



## **2° PIANO OPERATIVO COMUNALE**

### **Elaborato QC 1.2.1 – Relazione Geologica**

approvato con delibera consiliare P.G. 139299 del 11/12/2017

# PIANO URBANISTICO DI FERRARA

## **2° Piano Operativo Comunale**

approvato con delibera consiliare P.G. 13929 del 11/12/2017

Tiziano Tagliani, *sindaco*

Roberta Fusari, *assessore all'urbanistica*

Fulvio Rossi, *direttore tecnico*

Davide Tumiatei, *capo settore pianificazione territoriale*

Antonio Barillari, *coordinatore*

Andrea Chierigatti, Marco Gardesani, Antonella Maggipinto, Patrizia Masola, Silvia Mazzanti, Cristiano Rinaldo, Enrico Simoni

*Quadro conoscitivo geologico*

Antonio Mucchi

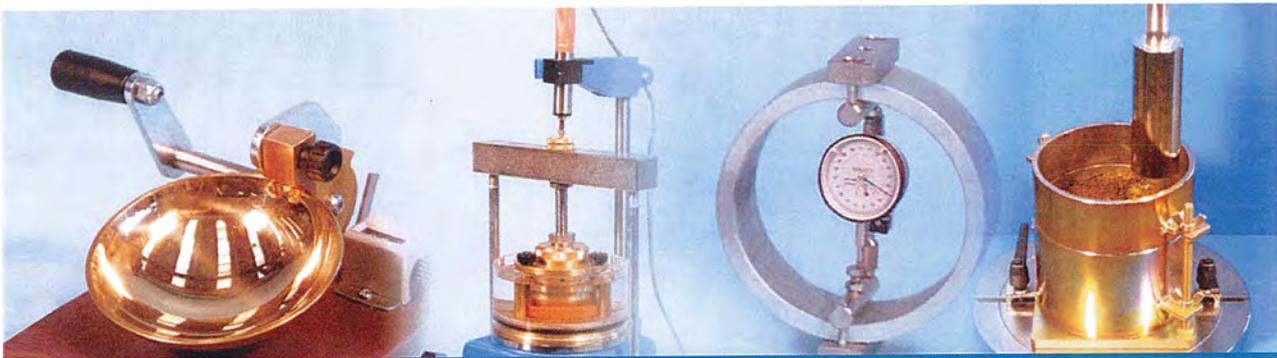
*Quadro conoscitivo sulla contaminazione dei suoli*

Lorella Dall'Olio, Monica Bizzi, Cristian Rizzi

*Quadro conoscitivo economico*

Stefania Agostini

**LABORATORIO GOTECNICO Dr. ANTONIO MUCCHI**  
**mucchilab@tin.it - www.mucchilab.it**  
Autorizzazione del Ministero Infrastrutture e Trasporti  
Per prove di laboratorio sui terreni – ai sensi dell’art. 59 del DPR 380/01  
Via Alberto Ascari, 8 – 44019 Gualdo di Voghiera (FE) Tel. 0532/ 815681



**LABORATORIO PROVE MATERIALI**  
**Aut. Min. ai sensi dell’art. 59 del D.P.R. n° 380/01**  
*Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti*  
**www.mucchilab.it - Tel. 0532.815681 Gualdo (FE)**

**COMMITTENTE : COMUNE DI FERRARA**  
Settore Attività Interfunzionali – Servizio Ufficio di Piano

**PROGETTO : PIANO OPERATIVO COMUNALE**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b>	Dott. Geol. Antonio Mucchi (direttore del laboratorio)
B.S. British Standard	 Ferrara, 14/11/2016 Prot. 913/2016
A.S.T.M. American Society of Testing Materials	
Racc. A.G.I. 1994 (Ass. Geotecnica Italiana)	
Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 : 2000	
Norma UNI EN ISO 9001 : 2000	
CNR – UNI – UNI EN	
DIN	

## INTRODUZIONE

La presente relazione geologica è stata redatta per integrare il quadro conoscitivo geologico degli strumenti urbanistici comunali ai fini dell'adozione del 2° Piano Operativo Comunale. Si intende fornire un quadro delle conoscenze geologiche disponibili, su n° 8 comparti da inserire Piano Operativo Comunale di Ferrara, a supporto delle decisioni amministrative e delle scelte progettuali.

Per ciascun comparto, vengono analizzati il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e i caratteri geologici/geotecnici del sottosuolo superficiale (primi 20/30 metri), attraverso dati bibliografici esistenti (cartografia geologica, indagini geognostiche) e l'ausilio di recenti indagini geognostiche (prove penetrometriche CPT, SCPTU, CPTU e HVSR) eseguite nelle aree interessate a essere inserite nel POC 2 in accordo con le normative vigenti. Queste informazioni vengono illustrate attraverso schede di sintesi di ciascun comparto, strutturate in vari riquadri che riassumono i caratteri dell'intervento previsto, la localizzazione geografica, la geomorfologia, la geologia di superficie, la stratigrafia di sottosuolo, i caratteri idrogeologici, oltre ad una sintesi della pregressa micro zonazione sismica; vengono infine fatte alcune conclusioni applicative generali. Per ogni comparto, viene allegato un estratto del modello altimetrico derivato da dati LIDAR, forniti dalla Regione Emilia-Romagna, ed uno della nuova carta geologica del territorio comunale. Vengono inoltre illustrate graficamente una o più indagini di geognostiche, quali prove penetrometriche a piezocono acustico, o sondaggi a carotaggio continuo, scelti come i più rappresentativi del sottosuolo del comparto.

Con queste schede di sintesi non si esclude che all'interno dello stesso comparto non possano sussistere notevoli variazioni stratigrafiche laterali, talvolta anche alla distanza di pochi metri. Le brevi conclusioni delle schede intendono presentare ai cittadini, agli amministratori ed ai progettisti un inquadramento qualitativo alle problematiche geologiche dei vari comparti, e non fornire stime numeriche o, tanto meno, imporre precise scelte progettuali. La coscienza della grande complessità dell'architettura stratigrafica del sottosuolo invita spesso alla prudenza interpretativa. Il quadro conoscitivo fornito è quindi aggiornato e, per quanto possibile, approfondito, ma non può da

solo fornire tutte le informazioni necessarie ad una corretta progettazione. Compito del progettista e della committenza sarà acquisire gli ulteriori dati di sottosuolo necessari, elaborare le strategie ed adottare le tecniche atte a costruire in modo sicuro e compatibile con le problematiche di questo fragile territorio soggetto a rischio sismico, rischio allagamento e nel rispetto delle importanti preesistenze umane e naturali, così come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni in vigore dal 2008.

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Situato nella parte nord-orientale della Regione Emilia Romagna, il territorio del Comune di Ferrara si estende nella bassa pianura alluvionale del Po e ricade all'interno dei Fogli 185 "Ferrara", 186 "Copparo", 203 "Poggio Renatico" e 204 "Portomaggiore", prodotti dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:50.000 (Figura 2-5).



**Figura 2-5 - Inquadramento geografico dell'area di studio su ortofoto AGEA 2011. In giallo il confine comunale, in rosso le principali arterie stradali ed in nero le linee ferroviarie. Sono riportati anche i quadranti topografici al 50.000 con i rispettivi codici.**

Limitato a nord dal fiume Po, il territorio confina a sud con Baricella ed Argenta, ad occidente con Poggio Renatico, Vigarano Mainarda e Bondeno, mentre ad

oriente con i comuni di Voghiera, Masi Torello, Ostellato, Tresigallo, Formignana, Copparo e Ro Ferrarese.

La città di Ferrara sorge sulle sponde del Po di Volano, che separa la città medioevale dal primitivo borgo di San Giorgio e segna il confine con i nuovi insediamenti a sud delle mura. Il nucleo storico della città nasce, infatti, lungo l'antico tracciato altomedioevale del Po di Ferrara, oggi ridotto a canale di bonifica e di scolo, e fin dalle origini si lega alla storia evolutiva del fiume Po e dei propri rami deltizi.

## **INQUADRAMENTO DELL'AREA DEL COMUNE DI FERRARA**

Nonostante una prima impressione di grande uniformità, la pianura di Ferrara rivela ad un'analisi un po' più accurata profonde differenze geologiche e geomorfologiche. Queste differenze di superficie riflettono la grande varietà stratigrafica di sottosuolo, che registra tassi di subsidenza e comportamenti tettonici molto diversi, fra zone di anticlinale e di sinclinale, in un contesto di attiva deformazione sismogenica.

Nei paragrafi seguenti verrà descritto inizialmente un quadro generale sintetico dei caratteri geologici, geomorfologici, tettonici ed evolutivi riguardanti il territorio in esame, per poi fornire indicazioni più dettagliate relative alle nuove aree da inserire nel 2° Piano Operativo Comunale.

- Comparto 12ANS-01 Soc. SER.GE.CO Srl (Via Zucchini – FE)
- Comparto 17ASPCN-04 Autosalone Cavour Srl (Via Eridano – FE)
- Comparto 11ASPCN-02 Soc. Immobiliare IDEA – (Via Eridano – FE)
- Comparto ASPCN-04 NL Properties Srl – (Via delle Fiere – FE)
- Comparto 23ANS-01 Coop. Sociale Onlus “I Frutti”(Via Ravenna–Fossanova FE)
- Comparto 4ASPCN-06 Soc. Torrefazione Caffè Krifi Spa – Via Bologna, 565 (FE)
- Comparto 5ANS-05 Soc. SO.GE.POL Srl – Via San Lazzaro, Via Duran (FE)

## SCHEMA GEOLOGICO REGIONALE

Verso la fine dell'era terziaria, nel Pliocene, l'insorgere della catena alpina da un lato e di quella appenninica dall'altro ha determinato il formarsi di un'ampia fossa subsidente più volte invasa e abbandonata dal mare nel corso della sua storia geologica.

Si è avuto quindi alternanza di emersioni e invasioni marine, totali o parziali dell'area, con erosione più accentuata nelle zone di alto strutturale e con deposizioni nelle zone di basso strutturale dei materiali detritici derivanti dallo smantellamento delle insorgenti catene montuose. Il fondo di questa fossa strutturale non è regolare ma articolato da dorsali longitudinali, che in determinati periodi del ciclo evolutivo emergevano dal mare, formando isole e arcipelaghi. Queste dorsali traggono le loro origini da un complesso meccanismo di spinte tangenziali unitamente a fenomeni di subsidenza differenziale, cioè di sprofondamento irregolare.

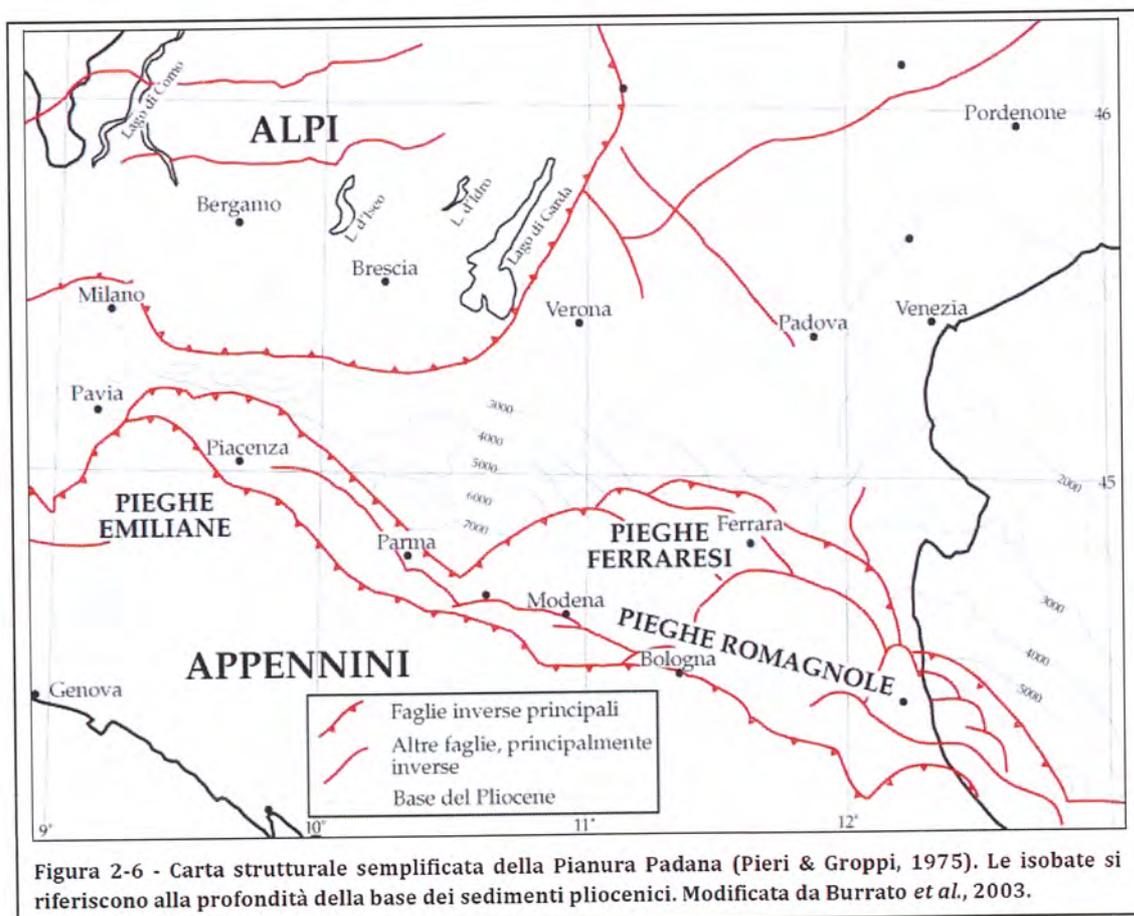
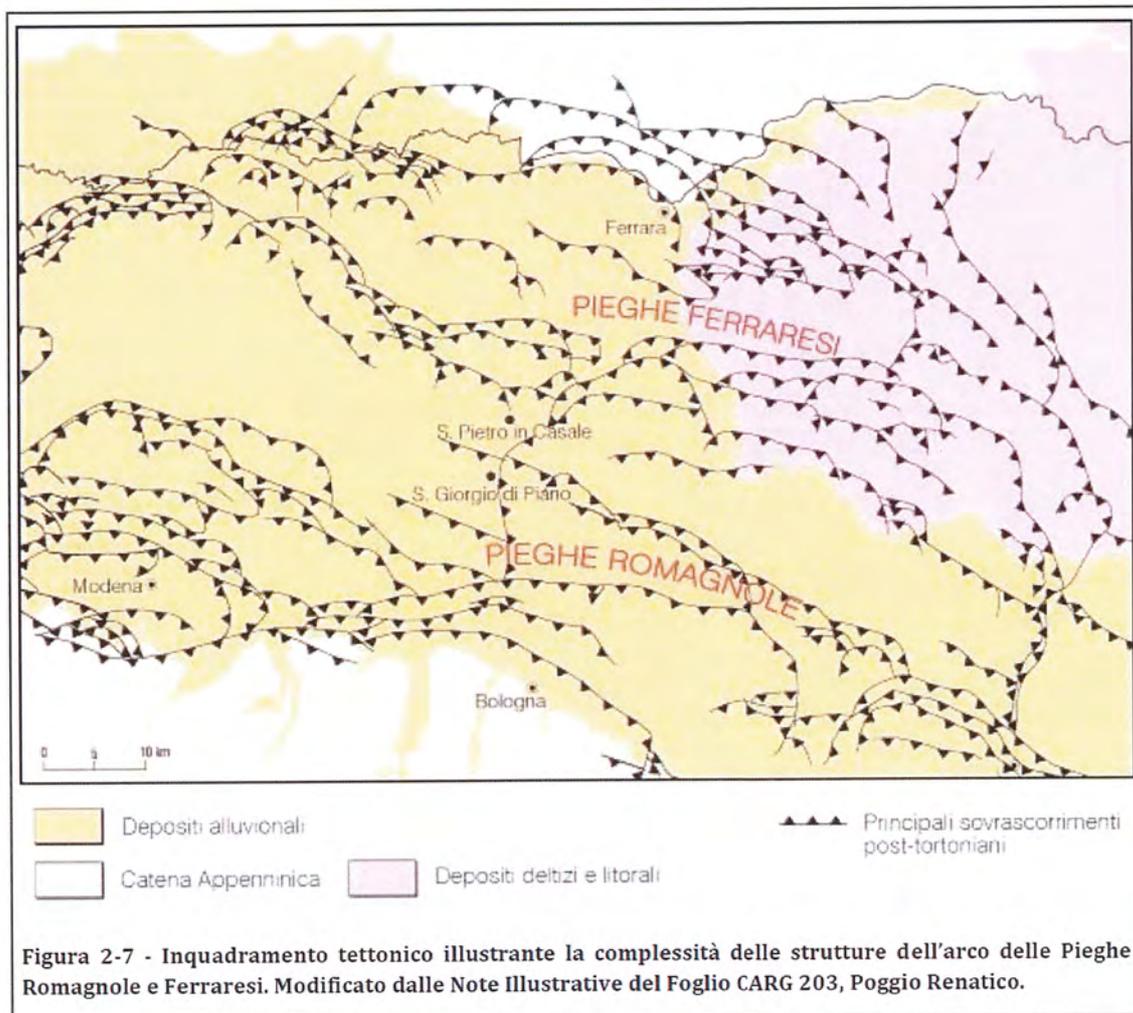


Figura 2-6 - Carta strutturale semplificata della Pianura Padana (Pieri & Groppi, 1975). Le isobate si riferiscono alla profondità della base dei sedimenti pliocenici. Modificata da Burrato *et al.*, 2003.

In conseguenza dell'assetto strutturale varia la natura e lo spessore dei sedimenti che si accumulano nei diversi settori del bacino sedimentario. Si

attua così un riempimento delle depressioni con materiali sabbiosi di rilevanti potenze, mentre sulle dorsali sedimentano le granulometrie più fini con progressive diminuzioni delle potenze.

Uno degli elementi strutturali più importanti del sottosuolo padano è la così detta dorsale ferrarese, che si localizza tra Ferrara e le Valli di Comacchio con direzione NW-SE, ai lati delle quali si sono impostate due zone a forte subsidenza, a nord nella regione del Delta e nel Ravennate a sud, a nord nella regione del Delta e nel Ravennate a sud .



La storia delle alterne vicende geologiche in questo settore della Pianura Padana può essere schematizzato come segue: Il Pliocene inf. è caratterizzato da una forte subsidenza, particolarmente attiva nelle strutture negative del

bacino, che viene in parte compensata dalla deposizione di sedimenti grossolani.

Con la fine del Pliocene inf. inizia una nuova fase di sollevamento, si accentuano le vecchie pieghe e se ne creano di nuove, conseguentemente l'erosione intacca le strutture più elevate.

Nel Pliocene medio-superiore si avvia un nuovo ciclo di subsidenza e sedimentazione che prosegue fino al Quaternario, con la stessa modalità del precedente, cioè sedimenti con termini grossolani nelle strutture negative ed argillose su quelle positive.

Anche all'inizio del Quaternario la subsidenza continua e si accentua ed il dominio del mare raggiunge la sua massima espansione. Tuttavia con il passare del tempo la subsidenza generale del bacino prende il sopravvento su quella differenziata tra gli alti e bassi strutturali. Ne consegue che i sedimenti di questo periodo sono caratterizzati da frequenti variazioni litologiche; i depositi a granulometria maggiore perdono in continuità e si formano corpi sabbiosi isolati. Parallelamente si instaurano radicali mutamenti nei rapporti relativi intercorrenti fra le varie strutture, infatti le pieghe al margine appenninico in origine più basse di quelle a nord, risultano ora più elevate in conseguenza dello sprofondamento della parte centrale del bacino e dell'innalzamento dell'Appennino; così come si ha un abbassamento della zona di foce del Po rispetto alle pieghe ferraresi.

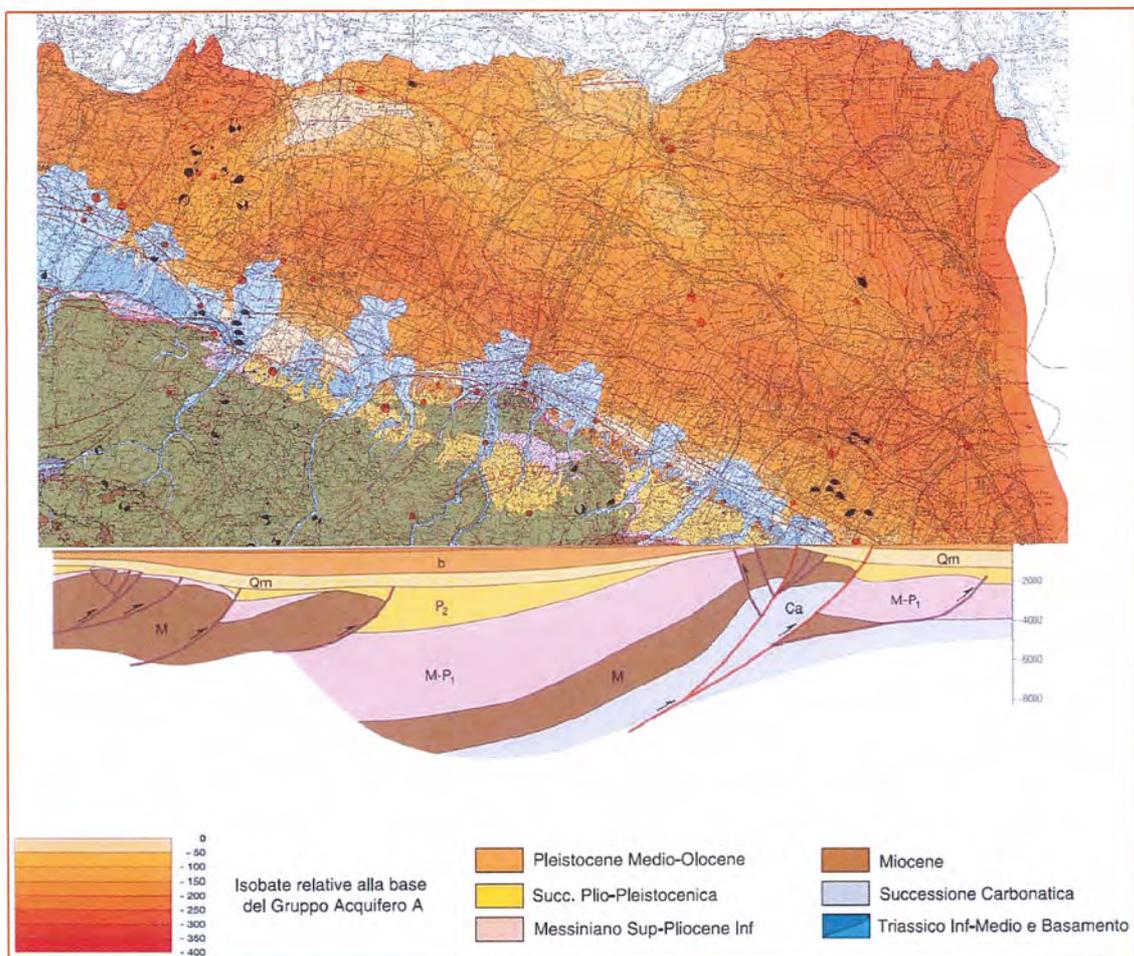
Con il Quaternario continentale invece, predominano le sedimentazioni sulla subsidenza, si ha un progressivo ritiro del mare dalla Pianura Padana con deposito di alluvioni sui sedimenti marini.

Al margine orientale della pianura lo stabilizzarsi della linea di costa è complicato da variazioni eustatiche del livello marino in corrispondenza di glaciazioni, la più importante delle quali fu quella wurmiana, che abbassò il livello di un centinaio di metri.

Poi 17.000 anni fa inizia la grande trasgressione postglaciale, quella Flandriana in cui l'ingressione marina ha probabilmente raggiunto i 40 Km per il Delta Padano e i 20 Km per il ravennate.

A partire dal I - II secolo d.C. ha avuto inizio un lento ma graduale ritiro del mare con migrazione verso est della linea di costa sino all'interno della sua posizione attuale.

I diversi litotipi, depositati in ambiente subacqueo, malgrado il costipamento derivante dall'incremento della pressione geostatica tenderanno a trattenere nei pori residui l'originaria acqua del bacino di sedimentazione; ne deriva per quanto sopra esposto, che si avrà in zona coesistenza di livelli con acqua di strato salata o salmastra o dolce in relazione all'ambiente deposizionale originario.



**Fig. 1 - Schema geologico di sottosuolo nel settore delle Pieghe Ferraresi. Sono riportate le tracce dei principali sovrascorrimenti sepolti e la sezione geologica attraverso la pianura modenese (Sezione geologica senza esagerazione verticale). Estratto dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:250.000 (Regione Emilia-Romagna-CNR, 2004).**

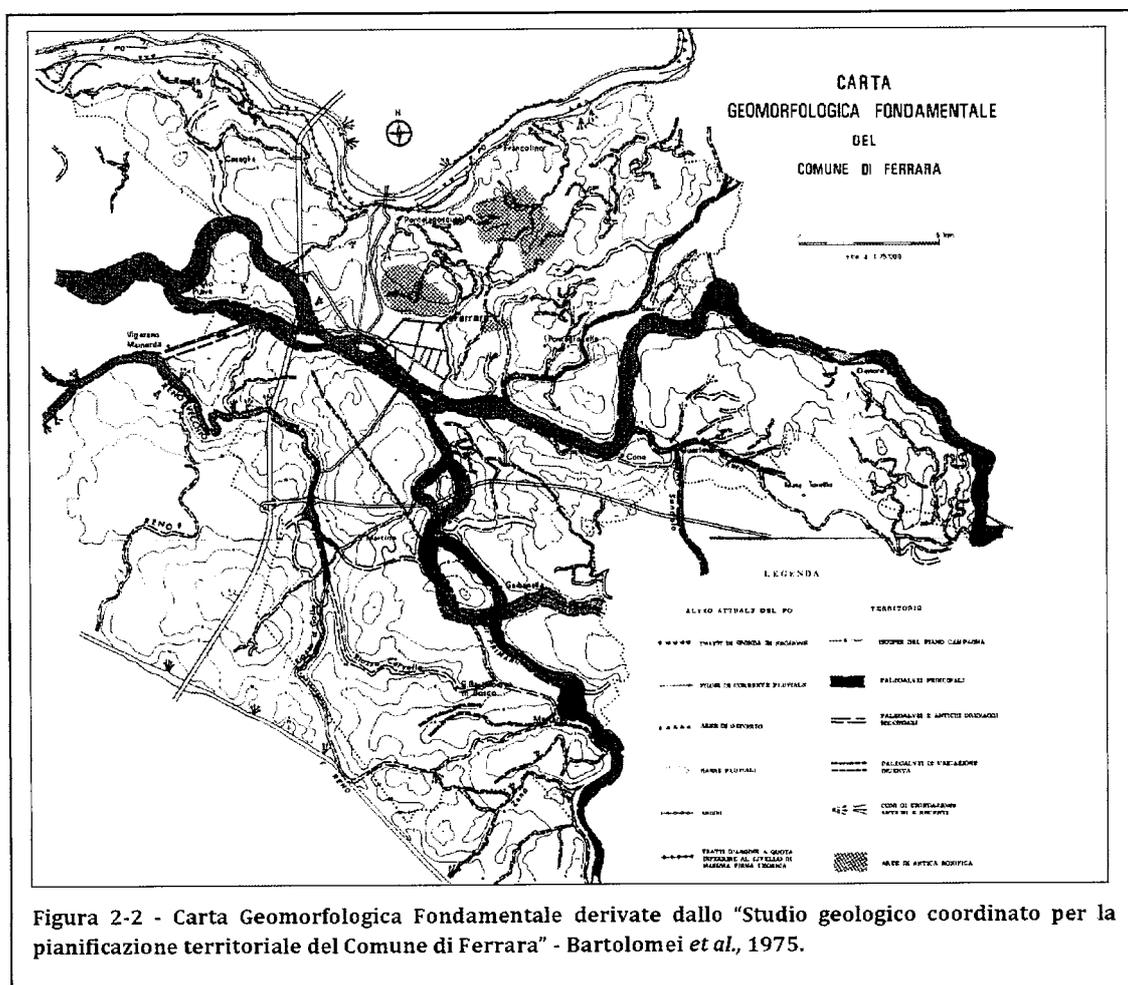
*L'insieme di queste pieghe sepolte (Pieghe Emiliane-Ferraresi-Adriatiche) costituisce il vero fronte della catena appenninica; infatti le unità e le strutture che costituiscono la catena appenninica proseguono nel sottosuolo ben oltre il limite morfologico tra catena e pianura (margine appenninico-padano) e sono attualmente sepolte dai sedimenti quaternari padani. I fronti di queste strutture sepolte hanno vergenza verso nord e si accavallano sulla piattaforma padano-veneta.*

## INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto geomorfologico del territorio ferrarese è il risultato delle vicissitudini del Fiume Po.

In particolare, dalla rotta di Ficarolo del 1150 circa il fiume ha abbandonato l'antico corso per spostarsi più a nord, dove, in linea generale, è posizionato il tracciato attuale. Questa situazione morfologica complessa ha condizionato e regolato la deposizione dei sedimenti trasportati dal fiume con il risultato di ottenere, sulla morfologia di pianura aree di alto strutturale definite dossi, costituiti da terreni sabbiosi indicanti paleo alvei, barre e sponde naturali relitti o sepolte e zone depresse formate da argille e limi denominate catini.

L'intervento dell'uomo nel controllare il regime naturale del fiume, per difendersi dalle esondazioni, ha provocato il crescente aumento del livello del fiume accentuando le differenze altimetriche con le circostanti campagne per marcato apporto di nuovi sedimenti, provocando modificazioni nel deflusso naturale delle acque superficiali a causa anche di fenomeni di subsidenza naturali tipici di questa area geografica.



## INQUADRAMENTO IDROLOGICO

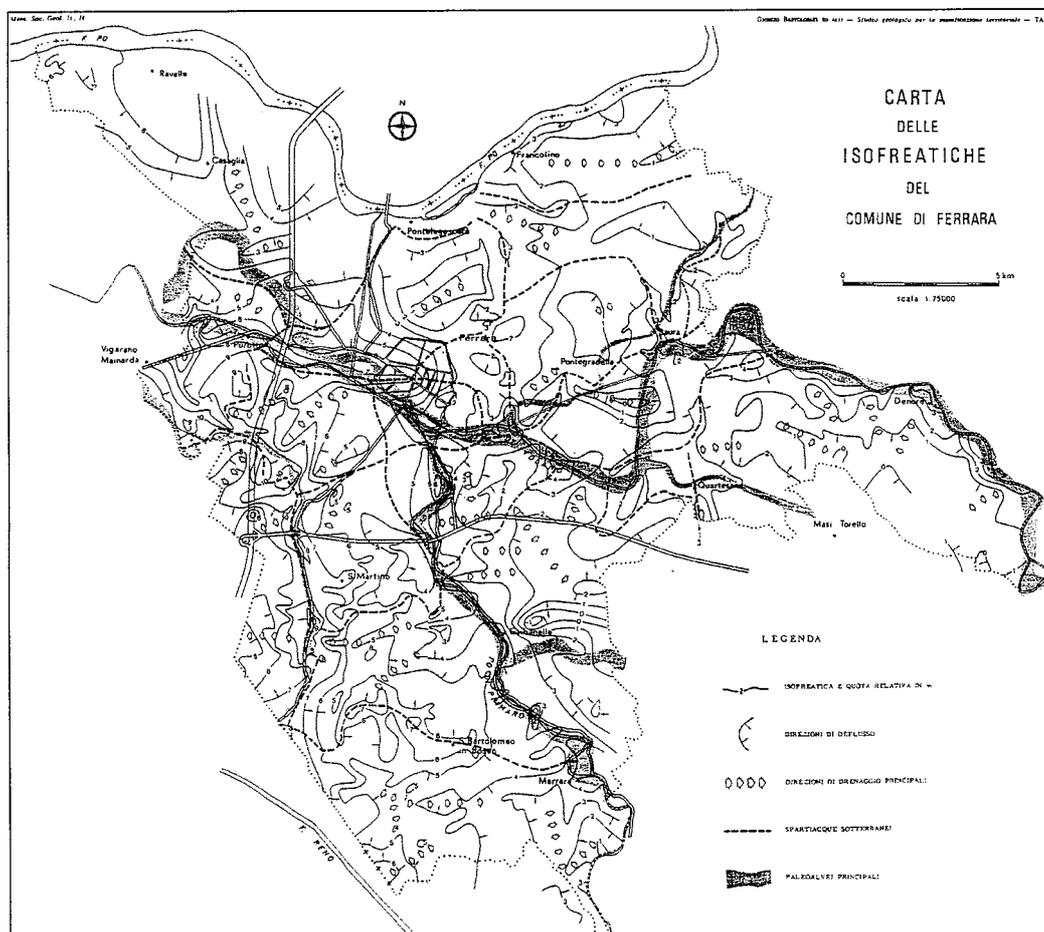
Le condizioni di drenaggio dei terreni che costituiscono l'ossatura della pianura di Ferrara sono condizionate dall'assetto morfologico ed in particolare dal micro rilievo. Le linee di drenaggio preferenziali hanno direzione ovest-est.

Il territorio comunale è solcato da numerosi corsi d'acqua di vario grado di importanza.

In particolare i principali sono rappresentati dai fiumi Po e Reno che non svolgono nessuna funzione scolante data la quota dei rispettivi alvei, anzi costituiscono delle linee di spartiacque al normale deflusso.

A questi si possono aggiungere il Po di Ferrara - Primaro e di Volano, il Boicelli e il Riazzo del Gallo che svolgono la funzione di collettori nel raccogliere la maggior parte delle acque superficiali e meteoriche ricadenti sul territorio e convogliate per semplice gravità o attraverso impianti di idrovora da collettori minori, quali fossi e canali di bonifica che costituiscono la rete scolante ferrarese.

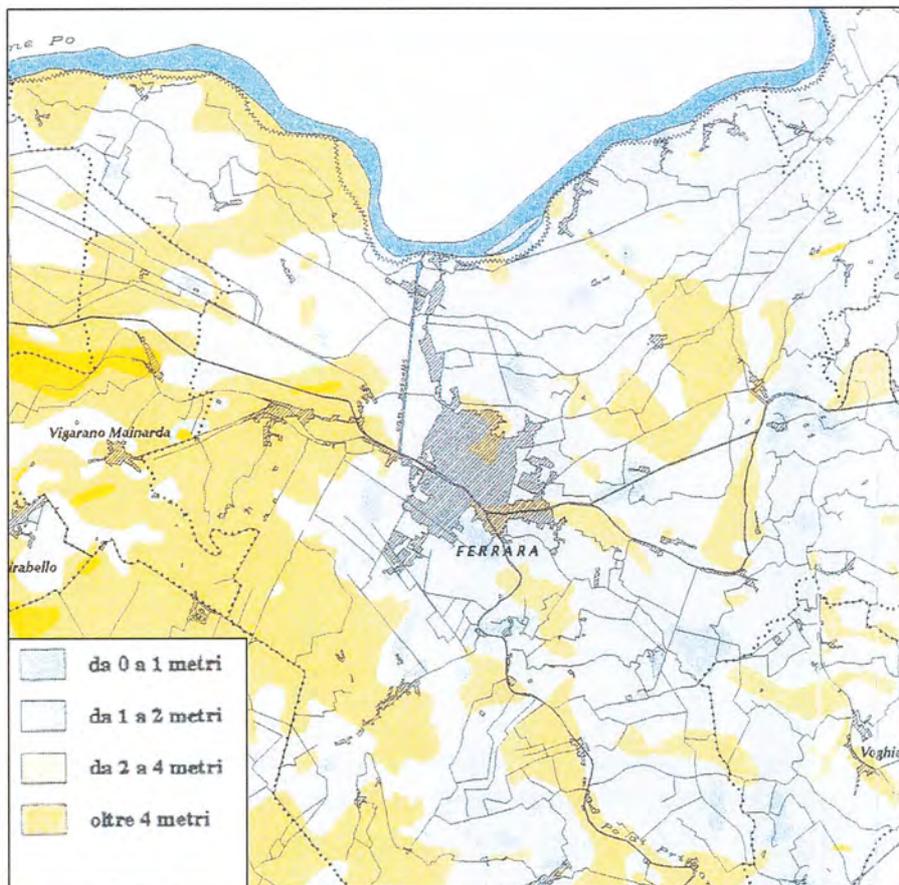
***Carta delle isofreatiche derivante dallo "Studio Geologico del Comune di Ferrara" Bartolomei et alii 1975***



L'inquadramento idrogeologico del territorio Ferrarese evidenzia, l'esistenza di un acquifero libero freatico , costituito prevalentemente da limi e limi sabbiosi , riconducibili a sedimenti di ambiente fluviale .

La falda freatica , escludendo le aree limitrofe alle arginature del fiume PO, viene alimentata principalmente da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al piano campagna in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi (la profondità della falda freatica normalmente può oscillare fra profondità comprese da 1.0 a 4.0 metri dal piano campagna).

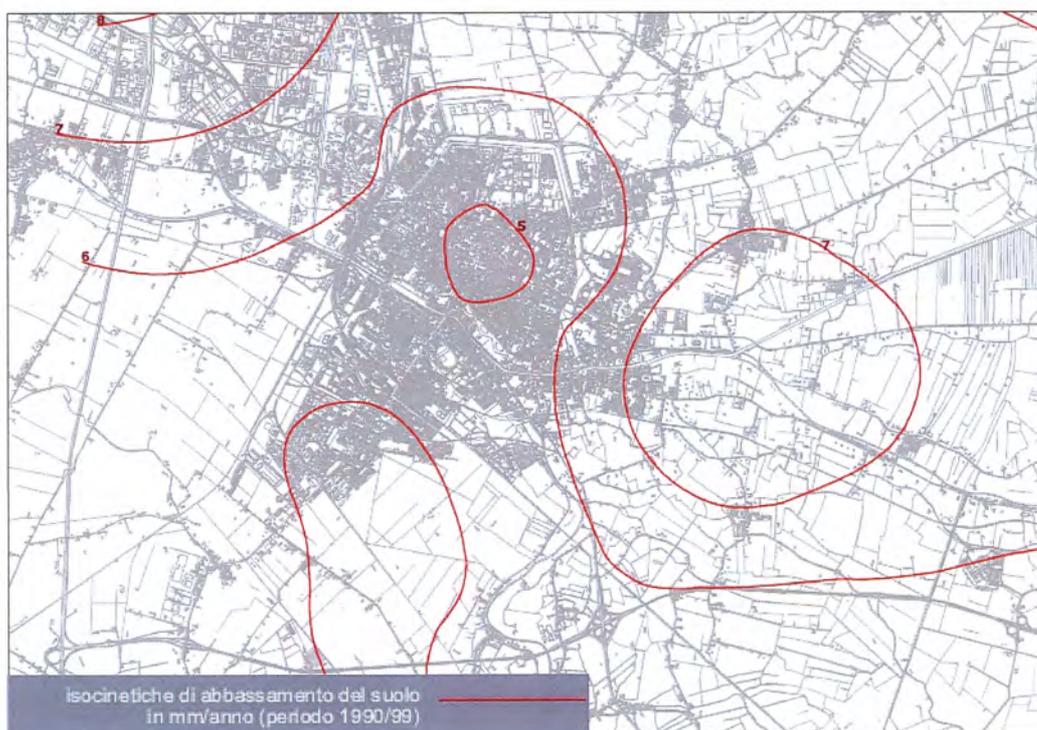
In prossimità dei canali principali la falda può essere influenzata dagli stessi alimentando o drenando la falda superficiale .



**Stralcio carte Isobate della freatica della Provincia di Ferrara**

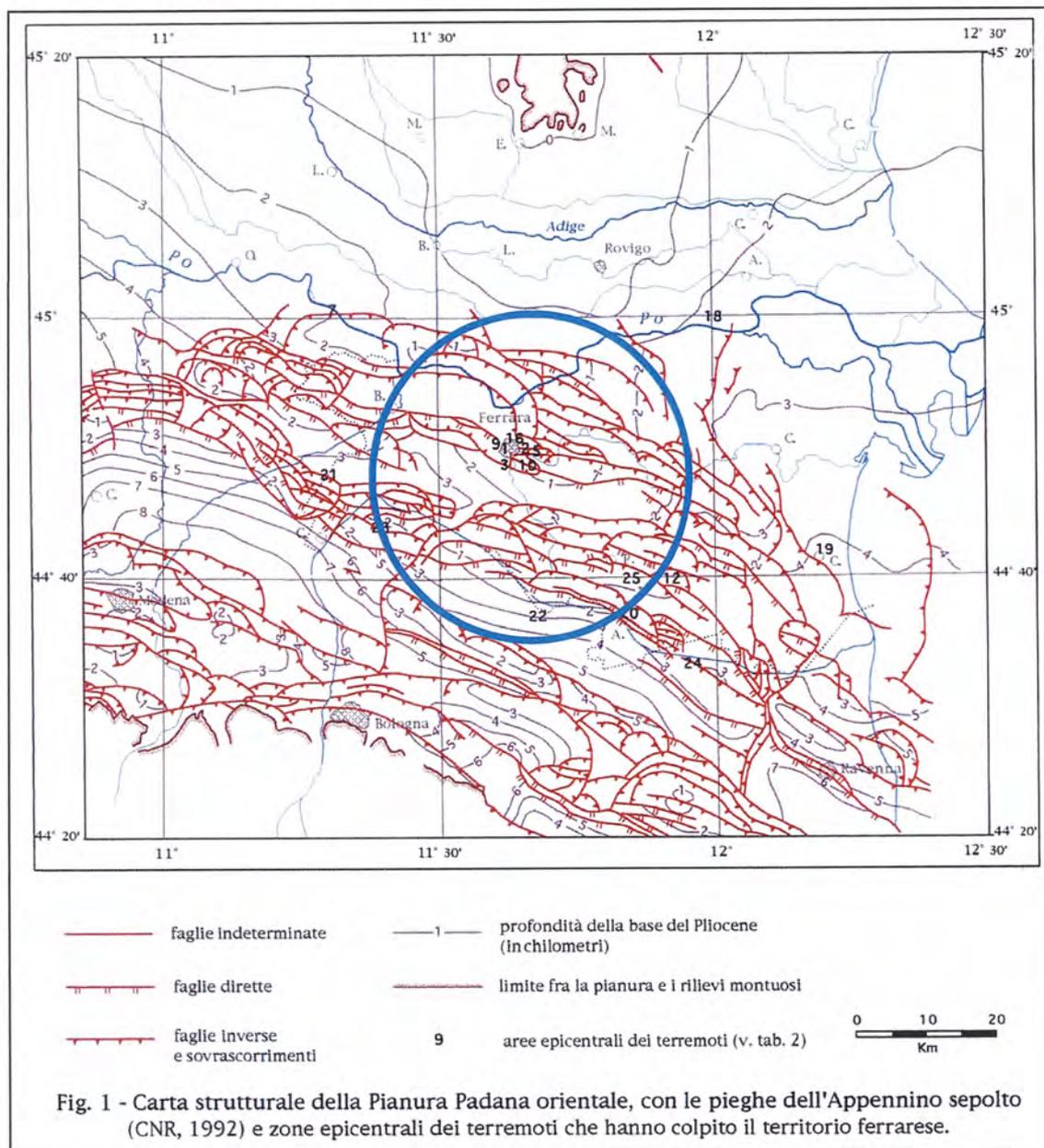
## SUBSIDENZA

L'area in esame, come in generale tutto il territorio della Provincia di Ferrara è soggetta a subsidenza. La componente naturale del fenomeno è prevalentemente ascrivibile al costipamento dei sedimenti più recenti non ancora litificati. Il condizionamento del substrato è rappresentato dal suo stesso carattere di orogene recente, capace di dar luogo a movimenti verticali residui, nonché alla sua forma corrugata che determina variazioni locali dei tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti. I fenomeni di subsidenza registrati con metodi strumentali sono però principalmente di carattere artificiale, denotano variabilità sia nello spazio che nel tempo e sono attribuibili alla sottrazione di acqua dagli acquiferi (superficiali e profondi). Sono causa di subsidenza anche forti escursioni del livello della falda freatica dovuto a variazioni climatiche (periodi siccitosi prolungati) e a sistemazioni idrauliche del territorio (il territorio ferrarese è stato in passato interessato da importanti bonifiche, ultima la bonifica Sammartina). Anche variazioni del chimismo delle acque sono considerate capaci di determinare abbassamenti del suolo, sia pur limitati, quando sono in grado di indurre per fenomeni elettrochimici riduzione di volume dei minerali argillosi (terreni argillosi sono molto abbondanti nel territorio ferrarese)



## SISMICITA'

Le strutture appenniniche sepolte sono ancora soggette a movimenti, che spesso si traducono in sismi capaci di superare la soglia del danno (vedi sisma del 20 e 29 Maggio 2012).



Si ha inoltre notizia di numerosi terremoti verificatisi a Ferrara e nelle aree circostanti nel periodo compreso fra il 1117 e 1787, di cui 9 superiori al sesto grado della scala Mercalli; solo il terremoto del 1570 ha raggiunto l'ottavo grado (CNR 1980; Ardizzoni et al. 1991; Boschi et al. 1995, 1997; Camassi e Stucchi 1998; Bondesan 2002).

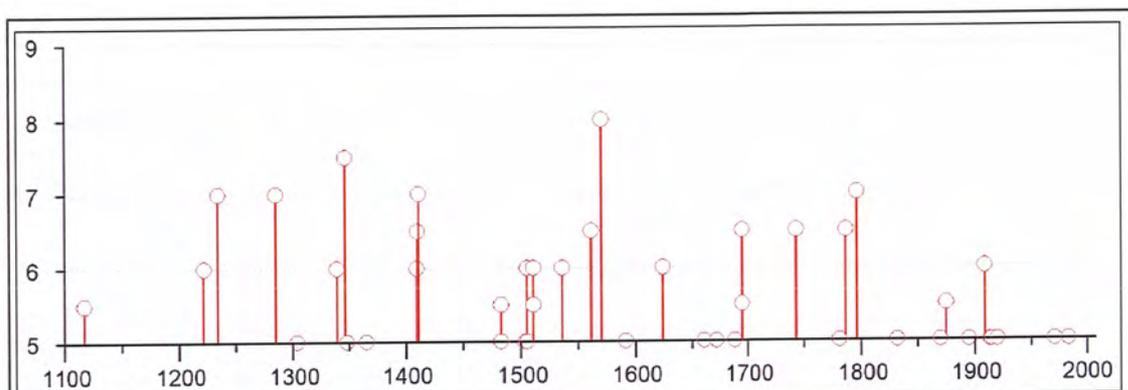


Figura 2-12 - Valori di intensità macrosismica  $I_{MCS} \geq 5$  attribuiti al Comune di Ferrara, dall'anno 1000 al 2006, e legati essenzialmente ad eventi prodotti dalle strutture tettoniche ferraresi. Tratto dal database DBMI11 (Locati *et al.*, 2011).

I dati disponibili mostrano come il terremoto di Ferrara a più elevata intensità sia avvenuto il 17 novembre 1570, con intensità epicentrale pari al VIII grado (MCS) e magnitudo equivalente pari a 5.46.

Questo sisma è riportato anche nel catalogo CFTI4med, nel quale sono inoltre inserite le fonti storiche.

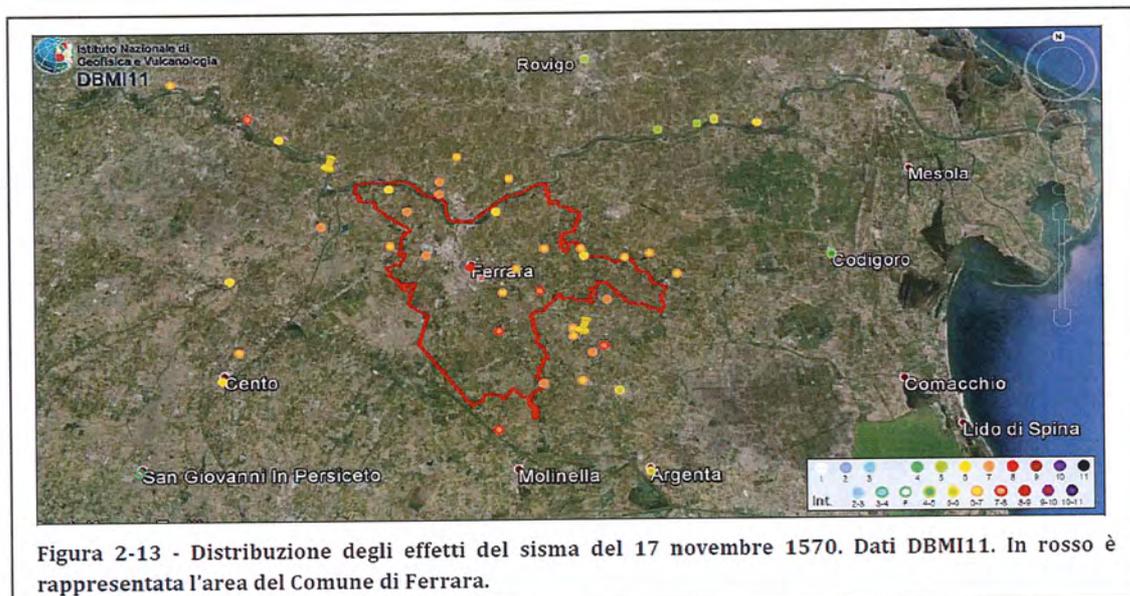
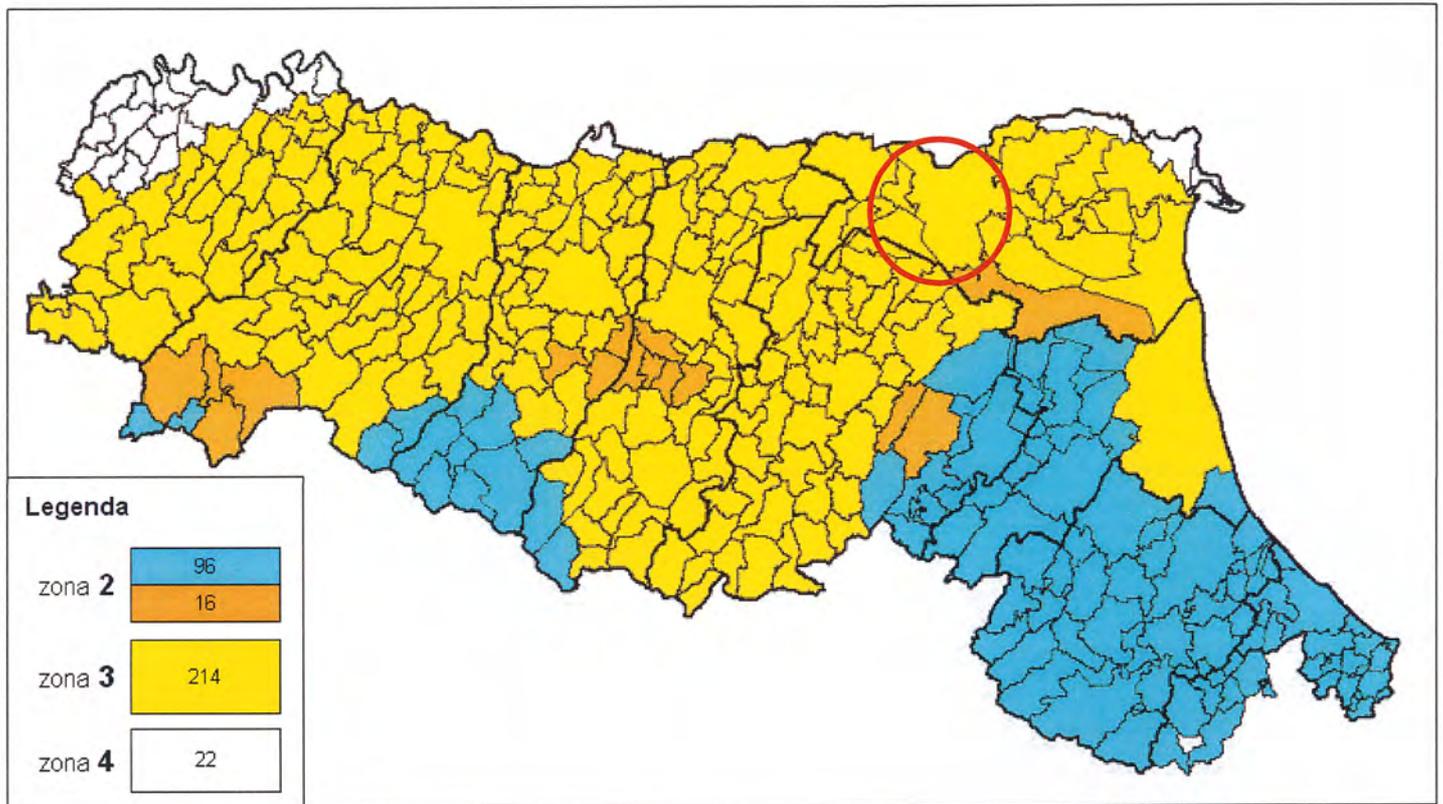


Figura 2-13 - Distribuzione degli effetti del sisma del 17 novembre 1570. Dati DBMI11. In rosso è rappresentata l'area del Comune di Ferrara.

Sulla base di questi eventi, il Servizio Sismico Nazionale, nella nuova mappa della pericolosità sismica messa a punto nel 1998, ha incluso il Comune di Ferrara nella Categoria 3 (territori suscettibili di terremoto fino al 7° grado della scala Mercalli)



*Esempio di deformazione di una pavimentazione dovuta al passaggio delle onde sismiche (maggio 2012)*

**COMPARTO 12ANS-01**  
**(Soc. SER.GE.CO Srl Via Zucchini - FE)**

**UBICAZIONE DEL SITO**

Il comparto oggetto di studio è ubicato ai margini di una zona artigianale (PMI Ferrara) fra la via Primo Levi a NORD, la via Annibale Zucchini a Sud e la via Traversagno a OVEST

Per quanto riguarda l'inquadramento catastale, il lotto in esame è localizzato nel foglio 100, mappale 1137 del Comune di Ferrara.



## **OBIETTIVI POC**

- ampliamento di edificio in corso di realizzazione per l'insediamento di attività sanitarie e terziarie private;
- realizzazione e cessione di area di forestazione fra via Zucchini e l'insediamento residenziale esistente con funzione di mitigazione ambientale e acustica;
- realizzazione di connessione ciclopedonale fra via Zucchini e la ciclabile esistente di via della Roja – via Fenilnuovo.

## **CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE DEL SITO**

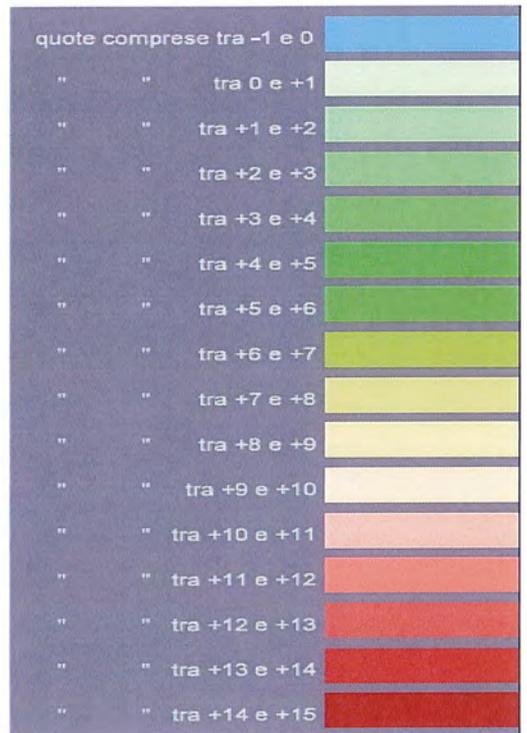
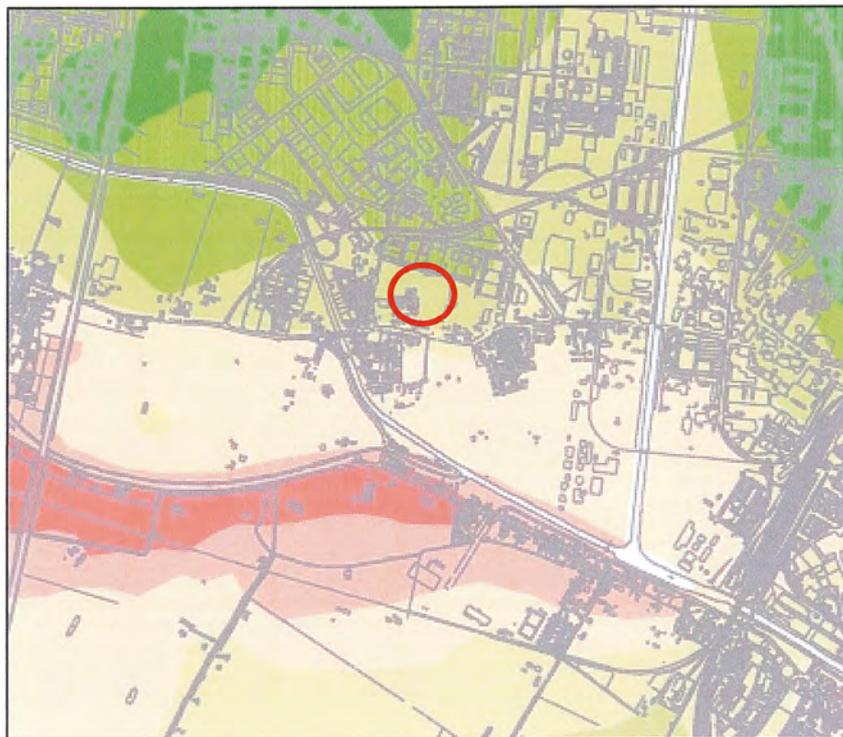
L'assetto geomorfologico del territorio ferrarese è il risultato delle vicissitudini del Fiume Po.

In particolare, dalla rotta di Ficarolo del 1150 circa il fiume ha abbandonato l'antico corso per spostarsi più a nord, dove, in linea generale, è posizionato il tracciato attuale. Questa situazione morfologica complessa ha condizionato e regolato la deposizione dei sedimenti trasportati dal fiume con il risultato di ottenere, sulla morfologia di pianura aree di alto strutturale definite dossi, costituiti da terreni sabbiosi indicanti paleo alvei, barre e sponde naturali relitti o sepolte e zone depresse formate da argille e limi denominate catini.

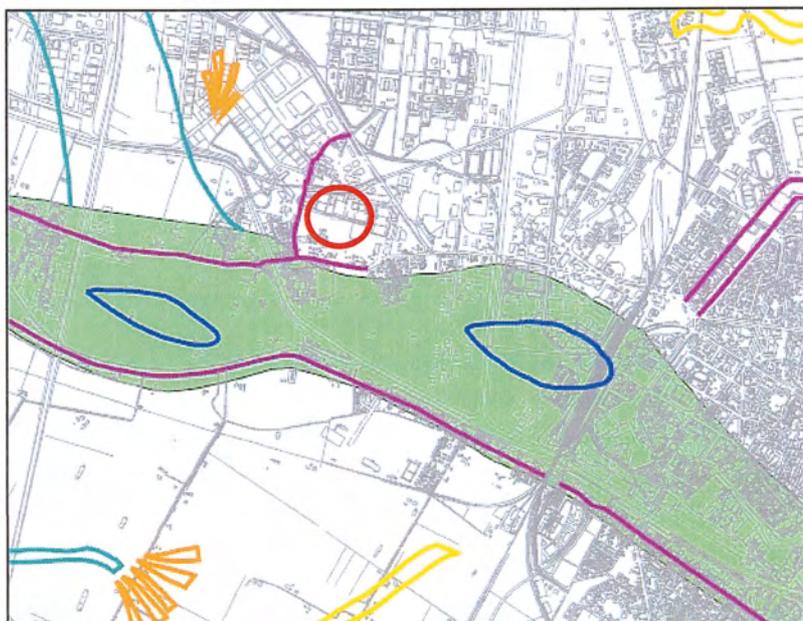
L'intervento dell'uomo nel controllare il regime naturale del fiume, per difendersi dalle esondazioni, ha provocato il crescente aumento del livello del fiume accentuando le differenze altimetriche con le circostanti campagne per marcato apporto di nuovi sedimenti, provocando modificazioni nel deflusso naturale delle acque superficiali a causa anche di fenomeni di subsidenza naturali tipici di questa area geografica.

L'area in oggetto è localizzata all'interno di un area sub orizzontale con quote prossime a + 6.0/7.0 mt. s.l.m. come si può osservare dallo stralcio della carta altimetrica del PSC Comune di Ferrara.

Le indagini eseguite evidenziano sedimenti depositi alluvionali a bassa energia idrodinamica caratterizzati da terreni coesivi superficiali.



Dallo stralcio della carta geomorfologica del PSC del Comune di Ferrara il sito in oggetto è localizzato a nord, nelle immediate vicinanze di un paleo alveo dossivo alto e un paleo argine subito ad ovest



La falda freatica viene alimentata principalmente da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al piano campagna in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi (la profondità della falda freatica normalmente può oscillare fra profondità comprese da 1.0 a 4.0 metri dal piano campagna).

La falda freatica al momento dell'esecuzione delle indagini geognostiche è stata localizzata alla profondità di circa mt. 2.3 dal p.c. attuale. La presenza del Canale di Burana, ubicato a ovest ad una distanza di circa 400 mt. e del Canale Cittadino ubicato in direzione nord-est ad una distanza di circa 350 mt. si ritiene non concorrano direttamente nella regimazione della falda freatica.

Per il dimensionamento, nell'area di interesse, del sistema fognario per la raccolta e regimazione delle acque piovane dovrà fare riferimento a valori di precipitazione media annua di circa 700-750 mm/anno con punte giornaliere che hanno raggiunto frequentemente negli ultimi anni anche 100 mm/ora.



Stralcio carta CTR con evidenziato i canali principali



Stralcio carta profondità della falda freatica tratta dal PSC del Comune di Ferrara

## SUBSIDENZA

L'area in esame, come in generale tutto il territorio della Provincia di Ferrara è soggetta a subsidenza. La componente naturale del fenomeno è prevalentemente ascrivibile al costipamento dei sedimenti più recenti non ancora litificati. Il condizionamento del substrato è rappresentato dal suo stesso carattere di orogene recente, capace di dar luogo a movimenti verticali residui, nonché alla sua forma corrugata che determina variazioni locali dei tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti. I fenomeni di subsidenza registrati con metodi strumentali sono però principalmente di carattere artificiale, denotano variabilità sia nello spazio che nel tempo e sono attribuibili alla sottrazione di acqua dagli acquiferi (superficiali e profondi).



Sono causa di subsidenza anche forti escursioni del livello della falda freatica dovuto a variazioni climatiche (periodi siccitosi prolungati) e a sistemazioni idrauliche del territorio (il territorio ferrarese è stato in passato interessato da importanti bonifiche, ultima la bonifica Sammartina). Anche variazioni del chimismo delle acque sono considerate capaci di determinare abbassamenti del suolo, sia pur limitati, quando sono in grado di indurre per fenomeni elettrochimici riduzione di volume dei minerali argillosi (terreni argillosi sono molto abbondanti nel territorio ferrarese).

## SISMICA

Dalla carta di micro zonizzazione sismica di terzo livello del Comune di Ferrara, di seguito allegata, l'area ricade in zona suscettibile a basso rischio di liquefazione (Indice potenziale di liquefazione < di 2).

**"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"**

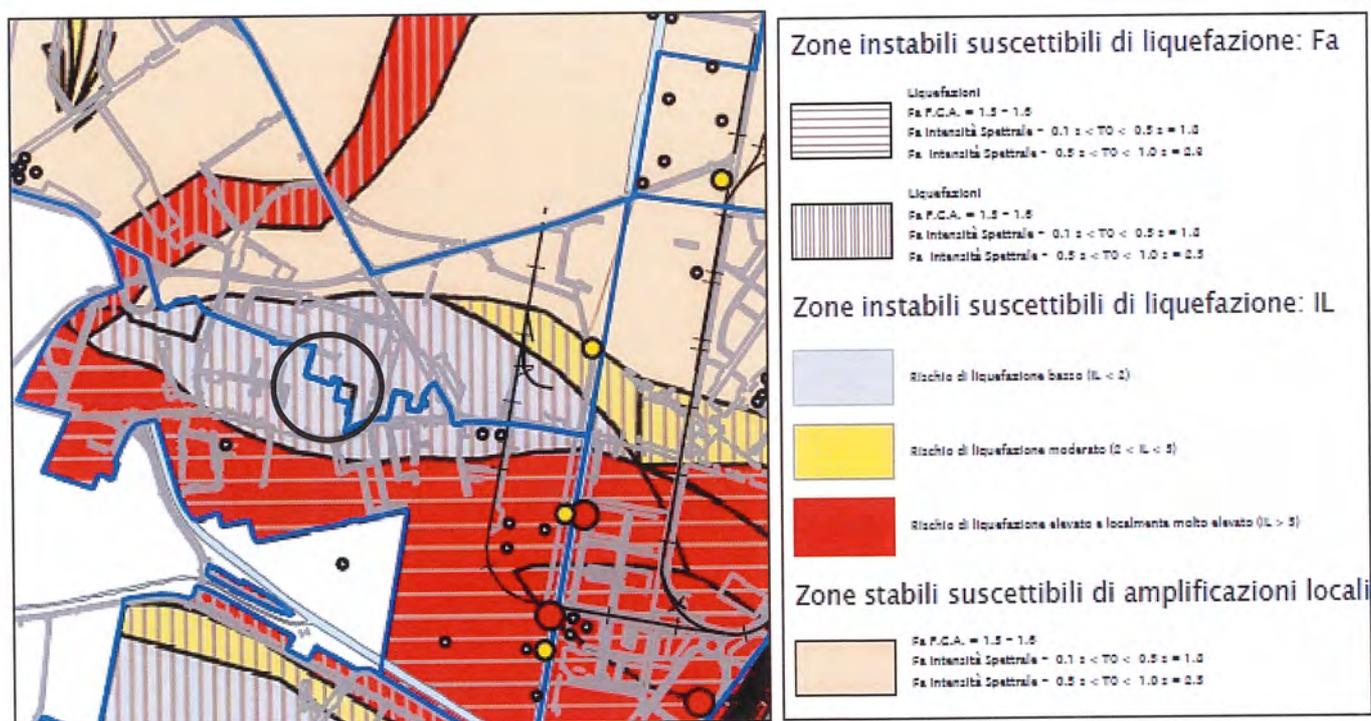
**IL = 0 Non liquefacibile (FL  $\geq$  1.2)**

**0 < IL  $\leq$  2 Potenziale basso**

**2 < IL  $\leq$  5 Potenziale moderato**

**5 < IL  $\leq$  15 Potenziale alto**

**IL > 15 Potenziale molto alto**

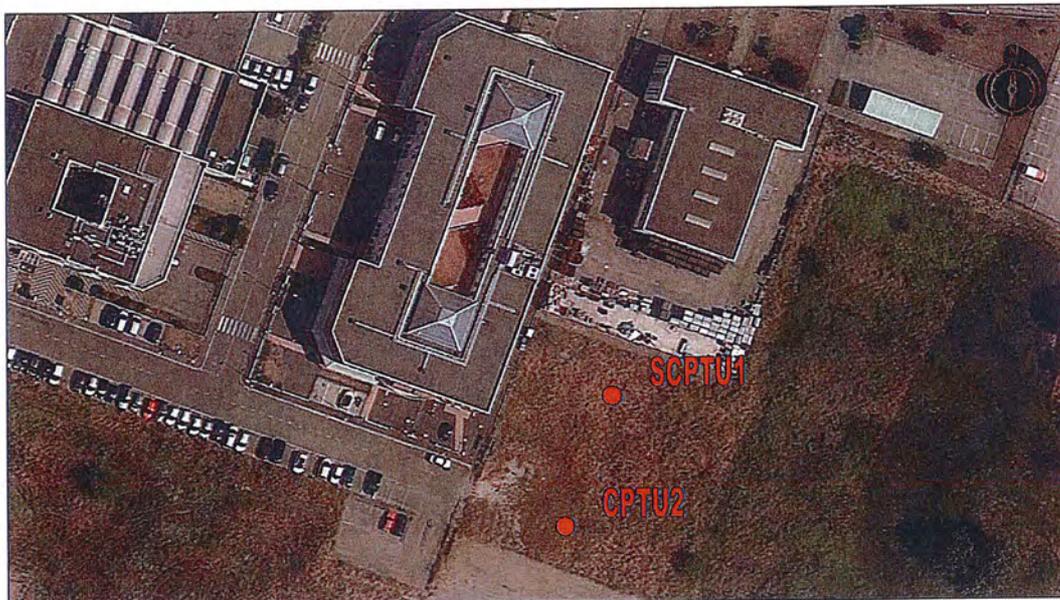


L'indagine sismica eseguita con piezocono sismico nel corso della prova penetrometrica SCPTU ha permesso di stimare il valore delle onde VS30 che è risultato essere pari a 193 m/s. Tale valore permette di attribuire il terreno in esame alla "CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE DI TIPO C".

A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori $V_{s30} > 800$ m/s con strati di alterazione superficiale $h_{max} = 5$ m	
B	Depositi di sabbie o 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	
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s 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 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 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ( $10 < C_u < 20$ kPa)	
S2	Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	

## RICOSTRUZIONE LITOSTRATIGRAFIA

La ricostruzione litostratigrafica del sito in esame è stata resa possibile dall'esecuzione di n° 2 prove penetrometriche (**eseguite dalla Soc. Syntesis Srl**) spinte fino alla profondità massima di mt. 30.0 dal p.c. attuale



*Ubicazione prove penetrometriche*

*Dalle sezioni di seguito riportate il modello litostratigrafico di massima può essere riassunto dalle seguenti tabelle :*

SCPTU1 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE			
N. strati	Profondità		Descrizione
	tetto (mt)	letto (mt)	
1	0.00	0.40	Limi sabbiosi e limi argillosi
2	0.40	2.90	Limi sabbiosi e limi argillosi
3	2.90	11.84	Argille limose – argille
4	11.84	12.22	Limi sabbiosi e limi argillosi
5	12.22	16.08	Limi argillosi e argille limose
6	16.08	17.38	Argille
7	17.38	26.00	Sabbie
8	26.00	30.00	Sabbie

CPTU2 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE			
N. strati	Profondità		Descrizione
	tetto (mt)	letto (mt)	
1	0.00	1.24	Limi sabbiosi e limi argillosi
2	1.24	1.98	Limi argillosi e argille limose
3	1.98	2.80	Sabbie limose – limi argillosi
4	2.80	4.48	Argille limose – argille
5	4.48	5.08	Limi sabbiosi e limi argillosi
6	5.08	11.46	Argille limose – argille
7	11.46	12.26	Limi sabbiosi e limi argillosi
8	12.26	17.40	Argille limose – argille
9	17.40	20.08	Sabbie

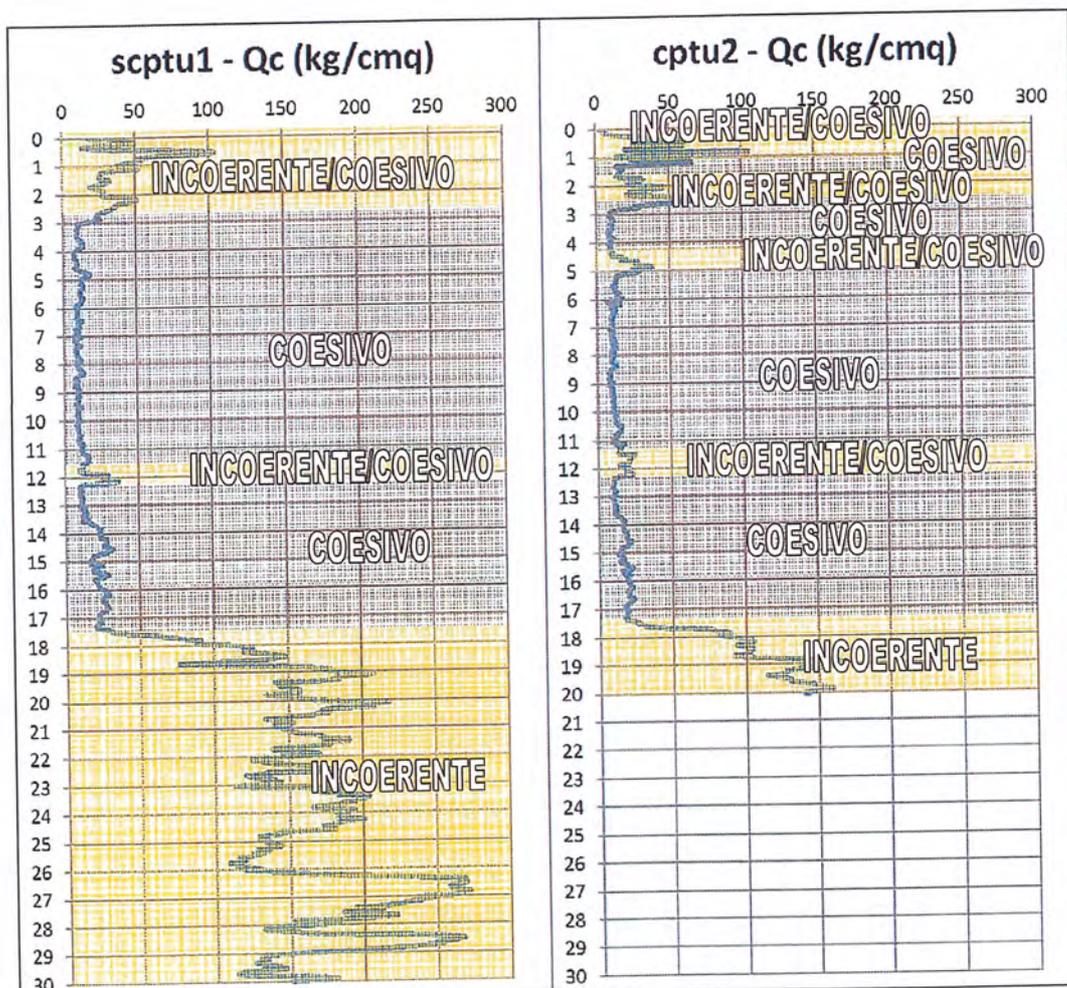
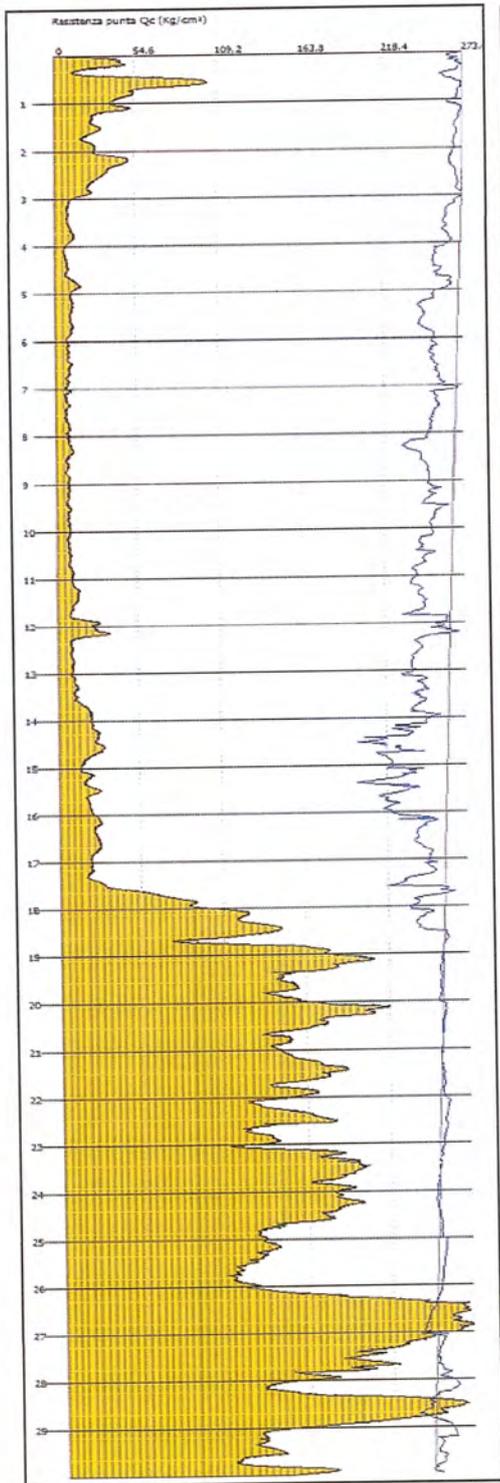
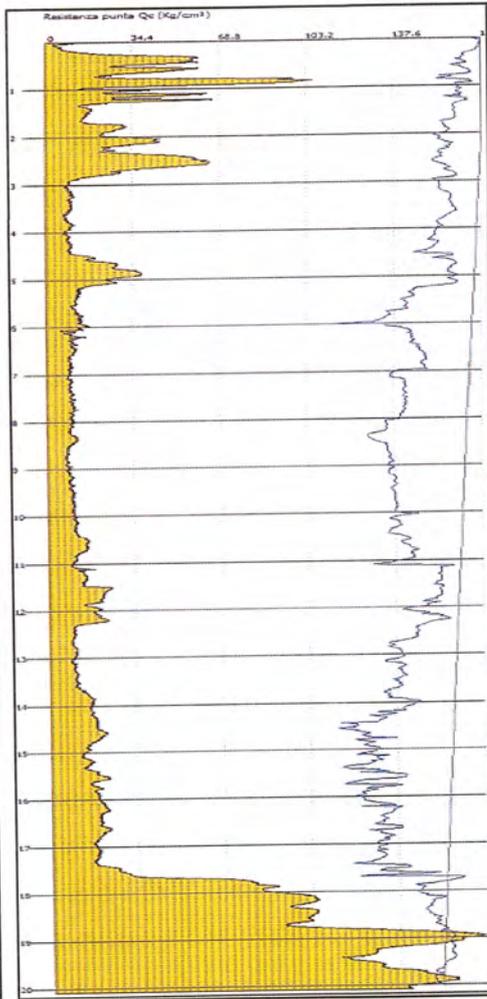


Figura 2.3-5  
Grafici andamento resistenze alla punta delle prove effettuate SCPTU1, CPTU2

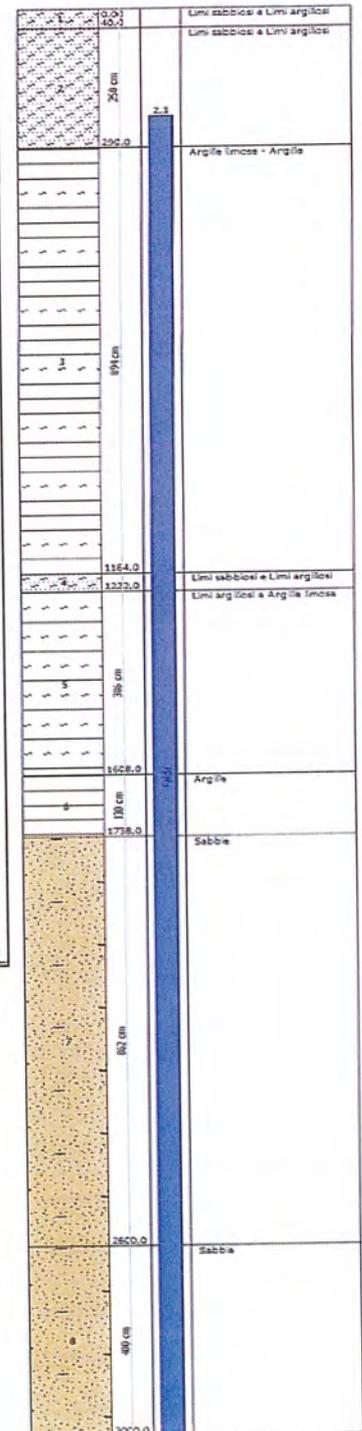
Dal punto di vista geotecnico si registra la presenza di terreni coesivi compressibili con frequenti episodi organici a modeste caratteristiche geomeccaniche fino alla profondità di mt. 17.50 dal p.c. attuale. Oltre tale quota si hanno terreni sabbiosi ben addensati a elevata conducibilità idraulica fino alla profondità indagata di mt. 30.00.



SCPTU 1



CPTU 2



## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

I primi metri sono formati da limi e limi sabbiosi con presenza di materiale di riporto in superficie. Seguono terreni prevalentemente argillosi, argillo limosi con frequenti episodi di argille organiche fino alla profondità di circa mt. 17.50 dal p.c. attuale. Si tratta di litotipi formati in ambienti di palude e di piana alluvionale quelli più profondi aventi modeste caratteristiche geomeccaniche. La parte più a sud del comparto, in corrispondenza del paleo alveo dossivo alto del comparto, è caratterizzata in superficie da alternanza di terreni limo sabbiosi e sabbiosi a alto rischio di liquefazione.

Oltre la profondità di mt. 17.50 da p.c. si passa a un banco sabbioso addensato costituito da sabbie medie e grossolane fino a circa mt. 30.0 di profondità. Pur essendo gran parte del comparto caratterizzato da rischio di liquefazione basso  $IL < di 2$  (l'area di interesse ricade in questo settore) non è invece da escludere che i terreni più superficiali interessati direttamente dalle fondazioni possano essere soggetti a forte perdita di carico e cedimenti in occasione di eventi sismici di forte entità per la loro compressibilità e modeste caratteristiche geomeccaniche. Si consiglia in fase progettuale una indagine geognostica di dettaglio atta a definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di precisione con definizione della categoria di suolo di fondazione come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008.

L'area attualmente è soggetta a ristagno delle acque meteoriche, occorrerà prevedere un adeguato sistema di drenaggio e raccolta delle acque superficiali.

## **COMPARTO 17ASPCN-04** **(Autosalone Cavour Srl (Via Eridano - FE))**

### **UBICAZIONE DEL SITO**

Il comparto oggetto di studio è ubicato ai margini di una zona artigianale (PMI di Ferrara) all'incrocio fra la via Eridano a Ovest, la via Michelini a Nord e il Canale Boicelli a Est..



### **OBIETTIVI POC**

Insediamiento di nuove attività economiche sulla direttrice della "città dell'automobile" prevista dal vigente PSC;

## CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE DEL SITO

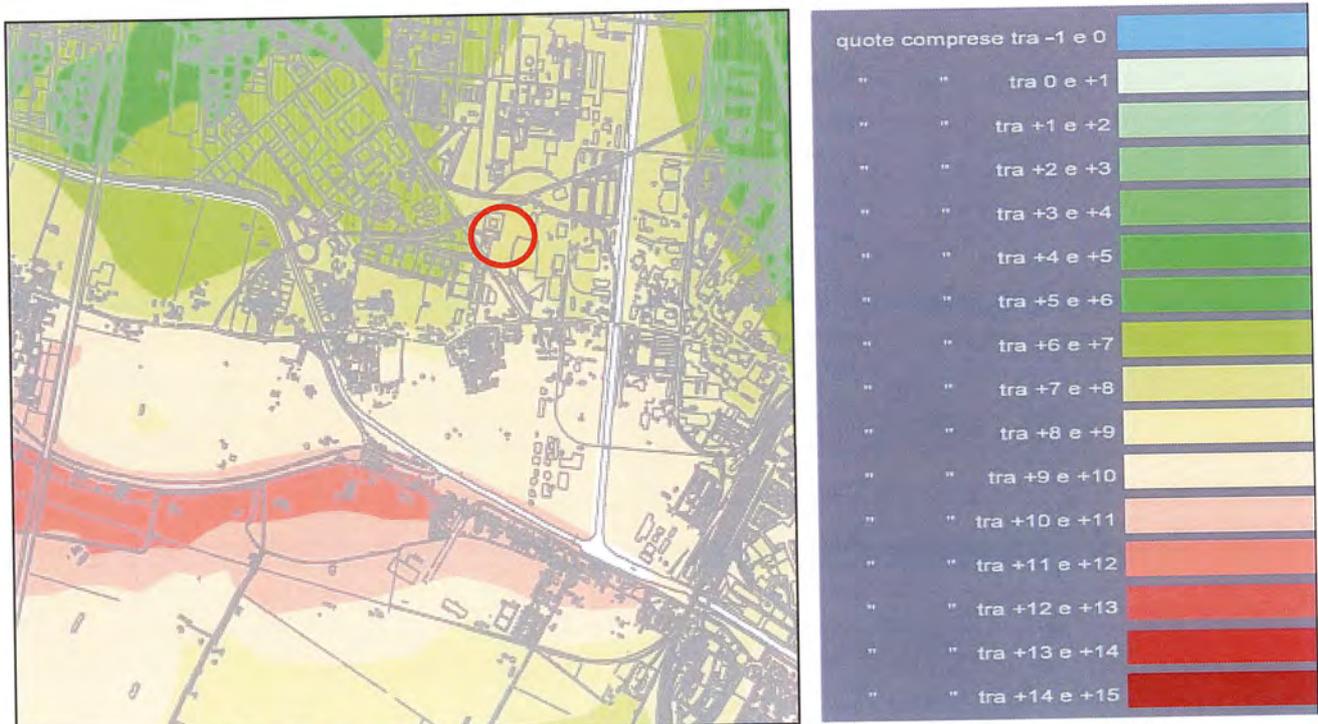
L'assetto geomorfologico del territorio ferrarese è il risultato delle vicissitudini del Fiume Po.

In particolare, dalla rotta di Ficarolo del 1150 circa il fiume ha abbandonato l'antico corso per spostarsi più a nord, dove, in linea generale, è posizionato il tracciato attuale. Questa situazione morfologica complessa ha condizionato e regolato la deposizione dei sedimenti trasportati dal fiume con il risultato di ottenere, sulla morfologia di pianura aree di alto strutturale definite dossi, costituiti da terreni sabbiosi indicanti paleo alvei, barre e sponde naturali relitti o sepolte e zone depresse formate da argille e limi denominate catini.

L'intervento dell'uomo nel controllare il regime naturale del fiume, per difendersi dalle esondazioni, ha provocato il crescente aumento del livello del fiume accentuando le differenze altimetriche con le circostanti campagne per marcato apporto di nuovi sedimenti, provocando modificazioni nel deflusso naturale delle acque superficiali a causa anche di fenomeni di subsidenza naturali tipici di questa area geografica.

L'area in oggetto è localizzata all'interno di un area sub orizzontale con quote prossime a + 7.0/8.0 mt. s.l.m. come si può osservare dallo stralcio della carta altimetrica del PSC Comune di Ferrara.

Le indagini eseguite evidenziano sedimenti depositi alluvionali a bassa energia idrodinamica caratterizzati da terreni coesivi superficiali.



Dallo stralcio della carta geomorfologica del PSC del Comune di Ferrara il sito in oggetto è localizzato a nord, nelle immediate vicinanze di un paleo alveo dossivo alto e un paleo argine più distante ad ovest



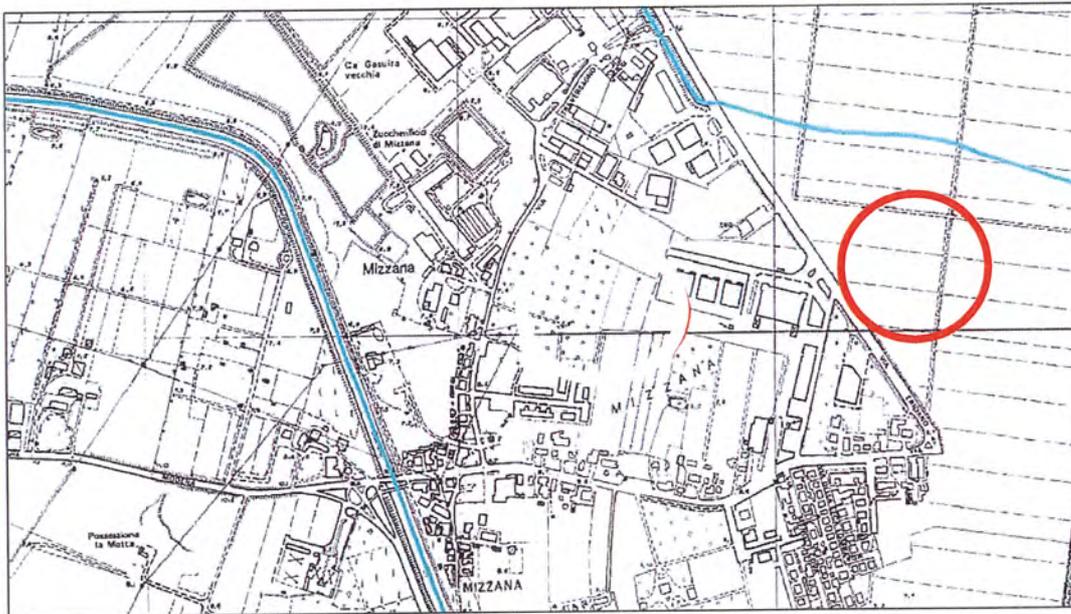
La falda freatica viene alimentata principalmente da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al piano campagna in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi (la profondità della falda freatica normalmente può oscillare fra profondità comprese da 1.0 a 4.0 metri dal piano campagna).

La falda nei vari periodi di rilievo (1992 – 2016) è stata localizzata nell'intorno dell'area a profondità comprese fra mt. 1.3 e 2.5 circa dal p.c. attuale.

Luglio 1992	Gennaio 2002	Luglio 2016
S1 falda a – 2,10 m dal p.c. S2 falda a – 2.45 m. dal p.c. CPT 1 falda a – 2.05 m. dal p.c.	CPT 1 falda a – 1.30 m. dal p.c. CPT 2 falda a – 1.50 m. dal p.c.	SCPTU falda a – 2.50 m. dal p.c.

La presenza del Canale Boicelli , ubicato a est ad una distanza di circa 300 mt. e del Canale Cittadino ubicato in direzione nord ad una distanza di circa 200 mt. si ritiene non concorrano direttamente nella regimazione della falda freatica.

Per Il dimensionamento , nell'area di interesse, del sistema fognario ( che sarà collegato alla fognatura esistente) per la raccolta e regimazione delle acque piovane si dovrà fare riferimento a valori di precipitazione media annua di circa 700-750 mm/anno con punte giornaliere che hanno raggiunto frequentemente negli ultimi anni anche 100 mm/ora.



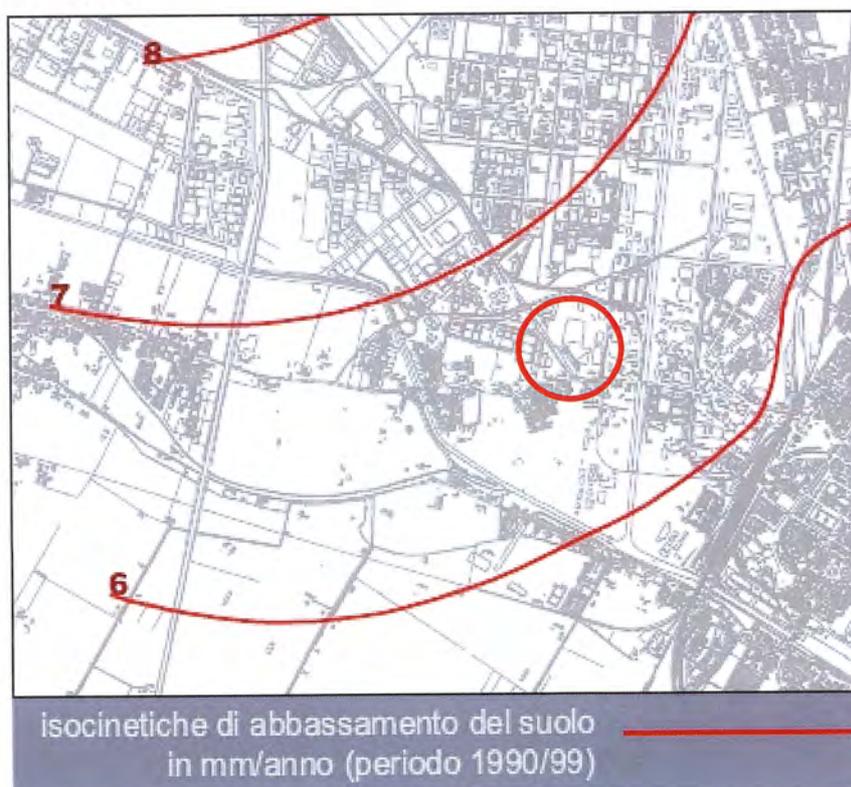
*Stralcio carta CTR con evidenziato i canali principali*



*Stralcio carta profondità della falda freatica tratta dal PSC del Comune di Ferrara*

## SUBSIDENZA

L'area in esame, come in generale tutto il territorio della Provincia di Ferrara è soggetta a subsidenza. La componente naturale del fenomeno è prevalentemente ascrivibile al costipamento dei sedimenti più recenti non ancora litificati. Il condizionamento del substrato è rappresentato dal suo stesso carattere di orogene recente, capace di dar luogo a movimenti verticali residui, nonché alla sua forma corrugata che determina variazioni locali dei tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti. I fenomeni di subsidenza registrati con metodi strumentali sono però principalmente di carattere artificiale, denotano variabilità sia nello spazio che nel tempo e sono attribuibili alla sottrazione di acqua dagli acquiferi (superficiali e profondi). Sono causa di subsidenza anche forti escursioni del livello della falda freatica dovuto a variazioni climatiche (periodi siccitosi prolungati) e a sistemazioni idrauliche del territorio (il territorio ferrarese è stato in passato interessato da importanti bonifiche, ultima la bonifica Sammartina). Anche variazioni del chimismo delle acque sono considerate capaci di determinare abbassamenti del suolo, sia pur limitati, quando sono in grado di indurre per fenomeni elettrochimici riduzione di volume dei minerali argillosi (terreni argillosi sono molto abbondanti nel territorio ferrarese).



## SISMICA

Dalla carta di micro zonizzazione sismica di terzo livello del Comune di Ferrara, di seguito allegata, l'area ricade in zona instabile suscettibile a basso rischio di liquefazione

(Indice potenziale di liquefazione < di 2)

**"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"**

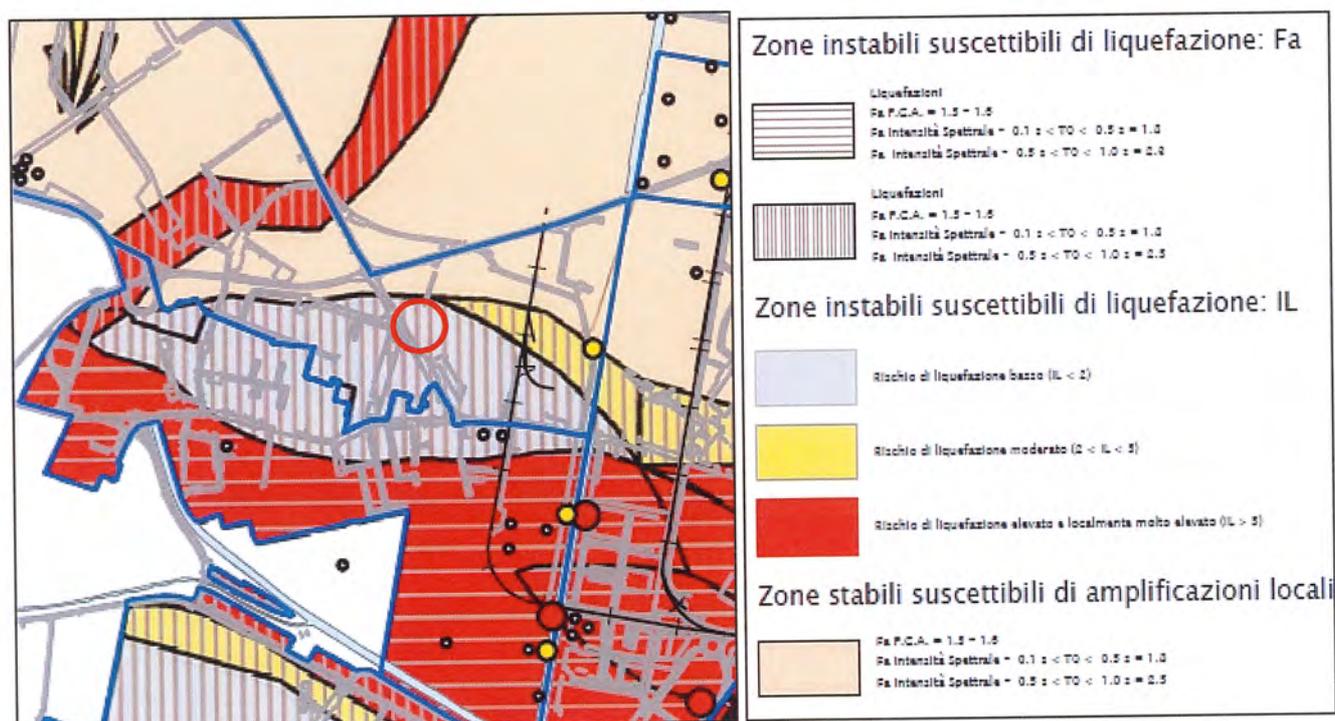
**IL = 0 Non liquefacibile ( $FL \geq 1.2$ )**

**0 < IL ≤ 2 Potenziale basso**

**2 < IL ≤ 5 Potenziale moderato**

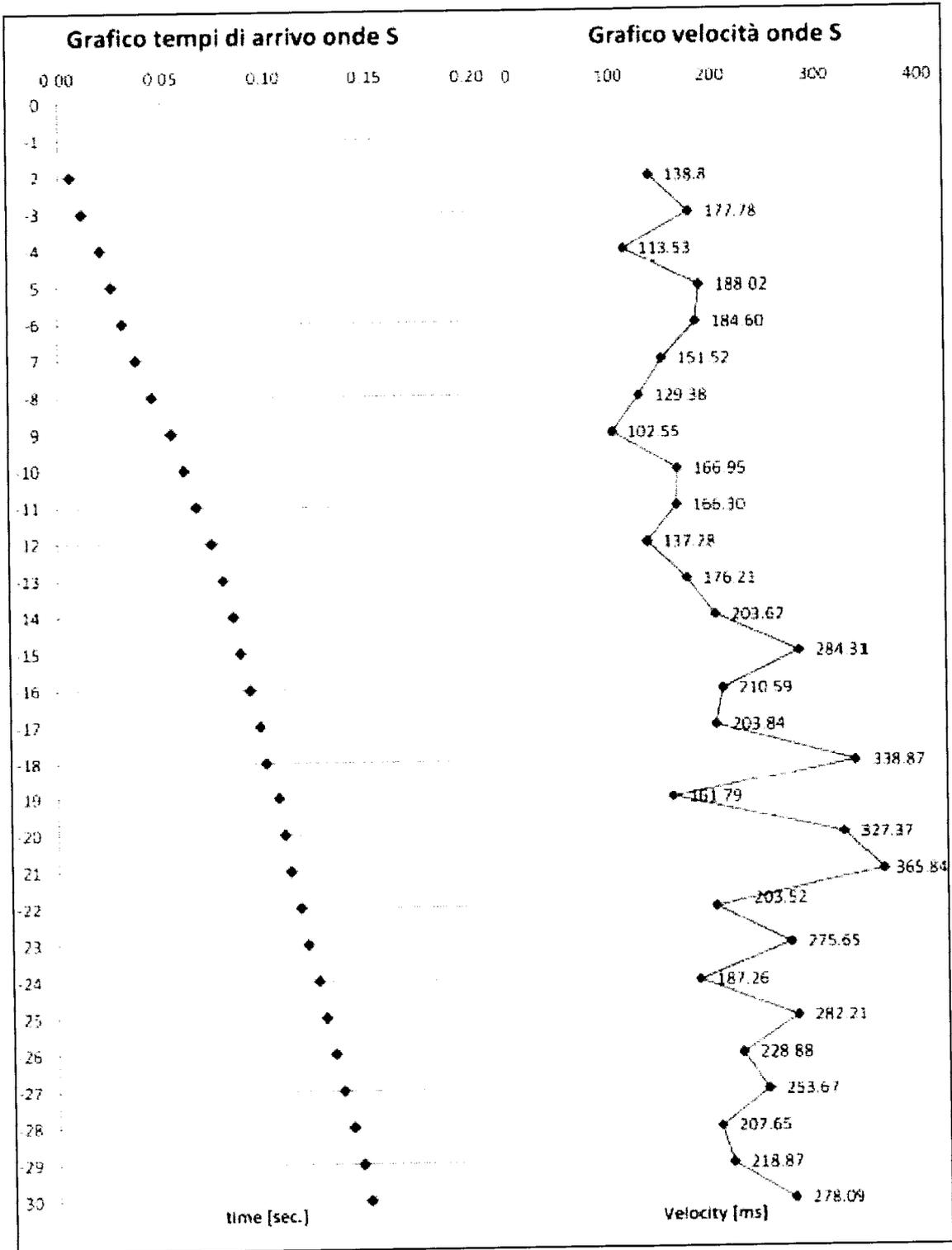
**5 < IL ≤ 15 Potenziale alto**

**IL > 15 Potenziale molto alto**



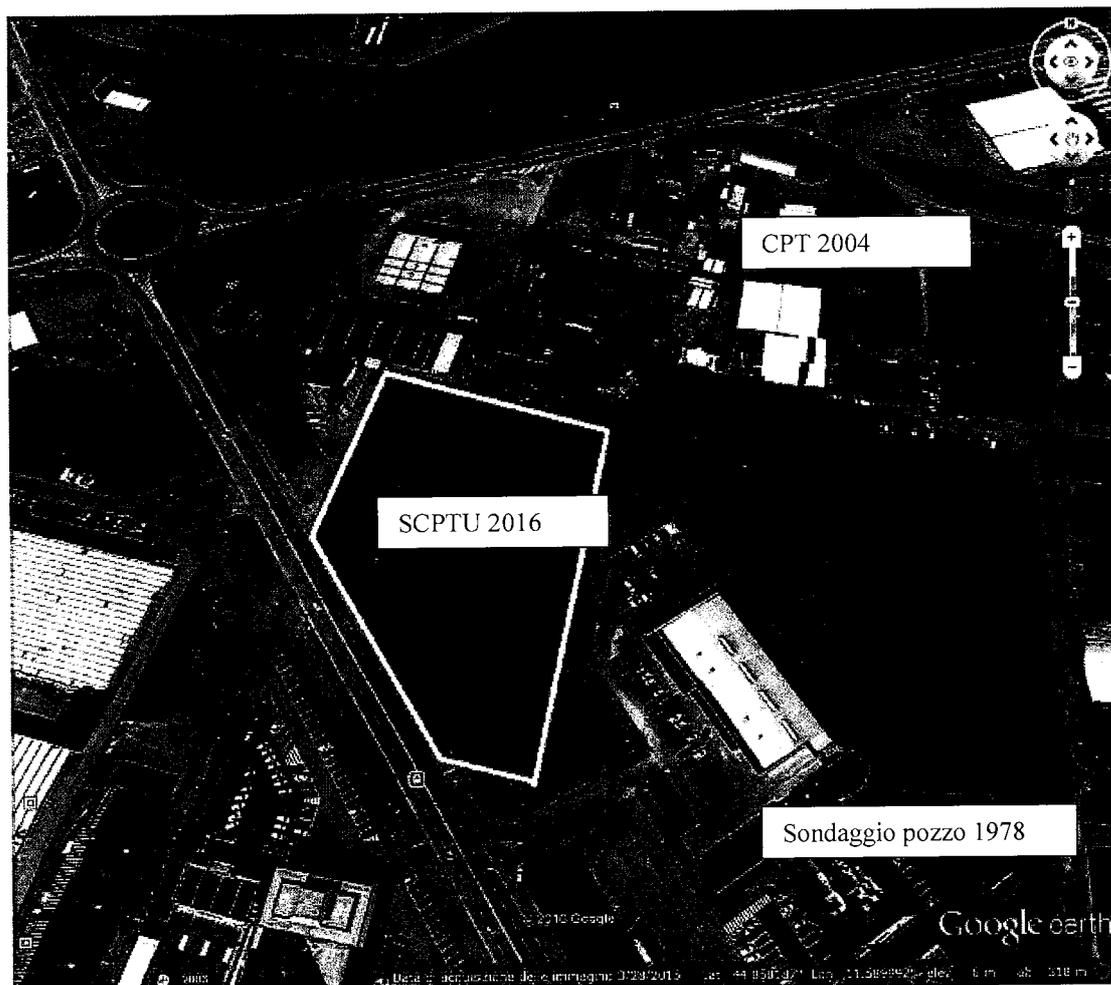
L'indagine sismica eseguita con piezocono sismico nel corso della prova penetrometrica SCPTU ha permesso di stimare il valore delle onde **VS30** che è risultato essere pari a **196.7 m/s**. Tale valore permette di attribuire il terreno in esame alla "CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE DI TIPO C".

<b>A</b>	<b>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori <math>V_{s30} &gt; 800</math> m/s con strati di alterazione superficiale <math>h_{max} = 5</math> m</b>
<b>B</b>	<b>Depositi di sabbie o 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 <math>V_{s30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s</b>
<b>C</b>	<b>Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di <math>V_{s30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (<math>15 &lt; N_{spt} &lt; 50</math> - <math>70 &lt; C_u &lt; 250</math> kPa)</b>
<b>D</b>	<b>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di <math>V_{s30} &lt; 180</math> m/s (<math>N_{spt} &lt; 15</math> - <math>C_u &lt; 70</math> kPa)</b>
<b>E</b>	<b>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di <math>V_{s30}</math> 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 <math>V_{s30} &gt; 800</math> m/s</b>
<b>S1</b>	<b>Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (<math>PI &gt; 40</math>) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di <math>V_{s30} &lt; 100</math> m/s (<math>10 &lt; C_u &lt; 20</math> kPa)</b>
<b>S2</b>	<b>Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti</b>



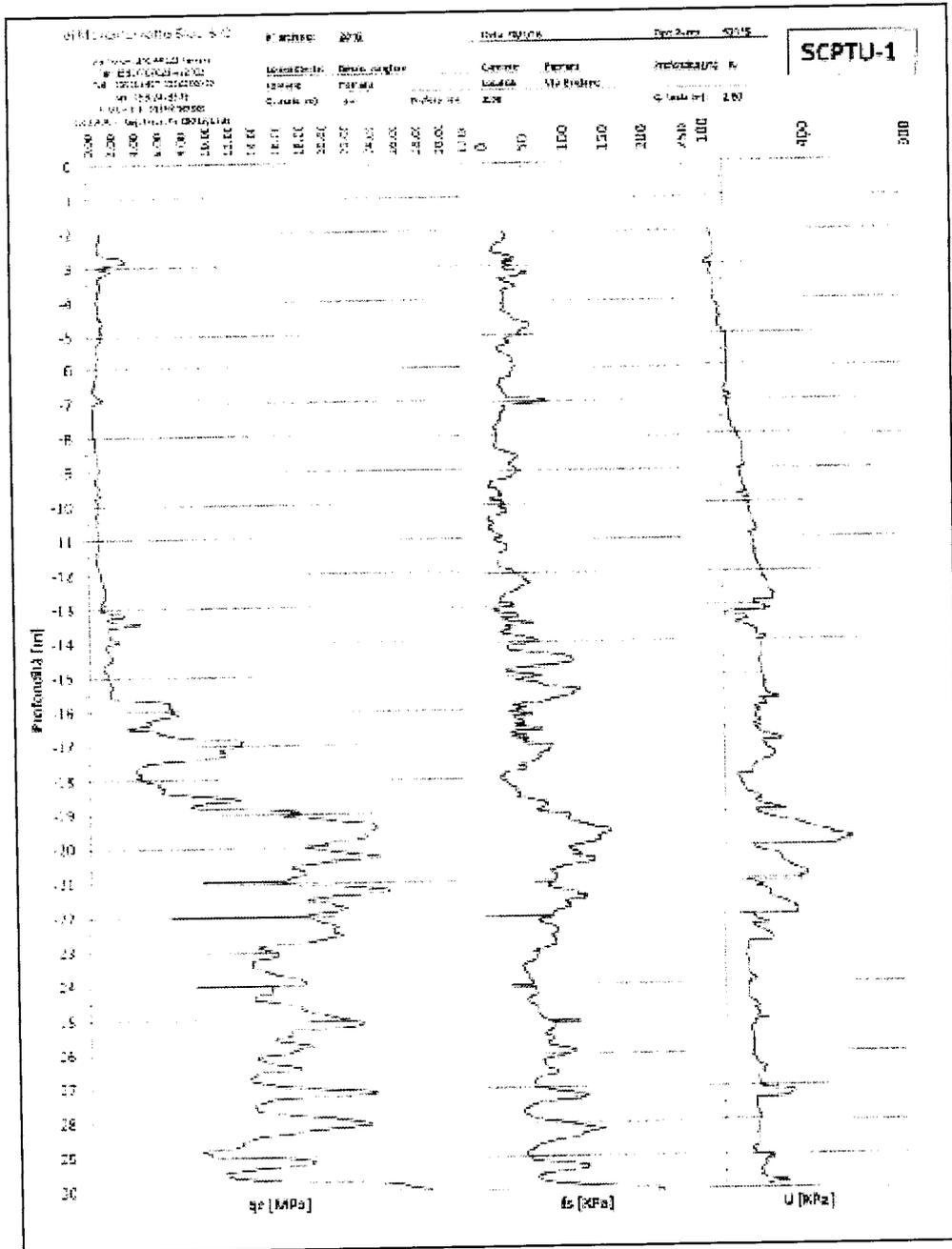
## RICOSTRUZIONE LITOSTRATIGRAFIA

La ricostruzione litostratigrafica del sito in esame è resa possibile dall'esecuzione di n° 1 prova penetrometrica **(eseguite dalla Soc. SILGEO Sas)** spinta fino alla profondità massima di mt. 30.0 dal p.c. attuale , unitamente alla consultazione di altre indagini eseguite nelle aree limitrofe.



*Ubicazioni indagini geognostiche*

Dalla prova SCPTU di seguito allegata, che conferma la stratigrafie delle aree adiacenti, il modello litostratigrafico dell'area in oggetto viene di seguito riassunto:



### **PROVA SCPTU**

Da -0.00 a -15.40 metri dal p.c.	
Litologia	Argilla limosa e limo argilloso
Natura del terreno	Coesiva
Resistenza alla punta $R_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	12.0
$R_p/R_I$	34.5
Peso di Volume $Y'$ (t/m <sup>3</sup> )	0.9
Coesione non drenata $C_u$ (Kg/cmq)	0.46
Modulo di deformazione edometrico $M_o$ (Kg/cmq)	37.0
Da -15.40 a -30.00 metri dal p.c.	
Litologia	Sabbia limosa e sabbia
Natura del terreno	Granulare
Resistenza alla punta $R_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	157.0
$R_p/R_I$	198.0
Peso di Volume $Y'$ (t/m <sup>3</sup> )	1.1
Angolo d'attrito interno $\phi$ (°)	27.0
Densità relativa %	65.0

I primi 15.50 metri di profondità sono caratterizzati da terreni prevalentemente coesivi costituiti da alternanza di argille, argille limose con frequenti episodi organici. Siamo in presenza di terreni molto compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche come si può intuire dai parametri geotecnici sopra riportati.

Il banco sabbioso sottostante, presente fino alla profondità indagata di mt. 30.0 da p.c., evidenzia un buon grado di addensamento a elevata conducibilità idraulica e ottimi valori di resistenza alla punta  $Q_c$ .

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

I primi metri sono formati da limi e limi sabbiosi con presenza di materiale di riporto in superficie. Seguono terreni prevalentemente argillosi, argillo limosi con frequenti episodi di argille organiche fino alla profondità di circa mt, 15.5 dal p.c. attuale. Si tratta di litotipi formati in ambienti di palude e di piana alluvionale quelli più profondi.

Si è in presenza di terreni molto compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche soprattutto nei livelli organici. La parte più a sud del comparto, in corrispondenza del paleo alveo dossivo alto del comparto, è caratterizzata in superficie da alternanza di terreni limo sabbiosi e sabbiosi.

Oltre la profondità di mt. 15.5 da p.c. si passa a un banco sabbioso addensato costituito da sabbie medie e grossolane fino a circa mt. 30.0 di profondità ad elevata conducibilità idraulica. Pur essendo gran parte del comparto caratterizzato da rischio di liquefazione basso  $IL < di 2$  (l'area di interesse ricade in questo settore) non è invece da escludere che i terreni più superficiali interessati direttamente dalle fondazioni possano essere soggetti a forte perdita di carico e cedimenti in occasione di eventi sismici di forte entità per la loro compressibilità e modeste caratteristiche geomeccaniche. Si consiglia in fase progettuale una indagine geognostica di dettaglio atta a definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di precisione con definizione della categoria di suolo di fondazione come previsto dalle Norme Tecniche delle Fondazioni del 2008.

L'area attualmente è soggetta a ristagno delle acque meteoriche, occorrerà prevedere un adeguato sistema di drenaggio e raccolta delle acque superficiali di apporto meteorico

## **COMPARTO 11ASPCN-02** **(Soc. Immobiliare IDEA (Via Eridano - FE))**

### **UBICAZIONE DEL SITO**

Il comparto oggetto di studio è ubicato ai margini del polo chimico in una zona artigianale (PMI di Ferrara) all'incrocio fra la via Eridano a Sud/Ovest, la via Michelini a Sud/Est e il Canale Cittadino che confina a Nord.



### **OBIETTIVI POC**

Realizzazione di ampliamento di un impianto per la distribuzione carburanti;

## CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE DEL SITO

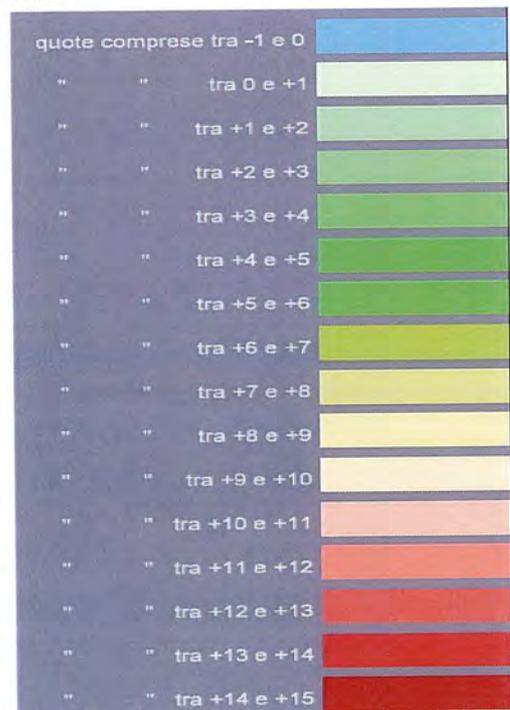
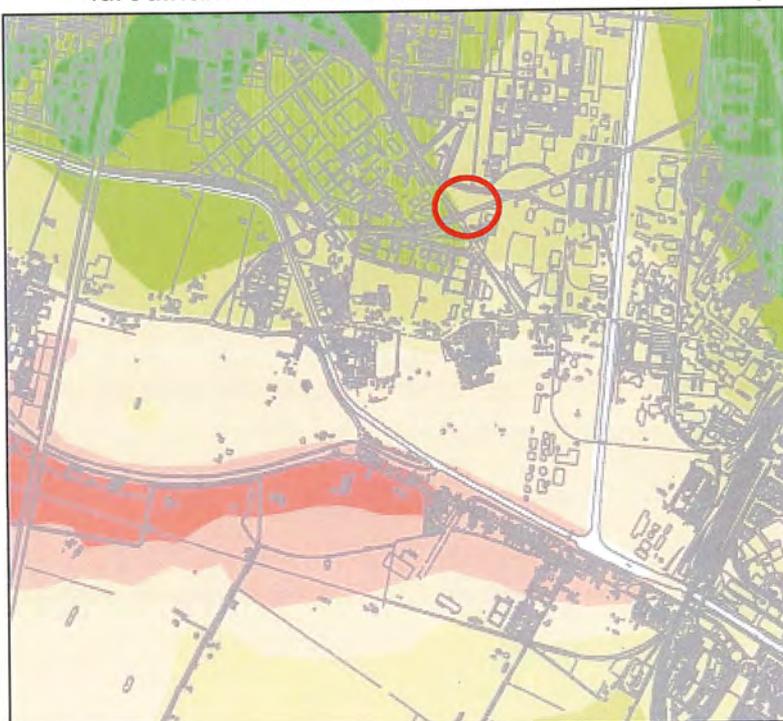
L'assetto geomorfologico del territorio ferrarese è il risultato delle vicissitudini del Fiume Po.

In particolare, dalla rotta di Ficarolo del 1150 circa il fiume ha abbandonato l'antico corso per spostarsi più a nord, dove, in linea generale, è posizionato il tracciato attuale. Questa situazione morfologica complessa ha condizionato e regolato la deposizione dei sedimenti trasportati dal fiume con il risultato di ottenere, sulla morfologia di pianura aree di alto strutturale definite dossi, costituiti da terreni sabbiosi indicanti paleo alvei, barre e sponde naturali relitti o sepolte e zone depresse formate da argille e limi denominate catini.

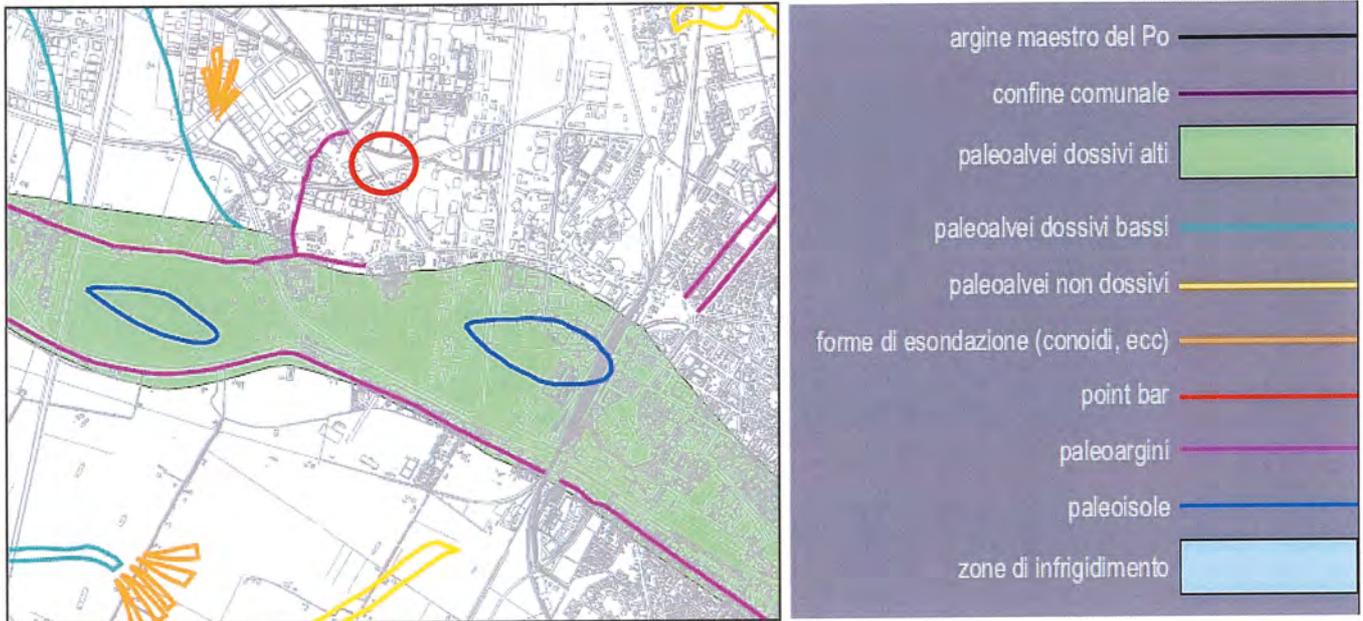
L'intervento dell'uomo nel controllare il regime naturale del fiume, per difendersi dalle esondazioni, ha provocato il crescente aumento del livello del fiume accentuando le differenze altimetriche con le circostanti campagne per marcato apporto di nuovi sedimenti, provocando modificazioni nel deflusso naturale delle acque superficiali a causa anche di fenomeni di subsidenza naturali tipici di questa area geografica.

L'area in oggetto è localizzata all'interno di un'area sub orizzontale con quote prossime a + 7.0/8.0 mt. s.l.m. come si può osservare dallo stralcio della carta altimetrica del PSC Comune di Ferrara.

Le indagini eseguite evidenziano sedimenti depositi alluvionali a bassa energia idrodinamica caratterizzati da terreni coesivi superficiali.



Dallo stralcio della carta geomorfologica del PSC del Comune di Ferrara il sito in oggetto è localizzato a nord, nelle immediate vicinanze di un paleo alveo dossivo alto e un paleo argine più distante ad ovest



La falda freatica viene alimentata principalmente da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al piano campagna in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi (la profondità della falda freatica normalmente può oscillare fra profondità comprese da 1.0 a 4.0 metri dal piano campagna).

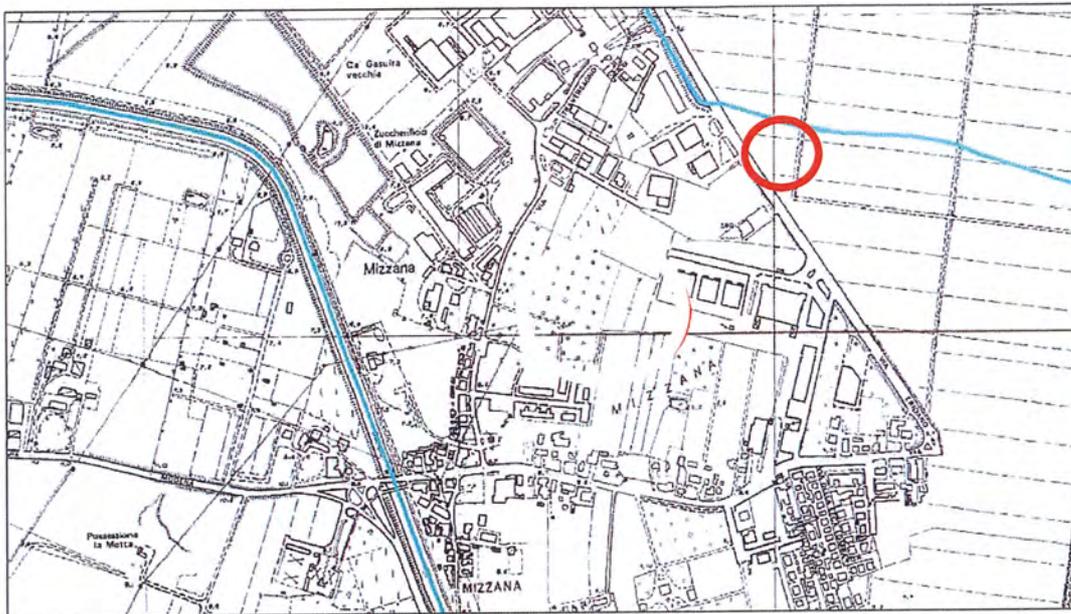
La falda freatica al momento delle indagini (2011) è stata localizzata a profondità comprese fra mt. 2.0 e 2.4 circa dal p.c. attuale.

. Il Canale Cittadino che delimita l'area a Nord avendo normalmente quota idrometrica più bassa della falda freatica esercita azione drenante su tutta l'area circostante .

In fase progettuale particolare attenzione dovrà essere rivolta all'assetto idrogeologico di tutta l'area e alla sua interazione col canale Cittadino in ottica di salvaguardia ambientale considerando la realizzazione di un nuovo impianto di idrocarburi.

Per Il dimensionamento , nell'area di interesse, del sistema fognario ( che sarà collegato alla fognatura esistente) per la raccolta e regimazione delle acque piovane si dovrà fare riferimento a valori di precipitazione media annua di circa

700-750 mm/anno con punte giornaliere che hanno raggiunto frequentemente negli ultimi anni anche 100 mm/ora.



Stralcio carta CTR con evidenziato i canali principali



Stralcio carta profondità della falda freatica tratta dal PSC del Comune di Ferrara

## SUBSIDENZA

L'area in esame, come in generale tutto il territorio della Provincia di Ferrara è soggetta a subsidenza. La componente naturale del fenomeno è prevalentemente ascrivibile al costipamento dei sedimenti più recenti non ancora litificati. Il condizionamento del substrato è rappresentato dal suo stesso carattere di orogene recente, capace di dar luogo a movimenti verticali residui, nonché alla sua forma corrugata che determina variazioni locali dei tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti. I fenomeni di subsidenza registrati con metodi strumentali sono però principalmente di carattere artificiale, denotano variabilità sia nello spazio che nel tempo e sono attribuibili alla sottrazione di acqua dagli acquiferi (superficiali e profondi). Sono causa di subsidenza anche forti escursioni del livello della falda freatica dovuto a variazioni climatiche (periodi siccitosi prolungati) e a sistemazioni idrauliche del territorio (il territorio ferrarese è stato in passato interessato da importanti bonifiche, ultima la bonifica Sammartina). Anche variazioni del chimismo delle acque sono considerate capaci di determinare abbassamenti del suolo, sia pur limitati, quando sono in grado di indurre per fenomeni elettrochimici riduzione di volume dei minerali argillosi (terreni argillosi sono molto abbondanti nel territorio ferrarese).



## SISMICA

Dalla carta di micro zonizzazione sismica di terzo livello del Comune di Ferrara, di seguito allegata, l'area ricade in zona suscettibile ad amplificazioni locali e basso rischio di liquefazione (Indice potenziale di liquefazione < di 2)

"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

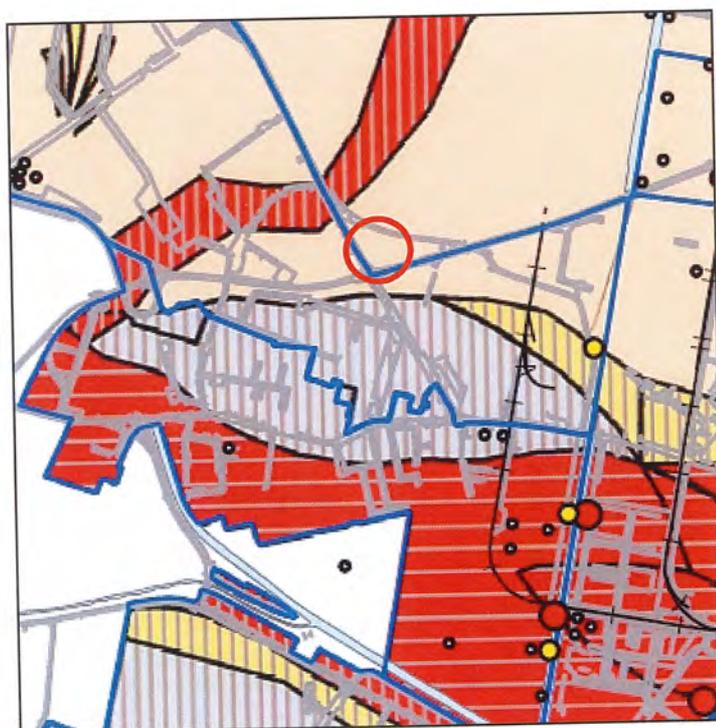
IL = 0 Non liquefacibile ( $FL \geq 1.2$ )

**0 < IL ≤ 2 Potenziale basso**

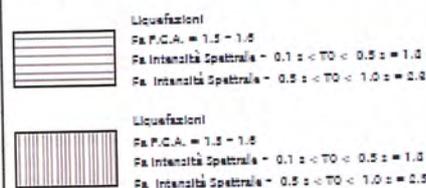
**2 < IL ≤ 5 Potenziale moderato**

**5 < IL ≤ 15 Potenziale alto**

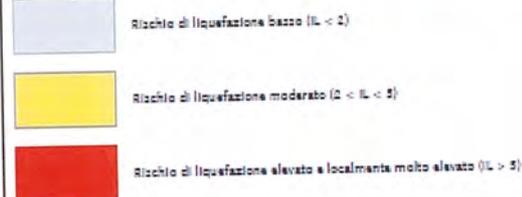
**IL > 15 Potenziale molto alto**



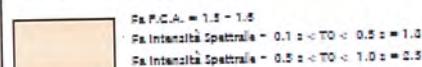
Zone instabili suscettibili di liquefazione: Fa



Zone instabili suscettibili di liquefazione: IL

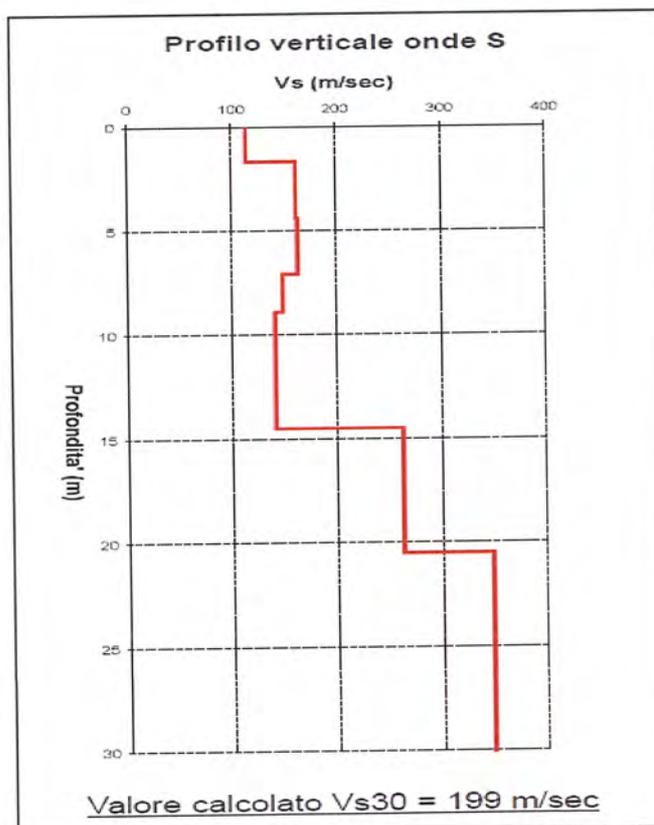


Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



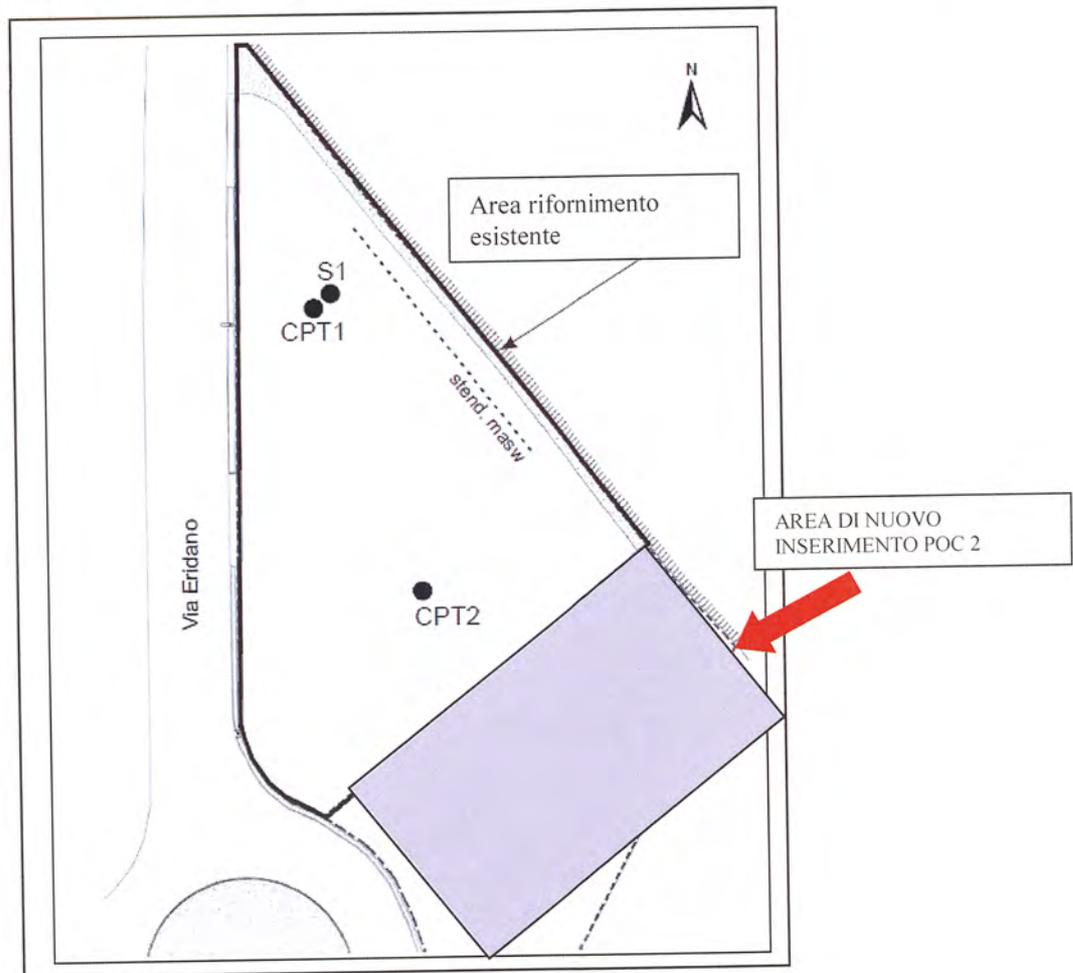
L'indagine sismica eseguita con piezocono sismico nel corso della prova penetrometrica SCPTU ha permesso di stimare il valore delle onde **VS30** che è risultato essere pari a **199 m/s**. Tale valore permette di attribuire il terreno in esame alla "CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE DI TIPO C".

A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori $V_{s30} > 800$ m/s con strati di alterazione superficiale $h_{max} = 5$ m
B	Depositi di sabbie o 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
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ - $70 < Cu < 250$ 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 ( $N_{spt} < 15$ - $Cu < 70$ kPa)
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 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ( $10 < Cu < 20$ kPa)
S2	Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti



## RICOSTRUZIONE LITOSTRATIGRAFIA DEL SITO

La ricostruzione litostratigrafica del sito in esame è resa possibile dall'esecuzione di n° 2 prove penetrometriche (**eseguite dal Dr. Geol. Andrea Garbellini**) spinte fino alla profondità massima di mt. 16.0 dal p.c. attuale (eseguite nell'area confinante a Ovest (sede dell'attuale area di rifornimento carburante) dal p.c. attuale , unitamente ad altre indagini precedentemente eseguite nelle aree limitrofe.

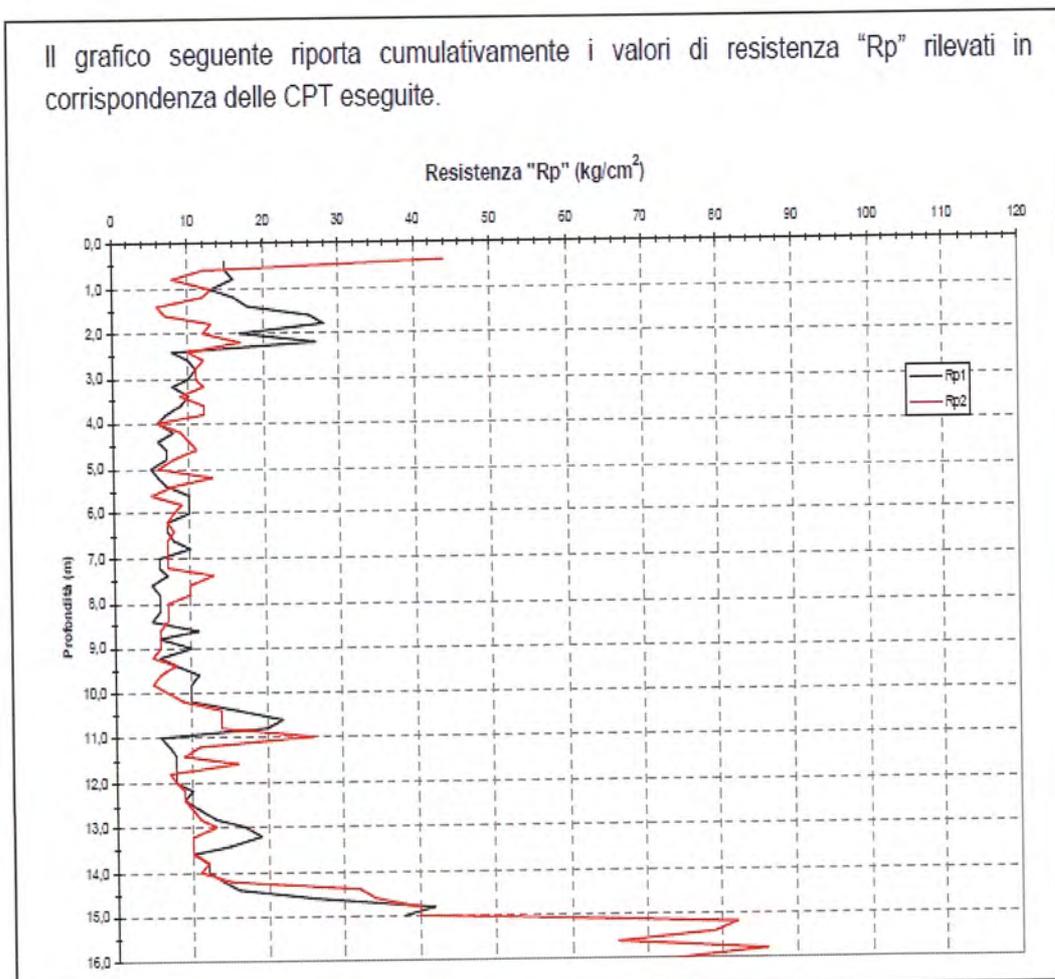


*Ubicazioni indagini geognostiche eseguite nell'area adiacente*

Dalle prove CPT di seguito allegate, il modello litostratigrafico dell'area in oggetto viene di seguito riassunto:

Profondità (m)	Orizzonte	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Classificazione
0 - 0.5/0.8			Terre eterogenee vegetali in matrice prevalentemente limosa con resistenze discontinue e poco significative
0.5/0.8 - 1.5	A	7 - 15	Limi e limi argillosi poco plastici di consistenza mediamente compatta; le resistenze sono più discontinue e di modesti valori in corrispondenza della CPT2
1.5 - 2.2	B	13 - 23	Limi sabbiosi non plastici, coesivi, di bassa resistenza; è possibile che lateralmente aumenti il contenuto di terre fini limose; le resistenze più modeste sono in corrispondenza della CPT2
2.2 - 3.7	C	9 - 11	Terre eterogenee prevalentemente limose e limoso argillose di consistenza mediamente compatta
3.7 - 12.5	D	6 - 8	Argille e limi argillosi di consistenza molle - mediamente compatta con la presenza discontinua di sottili lenti limoso sabbiose di bassa resistenza
12.5 - 14.3	E	11 - 14	Argille e limi argillosi di consistenza mediamente compatta
14.3 - 16	F	38 - 75	Sabbie e sabbie limose mediamente addensate al tetto poi addensate

Il grafico seguente riporta cumulativamente i valori di resistenza "Rp" rilevati in corrispondenza delle CPT eseguite.



I primi 15.50 metri di profondità sono caratterizzati da terreni limosi e limoso sabbiosi superficiale, per passare a litotipi prevalentemente coesivi con frequenti episodi organici. Siamo in presenza di terreni molto compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche come si può intuire dai parametri geotecnici sopra riportati.

Il banco sabbioso sottostante, presente fino alla profondità indagata di mt. 16.0 da p.c. attuale, sembra confermare il banco sabbioso presente nell'intorno del comparto oggetto di studio.

Naturalmente il modello litostratigrafico sopra riportato dovrà essere confermato con una indagine geologica/geotecnica da eseguirsi necessariamente nel sito interessato dall'intervento.

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

I primi 3 metri sono formati prevalentemente da limi e limi sabbiosi con presenza di materiale di riporto in superficie più permeabili dei terreni argillosi sottostanti. Seguono terreni prevalentemente argillosi, argillo limosi con frequenti episodi di argille organiche fino alla profondità di circa mt, 15.0 dal p.c. attuale. Si tratta di litotipi formati in ambienti di palude e di piana alluvionale compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche.

La parte più a sud del comparto, in corrispondenza del paleo alveo dossivo alto è caratterizzata in superficie da alternanza di terreni limo sabbiosi e sabbiosi. Oltre la profondità di mt. 15.0 da p.c. si rileva un banco sabbioso fino alla profondità indagata di 16.0 metri che sembrerebbe confermare i terreni circostanti in cui tale banco si estende fino a 30.0 metri di profondità.

Appare necessario una indagine geognostica integrativa per approfondire le conoscenze geologiche, geotecniche e il comportamento sismico del sito, come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008.

Considerato inoltre che l'area confina con il Canale Cittadino che sembrerebbe esercitare azione drenante sui terreni circostanti, particolare attenzione dovrà essere rivolta all'assetto idrogeologico e idrologico di superficie di tutta l'area e

alla loro interazione col Canale Cittadino in ottica di salvaguardia ambientale considerando la realizzazione di un nuovo impianto di idrocarburi.

Pur essendo gran parte del comparto caratterizzato da rischio di liquefazione basso  $IL < di 2$  (l'area di interesse ricade in questo settore), non è invece da escludere che i terreni più superficiali interessati direttamente dalle fondazioni possano essere soggetti a forte perdita di carico e cedimenti in occasione di eventi sismici di forte entità per la loro compressibilità e modeste caratteristiche geomeccaniche.

L'area attualmente è soggetta a ristagno delle acque meteoriche, occorrerà prevedere un adeguato sistema di raccolta e drenaggio delle acque superficiali di apporto meteorico.

## **COMPARTO ASPCN-04** **(Soc. NL Properties Srl – Via delle Fiere, FE)**

### **UBICAZIONE DEL SITO**

Il comparto oggetto di studio è ubicato a sud della via Veneziani , a est di via Della Fiera e a Ovest di via Bela Bartok a ridosso del quartiere fieristico di Ferrara.



### **OBIETTIVI POC**

Qualificazione dell'insediamento terziario e produttivo di Via della Fiera, sulla direttrice della "città dell'automobile" prevista dal vigente PSC, come area integrata commerciale con attrazione di livello inferiore.

## CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE DEL SITO

L'assetto geomorfologico del territorio ferrarese è il risultato delle vicissitudini del Fiume Po.

In particolare, dalla rotta di Ficarolo del 1150 circa il fiume ha abbandonato l'antico corso per spostarsi più a nord, dove, in linea generale, è posizionato il tracciato attuale. Questa situazione morfologica complessa ha condizionato e regolato la deposizione dei sedimenti trasportati dal fiume con il risultato di ottenere, sulla morfologia di pianura aree di alto strutturale definite dossi, costituiti da terreni sabbiosi indicanti paleo alvei, barre e sponde naturali relitti o sepolte e zone depresse formate da argille e limi denominate catini.

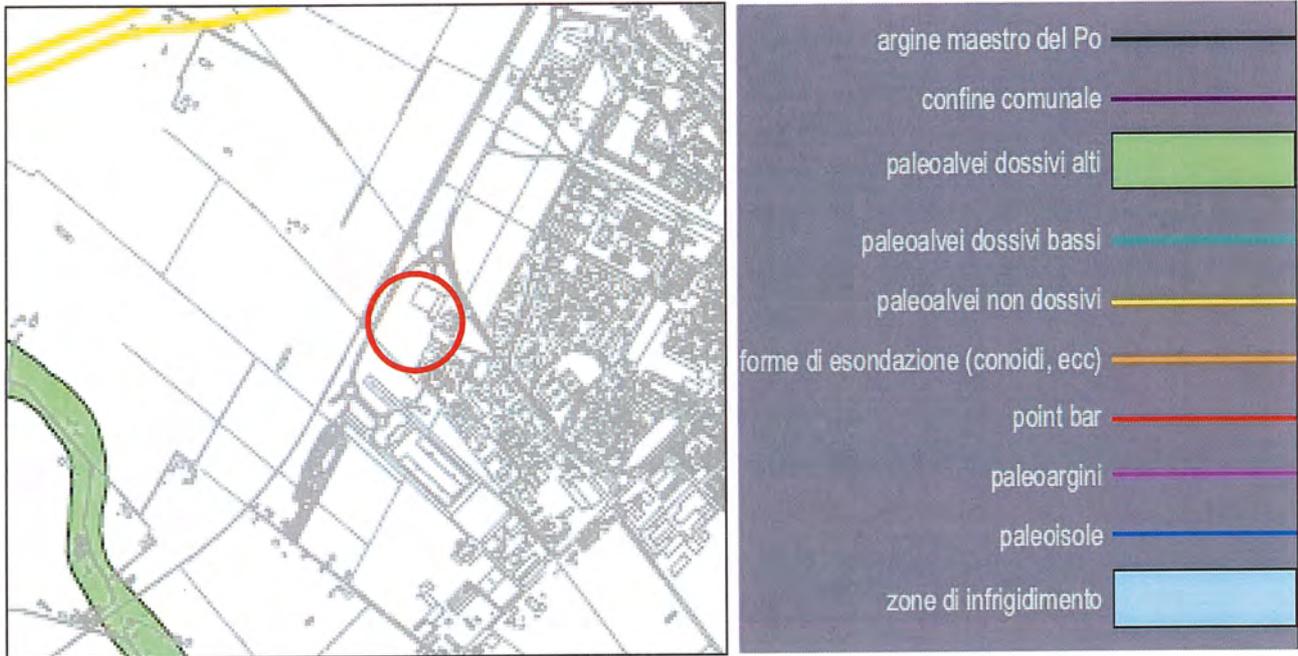
L'intervento dell'uomo nel controllare il regime naturale del fiume, per difendersi dalle esondazioni, ha provocato il crescente aumento del livello del fiume accentuando le differenze altimetriche con le circostanti campagne per marcato apporto di nuovi sedimenti, provocando modificazioni nel deflusso naturale delle acque superficiali a causa anche di fenomeni di subsidenza naturali tipici di questa area geografica.

L'area in oggetto è localizzata all'interno di un'area sub orizzontale con quote prossime a + 7.0/8.0 mt. s.l.m. come si può osservare dallo stralcio della carta altimetrica del PSC Comune di Ferrara.

Le indagini eseguite evidenziano sedimenti depositi alluvionali a bassa energia idrodinamica caratterizzati da terreni coesivi superficiali.

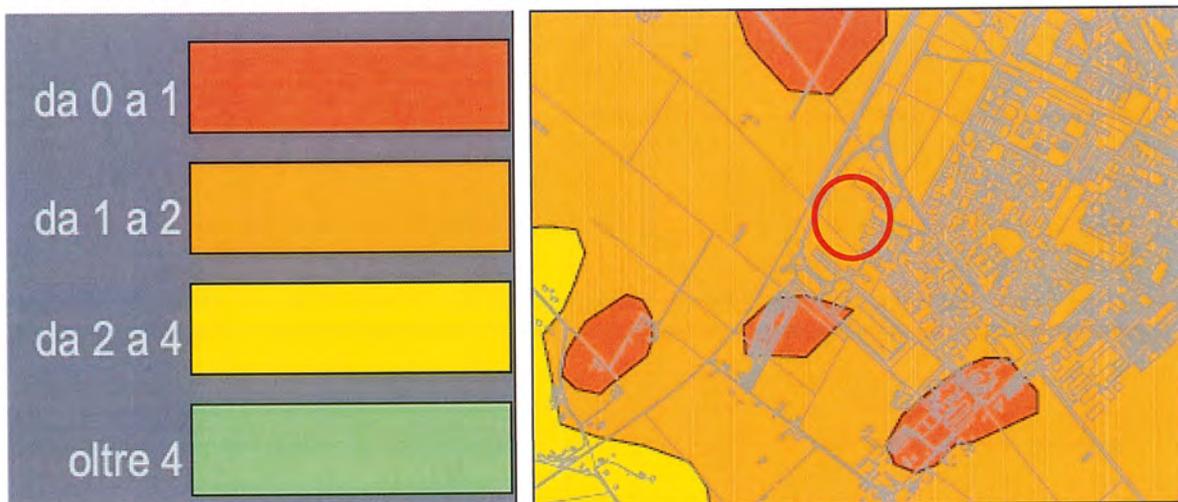


Dallo stralcio della carta geomorfologica del PSC del Comune di Ferrara il sito non è interessato da strutture geomorfologiche.



La falda freatica viene alimentata principalmente da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al piano campagna in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi (la profondità della falda freatica normalmente può oscillare fra profondità comprese da 1.0 a 4.0 metri dal piano campagna).

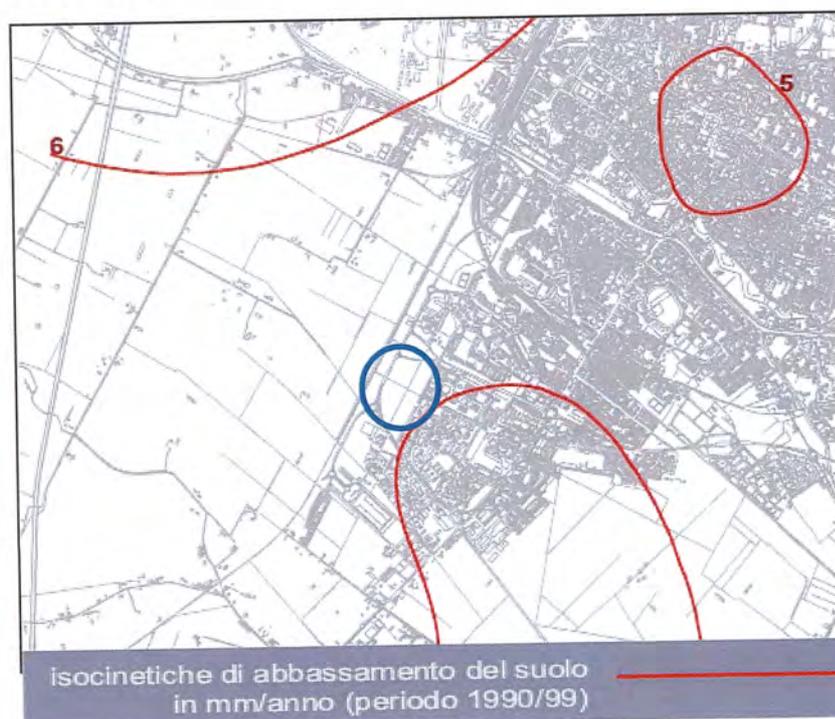
La falda freatica al momento dell'esecuzione delle indagini geognostiche è stata localizzata alla profondità di circa mt. 2.3 dal p.c. attuale.



Stralcio carta profondità della falda freatica tratta dal PSC del Comune di Ferrara

## SUBSIDENZA

L'area in esame, come in generale tutto il territorio della Provincia di Ferrara è soggetta a subsidenza. La componente naturale del fenomeno è prevalentemente ascrivibile al costipamento dei sedimenti più recenti non ancora litificati. Il condizionamento del substrato è rappresentato dal suo stesso carattere di orogene recente, capace di dar luogo a movimenti verticali residui, nonché alla sua forma corrugata che determina variazioni locali dei tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti. I fenomeni di subsidenza registrati con metodi strumentali sono però principalmente di carattere artificiale, denotano variabilità sia nello spazio che nel tempo e sono attribuibili alla sottrazione di acqua dagli acquiferi (superficiali e profondi). Sono causa di subsidenza anche forti escursioni del livello della falda freatica dovuto a variazioni climatiche (periodi siccitosi prolungati) e a sistemazioni idrauliche del territorio (il territorio ferrarese è stato in passato interessato da importanti bonifiche, ultima la bonifica Sammartina). Anche variazioni del chimismo delle acque sono considerate capaci di determinare abbassamenti del suolo, sia pur limitati, quando sono in grado di indurre per fenomeni elettrochimici riduzione di volume dei minerali argillosi (terreni argillosi sono molto abbondanti nel territorio ferrarese).



## SISMICA

Dalla carta di micro zonizzazione sismica di terzo livello del Comune di Ferrara, di seguito allegata, l'area ricade in zona stabile suscettibile ad amplificazione locale e a basso rischio di liquefazione (Indice potenziale di liquefazione < di 2) da confermare con indagine sismica mirata.

"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

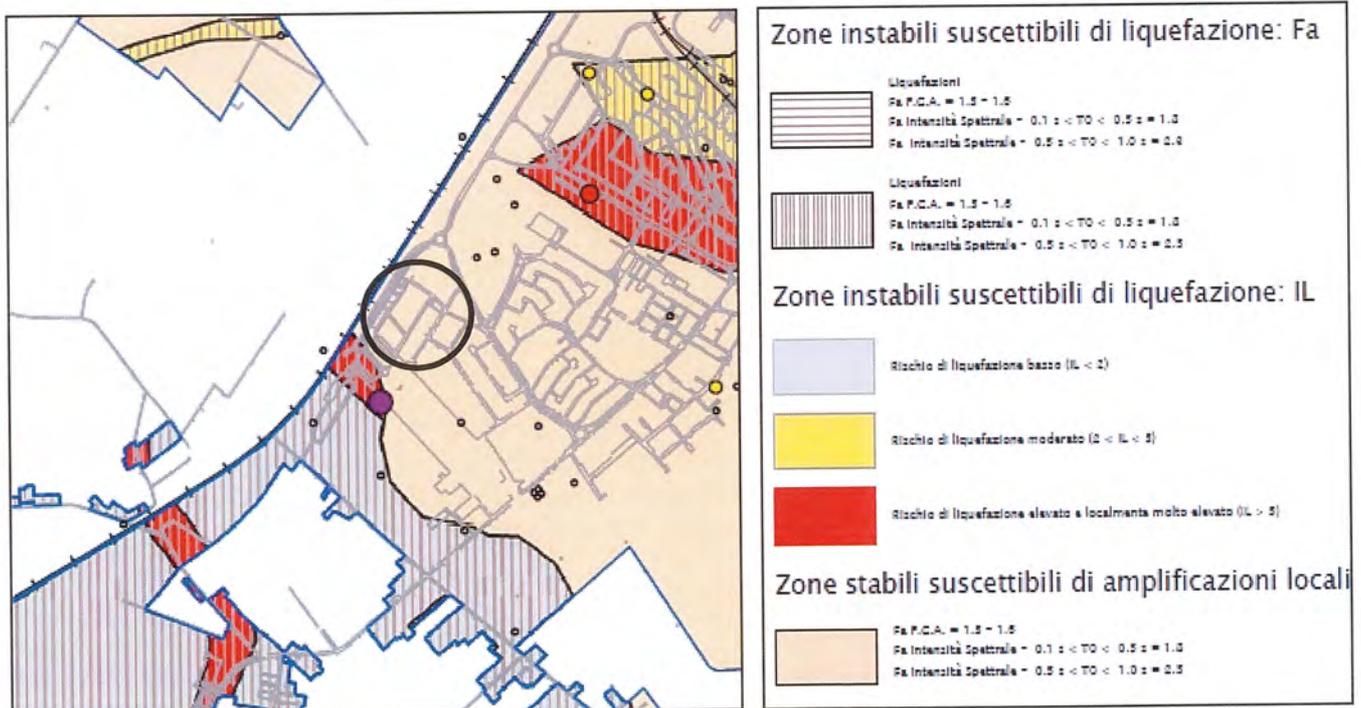
IL = 0 Non liquefacibile (FL  $\geq$  1.2)

0 < IL  $\leq$  2 Potenziale basso

2 < IL  $\leq$  5 Potenziale moderato

5 < IL  $\leq$  15 Potenziale alto

IL > 15 Potenziale molto alto



La mancanza di indagine sismica per il rilievo delle onde VS30 non consente la definizione della CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

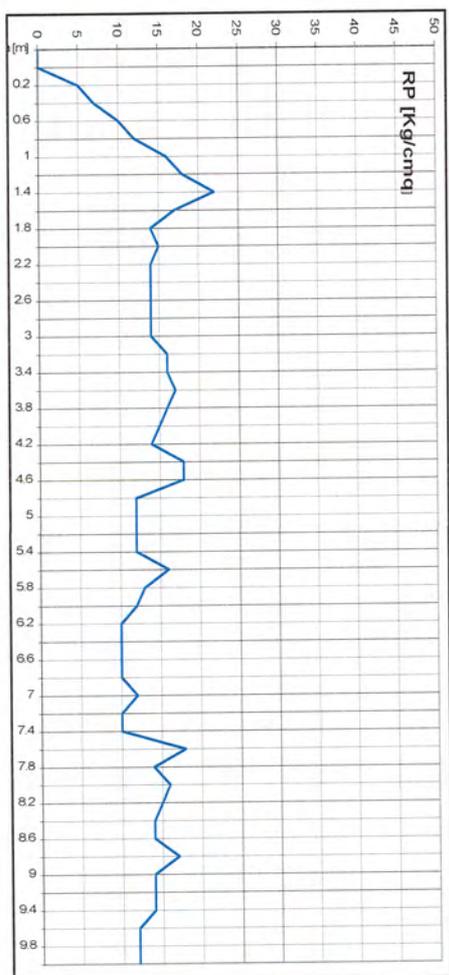
## RICOSTRUZIONE LITOSTRATIGRAFIA

La ricostruzione litostratigrafica del sito in esame è stata resa possibile dall'esecuzione di n° 5 prove penetrometriche CPT (**eseguite dalla Soc. G.T.A. sas nel 1999**) spinte fino alla profondità massima di mt. 10.0 dal p.c. attuale e da un sondaggio profondo mt. 20.0. dal p.c. eseguito precedentemente dalla Soc. EDILGEO .

### *Ubicazione prove penetrometriche*



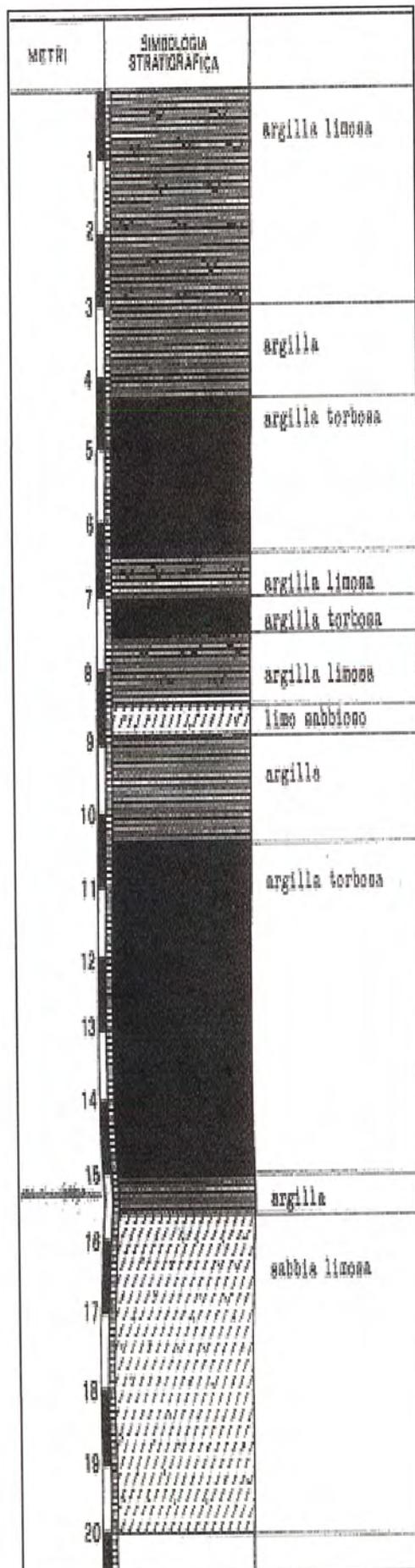
Sulla base del diagramma penetrometrico e sezione stratigrafica di seguito riportate la ricostruzione litostratigrafica di massima può essere così riassunta:



**CPT n. 185160C369**

(simile alle altre CPT eseguite nell'area in esame  
CPT n. 185160C370, CPT n. 185160C368)

**Sondaggio n. 185160P420** eseguito ai margini  
dell'area in esame)



Siamo in presenza di terreni coesivi compressibili con frequenti episodi organici molto compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche fino alla profondità di circa mt. 15.5 dal p.c. attuale. Oltre tale quota si hanno terreni sabbiosi fino alla profondità indagata di mt. 20.0 dal p.c.

Si ritiene necessario eseguire ulteriori indagini nell'area in esame, al fine di ricostruire un modello geologico geotecnico tridimensionale che permetta di definire con precisione l'esatta successione litostratigrafica con relativi parametri geotecnici fino alla profondità di mt. 30.0 dal p.c. e procedere a verifica di liquefazione degli orizzonti sabbiosi come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In assenza di indagini geognostiche spinte a profondità adeguate per ricostruire un modello geologico/geotecnico e sismico significativo , la successione litostratigrafica del sito può essere indicativamente così riassunta :

- terreni prevalentemente argillosi, argillo limosi con frequenti episodi di argille organiche fino alla profondità di circa mt, 15.5 dal p.c. attuale. Si tratta di litotipi formati in ambienti di palude e di piana alluvionale molto compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche. Oltre tale profondità si passa a un banco sabbioso fino alla profondità di circa 20.0 mt. dal p.c. potenzialmente liquefacibile (vedi sondaggio n. 185160P420 eseguito nell'area confinante )

I terreni più superficiali che sono direttamente interessati da fondazioni possano essere soggetti a forte perdita di carico e cedimenti in occasione di eventi sismici di forte entità per la loro compressibilità e modeste caratteristiche geomeccaniche.

Si consiglia in fase progettuale una indagine geognostica di dettaglio atta a definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di precisione , verifica a liquefazione e definizione della categoria di suolo di fondazione come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008.

L'area attualmente è soggetta a ristagno delle acque meteoriche , occorrerà prevedere un adeguato sistema di drenaggio e raccolta delle acque superficiali per convogliarle alla rete acque bianche esistente.

Per il dimensionamento , nell'area di interesse, del sistema fognario per la raccolta e regimazione delle acque piovane dovrà fare riferimento a valori di precipitazione media annua di circa 700-750 mm/anno con punte giornaliere che hanno raggiunto frequentemente negli ultimi anni anche 100 mm/ora.

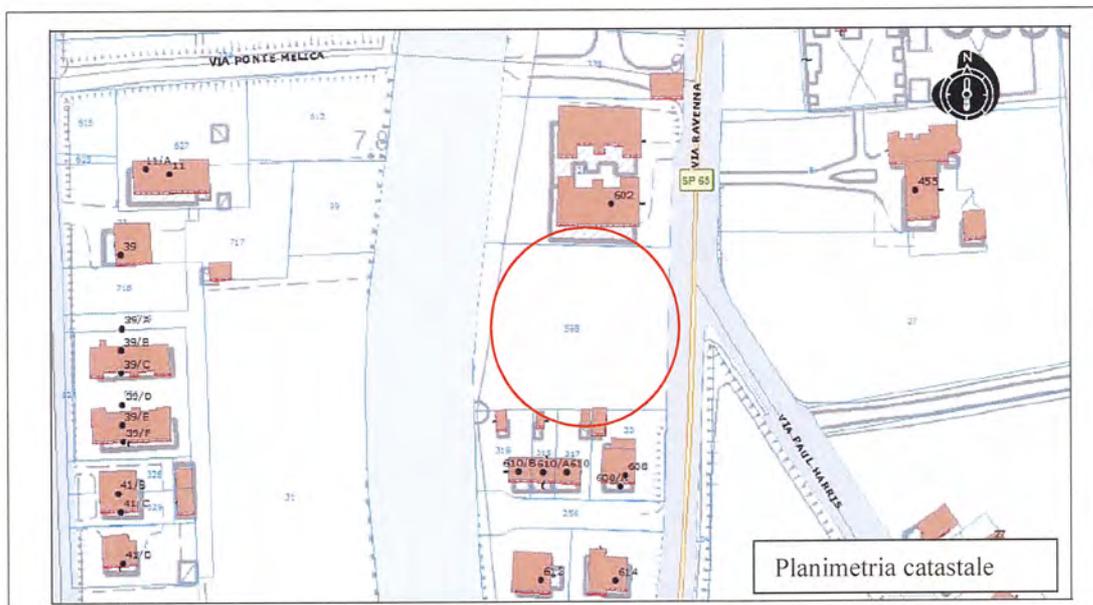
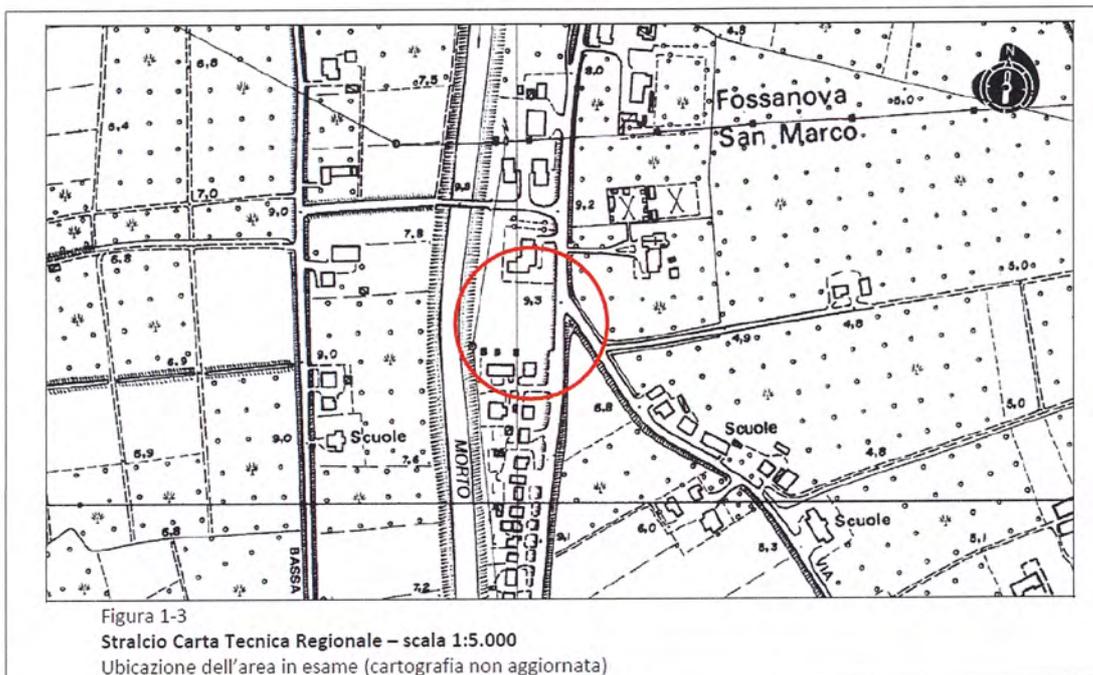
**COMPARTO 23ANS-01**  
**(Coop. Sociale ONLUS "I Frutti" Via Ravenna ,**  
**Fossanova - FE)**

**UBICAZIONE DEL SITO**

Il comparto oggetto di studio è ubicato all'interno di una zona edificata compresa fra la S.P. 65 ad Est , il Po di Primaro a Ovest e la via Ponte Medica a Nord.

Per quanto riguarda l'inquadramento catastale, il lotto in esame è localizzato nel foglio 256, mappale 598 del Comune di Ferrara.





### OBIETTIVI POC

- realizzazione di nuovo edificio per l'insediamento di attività socio educative ;
- realizzazione di area di forestazione fra il Po di Primaro e il nuovo edificio socio educativo con funzione di mitigazione ambientale e visiva;

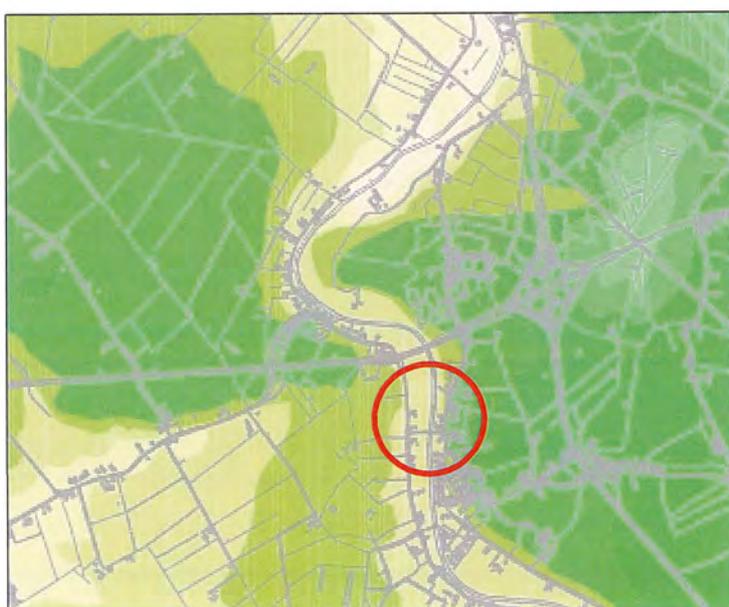
## CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE DEL SITO

L'assetto geomorfologico del territorio ferrarese è il risultato delle vicissitudini del Fiume Po.

In particolare, dalla rotta di Ficarolo del 1150 circa il fiume ha abbandonato l'antico corso per spostarsi più a nord, dove, in linea generale, è posizionato il tracciato attuale. Questa situazione morfologica complessa ha condizionato e regolato la deposizione dei sedimenti trasportati dal fiume con il risultato di ottenere, sulla morfologia di pianura aree di alto strutturale definite dossi, costituiti da terreni sabbiosi indicanti paleo alvei, barre e sponde naturali relitti o sepolte e zone depresse formate da argille e limi denominate catini.

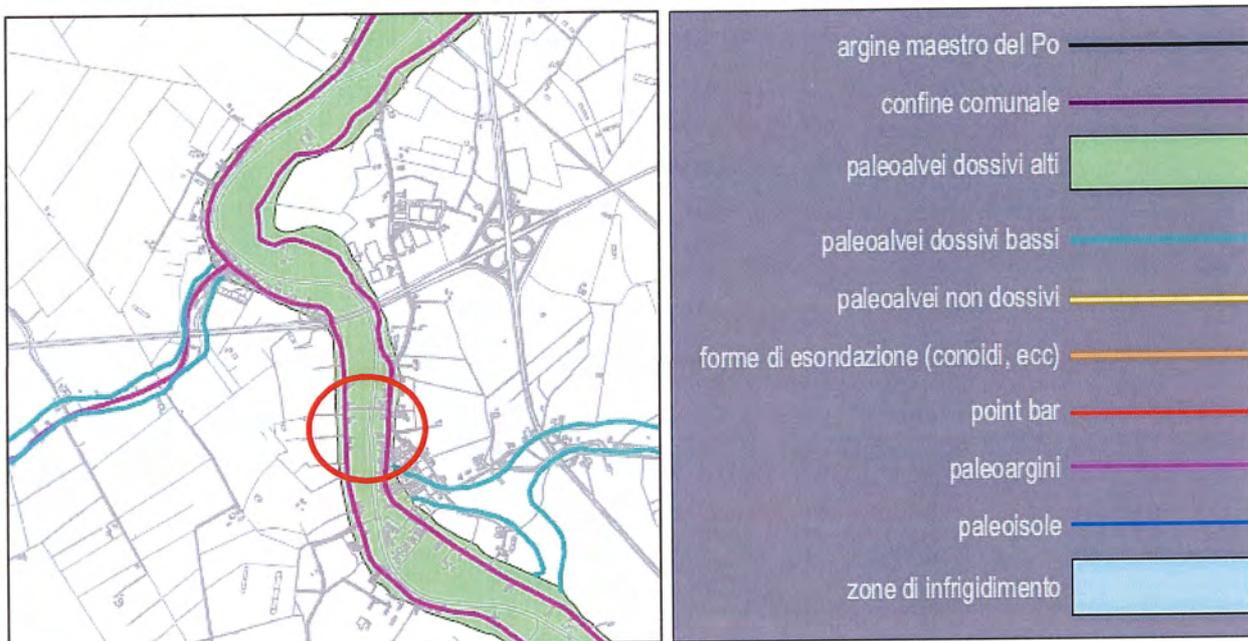
L'intervento dell'uomo nel controllare il regime naturale del fiume, per difendersi dalle esondazioni, ha provocato il crescente aumento del livello del fiume accentuando le differenze altimetriche con le circostanti campagne per marcato apporto di nuovi sedimenti, provocando modificazioni nel deflusso naturale delle acque superficiali a causa anche di fenomeni di subsidenza naturali tipici di questa area geografica.

L'area in oggetto è localizzata all'interno di una struttura geomorfologica (argine/paleo alveo) con quote prossime a circa + 7.0/8.0 mt. s.l.m. più elevate rispetto alla campagna circostante come si può osservare dallo stralcio della carta altimetrica del PSC Comune di Ferrara.



quote comprese tra -1 e 0			
"	"	tra 0 e +1	
"	"	tra +1 e +2	
"	"	tra +2 e +3	
"	"	tra +3 e +4	
"	"	tra +4 e +5	
"	"	tra +5 e +6	
"	"	tra +6 e +7	
"	"	tra +7 e +8	
"	"	tra +8 e +9	
"	"	tra +9 e +10	
"	"	tra +10 e +11	
"	"	tra +11 e +12	
"	"	tra +12 e +13	
"	"	tra +13 e +14	
"	"	tra +14 e +15	

Dallo stralcio della carta geomorfologica del PSC del Comune di Ferrara si osserva che il sito in oggetto è localizzato su un paleo alveo dossivo .



La falda freatica al momento dell'esecuzione delle indagini geognostiche (luglio 2016) è stata localizzata alla profondità di circa mt. 2.8 dal p.c. attuale.



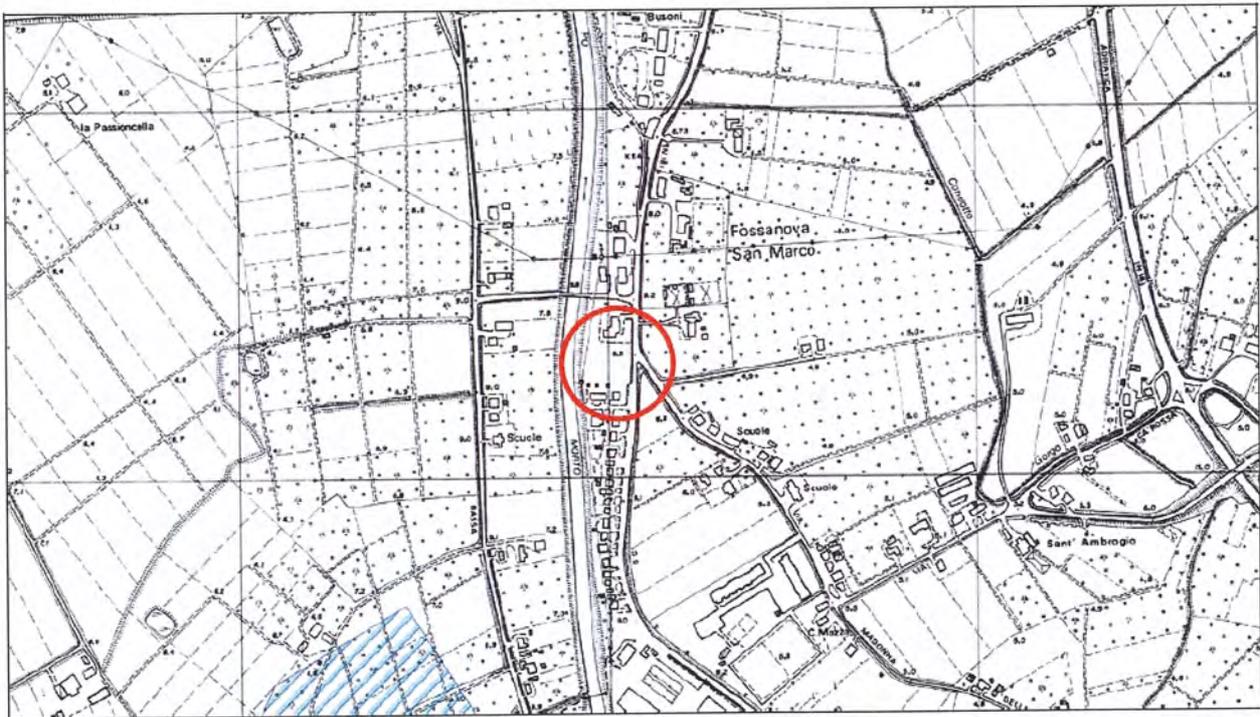
*Stralcio carta profondità della falda freatica tratta dal PSC del Comune di Ferrara*

La presenza a breve distanza del Po Morto di Primaro influenza la falda freatica circostante in quanto tenderà a costituire un limite idrodinamico a flusso alimentante, drenante o nullo a seconda dei rapporti di quota. La falda

freatica viene alimentata anche da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al piano campagna in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi (la profondità della falda freatica normalmente può oscillare fra profondità comprese da 1.0 a 3.0 metri dal piano campagna).

La regimazione della falda all'interno del comparto oggetto di studio dipenderà quindi dall'infiltrazione efficace, dall'evapotraspirazione e dal livello del Po Morto di Primaro. Essendo il corso d'acqua mantenuto a quota idrodinamica tendenzialmente costante, anche le variazioni della falda tenderanno ad essere modeste.

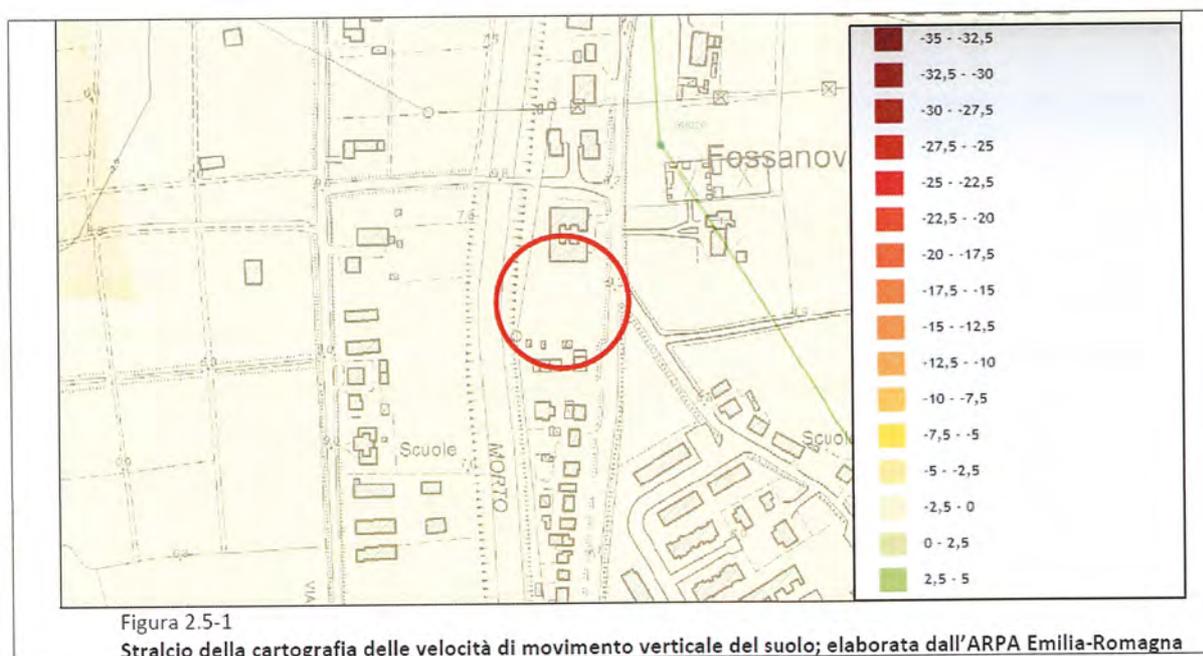
Dalla stralcio della Carta Aree Storicamente allagate della Provincia di Ferrara di seguito riportata si osserva come il comparto in esame non sia mai stato allagato.



Per Il dimensionamento, nell'area di interesse, del sistema fognario per la raccolta e regimazione delle acque piovane dovrà fare riferimento a valori di precipitazione media annua di circa 700-750 mm/anno con punte giornaliere che hanno raggiunto frequentemente negli ultimi anni anche 100 mm/ora.

## SUBSIDENZA

L'area in esame, come in generale tutto il territorio della Provincia di Ferrara è soggetta a subsidenza. La componente naturale del fenomeno è prevalentemente ascrivibile al costipamento dei sedimenti più recenti non ancora litificati. Il condizionamento del substrato è rappresentato dal suo stesso carattere di orogene recente, capace di dar luogo a movimenti verticali residui, nonché alla sua forma corrugata che determina variazioni locali dei tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti. I fenomeni di subsidenza registrati con metodi strumentali sono però principalmente di carattere artificiale, denotano variabilità sia nello spazio che nel tempo e sono attribuibili alla sottrazione di acqua dagli acquiferi (superficiali e profondi). Sono causa di subsidenza anche forti escursioni del livello della falda freatica dovuto a variazioni climatiche (periodi siccitosi prolungati) e a sistemazioni idrauliche del territorio (il territorio ferrarese è stato in passato interessato da importanti bonifiche, ultima la bonifica Sammartina). Anche variazioni del chimismo delle acque sono considerate capaci di determinare abbassamenti del suolo, sia pur limitati, quando sono in grado di indurre per fenomeni elettrochimici riduzione di volume dei minerali argillosi (terreni argillosi sono molto abbondanti nel territorio ferrarese).



## SISMICA

Dalla carta di micro zonizzazione sismica di terzo livello del Comune di Ferrara, di seguito allegata, l'area ricade in zona suscettibile a moderato/alto rischio di liquefazione (Indice potenziale di liquefazione IL prossimo a 5).

**"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"**

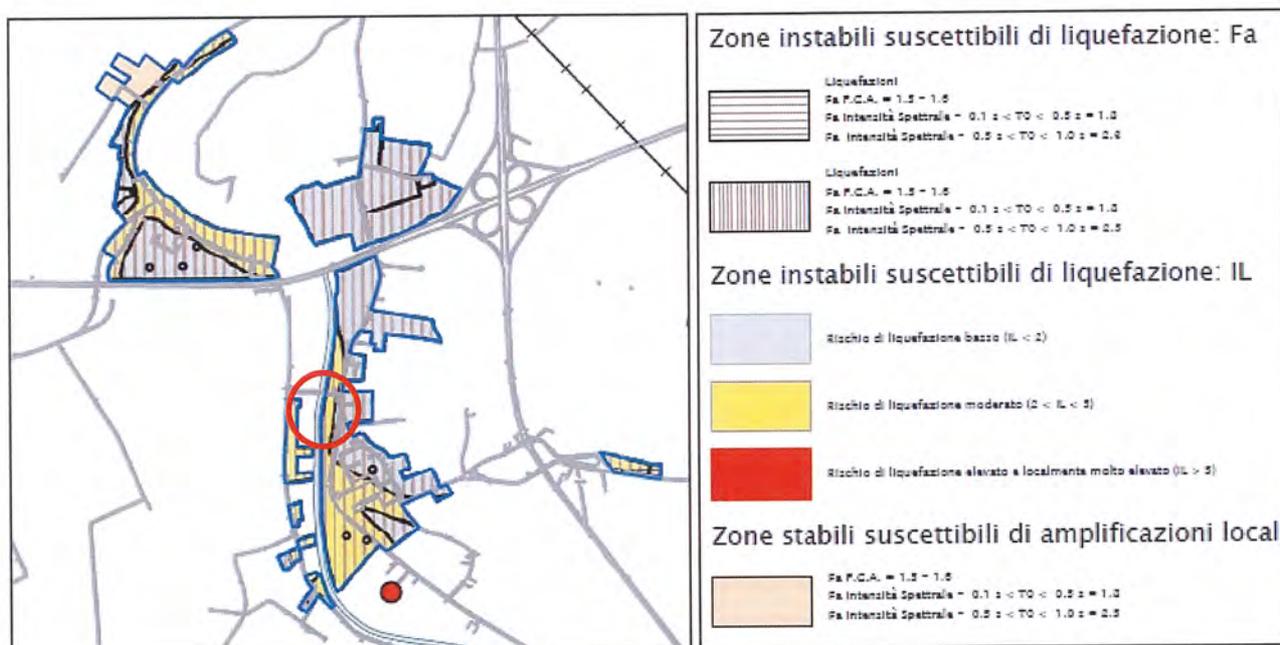
**IL = 0 Non liquefacibile ( $FL \geq 1.2$ )**

**0 < IL ≤ 2 Potenziale basso**

**2 < IL ≤ 5 Potenziale moderato**

**5 < IL ≤ 15 Potenziale alto**

**IL > 15 Potenziale molto alto**

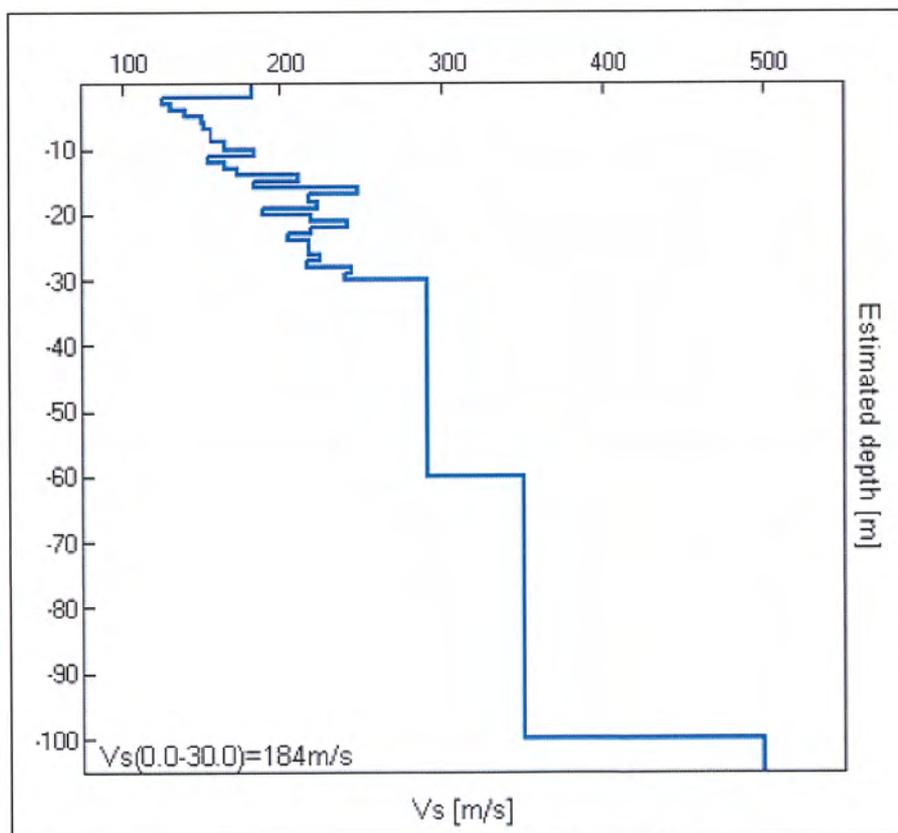
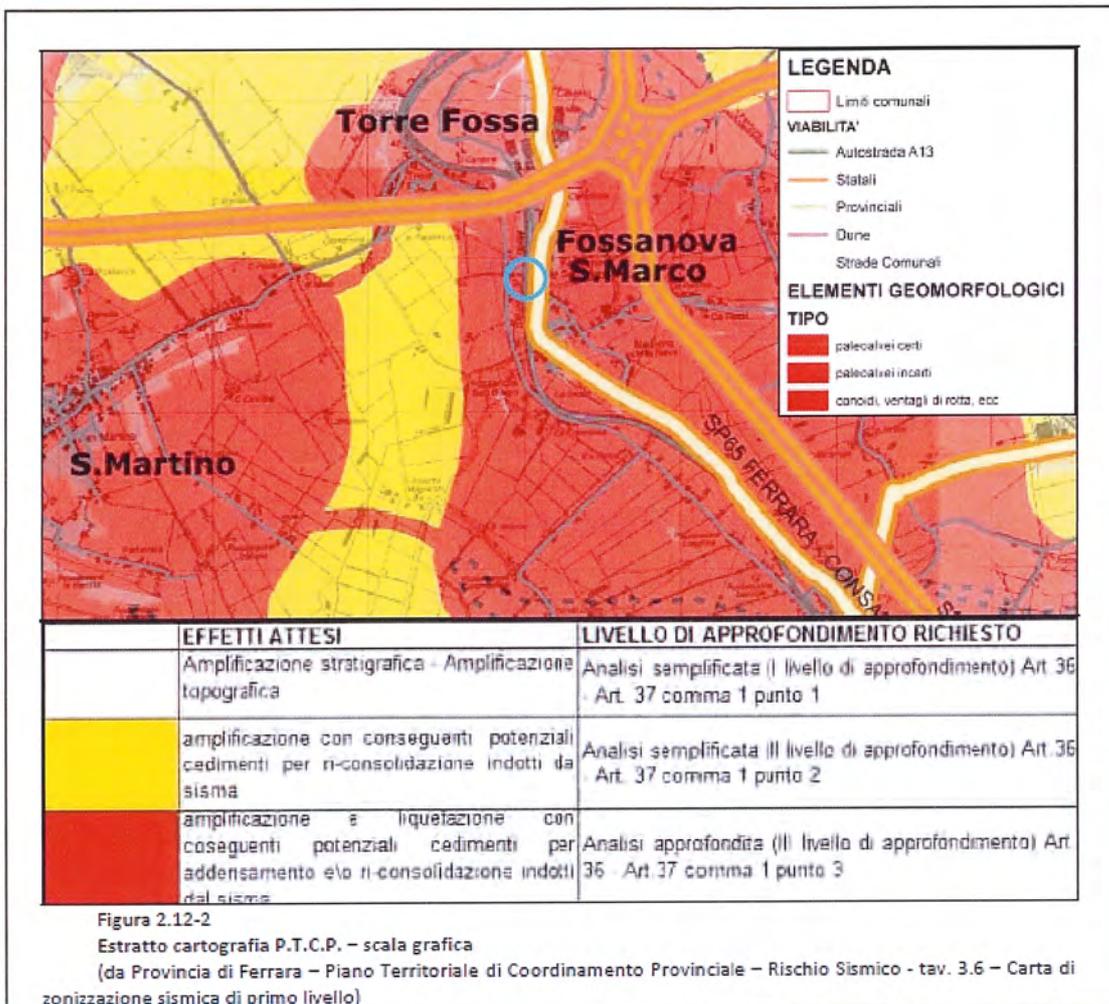


L'indagine sismica eseguita con piezocono sismico nel corso della prova penetrometrica SCPTU ha permesso di stimare il valore delle onde VS30 che è risultato essere pari a 184 m/s.

Tale valore permetterebbe di attribuire il terreno in esame alla "CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE DI TIPO C", ma considerato che ricade in area instabile suscettibile di liquefazione è più appropriato considerare un suolo di tipo S2 (Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti).

Per tale suolo di fondazione di "tipo S2" si rende necessario un approfondimento di indagine con studio di risposta sismica locale RSM.

<b>A</b>	<b>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori <math>V_{s30} &gt; 800</math> m/s con strati di alterazione superficiale <math>h_{max} = 5</math>m</b>
<b>B</b>	<b>Depositi di sabbie o 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 <math>V_{s30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s</b>
<b>C</b>	<b>Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di <math>V_{s30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (<math>15 &lt; N_{spt} &lt; 50</math> - <math>70 &lt; C_u &lt; 250</math>kPa)</b>
<b>D</b>	<b>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di <math>V_{s30} &lt; 180</math> m/s (<math>N_{spt} &lt; 15</math> - <math>C_u &lt; 70</math>kPa)</b>
<b>E</b>	<b>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di <math>V_{s30}</math> 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 <math>V_{s30} &gt; 800</math> m/s</b>
<b>S1</b>	<b>Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (<math>PI &gt; 40</math>) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di <math>V_{s30} &lt; 100</math> m/s (<math>10 &lt; C_u &lt; 20</math> kPa)</b>
<b>S2</b>	<b>Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti</b>



## RICOSTRUZIONE LITOSTRATIGRAFIA

La ricostruzione litostratigrafica del sito in esame è stata resa possibile dall'esecuzione di n° 2 prove penetrometriche (**eseguite dalla Soc. Syntesis Srl nel luglio/2016**) spinte fino alla profondità massima di mt. 30.0 dal p.c. attuale

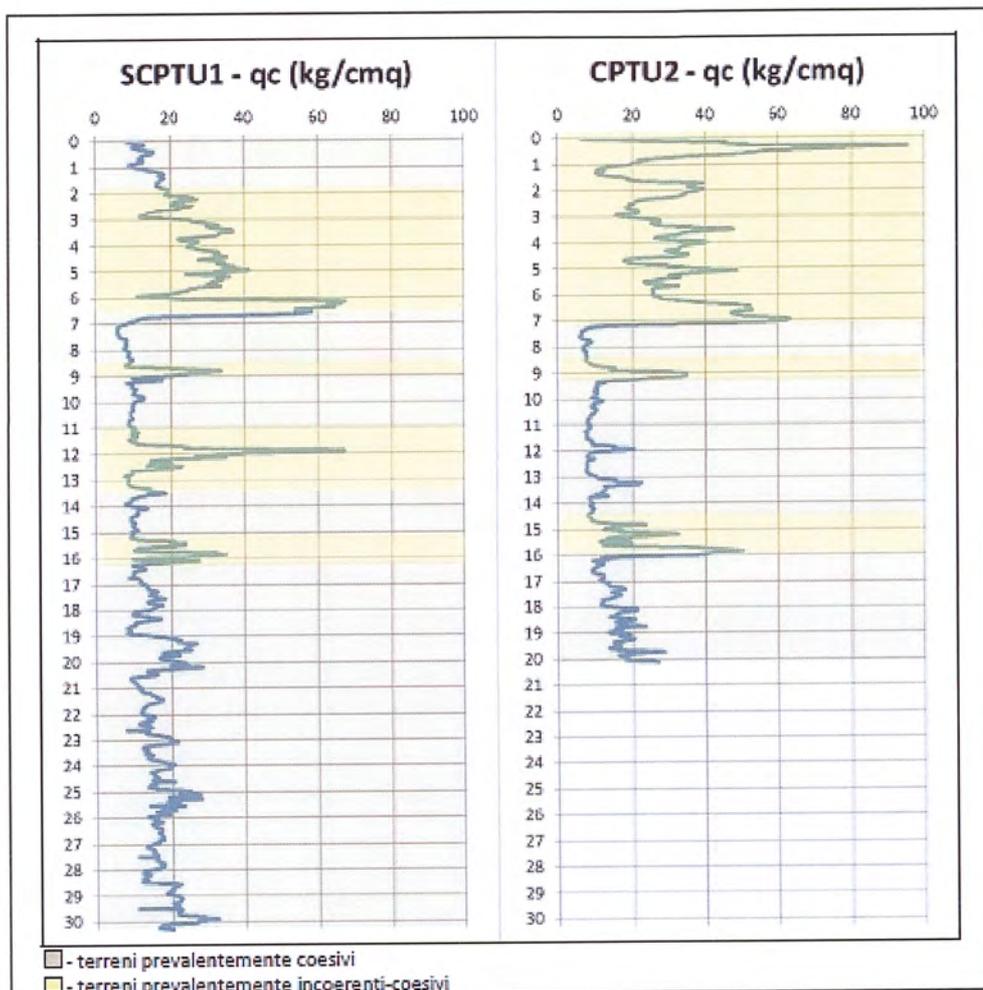
*Ubicazione prove penetrometriche eseguite dalla Soc. Syntesis*



Dalle sezioni di seguito riportate il modello litostratigrafico di massima può essere così :

I primi 6.0/7.0 metri di profondità dal piano campagna sono costituiti da terreni prevalentemente incoerenti con alternanza di livelli sabbioso limosi e limo sabbiosi a testimonianza della presenza del un paleo alveo/argine del il Po Morto di Primaro su cui insiste l'area oggetto di indagine. Nella campagna circostante a est si hanno invece terreni superficiali costituiti da argille, argille limose e argille torbose accumulate sul bordo della Palude Sammartina alimentata dal Reno e Savena.

Oltre tale profondità fino alla quota indagata di mt. 30.0 dal p.c. si hanno terreni compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche costituiti da argille, argille limose e organiche con alcuni livelli di limi sabbiosi di modesto spessore.



SCPTU1 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE				
N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	2.04	Argille limose - argille	2.04
2	2.04	3.06	Limi sabbiosi e limi argillosi	1.02
3	3.06	6.72	Sabbie limose – limi argillosi	3.66
4	6.72	8.64	Argille limose - argille	1.92
5	8.64	9.18	Limi sabbiosi e limi argillosi	0.54
6	9.18	11.04	Argille limose - argille	1.86
7	11.04	13.52	Limi sabbiosi e limi argillosi	2.48
8	13.52	15.28	Argille limose - argille	1.76
9	15.28	16.18	Limi sabbiosi e limi argillosi	0.90
10	16.18	20.62	Argille limose - argille	4.44
11	20.62	28.64	Limi argillosi e argille limose	8.02
12	28.64	30.30	Limi argillosi e argille limose	1.66

CPTU2 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE					
N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)	
	tetto (mt)	letto (mt)			
1	0.00	1.66	Limi sabbiosi e limi argillosi	1.66	
2	1.66	7.14	Sabbie limose – limi argillosi	5.48	
3	7.14	8.72	Argille	1.58	
4	8.72	9.26	Sabbie limose – limi argillosi	0.54	
5	9.26	11.64	Argille	2.38	
6	11.64	13.26	Limi argillosi e argille limose	1.62	
7	13.26	14.70	Argille	1.44	
8	14.70	16.08	Limi sabbiosi e limi argillosi	1.38	
9	16.08	17.90	Argille limose - argille	1.82	
10	17.90	20.14	Limi argillosi e argille limose	2.24	

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I terreni superficiali fino a circa 6.0/7.0 metri di profondità dal piano campagna sono costituiti da terreni prevalentemente incoerenti con alternanza di livelli sabbioso limosi e limo sabbiosi a testimonianza della presenza del un paleo alveo che costeggia il Po Morto di Primaro. Si tratta di terreni instabili suscettibili di liquefazione per i quali si rende necessario uno studio di risposta sismica locale RSL

Seguono terreni prevalentemente coesivi costituiti da argille, argille limose , argille organiche e alcuni livelli limoso sabbiosi di modesto spessore . Si tratta di terreni compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche.

Vista la presenza nei terreni superficiali di livelli sabbioso limosi e limo sabbiosi non sempre correlabili fra loro in senso orizzontale Si consiglia in fase progettuale di definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di precisione come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008.

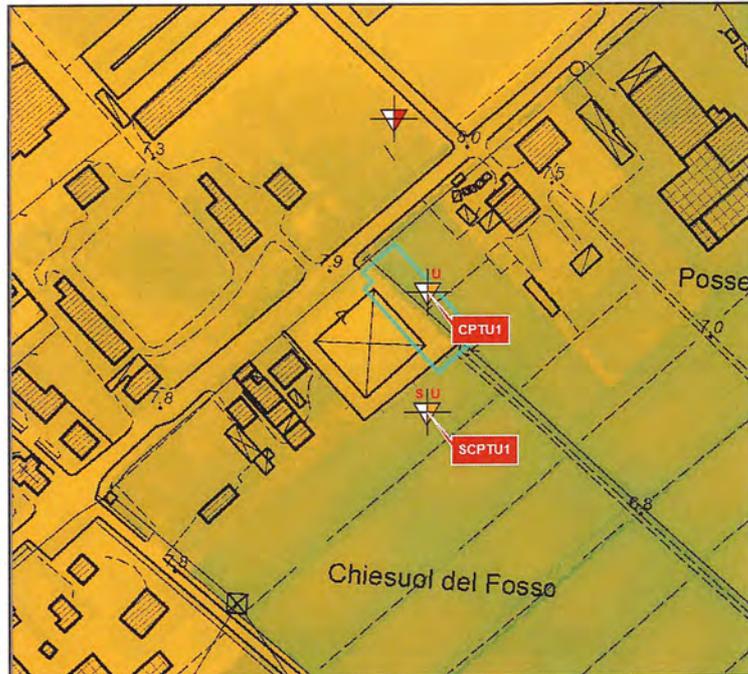
Occorrerà un adeguato sistema di drenaggio e raccolta delle acque meteoriche che preveda idoneo smaltimento diretto al suolo e in parte convogliate nel Po di Primaro confinante.

## **COMPARTO 4ASPCN-06**

### **Soc. Torrefazione Caffè Krifi Spa – Via Bologna, 565 (FE)**

#### **UBICAZIONE DEL SITO**

Il comparto oggetto di studio è ubicato in località Chiesuol del Fosso , confina a Nord/Ovest con la via Bologna e delimitato a Sud/Ovest con la via Sammartina in prossimità del centro Ortofrutticolo di Ferrara.



#### **OBIETTIVI POC**

Ampliamento di un capannone esistente ad uso produttivo.

## CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE DEL SITO

L'assetto geomorfologico del territorio ferrarese è il risultato delle vicissitudini del Fiume Po.

In particolare, dalla rotta di Ficarolo del 1150 circa il fiume ha abbandonato l'antico corso per spostarsi più a nord, dove, in linea generale, è posizionato il tracciato attuale. Questa situazione morfologica complessa ha condizionato e regolato la deposizione dei sedimenti trasportati dal fiume con il risultato di ottenere, sulla morfologia di pianura aree di alto strutturale definite dossi, costituiti da terreni sabbiosi indicanti paleo alvei, barre e sponde naturali relitti o sepolte e zone depresse formate da argille e limi denominate catini.

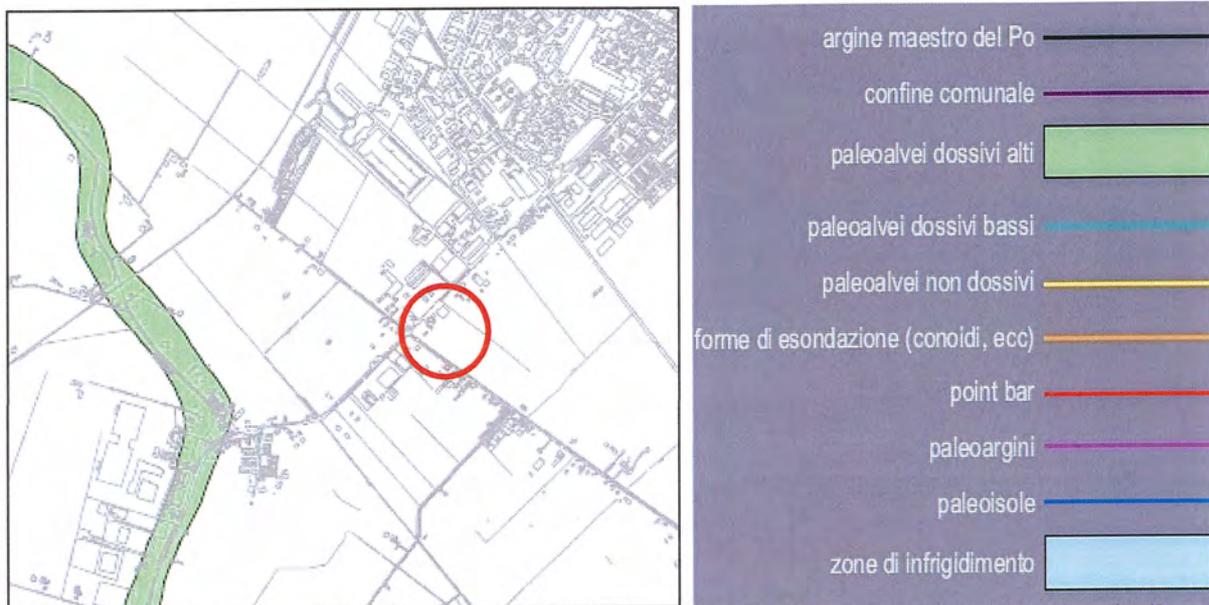
L'intervento dell'uomo nel controllare il regime naturale del fiume, per difendersi dalle esondazioni, ha provocato il crescente aumento del livello del fiume accentuando le differenze altimetriche con le circostanti campagne per marcato apporto di nuovi sedimenti, provocando modificazioni nel deflusso naturale delle acque superficiali a causa anche di fenomeni di subsidenza naturali tipici di questa area geografica.

L'area in oggetto è localizzata all'interno di un area sub orizzontale con quote prossime a + 7.0-8.0 mt. s.l.m. come si può osservare dallo stralcio della carta altimetrica del PSC Comune di Ferrara.

Le indagini eseguite evidenziano sedimenti depositi alluvionali a bassa energia idrodinamica caratterizzati da terreni coesivi superficiali.



Dallo stralcio della carta geomorfologica del PSC del Comune di Ferrara il sito in oggetto non è interessato da strutture geomorfologiche.



La falda freatica viene alimentata principalmente da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al piano campagna in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi (la profondità della falda freatica normalmente può oscillare fra profondità comprese da 1.0 a 4.0 metri dal piano campagna).

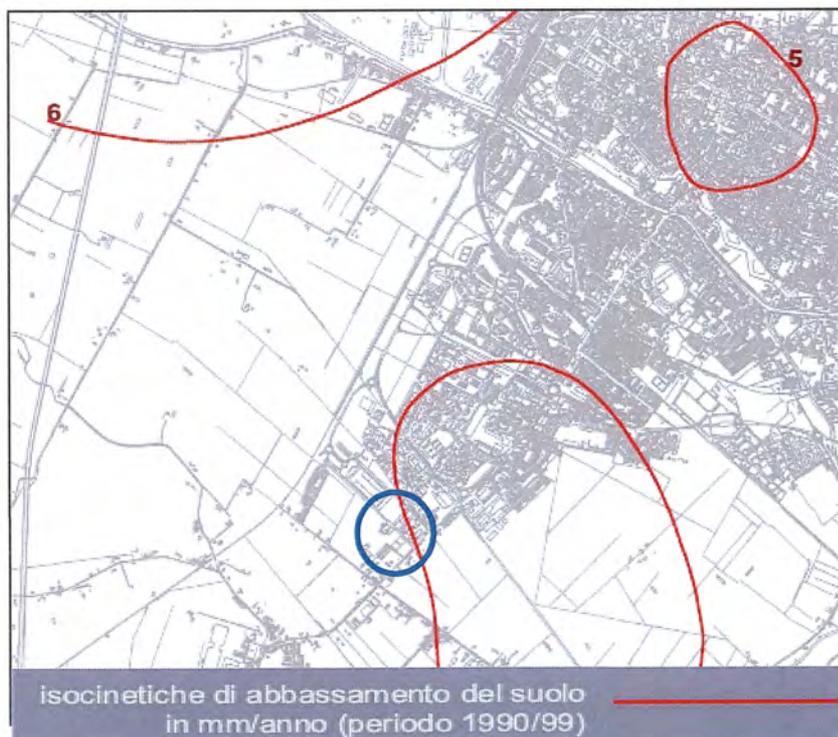
La falda freatica al momento dell'esecuzione delle indagini geognostiche, preceduta dal periodo estivo siccitoso, è stata localizzata alla profondità di circa mt. 2.8 dal p.c. attuale. La falda misurata nel corso delle indagini precedentemente eseguite nel lotto adiacente (capannone Krifi esistente) era stata rilevata alla profondità di circa mt. 1.3 dal p.c.



Stralcio carta profondità della falda freatica tratta dal PSC del Comune di Ferrara

## SUBSIDENZA

L'area in esame, come in generale tutto il territorio della Provincia di Ferrara è soggetta a subsidenza. La componente naturale del fenomeno è prevalentemente ascrivibile al costipamento dei sedimenti più recenti non ancora litificati. Il condizionamento del substrato è rappresentato dal suo stesso carattere di orogene recente, capace di dar luogo a movimenti verticali residui, nonché alla sua forma corrugata che determina variazioni locali dei tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti. I fenomeni di subsidenza registrati con metodi strumentali sono però principalmente di carattere artificiale, denotano variabilità sia nello spazio che nel tempo e sono attribuibili alla sottrazione di acqua dagli acquiferi (superficiali e profondi). Sono causa di subsidenza anche forti escursioni del livello della falda freatica dovuto a variazioni climatiche (periodi siccitosi prolungati) e a sistemazioni idrauliche del territorio (il territorio ferrarese è stato in passato interessato da importanti bonifiche, ultima la bonifica Sammartina). Anche variazioni del chimismo delle acque sono considerate capaci di determinare abbassamenti del suolo, sia pur limitati, quando sono in grado di indurre per fenomeni elettrochimici riduzione di volume dei minerali argillosi (terreni argillosi sono molto abbondanti nel territorio ferrarese).



## SISMICA

Dalla carta di micro zonizzazione sismica di terzo livello del Comune di Ferrara, di seguito allegata, l'area ricade in zona stabile suscettibile ad amplificazione locale e a basso rischio di liquefazione (Indice potenziale di liquefazione < di 2) **da confermare con indagine sismica mirata.**

"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

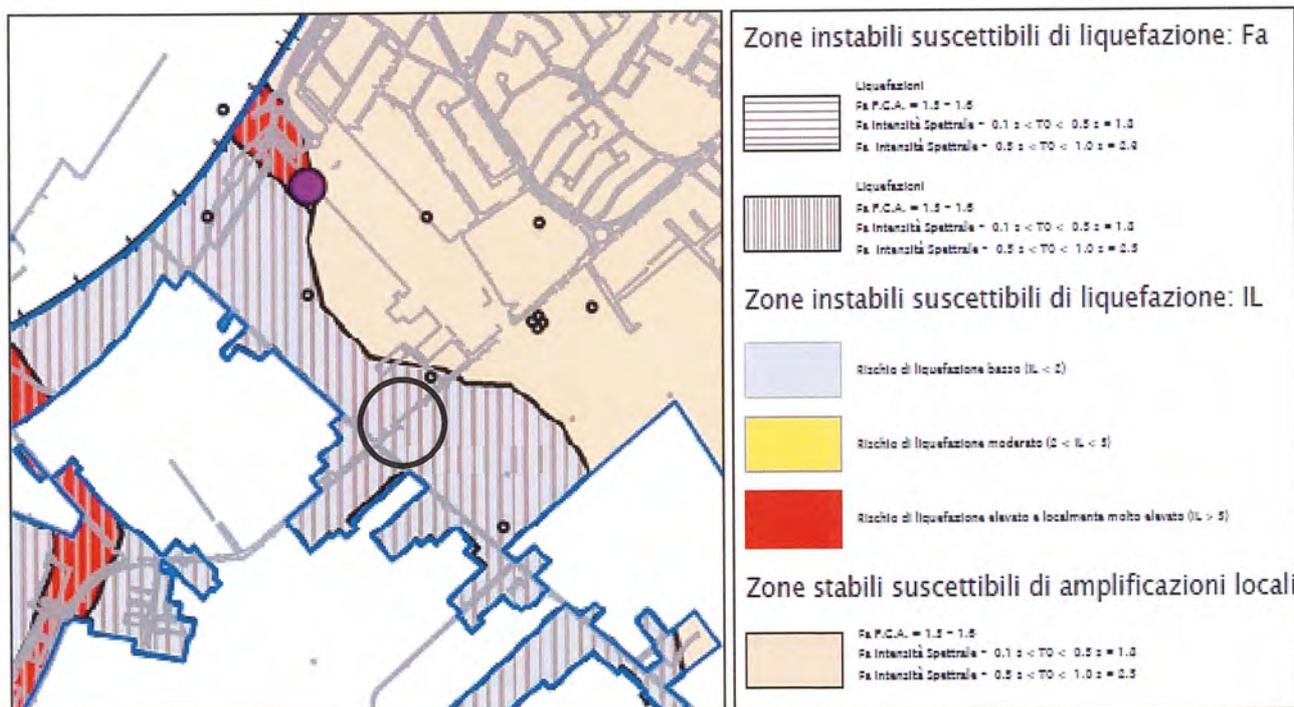
IL = 0 Non liquefacibile (FL  $\geq$  1.2)

0 < IL  $\leq$  2 Potenziale basso

2 < IL  $\leq$  5 Potenziale moderato

5 < IL  $\leq$  15 Potenziale alto

IL > 15 Potenziale molto alto

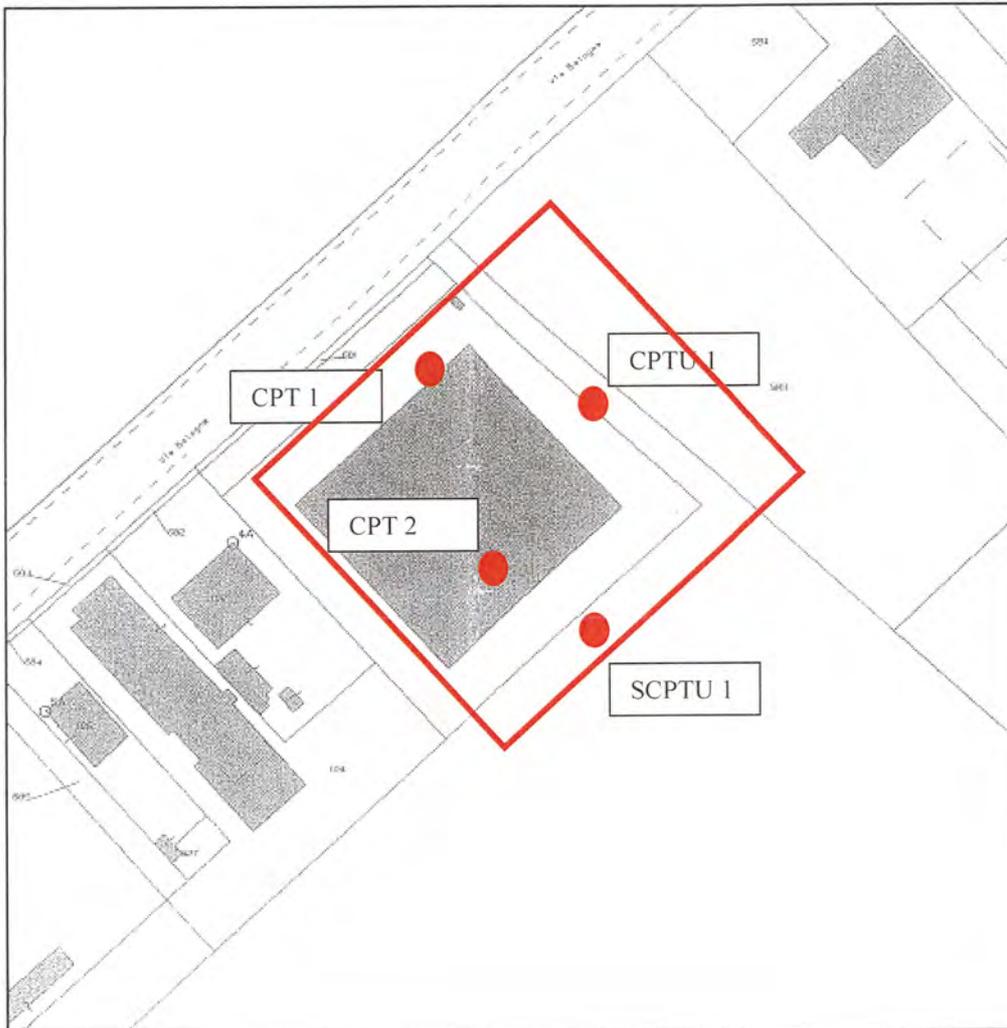


L'indagine eseguita con piezocono sismico nel corso della prova SCPTU ha permesso di stimare il valore delle onde **VS30** che è risultato essere pari a **146 m/s**. Tale valore permette di attribuire, seppur di poco, il terreno in esame alla "CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE DI TIPO D".

A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori $V_{s30} > 800$ m/s con strati di alterazione superficiale $h_{max} = 5$ m
B	Depositi di sabbie o 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
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s 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 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 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ( $10 < C_u < 20$ kPa)
S2	Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

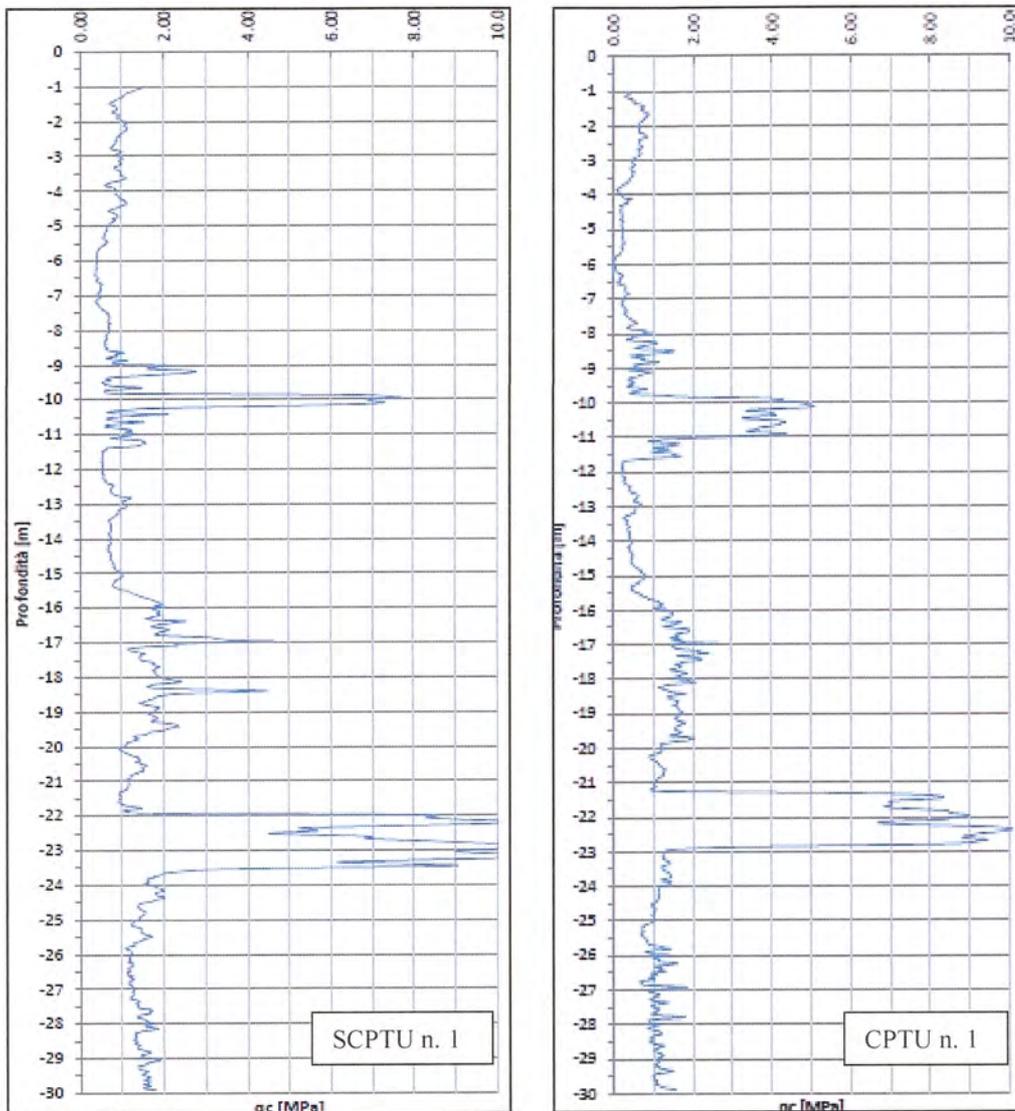
## RICOSTRUZIONE LITOSTRATIGRAFIA

La ricostruzione litostratigrafica del sito in esame è stata resa possibile dall'esecuzione di n° 2 prove penetrometriche CPTU spinta fino alla prof. di mt. 30.0 eseguita nel sito in esame e da prove penetrometriche CPT spinte fino alla profondità massima di mt. 12.0 dal p.c. attuale eseguite precedentemente nelle aree adiacenti dalla Soc. EDILGEO .



*Ubicazione prove penetrometriche*

Sulla base delle indagini penetrometriche eseguite la ricostruzione litostratigrafica di massima può essere così riassunta:



Siamo in presenza di terreni coesivi molto compressibili con frequenti episodi organici molto compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche fino alla profondità di circa mt. 15.5 dal p.c. attuale, con una lente limoso sabbiosa di modesto spessore poco addensata fra mt. 10.0 e mt. 11.0 .

Da metri 15.5 fino alla profondità indagata si hanno sempre terreni argillosi e argillo limosi aventi caratteristiche geotecniche migliori dei terreni soprastanti.

Alla quota compresa fra mt. 21.5 e mt. 23.5 si registra un livello sabbiosa discretamente addensato.

Si ritiene necessario procedere a verifica di liquefazione degli orizzonti sabbiosi come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La successione litostratigrafica del sito può essere indicativamente così riassunta :

- terreni prevalentemente argillosi, argillo limosi con frequenti episodi di argille organiche e torba fino alla profondità di circa mt, 15.5 dal p.c. attuale con lente limoso sabbiosa scarsamente addensata. Si tratta di litotipi formati in ambienti di palude e di piana alluvionale molto compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche. Oltre tale quota , sino alla prof. di mt. 30.0 da p.c, si passa a terreni mediamente più addensati con un livello sabbioso potenzialmente liquefacibile alla profondità compresa fra mt. 21.5 e 23.5.

I terreni più superficiali che sono direttamente interessati da fondazioni possano essere soggetti a forte perdita di carico e cedimenti in occasione di eventi sismici di forte entità per la loro compressibilità e modeste caratteristiche geomeccaniche.

Si consiglia in fase progettuale una indagine geognostica di dettaglio con verifica a liquefazione dei due livelli sabbiosi rilevati come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008.

Occorrerà prevedere un adeguato sistema di raccolta delle acque superficiali del comparto e inviarle al fosso di scolo che confina con la lottizzazione .

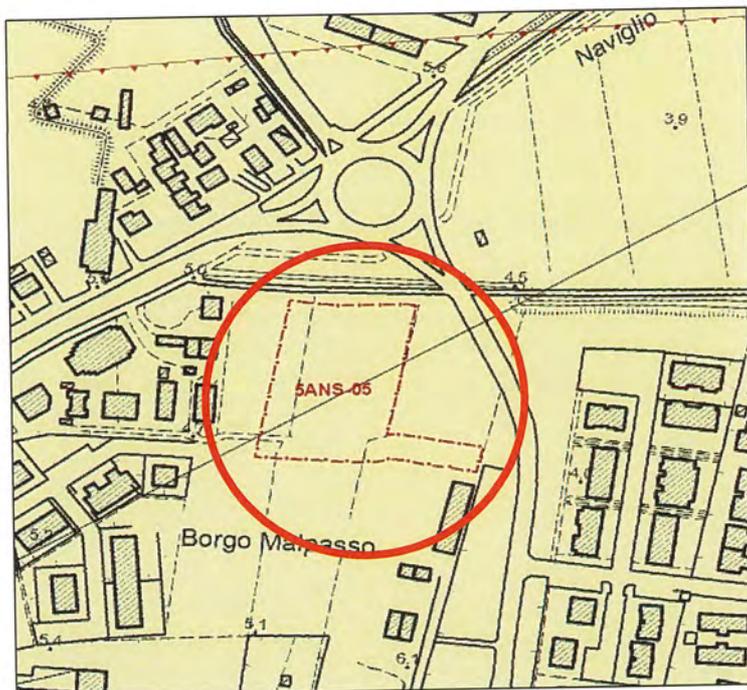
Per il dimensionamento del sistema di raccolta e regimazione delle acque piovane si dovrà fare riferimento a valori di precipitazione media annua di circa 700-750 mm/anno con punte giornaliere che hanno raggiunto frequentemente negli ultimi anni anche 100 mm/ora.

## COMPARTO 5ANS-05

Soc. SO.GE.POL. Srl – Via San Lazzaro, Via Duran (FE)

### UBICAZIONE DEL SITO

Il comparto oggetto di studio è ubicato in località Quacchio , In prossimità della rotatoria fra le vie Malpasso, Via Duran, via Caretti e Via San Lazzaro.



## OBIETTIVI POC

Ampliamento di edificio destinato ad attività sanitarie private in corso di ultimazione con insediamento di attività sportive di uso pubblico.

## CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE DEL SITO

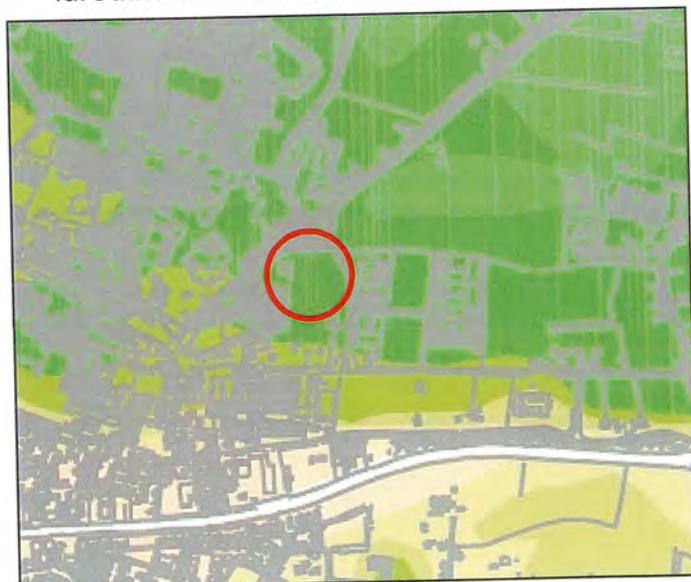
L'assetto geomorfologico del territorio ferrarese è il risultato delle vicissitudini del Fiume Po.

In particolare, dalla rotta di Ficarolo del 1150 circa il fiume ha abbandonato l'antico corso per spostarsi più a nord, dove, in linea generale, è posizionato il tracciato attuale. Questa situazione morfologica complessa ha condizionato e regolato la deposizione dei sedimenti trasportati dal fiume con il risultato di ottenere, sulla morfologia di pianura aree di alto strutturale definite dossi, costituiti da terreni sabbiosi indicanti paleo alvei, barre e sponde naturali relitti o sepolte e zone depresse formate da argille e limi denominate catini.

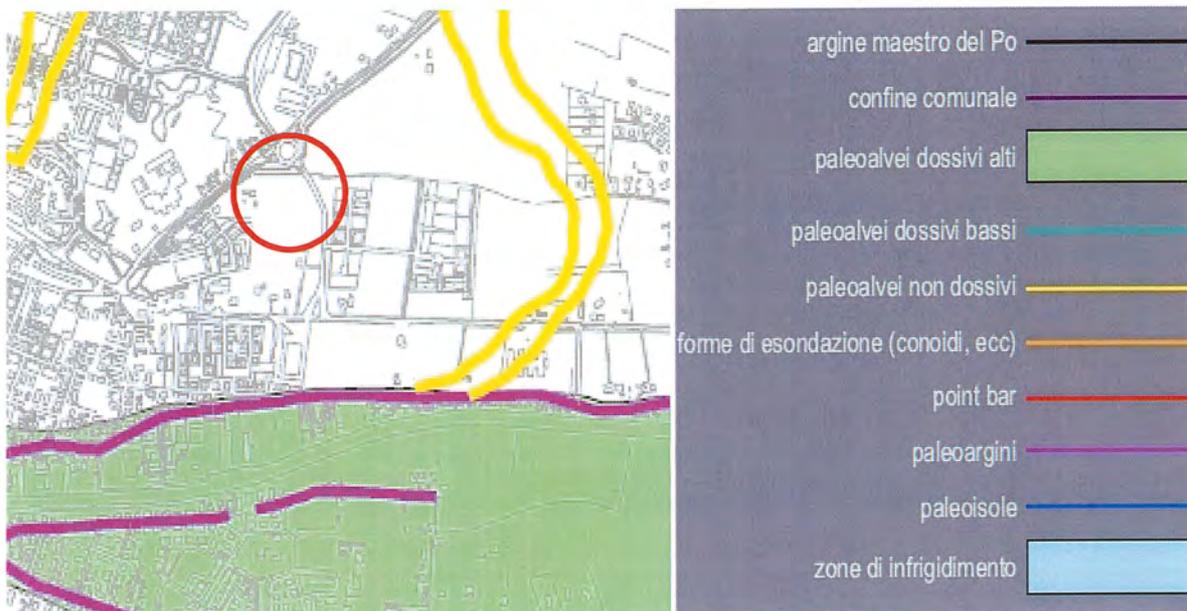
L'intervento dell'uomo nel controllare il regime naturale del fiume, per difendersi dalle esondazioni, ha provocato il crescente aumento del livello del fiume accentuando le differenze altimetriche con le circostanti campagne per marcato apporto di nuovi sedimenti, provocando modificazioni nel deflusso naturale delle acque superficiali a causa anche di fenomeni di subsidenza naturali tipici di questa area geografica.

L'area in oggetto è localizzata all'interno di un area sub orizzontale con quote prossime a + 5.0 - 6.0 mt. s.l.m. come si può osservare dallo stralcio della carta altimetrica del PSC Comune di Ferrara.

Le indagini eseguite evidenziano sedimenti depositi alluvionali a bassa energia idrodinamica caratterizzati da terreni coesivi superficiali.



Dallo stralcio della carta geomorfologica del PSC del Comune di Ferrara il sito in oggetto non è interessato da strutture geomorfologiche.



La falda freatica viene alimentata principalmente da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al piano campagna in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi (la profondità della falda freatica normalmente può oscillare fra profondità comprese da 1.0 a 4.0 metri dal piano campagna).

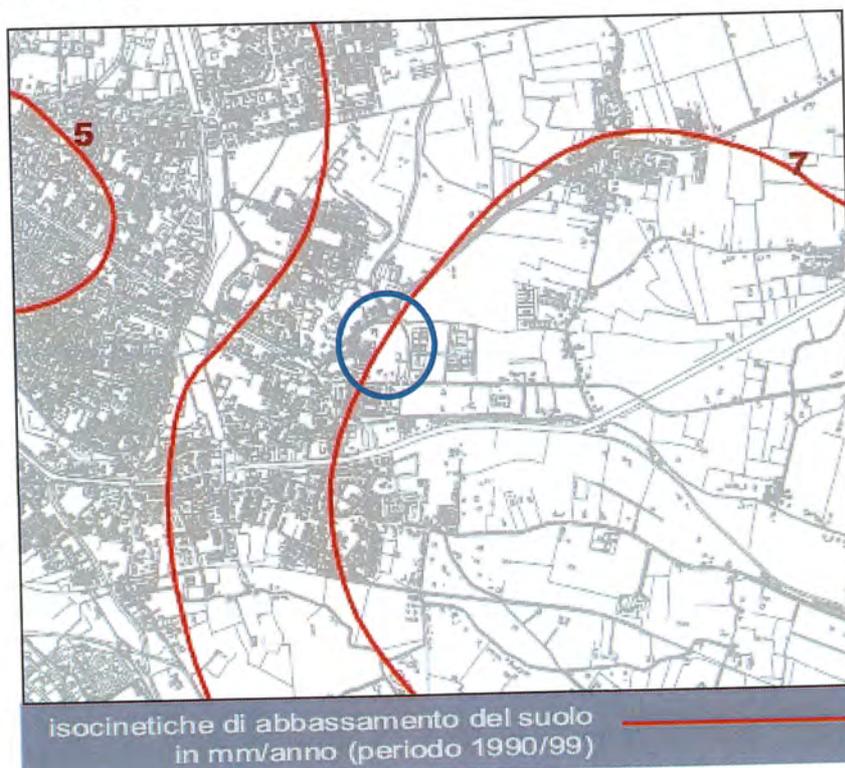
La falda freatica al momento dell'esecuzione delle indagini geognostiche, preceduta dal periodo estivo siccitoso, è stata localizzata alla profondità di circa mt. 3.7 dal p.c. attuale.



Stralcio carta profondità della falda freatica tratta dal PSC del Comune di Ferrara

## SUBSIDENZA

L'area in esame, come in generale tutto il territorio della Provincia di Ferrara è soggetta a subsidenza. La componente naturale del fenomeno è prevalentemente ascrivibile al costipamento dei sedimenti più recenti non ancora litificati. Il condizionamento del substrato è rappresentato dal suo stesso carattere di orogene recente, capace di dar luogo a movimenti verticali residui, nonché alla sua forma corrugata che determina variazioni locali dei tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti. I fenomeni di subsidenza registrati con metodi strumentali sono però principalmente di carattere artificiale, denotano variabilità sia nello spazio che nel tempo e sono attribuibili alla sottrazione di acqua dagli acquiferi (superficiali e profondi). Sono causa di subsidenza anche forti escursioni del livello della falda freatica dovuto a variazioni climatiche (periodi siccitosi prolungati) e a sistemazioni idrauliche del territorio (il territorio ferrarese è stato in passato interessato da importanti bonifiche, ultima la bonifica Sammartina). Anche variazioni del chimismo delle acque sono considerate capaci di determinare abbassamenti del suolo, sia pur limitati, quando sono in grado di indurre per fenomeni elettrochimici riduzione di volume dei minerali argillosi (terreni argillosi sono molto abbondanti nel territorio ferrarese).



## SISMICA

Dalla carta di micro zonizzazione sismica di terzo livello del Comune di Ferrara, di seguito allegata, l'area ricade in zona stabile suscettibile ad amplificazione locale e a basso rischio di liquefazione (Indice potenziale di liquefazione < di 2) **da confermare con indagine sismica mirata.**

"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

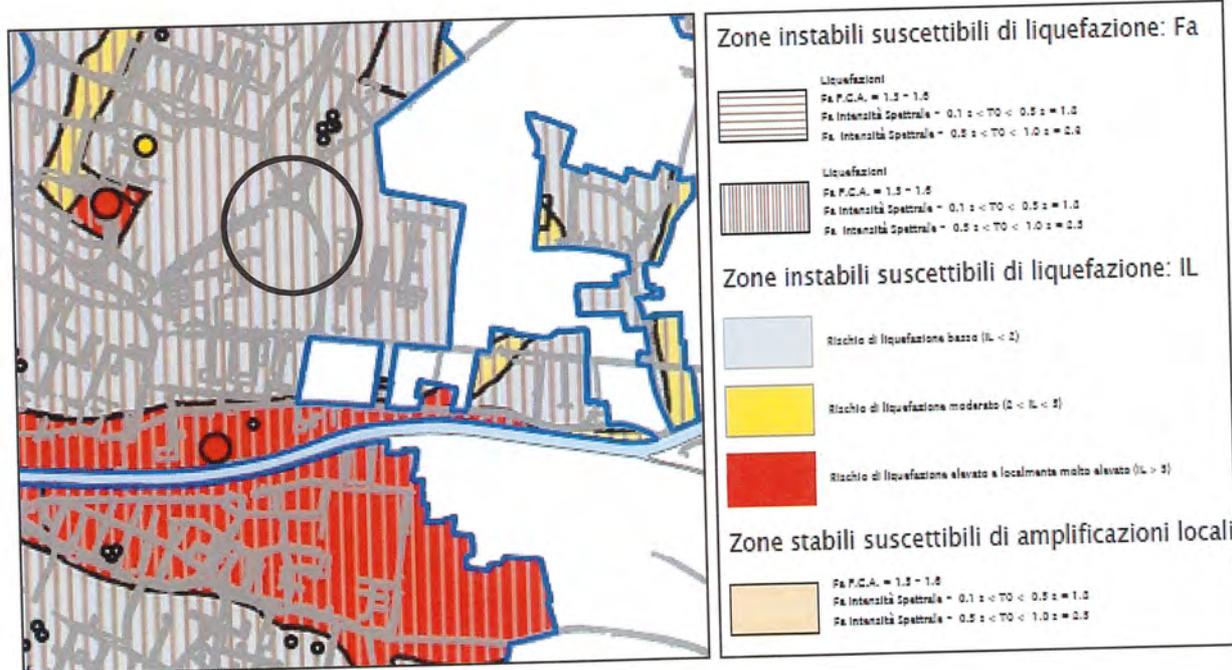
IL = 0 Non liquefacibile (FL  $\geq$  1.2)

0 < IL  $\leq$  2 Potenziale basso

2 < IL  $\leq$  5 Potenziale moderato

5 < IL  $\leq$  15 Potenziale alto

IL > 15 Potenziale molto alto



L'indagine eseguita con piezocono sismico nel corso delle prove SCPTU ha permesso di stimare il valore delle onde VS30 che è risultato essere pari a 190 m/s.

prof. (p)	prof.(cs)	Dist (L)	Tempo (t)	VsP	L2-L1	t2-t1	VsL			Vs30
m	m	m	sec	m/sec	m	sec	m/sec			
0.00	0.00	0.00	0.0000							
1.30	1.00	1.8028	0.0081	224	1.80	0.0081	224	1.00	0.00447	
2.30	2.00	2.5000	0.0115	215	0.70	0.0035	209	1.00	0.00501	
3.30	3.00	3.3541	0.0155	203	0.85	0.0050	170	1.00	0.00387	
4.30	4.00	4.2720	0.0231	185	0.92	0.0065	141	1.00	0.00211	
5.30	5.00	5.2202	0.0293	178	0.95	0.0062	154	1.00	0.00650	
6.30	6.00	6.1847	0.0351	176	0.96	0.0059	165	1.00	0.00607	
7.30	7.00	7.1589	0.0411	174	0.97	0.0059	164	1.00	0.00610	
8.30	8.00	8.1394	0.0459	174	0.98	0.0058	169	1.00	0.00591	
9.30	9.00	9.1241	0.0521	175	0.98	0.0053	182	1.00	0.00534	
10.30	10.00	10.1119	0.0575	175	0.99	0.0053	185	1.00	0.00531	
11.30	11.00	11.1018	0.0630	175	0.99	0.0055	179	1.00	0.00539	
12.30	12.00	12.0934	0.0682	177	0.99	0.0052	189	1.00	0.00528	
13.30	13.00	13.0863	0.0741	177	0.99	0.0059	169	1.00	0.00590	
14.30	14.00	14.0801	0.0801	176	0.99	0.0061	164	1.00	0.00609	
15.30	15.00	15.0748	0.0859	176	0.99	0.0057	173	1.00	0.00578	
16.30	16.00	16.0702	0.0906	177	1.00	0.0047	211	1.00	0.00474	
17.30	17.00	17.0650	0.0952	177	1.00	0.0056	177	1.00	0.00559	
18.30	18.00	18.0624	0.1002	178	1.00	0.0050	200	1.00	0.00501	
19.30	19.00	19.0591	0.1050	180	1.00	0.0048	208	1.00	0.00481	
20.30	20.00	20.0562	0.1107	181	1.00	0.0047	214	1.00	0.00468	
21.30	21.00	21.0535	0.1151	183	1.00	0.0045	224	1.00	0.00446	
22.30	22.00	22.0511	0.1201	184	1.00	0.0049	203	1.00	0.00493	
23.30	23.00	23.0489	0.1249	185	1.00	0.0049	205	1.00	0.00487	
24.30	24.00	24.0468	0.1291	186	1.00	0.0041	241	1.00	0.00415	
25.30	25.00	25.0450	0.1342	187	1.00	0.0052	193	1.00	0.00518	
26.30	26.00	26.0432	0.1388	188	1.00	0.0046	218	1.00	0.00459	
27.30	27.00	27.0416	0.1429	189	1.00	0.0041	241	1.00	0.00415	
28.30	28.00	28.0401	0.1478	190	1.00	0.0049	205	1.00	0.00488	
29.30	29.00	29.0388	0.1522	191	1.00	0.0044	227	1.00	0.00440	
30.30	30.00	30.0375	0.1569	192	1.00	0.0047	215	1.00	0.00456	
									30.00	0.15758
										<b>190.4</b>

prof.(cs): profondità cono sismico  
 prof.(p): profondità piezoceno  
 prof.(p): profondità piezoceno  
 DI: distanza fra la sorgente del rumore S - geofono triassiale (L)  
 Tempo (t): tempo d'arrivo dell'onda a S  
 VsP: velocità del suono nel percorso fra S ed L - Vs puntuale alla profondità  
 VsL: Vs per ogni livello (L2 - L1)/(t2 - t1)  
 Nel calcolo delle Vs30 è da intendersi un possibile valore di indeterminazione del +/- 20% del valore ricavato

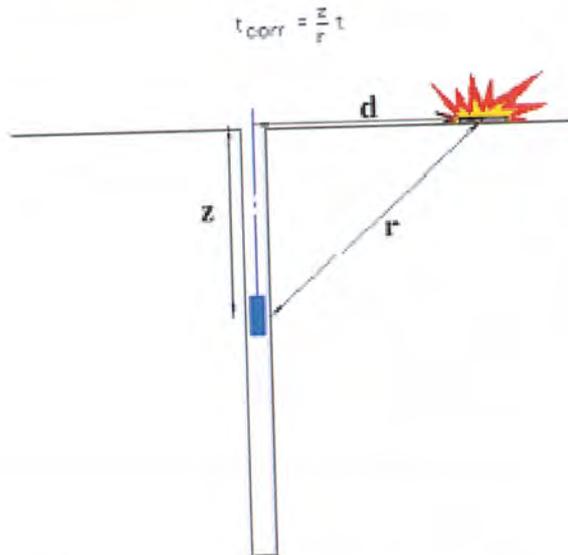


Figura 1 - Schema di down hole con metodo diretto

Tale valore permette di attribuire, seppur di poco, il terreno in esame alla "CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE DI TIPO C".

A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori $V_{s30} > 800$ m/s con strati di alterazione superficiale $h_{max} = 5$ m
B	Depositi di sabbie o 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
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ - $70 < Cu < 250$ 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 ( $N_{spt} < 15$ - $Cu < 70$ kPa)
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 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ( $10 < Cu < 20$ kPa)
S2	Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

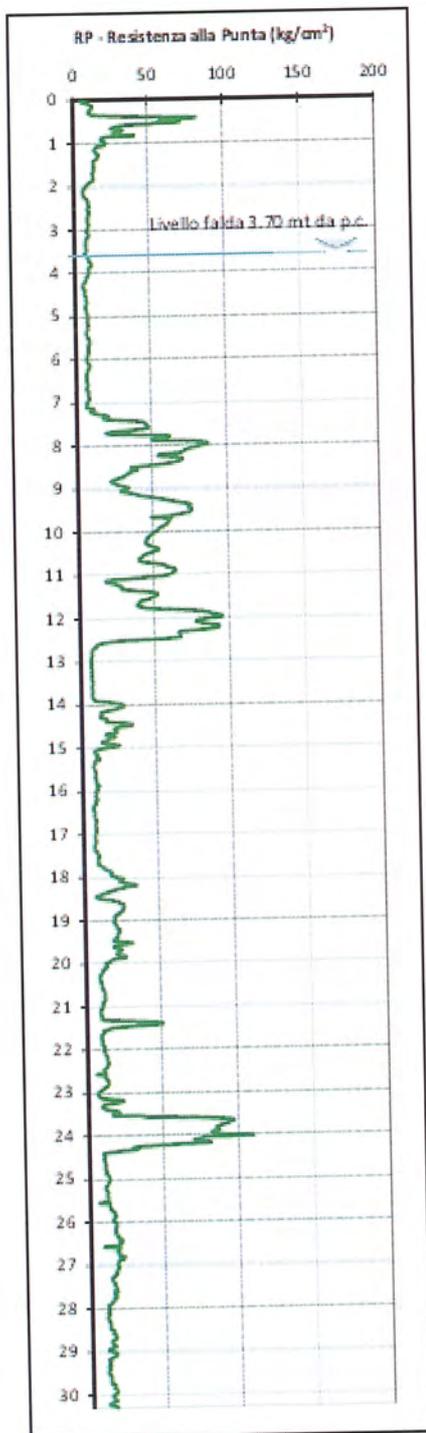
## RICOSTRUZIONE LITOSTRATIGRAFIA

La ricostruzione litostratigrafica del sito in esame è stata resa possibile dall'esecuzione di n° 2 prove penetrometriche SCPTU spinta fino alla prof. di mt. 30.0 dal p.c. attuale.

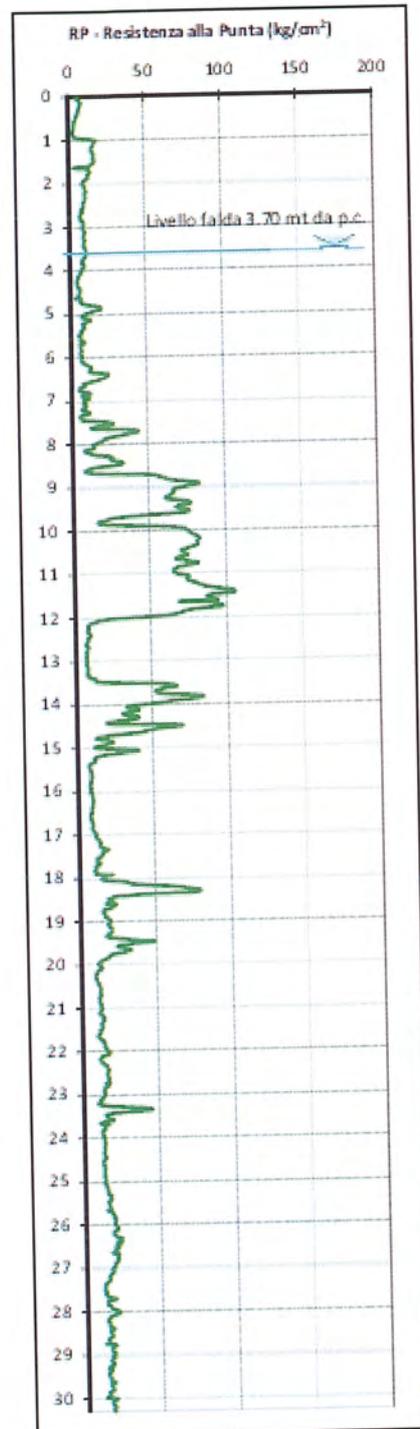


*Ubicazione prove penetrometriche*

Sulla base delle indagini penetrometriche eseguite la ricostruzione litostratigrafica di massima può essere così riassunta:



SCPTU n. 1



SCPTU n. 2

Siamo in presenza di terreni coesivi molto compressibili con frequenti episodi organici molto compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche fino alla profondità di circa mt. 7.5 dal p.c. attuale .

Da metri 7.5 fino alla profondità di mt. 12.5 si rileva la presenza di un banco sabbioso limoso scarsamente addensato. Si ritiene necessario procedere a verifica di liquefazione come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008.

Dopo questo banco sabbioso , fino alla profondità indagata di mt. 30.0 dal p.c. si hanno nuovamente terreni argillosi e argillo limosi compressibili con frequenti livelli di argilla organica e alcune lenti limoso sabbiose di modesto spessore.

### **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

La successione litostratigrafica dei terreni che possono essere direttamente interessati dalle opere di fondazione sito può essere indicativamente così riassunta :

- terreni prevalentemente argillosi, argillo limosi con frequenti episodi di argille organiche fino alla profondità di circa mt, 7.5 dal p.c. attuale. Si tratta di litotipi formati in ambienti di palude e di piana alluvionale molto compressibili a modeste caratteristiche geomeccaniche.
- Oltre tale quota , sino alla prof. di mt. 12.5 da p.c, si passa a terreni sabbiosi scarsamente addensati.

Le argille superficiali, nel caso di fondazioni dirette, possano essere soggette a forte perdita di carico e cedimenti in occasione di eventi sismici di forte entità per la loro compressibilità e modeste caratteristiche geomeccaniche.

Si consiglia in fase progettuale una indagine geognostica di dettaglio con verifica a liquefazione del banco sabbioso come previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008.

Occorrerà prevedere un adeguato sistema di raccolta delle acque superficiali del comparto e convogliarle indicativamente verso lo scolo San Lazzaro.

Studio geologico tecnico Dr. Geol. Antonio Mucchi

Per Il dimensionamento del sistema di raccolta e regimazione delle acque piovane si dovrà fare riferimento a valori di precipitazione media annua di circa 700-750 mm/anno con punte giornaliere che hanno raggiunto frequentemente negli ultimi anni anche 100 mm/ora.

**Dr. Geol. Antonio Mucchi**

