

COMUNE DI MANTOVA
PROVINCIA DI MANTOVA

PROGETTO:

PIANO ATTUATIVO DELL'EX
CERAMICA MANTOVANA COMPARTO
P.A.5



RELAZIONE GEOLOGICA- IDROGEOLOGICA-
GEOTECNICA- SISMICA E AMBIENTALE

(D.Lgs. 152 del 2006 - D.G.R. 2616/2011 - D.G.R. 11 luglio 2014, n° 2129

D.M. 14 gennaio 2008 – Circolare 2 Febbraio 2009, n° 617)

Committente:

Vecchia Ceramica s.r.l.

IL TECNICO

Dr. Geol. Rosario Spagnolo

Bigarello, Novembre 2016

Dott. geol. Rosario Spagnolo
GEOLOGIA TECNICA-IDROGEOLOGIA
V. Stradella, 35 – Bigarello (MN) 46030
Tel & Fax 0376. 262759 – 338.2949637
E-mail: ro.spagnolo@tiscali.it

INDICE DEI CAPITOLI

1	PREMESSA	1
2	UBICAZIONE GEOGRAFICA.....	4
3.	CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DEL SITO.....	5
4.	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO	7
5	VINCOLI GEOLOGICI	8
6	INQUADRAMENTO STRUTTURALE.....	9
7	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
8	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	13
9	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	13
10	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	14
11	COEFFICIENTE DI PERMEABILITA'	16
12	VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO.....	17
13	INDAGINI GEOGNOSTICHE	22
14	PIANO INVESTIGATIVI AMBIENTALE.....	23
15	METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO	23
16	STRATIGRAFIA DEL SITO IN ESAME	24
17	PARAMETRI CHIMICI	25
1.	PREMESSA	27
2	METODOLOGIA DI INDAGINE	28
2.1	STRUMENTAZIONE.....	29
2.2	ELABORAZIONE.....	31
3	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE.....	33
4	APPROFONDIMENTO DI 2° LIVELLO.....	34
5	PROVE GEOTECNICHE IN SITO	36
5.1	SISMICITA'	36
6	AZIONE SISMICA	40
7	STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA.....	41
8	PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO	42
9	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	44
10	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE	47
11	CONSIDERAZIONI FINALI E PRESCRIZIONI.....	50

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Corografia generale

Scala 1:10.000

Figura 2: Estratto da google

INDAGINE MASW

Tabelle allegate

Sismogramma

Diagramma della curva di dispersione

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Caratteristiche della punta conica

Tabella 2: Informazioni relative allo strumento di indagine

INDICE DELLE TABELLE

Tabella dei parametri geotecnici

Tabella delle valutazioni litologiche

Diagrammi di resistenza

Valori di resistenza

1 PREMESSA

Il presente studio, commissionato dalla società Vecchia Ceramica, è finalizzato alla prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico e nella individuazione di eventuali prescrizioni di natura geologico-applicativa e ambientale, da valutare in fase di pianificazione territoriale urbanistica per il recupero degli immobili e dell'area Ex Ceramica Mantovana nel Quartiere di Fiera Catena. Il presente Piano nasce dalla necessità di un urgente riqualifica urbanistica ed ambientale del sito, a seguito del totale abbandono e degrado dell'igiene e della sicurezza dell'area.

L'indagine geognostica si propone, d'inquadrare gli aspetti di carattere geologico, illustrare i principali lineamenti geomorfologici, idrogeologici, sismici, geotecnici, consentire una visualizzazione sufficientemente completa delle attuali condizioni di assetto del territorio e fornire, in particolare, tutte le informazioni utili per una corretta impostazione delle problematiche legate all'area di indagine.

Inoltre, l'area interessata al Piano Attuativo è stata indagata da un punto di vista ambientale, con il prelievo di 5 campioni, al fine di verificare eventuali inquinanti nel suolo.

Lo studio è stato effettuato tanto attraverso ricerche bibliografiche quanto a mezzo di osservazioni sull'intera superficie di lottizzazione; sono stati affrontati i tematismi tipici degli studi geologici del territorio con particolare attenzione alla situazione di fatto.

Le prove penetrometriche statiche sia pregresse (C.P.T.) hanno consentito di parametrizzare i litotipi che caratterizzano il sito, al fine di definire la vocazione d'uso, mentre la prova geofisica (masw) ha consentito di determinare la categoria di suolo di fondazione.

Lo studio è stato redatto considerando la nuova normativa sismica, in quanto dal 10 di aprile è in vigore la D.G.R. n° 2129 del 2014 (nuova classificazione sismica regionale), la L.R. n° 33 del 2015 (in materia di costruzioni in zona sismica e relativa vigilanza) e la D.G.R. 5501/2016, contiene i criteri attuativi previsti dalla Legge Regionale sopra citata.

Vengono di seguito richiamate le leggi a cui si è fatto riferimento:

- L.R. 11 marzo 2005 n° 12 - Legge per il governo del territorio;
- L.R. 41/97 - “Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti”;
- D.G.R. 29 ottobre 2001 - n° 7/6645;
- D.M. 11.03.1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate.....”;
- piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con deliberazione n° 18/01 del Comitato Istituzionale ed approvato con D.P.C.M..
- D.G.R. 25/01/02 - n° 7/7868. Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo minore;
- O.P.C.M. 20 Marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;

- L. n. 183/1989 - Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo; istituzione delle Autorità di Bacino per la redazione dei Piani di bacino idrografico;
- D.lgs. n° 152/99 (T.U. Ronchi sulla tutela delle acque dall'inquinamento) e successive modificazioni;
- D.lgs. n° 152/06 - Norme in materia Ambientale;
- L. n° 431/85 (Legge Galasso);
- R.D. n° 523/1904 (fascia di rispetto dei corsi d'acqua secondari);
- D.G.R. 2616 del 2011;
- D.M. 14 gennaio 2008;
- D.G.R. 11 luglio 2014, n° 2129.

2 UBICAZIONE GEOGRAFICA

Il sito in esame è ubicato nell'abitato di Mantova, in vicinanza del Lago Inferiore ed è cartograficamente individuabile nella sezione n° E7c4, elemento Mantova, alla scala 1:10.000, della Carta Tecnica Regionale, ricadente al foglio n° 55, mappali n° 431 - 444 - 445 - 446 - 447 - 448 - 465 del catasto dei terreni del Comune di Mantova.

Localizzazione intervento (fig.1)





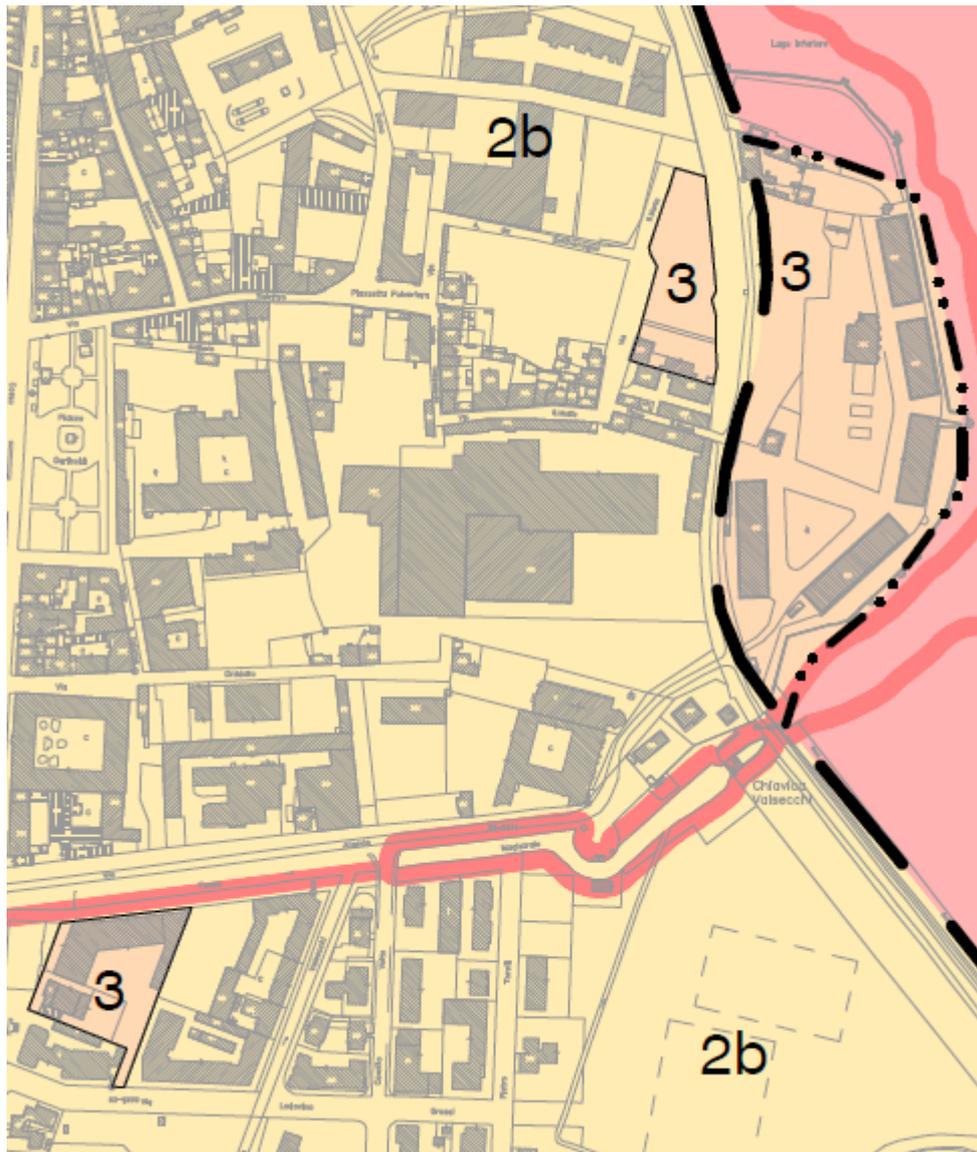
3. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DEL SITO

Lo Studio Geologico a supporto del P.G.T. (Carta della Fattibilità geologica di piano), inserisce l'area in esame in classe di fattibilità 2b: fattibilità con modeste limitazioni, le problematiche da ascrivere all'area in progetto sono legate alla bassa soggiacenza della falda freatica.

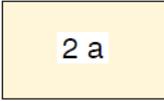
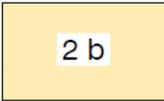
Le prescrizioni contenute nelle Norme Geologiche, in fase esecutiva, contemplano lo svolgimento delle seguenti attività:

- 1) indagine geotecnica con prove in sito (tale attività è stata svolta attraverso l'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite in sito);
- 2) esecuzione di rilevamento geologico di dettaglio;
- 3) esecuzione di indagine geofisica.

Estratto tavola della fattibilità geologica



LEGENDA

CLASSE 2		FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI
		FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI
CLASSE 3		FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI
CLASSE 4		FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI
CLASSE 4		FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI (FASCE DI RISPETTO DEI CORSI D'ACQUA)

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

La carta della pericolosità sismica locale fa ricadere l'area in esame in zona Z4a: zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

Di seguito viene riportata la legenda con la descrizione delle norme.

CORRELAZIONI CON LA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
(cfr. i documenti "Relazione Geologica Generale, Fig. 6" e "Norme Geologiche di Piano")

Comune di Mantova = zona sismica 4 ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003

L'analisi di secondo livello, basata sull'effettuazione di prove sismiche a rifrazione, è stata concentrata nelle zone PSL Z4a [zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi].

Le indagini hanno documentato la presenza delle categorie di suolo B e C ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008, per le quali si sono ottenuti i seguenti risultati:

- 1) Intervallo di periodo 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, fino a 5 piani in elevazione)

Fattori di Amplificazione calcolati > Fattori di soglia comunale: in tutto il territorio lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione di sito.

La progettazione di eventuali costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi del D.D.U.O. n. 19904 del 21 novembre 2003 dovrà pertanto essere supportata da un'analisi sismica di terzo livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore secondo la classificazione stabilita dal D.M. 14 gennaio 2008.

- 2) Intervallo di periodo 0,5-1,5 s (strutture più alte)

Fattori di Amplificazione calcolati < Fattori di soglia comunale: lo spettro secondo normativa risulta ovunque sufficiente e tale da rispecchiare l'effettiva amplificazione di sito.

In caso di progettazione di costruzioni strategiche e rilevanti non saranno richiesti approfondimenti di terzo livello ovvero modifiche dello spettro di norma per una data categoria di suolo, fermi restando gli altri obblighi fissati dal D.M. 14 gennaio 2008.

Il terzo livello di approfondimento dovrà essere posto in atto anche per eventuali costruzioni strategiche e rilevanti in programma nelle zone PSL Z2 [zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)] identificate nella Carta di Pericolosità Sismica Locale (Fig. 6 del documento "Relazione Geologica Generale").

5 VINCOLI GEOLOGICI

Dall'analisi della carta dei vincoli, realizzata in occasione del P.G.T., il sito in esame non ricade in nessun vincolo di carattere geologico.

6 INQUADRAMENTO STRUTTURALE

Il territorio del Comune di Mantova appartiene al settore orientale della Pianura Padana. L'evoluzione geologica dell'area risulta connessa allo sviluppo della catena alpina prima e di quella appenninica nella fase successiva, costituendo l'avanfossa di entrambi i sistemi.

Dal Pliocene ad oggi tale depressione, dal profilo asimmetrico, con minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata da sedimenti dapprima marino-transizionali e quindi strettamente continentali.

Strutturalmente l'area in esame ricade in un settore monoclinale (Pedialpine Homocline), limitato, a nord, dal fronte di sovrascorrimento subalpino, il cui lembo esterno corrisponde alla struttura compressiva di Volta Mantovana, e, a Sud, dal fronte di accavallamento esterno dell'Appennino sepolto nella zona di virgazione che l'arco occidentale delle Pieghe Ferraresi forma con il sistema delle Pieghe Emiliane. Ciò si spiega con il fatto che nel Mantovano è stata individuata la cosiddetta "zona ostacolo" ritenuta responsabile di tale disallineamento e coincidente con una significativa anomalia aereo-magnetica positiva del Basamento Magnetico connessa alla presenza di intrusioni basiche. A causa del suo comportamento prevalentemente rigido la monoclinale padana non sembra essere stata interessata dalle deformazioni legate alla fase parossistica terziaria sebbene alcuni ricercatori abbiano riconosciuto blandi fenomeni di compressione esercitati dal Fronte Appenninico.

L'evoluzione del bacino padano vede, a partire dal Messiniano, la quasi completa cessazione dei movimenti tettonici legati all'edificio alpino. Nel contempo si registra un sensibile spostamento verso Nord-Est del fronte dell'Appennino settentrionale. Da questo momento le geometrie deposizionali del bacino padano sono strettamente legate ai repentini sollevamenti e movimenti in avanti delle falde Nord Appenniniche e dai lunghi periodi di relativa calma e

subsidenza isostatica dei bacini. Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente in modo consistente di tali movimenti. Il margine settentrionale risente invece in modo più blando di quanto succede nel bacino. I movimenti sono registrati da superfici di erosione arealmente anche molto estese, dalla riattivazione di strutture mioceniche sepolte e dalla deposizione di livelli detritici fini legati a movimenti eustatici.

Gli studi della successione sedimentaria plio-pleistocenica padana ne hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo. Infatti, i depositi torbiditici di mare profondo, presenti alla base, sono ricoperti da un prisma sedimentario all'interno del quale si distinguono le seguenti facies: scarpata, piattaforma esterna, litorale, deltizia/lagunare e fluviale.

I corpi sedimentari presentano due direzioni prevalenti di progradazione: la prima assiale rispetto al bacino Padano, Est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale Sud-Est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina.

Le principali classi di sistemi deposizionali possono essere raggruppate come segue: Piana alluvionale ad alimentazione assiale (paleo-Po) Conoide alluvionale e piana alluvionale ad alimentazione alpina e appenninica Delta ad alimentazione assiale (paleo Po) alpina ed appenninica Delta conoide alpino ed appenninico Piana costiera Piattaforma sommersa Scarpate sottomarina Piana bacinale.

L'organizzazione verticale delle facies all'interno delle prime quattro classi di sistemi deposizionali, ed in particolare nei sistemi di piana alluvionale, di conoide alluvionale e nei sistemi deltizi, è invariabilmente costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana con corpi a granulometria fine. Molte volte è possibile distinguere una gerarchia di spessori, con insiemi di cicli di rango inferiori spessi alcuni metri che costituiscono cicli di rango superiore, spessi alcune decine metri.

Si può ipotizzare che tali unità cicliche rappresentano fasi sedimentarie di alta energia alternate a fasi di bassa energia dovute rispettivamente all'attivazione e alla disattivazione dei sistemi deposizionali. Per quanto concerne l'evoluzione tettonica di questo settore della pianura gli studi hanno evidenziato che, a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene (Intervallo II + III da 5.3 a 0.7 m.a.), si evidenzia una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione.

Nell'intervallo successivo (Intervallo IV - 700.000-18.000 anni) si assiste ad un progressivo riempimento del bacino e il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area. Tale movimento è stato dedotto dal notevole spessore dei sedimenti continentali.

In particolare, per quanto riguarda l'area di Porto Mantovano la minore subsidenza rispetto all'area a Sud di Mantova risulta legata all'attività di un disturbo tettonico lineare indicato come Faglia dei Laghi di Mantova. Questa, individuata come una dislocazione a direzione E-W, risulterebbe attiva anche nell'intervallo successivo (Intervallo V - 18.000-attuale) e viene ritenuta responsabile dell'inflessione del fiume Mincio e quindi della formazione dei Laghi di Mantova.

7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La genesi geologica del territorio comunale è riferibile alle numerose avanzate glaciali che nel Quaternario hanno interessato l'area alpina e padana, con il protendersi dei ghiacciai fino alle zone di pianura, deponendovi sedimenti che rimangono a testimonianza degli eventi che li hanno generati.

L'area in esame si colloca nell'abitato di S. Antonio, il sito è compreso nella zona della media pianura mantovana e si trova ad una quota topografica variabile da 29.0 a 30.0 m s.l.m..

La porzione della pianura padana su cui insiste il territorio in esame è caratterizzata da un'evoluzione, ora piuttosto chiara grazie anche ai dati geofisici e ai risultati delle perforazioni per la ricerca di idrocarburi, che è il risultato dell'interazione tra la geodinamica appenninica e alpina.

Il modello deposizionale della Pianura Padana è costituito da un riempimento della depressione avvenuto mediante una serie di cicli sedimentari (fasi di oscillazione relativa del livello marino e della linea di costa) di natura inizialmente marina e successivamente caratterizzati da tendenza regressiva, con la presenza sempre più importante di sedimentazione di tipo continentale sino ai cicli più recenti dominati dalle fluttuazioni glacio-eustatiche quaternarie.

I litotipi presenti sono costituiti da un insieme di orizzonti lentiformi che sfumano più o meno gradualmente tra loro e che evidenziano una distribuzione non omogenea, ma legata alle passate evoluzioni idrografiche dei fiumi e corsi d'acqua che hanno generato il territorio.

I depositi prevalenti, per l'area in esame, sono costituiti da terreni quaternari continentali: si tratta di depositi alluvionali a granulometria assai variabile sia in senso areale che verticale, dovuti alla deposizione dei corsi d'acqua appenninici e dal fiume Mincio. Si tratta in generale di alluvioni argillose-limose-sabbiose-ghiaiose, con andamento lenticolare.

8 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il territorio comunale appartiene al settore centrale della Pianura mantovana.

La genesi di questo settore di pianura è riconducibile alla deposizione di alluvioni pleistoceniche ed oloceniche da parte dei corsi d'acqua che, nel tempo, hanno modellato, con le divagazioni, l'intero territorio comunale.

La quota del lotto varia da un minimo di 29 m s.l.m. a un massimo di 30 m s.l.m., con una debole pendenza dell'1 ‰, da nord-ovest verso sud-est.

L'assetto altimetrico del territorio appare abbastanza monotono e le discontinuità morfologiche più importanti sono rappresentate dalle depressioni entro cui scorrono gli elementi del reticolo idrografico superficiale.

I dintorni del sito in progetto denotano una prevalente vocazione agricola, anche se non mancano insediamenti residenziali, in vicinanza del sito in esame, il territorio non presenta evidenze di particolare pregio naturalistico: in campagna si coltivano prevalentemente seminativi (mais, riso, grano) e foraggiere.

Gli interventi antropici sul territorio sono finalizzati essenzialmente al controllo delle acque superficiali e alla sistemazione agraria dei terreni in funzione soprattutto delle coltivazioni specializzate.

9 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Le informazioni sulla litologia di superficie sono state effettuate direttamente sul terreno con stime granulometriche sui terreni prelevati, ad una profondità variabile tra i 80 ed i 100 centimetri dal piano campagna e comunque sempre al di sotto del primo orizzonte interessato dalle lavorazioni agricole.

I terreni della zona indagata sono quelli della piana alluvionale (depositi fluvioglaciali ricoperti da sedimenti più recenti di origine alluvionale), delle aree

ondulate (legate all'azione erosiva del paleo-reticolo idrografico, caratterizzata da depositi fluvioglaciali prevalentemente fini e calcarei), delle aree incise (paleoalvei sovradimensionati rispetto ai corsi d'acqua attuali, formati da depositi alluvionali recenti, poco evoluti) e delle aree che occupano il basso del corso dei fiumi tra le scarpate e gli argini artificiali, comprendenti le aree palustri bonificate.

In particolare, nell'area di studio, sono stati intercettati depositi a matrice prevalentemente fine (limo e sabbie fine), caratterizzati da un drenaggio superficiale medio.

Altri orizzonti di depositi sabbiosi, caratterizzati da un drenaggio veloce, sono stati individuati alla profondità di 5m dal piano campagna (a volte questi depositi permeabili sono coperti da uno spessore mai superiore al 5 m di materiale impermeabile).

10 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'indagine idrogeologica ha tenuto conto della bibliografia disponibile, dei dati relativi alle colonne stratigrafiche e dei livelli dei pozzi più prossimi all'area di studio.

Come risulta evidente dall'analisi delle fonti di letteratura e dai rilievi diretti eseguito in sito, si può affermare che la prima falda (che rappresenta l'orizzonte acquifero interessante il letto dei profili coinvolti dal presente studio) è, contenuta nell'orizzonte di sabbie medio-fini.

Altre fonti di letteratura (Falde Acquifere della Provincia di Mantova) confermano la presenza nell'area in esame di una prima falda (A) è di tipo semiconfinato per la presenza di una copertura limosa-argillosa, la cui potenza media di una decina di metri raggiunge, in taluni casi, i 15 m; detta coltre è certamente in grado di proteggere le acque sotterranee da potenziali fenomeni di inquinamento.

Queste costituiscono il tetto di una seconda falda, di tipo confinato, che ha sede in un livello di sabbie fini e medie di colore per lo più chiaro. Lo spessore di questo acquifero aumenta sensibilmente procedendo da N verso S; nello stesso senso si manifesta, inoltre, un aumento della granulometria dei depositi con passaggio delle sabbie fini e medie a quelle medio-grossolane.

Sulla base delle correlazioni delle stratigrafie è possibile osservare nel sottosuolo indagato la presenza di un tipico acquifero compartimentato, di tipo multi-strato, contraddistinto dalla presenza di alternanze di orizzonti sabbiosi a permeabilità media e di livelli a prevalente componente argillosa-limosa dotati di ampia estensione areale.

L'assetto piezometrico locale del primo acquifero (desunto da misure effettuate su pozzi con profondità inferiore a 100 m) è contraddistinto da un senso di deflusso verso il settore meridionale.

La variazione annua del livello piezometrico è da mettere in relazione alle acque di irrigazione nel periodo aprile - settembre. Le isopieze vengono riferite al periodo di massima escursione e presentano equidistanza di un metro. La soggiacenza della falda varia da 1.5 a 2 m, in relazione alle oscillazioni della falda superficiale.

11 COEFFICIENTE DI PERMEABILITA'

Analizzando alcune stratigrafie, di pozzi limitrofi all'area in esame, è stato possibile evidenziare le unità geolitologiche che caratterizzano il sito indagato.

Dalle correlazione litostratigrafiche è possibile evidenziare escludendo il primo orizzonte pedologico:

- **Unità limo-sabbiosa**, si caratterizza per la media permeabilità (10^{-4} m/s).

Molto importante, ai fini di una corretta interpretazione idrogeologica del sito, caratterizzare la permeabilità presente nella porzione di terreno interessata dalla studio; Tale proprietà, delle rocce o dei terreni consolidati, rappresenta la capacità di quest'ultimi ad essere attraversati da fluidi.

Mentre il coefficiente di permeabilità (K) rappresenta la resistenza viscosa e frizionale alla filtrazione di un fluido in un mezzo poroso ed è espressa come una velocità con unità di misura in m/s.

Tale coefficiente dipende:

- Dalle proprietà del fluido (densità, ρ e viscosità, μ).
- Dalle caratteristiche del mezzo poroso (permeabilità intrinseca, k_p).

$$k = (\rho \cdot g / \mu) \cdot k_p$$

In sintesi, il coefficiente di permeabilità (K) che contraddistingue i litotipi presenti nei primi metri di sottosuolo si attesta su valori compresi vicini a 1×10^{-4} m/s.

Questi terreni sono quindi caratterizzati da un *discreto drenaggio* e da un medio *Grado di Permeabilità* (vedi Tabella seguente).

Grado di Permeabilità	k di Permeabilità (m/s)
Alto	Superiore a 10^{-3} m/s
Medio	10^{-3} m/s - 10^{-5} m/s
Basso	10^{-5} m/s - 10^{-7} m/s
Molto Basso	10^{-7} m/s - 10^{-9} m/s
Impermeabile	Inferiore a 10^{-9} m/s

12 VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO

La vulnerabilità idrogeologica concerne la possibilità che le acque di falda possono essere più o meno esposte al rischio d'inquinamento idrico. Esso viene definito come "l'impatto di qualunque attività antropica, volontaria o accidentale, che comporti uno sversamento, in uno o più dei sottosistemi componenti il sistema ambiente, di sostanze tali da causare una variazione negativa di tipo chimico e/o fisico della qualità naturale delle acque, tale da mettere in pericolo la salute dell'uomo e degli altri esseri viventi".

La metodologia fa riferimento in parte a quella sperimentata e proposta da vari Autori, in parte segue una elaborazione originale in relazione ai dati a disposizione e alla realtà territoriale.

Si è considerato soprattutto quanto proposto nella metodologia CNR-GNDCI e nelle successive modifiche e integrazioni della stessa, proposte da vari enti e ricercatori sia per scopi generali, sia negli ultimi anni, in particolare per lo studio della vulnerabilità da nitrati delle falde, come richiesto dal Dlgs. 152/06. Si è anche considerato quanto messo a punto, sempre dalla linea di ricerca CNR-GNDCI, cioè il metodo Sintacs, metodo parametrico di valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, basato su sette fattori di vulnerabilità.

Per la valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque di falda, che dipende dalle caratteristiche naturali, climatiche, pedologiche e idrogeologiche del sistema, tutte le metodologie si basano sull'esame e la sovrapposizione di alcune

informazioni tematiche, più o meno approfondite e quantificate, riferite sostanzialmente:

- alle caratteristiche del suolo e la sua capacità di attenuazione della vulnerabilità;
- alle caratteristiche dello strato insaturo, sovrastante la falda, e alla sua capacità di trasmettere gli inquinanti alla falda;
- alle caratteristiche idrogeologiche e alla profondità delle falde idriche.

La vulnerabilità degli acquiferi non dipende solo dai parametri naturali, ma anche dalle pressioni a cui l'ambiente è sottoposto, sotto forma di centri di pericolo e fonti di inquinamento.

Nel caso in esame si è adottata una metodologia di valutazione della vulnerabilità complessiva, basata su più stadi di elaborazione e tematismi.

La vulnerabilità quindi rappresenta il grado di protezione degli acquiferi soggiacenti il territorio più o meno antropizzato, ed indica la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi ad ingerire e diffondere un inquinante idroveicolato. Essa dipende dalle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero e dalla litologia del terreno non saturo soprastante.

I fattori presi in considerazione per la valutazione della vulnerabilità sono:

- tipo e grado di permeabilità dei depositi;
- tipo e spessore di eventuali coperture a granulometria fine e con bassa permeabilità;
- presenza di livelli ghiaiosi sotterranei;
- soggiacenza della superficie piezometrica dell'acquifero;

- condizioni geomorfologiche particolari, quali la presenza di importanti paleoalvei o di terrazzi fluviali.

I parametri che invece caratterizzano le sostanze inquinanti, e quindi la loro possibilità a spostarsi nelle acque sotterranee e a determinarne il potenziale d'impatto, sono:

- la **densità** (massa dell'unità di volume): pertanto a maggiore densità si ha maggiore spostamento verso il basso;
- **viscosità** (resistenza al moto o attrito interno di un fluido): a maggiore viscosità corrisponde maggiore lentezza negli spostamenti orizzontali e verticali;
- **conducibilità idraulica**, proprietà legata alle due precedenti oltre che alla permeabilità dell'acquifero;
- **solubilità** (massa della sostanza che si dissolve per unità di volume di solvente): quindi a maggior solubilità si ha minor concentrazione dell'inquinante nell'acqua, ma anche maggior dispersione dello stesso;
- **volatilità** (proprietà delle sostanze a passare allo stato di vapore): a maggiore volatilità si ha maggior dispersione della sostanza e quindi una minor persistenza;

persistenza, essa è una caratteristica di comportamento che dipende dalla tipologia della sostanza e dalle interazione che essa ha con l'ambiente. Definisce il tempo di durata che una sostanza mantiene fino alla sua eliminazione dalla corpo idrico. Con il primo approfondimento si è preso in considerazione l'effetto protezione e attenuazione dell'inquinamento offerto dalla presenza dei vari tipi di suoli e dalle loro caratteristiche fisico-chimiche.

Infine, vengono considerati i fattori antropici poichè rappresentano elemento di rischio, quali:

- impianti zootecnici e trattamento con fitofarmaci in aree agricole;
- aree artigianali, cimiteri, reti fognarie e discariche;
- attività estrattiva di inerti.

La vulnerabilità intrinseca di un acquifero è, come abbiamo visto, legata all'interazione tra i fattori fisici dell'acquifero e quelli della sostanza inquinante, fattori che insieme danno luogo a tre principali processi che si producono all'interno del sistema/sottosuolo e che sono:

- lo spostamento della sostanza inquinante (fluida o solida e idroportata) attraverso lo strato insaturo, fino a raggiungere la superficie freatica sottostante;
- la dinamica del flusso sotterraneo della falda e dell'inquinante attraverso lo strato saturo;
- la concentrazione residua di un inquinante fluido o idroportato nel suo viaggio dalla sua partenza al suo arrivo nello strato saturo.

La capacità del sistema suolo-sottosuolo-acquifero di attenuare l'impatto determinato dall'inquinante, caratterizza il grado di vulnerabilità ed è direttamente proporzionale alla lunghezza del percorso che l'inquinante compie per giungere allo strato saturo ed inversamente proporzionale alla velocità di filtrazione e alla dispersione cinematica che sono invece tipiche del mezzo. Durante il percorso dell'inquinante concorrono alla mitigazione dell'impatto la tipologia dell'insaturo, le interazioni molecolari dell'inquinante con l'ambiente, la diluizione eventuale che viene a determinarsi, ad esempio nel caso di abbondanti piogge.

La complessità e la variabilità dei vari parametri da prendere in considerazione, ha determinato la genesi di una miriade di metodi di valutazione della vulnerabilità, tutti finalizzati a descrivere in un qualsiasi scenario

fisiografico, nel modo più semplice e oggettivo possibile, una zonizzazione per aree omogenee della vulnerabilità degli acquiferi dall'inquinamento.

Il principio su cui si basano tutti i metodi esistenti è quello di dare una valutazione ai diversi tipi di parametri presi in considerazione, valutazione che non può che essere arbitraria, con la quale si attribuiscono dei punteggi relativi alla funzione che il parametro assunto svolge nel contesto indagato.

L'assunzione dei parametri è pertanto legata alla possibilità di reperire gli stessi: in modo empirico, da fonti bibliografiche, tramite prove dirette di vario genere (carotaggi, prove di portata, piezometrie, granulometrie, prove di laboratorio ecc.). Sembrerebbe quindi che più parametri si utilizzano più ci si approssima ad un modello teorico vicino alla situazione reale. In realtà ciò vale per aree ristrette, ove la manipolazione di molti dati così complessi garantisce in effetti un risultato in sintonia con la mole di lavoro svolto. Per aree più estese, la comparazione dei diversi metodi su una stessa area campione, con l'utilizzo degli stessi dati, ha suggerito ai ricercatori che metodi relativamente semplici danno risultati analoghi a metodi di più complessa applicazione.

La scelta del metodo è inoltre condizionata anche dalla possibilità di reperire in modo omogeneo su un territorio i valori necessari alla parametrizzazione. Quindi è inutile utilizzare un metodo complesso quando i valori necessari alla sua applicazione non coprono l'intero territorio d'indagine.

In tale metodo i fondamentali fattori presi in considerazione, che controllano la vulnerabilità sono:

- **l'accessibilità idraulica**, intesa come l'effettiva possibilità che un inquinante idroportato abbia per giungere nello strato saturo;
- **la capacità di attenuazione** dell'insaturo, ossia l'insieme dei processi che portano a diminuire la concentrazione dell'inquinante. Questi fattori si esplicano nella valutazione della vulnerabilità intrinseca tramite i seguenti

parametri d'ingresso;

- tipo di acquifero (falda libera, confinata, semiconfinata...);
- litologia e grado di consolidazione dell'insaturo;
- soggiacenza.

Dalla elaborazione di tutti i fattori elencati l'area presenta una vulnerabilità media

13 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le prove costituiscono delle indagini dirette del sottosuolo finalizzate sia a ricostruire, attraverso l'elaborazione di particolari parametri, l'andamento litostratigrafico dei depositi sia a caratterizzare, almeno in linea di massima, dal punto di vista geotecnico i terreni interessati dai carichi delle fondazioni.

L'attrezzatura impiegata per le prove (C.P.T.) è costituita da un penetrometro statico-dinamico, tipo Gouda caratterizzato da una spinta nominale massima di 20 ton.

La prova trova generale applicazione nel campo della geotecnica per :

- 1) rilevare l'andamento stratigrafico lungo una verticale;
- 2) individuare i tipi di terreno attraversati;
- 3) interpolare l'andamento degli strati fra verticali di sondaggio.

I valori che si misurano possono inoltre essere utilizzati per valutare:

l'angolo di attrito e la compressibilità drenata dei terreni granulari;

- la densità relativa;
- il peso di volume saturo del terreno.

Per l'identificazione litologica dei terreni attraversati ci si avvale generalmente di correlazioni indirette che utilizzano sistemi di classificazione basati sui valori di resistenza dinamica alla punta Rpd.

I parametri geotecnici, valutati attraverso correlazioni empiriche, vengono utilizzati per estrapolare la capacità portante con l'ausilio di formule empiriche.

Per la determinazione della categoria del suolo di fondazione è stata realizzata una prova masw, spinta alla profondità di 30 m da p.c.

14 PIANO INVESTIGATIVO AMBIENTALE

Così come ricordato in premessa, il presente elaborato viene redatto ai sensi del D.Lgs. 152 del 03.04.2006 "Norme in materia ambientale", lo svolgimento delle modalità operative per l'esecuzione dell'indagine ambientale, per il campionamento e per le analisi chimiche, è stato effettuato secondo le procedure previste dal "Protocollo generale per l'investigazione delle matrici ambientali nei siti contaminati".

Scopo di questa indagine è ottenere una rappresentazione del sito in relazione all'eventuale presenza di inquinanti nel suolo e allo stato qualitativo delle matrici ambientali

15 METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO

I campioni sono stati prelevati in cinque punti a copertura dell'area interessata dal progetto, lo scavo per i prelievi dei campioni è stato effettuato mediante l'impiego di un escavatore meccanico, fino alla profondità di circa 80 - 100 cm, le operazioni di formazione del campione sono state effettuate con apposita spatola in acciaio inox: il materiale prelevato è stato immediatamente inserito nel contenitore sigillato, etichettato ed inoltrato al laboratorio di analisi.

Le operazioni di campionamento si sono svolte secondo lo schema generale:

- ✓ prelievo, quartatura degli incrementi e deposizione tal quale del materiale in contenitori adeguati (contenitori in vetro);
- ✓ chiusura, sigillatura ed etichettatura;
- ✓ conservazione in ambiente refrigerato;

✓ inoltro del campione al laboratorio di analisi.

16 STRATIGRAFIA DEL SITO IN ESAME
--

Sondaggio n°1

0.00 - 0.10	m	terreno vegetale
0.10 - 0.40	m	deposito limoso
0.4 - 0.80	m	deposito limo-sabbioso

Sondaggio n° 2

0.00 - 0.20	m	terreno vegetale
0.20 - 0.60	m	sabbia-limosa
0.60 - 0.90	m	limo-sabbioso con argilla

Sondaggio n° 3

0.00 - 0.15	m	terreno vegetale (limo-sabbioso)
-------------	---	----------------------------------

Sondaggio n° 4

0.00 - 0.10	m	ghiaietto con sabbia-limosa
-------------	---	-----------------------------

Sondaggio n° 5

0.00 - 0.10	m	sabbia limo-argillosa con ciottoli.
-------------	---	-------------------------------------

Localizzazione prelievo campioni



17 PARAMETRI CHIMICI

I campioni sono stati immediatamente conferiti al laboratorio Ricerca s.r.l..

Nei campioni è stata ricercata la presenza di possibili inquinanti utilizzando come limiti quelli riportati nella Tabella 1, colonna A del D. Lgs. N° 152 del 03.04.2006.

Le analisi chimiche condotte dal laboratorio hanno permesso di determinare i seguenti parametri:

- PCB (bassa risoluzione)
- IPA;
- Diossine (alta risoluzione);
- C > 12 e C < 12
- BTEX;
- Residuo a 105°
- Antimonio
- Arsenico
- Berillio;

- Cadmio;
- Cobalto;
- Cromo totale;
- Cromo VI;
- Mercurio;
- Nichel;
- Piombo;
- Rame;
- Selenio;
- Stagno;
- Tallio;
- Vanadio;
- Zinco.

Nell'allegato vengono riportati i certificati delle analisi di laboratorio.

1. PREMESSA

Scopo dell'indagine è quello di caratterizzare la stratigrafia del sottosuolo e definire le proprietà geotecniche degli orizzonti attraversati. Sono state analizzate diverse prove penetrometriche statiche (C.P.T.), realizzate in occasione del progetto di fattibilità dell'area ex Ceramica, per conto della Italiana Costruzioni.

E' stata realizzata una prova masw finalizzata alla determinazione della categoria di suolo di fondazione. Secondo il D.M. 14 gennaio 2008, le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio, rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica devono essere esposti in una specifica relazione geologica e le analisi di progetto devono essere basate su modelli geotecnici dedotti da specifiche indagini e prove, che il Progettista deve definire in base alle scelte tipologiche dell'opera o dell'intervento e alle previste modalità esecutive.

Le scelte progettuali, il programma ed i risultati delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica, unitamente ai calcoli per il dimensionamento geotecnico delle opere e alla descrizione delle fasi e modalità costruttive, devono essere illustrati in una successiva e specifica relazione geotecnica.

Le indagini in sito hanno portato alla hanno consentito di definire le seguenti tematiche:

- ✓ caratterizzazione geologica, idrogeologica e geomorfologica;
- ✓ caratterizzazione litostratigrafica;
- ✓ analisi sismica del sito in esame;
- ✓ caratterizzazione geotecnica.

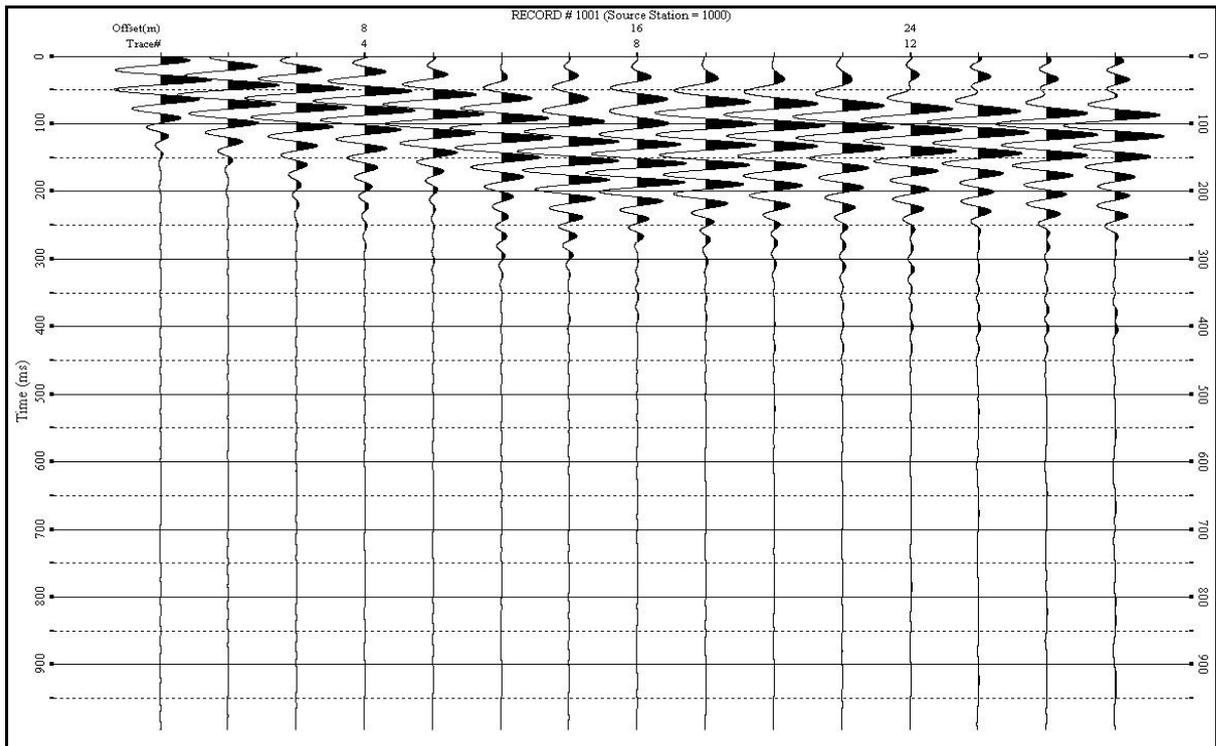
2 METODOLOGIA DI INDAGINE

La prova masw (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

Il metodo Masw sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.



- Sismogramma -

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

2.1 STRUMENTAZIONE

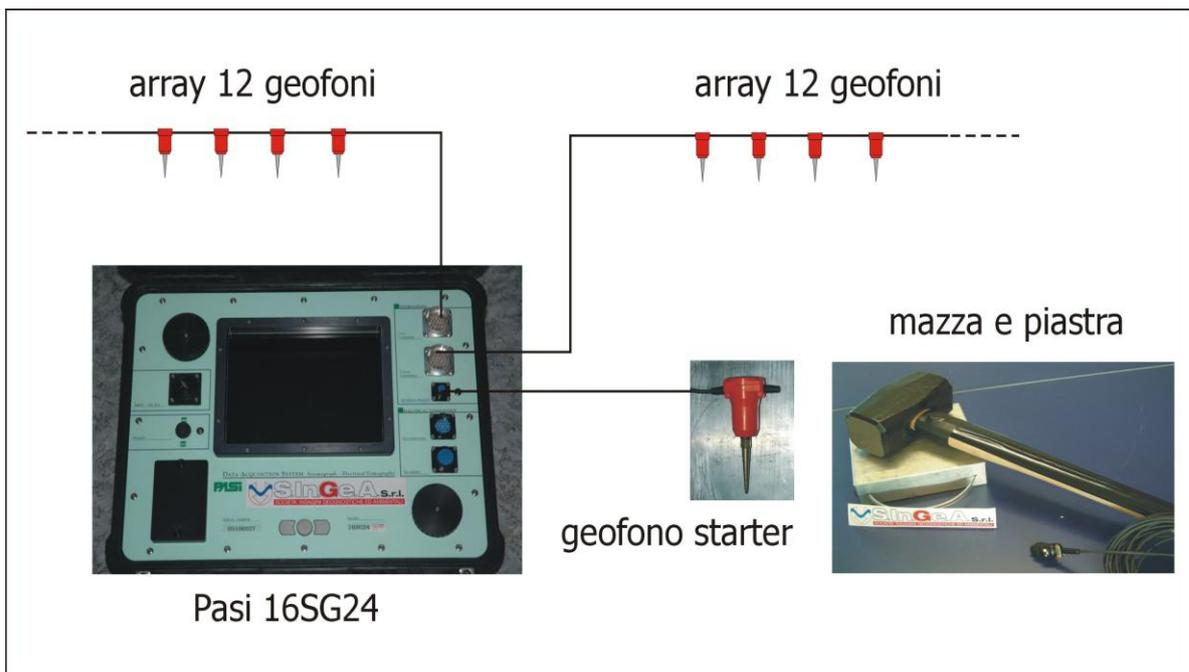
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16SG24", dotato di 24 geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono trigger. È

inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.



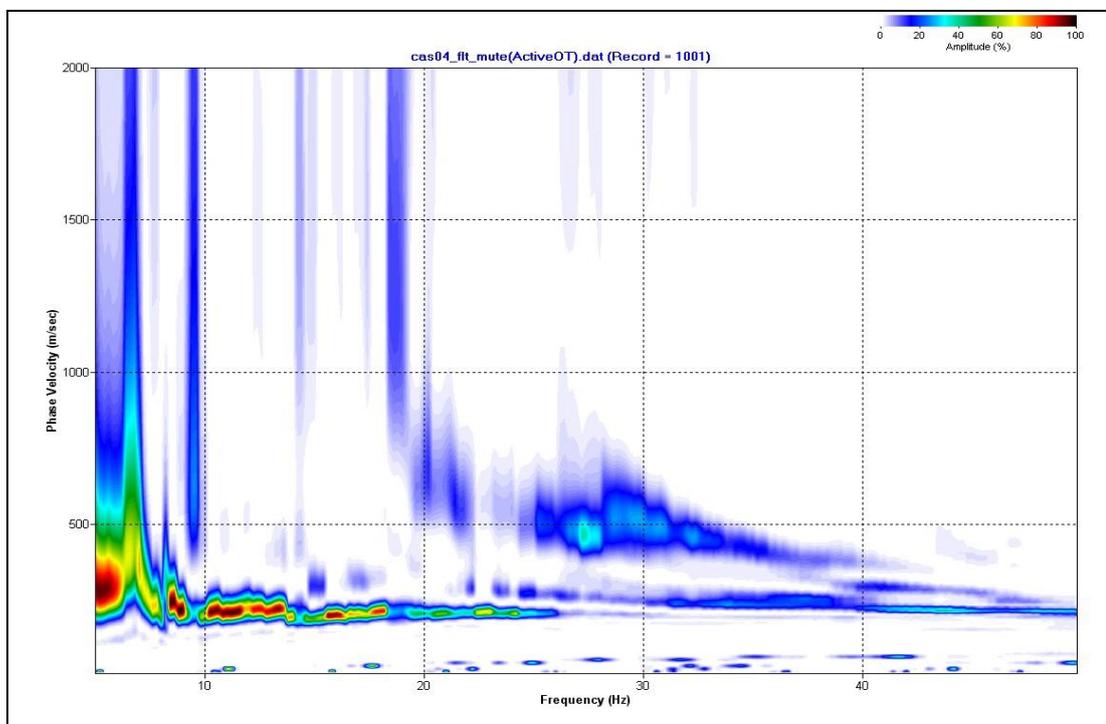
“PASI 16SG24” con due stringhe da 12 geofoni

2.2 ELABORAZIONE

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*SurfSeis 2 - Kansas Geological Survey*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting", l'ACG e i filtri tipo F-K ("fan cut", "fun pass", "horizontal e vertical cut").

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.



Il diagramma permette di visualizzare anche l'intervallo di lunghezza d'onda acquisito e il rapporto segnale-disturbo, utile per valutare la qualità dei dati. Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente tramite metodo manuale o semi-automatico.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità.

L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di un procedimento calcolo e un algoritmo di inversione (Xia et al. 1999a), che gestisce i parametri velocità di taglio (V_s) e spessore degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello geofisico in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile (errore quadratico medio inferiore al 5-10%) la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata.

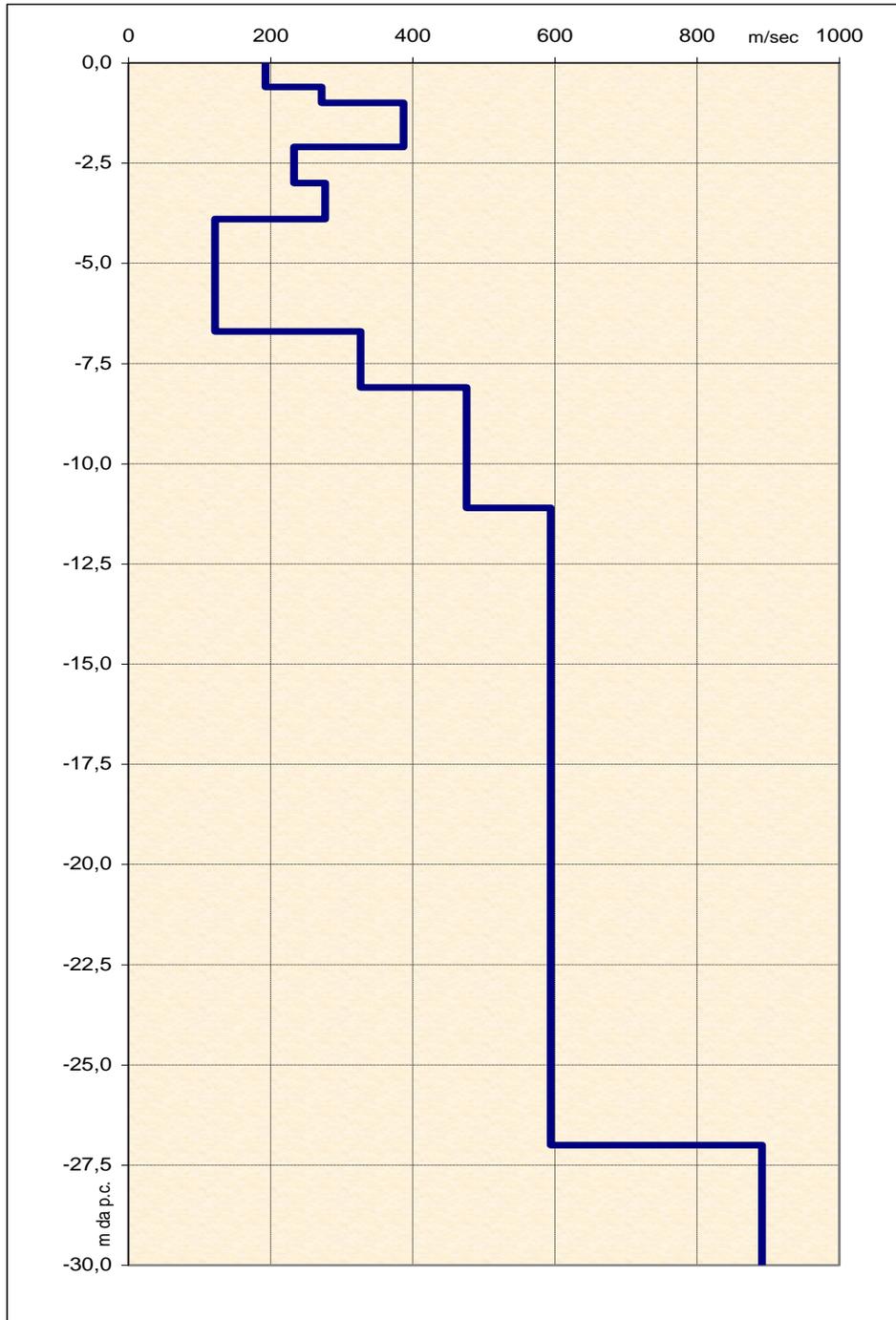
In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_{s30} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

3 CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

Sondaggio S1 Indagine Masw :

ANALISI SISMICA Masw



Determinazione delle categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata.

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-2.82	2.82	282
-5.21	2.39	302
-8.72	3.51	322
-13.28	4.56	291
-21.32	8.04	376
-30.00	8.68	435

Il valore V_{s30} è **284 m/sec**.

La categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la C:

4 APPROFONDIMENTO DI 2° LIVELLO

Dalla mappa della P.S.L. alla scala 1:10.000 si nota che l'ambito di trasformazione è situato in una zona di possibile amplificazione sismica Z4a (zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari). Tale contesto indica il rischio che un evento sismico ed i relativi scuotimenti producano effetti di amplificazione litologica in grado di alterare i risultati di un sisma sulla base di quanto previsto dalla normativa nazionale.

Per questo contesto la normativa prevede il secondo livello di analisi degli effetti sismici di sito. Il secondo livello si applica a tutti gli scenari suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche e litologiche) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. Nel caso oggetto di studio si dovrà considerare il fattore di amplificazione di riferimento per l'intervallo di periodo compreso tra 0,1 e 0,5 s (edificio basso e regolare).

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

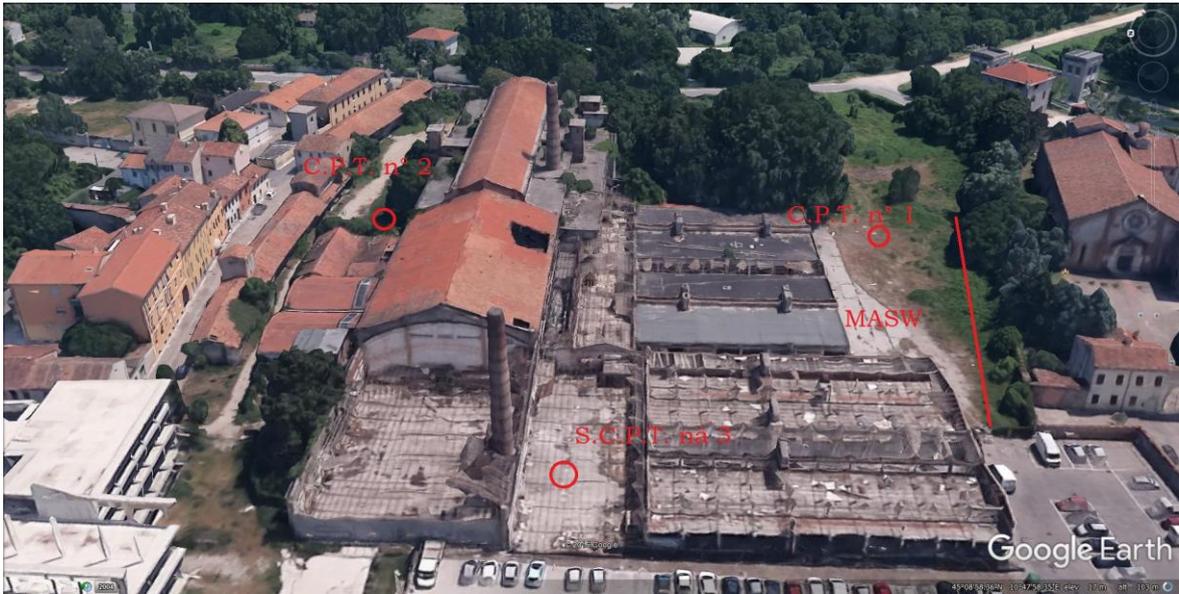
- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Pertanto in fase di progettazione esecutiva si dovrà verificare il secondo livello di approfondimento.

5 PROVE GEOTECNICHE IN SITO

Sono state realizzate tre prove penetrometriche statiche, spinte alla profondità massima di 30 m da p.c. e una prova masw.

Fig.2: Estratto da google maps con localizzazione dei sondaggi geognostici



5.1 SISMICITA'

INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

In questo settore i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali.

Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S-vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l'avanfossa pliocenica dell'Appennino settentrionale. I due sistemi entrano in collisione nella parte mediana della pianura; il fronte settentrionale è inquadrabile all'interno dei sistemi di deformazione del Miocene medio-superiore, quello meridionale è essenzialmente pliocenico.

A partire dalla fine del pleistocene inf. entrambi i margini del bacino padano sono in sollevamento in seguito alla formazione di un bacino flessurale più simmetrico.

La più importante area tettonica sorgente è rappresentata dall'area tirrenica e dalla zona appenninica interna, che sono state sottoposte a processi distensivi da miocene superiore in poi. A questa si associa lo spostamento della placca africana verso N al ritmo di circa 1 cm/anno. Secondo alcuni autori la localizzazione morfostrutturale dell'area padana rispetto al campo tensionale residuo in atto sarebbe dunque la causa principale della sismicità di queste zone.

NORMATIVE SISMICHE

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003, entrata in vigore il 23/10/2005 contestualmente al Decreto Ministeriale 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni", individuava in prima applicazione le zone sismiche del territorio nazionale. Con la D.G.R. 14 luglio 2014 il territorio comunale è stato inserito in zona sismica 3.

Nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa.

I dettami della nuova normativa (NTC del D.M. 14 gennaio 2008), la valutazione della pericolosità sismica si attua secondo un criterio sito dipendente, che tenga conto delle condizioni locali del sito; la pericolosità sismica deve essere cioè riferita al punto preciso, individuato all'interno del reticolo di riferimento i cui nodi, identificati in termini di latitudine e longitudine, non devono distare più di 10 Km l'uno dell'altro.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite in funzione dei tre parametri:

- accelerazione orizzontale di ancoraggio (a_g/g);
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0);
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c).

Questi parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo i cui nodi non distano fra loro più di 10 Km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per i diversi periodi di ritorno.

Dai parametri dell'opera è stato possibile determinare:

- opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale la cui vita nominale è $V_n \geq 50$ anni;
- classe II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali;
- coefficiente d'uso $C_u = 1$.

L'accelerazione orizzontale di ancoraggio viene determinata sulla base della classificazione del terreno e può assumere quattro valori funzionali della zona sismica:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)
1	> 0.25	0.35
2	0.15 - 0.25	0.25
3	0.05 - 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Il parametro S dipende invece dalle caratteristiche del suolo di fondazione secondo le seguenti caratteristiche.

Categoria di suolo di fondazione	PROFILO STRATIGRAFICO	V_{s30} (m/s)	N_{spt}	C_u (Kpa)
A	Formazione litoide o suoli omogenei molto rigidi	>800		
B	Depositi di sabbia o ghiaia molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<800 >360	>50	>250
C	Depositi di sabbia e ghiaia mediamente addensate, o di argille di media consistenza	<360 >180	<50 >15	<250 >70
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	<180	<15	<70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua	<100		<20 >10
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Ad esso sono legati i valori assunti da periodi di vibrazione che caratterizzano la forma dello spettro di risposta. In funzione delle cinque classi di suolo proposte questi parametri assumono i seguenti valori:

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.15	0.40	2.0
B.C.D	1.25	0.15	0.50	2.0
E	1.35	0.2	0.80	2.0

6 AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento V_r espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento PVR.

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.
- Ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $s_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nei periodi di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale.

A_g	Ag accelerazione orizzontale massima al sito
F_o	Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T_c	Tc periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

7 STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Secondo normativa (D.M.14.01.2008) la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la C:

Categoria	Descrizione da d. m. 14/01/2008 – Tabella 3.2.II
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa moderatamente addensati o terreni a grana fina moderatamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>

TIPO DI COSTRUZIONE		2
VITA NOMINALE	VN	≥ 50 anni
CLASSE D'USO		II
COEFFICIENTE D'USO	C_U	1
VITA DI RIFERIMENTO	VR	50 anni

Parametri sismici

Sito in esame

latitudine:	45, 1506186623306
longitudine:	10, 8010057944304
Classe:	2
Vita nominale:	50

Categoria di suolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50 anni
Coefficiente d'uso:	1

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 13837	Lat: 45,1547	Lon: 10,7983	Distanza: 500,302
Sito 2 ID: 13838	Lat: 45,1562	Lon: 10,8691	Distanza: 5376,905
Sito 3 ID: 14060	Lat: 45,1063	Lon: 10,8713	Distanza: 7397,901
Sito 4 ID: 14059	Lat: 45,1047	Lon: 10,8006	Distanza: 5104,925

Parametri sismici

	Tr (anni)	Ag (g)	Fo	Tc (s)
SLO	30	0.033	2.534	0.216
SLD	50	0.039	2.583	0.256
SLV	475	0.090	2.556	0.307
SLC	975	0.114	2.567	0.309

8 PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO

Dalle prove penetrometriche e dalla prova masw sono stati stimati i parametri sismici da impiegare nelle successive fasi di verifica, ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008. Di seguito viene riportato il valore a_g (accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni)

$$A_g = S_s S_t a_{\text{bedrock}}$$

Dove

a_{bedrock} = è l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock;

S_t = è il fattore di amplificazione stratigrafica;

S_s = si determina in relazione alla categoria di sottosuolo.

Categoria sottosuolo	S_s
A	1
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_o \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_o \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_o \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_o \leq 1.60$

I parametri a_g , F_o e T_c sono riportati nelle tabelle relative al capitolo 7, mentre il parametro S_s risulta uguale a 1.50.

Il fattore S_t si ottiene direttamente dalla tabella del D.M. 14 gennaio 2008:

categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione opera o dell'intervento	S_t
T ₁	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$		1.00
T ₂	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	Sommità del pendio	1.20
T ₃	Rilievi con larghezza in cresta molto minori che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	Cresta del rilievo	1.20
T ₄	Rilievi con larghezza in cresta molto minori che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	Cresta del rilievo	1.40

Considerando che l'area in progetto risulta pianeggiante il valore di $S_t = 1.00$.

Pertanto il valore di a_{max} massima attesa al sito risulta:

$$A_{max} = 1.5 \times 1.0 \times 0.090 = 0.135$$

Moltiplicando a_{max} per un fattore correttivo β otteniamo il coefficiente sismico orizzontale

$$K_{hk} = \beta a_g$$

Ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008, il parametro β lo si ricava dalla seguente tabella:

Categoria di	sottosuolo	
A	B, C, D, E	
β	β	
0.30	0.28	$0.2 \leq a_g \leq 0.4$
0.27	0.24	$0.1 \leq a_g \leq 0.2$
0.20	0.20	$a_g \leq 0.1$

Per l'area in esame $\beta = 0.24$, per cui si ottiene:

$$K_{hk} = 0.24 \times 0.135 = 0.032$$

9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base dei risultati delle prove di carattere geotecnico (prove penetrometriche statiche) che hanno interessato i terreni che costituiscono il substrato di imposta dell'area d'intervento, è possibile associare la seguente caratterizzazione geotecnica alle litozone individuate.

Sono stati individuati terreni a matrice prevalentemente fine (sabbia, limo e argilla), caratterizzati da un drenaggio superficiale medio. Dal piano campagna fino alla profondità indagata sono stati individuati e definiti i livelli di seguito descritti:

ORIZZONTE A

Strato superficiale a comportamento coesivo costituito da materiale limo-argilloso frammisto a rottami. Si tratta di un deposito di riporto, il livello si estende dal piano campagna fino ad una profondità massima di circa 3 m.

Lo strato nel complesso presenta scadenti caratteristiche di resistenza al taglio e alti indici di compressibilità.

ORIZZONTE B

Strato costituito prevalentemente da argille debolmente organiche a comportamento coesivo, il deposito lo si individua alla profondità di 7.4 a 9.4 da p.c. (C.P.T. n° 1).

Il livello B presenta bassi valori di resistenza al taglio e alti indici di compressibilità.

ORIZZONTE C

Strato a comportamento granulare costituito prevalentemente da sabbia e sabbia-limosa. La litozona si presenta abbastanza omogenea fino alla profondità di 30 m da p.c..

L'orizzonte C presenta alti valori di resistenza al taglio e bassi indici di compressibilità, che si susseguono in modo relativamente omogeneo per tutto il suo sviluppo verticale.

<h3>ORIZZONTE A</h3>

I parametri geotecnici più significativi presentano i seguenti range medi di variabilità:

$$\gamma_n \text{ (peso di volume naturale)} = 0.66 \div 1 \text{ t/m}^3$$

$$c_u \text{ (coesione non drenata)} = 0.2 \div 0.3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_u \text{ (modulo di deformazione non drenato)} = 10 - 30 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_p \text{ (resistenza penetrometrica di punta)} = 8 \div 25 \text{ Kg/cm}^2$$

<h3>ORIZZONTE B</h3>

I parametri geotecnici che caratterizzano la litozona sono:

$$\gamma_n \text{ (peso di volume naturale)} = 0.6 \div 0.8 \text{ t/m}^3$$

$$c_u \text{ (coesione non drenata)} = 0.2 \div 0.3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E \text{ (modulo di deformazione drenato)} = 20 \div 20 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_p \text{ (resistenza penetrometrica di punta)} = 7 \div 13 \text{ Kg/cm}^2.$$

ORIZZONTE C

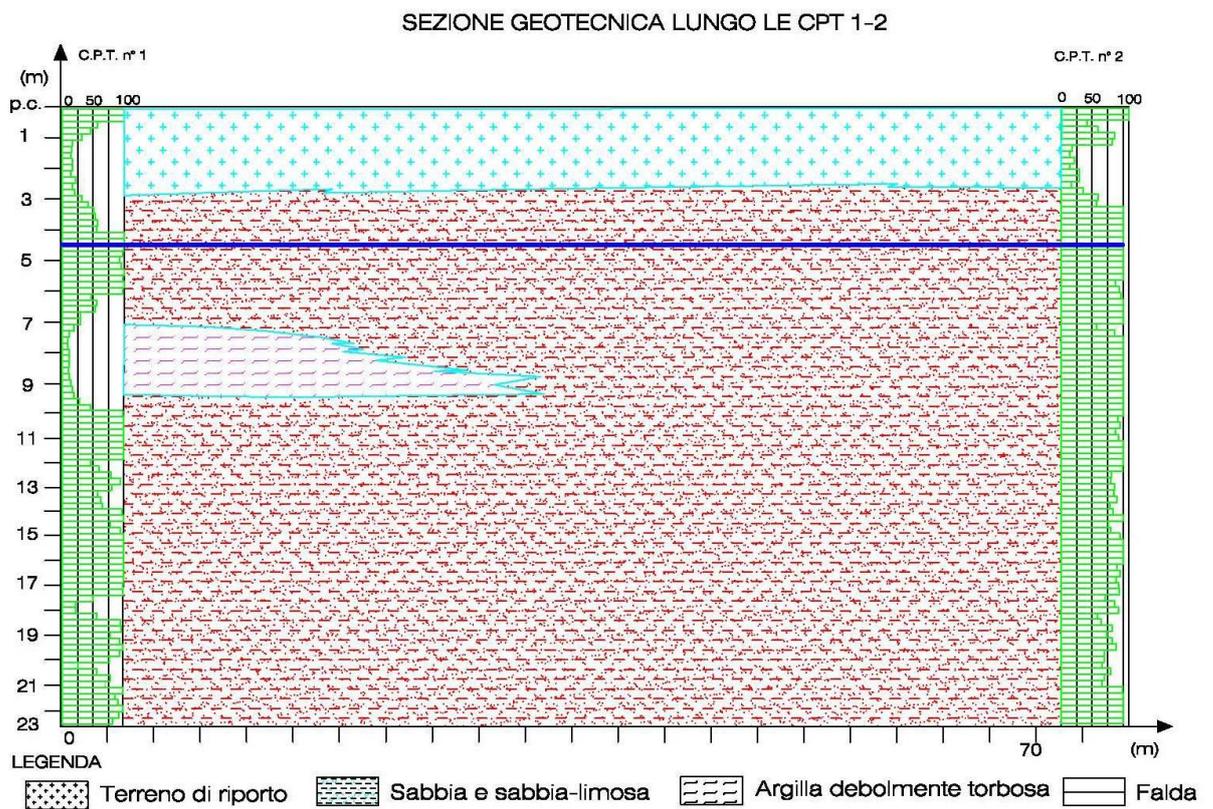
I parametri geotecnici che caratterizzano la litozona sono:

$$\gamma_n \text{ (peso di volume naturale)} = 0.9 \div 1.85 \text{ t/m}^3$$

ϕ angolo di attrito interno: valore caratteristico $\phi_k = 29 - 34^\circ$;

$$E \text{ (modulo di deformazione drenato)} = 150 \div 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_p \text{ (resistenza penetrometrica di punta)} = 90 \div 300 \text{ Kg/cm}^2.$$



10 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

Poiché ai terreni incoerenti sono associati generalmente valori del coefficiente di permeabilità relativamente elevati, l'applicazione di sovraccarichi graduali (per esempio dovuti alla costruzione di un fabbricato) non conduce a significativi incrementi di u . In questi casi infatti non si generano gradienti di pressione fra la zona sollecitata e quella indisturbata tali da produrre rapidi flussi idrici fra le due zone.

I vuoti dello scheletro solido sono quasi sempre sufficientemente larghi da non ostacolare questo flusso. Nel caso viceversa di sollecitazioni intense sottoposte ad incrementi rapidi, come si verifica durante un evento sismico, i gradienti di pressione che si generano possono essere tali da produrre elevati flussi idrici dall'interno verso l'esterno. Se il fenomeno si manifesta in depositi incoerenti a granulometria relativamente fine (es. sabbie fini), la larghezza limitata dei vuoti dello scheletro tenderà ad ostacolare il flusso idrico, con conseguente sviluppo di elevate pressioni neutre. Oltre alla granulometria, altri fattori condizionano la suscettibilità di un deposito sciolto al fenomeno della liquefazione.

I principali sono la profondità del livello potenzialmente liquefacibile ed il suo grado di addensamento. Con l'aumentare della profondità del deposito diminuisce la probabilità di liquefazione dello stesso durante l'evento sismico. I terreni molto addensati, se sollecitati, subiscono un aumento di volume (fenomeno di dilatazione) con conseguente diminuzione della densità che tende a portarsi verso un valore critico, variabile in funzione principalmente della granulometria del deposito. L'aumento di volume ha come conseguenza, nei depositi saturi, un richiamo dell'acqua dall'esterno verso l'interno, con creazione di una u di segno negativo (cioè si ha un aumento del termine $(\sigma_{vo}-u)$). L'esatto contrario avviene in terreni poco addensati, dove una sollecitazione tende a una u di segno positivo (diminuisce il valore di $(\sigma_{vo}-u)$).

Si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- si trovano sotto falda ;
- sono da poco a mediamente addensati;
- si trovano a profondità relativamente basse (inferiori a 15 m).

FATTORI LEGATI ALL'EVENTO SISMICO

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità: in terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con numero superiore di cicli di carico. In definitiva quindi una elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggior numero di cicli di carico) rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito sabbioso saturo.

METODO DI CALCOLO DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE.

La verifica alla liquefazione è stata effettuata correlando la capacità di resistenza del terreno alla liquefazione CRR e la resistenza ciclica indotta dal sisma CSR.

I parametri di input sono stati individuati sulla base delle esperienze acquisite, al fine di essere i più cautelativi:

$$M_w = 6 ;$$

$a_{gmax} = 0.132$ in funzione dell'accelerazione di picco nei primi 20 m di profondità.

Dalle prove penetrometriche statiche si è valutato la resistenza alla liquefazione CRR; il potenziale di liquefazione lo si è ottenuto eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza FS_L , definito dal rapporto CRR/CSR.

$$CRR = 0.022 \times (V_{s1}/100)^2 + 2.8 \times (1/V_{s1} - V_{s1} - 1/V_{s1})$$

$$CSR = 0.65 \times (a_{max})/(g) \times (\sigma_{vo}/\sigma_{vo'}) \times r_d \times 1/(MSF \times K_\sigma)$$

dove:

a_{max} = accelerazione sismica di picco al piano campagna;

g = accelerazione di gravità;

σ_{vo} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

$\sigma_{vo'}$ = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;

r_d = fattore di riduzione delle tensioni alla profondità interessata;

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma;

K_σ = coefficiente correttivo funzione delle tensioni efficaci alla profondità interessata.

g = gravità 9,81 m/sec²

$r_d = 1 - 0.00765 \times z$;

K_σ = fattore ≤ 1 correttivo della pressione efficace geostatica

$K_\sigma = 1 - C_\sigma \ln(\sigma'_v/Pa)$

$MSF = 6.9 \exp(-M/4) - 0.058$;

Il fattore di sicurezza alla liquefazione FS_L è definito dal rapporto CRR/CSR:

$$FS_L = CRR \cdot \frac{MSF}{CSR}$$

IL	rischio di liquefazione
$0 < IL \leq 2$	basso
$2 < IL \leq 5$	moderato
$5 < IL \leq 15$	elevato

Nella verifica eseguita è stato ottenuto un valore di $IL = 1.7$, indice di un rischio di liquefazione basso e il fattore di sicurezza $F_s > 1$ considerando una magnitudo di riferimento e un'accelerazione sismica secondo il D.M. 14 gennaio 2008.

11 CONSIDERAZIONI FINALI E PRESCRIZIONI

Sotto il profilo idrogeologico si riscontra una falda che si attesta alla profondità di circa 4.2 m dal piano campagna, in relazione alle fluttuazioni della piezometrica.

La vulnerabilità idrogeologica è media per la permeabilità dei depositi; i parametri geotecnici si presentano valori medi in termini di capacità portante.

La superficie interessata alla trasformazione urbanistica non presenta fenomeni geomorfologici attivi, l'area non è ha rischio idraulico.

La superficie in esame, dallo studio geologico, idrogeologico e geotecnico realizzato, ai sensi della L.R. 12 del 2005, ricade in seconda classe di fattibilità. Preme ricordare come le norme geologiche contenute nel piano geologico, contemplino, in fase di progettazione esecutiva, il secondo livello di approfondimento per quanto riguarda l'aspetto sismico.

Essendo la presente relazione redatta in fase di studio per un nuovo Piano Attuativo e non essendo note esattamente le tipologie e le caratteristiche, tra cui le dimensioni e le ubicazioni esatte, degli edifici che verranno successivamente costruiti sull'area, la realizzazione di una qualunque struttura andrà puntualmente verificata sulla base delle necessità di progetto, ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i., sia per conoscere la portata limite effettiva dei terreni sia per verificare l'esatta entità dei cedimenti indotti dalle nuove imposizioni di carico. Inoltre, in fase esecutiva, si rende indispensabile l'individuazione della

soggiacenza della falda freatica (4.2 m dal p.c.), al fine di verificare la compatibilità dell'intervento in progetto con la piezometrica.

Dalle indagini di laboratorio si denota una completa assenza di inquinamento delle matrici ambientali, si rileva che non ci sono superi dei parametri ricercati relativi alla colonna B - Tabella 1 del D.Lgs. 152 /06, per siti ad uso residenziale, pertanto si ritiene compatibile sotto il profilo ambientale la trasformazione urbanistica, così come nei programmi della committenza.

Sulla scorta di quanto rilevato nell'ambito del presente studio e da quanto emerso dalle indagini in situ, si ritiene che l'area in esame possa, nel suo contesto geologico, idrogeologico e geomorfologico, essere considerata idonea alla trasformazione urbanistica.

Bigarello, Novembre 2016

IL TECNICO

Dott. Geol. Rosario Spagnolo

INDICE DELLE TABELLE
TABELLE RAPPORTO DI PROVA AMBIENTALE

RICERCA S.r.l.

Spett.le
Italiana Costruzioni
Via A. Stoppani 15
00197 Roma RM

Rapporto di prova n° 12-RC00481 del: 27-apr-12 n° ordine: 12-000231 Pagina 1 di 1

Luogo prelievo: ex ceramica Mantova

Denominazione campione: Terreno 1

Data prelievo: 12/04/2012

Ente Prelevatore: Cliente

Prelevatore: Cliente

Metodo prelievo:

Data accettazione: 13/04/2012

Data inizio analisi: 13/04/2012

Data fine analisi: 27/04/2012

RISULTATI ANALITICI

Prova	Um	Valore	Metodo	Col. A	§	Col. B
DR % Materiali sechi	%	90.0	IRSACNR Q64 Vol.2/2. r.00/94 *			
Scheletro	%	38.9	DM 13/09/99 Met II 1 r.00/99 *			
2.3.7.8-TCDD	ng/kg ss	< 0.1	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.7.8-PeCDD	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.4.7.8-HxCDD	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.6.7.8-HxCDD	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.7.8.9-HxCDD	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.4.6.7.8-HpCDD	ng/kg ss	1.46	EPA 1613B r.00/94			
OCDD	ng/kg ss	17.4	EPA 1613B r.00/94			
2.3.7.8-TCDF	ng/kg ss	< 0.1	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.7.8-PeCDF	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
2.3.4.7.8-PeCDF	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.4.7.8-HxCDF	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.6.7.8-HxCDF	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
2.3.4.6.7.8-HxCDF	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.7.8.9-HxCDF	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.4.7.8.9-HpCDF	ng/kg ss	< 0.25	EPA 1613B r.00/94			
1.2.3.4.6.7.8-HpCDF	ng/kg ss	0.80	EPA 1613B r.00/94			
OCDF	ng/kg ss	2.3	EPA 1613B r.00/94			
Equivalente di tossicità WHO-TEQ (2006)	ng/kg ss	0.012	EPA 1613B r.00/94	10		100

- Fine rapporto di prova -

Legenda: MP = Metodo di Prova interno; r. = Revisione (n°/anno)

NOTE: § Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo dei siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Col. A) o dai siti ad uso Commerciale e Industriale (Col. B) come indicato dalla tabella 1 dell' art. 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/06

* Le Concentrazioni soglia di contaminazione per il parametro (23) valgono per la somma dei parametri m+p-Xilene e o-Xilene
Nulla da rilevare



I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di prova.
Questo rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo autorizzazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio.

RICERCA S.r.l.
Laboratorio di analisi

Via G. D'Annunzio 15
46031 S. Biagio MN

Tel.: 0376-415786
Fax: 0376-253637

e-mail: ricercasrl@libero.it

P.I.: 01921840201
Cap. Soc. 45.000 € i.v.

RICERCA S.r.l.

Spett.le
Italiana Costruzioni
Via A. Stoppani 15
00197 Roma

RM

Rapporto di prova n° 12-RC00482	del: 03-mag-12	n° ordine: 12-000231	Pagina 1 di 1
Luogo prelievo: ex ceramica Mantova			
Denominazione campione: Terreno 2			
Data prelievo: 12/04/2012	Ente Prelevatore: Cliente		
Metodo prelievo:	Prelevatore: Cliente		
Data accettazione: 13/04/2012	Data inizio analisi: 13/04/2012	Data fine analisi: 03/05/2012	

RISULTATI ANALITICI

Prova	Um	Valore	Metodo	Col. A	§	Col. B
DR % Materiali secchi	%	91.8	IRSACNR Q64 Vol.2/2. r.00/84 *			
Scheletro	%	41.7	DM 13/09/99 Met II 1 r.00/99 *			
Benzene (19)	mg/kg ss	< 0.01	EPA 5021A+EPA 8015D r.01/03+r.04/03	0.5		2
Toluene (22)	mg/kg ss	< 0.05	EPA 5021A+EPA 8015D r.01/03+r.04/03	0.5		50
Etilbenzena (20)	mg/kg ss	< 0.05	EPA 5021A+EPA 8015D r.01/03+r.04/03	0.5		50
m+p-Xilene (23*)	mg/kg ss	< 0.05	EPA 5021A+EPA 8015D r.01/03+r.04/03	0.5		50
o-Xilene (23*)	mg/kg ss	< 0.05	EPA 5021A+EPA 8015D r.01/03+r.04/03	0.5		50
Stirene (21)	mg/kg ss	< 0.05	EPA 5021A+EPA 8015D r.01/03+r.04/03	0.5		50
Sommatoria organici aromatici (da 20 a 23)	mg/kg ss	< 0.1	Per calcolo			1 100
Idrocarburi leggeri C<=12	mg/kg ss	< 1	EPA 5021A+EPA 8015D r.01/03+r.04/03	10		250
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg ss	< 5	ISO 18703 r.00/04	50		750
Cromo esavalente	mg/kg ss Cr	< 0.5	IRSACNR Q64 Vol.3/16 r.00/86	2		15
Antimonio	mg/kg ss Sb	< 0.5	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	10		30
Arsenico	mg/kg ss As	6	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	20		50
Berillio	mg/kg ss Be	0.2	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	2		10
Cadmio	mg/kg ss Cd	< 0.2	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	2		15
Cobalto	mg/kg ss Co	2.0	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	20		250
Cromo totale	mg/kg ss Cr	9	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	150		800
Mercurio	mg/kg ss Hg	0.2	IRSACNR Q64 Vol.3/10 r.00/85	1		5
Nichel	mg/kg ss Ni	8	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	120		500
Piombo	mg/kg ss Pb	86	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	100		1000
Rame	mg/kg ss Cu	8	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	120		600
Stagno	mg/kg ss Sn	6.0	IRSACNR Q64 Vol.3/10 r.00/85	1		350
Selenio	mg/kg ss Se	0.1	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	3		15
Tallio	mg/kg ss Tl	1.9	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	1		10
Vanadio	mg/kg ss V	14.8	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	90		250
Zinco	mg/kg ss Zn	18.3	EPA 3050B+EPA 6010Cr.00/96+00/07	150		1800

- Fine rapporto di prova -

Legenda: MP = Metodo di Prova interno; r. = Revisione (n°/anno)

NOTE: § Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo dai siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Col. A) o dei siti ad uso Commerciale e Industriale (Col. B) come indicato dalla tabella 1 dell' art. 5 al titolo V della parte quarta del D. Lgs 152/06

* Le Concentrazioni soglia di contaminazione per il parametro (23) valgono per la somma dei parametri m+p-Xilene e o-Xilene

Nulla da rilevare

Il Responsabile del Laboratorio
Eridiano SilvanoI risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di prova.
Questo rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo autorizzazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio.RICERCA S.r.l.
Laboratorio di analisiVia G. D'Annunzio 15
46031 S. Biagio MNTel.: 0376-415785
Fax: 0376-253637

e-mail: ricercasrl@libero.it

P.I.: 01921840201
Cap. Soc. 45.000 € i.v.

RICERCA S.r.l.

Spett.le
 Italiana Costruzioni
 Via A. Stoppani 15
 00197 Roma RM

Allegato al rapporto di prova n° 12-RC00482 del: 03-mag-12 n° ordine: 12-000231 Pagina 1 di 1

Luogo prelievo: ex ceramica Mantova	
Denominazione campione: Terreno 2	
Data prelievo: 12/04/2012	Prelevatore: Cliente
Ente Prelevatore: Cliente	
Metodo prelievo: -	
Data accettazione: 13/04/2012	Data inizio analisi: 13/04/2012
	Data fine analisi: 03/05/2012

RISULTATI ANALITICI

Prova	Un	Valore	Metodo	Col. A §	Col. B
Policlorobifenili (PCB)	mg/kg ss	< 0.005	EPA3545A+EPA8062A r.01/07	0.06	5
Benzo(a)antracene (25)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.5	10
Benzo(a)pirene (26)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.1	10
Benzo(b)fluorantene (27)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.5	10
Benzo(k)fluorantene (28)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.5	10
Benzo(g,h)iperilene (29)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.1	10
Crisene (30)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	5	50
Dibenzo(a,e)pirene (31)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.1	10
Dibenzo(a,l)pirene (32)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.1	10
Dibenzo(a,i)pirene (33)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.1	10
Dibenzo(a,h)pirene (34)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.1	10
Dibenzo(a,h)antracene (35)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.1	10
Indeno(1,2,3-cd)pirene (36)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	0.1	5
Pirene (37)	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	5	50
Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 37) [medium bound]	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07	10	100
Naftalene	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07		
Acenaftilene	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07		
Acenattene	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07		
Fluorene	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07		
Fenantrene	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07		
Antracene	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07		
Fluorantene	mg/kg ss	< 0.010	EPA 3545A+EPA 8270Dr.'07+r.'07		

- Fine rapporto di prova -

Legenda: MP = Metodo di Prova interno; r. = Revisione (n°/anno)

NOTE: § Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo dei siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Col. A) o dei siti ad uso Commerciale e Industriale (Col. B) come indicato dalla tabella 1 dell' art. 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/06

* Le Concentrazioni soglia di contaminazione per il parametro (23) valgono per la somma dei parametri m+p-Xilene e o-Xilene
 Nulla da rilevare

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di prova.
 Questo rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo autorizzazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio.

RICERCA S.r.l.
 Laboratorio di analisi

Via G. D'Annunzio 15
 46031 S. Biagio MN

Tel.: 0376-415786
 Fax: 0376-253637

e-mail: ricercasrl@libero.it

P.I.: 01921840201
 Cap. Soc. 45.000 € I.v.