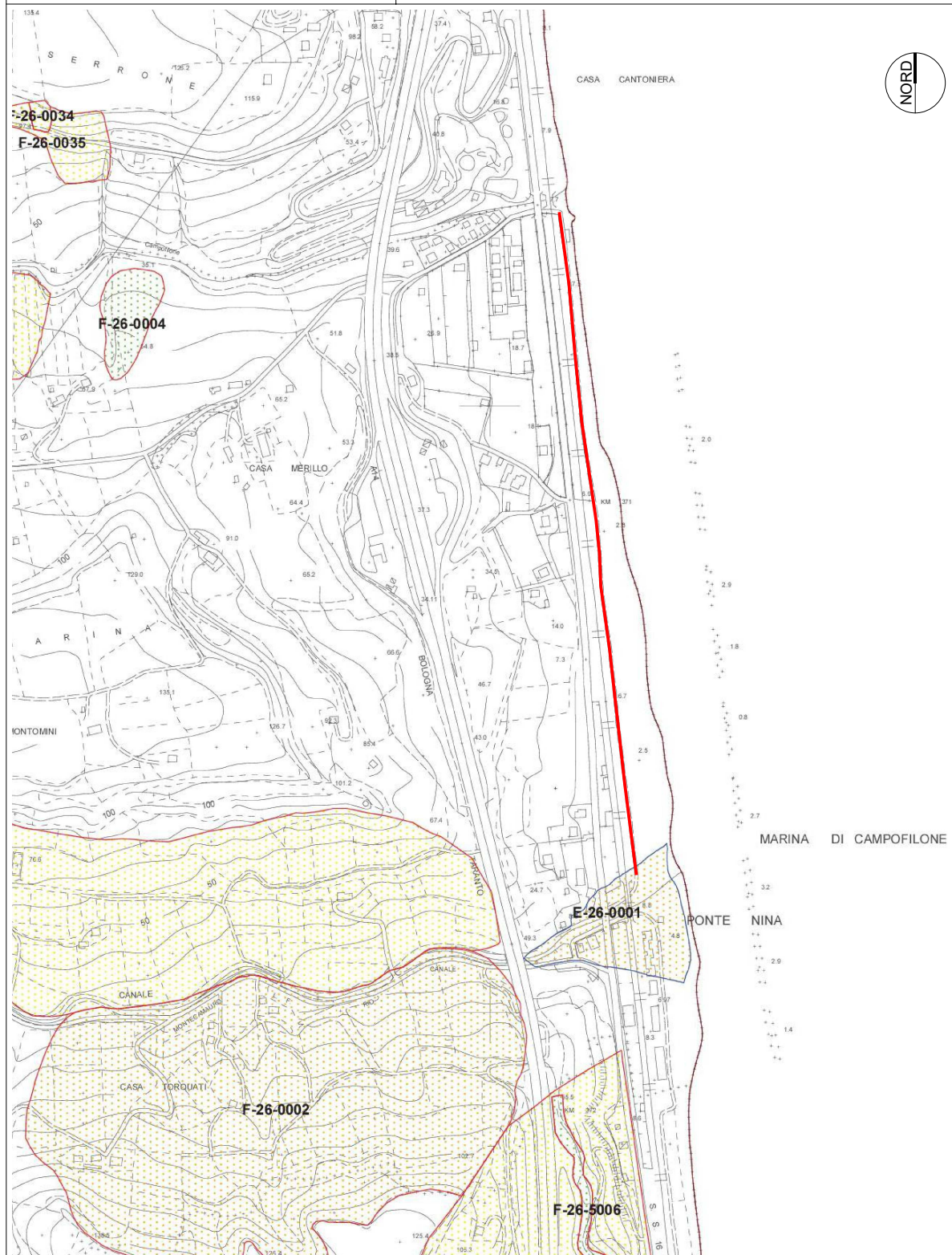
CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

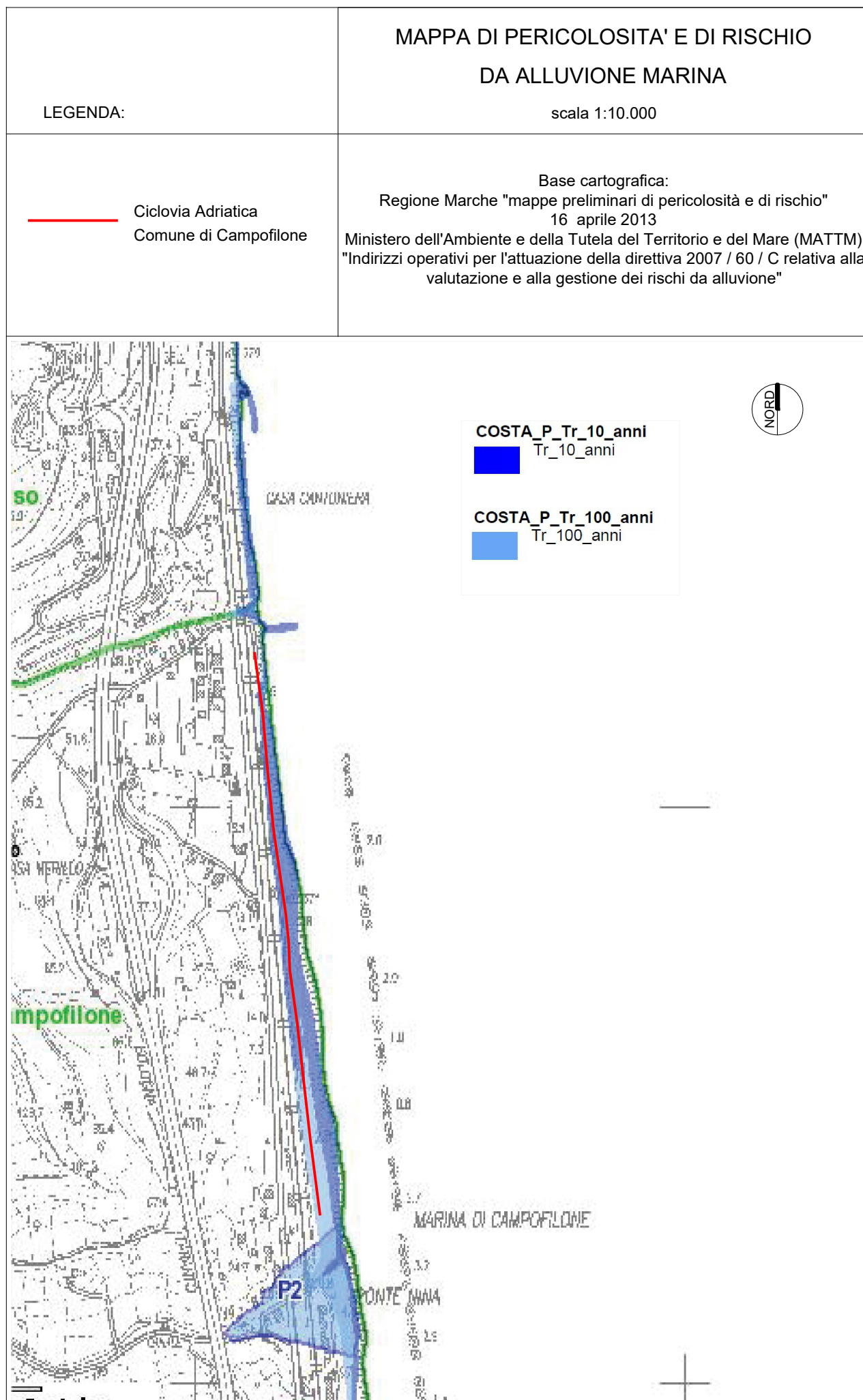
scala 1:10.000

PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
P.A.I.

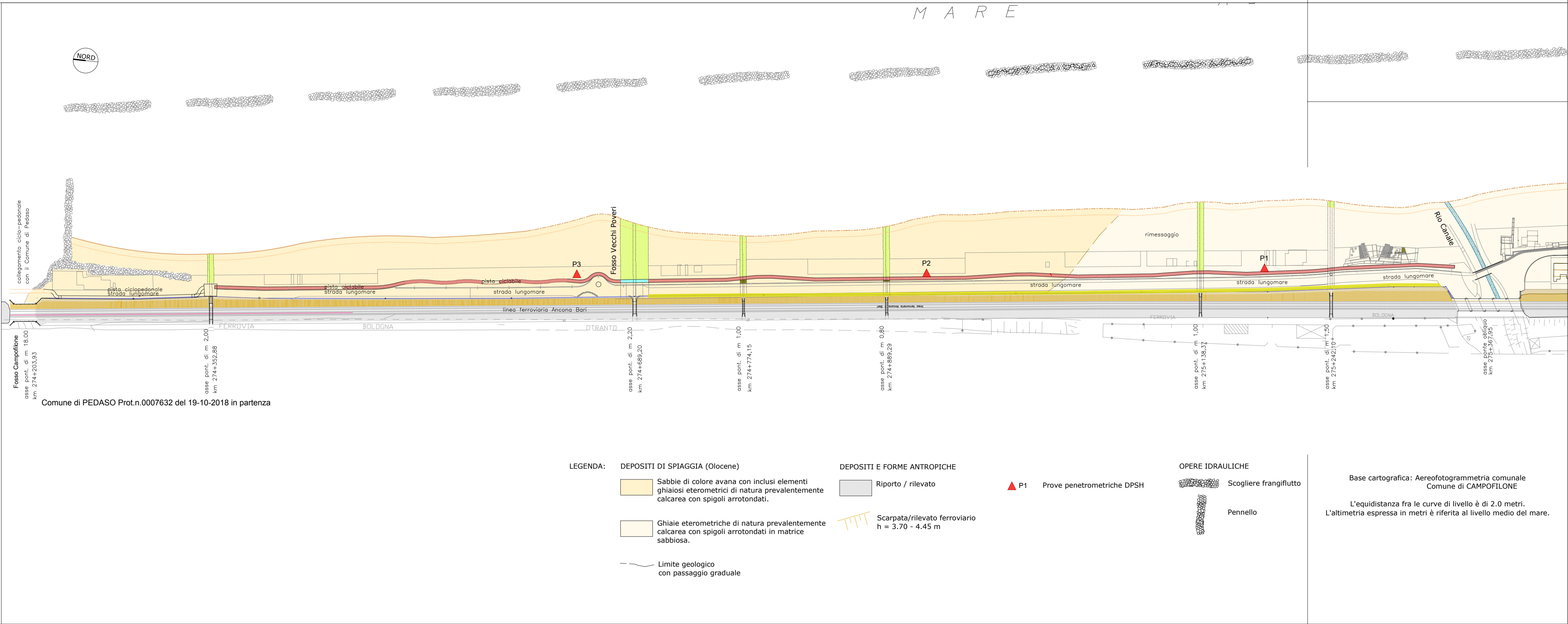
L.183/89-L.365/00-L.R.13/99 Regione Marche - Autorità di Bacino Regionale.
Approvato con deliberazione del Consiglio Regionale n. 116 del 21.01.2004
aggiornato 2016

TAVOLA RI 58 d





CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA
UBICAZIONE INDAGINI
scala 1:2.000



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Comune di Campofilone
Cantiere: Spiaggia
Località: Campofilone

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,489
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

OPERATORE
Raffaele Achilli

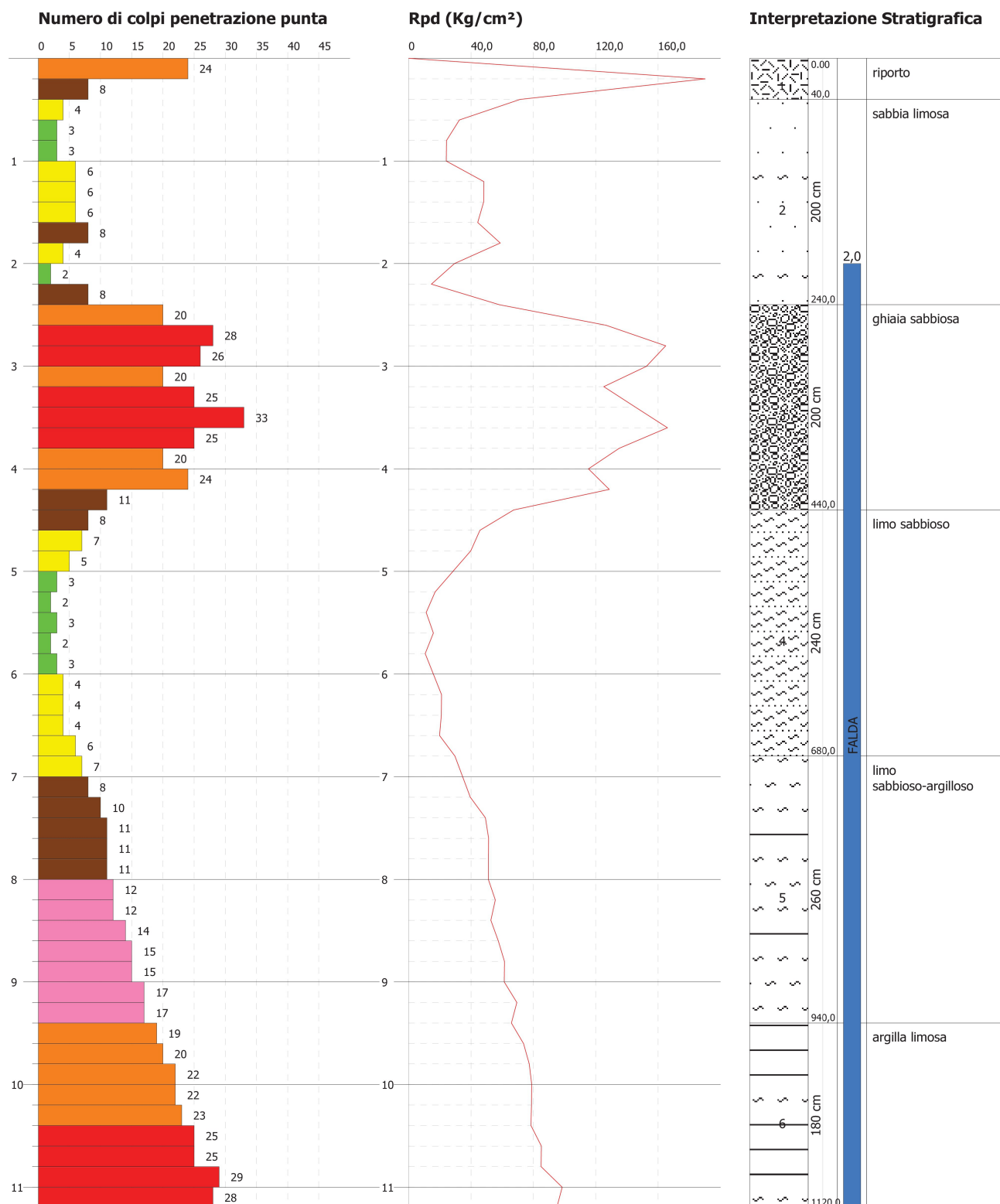
RESPONSABILE
Dott. Geol. Graziano Ciferri

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Prova Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Comune di Campofilone
Cantiere : Spiaggia
Località : Campofilone

Data :23/11/2007

Scala 1:57



PROVA ...Prova Nr.1

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

23/11/2007

Profondità prova

11,20 mt

Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	24	0,755	190,30	252,18	9,51	12,61
0,40	8	0,851	71,51	84,06	3,58	4,20
0,60	4	0,847	32,67	38,57	1,63	1,93
0,80	3	0,843	24,40	28,93	1,22	1,45
1,00	3	0,840	24,29	28,93	1,21	1,45
1,20	6	0,836	48,39	57,86	2,42	2,89
1,40	6	0,833	48,19	57,86	2,41	2,89
1,60	6	0,830	44,35	53,47	2,22	2,67
1,80	8	0,826	58,91	71,29	2,95	3,56
2,00	4	0,823	29,34	35,64	1,47	1,78
2,20	2	0,820	14,62	17,82	0,73	0,89
2,40	8	0,817	58,25	71,29	2,91	3,56
2,60	20	0,764	126,58	165,63	6,33	8,28
2,80	28	0,711	164,97	231,89	8,25	11,59
3,00	26	0,709	152,59	215,32	7,63	10,77
3,20	20	0,756	125,22	165,63	6,26	8,28
3,40	25	0,703	145,63	207,04	7,28	10,35
3,60	33	0,651	166,15	255,27	8,31	12,76
3,80	25	0,698	135,06	193,39	6,75	9,67
4,00	20	0,746	115,42	154,71	5,77	7,74
4,20	24	0,694	128,79	185,65	6,44	9,28
4,40	11	0,791	67,34	85,09	3,37	4,25
4,60	8	0,789	45,82	58,06	2,29	2,90
4,80	7	0,787	39,98	50,80	2,00	2,54
5,00	5	0,785	28,48	36,28	1,42	1,81
5,20	3	0,783	17,05	21,77	0,85	1,09
5,40	2	0,781	11,34	14,51	0,57	0,73
5,60	3	0,779	15,97	20,50	0,80	1,03
5,80	2	0,777	10,62	13,67	0,53	0,68
6,00	3	0,775	15,90	20,50	0,79	1,03
6,20	4	0,774	21,15	27,34	1,06	1,37
6,40	4	0,772	21,10	27,34	1,06	1,37
6,60	4	0,770	19,90	25,83	0,99	1,29
6,80	6	0,769	29,79	38,75	1,49	1,94
7,00	7	0,767	34,68	45,20	1,73	2,26
7,20	8	0,766	39,56	51,66	1,98	2,58
7,40	10	0,764	49,35	64,58	2,47	3,23
7,60	11	0,763	51,35	67,33	2,57	3,37
7,80	11	0,761	51,26	67,33	2,56	3,37
8,00	11	0,760	51,16	67,33	2,56	3,37
8,20	12	0,759	55,72	73,45	2,79	3,67
8,40	12	0,757	55,62	73,45	2,78	3,67
8,60	14	0,706	57,50	81,44	2,87	4,07
8,80	15	0,705	61,49	87,26	3,07	4,36
9,00	15	0,703	61,39	87,26	3,07	4,36
9,20	17	0,702	69,45	98,89	3,47	4,94
9,40	17	0,701	69,34	98,89	3,47	4,94
9,60	19	0,700	73,71	105,31	3,69	5,27
9,80	20	0,699	77,46	110,85	3,87	5,54
10,00	22	0,648	78,98	121,93	3,95	6,10
10,20	22	0,647	78,84	121,93	3,94	6,10
10,40	23	0,646	82,29	127,48	4,11	6,37
10,60	25	0,644	85,27	132,31	4,26	6,62

10,80	25	0,643	85,13	132,31	4,26	6,62
11,00	29	0,642	98,59	153,48	4,93	7,67
11,20	28	0,641	95,03	148,19	4,75	7,41

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	6,03	10,05	16,08	24,12	Liquefazione possibile al VIII° Mercalli
Strato 3	6,93	11,55	18,48	27,72	
Strato 4	8,01	13,35	21,36	32,04	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Prova Nr.1

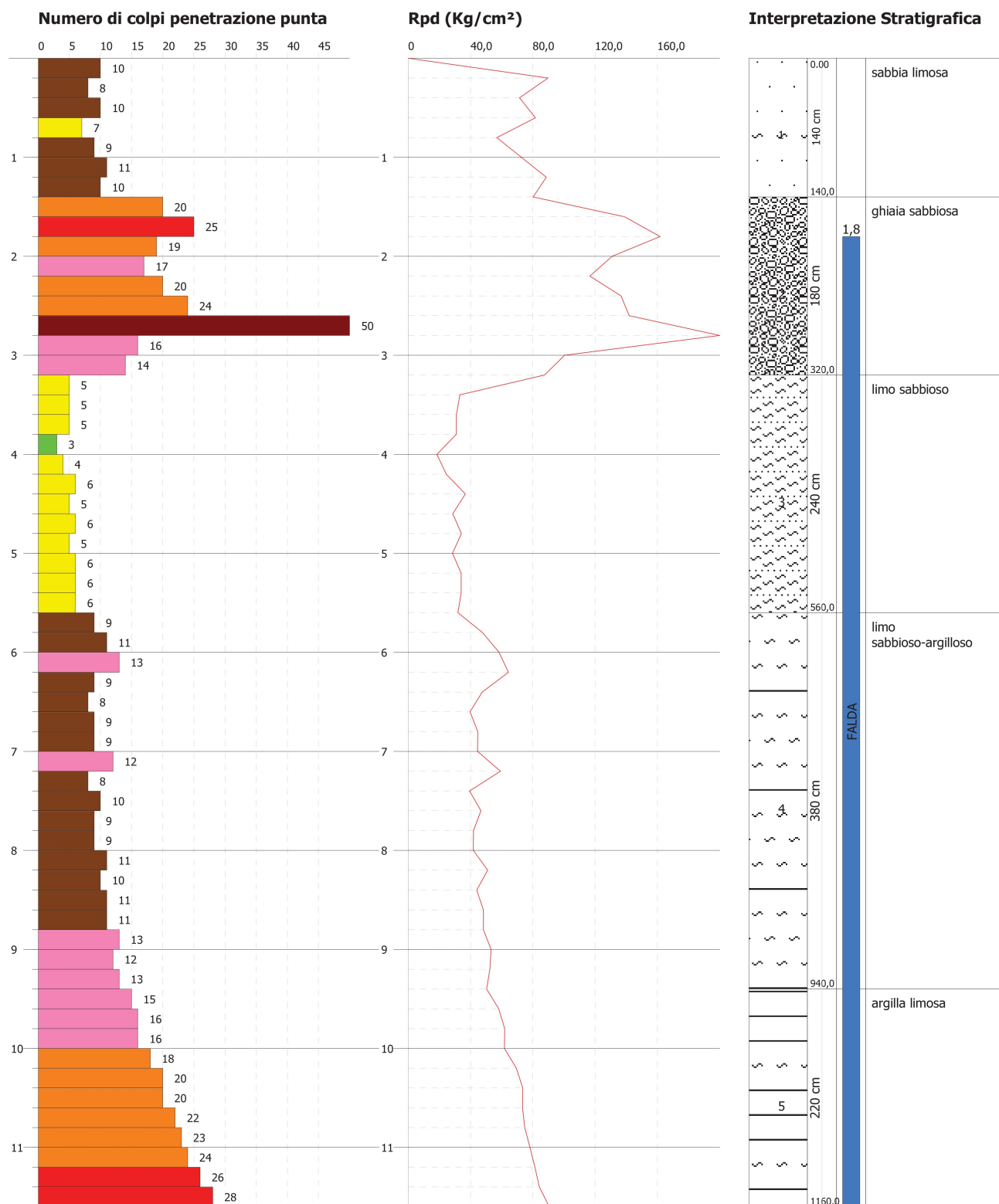
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm²)
1	0,4	23,82	Incoerente	2,06	---	33,9	--	169,12	194,10	0,31	1280,08
2	2,4	7,44	Incoerente	1,64	1,90	25,56	--	52,82	---	0,34	428,74
3	4,4	34,54	Incoerente	2,07	---	34,28	--	175,87	198,85	0,31	1328,02
4	6,8	6,33	Incoerente	1,59	1,90	24,74	--	44,94	---	0,34	368,33
5	9,4	18,33	Coesivo Incoerente	2,09	---	30,81	2,23	84,10	183,30	0,32	914,98
6	11,2	35,24	Coesivo Incoerente	2,29	2,50	34,41	3,85	161,68	352,40	0,3	1345,65

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Comune di Campofilone
Cantiere : Spiaggia
Località : Campofilone

Data :23/11/2007

Scala 1:59



PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 23/11/2007
 Profondità prova 11,60 mt
 Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	10	0,855	89,80	105,07	4,49	5,25
0,40	8	0,851	71,51	84,06	3,58	4,20
0,60	10	0,847	81,68	96,43	4,08	4,82
0,80	7	0,843	56,93	67,50	2,85	3,38
1,00	9	0,840	72,88	86,79	3,64	4,34
1,20	11	0,836	88,71	106,08	4,44	5,30
1,40	10	0,833	80,32	96,43	4,02	4,82
1,60	20	0,780	138,93	178,22	6,95	8,91
1,80	25	0,726	161,80	222,77	8,09	11,14
2,00	19	0,773	130,90	169,31	6,55	8,47
2,20	17	0,770	116,66	151,48	5,83	7,57
2,40	20	0,767	136,72	178,22	6,84	8,91
2,60	24	0,714	141,96	198,76	7,10	9,94
2,80	53	0,611	268,37	438,93	13,42	21,95
3,00	16	0,759	100,53	132,51	5,03	6,63
3,20	14	0,756	87,65	115,94	4,38	5,80
3,40	5	0,803	33,27	41,41	1,66	2,07
3,60	5	0,801	30,98	38,68	1,55	1,93
3,80	5	0,798	30,88	38,68	1,54	1,93
4,00	3	0,796	18,47	23,21	0,92	1,16
4,20	4	0,794	24,56	30,94	1,23	1,55
4,40	6	0,791	36,73	46,41	1,84	2,32
4,60	5	0,789	28,64	36,28	1,43	1,81
4,80	6	0,787	34,27	43,54	1,71	2,18
5,00	5	0,785	28,48	36,28	1,42	1,81
5,20	6	0,783	34,09	43,54	1,70	2,18
5,40	6	0,781	34,01	43,54	1,70	2,18
5,60	6	0,779	31,95	41,00	1,60	2,05
5,80	9	0,777	47,81	61,51	2,39	3,08
6,00	11	0,775	58,30	75,18	2,91	3,76
6,20	13	0,724	64,30	88,84	3,21	4,44
6,40	9	0,772	47,48	61,51	2,37	3,08
6,60	8	0,770	39,80	51,66	1,99	2,58
6,80	9	0,769	44,68	58,12	2,23	2,91
7,00	9	0,767	44,59	58,12	2,23	2,91
7,20	12	0,766	59,33	77,49	2,97	3,87
7,40	8	0,764	39,48	51,66	1,97	2,58
7,60	10	0,763	46,68	61,21	2,33	3,06
7,80	9	0,761	41,94	55,09	2,10	2,75
8,00	9	0,760	41,86	55,09	2,09	2,75
8,20	11	0,759	51,07	67,33	2,55	3,37
8,40	10	0,757	46,35	61,21	2,32	3,06
8,60	11	0,756	48,37	63,99	2,42	3,20
8,80	11	0,755	48,29	63,99	2,41	3,20

9,00	13	0,703	53,20	75,62	2,66	3,78
9,20	12	0,752	52,52	69,81	2,63	3,49
9,40	13	0,701	53,02	75,62	2,65	3,78
9,60	15	0,700	58,19	83,14	2,91	4,16
9,80	16	0,699	61,97	88,68	3,10	4,43
10,00	16	0,698	61,87	88,68	3,09	4,43
10,20	18	0,697	69,50	99,76	3,47	4,99
10,40	20	0,696	77,10	110,85	3,85	5,54
10,60	20	0,694	73,50	105,85	3,68	5,29
10,80	22	0,643	74,91	116,43	3,75	5,82
11,00	23	0,642	78,19	121,72	3,91	6,09
11,20	24	0,641	81,46	127,02	4,07	6,35
11,40	26	0,640	88,10	137,60	4,41	6,88
11,60	28	0,639	90,64	141,79	4,53	7,09

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	6,33	10,55	16,88	25,32	
Strato 3	7,41	12,35	19,76	29,64	Liquefazione possibile al VIII° Mercalli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

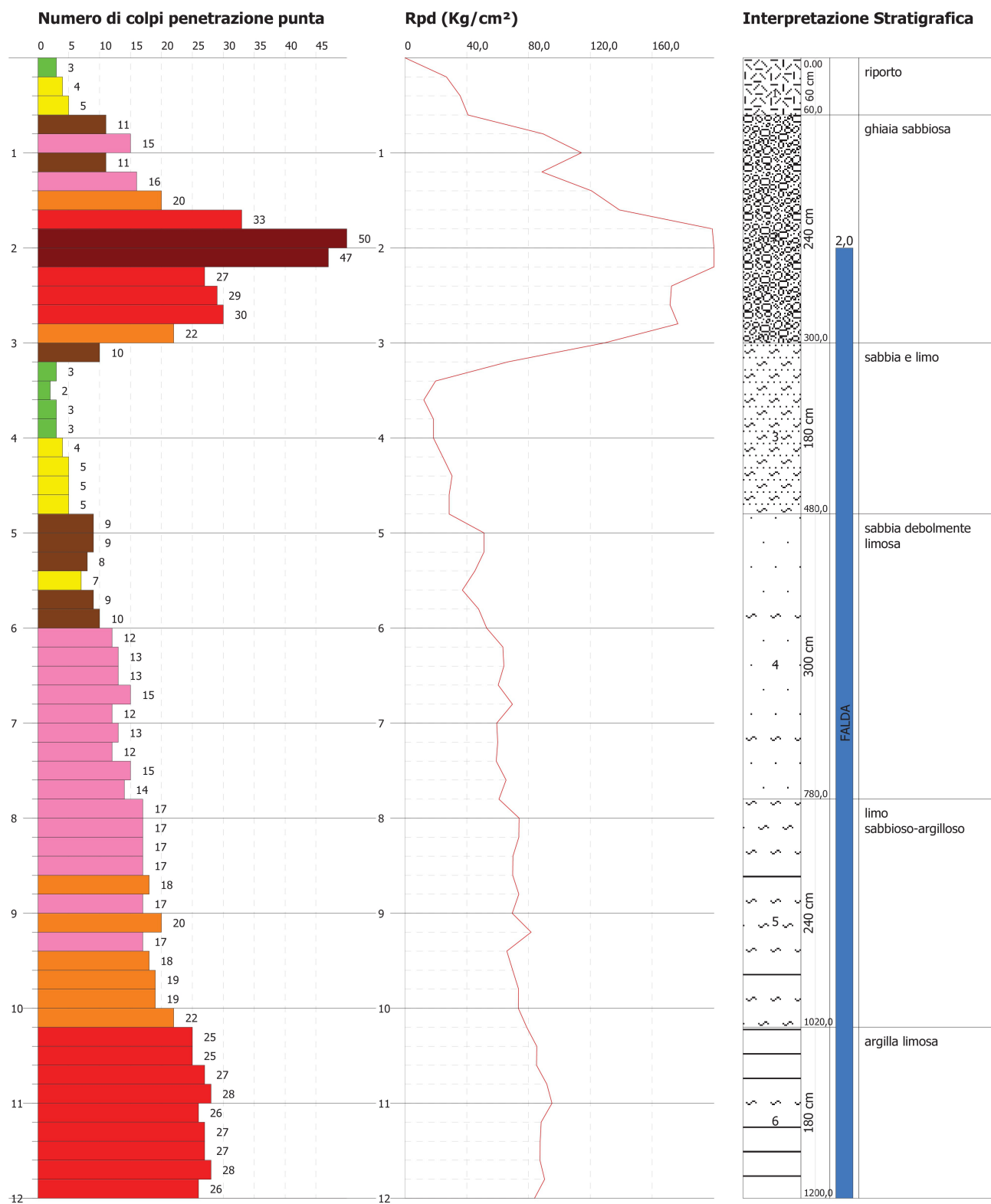
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm²)
1	1,4	13,83	Incoerente	1,85	1,94	29,4	--	98,19	144,15	0,33	767,87
2	3,2	34,41	Incoerente	2,17	---	37,72	--	244,31	247,05	0,29	1808,83
3	5,6	7,70	Incoerente	1,65	1,90	25,75	--	54,67	---	0,34	442,81
4	9,4	15,44	Coesivo Incoerente	2,07	---	30,11	1,95	70,84	154,40	0,32	840,20
5	11,6	30,87	Coesivo Incoerente	2,18	2,40	33,55	3,33	141,63	308,70	0,31	1235,33

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Comune di Campofilone
Cantiere : Spiaggia
Località : Campofilone

Data :23/11/2007

Scala 1:61



PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 23/11/2007
 Profondità prova 12,00 mt
 Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	26,94	31,52	1,35	1,58
0,40	4	0,851	35,76	42,03	1,79	2,10
0,60	5	0,847	40,84	48,22	2,04	2,41
0,80	11	0,843	89,46	106,08	4,47	5,30
1,00	15	0,790	114,24	144,65	5,71	7,23
1,20	11	0,836	88,71	106,08	4,44	5,30
1,40	16	0,783	120,79	154,30	6,04	7,71
1,60	20	0,780	138,93	178,22	6,95	8,91
1,80	33	0,676	198,88	294,06	9,94	14,70
2,00	52	0,623	288,76	463,36	14,44	23,17
2,20	47	0,620	259,71	418,81	12,99	20,94
2,40	27	0,717	172,54	240,59	8,63	12,03
2,60	29	0,714	171,54	240,17	8,58	12,01
2,80	30	0,711	176,75	248,45	8,84	12,42
3,00	22	0,709	129,12	182,20	6,46	9,11
3,20	10	0,806	66,75	82,82	3,34	4,14
3,40	3	0,803	19,96	24,85	1,00	1,24
3,60	2	0,801	12,39	15,47	0,62	0,77
3,80	3	0,798	18,53	23,21	0,93	1,16
4,00	3	0,796	18,47	23,21	0,92	1,16
4,20	4	0,794	24,56	30,94	1,23	1,55
4,40	5	0,791	30,61	38,68	1,53	1,93
4,60	5	0,789	28,64	36,28	1,43	1,81
4,80	5	0,787	28,56	36,28	1,43	1,81
5,00	9	0,785	51,27	65,31	2,56	3,27
5,20	9	0,783	51,14	65,31	2,56	3,27
5,40	8	0,781	45,34	58,06	2,27	2,90
5,60	7	0,779	37,27	47,84	1,86	2,39
5,80	9	0,777	47,81	61,51	2,39	3,08
6,00	10	0,775	53,00	68,34	2,65	3,42
6,20	12	0,774	63,45	82,01	3,17	4,10
6,40	13	0,722	64,15	88,84	3,21	4,44
6,60	13	0,720	60,48	83,95	3,02	4,20
6,80	15	0,719	69,62	96,87	3,48	4,84
7,00	12	0,767	59,45	77,49	2,97	3,87
7,20	13	0,716	60,08	83,95	3,00	4,20
7,40	12	0,764	59,22	77,49	2,96	3,87
7,60	15	0,713	65,44	91,81	3,27	4,59
7,80	14	0,711	60,95	85,69	3,05	4,28
8,00	17	0,710	73,87	104,05	3,69	5,20
8,20	17	0,709	73,73	104,05	3,69	5,20
8,40	17	0,707	73,59	104,05	3,68	5,20
8,60	17	0,706	69,82	98,89	3,49	4,94
8,80	18	0,705	73,79	104,71	3,69	5,24

9,00	17	0,703	69,57	98,89	3,48	4,94
9,20	20	0,702	81,71	116,35	4,09	5,82
9,40	17	0,701	69,34	98,89	3,47	4,94
9,60	18	0,700	69,83	99,76	3,49	4,99
9,80	19	0,699	73,59	105,31	3,68	5,27
10,00	19	0,698	73,47	105,31	3,67	5,27
10,20	22	0,647	78,84	121,93	3,94	6,10
10,40	25	0,646	89,44	138,56	4,47	6,93
10,60	25	0,644	85,27	132,31	4,26	6,62
10,80	27	0,643	91,94	142,89	4,60	7,14
11,00	28	0,642	95,19	148,19	4,76	7,41
11,20	26	0,641	88,24	137,60	4,41	6,88
11,40	27	0,640	91,49	142,89	4,57	7,14
11,60	27	0,639	87,40	136,72	4,37	6,84
11,80	28	0,638	90,49	141,79	4,52	7,09
12,00	26	0,637	83,90	131,66	4,19	6,58

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	6,3	10,5	16,8	25,2	
Strato 3	7,11	11,85	18,96	28,44	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm²)
1	0,6	5,96	Incoerente	1,58	1,89	24,46	--	42,32	---	0,34	348,05
2	3,0	38,83	Incoerente	2,20	---	39,13	--	275,69	269,15	0,28	2026,43
3	4,8	6,61	Incoerente	1,61	1,90	24,96	--	46,93	---	0,34	383,62
4	7,8	16,97	Coesivo Incoerente	2,08	---	30,48	2,27	77,86	169,70	0,32	879,84
5	10,2	27,06	Coesivo Incoerente	2,13	2,28	32,76	3,16	124,15	270,60	0,31	1138,63
6	12,0	39,55	Coesivo Incoerente	2,50	2,50	35,23	4,18	181,46	395,50	0,3	1453,89

CALCOLO PORTANZA DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU TERRENI

Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di Frolich), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di Prandtl e successivi).

Formula di Hansen (1970)

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto D/B , quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

$$\text{Carico verticale} \quad q_{ult} = c \times N_c \times s_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times s_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma$$

$$\text{Carico inclinato} \quad q_{ult} = c \times N_c \times i_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times i_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times i_\gamma \times d_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2(45 + \varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$$

Per valori di $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Per valori $D/B > 1$:

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

Nel caso $\varphi = 0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d'_c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando $\varphi=0$.

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \quad \text{per fondazioni nastriformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattore di profondità:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{per qualsiasi } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

Fattori di inclinazione del carico

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta / 450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \varphi)$$

$$b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \varphi)$$

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018
Larghezza fondazione	2,5 m
Lunghezza fondazione	1,0 m
Profondità piano di posa	0,15 m
Altezza di incastro	0,15 m

STRATIGRAFIA TERRENO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [Kg/m ³]	Gams [Kg/m ³]	Fi [°]	c [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]
4,0	1800,0	1900,0	25,0	0,0	0,0	108,0	0,0

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Approccio n.2	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Ca pacità portante orizzontale
A1+M1+R3	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 0,64 Kg/cm²

Resistenza di progetto [Rd] 0,28 Kg/cm²

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 0,25 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10,66
Fattore [Nc]	20,72
Fattore [Ng]	6,76
Fattore forma [Sc]	2,29
Fattore profondità [Dc]	1,02
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	2,17
Fattore profondità [Dq]	1,02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,0
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	0,64 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	0,28 Kg/cm ²