

ALL. "B"

Studio Geologico Associato Ortelli
di Ortelli Germano e Ortelli Matteo
48018 FAENZA
Via Ragazzini 3/1 - Tel./Fax 0546-33141
Cod. Fisc. / Partita I.V.A. 02001240395

ADOTTATO con Delibera Consiliare
n. 116 del 23.04.2012

RELAZIONE SULL'INDAGINE GEOLOGICA GEOTECNICA E
SISMICA ESEGUITA IN VIA GRANAROLO IN COMUNE DI
FAENZA PER CAMBIO DI DESTINAZIONE E AMPLIAMENTO DI
FABBRICATO IN VARIANTE AL P.R.G. VIGENTE

APPROVATO CON ATTO
C.C. n. 236 del 28.10.2013



Committente:
Sangiorgi Primo
via Granarolo n. 72
48018 FAENZA (RA)

IL CAPO SERVIZIO PROGETTAZIONE
URBANISTICA - AMBIENTALE
(Arch. Daniela Babalini)

Studio Geologico Associato ORTELLI di Ortelli Germano e Ortelli Matteo - Via Ragazzini, 3/1 - Tel./Fax 0546 33141 - 48018 FAENZA

Studio Geologico Associato Ortelli
di Ortelli Germano e Ortelli Matteo
48018 FAENZA
Via Ragazzini 3/1- Tel./Fax 0546-33141
Cod. Fisc. / Partita I.V.A. 02001240395

**RELAZIONE SULL'INDAGINE GEOLOGICA GEOTECNICA E
SISMICA ESEGUITA IN VIA GRANAROLO IN COMUNE DI
FAENZA PER CAMBIO DI DESTINAZIONE E AMPLIAMENTO DI
FABBRICATO IN VARIANTE AL P.R.G. VIGENTE**

Committente:
Sangiorgi Primo
via Granarolo n. 72
48018 FAENZA (RA)

**RELAZIONE SULL'INDAGINE GEOLOGICA GEOTECNICA E
SISMICA ESEGUITA IN VIA GRANAROLO IN COMUNE DI
FAENZA PER CAMBIO DI DESTINAZIONE E AMPLIAMENTO
DI FABBRICATO IN VARIANTE AL P.R.G. VIGENTE**

Su richiesta del Sig. Sangiorgi Primo, residente in via Granarolo n. 72 in comune di Faenza, è stata eseguita un'indagine geologica, geotecnica e sismica su un'area di proprietà sita al medesimo indirizzo di residenza della Committenza, distinta al Fg. 102 mapp. 86 ed inserita nella Sezione 239070 "Cassanigo" della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000, come da cartografia allegata, estesa alle aree contermini di possibile influenza, per la demolizione e ricostruzione con ampliamento di un fabbricato in Variante al P.R.G. comunale vigente.

Scopo dell'indagine è di valutare alcune caratteristiche geolitologiche, morfologiche ed idrogeologiche dell'area, geomeccaniche e sismiche dei terreni di fondazione, la categoria sismica di sottosuolo e la valutazione del potenziale di liquefazione.

L'indagine è stata eseguita nel mese di maggio 2011 direttamente sull'area tramite rilievo di superficie per accertare le caratteristiche litologiche e morfologiche superficiali, acquisizione di materiale bibliografico, osservazione di foto aeree, esecuzione di prove penetrometriche per indagare in profondità alcune caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione, indagine geofisica mediante misure del microtremore ambientale con tromografo digitale portatile atta all'individuazione della microzonazione sismica per la risposta locale ed

utilizzando anche le risultanze di indagini eseguite in precedenza in aree contermini.

Di seguito si riportano le risultanze delle prove penetrometriche in forma diagrammatica e la relativa ubicazione in planimetria.

MODELLO GEOLOGICO

L'area in oggetto insiste circa un chilometro a Nord-Est dell'abitato di Faenza, ad un'altitudine di circa m 26 s.l.m., presenta una forma regolare assimilabile ad un quadrato e risulta compresa tra via Granarolo a Nord-Ovest e la line ferroviaria Faenza – Ravenna a Sud-Est.

Geolitologia

L'area del Variante insiste su depositi della Pianura Padana, prevalentemente argilloso limosi, limoso argillosi e limoso sabbiosi di piana inondabile in area interfluviale, di ambiente di piana alluvionale, depositati dal Fiume Lamone, di sedimentazione continentale recente (Olocene), nei pressi del passaggio eteropico, verso Sud, ai depositi continentali recenti del conoide del Fiume Lamone.

Nella parte superficiale i sedimenti di pianura e conoide sono litologicamente molto simili, per cui risulta difficile individuare un confine stratigrafico preciso; i depositi di conoide si differenziano soprattutto per la maggiore presenza, in profondità, di lenti ghiaioso-sabbiose e sabbiose.

La Pianura Padana è un grande bacino subsidente caratterizzato, nel Quaternario, da una notevole velocità di sedimentazione.

Il Quaternario, infatti, inizia con un abbassamento dell'intero bacino sedimentario con valori massimi nella zona centrale ed orientale, con conseguente estensione del mare fino ai suoi margini ed il ricoprimento di aree in precedenza emerse poste al suo interno, mentre si accentua l'innalzamento dell'Appennino. Nel Quaternario più recente il fenomeno si inverte e si assiste ad una regressione che consiste in un abbassamento relativo del livello marino dovuto sia al fenomeno delle glaciazioni, che trattengono l'acqua nelle zone continentali sotto forma di ghiaccio, sia al fenomeno dell'aumento relativo degli apporti terrigeni dei fiumi, che compensano ampiamente i valori della subsidenza, sempre in atto.

L'ultima regressione importante si ebbe in corrispondenza della glaciazione Wurmiana che, pur intervallata da vari periodi interglaciali, durò da 60.000 a 20.000 – 17.000 anni fa. Questa regressione portò il livello del mare a scendere fino a circa m 100 sotto la quota attuale, trasformando l'Adriatico in una grande pianura alluvionale; di conseguenza i depositi marini vengono ricoperti da una coltre alluvionale di notevole spessore.

La parte sommitale del Quaternario è caratterizzata dalla presenza di episodi lagunari e salmastri sempre più numerosi mano a mano che ci si sposta verso l'alto e da depositi continentali fluviali che chiudono il ciclo, fino ed oltre l'emersione.

La copertura quaternaria si è modellata sul substrato pliocenico adattandosi ad esso, così che i suoi spessori risultano maggiori in

corrispondenza dei bacini sinclinalici e minori in corrispondenza delle strutture profonde che maggiormente si sono spinte verso la superficie.

La serie di litotipi che si ritrova in profondità è, quindi, legata all'avvicinarsi di diversi fenomeni geologici ed al conseguente succedersi di ambienti deposizionali diversi. Si ha così un'alternarsi di livelli prevalentemente sabbiosi, sabbioso limosi e limoso sabbiosi e di livelli argillosi ed argilloso limosi che si presentano talora come continui, talora in forma di lenti.

Dal punto di vista geolitologico l'area d'intervento è ubicata su alluvioni appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano ed in particolare al Sintema Emiliano Romagnolo Superiore (*Pleistocene medio – Olocene*), Subsintema di Ravenna (*Pleistocene sup. – Olocene*), Unità di Modena (*Olocene*) come da cartografia allegata.

Il *Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore* è costituito da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, di conoide alluvionale ghiaiosa e di interconoide, passanti lateralmente a limi più o meno sabbiosi e argillosi di piana alluvionale; in affioramento comprende anche depositi litorali e marini.

È parzialmente suddiviso in subsintemi, sulla base dell'individuazione di deboli discordanze angolari o di scarpate erosive particolarmente ampie.

Il *Subsintema di Ravenna* è costituito da ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura

discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide.

L'*Unità di Modena* è costituita da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi.

I terreni superficiali in posto, al di sotto di uno strato di materiale di riporto eterogeneo sia come tipologia (cemento, asfalto, stabilizzato, macerie, ecc.), sia come spessore, sia come distribuzione areale, si presentano limosi e limoso-argillosi, di colore da brunastro a grigiastro a grigio nerastro; in profondità insistono terreni prevalentemente limosi, limoso-argillosi e limoso sabbiosi con intercalazioni da decimetriche a metriche sabbiose e sabbioso-limose, in forma lenticolare e variamente intercalate ed interdigitate.

La stratigrafia dell'area è stata desunta da due penetrometrie statiche spinte fino alla profondità di m 30 circa dal piano di campagna che evidenziano la presenza di terreni prevalentemente argilloso limosi e limoso argillosi con intercalazioni lentiformi limoso sabbiose e sabbioso limose fino a circa m 16 – 17 di profondità, di terreni prevalentemente sabbiosi con intercalazioni lentiformi limoso sabbiose e sabbioso limose fino a circa m 25 di profondità, di terreni ancora prevalentemente argilloso limosi e limoso argillosi fino a circa m 28 di profondità e di terreni sabbiosi con intercalazioni limoso sabbiose e sabbioso limose fino a circa m 30 di profondità. In allegato si riportano i relativi grafici.

Dal punto di vista tettonico, l'area della Pianura Padana è stata sottoposta ad un forte affossamento strutturale, con la base del Pliocene

che si individua a circa cinque chilometri di profondità, con presenza di duplicazioni tettoniche per faglie inverse (accavallamenti) e sovrascorrimenti a basso-medio angolo immerse verso Sud-Sud-Ovest e trasporto verso Nord-Nord-Est, che hanno determinato un sistema di grandi pieghe superficiali e pieghe rovesce profonde.

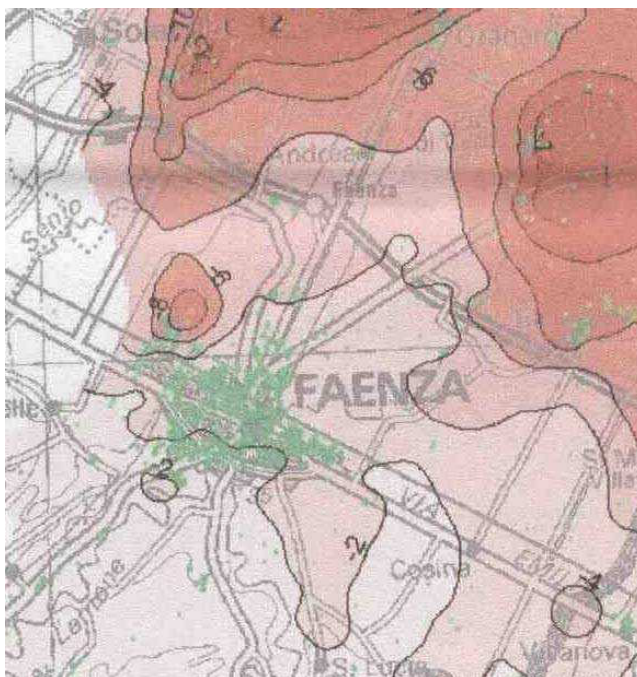
In particolare nell'area d'intervento la base del Sistema Emiliano Romagnolo Superiore (S.E.R.S.), cioè dei depositi della Pianura padana la cui età varia tra 0,45 Ma ed il presente, si trova ad una profondità di m 100 circa.

La "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna" in scala 1:250.000, evidenzia la presenza a Sud-Ovest dell'area in oggetto, del fronte sepolto di un sovrascorrimento, di età Pliocene – Pleistocene inferiore (4,5 – 1,0 Ma), recentemente riattivato, con direzione all'incirca parallela alla via Emilia, quindi Nord-Ovest / Sud-Est ed immersione verso Sud-Ovest

A Nord, più o meno in corrispondenza dell'Autostrada A 14, insiste il fronte sepolto di un retroscorrimento, recentemente riattivato; coevo e con la medesima direzione del primo, ma con immersione opposta, verso Nord-Est.

Nel comune di Faenza si individua la presenza di alcuni epicentri di attività macrosismica di magnitudo M compresa fra 4,0 e 5,5.

Il bacino padano è un'area geologicamente giovane, che mantiene ancora in atto l'innalzamento delle regioni appenniniche in parallelo con l'abbassamento della pianura per subsidenza, con epicentro nel delta del Po, ed indici più elevati nella fascia costiera adriatica.



Secondo dati bibliografici recenti (rilevati da A.R.P.A. Ingegneria Ambientale) l'area in oggetto risulta insistere in zone con tassi di abbassamento di circa mm/anno 4.

Anche nel “Piano Strutturale Comunale (PSC) 2009 Quadro Conoscitivo Tav. B.3.6, Sistema Naturale ed Ambientale – Rischi Naturali: Subsidenza”, la subsidenza risulta variare fra mm/anno 0 e 4.

Considerando che Raimondo Selli dell'Università di Bologna considera naturale un tasso di subsidenza di circa mm/anno 2 – 3 si tratta di abbassamenti molto modesti, comparabili a quelli naturali.

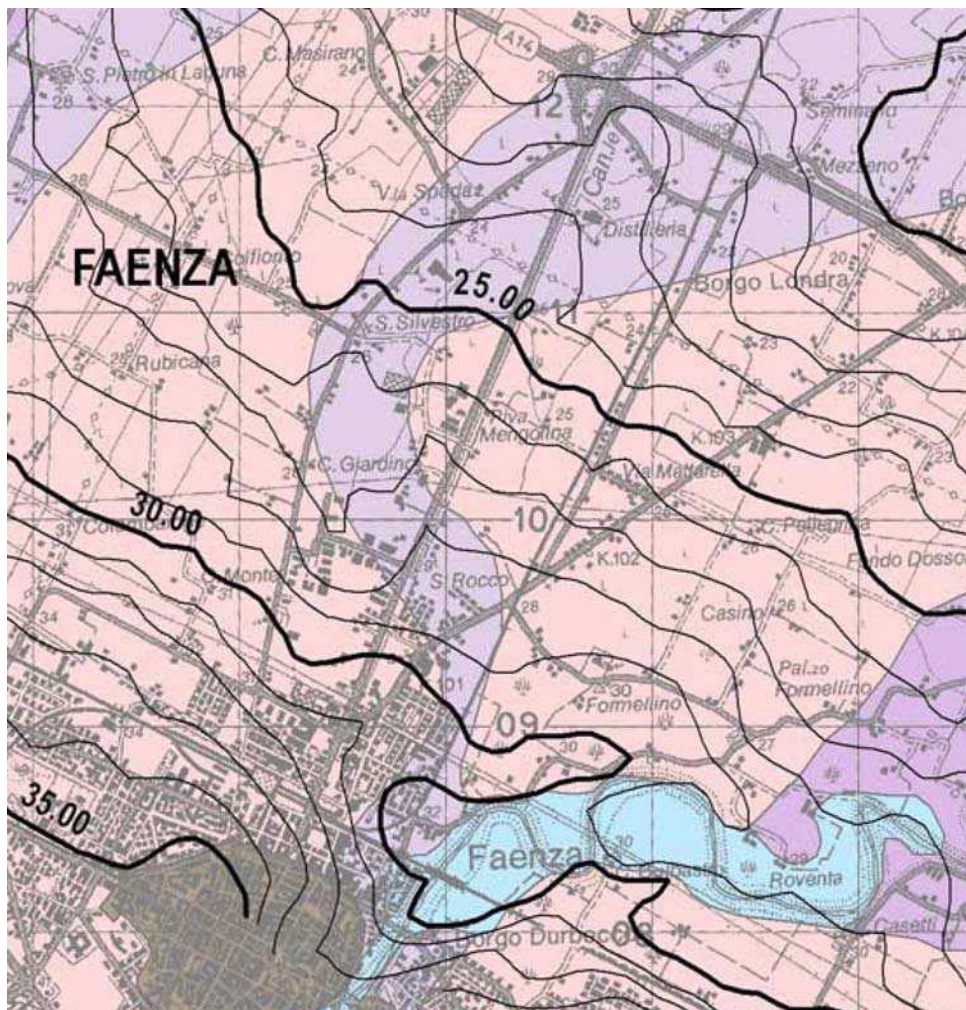
Geomorfologia

L'area in oggetto si trova in una zona fortemente condizionata dall'intervento dell'uomo, realizzatosi nel corso dei secoli sia attraverso l'attività agricola che ha fortemente modificato l'ambiente naturale, sia attraverso la realizzazione di edifici rurali, industriali ed infrastrutture.

Dal punto di vista morfologico si presenta sub-pianeggiante, abbastanza uniforme, con leggera inclinazione verso Nord-Est, non

percepibile ad occhio nudo ed insiste circa alla stessa quota di via Granarolo.

All'incirca in corrispondenza dell'area di San Rocco, della chiesa parrocchiale di San Silvestro e della Distilleria Tampieri corre un "paleoalveo" del Fiume Lamone con evidenze principalmente litologiche e solo parzialmente morfologiche e, quindi, non percepibile ad occhio nudo, allungato in senso Sud-Ovest / Nord-Est. I paleoalvei indicano la presenza, in un passato anche molto lontano, di un corso d'acqua il cui alveo è completamente ricoperto da sedimenti in questo caso prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi.



Gli elementi di morfologia antropica più significativi insistenti sull'area e nelle immediate vicinanze sono gli argini del Canale Naviglio a circa m 100 in zona Nord-Ovest ed il rilevato della linea ferroviaria "Faenza – Ravenna", a circa m 400 in zona Sud-Est, entrambi non molto accentuati. Nei pressi dell'area d'intervento non sono presenti altri elementi significativi di differenziazione geomorfologica, né naturali, né antropici.

Inquadramento idrologico ed idrogeologico

Particolare importanza riveste l'analisi idrogeologica di un sito edificabile sia per quanto attiene l'individuazione delle aree inondabili, sia per la determinazione della profondità minima della falda freatica, in quanto può interferire con l'edificabilità stessa dell'area.

Attualmente le acque meteoriche sono in parte regimate da regolare fognatura in fregio ai fabbricati esistenti, in parte da fossi e scoline ed in parte assorbite dal terreno ed eliminate per evapo-traspirazione. Tutte le zone circostanti sono attraversate da una fitta maglia di fossi di scolo che convogliavano le acque superficiali agli scoli principali.

L'elemento idrologico più importante presente nei pressi dell'area d'intervento è il "Canale Naviglio" che scorre in zona Nord-Est a circa m 100 di distanza parallelamente a via Granarolo; si tratta di un canale artificiale di "acque alte" con andamento perfettamente rettilineo e direzione Sud-Ovest / Nord-Est che deriva l'acqua dal Fiume Lamone a Sud di Faenza; oggi, molto ridimensionato come larghezza, viene utilizzato soprattutto a fini irrigui.

Questo corpo idrico, pur essendo di una certa rilevanza ed abbastanza prossimo all'area interessata, non evidenzia problematiche di esondazione, neanche in occasione di forti piogge, in quanto presenta un dimensionamento più che sufficiente, come accertato sulla base di informazioni assunte in loco e come confermato dal "Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico - Perimetrazione Aree a Rischio Idrogeologico", Tavole 239NE e 239SE", redatto dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, che non evidenzia alcun rischio di esondazione o allagamento.

Anche nel P.S.C. 2009 – Piano Strutturale Comunale Associato di Faenza, nella Tavola B.3.2 Sistema Naturale ed Ambientale – Rischi Naturali: "Carta delle alluvioni storiche scala 1:50.000", l'area d'intervento non risulta interessata dalle ultime più importanti alluvioni avvenute nel 1949 – 1959 – 1966 – 1996.

Per quanto attiene la profondità della falda freatica dal piano di campagna, nel corso della presente indagine è stata individuata presenza di acqua di falda con livello statico a circa m 2 di profondità.

Nello studio condotto dalla ex-U.S.L. 37 di Faenza nel periodo '90 – '91 sull'andamento e sulla qualità della falda freatica, il livello statico fu accertato a m 2,5 – 3,0 circa di profondità dal piano di campagna; pertanto la falda non ha subito penalizzazione negli ultimi anni.

Permeabilità superficiale

La litologia è il solo elemento che condiziona la permeabilità che risulta, principalmente, del tipo per fratturazione e, secondariamente, per porosità superficiale.

I terreni superficiali sono prevalentemente limoso-argillosi e limoso-argilloso-sabbiosi, caratterizzati da bassa permeabilità.

Nel sito in esame, l'acquifero è costituito dalle lenti sabbioso limose che insistono a profondità variabile rispetto al piano di campagna attuale.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Stante le modeste dimensioni dell'area in oggetto e le conoscenze in precedenza acquisite su aree limitrofe, in questa fase progettuale si sono eseguite n. 2 penetrometrie statiche, atte a porre in evidenza l'uniformità, la natura ed alcune caratteristiche meccaniche dei terreni e la presenza e profondità di falde idriche sotterranee e/o sospese.

Le prove penetrometriche sono state spinte fino a m 30, quindi ad una profondità tale da investigare il sottosuolo fino alle zone nelle quali le tensioni indotte dai manufatti non provocano deformazioni apprezzabili nel terreno.

Le quote sono riferite al piano di campagna esistente al momento dell'esecuzione delle prove e la loro ubicazione viene riportata in cartografia allegata con un quadrato, e numerazione progressiva.

Le penetrometrie statiche sono state eseguite con penetrometro olandese tipo "GOUDA" TG73-200 della Ditta Pagani di Piacenza, da ton

20 pari a KN 200 di spinta, con anello allargatore, dotato di punta meccanica tipo “Begemann”, per la misura della resistenza di attrito locale, e velocità di avanzamento punta di cm/s 2.

La prova consiste nel rilevamento ripetuto ogni cm 20 di alcune caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati e cioè:

- q_c = resistenza alla penetrazione della punta conica ϕ mm 35,7 pari ad una sezione di cm^2 10, espressa in kg/cm^2 ;
- f_s = resistenza laterale calcolata (superficie laterale di 150 cm^2) espressa in kg/cm^2 ;

I risultati, espressi in forma diagrammatica, sono riportati in allegato.

Sulla base delle esperienze di Begemann e di Schmertmann è stata ricavata la granulometria dei terreni.

Sono stati rilevati terreni limoso argilloso sabbiosi fino a circa m 10,4 – 13,4 di profondità, seguiti da terreni prevalentemente sabbioso limosi con intercalazioni lentiformi decimetriche argilloso limose e limoso argilloso sabbiose fino a circa m 16,4 – 16,6 di profondità, poi da terreni sabbiosi fino a circa m 24,8 – 25,4 di profondità, da terreni argilloso limosi fino a circa m 27,8 – 28,6 di profondità ed infine ancora da terreni sabbiosi fino al termine delle prove a circa m 30,0 di profondità dal piano di campagna.

In allegato si riporta una sezione geolitologica realizzata utilizzando le risultanze delle penetrometrie statiche.

Al termine delle prove si è misurato il livello statico della falda che risulta insistere a circa m 2,0 di profondità dal piano di campagna.

Sulla base dei dati di resistenza alla compressione, correlati con quanto individuato con l'indagine di superficie, con le penetrometrie statiche e

con sondaggi eseguiti in zone limitrofe, deriva che i terreni sono discretamente omogenei, in senso orizzontale, come natura e grado di addensamento, e presentano andamento lenticolare.

Più in particolare al di sotto di m 0,40 circa di terreno vegetale rimaneggiato le prove penetrometriche statiche evidenziano la presenza di alternanze di terreni con valori di resistenza meccanica mediamente discreti fino a m 8 – 10 circa di profondità, seguiti da terreni con valori di resistenza geomeccanica buona fino a m 14 circa di profondità, quindi ancora da terreni con resistenza a compressione discreta fino a circa m 16 di profondità. Al di sotto insistono terreni con resistenza meccanica molto buona fino al termine delle prove a circa m 30 di profondità, con un'intercalazione lentiforme con resistenza buona fra m 25 – 27 circa di profondità.

SEZIONE LITOTECNICA

Sulla base delle prove eseguite è stata elaborata una Sezione Litotecnica utilizzando le risultanze delle penetrometrie statiche, senza modificare la scala delle profondità.

Le unità litotecniche sono state estrapolate dalle differenziazioni geotecniche riscontrate nelle penetrometrie statiche; si sono pertanto dedotte le seguenti unità litotecniche:

- **unità A:** $q_c < 20 \text{ daN/cm}^2$;
 $\gamma' = \text{circa daN/dm}^3 1,07$;
 $c_u = \text{daN/cm}^2 0,44 - 0,89$;
 $\phi = 15^\circ - 25^\circ$;
- **unità B:** $20 < q_c < 100 \text{ daN/cm}^2$;

$$\begin{aligned}\gamma' &= \text{circa daN/dm}^3 \text{ 0,95;} \\ c_u &= \text{daN/cm}^2 \text{ 0,56 - 1,27;} \\ \phi &= 17^\circ - 26^\circ;\end{aligned}$$

- **unità C:** $q_c > 100 \text{ daN/cm}^2$;
 $\gamma' = \text{circa daN/dm}^3 \text{ 1,11}$;
 $c_u = \text{daN/cm}^2 \text{ 0,00}$;
 $\phi = 20^\circ - 32^\circ$.

In allegato si riportano le sezioni e la relativa ubicazione in planimetria.

CARATTERI SISMICI

Il decreto di riclassificazione sismica della Regione Emilia Romagna, emanato dal Ministero dei LL. PP. ha confermato l'inserimento del territorio del Comune di Russi in zona sismica di 2° categoria a cui corrisponde a un valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale al suolo (a_g) pari a 0,25.

Facendo riferimento a quanto emerso dallo studio geomorfologico, si nota che l'area in oggetto insiste su depositi alluvionali del Fiume Lamone, completamente pianeggiante, classificabile in Categoria Topografica "T1" – "Superfici pianeggianti, pendii e rilievi con inclinazione media inferiore o uguale a 15°", quindi non soggetta a penalizzazione derivante dalla morfologia ed a cui corrisponde un valore massimo del Coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,0$.

Liquefazione

Dal punto di vista litologico, pur con possibili e locali piccole variazioni, la stratigrafia dell'area è caratterizzata da terreni

prevalentemente limoso argilloso sabbiosi ed argilloso limosi fino a m 15 circa, seguiti da terreni maggiormente sabbiosi

È chiaro, a questo punto, che l'unico problema nel quale si potrebbe incorrere e che, quindi, potrebbe penalizzare il territorio, è la liquefazione ciclica dei terreni granulari saturi per effetto delle sollecitazioni sismiche.

Per quanto riguarda le caratteristiche granulometriche, è noto che la dimensione e la gradazione delle particelle sono fattori con influenza non trascurabile sulla suscettibilità alla liquefazione.

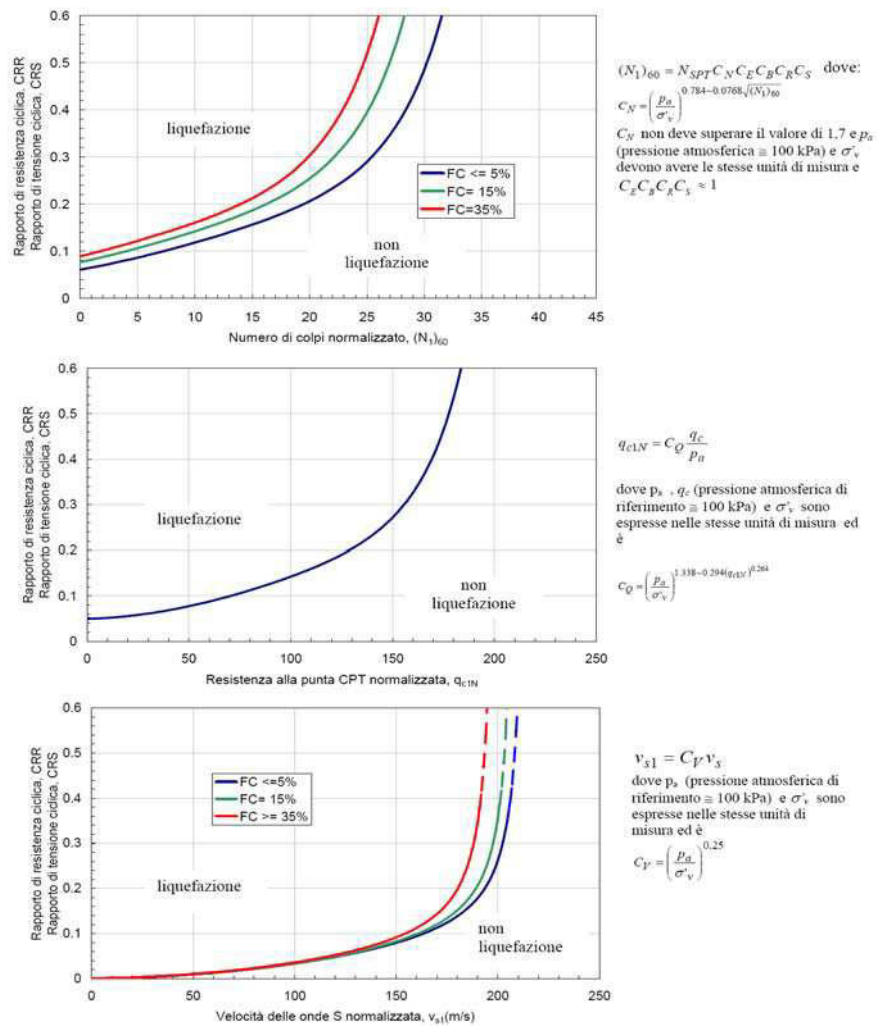
Da esperienze sperimentali è emerso che, per portare ad una deformazione del 5% suoli litologicamente costituiti da sabbie medio-grossolane e da altri materiali più grossolani (si ricorda che si considera liquefazione quando si ha una deformazione del 20%), l'ampiezza di sforzo ciclico necessaria è circa doppia rispetto a suoli costituiti da sabbie medio-fini, oppure fini, od anche leggermente limose. Per le argille è necessario aumentare lo sforzo di 5 volte.

Se ne deduce che ghiaia ed argilla, anche se più o meno limose, non sono suscettibili alla liquefazione.

Il caso in esame, pur con i problemi relativi all'esatta definizione delle caratteristiche dei sismi occorsi (e a quella praticamente impossibile di quelli che potranno avvenire), fornisce in relazione alle caratteristiche presenti, risultati confortanti, in quanto, pur in presenza di falda idrica relativamente superficiale con livello statico a circa m 2,0 di profondità, si individuano, prevalentemente, litotipi con alto quantitativo di materiale fine (limo e argilla) e valori di resistenza a compressione da discreti a

molto buoni, pertanto i terreni indagati non sono potenzialmente liquefacibili per gli eventi sismici di intensità attesa.

Di seguito si riportano anche i diagrammi per la stima della resistenza normalizzata alla liquefazione CRR di un terreno sabbioso saturo in funzione della percentuale di fini FC e sulla base dei valori di N_{SPT} , q_c e V_s corretti.



“Stralcio dei grafici della Delibera Regionale n. 112 del 02 maggio 2007”

Considerando che le velocità delle onde V_s individuate nel corso dell'indagine geofisica effettuata per la microzonazione sismica dell'area, sono superiori a m/s 215 circa già a partire da m 1,8 circa di profondità, si

può notare, come evidenziato nei grafici precedenti, che i terreni non sono potenzialmente liquefacibili.

Stante la natura pianificatoria della presente relazione, per quanto attiene la liquefacibilità dei terreni, si è eseguita la verifica di stabilità dei depositi utilizzando il metodo semi-empirico più noto ed accettato e la cui validità è comunemente riconosciuta, detto della “Normativa Europea” derivato da quello di “Seed – Idriss”, basato sul calcolo dello sforzo di taglio:

$$F = \frac{\left(\frac{\tau_l}{\sigma_v'} \right)}{\left(\frac{\tau_d}{\sigma_v'} \right)}$$

Il denominatore si sviluppa:

$$\frac{\tau_d}{\sigma_v'} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot r_d \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma_v'}$$

in cui:

σ_v' = pressione verticale effettiva (variabile a seconda della profondità z e della falda);

a_{max} = accelerazione massima in superficie pari a $0,205 \cdot g$ come indicato nell'Atto di Indirizzo n. 112 del 02/05/2007 della Regione Emilia Romagna per il comune di Faenza;

g = accelerazione di gravità ($9,8 \text{ m/sec}^2$);

$r_d = 1 - 0,015 z$ (ossia in funzione della profondità con z in metri);

σ_v = pressione litostatica totale ($\gamma \cdot z$).

Il numeratore si sviluppa:

$$\frac{\tau_l}{\sigma_v'} = 0,26 \cdot \left[0,16 \cdot \sqrt{N_a} + \left(0,21 \cdot \sqrt{N_a} \right)^{\frac{1}{4}} \right]$$

$$\text{con } N_a = \Delta N_f + \frac{1,7}{\sigma_v' + 0,7} \cdot N_{SPT}$$

in cui:

N_{SPT} = numero colpi nella Prova penetrometrica standard SPT;

$\Delta N_f = 0$ se la percentuale di fini (CF) è inferiore a 5% oppure $10 \cdot CF + 4$
nel caso che la percentuale di fini sia superiore al 10%,
interpolando linearmente nel caso di $0,05 < CF < 0,10$.

Il numero dei colpi N_{SPT} è stato ricavato applicando ai valori di resistenza alla punta q_c delle penetrometrie statiche il fattore di trasformazione “4”.

Considerando l’ipotesi peggiore, a tutta sicurezza, di una falda freatica con livello statico a m 2,0 di profondità su tutta l’area ed un valore della densità umida di g/cm^3 1,85 circa, si ottengono valori del fattore di sicurezza F quasi sempre superiori a 1,2 – 1,3 e solo in pochi casi superiori ad 1,1. I terreni risultano, quindi, non liquefacibili fino a m 30 di profondità.

Inoltre a completamento della trattazione si ricorda che su “Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica – parte III pag 35 (Gruppo di lavoro “Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica”, a cura di F. Brammerini, G. Di Pasquale, G. Naso, M. Severino) edito da “Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Commissione protezione civile – Sottocommissione 8 - Attuazione della normativa sismica” e da “Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione civile”, si afferma che l’occorrenza della liquefazione ha effetti in superficie solamente in particolari condizioni. Nel caso di terreno pianeggiante, i danni in superficie sono trascurabili se lo spessore dello

strato più superficiale che non liquefà (H1) è maggiore dello spessore dello strato sottostante che liquefà (H2), ovverosia se $H1 > H2$, come è nel caso in questione ove gli strati non liquefacibili sono di spessore molto maggiore rispetto a quelli potenzialmente liquefacibili.

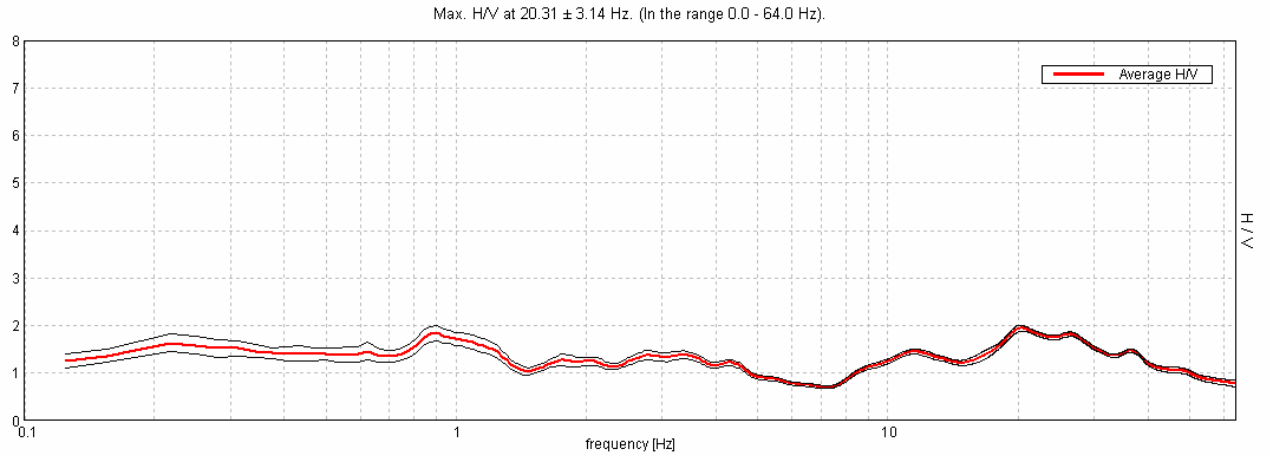
Amplificazione sismica

Sull'area di Variante è stata eseguita un'indagine geofisica mediante acquisizione ad alta definizione del microtremore sismico ambientale e delle vibrazioni con tromografo digitale portatile TROMINO atte a stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) per fornire la categoria di suolo di fondazione.

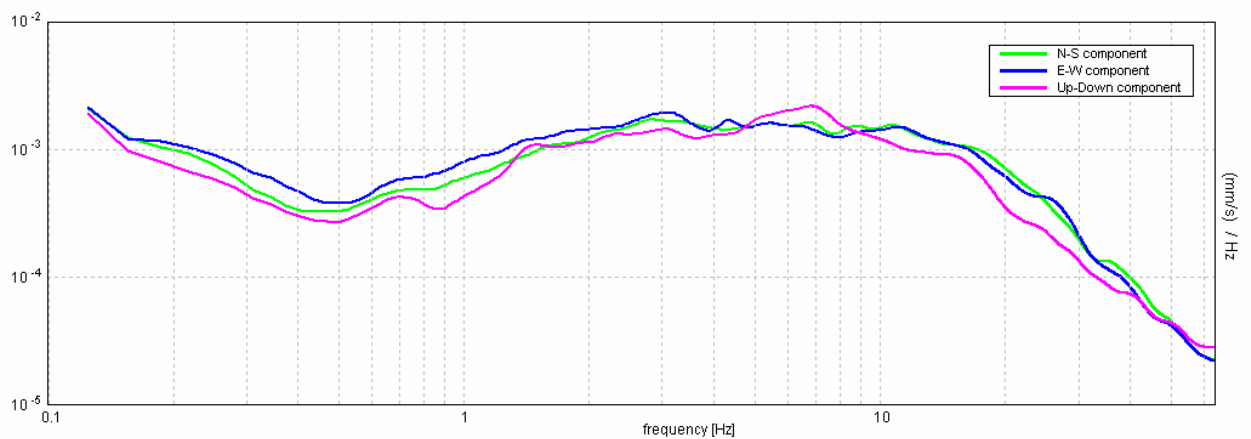
Lo strumento dispone di tre canali connessi a tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alta risoluzione disposti secondo le tre direzioni ortogonali (N-S, E-W, e verticalmente); i dati di rumore sismico, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz. Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve H/V con i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

Di seguito si riportano le risultanze dell'indagine elaborata graficamente.

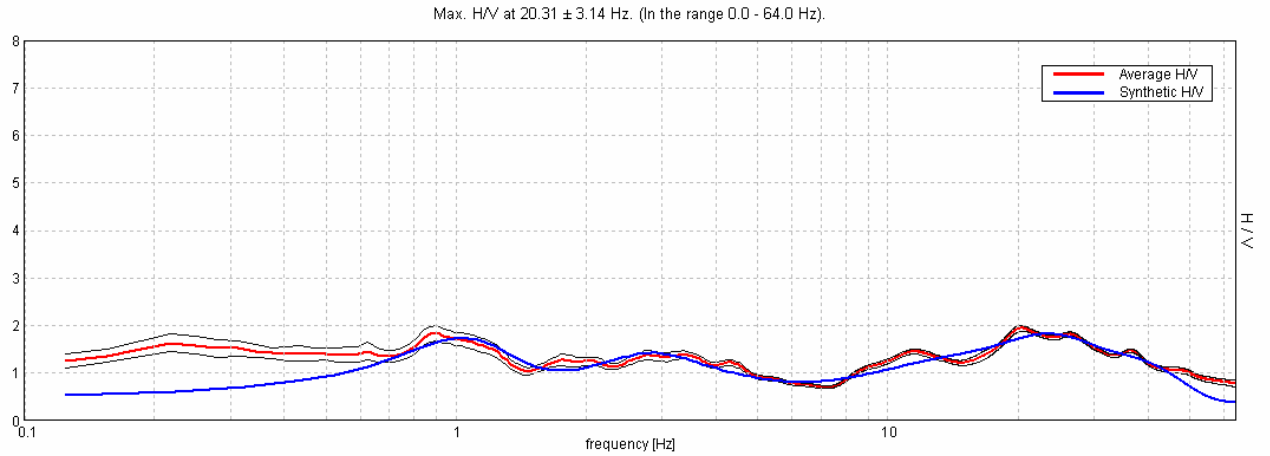


Curva H/V media su frequenza: la linea rossa corrisponde alla media dei tremori registrati, mentre le 2 linee nere corrispondono all'intervallo di confidenza del 95%

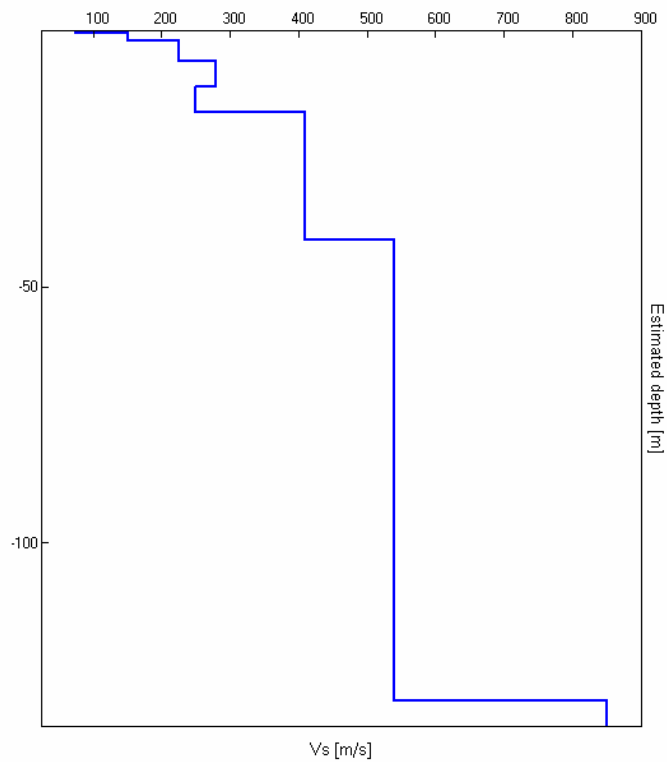


Spettro di ampiezza in velocità delle tre componenti del moto

Dall'elaborazione dei due grafici soprariportati si può ottenere la curva sintetica H/V basata sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli, secondo la teoria descritta in Aki (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981), di cui di seguito si riporta l'elaborazione grafica.



Curva H/V media su frequenza: la linea rossa corrisponde alla media dei tremori registrati mentre la linea blu corrisponde alla curva sintetica



Profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) stimato per il sottosuolo sulla base dell'inversione vincolata della curva H/V.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	V_s [m/s]
0.50	0.50	75
1.80	1.30	150
5.80	4.00	225
10.80	5.00	280
15.80	5.00	250
40.80	25.00	410
130.80	90.00	540
inf.	inf.	850

La velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno va calcolata ai sensi di legge (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, ex DM 14/09/2005) con la seguente formula:

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

dove h_i e V_{S_i} sono spessori e velocità dei singoli strati.

Ne consegue una velocità delle onde sismiche secondarie $V_{S_{30}}$ di **m/s 284**, che corrisponde ad una *categoria di suolo di fondazione tipo C*, ossia *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{S_{30}}$ compresi tra m/s 180 e 360 (ovvero resistenza penetrometrica $15 < N_{SPT} < 50$, o coesione non drenata $70 < c_u < 250$ kPa).

Anche il P.S.C. 2009 – Piano Strutturale Comunale Associato di Faenza, nella Tavola B.3.2 Sistema Naturale ed Ambientale – Rischi Naturali: “Carta della pericolosità sismica locale scala 1:50000”, inserisce l’area d’intervento in Categoria di suolo di fondazione “C” confermando, in questo caso, il valore ottenuto dall’indagine geofisica.

La delibera regionale n. 112 / 2007 prescrive per il “secondo livello di approfondimento” di considerare parametri di tutta sicurezza (ossia sovrastimati) ottenuti dalle tabelle A2.1.2 per ambiti di pianura caratterizzati da un profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie di spessore anche di decine di metri, con substrato poco profondo (> m 100 da p.c.) (PIANURA 2); avendo rilevato una $V_{S_{30}} =$ m/s

284, si assumono, a titolo cautelativo, i valori di F.A. relativi ad una V_{s30}
= m/s 250:

F.A. in termini di PGA = 1,5

F.A. in termini di SI ($0,1_s < T_0 < 0,5_s$) = 1,8

F.A. in termini di SI ($0,5_s < T_0 < 1,0$) = 2,3.

Il P.S.C. 2009 – Piano Strutturale Comunale Associato di Faenza, fornisce la carta di II livello di approfondimento, tavola B.3.3.1.a Sistema Naturale ed Ambientale – Rischi Naturali: “Carta di microzonazione sismica del Comune di Faenza (Capoluogo) scala 1:10000”, individua delle zone di amplificazione stratigrafica e, nel nostro caso, prevede di considerare una F.A. in termini di SI ($0,1_s < T_0 < 0,5_s$) = 1,8 (ambiti di media e bassa pianura con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte -AES8 e AES8a-, poggianti localmente a profondità variabile tra m 10 – 25 su ghiaie -AES7- e sottostante substrato alluvionale “non rigido” - zona settentrionale di Faenza); la stessa carta conferma che l’area in oggetto si trova su terreni non potenzialmente liquefacibili e, quindi, ai sensi di legge, non necessita di III livello di approfondimento. In allegato si riporta un estratto della tavola.

Per quanto riguarda l’esame di tutti i possibili effetti sismici di sito ed instabilità dei terreni, con riferimento all’Atto di indirizzo della Regione Emilia Romagna n. 112/2007, considerando che l’area in oggetto insiste su depositi alluvionali di spessore superiori a m 5 e categoria di suolo di fondazione **tipo C**, si potrà avere possibilità di amplificazione sismica; sull’area, inoltre, non sussistono elementi morfologici che possono determinare amplificazione, né zone di contatto laterale tra litotipi con

caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, né zone instabili e/o potenzialmente instabili e pertanto non ci si aspetta potenziale instabilità di versante dovuta a effetti sismici.

In allegato si riporta cartografia sismica tematica, con indicata la categoria di suolo e l'area ove si può attendere amplificazione sismica con indicata l'ubicazione dell'indagine sismica.

CARATTERISTICHE EDIFICATORIE

Alla luce dei risultati dell'indagine penetrometrica e geologica eseguita, non sussistono impedimenti di carattere geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico alla edificazione dell'area di Variante.

Sulla base di quanto sopra riportato si possono determinare i valori della capacità portante statica R_d in modo analitico, facendo riferimento a correlazioni con i risultati delle prove penetrometriche statiche e tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R relativi a ciascun tipo di opera che dovranno essere applicati a discrezione del Progettista Strutturale.

Considerando le caratteristiche geotecniche dei terreni e stante la natura prettamente pianificatoria della presente relazione, si ipotizzano fondazioni superficiali continue a trave rovescia larghe m 1,0 con piano di posa alla profondità di circa m 1,2 dal piano di campagna esistente all'atto delle prove.

Come richiesto dalle nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), verranno ricavati i parametri geotecnici caratteristici X_k

dei terreni di fondazione che, per definizione, sono l'angolo di attrito interno (Φ_k), la coesione efficace (c'_k), la coesione non drenata (c_{uk}) ed il peso di unità di volume del terreno (γ_k), a cui, successivamente, verranno applicati i relativi coefficienti parziali (γ_M) relativi all'Approccio 2 (M1 + R3) per ottenere i parametri geotecnici di progetto X_d e la resistenza statica R dei terreni, alla quale si dovrà applicare un ulteriore coefficiente parziale ($\gamma_{R3} = 2,3$) per ottenere il valore di progetto della capacità portante statica R_d .

Nel caso specifico i parametri caratteristici X_k del terreno di fondazione verranno ricavati dall'angolo di attrito interno Φ , dalla coesione non drenata c_u e dal peso per unità di volume γ misurati direttamente in sito mediante l'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche e definiti sulla base dell'ipotesi di tipo di fondazione che potrà essere realizzata e della profondità del piano di posa che verranno successivamente definiti nel progetto esecutivo.

Avendo ipotizzato una fondazione superficiale continua a trave rovescia per la determinazione dei valori caratteristici X_k viene considerato uno spessore di terreno al di sotto del piano di posa (bulbo di influenza) della fondazione pari a tre volte la larghezza $B = m 1,0$ della trave rovescia stessa, cioè $3B = m 3,0$ quindi i terreni che vanno da $m 1,2$ a $m 4,2$ di profondità.

Per il calcolo dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni di fondazione X_k esistono numerosi approcci statistici differenti; tra quelli applicabili nel caso in esame, considerando che i terreni sono abbastanza omogenei in senso orizzontale ma lenticolari in senso verticale e che si è

ipotizzata una fondazione a trave rovescia, si è scelto un approccio conservativo.

Utilizzando per l'angolo di attrito interno una distribuzione normale dei dati, si ottiene un angolo di attrito interno caratteristico $\Phi_k = 18,3^\circ$ ed applicando il coefficiente $\gamma_{M1} = 1,0$, l'angolo di attrito interno di progetto rimane $\Phi_d = 18,3^\circ$.

Utilizzando una distribuzione log-normale dei dati si ottiene una coesione non drenata caratteristica $c_{uk} = \text{daN/cm}^2 0,42$; applicando il coefficiente $\gamma_{M1} = 1,0$ la coesione non drenata di progetto rimane $c_{ud} = \text{daN/cm}^2 0,42$.

Il peso del terreno caratteristico corrisponde al peso del terreno di progetto e viene ricavato sempre dalla prova penetrometrica statica e, in presenza di falda con livello statico a circa m 2,0 di profondità, risulta $\gamma' = \text{t/m}^3 1,11$ circa.

Applicando la formula di Terzaghi si ottiene:

$$R = c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Φ_d = angolo di attrito interno di progetto ($18,3^\circ$)

c_{ud} = coesione non drenata di progetto ($\text{daN/cm}^2 0,42$);

γ = peso unità di volume (circa $\text{t/m}^3 1,11$);

D_f = profondità del piano di posa della fondazione (circa m 1,2 da P.C.);

B = larghezza della trave rovescia (m 1,0);

$N_c - N_q - N_\gamma$ = fattori adimensionali della portanza.

La resistenza statica del terreno risulta, pertanto $R = \text{daN/cm}^2 6,31$ a cui si dovrà applicare il coefficiente parziale $\gamma_{R3} = 2,3$ per ottenere la capacità portante statica $R_d = \text{daN/cm}^2 2,75$.

Considerando che occorre contenere i cedimenti totali entro pochi centimetri ed al contempo evitare cedimenti ed assestamenti differenziali elevati e pericolosi, si consiglia di utilizzare una capacità portante statica dei terreni di fondazione non superiore a daN/cm^2 1,0.

A tal fine il calcolo dei cedimenti è stato eseguito utilizzando le risultanze della prova penetrometrica statica n. 1 che ha evidenziato le caratteristiche di resistenza peggiori, considerando un carico verticale ipotizzato di daN/cm^2 0,8, il piano di posa a m 1,2 di profondità ed una trave rovescia larga m 1,0.

Considerando che il bulbo d'influenza della fondazione arriva fino a circa m 4,2 di profondità e che fra m 12 e m 30 di profondità il cedimento è risultato inferiore a mm 2, viene riportata il calcolo ed il grafico solo fino a m 12,4 di profondità dal piano di campagna.

In allegato si riporta il calcolo dei cedimenti ed i relativi grafici; il cedimento massimo calcolato è risultato di cm 2,60 circa con cedimento differenziale minimo.

Va comunque ricordato che il cedimento massimo calcolato risulta quasi sempre maggiore rispetto a quello reale.

Stante la presenza di falda idrica alla profondità di m 2,0 circa dal piano di campagna, si sconsiglia l'esecuzione di piani interrati con piano di posa a profondità inferiore a m 2,0 circa sprovvisti di adeguata impermeabilizzazione.

STRADE E PARCHEGGI - DETERMINAZIONE DEGLI SPESSORI DEL SOTTOFONDO STRADALE

La conoscenza delle caratteristiche dei terreni è da considerarsi indispensabile per la stabilità delle zone interessate direttamente od indirettamente dalle aree di parcheggio e dei sottofondi stradali.

Per quanto riguarda il terreno di fondazione delle strade interne e dei parcheggi da realizzare si ritiene, in base ai dati disponibili ed alle condizioni attuali, che le caratteristiche meccaniche del terreno di superficie siano idonee a sopportare i carichi stradali in modo adeguato.

Attualmente l'area di Variante è parte edificata e parte su terreno vegetale rimaneggiato dalle lavorazioni agricole; una volta asportato lo strato superficiale di materiale di riporto e/o di terreno superficiale rimaneggiato, ricco anche di residui vegetali e fortemente umido, per una profondità media di m 0,3 – 0,6 e successiva compattazione, è da ritenersi sostanzialmente idoneo. Per lo strato di fondazione si potranno utilizzare delle sabbie a granulometria media, mentre nelle zone eventualmente soggette a carichi particolarmente pesanti sarà necessario utilizzare dello stabilizzato.

Per una valutazione degli spessori delle sovrastrutture stradali e dei parcheggi si potrà operare mediante il metodo dell'*Indice di Gruppo* (I_g), utilizzando i dati di laboratorio (granulometria e limiti) relativi ai campioni che dovranno essere prelevati, anche con escavatore, alla profondità compresa fra m -0,9 e m -1,5 circa.

Con il termine *Indice di Gruppo* (I_g) si intende la seguente relazione:

$$I_g = 0,2 \cdot a + 0,005 \cdot a \cdot c + 0,01 \cdot b \cdot d$$

ove: a = passante al setaccio 200 MESH meno 35 (minimo 0 massimo 40)

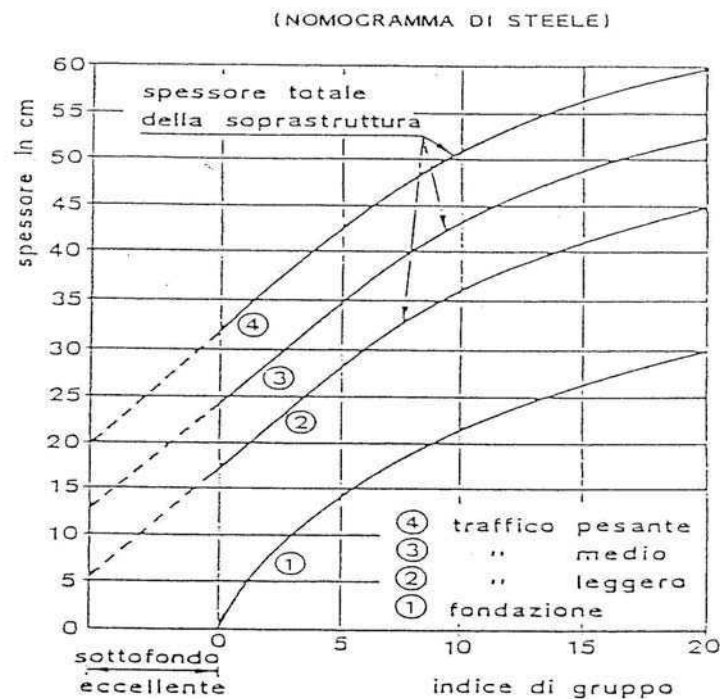
b = passante al setaccio 200 MESH meno 15 (minimo 0 massimo 40)

c = limite di liquidità meno 40 (minimo 0 massimo 20)

d = indice di plasticità meno 10 (minimo 0 massimo 20)

In sede di progetto esecutivo si dovrà procedere al prelievo di almeno un campione ogni m^2 3000 di area da adibire a piazzale e/o strada e su questi si dovranno eseguire sia l'analisi granulometrica sia la determinazione dei limiti di Atterberg.

Per valutare lo spessore delle soprastrutture da realizzare, in relazione all' *Indice di Gruppo* (I_g) ed al tipo di traffico previsto, si rinvia al sottostante diagramma.



- Diagramma per il calcolo dello spessore di una pavimentazione flessibile in base all'indice di gruppo.

Ovviamente tali lavori dovranno essere eseguiti su terreno asciutto ed in periodo stagionale favorevole.

CONCLUSIONI

Sulla base delle indagini eseguite, non sussistono impedimenti di carattere geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico alla realizzazione della Variante al P.R.G. in progetto.

L'area evidenzia terreni discretamente omogenei in senso orizzontale, secondo la cartografia ufficiale dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli non risulta inondabile e, attualmente, la falda freatica evidenzia un livello statico alla profondità di circa m 2,0 dal piano di campagna, pertanto si sconsiglia di eseguire piani interrati a profondità inferiore a m 2,0 circa sprovvisti di adeguata impermeabilizzazione.

In considerazione della natura pianificatoria si ipotizza il piano di posa delle fondazioni, che potranno essere superficiali continue a trave rovescia larghe m 1,0, alla profondità di m 1,2 circa dal piano di campagna attuale.

L'angolo di attrito interno caratteristico e l'angolo di attrito interno di progetto risultano $\Phi_k = \Phi_d = 18,3^\circ$; anche la coesione non drenata caratteristica e la coesione non drenata di progetto risultano $c_{uk} = c_{ud} = \text{kg/cm}^2 0,42$; il peso di unità di volume di progetto del terreno in falda risulta $\gamma_d = \text{t/m}^3 1,11$. La resistenza statica del terreno risulta $R = \text{kg/cm}^2 6,31$ mentre la capacità portante statica $R_d = \text{kg/cm}^2 2,75$.

Sotto l'aspetto sismico l'area non può subire liquefazione dei terreni ed è da ritenersi esente da penalizzazioni dovute a particolari situazioni indotte dall'attività sismica.

Sulla base della nuova Normativa Sismica (N.T.C. 2008), la velocità delle onde sismiche secondarie V_{s30} è risultata pari a m/s **284** corrispondente ad una *categoria di suolo di fondazione tipo C*; la Categoria Topografica è “**T 1**” a cui corrisponde un valore massimo del Coefficiente di amplificazione topografica **$S_T = 1,0$** .

Faenza, 13/06/2011

Il Geologo

Dr. Matteo Ortelli

CALCOLO CEDIMENTI

Prova n. CPT 1

Prof. Fond. cm	120
Kt. daN/cm ²	0,80
Largh. cm	100

Kt' = 0,8

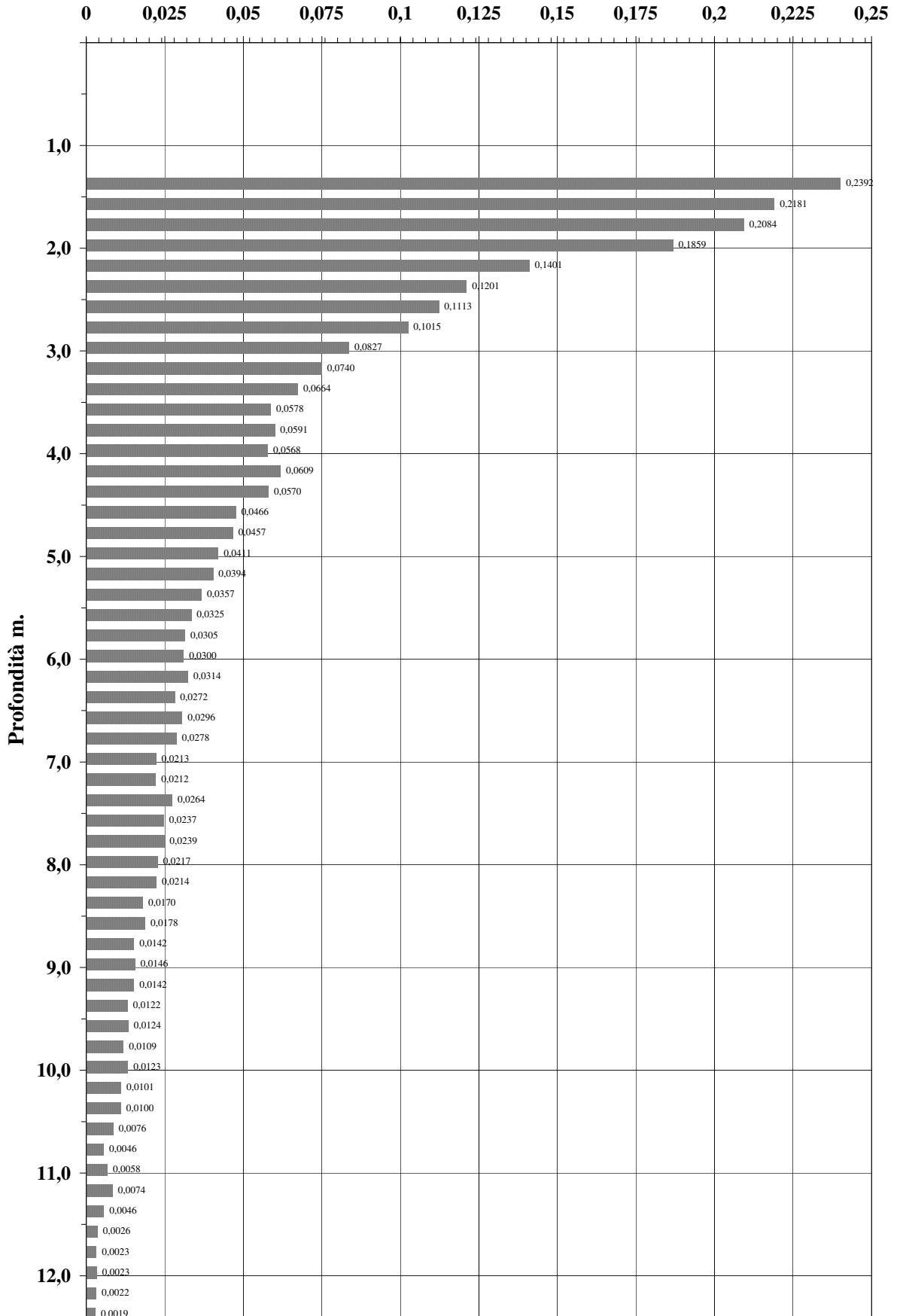
Cedimento Totale = cm	2,6032
Fondazione a trave rovescia	

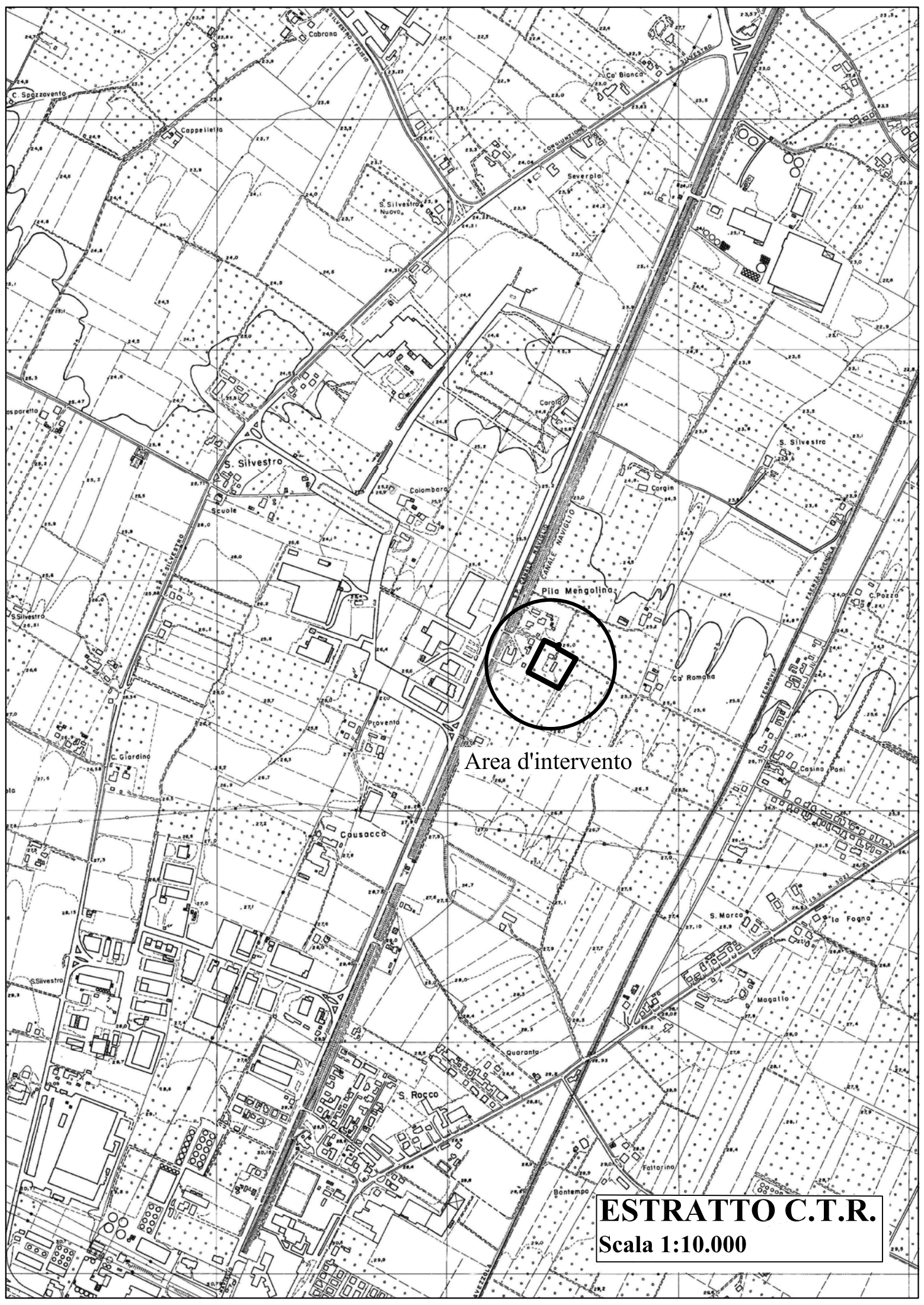
Profondità da p. c.	Profondità Relativa	Rp	Mvm	Q'	ΔH
0,2					
0,4					
0,6					
0,8					
1,0					
1,2					
1,4	20	13,72	0,0151	0,792	0,2392
1,6	40	16,66	0,0142	0,768	0,2181
1,8	60	14,70	0,0148	0,704	0,2084
2,0	80	11,76	0,0157	0,592	0,1859
2,2	100	17,64	0,0139	0,504	0,1401
2,4	120	17,64	0,0139	0,432	0,1201
2,6	140	14,70	0,0148	0,376	0,1113
2,8	160	13,72	0,0151	0,336	0,1015
3,0	180	18,62	0,0136	0,304	0,0827
3,2	200	18,62	0,0136	0,272	0,0740
3,4	220	18,62	0,0136	0,244	0,0664
3,6	240	21,56	0,0129	0,224	0,0578
3,8	260	16,66	0,0142	0,208	0,0591
4,0	280	14,70	0,0148	0,192	0,0568
4,2	300	8,82	0,0173	0,176	0,0609
4,4	320	8,82	0,0173	0,165	0,0570
4,6	340	13,72	0,0151	0,154	0,0466
4,8	360	11,76	0,0157	0,146	0,0457
5,0	380	13,72	0,0151	0,136	0,0411
5,2	400	12,74	0,0154	0,128	0,0394
5,4	420	15,68	0,0145	0,123	0,0357
5,6	440	17,64	0,0139	0,117	0,0325
5,8	460	18,62	0,0136	0,112	0,0305
6,0	480	17,64	0,0139	0,108	0,0300
6,2	500	13,72	0,0151	0,104	0,0314
6,4	520	18,62	0,0136	0,100	0,0272
6,6	540	12,74	0,0154	0,096	0,0296
6,8	560	13,72	0,0151	0,092	0,0278
7,0	580	27,44	0,0121	0,088	0,0213
7,2	600	24,50	0,0126	0,084	0,0212
7,4	620	10,78	0,0160	0,082	0,0264
7,6	640	14,70	0,0148	0,080	0,0237
7,8	660	11,76	0,0157	0,076	0,0239
8,0	680	13,72	0,0151	0,072	0,0217
8,2	700	11,76	0,0157	0,068	0,0214
8,4	720	19,60	0,0133	0,064	0,0170
8,6	740	17,64	0,0139	0,064	0,0178
8,8	760	23,52	0,0127	0,056	0,0142
9,0	780	20,58	0,0130	0,056	0,0146
9,2	800	23,52	0,0127	0,056	0,0142
9,4	820	23,52	0,0127	0,048	0,0122
9,6	840	21,56	0,0129	0,048	0,0124
9,8	860	18,62	0,0136	0,040	0,0109
10,0	880	12,74	0,0154	0,040	0,0123
10,2	900	24,50	0,0126	0,040	0,0101
10,4	920	11,76	0,0157	0,032	0,0100
10,6	940	28,42	0,0119	0,032	0,0076
10,8	960	49,98	0,0096	0,024	0,0046
11,0	980	27,44	0,0121	0,024	0,0058
11,2	1.000	12,74	0,0154	0,024	0,0074
11,4	1.020	15,68	0,0145	0,016	0,0046
11,6	1.040	68,60	0,0081	0,016	0,0026
11,8	1.060	79,38	0,0071	0,016	0,0023
12,0	1.080	77,42	0,0073	0,016	0,0023
12,2	1.100	81,34	0,0068	0,016	0,0022
12,4	1.120	85,26	0,0060	0,016	0,0019

DIAGRAMMA CEDIMENTI

■ Prova n. CPT 1

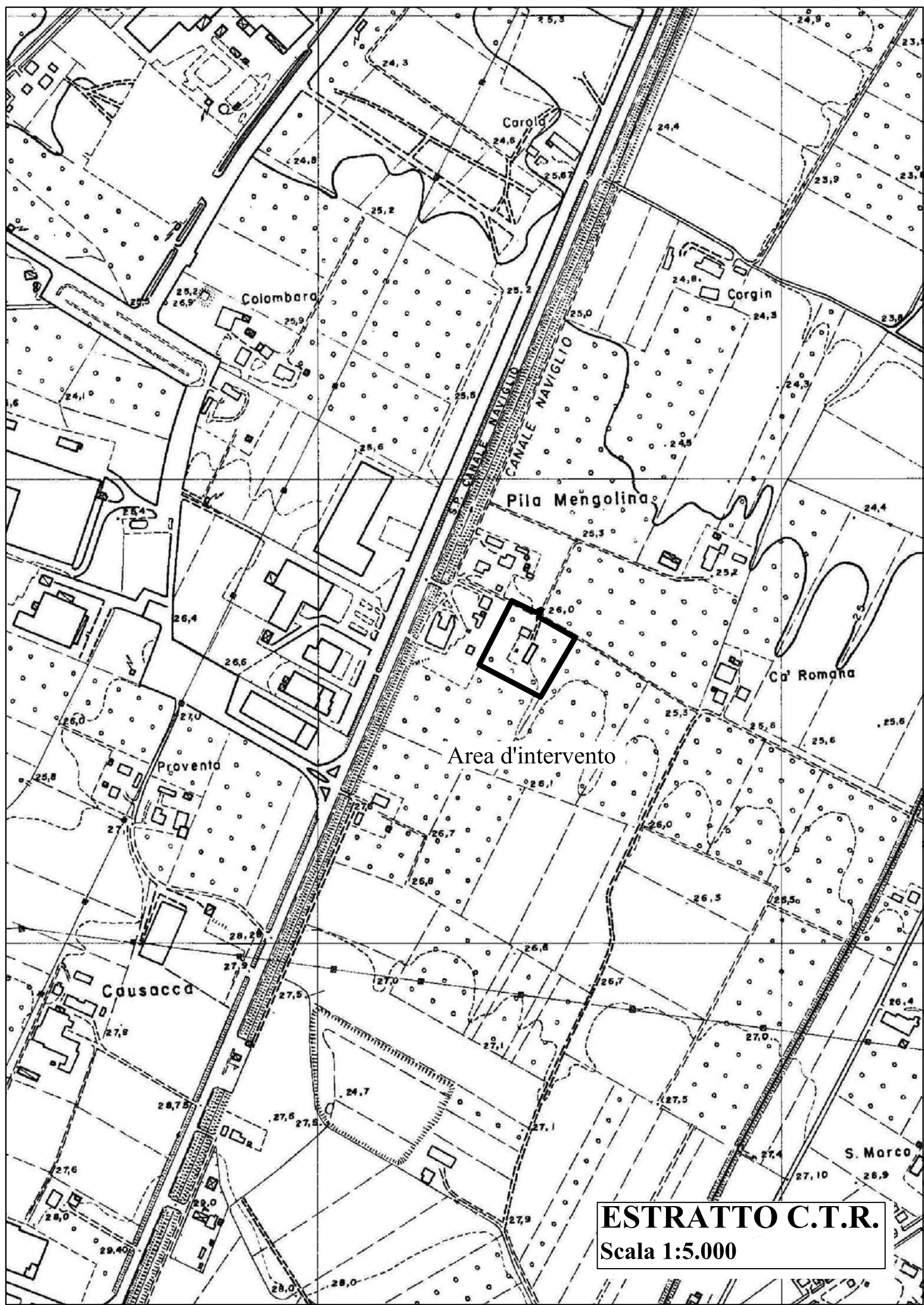
cm.



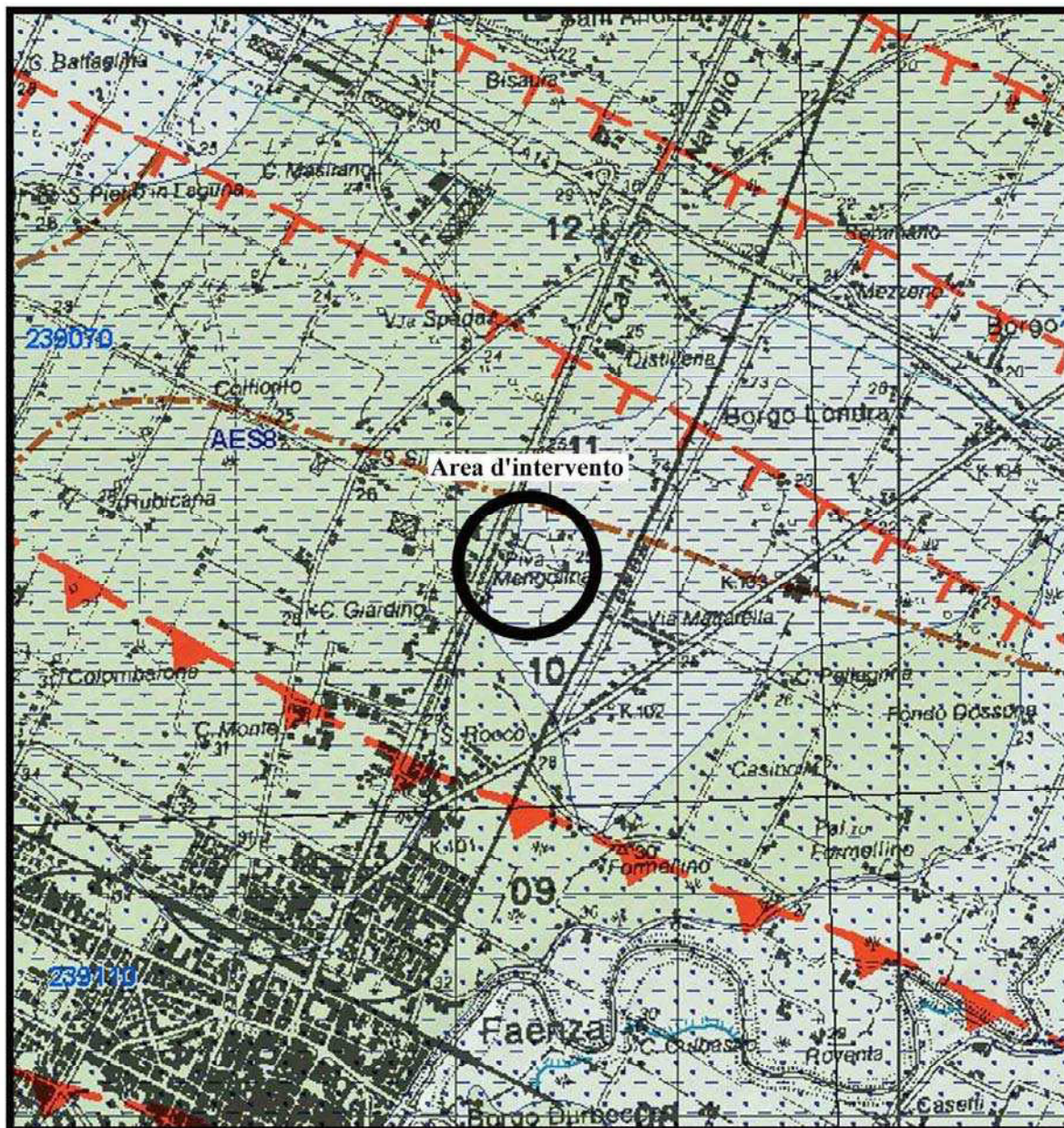


Area d'intervento

ESTRATTO C.T.R.
Scala 1:10.000



ESTRATTO C.T.R.
Scala 1:5.000



CARTA GEOLOGICA

LEGENDA

Linee geomorf./antrop.

— orlo di terrazzo fluviale certo

Isolinee di unità del sottosuolo

- - - isobata della base del pliocene

Elementi strutturali

⌞ faglia profonda diretta dedotta

⌞ sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto

Limiti di unità geologiche

— contatto stratigrafico o litologico certo

Ambienti deposiz. e litologie

— limo argilloso di piana alluvionale

⋯ sabbia limosa di piana alluvionale

Unità geologiche

■ AES8 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna

■ AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna
- unità di Modena



Piano Strutturale Comunale Associato

Faenza - Brisighella - Casola Valsenio - Castel Bolognese - Riolo Terme - Solarolo

PSC 2009

Quadro Conoscitivo

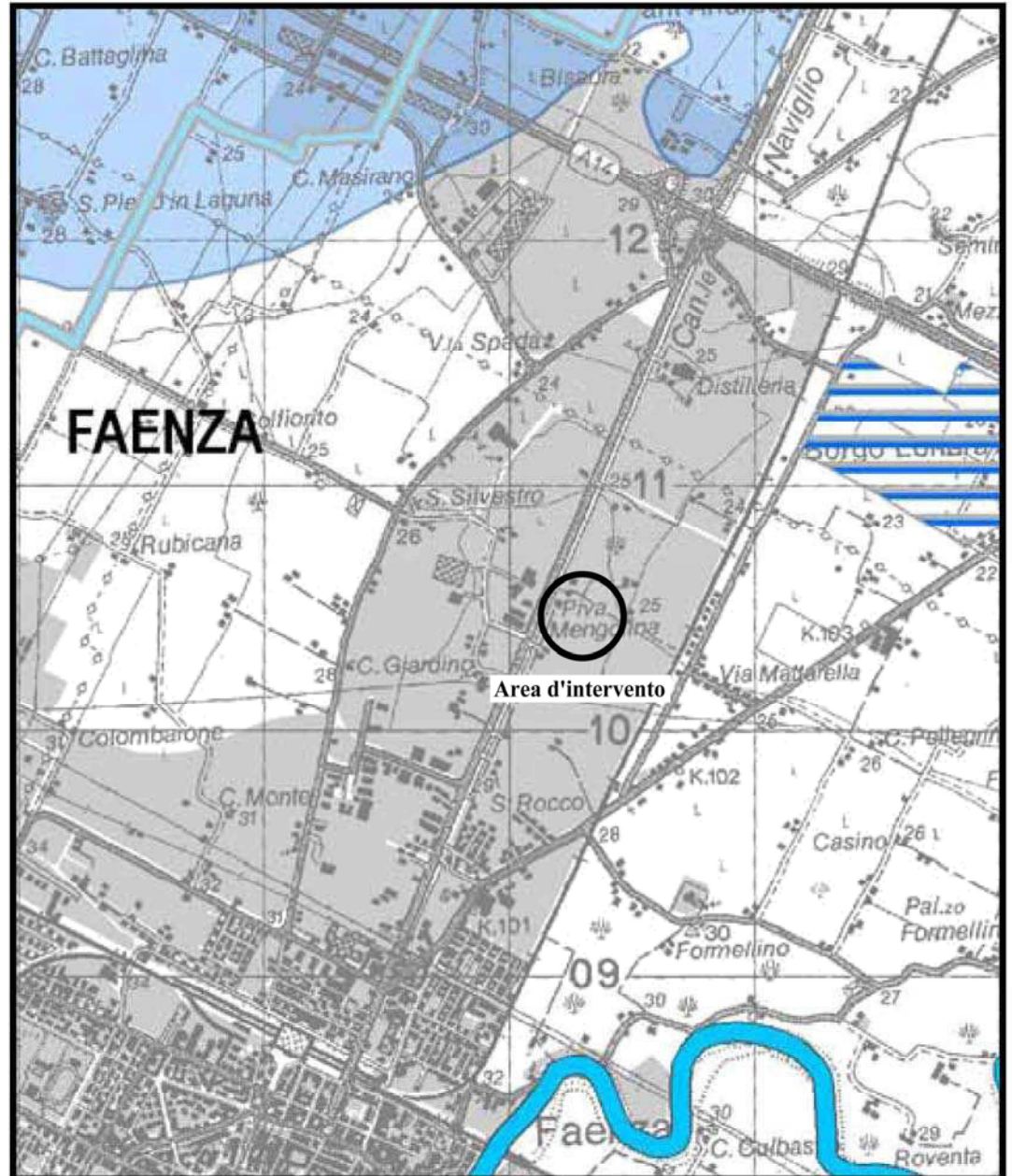
Valsat

Documento Preliminare

B.3.4

SISTEMA NATURALE ED AMBIENTALE

RISCHI NATURALI: carta delle alluvioni storiche



LEGENDA

	Territorio pianificato		Alluvioni storiche
	Reticolo idrografico naturale "principale"		1949
	Reticolo idrografico naturale "minore"		1959
	Canale Emiliano Romagnolo		1966
	Rete scolante di pianura		1996
	Canali principali		



Piano Strutturale Comunale Associato

Faenza - Brisighella - Casola Valsenio - Castel Bolognese - Riolo Terme - Solarolo

PSC 2009

B.3.2

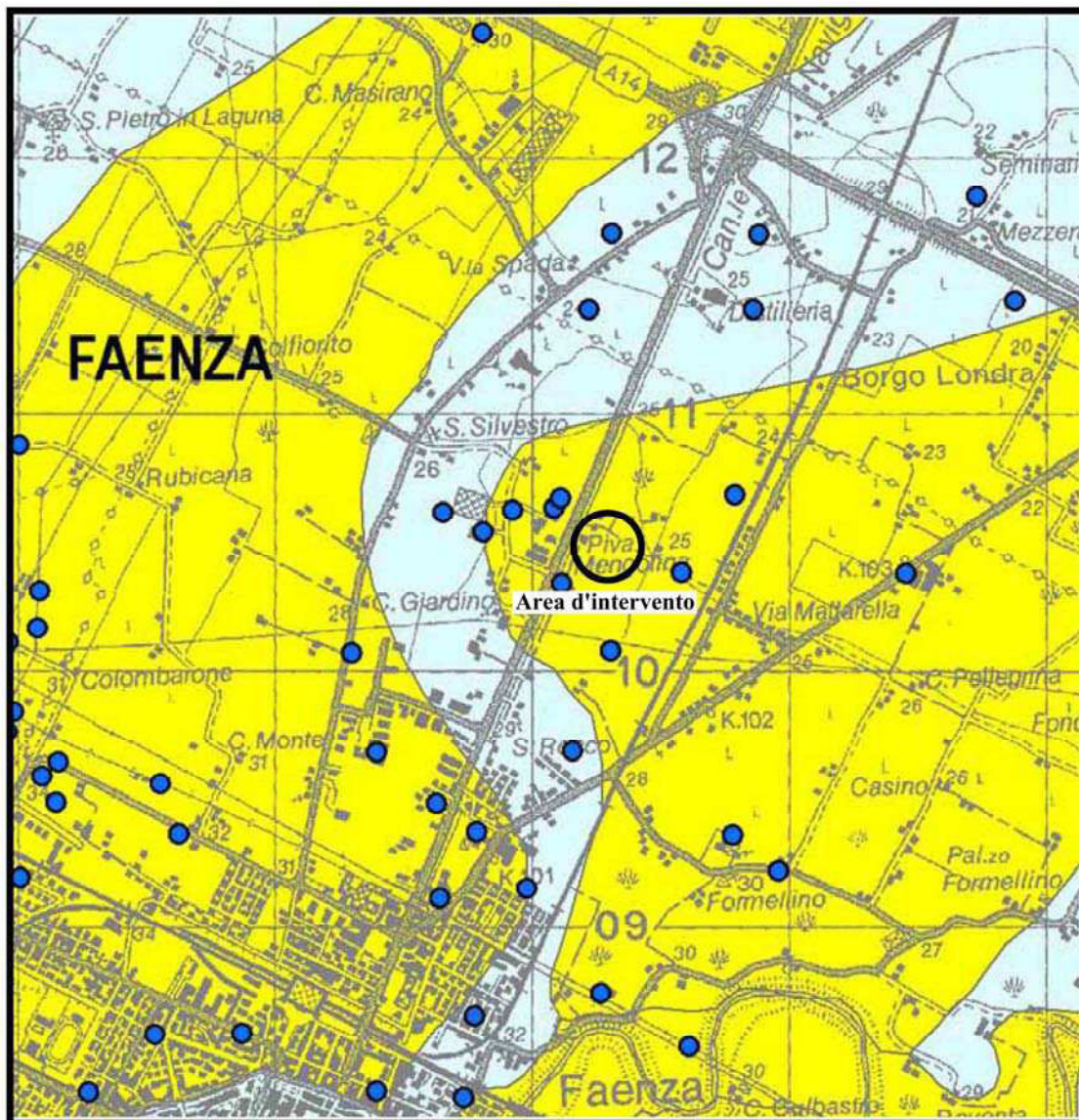
Quadro Conoscitivo

Valsat

Documento Preliminare







SISTEMA NATURALE ED AMBIENTALE

RISCHI NATURALI: carta della pericolosità sismica locale





LEGENDA

Categorie di suolo di fondazione

-  A - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati d'alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m
-  B - Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decime di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s
-  C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decime fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s
-  C/D - Depositi di terreni granulari da sciolti a mediamente addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 variabili tra <180 e 360 m/s
-  E - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C e C/D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 >> 360 m/s
-  Isobata 20 metri del substrato rigido

Indagini geonostiche

-  Prove penetrometriche statiche (CPT)
-  Prove penetrometriche dinamiche (DPM)



Piano Strutturale Comunale Associato

Faenza · Brisighella · Casola Valsenio · Castel Bolognese · Riolo Terme · Solarolo

PSC 2009

Quadro Conoscitivo

Valsat

Documento Preliminare

B.3.3.1.a

SISTEMA NATUARALE ED AMBIENTALE

RISCHI NATURALI: carta di microzonazione sismica del Comune di Faenza (Capoluogo)



LEGENDA

Microzonazione sismica - Il livello di approfondimento

Indagini geognostiche e geofisiche "di approfondimento":¹



Prova penetrometrica statica (CPT)



Prova MASW

Zone di amplificazione stratigrafica:²



$FA_{0,1-0,5s} = 1,8$

Ambito di media e bassa pianura con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte (AES8, AES8a), poggianti localmente a profondità variabile tra 10/>25m su ghiaie (AES7) e sottostante substrato alluvionale "non rigido" (zona settentrionale di Faenza, Granarolo Faentino, Mezzeno, Pieve Cesato, Prada, Reda p.p.)

Zone in cui è previsto come necessario il III livello di approfondimento



Zone con terreni potenzialmente liquefacibili:

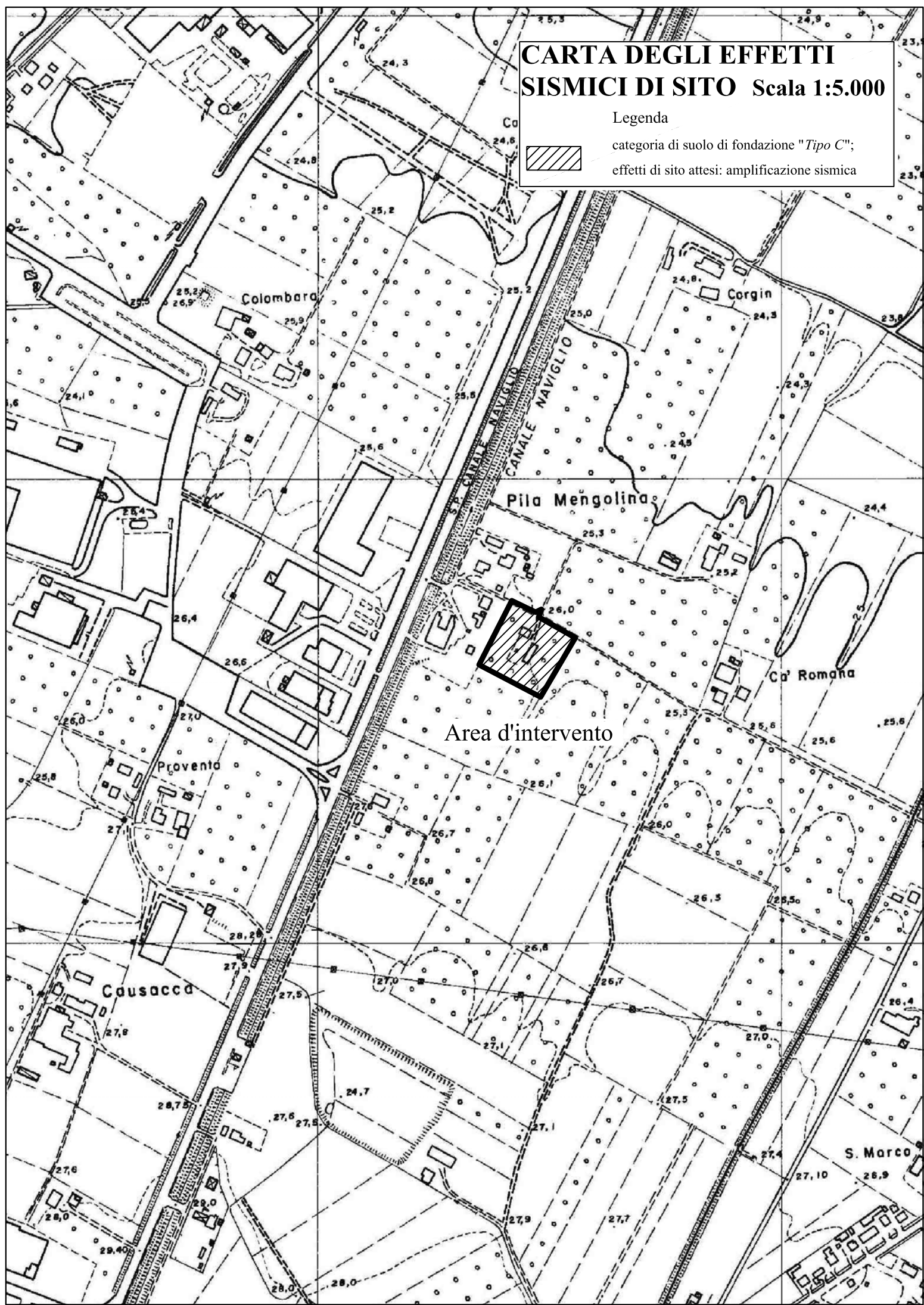
Ambito con orizzonti significativi di sabbie fini e limi sabbiosi scarsamente consistenti e saturi entro i primi 15 metri di profondità

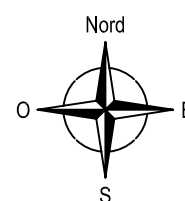
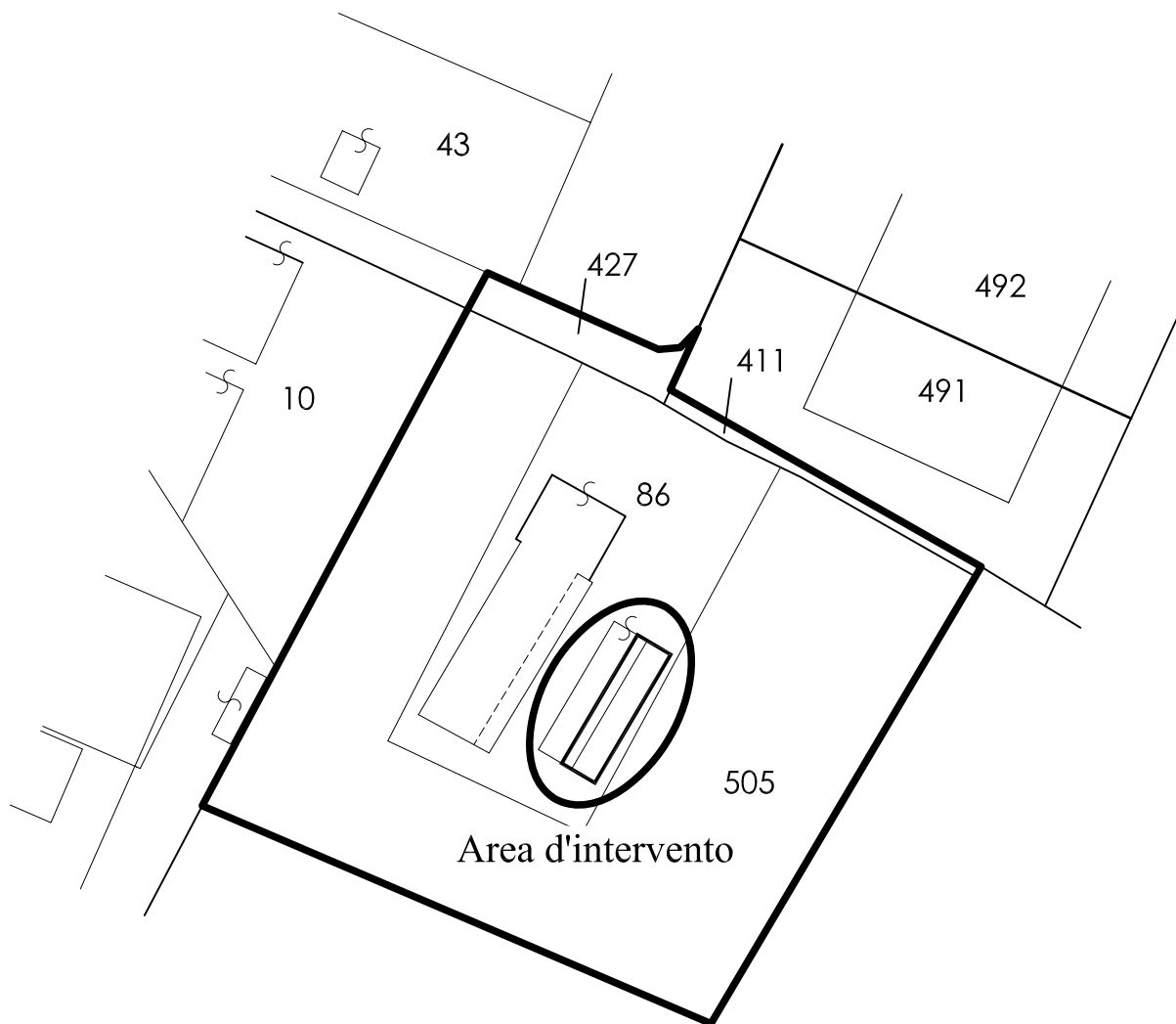
CARTA DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO Scala 1:5.000

Legenda

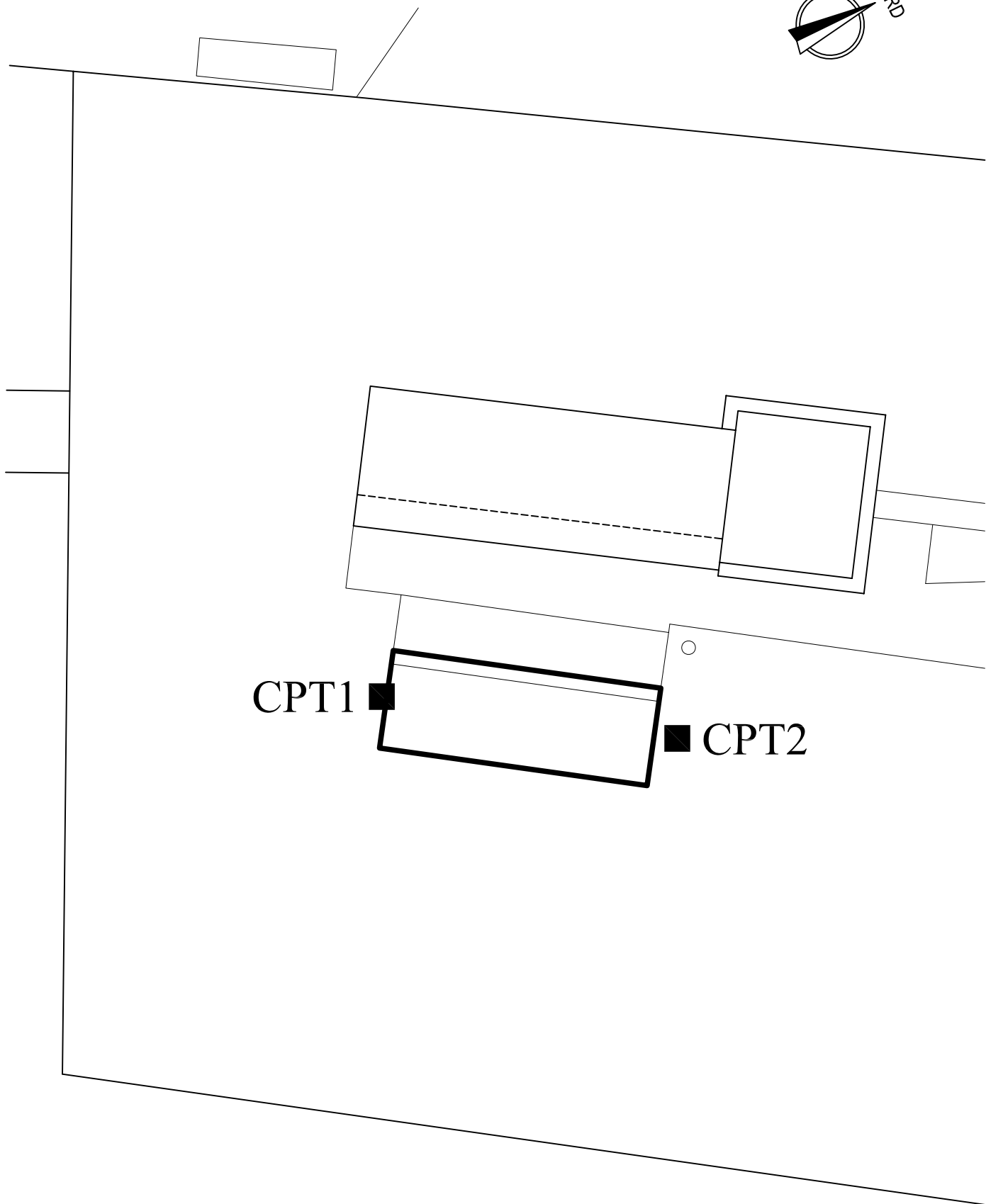
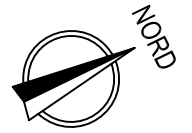


categoria di suolo di fondazione "Tipo C";
effetti di sito attesi: amplificazione sismica





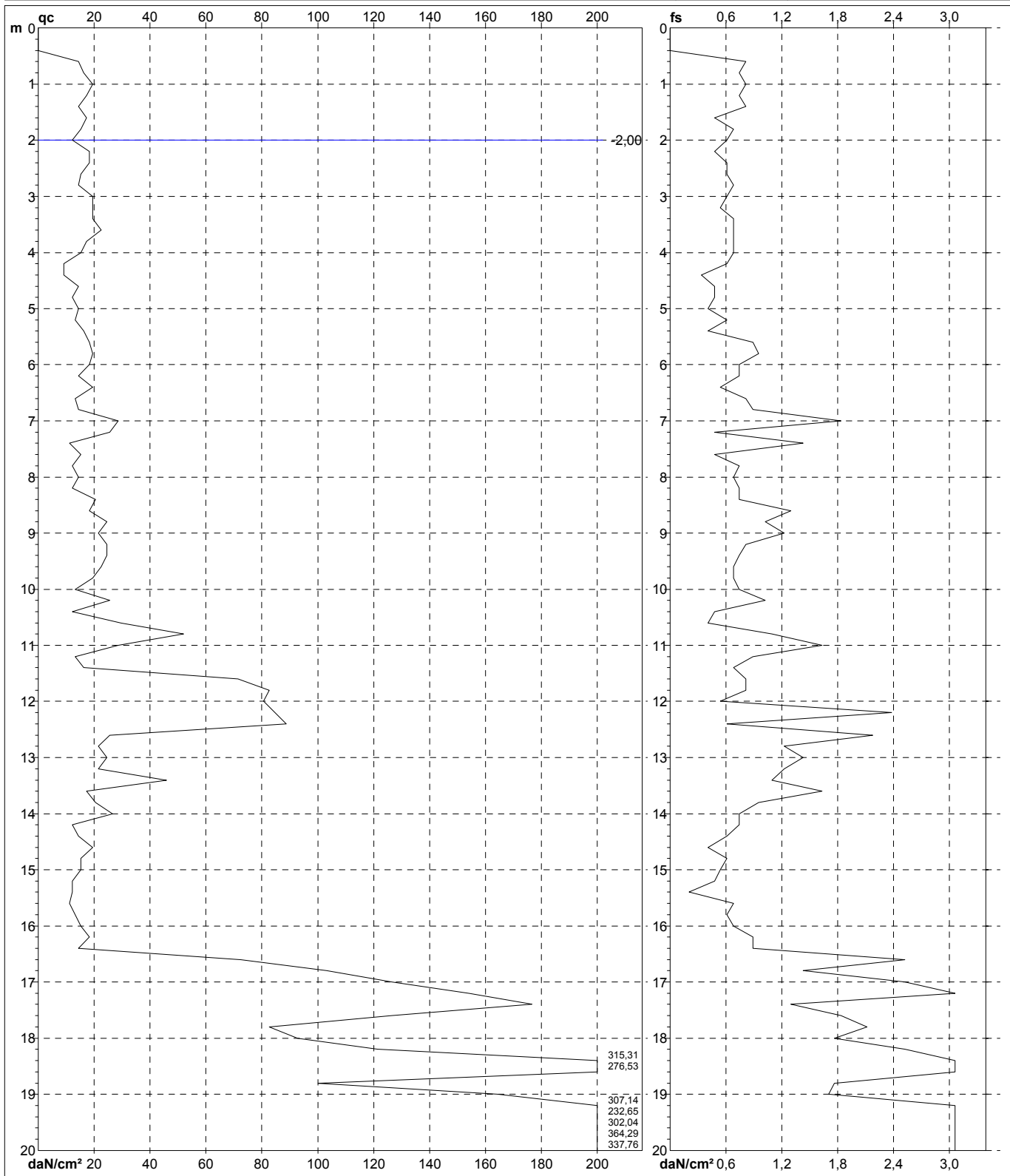
ESTRATTO CATASTALE
Scala 1:1.000



**PLANIMETRIA UBICAZIONE
PENETROMETRIE**
Scala 1:400
■ penetrometria statica

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA	CPT	1
	riferimento	123-11
	certificato n°	C11-056-1

Committente: Studio Ortelli	U.M.: daN/cm²	Data esec.: 12/05/2011
Cantiere: Via Naviglio	Scala: 1:100	Data certificato: 13/05/2011
Località: Faenza (RA)	Pagina: 1	Quota inizio: -2,00 m
	Elaborato:	Falda: -2,00 m



Penetrometro: TG73-200	Corr.astine: kN/ml	Preforo: m
Responsabile:	Lo sperimentatore:	
Assistente:	Il direttore laboratorio:	

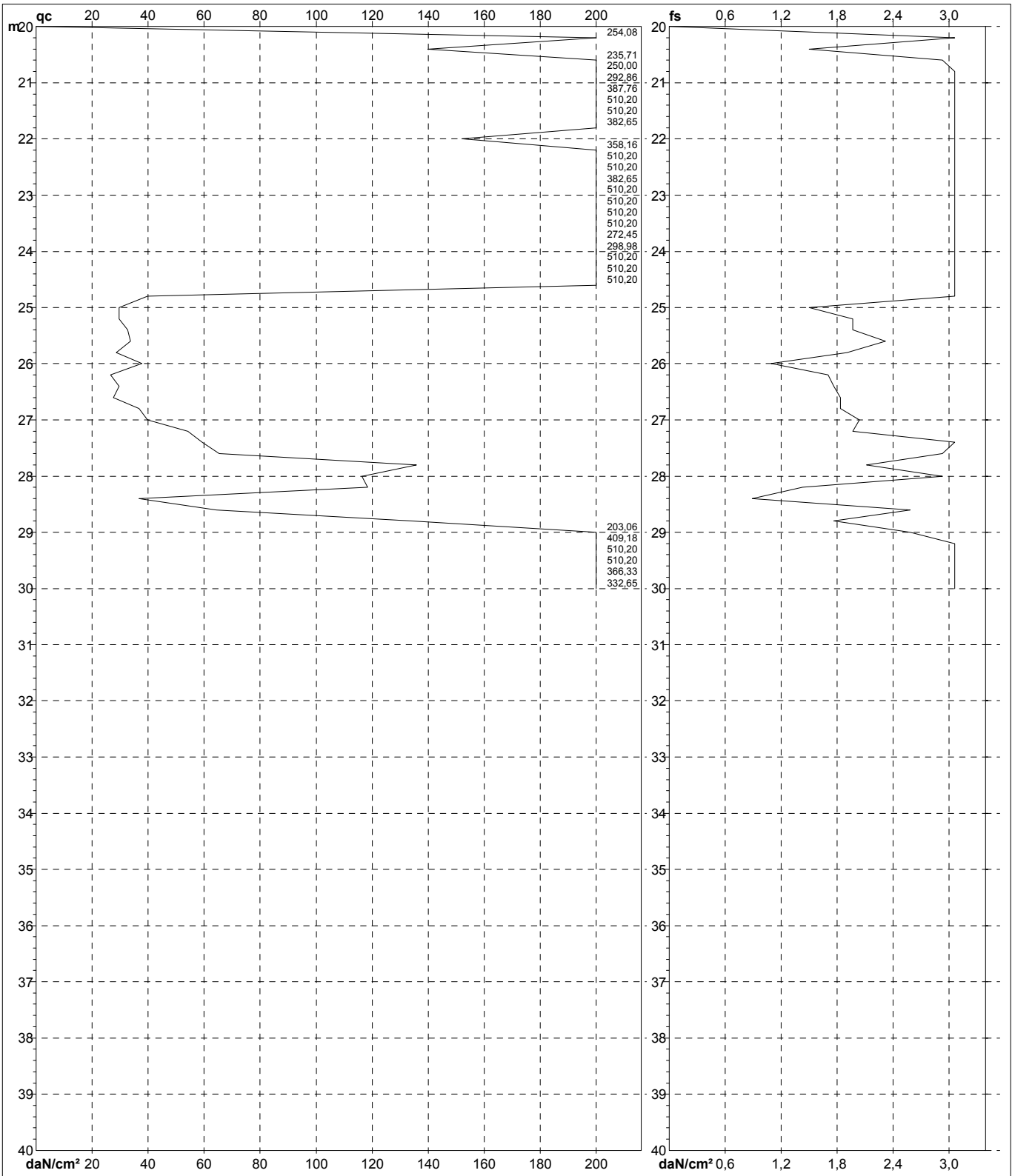
**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
 DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

CPT	1
riferimento	123-11
certificato n°	C11-056-1

Committente: **Studio Ortelli**
 Cantiere: **Via Naviglio**
 Località: **Faenza (RA)**

U.M.: **daN/cm²**
 Scala: **1:200**
 Pagina: **2**
 Elaborato:

Data eseg.: **12/05/2011**
 Data certificato: **13/05/2011**
 Quota inizio:
 Falda: **-2,00 m**



Penetrometro: **TG73-200**
 Responsabile:
 Assistente:

Corr.astine: **kN/ml**

Preforo: **m**
Lo sperimentatore:
Il direttore laboratorio:

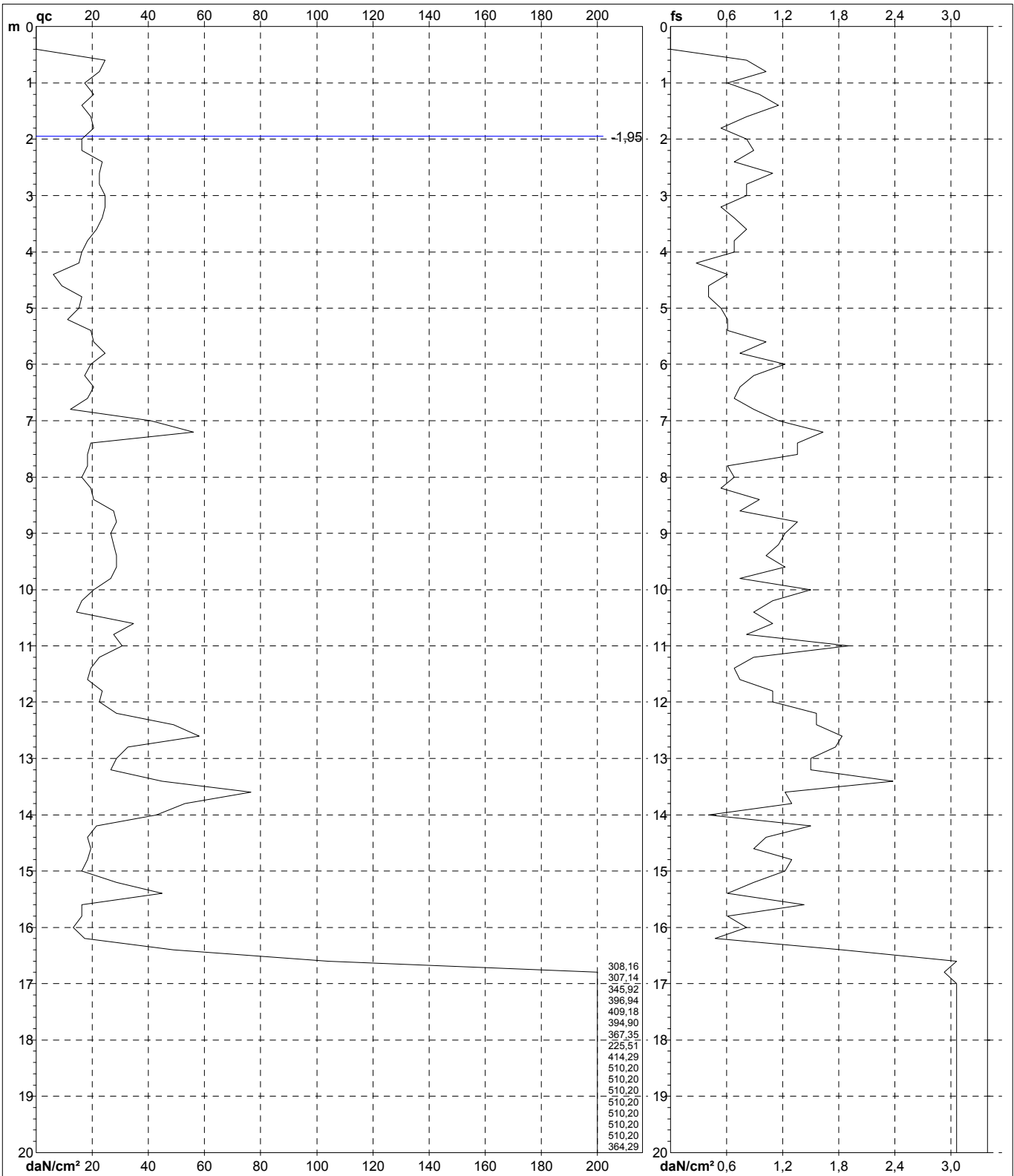
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2
riferimento	123-11
certificato n°	C11-056-2

Committente: **Studio Ortelli**
 Cantiere: **Via Naviglio**
 Località: **Faenza (RA)**

U.M.: **daN/cm²**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data esec.: **12/05/2011**
 Data certificato: **13/05/2011**
 Quota inizio:
 Falda: **-1,95 m**



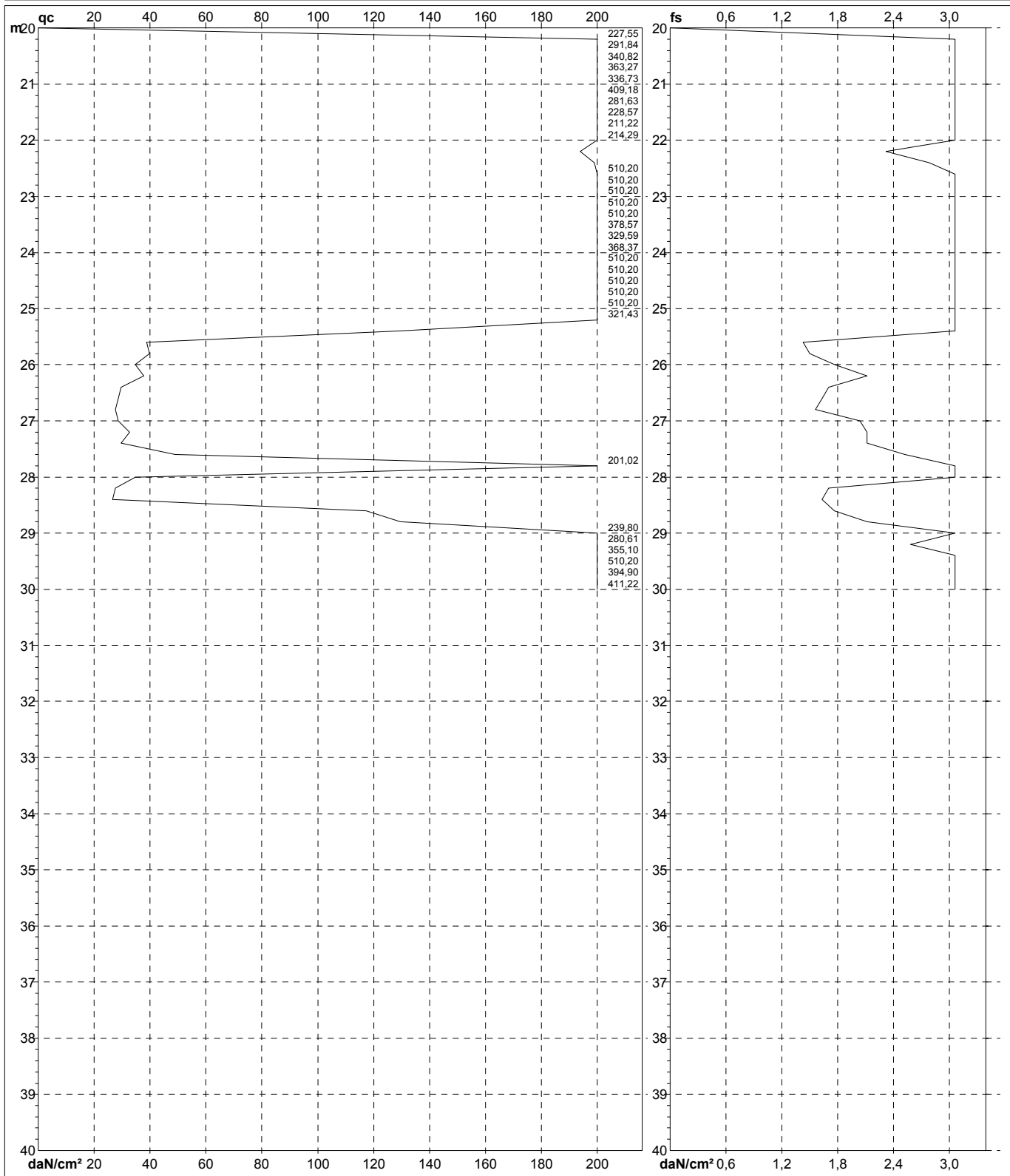
Penetrometro: **TG73-200**
 Responsabile:
 Assistente:

Corr.astine: **kN/ml**

Preforo: **m**
Lo sperimentatore:
Il direttore laboratorio:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA	CPT	2
	riferimento	123-11
	certificato n°	C11-056-2

Committente: Studio Ortelli	U.M.: daN/cm²	Data esec.: 12/05/2011
Cantiere: Via Naviglio	Scala: 1:200	Data certificato: 13/05/2011
Località: Faenza (RA)	Pagina: 2	Quota inizio:
	Elaborato:	Falda: -1,95 m



Penetrometro: TG73-200	Corr.astine: kN/ml	Preforo: m
Responsabile:	Lo sperimentatore:	
Assistente:	Il direttore laboratorio:	

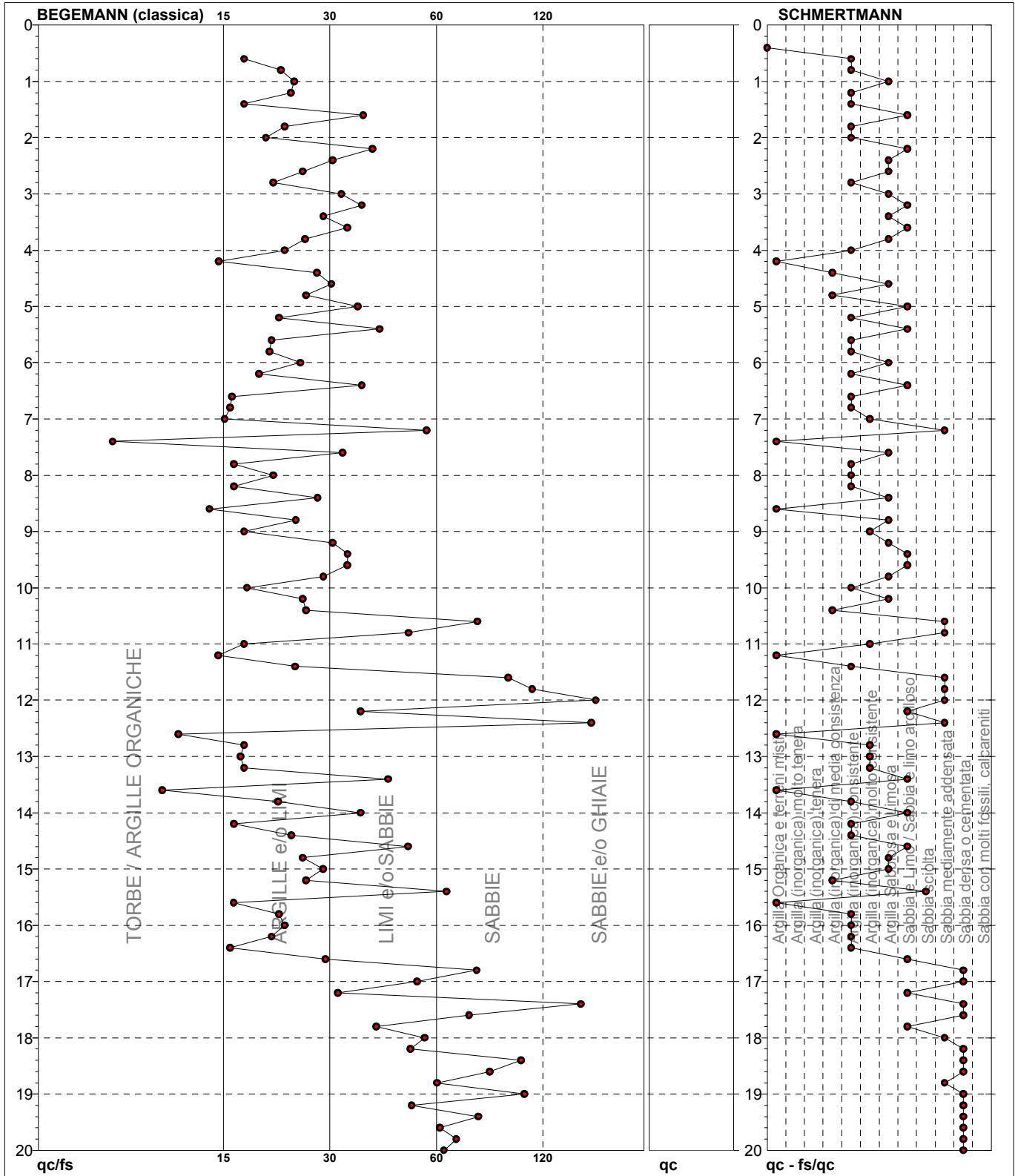
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	123-11
certificato n°	C11-056-1

Committente: **Studio Ortelli**
 Cantiere: **Via Naviglio**
 Località: **Faenza (RA)**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: 12/05/2011
 Scala: 1:100 Data certificato: 13/05/2011
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -2,00 m



Torbe / Argille org. :	8 punti,	8,08%
Argille e/o Limi :	52 punti,	52,53%
Limi e/o Sabbie :	27 punti,	27,27%
Sabbie:	10 punti,	10,10%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti,	3,03%

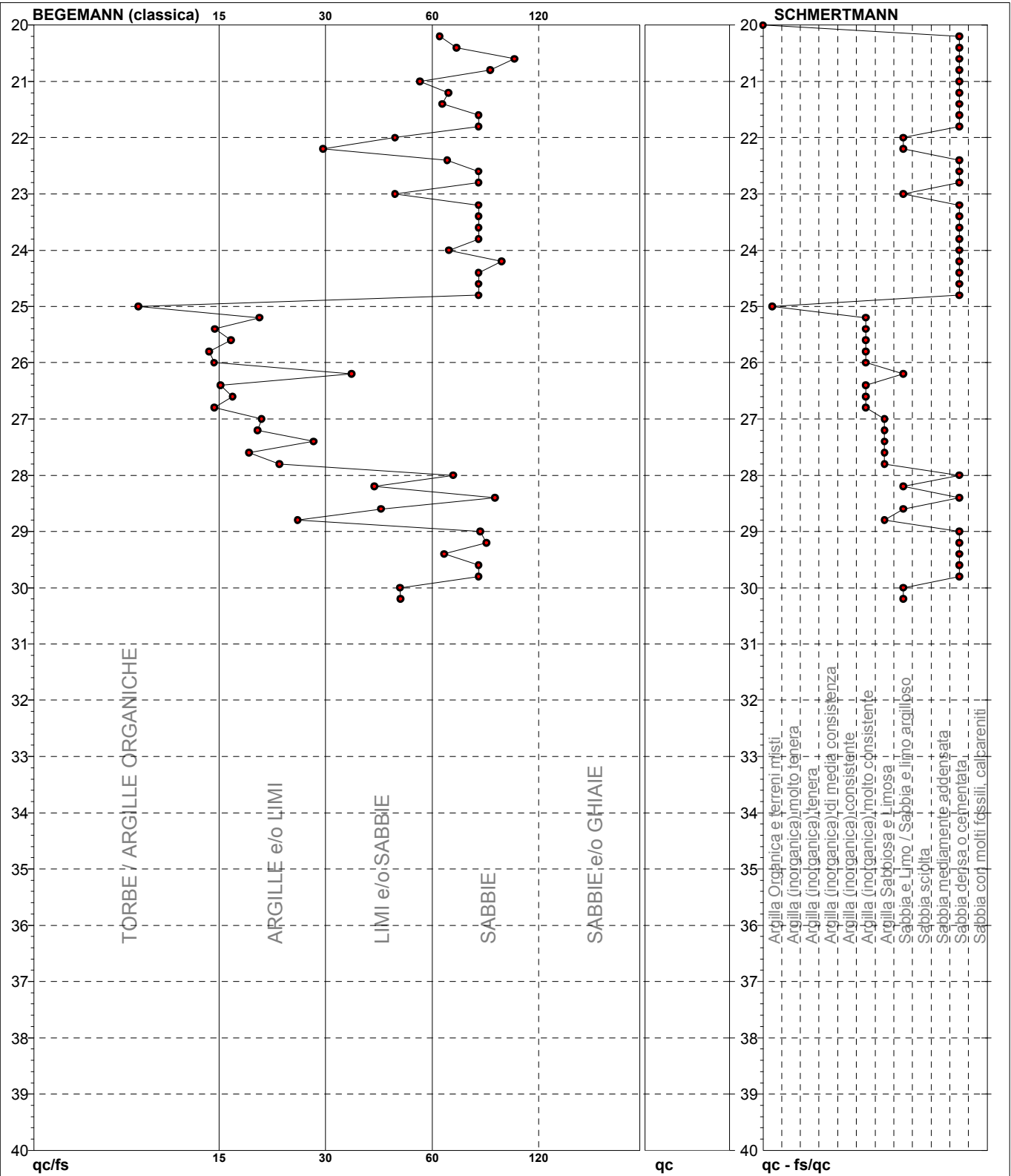
Lo sperimentatore:
Il direttore laboratorio:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	123-11
certificato n°	C11-056-1

Committente: **Studio Ortelli**
 Cantiere: **Via Naviglio**
 Località: **Faenza (RA)**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: **12/05/2011**
 Scala: **1:200** Data certificato: **13/05/2011**
 Pagina: **2**
 Elaborato: Falda: **-2,00 m**



Torbe / Argille org. :	53 punti, 53,54%
Argille e/o Limi :	12 punti, 12,12%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 9,09%
Sabbie:	26 punti, 26,26%

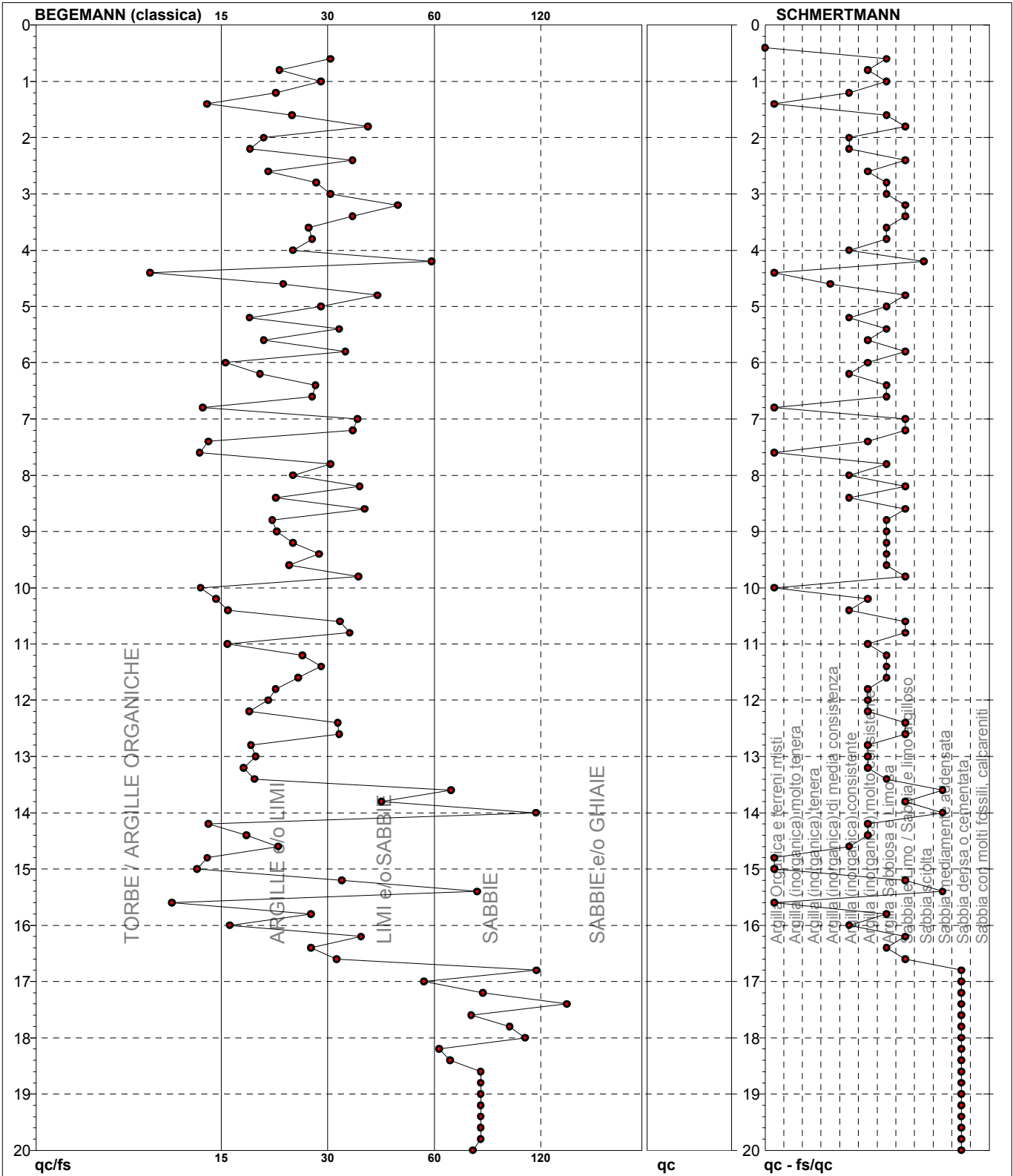
Lo sperimentatore:
Il direttore laboratorio:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	123-11
certificato n°	C11-056-2

Committente: **Studio Ortelli**
 Cantiere: **Via Naviglio**
 Località: **Faenza (RA)**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: 12/05/2011
 Scala: 1:100 Data certificato: 13/05/2011
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -1,95 m



Torbe / Argille org. :	13 punti, 13,13%
Argille e/o Limi :	46 punti, 46,46%
Limi e/o Sabbie :	23 punti, 23,23%
Sabbie:	17 punti, 17,17%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,01%

Lo sperimentatore:

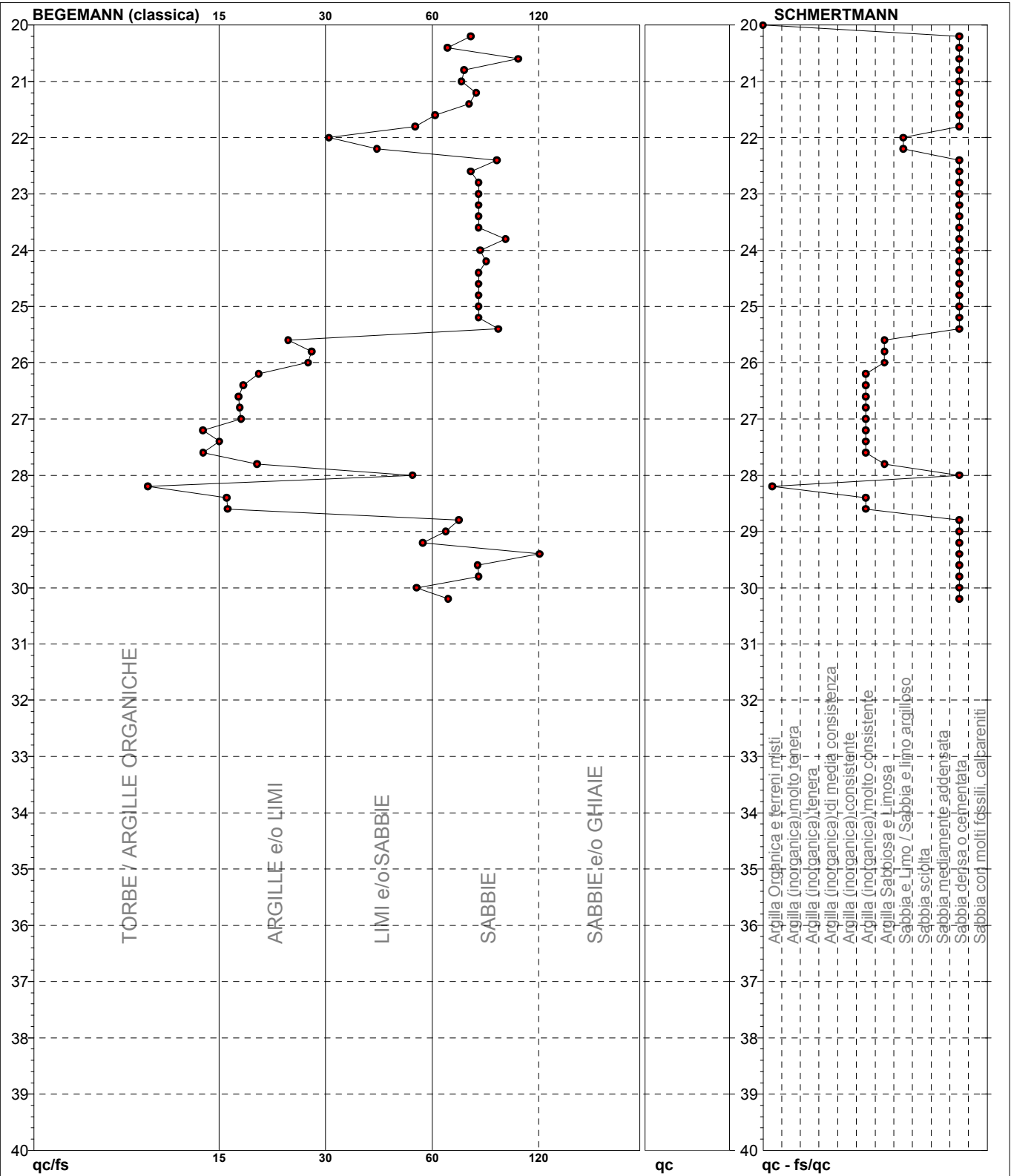
Il direttore laboratorio:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	123-11
certificato n°	C11-056-2

Committente: **Studio Ortelli**
 Cantiere: **Via Naviglio**
 Località: **Faenza (RA)**

U.M.: **daN/cm²** Data eseg.: 12/05/2011
 Scala: 1:200 Data certificato: 13/05/2011
 Pagina: 2
 Elaborato: Falda: -1,95 m



Torbe / Argille org. :	52 punti, 52,53%
Argille e/o Limi :	12 punti, 12,12%
Limi e/o Sabbie :	7 punti, 7,07%
Sabbie:	29 punti, 29,29%

Lo sperimentatore:
Il direttore laboratorio:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT
2

riferimento

123-11

certificato n°

 Committente: **Studio Ortelli**

 Cantiere: **Via Naviglio**

 Località: **Faenza (RA)**

 U.M.: **daN/cm²**

 Data esec.: **12/05/2011**

 Pagina: **2**

 Data certificato: **13/05/2011**

Elaborato:

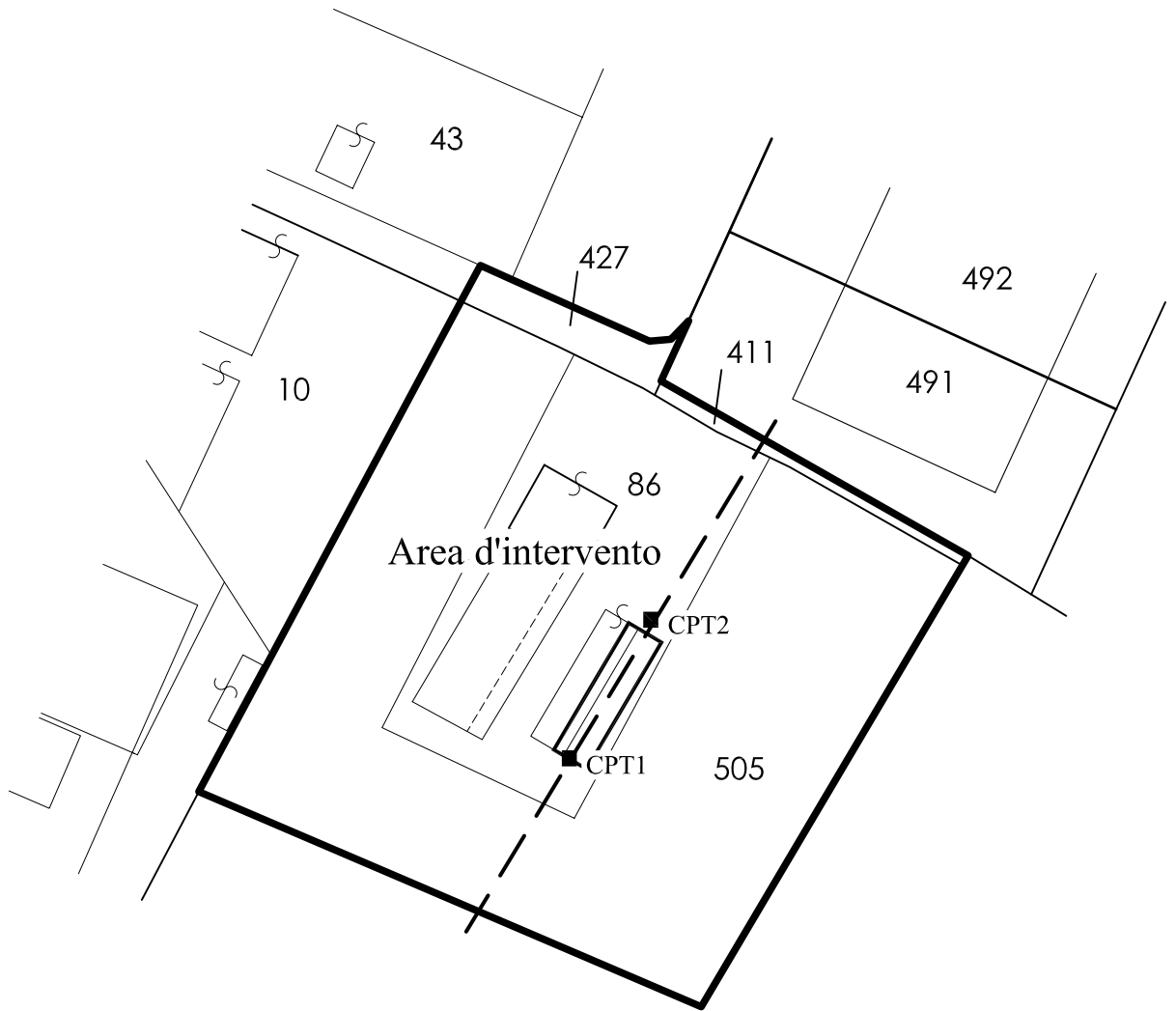
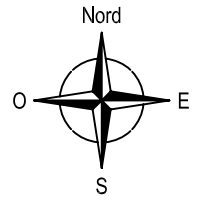
 Falda: **-1,95 m**

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	' t/m ³	'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE							F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)	σDM (°)	σMe (°)				
20,00	349,86	71,40	3	1,15	2,08	507	--	--	--	--	97	43	35	32	30	39	40	--	583,1	874,7	1049,6	
20,20	218,54	61,94	3	1,15	2,10	425	--	--	--	--	81	41	33	30	28	37	38	--	364,2	546,4	655,6	
20,40	280,28	95,33	3	1,15	2,13	466	--	--	--	--	89	42	34	31	29	38	40	--	467,1	700,7	840,8	
20,60	327,32	68,58	3	1,15	2,15	495	--	--	--	--	94	43	35	32	30	39	40	--	545,5	818,3	982,0	
20,80	348,88	67,55	3	1,15	2,17	507	--	--	--	--	96	43	35	32	30	39	40	--	581,5	872,2	1046,6	
21,00	323,40	73,83	3	1,15	2,19	492	--	--	--	--	93	42	35	32	30	39	40	--	539,0	808,5	970,2	
21,20	392,98	70,72	3	1,15	2,22	530	--	--	--	--	100	43	35	33	31	40	40	--	655,0	982,5	1178,9	
21,40	270,48	57,50	3	1,15	2,24	460	--	--	--	--	87	42	34	31	29	38	40	--	450,8	676,2	811,4	
21,60	219,52	50,91	3	1,15	2,26	425	--	--	--	--	79	41	32	30	28	37	38	--	365,9	548,8	658,6	
21,80	202,86	30,13	3	1,15	2,28	413	--	--	--	--	76	40	32	29	27	36	38	--	338,1	507,2	608,6	
22,00	205,80	40,38	3	1,15	2,31	415	--	--	--	--	77	40	32	29	27	36	38	--	343,0	514,5	617,4	
22,20	186,20	83,70	3	1,14	2,33	400	--	--	--	--	73	40	32	29	27	36	37	--	310,3	465,5	558,6	
22,40	191,10	71,43	3	1,14	2,35	404	--	--	--	--	74	40	32	29	27	36	38	--	318,5	477,8	573,3	
22,60	490,00	74,96	3	1,15	2,37	576	--	--	--	--	100	43	36	34	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
22,80	490,00	74,96	3	1,15	2,40	576	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
23,00	490,00	74,96	3	1,15	2,42	576	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
23,20	490,00	74,96	3	1,15	2,44	576	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
23,40	490,00	74,96	3	1,15	2,46	576	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
23,60	363,58	88,33	3	1,15	2,49	514	--	--	--	--	94	43	35	32	30	39	40	--	606,0	909,0	1090,7	
23,80	316,54	75,64	3	1,15	2,51	488	--	--	--	--	89	42	34	31	29	38	40	--	527,6	791,4	949,6	
24,00	353,78	78,48	3	1,15	2,53	509	--	--	--	--	93	42	34	31	29	39	40	--	589,6	884,5	1061,3	
24,20	490,00	74,96	3	1,15	2,55	576	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
24,40	490,00	74,96	3	1,15	2,58	576	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
24,60	490,00	74,96	3	1,15	2,60	576	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
24,80	490,00	74,96	3	1,15	2,62	576	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
25,00	490,00	74,96	3	1,15	2,64	576	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
25,20	308,70	84,45	3	1,15	2,67	484	--	--	--	--	87	42	33	31	29	38	40	--	514,5	771,8	926,1	
25,40	124,46	23,52	4	1,07	2,69	343	4,15	10,8	705,3	1057,9	373,4	56	38	29	26	24	33	35	--	207,4	311,2	373,4
25,60	37,24	27,14	4	0,99	2,71	218	1,24	2,4	668,5	1002,7	111,7	14	33	23	19	18	26	30	--	62,1	93,1	111,7
25,80	38,22	26,53	4	1,00	2,73	220	1,27	2,4	681,5	1022,2	114,7	15	33	23	20	18	26	30	--	63,7	95,6	114,7
26,00	33,32	19,65	4	0,98	2,75	209	1,11	2,0	620,5	930,7	100,0	10	32	22	19	18	25	29	--	55,5	83,3	100,0
26,20	36,26	17,87	4	0,99	2,77	216	1,21	2,2	661,1	991,6	108,8	13	33	23	19	18	26	30	--	60,4	90,7	108,8
26,40	28,42	17,37	4	0,96	2,78	197	0,96	1,7	555,2	832,8	85,3	4	32	21	18	17	25	29	--	47,4	71,1	85,3
26,60	27,44	17,50	4	0,96	2,80	194	0,95	1,6	547,4	821,1	82,3	3	32	21	18	17	25	28	--	45,7	68,6	82,3
26,80	26,46	17,65	4	0,95	2,82	192	0,93	1,6	539,1	808,7	79,4	1	31	21	17	17	25	28	--	44,1	66,2	79,4
27,00	27,44	14,00	4	0,96	2,84	194	0,95	1,6	548,5	822,7	82,3	2	32	21	18	17	25	28	--	45,7	68,6	82,3
27,20	31,36	15,46	4	0,97	2,86	204	1,05	1,8	596,7	895,1	94,1	7	32	22	18	17	25	29	--	52,3	78,4	94,1
27,40	28,42	14,01	4	0,96	2,88	197	0,96	1,6	558,1	837,1	85,3	3	32	21	18	17	25	29	--	47,4	71,1	85,3
27,60	47,04	19,43	4	1,01	2,90	238	1,57	2,9	784,2	1176,3	141,1	20	34	24	20	19	27	31	--	78,4	117,6	141,1
27,80	193,06	50,13	3	1,15	2,92	405	--	--	--	--	69	39	31	28	26	35	38	--	321,8	482,7	579,2	
28,00	33,32	10,00	4	0,98	2,94	209	1,11	1,9	630,0	945,0	100,0	8	32	22	18	17	25	29	--	55,5	83,3	100,0
28,20	26,46	16,17	4	0,95	2,96	192	0,93	1,5	542,5	813,8	79,4	--	31	21	17	16	25	28	--	44,1	66,2	79,4
28,40	25,48	16,25	4	0,95	2,98	189	0,91	1,4	533,4	800,1	76,4	--	31	20	17	16	25	28	--	42,5	63,7	76,4
28,60	112,70	66,47	3	1,02	3,00	331	--	--	--	--	50	37	28	25	23	32	35	--	187,8	281,8	338,1	
28,80	124,46	61,35	3	1,04	3,02	343	--	--	--	--	53	38	28	25	24	32	35	--	207,4	311,2	373,4	
29,00	230,30	53,41	3	1,15	3,04	433	--	--	--	--	74	40	31	28	26	35	39	--	383,8	575,8	690,9	
29,20	269,50	108,70	3	1,15	3,06	460	--	--	--	--	79	41	32	29	27	36	40	--	449,2	673,8	808,5	
29,40	341,04	74,52	3	1,15	3,08	502	--	--	--	--	87	42	33	30	28	38	40	--	588,4	852,6	1023,1	
29,60	490,00	74,96	3	1,15	3,11	576	--	--	--	--	99	43	35	32	30	39	40	--	816,7	1225,0	1470,0	
29,80	379,26	51,39	3	1,15	3,13	523	--	--	--	--	90	42	34	31	29	38	40	--	632,1	948,2	1137,8	
30,00	394,94	62,29	3	1,15	3,15	531	--	--	--	--	91	42	34	31	29	38	40	--	658,2	987,4	1184,8	

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio:

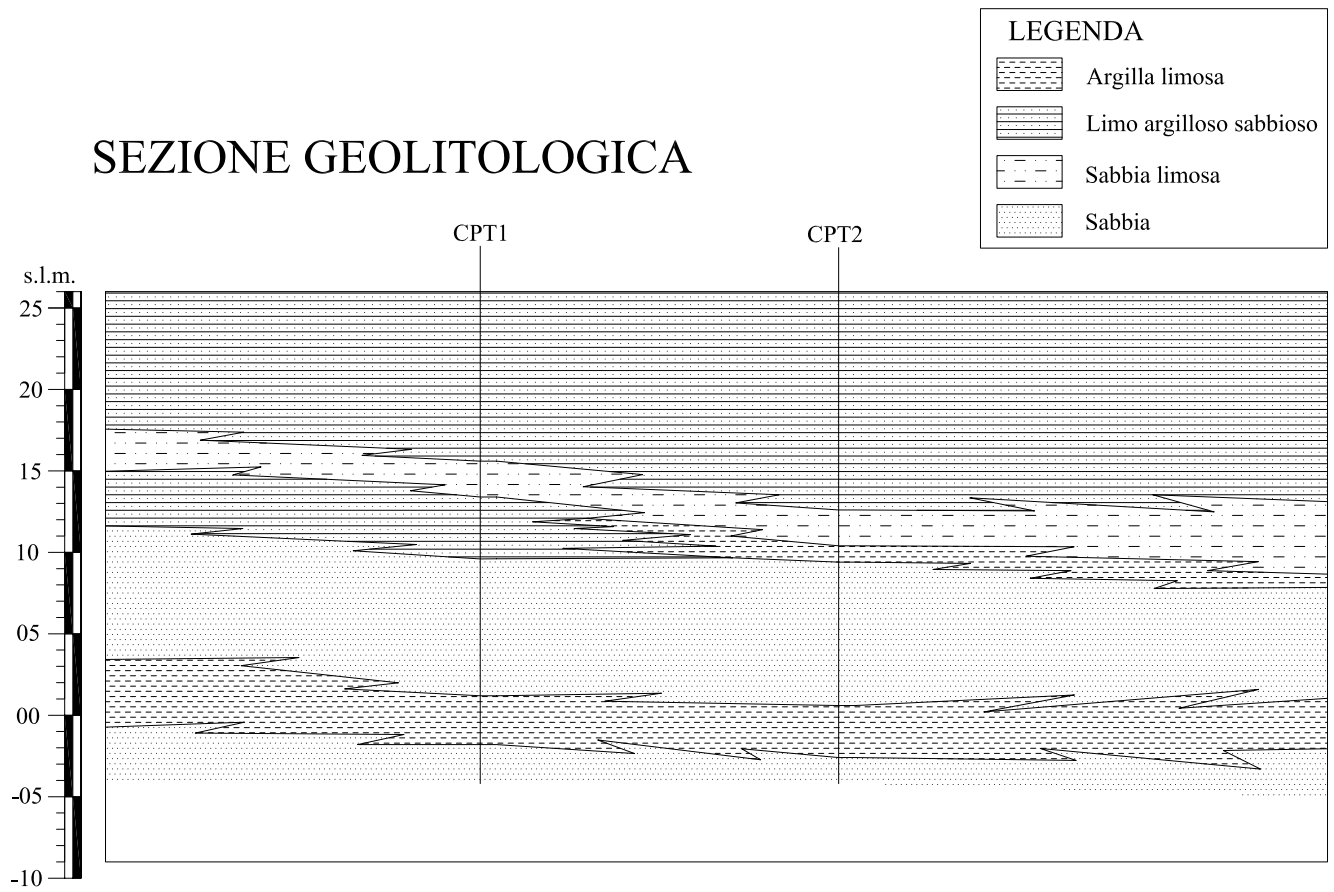
FON000



PLANIMETRIA
UBICAZIONE SEZIONI
Scala 1:1.000

 Sezione Geolitologica e Litotecnica

SEZIONE GEOLITOLOGICA



SEZIONE LITOTECNICA

