



VARIANTE AL 2° PIANO OPERATIVO COMUNALE **Elaborato QC1.2.1 – Relazione geologica**

adottata con delibera consiliare P.G. 141928/18 del 3/12/2018
approvata con delibera consiliare P.G. 32267/19 del 25/03/2019

PIANO URBANISTICO DI FERRARA

Variante al 2° Piano Operativo Comunale

2° POC approvato con delibera consigliere P.G. 139299 del 11/12/2017

Variante approvata con delibera consigliere P.G. 103773 del 24/09/2018

Variante adottata con delibera consigliere P.G. 141928 del 3/12/2018

Variante approvata con delibera consigliere P.G. 32267 del 25/03/2019

Tiziano Tagliani, *sindaco*

Roberta Fusari, *assessore all'urbanistica*

Fulvio Rossi, *direttore tecnico*

Antonio Barillari, *coordinatore*

Andrea Chieregatti, Stefania Gallini, Antonella Maggipinto, Patrizia Masola, Silvia Mazzanti, Cristiano Rinaldo, Enrico Simoni

Quadro conoscitivo geologico

Alessandro Domeneghetti

Quadro conoscitivo sulla contaminazione dei suoli

Lorella Dall'Olio, Monica Bizzi, Cristian Rizzi

Committente:

COMUNE DI FERRARA

Settore Attività Interfunzionali – Servizio Ufficio di Piano

Progetto:

Provincia di Ferrara

Comune di Ferrara

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA AI FINI DELL'ADOZIONE DELLA VARIANTE AL 2° PIANO OPERATIVO COMUNALE (POC)

Elaborato:

01

Scala:

Codice progetto:

01/2018

Archivio:

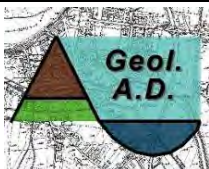
01-2018_Rel Geo POC Fe.doc

Tipo di Documento:

Relazione Geologica

Titolo:

Relazione Geologica



REVISIONE	DATA	RESPONSABILE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
02	29 Ott. 2018	AD	AD + CA		



Dott. Geol. Domeneghetti Alessandro

GEOLOGIA, CARTOGRAFIA, AMBIENTE e SICUREZZA

Via Pontegradella, n. 63/A - 44123 - Ferrara (FE) > P.IVA: 01807180383

Web: www.demetrasrl.eu

E-mail: geol.a.domeneghetti@gmail.com

Tel.: 340 2385534

INDICE

1 - PREMESSA.....	4
2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE.....	4
3 - ASPETTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA	6
3.1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
3.2 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	8
3.3 - INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	10
4 - COMPARTO 1ACS05-01.....	13
4.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	14
4.2 - PROVE IN SITO	15
4.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	16
4.3.1- Rischio idraulico.....	18
4.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	19
4.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA	20
4.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	22
5 - COMPARTO 1ACS27-01.....	23
5.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	24
5.2 – PROVE IN SITO	25
5.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	26
5.3.1 – Rischio idraulico.....	28
5.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	30
5.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA	31
5.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	33
6 - COMPARTO 4ASPCN-05.....	34
6.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	35
6.2 – PROVE IN SITO	36
6.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	37
6.3.1 – Rischio idraulico.....	39
6.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	40
6.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA	41
6.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	43
7 - COMPARTO 17ASPCN-05.....	44
7.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	45
7.2 – PROVE IN SITO	46
7.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	47
7.3.1 - Rischio idraulico.....	49
7.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	51
7.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA	52

7.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	53
8 - COMPARTO 25AAP-01.....	54
8.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	55
8.2 - PROVE IN SITO.....	56
8.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	57
8.3.1 – Rischio idraulico.....	59
8.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	61
8.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA	62
8.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	64
9 - COMPARTO 25AAP1-02.....	65
9.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	65
9.2 - PROVE IN SITO.....	67
9.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	68
9.3.1 – Rischio idraulico.....	70
9.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	72
9.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA	73
9.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	75

ALLEGATI

ELABORATO 02 – Schede Geologiche di Sintesi

1 - PREMESSA

Dietro incarico del Comune di Ferrara, Settore Attività Interfunzionali – Servizio Ufficio di Piano è stata redatta la presente relazione geologica finalizzata all'adozione della variante del 2° Piano Operativo Comunale d'ora in avanti identificato come POC.

Tale studio viene condotto allo scopo di fornire il quadro conoscitivo geologico sulla base delle indagini geologiche disponibili relativamente a n. 5 comparti da inserire nel POC a supporto delle decisioni amministrative e delle scelte progettuali, in accordo con quanto prescritto dalle seguenti normative:

- DM del 17.01.2018, nuove “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018);
- L.R. n. 19 del 30 ottobre 2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”;
- D.G.R. n. 2193/2015 del 21 dicembre 2015.

Lo studio prevede per ciascun comparto l'analisi del contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e degli aspetti geotecnici e sismici del sottosuolo entro i primi 30,0 m da piano campagna, desunti dai dati bibliografici esistenti e dalle indagini geognostiche recentemente eseguite nelle aree oggetto della variante del 2° POC.

Tutte le informazioni di carattere geologico e sismico reperite vengono poi riassunte in schede di sintesi per ciascun comparto d'intervento, dove vengono brevemente riportati tutti gli aspetti salienti e più rappresentativi di quel comparto ed infine vengono presentate alcune conclusioni applicative di carattere generale che però non hanno lo scopo di fornire precise stime geotecniche numeriche.

Poiché all'interno di ciascun comparto possono esistere variazioni stratigrafiche laterali, tali conclusioni non forniscono quindi tutte le informazioni necessarie alla progettazione, la quale richiederà un più approfondito piano d'indagini atto ad acquisire ulteriori dati del sottosuolo da concordare via via con il progettista e la committenza.

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Le aree oggetto di studio si trovano nel comune di Ferrara, il quale confina a Nord con la Regione Veneto separato dal corso del Fiume Po, a Sud con i comuni di Argenta e Baricella, ad Est con i comuni di Ro Ferrarese, Copparo, Formignana, Tresigallo, Ostellato, Masi Torello e Voghiera, ed infine ad Ovest con Bondeno, Vigarano Mainarda e Poggio Renatico.

Dal punto di vista geografico il territorio comunale di Ferrara è interamente compreso nel foglio IGM 1:100.000 n. 76 (Ferrara) e nei fogli IGM 1:50.000 n. 185 (Ferrara), 186 (Copparo), 203 (Poggio Renatico) e 204 (Portomaggiore).

In generale il comune di Ferrara occupa la bassa pianura alluvionale del Fiume Po e più precisamente il capoluogo sorge sulle sponde del Po di Volano, ora non più ramo attivo del suddetto fiume ma ridotto a canale di bonifica.

Le nuove aree da inserire nella variante del 2° Piano Operativo Comunale sono sei e vengono di seguito elencate (Fig. 2.1):

- Comparto 1ACS05-01 – Viale Volano (Immobiliare Volano S.r.l., Car-Lux S.r.l., Masini Giuseppe ed Ermanno);
- Comparto 1ACS27-01 – Via del Parchetto (Bisi Maria Cirene);
- Comparto 4ASPCN-05 – Via Bèla Bartok (Soc. Freevend S.r.l.);
- Comparto 17ASPCN-06 – Via E. Michelini (Soc. Due Elle Auto);
- Comparto 25AAP-01 – Via Nelson Mandela (Bertelli Walter e Rolando Carburanti S.p.A.);
- Comparto 25AAP1-02 – Via Pellegrina (Tagliavini Liliana e Renzo).

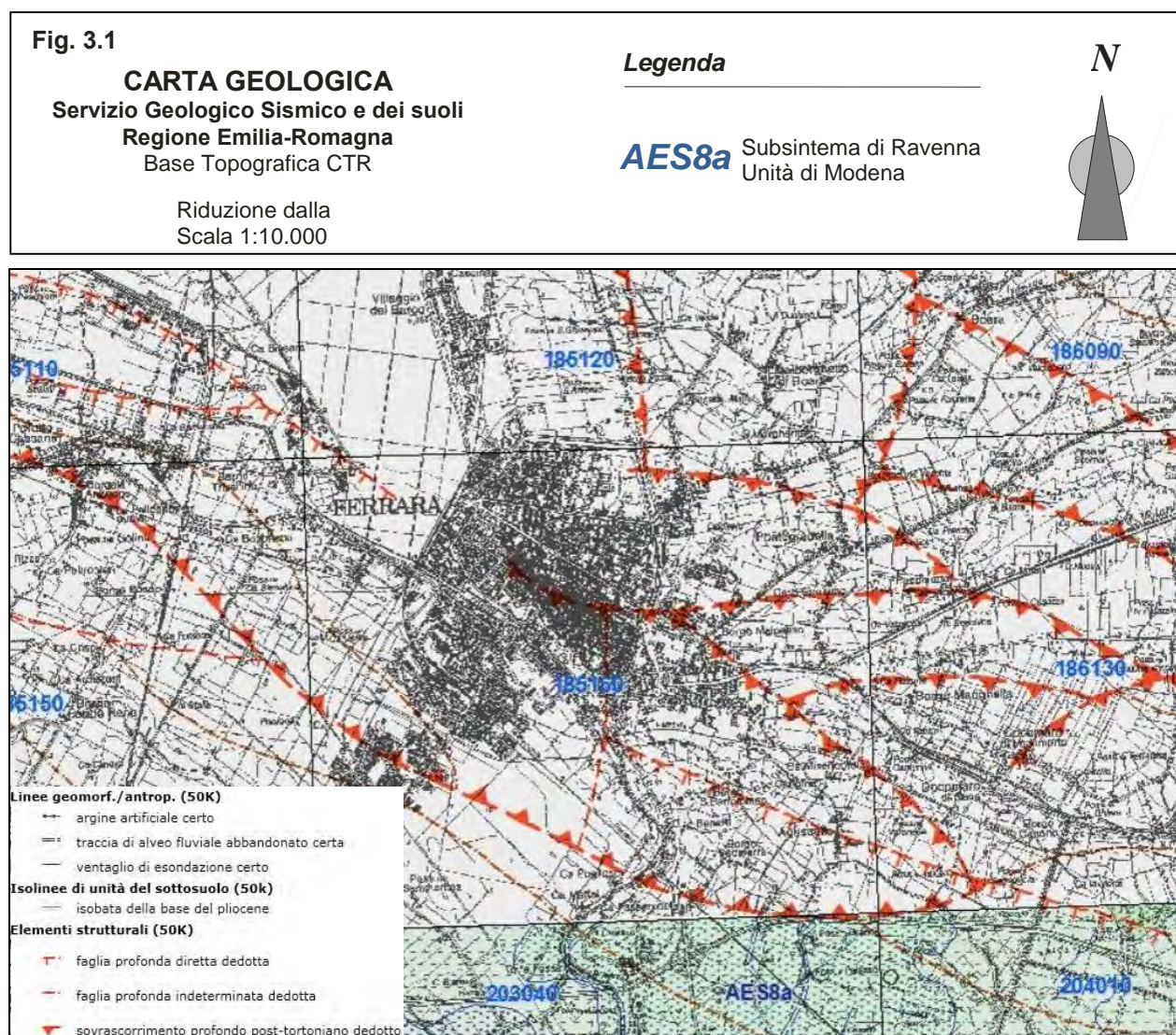


Fig. 2.1 – Inquadramento geografico dei comparti da inserire nella variante del 2° POC (base CTR 1.5.000, non in scala).

3 - ASPETTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA

3.1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area interessata dai cinque comparti all'interno delle sezioni 185150, 185160 e 185120 solo per le strutture profonde e non per le unità geologiche (Fig. 3.1); per analogia con l'ultima sezione pubblicata più vicina (203040) si individuano coperture quaternarie attribuite al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, Subsintema di Ravenna (AES8) ed in particolare all'Unità di Modena (AES8a).



I sedimenti alluvionali del Subsintema di Ravenna (AES8) sono costituiti da depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, di piana di sabbia litorale e, nel settore a mare, di prodelta e transizione alla piattaforma. Nella valle del F. Marecchia i depositi fluviali sono organizzati in 3 ordini di terrazzo con inclinazione media di 5-6 per mille. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (10YR, 2,5Y),

spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7. Il Subsistema contiene un'unità di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo di 20-25 metri.

L'età è fatta corrispondere al Pleistocene superiore – Olocene.

I depositi attribuiti all'Unità di Modena (AES8a) sono costituiti da ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Sulla costa e nel Mare Adriatico più precisamente si incontrano sabbie di cordone litorale e di fronte deltizia passanti ad argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Il limite superiore è sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro (2,5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (es. argini e bacini interfluviali). Il limite inferiore è dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. L'unità include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Lo spessore massimo è di 3-4 metri. Confinano con i depositi alluvionali in evoluzione (b1) e si trovano lungo i margini fluviali sia del Fiume Marecchia che del torrente Uso.

L'età è post - romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica), corrispondente all'Olocene.

Dal punto di vista strutturale il comune di Ferrara è caratterizzato dalla presenza della "Dorsale Ferrarese", ovvero un'insieme di pieghe costituite da sovrascorrimenti e faglie profonde con andamento NW-SE che interessa il sottosuolo padano indicativamente tra le Valli di Comacchio e Ferrara. Tale sistema si inquadra più generalmente nel contesto strutturale appenninico (Fig. 3.2).

La presenza di queste strutture profonde ancora soggette a movimenti fa sì che, dal punto di vista sismico, il territorio comunale di Ferrara risulti essere potenziale sede epicentrale di eventi sismici: quest'ultimo infatti risulta rientrare nella Zona Sismogenetica 912 a cui viene associata una magnitudo massima attesa di $M = 6,14$.

Secondo la normativa infine, il comune infine è classificato sismico in zona 3, come area di nuova classificazione, dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni: la sismicità delle località italiane è stata poi definita in base a una

griglia a maglie quadrate dall'OPCM 3519 del 28.04.2006, recepita dal DM del 14.01.2008 e dal vigente DM del 17.01.2018, recante le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

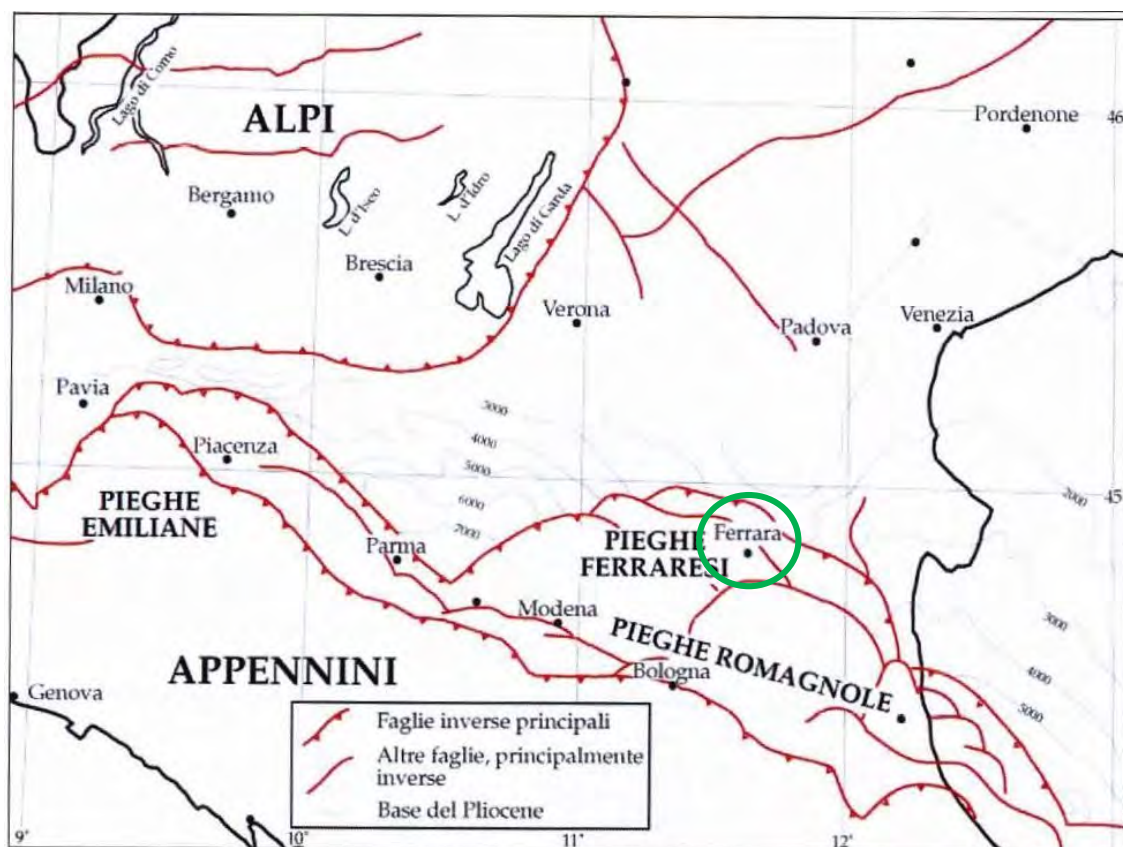


Fig. 3.2 – Carta strutturale semplificata della Pianura Padana (Pieri & Groppi, 1975, Mod. da Burrato et alii, 2003).

3.2 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico il comune di Ferrara risulta inserito in un territorio complessivamente pianeggiante, in parte urbanizzato ed in parte coltivato, con quote medie comprese tra 0,0 e +20,0 m.s.l.m.m.; più in dettaglio l'area interessata dai 5 comparti sottoposti a variante del 2° POC ha quote che si aggirano tra +5,0 e +10,0 m.s.l.m.m., con un andamento che tende a degradare dolcemente in direzione SW-NE, come si può notare in Fig. 3.3.

Gli elementi di stacco altimetrico sono sia di origine naturale che artificiale (antropica) e sono rappresentati dagli argini dei corsi d'acqua, dalle tracce dei paleoalvei, dai rilevati stradali e ferroviari, nonché dalle Mura cittadine.

In estrema sintesi, la configurazione morfologica attuale dell'intera area comunale è da considerarsi il risultato dell'interazione di 2 processi, quello naturale e quello antropico.

Il primo è legato ai processi operati dai corsi d'acqua passati ed attuali, che con la loro azione di erosione, trasporto e sedimentazione dei materiali alluvionali, modellano ed hanno modellato il territorio. Le tipiche forme sono rappresentate dalle tracce superficiali di corsi

d'acqua non più esistenti (paleoalvei), dai dossi, dalle fasce di divagazione fluviale ed infine dalle arginature fluviali.

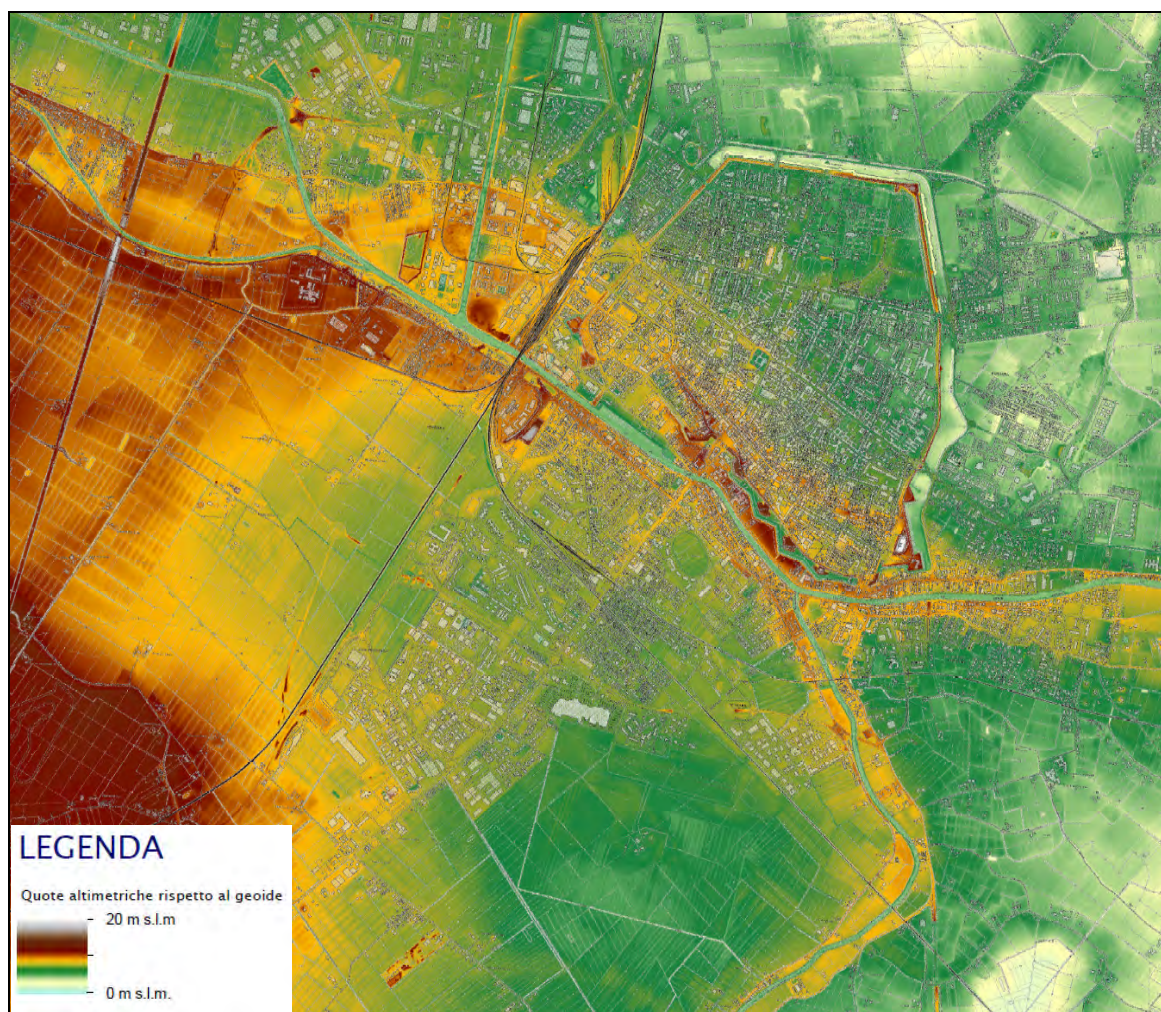


Fig. 3.3 – Carta del modello altimetrico del Comune di Ferrara Area Nord alla scala 1:25.000 (Stefani M. & Minarelli L.).

Le tracce fluviali estinte (con i connessi dossi ed argini antichi) e le fasce di divagazione fluviale rappresentano un "alto morfologico" e sono praticamente tutte riconducibili al Fiume Po, che dalla rotta del 1150 d.C., detta anche "rotta di Ficarolo", ha cambiato il suo percorso originario occupando così l'alveo attuale che scorre più a Nord. Tali forme, costituite da terreni sabbiosi, risultano facilmente individuabili e la direzione dei loro tracciati testimonia un deflusso da Nord-Ovest verso Sud-Est, concordante con quello attuale; ad esse si alternano spesso zone depresse costituite da litotipi limosi ed argillosi.

Il secondo processo, ovvero quello antropico, ha fortemente modellato il territorio sia in età antica che recente ed è rappresentato prevalentemente dall'attività agricola, dai nuclei abitativi e dalla costruzione/modifica delle arginature fluviali.

L'attività estrattiva è presente soprattutto nella forma di ex-cave di piccole dimensioni ma molto numerose, nate per la macerazione della canapa: la maggior parte di esse, restando aperte ed alterando così lo stato naturale del territorio, rappresentano un fattore negativo sia dal punto di vista geomorfologico che idrogeologico.

L'attività agricola (associata a quella di bonifica) ha prodotto un effetto di spianamento delle forme originarie, livellando dossi ed avvallamenti naturali e "camuffando" così le testimonianze di rotte ed esondazioni fluviali passate, mentre l'attività di bonifica ha sia portato alla luce zone in origine altimetricamente depresse sia creato nuovi "alti morfologici" attraverso la costruzione delle arginature dei corsi d'acqua.

Un altro fenomeno che risulta infine modellare il territorio Ferrarese è rappresentato dalla subsidenza: tale processo di origine naturale (ma influenzato ed accelerato anche dalle azioni antropiche) interessa tutto il territorio comunale (anche se in maniera più marcata via via che ci si avvicina alla fascia costiera) ed è dovuto ad un lento assestamento e conseguente abbassamento dei sedimenti quaternari (stimato mediamente nell'ordine di 2-3 mm/anno, ma localmente con valori superiori a 5 mm/anno) a causa del loro progressivo costipamento.

3.3 - INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrografico l'elemento principale che contraddistingue il territorio comunale ferrarese è il Fiume Po, che funge da confine a Nord e rispetto al quale il comune si trova in destra idrografica.

Questo, vista la sua quota sopraelevata rispetto al piano campagna di riferimento, funge da spartiacque naturale e non svolge quindi nessuna funzione scolante.

L'intero territorio comunale è però caratterizzato anche dalla presenza di una fitta e sviluppata rete di canali e scoli sia consortili che non e da fossati interpoderali che hanno il compito di raccogliere le acque meteoriche e superficiali per poi convogliarle (anche meccanicamente tramite impianti idrovori) nei collettori principali.

Tra questi i più importanti sono il Po di Volano che taglia la città da Nord-Ovest a Sud-Est, il Po Morto di Primaro con direzione di scorrimento pressoché Nord-Sud, il Canale Boicelli che scorre da Sud a Nord ed il Canale di Burana con verso di scorrimento che va da Nord-Ovest a Sud-Est.

In via generale si può comunque affermare che le linee di drenaggio preferenziali, influenzate dall'assetto morfologico del microrilievo e di conseguenza caratterizzate da scarse velocità di scorrimento, presentano prevalentemente direzione da Ovest ad Est.

Dal punto di vista idrogeologico l'area comunale si inserisce nel quadro generale della pianura ferrarese, la quale risulta essere caratterizzata dall'alternarsi di sedimenti più o meno permeabili, dove gli strati costituiti da sabbie e sabbie limose di origine fluviale rappresentano i livelli acquiferi e gli strati argillosi quelli impermeabili, dando origine così ad un sistema di falde confinate e localmente semi-confinate.

Tale caratteristica fa sì quindi che ci si trovi di fronte ad un sistema acquifero differenziato, ovvero ad un sistema multifalde in cui quella più superficiale risulta libera (freatica), mentre quelle sottostanti sono in pressione (artesiane).

La falda superficiale (o freatica), generalmente libera e poco profonda (Fig. 3.4), è caratterizzata da una continuità spaziale variabile ed in alcuni casi, dove gli strati sabbiosi vengono delimitati non solo inferiormente ma anche lateralmente da terreni argillosi impermeabili, vengono a formarsi talvolta delle falde sospese.

La falda freatica risulta essere in diretta comunicazione con la superficie attraverso la porzione non satura del terreno e presenta un gradiente idraulico prevalentemente modesto, anche se in prossimità del Fiume Po questo tende ad aumentare.

Questa è alimentata prevalentemente dalle precipitazioni meteoriche e quindi dall'infiltrazione diretta delle acque superficiali attraverso la soprastante superficie topografica, anche se lungo la lunga fascia interessata dal corso del Fiume Po tale falda risulta essere fortemente influenzata dal carico idraulico del Fiume stesso e dalla sua dispersione laterale di sub-alveo. Occorre infine specificare che in alcune aree comunali un altro fattore d'influenza è rappresentato dall'immissione artificiale d'acqua nel sottosuolo tramite irrigazione o al contrario dall'azione di prosciugamento derivato dalle azioni di bonifica.

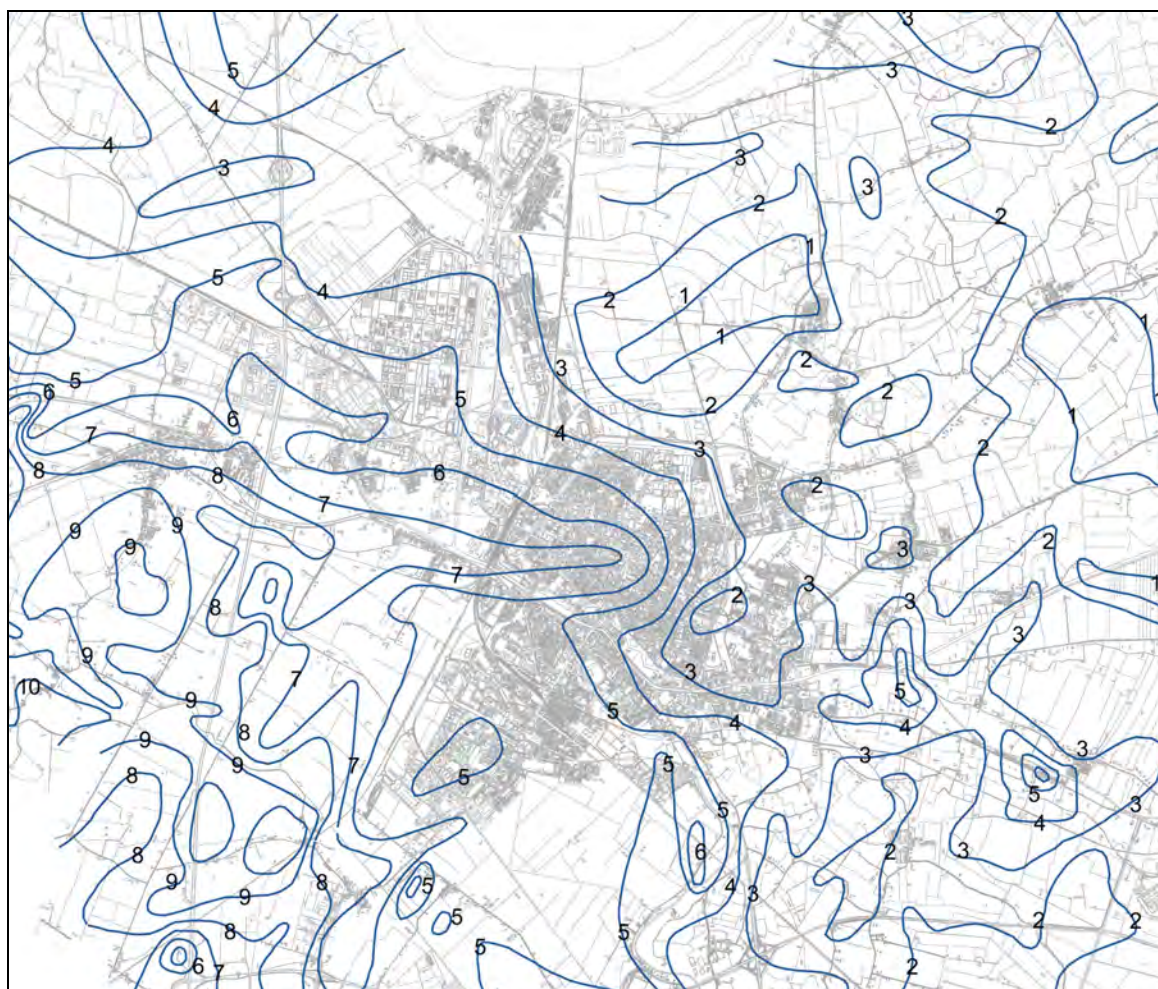


Fig. 3.4 – Estratto della Carta delle isofreatiche in m s.l.m.m. del Luglio del 1974 – Tav. 1/02.18, Quadro Conoscitivo PSC Ferrara.

La consultazione dei dati pervenuti dalle prove pubblicate dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna associata all'osservazione del microrilievo, mostra un

livello statico della falda freatica (soggiacenza) che solitamente risulta compreso tra -1,00 e -4,00 m dal p.c., anche se localmente possono verificarsi eccezioni.

In via generale però si può comunque affermare che il livello freatico è principalmente regolato dal regime delle precipitazioni, per cui le sue oscillazioni seguono l'andamento annuale delle piogge, anche se occorre tenere conto del naturale sfasamento legato alla velocità di ricarica dell'acquifero.

Infine per quanto riguarda la permeabilità primaria (ovvero quella per porosità) è da considerarsi molto variabile sia orizzontalmente che verticalmente: infatti i livelli prevalentemente sabbiosi sono caratterizzati da medio-alta porosità ed hanno indicativamente valori di permeabilità buoni compresi fra 10^{-3} e 10^{-4} m/s, mentre per le litologie più profonde maggiormente coesive ci si aspetta invece valori molto più bassi compresi tra 10^{-7} e 10^{-8} m/s.

4 - COMPARTO 1ACS05-01

Il Comparto 1ACS05-01 è riferito all'Ambito Centro Storico di Ferrara – sub-ambito “Volano” e al Sistema insediativo dell’abitare – Sub-sistema aree centrali.

Viene inserito nella 2° variante del POC (Fig. 4.1) ai fini della riqualificazione di un’area commerciale esistente mediante la demolizione degli edifici esistenti e l’insediamento di struttura commerciale medio-piccola, la realizzazione e cessione di area destinata ad attrezzature collettive ad integrazione del parco del vallo delle Mura cittadine e la realizzazione di una connessione ciclopedonale fra le ciclabili esistenti del cavallo delle Mura e di viale Volano e di un varco visuale fra le Mura ed il Fiume Po di Volano.

Si tratta di un’area di proprietà Immobiliare Volano srl, Car-Lux srl, Masini Ermanno e Masini Giuseppe, di circa 8,111 m² e sita in Ferrara, Viale Volano in una zona urbanizzata.

In relazione al sistema Beni Culturali e ambientali l’area è compresa in una fascia di rispetto dei percorsi panoramici.

Ai fini del POC si vuole determinare la natura e la litologia dei sedimenti alla luce del loro inquadramento geologico; definire il tipo di falde acquifere, la loro giacenza e la distanza dal suolo; classificare i terreni dal punto di vista sismico.

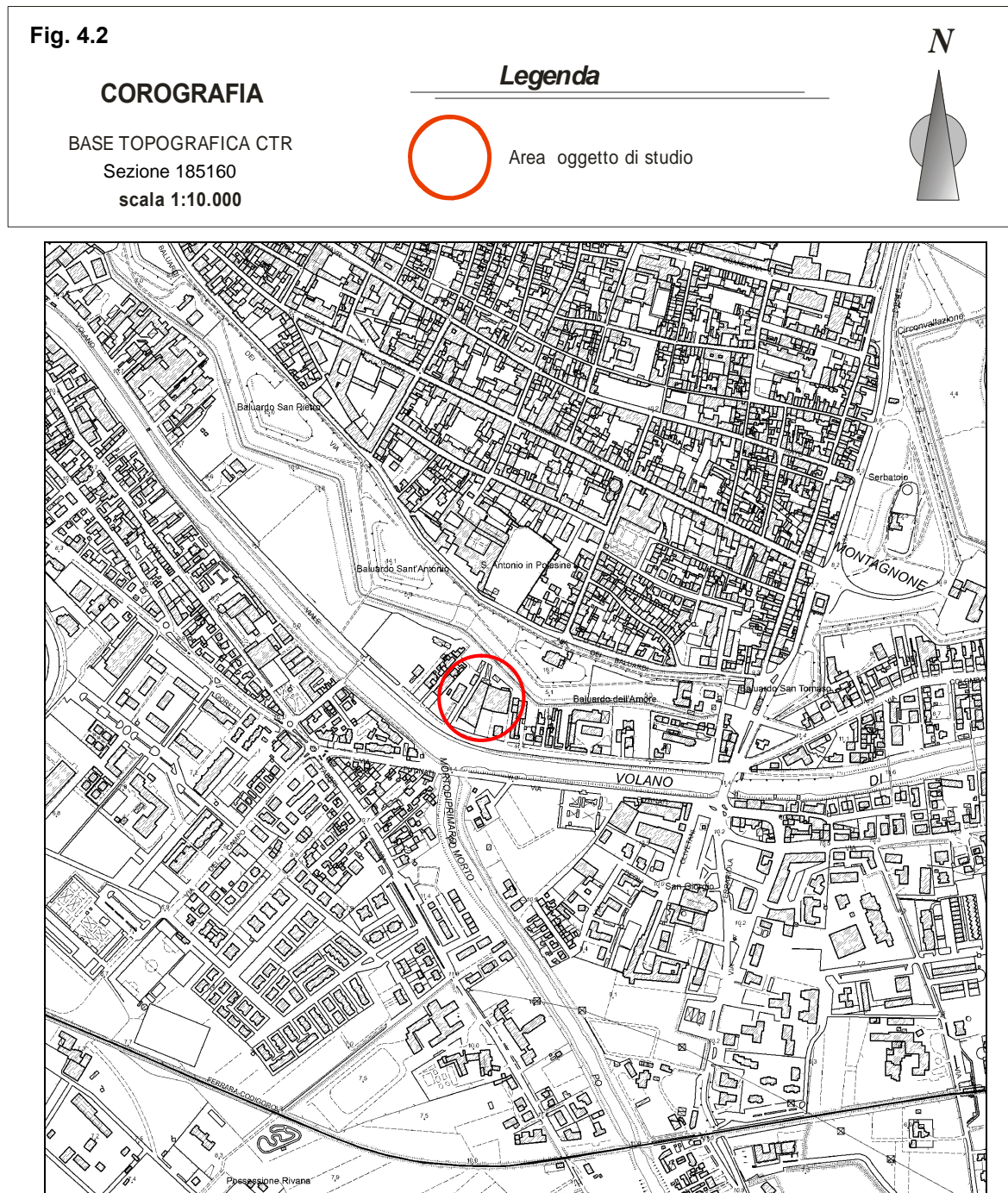


Fig. 4.1

Immagine satellitare con delimitazione del comparto 1ACS05-01.

4.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Dal punto di vista geografico l'area riferita al comparto 1ACS05-01 è rappresentata nella sezione 185160 della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000, della quale in Fig. 4.2 si fornisce uno stralcio, ed è individuata dalle coordinate ED50 lat. 44,825474 – long. 11,625126.



I terreni in esame sono censiti al Foglio 162, mappali 42, 43, 44 e 257 del NCEU del Comune di Ferrara.

4.2 - PROVE IN SITO

È stata eseguita n. 1 prova penetrometrica statica con piezocono e cono sismico SCPTU1 spinta fino alla profondità di 30,00 m dal piano campagna (p.c.), assunto come livello di riferimento.

L'indagine è stata effettuata da Songeo srl di Ferrara dietro incarico della proprietà e i dati acquisiti sono stati forniti dal Comune di Ferrara ai fini del presente studio.

La strumentazione di indagine è costituita da penetrometro autoancorante con spinta di 200 kN, montato su mezzo semovente cingolato e sono state seguite le procedure standard con lettura delle resistenze ogni centimetro in continuo e della velocità delle onde sismiche S ad ogni metro di profondità.

In corrispondenza del foro di prova sono state effettuate misurazioni piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva. L'ubicazione del punto di indagine è rappresentata in Fig. 4.3.

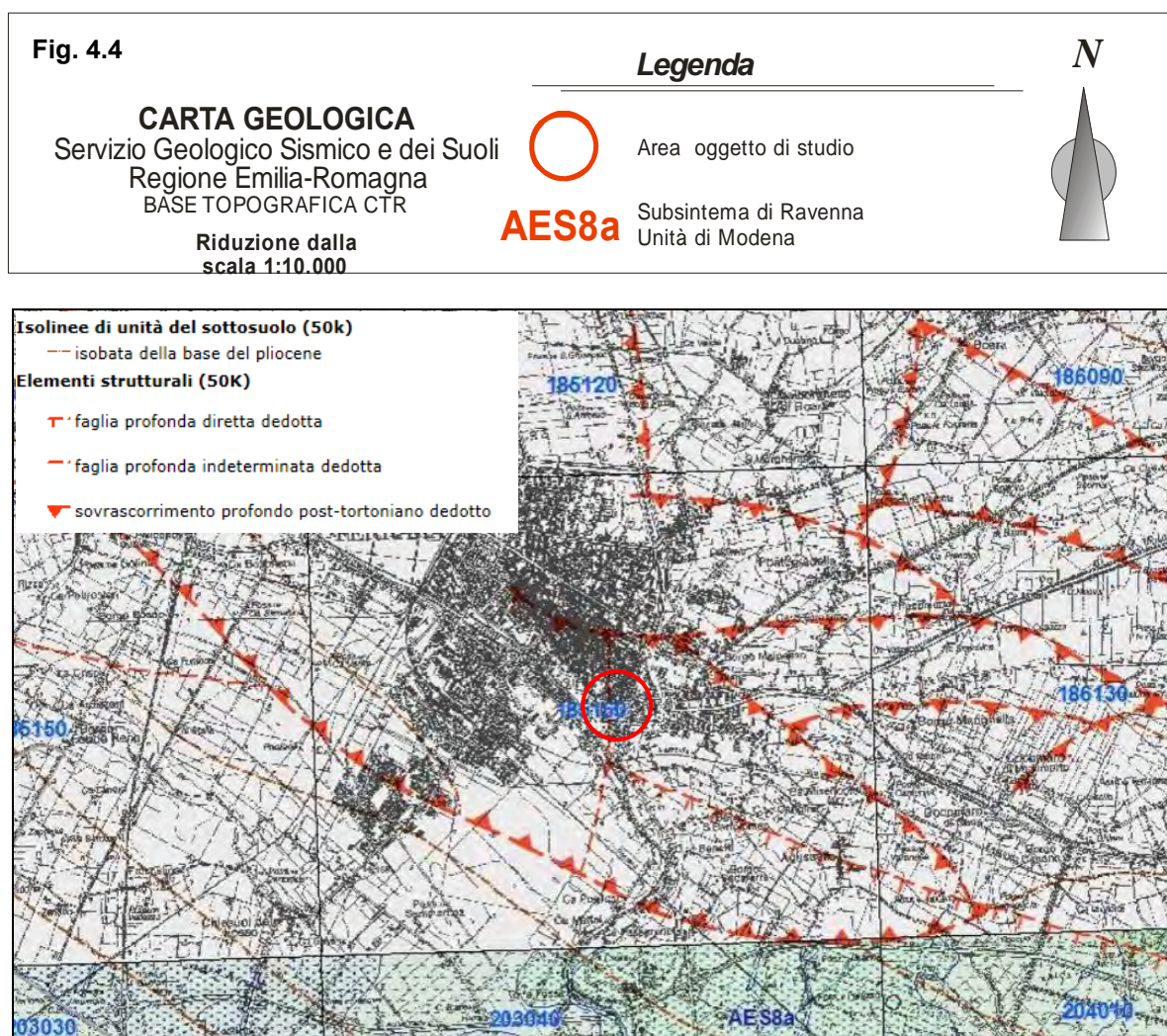


Fig. 4.3

Ubicazione della prova geotecnica e geofisica SCPTU1 su immagine satellitare.

4.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area in esame nella sezione 185160 solo per l'assetto strutturale (Fig. 4.4); per quanto riguarda le unità geologiche ci si riferisce alla rappresentazione in scala maggiore di 1:20.000 e alla sezione meridionale adiacente per analogia e si individuano coperture quaternarie attribuite al Subsistema di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a) descritte nella sezione generale.



La litologia superficiale è definita in sabbie limose di piana alluvionale.

Dal punto di vista strutturale immediatamente a Nord-Est del sito in esame è individuato un sistema di sovrascorrimenti profondi con direzione all'incirca Nord-Ovest - Sud-Est, riferibili al quadro strutturale appenninico (cfr. Fig. 4.4).

La Carta Geologica del Comune di Ferrara (Fig. 4.5) individua “sabbie e limi di riempimento di canale fluviale” e nell'estremità settentrionale “sabbie di riempimento di canale fluviale” di bassa piana alluvionale e deltizia del Po; si rilevano anche “terreni contenenti resti di attività antropica”.



Fig. 4.5 – Carta Geologica del Comune di Ferrara



Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio complessivamente pianeggiante privo di fenomeni di dissesto e completamente urbanizzato con quote topografiche attorno a +8,00 m s.l.m.m. debolmente degradanti verso sud.

A Nord è presente il rilevato antropico delle Mura cittadine ed a Sud il corso del Po di Volano.

La Carta Geomorfologica a corredo del quadro conoscitivo del PSC (Fig. 4.6) individua in corrispondenza del sito un paleolveo dossivo alto.

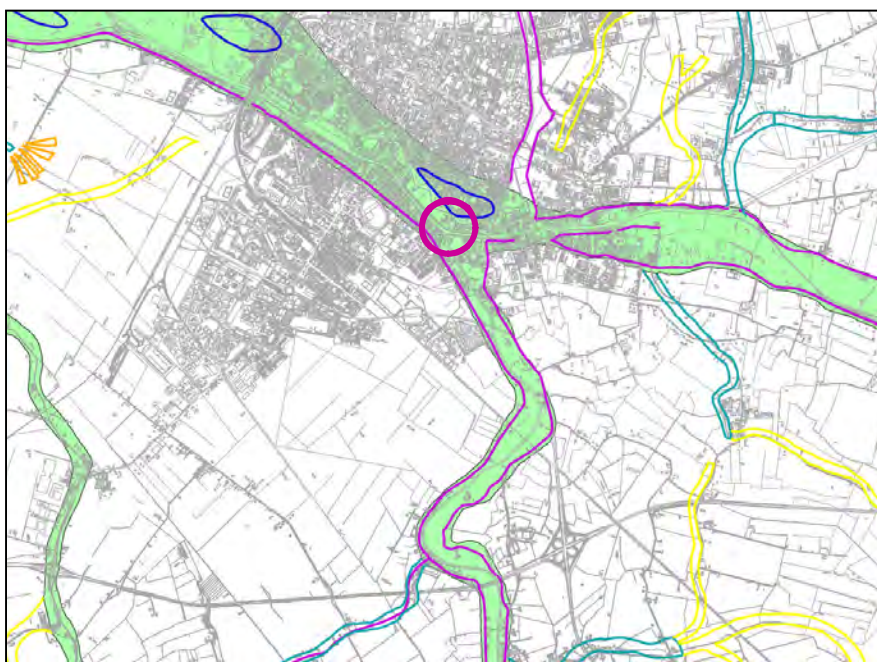


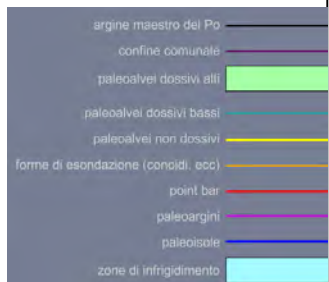
Fig. 4.6

**CARTA
GEOMORFOLOGICA
Quadro conoscitivo**

PSC Comune di Ferrara

Area oggetto di studio

LEGENDA

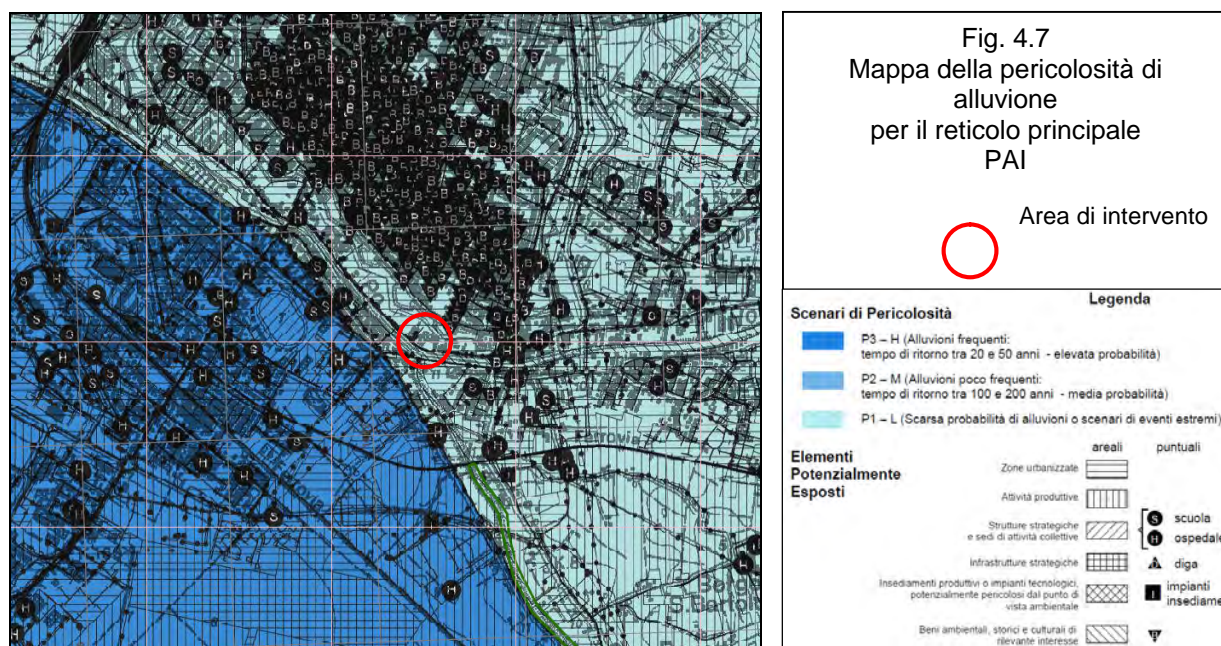


4.3.1 - Rischio idraulico

In base alle conoscenze geomorfologiche del territorio e all'analisi del microrilievo si evidenzia che il sito indagato si trova su una superficie topografica con debole pendenza degradante da Nord verso Sud.

Tendenzialmente le acque superficiali verranno raccolte dall'impianto fognario dell'area circostante attualmente urbanizzata; la natura sabbio-limosa dei terreni superficiali permette una scarsa infiltrazione nel sottosuolo.

In riferimento alla DGR 1300/2016, le "Mappe della pericolosità di alluvione" a corredo del PAI regionale (Fig. 4.7) inseriscono il lotto in esame in aree con scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (P1) in riferimento al reticolo principale, mentre per il reticolo secondario le alluvioni sono definite poco frequenti (P2) con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni; si evidenzia che nelle mappe relative al reticolo secondario è stata eliminata la classe P1 che è stata inglobata nella P2.



Le "Mappe del rischio di alluvione" del PAI sia per il reticolo principale, sia per quello secondario, definiscono un rischio medio (R2) per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

Il PAI specifica che i dati rappresentati nella mappa del rischio hanno valenza informativa e sono propedeutici alla elaborazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. A livello progettuale se ne dovrà tenere conto valutando l'eventualità di adottare le prescrizioni della DGR 1300/2016.

La falda acquifera freatica viene alimentata principalmente dall'apporto meteorico e pertanto risulta influenzata in modo importante dalle variazioni climatiche stagionali e annuali inoltre il rilievo topografico locale e la discreta permeabilità dei sedimenti fanno sì che il livello statico possa oscillare tra circa 5,00 e 8,00 m di profondità dal piano campagna. Le sabbie che costituiscono l'acquifero freatico raggiungono la profondità di circa 15,5 m.

In particolare la Carta della profondità della falda freatica a corredo del PSC individua livelli tra 2 e 4 m sotto il p.c.

Al momento dell'indagine SCPTU1 (31.05.2018) il livello statico è stato registrato alla profondità di -4,85 m dal p.c.

4.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

L'analisi delle prove penetrometriche consente la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, infatti permette di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del DM del 17.01.2018.

Si può così delineare la seguente successione:

da 0,00 m a 1,00 m dal p.c. – nessuna correlazione litologica per preforo

Si è resa necessaria l'esecuzione di un preforo a causa della presenza di materiali eterogenei di sottofondo e pertanto non è stato possibile acquisire dati per la correlazione litostratigrafica.

da 1,00 m a 2,90 m dal p.c. – sabbie da limose a con limo, limi sabbiosi

Si registrano medi e alterni valori di qc 2,2+/- MPa, con simmetrici valori di fs 40+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di sabbie da limose a con limo e si limi sabbiosi.

da 2,90 m a 5,00 m dal p.c. – limi argillosi e argille limose

Si registrano bassi valori di qc 1,8 MPa decrescenti verso, con simmetrici valori di fs 50+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di limi argillosi e argille limose.

da 5,00 m a 15,50 m dal p.c. – sabbie e sabbie limose

Si registrano medio-alti e alterni valori di qc 5,5 MPa crescenti verso il basso, con medi valori di fs 28+/- kPa.

Si evidenzia un banco di sabbie e sabbie limose.

da 15,50 m a 20,40 m dal p.c. – argille e argille limose

Si registrano bassi valori di qc 1,2+/- MPa debolmente crescenti verso il basso, con simmetrici valori di fs 28+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di argille e argille limose.

da 20,40 m a 30,00 m dal p.c. – alternanza di argille, argille limose e limi argillosi

Si registrano medi valori di qc 1,9+/- MPa, con simmetrici, ma alterni valori di fs 45+/- kPa.

Si evidenzia uno strato costituito dall'alternanza di argille, argille limose e limi argillosi.

Si tratta di terreni di età olocenica; l'ambiente di sedimentazione è complessivamente di tipo palustre pertanto a molto bassa o nulla energia di trasporto, diventa fluviale a bassa energia idrodinamica nei sedimenti intermedi.

Al momento delle prove il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di -4,85 m dal p.c.

4.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per la classificazione del sito in esame sono stati utilizzati i dati della prova penetrometrica statica con cono sismico SCPTU1 spinta fino alla profondità di 30,00 m dal p.c.

Il banco di terreni compresi nello spessore di 30,00 m è caratterizzato da:

$$V_{s30} = 212,05 \text{ m/s}$$

Pertanto il suolo di fondazione viene attribuito in prima approssimazione alla **categoria C** *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

I parametri sismici per tempi di ritorno di 475 anni ovvero per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e nell'ipotesi di classe d'uso II, calcolati tramite media ponderata, presentano i valori riportati sintetizzati di seguito (elaborazioni tramite INGV “Spettri NTC ver. 1.0.3”):

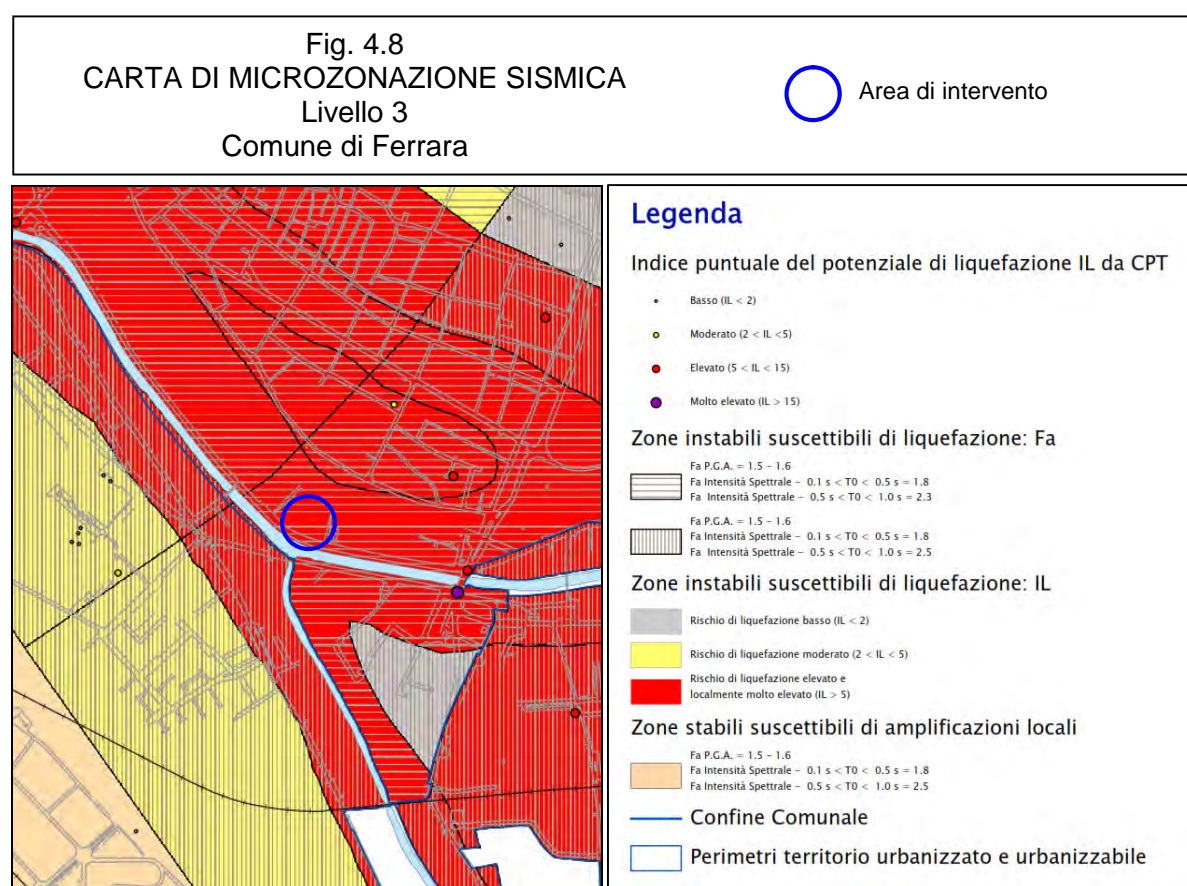
$$a_g (g) = 0,133 \quad F_0 = 2,595 \quad T_C = 0,274$$

$$S_s = 1,493 \quad - \quad C_c = 1,611$$

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,037	2,547	0,252
SLD	50	0,046	2,502	0,275
SLV	475	0,133	2,595	0,274
SLC	975	0,179	2,552	0,280

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica afferente alla Microzonazione Sismica di 3° livello del Comune di Ferrara (Fig. 4.8, dalla Tav. 4_10, QC1.1.10.4) inserisce l'area in esame in zona instabile suscettibile di liquefazione con rischio elevato e localmente molto elevato ($IL > 5$).



4.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area definita Comparto 1ACS05-01 dal punto di vista litostratigrafico è caratterizzata da sedimenti superficiali generalmente granulari fino alla profondità di 15,50 m dal p.c. di discrete qualità geotecniche, ma che per le loro caratteristiche granulometriche e di addensamento possono essere soggetti a fenomeni di liquefazione in condizioni dinamiche anche importanti.

Si rende necessaria un'indagine geognostica integrativa finalizzata a definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di dettaglio, ad effettuare una verifica del rischio di liquefazione degli strati granulari compresi tra 5,00 e 15,50 m di profondità con la conseguente revisione della Categoria sismica di suolo di fondazione ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

In base ai risultati del rischio di liquefazione sito-specifico sarà opportuno effettuare una valutazione dei cedimenti post-sismici con particolare riguardo ai sedimenti di natura granulare.

È opportuno prevedere un adeguato sistema di raccolta delle acque superficiali.

5 - COMPARTO 1ACS27-01

Il Comparto 1ACS27-01 è riferito ad un ambito del Centro Storico di Ferrara, interessato dal completamento di un edificio inserito nel subambito “Parchetto” con la sopraelevazione della porzione attualmente con solo piano terra in analogia con il restante edificio esistente previsto dalla 2° variante del POC; si tratta di un’area di proprietà di Bisi Maria Cirene, di circa 252 m², sita in Ferrara, Via del Parchetto in una zona urbanizzata immediatamente ad Ovest della Certosa di Ferrara (Fig. 5.1).

In relazione al sistema Beni Culturali e ambientali il sito è compreso in un’area a medio potenziale archeologico.

Ai fini del POC si vuole determinare la natura e la litologia dei sedimenti alla luce del loro inquadramento geologico; definire il tipo di falde acquifere, la loro giacenza e la distanza dal suolo; classificare i terreni dal punto di vista sismico.

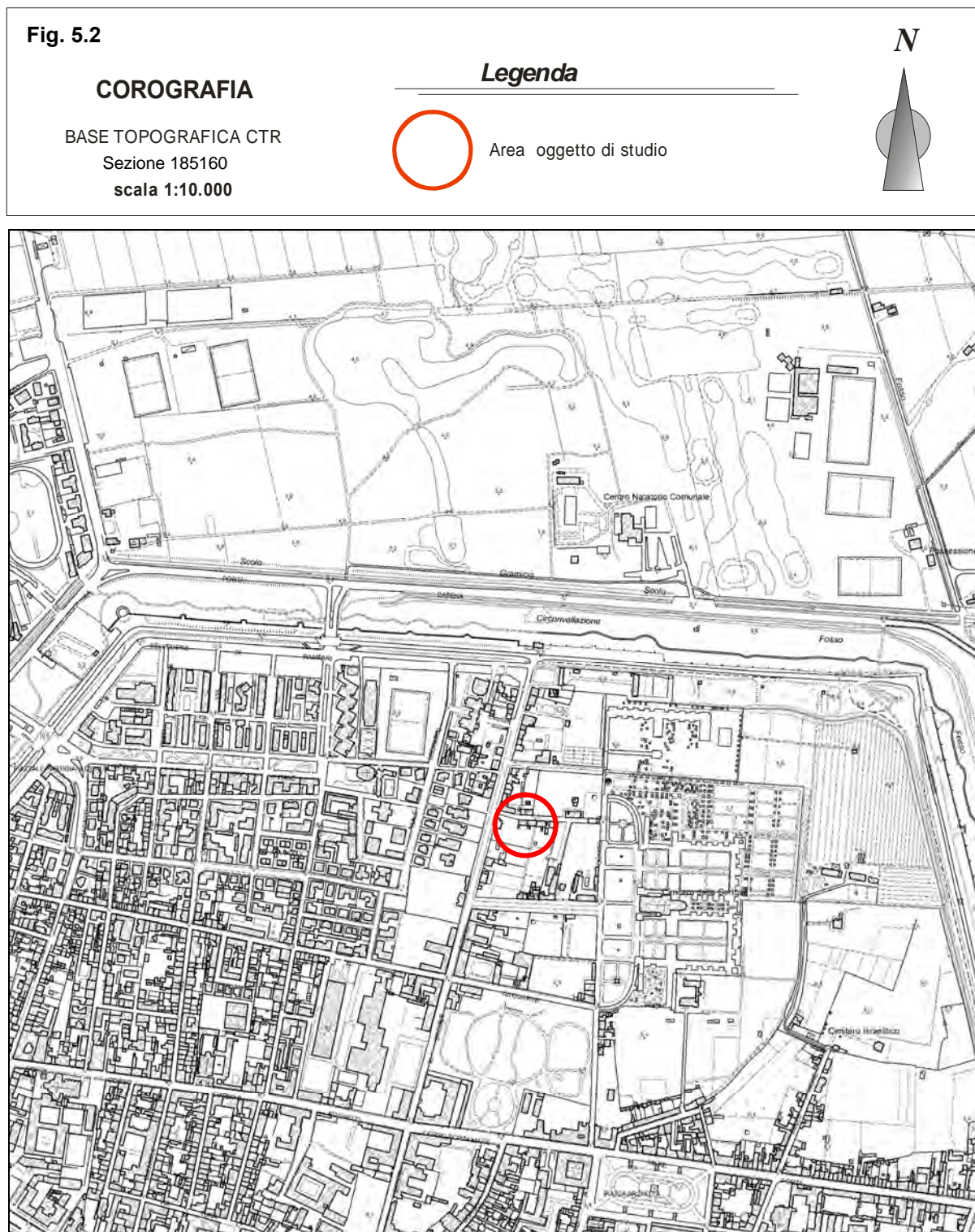


Fig. 5.1

Foto satellitare con
ubicazione del comparto
1ACS27-01.

5.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Dal punto di vista geografico l'area riferita al comparto 1ACS27-01 è rappresentata nella sezione 185160 della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000, della quale in Fig. 5.2 si fornisce uno stralcio, ed è individuata dalle coordinate ED50 lat. 44,847726 – long. 11,625470.



I terreni in esame sono censiti al Foglio 375, mappale 94 e parte del mappale 35 del NCEU del Comune di Ferrara.

5.2 - PROVE IN SITO

È stata eseguita n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT1 spinta fino alla profondità di 30,00 m dal piano campagna (p.c.), assunto come livello di riferimento.

È stata eseguita inoltre n. 1 indagine sismica tramite la tecnica MASW che ha potuto investigare i terreni entro i primi 30 m di profondità.

Le indagini sono state effettuate dal Dott. Geol. Mastellari Matteo di Ferrara dietro incarico della proprietà e i dati acquisiti sono stati forniti dal Comune di Ferrara ai fini del presente studio.

In corrispondenza del foro di prova sono state effettuate misurazioni piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva. L'ubicazione dei punti di indagine è rappresentata in Fig. 5.3.

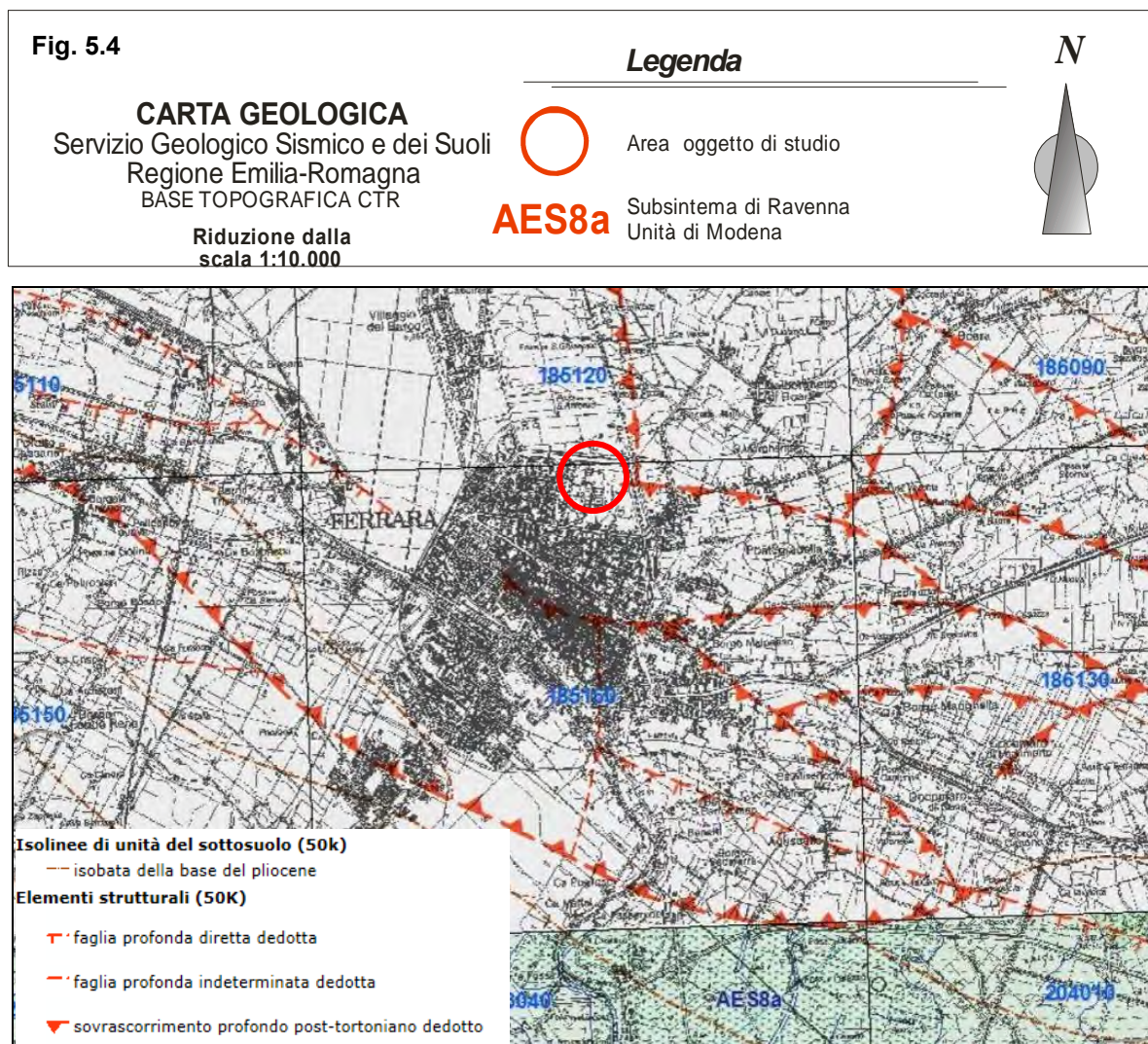


Fig. 5.3

Ubicazione della prova geotecnica CPT1 e della prova geofisica MASW su mappa catastale ed Ortofoto Agea 2014.

5.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

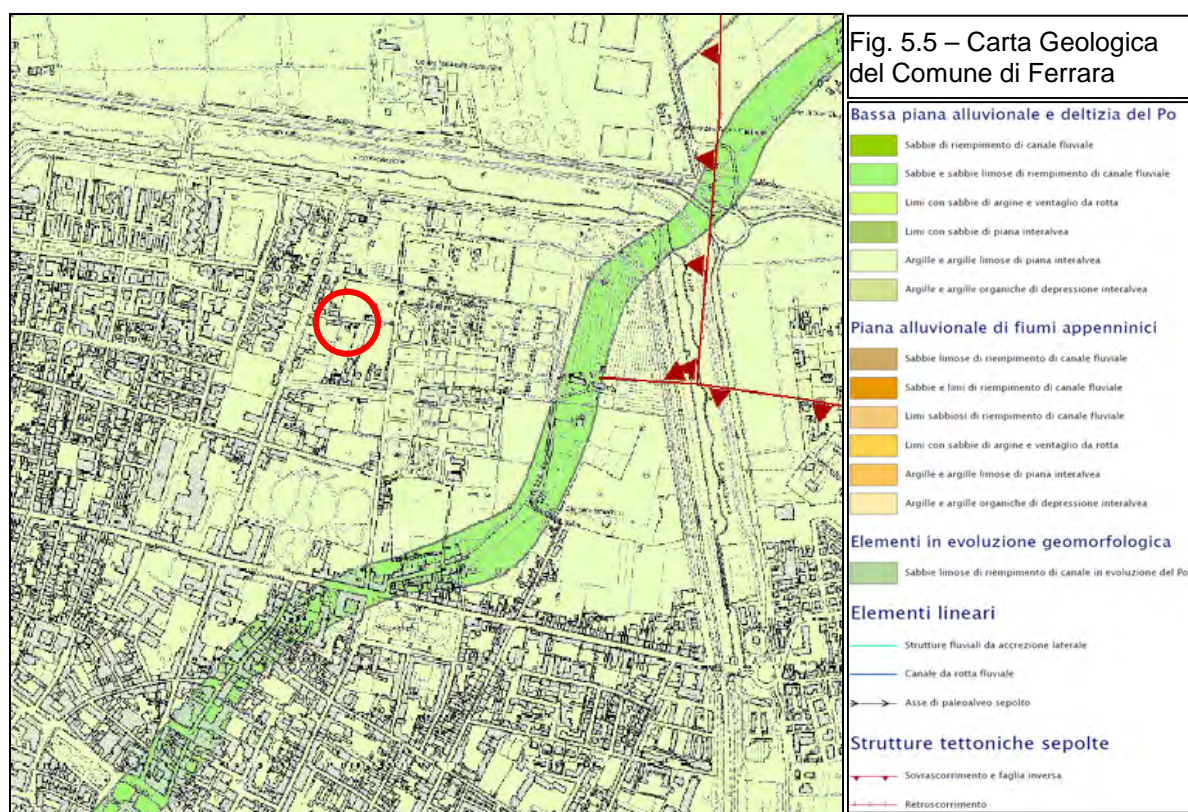
La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area in esame nella sezione 185160 solo per l'assetto strutturale (Fig. 5.4); per quanto riguarda le unità geologiche ci si riferisce alla rappresentazione in scala maggiore di 1:20.000 e alla sezione meridionale adiacente per analogia e si individuano coperture quaternarie attribuite al Subsistema di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a) descritte nella sezione generale.



La litologia superficiale è definita in argille limose di piana alluvionale.

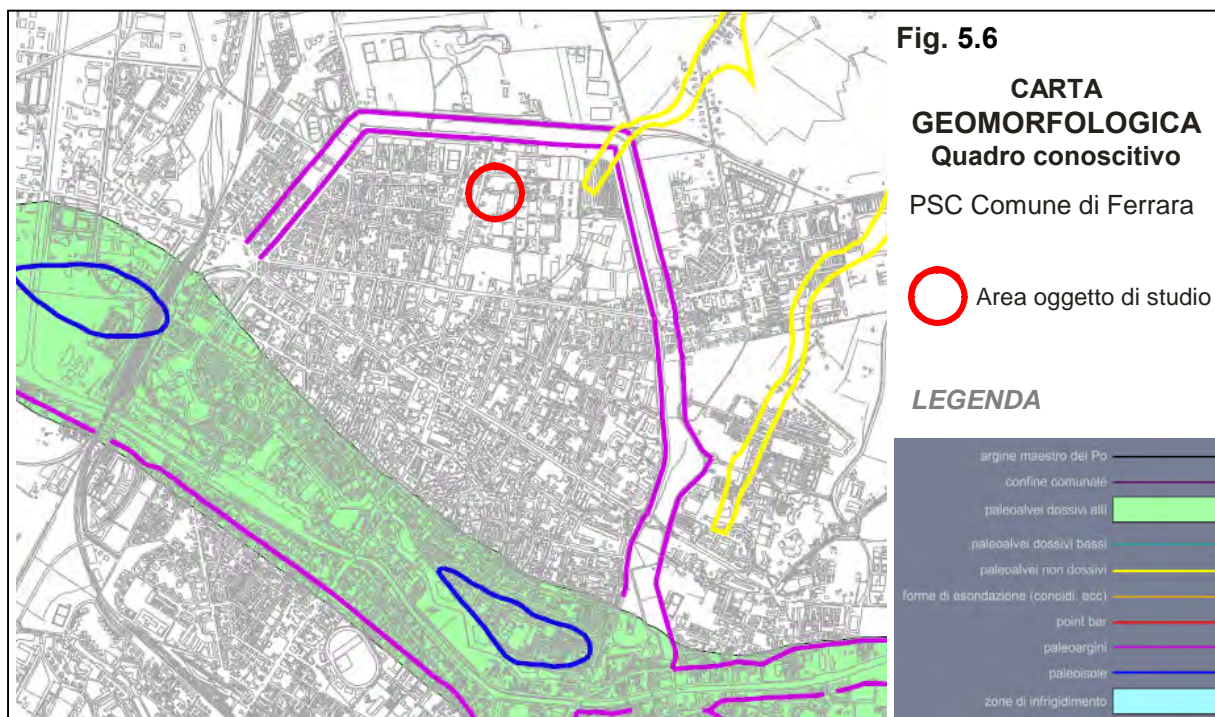
Dal punto di vista strutturale immediatamente ad Est del sito in esame sono individuati due sovrascorrimenti profondi perpendicolari con direzione rispettivamente Nord-Sud e Nord-Ovest - Sud-Est e più in generale ad Est ed a Sud dello stesso si individua un sistema di sovrascorrimenti e faglie dirette profonde con direzione prevalentemente Nord-Ovest - Sud-Est, più abbondanti nel settore a nord-est della città di Ferrara, riferibili al quadro strutturale appenninico (cfr. Fig. 5.4).

La Carta Geologica del Comune di Ferrara (Fig. 5.5) individua “argille ed argille limose di piana interalvea” e delinea due sovrascorrimenti sepolti immediatamente ad Est in concordanza con la Carta Geologica Regionale.



Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio complessivamente pianeggiante privo di fenomeni di dissesto, completamente urbanizzato, con quote topografiche comprese tra +6,30 e +6,10 m s.l.m.m. degradanti debolmente in direzione Nord-Est. A Nord del sito è presente il rilevato antropico delle Mura cittadine.

La Carta Geomorfologica a corredo del quadro conoscitivo del PSC (Fig. 5.6) inserisce il sito in una zona inter-fluviale pianeggiante priva di particolari criticità geomorfologiche ed individua un paleoalveo dossivo alto a Sud ed un paleoalveo non dossivo a Nord-Est in concordanza con la Carta Geologica del Comune di Ferrara.



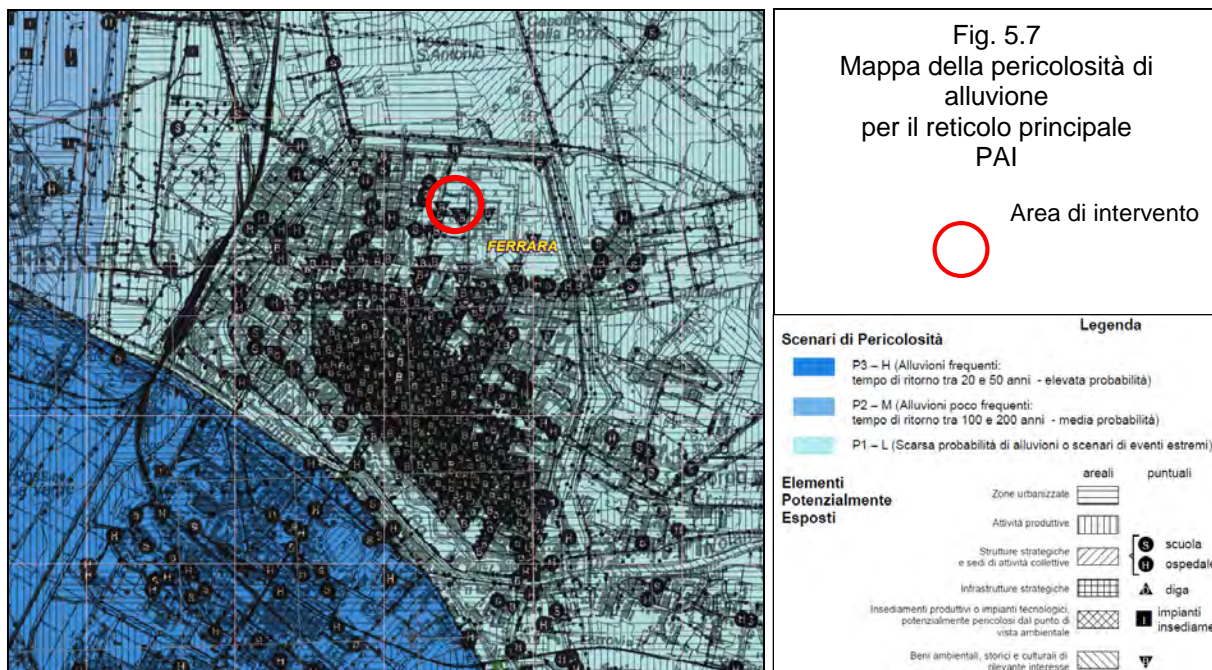
5.3.1 - Rischio idraulico

In base alle conoscenze geomorfologiche del territorio e all'analisi del microrilievo si evidenzia che il sito indagato si trova su una superficie topografica con deboli pendenze che tendono ad aumentare verso Sud-Ovest rispetto allo stesso.

Trovandoci di fronte ad un'area completamente urbanizzata, le acque superficiali verranno raccolte dai fossati interpoderali e dagli scoli che circondano il sito; la natura sabbio-limosa e limo-argillosa dei terreni superficiali rende tendenzialmente difficoltosa l'infiltrazione nel sottosuolo.

Tendenzialmente le acque superficiali verranno raccolte dall'impianto fognario dell'area circostante attualmente urbanizzata; la natura limo-argillosa dei terreni superficiali permette un'infiltrazione nel sottosuolo molto scarsa.

In riferimento alla DGR 1300/2016, le "Mappe della pericolosità di alluvione" a corredo del PAI regionale (Fig. 5.7) inseriscono il lotto in esame in aree con scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (P1) in riferimento al reticolo principale, mentre per il reticolo secondario le alluvioni sono definite poco frequenti (P2) con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni; si evidenzia che nelle mappe relative al reticolo secondario è stata eliminata la classe P1 che è stata inglobata nella P2.



Le “Mappe del rischio di alluvione” del PAI sia per il reticolo principale, sia per quello secondario, definiscono un rischio medio (R2) per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l’incolumità delle persone, l’agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

Il PAI specifica che i dati rappresentati nella mappa del rischio hanno valenza informativa e sono propedeutici alla elaborazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. A livello progettuale se ne dovrà tenere conto valutando l’eventualità di adottare le prescrizioni della DGR 1300/2016.

La falda acquifera freatica viene alimentata principalmente dall’apporto meteorico e pertanto risulta influenzata in modo importante dalle variazioni climatiche stagionali e annuali in modo tale che il livello statico può oscillare tra circa 1,00 e 4,00 m di profondità dal piano campagna.

In particolare la Carta della profondità della falda freatica a corredo del PSC individua livelli tra 2 e 4 m sotto il p.c.

Al momento dell’indagine CPT1 (15.04.2018) il livello statico è stato registrato alla profondità di -1,40 m dal p.c.

5.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

L'analisi della prova penetrometrica consente la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, infatti permette di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del DM del 17.01.2018.

Si può così delineare la seguente successione:

da 0,00 m a 1,00 m dal p.c. – Sottofondo stradale

Si evidenzia uno strato di terreno riportato per la realizzazione del sottofondo stradale che quindi non va considerato ai fini progettuali.

da 1,00 m a 2,00 m dal p.c. – Argille

Si registrano bassi valori di q_c 8+/- daN/cm², con valori simmetrici di f_s 0,3+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 20+/-.

Si evidenzia uno strato di argille mediamente consistenti.

da 2,00 m a 4,20 m dal p.c. – Sabbie

Si registrano medio-alti valori di q_c 42+/- daN/cm², con valori di f_s 0,4+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 80+/-.

Si evidenzia uno strato costituito da sabbie.

da 4,20 m a 9,20 m dal p.c. – Sabbie argillose ed argille sabbiose

Si registrano bassi valori di q_c 7+/- daN/cm², con valori piuttosto simmetrici di f_s 0,3+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 20+/-.

Si evidenzia uno strato di sabbie argillose passanti ad argille ed argille sabbiose.

da 9,20 m a 12,00 m dal p.c. – Argille ed argille organiche

Si registrano bassi valori di q_c 6+/- daN/cm² con trend leggermente crescente verso il basso, con alterni valori di f_s 0,5+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 16+/-.

Si evidenzia uno strato costituito da argille organiche ed argille.

da 12,00 m a 16,60 m dal p.c. – Argille sabbiose e sabbie argillose

Si registrano medio-bassi valori di q_c 14+/- daN/cm² con trend crescente verso il basso, con alterni valori di f_s 0,5+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 26+/-.

Si evidenzia uno strato di argille sabbiose passanti a sabbie argillose.

da 16,60 m a 27,00 m dal p.c. – Sabbie

Si registrano alti valori di q_c 180+/- daN/cm², con valori non sempre simmetrici di f_s 1,4+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 85+/-.

Si evidenzia uno strato costituito da sabbie.

da 27,00 m a 30,00 m dal p.c. – Argille

Si registrano medio-alti valori di q_c 32+/- daN/cm², con valori piuttosto simmetrici di f_s 2,1+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 15+/-.

Si evidenzia uno strato di argille.

Si tratta di terreni di età olocenica; l'ambiente di sedimentazione è complessivamente di tipo palustre pertanto a bassa energia di trasporto per gli orizzonti superficiali, mentre diventa fluviale a media energia idrodinamica nei sedimenti intermedi.

Al momento della prova il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di -1,40 m dal p.c.

5.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per la classificazione del sito in esame sono stati utilizzati i dati pervenuti dall'esecuzione in sito della prova geofisica MASW.

Il banco di terreni compresi nello spessore di 30,00 m è caratterizzato da:

$$V_{s30} = 188 \text{ m/s}$$

Pertanto il suolo di fondazione viene attribuito alla **categoria C** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*", con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

I parametri sismici per tempi di ritorno di 475 anni ovvero per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e nell'ipotesi di classe d'uso II, calcolati tramite media ponderata, presentano i valori riportati sintetizzati di seguito (elaborazioni tramite INGV "Spettri NTC ver. 1.0.3"):

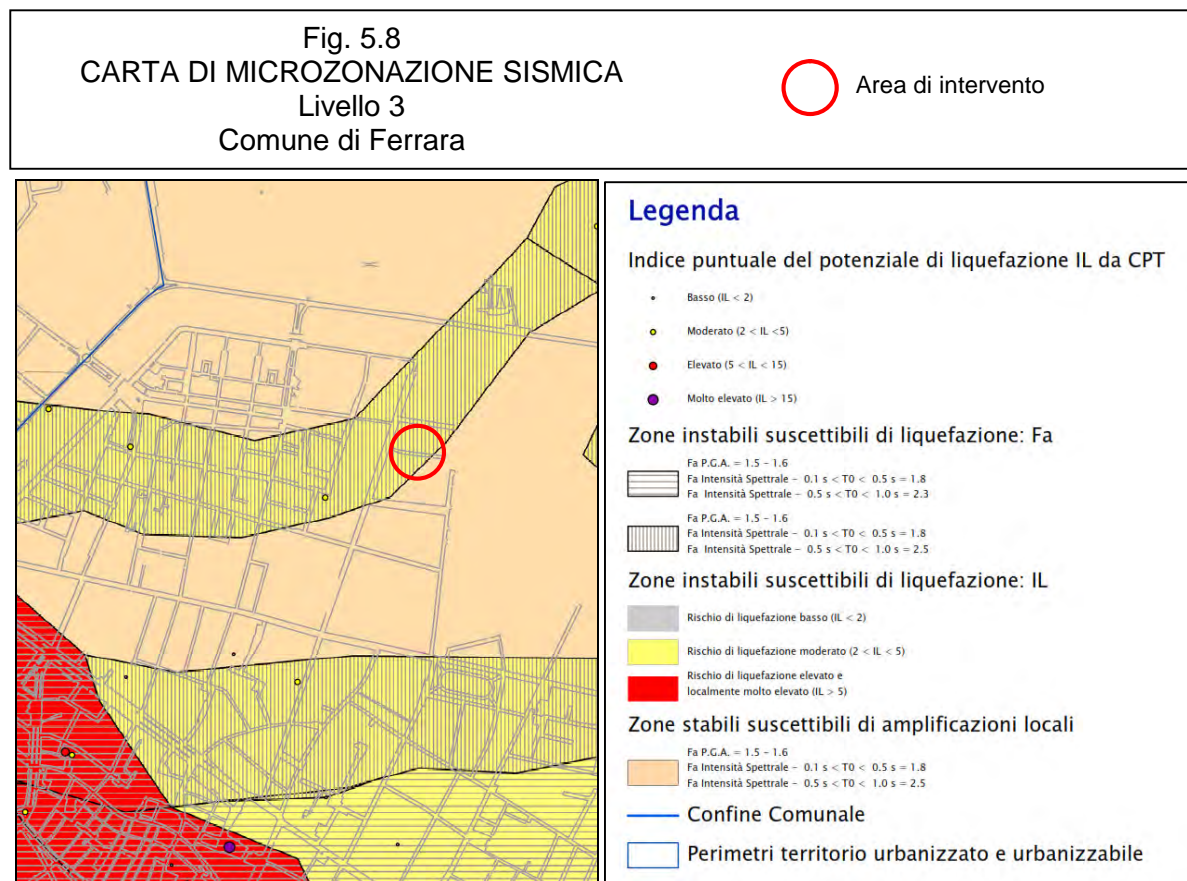
$$a_g (g) = 0,130 \quad F_0 = 2,596 \quad T_C = 0,275$$

$$S_s = 1,50 \quad - \quad C_c = 1,61$$

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,036	2,547	0,252
SLD	50	0,045	2,510	0,276
SLV	475	0,130	2,596	0,275
SLC	975	0,174	2,558	0,280

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica afferente alla Microzonazione Sismica di 3° livello del Comune di Ferrara (Fig. 5.8, dalla Tav. 4_10, QC1.1.10.4) inserisce l'area in esame all'interno di una zona instabile suscettibile di liquefazione, al confine con una zona stabile soggetta a sola amplificazione; il rischio di liquefazione risulta essere moderato ($2 < IL < 5$) e la suddetta zona instabile è caratterizzata da Fa P.G.A. = 1.5 – 1.6; Fa intensità spettrale = 1.8 per $0.1 \text{ s} < T_0 < 0.5 \text{ s}$ e $Fa = 2.5$ per $0.5 \text{ s} < T_0 < 1.0 \text{ s}$.



5.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area definita Comparto 1ACS27-01 dal punto di vista litostratigrafico è caratterizzata da sedimenti superficiali di scarse qualità geotecniche e da un livello di circa 2 metri di spessore compreso tra 2,0 e 4,2 m da p.c. dalle discrete qualità geotecniche, ma che per le sue caratteristiche granulometriche e di addensamento può essere soggetto a fenomeni di liquefazione in condizioni dinamiche anche importanti.

Si rende necessaria un'indagine geognostica integrativa finalizzata a definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di dettaglio, ad effettuare una verifica del rischio di liquefazione degli strati granulari con la conseguente revisione della Categoria sismica di suolo di fondazione ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

In base ai risultati del rischio di liquefazione sito-specifico sarà opportuno effettuare una valutazione dei cedimenti post-sismici con particolare riguardo ai sedimenti di natura granulare.

6 - COMPARTO 4ASPCN-05

Il Comparto 4ASPCN-05 è riferito ad un Ambito specializzato per attività produttive di nuovo insediamento previsto dalla 2° variante del POC (Fig. 6.1); si tratta di un'area di proprietà FREEVEND srl, di circa 3.900 m², suddivisa in n. 2 lotti edificabili e sita in Ferrara, Via Béla Bartok in una zona artigianale e a ridosso del quartiere fieristico cittadino.

Ai fini del POC si vuole determinare la natura e la litologia dei sedimenti alla luce del loro inquadramento geologico; definire il tipo di falde acquifere, la loro giacenza e la distanza dal suolo; classificare i terreni dal punto di vista sismico.

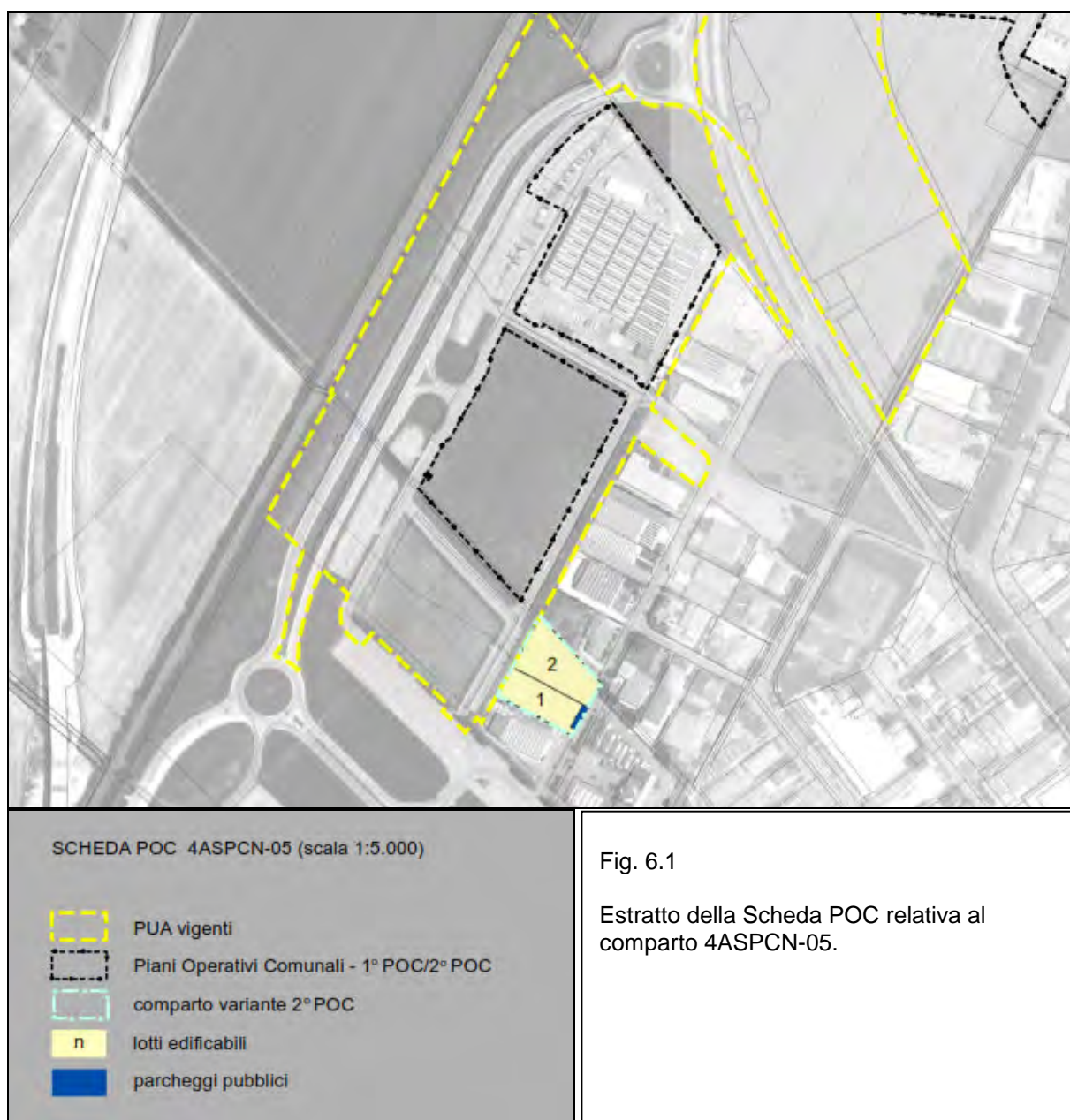
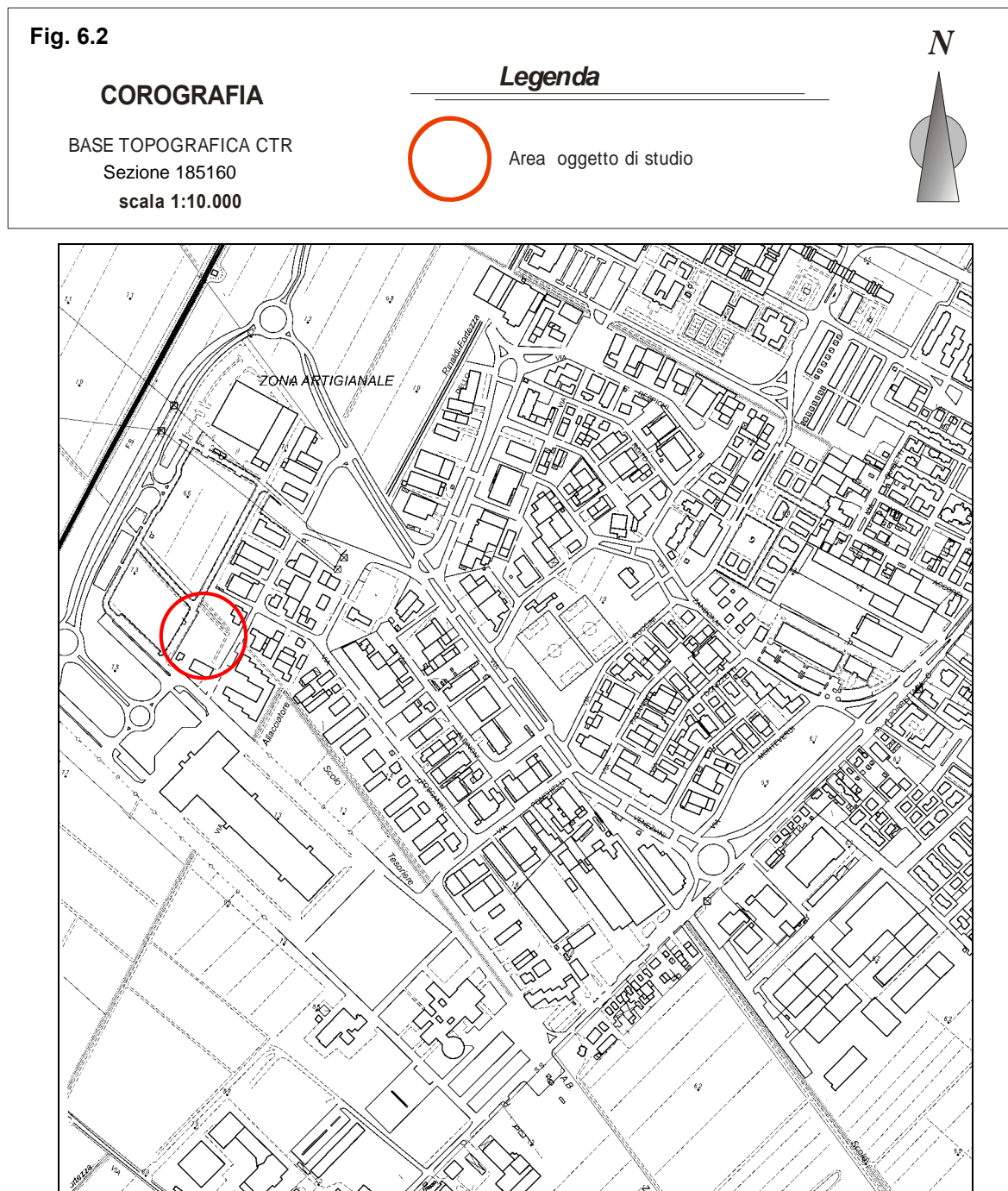


Fig. 6.1

Estratto della Scheda POC relativa al comparto 4ASPCN-05.

6.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Dal punto di vista geografico l'area riferita al comparto 4ASPCN-05 è rappresentata nella sezione 185160 della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000, della quale in Fig. 6.2 si fornisce uno stralcio, ed è individuata dalle coordinate ED50 lat. 44,81664 – long. 11,58639.



I terreni in esame sono censiti al Foglio 226, mappali 263 – 268 – 269 del NCEU del Comune di Ferrara.

6.2 - PROVE IN SITO

È stata eseguita n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e cono sismico SCPTU1 spinta fino alla profondità di 30,00 m dal piano campagna (p.c.), assunto come livello di riferimento.

L'indagine è stata effettuata da S.S.T. Studio Servizi Tecnici Settore geologia e ambiente di Codigoro dietro incarico della proprietà e i dati acquisiti sono stati forniti dal Comune di Ferrara ai fini del presente studio.

In corrispondenza del foro di prova sono state effettuate misurazioni piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva. L'ubicazione del punto di indagine è rappresentata in Fig. 6.3.

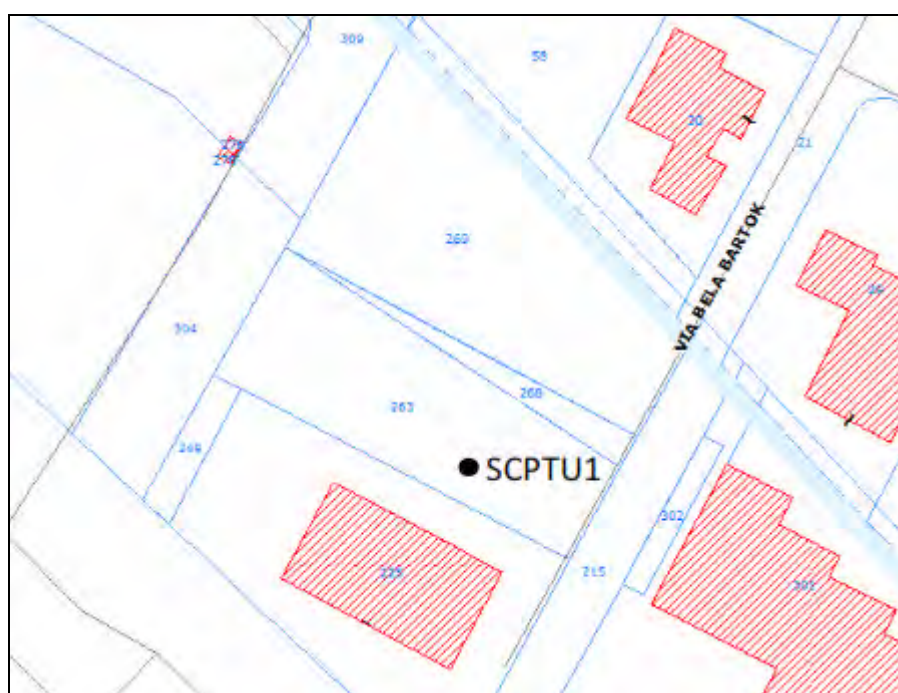
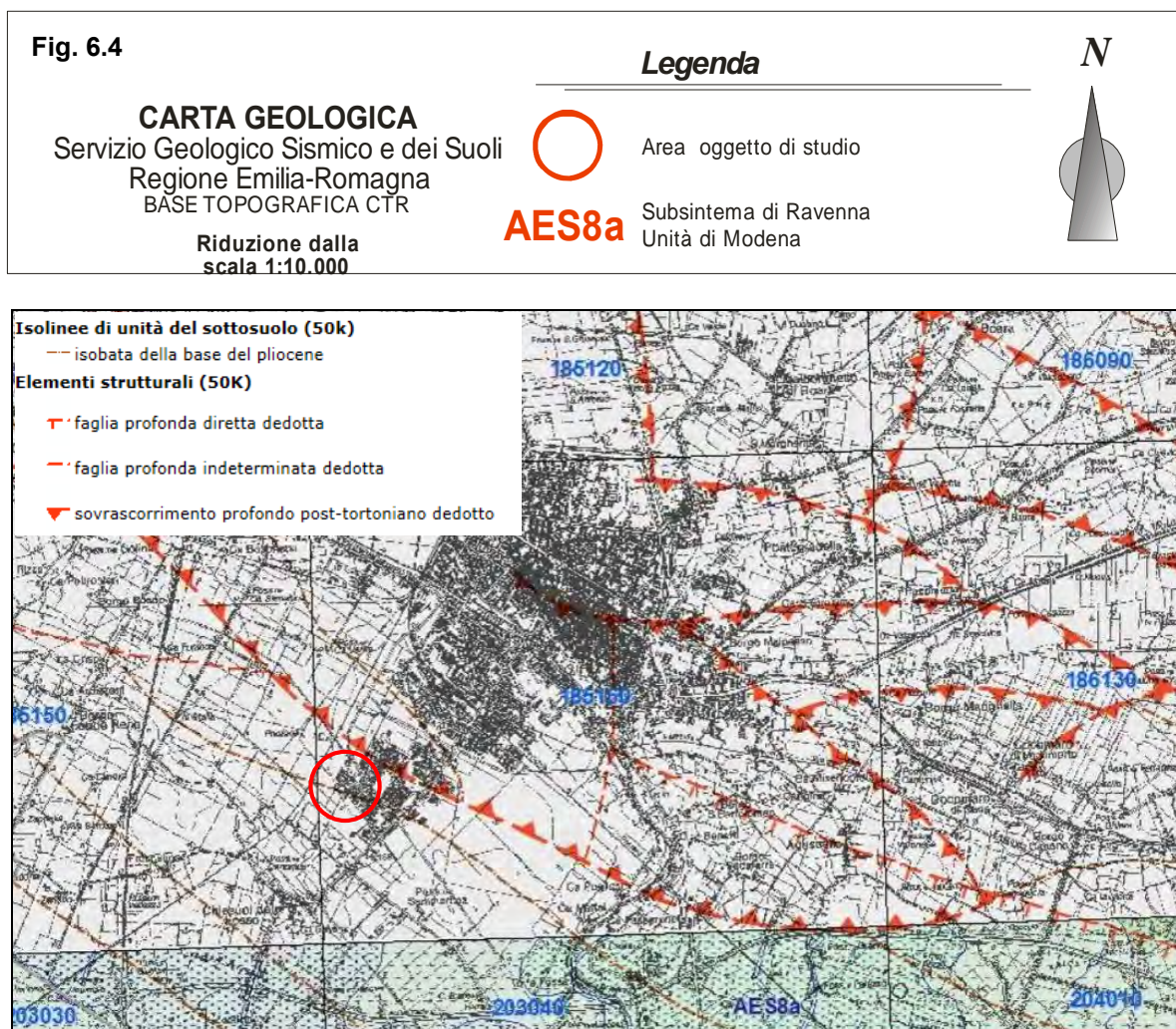


Fig. 6.3

Ubicazione della prova geotecnica e geofisica SCPTU1 su mappa catastale.

6.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

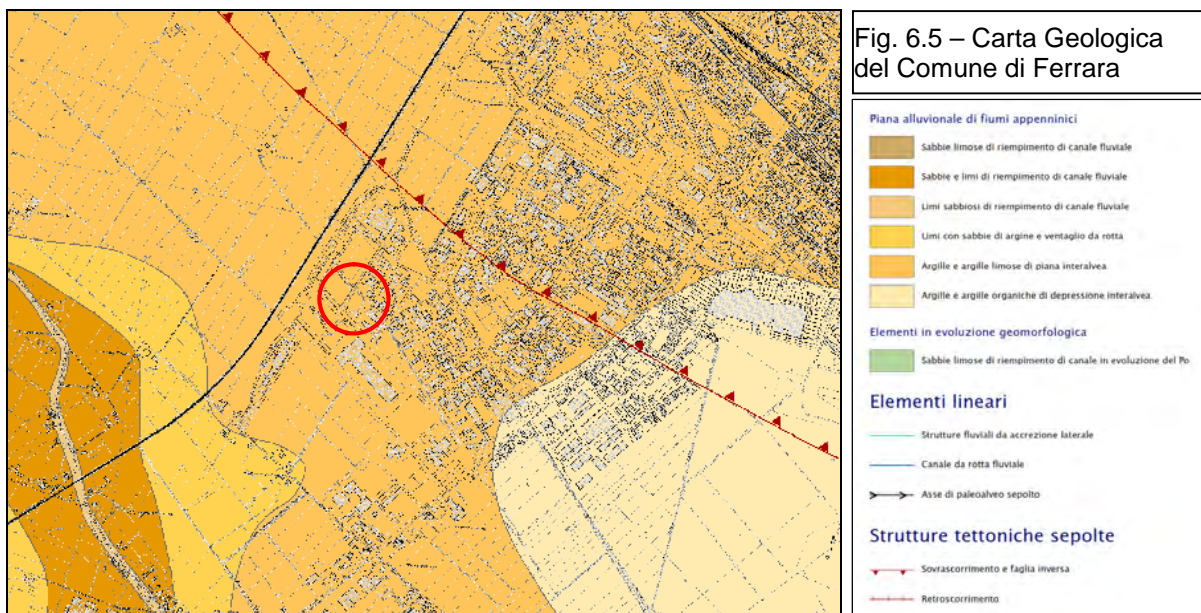
La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area in esame nella sezione 185160 solo per l'assetto strutturale (Fig. 6.4); per quanto riguarda le unità geologiche ci si riferisce alla rappresentazione in scala maggiore di 1:20.000 e alla sezione meridionale adiacente per analogia e si individuano coperture quaternarie attribuite al Subinterna di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a) descritte nella sezione generale.



La litologia superficiale è definita in sabbie limose di piana alluvionale.

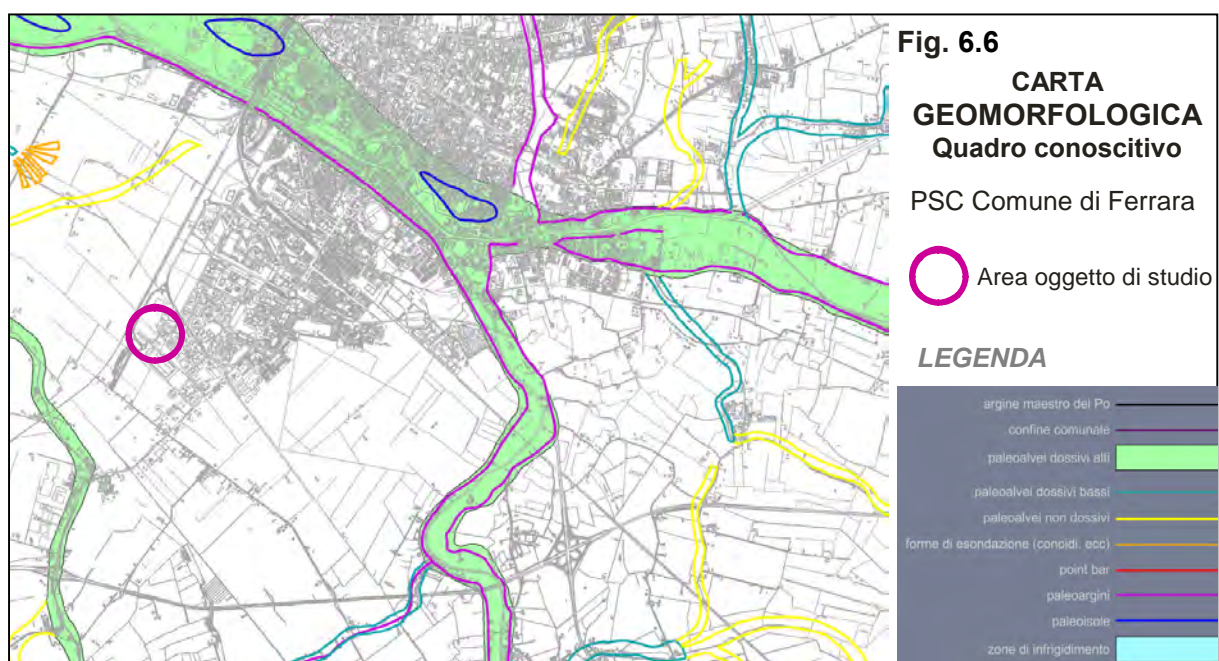
Dal punto di vista strutturale immediatamente a Nord-Est del sito in esame è individuato un sistema di sovrascorrimenti e faglie dirette profonde con direzione all'incirca Nord-Ovest - Sud-Est, più abbondanti nel settore a Nord-Est della città di Ferrara, riferibili al quadro strutturale appenninico (cfr. Fig. 6.4).

La Carta Geologica del Comune di Ferrara (Fig. 6.5) individua “argille e argille limose di piana interalvea” e delinea un sovrascorrimento sepolto immediatamente a Nord-Est con direzione Nord-Ovest – Sud-Est in concordanza con la Carta Geologica Regionale.



Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio complessivamente pianeggiante privo di fenomeni di dissesto e completamente urbanizzato con quote topografiche attorno a +7,50 m s.l.m.m.

La Carta Geomorfologica a corredo del quadro conoscitivo del PSC (Fig. 6.6) inserisce il sito in una zona inter-fluviale pianeggiante priva di particolari criticità geomorfologiche.

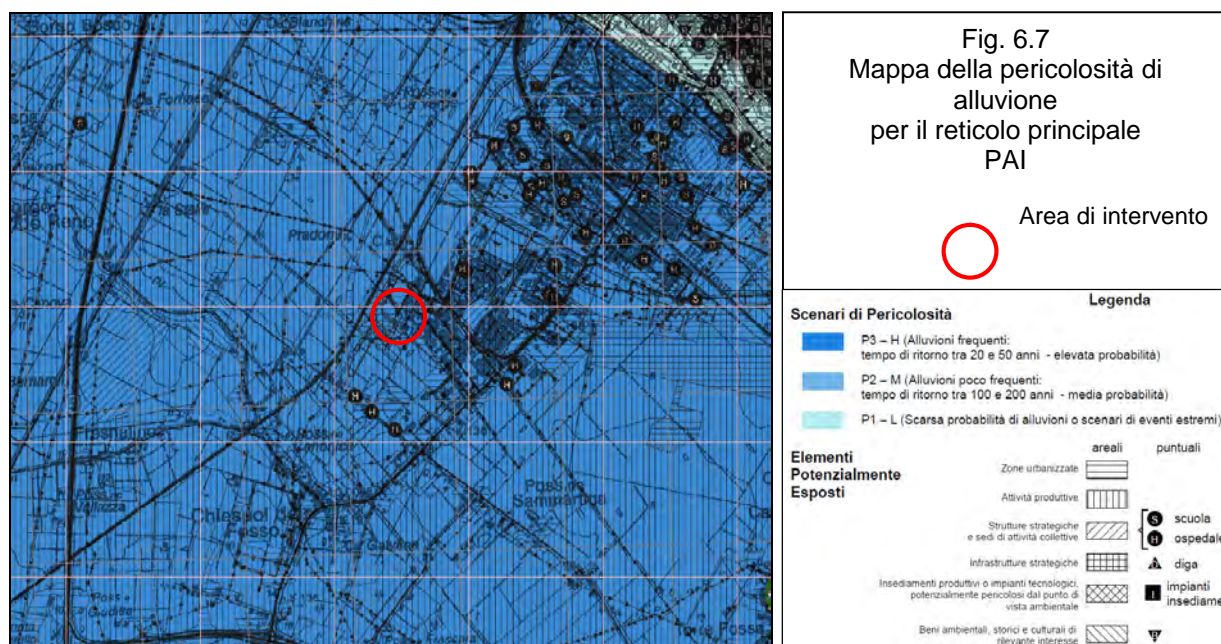


6.3.1 - Rischio idraulico

In base alle conoscenze geomorfologiche del territorio e all'analisi del microrilievo si evidenzia che il sito indagato si trova su una superficie topografica con debole pendenza degradante da Sud-Ovest verso Nord-Est.

Tendenzialmente le acque superficiali verranno raccolte dall'impianto fognario dell'area circostante attualmente urbanizzata; la natura sabbio-limosa e limo-argillosa dei terreni superficiali rende difficoltosa l'infiltrazione nel sottosuolo.

In riferimento alla DGR 1300/2016, le "Mappe della pericolosità di alluvione" a corredo del PAI regionale (Fig. 6.7) inseriscono il lotto in esame in aree suscettibili ad alluvioni frequenti con tempi di ritorno di 20 – 50 anni ed elevata probabilità (P3) in riferimento al reticolo principale, mentre per il reticolo secondario le alluvioni sono definite poco frequenti (P2) con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni; si evidenzia che nelle mappe relative al reticolo secondario è stata eliminata la classe P1 che è stata inglobata nella P2.



Le "Mappe del rischio di alluvione" del PAI per il reticolo principale evidenziano un rischio molto elevato (R4) per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche; per il reticolo secondario il rischio è classificato medio (R2) per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

Il PAI specifica che i dati rappresentati nella mappa del rischio hanno valenza informativa e sono propedeutici alla elaborazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. A livello

progettuale se ne dovrà tenere conto valutando l'eventualità di adottare le prescrizioni della DGR 1300/2016.

La falda acquifera freatica viene alimentata principalmente dall'apporto meteorico e pertanto risulta influenzata in modo importante dalle variazioni climatiche stagionali e annuali in modo tale che il livello statico può oscillare tra circa 1,00 e 4,00 m di profondità dal piano campagna. In particolare la Carta della profondità della falda freatica a corredo del PSC individua livelli tra 1 e 2 m sotto il p.c.

Al momento dell'indagine SCPTU (17.10.2016) il livello statico è stato registrato alla profondità di -2,50 m dal p.c.

6.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

L'analisi delle prove penetrometriche consente la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, infatti permette di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del DM del 17.01.2018.

Si può così delineare la seguente successione:

da 0,00 m a 2,00 m dal p.c. - argille limose

Si registrano medi valori di qc 2,3+/- MPa, con trend in diminuzione verso il basso, con simmetrici valori di fs 170+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di argille limose; le discrete resistenze superficiali sono correlabili a fenomeni di essiccamento, con variazioni volumetriche a ciclo stagionale, e pertanto non sono da considerare ai fini progettuali.

da 2,00 m a 6,00 m dal p.c. - argille

Si registrano medio-bassi valori di qc 0,9+/- MPa debolmente decrescenti con la profondità, con simmetrici valori di fs 50+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di argille.

da 6,00 m a 15,50 m dal p.c. - argille limose a bassa consistenza a tratti organiche

Si registrano bassi valori di qc 0,6 MPa crescenti verso il basso molto debolmente, con simmetrici valori di fs 40+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di argille limose a bassa consistenza a tratti organiche e con torbe.

da 15,50 m a 24,00 m dal p.c. - alternanza di limi argillo-sabbiosi e sabbie limose

Si registrano medio-alti e alterni valori di qc 2-3+/- MPa, con simmetrici valori di fs 110+/- kPa.

Si evidenzia l'alternanza di limi argillo-sabbiosi e sabbie limose.

da 24,00 m a 30,00 m dal p.c. - argille e argille limose consistenti

Si registrano medi valori di q_c 1,8+/- MPa debolmente crescenti con la profondità, con simmetrici, ma alterni valori di f_s 60+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di argille e argille limose consistenti.

Si tratta di terreni di età olocenica; l'ambiente di sedimentazione è complessivamente di tipo palustre pertanto a molto bassa o nulla energia di trasporto, diventa fluviale a bassa energia idrodinamica nei sedimenti intermedi.

Al momento delle prove il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di -2,50 m dal p.c.

6.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per la classificazione del sito in esame sono stati utilizzati i dati della prova penetrometrica statica con cono sismico SCPTU1 spinta fino alla profondità di 30,00 m dal p.c.

Il banco di terreni compresi nello spessore di 30,00 m è caratterizzato da:

$$V_{s30} = 177 \text{ m/s}$$

Pertanto il suolo di fondazione viene attribuito alla **categoria D** "*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s".

I parametri sismici per tempi di ritorno di 475 anni ovvero per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e nell'ipotesi di classe d'uso II, calcolati tramite media ponderata, presentano i valori riportati sintetizzati di seguito (elaborazioni tramite INGV "Spettri NTC ver. 1.0.3"):

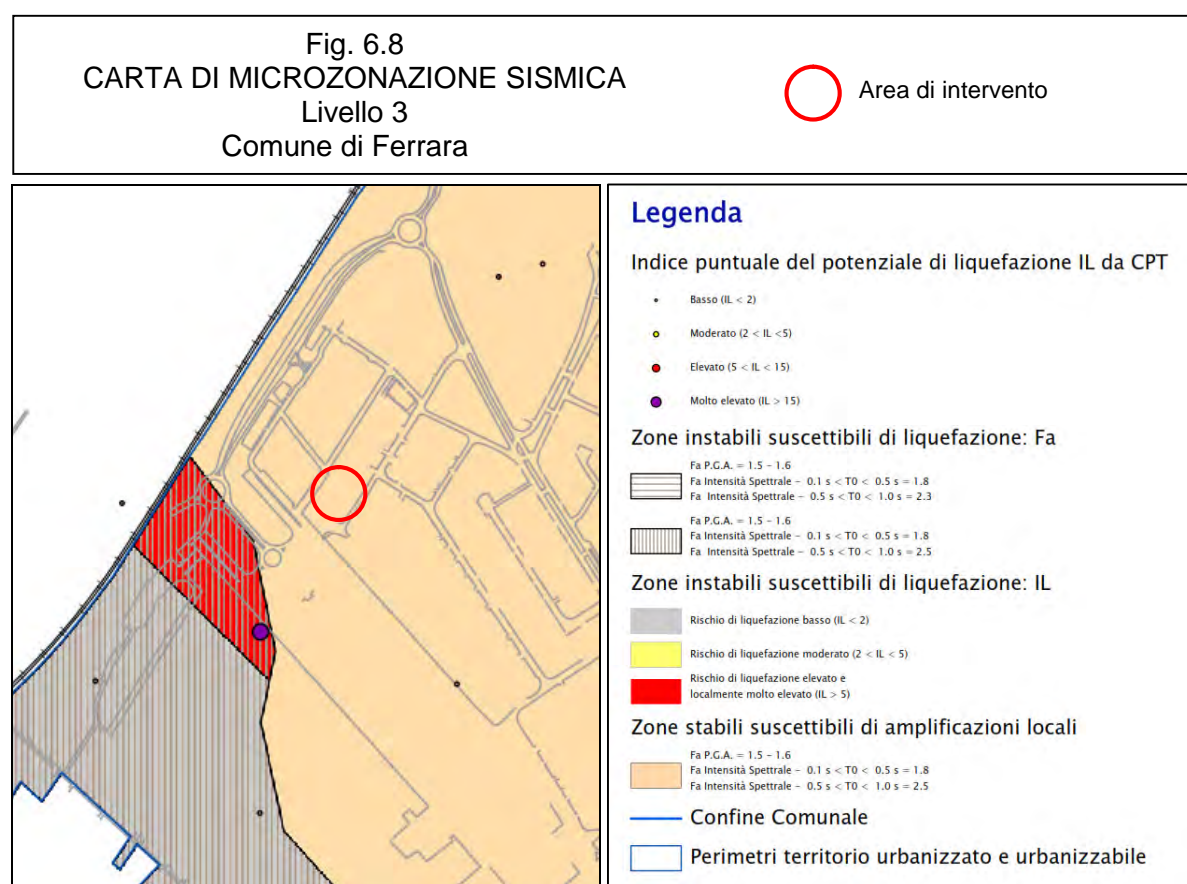
$$a_g (g) = 0,144 \quad F_0 = 2,592 \quad T_C = 0,271$$

$$S_s = 1,8 \quad - \quad C_c = 2,399$$

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,038	2,548	0,254
SLD	50	0,049	2,491	0,273
SLV	475	0,144	2,592	0,271
SLC	975	0,194	2,537	0,278

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica afferente alla Microzonazione Sismica di 3° livello del Comune di Ferrara (Fig. 6.8, dalla Tav. 4_10, QC1.1.10.4) inserisce l'area in esame in zona stabile soggetta a sola amplificazione e caratterizzata da F_a P.G.A. = 1.5 – 1.6; F_a intensità spettrale = 1.8 per $0.1 \text{ s} < T_0 < 0.5 \text{ s}$ e $F_a = 2.5$ per $0.5 \text{ s} < T_0 < 1.0 \text{ s}$.



6.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area definita Comparto 4ASPCN-05 dal punto di vista litostratigrafico è caratterizzata da sedimenti superficiali di scarse qualità geotecniche e che per le loro caratteristiche geomeccaniche possono essere soggetti a fenomeni di amplificazione sismica locale.

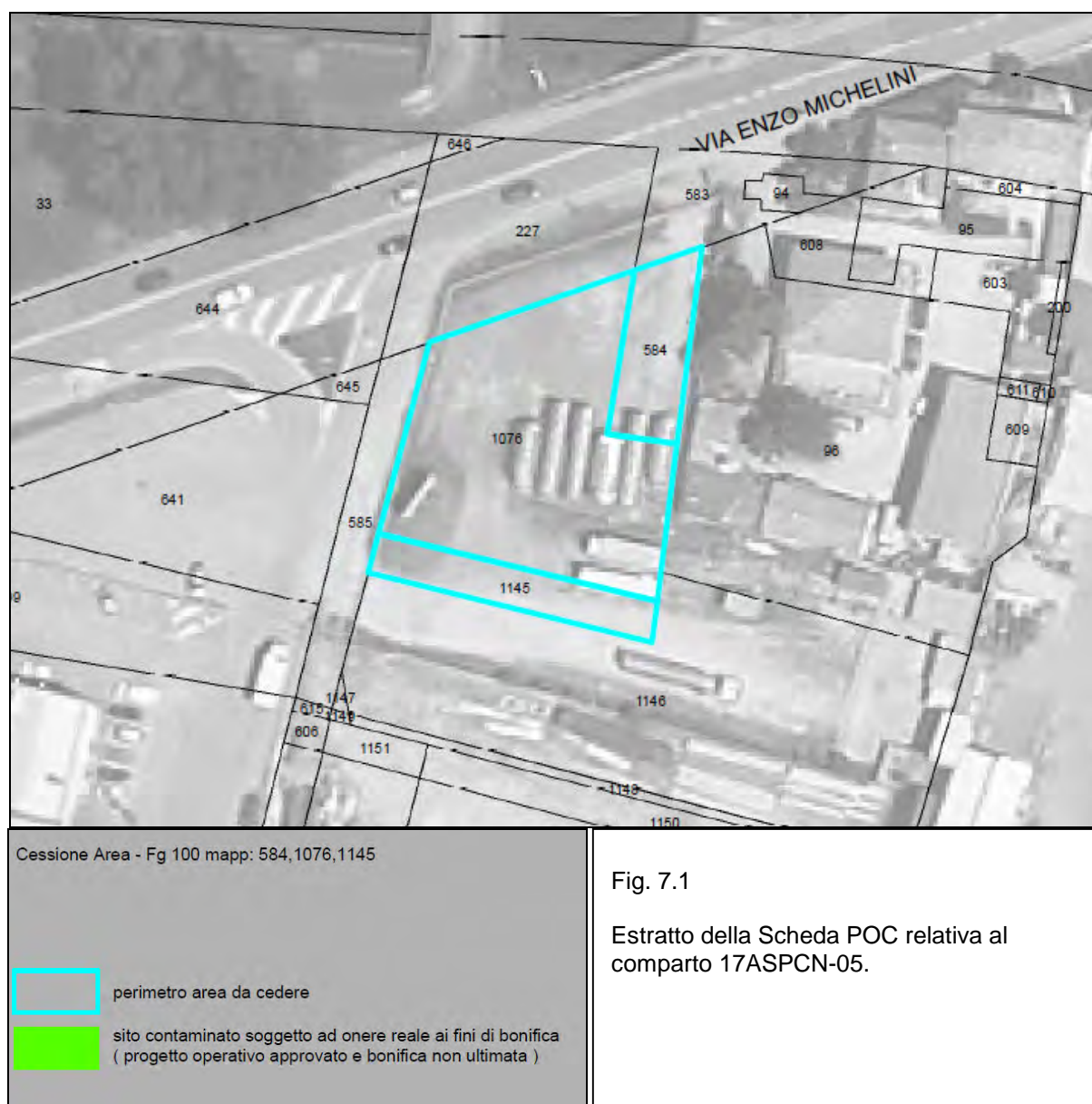
Si rende necessaria un'indagine geognostica integrativa finalizzata a definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di dettaglio, ad effettuare una verifica del rischio di liquefazione degli strati granulari con la conseguente revisione della Categoria sismica di suolo di fondazione ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

È opportuno prevedere un adeguato sistema di raccolta delle acque superficiali e di convogliamento alla rete acque bianche di Via della Fiera.

7 - COMPARTO 17ASPCN-05

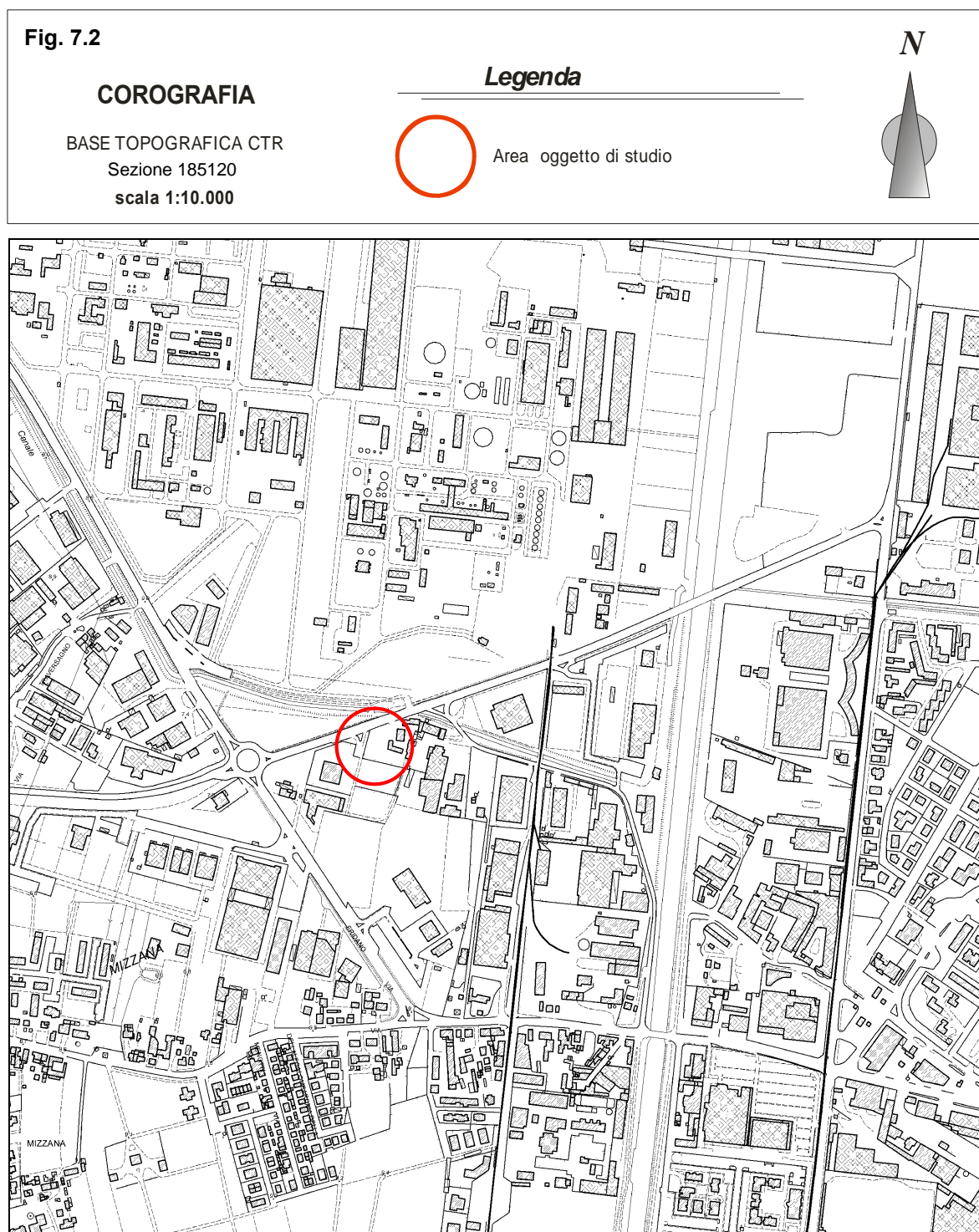
Il Comparto 17ASPCN-05 è riferito ad un Ambito specializzato per attività produttive di nuovo insediamento previsto dalla 2° variante del POC (Fig. 7.1), inserita dal vigente PSC sulla direttrice della “città dell’automobile”; si tratta di un’area di proprietà della Soc. Due Elle Auto, di circa 400 m², sita in Ferrara, Via Enzo Michellini n. 35 in una zona artigianale a ridosso del Polo Chimico di Ferrara.

Ai fini del POC si vuole determinare la natura e la litologia dei sedimenti alla luce del loro inquadramento geologico; definire il tipo di falde acquifere, la loro giacenza e la distanza dal suolo; classificare i terreni dal punto di vista sismico.



7.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Dal punto di vista geografico l'area riferita al comparto 17ASPCN-05 è rappresentata nella sezione 185120 della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000, della quale in Fig. 7.2 si fornisce uno stralcio, ed è individuata dalle coordinate ED50 lat. 44,852622 – long. 11,591181.



I terreni in esame sono censiti al Foglio 100, mappali 584 – 1076 – 1145 del NCEU del Comune di Ferrara.

7.2 - PROVE IN SITO

È stata eseguita n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e cono sismico SCPTU1 e n.1 prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU2 spinte entrambe fino alla profondità di 30,00 m dal piano campagna (p.c.), assunto come livello di riferimento.

Le indagini sono state effettuate dal Dott. Geol. Mastellari Matteo di Ferrara dietro incarico della proprietà e i dati acquisiti sono stati forniti dal Comune di Ferrara ai fini del presente studio.

In corrispondenza del foro di prova sono state effettuate misurazioni piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva. L'ubicazione del punto di indagine è rappresentata in Fig. 7.3.

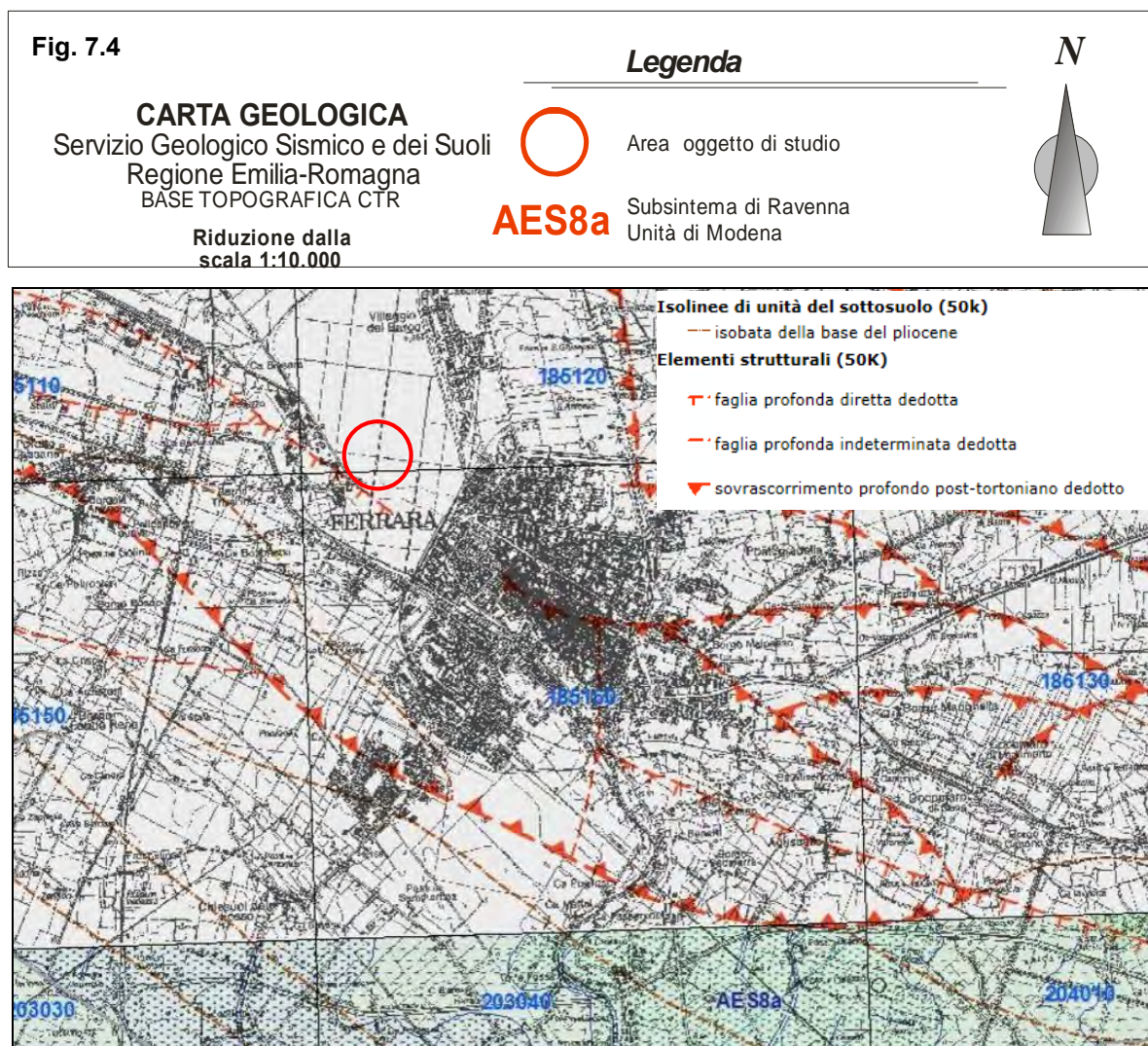


Fig. 7.3

Ubicazione delle prove geotecniche e geofisica SCPTU1 e CPTU 2 su mappa catastale ed Ortofoto Agea 2014.

7.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

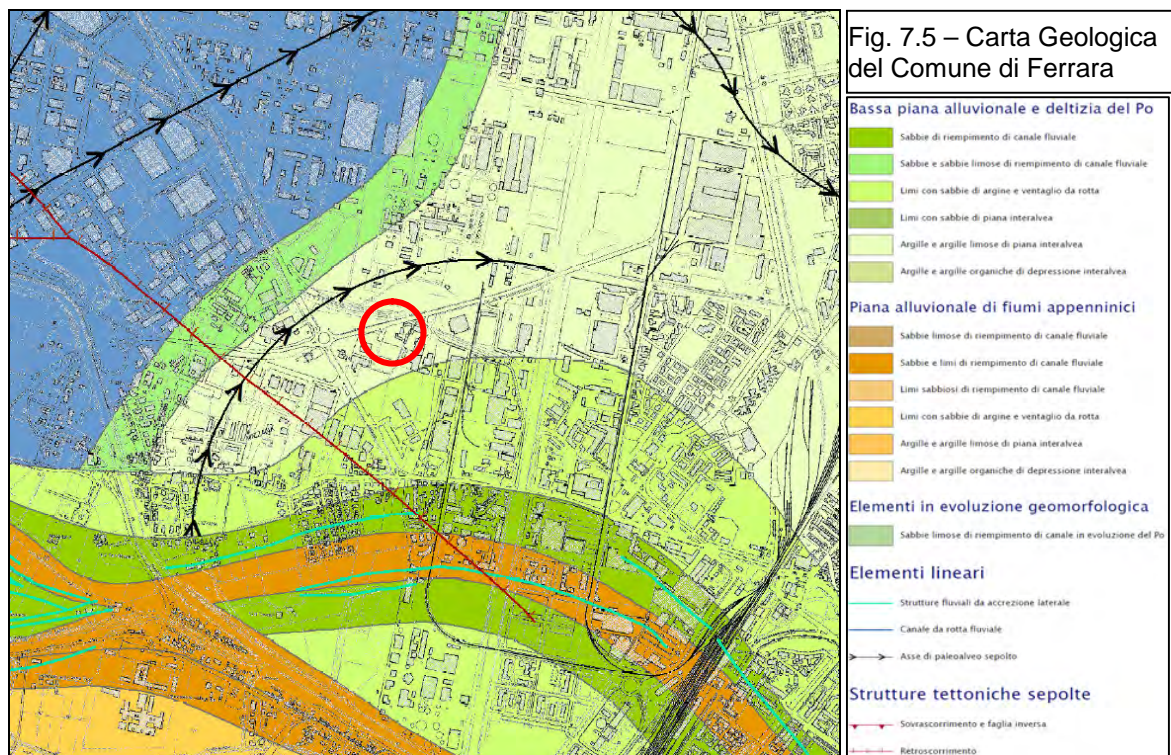
La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area in esame nella sezione 185120 solo per l'assetto strutturale (Fig. 7.4); per quanto riguarda le unità geologiche ci si riferisce alla rappresentazione in scala maggiore di 1:20.000 e alla sezione meridionale adiacente per analogia e si individuano coperture quaternarie attribuite al Subsistema di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a) descritte nella sezione generale.



La litologia superficiale è definita in sabbie limose e limi sabbiosi di piana alluvionale.

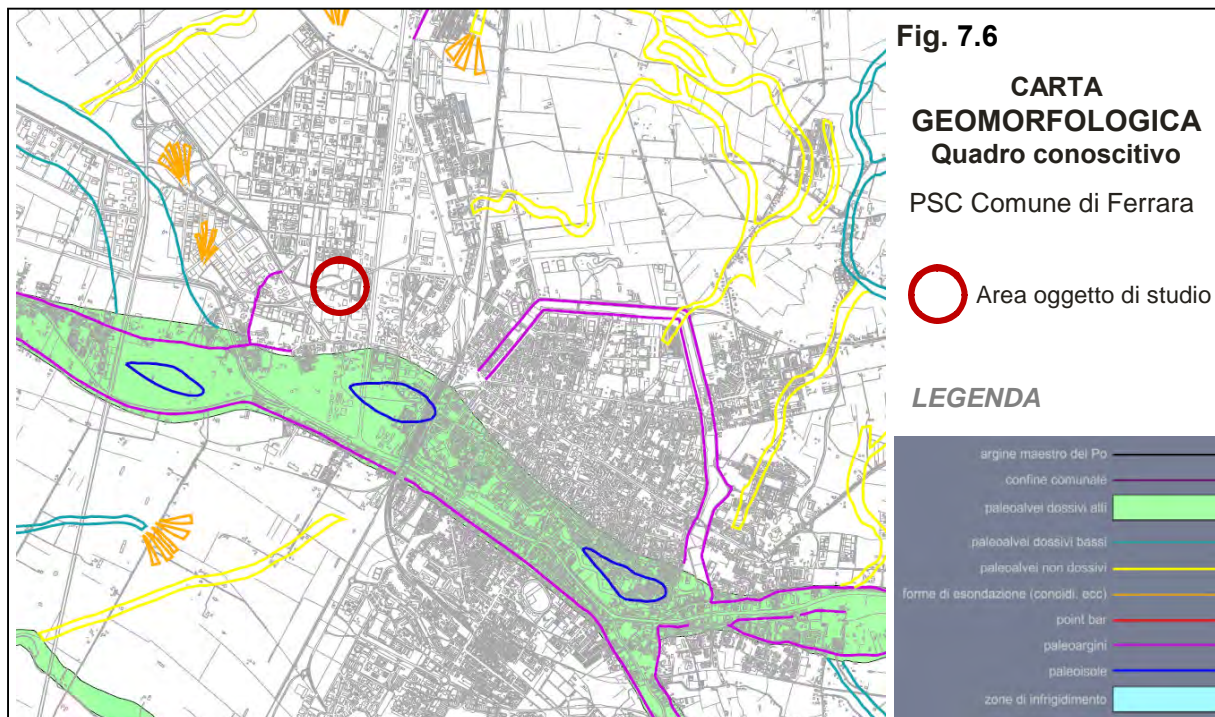
Dal punto di vista strutturale immediatamente a Sud del sito in esame è individuata una faglia diretta profonda con direzione Nord-Ovest - Sud-Est e più in generale a Sud-Est dello stesso si individua un sistema di sovrascorrimenti e faglie dirette profonde sempre con direzione all'incirca Nord-Ovest - Sud-Est, più abbondanti nel settore a Nord-Est della città di Ferrara, riferibili al quadro strutturale appenninico (cfr. Fig. 7.4).

La Carta Geologica del Comune di Ferrara (Fig. 7.5) individua “argille e argille limose di piana interalvea” e delinea un retroscorrimento sepolto immediatamente a Sud-Ovest con direzione Nord-Ovest - Sud-Est in concordanza con la Carta Geologica Regionale.



Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio complessivamente pianeggiante privo di fenomeni di dissesto e completamente urbanizzato con quote topografiche comprese tra +7,00 e +8,00 m s.l.m.m. Sempre la Carta Geologica del Comune di Ferrara (cfr. Fig. 7.5) evidenzia immediatamente a nord del sito un’asse di paleoalveo sepolto ed un paleoalveo dossivo alto a circa 200 m a Sud.

La Carta Geomorfologica a corredo del quadro conoscitivo del PSC (Fig. 7.6) inserisce il sito in una zona inter-fluviale pianeggiante priva di particolari criticità geomorfologiche.

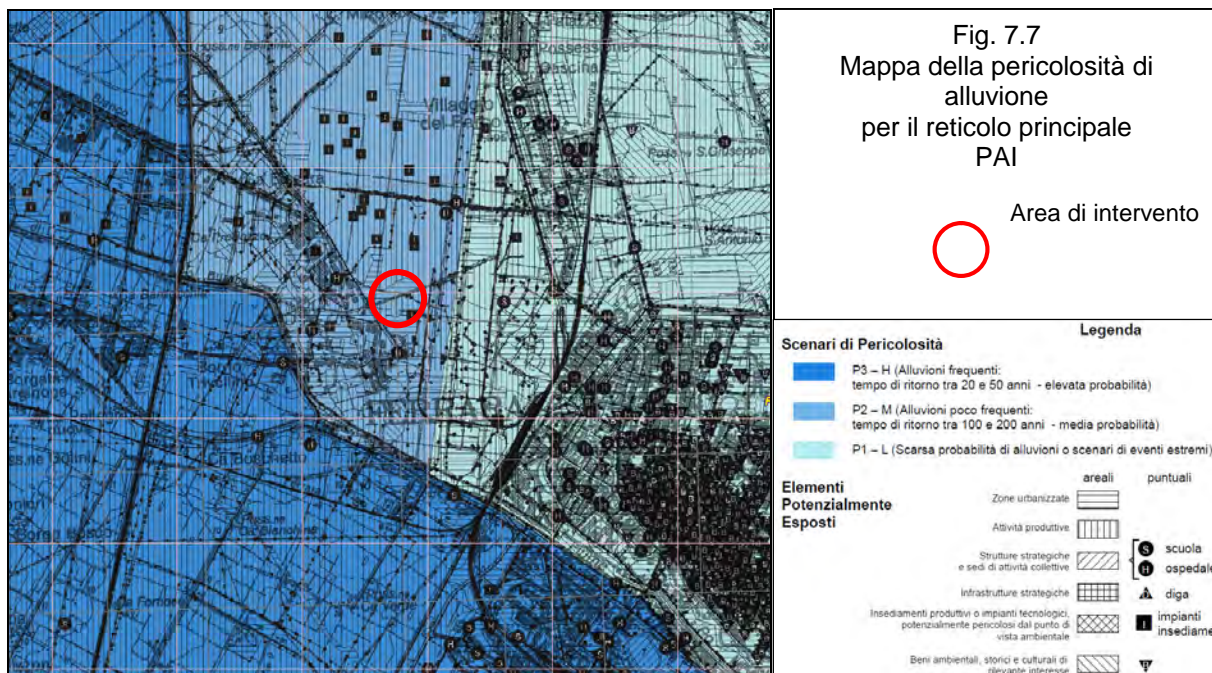


7.3.1 - Rischio idraulico

In base alle conoscenze geomorfologiche del territorio e all'analisi del microrilievo si evidenzia che il sito indagato si trova su una superficie topografica con debole pendenza degradante da Sud-Ovest verso Nord-Est.

Tendenzialmente le acque superficiali verranno raccolte dall'impianto fognario delle aree circostanti attualmente urbanizzate; la natura sabbio-limosa e limo-argillosa dei terreni superficiali rende difficoltosa l'infiltrazione nel sottosuolo.

In riferimento alla DGR 1300/2016, le "Mappe della pericolosità di alluvione" a corredo del PAI regionale (Fig. 7.7) inseriscono il lotto in esame in aree suscettibili ad alluvioni poco frequenti (P2) con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni sia in riferimento al reticolo principale che al reticolo secondario. Relativamente a quest'ultimo si evidenzia che nelle suddette mappe è stata eliminata la classe P1 che è stata inglobata nella P2.



Le “Mappe del rischio di alluvione” del PAI per il reticolo principale evidenziano un rischio elevato (R3) per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale; per il reticolo secondario il rischio è classificato medio (R2) per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

Il PAI specifica che i dati rappresentati nella mappa del rischio hanno valenza informativa e sono propedeutici alla elaborazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. A livello progettuale se ne dovrà tenere conto valutando l'eventualità di adottare le prescrizioni della DGR 1300/2016.

La falda acquifera freatica viene alimentata principalmente dall'apporto meteorico e pertanto risulta influenzata in modo importante dalle variazioni climatiche stagionali e annuali in modo tale che il livello statico può oscillare tra circa 1,00 e 4,00 m di profondità dal piano campagna. Occorre però precisare che la presenza del Canale Cittadino immediatamente a Nord del sito, può influenzare il livello della falda esercitando un'azione drenante su tutta l'area circostante.

In particolare la Carta della profondità della falda freatica a corredo del PSC individua livelli tra 1 e 2 m sotto il p.c.

Al momento delle indagini SCPTU1 e CPTU2 (09.05.2018) il livello statico è stato registrato alla profondità rispettivamente di -2,50 e -2,55 m dal p.c.

7.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

L'analisi delle prove penetrometriche consente la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, infatti permette di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del DM del 17.01.2018.

Si può così delineare la seguente successione:

da 0,00 m a 1,00 m dal p.c. – nessuna correlazione litologica per preforo

Si è resa necessaria l'esecuzione di un preforo a causa della presenza di materiali eterogenei di sottofondo e pertanto non è stato possibile acquisire dati per la correlazione litostratigrafica.

da 1,00 m a 3,00 m dal p.c. – Limo argilloso

Si registrano bassi valori di qc 1,1+/- MPa crescenti verso il basso molto debolmente, con simmetrici valori di fs 0,030+/- MPa.

Si evidenzia uno strato di limi argillosi con spessore in aumento verso CPTU2.

da 3,00 m a 13,00 m dal p.c. - Argille ed argille limose

Si registrano bassi e alterni valori di qc 1,2+/- MPa, con valori non sempre simmetrici di fs 0,025+/- MPa.

Si evidenzia uno strato costituito da argille ed argille limose con lente limo sabbiosa di circa 1,0 m tra 8,0 e 9,0 m da p.c. in SCPTU1.

da 13,00 m a 30,00 m dal p.c. – Alternanze di sabbie e sabbie limose

Si registrano medio-alti valori di qc 16,8+/- MPa con trend crescente verso il basso, con simmetrici ed alterni valori di fs 0,16+/- MPa.

Si evidenzia uno strato costituito da un'alternanza di sabbie e sabbie limose.

Si tratta di terreni di età olocenica; l'ambiente di sedimentazione è complessivamente di tipo palustre pertanto a molto bassa o nulla energia di trasporto per gli orizzonti superficiali, mentre diventa fluviale a media energia idrodinamica nei sedimenti intermedi.

Al momento delle prove il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di -2,50 m dal p.c. in corrispondenza di SCPTU1 e di -2,55 m dal p.c. in corrispondenza di CPTU2.

7.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per la classificazione del sito in esame sono stati utilizzati i dati della prova penetrometrica statica con cono sismico SCPTU1 spinta fino alla profondità di 30,00 m dal p.c.

Il banco di terreni compresi nello spessore di 30,00 m è caratterizzato da:

$$V_{s30} = 192 \text{ m/s}$$

Pertanto il suolo di fondazione viene attribuito alla **categoria C** “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

I parametri sismici per tempi di ritorno di 475 anni ovvero per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e nell'ipotesi di classe d'uso II, calcolati tramite media ponderata, presentano i valori riportati sintetizzati di seguito (elaborazioni tramite INGV “Spettri NTC ver. 1.0.3”):

$$a_g (g) = 0,130 \quad F_0 = 2,596 \quad T_C = 0,274$$


$$S_s = 1,50 \quad - \quad C_c = 1,61$$

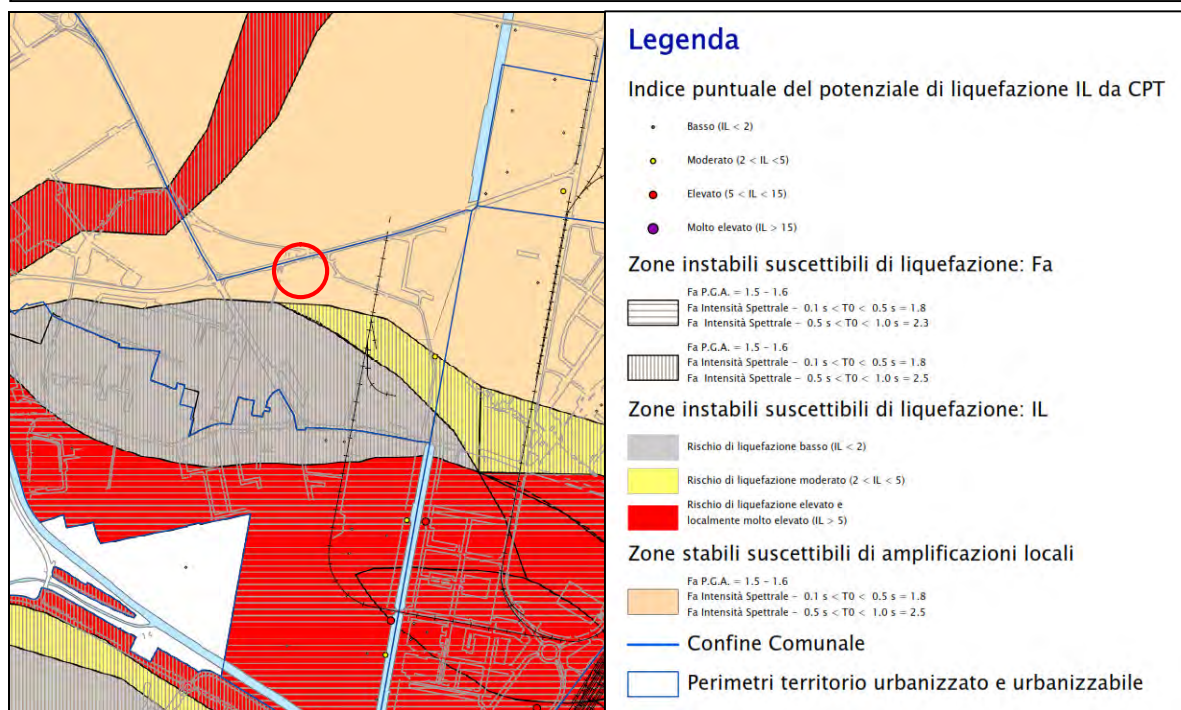
Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,036	2,548	0,251
SLD	50	0,045	2,510	0,275
SLV	475	0,130	2,596	0,274
SLC	975	0,174	2,557	0,280

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica afferente alla Microzonazione Sismica di 3° livello del Comune di Ferrara (Fig. 7.8, dalla Tav. 4_10, QC1.1.10.4) inserisce l'area in esame in zona stabile soggetta a sola amplificazione e caratterizzata da F_a P.G.A. = 1.5 – 1.6; F_a intensità spettrale = 1.8 per $0.1 \text{ s} < T_0 < 0.5 \text{ s}$ e $F_a = 2.5$ per $0.5 \text{ s} < T_0 < 1.0 \text{ s}$.

Fig. 7.8
CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA
Livello 3
Comune di Ferrara

 Area di intervento



7.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area definita Comparto 17ASPCN-05 dal punto di vista litostratigrafico è caratterizzata da sedimenti superficiali di scarse qualità geotecniche e che per le loro caratteristiche geomeccaniche possono essere soggetti a fenomeni di amplificazione sismica locale.

Si rende necessaria un'indagine geognostica integrativa finalizzata a definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di dettaglio, ad effettuare una verifica del rischio di liquefazione degli strati granulari con la conseguente revisione della Categoria sismica di suolo di fondazione ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

È opportuno prevedere un adeguato sistema di raccolta delle acque superficiali.

8 - COMPARTO 25AAP-01

Il Comparto 25AAP-01 è riferito ad un ambito agricolo periurbano interessato dalla realizzazione di attrezzature al servizio della viabilità previsto dalla 2° variante del POC (Fig. 8.1); si tratta di un'area di proprietà della Soc. Bertelli Walter e Rolando Carburanti S.p.a., di circa 5,023 m², sita in Ferrara, Via Nelson Mandela in una zona agricola a Nord-Ovest della zona artigianale a ridosso del quartiere fieristico di Ferrara.

Ai fini del POC si vuole determinare la natura e la litologia dei sedimenti alla luce del loro inquadramento geologico; definire il tipo di falde acquifere, la loro giacenza e la distanza dal suolo; classificare i terreni dal punto di vista sismico.

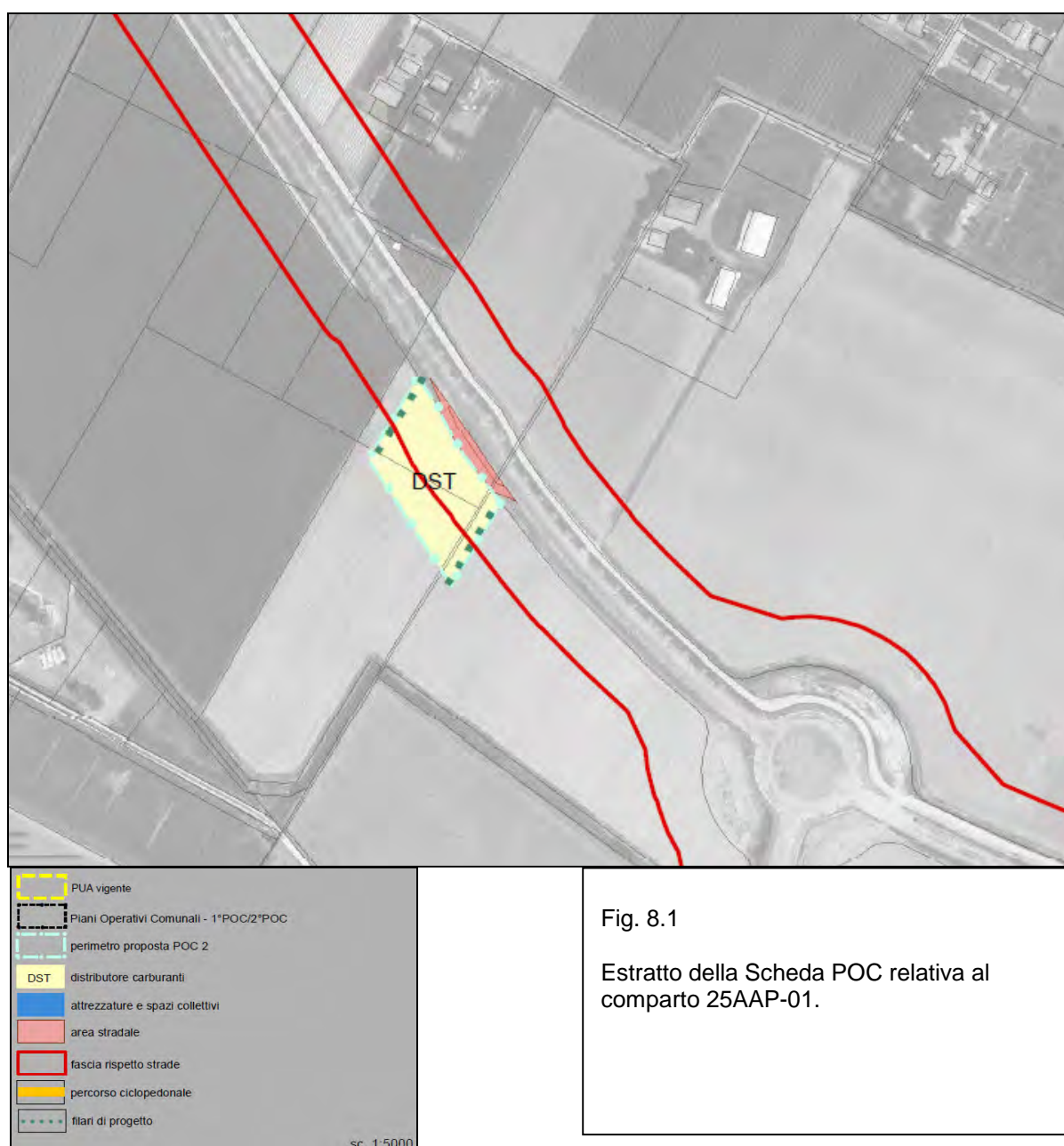
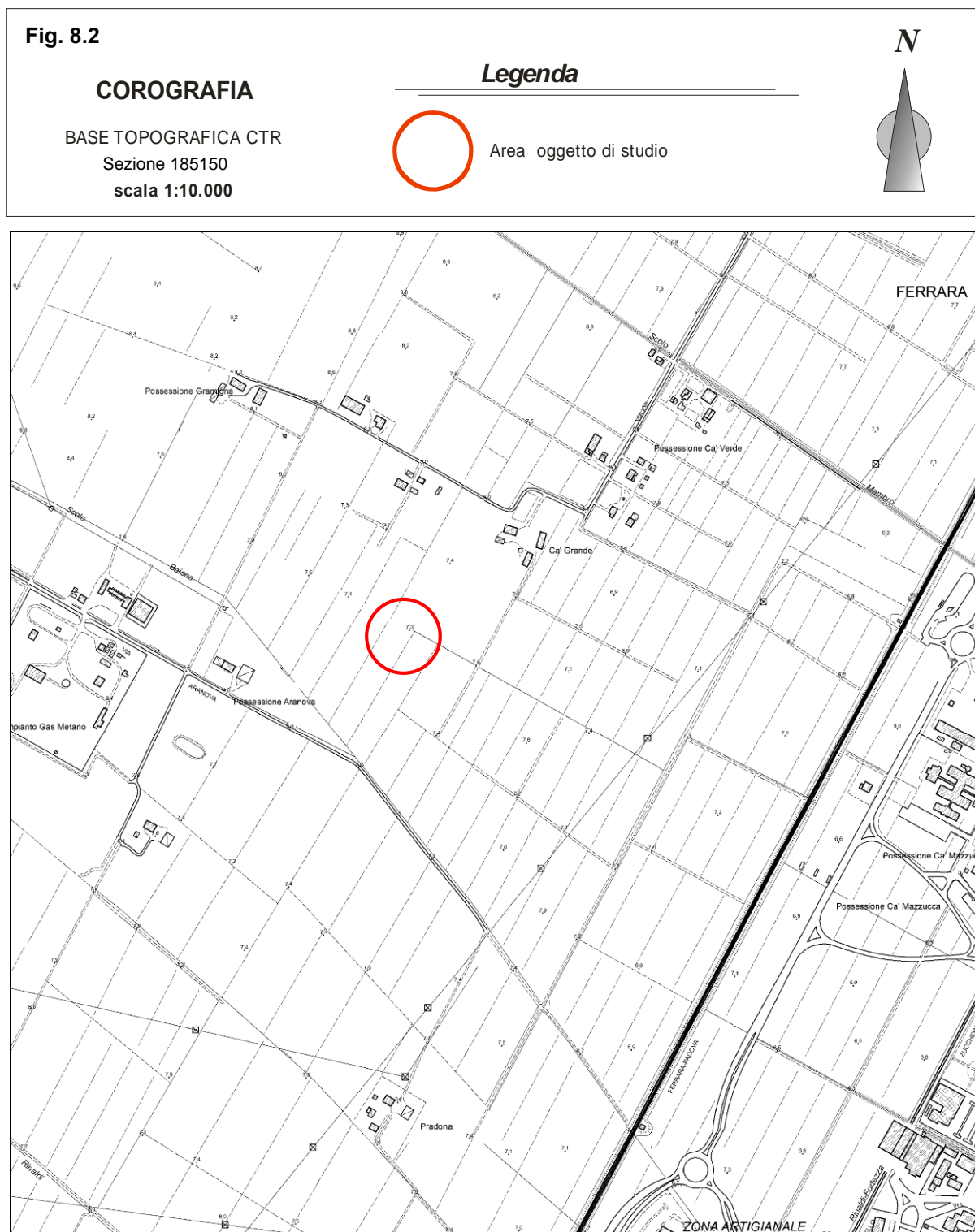


Fig. 8.1

Estratto della Scheda POC relativa al comparto 25AAP-01.

8.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Dal punto di vista geografico l'area riferita al comparto 25AAP-01 è rappresentata nella sezione 185150 della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000, della quale in Fig. 8.2 si fornisce uno stralcio, ed è individuata dalle coordinate ED50 lat. 44,828854 – long. 11,582269.



I terreni in esame sono censiti al Foglio 156, mappale 94 e parte del mappale 89 del NCEU del Comune di Ferrara.

8.2 - PROVE IN SITO

È stata eseguita n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT1 spinta fino alla profondità di 30,00 m dal piano campagna (p.c.), assunto come livello di riferimento.

È stata eseguita inoltre n. 1 indagine sismica tramite la tecnica MASW attiva e passiva che ha potuto investigare i terreni entro i primi 30 m di profondità e n. 2 misure a stazione singole con tecnica HVSR.

Le indagini sono stata eseguite dalla società Geotea S.r.l. a cura della società di geologia Synthesis S.r.l. di Copparo dietro incarico della proprietà ed i dati acquisiti sono stati forniti dal Comune di Ferrara ai fini del presente studio.

In corrispondenza del foro di prova sono state effettuate misurazioni piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva. L'ubicazione dei punti di indagine è rappresentata in Fig. 8.3.

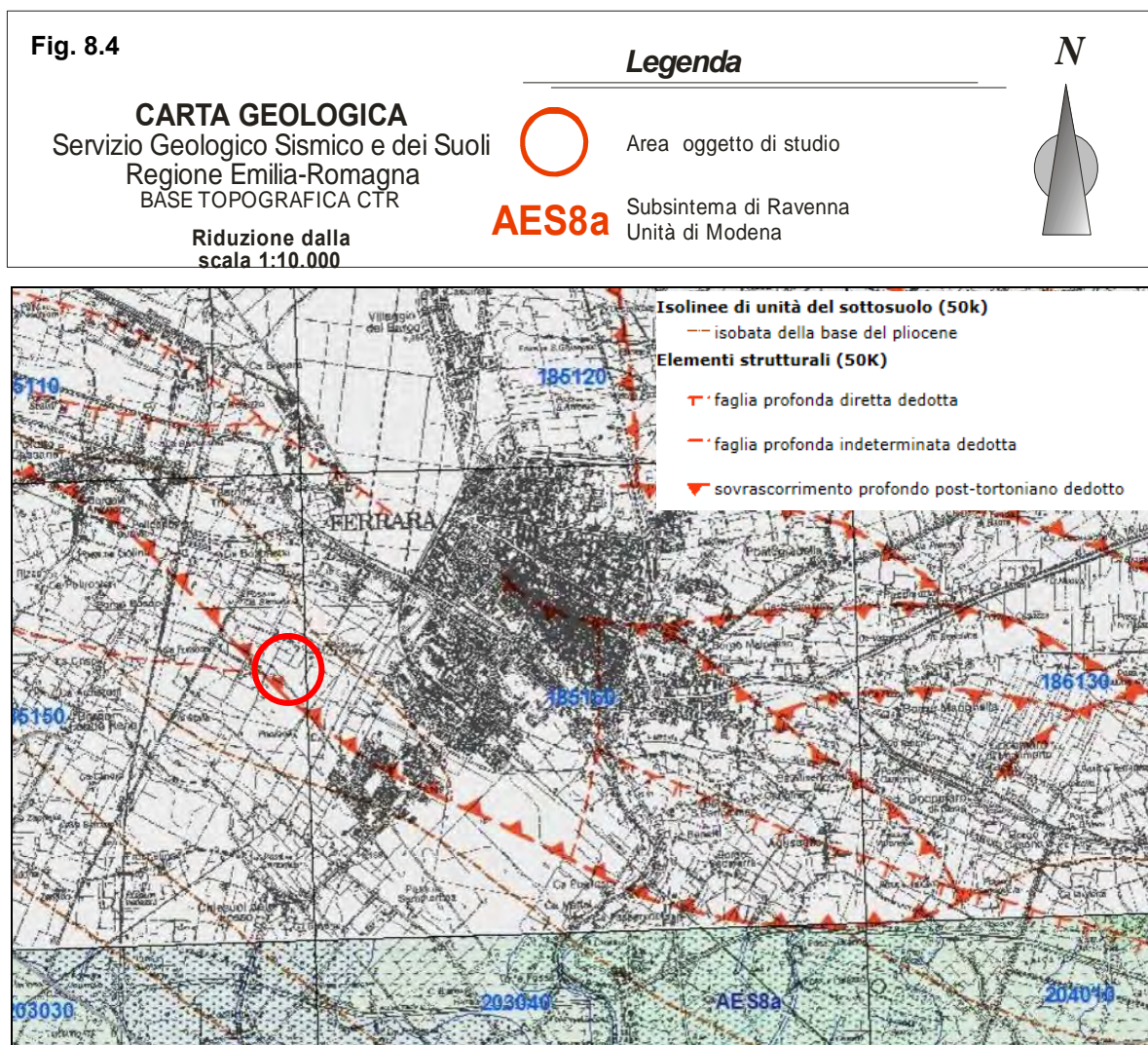


Fig. 8.3

Ubicazione della prova geotecnica CPT1 e delle prove geofisiche MASW e HVSR su mappa catastale ed Ortofoto Akea 2014.

8.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

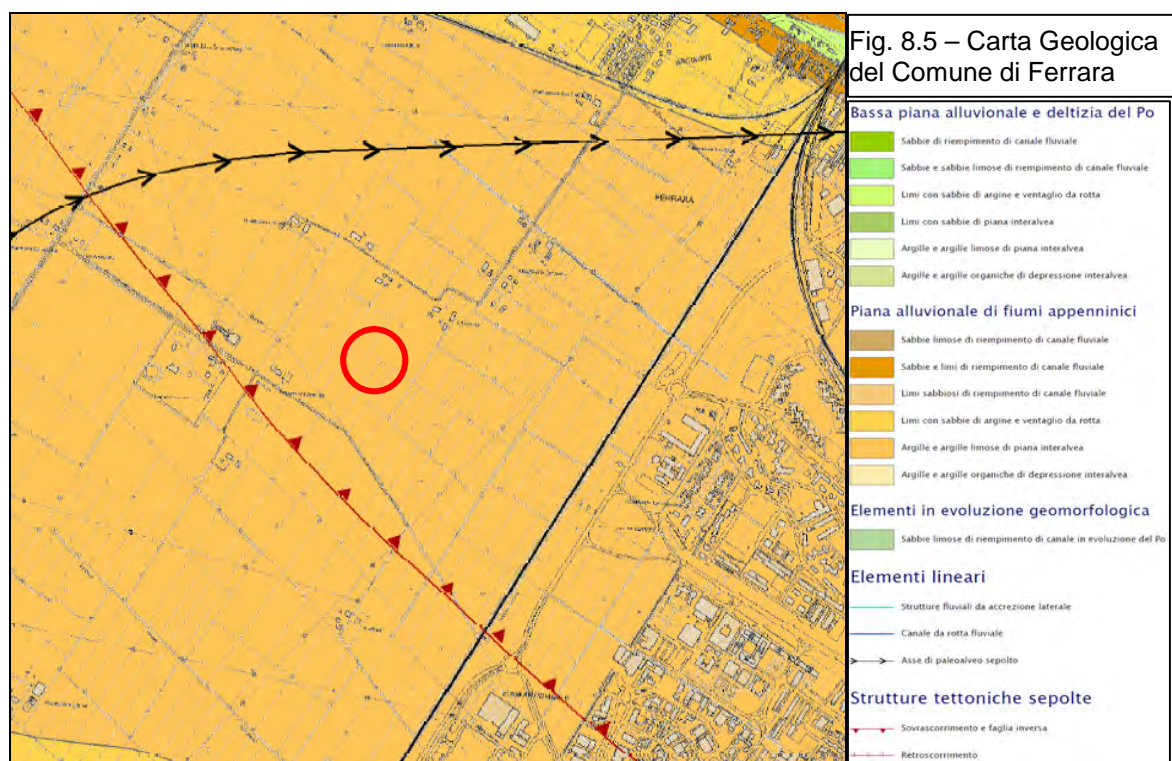
La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area in esame nella sezione 185150 solo per l'assetto strutturale (Fig. 8.4); per quanto riguarda le unità geologiche ci si riferisce alla rappresentazione in scala maggiore di 1:20.000 e alla sezione meridionale adiacente per analogia e si individuano coperture quaternarie attribuite al Subsistema di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a) descritte nella sezione generale.



La litologia superficiale è definita in sabbie limose e limi sabbiosi di piana alluvionale.

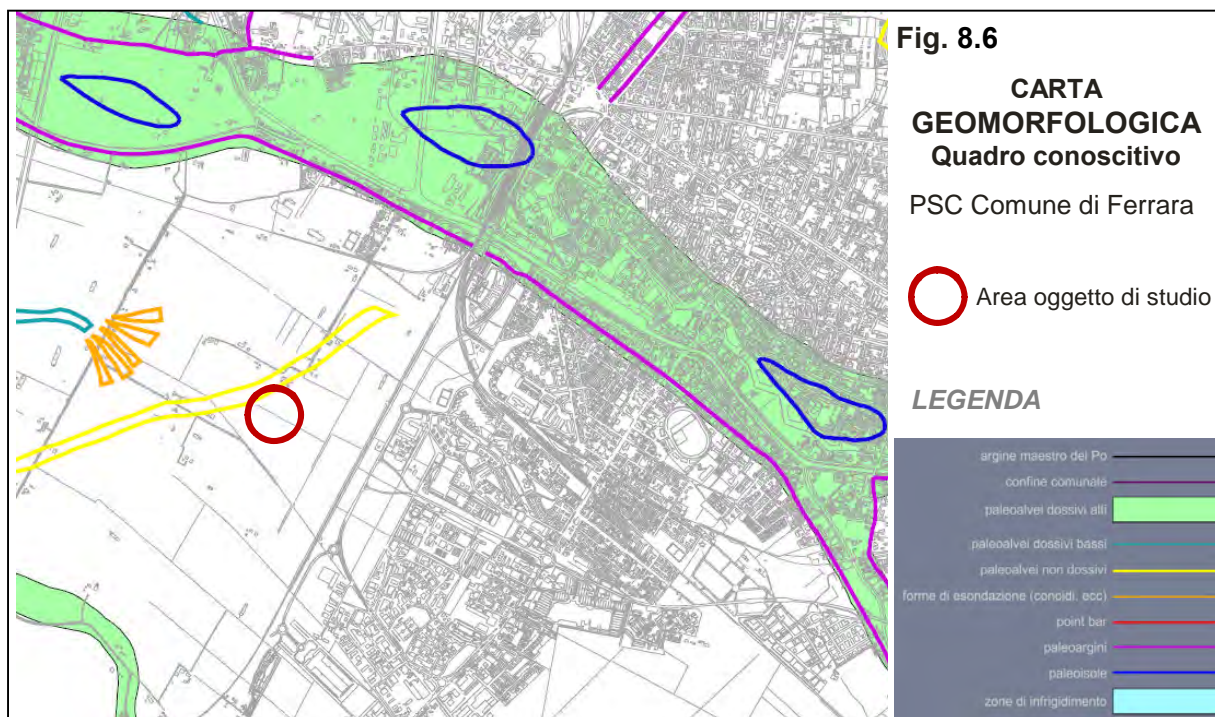
Dal punto di vista strutturale immediatamente a Sud del sito in esame è individuato un sovrascorrimento profondo con direzione Nord-Ovest - Sud-Est e più in generale ad Est dello stesso si individua un sistema di sovrascorrimenti e faglie dirette profonde sempre con direzione all'incirca Nord-Ovest - Sud-Est, più abbondanti nel settore a Nord-Est della città di Ferrara, riferibili al quadro strutturale appenninico (cfr. Fig. 8.4).

La Carta Geologica del Comune di Ferrara (Fig. 8.5) individua “argille ed argille limose di piana intervalvea” e delinea un sovrascorrimento sepolto immediatamente a Sud-Ovest con direzione Nord-Ovest – Sud-Est in concordanza con la Carta Geologica Regionale.



Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio complessivamente pianeggiante privo di fenomeni di dissesto, prevalentemente agricolo e solo in parte urbanizzato, con quote topografiche comprese tra +7,30 e +7,60 m s.l.m.m. debolmente degradanti verso Sud-Est. Sempre la Carta Geologica del Comune di Ferrara (cfr. Fig. 8.5) evidenzia a nord del sito un'asse di paleoalveo sepolto.

La Carta Geomorfologica a corredo del quadro conoscitivo del PSC (Fig. 8.6) inserisce il sito in una zona inter-fluviale pianeggiante priva di particolari criticità geomorfologiche ed individua a Nord un paleoalveo non dossivo in concordanza con la Carta Geologica del Comune di Ferrara.

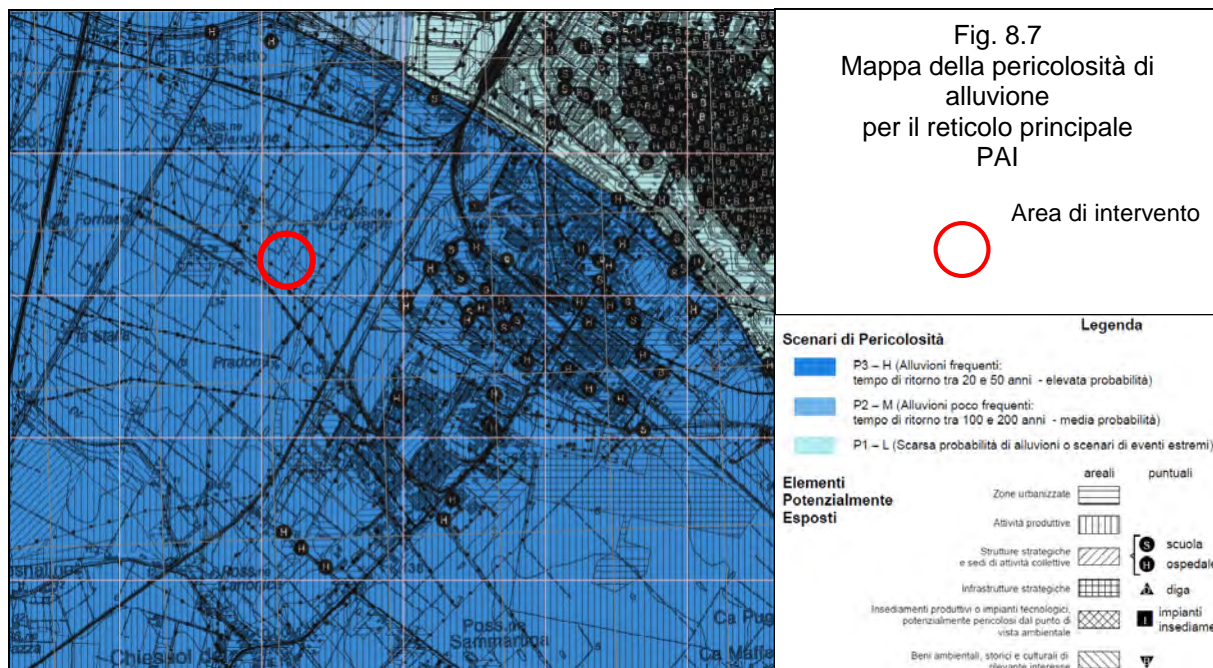


8.3.1 - Rischio idraulico

In base alle conoscenze geomorfologiche del territorio e all'analisi del microrilievo si evidenzia che il sito indagato si trova su una superficie topografica con deboli pendenze che tendono ad aumentare verso Nord-Ovest e Sud-Ovest rispetto allo stesso.

Trovandoci di fronte ad un'area prevalentemente agricola, le acque superficiali verranno raccolte dai fossati interpoderali e dagli scoli che circondano il sito; la natura sabbio-limosa e limo-argillosa dei terreni superficiali rende tendenzialmente difficoltosa l'infiltrazione nel sottosuolo.

In riferimento alla DGR 1300/2016, le "Mappe della pericolosità di alluvione" a corredo del PAI regionale (Fig. 8.7) inseriscono il lotto in esame in aree suscettibili ad alluvioni frequenti con tempi di ritorno di 20 – 50 anni ed elevata probabilità (P3) in riferimento al reticolo principale, mentre per il reticolo secondario le alluvioni sono definite poco frequenti (P2) con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni; si evidenzia che nelle mappe relative al reticolo secondario è stata eliminata la classe P1, la quale è stata inglobata nella P2.



Le “Mappe del rischio di alluvione” del PAI per il reticolo principale evidenziano un rischio medio (R2) per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l’incolumità delle persone, l’agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche; per il reticolo secondario il rischio è classificato moderato o nullo (R1) per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Il PAI specifica che i dati rappresentati nella mappa del rischio hanno valenza informativa e sono propedeutici alla elaborazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. A livello progettuale se ne dovrà tenere conto valutando l’eventualità di adottare le prescrizioni della DGR 1300/2016.

La falda acquifera freatica viene alimentata principalmente dall’apporto meteorico e pertanto risulta influenzata in modo importante dalle variazioni climatiche stagionali e annuali in modo tale che il livello statico può oscillare tra circa 1,00 e 4,00 m di profondità dal piano campagna. Occorre però precisare che la presenza dei fossati e degli scoli nell’intorno del sito può influenzare localmente il livello della falda.

In particolare la Carta della profondità della falda freatica a corredo del PSC individua livelli tra 0 e 1 m sotto il p.c.

Al momento dell’indagine CPT1 (11.07.2016) il livello statico è stato registrato alla profondità di -2,00 m dal p.c.

8.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

L'analisi della prova penetrometrica consente la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, infatti permette di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del DM del 17.01.2018.

Si può così delineare la seguente successione:

da 0,00 m a 1,00 m dal p.c. – Argille limose

Si registrano medio-bassi valori di q_c 11+/- daN/cm², con simmetrici valori di f_s 0,8+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 15+/-.

Si evidenzia uno strato di argille limose; le discrete resistenze superficiali sono correlabili a fenomeni di essiccamento, con variazioni volumetriche a ciclo stagionale, e pertanto non sono da considerare ai fini progettuali.

da 1,00 m a 4,00 m dal p.c. – Argille organiche ed argille consistenti

Si registrano medio-bassi valori di q_c 13+/- daN/cm², con valori piuttosto simmetrici di f_s 0,8+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 13+/-.

Si evidenzia un'alternanza di argille organiche ed argille consistenti.

da 4,00 m a 10,60 m dal p.c. – Argille organiche

Si registrano bassi valori di q_c 7+/- daN/cm², con valori piuttosto simmetrici di f_s 0,5+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 13+/-.

Si evidenzia uno strato di argille organiche.

da 10,60 m a 15,00 m dal p.c. – Argille consistenti ed argille organiche

Si registrano medio-bassi valori di q_c 14+/- daN/cm², con simmetrici valori di f_s 0,9+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 15+/-.

Si evidenzia un'alternanza di argille consistenti ed argille organiche.

da 15,00 m a 20,00 m dal p.c. – Sabbie limose e sabbie med. addensate

Si registrano medio-alti valori di q_c 40+/- daN/cm² con trend crescente verso il basso, con simmetrici valori di f_s 1,2+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 32+/-.

Si evidenzia uno strato costituito da sabbie limose e sabbie mediamente addensate.

da 20,00 m a 22,80 m dal p.c. – Argille molto consistenti

Si registrano medi valori di q_c 18+/- daN/cm², con simmetrici valori di f_s 1,3+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 15+/-.

Si evidenzia un'alternanza di argille molto consistenti.

da 22,80 m a 25,80 m dal p.c. – Sabbie limose e sabbie med. addensate

Si registrano medio-alti valori di q_c 34+/- daN/cm², con valori piuttosto simmetrici di f_s 1,0+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 30+/-.

Si evidenzia uno strato costituito da sabbie limose e sabbie mediamente addensate.

da 25,80 m a 30,00 m dal p.c. – Argille consistenti ed argille organiche

Si registrano medio-bassi valori di q_c 12+/- daN/cm², con valori non sempre simmetrici di f_s 0,8+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 14+/-.

Si evidenzia un'alternanza di argille consistenti ed argille organiche.

Si tratta di terreni di età olocenica; l'ambiente di sedimentazione è complessivamente di tipo palustre pertanto a molto bassa o nulla energia di trasporto per gli orizzonti superficiali, mentre diventa fluviale a media energia idrodinamica nei sedimenti intermedi.

Al momento della prova il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di -2,00 m dal p.c.

8.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per la classificazione del sito in esame sono stati utilizzati i dati pervenuti dall'esecuzione in sito della prova MASW e delle due prove HVSR .

Il banco di terreni compresi nello spessore di 30,00 m è caratterizzato da:

$$V_{s30} = 152 \text{ m/s}$$

Pertanto il suolo di fondazione viene attribuito alla **categoria D** "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s".

Entrambe le curve HVSR ottenute dalle due prove mostrano una modesta amplificazione locale del moto del suolo per risonanza stratigrafica a basso contrasto d'impedenza nell'intervallo 0,5-1,0 Hz.

I parametri sismici per tempi di ritorno di 475 anni ovvero per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e nell'ipotesi di classe d'uso II, calcolati tramite media ponderata, presentano i valori riportati sintetizzati di seguito (elaborazioni tramite INGV "Spettri NTC ver. 1.0.3"):

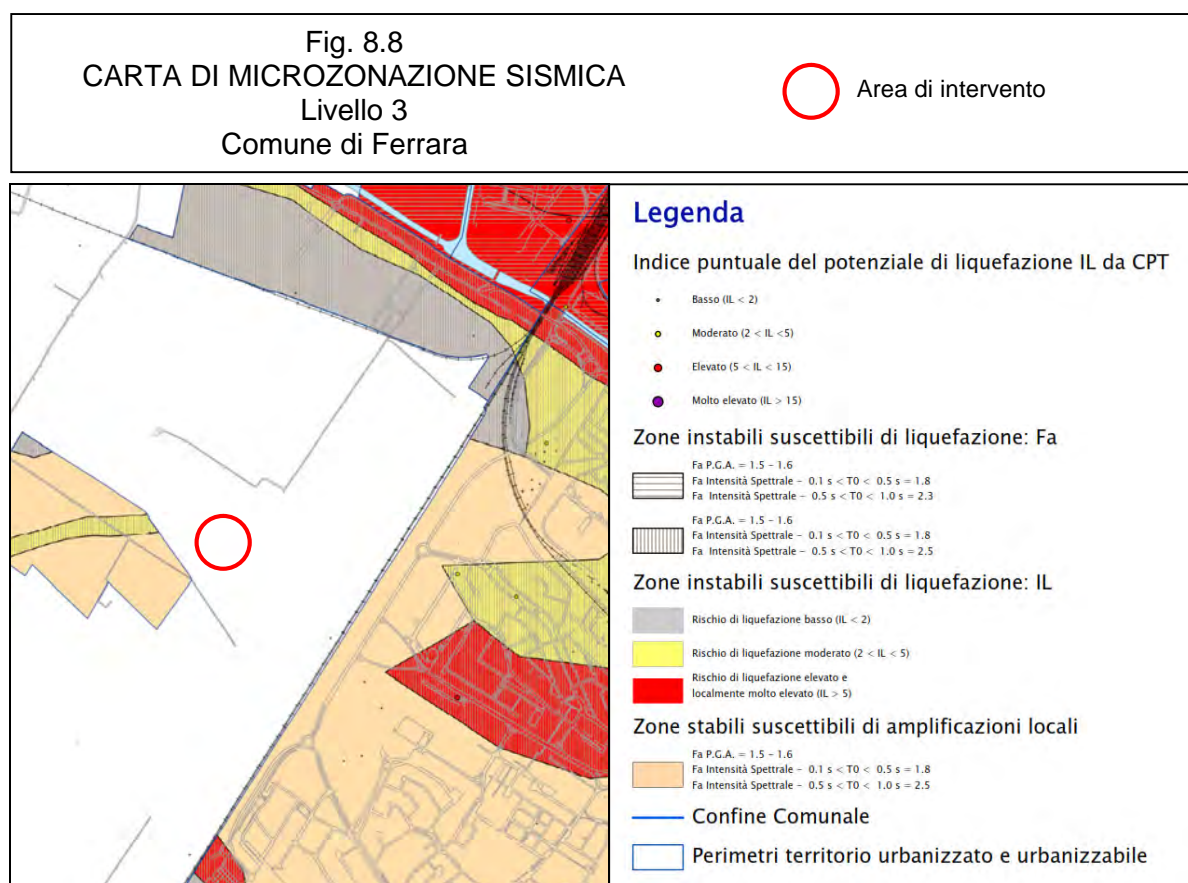
$$a_g (g) = 0,139 \quad F_0 = 2,592 \quad T_C = 0,272$$

$$S_s = 1,80 \quad - \quad C_c = 2,40$$

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C [s]
SLO	30	0,037	2,549	0,253
SLD	50	0,048	2,495	0,274
SLV	475	0,139	2,592	0,272
SLC	975	0,188	2,542	0,278

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica afferente alla Microzonazione Sismica di 3° livello del Comune di Ferrara (Fig. 8.8, dalla Tav. 4_10, QC1.1.10.4) non inserisce l'area in esame nelle aree sottoposte a Microzonazione Sismica.



8.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area definita Comparto 25AAP-01 dal punto di vista litostratigrafico è caratterizzata da sedimenti superficiali di scarse qualità geotecniche e che per le loro caratteristiche geomeccaniche potrebbero essere soggetti a fenomeni di amplificazione sismica locale.

Si rende necessaria un'indagine geognostica integrativa finalizzata a definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di dettaglio, ad effettuare una verifica del rischio di liquefazione degli strati granulari con la conseguente revisione della Categoria sismica di suolo di fondazione ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

Trattandosi della realizzazione di un nuovo impianto di distribuzione carburanti in area agricola, sarà opportuno prevedere un adeguato sistema di raccolta e trattamento delle acque superficiali prima che queste vengano convogliate alla rete di scolo consorziale.

9 - COMPARTO 25AAP1-02

Il Comparto 25AAP1-02 è riferito ad un ambito agricolo periurbano interessato dalla realizzazione di un piccolo ampliamento di una struttura agrituristica esistente previsto dalla 2° variante del POC (Fig. 9.1); si tratta di un'area di proprietà di Tagliavini Liliana e Renzo, di circa 6,029 m², sita in Ferrara, Via Pellegrina in una zona agricola a Sud-Est del Centro Artigianale San Giorgio (C.A.S.) nell'area Sud-Est di Ferrara.

Ai fini del POC si vuole determinare la natura e la litologia dei sedimenti alla luce del loro inquadramento geologico; definire il tipo di falde acquifere, la loro giacenza e la distanza dal suolo; classificare i terreni dal punto di vista sismico.



Fig. 9.1

Foto satellitare (Agea 2014)
con ubicazione del comparto
25AAP1-02.

9.1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Dal punto di vista geografico l'area riferita al comparto 25AAP1-02 è rappresentata nella sezione 185160 della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000, della quale in Fig. 9.2 si fornisce uno stralcio, ed è individuata dalle coordinate ED50 lat. 44,809226 – long. 11,638832.

Fig. 9.2

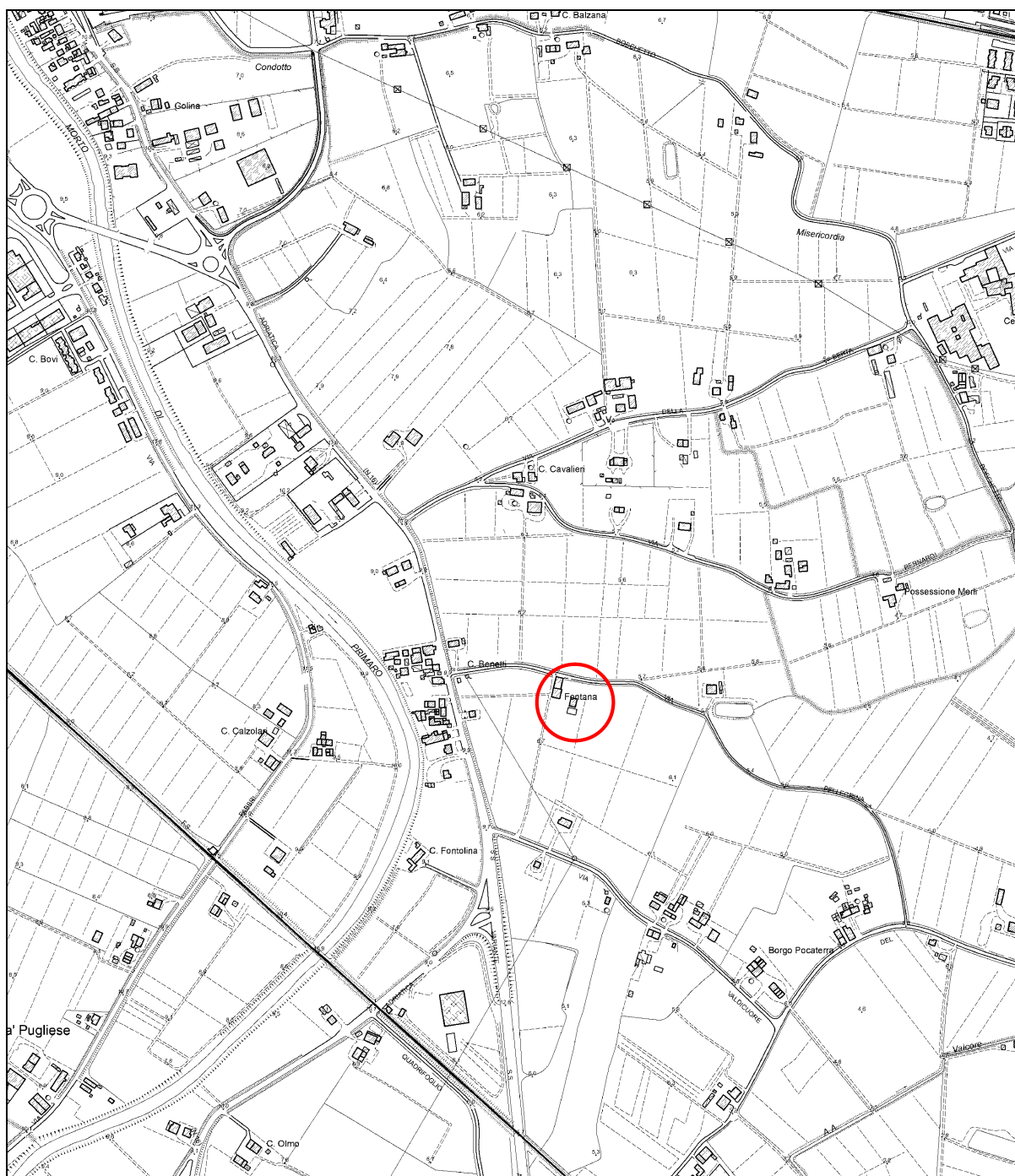
COROGRAFIA

BASE TOPOGRAFICA CTR
Sezione 185160
scala 1:10.000

Legenda



Area oggetto di studio



I terreni in esame sono censiti al Foglio 229, mappali 410, 411, 469 e parte dei mappali 468, 359 e 363 del NCEU del Comune di Ferrara.

9.2 - PROVE IN SITO

È stata eseguita n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e cono sismico SCPTU1 spinta fino alla profondità di 30,00 m dal piano campagna (p.c.), assunto come livello di riferimento.

Le indagini sono state eseguite dalla società Elletipi S.r.l. a cura della società di geologia G.T.A. S.n.c. di Ferrara dietro incarico della proprietà ed i dati acquisiti sono stati forniti dal Comune di Ferrara ai fini del presente studio.

In corrispondenza del foro di prova sono state effettuate misurazioni piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva. L'ubicazione dei punti di indagine è rappresentata in Fig. 9.3.

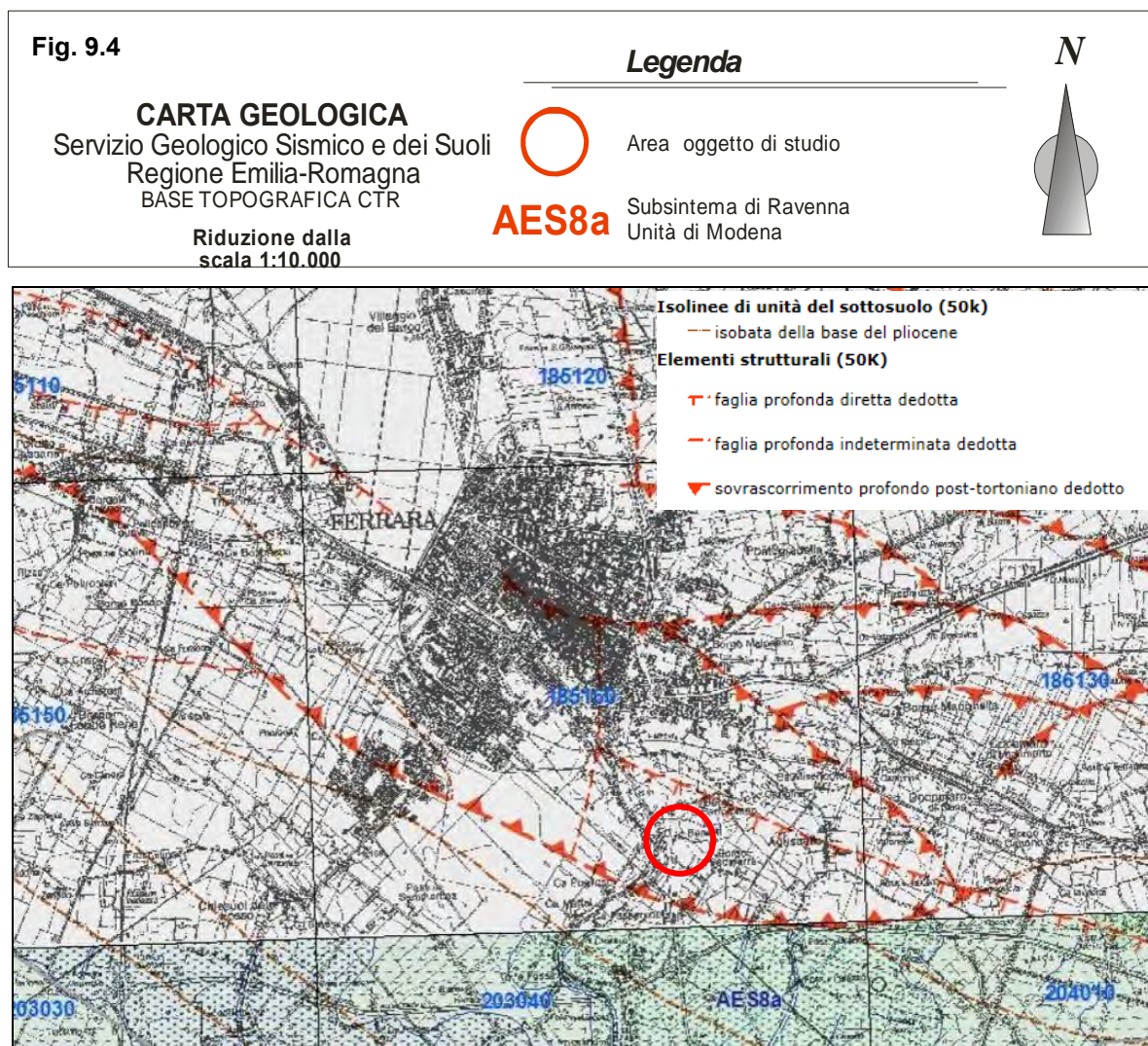


Fig. 9.3

Ubicazione della prova geotecnica SCPTU1 su mappa catastale ed Ortofoto Agea 2014.

9.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

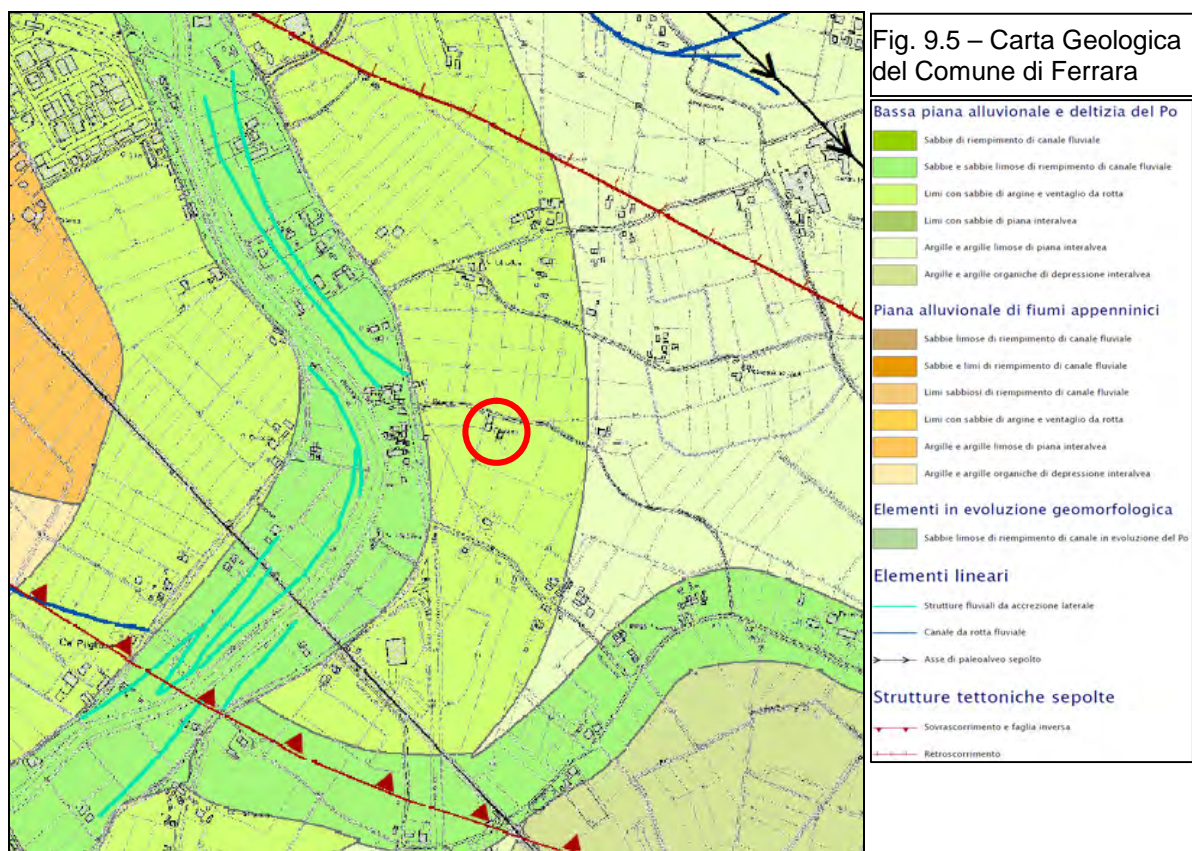
La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area in esame nella sezione 185160 solo per l'assetto strutturale (Fig. 9.4); per quanto riguarda le unità geologiche ci si riferisce alla rappresentazione in scala maggiore di 1:20.000 ed alla vicina sezione meridionale adiacente per analogia e si individuano coperture quaternarie attribuite al Subsistema di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a) descritte nella sezione generale.



La litologia superficiale è definita in sabbie limose di piana alluvionale.

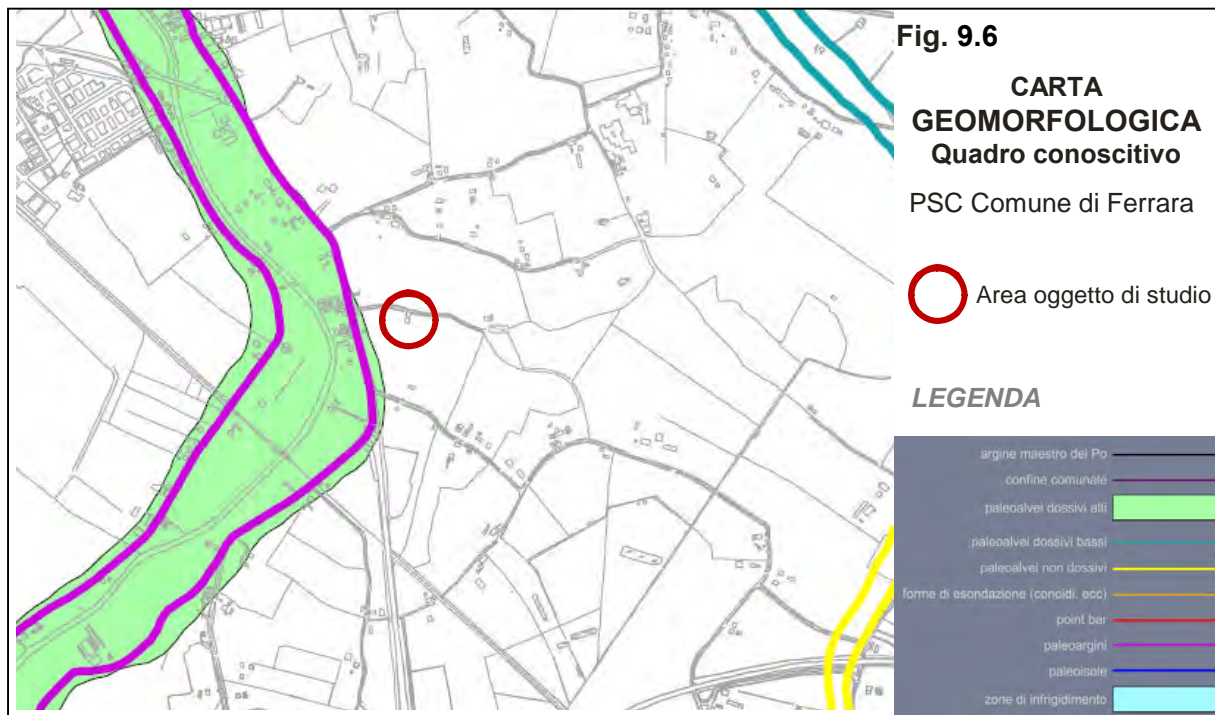
Dal punto di vista strutturale il sito in esame risulta inserito in un'area interessata da un sistema di sovrascorrimenti e faglie dirette profonde con direzione all'incirca Nord-Ovest - Sud-Est, tutti riferibili al quadro strutturale appenninico (cfr. Fig. 9.4). Più precisamente il sito è compreso tra una faglia diretta profonda a Nord ed un sovrascorrimento profondo a Sud, entrambi con direzione indicativamente Nord-Ovest - Sud-Est.

La Carta Geologica del Comune di Ferrara (Fig. 9.5) individua “limi con sabbie di argine e ventaglio di rotti” e delinea un sovrascorrimento sepolto immediatamente a Sud ed una faglia diretta profonda immediatamente a Nord entrambe con direzione Nord-Ovest – Sud-Est, in concordanza con la Carta Geologica Regionale.



Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio complessivamente pianeggiante privo di fenomeni di dissesto, prevalentemente agricolo e solo in parte urbanizzato, con quote topografiche comprese tra +6,20 e +6,70 m s.l.m.m. debolmente degradanti verso Est-Sud-Est. Sempre la Carta Geologica del Comune di Ferrara (cfr. Fig. 9.5) evidenzia a Nord-Est e ad Est del sito un’asse di paleoalveo sepolto.

La Carta Geomorfologica a corredo del quadro conoscitivo del PSC (Fig. 9.6) inserisce il sito in una zona inter-fluviale pianeggiante priva di particolari criticità geomorfologiche ed individua ad Ovest un paleoalveo dossivo alto associato a paleoargine in corrispondenza del corso del Po Morto di Primaro ed un paleoalveo dossivo basso a Nord-Est ed uno non dossivo ad Est, sostanzialmente in concordanza con la Carta Geologica del Comune di Ferrara.

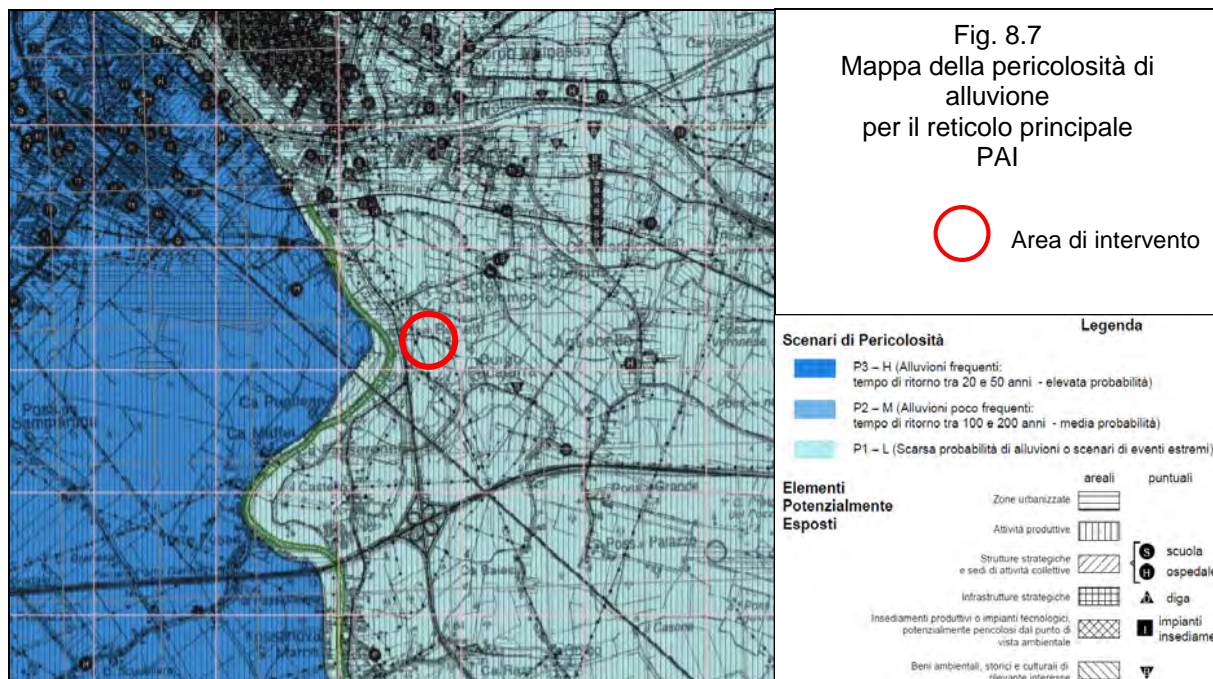


9.3.1 - Rischio idraulico

In base alle conoscenze geomorfologiche del territorio e all'analisi del microrilievo si evidenzia che il sito indagato si trova su una superficie topografica con deboli pendenze che tendono ad aumentare verso Ovest rispetto allo stesso, in corrispondenza del corso del Po Morto di Primaro.

Trovandoci di fronte ad un'area prevalentemente agricola, le acque superficiali verranno raccolte dai fossati interpoderali e dagli scoli che circondano il sito; la natura sabbio-limosa dei terreni superficiali rende tendenzialmente mediocre l'infiltrazione nel sottosuolo e talvolta difficoltosa in corrispondenza di aree con litologia a maggior frazione limosa.

In riferimento alla DGR 1300/2016, le "Mappe della pericolosità di alluvione" a corredo del PAI regionale (Fig. 9.7) inseriscono il lotto in esame in aree con scarsa probabilità di alluvioni (P1) in riferimento al reticolo principale, mentre per il reticolo secondario le alluvioni sono definite poco frequenti (P2) con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni; si evidenzia che nelle mappe relative al reticolo secondario è stata eliminata la classe P1, la quale è stata inglobata nella P2.



Le “Mappe del rischio di alluvione” del PAI sia per il reticolo principale che quello secondario evidenziano un rischio moderato o nullo (R1) per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli, con elementi lineari vicini, sempre in entrambi i casi, a rischio medio (R2) per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

Il PAI specifica che i dati rappresentati nella mappa del rischio hanno valenza informativa e sono propedeutici alla elaborazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. A livello progettuale se ne dovrà tenere conto valutando l'eventualità di adottare le prescrizioni della DGR 1300/2016.

La falda acquifera freatica viene alimentata principalmente dall'apporto meteorico e pertanto risulta influenzata in modo importante dalle variazioni climatiche stagionali ed annuali in modo tale che il livello statico può oscillare tra circa 1,00 e 4,00 m di profondità dal piano campagna. Occorre però precisare che la presenza del Po Morto di Primaro e dei fossati e degli scoli nell'intorno del sito può influenzare localmente il livello della falda.

In particolare la Carta della profondità della falda freatica a corredo del PSC individua livelli a cavallo tra 1 e 2 m e 2 e 4 m sotto il p.c.

Al momento dell'indagine SCPTU1 (18.09.2018) il livello statico è stato registrato alla profondità di -1,80 m dal p.c.

9.4 - CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

L'analisi della prova penetrometrica consente la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, infatti permette di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del DM del 17.01.2018.

Si può così delineare la seguente successione:

da 0,00 m a 1,00 m dal p.c. – Sabbie +/- limose

Si registrano medio-alti ed alterni valori di qc 6,5+/- MPa, con simmetrici valori di fs 70+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di sabbie più o meno limose.

da 1,00 m a 3,50 m dal p.c. – Limi argillo-sabbiosi e sabbie limose

Si registrano medi ed alterni valori di qc 3,2+/- MPa, con valori non sempre simmetrici di fs 45+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di limi argillo-sabbiosi e sabbie limose.

da 3,50 m a 7,80 m dal p.c. – Argille ed argille organiche

Si registrano bassi valori di qc 0,7+/- MPa, con valori piuttosto simmetrici di fs 18+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di argille a bassa e media consistenza con livelli di argille organiche.

da 7,80 m a 10,30 m dal p.c. – Alternanza di argille sabbiose ed argille limose

Si registrano medio-bassi valori di qc 1,2+/- MPa, con valori piuttosto simmetrici di fs 11+/- kPa.

Si evidenzia un'alternanza di argille sabbiose ed argille limose.

da 10,30 m a 14,30 m dal p.c. – Argille ed argille organiche

Si registrano bassi valori di qc 0,7+/- MPa, con valori piuttosto simmetrici di fs 17+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di argille a bassa e media consistenza con livelli di argille organiche.

da 14,30 m a 17,10 m dal p.c. – Sabbie e sabbie limose

Si registrano alti ed alterni valori di qc 9,2+/- MPa, con valori piuttosto simmetrici di fs 20+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di sabbie e sabbie limose.

da 17,10 m a 20,60 m dal p.c. – Argille mediamente consistenti

Si registrano medio-bassi valori di qc 1,1+/- MPa tendenzialmente decrescenti verso il basso, con valori piuttosto simmetrici di fs 26+/- kPa.

Si evidenzia un'alternanza di argille mediamente consistenti.

da 20,60 m a 28,40 m dal p.c. – Sabbie e sabbie limose

Si registrano alti ed alterni valori di qc 9,5+/- MPa tendenzialmente decrescenti verso il basso e con picchi superiori a 150 MPa, con valori piuttosto simmetrici di fs 48+/- kPa.

Si evidenzia uno strato di sabbie e sabbie limose.

da 28,40 m a 30,00 m dal p.c. – Argille consistenti e mediamente consistenti

Si registrano medio-bassi valori di qc 1,3+/- MPa, con simmetrici valori di fs 40+/- kPa.

Si evidenzia un'alternanza di argille consistenti e mediamente consistenti.

Si tratta di terreni di età olocenica; l'ambiente di sedimentazione è complessivamente di tipo palustre pertanto a molto bassa o nulla energia di trasporto, diventa fluviale a bassa e media energia idrodinamica nei sedimenti intermedi.

Al momento della prova il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di -1,80 m dal p.c.

9.5 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per la classificazione del sito in esame sono stati utilizzati i dati della prova penetrometrica statica con cono sismico SCPTU1 spinta fino alla profondità di 30,00 m dal p.c.

Il banco di terreni compresi nello spessore di 30,00 m è caratterizzato da:

$$V_{s30} = 182 \text{ m/s}$$

Pertanto il suolo di fondazione viene attribuito in prima approssimazione alla **categoria C** *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

I parametri sismici per tempi di ritorno di 475 anni ovvero per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e nell'ipotesi di classe d'uso II, calcolati tramite media ponderata, presentano i valori riportati sintetizzati di seguito (elaborazioni tramite INGV “Spettri NTC ver. 1.0.3”):

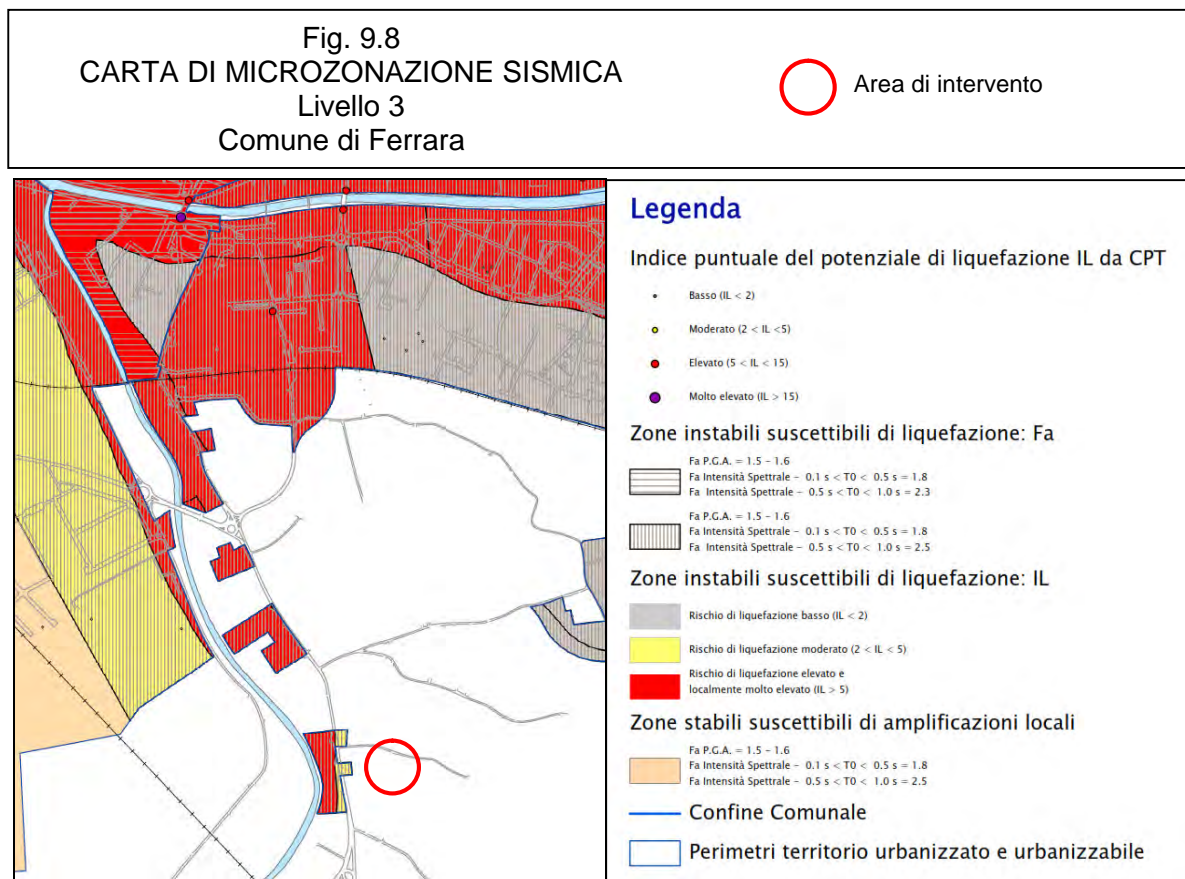
$$a_g (g) = 0,142 \quad F_0 = 2,592 \quad T_C = 0,272$$

$$S_s = 1,48 \quad - \quad C_c = 1,61$$

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,038	2,546	0,255
SLD	50	0,049	2,478	0,274
SLV	475	0,142	2,592	0,272
SLC	975	0,192	2,541	0,278

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica afferente alla Microzonazione Sismica di 3° livello del Comune di Ferrara (Fig. 9.8, dalla Tav. 4_10, QC1.1.10.4) non inserisce l'area in esame nelle aree sottoposte a Microzonazione Sismica.



9.6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area definita Comparto 25AAP1-02 dal punto di vista litostratigrafico è caratterizzata da sedimenti superficiali che fino a 3,50 m dal p.c. hanno mediocri e variabili qualità geotecniche e proseguono fino a 14,30 m dal p.c. con sedimenti dalle scarse qualità geotecniche, che per le loro caratteristiche geomeccaniche potrebbero essere soggetti a fenomeni di amplificazione sismica locale. Dalla profondità di 14,30 m fino a 17,10 m dal p.c. si incontra inoltre un banco di quasi 3,0 metri di spessore dalle discrete qualità geotecniche, ma che per le sue caratteristiche granulometriche e di addensamento può essere soggetto a fenomeni di liquefazione in condizioni dinamiche anche importanti.

Per questi motivi si rende necessaria un'indagine geognostica integrativa finalizzata a definire con esattezza un modello geotecnico tridimensionale di dettaglio, ad effettuare una verifica del rischio di liquefazione degli strati granulari con la conseguente revisione della Categoria sismica di suolo di fondazione ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

In base ai risultati del rischio di liquefazione sito-specifico sarà opportuno effettuare una valutazione dei cedimenti post-sismici con particolare riguardo ai sedimenti di natura granulare.

Trattandosi di area agricola sarà opportuno prevedere un adeguato sistema di raccolta delle acque superficiali prima che queste vengano convogliate alla rete di scolo consorziale.

29 Ottobre 2018

Firma e Timbro

Dott. Geol. Alessandro Domeneghetti



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Domeneghetti Alessandro".

In collaborazione con:

dott. Geol. Cecilia Agostini