

Regione Piemonte

Provincia di Alessandria

Comune di Tortona



Progetto per la realizzazione di un impianto Agrovoltaico
nel comune di Tortona

Potenza DC: 60 MW - Potenza immessa AC: 50 MW



opdeenergy

Committente:

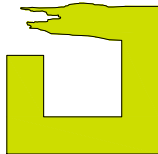
LUISOLAR ENERGY S.R.L.

Rotonda Giuseppe Antonio Torri n. 9

40127 - Bologna (BO)

P.IVA: 03920631201

Comune di Tortona



INTEGRA s.r.l.

Società di Ingegneria
sede operativa:

Via Emilia 199 - 15057 Tortona (AL)
tel. 0131.863490 - fax 0131.1926520
e-mail: integra@integraingegneria.it

Progettazione generali e opere civili:



FAROGB
società di ingegneria

FAROGB s.r.l.

Dott. Ing. Gabriele Bulgarelli
Corso Unione Sovietica 612/15B - 10135 Torino (To)
P.IVA 09816980016

Progettazione elettrica:



Studio di geologia
Dott. geol. Gian Mario Repregosi
via R. Bidone, 17-via Carducci,33 15057 Tortona (AL)
tel. 3385969598 - e-mail: repregosi@gmail.com

il Geologo:



Titolo:
RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA
LOCALITA': Cascina Pantaleona - Baronina - Ponzana (Tortona - AL)

Scala:

Tavola:

D.11

Rev.	Data	Redatto da:	Controllato da:	Approvato da:
A	DICEMBRE 2021	REPREGOSI	PROIETTI	CASTAGNELLO

1.0. - PREMESSA

Questa relazione descrive l'indagine geologico-geotecnica eseguita per analizzare le caratteristiche di una serie di lotti di terreno inclusi nella proprietà della Cascina Pantaleona, Baronina e Ponzana Comune di Tortona.

Il progetto prevede la creazione di un parco agrovoltaico.

Il committente è la società **LUISOLAR ENERGY s.r.l.** Rotonda Giuseppe Antonio Torri n. 9 – 40127 – Bologna (BO) – P.IVA 03920631201

La ricerca è stata svolta attraverso il rilevamento geologico dell'area, la raccolta di dati ricavati da stratigrafie presenti nell'intorno e l'interpretazione stratigrafica, geotecnica ed idrogeologica di tutte le informazioni necessarie per la caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo da fornire al progettista.

Il tutto è stato assistito da indagini penetrometriche eseguite nel passato in aree limitrofe atte all'identificazione puntuale delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni interessati.

Inoltre è stata eseguita una caratterizzazione sismica del sito.

2.0. - UBICAZIONE E MORFOLOGIA DELL'AREA DI INDAGINE

L' area oggetto di indagine é collocata in Comune di Tortona ed appartiene ai terreni della Cascina Pantaleona. Si localizza a 4 Km ad est del torrente Scrivia a nord e a sud del polo logistico di Rivalta Scrivia. Il sito indagata é inquadrabile topograficamente nel foglio I.G.M. "S. Giuliano" a scala 1:25000, è cartografata sul foglio C.T.R. n. 177100 a scala 1:10000; a circa 2000 m a SW della frazione di Torre Garofoli.

La Carta geologica di riferimento è il foglio n.70 "Alessandria" a scala 1:100000.

I terreni sono i censiti al catasto di Tortona Foglio 53 mapp. 2-3-5-6-7-12-13-14
Foglio 52 mapp.177 - 227

3.0. - VINCOLI E QUADRO NORMATIVO

- D. Lgs 387/2003
- Decreto Ministeriale 17.01.2018: Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 2018"
 - Circolare 2 febbraio 2009. Circolare n. 617 del 2.02.2009, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl.Ordinario n. 27
 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (D.M.11.03.'88)
 - Circ. Min LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988 (istruzioni operative al D.M. 11-3-1988)
 - Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e 3519/2006)
 - 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
- Legge Regionale (56/77) – Vincoli Prgc, Pai e PTP

4.0. - LINEAMENTI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI

Siamo in sinistra orografica del torrente Scrivia a circa 4 Km ad ovest del torrente stesso, in zona totalmente pianeggiante. I terreni destinati all'intervento appartengono al ripiano alluvionale denominato "Fluviale Recente". Il Fluviale Recente (come il Fluviale Antico ed il Fluviale Medio) costituisce le testimonianze di depositi alluvionali abbandonati dallo Scrivia in seguito a vicende climatiche che hanno caratterizzato la regione nel Pleistocene (glaciazioni) e nell'Olocene (avvicendamento di piene e magre).

In relazione alle suddette vicende climatiche, e in parte forse anche ad altre d'origine tettonica, gli stessi depositi appaiono interessati da terrazzamenti, esplicitati in più fasi erosive intervallate da altre di carattere deposizionale.

Per effetto dell'alternarsi dei vari processi erosivi e sedimentari la litofacies dei sedimenti risulta estremamente mutevole. La letteratura attribuisce ai terreni superficiali di quest'area la denominazione di Fluviale Recente; si tratta di alluvioni di natura prevalentemente argilloso-sabbiosa, con scarsa alterazione superficiale, che assume, ove presente, una colorazione bruno-rossastra.

I suoli sono di tipo limoso-argilloso con spessori variabili da 0,5-1 m, tipo suoli bruni o bruni lisciviati caratterizzati da una successione ben distinta dei tre orizzonti pedologici fondamentali A-B-C.

Nell'orizzonte A é presente un Humus di tipo mull (compenetrazione di sostanze organiche e di finissime particelle argillose, in ambiente ben aerato e a intensa attività biologica); in B (orizzonti bruni lisciviati) vi è un'elevata concentrazione di argilla ferruginosa, che riveste talora granuli più grossolani; la porosità diminuisce sensibilmente.

I suoli sono classificati come:

Suoli bruni calcarei (C.P.C.S.)

Vertic Hapludalfs (Soil Taxonomy)

Vertic Luvisols (FAO)

3.1. – Stratigrafia

La pianura alessandrina è costituita da sottostanti depositi pliocenici sui quali giacciono sedimenti argilloso-sabbiosi del Quaternario marino, la serie quaternaria è completata da depositi fluvioglaciali e alluvionali fino al piano campagna.

Le aree alluvionali, come quella in esame, costituiscono sede d'acquiferi a diverse profondità. Lo spessore dei sedimenti sciolti nella zona esaminata appare di potenza medio-bassa aggirandosi intorno a 40 m. Tali indicazioni derivano anche dal modello deposizionale della pianura alessandrina (elaborato da G.Braga e R. Casnedi per l'I.R.S.A.-C.N.R.-1976) che prevede l'ispessimento progressivo del materasso alluvionale procedendo da est verso ovest a partire dall'alveo attuale del torrente Scrivia in direzione di Alessandria.

Nell'ambito dell'indagine sono state analizzate alcune stratigrafie (C. Cassana, C. Pantaleona, C. Pelacagna) e da esse è stato desunto un profilo stratigrafico alla profondità di 35 metri. Dai dati raccolti si può ipotizzare la seguente stratigrafia:

da -0 a -1 m (dal piano campagna)	<u>terreno vegetale argilloso</u>
da -1 a -2 m	<u>matrice limo argillosa con ghiaietto e ciottoli</u>
da -2 a -5 m	<u>sabbia e limo con ghiaia e ciottoli</u>
da -5 a -13 m	<u>ghiaia con matrice limoso-argillosa</u>
da -13 a -19 m	<u>argilla giallastra con ghiaia</u>
da -19 a -29 m	<u>ghiaia</u>
da -29 a -35 m	<u>argilla gialla</u>
oltre -35 m	<u>substrato marino di età Terziaria</u>

4.0. – IDROGEOLOGIA

Secondo le indicazioni della letteratura la zona in oggetto é inclusa nell'area idrogeologica di pianura denominata "Pianura Alessandrina".

Le divagazioni nei tempi geologici del torrente Scrivia, hanno favorito la deposizione di uno spesso materasso di materiale sciolto alluvionale (dal Fluviale Antico fino alle alluvioni attuali) sopra i depositi Villafranchiani.

La permeabilità superficiale di tali alluvioni é da considerarsi discreta con un coefficiente di permeabilità $K = 10^{-2} - 10^{-4}$ cm/sec.

Dal punto di vista idrogeologico questa pianura sottende un sistema acquifero multifalda con alternanze di terreni permeabili, sede di acquiferi a diverse profondità e livelli limoso-argillosi che confinano gli acquiferi.

Il letto dell'acquifero libero é situato presumibilmente intorno ai 30 m dal p.c. ed il livello statico si trova intorno ai 10 m dal p.c., con escursioni di qualche metro, secondo gli apporti stagionali o i notevoli emungimenti a scopo irriguo. Esiste inoltre un diaframma semipermeabile intercalato nell'acquifero libero per una potenza intorno a tre metri (da 16 a 19 m). Oltre tale profondità la falda multistrato presenta alternanze di livelli impermeabili a litologia argillosa e livelli permeabili con ghiaia fino al rinvenimento della roccia sedimentaria costituente il substrato di epoca Terziaria.

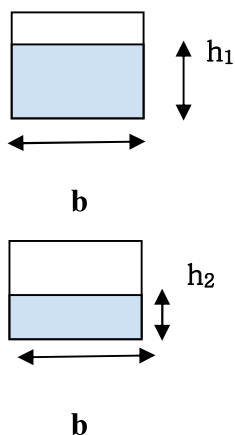
Il torrente Scrivia alimenta la falda superficiale e la direzione della falda stessa é indicata in questa zona intorno a N-NW, verso l'attuale corso del Po ed è deducibile dalla carta delle isofreatiche allegata.

4.1. - Determinazione del coefficiente di permeabilità in situ

Per determinare una prima stima della permeabilità del materiale sottostante il terreno di copertura, sono state effettuate prove di permeabilità in situ, eseguite in pozzetti superficiali ottenendo una serie di rilevazioni del coefficiente di permeabilità. Sono stati scavati pozzetti a base quadrata con pareti verticali. Le prove si sono effettuate riempiendo d'acqua il pozzetto e misurando la velocità di abbassamento del livello in funzione del tempo (prove a carico variabile). Applicando le formule indicate dalle raccomandazioni A.G.I. (Associazione geotecnica italiana – 1977) i valori ottenuti sono sintetizzati nella pagina seguente.

Dall' indagine eseguita si ottiene un coefficiente di permeabilità media dell'ordine di 10^{-3} m/sec. Tali valori fanno ricadere i sedimenti indagati tra quelli a permeabilità elevata.

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale eseguita a carico variabile (A.G.I. 1977) - formula utilizzata $K = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot 1 + \frac{2h_m}{b} / 27 \cdot \frac{h_m}{b} + 3$



	Prova n° 1	Prova n° 2	Prova n° 3	Media
h_1 (altezza iniziale del livello dell'acqua: cm)	70	70	70	
h_2 (altezza finale del livello dell'acqua: cm)	1	1	1	
$t_2 - t_1$ (tempo trascorso per il raggiungimento di h_2 : min.)	1,1	0,5	2	
h_m (altezza media tra h_1 e h_2 : cm)	35,5	35,5	35,5	
b (lato della base del pozzetto: cm)	35	35	35	
K (coefficiente di permeabilità: cm/sec)	0,10420	0,00924	0,00731	0,04025

5.0. – PARAMETRI STRATIGRAFICI E GEOMECCANICI

Al fine di individuare le caratteristiche dei litotipi ed alcune proprietà geomeccaniche del sito sono state eseguite alcune trincee geognostiche, con escavatore, alla profondità di m 4,50 dal piano campagna e utilizzati i dati ottenuti da un carotaggio continuo eseguito dallo scrivente nel marzo 2020 in località Savonesa su terreni limitrofi aventi caratteristiche simili, sia dal punto di vista stratigrafico che geotecnico.

Il rilievo in situ ha evidenziato un cappello di terreno vegetale e suolo argilloso con sabbia di 0,8-1 m ed uno strato sottostante con prevalenza di litotipi ghiaiosi e ciottolosi a matrice sabbiosa grossolana o ghiaiosa fine con ciottoli ben arrotondati di dimensioni variabili da 2 a 10 cm di origine prevalentemente calcarea, marnosa e calcareo-marnosa. Superficialmente si individuano “isole” subaffioranti con presenza diffusa di ciottoli

Sono stati eseguiti alcuni test in parete con il P.P.St 308 e si è elaborato uno schema interpretativo di alcune proprietà geomeccaniche utilizzabili ai fini della verifica di stabilità delle scarpate.

TERRENO VEGETALE + ARGILLA con sabbia

Peso di volume secco (γ) = 16 KN/mc

Peso di volume saturo (γ_{sat}) = 18 KN/mc

Angolo di attrito interno (Φ) = 17°

Coesione = 40 Kp

STRATO GHIAIOSO in matrice sabbiosa

Peso di volume secco (γ) = 18 KN/mc

Peso di volume saturo (γ_{sat}) = 23KN/mc

Angolo di attrito interno (Φ) = 30°

Coesione = 0

SCAVO S1:

da 0 a 1,10 m dal piano campagna TERRENO VEGETALE + ARGILLA marrone chiaro
con sabbia fine

da 1,10 a 4,20 m GHIAIA e CIOTTOLI IN MATRICE SABBIOSA-LIMOSA GROSSOLANA
O GHIAIOSA FINE

SCAVO S2:

da 0 a 0,80 m dal piano campagna TERRENO VEGETALE + ARGILLA marrone chiaro

da 0,80 a 4,50 m GHIAIA e CIOTTOLI IN MATRICE SABBIOSA O LIMOSA GROSSO-
LANA O GHIAIOSA FINE

SCAVO S3:

da 0 a 0,90 m dal piano campagna TERRENO VEGETALE + ARGILLA marrone chiaro
con sabbia fine

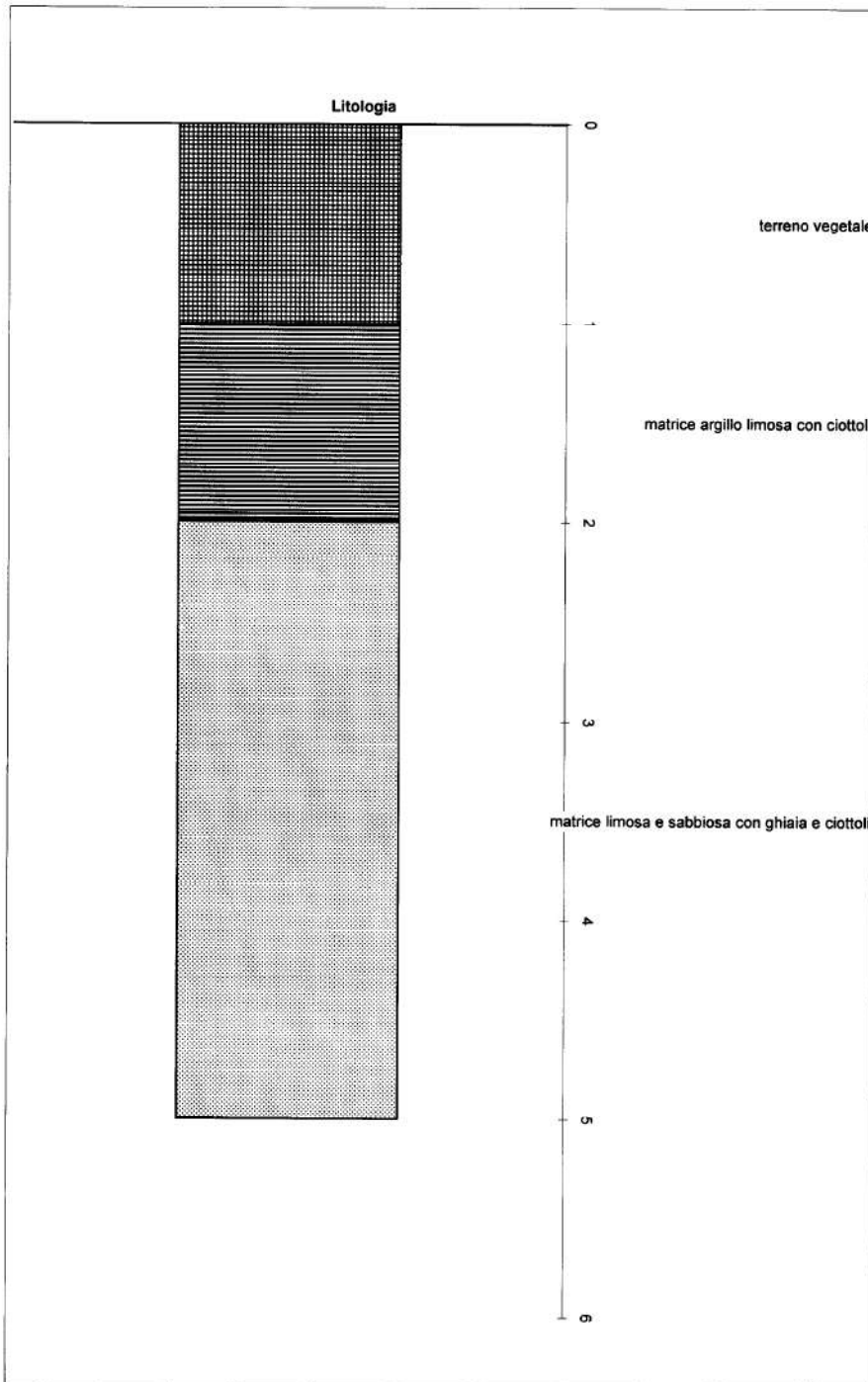
da 0,80 a 4 m GHIAIA e CIOTTOLI IN MATRICE LIMOSA O GHIAIOSA FINE

SCAVO S4:

da 0 a 1,10 m dal piano campagna TERRENO VEGETALE + ARGILLA marrone chiaro

da 1,10 a 1,80 SABBIA GIALLO-MARRONE FINE

da 1,80 a 4,20 m GHIAIA e CIOTTOLI IN MATRICE SABBIOSA GROSSOLANA O
GHIAIOSA FINE



6.0. – PROVE IN SITO UTILIZZATE

Per interpretare dal punto di vista geomeccanico i terreni indagati, sono stati utilizzati i dati rilevati da prove penetrometriche eseguite sul terreno per opere relative ad impianti fotovoltaici eseguiti nella medesima proprietà nel passato (committente RIBAFORADA- anno 2009)

Tali terreni presentano identiche caratteristiche geologiche e geotecniche. Le prove hanno consentito la ricostruzione stratigrafico - litologica e l'interpretazione geotecnica dei terreni interessati.

Sono state eseguite n.4 prove penetrometriche dinamiche (SCPT1 – SCPT2 – SCPT3 – SCPT4) spinte a profondità di rifiuto alla penetrazione.

Le rilevazioni sono state effettuate mediante un penetrometro dinamico DPSH tipo “super-pesante” Meardi - AGI (standard secondo l'Associazione Geotecnica Italiana”) avente un maglio di 73 kg, con aste di 1 m x 7 Kg.

La prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste; l'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante il maglio di dato peso. Durante la prova vengono contati i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita. La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi per una data penetrazione.

Per infiggere la punta conica si utilizza il maglio per un'altezza di caduta; il maglio batte su una testa di battuta che è rigidamente collegata alle aste di prolunga. La resistenza alla penetrazione è definita come il numero di colpi richiesto per infiggere la punta conica per un tratto standard (30 cm).

L'energia cinetica propria di ciascun colpo è il prodotto della massa del maglio per l'accelerazione di gravità e per l'altezza di caduta (75 cm).

Per l'identificazione dei terreni attraversati ci si avvale di correlazioni empiriche (Schmertmann, 1978); i parametri geotecnici vengono anch'essi interpretati mediante correlazioni empiriche ed utilizzati per la stratigrafia.

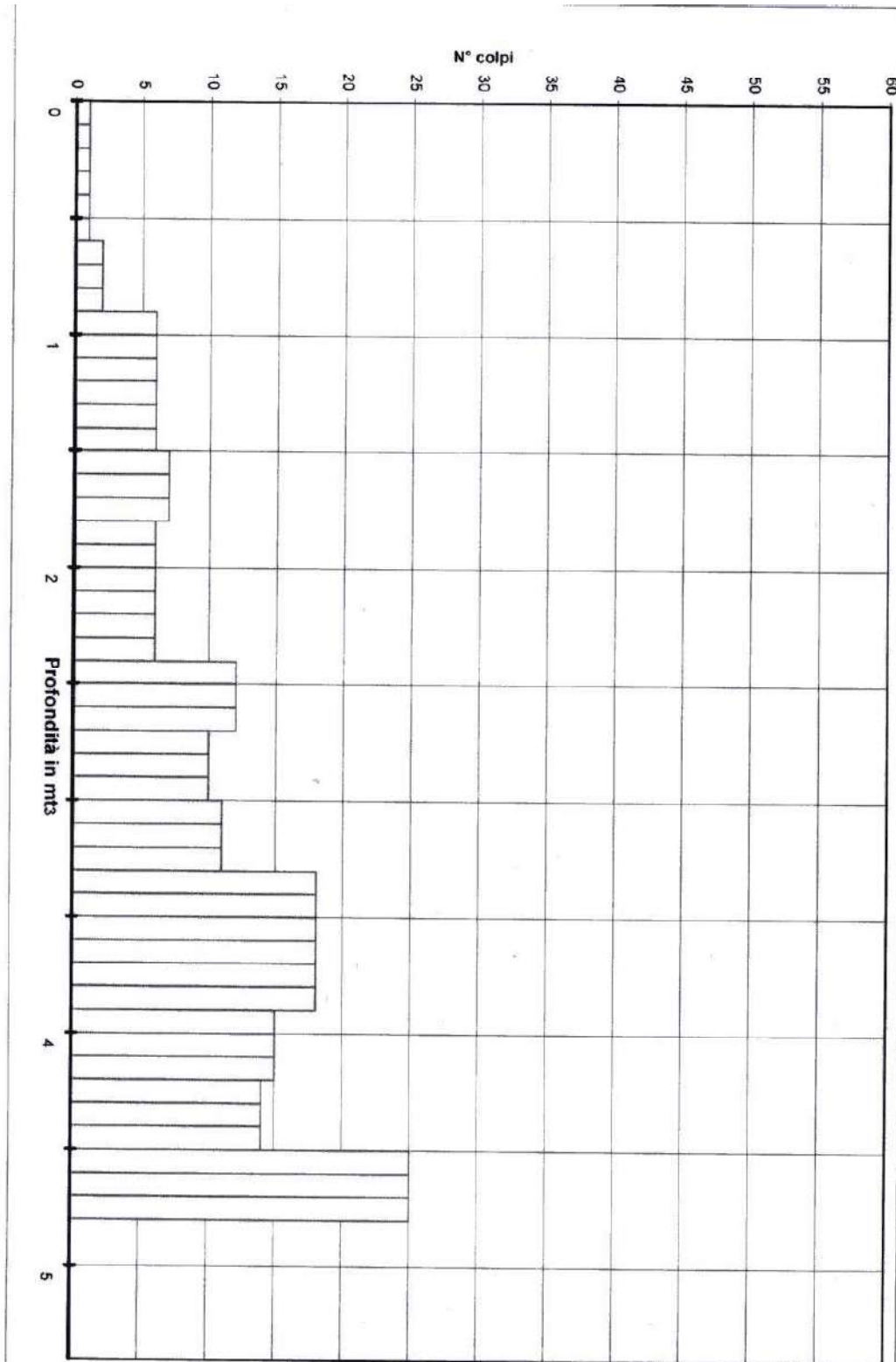
La sintesi delle indagini, la ricostruzione litostratigrafica ed i dati rilevati dalle prove penetrometriche sono sintetizzati nei dati delle pagine a seguire:

Dati

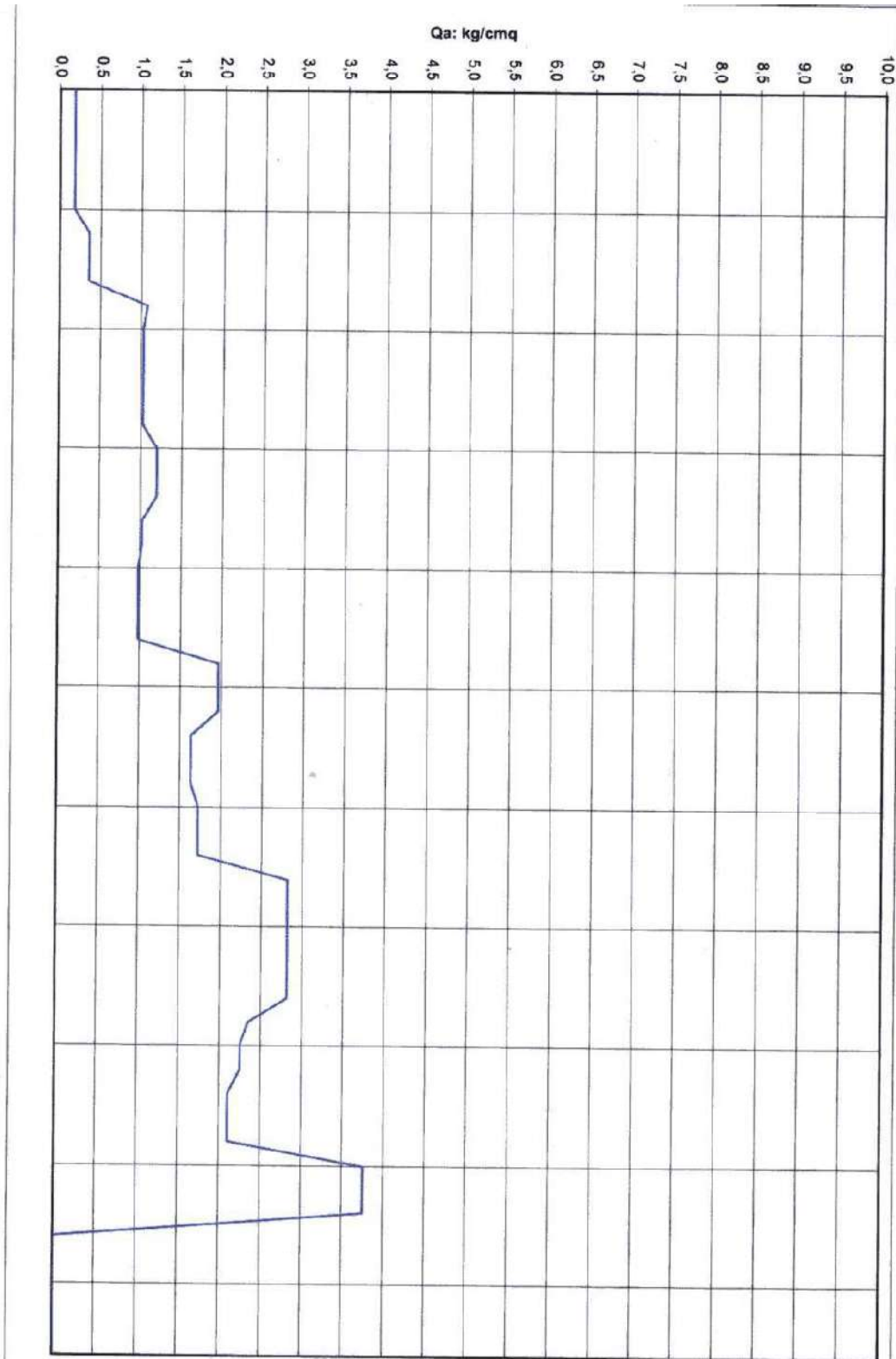
C.na Pantaleona - Torre Garofoli - 2009									
Prof	SCPT1			SCPT2		SCPT3		SCPT4	
	Metri	N°colp		Qa	N°colp	Qa	N°colp	Qa	N°colp
0	1	0,2		1	0,2	2	0,4	2	0,4
0,1	1	0,2		1	0,2	2	0,4	2	0,4
0,2	1	0,2		1	0,2	2	0,4	2	0,4
0,3	1	0,2		1	0,2	2	0,4	1	0,2
0,4	1	0,2		1	0,2	2	0,4	1	0,2
0,5	1	0,2		1	0,2	2	0,4	1	0,2
0,6	2	0,4		3	0,5	2	0,4	2	0,4
0,7	2	0,4		3	0,5	2	0,4	2	0,4
0,8	2	0,4		3	0,5	2	0,4	2	0,4
0,9	6	1,1		5	0,9	6	1,1	7	1,3
1	6	1,0		5	0,9	6	1,0	7	1,2
1,1	6	1,0		5	0,9	6	1,0	7	1,2
1,2	6	1,0		6	1,0	5	0,9	7	1,2
1,3	6	1,0		6	1,0	5	0,9	7	1,2
1,4	6	1,0		6	1,0	5	0,9	7	1,2
1,5	7	1,2		7	1,2	8	1,4	6	1,0
1,6	7	1,2		7	1,2	8	1,4	6	1,0
1,7	7	1,2		7	1,2	8	1,4	6	1,0
1,8	6	1,0		7	1,2	10	1,7	6	1,0
1,9	6	1,0		7	1,2	10	1,7	6	1,0
2	6	1,0		7	1,1	10	1,6	6	1,0
2,1	6	1,0		7	1,1	9	1,5	8	1,3
2,2	6	1,0		7	1,1	9	1,5	8	1,3
2,3	6	1,0		7	1,1	9	1,5	8	1,3
2,4	12	2,0		17	2,8	12	2,0	9	1,5
2,5	12	2,0		17	2,8	12	2,0	9	1,5
2,6	12	2,0		17	2,8	12	2,0	9	1,5
2,7	10	1,6		15	2,4	11	1,8	9	1,5
2,8	10	1,6		15	2,4	11	1,8	9	1,5
2,9	10	1,6		15	2,4	11	1,8	9	1,5
3	11	1,7		10	1,6	12	1,9	9	1,4
3,1	11	1,7		10	1,6	12	1,9	9	1,4
3,2	11	1,7		10	1,6	12	1,9	9	1,4
3,3	18	2,8		10	1,6	11	1,7	12	1,9
3,4	18	2,8		10	1,6	11	1,7	12	1,9
3,5	18	2,8		10	1,6	11	1,7	12	1,9
3,6	18	2,8		21	3,3	17	2,7	12	1,9
3,7	18	2,8		21	3,3	17	2,7	12	1,9
3,8	18	2,8		21	3,3	17	2,7	12	1,9
3,9	15	2,3		15	2,3	23	3,6	18	2,8
4	15	2,3		15	2,3	23	3,5	18	2,7
4,1	15	2,3		15	2,3	23	3,5	18	2,7
4,2	14	2,1		15	2,3	16	2,4	23	3,5
4,3	14	2,1		15	2,3	30	4,5	23	3,5
4,4	14	2,1		15	2,3	30	4,5	23	3,5

Dati

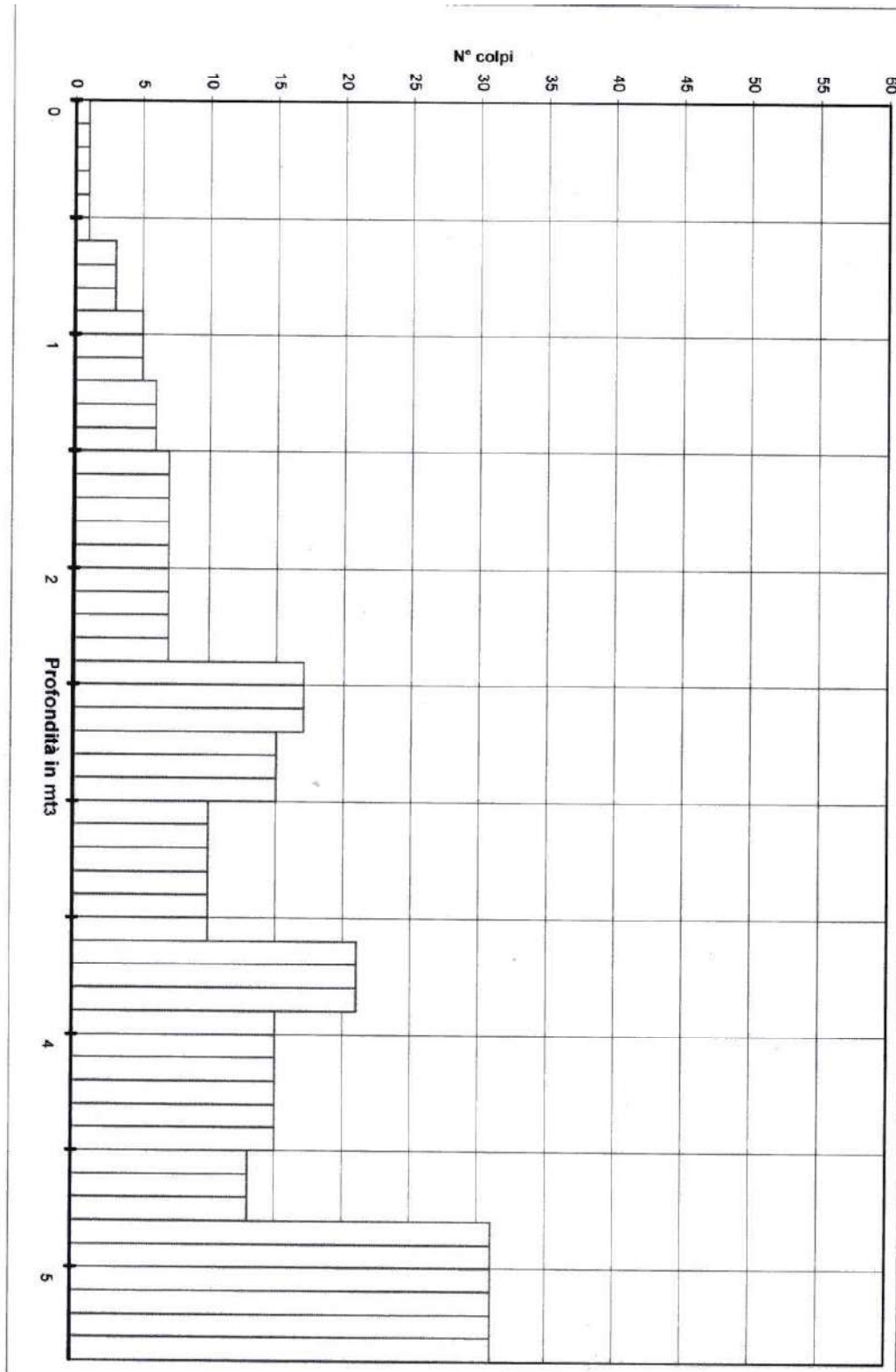
4,5	25	3,8	13	2,0	30	4,5	23	3,5
4,6	25	3,8	13	2,0	31	4,7		0,0
4,7	25	3,8	13	2,0	31	4,7		0,0
4,8		0,0	31	4,7	31	4,7		0,0
4,9		0,0	31	4,7		0,0		0,0
5		0,0	31	4,5		0,0		0,0
5,1		0,0	31	4,5		0,0		0,0
5,2		0,0	31	4,5		0,0		0,0
5,3		0,0	31	4,5		0,0		0,0



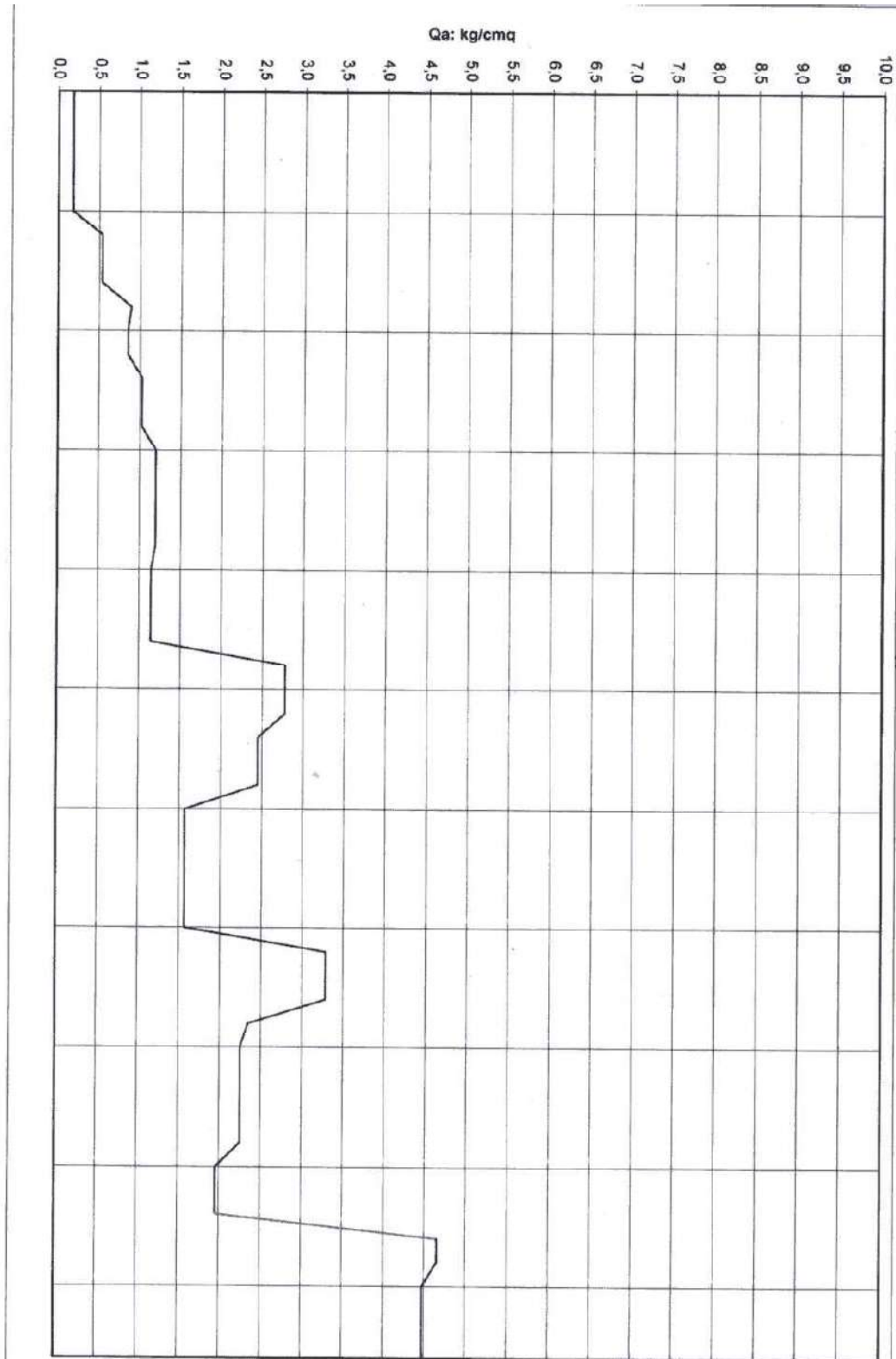
Isto1 Grafico 2



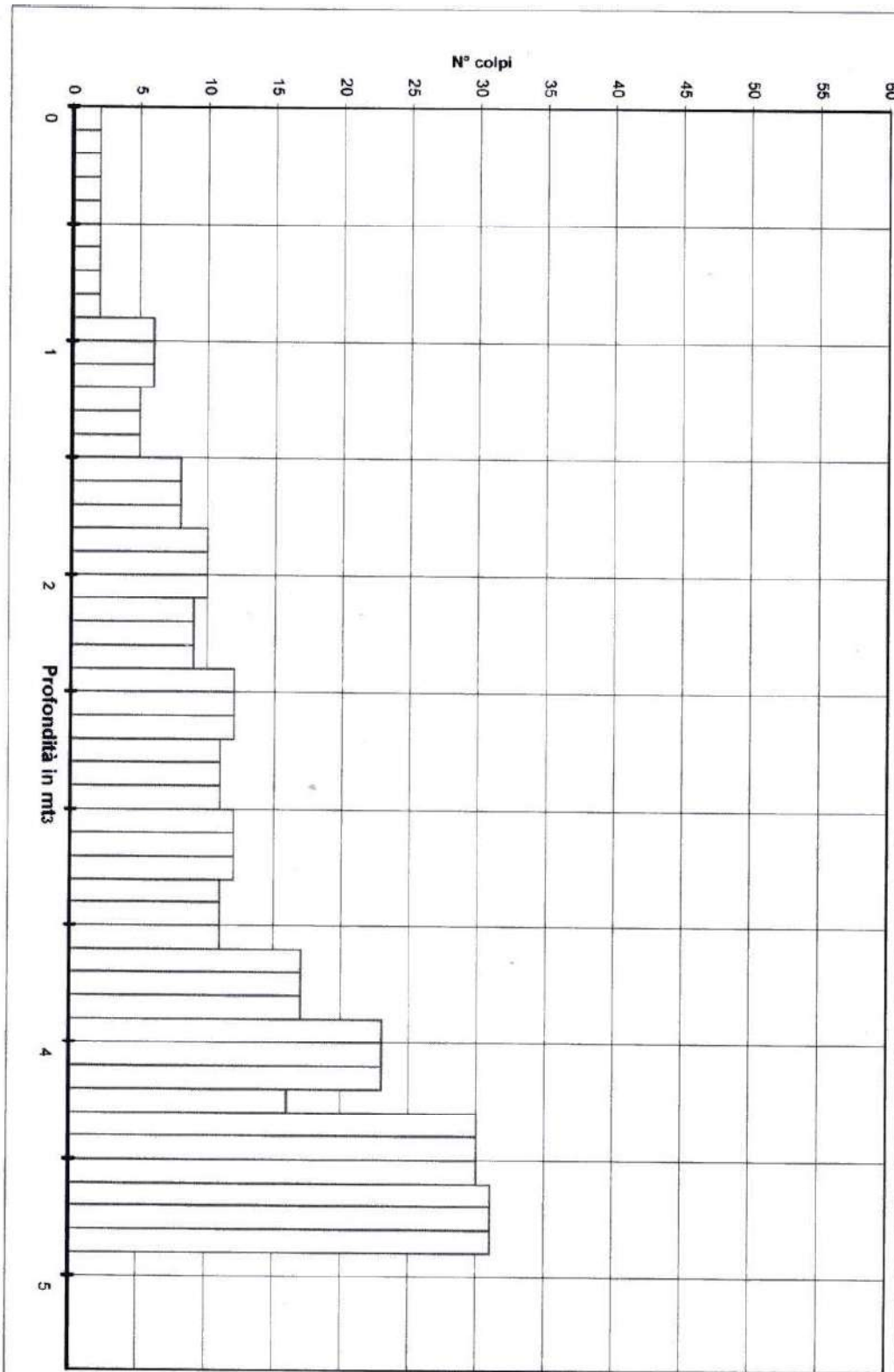
ISO 1 Grafico 7



Isio1 Grafico 12

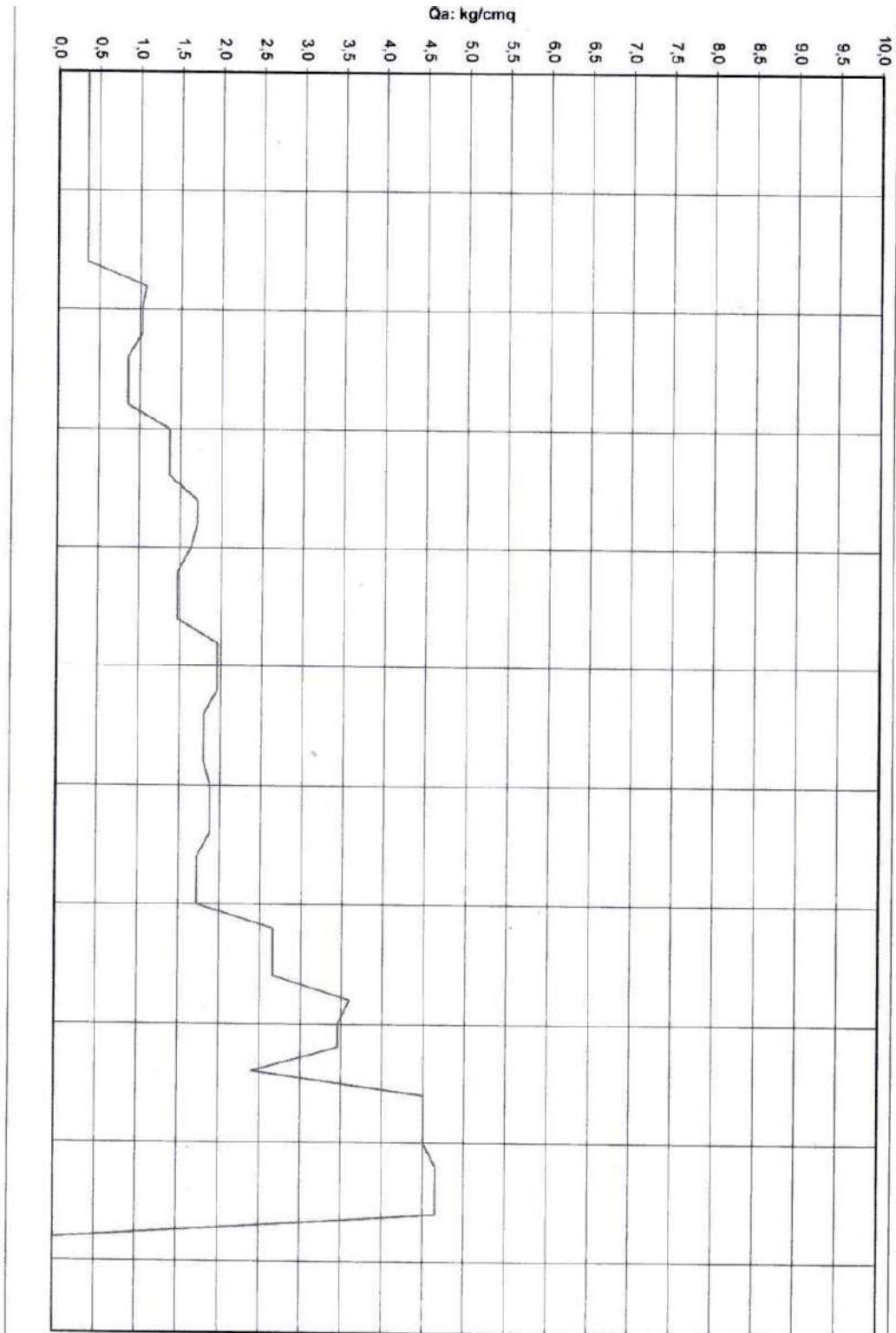


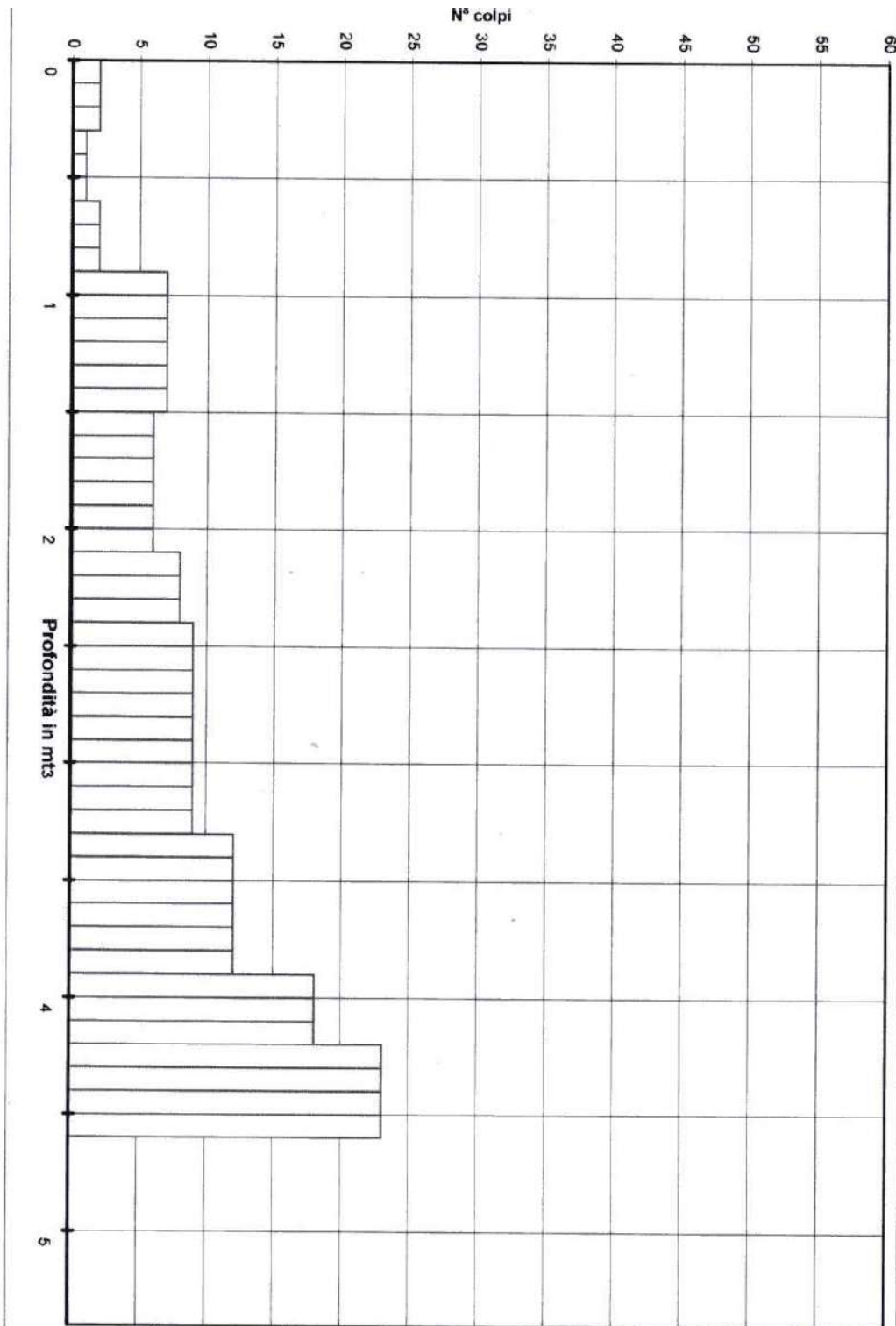
Isto 1 Grafico 9



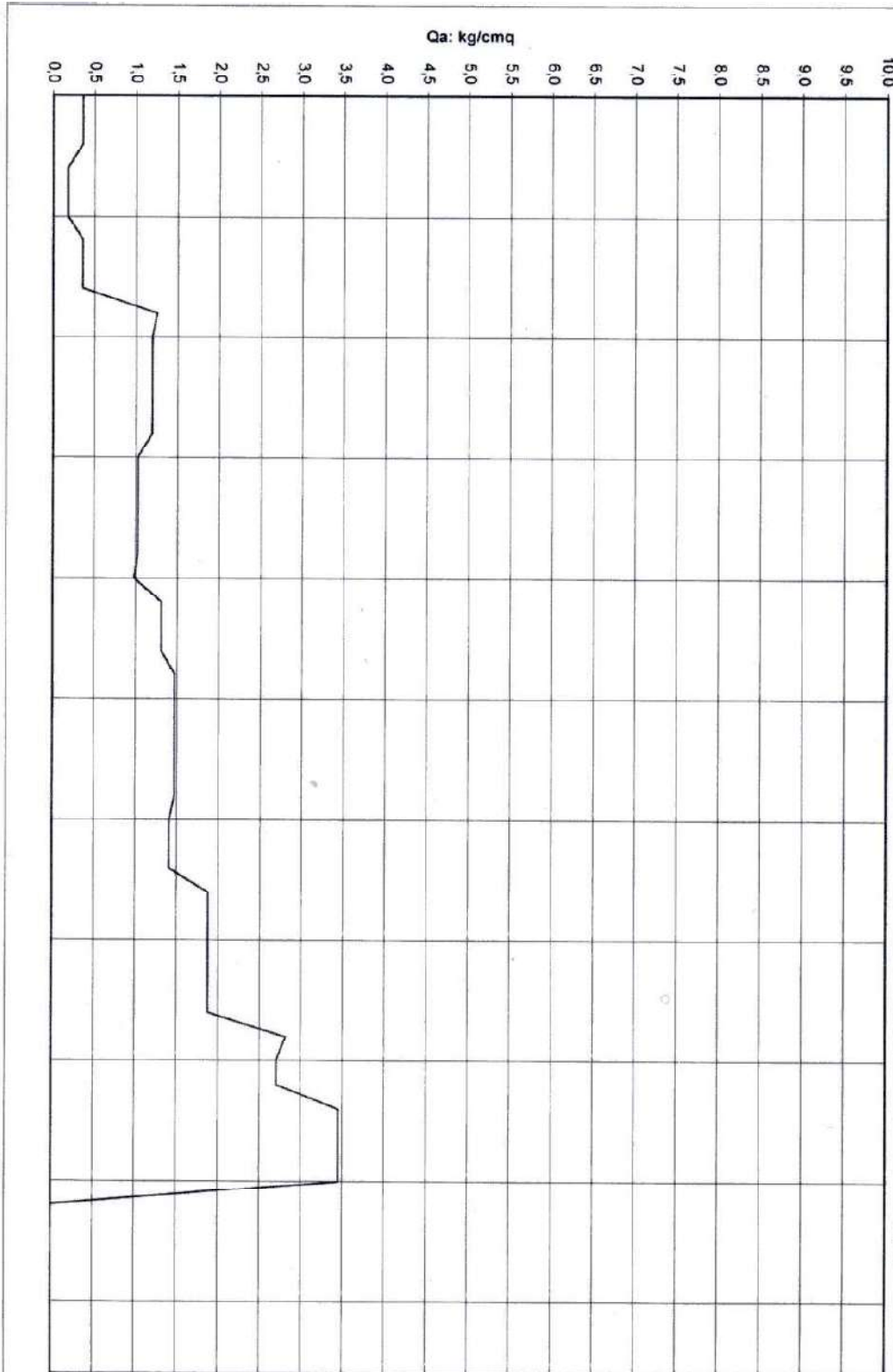
Isto 1 Grafico 16

Isi01 Grafico 13





Isto 1 Grafico 20



Isi01 Grafico 17

Pagina 1

S cpt 4

7.0. - PARAMETRI GEOTECNICI

Dalle prove SCPT, dal sondaggio in situ con SPT, dall'osservazione delle trincee scavate e dalle informazioni reperite in letteratura possono essere illustrate le caratteristiche geotecniche dei litotipi ed alcune proprietà geomeccaniche utili ai fini progettuali:

Strato di terreno vegetale argilloso

da 0 a -1 m

Peso di volume secco (γ) = 16 KN/mc

Peso di volume saturo (γ_{sat}) = 18 KN/mc

Angolo di attrito interno (Φ) = 17°

Coesione = 40 Kp

Strato a Matrice sabbioso-limosa con ghiaia e ciottoli

da -1 a -5 m

Peso di volume secco (γ) = 18 KN/mc

Peso di volume saturo (γ_{sat}) = 23KN/mc

Angolo di attrito interno (Φ) = 30°

Coesione efficace = 0

Densità relativa (D_r %) = 60-80

E (modulo di Young) = da 150 a 250 (Mpa)

Go (modulo di taglio) = 65-90 (Mpa)

Strato a sabbia e limo sabbioso con ghiaia e ghiaietto

da -5 a -13m

Peso di volume secco (γ) = 18 KN/mc

Peso di volume saturo (γ_{sat}) = 23KN/mc

Angolo di attrito interno (Φ) = 35°

Coesione efficace = 0

Densità relativa (D_r %) = 55 - 65

E (modulo di Young) = da 250 a 350 (Mpa)

G_o (modulo di taglio) = 50-70 (Mpa)

Strato a matrice argillosa con ghiaietto e ghiaia

da -13 a -15 m

Peso di volume secco (γ) = 16 KN/mc

Peso di volume saturo (γ_{sat}) = 18 KN/mc

Angolo di attrito interno (Φ) = 21°

Coesione = 40 Kp

Secondo le Raccomandazioni Agi (1977), il materiale litologico interessato dalle future fondazioni dei tracker si può così sintetizzare:

Classifica di cantiere: Terre incoerenti o granulari con elementi lapidei aventi dimensioni prevalenti > di 2 mm (ghiaia). Consistenza: sciolto

Classifica Granulometrica: Ghiaia con ciottoli e sabbia

Classificazione USCS: Terre a Grana Grossa. Simbolo GW . Ghiaie a granulometrica ben assortita o miscele di ghiaia e sabbia con frazione fine scarsa o assente.

Classificazione H.R.B. (AASHO M 145 – 49): Gruppo di classificazione A-1

8.0. – ANALISI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

Il progetto prevede la posa di pannelli fotovoltaici (tracker in impianto agrovoltaico) con fondazioni superficiali infisse nei primi metri del terreno.

Dai test in situ eseguiti con il penetrometro sul materiale si é ricavata una resistenza al taglio non drenata (c_u) per la matrice limoso sabbiosa pari a pari a 0,9 Kg/cm 2 .

Considerato il carattere limoso-sabbioso della matrice dei primi metri di terreno si ritiene cautelativo valutare il carico ammissibile come se tutto il sottosuolo interessato dal bulbo di fondazione fosse dotato di medesime caratteristiche geotecniche (omogeneo-isotropo).

Si allegano alcune tabelle sulle proprietà dei litotipi in profondità.

Prova penetrometrica N° 1

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
0,0	1	19	6		
0,1	1	19	6		
0,2	1	19	6		
0,3	1	19	6		
0,4	1	19	6		
0,5	1	19	6		
0,6	2	20	12		2
0,7	2	20	12		
0,8	2	20	12		
0,9	6	24	36		6
1,0	6	24	36		
1,1	6	24	36		
1,2	6	24	36		
1,3	6	24	36		
1,4	6	24	36		
1,5	7	25	42		8
1,6	7	25	42		
1,7	7	25	42		
1,8	6	24	36		
1,9	6	24	36		7
2,0	6	24	36		
2,1	6	24	36		
2,2	6	24	36		
2,3	6	24	36		
2,4	12	28	72	40-60	
2,5	12	28	72	40-60	
2,6	12	28	72	40-60	
2,7	10	27	60	20-40	
2,8	10	27	60	20-40	
2,9	10	27	60	20-40	
3,0	11	28	66	40-60	
3,1	11	28	66	40-60	
3,2	11	28	66	40-60	
3,3	18	31	108	40-60	
3,4	18	31	108	40-60	
3,5	18	31	108	40-60	
3,6	18	31	108	40-60	
3,7	18	31	108	40-60	
3,8	18	31	108	40-60	
3,9	15	30	90	40-60	
4,0	15	30	90	40-60	
4,1	15	30	90	40-60	
4,2	14	29	84	40-60	
4,3	14	29	84	40-60	
4,4	14	29	84	40-60	
4,5	25	34	150	40-60	
4,6	25	34	150	40-60	
4,7	25	34	150	40-60	
4,8	0	0	0	0	
4,9	0	0	0	0	
5,0	0	0	0	0	

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
5,1					
5,2					
5,3					
5,4					
5,5					
5,6					
5,7					
5,8					
5,9					
6,0					
6,1					
6,2					
6,3					
6,4					
6,5					
6,6					
6,7					
6,8					
6,9					
7,0					
7,1					
7,2					
7,3					
7,4					
7,5					
7,6					
7,7					
7,8					
7,9					
8,0					
8,1					
8,2					
8,3					
8,4					
8,5					
8,6					
8,7					
8,8					
8,9					
9,0					
9,1					
9,2					
9,3					
9,4					
9,5					
9,6					
9,7					
9,8					
9,9					
10,0					

Prova penetrometrica N° 2

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
0,0	1	19	6		
0,1	1	19	6		
0,2	1	19	6		
0,3	1	19	6		
0,4	1	19	6		
0,5	1	19	6		
0,6	3	22	18		2
0,7	3	22	18		
0,8	3	22	18		
0,9	5	24	30		6
1,0	5	24	30		
1,1	5	24	30		
1,2	6	24	36		
1,3	6	24	36		
1,4	6	24	36		
1,5	7	25	42		
1,6	7	25	42		
1,7	7	25	42		
1,8	7	25	42		7
1,9	7	25	42		7
2,0	7	25	42		
2,1	7	25	42		8
2,2	7	25	42		
2,3	7	25	42		
2,4	17	31	102	40-60	
2,5	17	31	102	40-60	
2,6	17	31	102	40-60	
2,7	15	30	90	40-60	
2,8	15	30	90	40-60	
2,9	15	30	90	40-60	
3,0	10	27	60	20-40	
3,1	10	27	60	20-40	
3,2	10	27	60	20-40	
3,3	10	27	60	20-40	
3,4	10	27	60	20-40	
3,5	10	27	60	20-40	
3,6	21	33	126	40-60	
3,7	21	33	126	40-60	
3,8	21	33	126	40-60	
3,9	15	30	90	40-60	
4,0	15	30	90	40-60	
4,1	15	30	90	40-60	
4,2	15	30	90	40-60	
4,3	15	30	90	40-60	
4,4	15	30	90	40-60	
4,5	13	29	78	40-60	
4,6	13	29	78	40-60	
4,7	13	29	78	40-60	
4,8	31	37	186	60-80	
4,9	31	37	186	60-80	
5,0	31	37	186	60-80	

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
5,1	31	37	186	60-80	
5,2	31	37	186	60-80	
5,3	31	37	186	60-80	
5,4	31	37	186	60-80	
5,5	31	37	186	60-80	
5,6	31	37	186	60-80	
5,7					
5,8					
5,9					
6,0					
6,1					
6,2					
6,3					
6,4					
6,5					
6,6					
6,7					
6,8					
6,9					
7,0					
7,1					
7,2					
7,3					
7,4					
7,5					
7,6					
7,7					
7,8					
7,9					
8,0					
8,1					
8,2					
8,3					
8,4					
8,5					
8,6					
8,7					
8,8					
8,9					
9,0					
9,1					
9,2					
9,3					
9,4					
9,5					
9,6					
9,7					
9,8					
9,9					
10,0					

Prova penetrometrica N° 3

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
0,0	2	20	12		1
0,1	2	20	12		
0,2	2	20	12		
0,3	2	20	12		
0,4	2	20	12		2
0,5	2	20	12		
0,6	2	20	12		
0,7	2	20	12		
0,8	2	20	12		
0,9	6	24	36		6
1,0	6	24	36		
1,1	6	24	36		
1,2	5	24	30		6
1,3	5	24	30		
1,4	5	24	30		
1,5	8	26	48		
1,6	8	26	48		
1,7	8	26	48		
1,8	10	27	60	20-40	
1,9	10	27	60	20-40	
2,0	10	27	60	20-40	
2,1	9	27	54	20-40	
2,2	9	27	54	20-40	
2,3	9	27	54	20-40	
2,4	12	28	72	40-60	
2,5	12	28	72	40-60	
2,6	12	28	72	40-60	
2,7	11	28	66	40-60	
2,8	11	28	66	40-60	
2,9	11	28	66	40-60	
3,0	12	28	72	40-60	
3,1	12	28	72	40-60	
3,2	12	28	72	40-60	
3,3	11	28	66	40-60	
3,4	11	28	66	40-60	
3,5	11	28	66	40-60	
3,6	17	31	102	40-60	
3,7	17	31	102	40-60	
3,8	17	31	102	40-60	
3,9	23	34	138	40-60	
4,0	23	34	138	40-60	
4,1	23	34	138	40-60	
4,2	16	30	96	40-60	
4,3	30	36	180	40-60	
4,4	30	36	180	40-60	
4,5	30	36	180	40-60	
4,6	31	37	186	60-80	
4,7	31	37	186	60-80	
4,8	31	37	186	60-80	
4,9	0	0	0	0	
5,0	0	0	0	0	

mt	N°	Ang.	Ed	Dr	c(t/mq)
5,1					
5,2					
5,3					
5,4					
5,5					
5,6					
5,7					
5,8					
5,9					
6,0					
6,1					
6,2					
6,3					
6,4					
6,5					
6,6					
6,7					
6,8					
6,9					
7,0					
7,1					
7,2					
7,3					
7,4					
7,5					
7,6					
7,7					
7,8					
7,9					
8,0					
8,1					
8,2					
8,3					
8,4					
8,5					
8,6					
8,7					
8,8					
8,9					
9,0					
9,1					
9,2					
9,3					
9,4					
9,5					
9,6					
9,7					
9,8					
9,9					
10,0					

Prova penetrometrica N° 4

mt	N°	Ang	Ed	Dr	c(t/mq)
0,0	2	20	12		
0,1	2	20	12		1
0,2	2	20	12		
0,3	1	19	6		
0,4	1	19	6		
0,5	1	19	6		
0,6	2	20	12		
0,7	2	20	12		
0,8	2	20	12		
0,9	7	25	42		8
1,0	7	25	42		
1,1	7	25	42		
1,2	7	25	42		
1,3	7	25	42		
1,4	7	25	42		
1,5	6	24	36		6
1,6	6	24	36		
1,7	6	24	36		
1,8	6	24	36		
1,9	6	24	36		
2,0	6	24	36		
2,1	8	26	48	20-40	
2,2	8	26	48	20-40	
2,3	8	26	48	20-40	
2,4	9	27	54	20-40	
2,5	9	27	54	20-40	
2,6	9	27	54	20-40	
2,7	9	27	54	20-40	
2,8	9	27	54	20-40	
2,9	9	27	54	20-40	
3,0	9	27	54	20-40	
3,1	9	27	54	20-40	
3,2	9	27	54	20-40	
3,3	12	28	72	40-60	
3,4	12	28	72	40-60	
3,5	12	28	72	40-60	
3,6	12	28	72	40-60	
3,7	12	28	72	40-60	
3,8	12	28	72	40-60	
3,9	18	31	108	40-60	
4,0	18	31	108	40-60	
4,1	18	31	108	40-60	
4,2	23	34	138	40-60	
4,3	23	34	138	40-60	
4,4	23	34	138	40-60	
4,5	23	34	138	40-60	
4,6	0	0	0	0	
4,7	0	0	0	0	
4,8	0	0	0	0	
4,9	0	0	0	0	
5,0	0	0	0	0	

mt	N°	Ang.	Ed	Dr	c(t/mq)
5,1					
5,2					
5,3					
5,4					
5,5					
5,6					
5,7					
5,8					
5,9					
6,0					
6,1					
6,2					
6,3					
6,4					
6,5					
6,6					
6,7					
6,8					
6,9					
7,0					
7,1					
7,2					
7,3					
7,4					
7,5					
7,6					
7,7					
7,8					
7,9					
8,0					
8,1					
8,2					
8,3					
8,4					
8,5					
8,6					
8,7					
8,8					
8,9					
9,0					
9,1					
9,2					
9,3					
9,4					
9,5					
9,6					
9,7					
9,8					
9,9					
10,0					

9.0. - AZIONE SISMICA

Grazie ai dati presenti in letteratura e ad uno stendimento su terreni identici dal punto di vista sismico e geologico di tipo MASW eseguito dallo scrivente nei pressi dell'interporto per il recupero del cavalcaferrovia Savonesa (anno 2020), è stata determinata l'azione sismica nel sito in esame.

Secondo la Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e 3519 / 2006)", il comune di Tortona viene classificato come zona sismica di categoria 3.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono che per la definizione dell'azione sismica si possa far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Vengono pertanto definite le seguenti categorie di sottosuolo:

A- Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiali di spessore massimo pari a 5 m.

B- Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).

C- Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).

D- Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a

mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$, $c_u > 70$ KPa)

E- Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli del tipo C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_s > 800$ m/s.

Ai fini della definizione dell'azione sismica necessaria per la progettazione si rileva, dalle indagini in sito, che il terreno indagato appartiene alla seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

B - Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).

Il valore del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima) di operatività (SLO) è definito in letteratura come 0,028g (espresso come fattore dell'accelerazione di gravità) e 0,036 g al SLD (stato limite di danno) alle coordinate del sito in oggetto.

L'indagine sismica di dettaglio è illustrata nelle pagine successive:



**ESECUZIONE INDAGINE GEOFISICA
CON METODOLOGIA MASW**

**RAPPORTO TECNICO SULLE INDAGINI
ESEGUITE A TORTONA – LOCALITA' RIVALTA**

COMMITTENTE: GEOL. GIANMARIO REPREGOSI

DATA: 12 MARZO 2020

Sede legale:

Via Aldo Moro, n. 5
27028 S.Martino Siccomario (PV)
tel 0382/1750334 fax 0382/1752557
Registro Imprese n.

P.IVA / C.F. 02015400183

e-mail: gta@gta.srl.it sito internet:

Sede operativa:

Via Aldo Moro, n. 5
27028 S.Martino Siccomario (PV)
tel 0382/1750334 fax 0382/1752557

AZIENDA CERTIFICATA
UNI EN ISO 9001:2000

1. PREMESSA.....	3
2. UBICAZIONE DELL' INDAGINE	4
3. PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).....	5
3.1 Descrizione metodologica d'indagine.....	5
3.2 Strumentazione utilizzata	6
4. INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DATI	7
5. RISULTATI.....	14
5.1 Altri parametri geotecnici.....	15

1. PREMESSA

La prova geofisica oggetto del presente rapporto, è stata eseguita per conto del dott. Geol. Gian Mario Repregosi ed ha riguardato la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali nei terreni presso la località Rivalta, in Comune di Tortona (AL).

Alla luce delle nuove **NTC 2018**, la caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico, richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_{eq} degli strati di terreno presenti nel sito. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, come praticamente appare nel nostro caso, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Secondo quanto previsto dal programma d'indagine, è stata realizzata n° 1 indagine sismica con metodologia M.A.S.W.

Questo documento costituisce il rapporto tecnico redatto a chiusura della commessa e riporta la descrizione delle attività svolte in cantiere, le specifiche tecniche delle attrezzature impiegate, i dati di campagna ed i risultati delle prove eseguite in sito.

2. UBICAZIONE DELL' INDAGINE

L'indagine è stata eseguita in presso la località Rivalta in Comune di Tortona; l'ubicazione dell'area con il tracciato dello stendimento sismico è riportata nella figura seguente.



Fig. 1 – Ubicazione dello stendimento sismico

3. PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

3.1 Descrizione metodologica d'indagine

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi, ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P** - Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S** - Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L** - Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R** - Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier), i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica, il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato, dove è possibile identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali e osservando inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità - frequenza è detto *spettro di dispersione*. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

A partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, è possibile simulare la curva di dispersione teorica che lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times f$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta *inversione* e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale, è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno.

I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

3.2 Strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione dell'indagine, si è utilizzato un sismografo a 24 canali, modello ECHO 24/2002 della Ambrogeo di Rivergaro (PC), con le seguenti principali impostazioni utilizzate:

Campionamento: 0.131 msec

Convertitore A/D 16 bit

Guadagno singoli canali: 100 dB

Distorsione: 0.01%

Risposta in frequenza: 7 – 950 Hz

Lo strumento è collegato ad un PC notebook via cavo, sul quale è installato il programma di acquisizione Ambrogeo 7.0.

I ricevitori sono geofoni con frequenza propria 4.5 Hz. Le energizzazioni sono fornite da una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico.

Operativamente si è realizzata una linea sismica con 12 geofoni con interdistanza 5 m ed energizzazioni a 5 m di distanza dal primo ed ultimo geofono dello stendimento.

4. INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione è stato utilizzato il software Easy Masw della Geostru Software e si è sviluppata in due fasi:

1. determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
2. inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione delle curve teoriche e sperimentali fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

STENDIMENTO 1

Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1002.3
Interdistanza geofoni [m]	5.0
Periodo di campionamento [msec]	0.131

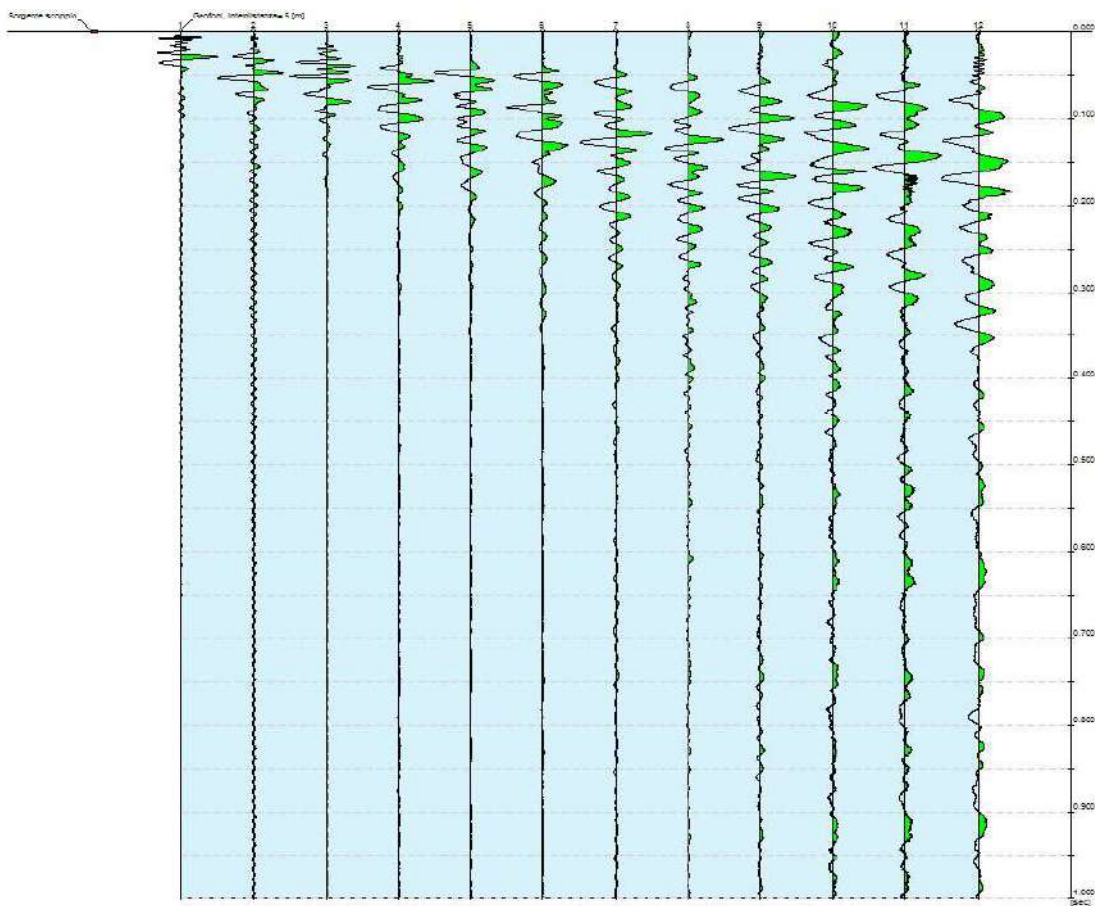


Fig. 2 - Sismogramma stendimento MASW 1

Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

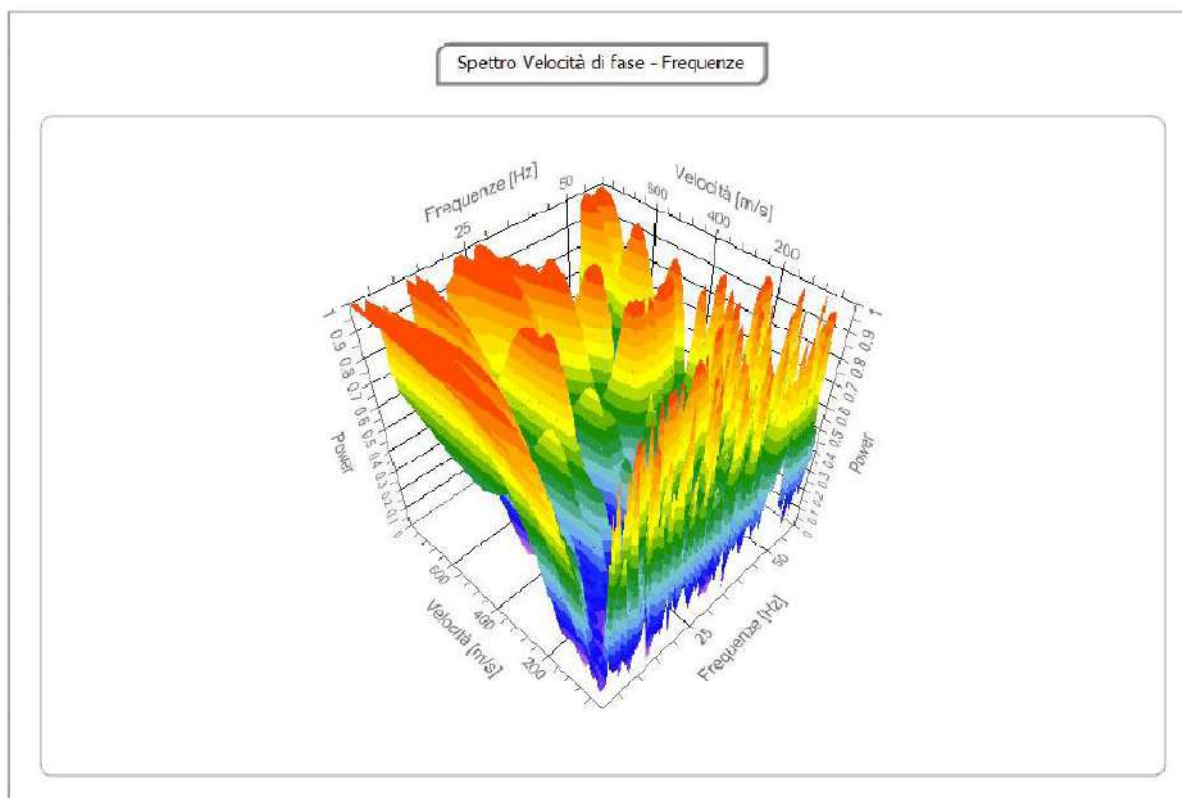


Fig. 3- Analisi spettrale

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.3	496.8	0
2	5.1	483.5	0
3	8.2	459.2	0
4	10.6	439.2	0
5	14.0	417.1	0
6	18.4	397.2	0
7	20.2	383.9	0
8	24.1	379.5	0
9	28.0	379.5	0
10	30.8	366.2	0
11	23.8	390.5	0
12	26.9	381.7	0
13	33.5	370.6	0
14	35.3	368.4	0
15	37.8	357.3	0
16	40.7	359.6	0
17	43.0	361.8	0
18	47.7	306.4	0
19	50.6	286.5	0
20	52.7	284.3	0

Tabella 1 - Parametri della curva di dispersione

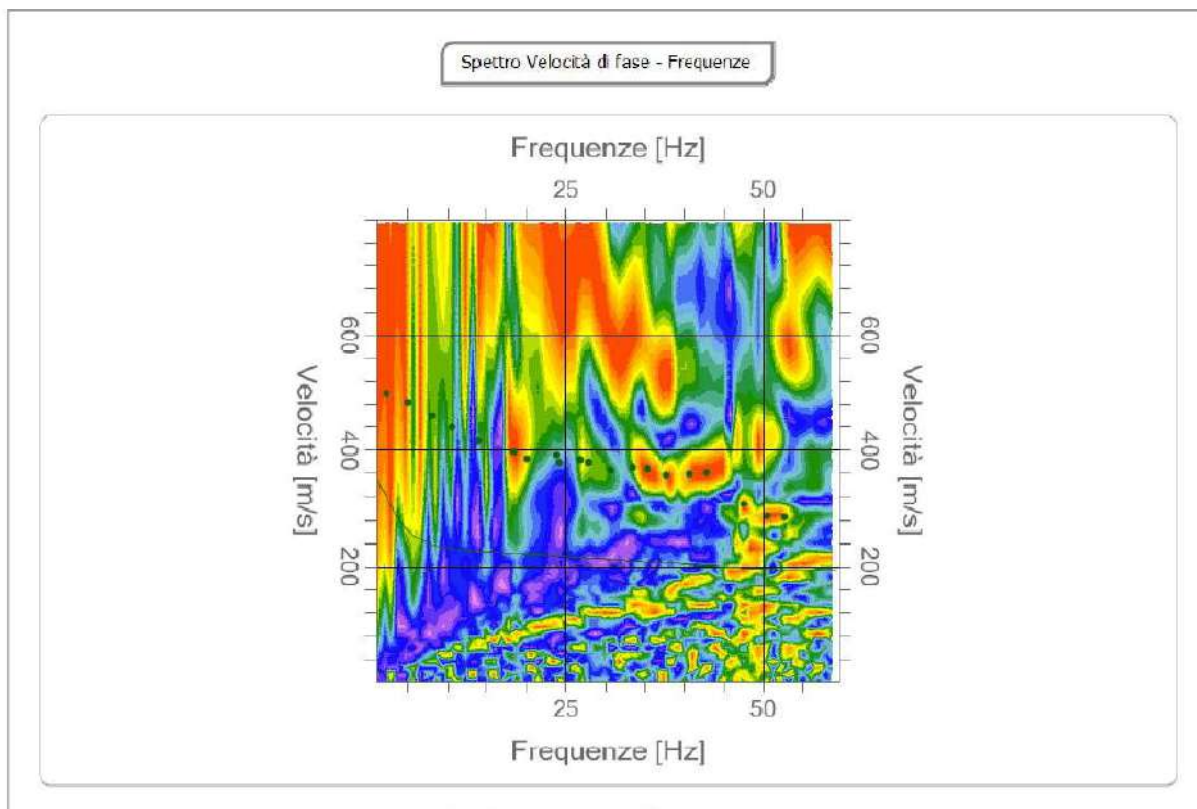


Fig. 4 -Curva di dispersione stendimento masw 1

Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.3	498.9	266.7
2	7.50	6.50	1800.0	0.3	623.6	333.3
3	15.00	7.50	1800.0	0.3	748.3	400.0
4	25.00	10.00	1800.0	0.3	873.1	466.7
5	∞	∞	1800.0	0.3	997.8	533.3

Tabella 2 - Valori dell'inversione

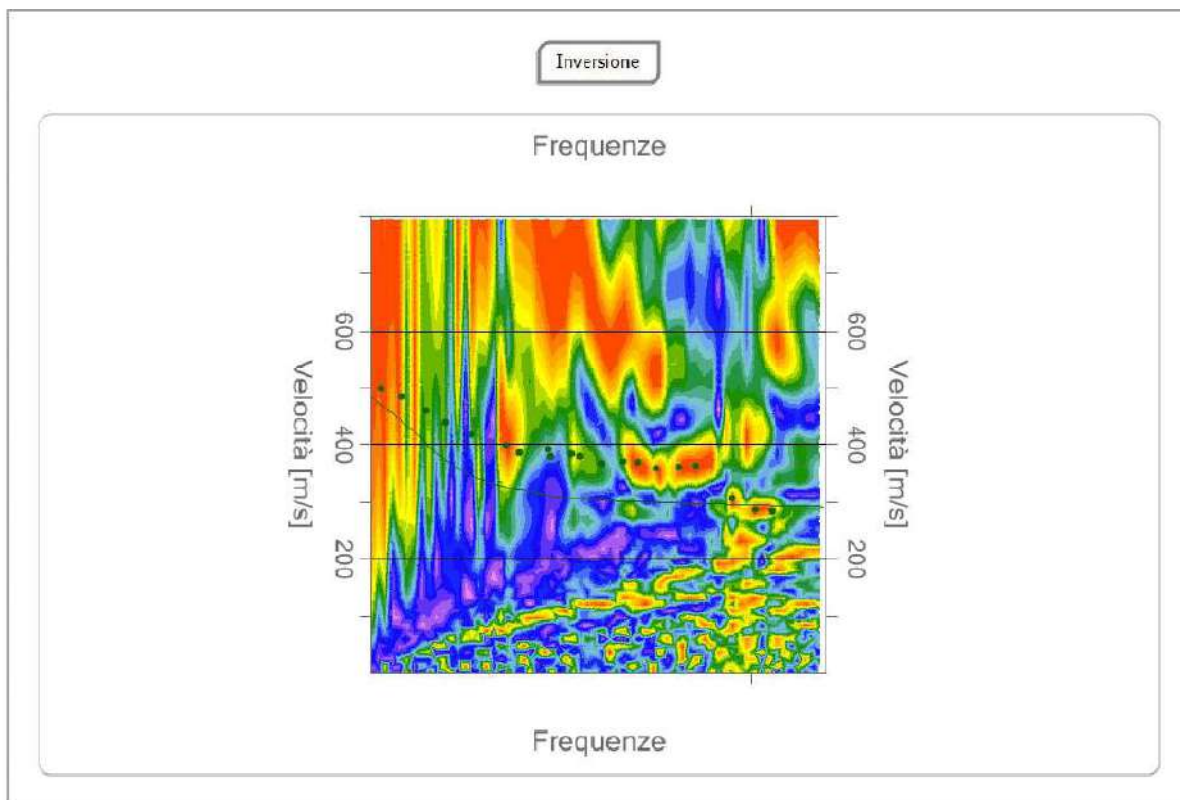


Fig. 5-Inversione

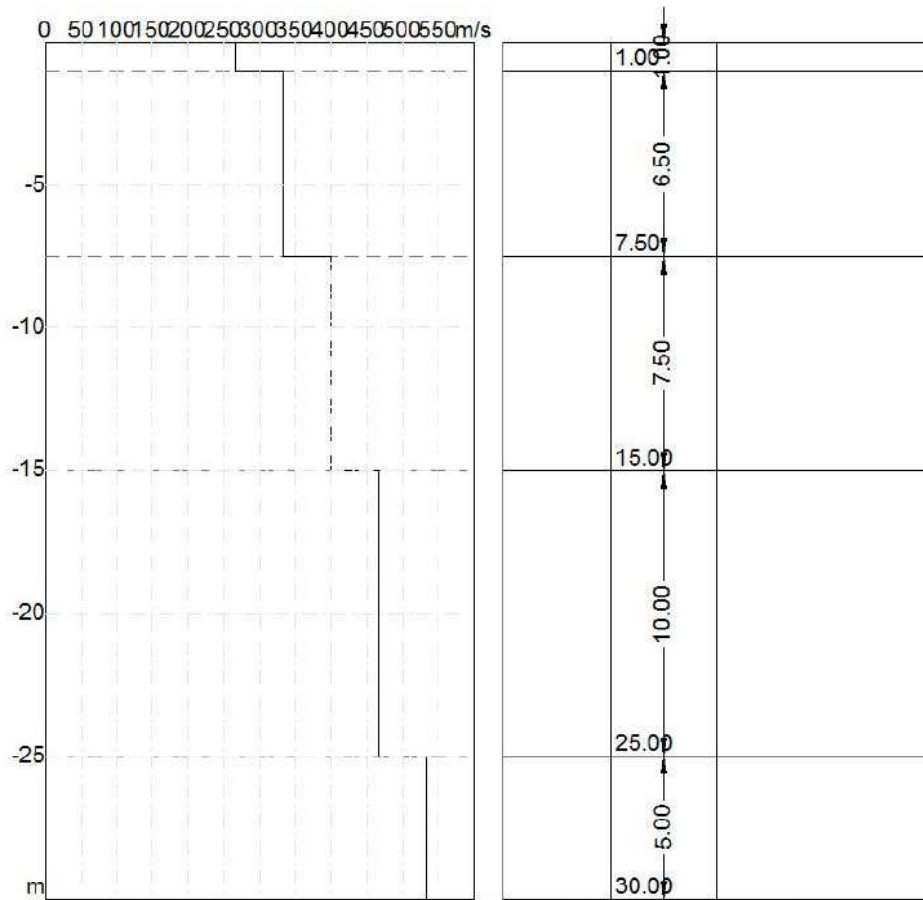
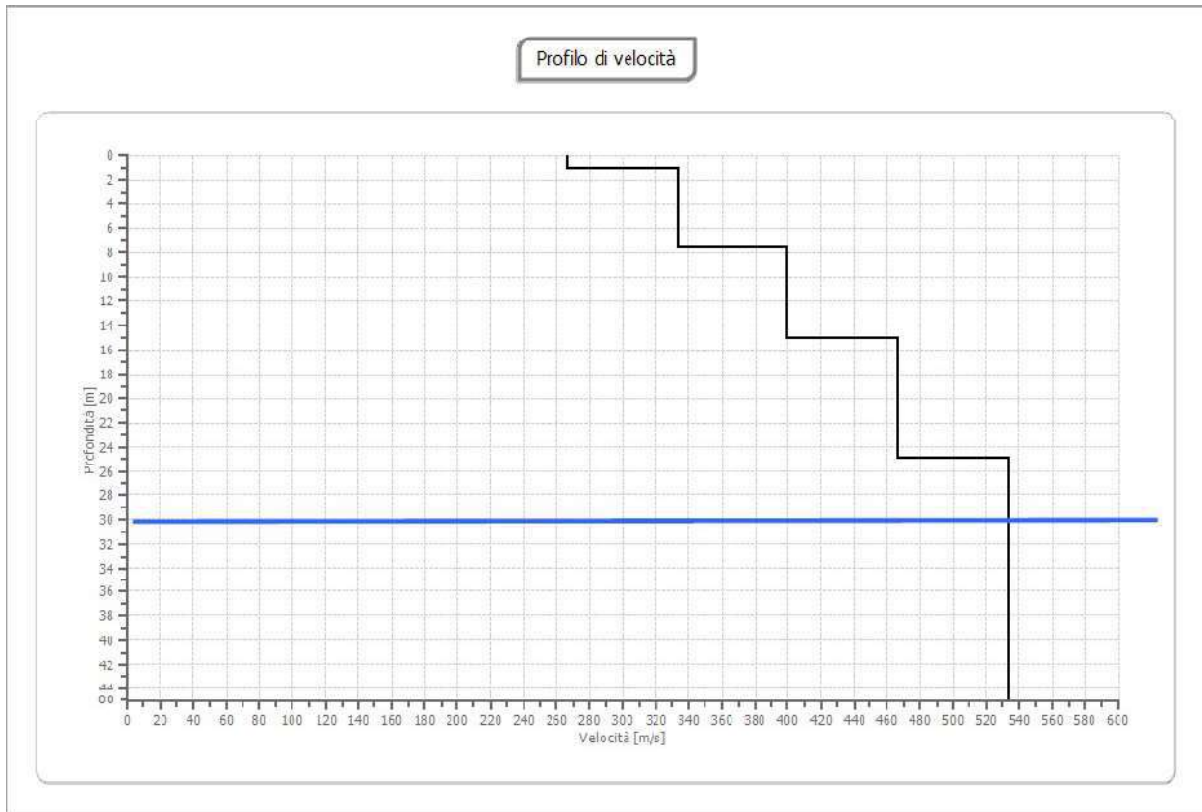


Fig. 6-7 - Modello risultante dall'inversione dei dati - Sismostratigrafia

5. RISULTATI

A partire dal modello sismico mono-dimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle $V_{s,eq}$ che, nel nostro caso, rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio a partire dal piano campagna.

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i = spessore dello stato i -esimo;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, come praticamente appare nel nostro caso, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Vs30 [m/sec]	412.00
Categoria del suolo	Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente ($V_{s,eq}$) compresi tra 360 m/s e 800 m/s

5.1 Altri parametri geotecnici

I valori delle Vs sono stati ricavati dall'indagine sismica di tipo MASW, consentendo, tramite formule empiriche, di eseguire una prima stima dei principali parametri elastici dei terreni investigati, con:

G0: Modulo di deformazione al taglio;
 Ed: Modulo edometrico;
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
 Ey: Modulo di Young;

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.00	1.00	266.67	498.89	1800.00	0.30	128.00	448.00	277.33	332.80
2	7.50	6.50	333.33	623.61	1800.00	0.30	200.00	700.00	433.33	520.00
3	15.00	7.50	400.00	748.33	1800.00	0.30	288.00	1008.00	624.00	748.80
4	25.00	10.00	466.67	873.05	1800.00	0.30	392.00	1372.00	849.33	1019.20
5	∞	∞	533.33	997.78	1800.00	0.30	512.00	1792.00	1109.33	1331.20

Tabella 3 - Schema riassuntivo parametri geotecnici

San Martino Siccomario, Marzo 2020

Dott. Geol. Gianluca Nascimbene



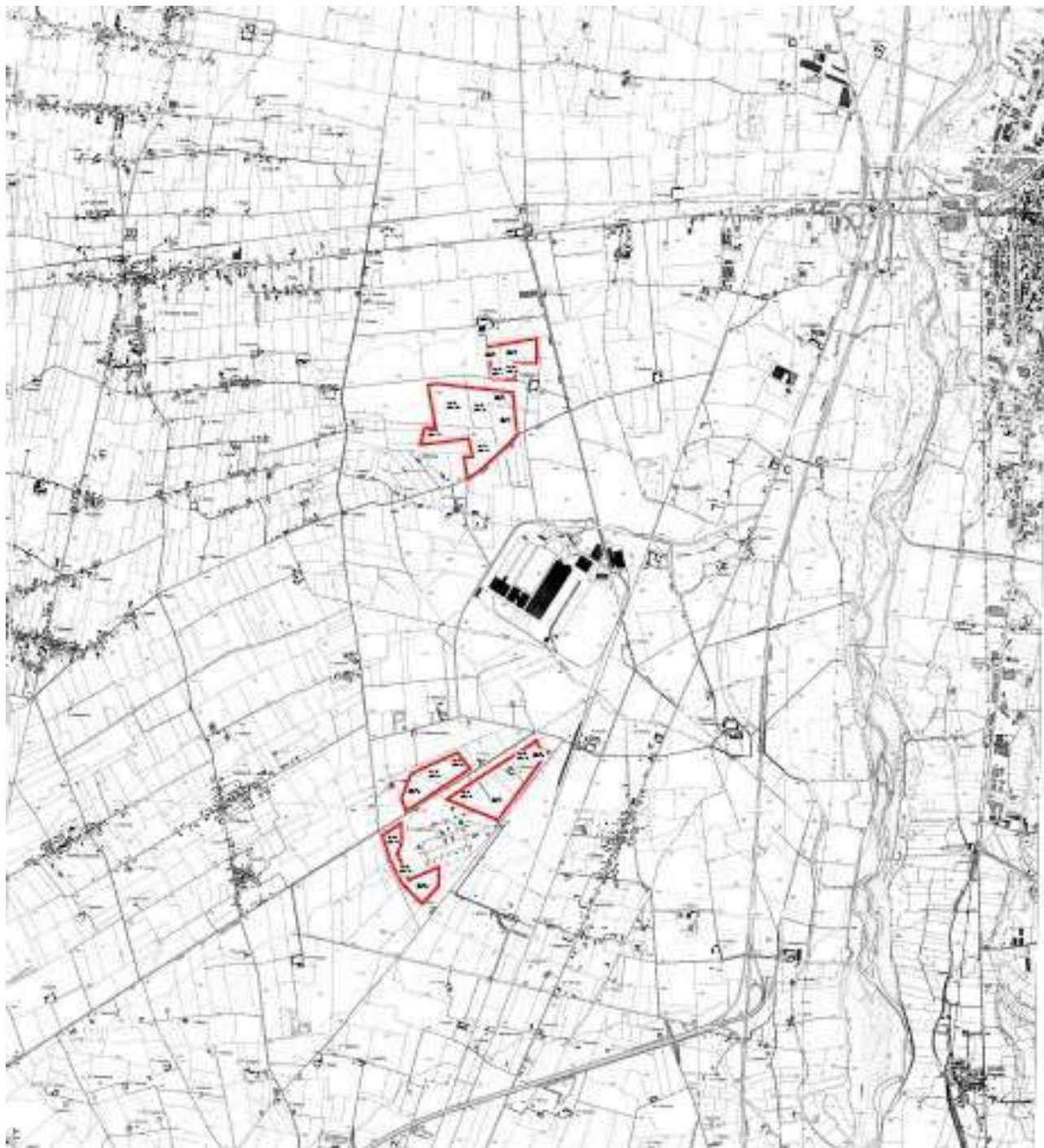
11.0. - CRITERI D'INTERVENTO E CONCLUSIONI

Dall'indagine geologica e geotecnica si possono ricavare le seguenti conclusioni:

- il terreno esaminato si presenta caratterizzato da litotipi alluvionali per spessori di diverse decine metri (35- 40 m)
- Il piano di fondazione è costituito da sedimenti a matrice limoso-sabbiosa inglobante ghiaia e ciottoli fino alla profondità di m 5 dal p.c. e ghiaioso sabbiosi oltre tale profondità.
- Per le proprietà geomeccaniche del terreno si rimanda ai capitoli 6 e 7
- Secondo la Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e 3519/2006)", il comune di Tortona viene classificato come zona sismica di categoria 3. Il sito appartiene alla seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione: B e alla categoria topografica T1

Dall'analisi geologica e geotecnica eseguita e nel rispetto delle indicazioni espresse, è possibile concludere che i lotti di terreno oggetto di indagine presentano idoneità all'intervento in progetto sia dal punto di vista geologico, geotecnico e sismico ai sensi delle normative di riferimento vigenti.

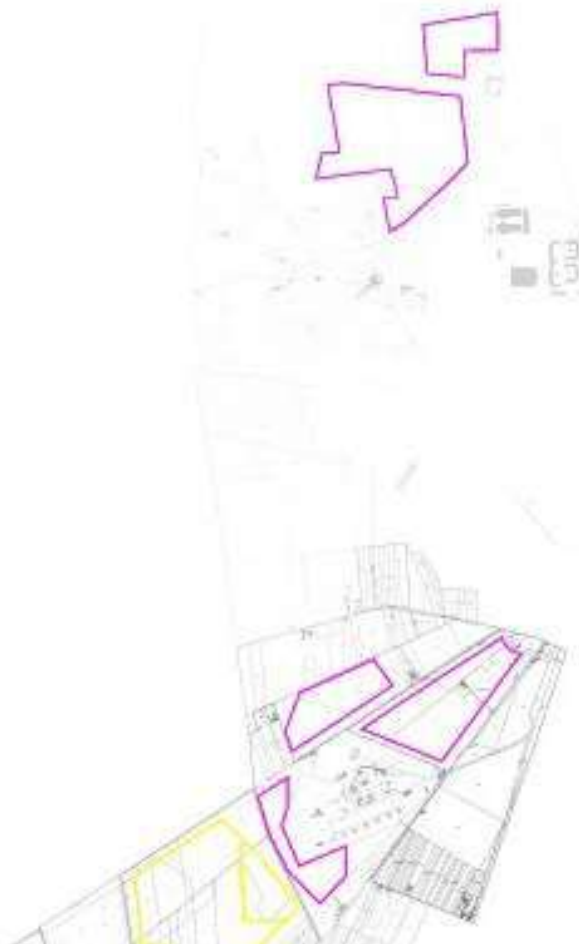




CTR con aree di intervento



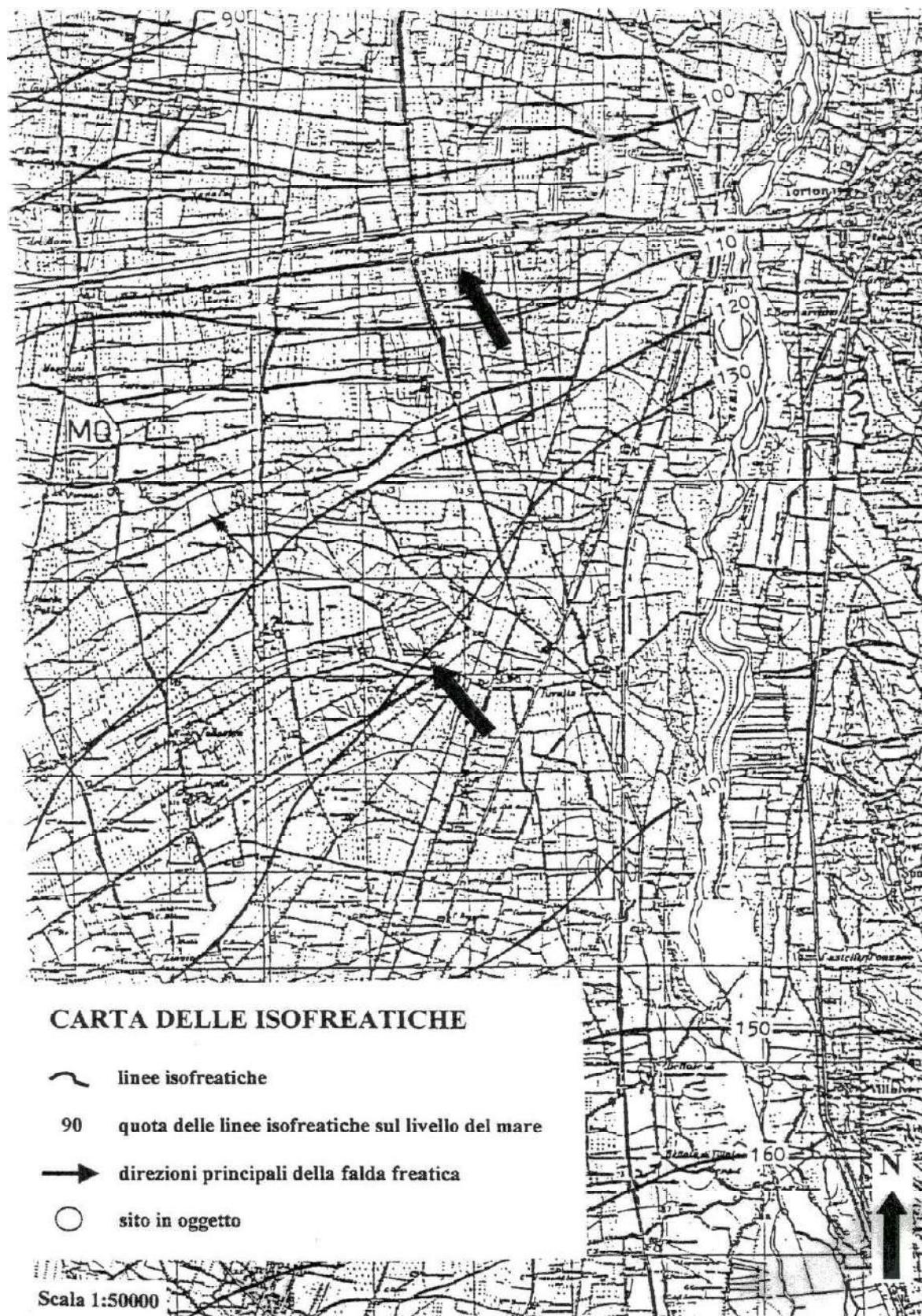
RIPRESA AEREA (in viola le parti interessate)



Estratto di mappa (in viola le parti interessate)



ESTRATTO DELLA CARTA GEOLOGICA





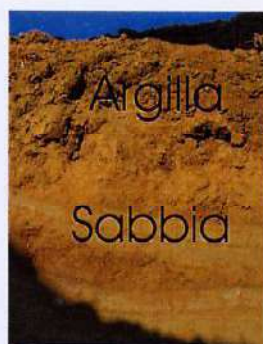
Penetrometro utilizzato

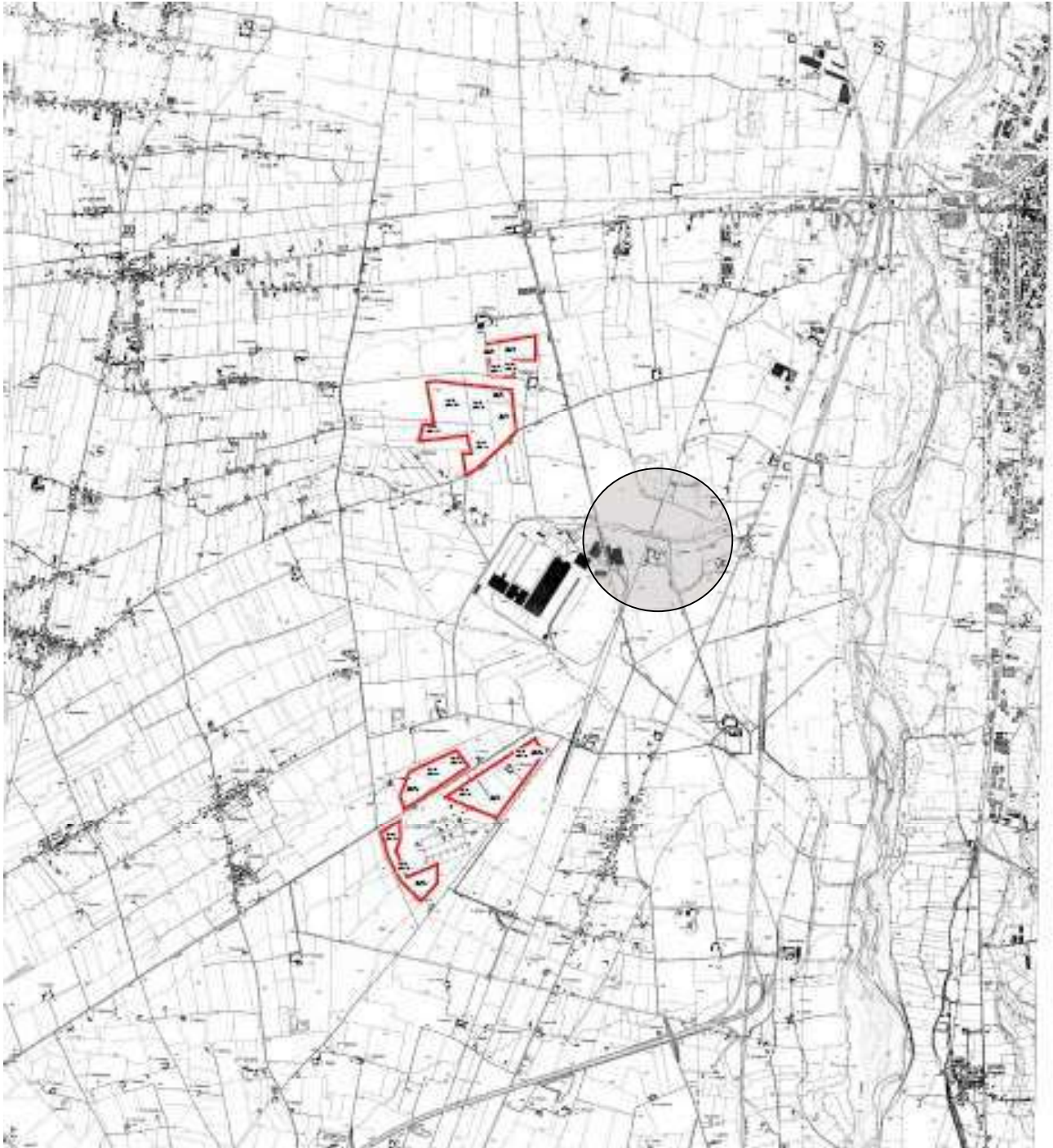
PENETROMETRO MOD. TG 63-200 KN STATICO/DINAMICO CINGOLATO

<Caratteristiche tecniche per prove dinamiche>

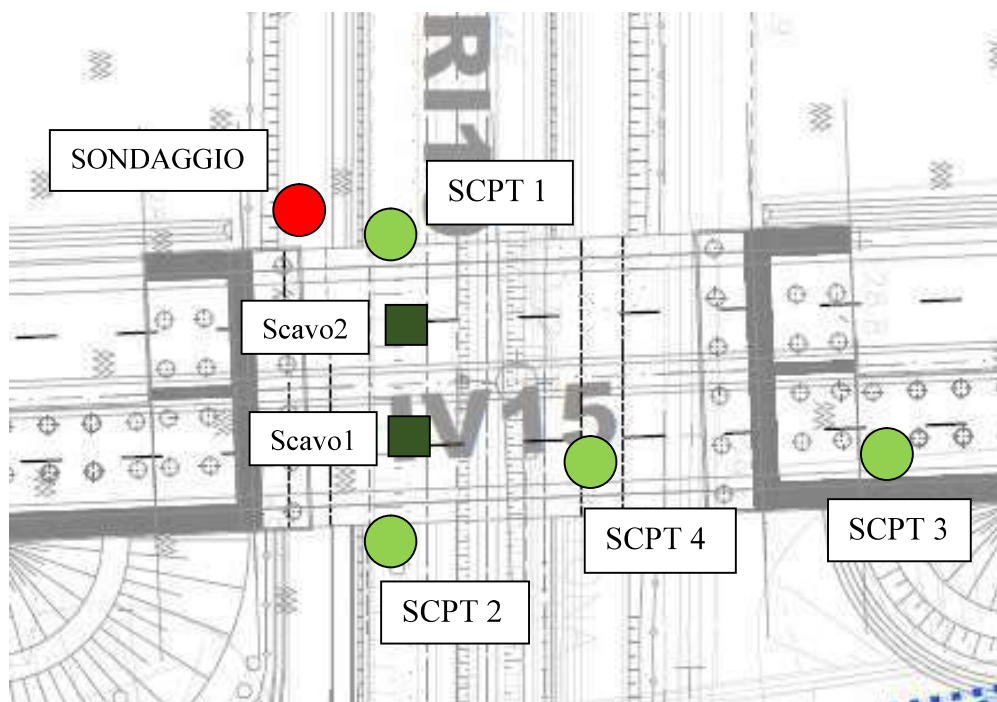
Centratore inferiore Ø 52/32 mm
Asta DPSH Ø 32x1000 mm, M22
Nipplo per asta DPSH Ø 32x1000 mm, M22
Punta a recupero da 20 cm², ang. 90°, STD
Testa di battuta per asta Ø 32 mm, M22
Testa con asola per estraz. asta Ø 32/34 mm, M22
Tubo di rivestimento Ø 48x1000 mm
Tubo di rivestimento Ø 48x600 mm
Nipplo per tubo di riv. Ø 48x1000 mm
Testa di battuta per tubo di riv. Ø 48 mm
Testa di estrazione per tubo di riv. Ø 48 mm
Scarpa per tubo di rivest. asta Ø 32 mm
Centratore inferiore Ø 52/36 mm

Scavo geognostico S4





**ZONA INTERESSATA DALLE INDAGINI IN SITO UTILIZZATE
(Cascina Adella – Cavalcaferrovia)**

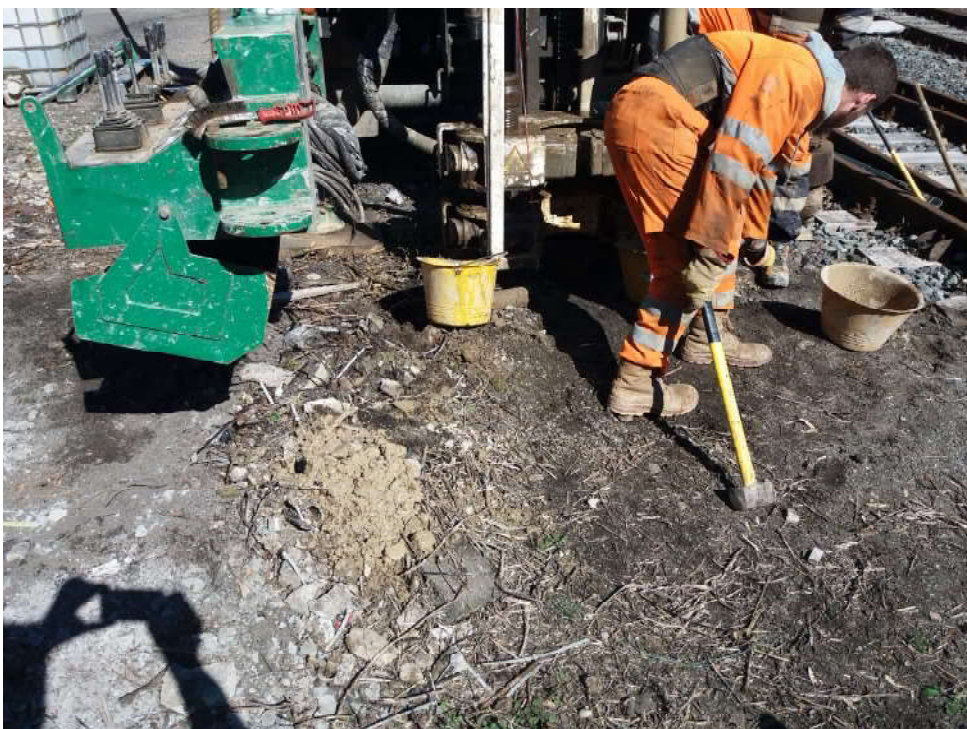


UBICAZIONI PROVE:

SONDAGGIO ●

SCAVI GEOGNOSTICI ■

PROVE PENETROMETRICHE ●



Sondaggio in località Savonesa



Cassette con campioni carotati (carotaggio continuo)

località Savonesa



SCPT 1



SCPT 2



SCPT 3



SCPT 4

FASI DELLE INDAGINI PENETROMETRICHE



SCAVI GEOGNOSTICI

