

**DODS2023LI0049\_ INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA  
AD UN TRATTO DEL CORSO D'ACQUA DENOMINATO FOSSO DELLA  
CARESTIA NEL COMUNE DI CASTAGNETO CARDUCCI IN LOCALITA'  
PIANETTI " - CUP G17H17001500002**

DGRT N.600 DEL 29/05/2023



## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

### *Relazione Geologica*

Gruppo di progettazione:

Ing. Elisa Totti  
Ing. Riccardo Benifei  
Geom. Angela Nencioni  
Geol. Marco Casini

R.U.P.

Ing. Giorgio Vannucci

DATA  
Maggio2024

ELABORATO  
**A7**

Consorzio Associato



## CONSORZIO 5 TOSCANA COSTA

Via degli Speciali 17 loc.: Venturina Terme 57021 Campiglia m.ma (LI)

***Interventi di manutenzione straordinaria con tecniche d'ingegneria naturalistica ad un tratto del corso d'acqua denominato Fosso Carestia nel Comune di Castagneto Carducci (LI)***

**CIG Z881FFC689**

Progettisti:

Ing. Giorgio Vannucci

Ing. Elisa Totti

Dott. Lorenzo Rotelli

Geom. Angela Nencioni

RUP:

**Dott. Ing. Roberto Benvenuto**



### **Relazione Geologica**

*Dott. Geol. Andrea Bizzarri  
Iscr. Albo Geologi Toscana n°644*

**ELABORATO N.**

**A7**

Gruppo di lavoro:

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

Ing. Linda Maniezzi

<b>Codice</b> 8547	<b>Emesso</b> Bizzarri	<b>D.R.E.AM. Italia Soc. Coop. Agr. For.</b>	 AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV = <b>UNI EN ISO 9001:2008</b> =
<b>Rev.</b> 1	<b>Controllato</b> Maniezzi	Via Garibaldi n. 3, Pratovecchio (Ar) Tel. 0575 52.95.14 Via Enrico Bindi n. 14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67	
<b>Data</b> ottobre 2017	<b>Approvato Dir. Tec.</b> Miozzo	<a href="http://www.dream-italia.it">http://www.dream-italia.it</a>	

## Sommario

Normativa di riferimento .....	3
Premessa .....	4
Inquadramento geologico d'area vasta .....	4
Ubicazione, morfologia, geologia ed idrogeologia dell'area di studio .....	6
Analisi granulometriche .....	8
Considerazioni sul progetto .....	13
Parametrizzazione geotecnica .....	14
Resistenza ultima del terreno e valore di progetto .....	16
Rischio Sismico .....	18
Stabilità nei confronti della liquefazione - NTC08 .....	21
Pericolosità e fattibilità delle opere in progetto .....	22
Vincolo idrogeologico .....	24
Terre e rocce di scavo .....	24
Conclusioni .....	25
Allegati .....	26
1.Relazione di calcolo (back analisys) .....	26
2.Analisi laboratorio terre .....	33

## 1. Normativa di riferimento

Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

Regolamento Forestale della Toscana D.P.G.R. 02/11/2011 N53/r

PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento provinciale

Regolamento urbanistico e Piano Strutturale Comune di Castagneto Carducci (LI)

## 2. Premessa

Su incarico affidatoci dal Consorzio di Bonifica 5 Toscana Costa la presente relazione geologica e geotecnica ha per oggetto l'esame dei terreni a supporto al progetto per l'esecuzione di interventi di manutenzione straordinaria mediante la realizzazione di una serie di interventi di ripristino e di difesa spondale eseguiti con tecniche di ingegneria naturalistica sul corso d'acqua denominato Fosso Carestia - Comune di Castagneto Carducci. (la foto aerea, estratta da Google Earth™, ritrae l'area d'intervento).



**Ubicazione intervento su foto aerea**

Il DPGR del 9 luglio 2009, n. 36/R<sup>1</sup> individua, in funzione delle tipologie edilizie, delle classi d'indagine geognostica minime. Le opere in progetto **non** ricadono tra le opere normate all'interno della citata normativa

Caratteristiche relative all'inquadramento geologico sono state acquisite mediante la consultazione della cartografia tematica allegata agli SU Comunali

Considerazioni di carattere geologico tecnico sono state definite sia a seguito di specifici rilievi geologici sia da analisi di laboratorio terre tese, soprattutto, alla definizione delle caratteristiche granulometriche del materiale fluitato.

Scopo del lavoro è la formulazione di un giudizio di fattibilità geologica e geotecnica del progetto, in accordo con le disposizioni di legge vigenti.

## 3. Inquadramento geologico d'area vasta

L'Appennino Settentrionale è costituito, come le altre catene del sistema alpino-himalaiano, da falde tettoniche di notevole spessore ed estensione orizzontale, che durante l'orogenesi alpina si sono spostate di centinaia di chilometri accavallandosi le une sulle altre.

L'Appennino tosco-emiliano può essere diviso in vari domini: dominio delle *Liguridi interne ed esterne*, *Dominio Toscano*, *Umbro-Romagnolo e Marchigiano* e *Dominio Sub-Ligure*, che si formavano in vari bacini posti da ovest

---

<sup>1</sup> Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.

---



verso est e che hanno portato alla sedimentazione prima ed alla trasposizione poi, delle formazioni che si ritrovano attualmente nell'area in studio. Il territorio toscano è compreso all'interno del Dominio Toscano.

### **Dominio Toscano**

Le unità torbiditiche del Dominio Toscano si sono depositate circa dieci milioni di anni fa (tra l'Oligocene ed il Miocene) e rappresentano le rocce più diffuse del Dominio costituendo l'ossatura della catena montuosa e molti dei suoi rilievi più alti (M.te Cimone). Si estendono dall'Appennino parmense fino al lago Trasimeno con spessori che raggiungono i 3000 m.

Le torbiditi presentano caratteristiche litologiche, sedimentologiche e petrografiche poco variabili: sono infatti costituite da banchi che vanno da pochi centimetri a qualche metro di arenarie grossolane che sfumano verso l'alto ad arenaria fine, silt, argilliti e marne. Gli strati arenacei mostrano diverse forme dovute a controimpronte scavate dalle correnti altre dovute ad organismi marini. E' inoltre possibile notare in ogni spessore fino a cinque intervalli caratterizzati ognuno da proprie strutture. Questa sequenza (sequenza di Bouma) inizia dal basso con arenaria per passare ad arenaria e silt fino a pelite.

Per quanto riguarda i rapporti stratigrafici tra le varie formazioni, si deve considerare per prima cosa due grandi allineamenti strutturali che si estendono, parallelamente alla catena appenninica, in corrispondenza dei quali le formazioni torbiditiche sono coinvolte in sovrascorrimenti e parti rovesciate.

La parte torbiditica della Falda Toscana ha spessori variabili dai 1500 ai 3000 m e poggia sugli Scisti Policromi o Scaglia Toscana con la formazione arenacea del Macigno e termina con la formazione arenaceo-marnosa delle Arenarie di M.te Modino e con le Marne di Pievepelago. All'interno si ritrovano lembi di terreni del Dominio Ligure, costituiti da olistostromi all'interno del macigno e delle arenarie di M.te Modino e M.te Cervarola.

### **Tettonica**

L'Appennino Settentrionale è una catena orogenica strutturalmente complessa, formatasi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla chiusura dell'oceano Ligure Piemontese e alla successiva collisione della placca europea con quella adriatica. Durante ciò si possono distinguere una fase oceanica ed una fase intracontinentale:

La fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inf. e il Cretaceo sup., e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure Piemontese. Durante questa fase si forma un prisma di accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso Ovest delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento (Unità Liguri).

Segue, nell'Eocene medio-sup. la collisione tra il margine continentale europeo e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale. In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso ovest delle Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro Marchigiane, poi, sotto le unità precedentemente impilate.

L'Appennino Toscano è caratterizzato dall'accavallamento della Falda Toscana (Successione Toscana non metamorfica) sull'Unità Cervarola Falterona. In alcuni casi il sovrascorrimento non si realizza direttamente ma con l'interposizione dell'Unità di Canetolo.

Dopo le ultime fasi compressive responsabili degli impilamenti delle principali unità tettoniche (dall'Oligocene superiore al Pliocene superiore) inizia nel Quaternario un regime distensivo che porta al parziale smembramento dell'edificio strutturale precedentemente costituito con l'origine di una serie di depressioni tettoniche.

Nelle parti più depresse si impiantano dei bacini chiusi che diventano in seguito sede di deposizione lacustre, come ad esempio il bacino di Firenze – Prato – Pistoia che inizia ad essere attivo dal Pleistocene inferiore.

### **Assetto Tettonico attuale**

L'assetto strutturale attuale dell'Appennino settentrionale è inserito all'interno di un dominio geodinamico distensivo responsabile dei rilievi morfostrutturali e delle pronunciate depressioni tettoniche (graben) della Toscana. Il sistema

di bacini distensivi si propaga dalla fascia tirrenica verso la catena appenninica, essenzialmente durante il Messiniano-Pliocene Inferiore, durante il Pliocene e il Pleistocene (es. bacino di Firenze-Pistoia).

Per quanto riguarda la fase compressiva dell'Appennino settentrionale, avvenuta con il sovrascorrimento delle formazioni liguri verso est, una riattivazione di tale fase si è avuta con la duplicazione delle successioni sinorogeniche (Macigno e Arenarie di M.te Cervarola) sulle Unità Liguri delle zone degli alti rilievi del crinale tosco emiliano (fronte della Falda Toscana) e sulla successione Umbra (Marnoso-Arenacea) del settore Tosco-Emiliano.

#### 4. Ubicazione, morfologia, geologia ed idrogeologia dell'area di studio

L'area oggetto d'intervento, coincide con la porzione terminale del Fosso di Carestia tra la SS 1 "Aurelia" e la linea di costa. La morfologia dei luoghi è pianeggiante ad eccezione della fascia dunale che presenta, seppur blanda, una certa energia del rilievo. La presenza del complesso dunale ha indotto le acque incanalate all'interno di fossi e torrenti ad incidere il complesso dunale per trovare sbocco a mare.



La cartografia geologica, estratta dal PS Comunale, bene illustra questa condizione geologico morfologica. Si ha, infatti, la fascia dunale incisa dai Fossi ed una fascia di terreni a granulometria fine (prevalentemente argillosa e limo argillosa), parallela al complesso dunale, dove si sono depositi in ambiente sedimentario lacustre o quantomeno di bassa energia gli apporti continentali trasportati dai deflussi meteorologici nel senso più generale del termine.

La descritta situazione è bene riprodotta, nell'area d'intervento, dove non si può non annotare lo sforzo con cui Fosso di Carestia ha trovato sbocco a mare. Il complesso dunale è stato, infatti, "tagliato" dalle acque incanalate formando sponde assai acclivi, talvolta, sub-verticali. Tale condizione, riguardante la morfologia delle sponde, è maturata, principalmente dal fatto che i terreni sabbiosi, costituenti il corpo dunale, sono facilmente erodibili e, di conseguenza, il Fosso ha potuto erodere in terreni con estrema velocità (ovviamente in ottica geologica) lasciando le superfici di "taglio" tanto acclivi da essere in condizioni di marcata instabilità. L'unico contrasto all'innesco di fenomeni franoso erosivi è dovuto ad una blanda cementazione dei terreni sabbiosi che, localmente, permettono la stabilità di sponde ad elevata pendenza.



La foto illustra, un esempio, di come la seppur blanda cementazione dei depositi sabbiosi permetta la stabilità di sponde sub-verticali. La foto mostra, inoltre come il Fosso abbia potuto realizzare, in questo tratto, un alveo pianeggiante e ben delineato a testimoniare che il profilo del Fosso non è lontano dall'equilibrio limitando, di molto, fenomeni erosivi in alveo.



La seconda foto mostra, invece, fenomeni erosivo-franosi a carico della sponda destra dove è l'energia delle acque la principale causa del il dissesto. In questa zona il Fosso non ha esaurito la sua capacità erosiva, anche nell'area d'alveo, come è testimoniato principalmente dalla pezzatura del sedimento, che ricordiamo essere direttamente



proporzionale all'energia e quindi alla velocità delle acque fluitanti. Naturalmente il fenomeno è più complesso ed anche fattori, locali, di carattere più strettamente geologico tecnico possono dare ragione dello stato dei luoghi. Nel caso specifico, illustrato in foto, concorrono all'instabilità della sponda; la scarsa cementazione del deposito sabbioso; l'elevata acclività della sponda; la presenza di sviluppati apparati radicali. L'area, ripresa nel fotogramma, sarà oggetto d'intervento (intervento 9).

L'idrografia superficiale è costituita dalla rete scolante associata all'insediamento urbano, alle pratiche agricole e, soprattutto dal Fosso della Carestia che scorre immediatamente a nord dell'area d'intervento in direzione Est-Ovest.

Dal punto di vista geologico i terreni rinvenuti all'interno del lotto in esame appartengono al ciclo sedimentario continentale del Pleistocene e sono rappresentati dalla Formazione geologica descritta in letteratura come: q9: Sabbie rosso arancio di Donoratico:

**Sabbie rosso arancio di Donoratico (q9)**

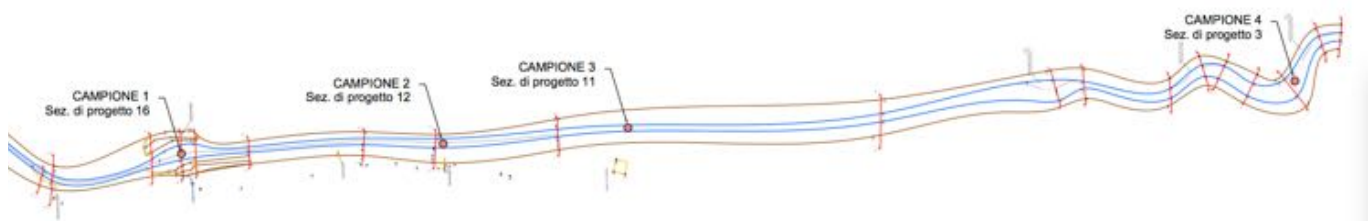
*Costituisce il litotipo percentualmente più rappresentato nel territorio comunale, costituente di fatto il substrato di tutta la pianura costiera a Sud della Fosso della Carestia Vecchia (Viale di Bolgheri). La formazione si presenta costituita da sabbie massive, di colore rosso-arancio, a granulometria fine e/o molto fine, prive di strutture interne e di resti fossili. Si tratta di un deposito d'ambiente di sedimentazione continentale, non omogeneo, in cui si possono riconoscere varie facies, fra cui quella eolica, quella di spiaggia, quella colluviale e quella di piana d'esondazione fluviale. Molto variabile con la distribuzione areale è poi la componente limosa e/o argillosa. Lo spessore varia nell'ordine delle decine di metri, perché anch'esse poggiano su un substrato morfologico inciso. La formazione è databile al Pleistocene superiore.*

*Nella pianura sono riconoscibili tre fasi di trasgressione glacioeustatica ciascuna seguita da una fase continentale, caratterizzate da sedimenti distribuiti su un terrazzo che raggiunge quote massime di 15 metri s.l.m. La fase trasgressiva è rappresentata dalla sedimentazione di calcareniti sabbiose (q8), la fase continentale dalla deposizione delle sabbie rosso-arancio (q9). I livelli calcarenitici corrispondenti ai tre cicli trasgressivi del Tirreniano sono conosciuti nella letteratura con i nomi di Panchina di Castiglioncello – Bartoletti et alii, 1986 (Tirreniano I), Calcareniti sabbiose di Baratti - Barsotti et alii, 1974 (Tirreniano II), Calcareniti sabbiose di Biserno – Mazzanti et alii, 1981 (Tirreniano III). Nel comune di Castagneto C.cci in affioramento sono riconoscibili soltanto le calcareniti corrispondenti all'ultimo ciclo (Tirreniano III), mentre le altre sono presenti nel sottosuolo e risultano dai numerosi sondaggi effettuati nella pianura. Le sabbie rosso- arancio, corrispondenti alle fasi continentali successive alle trasgressioni, risultano indivisibili in quanto i caratteri litologici, la presenza di suoli e l'utilizzo agricolo che ne ha profondamente modificato i caratteri naturali, non consentono di effettuare alcuna distinzione.*

## 5. Analisi granulometriche

Per valutare le condizioni energetico deposizionali del Fosso Carestia abbiamo eseguito alcuni prelievi d'alveo, tal quale, con una superficie di 0,16 mq (20 cm\*20 cm) e spessore, variabile a seconda della pezzatura ed omogeneità del deposito, stimato mediamente in 10 cm.

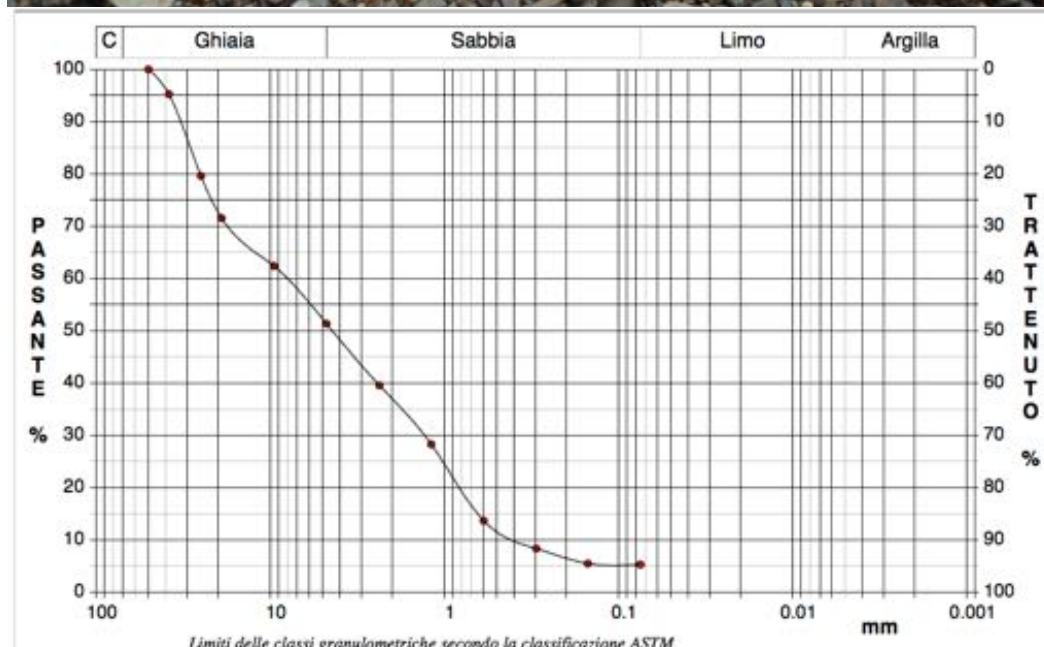
L'ubicazione delle aree di prelievo è mostrata nella seguente estratto del rilievo topografico:



## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	48,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	36,8 %	D <sub>10</sub>	0,36788 mm
Sabbia	46,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	10,6 %	D <sub>30</sub>	1,31936 mm
Limo-Argilla	5,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	5,3 %	D <sub>50</sub>	4,38057 mm
Coefficiente di uniformità		22,26	Coefficiente di curvatura		0,58
				D <sub>60</sub>	8,18966 mm
				D <sub>90</sub>	33,08450 mm



Campione 1:

Ubicazione: in prossimità dell'area in frana (sezione di progetto 16)

Caratteristiche del deposito: granulometria eterogenea con litici, delle dimensioni massime, prossime ai 5 cm. Si annota la presenza, diffusa, di resti di manufatti e litici d'origine alloctona (basalti e marmi) provenienti da terreni di riporto.

La freccia azzurra indica la direzione della corrente.

L'alveo in data 5/11/2017 era asciutto.

Zona di prelievo: centro alveo.

Il fuso granulometrico indica una zona con energia di deposito (nel contesto di sito) medio elevata.

L'alveo di presenta tortuoso e sono accentuati fenomeni erosivi di sponda (area in frana).

**D.R.E.Am. Italia Scaf**

Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia

Tel. 0573 365967 - Fax. 0573 34714

bizzarri@dream-italia.it - P. I. 0093120472



Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63					
Ghiaia	42,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	35,6 %	D10	0,43502 mm
Sabbia	53,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	9,4 %	D30	1,56451 mm
Limo-Argilla	4,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	4,9 %	D50	3,51296 mm
				D60	5,26764 mm
				D90	21,56616 mm
Coefficiente di uniformità		12,11	Coefficiente di curvatura		1,07



Campione 2

Ubicazione: in prossimità di un tombino d'immissione in sponda sinistra (sezione di progetto 11)

Caratteristiche del deposito: granulometria eterogenea con litici, delle dimensioni massime, prossime ai 3-4 cm. Si annota la presenza, diffusa, di resti di manufatti e litici d'origine alloctona (basalti e marmi) provenienti da terreni di riporto.

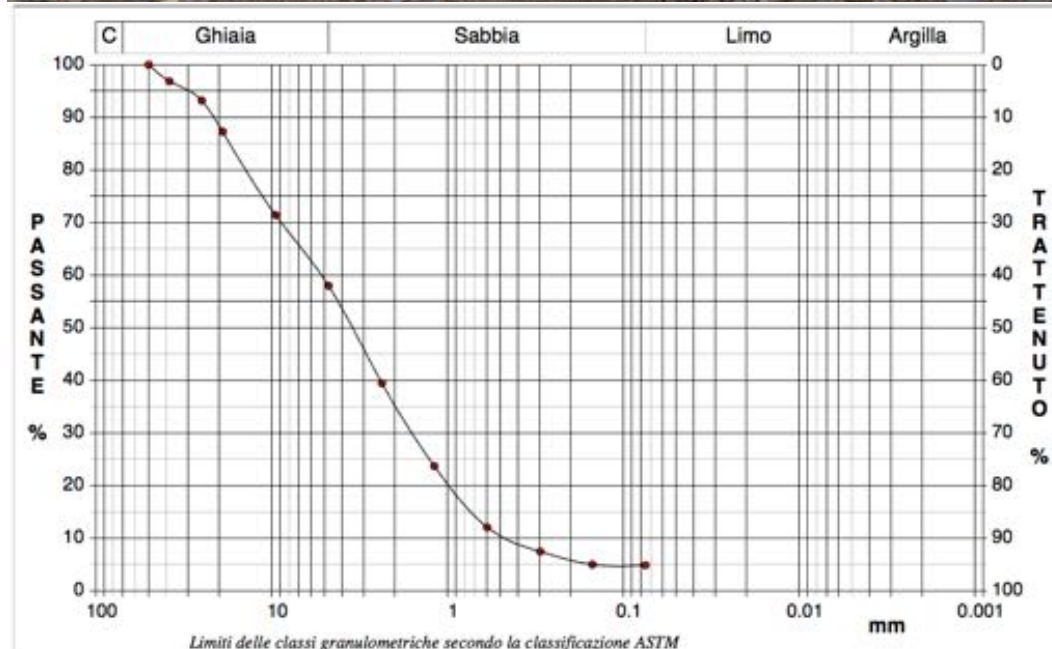
La freccia azzurra indica la direzione della corrente.

L'alveo in data 5/11/2017 era asciutto.

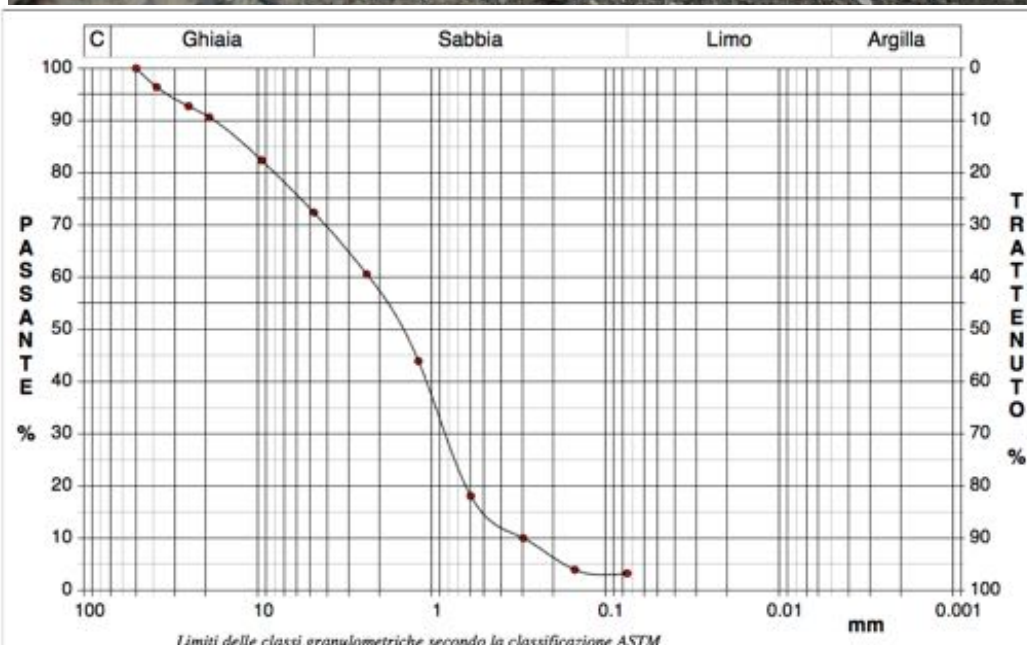
Zona di prelievo: centro alveo.

Il fuso granulometrico indica una zona con energia di deposito (nel contesto di sito) media.

L'alveo di presenta ad andamento regolare. Fenomeni erosivi di limitata entità.



ANALISI GRANULOMETRICA					
Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63					
Ghiaia	27,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	56,5 %	D10	0,29710 mm
Sabbia	69,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	13,5 %	D30	0,81900 mm
Limo-Argilla	3,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	3,3 %	D50	1,52748 mm
				D60	2,30562 mm
				D90	18,03488 mm
Coefficiente di uniformità		7,76	Coefficiente di curvatura		0,98



### Campione 3

Ubicazione: in prossimità della cabina ENEL (a monte della sezione di progetto 11)

Caratteristiche del deposito: granulometria eterogenea con litici, delle dimensioni massime, prossime ai 1-2 cm. Si annota la presenza, diffusa, di resti di manufatti e litici d'origine alloctona provenienti da terreni di riporto.

La freccia azzurra indica la direzione della corrente.

L'alveo in data 5/11/2017 era asciutto.

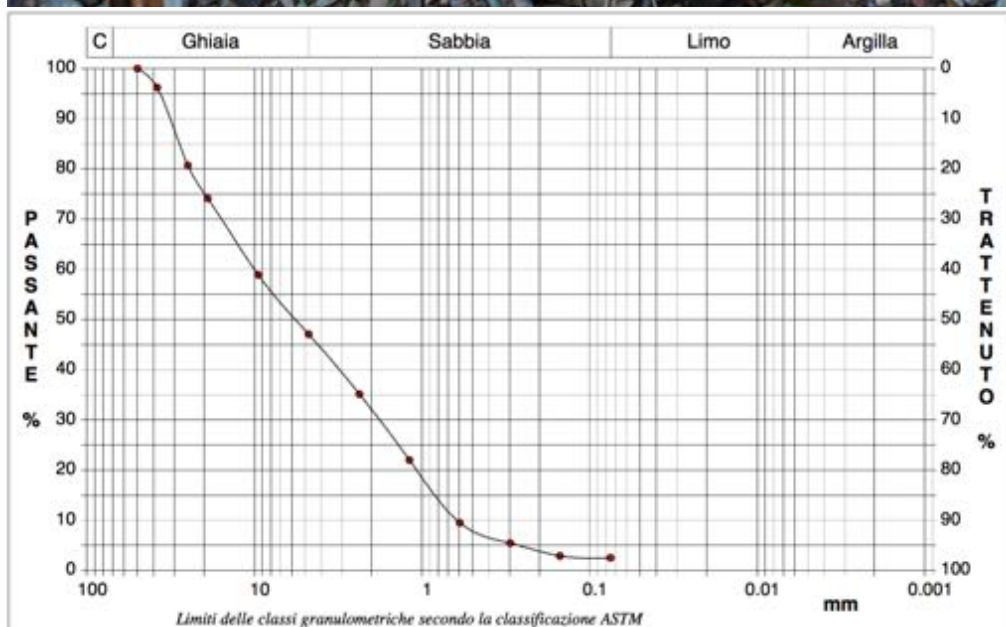
Zona di prelievo: centro alveo.

Il fuso granulometrico indica una zona con energia di deposito (nel contesto di sito) medio bassa con prevalenza di terreni sabbiosi.

L'alveo di presenta ad andamento regolare. Fenomeni erosivi di limitata entità.



ANALISI GRANULOMETRICA					
Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63					
Ghiaia	52,9 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	32,0 %	D10	0,61171 mm
Sabbia	44,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	7,2 %	D30	1,80599 mm
Limo-Argilla	2,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	2,5 %	D50	5,63728 mm
Coefficiente di uniformità		16,34	Coefficiente di curvatura		0,53
				D60	9,99721 mm
				D90	32,17356 mm



#### Campione 4

Ubicazione: in prossimità della sezione di progetto 3)

Caratteristiche del deposito: granulometria eterogenea con litici, delle dimensioni massime, prossime ai 3-4 cm. Si annota la presenza, diffusa, di resti di manufatti e litici d'origine alloctona provenienti da terreni di riporto.

La freccia azzurra indica la direzione della corrente.

L'alveo in data 5/11/2017 era asciutto.

Zona di prelievo: centro alveo.

Il fuso granulometrico indica una zona con energia di deposito (nel contesto di sito) medio elevato con prevalenza di terreni sabbiosi.

L'alveo di presenta ad andamento tortuoso con fenomeni erosivi di sponda attivi.

## 6. Considerazioni sul progetto

Dalla relazione tecnica:

*Il progetto nasce dalla necessità di compiere interventi di ripristino del corso d'acqua a causa dei fenomeni erosivi in atto sia sul fondo che sulle sponde del corso d'acqua.*

*L'intervento è riconducibile a quanto previsto dal DPR 14 aprile 1993 "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale" in particolare all'articolo 2 comma 1.*

..omissis...

Il progetto prevede le seguenti principali lavorazioni:

- Taglio della vegetazione erbacea (mq 4.800);
- Taglio a raso di piante di alto fusto cad.(n°90);
- Scavo per la risagomatura di sezioni d'alveo mc (dim: 500m x 15m x 0,3m)
- Scavo a larga sezione (mc 3.080);
- Palificata viva a doppia parete (mc 240 complessivi - 2 interventi) ;
- Scogliera con pietrame calcareo peso da 1 t a 3 t, (mc 3.066 complessivi - 8 interventi)
- Biorete in fibra naturale (mq 3.200);
- Inserimento di rinverdimenti vivi in scogliera e palificata cad (n°4.000);
- Staccionata ml (dim: 500 m).



L'ubicazione e le tipologie d'intervento vengono validate, nel presente documento, sia dal punto di vista tecnico sia per l'utilizzo delle lavorazioni proposte.

Non si ritiene, infatti, di dovere indicare particolari specifiche in quanto gli elaborati progettuali rispecchiano, completamente, le indicazioni maturate durante i sopralluoghi con i tecnici del Consorzio.

La foto a fianco, ad esempio, mostra l'erosione indotta dallo stramazzo di un'immissione laterale. In questa zona, intervento 1, è previsto il completo "corrazzamento" dell'alveo e di parte delle sponde.



## 7. Parametrizzazione geotecnica

Come abbiamo visto i terreni costituenti le sponde sono formati da un insieme composto da ghiaie in matrice sabbiosa con limi e minerali argillosi in bassa percentuale come da tabella riassuntiva in testo.

Riferimento			Granulometria			
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
Sez	1		48,6	46,1	5,3	
Sez	2		42,0	53,1	4,9	
Sez	3		27,6	69,1	3,3	
Sez	4		52,9	44,6	2,5	



La foto mostra una sorta di sezione di come è strutturato il deposito inciso dal Fosso con una stabilità che, ricordiamo, è anche frutto di un blando grado di cementazione.

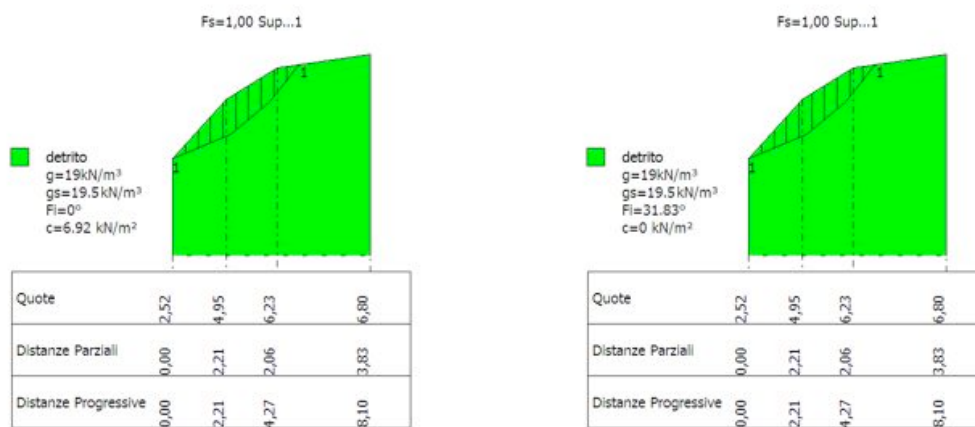
Parametrizzare questa tipologia di terreni appare, da punto di vista rigoroso, una sfida geotecnica irrisolta in quanto il campionamento è reso impossibile dall'incoerenza delle terre ghiaio-sabbiose. Mentre prove in situ quali

ad esempio prove penetrometriche dinamiche tendono a sovrastimare gli angoli d'attrito e, per contro, ad annullare il contributo, seppur minimo, della coesione.

In queste situazioni una buona strada per ottenere una parametrizzazione del deposito detritico, utilizzabile a fini progettuali, appare l'utilizzo di verifiche in back analysis.

In pratica si realizza una sezione lungo una linea di massima pendenza passante, ad esempio, per un'area in dissesto. Si inseriscono il peso di volume e angolo d'attrito nullo e, applicando una procedura di calcolo all'equilibrio limite, nello specifico Janbu 1967), si va a ricercare il valore di coesione mobilitata a rottura (coefficiente di sicurezza pari a 1). Allo stesso modo, in una seconda verifica, annullando la coesione si va a ricercare il valore dell'angolo d'attrito mobilitato a rottura.

Nel caso specifico si utilizza la sezione n°15 passante per un'area in frana (specchiata per ragioni dipendenti dal software di calcolo) si ha l'equilibrio, per le condizioni geometriche indicate, con i seguenti parametri geotecnici mobilitati a rottura riportati in figura:



Per la progettazione delle opere in progetto si ritiene, pertanto, plausibile adottare un angolo d'attrito caratteristico pari a:

$$\phi_{\text{carat}} = 32^\circ$$

Ed una coesione efficace pari a zero.

Ovviamente variando le condizioni geometriche si avranno leggere variazioni delle caratteristiche geotecniche, tuttavia, per finalità progettuali di limitato impegno strutturale riteniamo che le considerazioni qui espresse siano sufficienti a garantire una buona affidabilità del parametro geotecnico da utilizzare nei calcoli strutturali.

Nei calcoli dovranno essere aggiunte le condizioni A2+M2+R2 previste dalla NTC 2008 con l'introduzione, quindi, dell'angolo d'attrito di progetto:

$$\phi'_k = \arctg(\tan 32^\circ / 1.25) = 26,56^\circ$$

Lasciando il parametro coesione, cautelativamente, ancora a zero.

Si può, infine, considerare per i conci interessati dalle palificate (da bibliografia): un peso di volume=17,50 kN/m<sup>3</sup>  $\phi_{\text{carat}} = 35^\circ$  e una Coesione = 20 kN/m<sup>2</sup>.

Tali parametri possono essere utilizzati per il dimensionamento di tutte le opere in progetto.

In allegato si riporta la relativa relazione di calcolo delle verifiche in back analysis.



## 8. Resistenza ultima del terreno e valore di progetto

L'analisi della resistenza dei terreni riportata di seguito è stata effettuata considerando le verifiche agli Stato Limite Ultimo di resistenza del terreno (GEO). Per il calcolo della capacità portante si è tenuto conto dei parametri dei terreni prevalentemente sabbiosi di cui al paragrafo 6, sul quale dovranno essere poggiate le strutture di fondazione, soprattutto, delle Palificate a parete doppia.

### Analisi SLU (GEO)

E' stato utilizzato l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2).

Parametri		M1	M2
Tg dell'angolo di attrito $\varphi$	$\text{tg}\varphi'$	1.00	1.25
Coesione efficace	$c'$	1.00	1.25
Coesione non drenata	$c_u$	1.00	1.40
Peso di volume	$\gamma$	1.00	1.00

Verifica	R1	R2	R3
Capacità portante	$\gamma_r = 1.0$	$\gamma_r = 1.8$	$\gamma_r = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_r = 1.0$	$\gamma_r = 1.1$	$\gamma_r = 1.1$

Si è ipotizzato che ovunque i terreni di fondazione siano costituiti da litotipi prevalentemente sabbiosi

da mt. a mt.	descrizione	parametri geotecnici
Legenda: Spessore	Descrizione Litologica	$\gamma$ = Peso di volume - $\phi$ = angolo d'attrito interno - $C'$ = coesione efficace
Livello B 0,50 - 4,40	Litotipi prevalentemente sabbiosi	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $\phi = 32^\circ$ (da back Analysis) $C' = 6,62 \text{ kN/m}^2$ (da back Analysis)

il calcolo quindi viene eseguito con i parametri ridotti secondo i coefficienti parziali della colonna M2. Nel caso specifico i valori dell'angolo di attrito e della coesione di progetto saranno:

$$\varphi'_k = \arctg(\text{tg } 32^\circ / 1.25) = 26,56^\circ$$

$$c'_k = c / 1.25 = 5,30 \text{ kN/m}^2 \text{ (Valore che, cautelativamente, trascureremo nei calcoli);}$$

Il calcolo della capacità portante  $R_d$  è stato svolto applicando la relazione di Terzaghi:

$$R_d = (0.5 \gamma N_\gamma B + \gamma D N_q + c' N_c) / \gamma_r$$

dove:

$R_d$  = Resistenza del terreno di progetto

$\gamma$  = peso di volume

$N_\gamma, N_q, N_c$  = fattori di capacità portante

$D, B$  = rispettivamente profondità e larghezza della fondazione

$\gamma_r$  = coefficiente parziale (di sicurezza - R2)

Dal calcolo, utilizzando un coefficiente parziale (di sicurezza)  $\gamma_r = 1.8$ , si ottiene la resistenza di progetto del terreno, per una fondazione a rettangolare con  $b$  pari a 2 m (spessore palificata a parete doppia), posta alla profondità di cm 100 dal piano di campagna pari a:

Valore di resistenza ultima del terreno

$$R \approx 488,04 \text{ kN/m}^2$$

Valore di progetto della resistenza del terreno ( $R_d=R/\gamma_r$ )

$$R_d \approx 271,13 \text{ kN/m}^2$$

Il risultato ottenuto è da intendersi come indicativo e dovrà essere ripetuto dal Progettista, mantenendo le caratteristiche geotecniche riportate in testo, inserendo l'esatta geometria di fondazione ed, eventualmente, cambiare approccio e combinazione.

Il risultato conduce, comunque lo si voglia calcolare, a ritenere che le caratteristiche di resistenza dei terreni siano ampiamente sufficienti a sostenere i carichi di progetto.

V. Tabella in testo

<b>generale di Terzaghi - SLU-GEO</b> <b>NTC 2008 - Approccio 1 – Combinazione 2</b> <b>Fondazione Rettangolare</b>				
<b>Caratteristiche del terreno</b>	<b>g</b>	19,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso di volume naturale del terreno
Coefficienti parziali	<b>g1</b>	19,00	kN/m <sup>3</sup>	Peso di volume del terreno (sopra fond.)
	<b>φ</b>	32,00	°	Angolo naturale del terreno
$\arctg(\tan \phi / 1.25)$	<b>Tan φ'k</b>	26,56	°	Angolo d'attrito di progetto del terreno
$c'/1,25$	<b>c'</b>	-	kN/m <sup>2</sup>	Coesione efficace naturale del terreno
	<b>c'k</b>	-	kN/m <sup>2</sup>	Coesione efficace
	<b>E</b>	-	kN/m <sup>2</sup>	Modulo di Young
	<b>M</b>	8.000	kN/m <sup>2</sup>	Modulo edometrico
	<b>n</b>	0,42		Coefficiente di Poisson
	<b>Pf</b>	1,00	m	Profondità della falda da piano campagna
<b>Caratteristiche della fondazione</b>	<b>Df</b>	1,00	m	Profondità del piano di posa
	<b>Df'</b>	1,00	m	Profondità di posa dal piano scavato
	<b>L</b>	10,00	m	Lunghezza
	<b>B</b>	2,00	m	Larghezza
<b>Fattori di Capacità Portante</b>	<b>Nc</b>	23,18		
	<b>Nq</b>	12,59		
	<b>Ng</b>	13,58		
		1,11	Sc	Fattori correttivi di forma
		1,10	Sq	
		0,92	Sg	
Indice di rigidezza	<b>Ir</b>	148		
Indice di rigidezza critico	<b>Ir(crit)</b>	90,0		
Tipo di rottura del terreno	<b>Generale</b>			
		1,00	Cc	Fattori correttivi di compressibilità
		1,00	Cq	
		1,00	Cg	
Contributi relativi ai tre termini della relazione generale di Terzaghi	<b>Cnc</b>	-	kN/mq	
	<b>Cnq</b>	263,07	kN/mq	
	<b>Cng</b>	224,96	kN/mq	
Coefficiente di sicurezza (Fs)		1,8	gr	
<b>Resistenza Ultima del terreno</b>		<b>488,04</b>	kN/mq	
<b>Resistenza del terreno di progetto (Rd)</b>		<b>271,13</b>	kN/mq	
<b>Resistenza del terreno di progetto (Rd)</b>		<b>2,71</b>	Kq/cmq	

## 9. Rischio Sismico

La normativa in tema di zonazione sismica, antecedente l'OPCM 3274 e il Decreto Ministeriale 14/01/2008, prevedeva che alle zone di 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> categoria venissero associati valori del "coefficiente di sismicità" S (accelerazione massima orizzontale in superficie che si sviluppa durante un evento sismico) attraverso la seguente relazione:  $C = S - 2/100$  dove S rappresenta il grado di sismicità della zona rispettivamente di 12, 9 e 6.

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 8 Maggio 2003) proponeva l'adozione di un sistema normativo coerente con il codice europeo in materia antisismica (EC8).

La Regione Toscana, in applicazione dell'O.P.C. Min. n. 3274 del 20 marzo 2003 con la Delibera n° 604 del 16/06/2003 (Allegati 1 e 2) ha provveduto a una nuova classificazione delle zone sismiche secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )	Accelerazione orizzontale max convenzionale (di ancoraggio) dello spettro di risposta elastica ( $a_g$ )
1	0.25 g < $a_g$ < 0.35 g	0.35 g
2	0.15 g < $a_g$ < 0.25 g	0.25 g
3	0.05 g < $a_g$ < 0.15 g	0.15 g
4	<0.05 g	0.05 g

La successiva classificazione (Deliberazione di G.R.T.N.431 del 19 giugno 2006) prevede per alcuni comuni del territorio regionale una declassazione da zona a media sismicità a zona a bassa sismicità (da zona 2 a zona 3), pertanto è stato ritenuto opportuno mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, prevedendo di conseguenza l'individuazione di una zona 3s.

Il territorio comunale di Castagneto Carducci rientra nella **Classe 3** con un valore del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale = 0,15 g.



In accordo con le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) si riportano i parametri sismici sitespecifici.

### Categoria di suolo

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa e a tale proposito vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Tabella 3.2.II	Categorie di sottosuolo
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
Tabella 3.2.III	Categorie aggiuntive di sottosuolo
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i 30 metri di profondità, ed è calcolata con la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Per i terreni si ritiene di poter assumere, cautelativamente una Categoria di Suolo di Fondazione: C



### Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria topografica l'area: T1.

Parametri sitospecifici (NTC 2008) - NB: i valori possono variare leggermente a seconda dei software usati e in base alle coordinate scelte.

Via:  n°:

Comune:  Cap:

Provincia:

---

Coordinate WGS84 (\*)

Latitudine:

Longitudine:

Isole:

(1)\* Coordinate WGS84 (\*)  
 Latitudine:  Longitudine:

(1)\* Coordinate ED50 (\*)  
 Latitudine:  Longitudine:

Classe dell'edificio:

Vita nominale:  
 (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)  
 Interpolazione:

Stato Limite	Tr (anni)	$\alpha_s$ [a]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,028	2,588	0,197
Danno (SLD)	50	0,034	2,638	0,209
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,067	2,762	0,278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,081	2,796	0,290
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

**CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI**

Muri di sostegno  Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

~Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m):

us (m):

Categoria sottosuolo:

Categoria topografica:

	SLO	SLD	SLV	SLC
Sa* Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
Cc* Coeff. funz. categoria	1,80	1,76	1,60	1,58
St* Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

~Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,008	0,009	0,018	0,022
kv	0,004	0,005	0,009	0,011
Amax [m/s²]	0,419	0,506	0,990	1,186
Beta	0,180	0,180	0,180	0,180

Visualizza vertici della maglia di appartenenza.

(1)\* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.  
 (2)\* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoSru.

## 10. Stabilità nei confronti della liquefazione - NTC08

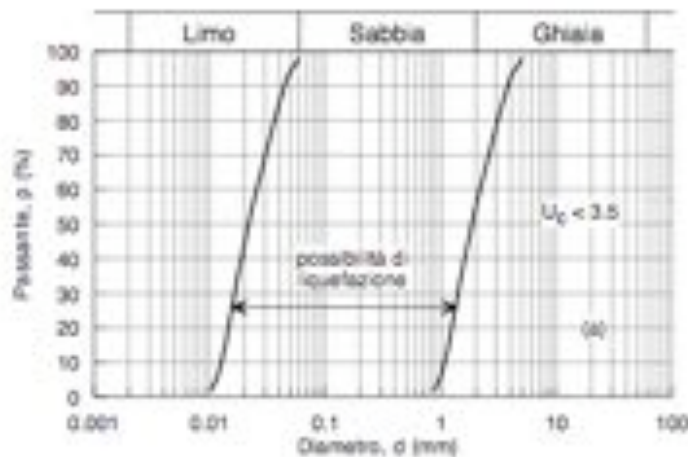
Ai sensi del capitolo 7.11.3.4 delle NTC 2008 il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Nel caso in esame la verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione **può essere omessa** ai sensi del capitolo 7.11.3.4.2 esclusione della verifica a liquefazione principalmente per quanto indicato al punto 5)

.....omissis .....

5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



I terreni di fondazione **non** sono costituiti da sabbie uniformi ma presentano, come indicato dalle granulometrie eseguite, elevate percentuali di terreni ghiaiosi.

## 11. Pericolosità e fattibilità delle opere in progetto

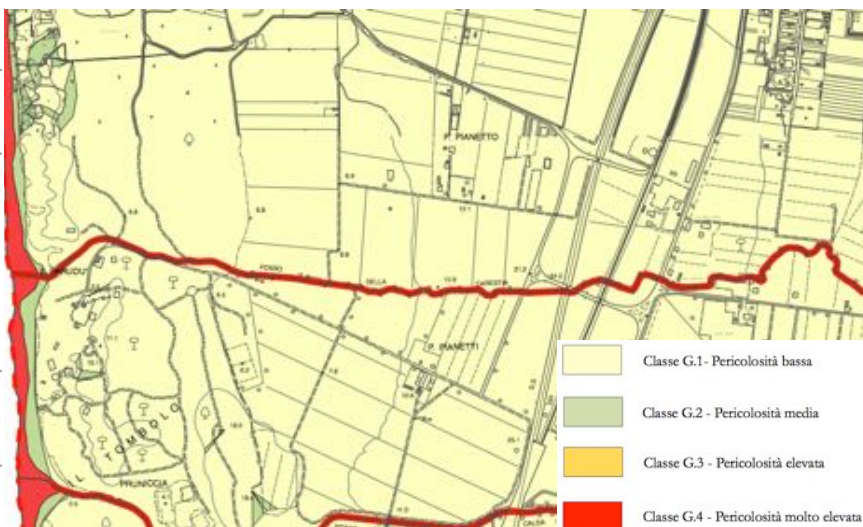
COMUNE DI CASTAGNETO CARDUCCI  
PROVINCIA DI LIVORNO

PIANO REGOLATORE GENERALE  
REGOLAMENTO URBANISTICO 2008



Tavola n°31 di Piano Strutturale adeguata al  
D.P.G.R.n.26/R del 2007

TITOLO:  
Carta della pericolosità geomorfologica



Estratto Relazione geologica allegata al RU:

**Pericolosità geomorfologica molto elevata (G.4):**

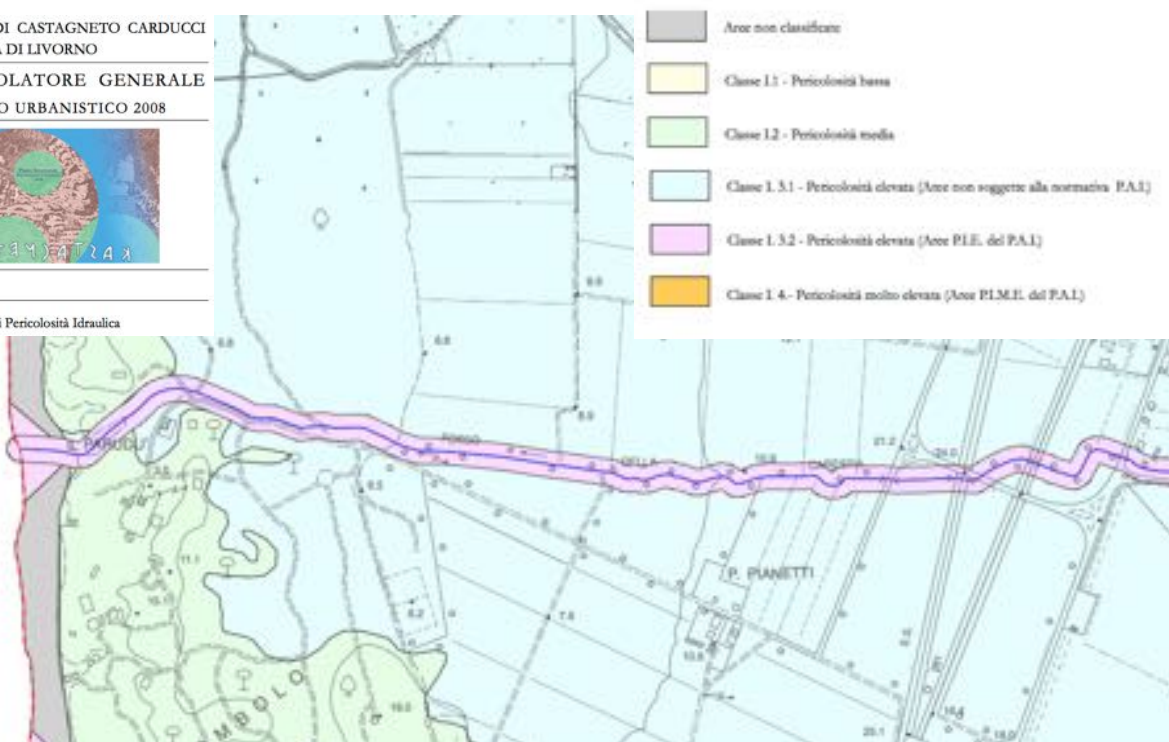
COMUNE DI CASTAGNETO CARDUCCI  
PROVINCIA DI LIVORNO

PIANO REGOLATORE GENERALE  
REGOLAMENTO URBANISTICO 2008



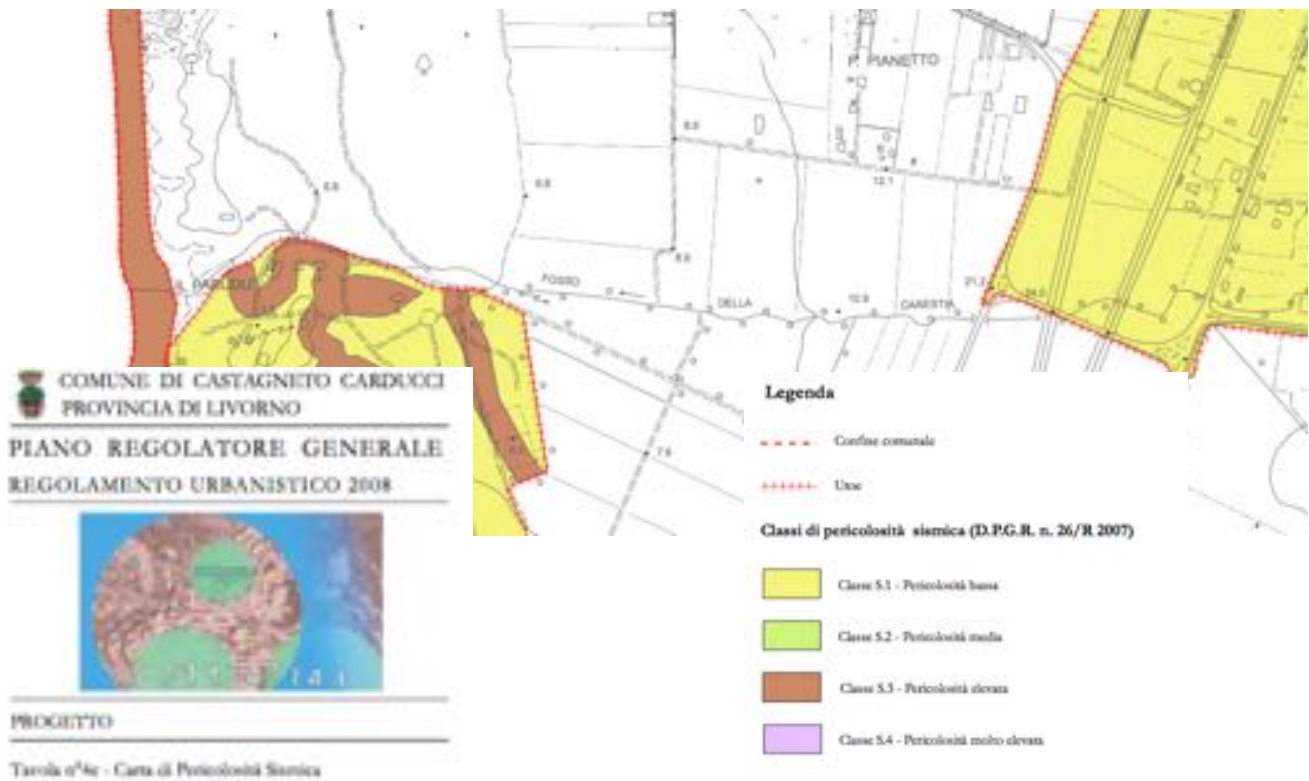
PROGETTO

Tavola n°2c - Carta di Pericolosità Idraulica



**Pericolosità idraulica elevata (I.3.2)**





Estratto Relazione geologica allegata al RU:  
**Pericolosità sismica locale bassa (S.1):**

Si ha pertanto da RU Comunale: Fattibilità limitata (F.4)

*La categoria di fattibilità F4 è stata assegnata agli interventi ricadenti nella classe di pericolosità idraulica I.3.2 e I.4, nella classe di pericolosità geomorfologica G.3 e G.4 e nella classe di pericolosità sismica S.4. L'ammissibilità degli interventi è subordinata all'applicazione degli artt. 5, 6, 13 e 14 delle Norme PAI.*

*Gli interventi caratterizzati da Fattibilità F4 derivante dalla classe di pericolosità sismica S.4 (Allegato n.1 delle Direttive del D.P.G.R. 26/R), oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica del PAI, dovranno essere subordinati alla realizzazione di opportune indagini geofisiche e geotecniche per la corretta definizione dell'azione sismica.*

Dalle NTA PAI

Art. 6 Aree a pericolosità idraulica elevata (P.I.E) (i.v.)

1. Nelle aree P.I.E **sono consentiti** interventi idraulici atti a ridurre il rischio idraulico, autorizzati dalla autorità idraulica competente, tali da migliorare le condizioni di funzionalità idraulica, da non aumentare il rischio di inondazione a valle, da non pregiudicare l'attuazione della sistemazione idraulica definitiva e tenuto conto del presente Piano di Assetto Idrogeologico.

Art. 13 Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.F.M.E) (i.v)

1. Nelle aree P.F.M.E **sono consentiti** gli interventi di consolidamento, bonifica, protezione, sistemazione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a controllare e mitigare i processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità molto elevata, approvati dall'Ente competente, tenuto conto del presente Piano di Assetto Idrogeologico.

Gli interventi dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

I progetti preliminari degli interventi sono sottoposti al parere del competente Bacino che si esprime in merito alla coerenza degli stessi rispetto agli obiettivi del presente Piano e alle previsioni generali di messa in sicurezza dell'area.

I progetti preliminari degli interventi sono sottoposti al parere del competente Bacino che si esprime in merito alla coerenza degli stessi rispetto agli obiettivi del presente Piano e alle previsioni generali di messa in sicurezza dell'area.

Sono altresì consentiti gli interventi di recupero, valorizzazione e mantenimento della funzionalità idrogeologica, anche con riferimento al riequilibrio degli ecosistemi fluviali.

Gli interventi in progetto appaiono fattibili ai sensi delle NTA del PAI e del RU in quanto interventi previsti all'interno del comma 1 riportati in testo. Vi sono, comunque, da rispettare le condizioni geotecniche, inserite nel presente documento e, naturalmente, il dettato delle NTC 2008.

## 12. Vincolo idrogeologico

Con le modifiche introdotte con la L.R. 2.1.2003 n° 1 alla Legge Forestale della Toscana (L.R. 21.3.2000 n° 39) e dal Regolamento Forestale della Toscana (D.P.G.R. 8.8.2003) dal 1° Gennaio 2004 sono state trasferite dalle Province ai Comuni alcune delle competenze relative alle autorizzazioni alla trasformazione dei boschi e dei suoli. In particolare nelle aree sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del Titolo I, Capo I del R.D. n. 3267/1923 sono soggetti a specifica autorizzazione comunale la trasformazione della destinazione d'uso dei terreni attuata per la realizzazione di edifici, manufatti edilizi, opere infrastrutturali ed altre opere costruttive e la realizzazione di ogni opera o movimento di terreno non connessa alla coltivazione dei terreni agrari ed alla sistemazione idraulico-agraria e idraulico-forestale che possa alterare la stabilità dei terreni e la regimazione delle acque degli stessi. Il Consiglio Comunale, con la Deliberazione n° 47 del 22.7.04 ha approvato il Regolamento per la disciplina dell'organizzazione e dello svolgimento delle funzioni relative al Vincolo Idrogeologico e Forestale. Il DPGR del 5 maggio 2015, n. 53/R, infine, ha definito le modifiche al regolamento emanato con decreto del Presidente della Giunta regionale 8 agosto 2003, n. 48/R (Regolamento Forestale della Toscana).

La zona in esame **non** rientra nelle aree soggette a vincolo idrogeologico.

## 13. Terre e rocce di scavo

In ordine alle modifiche introdotte dal DM 161/2012 del 12/08/2012 riguardo la trattazione delle terre e rocce di scavo si riporta quanto deliberato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare – Registro ufficiale Uscita Prot. 0036288-14/11/2012-ST

*Oggetto: Richiesta di chiarimenti in merito al DM 161/2012 del 12/08/2012 da parte dell'Ordine dei Geologi della Regione Umbra*

*I quesiti posti all'attenzione del Sig. Capo di Gabinetto sono sostanzialmente due: il primo, riguarda l'**applicabilità del DM in oggetto ai materiali da utilizzare nel sito di produzione**, mentre il secondo, riguarda le così dette "**piccole quantità**".*

*In merito al primo quesito la risposta è intrinseca all'indicazione del campo di applicazione del decreto legislativo 152/06 e smi dal quale il "Regolamento" discende. Infatti l'art. 185, così come costituito dall'art.13 del d.lgs n. 205 del 2010, norma "le esclusioni dal campo di applicazione" e al comma 1 lettera c) riporta: il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato.*

**Il DM 161/12 non tratta quindi il materiale riutilizzato nello stesso sito in cui è prodotto.**

*In merito al secondo aspetto, il DM in oggetto non ha trattato l'argomento in quanto l'art. 266, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 così come modificato dall'art.2, comma 45 bis, d.lgs n.4 del 2008 indicava la necessità di un diverso decreto in quanto: "Con successivo decreto, adottato dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare di concerto con i Ministri delle infrastrutture e dei trasporti, delle attività produttive e della salute, è dettata la disciplina per la semplificazione amministrativa delle procedure relative ai materiali, ivi incluse le terre e le rocce da scavo, provenienti da cantieri di piccole dimensioni la cui produzione **non superi i seimila metri cubi** di materiale nel rispetto delle disposizioni comunitarie in materia."*

La gestione e il riutilizzo delle terre provenienti dagli scavi è, quindi, affidata alle disposizioni del D.Lgs 152/2006 e del D.Lgs. n.4 del 16 gennaio 2008 art. 186: "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".

In particolare: *le terre e rocce da scavo*, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati all'interno dell'area di cantiere purché:

- a) siano impiegate direttamente nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti;
- b) sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo;

- c) l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo, sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinate ad essere utilizzate;
- d) sia garantito un elevato livello di tutela ambientale;
- e) sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica;
- f) le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non sia contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione;
- g) la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata. L'impiego di terre da scavo nei processi industriali come sottoprodotti, in sostituzione dei materiali di cava, e' consentito nel rispetto delle condizioni fissate all'articolo 183 del D.Lgs. 152/06.

Le terre e rocce da scavo, qualora non utilizzate nel rispetto delle condizioni di cui al punto precedente, sono sottoposte alle disposizioni in materia di rifiuti del D.Lgs 152/06.

## 14. Conclusioni

Su incarico affidatoci dal Consorzio di Bonifica 5 Toscana Costa la presente relazione geologica e geotecnica ha per oggetto l'esame dei terreni a supporto al progetto per l'esecuzione di interventi di manutenzione straordinaria mediante la realizzazione di una serie di interventi di ripristino e di difesa spondale eseguiti con tecniche di ingegneria naturalistica sul corso d'acqua denominato Fosso Carestia - Comune di Castagneto Carducci.

La relazione ha permesso di valutare le caratteristiche granulometriche dei depositi d'alveo e dare indicazioni circa l'energia deposizionale.

Si sono formulate considerazioni geotecniche quantificando, mediante verifiche in back analysis, i valori "caratteristici" di coesione e di angolo d'attrito dei terreni coinvolti dal progetto.

Alla luce di quanto esposto nei capitoli precedenti si conclude, pertanto, la fattibilità geologica, idraulica e sismica delle opere analizzate.

**Pistoia, ottobre 2017**

**Dott. Geol. Andrea Bizzarri**

Iscritto Albo dei geologi della Toscana n° 644

Fanno parte integrante della relazione:

Allegato 1: Relazione di calcolo (back analysis)

Allegato 2: Analisi laboratorio terre



## 15. Allegati

### 15.1. Relazione di calcolo (back analysis)

#### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

#### Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

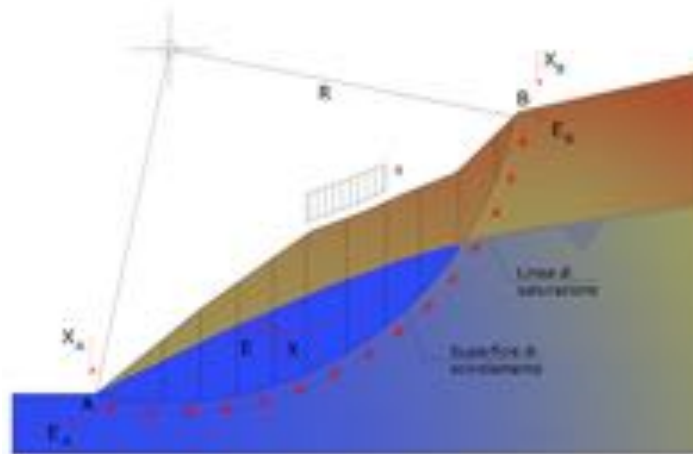
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\varphi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

#### Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



### Metodo dei concetti

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concetti. Se il numero dei concetti è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concetto;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concetto  $T_i$ ;
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei concetti;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei concetti;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$ ;
- equazioni relative al criterio di rottura  $n$ .

Totale numero di equazioni  $4n$ .

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quanto si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

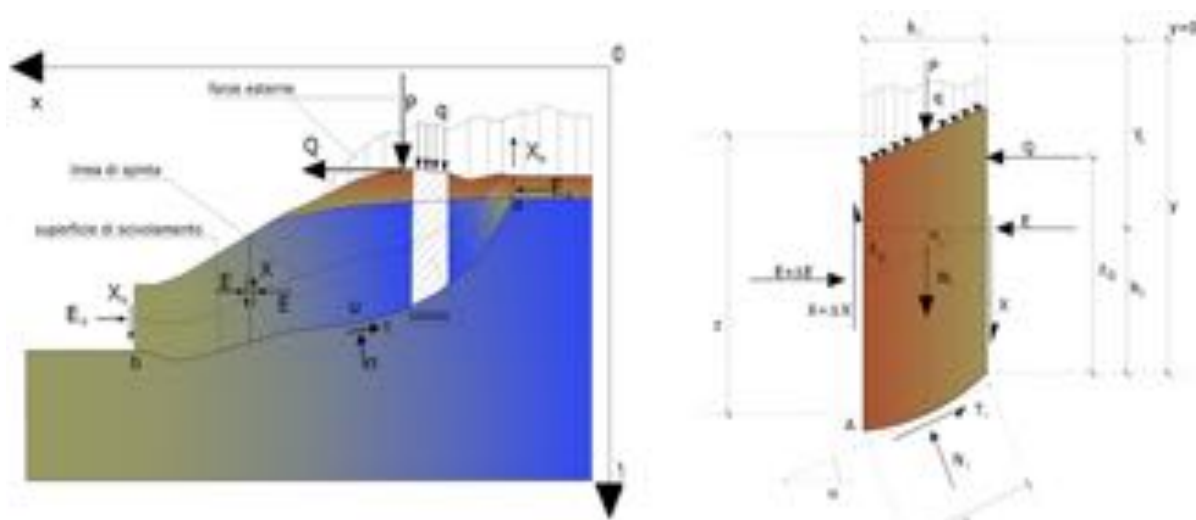
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

### Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i} / F}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

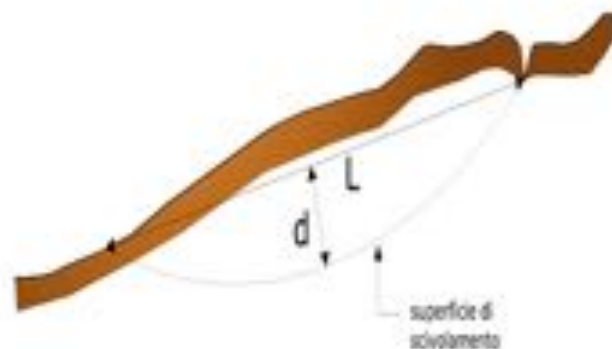
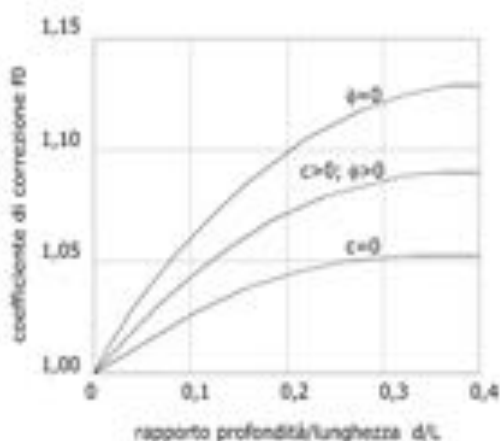


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo  $\Delta X_i = 0$  si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \times F$$

dove  $f_0$  è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



### Verifica per la ricerca dell'angolo d'attrito mobilizzato a rottura

#### Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	Utente
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

#### Sisma

Coefficiente azione sismica verticale	0,034
---------------------------------------	-------

#### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	2,52
2	2,21	4,95
3	4,27	6,23
4	8,1	6,8

#### Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	0,0	2,52
2	2,37	3,51
3	3,96	4,81
4	5,23	6,43

#### Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

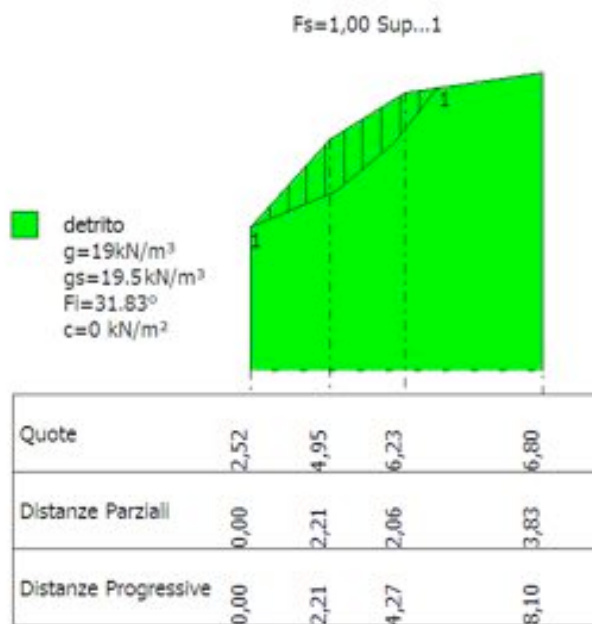
#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No



**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0		31.83	19	19.5	detrito	



**Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,00**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,52	22,8	0,56	1,73	0,0	0,06	0,0	31,8	0,0	1,4	1,1
2	0,52	22,5	0,56	5,2	0,0	0,18	0,0	31,8	0,0	4,3	3,5
3	0,52	22,5	0,56	8,69	0,0	0,3	0,0	31,8	0,0	7,2	5,8
4	0,52	22,5	0,56	12,18	0,0	0,41	0,0	31,8	0,0	10,1	8,1
5	0,52	30,5	0,6	14,66	0,0	0,5	0,0	31,8	0,0	11,8	10,2
6	0,52	39,7	0,67	14,22	0,0	0,48	0,0	31,8	0,0	11,4	11,0
7	0,52	39,7	0,67	13,16	0,0	0,45	0,0	31,8	0,0	10,6	10,2
8	0,52	44,3	0,72	11,72	0,0	0,4	0,0	31,8	0,0	9,5	9,9
9	0,52	51,7	0,84	8,57	0,0	0,29	0,0	31,8	0,0	7,1	8,5
10	0,52	51,8	0,84	2,86	0,0	0,1	0,0	31,8	0,0	2,4	2,9

### Verifica per la ricerca della coesione mobilizzata a rottura

#### Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	Utente
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

#### Sisma

Coefficiente azione sismica verticale	0,034
---------------------------------------	-------

#### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	2,52
2	2,21	4,95
3	4,27	6,23
4	8,1	6,8

#### Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	0,0	2,52
2	2,37	3,51
3	3,96	4,81
4	5,23	6,43

#### Coefficienti parziali azioni

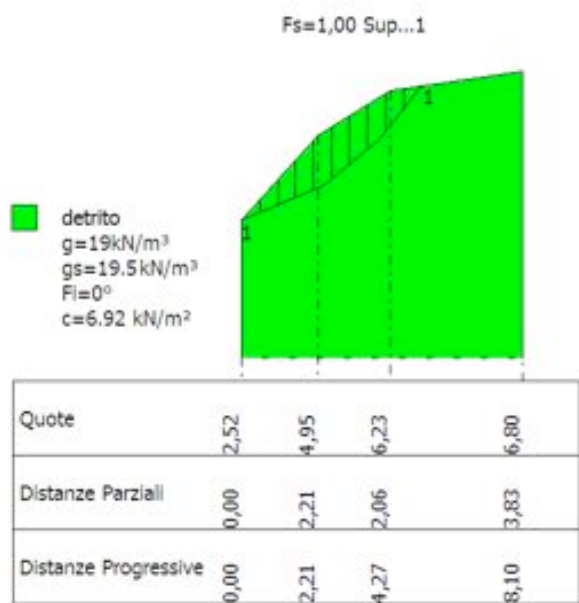
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	6.92		0	19	19.5	detrito	



Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,00

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,52	22,8	0,56	1,73	0,0	0,06	6,92	0,0	0,0	-0,1	5,0
2	0,52	22,5	0,56	5,2	0,0	0,18	6,92	0,0	0,0	3,7	5,0
3	0,52	22,5	0,56	8,69	0,0	0,3	6,92	0,0	0,0	7,5	5,0
4	0,52	22,5	0,56	12,18	0,0	0,41	6,92	0,0	0,0	11,3	5,0
5	0,52	30,5	0,6	14,66	0,0	0,5	6,92	0,0	0,0	14,1	5,8
6	0,52	39,7	0,67	14,22	0,0	0,48	6,92	0,0	0,0	13,8	7,2
7	0,52	39,7	0,67	13,16	0,0	0,45	6,92	0,0	0,0	12,5	7,2
8	0,52	44,3	0,72	11,72	0,0	0,4	6,92	0,0	0,0	10,5	8,4
9	0,52	51,7	0,84	8,57	0,0	0,29	6,92	0,0	0,0	5,1	11,2
10	0,52	51,8	0,84	2,86	0,0	0,1	6,92	0,0	0,0	-4,2	11,2

## 15.2.    **Analisi laboratorio 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

# LABOTER s.n.c. di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr.2436/13

**Committente :** DREAM - Dott. Andrea Bizzarri  
**Cantiere :** Fosso Carestia - Castagneto Carducci (LI)

**Verbale Accettazione n° :** 359 del 05/10/2017  
**Data Certificazione :** 19/10/2017  
**Campioni n°:** 4  
**Certificati da n° a n° :** 03348 a 03351



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

Riferimento			Granulometria			
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
Sez	1		48,6	46,1	5,3	
Sez	2		42,0	53,1	4,9	
Sez	3		27,6	69,1	3,3	
Sez	4		52,9	44,6	2,5	



COMMITTENTE: DREAM - Dott. Andrea Bizzarri
RIFERIMENTO: Fosso Carestia - Castagneto Carducci (LI)
SONDAGGIO: Sez <span style="margin-left: 150px;">CAMPIONE: 1</span> <span style="float: right;">PROFONDITA': m</span>

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	48,6	%
Sabbia	46,1	%
Limo-Argilla	5,3	%
D 10	0,367876	mm
D 50	4,380565	mm
D 60	8,189662	mm
D 90	33,084500	mm
Passante set. 10	36,8	%
Passante set. 42	10,6	%
Passante set. 200	5,3	%

**COMPRESSIONE**

σ	kPa
c <sub>u</sub>	kPa
σ <sub>Rim</sub>	kPa
c <sub>u Rim</sub>	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta	
c	kPa
φ	°
c <sub>Res</sub>	kPa
φ <sub>Res</sub>	°

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	φ <sub>d</sub>	°
C.U.	C' <sub>cu</sub>	kPa	φ' <sub>cu</sub>	°
	C <sub>cu</sub>	kPa	φ <sub>cu</sub>	°
U.U.	C <sub>u</sub>	kPa	φ <sub>u</sub>	°

**PROVA EDOMETRICA**

σ kPa	E kPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA**



**OSSERVAZIONI**

--

Tipi di campione: Massivo Qualità del campione: Q 3

Posizione delle prove	cm	R <sub>p</sub> kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF GR	0				Ghiaia e sabbia Munsell Soil Color Charts : 10YR 3/4 marrone giallastro scuro
	5				
	10			10	



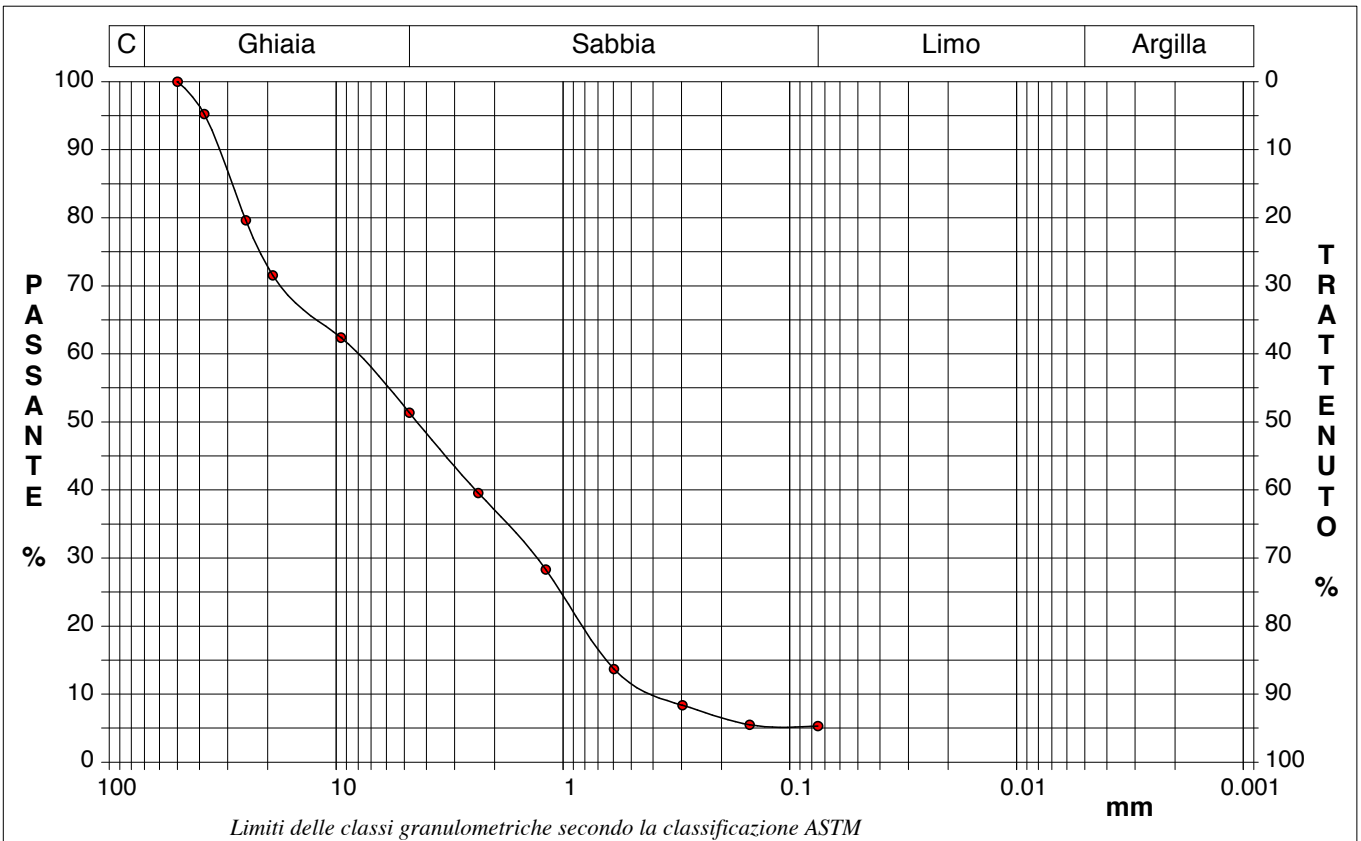
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03348</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/10/17	Inizio analisi: 17/10/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 359 del 05/10/17		Apertura campione: 09/10/17	Fine analisi: 19/10/17

COMMITTENTE: DREAM - Dott. Andrea Bizzarri		
RIFERIMENTO: Fosso Carestia - Castagneto Carducci (LI)		
SONDAGGIO: Sez	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	48,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	36,8 %	D <sub>10</sub>	0,36788 mm
Sabbia	46,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	10,6 %	D <sub>30</sub>	1,31936 mm
Limo-Argilla	5,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	5,3 %	D <sub>50</sub>	4,38057 mm
				D <sub>60</sub>	8,18966 mm
				D <sub>90</sub>	33,08450 mm
Coefficiente di uniformità	22,26	Coefficiente di curvatura	0,58		



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	4,7500	51,37	0,1500	5,49				
38,1000	95,23	2,3600	39,57	0,0750	5,33				
25,0000	79,61	1,1900	28,30						
19,0000	71,55	0,5950	13,67						
9,5200	62,39	0,2970	8,37						



COMMITTENTE: DREAM - Dott. Andrea Bizzarri		
RIFERIMENTO: Fosso Carestia - Castagneto Carducci (LI)		
SONDAGGIO: Sez	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	42,0	%
Sabbia	53,1	%
Limo-Argilla	4,9	%
D 10	0,435022	mm
D 50	3,512960	mm
D 60	5,267638	mm
D 90	21,566160	mm
Passante set. 10	35,6	%
Passante set. 42	9,4	%
Passante set. 200	4,9	%

COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa
c <sub>u</sub>	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa
c <sub>u Rim</sub>	kPa

TAGLIO DIRETTO

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

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE TRIASSIALE

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

PROVA EDOMETRICA

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

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI


Tipi di campione: Massivo      Qualità del campione: Q 3

Posizione delle prove CF GR	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
0					Sabbia e ghiaia Munsell Soil Color Charts : 10YR 3/3 marrone scuro
5					
10				10	



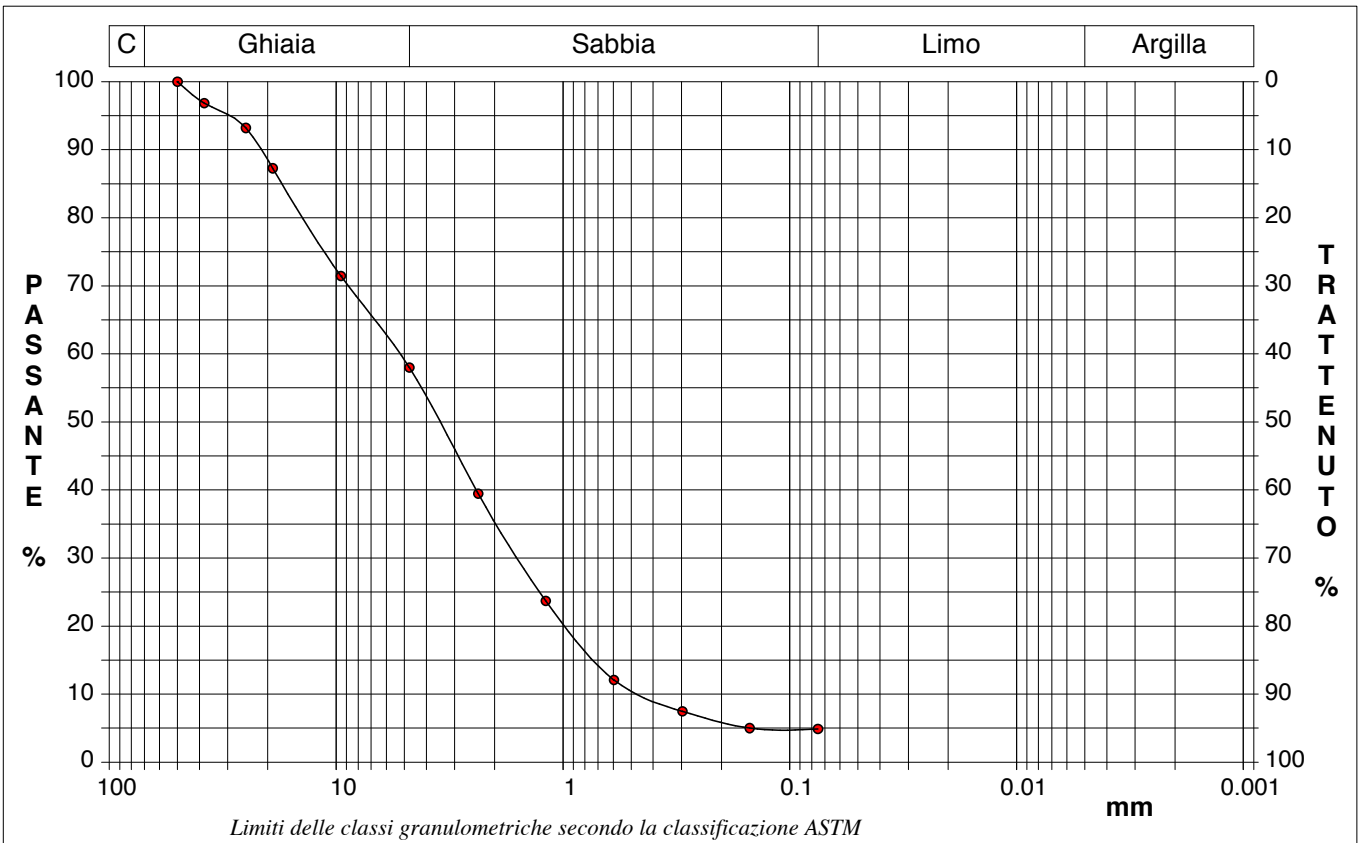
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03349</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/10/17	Inizio analisi: 17/10/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 359 del 05/10/17		Apertura campione: 09/10/17	Fine analisi: 19/10/17

COMMITTENTE: DREAM - Dott. Andrea Bizzari		
RIFERIMENTO: Fosso Carestia - Castagneto Carducci (LI)		
SONDAGGIO: Sez	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	42,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	35,6 %	D <sub>10</sub>	0,43502 mm
Sabbia	53,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	9,4 %	D <sub>30</sub>	1,56451 mm
Limo-Argilla	4,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	4,9 %	D <sub>50</sub>	3,51296 mm
				D <sub>60</sub>	5,26764 mm
				D <sub>90</sub>	21,56616 mm
Coefficiente di uniformità	12,11	Coefficiente di curvatura	1,07		



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	4,7500	58,00	0,1500	5,00				
38,1000	96,84	2,3600	39,45	0,0750	4,88				
25,0000	93,20	1,1900	23,71						
19,0000	87,26	0,5950	12,08						
9,5200	71,43	0,2970	7,46						



# LABOTER snc

Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DWV Business Assurance  
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)  
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)

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:	DREAM - Dott. Andrea Bizzarri		
RIFERIMENTO:	Fosso Carestia - Castagneto Carducci (LI)		
SONDAGGIO:	Sez	CAMPIONE:	3
		PROFONDITA':	m

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	27,6	%
Sabbia	69,1	%
Limo-Argilla	3,3	%
D 10	0,297096	mm
D 50	1,527477	mm
D 60	2,305615	mm
D 90	18,034880	mm
Passante set. 10	56,5	%
Passante set. 42	13,5	%
Passante set. 200	3,3	%

### PERMEABILITA'

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

### COMPRESIONE

$\sigma$	kPa
c <sub>u</sub>	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa
C <sub>u Rim</sub>	kPa

### TAGLIO DIRETTO

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

### COMPRESIONE TRIASSIALE

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

### PROVA EDOMETRICA

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

### FOTOGRAFIA



### OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Massivo      Qualità del campione: Q 3

Posizione delle prove CF GR	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				
	5				
	10			10	Sabbia grossolana con ciottoli eterogenei Munsell Soil Color Charts : 10YR 5/3 marrone



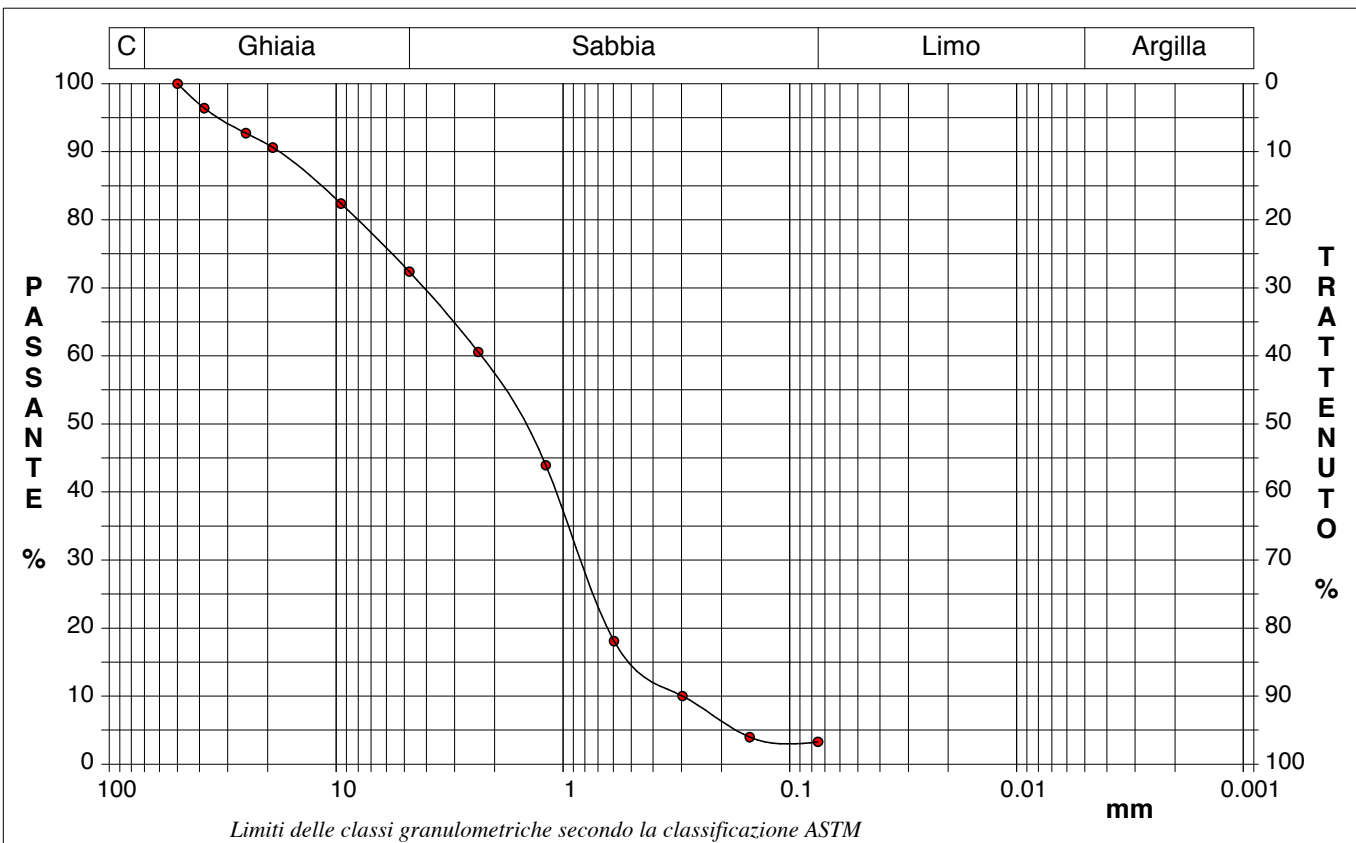
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03350</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/10/17	Inizio analisi: 17/10/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 359 del 05/10/17		Apertura campione: 09/10/17	Fine analisi: 19/10/17

COMMITTENTE: DREAM - Dott. Andrea Bizzari		
RIFERIMENTO: Fosso Carestia - Castagneto Carducci (LI)		
SONDAGGIO: Sez	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	27,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	56,5 %	D <sub>10</sub>	0,29710 mm
Sabbia	69,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	13,5 %	D <sub>30</sub>	0,81900 mm
Limo-Argilla	3,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	3,3 %	D <sub>50</sub>	1,52748 mm
				D <sub>60</sub>	2,30562 mm
				D <sub>90</sub>	18,03488 mm
Coefficiente di uniformità	7,76	Coefficiente di curvatura	0,98		



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	4,7500	72,37	0,1500	3,97				
38,1000	96,40	2,3600	60,57	0,0750	3,28				
25,0000	92,74	1,1900	43,94						
19,0000	90,62	0,5950	18,08						
9,5200	82,38	0,2970	10,00						





COMMITTENTE: DREAM - Dott. Andrea Bizzarri

RIFERIMENTO: Fosso Carestia - Castagneto Carducci (LI)

SONDAGGIO: Sez

CAMPIONE: 4

PROFONDITA': m

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	52,9	%
Sabbia	44,6	%
Limo-Argilla	2,5	%
D 10	0,611709	mm
D 50	5,637277	mm
D 60	9,997211	mm
D 90	32,173560	mm
Passante set. 10	32,0	%
Passante set. 42	7,2	%
Passante set. 200	2,5	%

**COMPRESSIONE**

σ	kPa
c <sub>u</sub>	kPa
σ <sub>Rim</sub>	kPa
c <sub>u Rim</sub>	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta	
C	kPa
φ	°
C <sub>Res</sub>	kPa
φ <sub>Res</sub>	°

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	φ <sub>d</sub>	°
C.U.	C' <sub>cu</sub>	kPa	φ' <sub>cu</sub>	°
	C <sub>cu</sub>	kPa	φ <sub>cu</sub>	°
U.U.	C <sub>u</sub>	kPa	φ <sub>u</sub>	°

**PROVA EDOMETRICA**

σ kPa	E kPa	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA**



**OSSERVAZIONI**

--

Tipi di campione: Massivo

Qualità del campione: Q 3

Posizione delle prove		cm	Rp	VT	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR		kPa	kPa		
		0				Ciottoli e sabbia Munsell Soil Color Charts : 10YR 4/4 marrone giallastro scuro
		5				
		10			10	



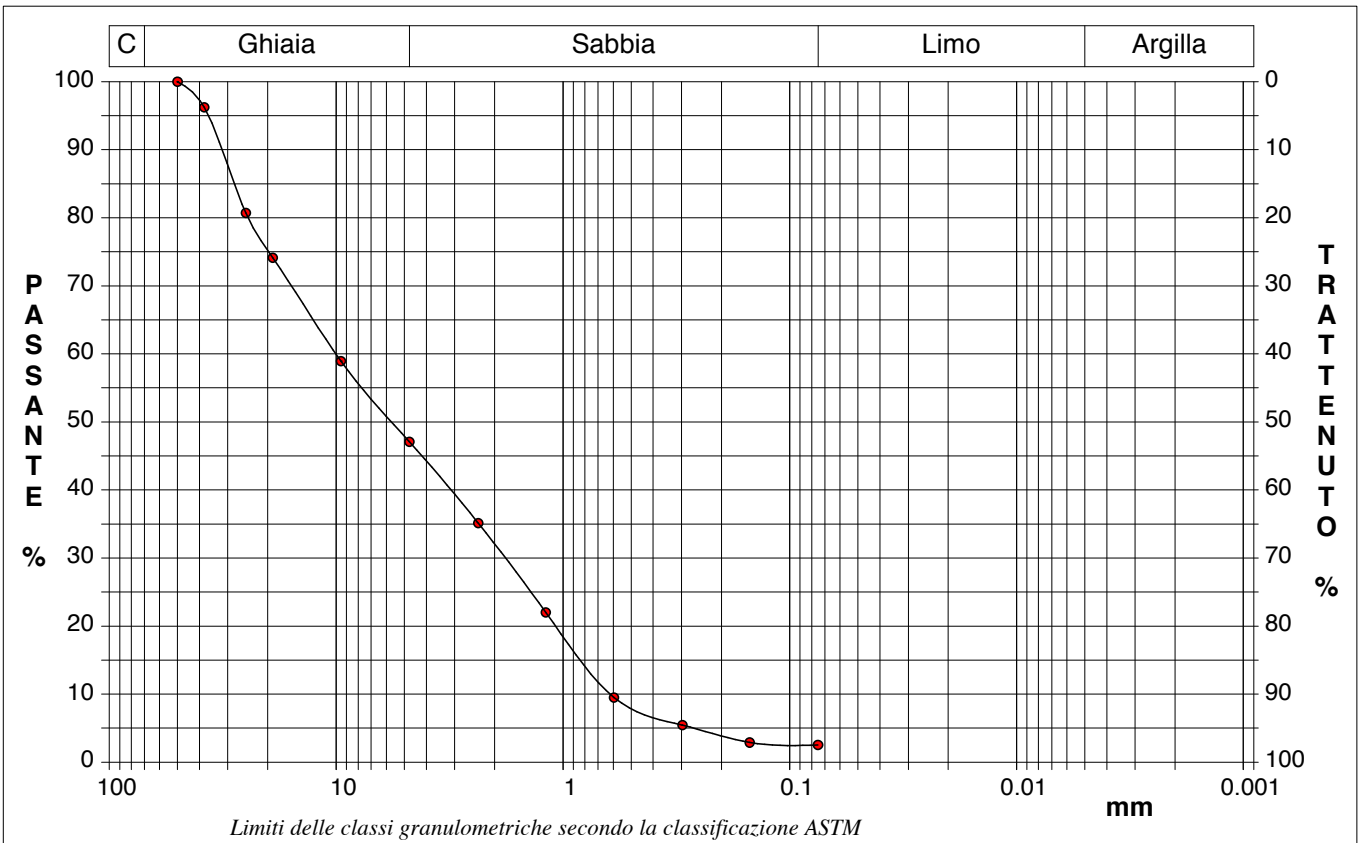
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03351</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/10/17	Inizio analisi: 17/10/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 359 del 05/10/17		Apertura campione: 09/10/17	Fine analisi: 19/10/17

COMMITTENTE: DREAM - Dott. Andrea Bizzari		
RIFERIMENTO: Fosso Carestia - Castagneto Carducci (LI)		
SONDAGGIO: Sez	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	52,9 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	32,0 %	D <sub>10</sub>	0,61171 mm
Sabbia	44,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	7,2 %	D <sub>30</sub>	1,80599 mm
Limo-Argilla	2,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	2,5 %	D <sub>50</sub>	5,63728 mm
Coefficiente di uniformità	16,34	Coefficiente di curvatura	0,53	D <sub>60</sub>	9,99721 mm
				D <sub>90</sub>	32,17356 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
50,0000	100,00	4,7500	47,08	0,1500	2,89				
38,1000	96,22	2,3600	35,12	0,0750	2,54				
25,0000	80,72	1,1900	22,01						
19,0000	74,11	0,5950	9,50						
9,5200	58,93	0,2970	5,43						