


REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI SOLERO E ALESSANDRIA e

RIVESTIMENTO ED AMMODERNAMENTO DELL'ASTA PRINCIPALE DEL CANALE DE FERRARI Stralcio Esecutivo IV Intervento Lavori di Rivestimento Canale Principale
RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E SISMICA
FASE DI PROGETTO ESECUTIVO

R.4

COMMITTENTE: CONSORZIO IRRIGUO "CANALE DE FERRARI"	per presa visione
PROGETTISTA: STUDIO STA INGEGNERIA	per presa visione

	rif. M18H
Il Tecnico Incaricato Dott. Geol. Marco Orsi Dottore di Ricerca in Scienze Ambientali Ordine dei Geologi del Piemonte n.287 via Nizza 7 - 15011 Acqui Terme (AL) tel.: 0144-321225 fax 0144-980163 cell:348-5835102 E-mail: studio@geolorsi.it	 Acqui Terme, giugno 2018

Premessa

Lo Scrivente è stato incaricato Consorzio Irriguo di miglioramento fondiario “Canale De Ferrari” di procedere agli studi geologici e geotecnici necessari ai sensi di legge, a supporto del progetto di rivestimento ed ammodernamento dell’asta principale del Canale De Ferrari - Stralcio Esecutivo IV Intervento.

L’area in esame è ubicata nei Comuni di Solero e Alessandria lungo il tracciato del canale De Ferrari

Lo Studio STA Ingegneria di è stato incaricato della Progettazione Generale dell’intervento.

La presente indagine è stata svolta ai sensi del D.M. 17/01/2018 “T.U. sulle Costruzioni”, per quello che riguarda la produzione dei modelli geologici e geotecnici di intervento nonché per la produzione della caratterizzazione sismica di sito.

Come previsto dalla vigente normativa si è anche fornito un quadro della pericolosità geomorfologica insistente sull’area e sulle modalità di gestione e minimizzazione della stessa alla luce della classificazione dell’area di intervento contenuta nei vigenti strumenti di gestione territoriale (P.R.G.C. ecc).

In considerazione dell’incidenza e della pericolosità delle situazioni progettuali evidenziate dai colloqui preliminari, delle condizioni al contorno e nel rispetto degli standard di lavoro previsti nella normativa di riferimento, l’indagine è stata articolata come segue:

- *sopralluoghi preliminari necessari a prendere visione dello stato dei luoghi e raccogliere tutta la documentazione occorrente nel mese di febbraio 2018;*
- *analisi di tutta la documentazione ed i dati pregressi prodotti dallo Scrivente sull’area, su aree contigue e/o assimilabili;*
- *analisi delle foto satellitari disponibili così come delle risorse GIS e WMS disponibili on line, integrata dall’analisi della documentazione geologica idrogeologica ed idraulica esistente a supporto dei vigenti strumenti urbanistici comunali;*
- *acquisizione delle risultanze di pregresse indagini eseguite dallo Scrivente su terreni analoghi a quelli presenti e ad essi ben assimilabili.*
- *pianificazione ed esecuzione di una campagna di indagine sui sedimenti interessati costituita dal rilievo di dettaglio delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del tracciato, integrata dall’esecuzione di una campagna di indagini geognostiche costituita da :*
 - *1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo*
 - *9 Prove Spt in foro*
 - *4 prove penetrometriche dinamiche continue con DPM30*
 - *5 Sondaggi Sismici Verticali SSV con il metodo dell’analisi dei microtrempi ambientali (H/V method)*

volti a ricavare il dato geologico-stratigrafico sulla verticale dei sedimenti di intervento ed a fornire una stima elastica del sito di intervento.

Si è infine proceduto ad una rielaborazione di tutto quanto emerso nel presente lavoro, arrivando a produrre una proposta per l’esecuzione dei lavori in progetto coerente con la situazione evidenziata dalle indagini eseguite; tale proposta contiene nello specifico sia le indicazioni per la Consorzio Irriguo “Canale De Ferrari”

*Rivestimento Ed Ammodernamento Dell’asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento*

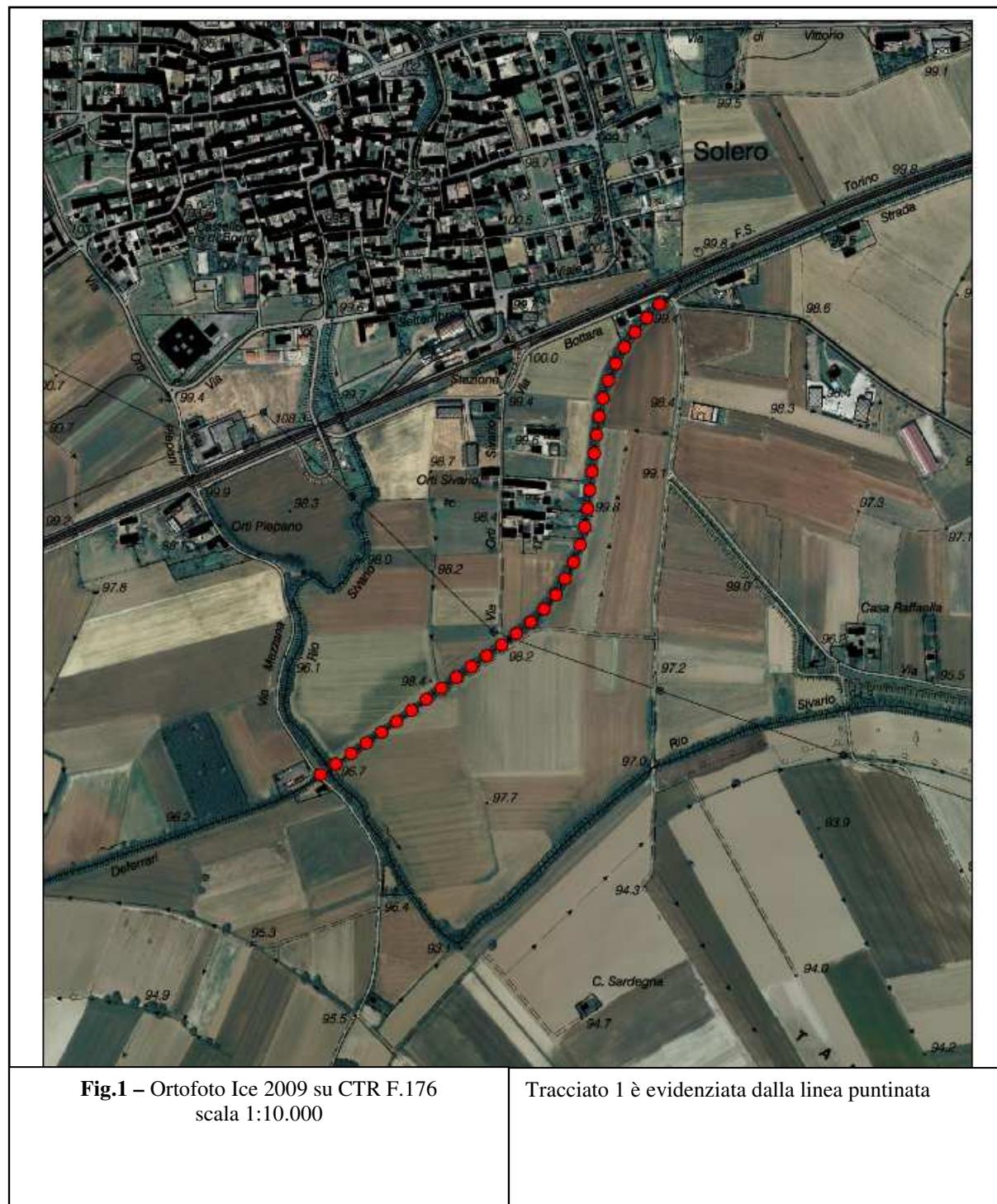
mitigazione della pericolosità geomorfologica puntuale insistente sull'area ai sensi della normativa geologica d'uso del territorio contenuta nel vigente P.R.G.C. che le indicazioni geologico geotecniche indispensabili alla progettazione di fase esecutiva ai sensi del disposto del D.M. 17/01/2018.

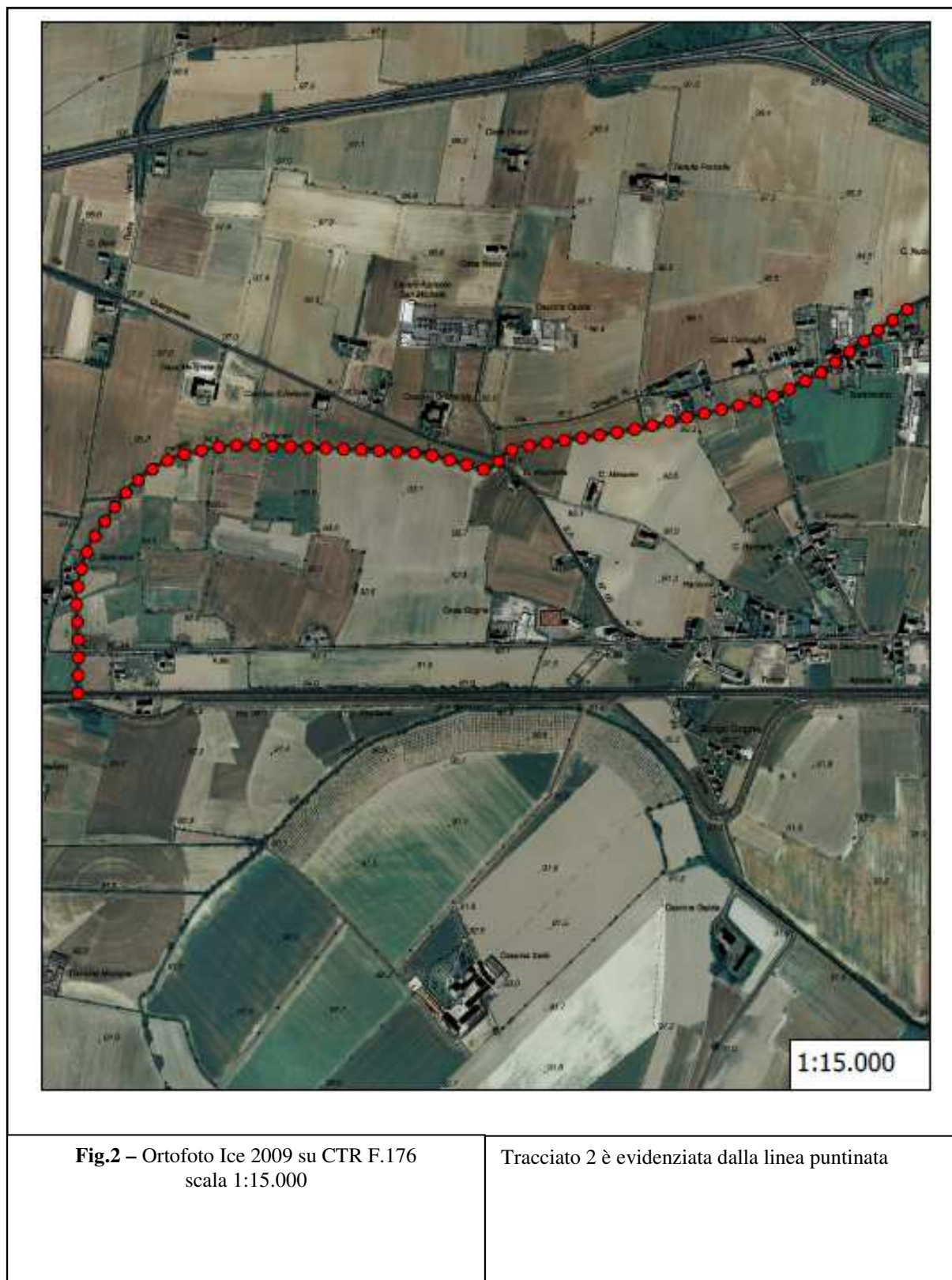
Inquadramento generale

Geomorfologia, geologia ed idrogeologia

Inquadramento geografico

Il sito in esame si trova nella pianura alessandrina tra i comuni di Solero e Alessandria ed è costituito da due tratti del canale De Ferrari come rappresentato in Fig.1 e Fig.2.





Geomorfologia

Si tratta di una porzione di territorio completamente pianeggiante in cui il Fiume Tanaro scorre con andamento pseudo-meandreggiante con direzione di deflusso SW-NE; nell'area sono estremamente evidenti rami abbandonati e meandri morti evidenziati anche dalle coltivazioni di cui uno è evidentissimo dalla ripresa aerea immediatamente a monte della traversa in esame e addirittura viene riportato come corso d'acqua ancora in qualche maniera attivo sulla carta geologica di Fig. 4

L'idrografia di superficie generale si esplica secondo una direzione preferenziale SW-NE, seguendo la valle principale del Tanaro con una serie di affluenti di prim'ordine che confluiscono ortogonalmente dopo cammini sostanzialmente brevi e solitamente ben incisi.

La valle nel suo intero è costituita da una ampia parte planiziale di fondo valle costituente l'alveo di piena ordinaria e straordinaria del Tanaro, posto a una quota di 96 m s.l.m., e da una prima serie di terrazze che si elevano debolmente ponendosi, ad una quota di ca. 100 m s.l.m.; esse sono poi seguite da una seconda serie di terrazze chiaramente relitte sui 110-112 m s.l.m. laddove si sono sviluppati i centri abitati esistenti.

Analisi geomorfologica

I siti in esame si collocano al limitare delle zone di esondazione straordinaria di Tanaro così come confermato dalla loro classificazione ex P.S.F.F. al limitare della fascia B per il Tratto 1 e entro la fascia C per il Tratto 2 come qui rappresentato in cartografia PAI.

Non si segnalano fenomeni dissestivi cartografati in corrispondenza del sito così come rappresentato in dato SiFrP reg Piemonte e nella Carta di Sintesi del PRG Comunale.

Dal rilievo di campagna non si rilevano altre criticità geomorfologiche evidenziabili in prossimità del tracciato ad esclusione dei sopracitati gradini morfologici; non si rilevano quindi limitazioni e/o cautele per la realizzazione delle opere in progetto.

Geologia

Il sito appare caratterizzato dalla presenza di depositi di chiara origine alluvionale attuali degli alvei del Fiume Tanaro ed alluvioni di tipo a^{1fl^3} , che si presentano come alluvioni prevalentemente argillose, appartenenti in parte alle alluvioni postglaciali, in parte al Fluviale recente; ove è presente un terrazzo questo separa localmente le prime dal secondo; altrove la distinzione è difficile (cfr. Carta Geologica d'Italia – Foglio 69 “Asti”).

Alla base di queste coltri possono riscontrarsi livelli metrici o lenti di termini grossolani, ascrivibili alle terrazze relitte del Fiume Tanaro o eventualmente a depositi di conoide di fondo valle, al disotto di questo primo livello piuttosto superficiale, l'area è caratterizzata da un orizzonte di elevata potenza caratterizzato da depositi alluvionali fini compatti impermeabili.

Per quanto attiene alla compattezza delle coltri, essa è da ritenersi variabile sia in dipendenza della granulometria che dello stato di addensamento dei materiali; la potenza di queste coltri così come i loro parametri geomeccanici non sono stimabili da un esame di superficie.

Il substrato litoide di questi orizzonti di elevata potenza risulta essere la base della Sabbie di Asti di età Villafranchiano (cfr. Carta Geologica d'Italia in Fig.3) che si presenta prevalentemente in facies di alternanze sabbioso argillose.

Idrogeologia

Le successioni in oggetto sono sede di un sistema acquifero multilayer in cui i livelli a predominanza grossolana sono sede di scorrimento preferenziale mentre i livelli più francamente limo argillosi funzionano da isolamento tra due livelli consequenziali.

Solitamente la falda più superficiale si configura come a pelo libero e si trova compresa tra soggiacenze di alcuni m e alcune decine di m rispetto al locale p.c. mentre quelle più profonde si susseguono con intercalazioni tra i pochi m e le decine di m a seconda dello spessore dei livelli impermeabili che le dividono.

Inoltre per le coltri in esame restano possibili fenomeni di saturazione temporanea immediatamente dopo periodi di intense precipitazioni atmosferiche che portano ad un sensibile scadimento delle caratteristiche dei materiali.

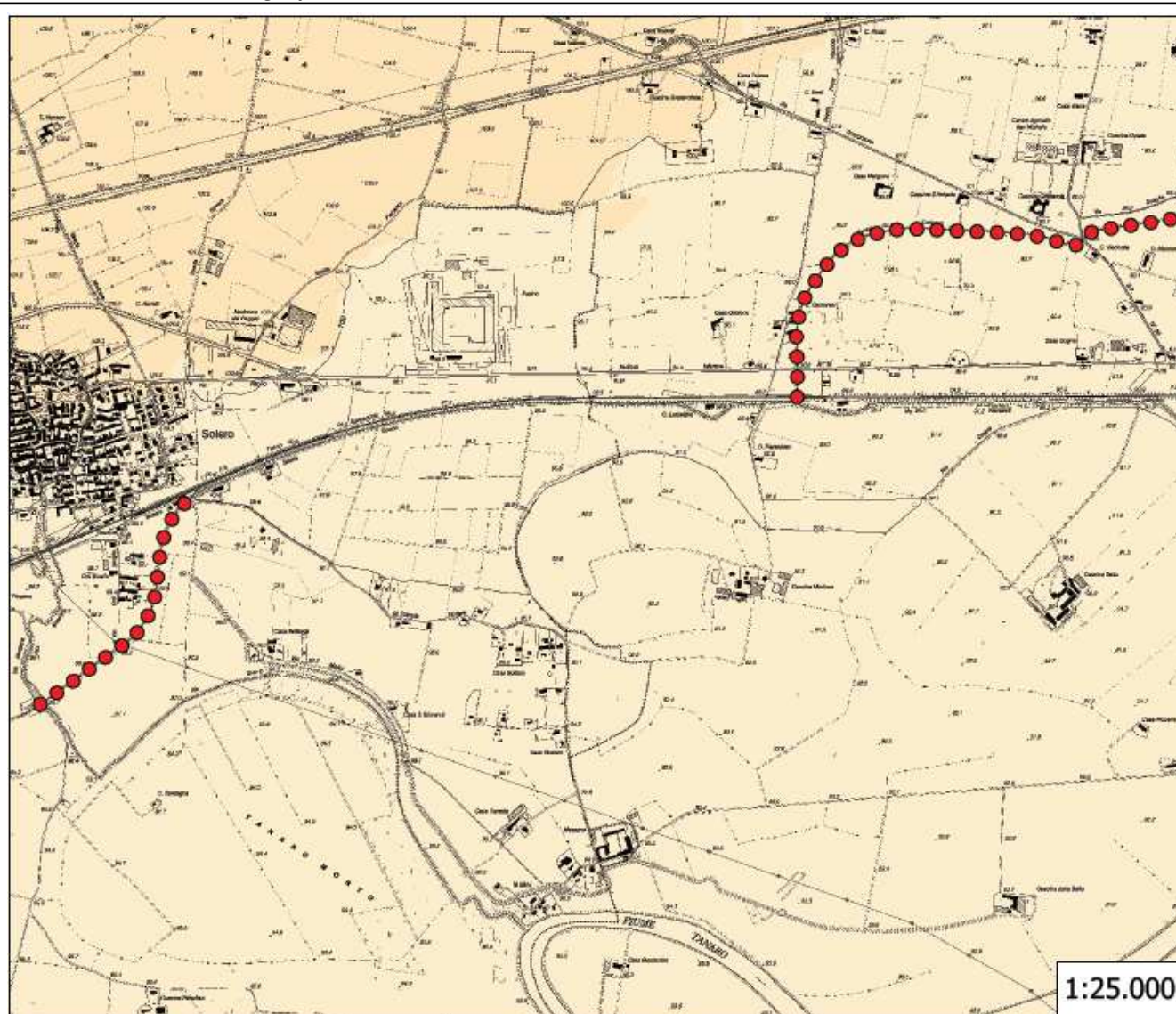
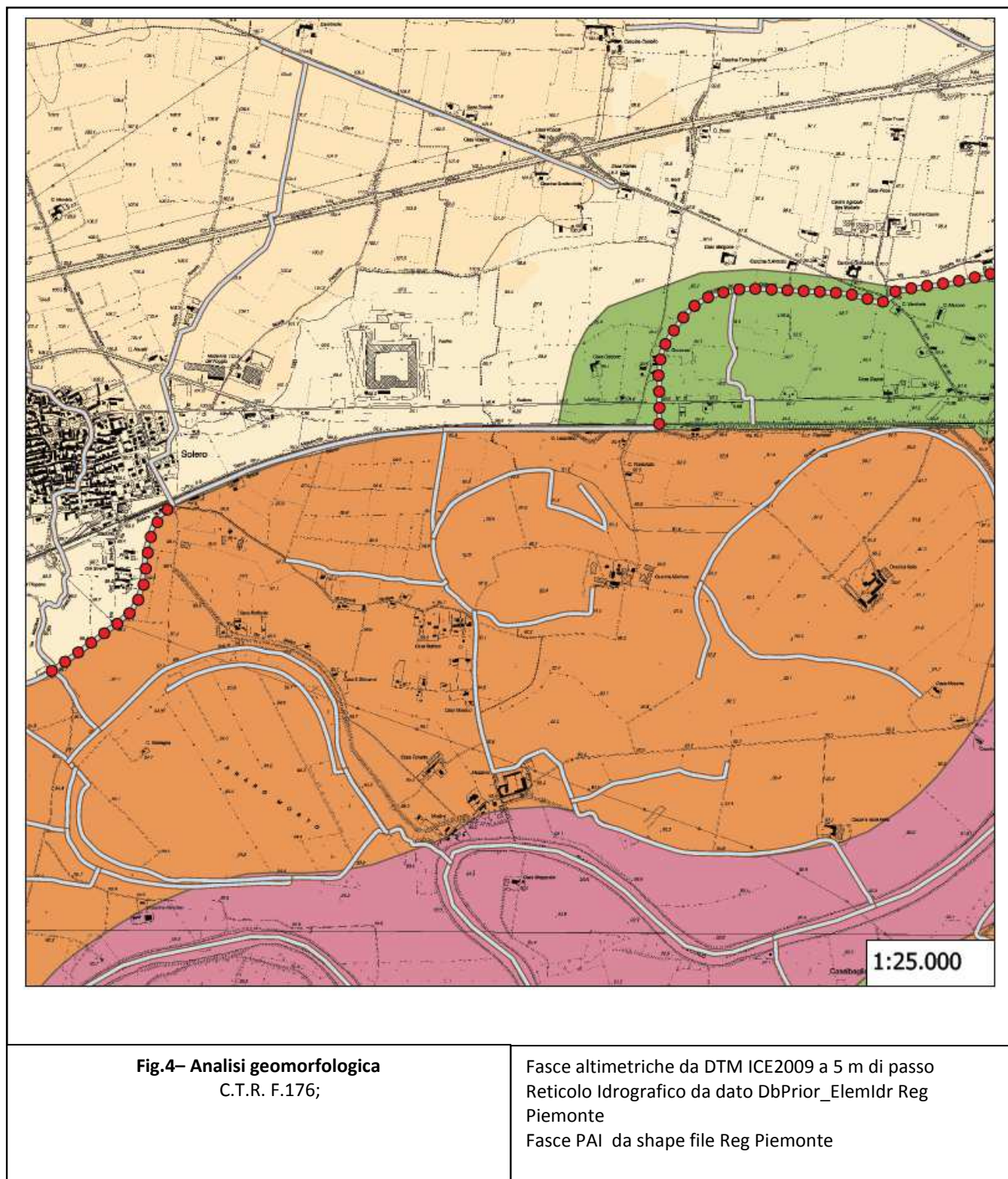
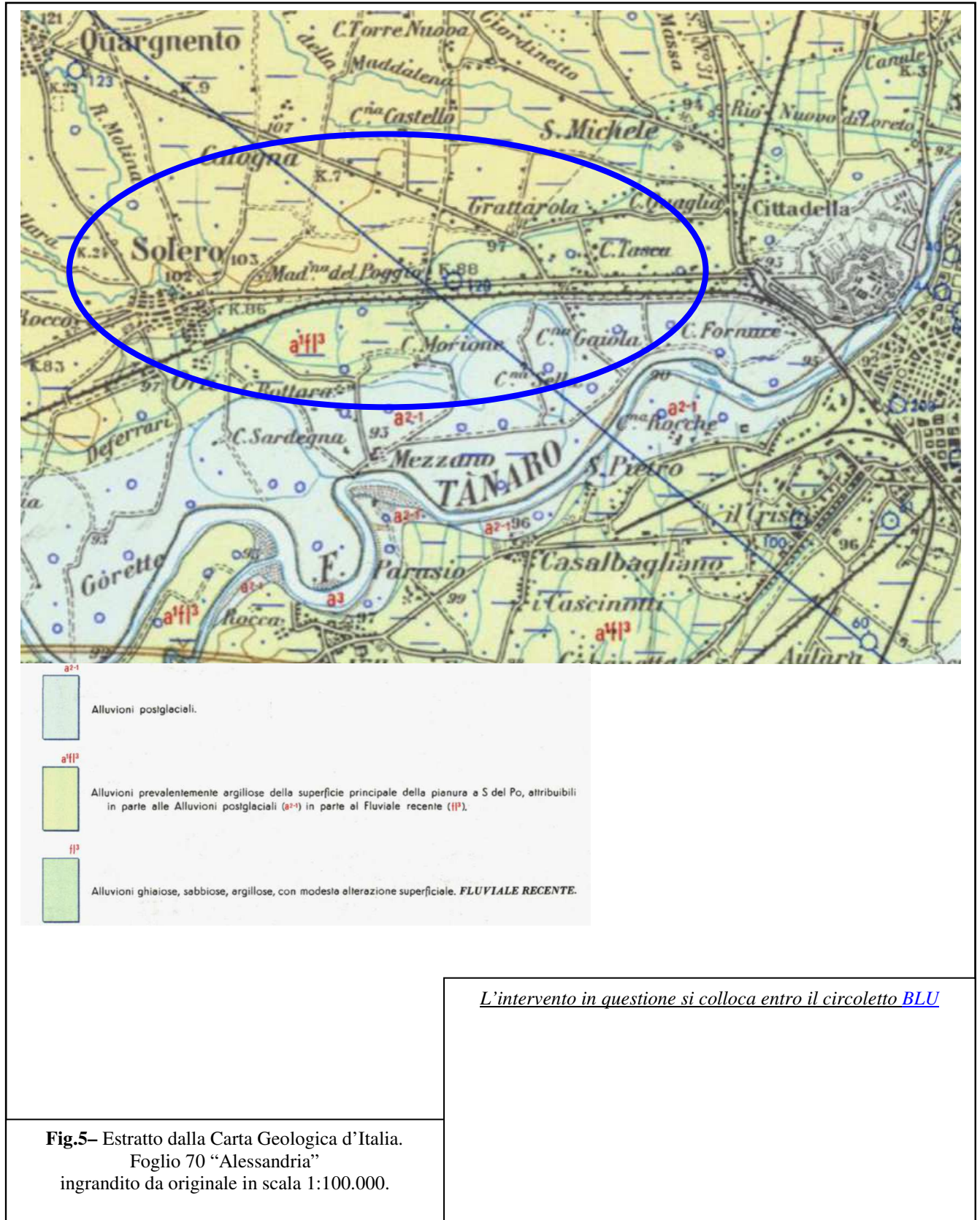
Documentazione cartografica

Fig.3– Analisi geomorfologica
C.T.R. F.176;

Fasce altimetriche da DTM ICE2009 a 5 m di passo
Reticolo Idrografico da dato DbPrior_Elemldr Reg
Piemonte





Fattibilità Normativa

Negli intendimenti progettuali vi è in progetto la realizzazione di una nuova rotonda stradale su via O. Riccadonna all'altezza dell'intersezione con la SP 6 proveniente da Cassinasco.

Vincolo idrogeologico

L'area non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 30/12/1923.

Normativa geologica del vigente P.R.G.C.:

Il vigente P.R.G.C. inserisce la zona in cui si svilupperà l'intervento in Classe II nella "Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" ovvero in Porzioni di territorio in condizioni di medio bassa pericolosità geomorfologica legata a dinamiche di versante.

L'intervento in esame risulta dunque pienamente assentibile ai sensi della vigente normativa di gestione territoriale.

Progettazione geologico geotecnica e minimizzazione del rischio idrogeologico

Per quello che riguarda le tipologie fondazionali previste si è fornita una prima valutazione su una tipologia fondazionale concordata con la Progettazione Generale dell'opera sulla scorta delle risultanze delle indagini dirette più avanti discusse.

A partire da queste tipologie fondazionali verranno fornite in prima battuta indicazioni sulla tensioni trasferibile dalla struttura ai terreni sottostanti ricavandole dalle risultanze di indagine più avanti esplicitate.

La presente Relazione Geologica e Geotecnica si pone quindi quale strumento esecutivo per la realizzazione del progetto in parola ai sensi del disposto T.U. 14/01/2008 NTC08.

Piano di indagine

Si è proceduto ad una campagna di accertamenti geognostici così strutturata:

- 1) rilievo di dettaglio delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito;
- 2) analisi e studio di indagini di dettaglio pregresse eseguite dallo Scrivente in aree limitrofe al sito in esame o ad esso ben assimilabili;
- 3) esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo c.c. per 10 m di profondità zona sifone Rio Civario;
- 4) posa di un piezometro a tubo aperto nel foro di sondaggio;
- 5) esecuzione di misure di soggiacenza della superficie piezometrica nei giorni immediatamente successivi al sondaggio;
- 6) esecuzione di 5 prove Standard Penetration Test SPT a determinare le caratteristiche meccaniche degli orizzonti alluvionali attraversati;
- 7) esecuzione di 4 prove DPM 30 lungo il tracciato di intervento a validare lateralmente i risultati del sondaggio S1;
- 8) esecuzione di 5 Sondaggi Sismici Verticali, mediante una tecnica di nuovissima concezione (analisi dei microtrempi ambientali H/V method) ad estendere in profondità le risultanze delle prove dirette e a fornire una prima stima sulla caratteristiche elastiche dei terreni interessati.

Le risultanze delle indagini eseguite

Premessa

Tutte le schede e i diagrammi relativi alle prove eseguite sono disponibili in allegato; per tutti i riferimenti di quota si è utilizzato il livello del piano campagna (p.c.) al momento dell'esecuzione delle indagini e prima di qualsiasi interventi di sbancamento e/o riporto così come riportato nelle foto allegate alla presente e come rilevato nelle planimetrie di Stato di Fatto (cfr. documentazione progettuale).

Rilievo di campagna

Dal rilievo di dettaglio si è evidenziato come non sono emerse problematiche geomorfologiche attive a carico del sito in esame oltre a quelle evidenziate nella cartografia geologica di PRG; l'unica criticità riscontrabile può essere eventualmente rappresentata dall'oscillazione della falda superficiale sino a quote prossime alla superficie topografica e conseguente saturazione dei terreni superficiali.

Tale problematiche non sono trascurabili, ma saranno comunque affrontate e gestite a livello esecutivo alla luce delle misure piezometriche più avanti esposte.

Sondaggio a Carotaggio Continuo

In prossimità del sito di prevista realizzazione del sifone è stato realizzato un sondaggio a carotaggio continuo S1 che ha permesso di evidenziare le seguente stratigrafia

Dott. Geol. Marco Orsi C.so Viganò 5 – Acqui Terme AL Scheda Stratigrafica			
<u>Cantiere</u>	Solero – Rio Civario		
<u>Sondaggio</u>	S1		
<u>data</u>	19/03/2018		
	21/03/2018		
<u>Profondità</u>	<u>Stratigrafia</u>	<u>Spt</u>	<u>Piezometro 2"</u>
0			
	<u>Limo deb argilloso sabbioso da molle a molto molle - asciutto – con inclusi laterizi centimetrici – marroncino in superficie poi grigiastro</u>	Spt 1 -3.40 1-1-2	
<u>-4.15</u>			21/03/18 -4.45 m
	<u>Limo argilloso molto molle - umido – con radi inclusi laterizi centimetrici – marronastro beige</u>	Spt 2 -4.90 2-2-2	08/06/18 -4.50
<u>-5.10</u>			----- ----- --
	<u>Sabbia fine debolmente limosa sciolta poi addensata in profondità – satura – incluso rado ghiaietto con quarzo prevalente, clasti arrotondati subsferici.</u>	Spt 3 -6.20 2-2-2 Spt 4 -7.80 6-13-14	
<u>-8.50</u>			
	<u>Sabbia con ghiaia minuta sciolta passante (-9 m) a moderatamente addensata – colore grigiastro passante a marrone ruggine.</u>	Spt 5 -9.00 5-5-6	
<u>-10.00</u>	<u>fondo foro</u>		
<u>Geol.</u>	Dott. Geol. Marco Orsi		
<u>Resp. Perf.</u>	Dott. Geol. C. Orsi		

Fig.6 – Stratigrafia Sondaggio S1



Foto – Sondaggio S1 cassette 1-2 da 0 a -10 m dal p.c.

Misure Piezometriche

Nel piezometro così realizzato è stata misurata una soggiacenza di falda pari a -4.45 m rispetto al locale p.c. in data 21 marzo 2018.

Ad una misura di controllo del 8 giugno 2018 tale dato è stato confermato con una soggiacenza di -4.50 m dal locale p.c.

Data la tipologia dell'acquifero interessato, è logico attendersi una risalita della superficie piezometrica anche a quote più prossime alla superficie orografica in caso di periodi di intense ricariche alla falde.



Foto – Sondaggio S1 – postazione

Prove Spt

Ne l foro di sondaggio si sono eseguite 4 prove Standard Penetration Test SPT a punta chiusa i cui risultati sono riassunti nella tabella a seguire

	Profondità	Risultati	Nspt adottato
Spt 1	- 3.40 m	1-1-2	3
Spt 2	- 4.90 m	2-2-2	4
Spt 3	- 6.20 m	2-2-2	4
Spt 4	- 7.80 m	6-13-14	27
Spt 5	- 9.00 m	5-5-6	11

Tab.1- SPT Risultati**Prova penetrometrica dinamica SPT (Standard Penetration Test)**

La prova SPT si esegue durante la perforazione. Consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

Durante la prova si misura:

- N_1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N_2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;
- N_3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$N_{SPT} = N_2 + N_3$$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

- Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- maglio di acciaio di 63.5 kg;
- dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0.76 m;
- centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna.
- campionatore standard (detto Raymond dalla società che lo ha introdotto per prima). Si tratta di un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm.
- nei terreni ghiaiosi la scarpa del carotiere viene sostituita da una punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°.

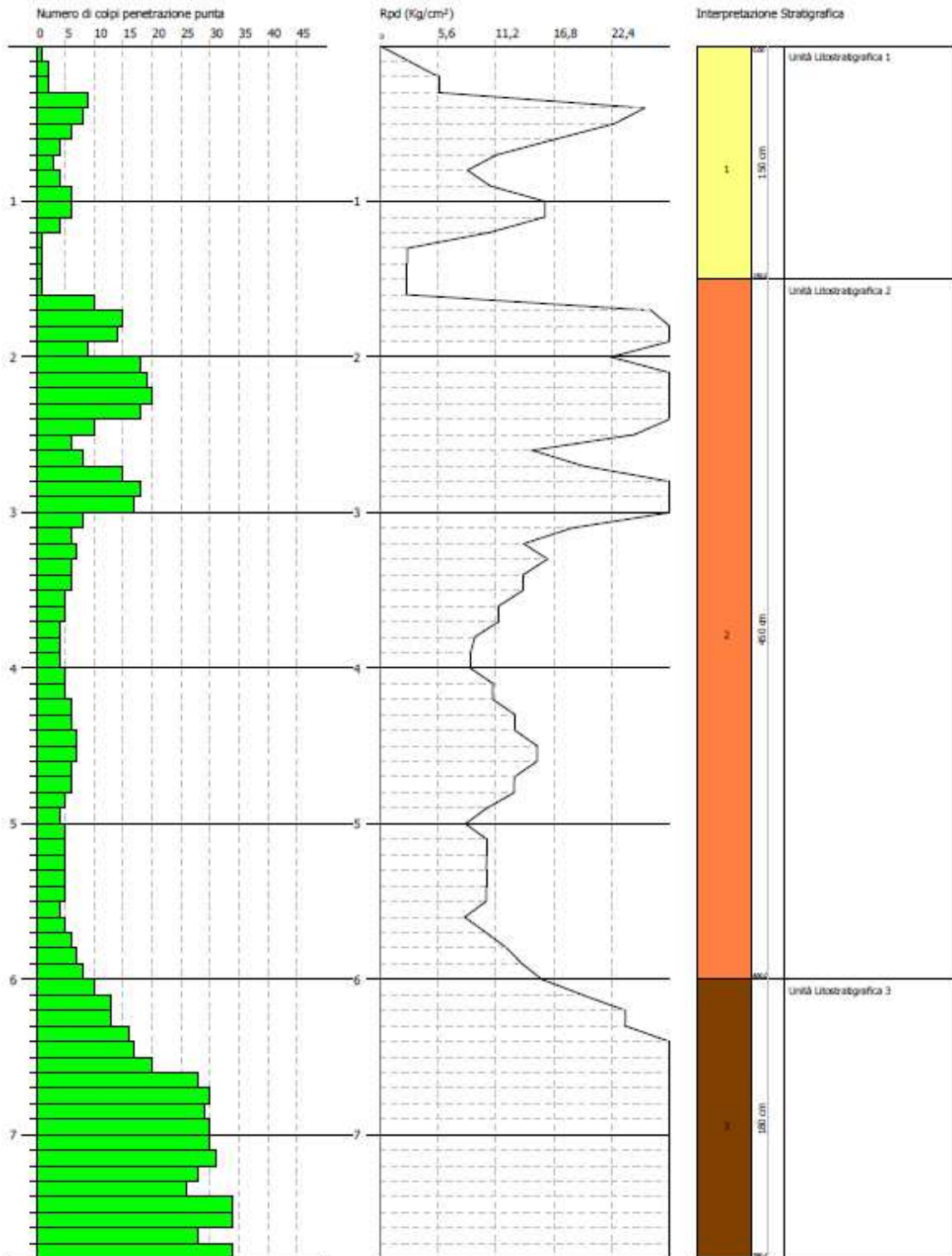
Prove Penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPM (DL030 1.0) (Medium)

Committente: Consorzio Canale De Ferrari
Cantiere: IV Lotto Rivestimento Canale
Località: Soano

Data: 07/03/2018

Scala 1:35



Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

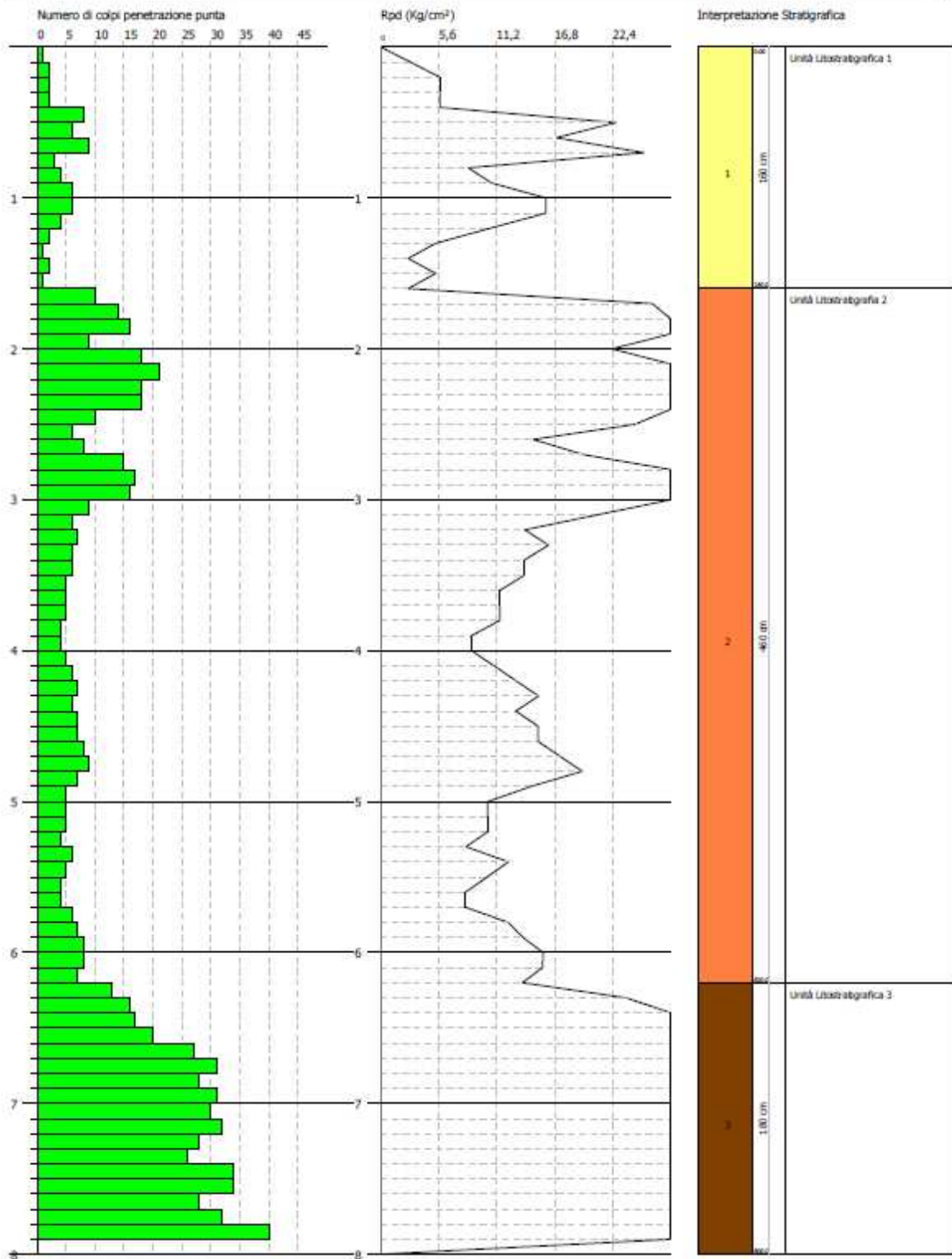
Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Consorzio Canale De Ferrari
Cantiere: IV Lotto Rivestimento Canale
Località: Solero

Data: 07/03/2018

Scala 1:36



Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

Sondaggi Sismici Verticali SSV - metodo

I rilievi sismostratigrafici eseguiti hanno utilizzato una tecnica di nuovissima concezione e di ancor più recente applicazione in Italia, che è quella dell'analisi dei microtremori ambientali (cfr scheda esplicativa sul metodo in allegato).

Nello specifico si tratta di eseguire una misura delle minime oscillazioni naturali sempre presenti nella crosta terrestre perché indotte dall'azione di vento, maree ecc., e di andarne a studiare il rapporto tra le componenti orizzontali e verticali di tale moto.

Tale misura è tutt'altro che semplice complice le ridottissime energie e i minimi spostamenti da misurare, ed a tale scopo si utilizza un tromografo digitale ad altissima sensibilità appositamente progettato.

In estrema sintesi la tecnica H/V mette in relazioni le variazioni del rapporto alle varie frequenze tra la componente orizzontale e verticale dei microtremori ambientali, con le variazioni litostratigrafiche che si incontrano nel sottosuolo al di sotto del punto di misura e fornisce così un indicazione litostratigrafica al di sotto del punto di misura.

Laddove il rapporto H/V ha un picco si ha una variazione di litologia che è tanto più marcata tanto più grande è il picco in questione.

Il passo ulteriore è mettere in rapporto la frequenza a cui avviene questo passaggio con la sua profondità (inversione) operazione questa usualmente eseguita o tramite punti di taratura noti nelle vicinanze del sito di indagine o tramite programmi appositi che sfruttano tecniche di regressione matematica.

Sondaggi Sismici Verticali SSV - risultati

Nel sito indagato è stato eseguito 1 Sondaggio Sismico Verticale SSV1 presso la prova penetrometrica P1, sempre all'interno dell'area oggetto di intervento.

I grafici delle misure eseguite in SSV1 sono riportati nelle Fig.6, ove è possibile vedere l'analisi del rapporto H/V alle varie frequenze di interesse, mentre le schede di prova in esteso secondo le linee guida del progetto europeo Sesame sono riportate in allegato.

Si noti bene che in assenza di un punto di taratura diretta in situ le profondità che verranno qui di seguito esposte sono suscettibili di un errore di $\pm 10\%$.

M18H CANALE DE FERRARI SSV, SSV1

Le tre misure eseguite mostrano una situazione estremamente omogenea priva di chiare strutture di risonanza ad indicare l'assenza per la zona in esame di un vero e proprio bedrock sismico risonante per le profondità indicate da normativa come di interesse

Tale struttura messa in relazione con le risultanze stratigrafiche del sondaggio S1 e di altre misure effettuate dallo Scrivente in ambiti litostratigrafici comparabili ci consente di attribuire al primo livello di materiali alluvionali sciolti una $V_{s30} = 350 \text{ m/s} \pm 15 \text{ m/s}$

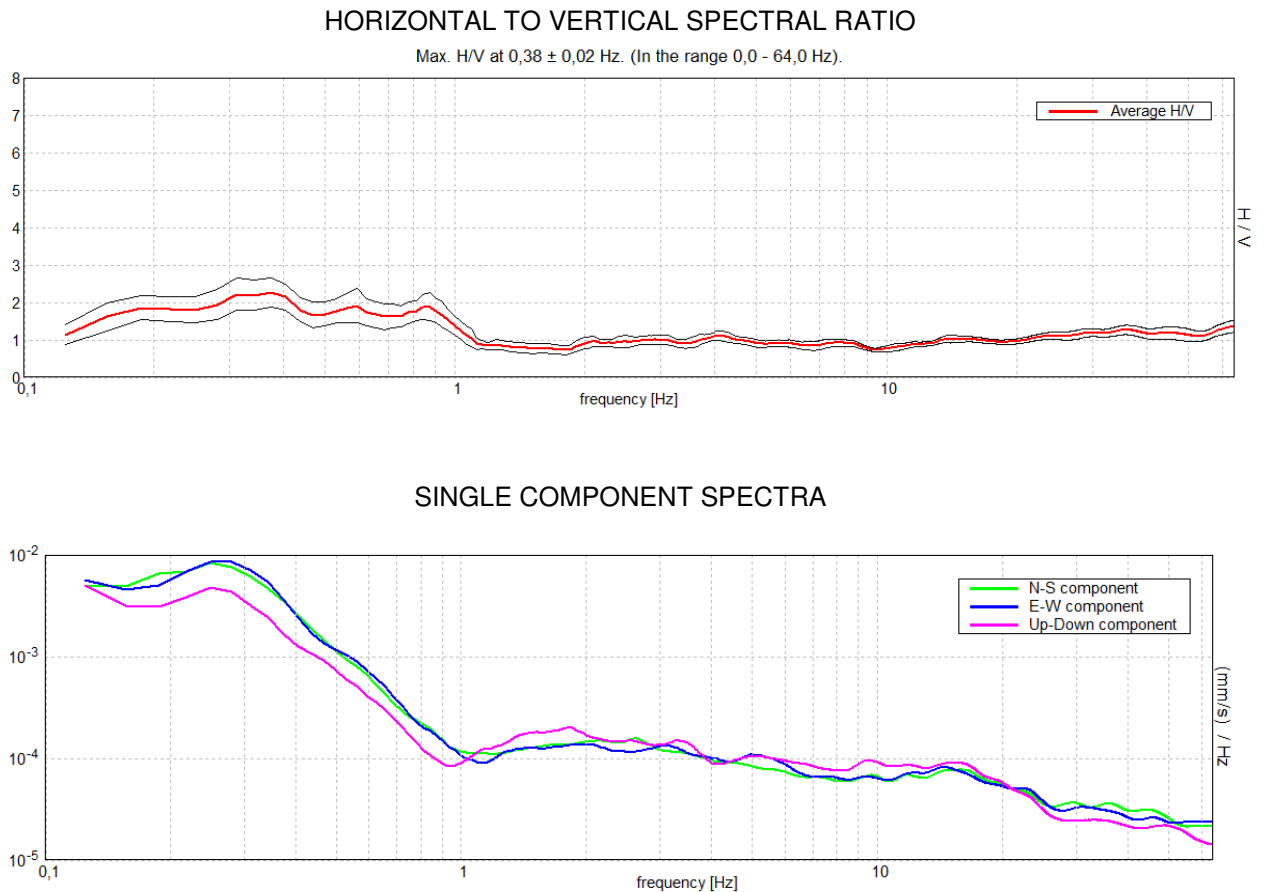


Fig. 7– SSV1 - Grafico del rapporto H/V alle frequenze d'interesse.
La freccia nera indicano le frequenza di risonanza principali discusse nel testo

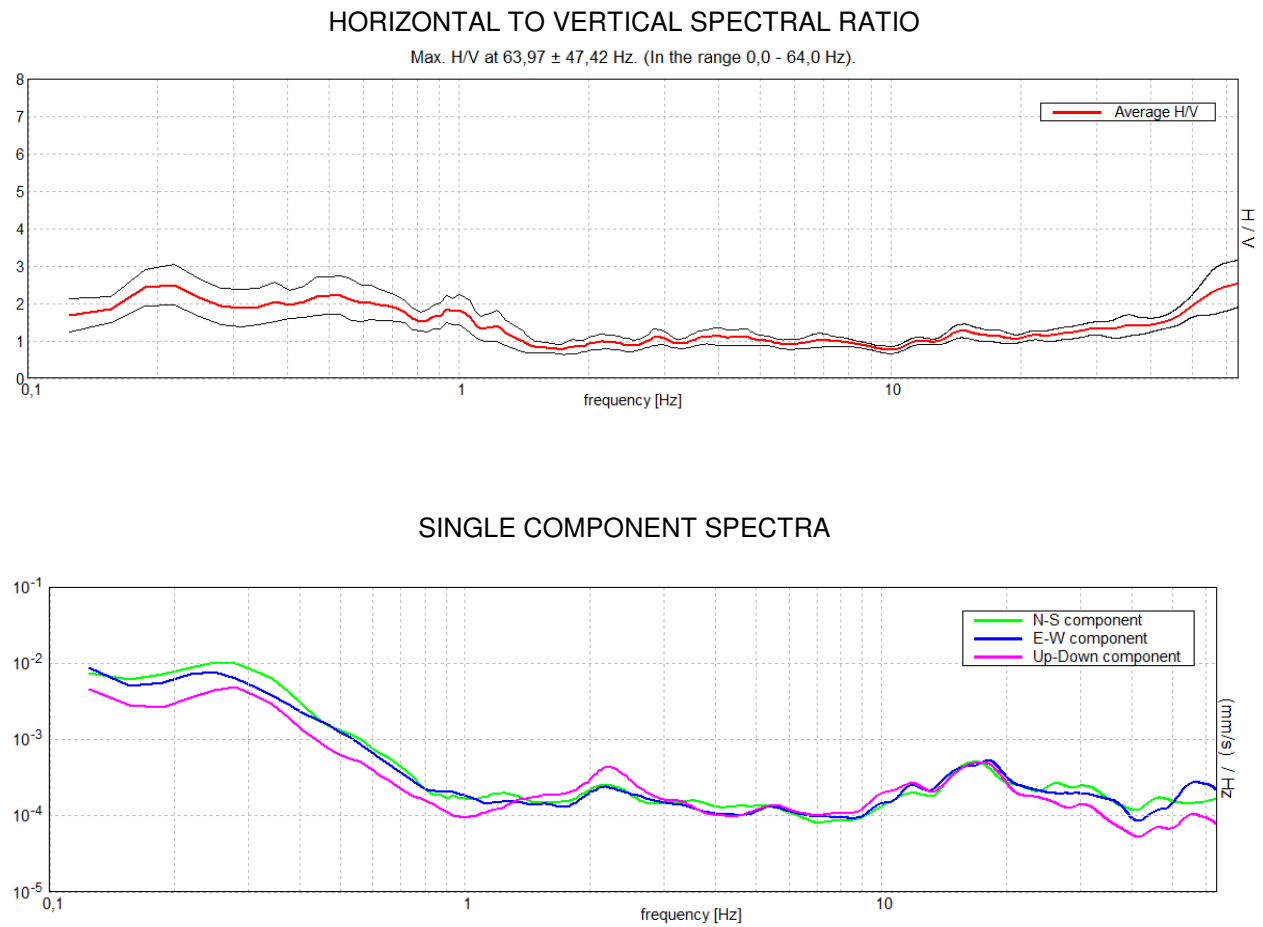
M18H CANALE DE FERRARI SSV, SSV2

Fig. 8– SSV2 - Grafico del rapporto H/V alle frequenze d interesse.
 La freccia nera indicano le frequenza di risonanza principali discusse nel testo

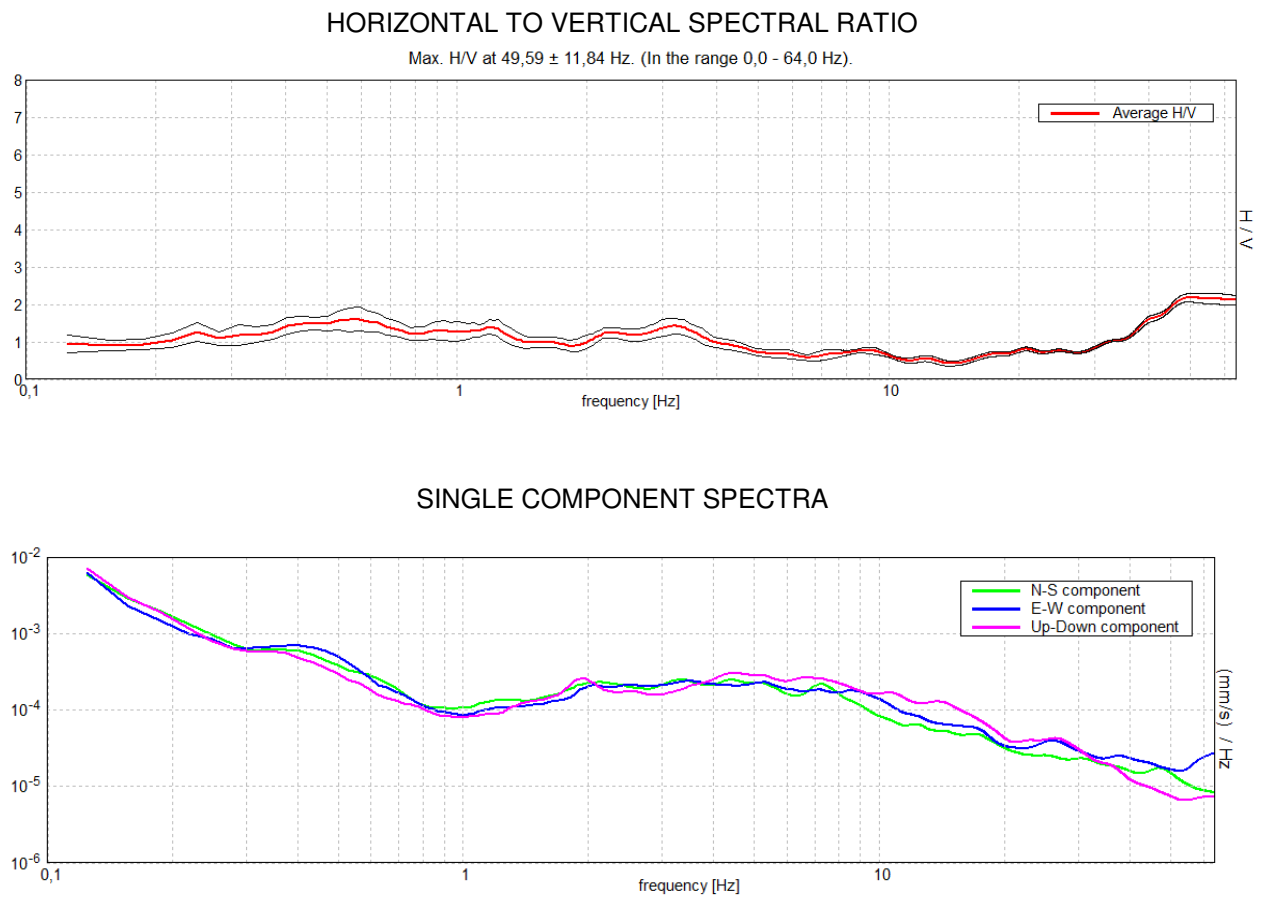
M18H CANALE DE FERRARI SSV, SSV3

Fig. 9– SSV3 - Grafico del rapporto H/V alle frequenze d'interesse.
La freccia nera indicano le frequenza di risonanza principali discusse nel testo

Caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica ed idrogeologica dei terreni*Zona Rio Civario**Suddivisione litostratigrafica*MODELLO GEOLOGICO ex T.U. 14/01/2008

	0.00 m	
Unità Litostratigrafica 1 <i>Coltri alluvionali fini a scarsa consistenza eventualmente frammisti a scarsi riporti antropici in superficie orizzonte basale più grossolano e sede di falda</i>		
	- 6.00 m	
Unità Litostratigrafica 2 <i>Coltri alluvionali medio grossolane addensate Sede di falda</i>		
	> 30 m	

Tab.1 Modello Geologico

Situazione piezometrica dei luoghi

Dalle osservazioni effettuate è stata riscontrata la presenza una falda acquifera freatica di tipo permanente a ca – 4.50 m dal locale p.c., quota potenzialmente interferente con la realizzazione delle opere fondazionali in progetto.

Per le coltri in esame restano inoltre possibili fenomeni di saturazione temporanea immediatamente dopo periodi di intense precipitazioni atmosferiche che possono portare a sensibili scadimenti delle condizioni di compattezza dei materiali.

Caratterizzazione geotecnica degli orizzonti attraversatiMODELLO GEOTECNICO ex T.U. 14/01/2008 in termini di parametri caratteristici Fk

Da questi valori di prova, in base alle formule di uso comune disponibili in letteratura, si possono assegnare alle coltri in esame, i seguenti parametri meccanici, relativi a terreni di tipo granulare, così come desunti da Meyerhof, ed i corrispondenti valori dei fattori di capacità portante di Terzaghi (N_c , N_q , ed N_γ) così come calcolati da Vesic (1975) e ripresi da Lancellotta (1987); la densità relativa del materiale D_r calcolata sulla base dei valori di N_{spt} e delle pressione geostatica verticale efficace σ'_{v0} ed il Coef. di sottofondo k Winkler (NAVFAC-DM1 1986) per una fondazione standard larga 1 m; in ultimo si noti bene che nei terreni granulari la coesione efficace c' viene sempre posta cautelativamente pari a 5 kPa quale 5° percentile inferiore delle coesioni efficaci misurate dallo Scrivente in laboratorio, per terreni analoghi a quello qui esaminato.

Unità litostratigrafica 1 - coltri alluvionali fini a medio bassa consistenza

$\langle N_{spt} \rangle \cong 3,57$ $\langle R_{pd} \rangle \cong 12,72$ da cui:

γ $\cong 17 \text{ kNt/m}^3$	$\Phi = 22.83^\circ$	$c' = 0 \text{ kPa}$
$N_c = 17.84$	$D_r = 50\%$	$K \text{ Winkler} = 0,70 \text{ kg/cm}^2$
$N_q = 8.51$		
$N_\gamma = 8.01$		

Unità Litostratigrafica 2 - Coltri alluvionali medio grossolane addensate, sede di falda

$\langle N_{spt} \rangle = 15$ $\langle R_{pd} \rangle = 50 \text{ kg/cm}^2$

da cui in condizioni drenate:

$\gamma \cong 20 \text{ kNt/m}^3$	$\Phi = 27^\circ$	$c' = 5$
$N_c = 23,94$	$D_r = 45 \%$	$K \text{ Winkler} = 2 \text{ kg/cm}^3$
$N_q = 13,20$		
$N_\gamma = 14,47$		

Sismicità dell'area

Opcm 3274/03

Il Comune in esame ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/2003 viene classificato **sismico in Zona 4**.

Il 21 maggio 2014 la Giunta Regionale ha approvato una delibera di aggiornamento ed adeguamento delle zone sismiche del Piemonte. La nuova mappatura sismica conferma per il Comune in esame comunque la Zona Sismica 4 mentre per il limitrofo comune di Alessandria ove termina il presente intervento si passa alla zona Sismica 3

Opcm 3519/06

la seguente dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 24/04/2006 individua i valori di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale su di apposita cartografia prodotta dall'INGV - griglia di riferimento pari a 0.05° poi infittita a 0.02° - espressi in termini di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi.

Tale cartografia per il sito in esame fornisce il seguente valore:

Accelerazione del suolo, riferita a suoli rigidi ***0.025-0.050 g*** con probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni

Classificazione sismica di sito

Vs30

Dalle indagini eseguite si è potuta stimare una

$Vs30 \approx 350 \text{ m/s} \pm 15$

Vs media delle coltri presenti

Dalle indagini eseguite si è potuta misurare una Vs media riferita al primo livello stratigrafico di Unità Litrostratigrafica 1

$\langle Vs \rangle = 120 \text{ m/s}$

Frequenza di risonanza specifica dei terreni

L'analisi del tracciato della curva H/V non mostra chiaramente serie di strutture di risonanza dei terreni investigati

Controllo Stratigrafico e Topografico ex NTC08

Nelle NTC08 la definizione dell'azione sismica è valutata in primis in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (cat. A) e superficie orizzontale (Cat. T1) così come ricavabile dalla Opcm 3519/06.

Viene poi introdotta la necessità di valutare sia la categoria stratigrafica di sottosuolo che le condizioni stratigrafiche di sito (Tab. 3.2.II, III e IV NTC08) intesi come modificatori della risposta sismica orizzontale mentre per le Zone 3 e 4 quali quelle in esame si esclude esplicitamente l'esame delle componenti verticali.

Controllo Stratigrafico e Topografico ex NTC08

Nelle NTC08 la definizione dell'azione sismica è valutata in primis in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (cat. A) e superficie orizzontale (Cat. T1) così come ricavabile dalla Opem 3519/06.

Viene poi introdotta la necessità di valutare sia la categoria stratigrafica di sottosuolo che le condizioni stratigrafiche di sito (Tab. 3.2.II, III e IV NTC08) intesi come modificatori della risposta sismica orizzontale mentre per le Zone 3 e 4 quali quelle in esame si esclude esplicitamente l'esame delle componenti verticali.

In rapporto a tali classificazioni la zona oggetto di intervento può essere classificata come **categoria C**

NTC08 - Tabella 3.2.II e V – Categorie di sottosuolo e massimo valore corrispondente di S_s

Categoria	Descrizione	Max coef. di Amplificazione Stratigrafica S_s
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.	1.0
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).	1.20
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).	1.50
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).	1.80
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).	1.60

Mentre considerate le caratteristiche topografiche l'area può essere classificata **Categoria T1**

NTC08 - Tabella 3.2.IV e VI – Categorie topografiche e Valore del coef. di amplificazione

Categoria	Descrizione	Coef. di Amplificazione Topografica St
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4
Note applicative		
a)	le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m	
b)	le suesposte categorie topografiche si riferiscono a ubicazioni in prossimità della sommità o della cresta mentre il coef. di amplificazione topografica decresce linearmente con l'altezza del pendio fino a diventare pari all'unità alla base dello stesso	

Liquefazione dei terreni

Ai sensi della vigente normativa la verifica della possibilità di liquefazione dei terreni in condizione sismica può essere omessa, in alcuni casi tra cui caso di accelerazione massima attesa in condizioni di campo libero $a_g < 0.1$ g quale quella del sito in esame (cfr. NTC 08 § 7.11.3.4.2).

Analisi Sismica Pseudostatica

La valutazione dell'azione sismica equivalente può essere condotta in condizioni pseudostatiche (cfr. NTC 08 § 7.11.3.5.2). secondo le equazioni seguenti

$$P_{sismica h} = W K_h \quad \text{e} \quad P_{sismica v} = W K_v$$

con dati i due coef. di spinta orizzontale e verticale K_h e K_v

$$K_h = B_m \frac{a_{max}}{g} \quad \text{con} \quad a_{max} = a_g S_S S_T$$

$$B_m = 0.2 \text{ per } a_g \leq 0.1$$

e

$$K_v = \pm \frac{1}{2} K_h$$

Con contributo di spinta verticale comunque da trascurarsi all'interno delle Zone 3 e 4 (cfr. NTC 08 § 7.11.3.5.2)

Parametri Sismici Puntuali

Stati limite



Classe Edificio

I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 0.7

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.017	2.543	0.161
Danno (SLD)	35	0.019	2.533	0.169
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.045	2.590	0.268
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.057	2.603	0.288
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,92	1,89	1,62	1,58
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.006	0.014	0.017
kv	0.003	0.003	0.007	0.009
Amax [m/s ²]	0.255	0.275	0.664	0.836
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Conclusioni

Lo Scrivente è stato incaricato Consorzio Irriguo di miglioramento fondiario “Canale De Ferrari” di procedere agli studi geologici e geotecnici necessari ai sensi di legge, a supporto del progetto di rivestimento ed ammodernamento dell’asta principale del Canale De Ferrari - Stralcio Esecutivo IV Intervento.

L’area in esame è ubicata nei Comuni di Solero e Alessandria lungo il tracciato del canale De Ferrari

Lo Studio STA Ingegneria di è stato incaricato della Progettazione Generale dell’intervento.

La presente indagine è stata svolta ai sensi del D.M. 17/01/2018 “T.U. sulle Costruzioni”, per quello che riguarda la produzione dei modelli geologici e geotecnici di intervento nonché per la produzione della caratterizzazione sismica di sito e ai sensi della normativa di utilizzo del territorio contenuta nel vigente P.R.G.C. per quello che riguarda le valutazioni sulla pericolosità geomorfologica insistente sui luoghi.

- il sito di intervento appare al di fuori dei dissesti evidenziati nella cartografia geologica prodotta a supporto del vigente P.R.G.C. Comunale ed è classificato come Classe IIa; dunque la realizzazione appare compatibile con la destinazione d’uso del territorio prevista dal vigente strumento urbanistico stante il suo ridottissimo impatto geostatico e l’assenza di aumento di carico antropico connesso;
- la situazione stratigrafica dei luoghi è schematizzabile come la successione di un potente livello di alluvioni fini giacente su termini alluvionali grossolani a miglior compattezza;
- al momento delle indagini marzo-giugno 2018, è stato possibile eseguire una misura piezometrica che ha individuato una soggiacenza di -4.50 rispetto al locale p.c.; restano possibili anche saturazioni più superficiali in caso di periodi di precipitazioni intense e prolungate;
- il modello geologico di intervento è stato derivato dalle rispettive indagini acquisite;
- il modello geotecnico di intervento è stato derivato dalle rispettive indagini acquisite;
- la caratterizzazione sismica di sito secondo le NTC08 è stato derivato dalle rispettive indagini eseguite e dalle banche dati disponibili;
- data l’omogeneità dei terreni rinvenuti non si ritiene considerabile l’eventualità di cedimenti differenziali per le varie parti delle strutture in progetto, sempre beninteso a condizione di un appoggio univoco del piano fondazionale e di omogenee ripartizioni di carico;

Si ritiene quindi, sulla base dei dati sin qui resisi disponibili e seguendo le prescrizioni e i suggerimenti prima discussi, l’esecuzione dei lavori in progetto coerente con la situazione emersa dalle indagini e razionalmente inserita nel contesto geologico ed idrogeologico locale.

Il presente lavoro si compone di 16 pagine compresa la presente

Acqui Terme, giugno 2018



Dott. Geol. Marco ORSI

Consorzio Irriguo “Canale De Ferrari”

Rivestimento ed ammodernamento dell’asta principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento


REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI SOLERO E ALESSANDRIA e

<p>RIVESTIMENTO ED AMMODERNAMENTO DELL'ASTA PRINCIPALE DEL CANALE DE FERRARI Stralcio Esecutivo IV Intervento Lavori di Rivestimento Canale Principale</p>
<p>RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E SISMICA</p>
<p>FASE DI PROGETTO ESECUTIVO</p>

Allegati

- Allegato 1 – Sondaggi Sismici Verticali– Schede di Prova
 Allegato 2 - Prove Penetrometriche – Schede di Prova
 Allegato 3- Penetrometrie - metodologia
 Allegato 4 – Sondaggi Sismici Verticali - metodologia

<p>COMMITTENTE: CONSORZIO IRRIGUO “CANALE DE FERRARI”</p>	<p>per presa visione</p>
<p>PROGETTISTA: STUDIO STA INGEGNERIA</p>	<p>per presa visione</p>

	<p>rif. M18H</p>
<p>Il Tecnico Incaricato Dott. Geol. Marco Orsi Dottore di Ricerca in Scienze Ambientali Ordine dei Geologi del Piemonte n.287 via Nizza 7 - 15011 Acqui Terme (AL) tel.: 0144-321225 fax 0144-980163 cell:348-5835102 E-mail: studio@geolorsi.it</p>	 <p>Acqui Terme, giugno 2018</p>

Allegato 1 – Sondaggi Sismici Verticali – Schede di Prova

M18H CANALE DE FERRARI SSV, SSV1

Instrument: TRS-0010/00-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 07/03/18 17:27:48 End recording: 07/03/18 17:37:49

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

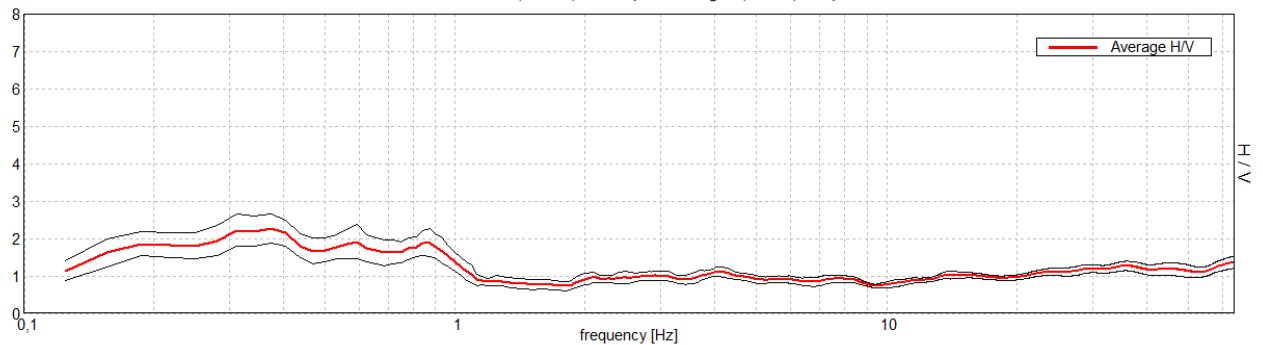
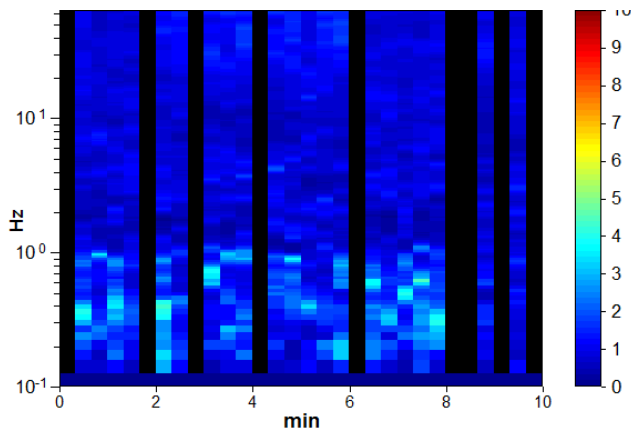
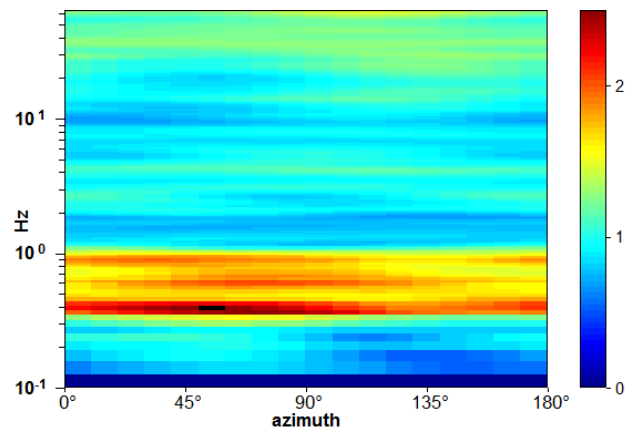
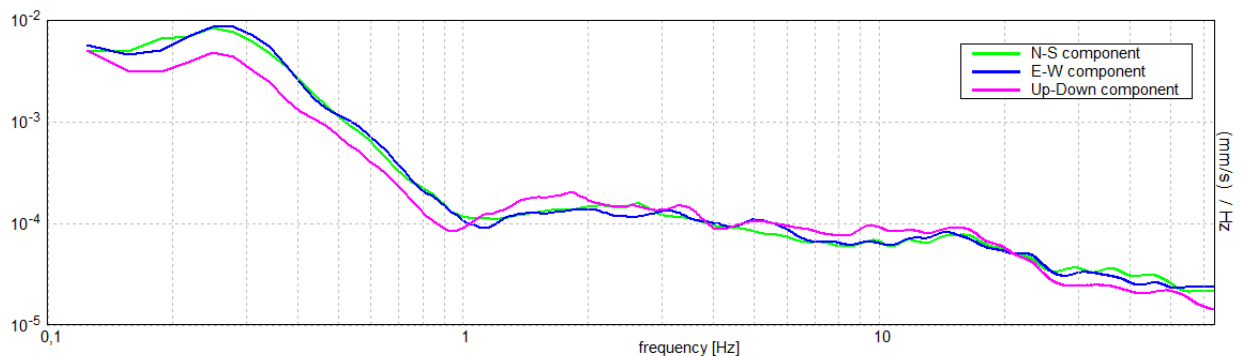
Trace length: 0h10'00". Analyzed 70% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIOMax. H/V at $0,38 \pm 0,02$ Hz. (In the range 0,0 - 64,0 Hz).**H/V TIME HISTORY****DIRECTIONAL H/V****SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at $0,38 \pm 0,02$ Hz (in the range 0,0 - 64,0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0,38 > 0,50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$157,5 > 200$		NO
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0,125 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1,063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2,26 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0,04454 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0,0167 < 0,075$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0,3926 < 2,5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

M18H CANALE DE FERRARI SSV, SSV2

Instrument: TRS-0010/00-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 07/03/18 17:38:35 End recording: 07/03/18 17:48:36

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

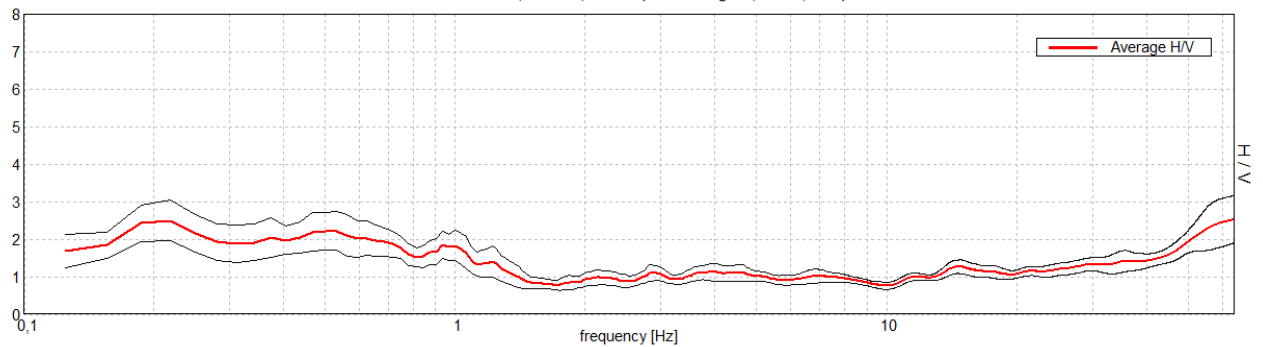
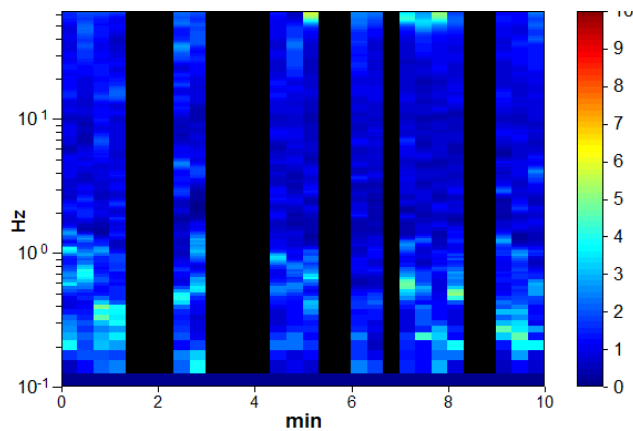
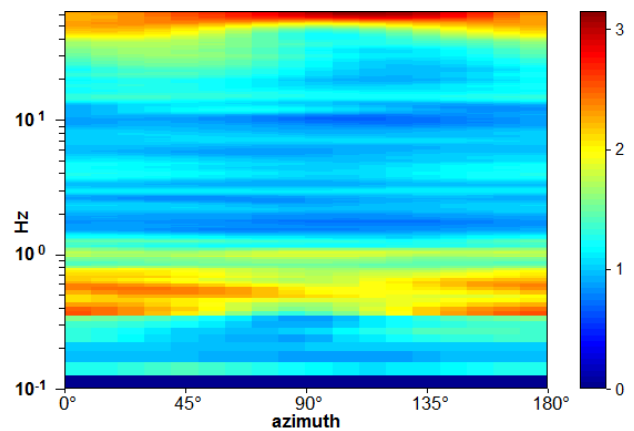
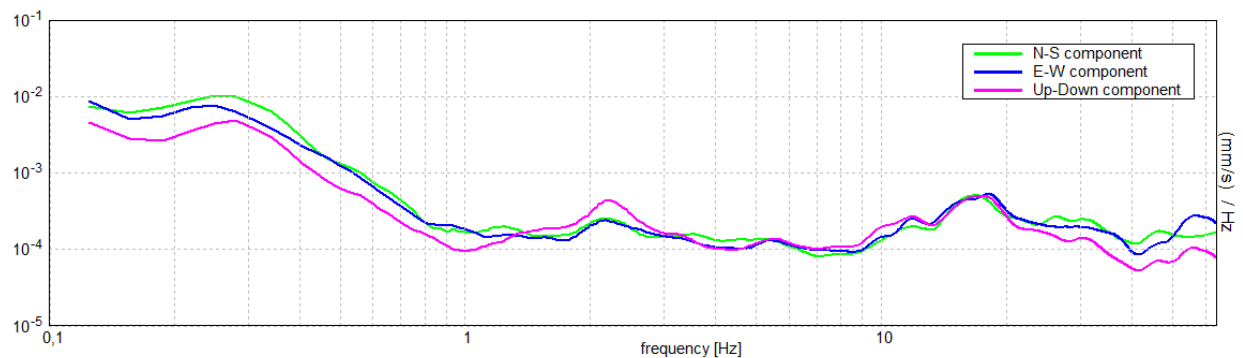
Trace length: 0h10'00". Analyzed 60% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIOMax. H/V at $63,97 \pm 47,42$ Hz. (In the range 0,0 - 64,0 Hz).**H/V TIME HISTORY****DIRECTIONAL H/V****SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 63,97 ± 47,42 Hz (in the range 0,0 - 64,0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	63,97 > 0,50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	23028,8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1026 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	27,813 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2,54 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0,74136 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	47,42372 < 3,19844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0,632 < 1,58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

M18H CANALE DE FERRARI SSV, SSV3

Instrument: TRS-0010/00-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 08/06/18 17:46:01 End recording: 08/06/18 17:56:02

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

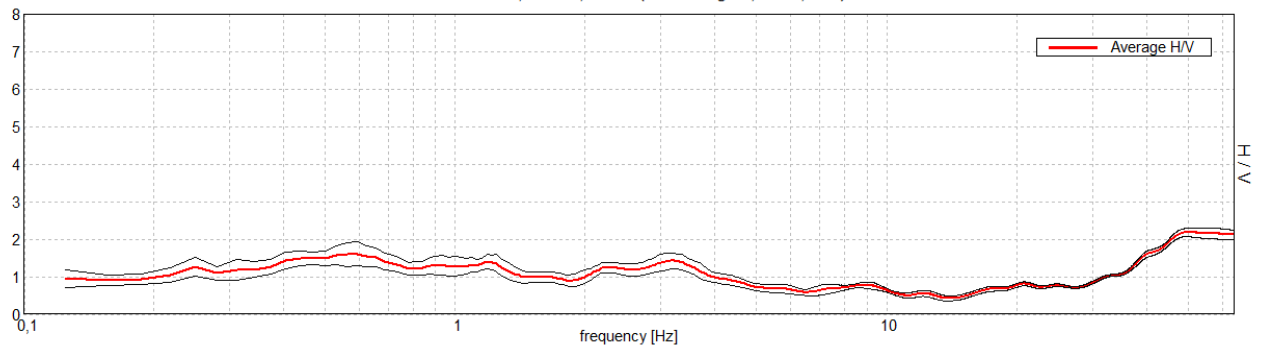
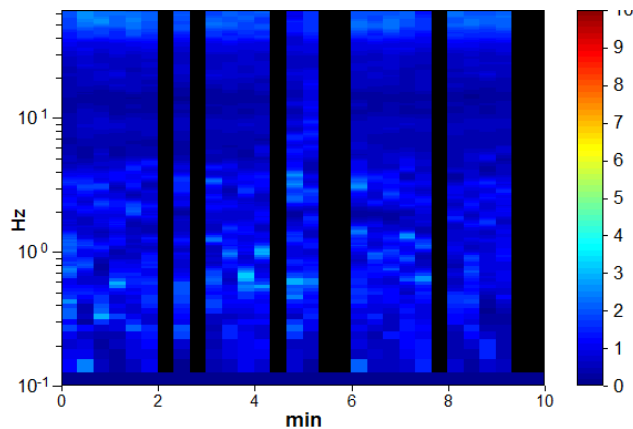
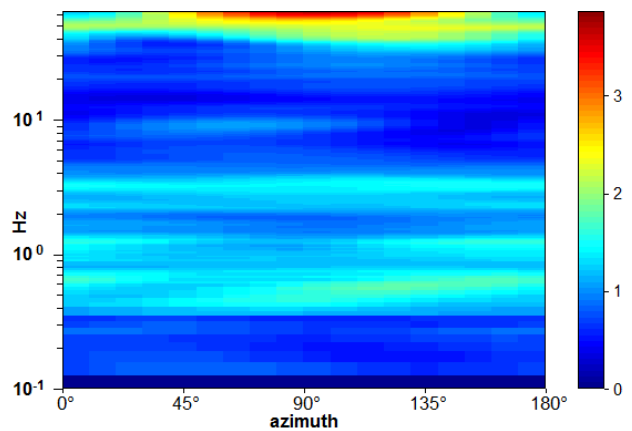
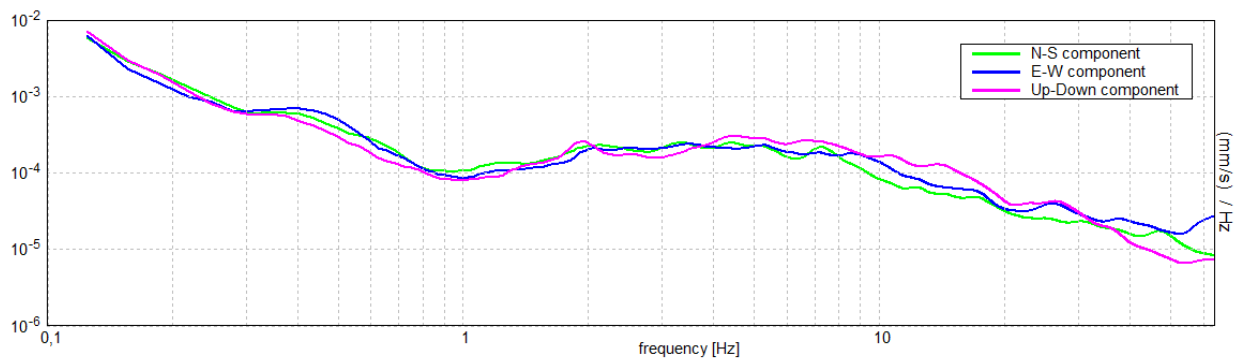
Trace length: 0h10'00". Analyzed 73% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIOMax. H/V at $49,59 \pm 11,84$ Hz. (In the range 0,0 - 64,0 Hz).**H/V TIME HISTORY****DIRECTIONAL H/V****SINGLE COMPONENT SPECTRA**

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 49,59 ± 11,84 Hz (in the range 0,0 - 64,0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	49,59 > 0,50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	21821,3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1256 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	35,531 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2,18 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0,23865 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	11,83578 < 2,47969		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0,1146 < 1,58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Allegato 2 - Prove Penetrometriche – Schede di Prova
PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
 Prova eseguita in data 07/03/2018
 Profondità prova 7,80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	1	0	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	2	0	0,855	5,71	6,68	0,29	0,33
0,30	2	0	0,853	5,70	6,68	0,28	0,33
0,40	9	0	0,851	25,57	30,06	1,28	1,50
0,50	8	0	0,849	22,68	26,72	1,13	1,34
0,60	6	0	0,847	16,97	20,04	0,85	1,00
0,70	4	0	0,845	11,29	13,36	0,56	0,67
0,80	3	0	0,843	8,45	10,02	0,42	0,50
0,90	4	0	0,842	10,67	12,68	0,53	0,63
1,00	6	0	0,840	15,97	19,01	0,80	0,95
1,10	6	0	0,838	15,93	19,01	0,80	0,95
1,20	4	0	0,836	10,60	12,68	0,53	0,63
1,30	1	0	0,835	2,64	3,17	0,13	0,16
1,40	1	0	0,833	2,64	3,17	0,13	0,16
1,50	1	0	0,831	2,63	3,17	0,13	0,16
1,60	1	0	0,830	2,63	3,17	0,13	0,16
1,70	10	0	0,828	26,24	31,69	1,31	1,58
1,80	15	0	0,776	36,90	47,54	1,85	2,38
1,90	14	0	0,775	32,70	42,21	1,64	2,11
2,00	9	0	0,823	22,34	27,14	1,12	1,36
2,10	18	0	0,772	41,88	54,27	2,09	2,71
2,20	19	0	0,770	44,12	57,29	2,21	2,86
2,30	20	0	0,769	46,35	60,30	2,32	3,02
2,40	18	0	0,767	41,63	54,27	2,08	2,71
2,50	10	0	0,816	24,59	30,15	1,23	1,51
2,60	6	0	0,814	14,73	18,09	0,74	0,90
2,70	8	0	0,813	19,61	24,12	0,98	1,21
2,80	15	0	0,761	34,44	45,23	1,72	2,26
2,90	18	0	0,760	39,34	51,76	1,97	2,59
3,00	17	0	0,759	37,09	48,88	1,85	2,44
3,10	8	0	0,807	18,57	23,00	0,93	1,15
3,20	6	0	0,806	13,91	17,25	0,70	0,86
3,30	7	0	0,805	16,20	20,13	0,81	1,01
3,40	6	0	0,803	13,86	17,25	0,69	0,86
3,50	6	0	0,802	13,84	17,25	0,69	0,86
3,60	5	0	0,801	11,51	14,38	0,58	0,72
3,70	5	0	0,800	11,50	14,38	0,57	0,72
3,80	4	0	0,798	9,18	11,50	0,46	0,58
3,90	4	0	0,797	8,76	10,99	0,44	0,55
4,00	4	0	0,796	8,75	10,99	0,44	0,55
4,10	5	0	0,795	10,92	13,74	0,55	0,69
4,20	5	0	0,794	10,91	13,74	0,55	0,69
4,30	6	0	0,793	13,07	16,49	0,65	0,82
4,40	6	0	0,791	13,05	16,49	0,65	0,82
4,50	7	0	0,790	15,20	19,24	0,76	0,96
4,60	7	0	0,789	15,18	19,24	0,76	0,96

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
 Del Canale De Ferrari
 Stralcio Esecutivo IV Intervento

4,70	6	0	0,788	13,00	16,49	0,65	0,82
4,80	6	0	0,787	12,98	16,49	0,65	0,82
4,90	5	0	0,786	10,34	13,16	0,52	0,66
5,00	4	0	0,785	8,26	10,53	0,41	0,53
5,10	5	0	0,784	10,32	13,16	0,52	0,66
5,20	5	0	0,783	10,30	13,16	0,52	0,66
5,30	5	0	0,782	10,29	13,16	0,51	0,66
5,40	5	0	0,781	10,28	13,16	0,51	0,66
5,50	5	0	0,780	10,26	13,16	0,51	0,66
5,60	4	0	0,779	8,20	10,53	0,41	0,53
5,70	5	0	0,778	10,24	13,16	0,51	0,66
5,80	6	0	0,777	12,27	15,79	0,61	0,79
5,90	7	0	0,776	13,72	17,67	0,69	0,88
6,00	8	0	0,775	15,66	20,20	0,78	1,01
6,10	10	0	0,775	19,55	25,25	0,98	1,26
6,20	13	0	0,724	23,75	32,82	1,19	1,64
6,30	13	0	0,723	23,72	32,82	1,19	1,64
6,40	16	0	0,722	29,16	40,39	1,46	2,02
6,50	17	0	0,721	30,95	42,92	1,55	2,15
6,60	20	0	0,720	36,37	50,49	1,82	2,52
6,70	28	0	0,670	47,33	70,69	2,37	3,53
6,80	30	0	0,669	50,65	75,74	2,53	3,79
6,90	29	0	0,668	46,99	70,35	2,35	3,52
7,00	30	0	0,667	48,55	72,78	2,43	3,64
7,10	30	0	0,666	48,50	72,78	2,42	3,64
7,20	31	0	0,616	46,30	75,20	2,31	3,76
7,30	28	0	0,665	45,16	67,92	2,26	3,40
7,40	26	0	0,664	41,89	63,07	2,09	3,15
7,50	34	0	0,613	50,60	82,48	2,53	4,12
7,60	34	0	0,613	50,54	82,48	2,53	4,12
7,70	28	0	0,662	44,97	67,92	2,25	3,40
7,80	34	0	0,611	50,42	82,48	2,52	4,12

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,5	3,87	12,65	Incoerente - coesivo	0	1,84	1,89	0,14	0,76	2,95	Unità Litostratigrafica 1
6	8,11	23,38	Incoerente - coesivo	0	1,71	1,87	0,66	0,76	6,17	Unità Litostratigrafica 2
7,8	25,06	61,59	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	1,23	0,76	19,07	Unità Litostratigrafica 3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Terzaghi-Peck	0,18
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Terzaghi-Peck	0,39
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Terzaghi-Peck	1,29

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Robertson (1983)	5,90
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Robertson (1983)	12,34
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Robertson (1983)	38,14

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Stroud e Butler (1975)	13,54
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Stroud e Butler (1975)	28,31
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Stroud e Butler (1975)	87,49

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Apollonia	29,50
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Apollonia	61,70
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Apollonia	190,70

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Meyerhof ed altri	1,63
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Meyerhof ed altri	1,82
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Meyerhof ed altri	2,10

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Meyerhof ed altri	1,86
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Meyerhof ed altri	1,89

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

Litostratigrafica 2				
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Meyerhof ed altri	2,31

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	78,03
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	120,96
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	165,39

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Gibbs & Holtz 1957	14,84
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Gibbs & Holtz 1957	19,93
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Gibbs & Holtz 1957	35,18

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Sowers (1961)	28,83
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Sowers (1961)	29,73
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Sowers (1961)	33,34

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Bowles (1982) Sabbia Media	170,35

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	33,52
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	40,14

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	66,63
---------------------------------	-------	------	-------	--------------------------------------	-------

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Classificazione A.G.I.	SCIOLTO
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Meyerhof ed altri	1,45
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Meyerhof ed altri	1,59
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Meyerhof ed altri	1,97

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	(A.G.I.)	0,35
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	(A.G.I.)	0,34
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Ohsaki (Sabbie pulite)	179,70
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Ohsaki (Sabbie pulite)	359,57
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Ohsaki (Sabbie pulite)	1038,59

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Velocità onde di
-------------	------	--------------	-------------------	--------------	------------------

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

		(m)	presenza falda		taglio (m/s)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Ohta & Goto (1978) Limi	78,03
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Ohta & Goto (1978) Limi	120,96
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Ohta & Goto (1978) Limi	165,39

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Navfac 1971-1982	0,50
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Navfac 1971-1982	1,26
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Navfac 1971-1982	3,89

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,95	1,50	2,95	Robertson 1983	5,90
[2] - Unità Litostratigrafica 2	6,17	6,00	6,17	Robertson 1983	12,34
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,07	7,80	19,07	Robertson 1983	38,14

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
 Prova eseguita in data 07/03/2018
 Profondità prova 8,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	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)
0,10	1	0	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	2	0	0,855	5,71	6,68	0,29	0,33
0,30	2	0	0,853	5,70	6,68	0,28	0,33
0,40	2	0	0,851	5,68	6,68	0,28	0,33
0,50	8	0	0,849	22,68	26,72	1,13	1,34
0,60	6	0	0,847	16,97	20,04	0,85	1,00
0,70	9	0	0,845	25,40	30,06	1,27	1,50
0,80	3	0	0,843	8,45	10,02	0,42	0,50
0,90	4	0	0,842	10,67	12,68	0,53	0,63
1,00	6	0	0,840	15,97	19,01	0,80	0,95
1,10	6	0	0,838	15,93	19,01	0,80	0,95
1,20	4	0	0,836	10,60	12,68	0,53	0,63

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
 Del Canale De Ferrari
 Stralcio Esecutivo IV Intervento

1,30	2	0	0,835	5,29	6,34	0,26	0,32
1,40	1	0	0,833	2,64	3,17	0,13	0,16
1,50	2	0	0,831	5,27	6,34	0,26	0,32
1,60	1	0	0,830	2,63	3,17	0,13	0,16
1,70	10	0	0,828	26,24	31,69	1,31	1,58
1,80	14	0	0,776	34,44	44,37	1,72	2,22
1,90	16	0	0,775	37,37	48,24	1,87	2,41
2,00	9	0	0,823	22,34	27,14	1,12	1,36
2,10	18	0	0,772	41,88	54,27	2,09	2,71
2,20	21	0	0,720	45,60	63,32	2,28	3,17
2,30	18	0	0,769	41,71	54,27	2,09	2,71
2,40	18	0	0,767	41,63	54,27	2,08	2,71
2,50	10	0	0,816	24,59	30,15	1,23	1,51
2,60	6	0	0,814	14,73	18,09	0,74	0,90
2,70	8	0	0,813	19,61	24,12	0,98	1,21
2,80	15	0	0,761	34,44	45,23	1,72	2,26
2,90	17	0	0,760	37,15	48,88	1,86	2,44
3,00	16	0	0,759	34,90	46,01	1,75	2,30
3,10	9	0	0,807	20,89	25,88	1,04	1,29
3,20	6	0	0,806	13,91	17,25	0,70	0,86
3,30	7	0	0,805	16,20	20,13	0,81	1,01
3,40	6	0	0,803	13,86	17,25	0,69	0,86
3,50	6	0	0,802	13,84	17,25	0,69	0,86
3,60	5	0	0,801	11,51	14,38	0,58	0,72
3,70	5	0	0,800	11,50	14,38	0,57	0,72
3,80	5	0	0,798	11,48	14,38	0,57	0,72
3,90	4	0	0,797	8,76	10,99	0,44	0,55
4,00	4	0	0,796	8,75	10,99	0,44	0,55
4,10	5	0	0,795	10,92	13,74	0,55	0,69
4,20	6	0	0,794	13,09	16,49	0,65	0,82
4,30	7	0	0,793	15,25	19,24	0,76	0,96
4,40	6	0	0,791	13,05	16,49	0,65	0,82
4,50	7	0	0,790	15,20	19,24	0,76	0,96
4,60	7	0	0,789	15,18	19,24	0,76	0,96
4,70	8	0	0,788	17,33	21,98	0,87	1,10
4,80	9	0	0,787	19,47	24,73	0,97	1,24
4,90	7	0	0,786	14,48	18,42	0,72	0,92
5,00	5	0	0,785	10,33	13,16	0,52	0,66
5,10	5	0	0,784	10,32	13,16	0,52	0,66
5,20	5	0	0,783	10,30	13,16	0,52	0,66
5,30	4	0	0,782	8,23	10,53	0,41	0,53
5,40	6	0	0,781	12,33	15,79	0,62	0,79
5,50	5	0	0,780	10,26	13,16	0,51	0,66
5,60	4	0	0,779	8,20	10,53	0,41	0,53
5,70	4	0	0,778	8,19	10,53	0,41	0,53
5,80	6	0	0,777	12,27	15,79	0,61	0,79
5,90	7	0	0,776	13,72	17,67	0,69	0,88
6,00	8	0	0,775	15,66	20,20	0,78	1,01
6,10	8	0	0,775	15,64	20,20	0,78	1,01
6,20	7	0	0,774	13,67	17,67	0,68	0,88
6,30	13	0	0,723	23,72	32,82	1,19	1,64
6,40	16	0	0,722	29,16	40,39	1,46	2,02
6,50	17	0	0,721	30,95	42,92	1,55	2,15
6,60	20	0	0,720	36,37	50,49	1,82	2,52
6,70	27	0	0,670	45,64	68,16	2,28	3,41
6,80	31	0	0,619	48,42	78,26	2,42	3,91
6,90	28	0	0,668	45,37	67,92	2,27	3,40

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

7,00	31	0	0,617	46,41	75,20	2,32	3,76
7,10	30	0	0,666	48,50	72,78	2,42	3,64
7,20	32	0	0,616	47,79	77,63	2,39	3,88
7,30	28	0	0,665	45,16	67,92	2,26	3,40
7,40	26	0	0,664	41,89	63,07	2,09	3,15
7,50	34	0	0,613	50,60	82,48	2,53	4,12
7,60	34	0	0,613	50,54	82,48	2,53	4,12
7,70	28	0	0,662	44,97	67,92	2,25	3,40
7,80	32	0	0,611	47,45	77,63	2,37	3,88
7,90	40	0	0,561	52,35	93,39	2,62	4,67
8,00	0	0	0,760	0,00	0,00	0,00	0,00

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,6	3,69	6,62	Incoerente - coesivo	0	1,62	1,86	0,13	0,76	2,81	Unità Litostratigrafica 1
6,2	8,46	24,22	Incoerente - coesivo	0	1,83	1,89	0,68	0,76	6,44	Unità Litostratigrafia 2
8	25,94	63,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	1,29	0,76	19,74	Unità Litostratigrafica 3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		--
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		--
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		---

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		---

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		---

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		---

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		--
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		--
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		--

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		--
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		--
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		--

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60		0
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20		0
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00		0

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		0
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		0
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		0

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---
---------------------------------	-------	------	-------	--	-----

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		0
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		0
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		0

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		0
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		0
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		0

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
-------------	------	------------------	----------------------------------	--------------	-------------

Consorzio Irriguo "Canale De Ferrari"

Rivestimento Ed Ammodernamento Dell'asta Principale
Del Canale De Ferrari
Stralcio Esecutivo IV Intervento

[1] - Unità Litostratigrafica 1	2,81	1,60	2,81		---
[2] - Unità Litostratigrafia 2	6,44	6,20	6,44		---
[3] - Unità Litostratigrafica 3	19,74	8,00	19,74		---

Allegato 3- Penetrometrie - metodologia

Tutte le prove sono state eseguite utilizzando un penetrometro medio tipo DPM-30 di cui di seguito si riportano le caratteristiche strumentali seguite da una breve descrizione della metodologia di prova.

Caratteristiche strumentali

PESO MASSA BATTENTE	$M = 30 \text{ Kg}$
DIAMETRO DELLE ASTE	$Da = 22 \text{ mm}$
PESO SISTEMA DI BATTUTA	$p = 16 \text{ Kg}$ (esclusa massa battente)
LUNGHEZZA ASTE CAD.	$La = 1 \text{ m}$
ALTEZZA DI CADUTA LIBERA	$H = 0.2 \text{ m}$
PESO ASTA PER METRO	$Ma = 3 \text{ Kg/m}$
DIAMETRO PUNTA CONICA	$Dp = 35.7 \text{ mm}$
AREA BASE PUNTA CONICA	$Ap = 10 \text{ cm}^2$
PASSO D'INFISSIONE	$d = 0.1 \text{ m}$
ANGOLO DI APERTURA PUNTA	$a = 60^\circ$

La prova consiste nell'infiissione di una punta tramite una serie di battute del maglio che, in virtù del sistema costruttivo dell'apparecchio rilascia sempre la stessa energia sul sistema aste + punta.

Così procedendo si provvede al conteggio del numero di colpi necessari per l'avanzamento di un tratto standard, nel caso specifico di 10 cm (N_{10}); si ottiene in tal modo una stratigrafia dinamica dei terreni attraversati espressa come successione di N_{10} , utile alla stima conoscitiva del terreno attraversato e delle sue caratteristiche geotecniche.

La resistenza del terreno può essere valutata per correlazione del numero di colpi ogni 10 cm (N_{10}) con quello dello standard penetration test (N_{SPT}); nel caso in questione, in considerazione della tipologia dei terreni interessati, si può assumere con ragionevole margine di sicurezza un valore N_{10} pari a N_{SPT} moltiplicato per un fattore 0.95.

In allegato sono riportate le tabelle ed i diagrammi indicanti, per ciascuna prova, il numero di colpi N_{10} per ogni infissione di 10 cm, ed il valore corrispondente della "resistenza dinamica alla punta" Rpd.

Quest'ultimo valore è ottenuto con una formula empirica detta "degli olandesi" ed è un parametro caratteristico dello stato di addensamento e di consistenza dei terreni; esso è altresì utilizzabile per confrontare attrezzatura strumentale differente o per confronti e correlazioni con la resistenza alla punta del penetrometro statico:

$$Rpd = \frac{M^2 \times H}{Ap \times e \times (M + P)} \quad \text{Dove } e = \text{infissione per colpo [cm]}$$

Si tenga comunque conto che la Rpd non è già la capacità portante del terreno cui è legata da un fattore di riduzione, che, concordemente con molti autori, non va considerato inferiore a 20.

La prova, realizzata secondo le modalità sopra descritte, viene spinta fino al rifiuto all'avanzamento del dispositivo di infissione, rifiuto solitamente da ascrivere al reperimento del top del substrato litoide oppure di livelli eterometrici a grossa pezzatura e molto compatti.

Allegato 4 – Sondaggi Sismici Verticali - metodologia

Modalità di indagine.

Nei siti indicati in relazione e negli allegati cartografici sono state effettuate altrettante misure di microtremore ambientale della durata di 14 minuti ciascuna utilizzando un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico ambientale.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente ed è fornito di GPS interno.

I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz che è quella più risolutiva possibile per le profondità investigate.

Definizioni.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*.

Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

La tecnica impiegata.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970).

Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale; sebbene su questo punto non sia ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli.

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Consideriamo il sistema di Fig.a in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati; l'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a

$$fr = V_{p1}/(4 H) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$fr = V_{s1}/(4 H). \quad [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore H degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per *a)* il contenuto in frequenza, *b)* la risposta strumentale e *c)* l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo. Rileviamo inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994).

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime è poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

L'applicabilità pratica della semplice formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (per un riassunto cf. Gallipoli *et al.*, 2000; Mucciarelli e Gallipoli, 2001; Castellaro *et al.*, 2005]. Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (per un esempio magistrale si veda Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

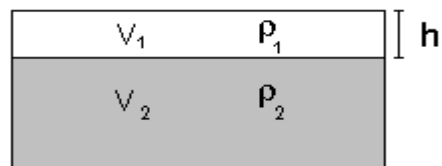


Fig.α - Modello di suolo costituito da due strati a diverse velocità delle onde sismiche e densità.

In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali HVSR ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, come in Mulargia e Castellaro (2006).

Procedura di analisi dati.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. le curve HVSR desunte dalle misure in sito e ricavate, secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:
 - ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
 - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della