



REGIONE EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI MODENA

**CITTÀ DI CASTELFRANCO EMILIA**

# PIANO OPERATIVO COMUNALE POC7

Adottato con Delibera di Consiglio Comunale n° -- del --/--/2017  
Approvato con Delibera di Consiglio Comunale n° -- del --/--/----

**Sindaco**

Stefano Reggianini

**Assessore all'Urbanistica**

Massimiliano Vigarani

**Responsabile del procedimento**

**Dirigente Settore Tecnico e Sviluppo del Territorio**

Arch. Bruno Marino

**Gruppo di Lavoro**

**Ufficio Pianificazione Territoriale e Urbanistica**

Arch. Valeria Ventura

Ing. Stefania Comini

Arch. Claudia Stanzani

P.O.C. Approvato con Del. C.C. n° 216 del 15/10/2010 (decaduto il 01/11/2015)

P.O.C. 1 approvato con Del. C.C. n° 53 del 06/04/2011

P.O.C. 3 approvato con Del. C.C. n° 123 del 30/10/2012

P.O.C. 2 approvato con Del. C.C. n° 59 del 28/03/2014

P.O.C. 5 adottato con Del. C.C. n° 271 del 23/12/2014

Variante ex art.14bis L.R.20/2000 al P.O.C. approvata con Del. C. C. n° 10 del 29/01/2015



**Studi specialistici relativi al subambito  
13.3 AC.c**



## **INDICE**

STRUTTURA DEL DOCUMENTO	pag. 1
Capitolo 1	pag. 3
RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA	
Capitolo 2	pag. 109
VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO	
Capitolo 3	pag. 137
VALUTAZIONE SULLA VIABILITÀ	
CAPITOLO 4	pag. 157
VERIFICA PREVENTIVA DELL'INTERESSE ARCHEOLOGICO	



## STRUTTURA DEL DOCUMENTO

Il presente documento raccoglie i seguenti studi specialistici relativi al sub-ambito 13.3 AC.c, redatti dai professionisti incaricati dalla proprietà:

- **Relazione geologico-geotecnica e sismica** – Dott. Geol. Marco Roli;
- **Valutazione previsionale di clima e impatto acustico** – Dott. Michela Malagoli;
- **Valutazione sulla viabilità** – Ing. Stefano Battaiotto;
- **Verifica preventiva dell'interesse archeologico** – Dott. Arch. Davide Mengoli.

Il sottoscritto Arch. Bruno Marino, Dirigente del Settore Tecnico e Sviluppo del Territorio, in qualità di Responsabile del Procedimento dichiara che i capitoli costitutivi del presente documento sono conformi agli originali trasmessi in formato digitale e digitalmente sottoscritti dal procuratore speciale, assunti agli atti del Comune di Castelfranco Emilia ai protocolli n. 21610 e 21614 del 15/05/2017.

Il Dirigente del  
Settore Tecnico e Sviluppo del Territorio  
**Dott. Arch. Bruno MARINO**

---

Documento elaborato in formato PDF/A, firmato digitalmente ed  
inviato a mezzo PEC ai sensi delle normative vigenti in materia.



# Comune di Castelfranco Emilia

## Provincia di Modena

### *Relazione Geologica, Sismica e di parametrizzazione geotecnica*

*a supporto della Variante al P.O.C. della destinazione d'uso  
per strutture commerciali-alimentari dell'ambito 13.3 del P.S.C.,*

T.U. Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008

LR 19 -Norme per la riduzione del rischio sismico". 30/10/2008,

Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 -

oggetto n°3121 del 2 maggio 2007 Indirizzi di Microzonazione Sismica

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfici al fine della modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)  
"RISPOSTA SISMICA DEL SITO" (ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC) (par. 6.4 del D.M. 14/01/08)  
- DAL 112/2007 Agg. 2193/2015 - Regione Emilia Romagna

**Committente: FINPART srl**

**IN SOSTITUZIONE A SEGUITO AGGIORNAMENTO DGR 2193/2015  
il presente elaborato sostituisce la Perizia del 6 Marzo 2015**



Dott. Geol. Marco Roli

via G. Gozzano n° 74 Vignola (MO); Tel. 059773706; cell 3288689554  
Studio Tecnico di Scienze Geologiche

MAGGIO 2016

**Relazione Geologica, Sismica e di  
parametrizzazione geotecnica  
a supporto della Variante al P.O.C. della destinazione d'uso  
per strutture commerciali-alimentari del sub-ambito 13.3 del  
P.S.C.,**

**IN SOSTITUZIONE A SEGUITO AGGIORNAMENTO DGR 2193/2015  
il presente elaborato sostituisce la Perizia del 6 Marzo 2015**

**Relazione Tecnica** comprendente:

**RELAZIONE GEOLOGICA** inerente le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfologici al fine della modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)

**RELAZIONE GEOTECNICA** basata sulle indagini eseguite, fornisce tutti i dati geotecnici necessari per il progetto, la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. DM 14/01/08)

Relazione concernente la “**RISPOSTA SISMICA DEL SITO**” (ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC) e la verifica agli Stati Limiti Ultimi (SLU) (6.4 del D.M. 14/01/08) al fine della progettazione per azioni sismiche

Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007 “**Indirizzi di Microzonazione Sismica**” Aggiornati con DGR 2193/2015 APPROVAZIONE AGGIORNAMENTO DELL'ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO DENOMINATO "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA", DI CUI ALLA DELIBERAZIONE DELL'ASSEMBLEA LEGISLATIVA 2 MAGGIO 2007, N. 112.

---

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

## Indice del contenuto

1. Premesse.....	pag. 3
<b>2. Relazione geologica .....</b>	<b>pag. 4</b>
2.1. Geologia e geomorfologia del sito.....	pag. 4
2.2. Caratteristiche Idrogeologiche .....	pag. 6
2.3. Indagini Geognostiche .....	pag. 9
2.5 Caratteristiche litostratigrafiche.....	pag. 12
<b>3. Modello Geologico del Sottosuolo .....</b>	<b>pag. 12</b>
3.1. modello geologico .....	pag. 12
<b>4. Caratterizzazione sismica del sottosuolo.....</b>	<b>pag. 14</b>
4.1. Sismicità dell'area .....	pag. 14
4.2. Indagini geofisiche .....	pag. 18
4.3 Indagine sismica a rifrazione – Tecnica MASW .....	pag. 18
4.4. Indagine HVSR .....	pag. 21
<b>5. Microzonazione Sismica .....</b>	<b>pag. 23</b>
5.1. Il livello di approfondimento .....	pag. 23
5.2. Il livello di approfondimento .....	pag. 25
5.3. III livello di approfondimento .....	pag. 27
<b>6.0. Cedimenti Teorici Sismoindotti .....</b>	<b>pag. 36</b>
<b>7.0. Verifica alla liquefazione .....</b>	<b>pag. 40</b>
<b>8.0 Considerazioni conclusive .....</b>	<b>pag. 44</b>

## Tavole

<b>Tav. n. 1:</b> “Carta corografica”	scala 1: 25.000;
<b>Tav. n. 2:</b> “Carta topografica”	scala 1:10.000;
<b>Tav. n. 3:</b> “Ripresa fotografica aerea dell'area di interesse”	scala grafica;
<b>Tav. n. 4:</b> “Carta della litologia di superficie”	scala grafica;
<b>Tav. n. 5:</b> “Ubicazioni indagini geotecniche e geofisiche”	scala grafica.
<b>Tav. n. 6:</b> “Carta Microzonazione sismica”	scala grafica.

## Allegati

- ALL. n. 1** Prove penetrometriche statiche CPT corredate di interpretazione geotecnica; Altre Indagini  
**ALL. n. 2** Stralci Carte di Pianificazione  
**ALL. n. 3** Verifica a Liquefazione  
**ALL.n. 4** certificato Elaborazione HVSR

---

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

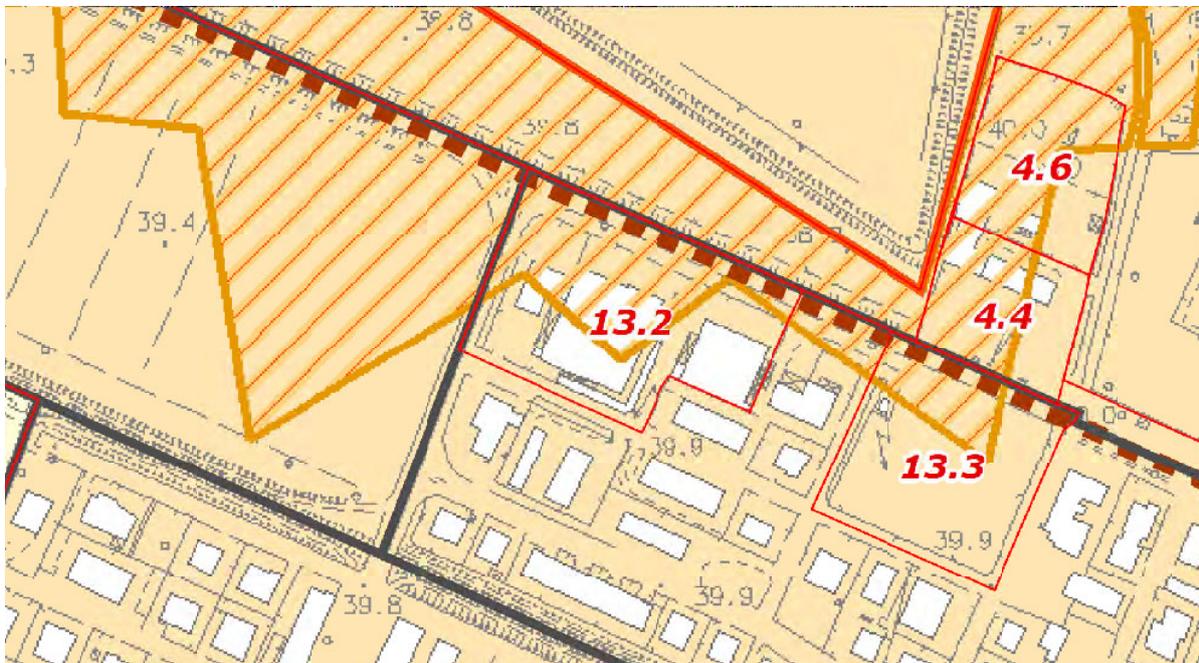
☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎ Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

## 1. PREMESSE

Su incarico della società FINPART, e in accordo con i Tecnici Progettisti, **nel mese di Maggio 2016 è stato eseguito il presente aggiornamento/approfondimento dello studio geologico-geotecnico e di caratterizzazione sismica a seguito dell'entrata in vigore della DGR 2193/20015 che aggiorna l'atto di indirizzo per gli studi di microzonazione sismica DAL 112/2007 allineandosi alle N.T.C.2008, ed alle conoscenze sviluppate per la valutazione degli effetti locali post SISMA 2012.** Il presente studio **SOSTITUISCE il precedente del 6 Marzo 2015** ed è finalizzato alla valutazione delle sicurezze geologiche e sismiche, di compatibilità e di interazione terreno/previsioni di progetto a supporto della Variante 4° al P.O.C. della destinazione d'uso per strutture commerciali-alimentari del sub-ambito 13.3 del P.S.C.



**Figura n.1-** Tav.3.1 PSC Sistema Insediativo e Storico stralcio dell'ambito 13.3

Il lotto è ubicato in via Emilia angolo via Leonardo Da Vinci, nel Comune di Castelfranco Emilia, come illustrato nella "Carta corografica" (**Tav. n. 1**), in scala 1:25.000, *tavola CTR n. 202\_SO e n. 220\_NO*, nella "Carta topografica" (**Tav. n. 2**) in scala 1:10.000, *sezione CTR n. 202130 – Gaggio e n. 220010 – Castelfranco Emilia* e nella "Ripresa fotografica aerea dell'area di interesse" (**Tav. n. 3** e Figura 1.1), tratta da archivio interattivo di "BingMaps", che compaiono in allegato.

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)





Figura n.3.1– Stralcio Carta Geologica R.E.R. Servizio sismico e dei Suoli

### AES8 – Subsistema di Ravenna

Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m. *Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni). L'unità affiora in corrispondenza dell'area indagata ed in un'ampia zona circostante in litofacies limoso sabbiosa.*

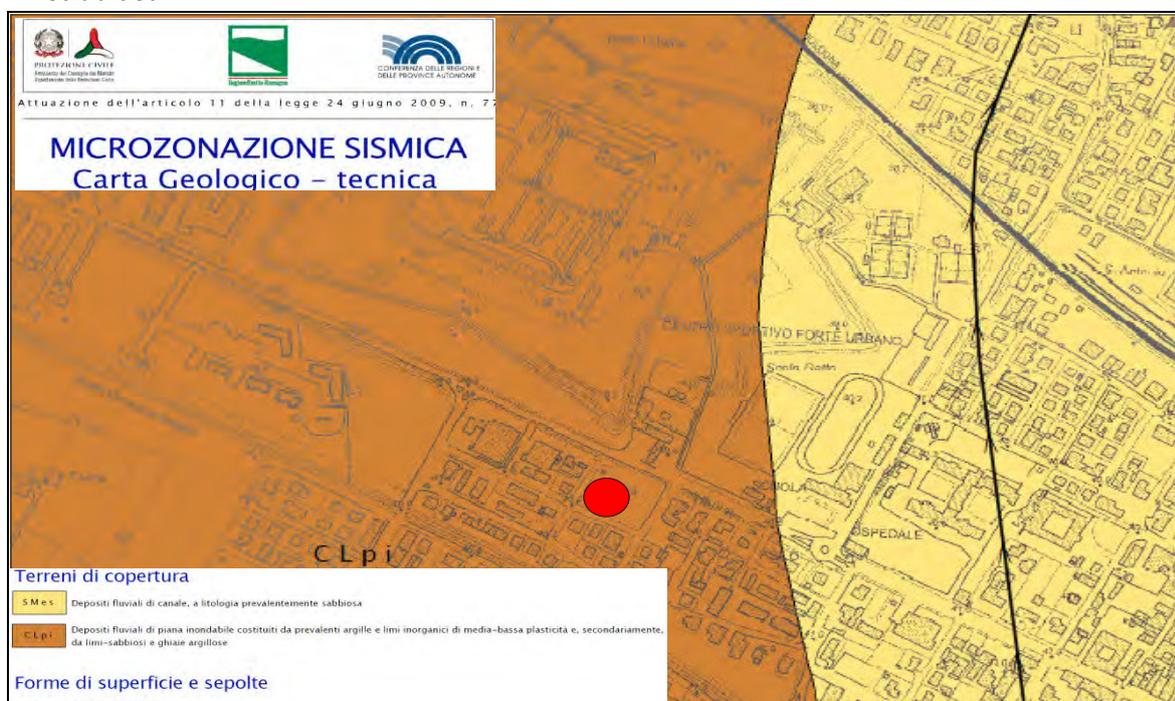


Figura n.3.2 Carta Geologica –Tecnica MZS II Livello, per gentile concessione Amm. Comunale in attesa di collaudo e adozione – L'area di interesse è all'esterno del paleovalve/rotta fluviale con sedimenti sabbiosi

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

## 2.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrologico, il lotto è ubicato nel bacino del fiume Panaro. Il territorio presenta una morfologia sub-pianeggiante, con lieve pendenza, da pochi decimi di grado a 1-2°, verso i quadranti nord-orientali. Per quanto riguarda la caratterizzazione litostratigrafica ed idrogeologica generica del territorio in esame, si sono prese in considerazione le pubblicazioni di Paltrinieri N., Pellegrini M. & Zavatti A. (1990 – *Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi – L'alta e media pianura modenese*), Quaderni IRSA del Cnr, Sezioni Idrogeologiche ENI – IDROSER (2001). La geometria dell'acquifero dell'alta pianura modenese, dal F. Panaro al T. Samoggia, è caratterizzato da una serie di conoidi alluvionali, le cui apici si raccordano alle valli che dalle retrostanti colline giungono sino in pianura. Il loro sviluppo e le loro caratteristiche granulometriche dipendono dalle caratteristiche idrologiche dei rispettivi corsi d'acqua. Il F. Panaro genera quindi conoidi caratterizzate da ghiaie e sabbie prevalenti, con acquifero ad alta trasmissività. Tutte le conoidi dei corsi d'acqua minori presenti tra i due fiumi, oltre che ad essere arealmente meno estese, presentano anche una litologia con ghiaie alle quali si associa abbondante matrice limosa, riducendo notevolmente la trasmissività dell'acquifero.

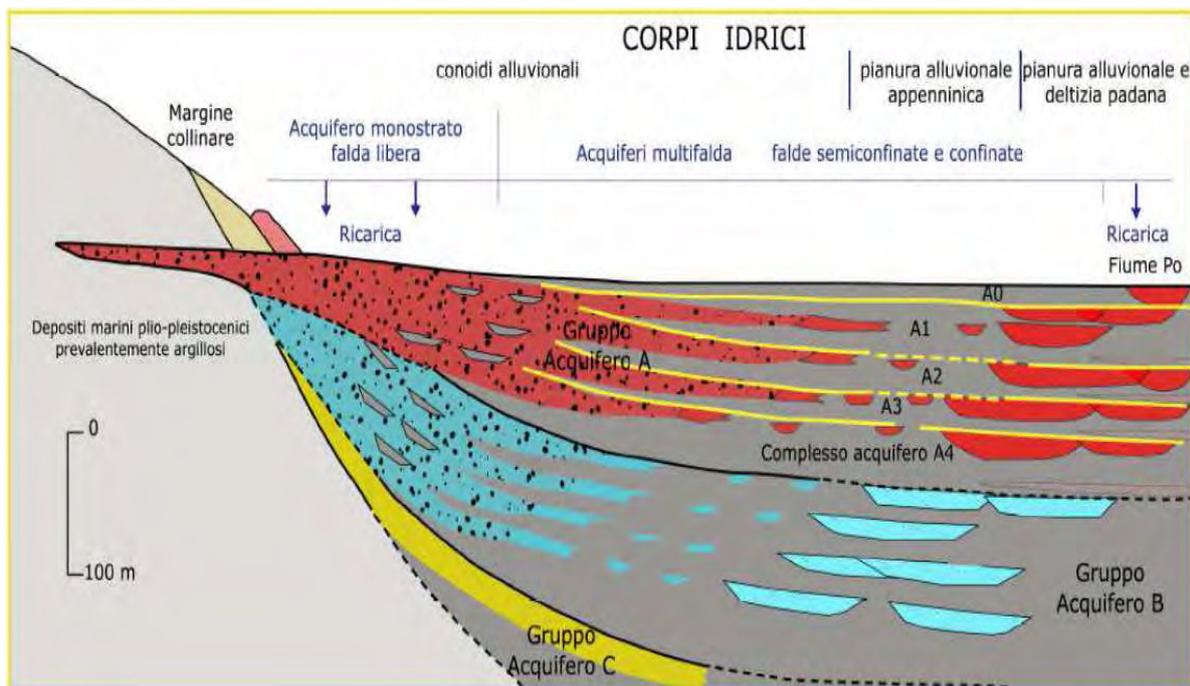


Figura n.4.1– Sezione Idrogeologica profonda della pianura padana

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

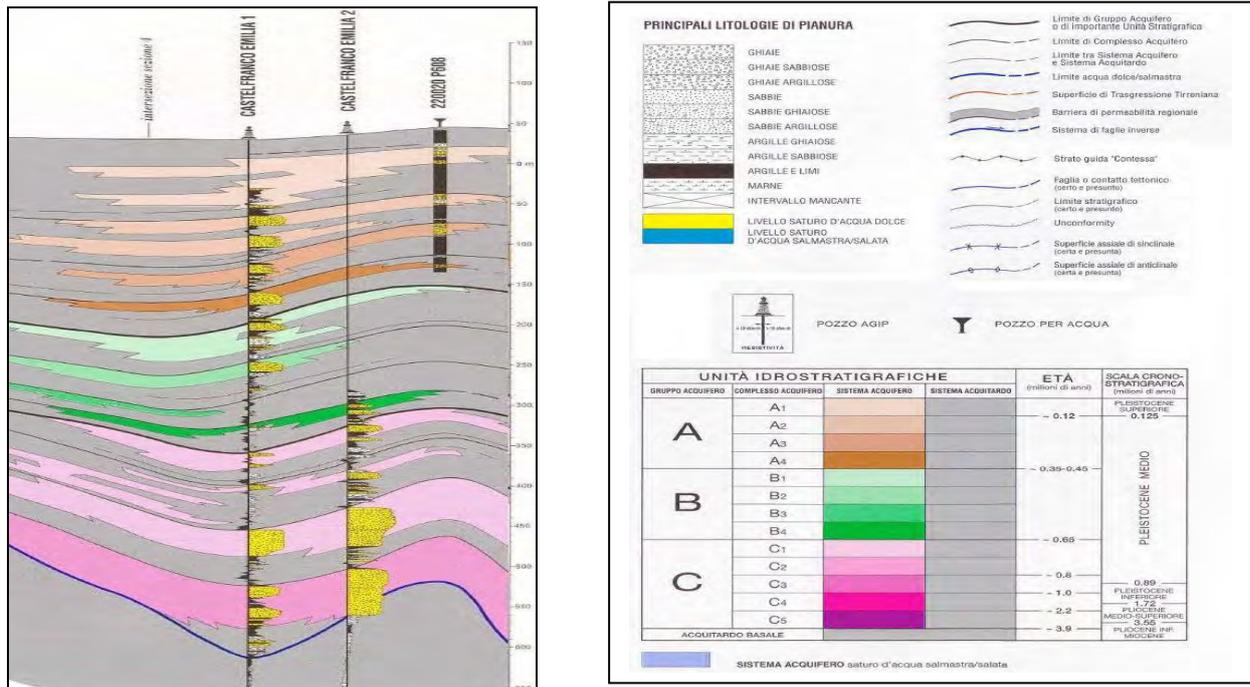


Figura n.4.2– Acuiferi della pianura padana – Sezioni Idroser

Verso nord la delimitazione dell'unità idrogeologica è invece ipotizzabile in corrispondenza dell'interdigitazione tra i depositi di conoide e di pianura alluvionale, comunque più fini, mentre a sud il limite è individuato dal passaggio alta pianura – collina, caratterizzato da una netta interruzione dei livelli serbatoio. In prossimità di tale limite, all'apice della conoide, il flusso dell'acquifero è impostato da sud verso nord.

L'alimentazione dell'acquifero in oggetto è determinata, in linea di massima, da vari fattori: ruscellamento superficiale proveniente dalle retrostanti colline (di importanza contenuta); infiltrazioni efficaci derivanti dalle acque meteoriche; infiltrazioni o dispersioni dal subalveo dei corsi d'acqua, o intercomunicanti da pozzi disperdenti.

Oltre che dai flussi non univoci impostati con altre unità idrogeologiche di confine, l'acquifero risulta subire una certa perdita per effetto anche dei flussi di drenanza verso acquiferi più profondi. Sulla base delle cartografie disponibili da prospezioni a scopo di ricerca mineraria, stratigrafie censite di pozzi irrigui, sondaggi a carotaggio profondo è stato possibile ricostruire una sezione litologica media del tratto di pianura passante per la zona in oggetto (In allegato si riportano le stratigrafie di indagine e pozzi considerate)

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

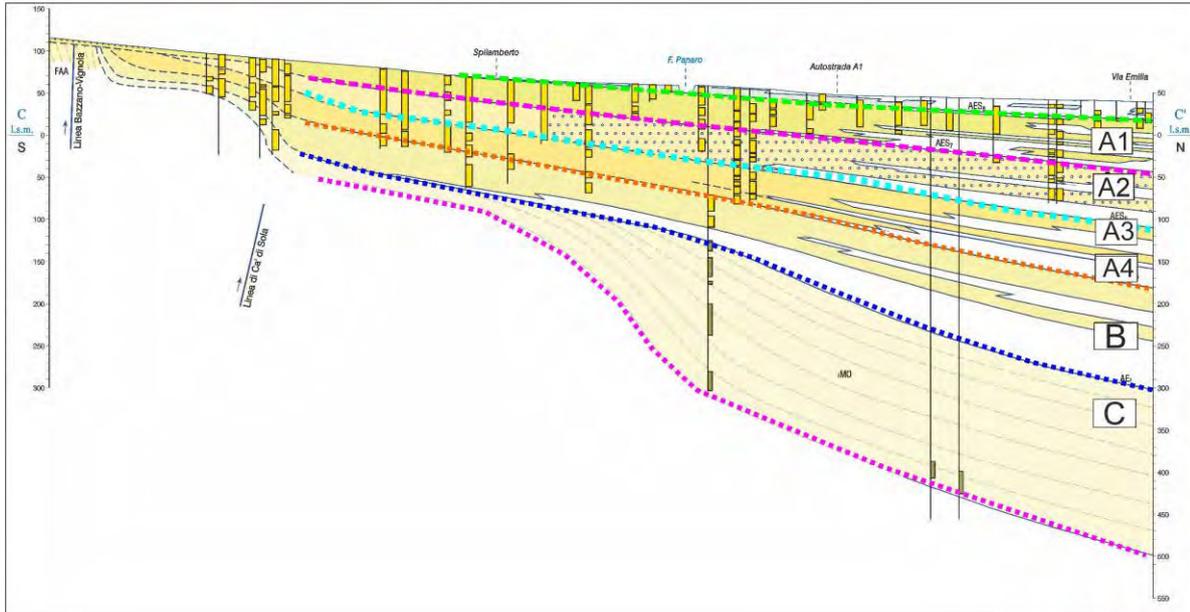


Figura n.5– Sezione Geologica passante Castelfranco Emilia N-S– Acquiferi

### CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E IDROGEOLOGICHE

Dai dati stratigrafici profondi si ricostruisce la stratigrafia per l'area in esame:

da p.c.	a m. 7,00	limi argillosi	falda freatica libera -2,10 m
da m. 7,00	a m. 11,00	ghiaie e sabbie limose	falda confinata deb. in pressione A1
da m. 11,00	a m. 22,00	argille	anidre
da m. 22,00	a m. 38,00	ghiaie	falda deb. In pressione A2
da m 38,00	a m. 60,00	argille	anidre
da m 60,00	a m 100,00	ghiaie e lenti limose	falda artesiania in pressione A2-A3

La stratigrafia di fig. 5 (Estratto da: AA.VV. (1979) - "Lineamenti idrogeologici della Pianura Padana", IRSA - Quaderni n. 28 (II) - Sezione n. 44) ha permesso di confermare l'alternanza di sedimenti grossolani e sedimenti fini predominanti, tipica delle conoidi alluvionali dei corsi d'acqua minori, per profondità superiori ai 100 m.

Tale sezione mette anche in rilievo che i vari livelli ghiaiosi in profondità risultano comunicanti tra loro ed i meno profondi sono probabilmente connessi anche con la superficie. Si potrebbe comunque ipotizzare la presenza di acquiferi, uno a circa 22.0 m di profondità, con le caratteristiche summenzionate, ed altri più profondi, compartimentali ed in pressione, ma non connessi direttamente con gli strati più superficiali attraverso altri livelli ghiaiosi.

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

### 2.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In relazione alla litologia individuata dalla cartografia nell'area di studio e in base alla tipologia dell'intervento in progetto, la campagna geognostica è stata espletata mediante le seguenti indagini:

○ <b>N. 3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA CPT RM;</b>
○ <b>N. 1 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA MASW;</b>
○ <b>N. 1 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE DI MICROTREMORI CON TECNICA HVSR;</b>

I tabulati e i diagrammi relativi alla prova penetrometrica effettuata in sito, corredata dell'interpretazione geotecnica, sono riportati in **Allegato n. 1. Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT**. In data 24/02/2014 è stata eseguita nell'area oggetto di variazione urbanistica, n. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT Rm, La CPT 2 a rifiuto strumentale sulla ghiaia, alla profondità di -22.40 m da p.c., La CPT 1 a -12,0 m e la CPT 3 a -20,60 m. **Non si è riusciti ad effettuare prove con piezocono elettrico Cpt-u in dotazione a causa della presenza di un orizzonte di ghiaia alla quota di -6,50 m che ha danneggiato l'O-ring in gomma dei sensori e la perdita della saturazione.**



**Foto n. 6** – Esecuzione della prova statica CPT mediante penetrometro Pagani 100 KN

Il penetrometro utilizzato per realizzare le prove è un GOUDA da 200 kN di spinta, montato su autocarro 4x4 ACM 90.

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

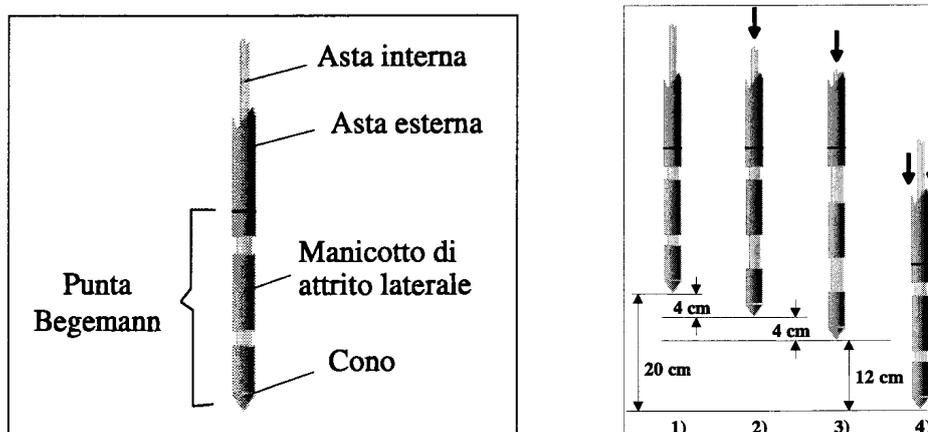
e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Il dispositivo di misura consiste in una centralina di acquisizione digitale. Il segnale elettrico generato dalla cella di pressione durante l'infissione della CPT viene opportunamente condizionato e amplificato dalla centralina di acquisizione e visualizzato su di un display digitale a quattro cifre. Le caratteristiche dello strumento impiegato per i sondaggi sono le seguenti:

Punta meccanica	<b>Begemann</b>
Spinta	<b>100 kN</b>
Intervalli di misura	<b>20 cm</b>
Parametri registrati	<b>R<sub>p</sub></b> (resistenza alla punta)
	<b>R<sub>l</sub></b> (resistenza attrito laterale)
Area punta	<b>10 cm<sup>2</sup></b>
Angolo alla punta	<b>60°</b>

Nell'**Allegato n. 1** sono riportati le tabelle e i grafici riguardanti la prova eseguita, corredata dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica.

La prova penetrometrica statica CPT ("Cone Penetration Test") viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta meccanica Begemann. La punta (**Fig. 2.2.1.1**) presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm<sup>2</sup>. Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm<sup>2</sup>.



**Figura n. 7** – Punta Begemann (a) e schema di avanzamento (b).

I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e l'avanzamento dell'insieme punta più aste, verranno registrati ogni 20 cm di avanzamento in profondità.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento :

- 1) posizione di riposo con punta completamente chiusa;

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎ Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

- 2) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta ( $R_p$ );
- 3) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale ( $R_l$ );
- 4) spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste ( $R_t$ ).

Nella fase d'avanzamento in cui viene letta la resistenza alla punta, il display restituisce automaticamente il carico unitario di resistenza ( $R_p$ ) tenuto conto della superficie di infissione di circa  $10 \text{ cm}^2$ . Nella fase di avanzamento in cui viene letta la somma delle resistenze alla punta ed al manicotto di frizione il display visualizza il carico assoluto espresso in kg diviso per 10 ( $R_l$ ).

Ad ogni profondità di misura ( $x$ ), i valori reali della resistenza alla penetrazione della punta " $q_c$ " e dell'attrito laterale locale " $f_s$ " possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$q_c(x) = R_p(x) \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

dove:

AP (Area Punta) =  $10 \text{ cm}^2$

AM (Area Manicotto Laterale) =  $150 \text{ cm}^2$

$f_s(X) = (R_l(x+1) - R_p(x+1)) \cdot (AP/AM) = (R_l(x+1) - R_p(x+1)) / 15$

La particolare punta utilizzata per la perforazione "FrictionJacketCone" è servita a determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni investigati: dal rapporto tra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale è infatti possibile risalire, attraverso l'esperienza di **Begemann**, modificata da **Schmertmann** (di seguito descritti), alla granulometria, e di conseguenza alla litologia, dei terreni attraversati dall'indagine.

#### **Metodo di Begemann:**

Il metodo di BEGEMANN considera il **rapporto tra  $R_p$  e  $R_l$**  come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto $R_p/R_l$	Litologia
$R_p/R_l < 15$	Argilla organica e torba
$15 < R_p/R_l < 20$	Limo e/o argilla inorganica
$30 < R_p/R_l < 60$	Limo sabbioso e sabbia limosa
$R_p/R_l > 60$	Sabbie o sabbia più ghiaia

Va ricordato che tali correlazioni sono valide solo per terreni immersi in falda.

#### **Metodo di Schmertmann:**

Il metodo di SCHMERTMANN considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto delle resistenze **Fr** (con **Fr%=100  $R_l/R_p$** ), secondo il grafico seguente:

---

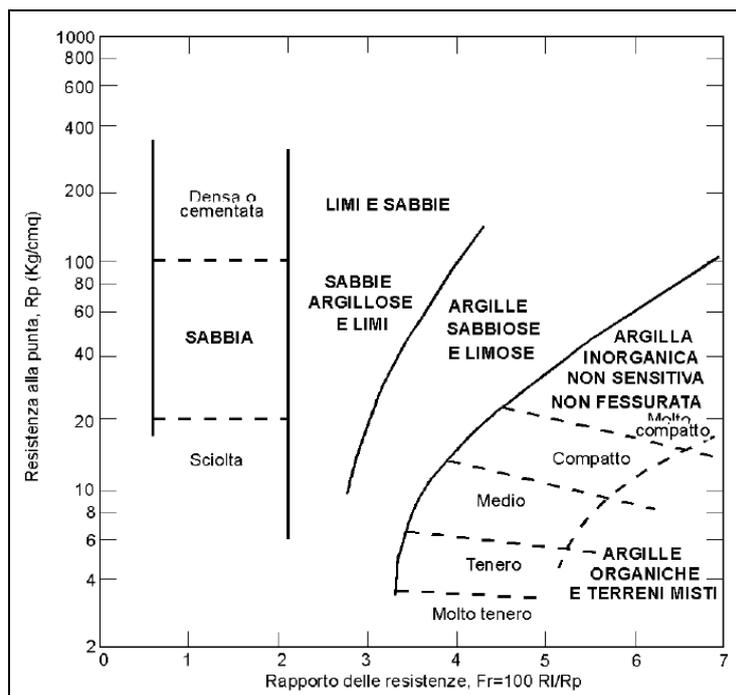
Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎ Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---



## 2.4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E LITOSTRATIGRAFICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

- Le indagini hanno evidenziato, uno strato superficiale di riporto antropico eterogeneo dello spessore di circa 1,00 m / 1,20 m , fortemente addensato.
- Al di sotto, fino alla quota -2.40 m da p.c., è presente uno strato limoso argilloso a discreta consistenza caratterizzato da Resistenza alla penetrazione statica Rp compreso tra 0.90 e 2.50 MPa.
- Alla quota di -2.40 m da p.c. è stato rilevato il livello coesivo argilloso-limoso dalle caratteristiche di Resistenza geomeccanica più bassa. Lo strato, che si approfondisce sino alla quota di -6,50 m, è caratterizzato da valori alla punta RP compresi tra 0,50 Mpa e 1,0 Mpa
- Le indagini hanno evidenziato da -6,50 m sino a -8,80 m da p.c. un interstrato incoerente ghiaioso sostenuto da matrice limoso-sabbiosa, caratterizzato da Resistenza alla punta Rp > 10,0 Mpa e Densità Relativa DR% 60-65
- Si succedono argille limose e limi argillosi sino alla quota di 22,20 m da p.c. caratterizzate da valori di Resistenza e consolidamento molto variabili da 1,0 Mpa a 3,3 Mpa, prevalentemente comunque sono presenti sedimenti coesivi consolidati con Rp medio di 1,6 Mpa.
- Alla quota di -22.00 m da p.c. si è rinvenuto un'altro strato molto addensato di ghiaia che ha portato a rifiuto l'attrezzatura di prova.

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

- Per quanto riguarda il grado di consolidazione dei materiali coesivi, è stata rinvenuta la presenza di terreni sovraconsolidati OC ( $OCR > 4$ ) fino a -4.00 m da p.c., seguiti da terreni leggermente sovraconsolidati ( $2 < OCR < 4$ ) fino a -6.60 m da p.c., terreni normalconsolidati ( $1 < OCR < 2$ ) fino a -22.20 m da p.c.

In **Allegato n. 1**, tabella dei parametri geotecnici desunti dalle prove penetrometriche, sono visibili gli angoli d'attrito dei terreni attraversati, che si diversificano in base ai diversi autori ( es.  $\phi_{Ca}$  = Caquot;  $\phi_{Ko}$  = Koppejan;  $\phi_{DB}$  = De Beer etc.).

- Al termine della prova penetrometrica statica è stato possibile rilevare la soggiacenza della falda freatica libera all'interno del foro di sondaggio alla quota Dw-2,20 m da p.c. La verifica è stata effettuata mediante freatimetro elettroacustico. Tale livello è espressione dell'attuale periodo climatico (con abbondanza di precipitazioni nivometeoriche), trattandosi di falda di tipo freatico che trae alimentazioni dalle infiltrazioni efficaci di superficie, non si esclude una oscillazione marcata sia in senso positivo che negativo con l'alternarsi delle stagioni climatiche.

### 3. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello geologico è finalizzato a fornire uno schema della successione dei suoli in senso verticale al fine di evidenziare "tipologie di terreni o strutture geologiche" predisponenti alla amplificazione del moto sismico, liquefazione delle frazioni incoerenti, cedimenti post sismici indotti. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geognostiche, illustrate nell'**Allegato n. 1** e precedentemente descritte, integrati da log stratigrafici di pozzi e sondaggi della zona si può fornire il seguente modello geologico schematico

#### MODELLO GEOLOGICO SCHEMATICO

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
1	0.0 – 6.50 m da p.c.		Argille e limi da Poco a mediamente consistenti	$\gamma$	1850 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 18.50 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	1950 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 19.50 kN/m <sup>3</sup>
				VSh	180 m/s
				Dr	-
				liquefazione	Non possibile
				OCR	$> 4$ SOVRACONSOLIDATI
2	6.50 – 8.80 m da p.c.	-2.10	Ghiaie limi e sabbie	$\gamma$	1950 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 19.50 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2150 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 21.50 kN/m <sup>3</sup>
				VSh	280 m/s
				Dr	60 -70 %
				liquefazione	Da verificare
				OCR	-

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎ Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

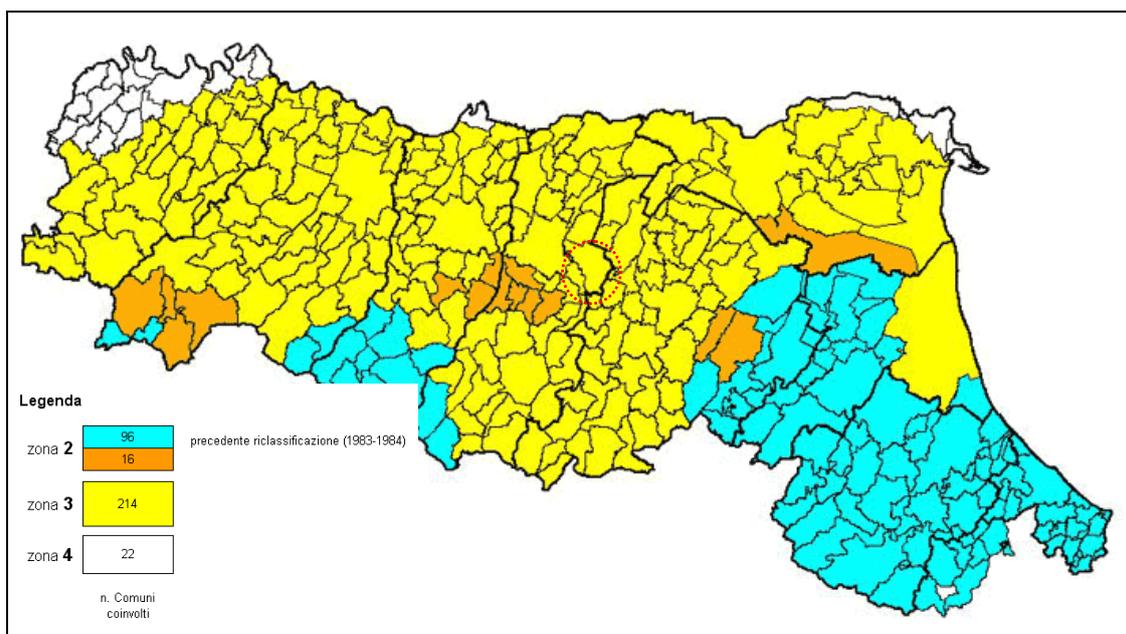
✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

3	8.80 – 22.00 m da p.c.	Argille e limi Da mediamente consistenti a consistenti	$\gamma$	1900 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 19.00 kN/m <sup>3</sup>
			$\gamma'$	2150 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 21.50 kN/m <sup>3</sup>
			VSh	250 m/s
			Dr	50 -70 %
			liquefazione	Non possibile
			OCR	1<OCR<2 NORMALCONSOLIDATI
4	22.00 – 38.00 m da p.c.	Ghiaie addensate	$\gamma$	2000 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 20.00 kN/m <sup>3</sup>
			$\gamma'$	2150 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 21.50 kN/m <sup>3</sup>
			VSh	325 m/s
			Dr	70 -90 %
			liquefazione	Improbabile
			OCR	-
5	38.00 – 60.00 m da p.c.	Argilla limosa consistente	$\gamma$	1900 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 19.00 kN/m <sup>3</sup>
			$\gamma'$	2150 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 21.50 kN/m <sup>3</sup>
			VSh	350 m/s
			Dr	-
			liquefazione	Improbabile
			OCR	-
6	60.00 –70.00 m da p.c.	Ghiaie addensate conglomerate	$\gamma$	2000 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 20.00 kN/m <sup>3</sup>
			$\gamma'$	2150 kg/cm <sup>3</sup> $\approx$ 21.50 kN/m <sup>3</sup>
			VSh	400 m/s
			Dr	70 -90 %
			liquefazione	Improbabile

#### 4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

##### 4.1 AZIONE SISMICA N.T.C. 2008 D.M. 14/01/2008 Circolare Ministeriale n. 617 2 Febbraio 2009

Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale proposta a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche, il **Comune di Castelfranco Emilia (MO)** risulta appartenente alla **classe di sismicità 3**, indicativa di una zona a bassa sismicità.



**Figura n. 8.**– Classificazione sismica vigente dei comuni della regione Emilia-Romagna, Castelfranco Emilia

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Relazione Geologica, Sismica e di parametrizzazione geotecnica a supporto della Variante al P.O.C. della destinazione d'uso per strutture commerciali-alimentari dell'ambito 13.3 del P.S.C., FINPART SRL – Agg.2016

La suddivisione del territorio nazionale in zone a diversa classe di sismicità, caratterizzate da un valore di accelerazione di picco ed un corrispondente spettro di risposta elastico da utilizzare nella progettazione, risulta in realtà superata dall'entrata in vigore delle attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (N.N.T.C.), che ha limitato l'importanza della classificazione sismica alla gestione della pianificazione ed al controllo del territorio da parte degli enti pubblici. Sulla base dei contenuti del **D.M. 14/01/2008 - N.N.T.C.** per ogni costruzione deve essere definita un'accelerazione di riferimento propria, in funzione delle coordinate geografiche dell'area e della vita nominale dell'opera.

Per l'area in oggetto identificata dalle seguenti coordinate geografiche (**Sistema di riferimento ED50**): Latitudine: 44.597615°, Longitudine 11.043989°, in relazione ad un periodo di riferimento  $T_R$  stimato di 475 anni è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa  $a_g$  pari a  $a_{g\text{ attesa}} = 0.164g$ .

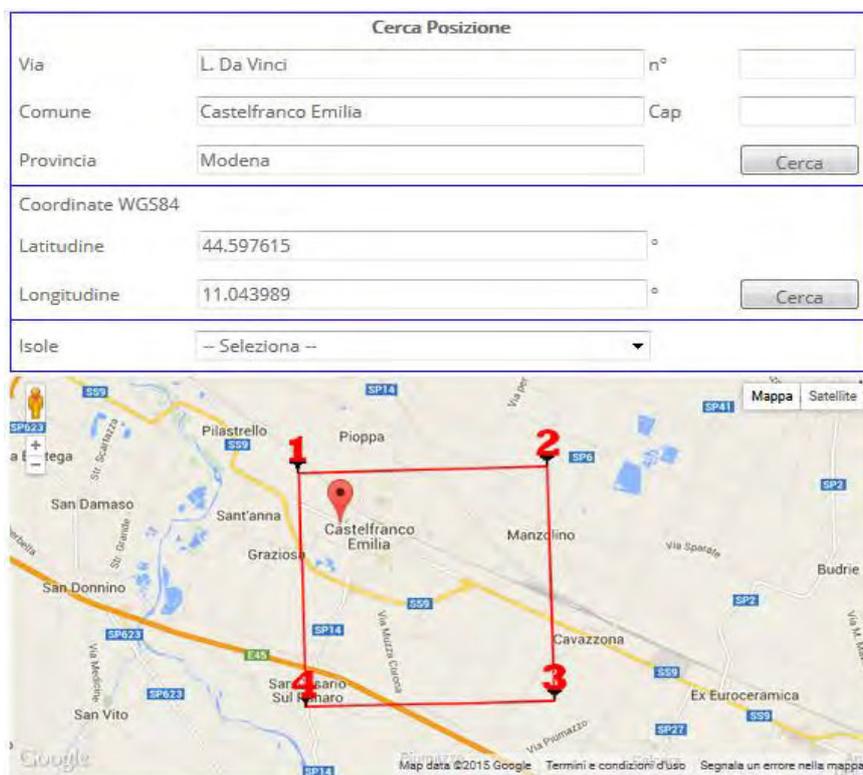


Figura n. 9.1– Ubicazione area in esame

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

(1)* Coordinate WGS84 (°)		Latitudine	44,597603	Longitudine	11,043993
(1)* Coordinate ED50 (°)		Latitudine	44,598542	Longitudine	11,044995
Classe dell'edificio					
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...					
C <sub>u</sub> = 1					
Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)					
Interpolazione					
Media ponderata					
Calcola					
<b>Stato Limite</b>		<b>Tr [anni]</b>	<b>a<sub>g</sub> [g]</b>	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>Tc* [s]</b>
Operatività (SLO)		30	0,050	2,482	0,256
Danno (SLD)		50	0,061	2,511	0,271
Salvaguardia vita (SLV)		475	0,164	2,417	0,293
Prevenzione collasso (SLC)		975	0,214	2,425	0,296
Periodo di riferimento per l'azione sismica:		50			
<b>CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI</b>					
<input type="radio"/> Muri di sostegno <input type="radio"/> Paratie <input checked="" type="radio"/> Stabilità dei pendii e fondazioni					
<input type="checkbox"/> Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.					
H (m)		1			
h <sub>s</sub> (m)		0,1			
Categoria sottosuolo		C			
Categoria topografica		T1			
		<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
S <sub>s</sub> * Amplificazione stratigrafica		1,50	1,50	1,46	1,39
C <sub>c</sub> * Coeff. funz. categoria		1,65	1,62	1,58	1,57
S <sub>t</sub> * Amplificazione topografica		1,00	1,00	1,00	1,00
<input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s <sup>2</sup> ]		0,6			
<b>Coefficienti</b>		<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
kh		0,015	0,018	0,057	0,083
kv		0,007	0,009	0,029	0,042
A <sub>max</sub> [m/s <sup>2</sup> ]		0,730	0,901	2,342	2,918
Beta		0,200	0,200	0,240	0,280

Figura n. 9.2– Calcolo azione sismica

L'accelerazione orizzontale di picco attesa  $a_g$  è definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo categoria A) e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione  $a_g$  rappresenta uno dei parametri principali che definisce la **pericolosità sismica di base**, insieme ai parametri che  $F_0$  e  $Tc^*$  dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sopra. Ai fini della definizione dell'azione sismica, determinata la pericolosità sismica di base, occorre valutare gli **effetti di sito** mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica, sulla base di quanto previsto dalle N.N.T.C., si può fare riferimento ad un approccio semplificato che **si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito**, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica.

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Relazione Geologica, Sismica e di parametrizzazione geotecnica a supporto della Variante al P.O.C. della destinazione d'uso per strutture commerciali-alimentari dell'ambito 13.3 del P.S.C., FINPART SRL – Agg.2016

Sulla base delle “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” (D.M. 14 Gennaio 2008) e tenendo conto dei dati ottenuti **dall'indagine geofisica MASW eseguita in sito**, si **classifica** il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a “DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON SPESSORI SUPERIORI A 30 METRI, 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** (OVVERO CON VALORI DI  $15 < N_{SPT,30} < 50$  NEI TERRENI A GRANA GROSSA E  $70 < C_{u30} < 250$  kPa NEI TERRENI A GRANA FINA)”.

Si ricava quindi il **fattore stratigrafico  $S_s$** , caratteristico del sito secondo le N.N.T.C. - D.M. 14/01/2008, mediante la seguente relazione, valida suoli in classe **C**:

$$1.00 \leq S_s = 1.70 - (0.60 \cdot F_o \cdot a_g/g) \leq 1.50 \quad (4.1.1)$$

dove:

$F_o$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.417**;

$a_g/g$  = accelerazione orizzontale del sito,

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione 4.1.1; per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.46**; Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si calcola il fattore topografico  $S_T$  dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Fattore topografico $S_T$
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Per l'area studiata, sita, come suddetto in una zona di pianura e appartenente, quindi alla categoria topografica **T1**, si ottiene un fattore topografico  $S_T$  pari a **1.0**.

In base a tali valori del fattore stratigrafico  $S_s$  e del fattore topografico  $S_T$  si procede al calcolo dell' accelerazione massima orizzontale  $A_{max}$

**SECONDO LE NTC 2008 – APPROCCIO SEMPLIFICATO:**

$$A_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1.46 \cdot 1.0 \cdot 0.164g = 0.239g \quad (4.1.2)$$

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

## 4.2 INDAGINI GEOFISICHE

---

Per la classificazione sismica dell'area di studio sono state eseguite in sito le seguenti indagini geofisiche:

- *n. 1 indagine sismica Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW);*
- *n. 1 indagine a microtremori HVSR*

---

## 4.3 Indagine sismica con metodo MASW

---

Per potere classificare con precisione l'area da un punto di vista sismico, è stata eseguita nell' area in oggetto *n. 1 indagine sismica con metodo MASW*, ubicata come riportato nella **Tavola n. 5.**

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Questa tecnica, nota con la sigla **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la "**curva di dispersione**", dalla cui inversione è stato calcolato il **modello sismo-stratigrafico** espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). I dati sono stati registrati mediante un sismografo 24 bit con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 1 secondo. Si effettuano battute poste ad offset diversi (es.10.00 m da geofono 1 e 5.00 m da geofono 1) mediante grave da 8,0 kg di massa.

---

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

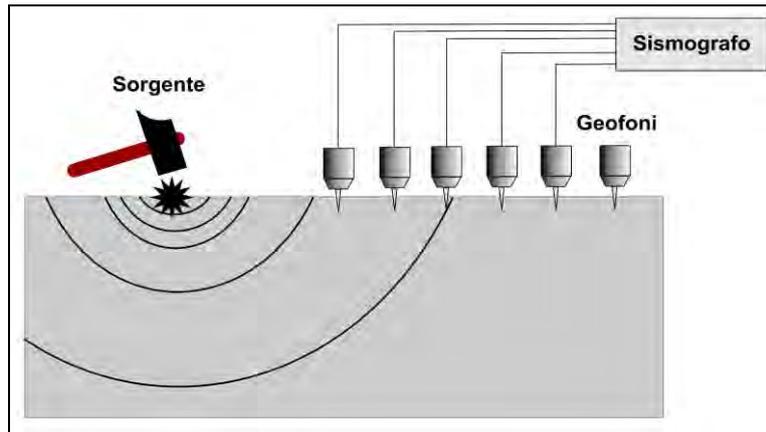


Fig.10: Schema di Array lineare e punto energizzante.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{freq.}$ , può essere convertito nel profilo  $V_s/\text{profondità}$ . Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle  $V_s$  fino a circa 35 m di profondità. Dall'indagine eseguita è stata ricavata la  $V_{s30}$  desunta dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Tale valore, nell'area indagata, per la classificazione sismica dei terreni di fondazione seguendo le indicazioni del **D.M. 14/01/2008**, è risultato pari a:

$$\mathbf{Vs30 = 202 \text{ m/s}}$$

Pertanto secondo la classificazione del suolo, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

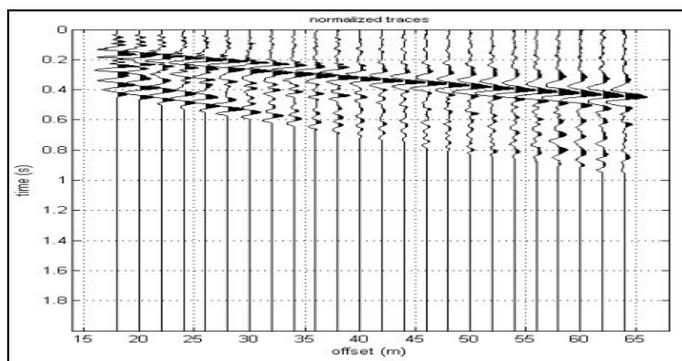


Fig. 11: acquisizione traccia

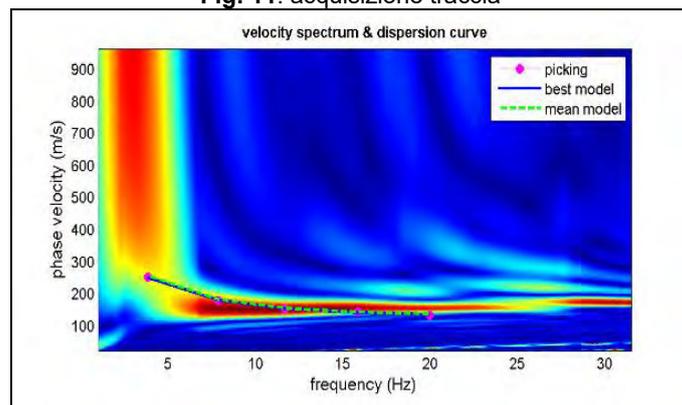


Fig. 12: spetro fase velocità

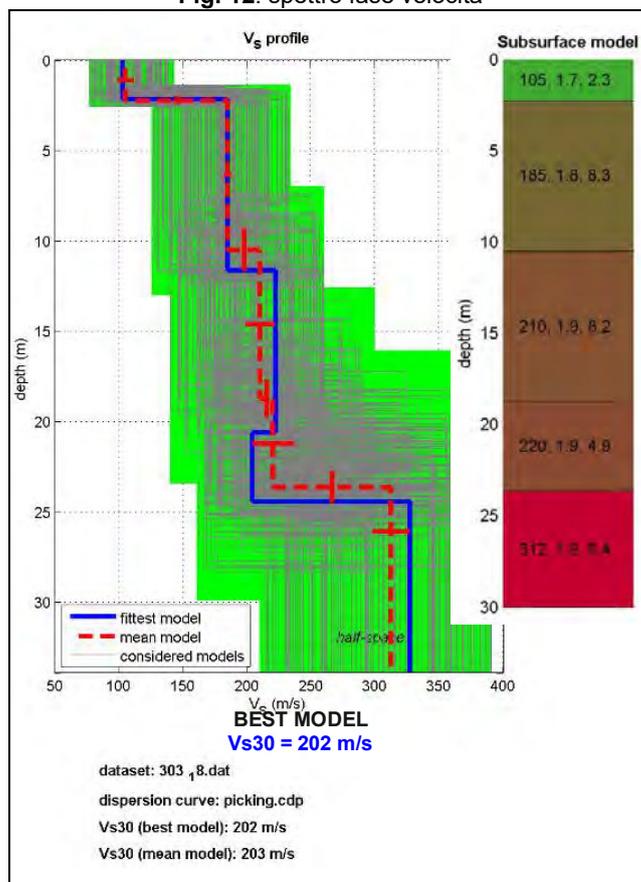


Fig. 13: log vs30 – profondità

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

#### 4.4 Indagine sismica Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) – Metodo di Nakamura

---

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di **indagine sismica passiva HVSr** (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura*) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di moti superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai moti superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSr) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua versatilità poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

La tecnica **HVSr** è totalmente **non invasiva, molto rapida**, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un "velocimetro triassiale" conforme alle norme SESAME.

I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSr sono:

- La **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto **dimensionamento degli edifici antisismici**. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "**doppia risonanza**", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- La **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se, in caso di sisma, la costruzione potrà essere o meno a rischio.

---

Dott. Geol. Marco Roli

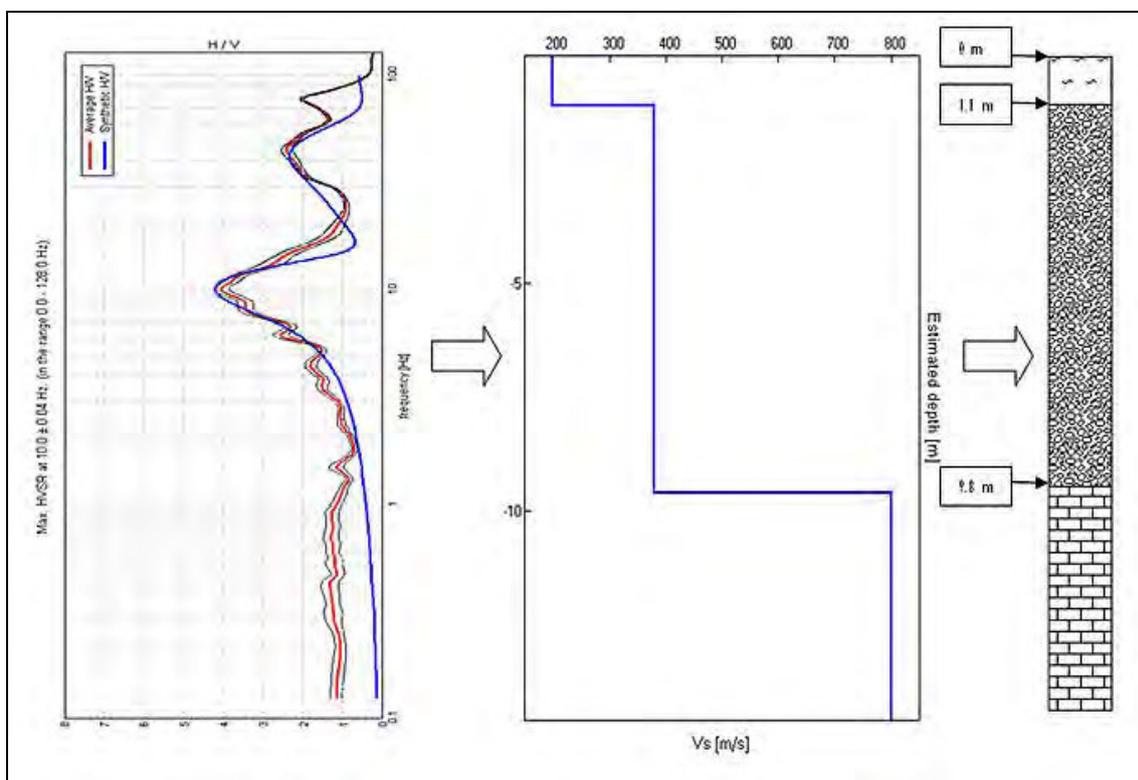
Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎ Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

- La **velocità media delle onde di taglio  $V_s$**  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'**affidabilità del risultato**, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella **curva H/V**. E' possibile calcolare la  **$V_{s30}$**  e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- La **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la tecnica **HVSR**, in termini di **stratigrafia del sottosuolo**, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un **contrasto d'impedenza**, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.



**Fig. 14** – HVSR metodo di Nakamura, contrasti di impedenza alle varie frequenze e cambi litologici

Considerando i dati ottenuti dall'acquisizioni eseguita è stata individuata, in relazione al sito oggetto di studi, una frequenza fondamentale caratteristica che si attesta alla soglia dei **1,7/1,8 Hz**. Tali picchi di frequenza sono visibili nei grafici successivamente riportati, relativi ai rapporti H/V individuati attraverso le indagini svolte. **La PRESENZA generale sul lotto**

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

**di un vecchio strato di riporto di ghiaia e laterizi costipati meccanicamente per almeno 1,0 m hanno probabilmente contribuito a ridefinire la misurazione**

**Picco H/V a  $1.78 \pm 0.06$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 100.0 Hz).**

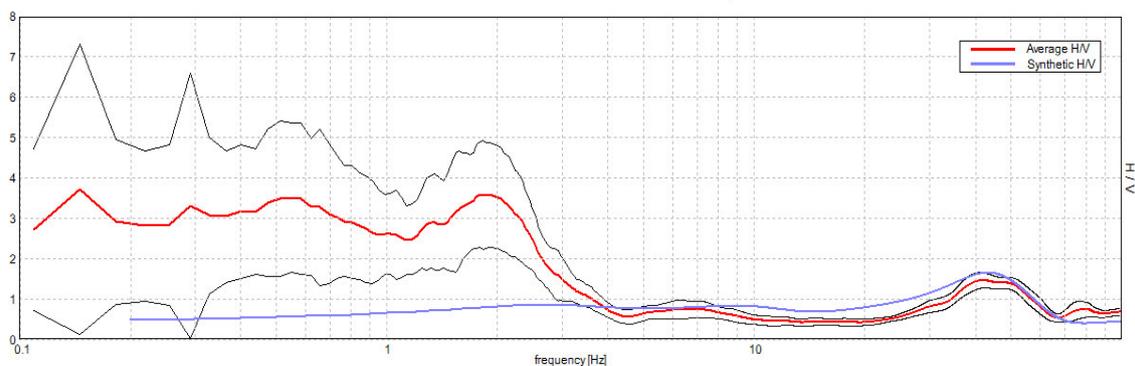


Fig. 15 – elaborazione HVSR 1 picchi di frequenza

## 5. MICROZONAZIONE SISMICA: Rischio Sismico D.A.L. RER 112-2007

L'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna con deliberazione n.112- oggetto n°2131 del 02/05/2007 e DGR 2193/2015 ha aggiornato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000: "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" e dei suoi allegati. In tale documento sono forniti i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia ed al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

### 5.1 I LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: Carta di microzonazione sismica

Per gli approfondimenti e l'implementazione dello studio di microzonazione sismica di **I livello** si è preso in considerazione lo studio propedeutico della Provincia di Modena espresso nella carta 2.2 del PTCP "Rischio Sismico:effetti locali", la Tav. 3S del Quadro Conoscitivo del PSC "Carta degli Effetti Attesi" - e la Tavola 4.1 MOPS del nuovo studio di Microzonazione sismica di **II livello** del Comune di Castelfranco Emilia (per Gentile Concessione dell'Amm.Comunale in attesa di collaudo e adozione alla data di Marzo2015).

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)



Fig. 17 – Carta delle microzone omogenee in prospettiva Sismica

Gli studi propedeutici suddetti indicano per il lotto in esame una ZONA 2: successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente fini (limi e argille), intercalati da corpi ghiaiosi plurimetrici, a partire da una profondità di circa 20 m da p.c., e talora da sottili lenti sabbiose e sabbioso-limose. In tale zone è indicato un approfondimento di II livello per la definizione del coefficiente di amplificazione litologico e dei coefficienti attesi, e, ove riscontrati terreni con spessori  $>5,0$  m a caratteristiche meccaniche scadenti ( $R_p < 8$  Kg/cm<sup>2</sup>) anche la valutazione dei cedimenti post-sismici con approfondimenti di III livello.

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

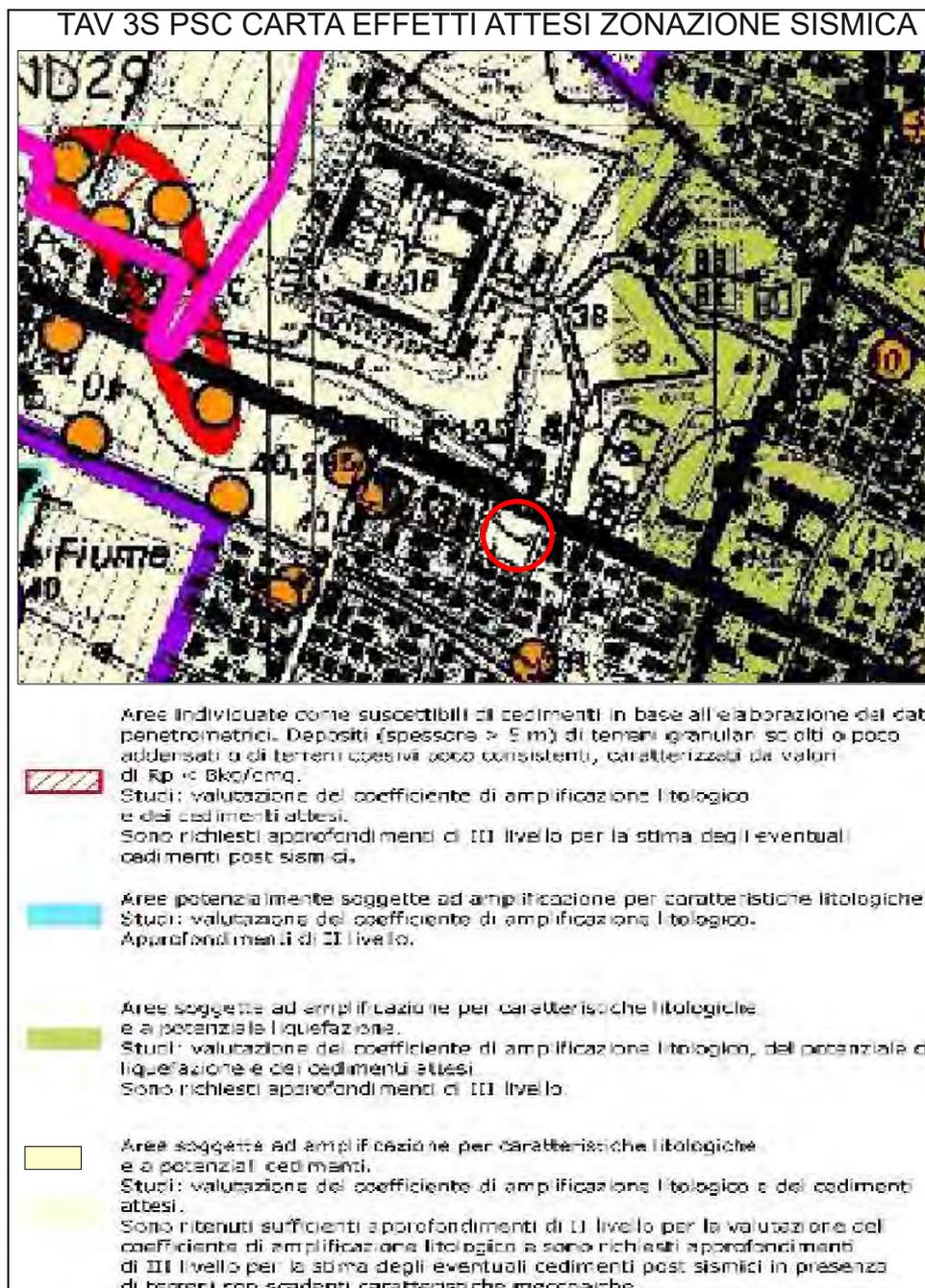


Fig. 18 – Straclio TAV.3S QC PSC Carta Degli Effetti Attesi

Una volta identificati gli scenari che individuano il livello di approfondimento del lotto in oggetto, si è valutato il coefficiente di amplificazione litologico effettuando studi di microzonazione sismica di dettaglio del lotto indagato.

## 5.2 II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: VALUTAZIONE MEDIANTE ABACHI

E' stata redatta la "**Carta di Microzonazione Sismica**" quale sintesi dei risultati delle indagini per la definizione del modello sismostratigrafico e dei profili di velocità di

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

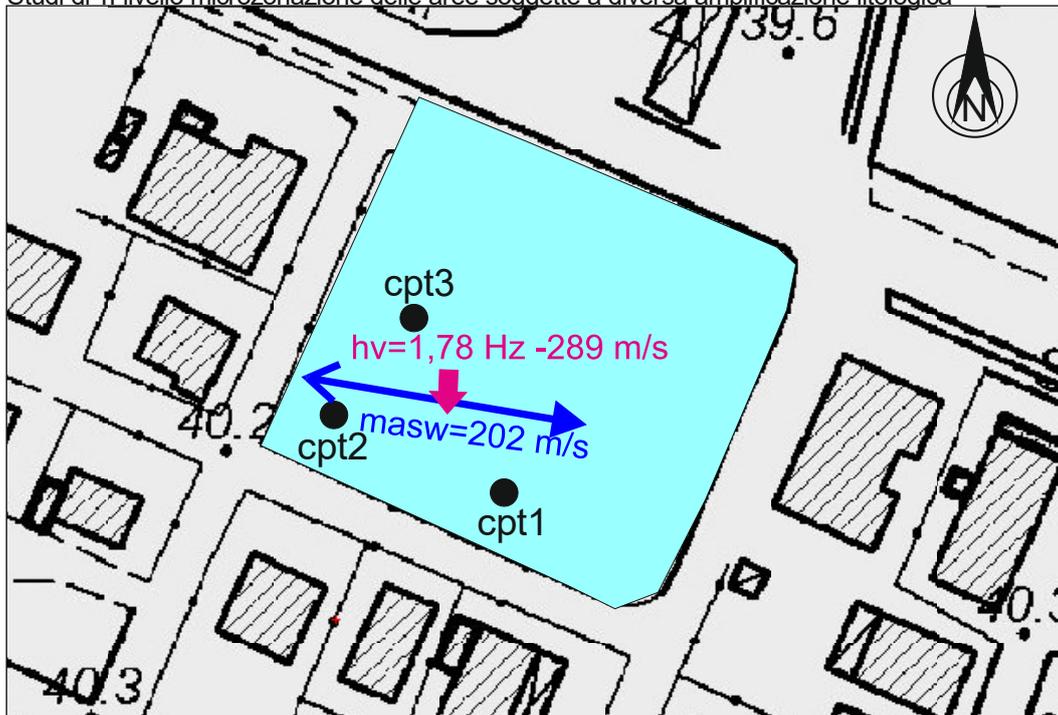
Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Relazione Geologica, Sismica e di parametrizzazione geotecnica a supporto della Variante al P.O.C. della destinazione d'uso per strutture commerciali-alimentari dell'ambito 13.3 del P.S.C., FINPART SRL – Agg.2016

propagazione del onde di Taglio Vs. Tale carta riporta, per l'area sismica zonizzata ed oggetto di studio, i coefficienti di amplificazione sismica rispetto al suolo di riferimento. Per l'area oggetto di studio, **a solo titolo di valutazione e confronto**, sono stati determinati dalle nostre analisi come illustrato nella tavola 6, i seguenti fattori di amplificazione sismica derivanti dalle tabelle comparative della D.A.L. 112 AGG. DGR 20193/2015 R.E.R.

Studi di II livello microzonazione delle aree soggette a diversa amplificazione litologica



Valutazione dei Fattori di Amplificazione Sismica: Analisi II Livello  
scenario In ambito di PIANURA 1 Vs30=250 ms - DGR2193/2015

F.A. PGA = 1.7

F.A. (intensità spettrale  $0.1s < T_0 < 0.5s$ ) = 1.9

F.A. (intensità spettrale  $0.5s < T_0 < 1.0s$ ) = 2.7

F.A. (intensità spettrale  $0.5s < T_0 < 1.5s$ ) = 2.8

**Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche a cedimenti studi\*:** valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e cedimenti post sismici  
**microzonazione sismica\*:** approfondimenti di III livello.

**Scenario Pianura 1: Settore di Pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un contrasto di impedenza significativo, tale da essere considerato coincidente con il tetto del substrato rigido a profondità  $\leq$  di 100m da p.c. profilo stratigrafico costituito da presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo ( $<100$  m da p.c.)**

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5
F.A. SI1	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5
F.A. SI2	3.0	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1
F.A. SI3	3.4	3.2	2.8	2.5	2.2	2.0

Tab. A Pianura I. Fattori di Amplificazione PGA, SI1, SI2 e SI3.

### 5.3 III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: studio di Risposta Sismica Locale

Alla luce di quanto esposto nel § 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 e nella D.a.I 112/2007 aggiornata dalla DGR 2193/2015 della Regione Emilia Romagna, è stata definita l'azione sismica di progetto secondo uno **studio di risposta sismica locale - III livello di approfondimento**. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi è stata condotta mediante analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente. E' stato utilizzato il software di calcolo STRATA (University of Texas - Austin). Ai fini della restituzione degli spettri di accelerazione è stata svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente. Il modello monodimensionale è applicabile al sito in esame, in cui le cause principali di amplificazione del moto sismico sono il fenomeno di intrappolamento di onde S all'interno dei depositi a stratificazione sub-orizzontale, e dal contrasto di impedenza e risonanza tra le frequenze naturali di vibrazione del deposito. L'analisi, di tipo lineare equivalente consiste nell'esecuzione di una sequenza di analisi lineari complete con aggiornamento successivo dei parametri di rigidezza e smorzamento fino al soddisfacimento di un prefissato criterio di convergenza. Il software STRATA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, considerando un profilo monodimensionale in cui si propagano linearmente le onde sismiche, in funzione dei parametri dinamici attribuiti al terreno. Il terreno viene schematizzato come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore  $H$ , del modulo di taglio massimo  $G_{max}$  o dalla corrispondente velocità massima  $V_{max}$ , dal valore dello smorzamento  $D$ , dal peso dell'unità di volume  $\gamma$  e dalle curve di decadimento del modulo di rigidezza a taglio normalizzato ( $G / G_0 - \gamma$ ) e le corrispondenti curve dello smorzamento ( $D - \gamma$ ) con la deformazione di taglio  $\gamma$ . Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Relazione Geologica, Sismica e di parametrizzazione geotecnica a supporto della Variante al P.O.C. della destinazione d'uso per strutture commerciali-alimentari dell'ambito 13.3 del P.S.C., FINPART SRL – Agg.2016

modello è descritto quindi dalla rigidezza (**G**) e dallo smorzamento (**D**). L'onda monodimensionale viene descritta dall'equazione in cui lo spostamento provocato ( $u$ ) è funzione della profondità ( $z$ ) e del tempo ( $t$ ):

$$u(z, t) = A \exp [i (\omega t + k^* z)] + B \exp [i (\omega t - k^* z)]$$

Nell'equazione appena presentata A e B rappresentano le corrispettive amplificazioni del tetto e della base dello strato considerato. Il fattore  $k^*$  risulta dipendente dal modulo di taglio ( $G$ ), dal grado di smorzamento ( $D$ ) e dalla densità del terreno ( $\rho$ ). Le relazioni sono le seguenti:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$

$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}} \quad G^* = G(1 - 2D^2 + i2D\sqrt{1 - D^2}) \approx G(1 + i2D)$$

Dove  $G^*$  e  $v_s^*$  rappresentano il modulo di taglio e la velocità di taglio.

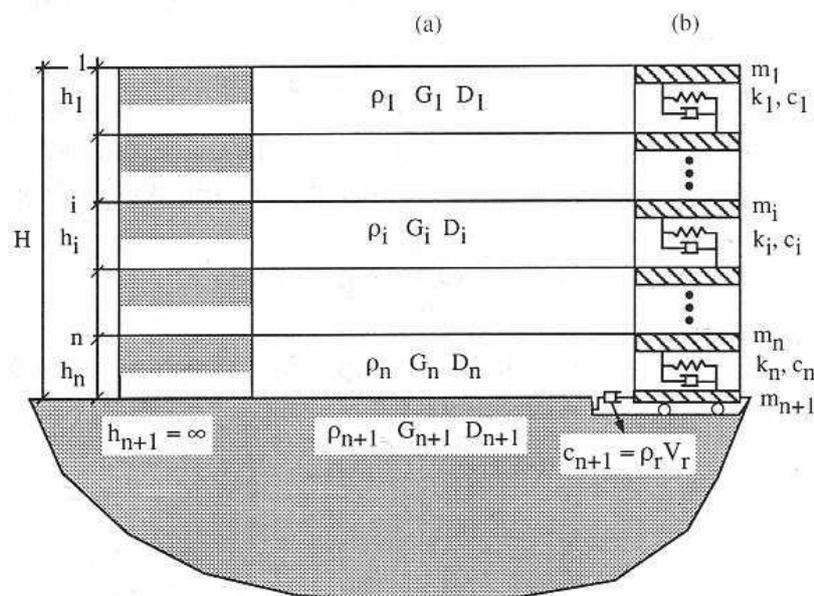


Fig. 19: Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA.

## MODELLO SIMULATO PER IL CALCOLO DELL'AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Il modello simulato deriva dai dati ottenuti dalle prove che compongono la campagna geognostica eseguita in sito. Tale profilo approssima il comportamento del sottosuolo, dal punto di vista sismico, in corrispondenza dell'area studiata. Il profilo considerato deriva dall'interpolazione dei dati provenienti dalle indagini geofisiche eseguite e da dati di bibliografia, disponibili per il sito di riferimento. Sulla base di quest'ultimi è stato possibile stimare la profondità del suolo rigido (bedrock sismico), alla profondità di circa -100 m /-

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 - 41058 Vignola (MO) - Tel. 3288689554 - Fax. 059/773706-

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Relazione Geologica, Sismica e di parametrizzazione geotecnica a supporto della Variante al P.O.C. della destinazione d'uso per strutture commerciali-alimentari dell'ambito 13.3 del P.S.C., FINPART SRL – Agg.2016

110 m da p.c. di profondità. Il risultato è un profilo che individua le caratteristiche meccaniche principali del sottosuolo, relativa all'area in oggetto. Il profilo considerato risulta essere il seguente:

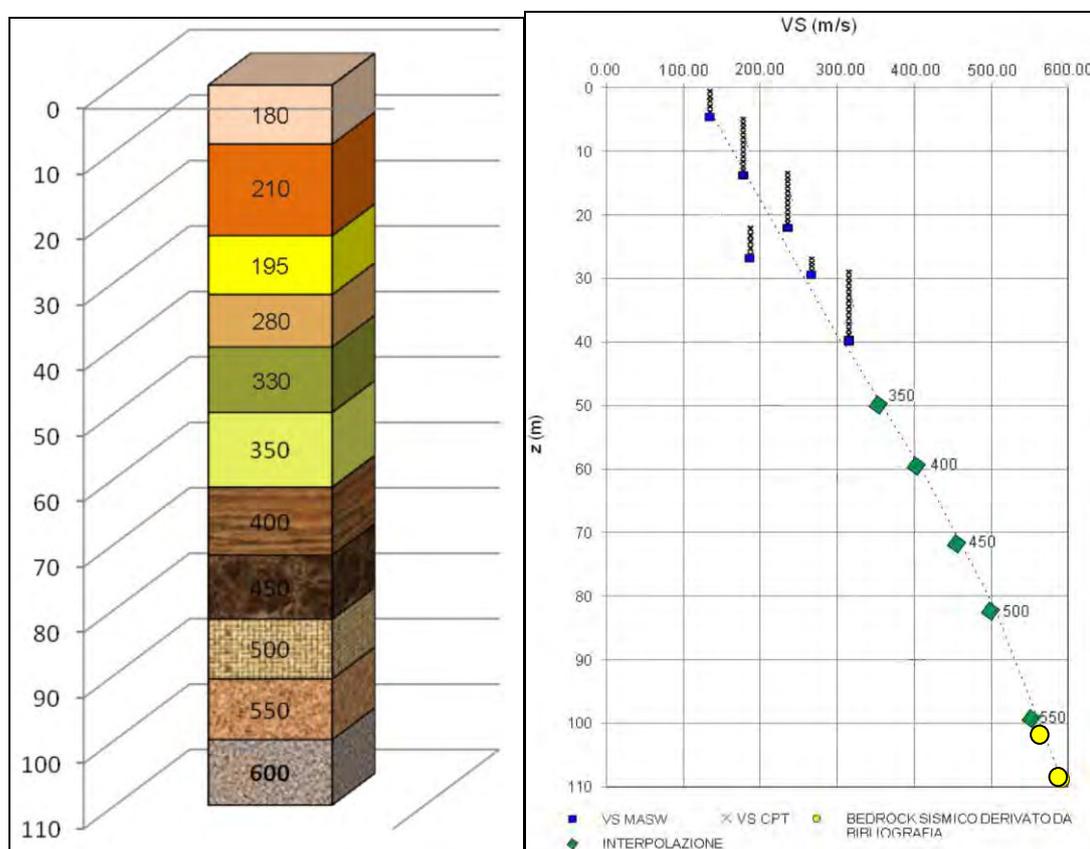


Fig. 20 – Modello sismico sintetico di riferimento per l'analisi RSL

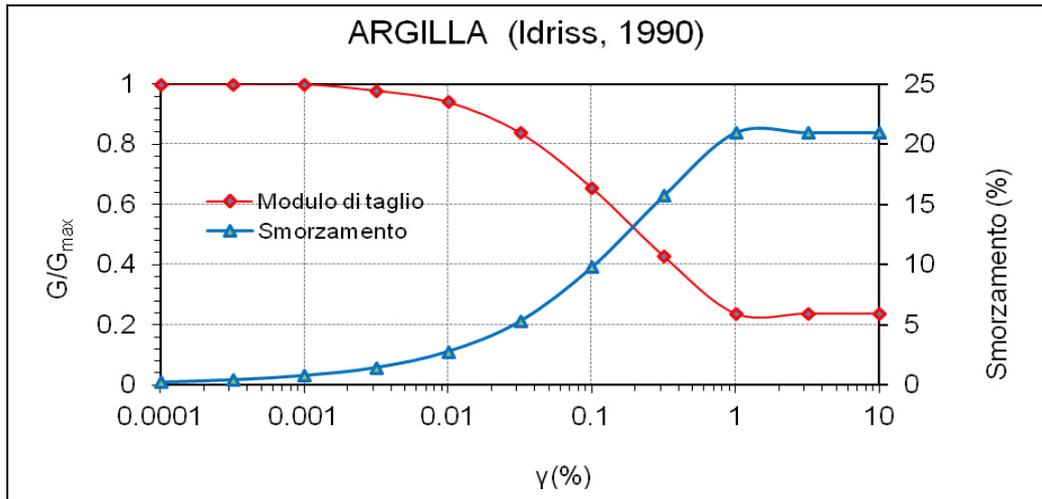
Per descrivere il comportamento dinamico dei terreni costituenti il modello sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidità e smorzamento, al variare della deformazione percentuale  $\gamma(\%)$ . Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:

Dott. Geol. Marco Roli

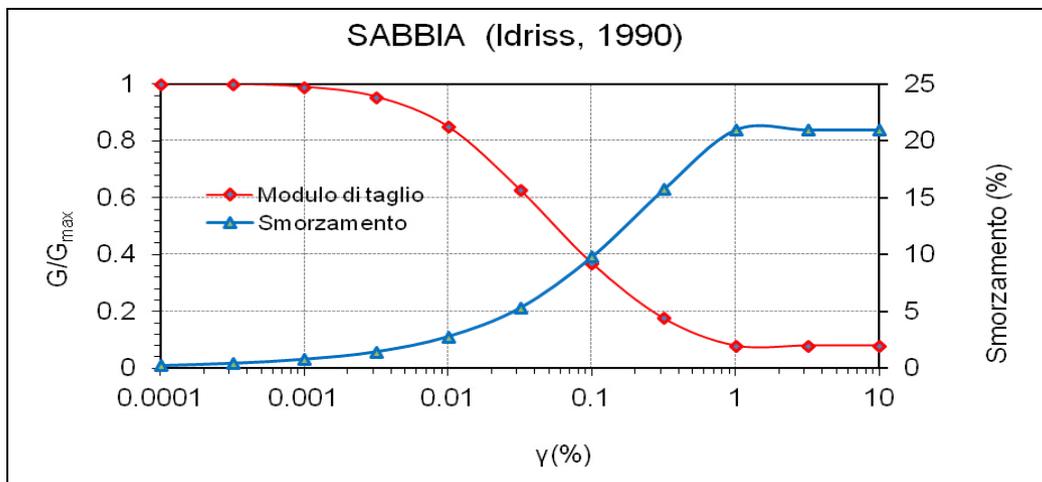
Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

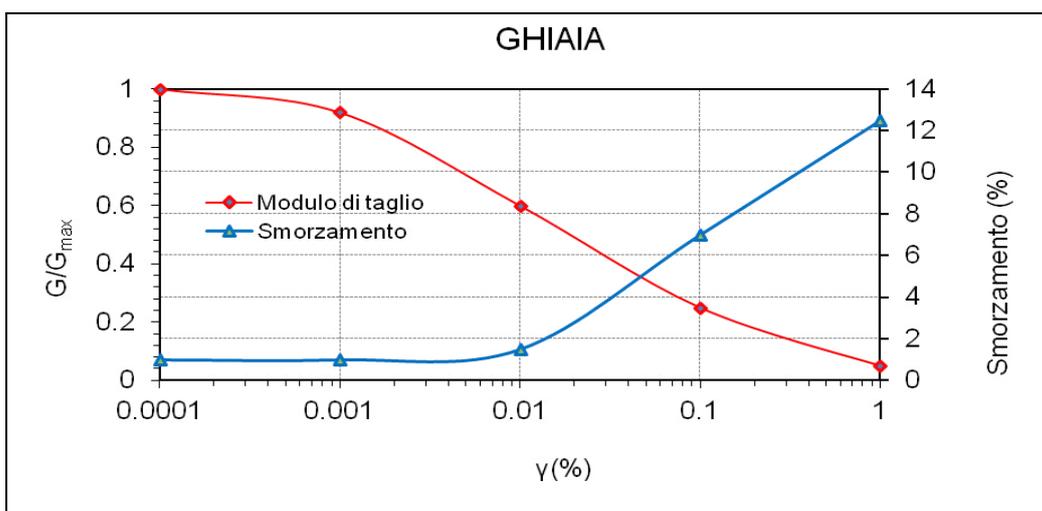
e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)



**Fig. 21** – Curva di decadimento dei moduli  $G/G_{max}$  e  $D$ , utilizzata per descrivere il comportamento dei materiali coesivi che compongono il sottosuolo in oggetto



**Fig. 22** – Curva di decadimento dei moduli  $G/G_{max}$  e  $D$ , utilizzata per descrivere il comportamento dei livelli sabbiosi che si rinvergono nel sottosuolo in oggetto



**Fig. 23** – Curva di decadimento dei moduli  $G/G_{max}$  e  $D$ , utilizzata per descrivere il comportamento dei livelli ghiaiosi che si rinvergono nel sottosuolo in oggetto

Dott. Geol. Marco Roli

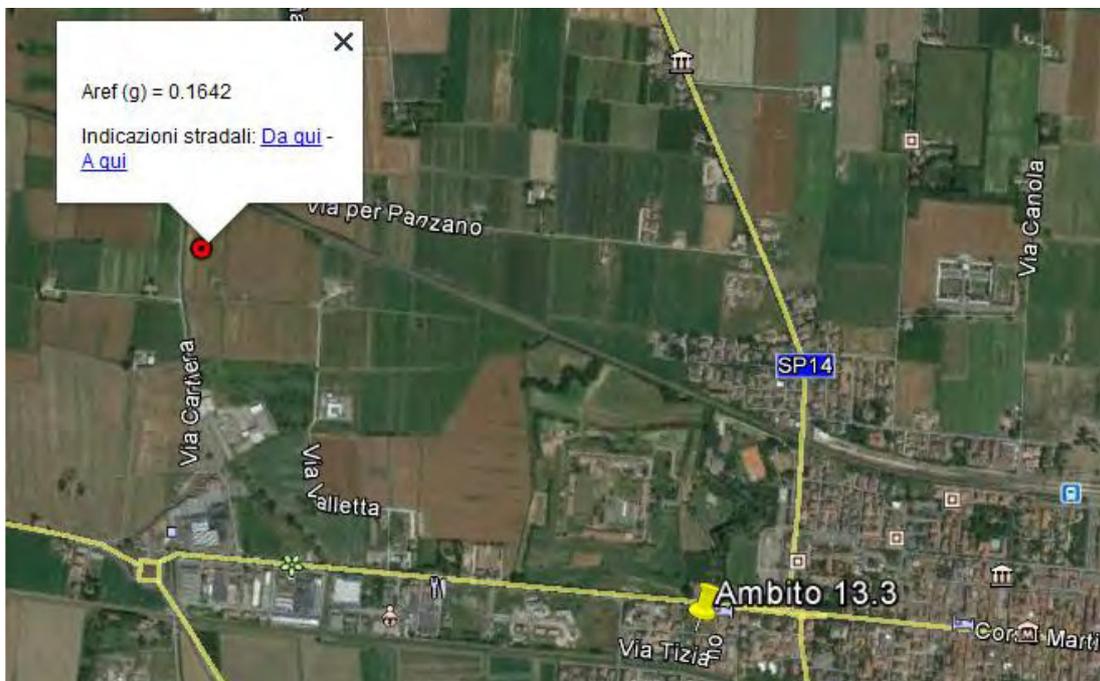
Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Relazione Geologica, Sismica e di parametrizzazione geotecnica a supporto della Variante al P.O.C. della destinazione d'uso per strutture commerciali-alimentari dell'ambito 13.3 del P.S.C., FINPART SRL – Agg.2016

L'analisi di RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico gli accelerogrammi scalati e normalizzati di riferimento forniti dalla Regione Emilia Romagna calcolati come descritto nell'All. 4 del DGR 2193/2015 e rappresentativi dello scuotimento atteso per un periodo  $T_r$  475 anni (10% di probabilità di superamento in 50 anni) su suolo di riferimento A.



STATO LIMITE	N°	CODICE
<b><i>TR 475</i></b>	1	IT0046xa
	2	IT0126xay
	3	IT0354xa

Tab. B Codici degli accelerogrammi

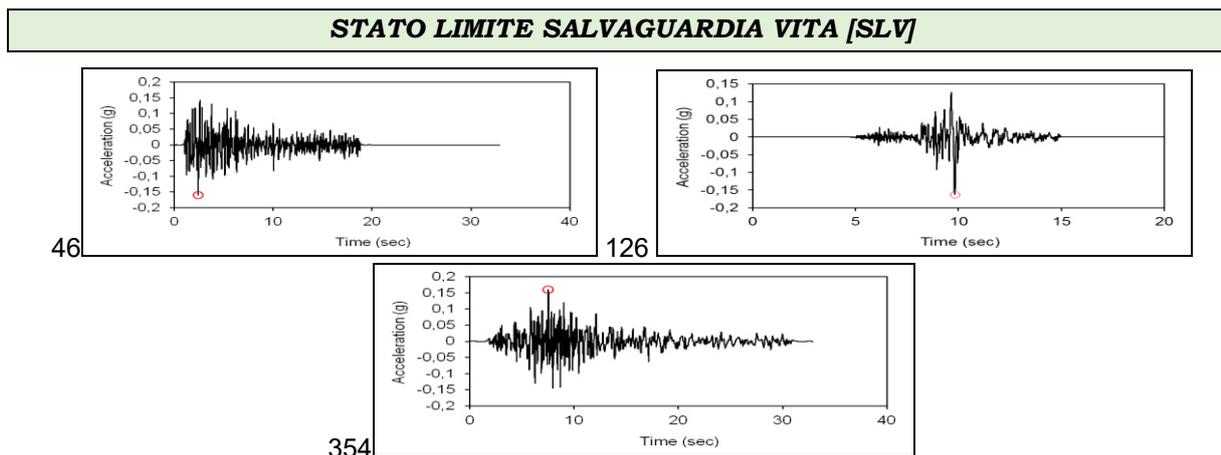


Fig. 24 – Accelerogrammi considerati per l'analisi RSL

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

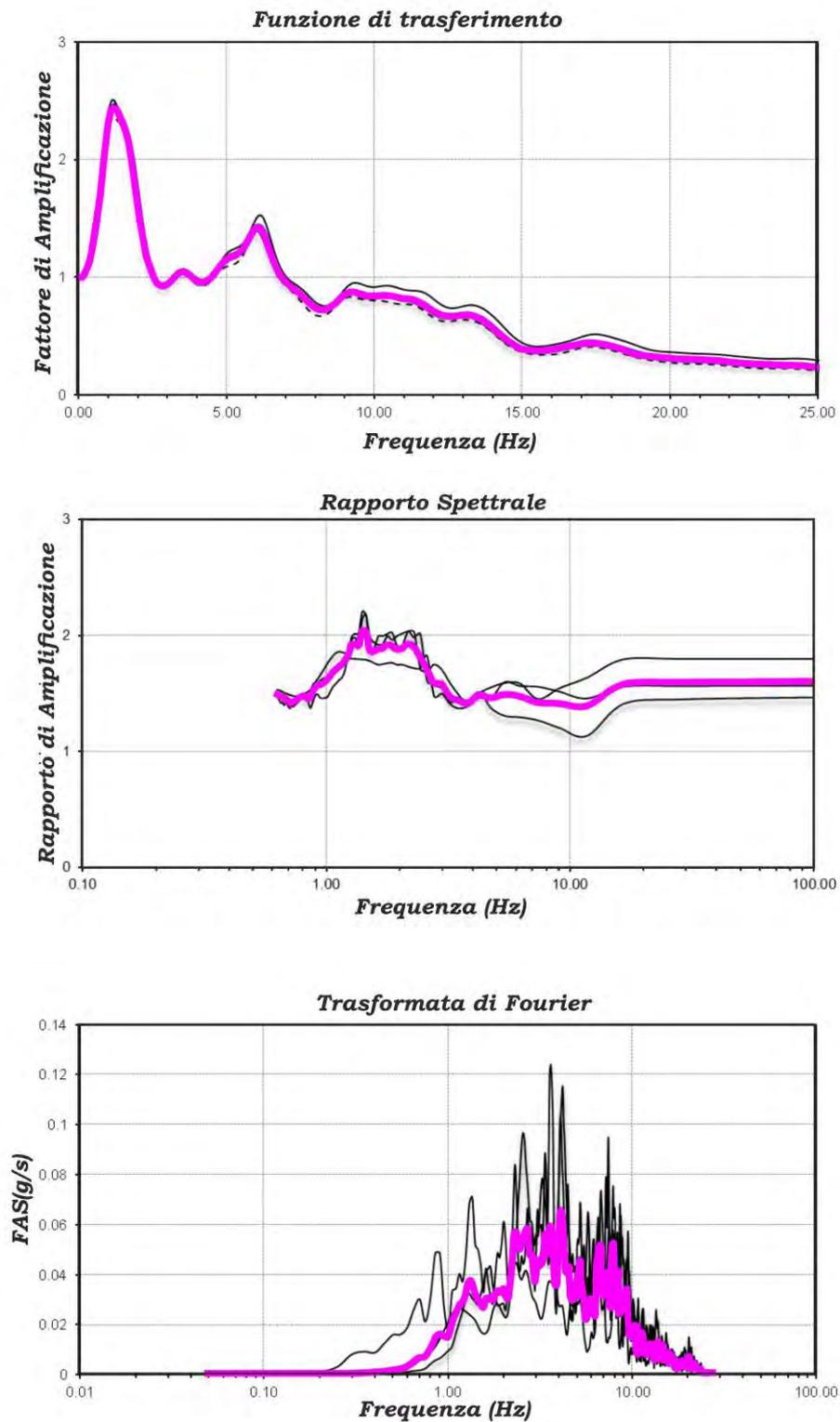


Fig. 25 – funzione FTT, funzione FT e rapporto spettrale di amplificazione

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

## RISULTATI OTTENUTI

Sulla scorta delle verifiche svolte mediante software STRATA, in riferimento al modello considerato, è stato possibile definire, nel dominio delle frequenze, la funzione TF (Funzione di trasferimento) e rapporto spettrale di amplificazione associato. Per via grafica si inserisce successivamente la funzione di trasferimento TF ottenuta a seguito dell'analisi RSL in oggetto. Attraverso tale funzione è possibile definire il campo di frequenze entro il quale il sottosuolo, in corrispondenza del sito in oggetto, amplifica il segnale sismico, oltre che a quantificare l'amplificazione stessa. Definiti i parametri che descrivono il comportamento del sottosuolo nel campo elastico lineare equivalente e descritti gli accelerogrammi su suolo rigido validi per il sito in oggetto, attraverso il software STRATA sono state definite le seguenti forme spettrali, in termini accelerazione e velocità alla superficie:

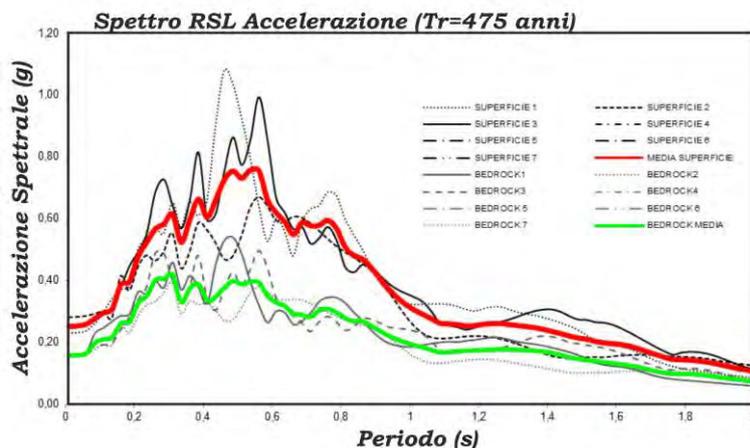


Fig. 27 – Accelerazioni spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV)

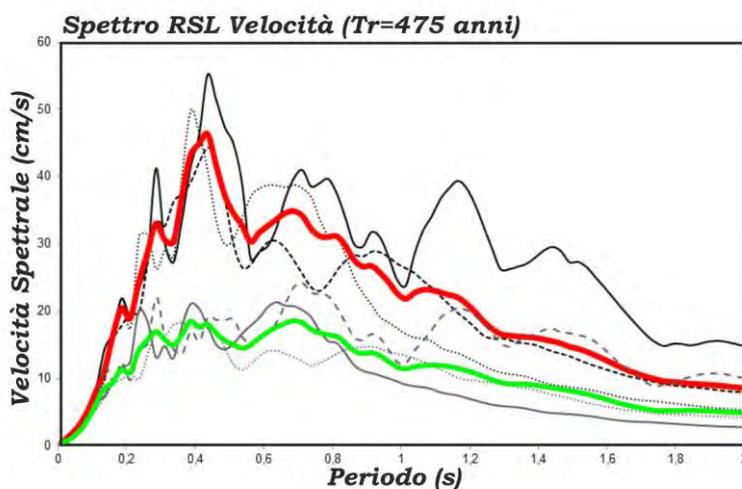


Fig. 28 – Velocità spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV)

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Le analisi di RSL si completano con i parametri sismici caratteristici del sito analizzato,

### F.A. P.G.A (PGA/PGA0)

	Tr	Arefg (g)	F.A.	Amax (g)
SLV	475.00	0.164	<b>1.67</b>	<b>0.273</b>

### DAL 112/2007 – DGR 2193/2015 Amplificazione Sismica da spettro RSL

FA	FA SI (0.00 < T(s) < 0.50)	FA SI (0.50 < T(s) < 1.00)	FA SI (0.50 < T(s) < 1.50)
<b>1.67</b>	<b>1.86</b>	<b>2.05</b>	<b>1.98</b>

Intensità Spettrale

Fattori Amplificazione

FA=S/ output/ S/ input

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T_0, \xi) dT_0$$

PSV pseudospettro in velocità  
T<sub>0</sub> periodo proprio  
ξ smorzamento 5%

## 6. CEDIMENTI POST –SISMICI –stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica

La stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica è affetta da notevoli incertezze. I valori che si ottengono applicando le procedure nel seguito descritte devono intendersi solo orientativi. Per cedimento si intende l'abbassamento del piano campagna, ovvero l'integrale della deformazione del terreno in direzione verticale, o anche la sommatoria dei prodotti della deformazione verticale media per lo spessore di ciascuno degli strati deformati. In condizioni edometriche, ovvero in presenza di strati di terreno orizzontali ed omogenei, e con tensione costante in direzione orizzontale, le deformazioni laterali sono nulle e pertanto la deformazione verticale coincide con la deformazione volumetrica. Il cedimento permanente indotto dall'azione sismica in corrispondenza delle verticali di esplorazione si ottiene dalla somma dei contributi al cedimento stimati per i diversi strati del sottosuolo, fino alla profondità alla quale tali contributi non sono più significativi. Il cedimento permanente post-sismico può dunque essere stimato con l'equazione:  $S = \sum \epsilon_{vi} \times \Delta z_i$ ;  $\epsilon_{vi}$  è la deformazione volumetrica (e verticale) dello strato i-esimo e  $\Delta z_i$  il suo spessore. Per il calcolo dei cedimenti indotti post-sismici si è utilizzato il software **LOADCAP VERS. 2016.25.2.808 della GEOSTRU** specificatamente implementato con le equazioni di calcolo suggerite dalla DAL 112/2007 DGR 2193/2015. Il software consente di calcolare i cedimenti post sismici per **terreni coesivi soffici** per i quali l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

può essere stimata con l'equazione (*Yasuhara e Andersen, 1991*) mentre per la stima del rapporto di sovrappressione interstiziale è stata utilizzata la relazione empirica (*Matsui et al., 1980*). Le potenzialità del software sono state implementate con altri due modelli di calcolo:

- Cedimenti indotti dall'azione sismica nei **terreni granulari saturi** (deformazione volumetrica,  $\varepsilon_{vi}$  stimata mediante *Idriss e Boulanger, 2008*). Per la trattazione completa visitare questo link;
- Cedimenti indotti dall'azione sismica nei **terreni granulari insaturi** (deformazione volumetrica  $\varepsilon_{vi}$  stimata mediante *Pradel, 1998*);

Per ognuna delle verticali indagate verranno valutati i cedimenti di riconsolidazione post ciclica. Il cedimento di riconsolidazione, **per i terreni granulari saturi liquefacibili e per i terreni coesivi**, può essere valutato dalla seguente espressione:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} \cdot H$$

dove H è l'altezza del generico strato ed  $\varepsilon_{vr}$  (%) rappresenta la deformazione volumetrica post-ciclica definita da:

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\alpha \cdot C_r}{1 + e_0} \log \left( \frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

in cui

$\alpha$  : costante sperimentale compresa tra 1 e 1.5;

$e_0$  : è l'indice dei vuoti iniziale;

$C_r = 0.225 C_c$  : è l'indice di riconsolidazione post-ciclica;

$C_c$ : è l'indice di compressione.

**Nota:** Esistono delle relazioni empiriche che consentono di valutare, in modo approssimato, l'indice di compressione. Nel caso di terreni granulari sono funzioni della densità relativa, nel caso di terreni coesivi dell' indice di plasticità.

Nel caso di terreni coesivi, *Loadcap* calcola il rapporto di pressione interstiziale come:

$$\frac{\Delta u}{\sigma'_0} = \beta \cdot \left[ \log \frac{\gamma_{max}}{\gamma_v} \right]$$

dove

$\sigma'_0$  è il valore iniziale della pressione media efficace alla profondità considerata;

---

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎ Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

$$\sigma'_0 = \sigma'_{v0} \cdot \frac{(1 + 2k_0)}{3}$$

$\sigma'_{v0}$  è la pressione verticale efficace e  $k_0$  il coefficiente di spinta a riposo

$\gamma_{max}$  è la deformazione di taglio massima raggiunta durante il sisma;

$b$  è posto circa uguale a 0.45 (coefficiente sperimentale);

$\gamma_v$  è la deformazione di soglia volumetrica, determinabile da prove cicliche di laboratorio.

Ma può anche essere valutata, in prima approssimazione, con la relazione che segue

$$\gamma_v = A \cdot (\text{OCR} - 1) + B$$

OCR è il grado di sovraconsolidazione, A e B sono coefficienti sperimentali che possono essere calcolati per interpolazione lineare dalla seguente Tabella.

$I_p$ [%]	A	B
20	$0.4 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$
40	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
55	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$

Valori suggeriti per i coefficienti A e B

Il rapporto di pressione interstiziale, nel caso di terreni incoerenti liquefacibili, viene determinato per interpolazione lineare dai valori riportati in Tabella in funzione dell'ampiezza della deformazione massima indotta dal terreno.

$\gamma_{max}$ [%]	$r_u = \Delta u / \sigma'_0$
0.005	0.2
0.1	0.4
0.2	0.6
0.4	0.8
5	0.95

Rapporto di pressione interstiziale  $r_u$  in funzione di  $\gamma_{max}$

L'ampiezza della deformazione di taglio massima  $\gamma_{max}$  si calcola dalla relazione seguente:

$$\gamma_{max} = 0.65 \cdot \frac{a_{max,s}}{g} \cdot \sigma_v \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

dove

$a_{max,s}$ : è il picco di accelerazione al piano campagna del sisma di progetto;

$g$ : è l'accelerazione di gravità;

$\sigma_v$ : è la tensione totale verticale;

$r_d$ : coefficiente riduttivo dell'azione sismica che mette in conto la deformabilità del sottosuolo determinato dalla relazione  $r_d = 1 - 0.015z$ ;

$G$ : modulo di taglio corrispondente al livello deformativo  $\gamma_{max}$ ;

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎ Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

il modulo di taglio può essere determinato da prove di laboratorio o mediante la Tabella seguente applicando un fattore riduttivo al modulo di taglio  $G_0$  (modulo di taglio a piccole deformazioni).

$a_{max,s}$ [g]	$G/G_0$
0.10	0.80
0.20	0.50
0.30	0.35
0.40	0.28

Fattore di riduzione del modulo di taglio nei primi 20 m in funzione dell' accelerazione  $a_{max,s}$

### Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni granulari saturi

La deformazione volumetrica (e verticale)  $\varepsilon_v$  nei terreni granulari saturi può essere stimata da prove CPT in funzione della resistenza penetrometrica di punta normalizzata e corretta,  $(qc1N)_{cs}$  e del coefficiente di sicurezza alla liquefazione FL, e da prove SPT in funzione della resistenza SPT normalizzata e corretta  $(N1)_{60,cs}$  e del rapporto di tensione ciclica CSR. Il cedimento post-sismico per ciascuno strato è dato da:  **$\Delta si = \varepsilon_{vi} \cdot \Delta z_i$** .

In alternativa, la deformazione volumetrica,  $\varepsilon_v$  (espressa in decimali), può essere stimata mediante le seguenti espressioni (Idriss e Boulanger, 2008):

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp \left( 2.551 - 1.147 \cdot (q_{c1Ncs})^{0.264} \right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max}) \quad \text{con } q_{c1Ncs} \geq 21$$

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp \left( -0.369 \cdot \sqrt{(N1)_{60,cs}} \right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max})$$

in cui  $\gamma_{max}$  (decimale) è la massima deformazione di taglio indotta dall'azione sismica, determinabile, in prima approssimazione, con la relazione empirica:

$$\gamma_{max} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

dove  $G$  è il modulo di taglio corrispondente al livello deformativo  $\gamma$ , che può essere determinato per via iterativa, noto il valore della rigidità iniziale  $G_0 (= \rho V_s^2)$  utilizzando la legge di variazione  $G(\gamma)/G_0$  ottenuta con prove dinamiche in laboratorio o, in modo approssimato, desunta da curve di letteratura per terreni con proprietà simili (si veda ad es. Figura 4 da AGI, 2005).

### CONDIZIONI DI CALCOLO

Per ogni verticale di indagine sono stati computati gli strati superficiali coesivi soffici caratterizzati da **CU < 70 Kpa, Vs < 180 m/s e Ip > 30%** e **granulari incoerenti poco addensati** nei primi 20,0 m. Per ogni singolo strato sono stati sommati i valori di cedimento post sismico. Calcoli effettuati considerando **arefg 0,164g S=1,67 Agmax 0,273g (R.S.L.)**

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

**CPT 1 modello geotecnico**

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Poisson	Modulo Deformazione Taglio G [kN/m²]	Descrizione
1,0	19,5	20,5	30,0	0,0	0,0	49000,0	0,0	0,3	60000	riporto
3,2	18,8	20,0	24,0	4,0	55,0	4200,0	4600,0	0,45	14000	limo argilloso
1,6	18,6	20,5	22,0	3,0	48,0	4000,0	4200,0	0,50	11500	limi e argille
2,6	20,5	21,5	29,0	34,32	0,0	14700,0	0,0	0,35	55000	ghiaia_g
1,6	20,5	21,5	25,0	8,0	85,0	6900,0	7800,0	0,4	19500	argille e limi
2,2	19,5	21,5	24,0	6,0	68,0	6100,0	6500,0	0,45	16500	argilla e lmi

**Calcolo cedimenti post sismici Cpt 1**

N160 [-]	Qc1N kN/m²	Metodo	Indice plasticità [%]	Indice vuoti [%]	Indice compressione	Modulo taglio statico [kN/m²]	OCR	Alfa	Fs liquefazione	Tensione efficace [kN/m²]	Deformazione verticale	Cedimento post-sismico [mm]	Incremento pressione neutra [kN/m²]
45,29	0	Idriss Boulanger	0	0	0	0	1	0	0	19,5	1,00E+0	0	0
0	1539,92	Yasuhara Andersen	45	45	0,05	12000	1	1	0	60,7246	4,47E-03	11,3025	44,61
0	963,47	Yasuhara Andersen	38	65	0,07	11500	4	1	0	77,8334	6,85E-03	8,4652	62,93
21,15	0	Idriss Boulanger	0	0	0	55000	2	0	0	108,2352	5,48E-04	1,124	64,78
0	0	Idriss Boulanger	0	0	0	0	0	1	0	126,944	1,00E+0	0	0
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	0	152,6686	1,00E+0	0	0
										<b>totali</b>		<b>20,89</b>	<b>mm</b>

**CPT 2 modello geotecnico**

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Poisson	Modulo Deformazione Taglio G [kN/m²]	Descrizione
1,0	19,5	20,5	30,0	0,0	0,0	49000,0	0,0	0,35	60000	riporto
1,8	18,8	20,0	24,0	4,0	55,0	4200,0	4600,0	0,4	14000	limo argilloso
1,2	18,6	20,5	22,0	3,0	48,0	4000,0	4200,0	0,5	11500	limi e argille
2,6	18,2	19,5	20,0	2,0	28,0	3100,0	3200,0	0,5	700	argille e limi
2,0	20,5	21,5	29,0	34,32	0,0	14700,0	0,0	0,3	55000	ghiaia_g
2,4	19,5	21,5	24,0	6,0	65,0	4900,0	5200,0	0,4	12500	argille limose
4,2	20,5	21,5	25,0	8,0	85,0	6900,0	7800,0	0,45	19500	argille e limi
2,2	19,5	21,5	24,0	6,0	68,0	6100,0	6500,0	0,45	16500	argilla e lmi
1,8	19,0	21,0	24,0	7,0	59,0	4600,0	4900,0	0,40	15500	argille
2,4	20,0	21,0	25,0	6,0	88,0	7100,0	8000,0	0,45	20000	argille elmi
1,0	21,0	22,0	36,0	0,0	0,0	49000,0	0,0	0,30	60000	ghiaie

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

**Calcolo cedimenti post sismici Cpt2**

N160 [-]	Qc1N kN/m <sup>2</sup>	Metodo	Indice plasticità [%]	Indice vuoti [%]	Indice compressione	Modulo taglio statico [kN/m <sup>2</sup> ]	OCR	Alfa	Tensione efficace [kN/m <sup>2</sup> ]	Deformazione verticale	Cedimento post-sismico [mm]	Incremento pressione neutra [kN/m <sup>2</sup> ]
45,29	0	Idriss Boulanger	0	0	0	0	1	0	19,5	-1,00E+00	0	0
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	1	0	46,4544	-1,00E+00	0	0
0	1298,75	Yasuhara Andersen	48	65	0,04	11500	4	1	59,286	3,84E-03	<b>3,504</b>	47,55
0	761,55	Yasuhara Andersen	45	55	0,1	9000	2	1,2	84,4878	1,28E-02	<b>23,1529</b>	68,83
20,22	14442,2	Idriss Boulanger	0	0	0,01	48000	0	1	107,8738	6,92E-04	<b>1,1833</b>	69,29
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	135,937	-1,00E+00	0	0
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	185,0476	-1,00E+00	0	0
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	210,7722	-1,00E+00	0	0
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	230,9196	-1,00E+00	0	0
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	257,7828	-1,00E+00	0	0
14	0	Idriss Boulanger	0	0	0	0	0	0	269,9758	-1,00E+00	0	0
<b>totali</b>											<b>27,84</b>	<b>mm</b>

**CPT 3 modello geotecnico**

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Angolo di attrito [°]	Coazione [kN/m <sup>2</sup> ]	Coazione non drenata [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Elastico [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Poisson	Modulo Deformazione Taglio G [kN/m <sup>2</sup> ]	Descrizione
1,0	19,5	20,5	30,0	0,0	0,0	49000,0	0,0	0,3	60000	riporto
0,6	18,5	20,0	21,0	4,0	42,0	4000,0	4200,0	0,45	11500	limi argillosi
1,6	19,0	21,0	24,0	8,0	65,0	4300,0	4800,0	0,5	14500	limo argilloso
1,4	10,0	19,5	20,0	2,0	28,0	2800,0	3000,0	0,45	700	limi e argille
1,4	18,5	20,5	21,0	4,0	40,0	3200,0	3600,0	0,4	900	argille e limi
2,6	20,5	21,5	29,0	34,32	0,0	14700,0	0,0	0,35	55000	ghiaia_g
1,6	19,5	21,5	24,0	6,0	65,0	4900,0	5200,0	0,4	12500	argille limose
1,4	20,5	21,5	25,0	8,0	85,0	6900,0	7800,0	0,4	19500	argille e limi
4,0	19,5	21,5	25,0	6,0	78,0	6400,0	6800,0	0,4	17000	argilla e limi
3,8	19,0	21,0	24,0	6,0	56,0	4600,0	4900,0	0,45	15500	argille
1,4	20,0	21,0	24,0	6,0	72,0	6200,0	6500,0	0,4	16500	argille elmi

**Calcolo cedimenti post sismici cpt 3**

N160 [-]	Qc1N kN/m <sup>2</sup>	Metodo	Indice plasticità [%]	Indice vuoti [%]	Indice compressione	Modulo taglio statico [kN/m <sup>2</sup> ]	OCR	Alfa	Fs liquefazione	Tensione efficace [kN/m <sup>2</sup> ]	Deformazione verticale	Cedimento post-sismico [mm]	Incremento pressione neutra [kN/m <sup>2</sup> ]
45,29	0	Idriss Boulanger	0	0	0	0	1	0	0	19,5	-1,00E+00	0	0
36,16	1988,53	Yasuhara Andersen	42	45	0,04	12500	3	1,1	0	30,6	1,95E-03	1,1692	14,74

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Relazione Geologica, Sismica e di parametrizzazione geotecnica a supporto della Variante al P.O.C. della destinazione d'uso per strutture commerciali-alimentari dell'ambito 13.3 del P.S.C., FINPART SRL – Agg.2016

0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	1	0	0	51,6316	-1,00E+0	0	0
0	619,21	Yasuhara Andersen	45	65	0,07	7500	4	1,2	0	65,2018	8,22E-03	7,5098	52,71
0	1005,15	Yasuhara Andersen	38	55	0,04	10800	2	1,2	0	80,172	4,99E-03	5,9851	64,76
21,87	17117,74	Idriss Boulanger	0	0	0,01	58000	0	1	0	110,5738	4,44E-04	1,1556	58,92
0	1055,39	Yasuhara Andersen	38	45	0,04	13000	0	1,1	0	129,2826	5,04E-03	6,0539	105,63
0	662,87	Yasuhara Andersen	42	55	0,06	10200	2	1	0	145,6528	6,71E-03	6,391	120,93
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	0	192,4248	-1,00E+0	0	0
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	0	234,9582	-1,00E+0	0	0
0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	0	250,6284	-1,00E+0	0	0
										totali		<b>28,17</b>	mm

## 7. VERIFICA ALLA SUSCETTIVITA' DEL SITO AI FENOMENI DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI GRANULARI INCOERENTI

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio, con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. I fenomeni di liquefazione interessano i **depositi sabbiosi saturi** e dipendono da:

- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- genesi e storia geologica dei terreni;
- fattori ambientali.

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche, è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana). Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Si osserva inoltre che, maggiore è la **durata di un terremoto** (maggior numero di cicli), più alta è la possibilità che si arrivi alla liquefazione e

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎ Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

che maggiore è l'**ampiezza della vibrazione** e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

Il terreno può essere però soggetto a sforzi di taglio statici dovuti alla presenza di strutture in superficie o alla sua particolare posizione (per es. al di sotto di un versante). In questo caso l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione dipende, oltre che dalle caratteristiche del sisma, anche dal rapporto che si stabilisce tra le tensioni di taglio indotte da quest'ultimo e quelle statiche preesistenti al terremoto.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il **grado di addensamento** del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Anche la **distribuzione**, la **forma delle particelle** e il **grado di uniformità** influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso.

Per quanto riguarda la **storia delle sollecitazioni sismiche**, si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di ri-liquefazione.

I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo.

Inoltre, la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile e omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

Dopo aver caratterizzato il terreno attraverso l'interpretazione dei dati ottenuti da prove penetrometriche statiche CPT, è stata eseguita una stima del rischio di liquefazione di terreni sotto falda, in condizioni sismiche, mediante il metodo semplificato di "**Robertson e Wride**". I metodi semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la **resistenza al taglio mobilabile nello strato** (  $R$  ) e lo **sforzo tangenziale indotto dal sisma** (  $T$  ). In

---

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

pratica si avrà:  $F_s = \frac{R}{T}$ . Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione

se il coefficiente di sicurezza  $F_s$  sarà minore di 1.

La grandezza **T** dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica massima al suolo e magnitudo di progetto). **R** è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche statiche.

La grandezza **T** viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d \frac{1}{MSF}$$

dove:

$a_{\max}$	= accelerazione sismica massima;
$g$	= accelerazione di gravità = 980.7 cm/s <sup>2</sup> ;
$\sigma_{v0}$	= pressione verticale totale alla profondità $z$ dal p.c.;
$\sigma_{v0}'$	= pressione verticale efficace alla profondità $z$ dal p.c.;
$r_d$	= coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema: $r_d = 1 - 0.00765z$ per $z \leq 9.15$ m $r_d = 1.174 - 0.0267z$ per $9.15 < z \leq 23$ m $r_d = 0.774 - 0.008z$ per $23 < z \leq 30$ m $r_d = 0.5$ per $z > 30$ m
MSF	= coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma.

Il metodo di **Robertson e Wride** permette di correlare la resistenza al taglio **R** mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche (CPT). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[ \frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \quad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50;$$

$$R = 93 \left[ \frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160.$$

La grandezza  $(q_{c1n})_{cs}$  rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente.

Viene considerato **non** liquefacibile un deposito in cui sia  $F_s > 1$ .

### Calcolo dell'indice di liquefacibilità

Una stima del rischio di liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione **IL**. Tale indice viene definito dalla seguente relazione:

---

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎ Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

$$IL = \sum_{i=1}^n FW(z)\Delta z$$

dove:

n = numero degli intervalli di calcolo di Fs lungo la verticale;

F = 1-Fs per  $Fs \leq 1$  e F = 0 per  $Fs > 1$ ;

$\Delta z$  = spessore dell'intervallo di calcolo;

W(z) =  $10 - 0,5z$ , con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

In base al valore di IL ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione. In considerazione delle linee guida emesse dalla Regione Emilia Romagna, a seguito degli eventi sismici di Maggio e Giugno 2012, si considera la classificazione di rischio definita da **Sonmez 2003**:

INDICE DI LIQUEFAZIONE	Rischio di liquefazione
LPI=0	Nulla
$0 < LPI \leq 2$	Basso
$2 < LPI \leq 5$	Moderato
$5 < LPI \leq 10$	Alto
$15 > LPI$	Molto alto

Nel nostro caso la verifica a liquefazione è stata eseguita, in via cautelativa, considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.14** (Zona sismogenetica ZS9 n°913), **A<sub>max</sub> = 0.273<sub>g</sub>** (calcolata sulla base delle analisi di R.S.L. III livello), correzione per la Magnitudo 1,67. falda freatica alla quota **D<sub>w</sub> = - 2.20 m da p.c.**.

Sono stati ottenuti i seguenti valori di indice di liquefazione IL:

CPT	LPI	Rischio di liquefazione
1	<b>1.5</b>	Rischio basso
2	<b>1.87</b>	Rischio basso
3	<b>1.56</b>	Rischio basso

Si riporta in Allegato 3 i grafici ed il report di calcolo.

---

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

## 8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

### PREMESSA

Il presente elaborato è finalizzato a supportare la variante del POC per quanto riguarda il cambiamento di destinazione urbanistica del sub-ambito 13.3 di via Emilia angolo via Leonardo Da Vinci. Le indagini e le analisi effettuate sono finalizzate ad evidenziare la pericolosità sismica e le criticità geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche della possibile destinazione ad attività commerciali-alimentari dell'area. Il presente elaborato non è inteso come relazione geologica-geotecnica e sismica ai fini del progetto esecutivo a norma D.M.14-01.2008 che dovrà essere redatto in funzione del progetto esecutivo da edificare nell'area con l'implementazione di indagini specifiche ed analisi di interazione terreno struttura.

### MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO

Le indagini geognostiche effettuate hanno permesso di ricostruire il seguente schema geologico di massima del sito:

0	riporto addensato	Qc MPA	Spessore strato	Peso unità di volume	Peso unità di volume saturo	Angolo di attrito	Coesione	Coesione non drenata	Modulo Elastico	Modulo Edometrico	Poisson	Modulo Deformazione Taglio G	Descrizione
1	limo-argilloso consolidato	Qc=1,5 - 2,5	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]		[kN/m <sup>2</sup> ]	
3	argille e limi poco consolidati	Qc=0,5 - 1,0	1	19,5	20,5	30	0	0	49000	0	0,35	60000	riporto
6	ghiaie in matrice limoso sabbiosa	Qc=>20	2	18,5	20	22,5	3,5	48	4100	4400	0,45	12500	limo argilloso
8	limi argillosi - limi sabbiosi consolidati mediamente	Qc=1,2 - 2,2	3	18,2	19,5	20	2	28	3100	3200	0,5	700	argille e limi
11	limi argillosi - argille limose sovraconsolidate	Qc=1,7 - 2,7	2	20,5	21,5	29	3,4	0	14700	0	0,3	55000	ghiaia_g
			3	19,5	21,5	23	5	58	4900	5200	0,4	14000	argille limose
15	argille e limi mediamente consolidati	Qc=1,3 - 2,3	4	20,5	21,5	25	7	80	6900	7800	0,45	19500	argille e limi
			4	19	21	24	6	65	5500	5700	0,45	15500	argilla e limi
19	limi argillosi - argille limose sovraconsolidate	Qc=1,8 - 3,3	2	20	21	25	8	70	5700	6000	0,45	17000	argille e limi
21	ghiaie in matrice limoso sabbiosa	Qc=>20	1	21	22	36	0	0	49000	0	0,3	60000	ghiaie
22													

Fig. 30 – modello geologico-geotecnico medio dell'area

### CONDIZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, SISMICA DI BASE

Il terreno del lotto è costituito da circa 1,0 m di riporto eterogeneo superficiale e 22,0 m di sedimenti fini prevalentemente coesivi da mediamente consolidati a consolidati.

Si alterna uno strato incoerente ghiaioso in matrice sabbioso limosa dalla quota di -6,60 m alla quota di -8,80 m. Alla profondità di -22,0 m si è riscontrato il primo strato di ghiaia addensato.

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

Dal punto di vista idrogeologico, si è rilevato un livello di falda freatica superficiale alla quota di -2,20 m da p.c. attuale. Tale livello è strettamente connesso agli apporti meteorici, per cui il livello è soggetto ad escursioni con il variare delle stagioni climatiche.

Un falda debolmente in pressione è ospitata all'interno dello strato incoerente prevalentemente sabbioso ghiaioso da -6,5 m a -8,80 m. Mentre alla quota di -22,0 m ha sede il primo acquifero confinato e debolmente in pressione. Le indagini Geofisiche condotte attraverso prospezioni sismiche di superficie hanno evidenziato una  $VS_{30}=202$  ms (indagine MASW) e  $Vs_{30}=289$  m/s (indagine HVSR), ed un debole picco stratigrafico a H/V a 1,78 HZ. Le indagini geofisiche di superficie possono essere affette da disturbi localizzati poiché evidenziano ampia oscillazione del valore di  $VS_{30}$  a causa della presenza di uno spessore di 1,2 m di ghiaia e laterizi addensati e presenti su tutto il lotto.

### **INTERAZIONE TRA LE OPERE OGGETTO DI VARIANTE URBANISTICA E LA NORMATIVA SOVRAORDINATA**

Il presente studio ha valutato le norme sovraordinate del P.T.C.P Provinciale, del P.S.C. e P.O.C. Comunali, nell'ottica di individuare eventuali criticità di interazione tra lo sviluppo futuro dell'area e le condizioni fisiche geologico-idrogeologiche e sismiche del lotto.

Gli elaborati del PTCP e P.S.C., per quanto concerne l'interazione con la sfera idrogeologica e delle acque, evidenziano per l'area oggetto di studi, una zona caratterizzata da ricchezza di falde idriche ed un grado di vulnerabilità all'inquinamento media, per la presenza di terreni granulari a media permeabilità nel primo sottosuolo. I progetti e le dotazioni dell'ambito dovranno prevedere una idonea protezione dei vani tecnologici interrati e dei sistemi di scarico per evitare sversamenti accidentali.

Dal punto di vista ambientale e storico testimoniale sia il P.T.C.P. che il P.S.C. individuano vincoli e fasce di rispetto in relazione alla viabilità storica (via Emilia) ed al prospiciente sistema di fortificazione muraria del "Forte Urbano". Nel dettaglio, il sub-ambito 13.3, nella fascia a nord del lotto prospiciente alla via Emilia, presenta la possibilità di porzioni di insediamenti storici fortificati nel sottosuolo. Alla luce dei vincoli sopraesposti, si ritiene che la progettazione del planivolumetrico e del P.U.A. dovrebbero dislocare le opere, che prevedono strutture fondazionali di scavo, nella parte sud est e sud-ovest del lotto, oltre ad una implementazione di indagine nell'area di sedime ed imposta delle fondazioni.

### **MICROZONAZIONE SISMICA**

Per quanto riguarda la sicurezza sismica, sia gli elaborati del Quadro Conoscitivo del P.T.C.P che del P.S.C. e gli ultimi studi di Microzonazione Sismica Comunale di I e II livello indicano, per l'ambito oggetto di studio, un'area potenzialmente soggetta ad amplificazione

---

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

del moto sismico per caratteristiche litologiche ed a consolidazione e cedimento post-sismico per la presenza di sedimenti soffici. Pertanto si è ritenuto necessario implementare gli studi con approfondimenti di III livello (D.A.L. Regione Emilia Romagna 112/2007 – DGR 2193/2015) condotti in sede del presente elaborato.

### PERICOLOSITA' SISMICA

Le analisi e gli studi di approfondimento di III livello, una volta conosciuti gli scenari di pericolosità sismica ed effettuato una microzonazione dell'area (Tav.6), hanno permesso di calcolare attraverso il software monodimensionale (STRATA) il rischio di eventuali effetti locali di amplificazione del moto sismico dovuti a configurazioni stratigrafiche.

<b>Fattore di Amplificazione Litologico</b>	
<b>F.A. P.G.A (PGA/PGA0) e Intensità di Housner (Si/Si0)</b>	
•	<b>F.A. P.G.A. = 1,67</b>
•	<b>F.A. SI (0,1s&lt;T0&lt;0,5s) = 1,86</b>
•	<b>F.A. SI (0,5s&lt;T0&lt;1,0s) = 2,05</b>
•	<b>F.A. SI (0,5s&lt;T0&lt;1,5s) = 1,98</b>

Inoltre si sono condotte valutazioni sul potenziale cedimento teorico post-sismico attraverso il Software Loadcap Geostru V.2016

<b>Cedimento POST- SISMICO per F.A. 1,67 – Ag0=0,164g - Agmax= 0,273g</b>	
•	<b>Verticale Cpt 1 = 20,89 mm</b>
•	<b>Verticale Cpt 2 = 27,84 mm</b>
•	<b>Verticale Cpt 3 = 28,17 mm</b>

Le indagini preliminari hanno evidenziato la prevalenza di sedimenti coesivi argilloso limosi e limoso argillosi e subordinatamente livelli decimetrici di sabbie limose, con intercalazioni di strati metrici di ghiaie in matrice limoso sabbiosa. Pur escludendo dalle analisi di I e II livello il rischio di liquefazione dei sedimenti incoerenti si è proceduto ugualmente alle verifiche analitiche con il metodo di Robetrson e Wride, evidenziando un basso rischio di liquefazione circoscritto a rari livelli decimetrici di sabbie limose.

<b>Verifica suscettibilità dei livelli incoerenti saturi al fenomeno di liquefazione per F.A. 1,67 – Ag0=0,164g - Agmax= 0,273g – M=6,14 – Falda -2,20 m</b>	
•	<b>Verticale Cpt 1 = LPI=1,50 basso rischio</b>
•	<b>Verticale Cpt 2 = LPI=1,87 basso rischio</b>
•	<b>Verticale Cpt 3 = LPI=1,56 basso rischio</b>

### PRESCRIZIONI GENERALI

#### Tipologia delle Opere Fondali dei fabbricati

La scelta della tipologia delle opere fondali sono da determinare in modo approfondito in funzione dei singoli progetti esecutivi (D.M. 14/01/2008), ovvero degli effettivi carichi di

---

Dott. Geol. Marco Roli

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---

progetto e dei cedimenti allo stato di esercizio e del modello geologico – geotecnico di interazione terreno/fondazione.

In via generale si possono fornire le seguenti indicazioni:

- A) fabbricato punto vendita / magazzino con carichi standard: possono essere impiegate fondazioni dirette tipo plinto a base quadrata o a trave a “T” rovescia alla quota di -1,80 m da quota attuale del lotto.
- B) Eventuale corpo interrato uso parcheggi: fondazione diretta tipo platea per una migliore protezione ed impermeabilizzazione del vano interrato, in quanto si avrà una interazione con la falda freatica rilevata in sede di sondaggi preliminari. Presidi idrogeologici standard e di eventuale regimazione della falda nel perimetro di scavo.

Le eventuali pareti di scavo superiori a 2,0 m di altezza dovranno essere opportunamente verificate, in sede di progetto planivolumetrico e/o definitivo, dal punto di vista della stabilità al fine di definire il corretto angolo della scarpata o l'impiego di opere di contenimento provvisorie/definitive.

#### **TERRE E ROCCE DA SCAVO**

La gestione formale ed autorizzativa del progetto di eventuale riutilizzo delle Terre da Scavo (T.R.S.) è demandata al Progettista/D.L. o tecnico abilitato in fase di progetto esecutivo. Il terreno di scavo, se non impiegato in loco, dovrà essere conferito in discarica o trattato ai sensi del D.Lgs. 152/2006, sulla base del D.I. 21 Giugno 2013 n°69 Art. 41- 41bis convertito con L.98-2013. Il terreno dovrà essere sottoposto ad apposita analisi chimico fisica per l'accertamento delle caratteristiche di idoneità finalizzate al corretto riutilizzo e/o smaltimento. Quanto sopra non è oggetto del presente incarico poiché il presente studio e la tipologia di indagini effettuate sono finalizzate esclusivamente alla caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica per la compatibilità urbanistica

**La presente perizia tecnica è preliminare e di pianificazione urbanistica, opportune verifiche geologiche-geotecniche dovranno essere implementate e redatte in apposita relazione geologico –geotecnica esecutiva in sede di progetto definitivo**

**Vignola, 16 Maggio 2016**

**Dott. Geol. Marco Roli**

---

**Dott. Geol. Marco Roli**

**Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche, geotecniche e sismiche**

☒ Via Gozzano 74 – 41058 Vignola (MO) – ☎Tel. 3288689554 – Fax. 059/773706–

✉ e-mail: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it), [marcoroli@pec.it](mailto:marcoroli@pec.it)

---



**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

## TAVOLE CARTOGRAFICHE

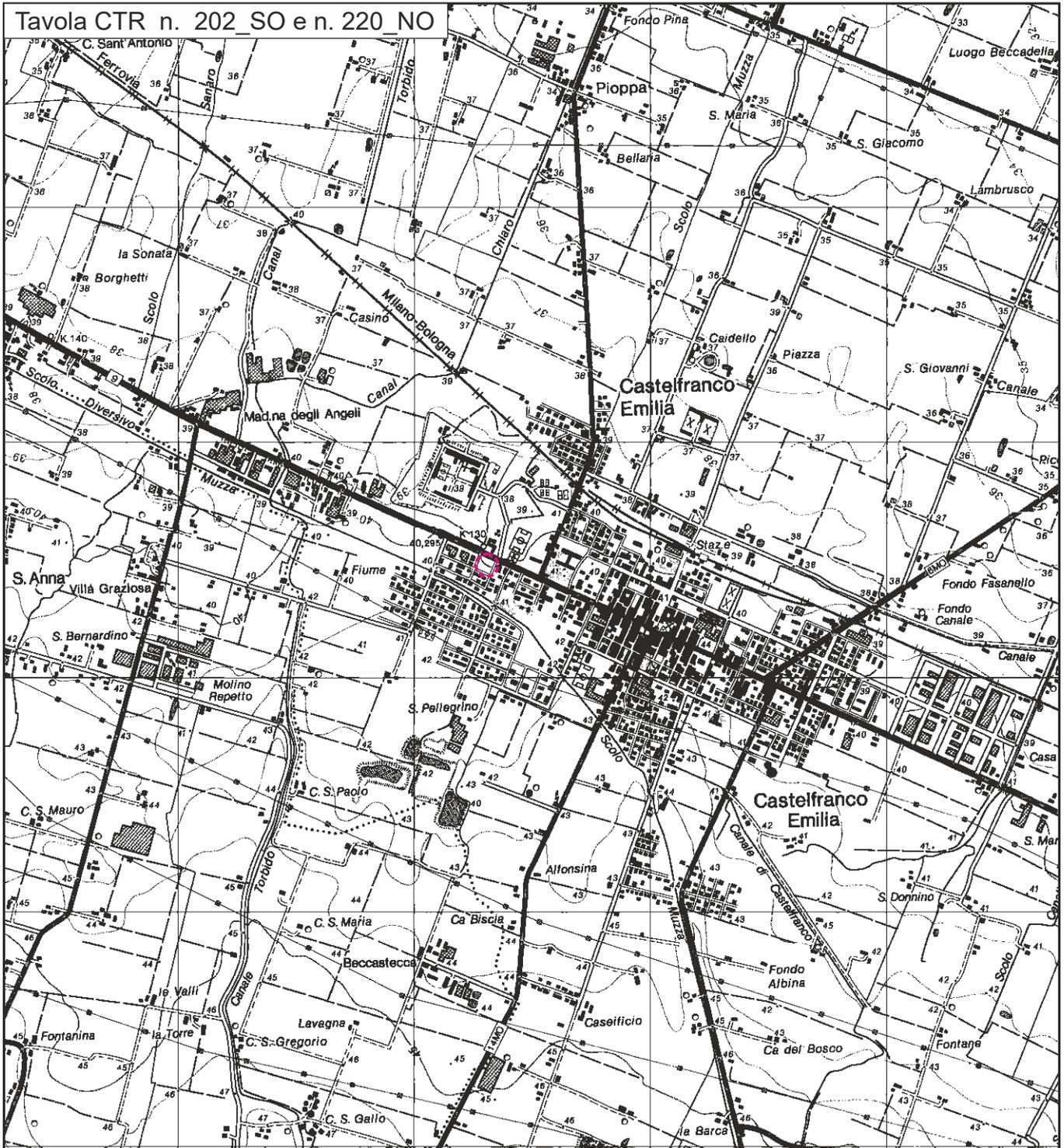


Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

Tavola CTR n. 202\_SO e n. 220\_NO



Tav. n. 1 "Carta corografica"

Scala 1: 25.000



Legenda



Area di interesse

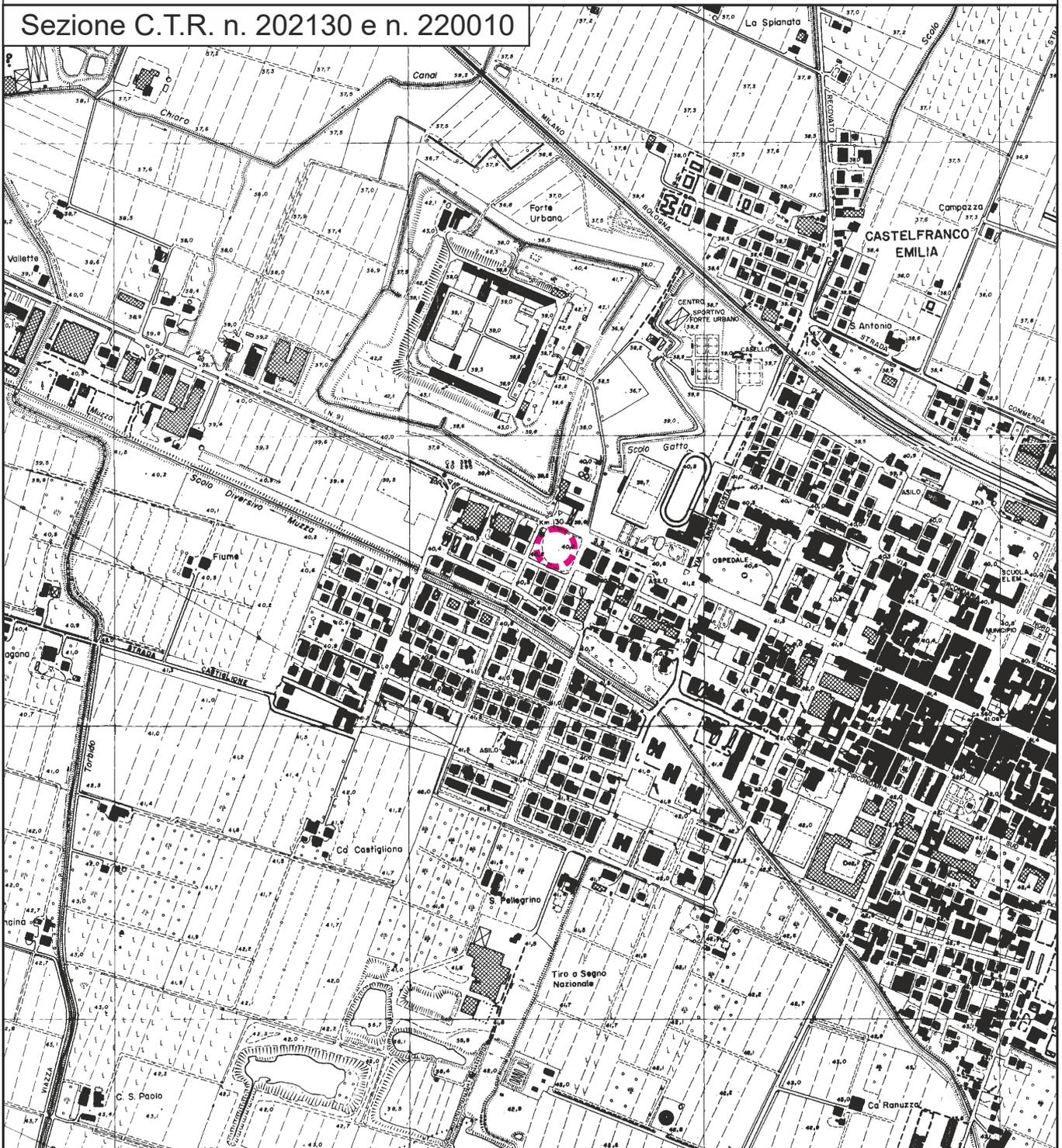


Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

Sezione C.T.R. n. 202130 e n. 220010



Tav. n. 2 "Carta topografica"

Scala 1: 10.000



Legenda



Area di interesse



Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it



## Tav. n. 3 “Ripresa fotografica aerea dell’area di interesse”

(tratta da archivio interattivo “viaMichelin”)

Scala grafica



Area oggetto di studio



Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it



## Tav. n. 4 “Carta della litologia di superficie”

Estratto da Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico Sismico e dei suoli - *Carta geologica e dei suoli*  
Da: [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/sito\\_cartografia.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/sito_cartografia.htm)

Scala 1: 5.000

*Legenda:*



Area di interesse



**AES8 - Subsistema di Ravenna:**

Ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzo alluvionale (*Olocene*).  
*Litofacies: limoso sabbiosa*



Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it



## Tav. n. 5 “Ubicazioni indagini geotecniche e geofisiche”

(ripresa aerea tratta da archivio interattivo “BingMap”)

Scala grafica



Ampliamento  
in progetto



Prove statiche con punta meccanica CPT



Indagini sismica a rifrazione MASW

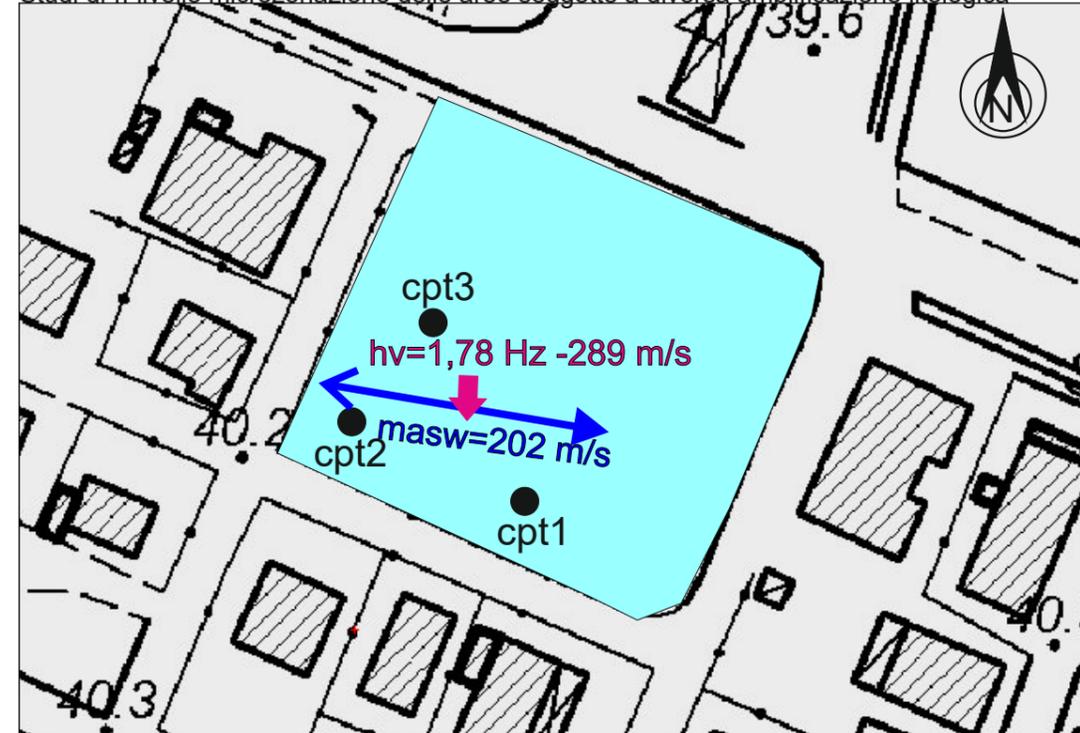
# TAV. 6 Rischio sismico: microzonazione delle aree soggette ad amplificazione litologica

Studi di I livello identificazioni delle aree soggette ad effetti locali



● limi argille e subordinatamente ghiaie e limi sabbiosi di piana alluvionale: amplificazione stratigrafica, cedimenti post sismici  
 ■ sabbie e limi sabbiosi paleoalveo rotta fluviale potenziali orizzonti liquefacibili

Studi di II livello microzonazione delle aree soggette a diversa amplificazione litologica

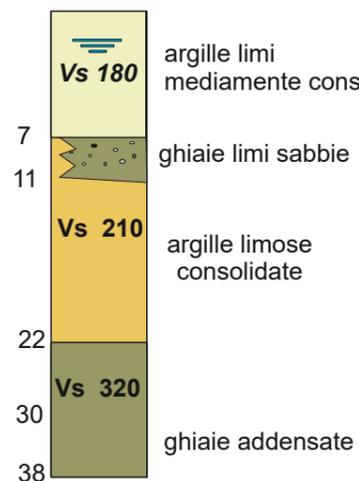


Valutazione dei Fattori di Amplificazione Sismica: Analisi II Livello scenario In ambito di PIANURA 1 Vs30≅250 ms - DGR2193/2015

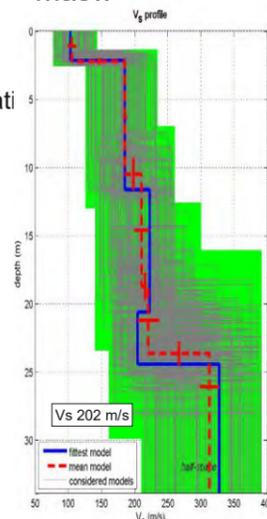
F.A. PGA = 1.7  
 F.A. (intensità spettrale 0.1s < To < 0.5s) = 1.9  
 F.A. (intensità spettrale 0.5s < To < 1.0s) = 2.7  
 F.A. (intensità spettrale 0.5s < To < 1.5s) = 2.8

**Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a cedimenti studi\*:** valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e cedimenti post sismici  
 microzonazione sismica\*: approfondimenti di III livello

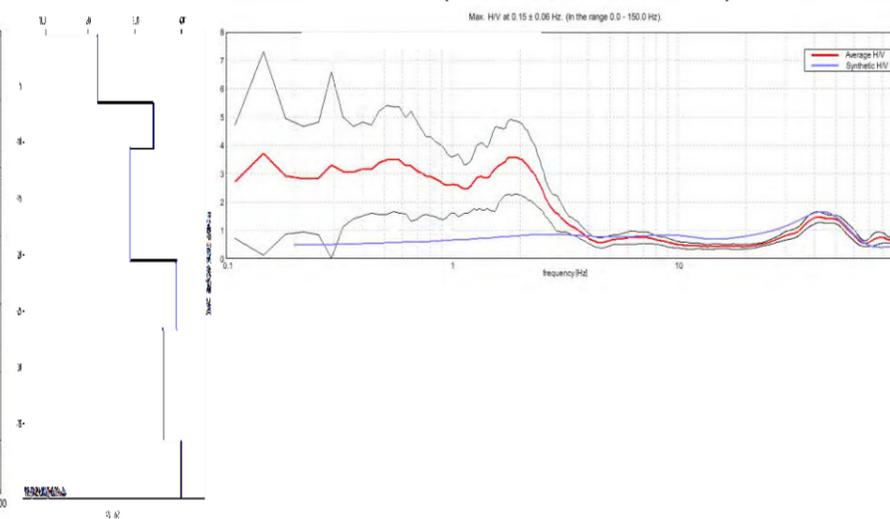
colonna stratigrafica



masw



HVSR Picco H/V a 1.78 ± 0.06 Hz (nell'intervallo 0.0 - 100.0 Hz).



Studio R.S.L. III livello

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA F.A. arefg

FA	FA SI (0.00 < T(s) < 0.50)	FA SI (0.50 < T(s) < 1.00)	FA SI (0.50 < T(s) < 1.50)
1.67	1.86	2.05	1.98

Cedimenti Post Sismici

- Verticale Cpt 1 = 20,89 mm
- Verticale Cpt 2 = 27,84 mm
- Verticale Cpt 3 = 28,17 mm

Verifica a Liquefazione

- Verticale Cpt 1 = LPI=1,50 basso rischio
- Verticale Cpt 2 = LPI=1,87 basso rischio
- Verticale Cpt 3 = LPI=1,56 basso rischio



**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

# ALL: 1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

### Strumento utilizzato:

**GOUDA 200 kN -**

#### Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale :  $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S \text{ (Kg)}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $CT$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta.

#### CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (qc / fs)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = qc / fs$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di  $FR = (fs / qc) \%$  :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

**PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE**  
**SCHEMA PENETROMETRO**

riferimento **Castelfr.01**

Committente: **FinPart**  
 Cantiere: **Castelfranco Emilia**  
 Località: **Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci**

**GOUDA 200 kN**



<b>Sigla</b>	<b>GOUDA 200 kN</b>	Nominativo o sigla dello strumento
<b>Beta eff.</b>		Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
<b>M(massa)</b>		Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
<b>H(maglio)</b>		Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
<b>L(aste)</b>	<b>1,00 m</b>	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
<b>M(aste)</b>		Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
<b>M(sistema)</b>		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
<b>A(punta)</b>		Area della superficie laterale del cono della punta
<b>Alfa(punta)</b>		Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
<b>Prf.(1°asta)</b>		Profondità di giunzione della prima asta infissa
<b>N</b>	<b>0,20 m</b>	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
<b>Rivest.</b>	<b>Si</b>	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
<b>ø(punta)</b>		Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
<b>MaxCE%</b>		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
<b>L/DM</b>		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
<b>D(tb)</b>		Diametro della testa di battuta.
<b>DEV(a)[&lt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
<b>DEV(a)[&gt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
<b>ECCmax(a)</b>		Massima eccentricità consentita alle aste
<b>Dest(aste)</b>		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
<b>Dint(aste)</b>		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
<b>Dmin(punta)</b>		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
<b>hcl(punta)</b>		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
<b>Ras(punta)</b>		Rastremazione del cono nella parte alta
<b>Hc(punta)</b>		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
<b>RangeCP</b>		Massimo numero di colpi utile
<b>Spinta</b>	<b>t</b>	Spinta nominale strumento



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**
**1**

riferimento

**Castelfr.01**

 Committente: **FinPart**

 Cantiere: **Castelfranco Emilia**

 Località: **Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci**

 U.M.: **MPa**

 Data exec.: **23/02/2015**

 Pagina: **1/17**

Elaborato:

 Falda: **-2,30 m da quota inizio**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	-	-	-	-	-	-	-								
0,40	-	-	-	-	-	-	-								
0,60	-	-	-	-	-	-	-								
0,80	-	-	-	-	-	-	-								
1,00	0,0	0,0	-	0,0	40,00	0	-								
1,20	10,0	16,0	-	1,0	33,00	30	3,3								
1,40	13,0	18,0	-	1,3	113,00	12	8,7								
1,60	17,0	34,0	-	1,7	93,00	18	5,5								
1,80	16,0	30,0	-	1,6	107,00	15	6,7								
2,00	18,0	34,0	-	1,8	73,00	25	4,1								
2,20	12,0	23,0	-	1,2	87,00	14	7,3								
2,40	17,0	30,0	-	1,7	67,00	25	3,9								
2,60	12,0	22,0	-	1,2	80,00	15	6,7								
2,80	11,0	23,0	-	1,1	67,00	16	6,1								
3,00	11,0	21,0	-	1,1	60,00	18	5,5								
3,20	11,0	20,0	-	1,1	60,00	18	5,5								
3,40	13,0	22,0	-	1,3	73,00	18	5,6								
3,60	13,0	24,0	-	1,3	60,00	22	4,6								
3,80	21,0	30,0	-	2,1	40,00	53	1,9								
4,00	17,0	23,0	-	1,7	33,00	52	1,9								
4,20	19,0	24,0	-	1,9	33,00	58	1,7								
4,40	7,0	12,0	-	0,7	33,00	21	4,7								
4,60	8,0	13,0	-	0,8	20,00	40	2,5								
4,80	8,0	11,0	-	0,8	67,00	12	8,4								
5,00	11,0	21,0	-	1,1	47,00	23	4,3								
5,20	9,0	16,0	-	0,9	40,00	23	4,4								
5,40	8,0	14,0	-	0,8	73,00	11	9,1								
5,60	28,0	39,0	-	2,7	47,00	60	1,7								
5,80	11,0	18,0	-	1,1	40,00	28	3,6								
6,00	9,0	15,0	-	0,9	93,00	10	10,3								
6,20	39,0	53,0	-	3,8	107,00	36	2,7								
6,40	30,0	46,0	-	2,9	60,00	50	2,0								
6,60	30,0	39,0	-	2,9	273,00	11	9,1								
6,80	120,0	161,0	-	11,8	373,00	32	3,1								
7,00	367,0	423,0	-	36,0	373,00	98	1,0								
7,20	269,0	325,0	-	26,4	473,00	57	1,8								
7,40	294,0	365,0	-	28,8	300,00	98	1,0								
7,60	375,0	420,0	-	36,8	267,00	140	0,7								
7,80	290,0	330,0	-	28,4	333,00	87	1,1								
8,00	260,0	310,0	-	25,5	267,00	97	1,0								
8,20	190,0	230,0	-	18,6	327,00	58	1,7								
8,40	90,0	139,0	-	8,8	60,00	150	0,7								
8,60	38,0	47,0	-	3,7	60,00	63	1,6								
8,80	21,0	30,0	-	2,1	40,00	53	1,9								
9,00	17,0	23,0	-	1,7	33,00	52	1,9								
9,20	19,0	24,0	-	1,9	60,00	32	3,2								
9,40	37,0	46,0	-	3,6	53,00	70	1,4								
9,60	35,0	43,0	-	3,4	47,00	74	1,3								
9,80	29,0	36,0	-	2,8	80,00	36	2,8								
10,00	27,0	39,0	-	2,6	60,00	45	2,2								
10,20	17,0	26,0	-	1,7	53,00	32	3,1								
10,40	18,0	26,0	-	1,8	73,00	25	4,1								
10,60	13,0	24,0	-	1,3	60,00	22	4,6								
10,80	17,0	26,0	-	1,7	40,00	43	2,4								
11,00	15,0	21,0	-	1,5	87,00	17	5,8								
11,20	13,0	26,0	-	1,3	73,00	18	5,6								
11,40	11,0	22,0	-	1,1	60,00	18	5,5								
11,60	12,0	21,0	-	1,2	93,00	13	7,8								
11,80	13,0	27,0	-	1,3	140,00	9	10,8								
12,00	21,0	42,0	-	2,1	-	-	-								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

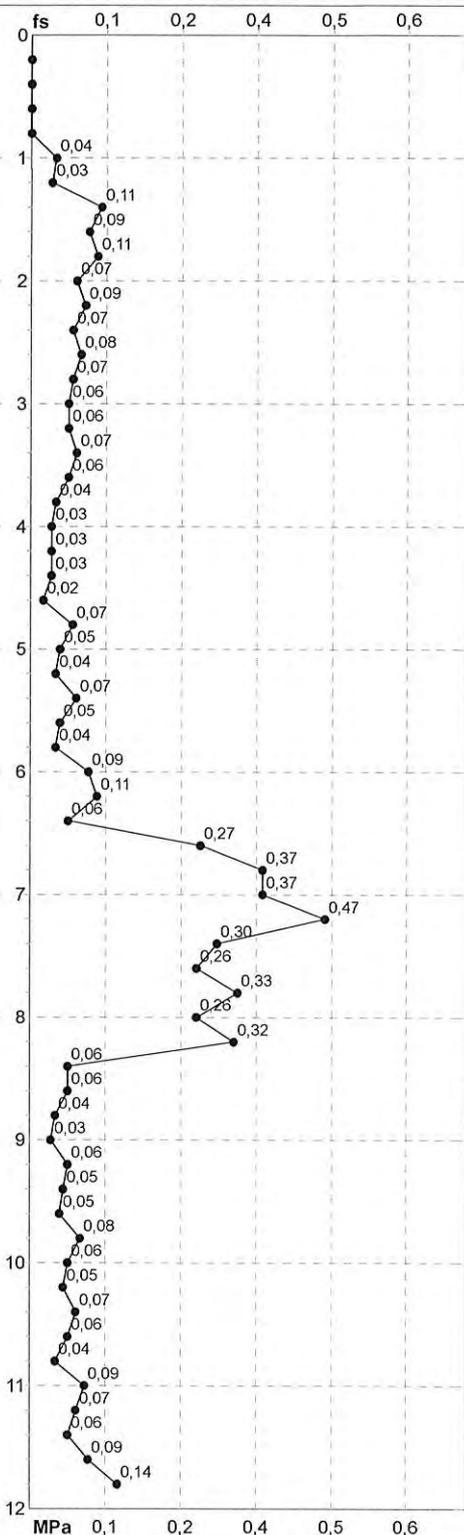
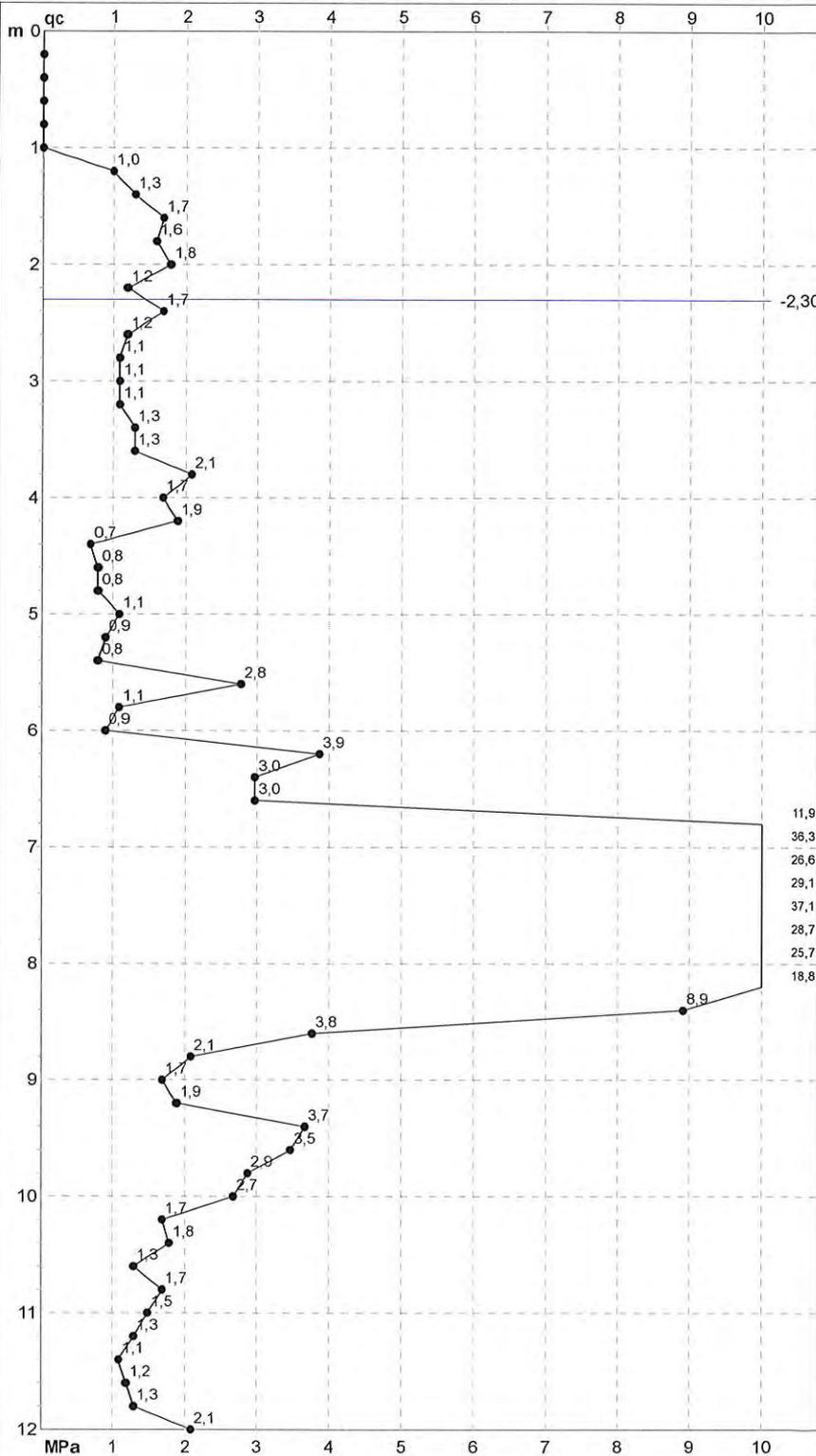
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>Castelfr.01</b>

Committente: **FinPart**  
 Cantiere: **Castelfranco Emilia**  
 Località: **Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci**

U.M.: **MPa**  
 Scala: **1:60**  
 Pagina: **2/17**  
 Elaborato: **Quota inizio: -2,30 m da quota inizio**



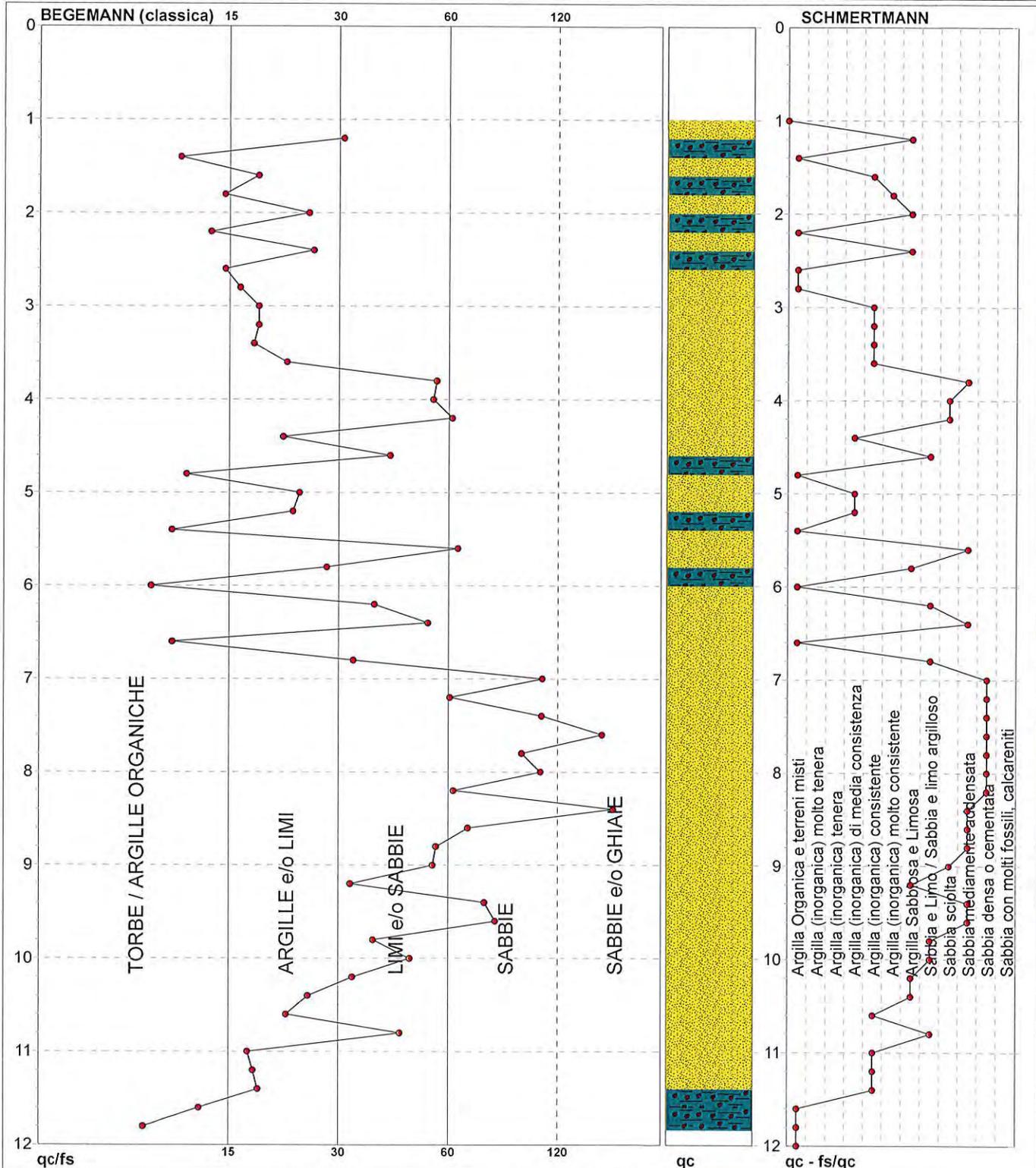
Penetrometro: <b>GOUDA 200 kN</b>	Preforo: <b>-0,90 m</b>
Responsabile: <b>Dott. geol. Emilio Guerzoni</b>	Corr.astine: <b>kN/ml</b>
Assistente: <b>Dott. Geol. Salvatore Mucci</b>	Cod. punta: <b> </b>

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
referimento	<b>Castelfr.01</b>

Committente: <b>FinPart</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data exec.: <b>23/02/2015</b>
Cantiere: <b>Castelfranco Emilia</b>	Scala: <b>1:80</b>	
Località: <b>Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci</b>	Pagina: <b>3/17</b>	Falda: <b>-2,30 m da quota inizio</b>
Elaborato:		



Torbe / Argille org. :	15 punti, 25,42%	Argilla Organica e terreni misti:	10 punti, 16,95%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	7 punti, 11,86%
Argille e/o Limi :	17 punti, 28,81%	Argilla (inorganica) media consist.:	3 punti, 5,08%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 10,17%
Limi e/o Sabbie :	18 punti, 30,51%	Argilla (inorganica) consistente:	9 punti, 15,25%	Sabbia sciolta:	3 punti, 5,08%
Sabbie:	7 punti, 11,86%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 1,69%	Sabbia mediamente addensata:	8 punti, 13,56%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 3,39%			Sabbia densa o cementata:	7 punti, 11,86%

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>Castelfr.01</b>

Committente: <b>FinPart</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data exec.: <b>23/02/2015</b>
Cantiere: <b>Castelfranco Emilia</b>	Pagina: <b>1/17</b>	
Località: <b>Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,20 m da quota inizio</b>

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0,20	-	-	-	-	-	-	-	15,20	30,0	69,0	-	2,9	233,00	13	7,8
0,40	-	-	-	-	-	-	-	15,40	25,0	60,0	-	2,5	180,00	14	7,2
0,60	-	-	-	-	-	-	-	15,60	20,0	47,0	-	2,0	40,00	50	2,0
0,80	-	-	-	-	-	-	-	15,80	16,0	22,0	-	1,6	100,00	16	6,3
1,00	10,0	16,0	-	1,0	67,00	15	6,7	16,00	16,0	31,0	-	1,6	93,00	17	5,8
1,20	14,0	24,0	-	1,4	80,00	18	5,7	16,20	15,0	29,0	-	1,5	93,00	16	6,2
1,40	44,0	56,0	-	4,3	73,00	60	1,7	16,40	17,0	31,0	-	1,7	133,00	13	7,8
1,60	15,0	26,0	-	1,5	67,00	22	4,5	16,60	18,0	38,0	-	1,8	140,00	13	7,8
1,80	16,0	26,0	-	1,6	113,00	14	7,1	16,80	19,0	40,0	-	1,9	160,00	12	8,4
2,00	17,0	34,0	-	1,7	100,00	17	5,9	17,00	22,0	46,0	-	2,2	167,00	13	7,6
2,20	17,0	32,0	-	1,7	47,00	36	2,8	17,20	21,0	46,0	-	2,1	167,00	13	8,0
2,40	13,0	20,0	-	1,3	53,00	25	4,1	17,40	23,0	48,0	-	2,3	147,00	16	6,4
2,60	12,0	20,0	-	1,2	53,00	23	4,4	17,60	20,0	42,0	-	2,0	127,00	16	6,4
2,80	13,0	21,0	-	1,3	47,00	28	3,6	17,80	16,0	35,0	-	1,6	127,00	13	7,9
3,00	11,0	18,0	-	1,1	40,00	28	3,6	18,00	14,0	33,0	-	1,4	100,00	14	7,1
3,20	8,0	14,0	-	0,8	40,00	20	5,0	18,20	16,0	31,0	-	1,6	93,00	17	5,8
3,40	9,0	15,0	-	0,9	40,00	23	4,4	18,40	15,0	29,0	-	1,5	87,00	17	5,8
3,60	10,0	16,0	-	1,0	47,00	21	4,7	18,60	16,0	29,0	-	1,6	93,00	17	5,8
3,80	10,0	17,0	-	1,0	47,00	21	4,7	18,80	15,0	29,0	-	1,5	87,00	17	5,8
4,00	12,0	19,0	-	1,2	73,00	16	6,1	19,00	13,0	26,0	-	1,3	67,00	19	5,2
4,20	8,0	19,0	-	0,8	27,00	30	3,4	19,20	13,0	23,0	-	1,3	80,00	16	6,2
4,40	8,0	12,0	-	0,8	20,00	40	2,5	19,40	14,0	26,0	-	1,4	127,00	11	9,1
4,60	8,0	11,0	-	0,8	27,00	30	3,4	19,60	18,0	37,0	-	1,8	127,00	14	7,1
4,80	5,0	9,0	-	0,5	20,00	25	4,0	19,80	21,0	40,0	-	2,1	167,00	13	8,0
5,00	8,0	11,0	-	0,8	20,00	40	2,5	20,00	25,0	50,0	-	2,5	233,00	11	9,3
5,20	7,0	10,0	-	0,7	53,00	13	7,6	20,20	29,0	64,0	-	2,8	140,00	21	4,8
5,40	8,0	16,0	-	0,8	40,00	20	5,0	20,40	27,0	48,0	-	2,6	127,00	21	4,7
5,60	6,0	12,0	-	0,6	27,00	22	4,5	20,60	28,0	47,0	-	2,7	220,00	13	7,9
5,80	7,0	11,0	-	0,7	27,00	26	3,9	20,80	24,0	57,0	-	2,4	240,00	10	10,0
6,00	8,0	12,0	-	0,8	20,00	40	2,5	21,00	29,0	65,0	-	2,8	227,00	13	7,8
6,20	6,0	9,0	-	0,6	20,00	30	3,3	21,20	32,0	66,0	-	3,1	227,00	14	7,1
6,40	6,0	9,0	-	0,6	40,00	15	6,7	21,40	33,0	67,0	-	3,2	220,00	15	6,7
6,60	8,0	14,0	-	0,8	327,00	2	40,9	21,60	22,0	55,0	-	2,2	213,00	10	9,7
6,80	163,0	212,0	-	16,0	460,00	35	2,8	21,80	21,0	53,0	-	2,1	433,00	5	20,6
7,00	224,0	293,0	-	22,0	327,00	69	1,5	22,00	212,0	277,0	-	20,8	1053,00	20	5,0
7,20	102,0	151,0	-	10,0	600,00	17	5,9	22,20	282,0	440,0	-	27,6	613,00	46	2,2
7,40	103,0	193,0	-	10,1	553,00	19	5,4	22,40	420,0	512,0	-	41,2			
7,60	167,0	250,0	-	16,4	320,00	52	1,9								
7,80	194,0	242,0	-	19,0	493,00	39	2,5								
8,00	272,0	346,0	-	26,7	380,00	72	1,4								
8,20	184,0	241,0	-	18,0	293,00	63	1,6								
8,40	88,0	132,0	-	8,6	340,00	26	3,9								
8,60	93,0	144,0	-	9,1	113,00	82	1,2								
8,80	23,0	40,0	-	2,3	73,00	32	3,2								
9,00	21,0	32,0	-	2,1	67,00	31	3,2								
9,20	23,0	33,0	-	2,3	67,00	34	2,9								
9,40	25,0	35,0	-	2,5	53,00	47	2,1								
9,60	26,0	34,0	-	2,5	107,00	24	4,1								
9,80	24,0	40,0	-	2,4	120,00	20	5,0								
10,00	23,0	41,0	-	2,3	113,00	20	4,9								
10,20	22,0	39,0	-	2,2	47,00	47	2,1								
10,40	16,0	23,0	-	1,6	60,00	27	3,8								
10,60	20,0	29,0	-	2,0	47,00	43	2,4								
10,80	16,0	23,0	-	1,6	40,00	40	2,5								
11,00	18,0	24,0	-	1,8	53,00	34	2,9								
11,20	14,0	22,0	-	1,4	60,00	23	4,3								
11,40	10,0	19,0	-	1,0	60,00	17	6,0								
11,60	15,0	24,0	-	1,5	93,00	16	6,2								
11,80	17,0	31,0	-	1,7	93,00	18	5,5								
12,00	19,0	33,0	-	1,9	120,00	16	6,3								
12,20	23,0	41,0	-	2,3	193,00	12	8,4								
12,40	25,0	54,0	-	2,5	200,00	13	8,0								
12,60	33,0	63,0	-	3,2	147,00	22	4,5								
12,80	28,0	50,0	-	2,7	240,00	12	8,6								
13,00	30,0	66,0	-	2,9	200,00	15	6,7								
13,20	22,0	52,0	-	2,2	200,00	11	9,1								
13,40	26,0	56,0	-	2,5	107,00	24	4,1								
13,60	27,0	43,0	-	2,6	220,00	12	8,1								
13,80	27,0	60,0	-	2,6	193,00	14	7,1								
14,00	26,0	55,0	-	2,5	213,00	12	8,2								
14,20	27,0	59,0	-	2,6	200,00	14	7,4								
14,40	25,0	55,0	-	2,5	167,00	15	6,7								
14,60	22,0	47,0	-	2,2	173,00	13	7,9								
14,80	26,0	52,0	-	2,5	187,00	14	7,2								
15,00	29,0	57,0	-	2,8	260,00	11	9,0								

H = profondità  
 L1 = prima lettura (punta)  
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
 Lt = terza lettura (totale)  
 CT = 10,00 costante di trasformazione  
 qc = resistenza di punta  
 fs = resistenza laterale calcolata  
       0.20 m sopra quota qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

**CPT**

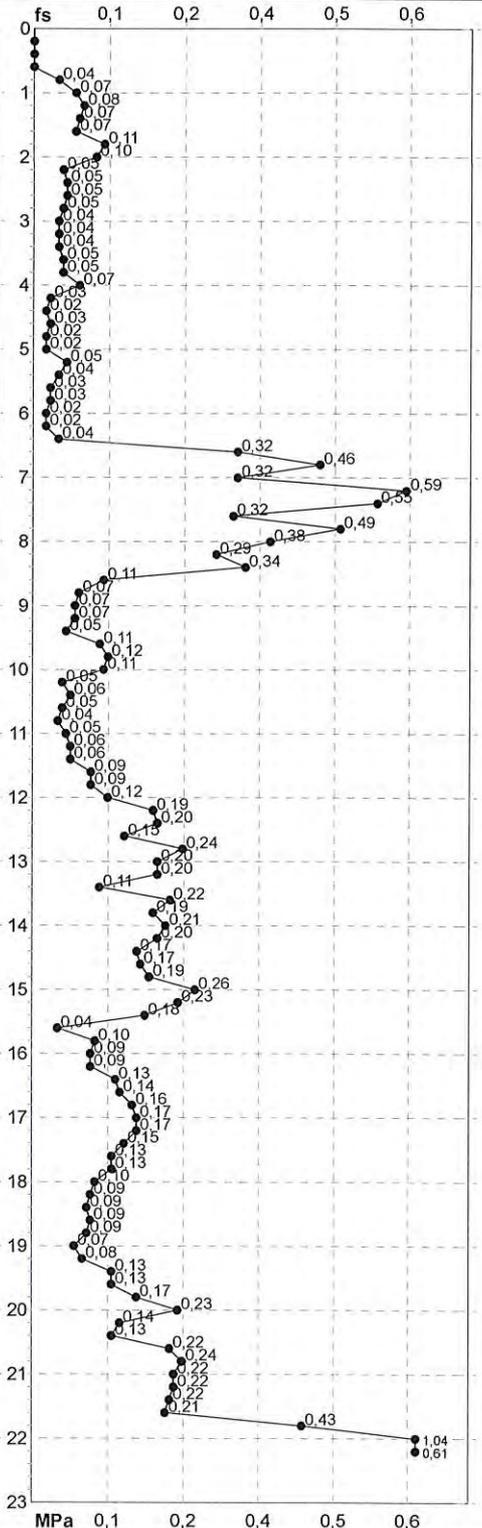
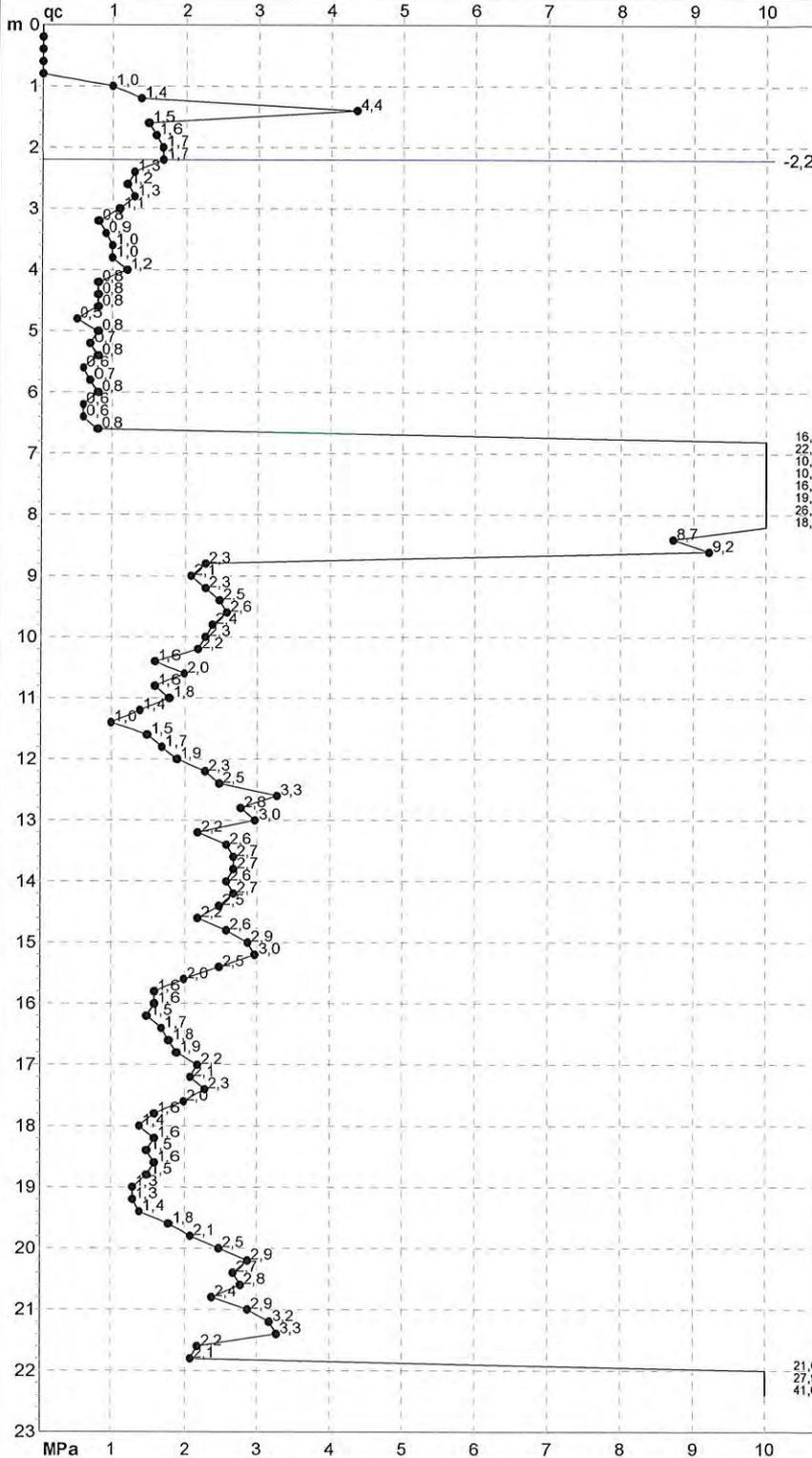
**2**

referimento

**Castelfr.01**

Committente: **FinPart**  
 Cantiere: **Castelfranco Emilia**  
 Località: **Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci**

U.M.: **MPa**      Data exec.: **23/02/2015**  
 Scala: **1:115**  
 Pagina: **2/17**      Quota inizio:  
 Elaborato:      Falda: **-2,20 m** da quota inizio



Penetrometro: **GOUDA 200 kN**  
 Responsabile: **Dott. geol. Emilio Guerzoni**  
 Assistente: **Dott. Geol. Salvatore Mucci**

Preforo: **-0,90 m**  
 Corr.astine: **kN/ml**

Cod. punta:

FON018

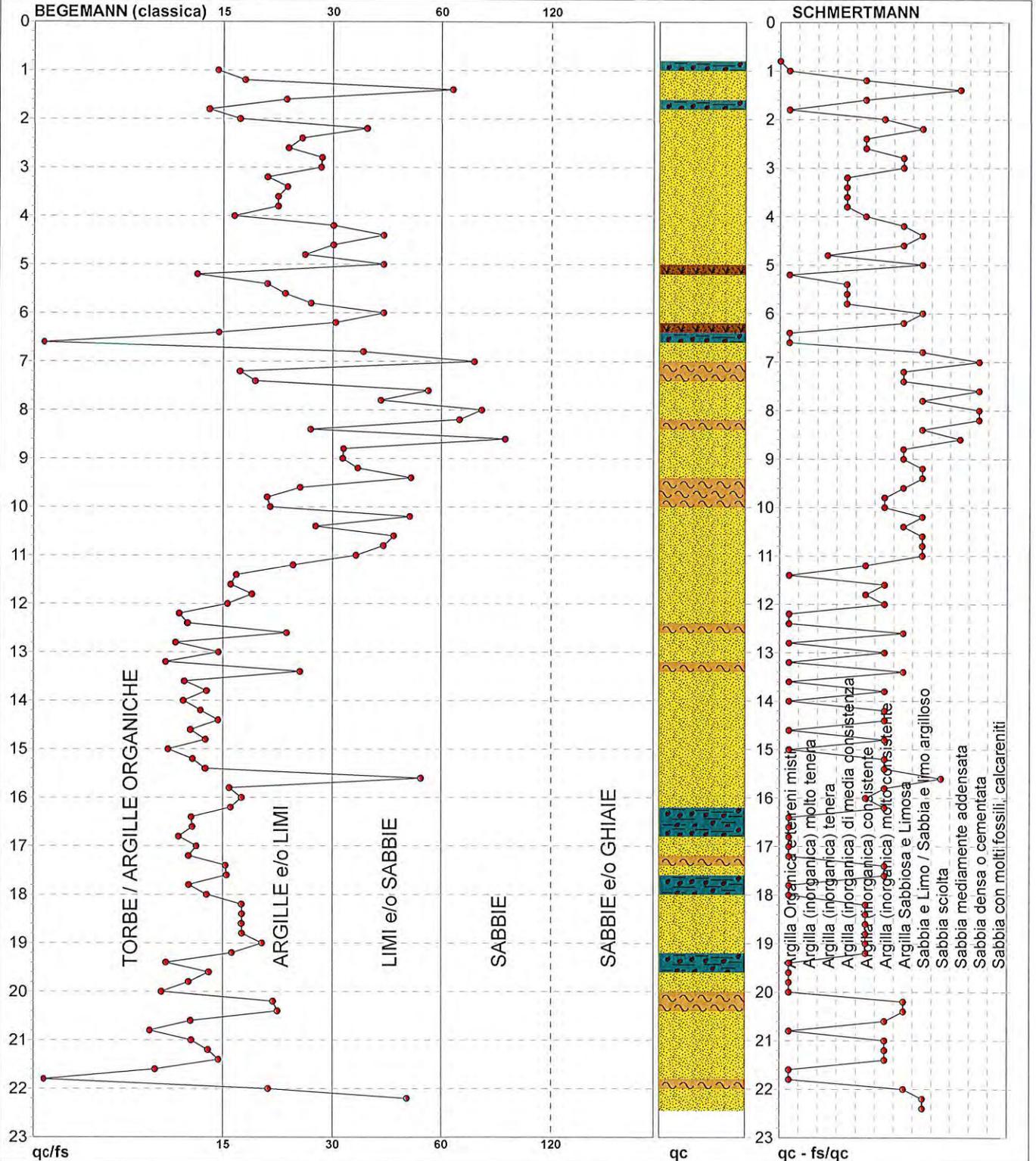
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
referimento	<b>CastelFr.01</b>

Committente: **FinPart**  
Cantiere: **Castelfranco Emilia**  
Località: **Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci**

U.M.: **MPa**  
Scala: **1:115**  
Pagina: **3/17**  
Elaborato: **Falda: -2,20 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	42 punti, 36,84%	Argilla Organica e terreni misti:	28 punti, 24,56%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	16 punti, 14,04%
Argille e/o Limi :	47 punti, 41,23%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punti, 0,88%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	14 punti, 12,28%
Limi e/o Sabbie :	17 punti, 14,91%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 6,14%	Sabbia sciolta:	1 punti, 0,88%
Sabbie:	5 punti, 4,39%	Argilla (inorganica) consistente:	14 punti, 12,28%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 1,75%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	20 punti, 17,54%	Sabbia densa o cementata:	4 punti, 3,51%



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA  
PARAMETRI GEOTECNICI**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>Castelfr.01</b>

Committente: <b>FinPart</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data esec.: <b>23/02/2015</b>
Cantiere: <b>Castelfranco Emilia</b>	Pagina: <b>4/17</b>	
Località: <b>Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,20 m da quota inizio</b>

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{vo}$ kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20,00	2,5	10,7	4	0,94	202,1	186	89,1	2,3	48,6	72,9	7,4	7	29	22	19	18	25	28	--	--	4,1	6,1	7,4
20,20	2,8	20,7	4	0,96	203,9	197	96,3	2,5	51,3	77,0	8,5	12	30	23	19	18	26	29	--	--	4,7	7,1	8,5
20,40	2,6	21,3	4	0,95	205,8	192	92,8	2,3	50,3	75,4	7,9	9	29	22	19	18	26	28	--	--	4,4	6,6	7,9
20,60	2,7	12,7	4	0,96	207,7	194	94,6	2,4	51,1	76,6	8,2	10	29	23	19	18	26	28	--	--	4,6	6,9	8,2
20,80	2,4	10,0	4	0,94	209,5	183	87,1	2,1	48,3	72,5	7,1	4	29	22	18	17	25	28	--	--	3,9	5,9	7,1
21,00	2,8	12,8	4	0,96	211,4	197	96,3	2,4	52,0	78,0	8,5	11	29	23	19	18	26	29	--	--	4,7	7,1	8,5
21,20	3,1	14,1	4	0,97	213,3	204	104,5	2,6	54,9	82,3	9,4	14	30	23	20	19	26	29	--	--	5,2	7,8	9,4
21,40	3,2	15,0	4	0,97	215,2	207	107,8	2,6	56,1	84,1	9,7	15	30	23	20	19	26	29	--	--	5,4	8,1	9,7
21,60	2,2	10,3	4	0,93	217,1	177	82,9	1,9	46,9	70,4	6,5	1	28	21	18	17	25	28	--	--	3,6	5,4	6,5
21,80	2,1	4,8	4	0,93	218,9	174	80,7	1,8	46,0	69,0	6,2	--	28	21	17	17	25	27	--	--	3,4	5,1	6,2
22,00	20,8	20,1	4	1,13	221,1	417	692,5	26,2	117,7	176,6	62,3	78	39	32	29	28	37	38	--	--	34,6	51,9	62,3
22,20	27,6	46,0	3	1,15	223,3	464	--	--	--	--	--	88	40	34	31	29	38	40	--	--	46,1	69,1	82,9
22,40	41,2	--	3	1,15	225,6	539	--	--	--	--	--	100	42	36	33	31	40	40	--	--	68,6	102,9	123,5

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**
**3**

riferimento

**Castelfr.01**

 Committente: **FinPart**

 Cantiere: **Castelfranco Emilia**

 Località: **Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci**

 U.M.: **MPa**

 Data exec.: **23/02/2015**

 Pagina: **1/17**

 Elaborato: **Falda: -2,20 m da quota inizio**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	-	-	-	-	-	-	-	15,20	21,0	35,0	-	2,1	113,00	19	5,4
0,40	-	-	-	-	-	-	-	15,40	22,0	39,0	-	2,2	140,00	16	6,4
0,60	-	-	-	-	-	-	-	15,60	20,0	41,0	-	2,0	127,00	16	6,4
0,80	-	-	-	-	-	-	-	15,80	16,0	35,0	-	1,6	107,00	15	6,7
1,00	9,0	15,0	-	0,9	53,00	17	5,9	16,00	14,0	30,0	-	1,4	87,00	16	6,2
1,20	9,0	17,0	-	0,9	47,00	19	5,2	16,20	13,0	26,0	-	1,3	53,00	25	4,1
1,40	13,0	20,0	-	1,3	33,00	39	2,5	16,40	12,0	20,0	-	1,2	67,00	18	5,6
1,60	19,0	24,0	-	1,9	60,00	32	3,2	16,60	13,0	23,0	-	1,3	67,00	19	5,2
1,80	25,0	34,0	-	2,5	67,00	37	2,7	16,80	11,0	21,0	-	1,1	60,00	18	5,5
2,00	22,0	32,0	-	2,2	93,00	24	4,2	17,00	13,0	22,0	-	1,3	73,00	18	5,6
2,20	14,0	28,0	-	1,4	87,00	16	6,2	17,20	15,0	26,0	-	1,5	107,00	14	7,1
2,40	17,0	30,0	-	1,7	100,00	17	5,9	17,40	18,0	34,0	-	1,8	113,00	16	6,3
2,60	15,0	30,0	-	1,5	93,00	16	6,2	17,60	19,0	36,0	-	1,9	113,00	17	5,9
2,80	14,0	28,0	-	1,4	73,00	19	5,2	17,80	17,0	34,0	-	1,7	100,00	17	5,9
3,00	11,0	22,0	-	1,1	53,00	21	4,8	18,00	16,0	31,0	-	1,6	93,00	17	5,8
3,20	7,0	15,0	-	0,7	40,00	18	5,7	18,20	13,0	27,0	-	1,3	73,00	18	5,6
3,40	6,0	12,0	-	0,6	33,00	18	5,5	18,40	11,0	22,0	-	1,1	60,00	18	5,5
3,60	5,0	10,0	-	0,5	40,00	13	8,0	18,60	11,0	20,0	-	1,1	60,00	18	5,5
3,80	5,0	11,0	-	0,5	27,00	19	5,4	18,80	13,0	22,0	-	1,3	60,00	22	4,6
4,00	5,0	9,0	-	0,5	27,00	19	5,4	19,00	12,0	21,0	-	1,2	67,00	18	5,6
4,20	5,0	9,0	-	0,5	27,00	19	5,4	19,20	12,0	22,0	-	1,2	80,00	15	6,7
4,40	6,0	10,0	-	0,6	53,00	11	8,8	19,40	11,0	23,0	-	1,1	67,00	16	6,1
4,60	10,0	18,0	-	1,0	40,00	25	4,0	19,60	10,0	20,0	-	1,0	93,00	11	9,3
4,80	8,0	14,0	-	0,8	40,00	20	5,0	19,80	12,0	26,0	-	1,2	60,00	20	5,0
5,00	7,0	13,0	-	0,7	47,00	15	6,7	20,00	14,0	23,0	-	1,4	80,00	18	5,7
5,20	8,0	15,0	-	0,8	53,00	15	6,6	20,20	16,0	28,0	-	1,6	100,00	16	6,3
5,40	8,0	16,0	-	0,8	80,00	10	10,0	20,40	20,0	35,0	-	2,0	133,00	15	6,7
5,60	10,0	22,0	-	1,0	53,00	19	5,3	20,60	23,0	43,0	-	2,3	220,00	10	9,6
5,80	7,0	15,0	-	0,7	60,00	12	8,6								
6,00	14,0	23,0	-	1,4	40,00	35	2,9								
6,20	26,0	32,0	-	2,5	93,00	28	3,6								
6,40	36,0	50,0	-	3,5	267,00	13	7,4								
6,60	160,0	200,0	-	15,7	333,00	48	2,1								
6,80	200,0	250,0	-	19,6	333,00	60	1,7								
7,00	300,0	350,0	-	29,4	267,00	112	0,9								
7,20	300,0	340,0	-	29,4	200,00	150	0,7								
7,40	280,0	310,0	-	27,4	333,00	84	1,2								
7,60	250,0	300,0	-	24,5	333,00	75	1,3								
7,80	150,0	200,0	-	14,7	133,00	113	0,9								
8,00	150,0	170,0	-	14,7	133,00	113	0,9								
8,20	130,0	150,0	-	12,7	267,00	49	2,1								
8,40	120,0	160,0	-	11,8	233,00	52	1,9								
8,60	125,0	160,0	-	12,3	193,00	65	1,5								
8,80	34,0	63,0	-	3,3	140,00	24	4,1								
9,00	19,0	40,0	-	1,9	140,00	14	7,4								
9,20	17,0	38,0	-	1,7	80,00	21	4,7								
9,40	16,0	28,0	-	1,6	73,00	22	4,6								
9,60	13,0	24,0	-	1,3	80,00	16	6,2								
9,80	12,0	24,0	-	1,2	80,00	15	6,7								
10,00	14,0	26,0	-	1,4	80,00	18	5,7								
10,20	15,0	27,0	-	1,5	73,00	21	4,9								
10,40	15,0	26,0	-	1,5	73,00	21	4,9								
10,60	13,0	24,0	-	1,3	60,00	22	4,6								
10,80	9,0	18,0	-	0,9	53,00	17	5,9								
11,00	8,0	16,0	-	0,8	47,00	17	5,9								
11,20	9,0	16,0	-	0,9	40,00	23	4,4								
11,40	9,0	15,0	-	0,9	47,00	19	5,2								
11,60	8,0	15,0	-	0,8	47,00	17	5,9								
11,80	11,0	18,0	-	1,1	73,00	15	6,6								
12,00	14,0	25,0	-	1,4	100,00	14	7,1								
12,20	13,0	28,0	-	1,3	87,00	15	6,7								
12,40	18,0	31,0	-	1,8	113,00	16	6,3								
12,60	21,0	38,0	-	2,1	153,00	14	7,3								
12,80	25,0	48,0	-	2,5	147,00	17	5,9								
13,00	25,0	47,0	-	2,5	127,00	20	5,1								
13,20	27,0	46,0	-	2,6	147,00	18	5,4								
13,40	21,0	43,0	-	2,1	120,00	18	5,7								
13,60	21,0	39,0	-	2,1	100,00	21	4,8								
13,80	23,0	38,0	-	2,3	107,00	21	4,7								
14,00	20,0	36,0	-	2,0	87,00	23	4,4								
14,20	18,0	31,0	-	1,8	100,00	18	5,6								
14,40	17,0	32,0	-	1,7	107,00	16	6,3								
14,60	21,0	37,0	-	2,1	120,00	18	5,7								
14,80	18,0	36,0	-	1,8	93,00	19	5,2								
15,00	19,0	33,0	-	1,9	93,00	20	4,9								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100



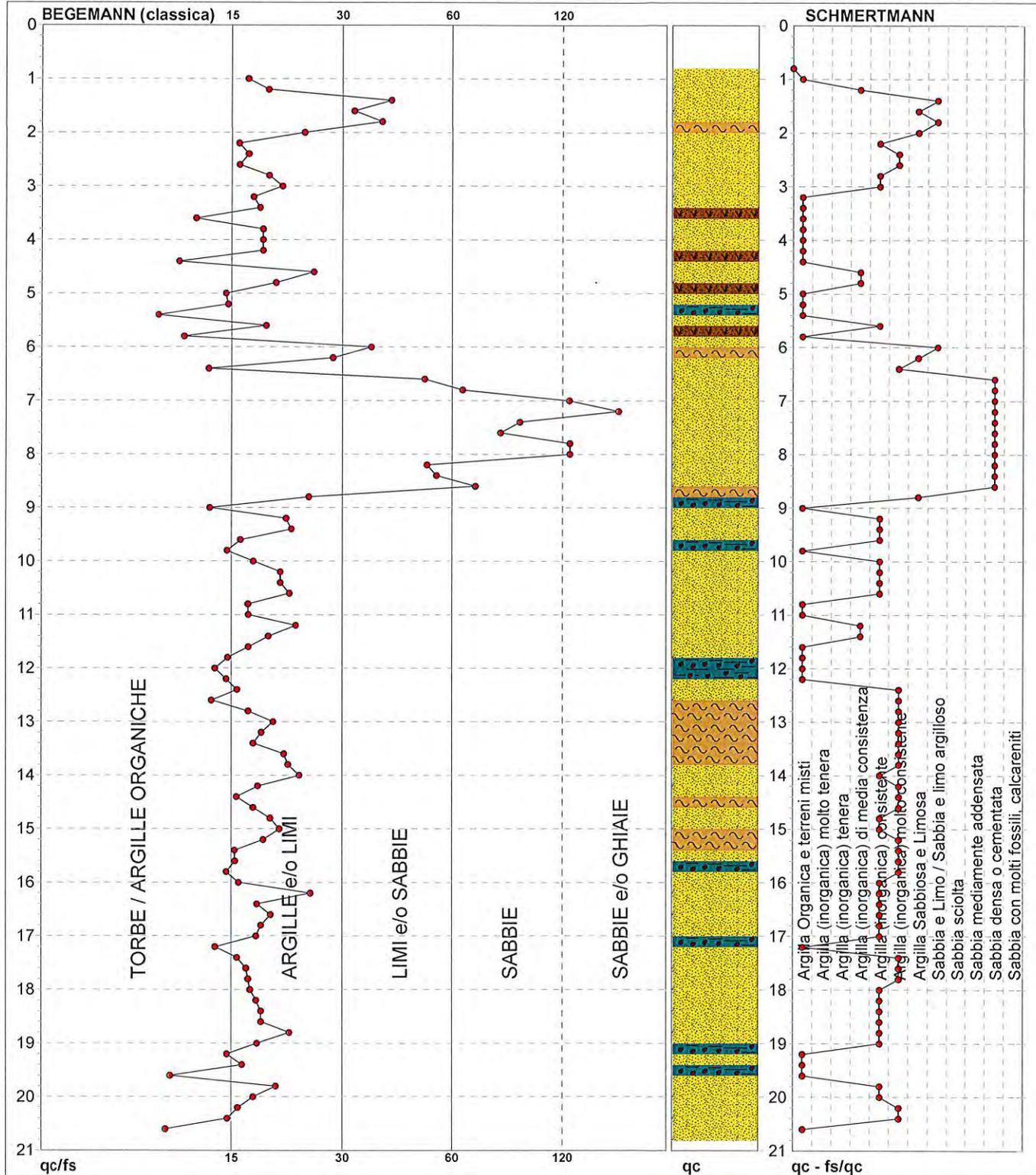
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
referimento	<b>Castelfr.01</b>

Committente: **FinPart**  
 Cantiere: **Castelfranco Emilia**  
 Località: **Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci**

U.M.: **MPa**  
 Scala: **1:105**  
 Pagina: **3/17**  
 Elaborato: **Falda: -2,20 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	22 punti, 21,15%	Argilla Organica e terreni misti:	25 punti, 24,04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	4 punti, 3,85%
Argille e/o Limi :	68 punti, 65,38%	Argilla (inorganica) media consist.:	5 punti, 4,81%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 2,88%
Limi e/o Sabbie :	7 punti, 6,73%	Argilla (inorganica) consistente:	28 punti, 26,92%	Sabbia densa o cementata:	11 punti, 10,58%
Sabbie:	7 punti, 6,73%	Argilla (inorganica) molto consist.:	23 punti, 22,12%		
Sabbie e/o Ghiaie:	1 punti, 0,96%				



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA  
PARAMETRI GEOTECNICI**

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>Castelfr.01</b>

Committente: <b>FinPart</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data esec.: <b>23/02/2015</b>
Cantiere: <b>Castelfranco Emilia</b>	Pagina: <b>4/17</b>	
Località: <b>Via Emilia angolo via Leonardo da Vinci</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,20 m da quota inizio</b>

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{vo}$ kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																							
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.												
20,00	1,4	17,5	2	0,94	201,3	150	62,4	1,5	36,5	54,7	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20,20	1,6	16,0	2	0,96	203,1	157	68,2	1,6	39,5	59,2	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
20,40	2,0	15,0	4	0,93	204,9	171	78,4	1,9	44,4	66,5	5,9	--	28	21	18	17	25	27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3,3	4,9	5,9	--	--	--	--	
20,60	2,3	10,5	4	0,94	206,8	180	85,1	2,1	47,3	71,0	6,8	3	28	22	18	17	25	28	--	--	--	--	--	--	--	--	3,8	5,6	6,8	--	--	--	--	--	

N° Progressivo 2915

20230 P626

5

Il Sig. FERRARI BENITO VIA EMILIA N° 83

ha consegnato a questo Ufficio, il giorno 21 del mese 11

dell'anno 1988 prot.n. 31822 LA DENUNCIA

DI ESISTENZA POZZO AD USO DOMESTICO

Fig.

Piano

UFFICIO GAS-ACQUA

(L'Addetto)

Com.le

-Caratteristiche del pozzo:

avanpozzo (si o no): \_\_\_\_\_

Ø dei tubi: mm. 114.3

profondità mt. 71.00

Longit.		Latit.		Ha.	
Quota piano campagna: m.s.l.m.					

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Natura dei terreni e indicazione delle falde acquifere attraversate (fenestrate)

-da mt. 0.00 a mt. 15.00

Argilla

-da mt. 15.00 a mt. 21.00

Argilla

-da mt. 21.00 a mt. 27.00

Argilla

-da mt. 27.00 a mt. 38.00

Argilla

-da mt. 38.00 a mt. 61.00

Argilla

-da mt. 61.00 a mt. 71.00

Argilla (FALDA CAPTATA)

Livello statico : mt. 5

Usi cui è destinata l'acqua

-familiare

-abbeveraggio bestiame

-inaffiamento orto

-inaffiamento giardino

-Portata: lt./sec. 3

-Consumo giornaliero: mc.  
ql.

Il Tecnico Comunale

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera:

data: 21/11/1988

firma: \_\_\_\_\_

Ditta FERRI ITALO

PERFORAZIONE POZZI ARTESIANI

41013 Castelfranco Emilia

N.B. : Qualora la Ditta sia in possesso di referti di analisi dell'acqua del pozzo, rilasciati da Laboratori o Gabinetti, è invitata ad allegarne copia.

# POZZO AD USO DOMESTICO

scheda di denuncia

COMPRENSORIO   COMUNE    NUMERO PROGRESSIVO  0  5  1  2

-Ditta titolare del pozzo: Granaygho Giuseppe  
 residente a G. Leonio in Via Zelma 554

-Pozzo in Frazione: \_\_\_\_\_, Località G. Anna, Mapp. N° 34/Pg.6

-Data perforazione: 19 83; -Ditta perforatrice: Fratelli Benazzi  
 (ANZOLA EMILIA)

**Parte riservata alla Ditta**

-Caratteristiche del pozzo:  
 avanpozzo (sì o no): NO  
 ø dei tubi: mm. 100  
 profondità mt. 34

Usi cui è destinata l'acqua.

-familiare

-abbeveraggio bestiame

-inaffiamento orto

-inaffiamento giardino

-Portata: lt./sec. 1,5  
 -Consumo giornaliero: mc.  
ql.

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera:

data: 22.8.83  
 firma: Granaygho Giuseppe

**Parte riservata all'Ufficio Tecnico Com.le**

Localizzazione del pozzo			
Longit.	<u>120</u>	Latit.	<u>323</u>
Ha.	<u>10</u>		
Quota piano campagna: m.s.l.m.			

STRATIGRAFIA DEL TERRENO	
Natura dei terreni e indicazione delle falde acquifere attraversate (fenestrature)	
-da mt. <u>0</u> a mt. <u>12</u>	<u>Terra Argillosa creta</u>
-da mt. <u>12</u> a mt. <u>19</u>	<u>Ghiaia</u>
-da mt. <u>19</u> a mt. <u>25</u>	<u>Terra creta</u>
-da mt. <u>25</u> a mt. <u>34</u>	<u>Ghiaia</u>
-da mt. _____ a mt. _____	
-da mt. _____ a mt. _____	

Livello statico : mt. -5

Il Tecnico Comunale





**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

# ALL: 2

## STRALCI CARTE DI PIANIFICAZIONE

# Castelfranco Emilia

Estratto di mappa

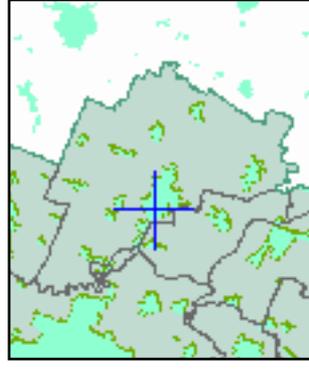


Comune di  
Castelfranco Emilia

Piano Strutturale  
Comunale

Approvato con DCC  
76 del 08/04/2009

Inquadramento  
territoriale



Scala 1:3723

## Castelfranco Emilia

Estratto di mappa

### Legenda

#### Ambiti (SA)



Ambiti, numero e tipo



Sub-ambiti e numero relativo

#### Vulnerabilita' dell' acquifero (SA)



Aree a vulnerabilita' media (art. 17)

#### Elementi di valore paesaggistico



Reti ecologiche (art.29)

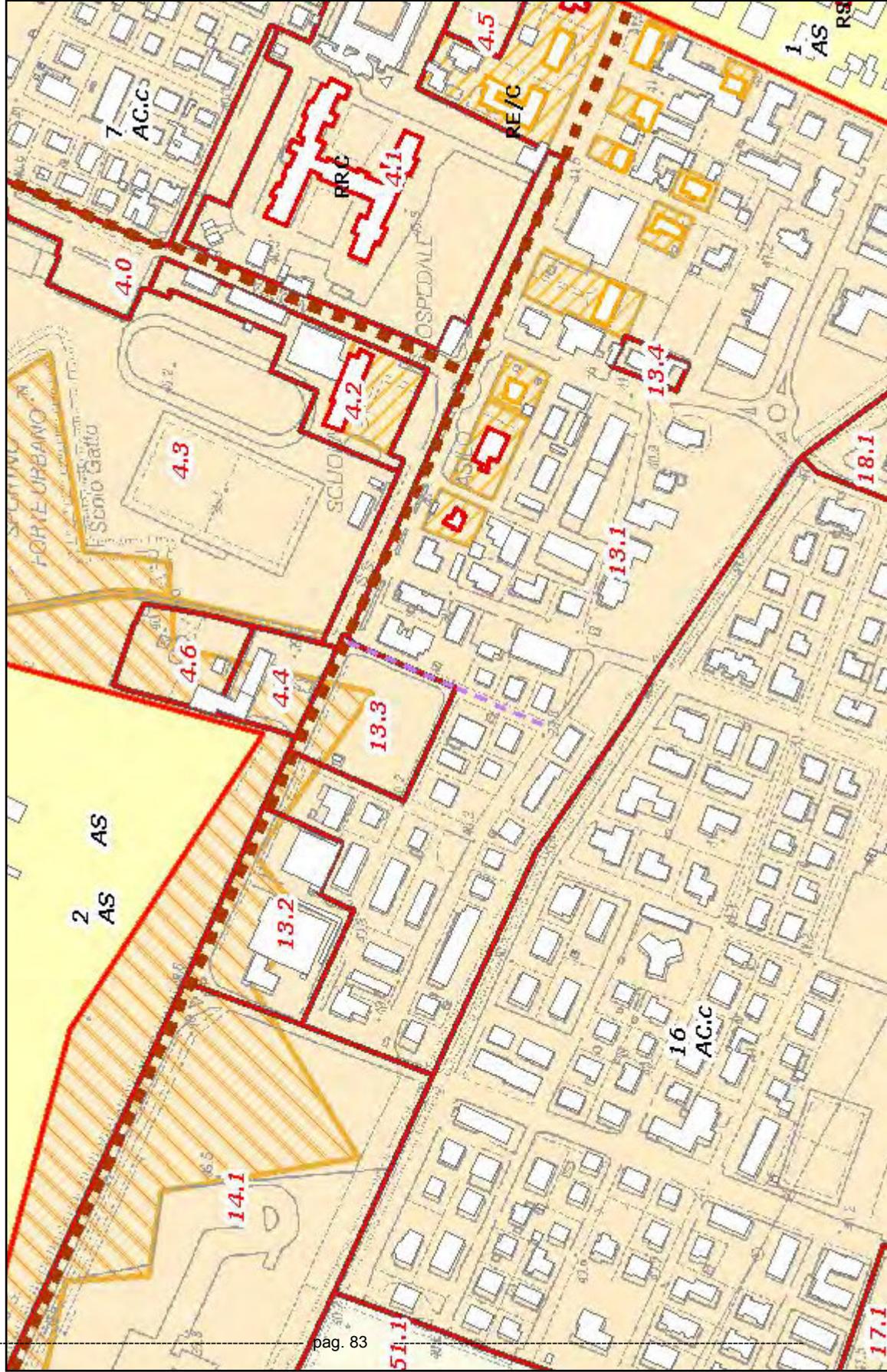
1:5.000 (2003-2007)



1:5.000 (2003-2007)

# Castelfranco Emilia

Estratto di mappa

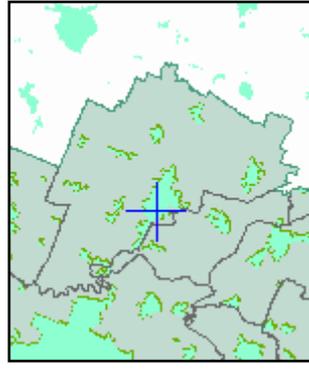


Comune di  
Castelfranco Emilia

Piano Strutturale  
Comunale

Approvato con DCC  
76 del 08/04/2009

Inquadramento  
territoriale



Scala 1:3723



# Castelfranco Emilia

Estratto di mappa

## Legenda

### Sistema insediativo (SI)



Ambiti del territorio urbanizzabile (art.70)



Ambiti del territorio urbanizzato (artt.65-68)



Ambiti, numero e tipo (art.63)



Sub-ambiti e relativo numero

### Sistema insediativo storico (SI)



AS - centri storici (art. 88)



PS - pertinenze degli edifici di valore storico (art.93)



IS.b - insediamenti storici (art.92)

### Sistema della viabilità storica (SI)



IS.d1 - viabilità storica (art.96)

### Edifici di valore storico (SI)



ES.a - edifici di valore storico-architettonico e categoria di intervento (art.100)

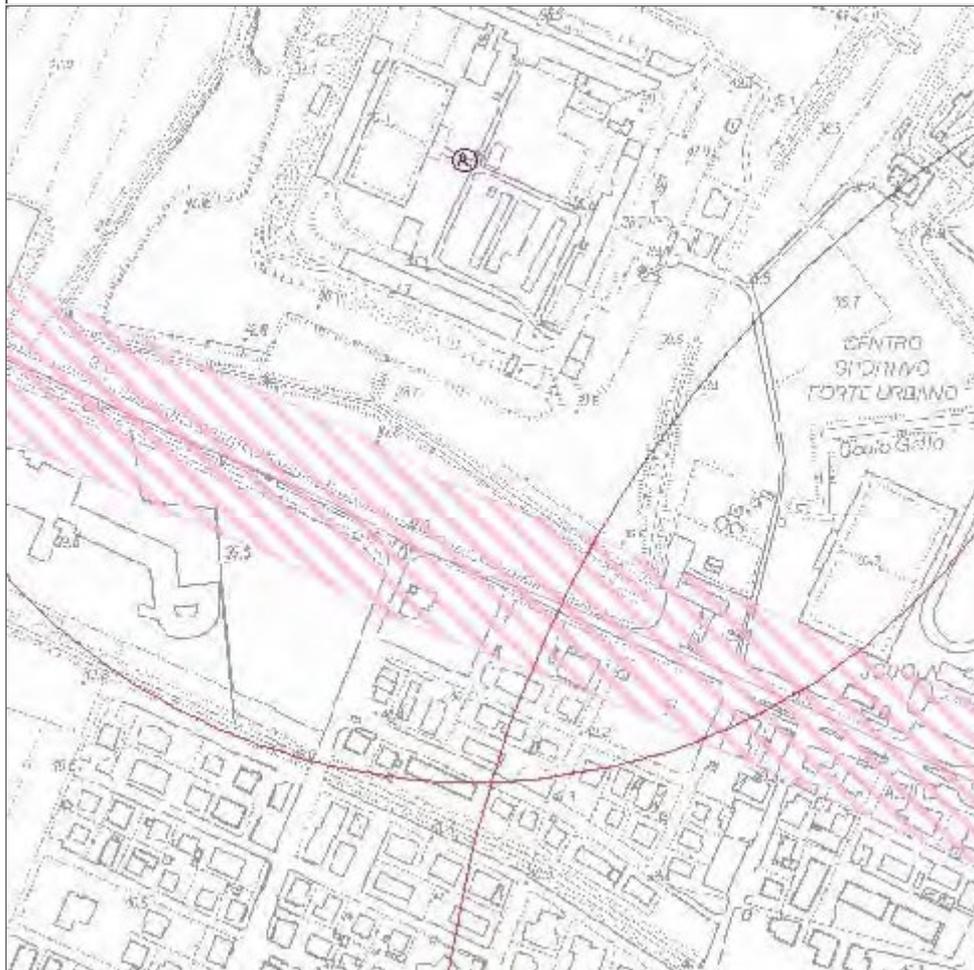


ES.a - edifici di pregio storico culturale e testimoniale e categoria di intervento (art.100)

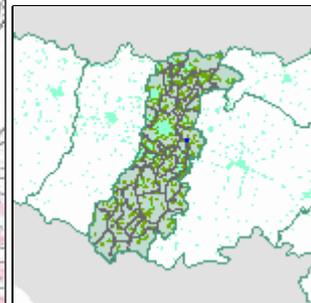
1:5.000 (2003-2007)



1:5.000 (2003-2007)


**Provincia di  
Modena  
P.T.C.P.**

 Approvazione della C.P.  
n.46 del 18/03/2009

**Quadro d'unione**


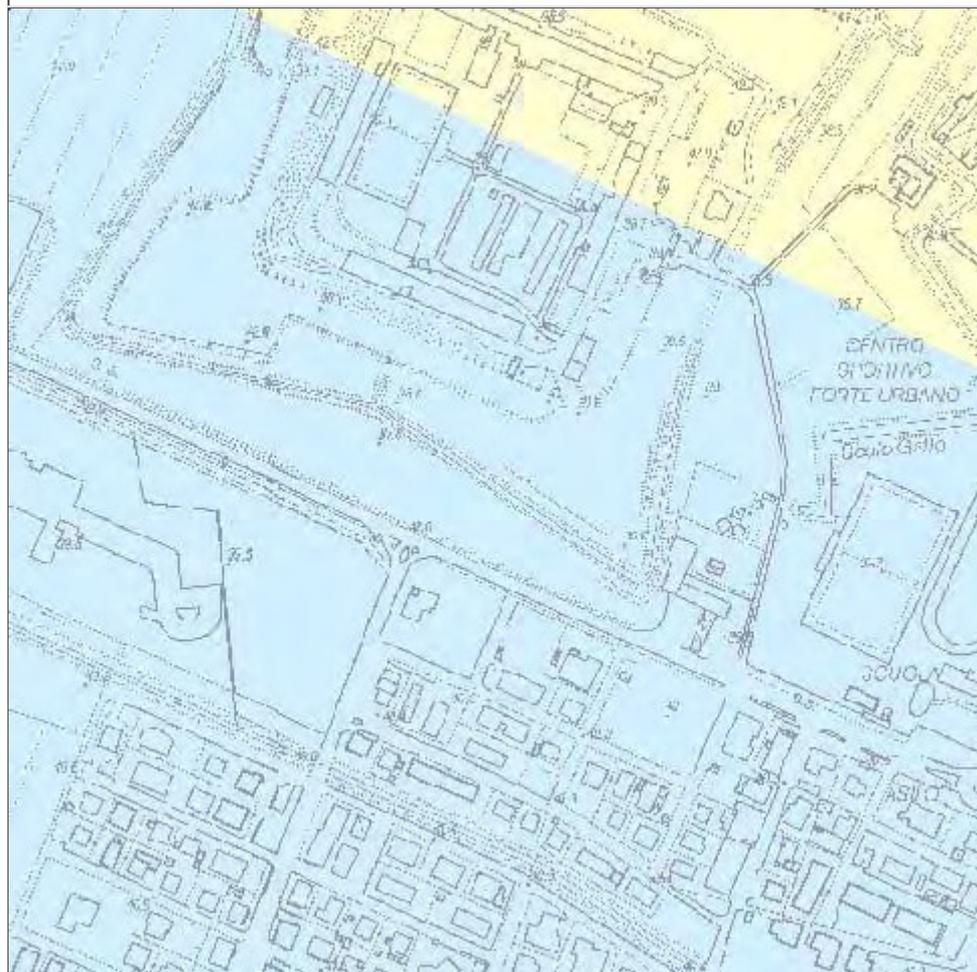
Scala 1:5146

**Legenda**
**Elaborati cartografici di Piano**
**Carta 1.1-Tutela paesaggistica e storico culturale**

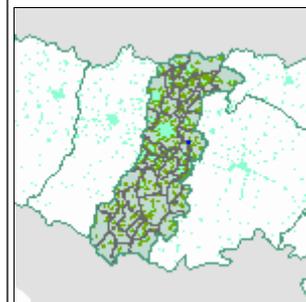
-  Zona di tutela dei corpi idrici superficialie sotterranei (Art. 12)
-  Fascia di rispetto archeologico della Via Emilia (Art. 41A, comma 5)
-  Insediamenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art.42)
-  Viabilita' panoramica (Art. 44B)
-  Strutture di interesse storico testimoniale (Art. 44D): A = bastione

**Carta Tecnica Regionale**
**1:5.000 (2008)**

-  Database Topografico 1:5.000


**Provincia di  
Modena  
P.T.C.P.**

 Approvazione della C.P.  
 n.46 del 18/03/2009

**Quadro d'unione**


Scala 1:5146

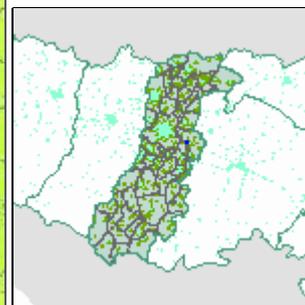
**Legenda**
**Elaborati cartografici di Piano**
**Carta 2.2 - Rischio sismico: effetti locali**
 Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

 Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti

**Carta Tecnica Regionale**
**1:5.000 (2008)**
 Database Topografico 1:5.000


**Provincia di  
Modena  
P.T.C.P.**

 Approvazione della C.P.  
 n.46 del 18/03/2009

**Quadro d'unione**


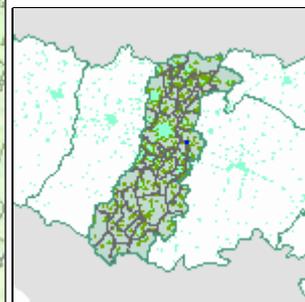
Scala 1:5146

**Legenda**
**Elaborati cartografici di Piano**
**Carta 3.1 - Vulnerabilita' all'inquinamento**
 B - grado di vulnerabilita' basso
  M - grado di vulnerabilita' medio

**Carta Tecnica Regionale**
**1:5.000 (2008)**
 Database Topografico 1:5.000


**Provincia di  
Modena  
P.T.C.P.**

 Approvazione della C.P.  
n.46 del 18/03/2009

**Quadro d'unione**


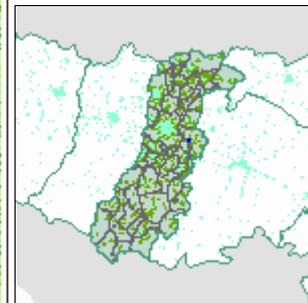
Scala 1:4058

**Legenda**
**Elaborati cartografici di Piano**
**Carta 3.2 - Zone di protezione delle acque**
 Aree caratterizzate da ricchezza di falde idriche (Art.12A)

**Carta Tecnica Regionale**
**1:5.000 (2008)**
 Database Topografico 1:5.000


**Provincia di  
Modena**  
**P.T.C.P.**

 Approvazione della C.P.  
 n.46 del 18/03/2009

**Quadro d'unione**


Scala 1:10000

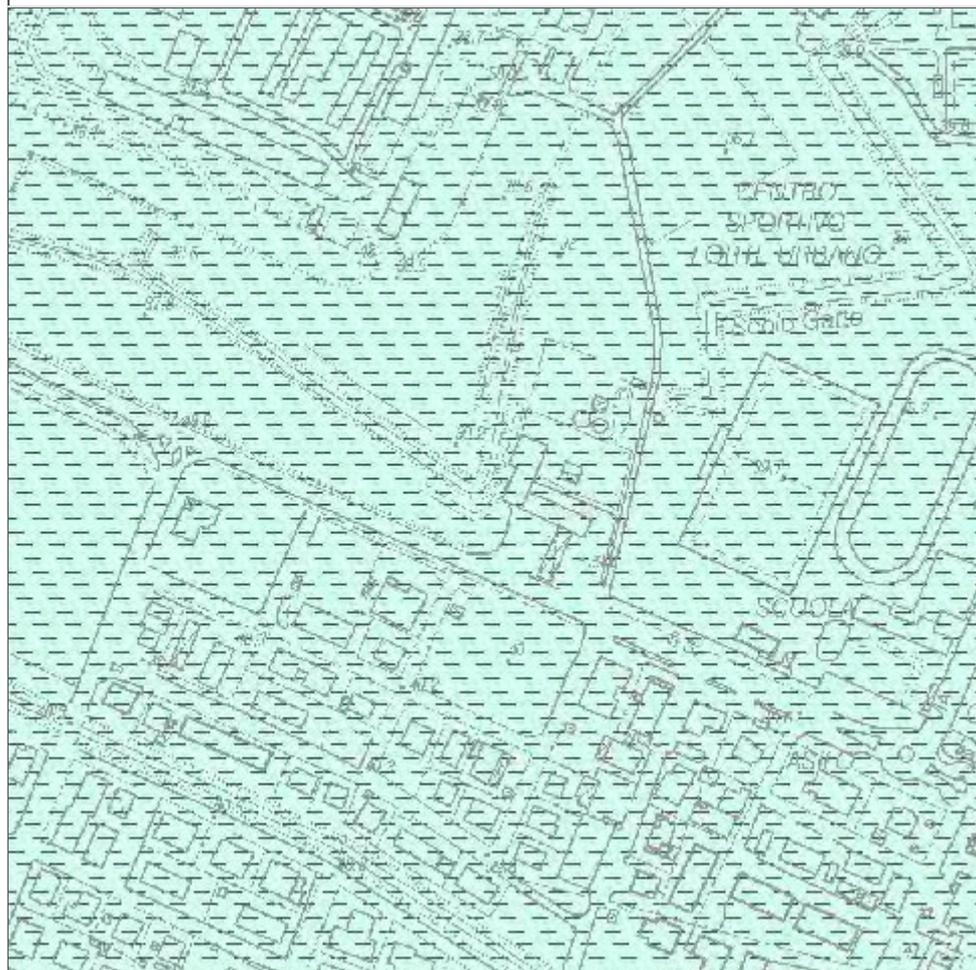
**Legenda**
**Elaborati cartografici di Piano**
**Carta 7 - Carta delle Unità di Paesaggio**

 9 Media pianura di Nonantola e nord di  
Castelfranco

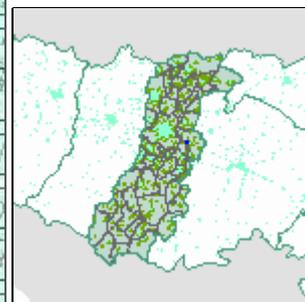

 15 Paesaggio dell'alta pianura di Castelfranco Emilia e San Cesario sul  
Panaro

**Carta Tecnica Regionale**
**1:5.000 (2008)**

 Database Topografico 1:5.000


**Provincia di  
Modena  
P.T.C.P.**

 Approvazione della C.P.  
 n.46 del 18/03/2009

**Quadro d'unione**


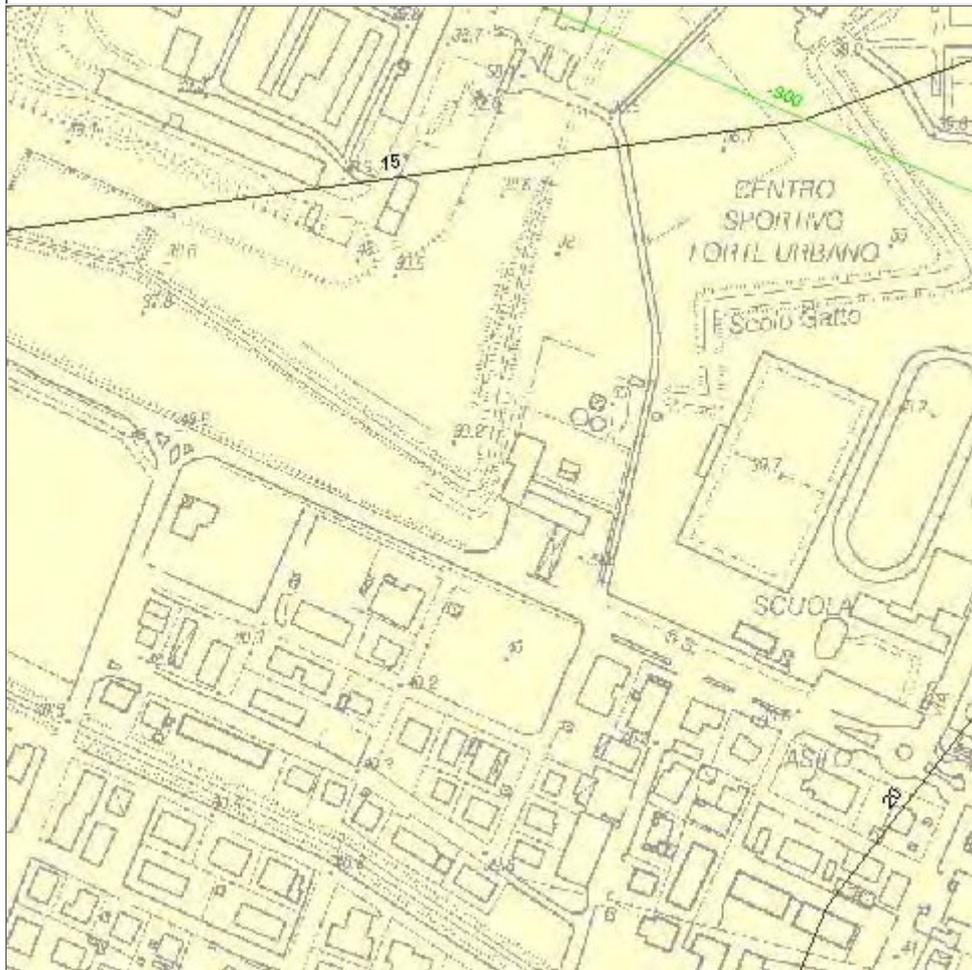
Scala 1:4058

**Legenda**
**Quadro conoscitivo**
**Tavola 2 - Effetti di sito**

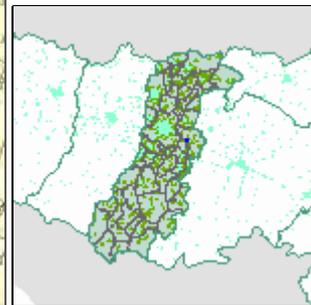

Limi e argille (peliti) di piana alluvionale

**Carta Tecnica Regionale**
**1:5.000 (2008)**


Database Topografico 1:5.000


**Provincia di  
Modena  
P.T.C.P.**

 Approvazione della C.P.  
 n.46 del 18/03/2009

**Quadro d'unione**


Scala 1:4058

**Legenda**
**Quadro conoscitivo**
**Tavola 3 - Depositi del sottosuolo**
 Ghiaie

 Isobate della base dei depositi alluvionali/tetto substrato marino

 Isobate della superficie superiore

**Carta Tecnica Regionale**
**1:5.000 (2008)**
 Database Topografico 1:5.000



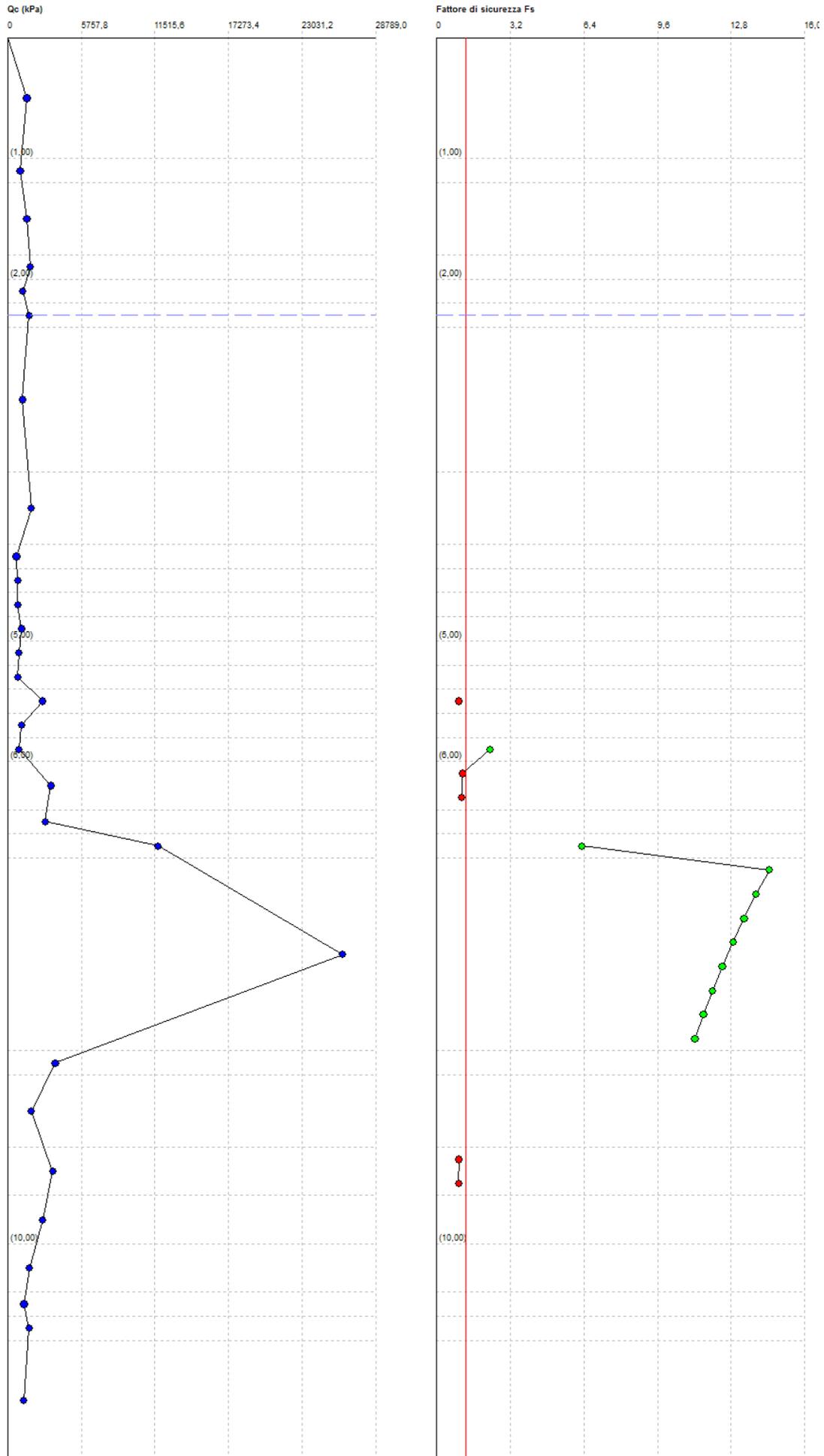
**Dr. Geol. Marco Roli**

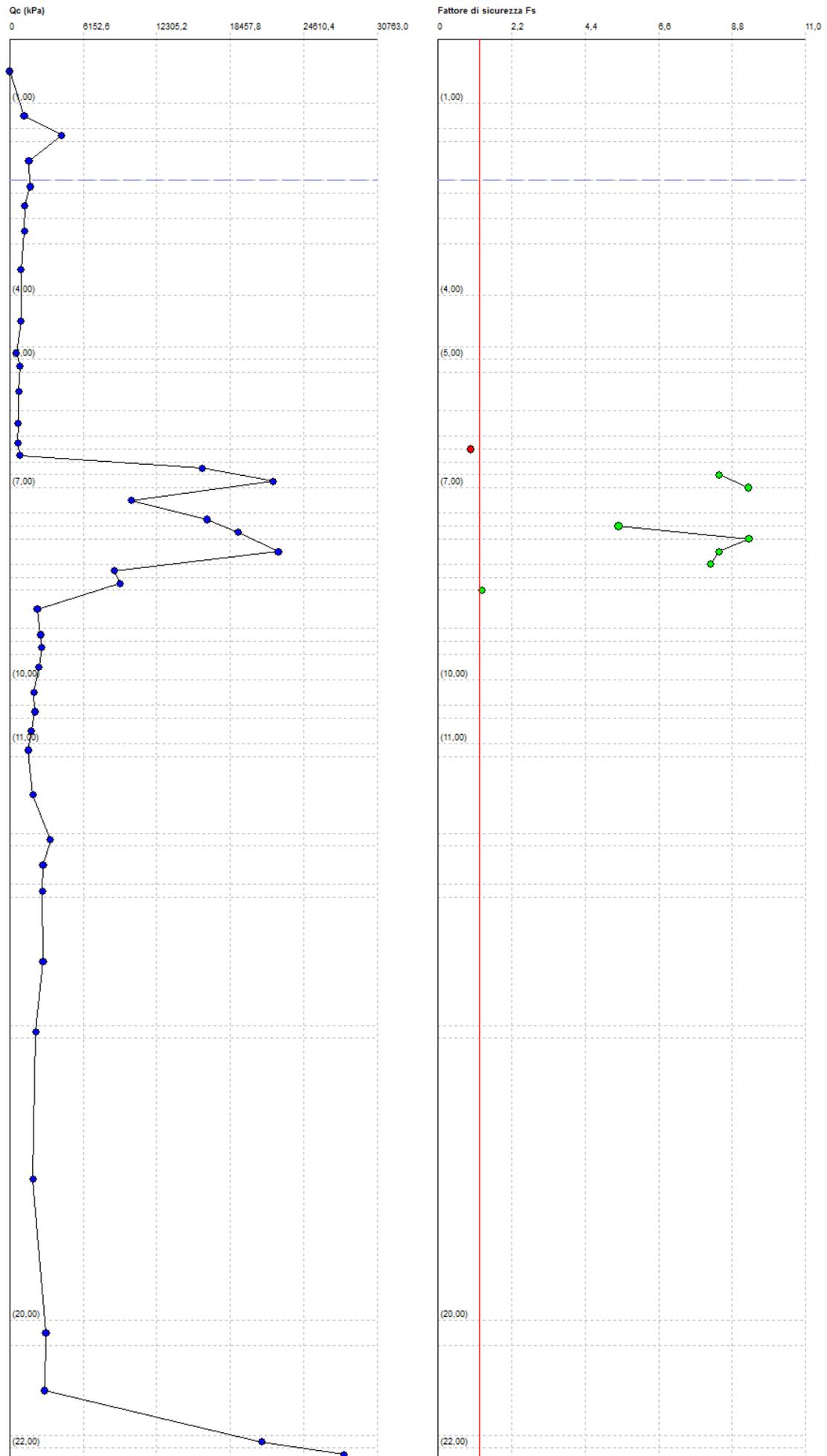
**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

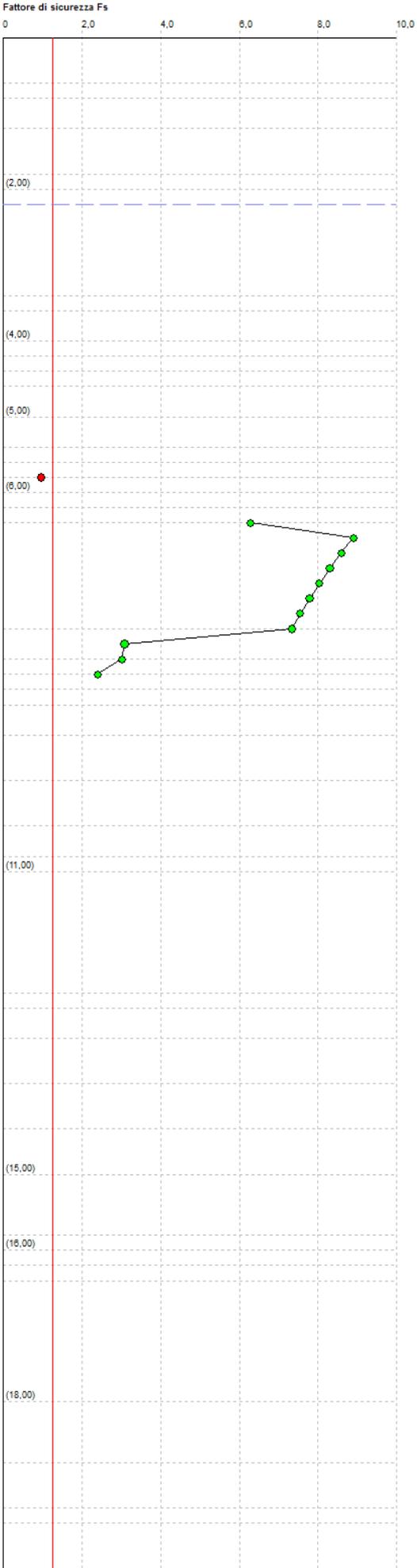
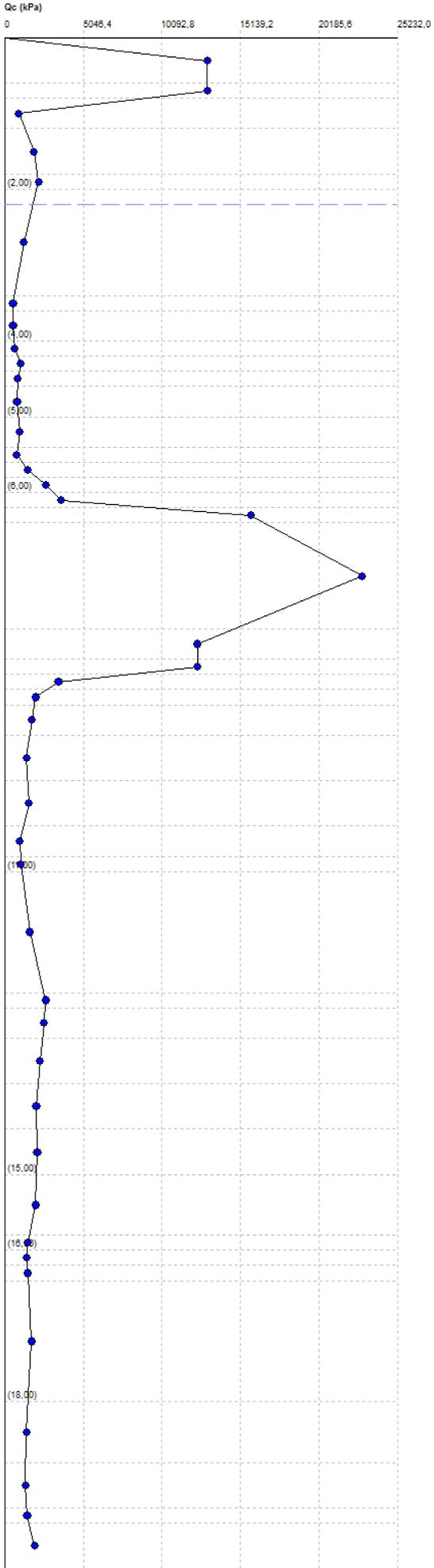
via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

# ALL: 3

## Verifica a Liquefazione







**DATI GENERALI**  
**PROGETTO E LOCALIZZAZIONE**

Titolo lavoro: verifica liquefazione

Codice identificativo

cpt 1

Cliente: finpart

Data

15/05/2016

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa

1,25

FALDA

Profondità falda idrica

2,3 m

**DATI SIMICI**

Accelerazione Bedrock

0,164

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)

1,67

Coefficiente amplificazione topografica (ST)

1

Magnitudo momento sismico (Mw)

6,14

Peak ground acceleration (PGA)

0,273

**PARAMETRI GEOTECNICI**

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Stima non eseguibile	0	1	0	0	0	0	1500	47	0
2	Limi argillosi e limi sabbiosi	1	1,2	18,5	20	0	0	980,67	32,66	0
3	Argille	1,2	1,8	19	21	0	0	1503,65	102,38	0
4	Limi argillosi e limi sabbiosi	1,8	2	18,5	20	0	0	1765,2	71,88	0
5	Argille	2	2,2	18	19,5	0	0	1176,8	85,02	0
6	Limi argillosi e limi sabbiosi	2,2	2,4	18,5	20	0	0	1667,13	65,41	0
7	Argille	2,4	3,6	18,5	20	0	0	1160,42	65,41	0
8	Limi e limi sabbiosi	3,6	4,2	18,5	20	0	0	1863,26	34,81	0
9	Argille	4,2	4,4	18	19,5	0	0	686,47	32,66	0
10	Limi argillosi e limi sabbiosi	4,4	4,6	18	19,5	0	0	784,53	19,61	0
11	Torbe	4,6	4,8	18	19,5	0	0	784,53	65,41	0
12	Limi argillosi e limi sabbiosi	4,8	5	18	19,5	0	0	1078,73	45,8	0
13	Argille	5	5,2	18	19,5	0	0	882,6	39,23	0
14	Torbe	5,2	5,4	18	19,5	0	0	784,53	71,88	0
15	Sabbie limose	5,4	5,6	20	21	0	0	2745,86	62,8	0
16	Limi argillosi e limi sabbiosi	5,6	5,8	18,5	19,5	0	0	1078,73	39,23	0
17	Argille	5,8	6	18,5	19,5	0	0	882,6	91,5	0
18	Limi e limi sabbiosi	6	6,4	19	21	0	0	3383,3	81,79	0
19	Argille	6,4	6,6	19	21	0	0	2942	268,02	0
20	Sabbie limose	6,6	6,8	20	22	0	0	11767,99	366,08	0
21	Sabbie	6,8	8,4	20	22	0	0	26171,51	294,2	0
22	Sabbie limose	8,4	8,6	20	22	0	0	3726,53	68,74	0
23	Limi e limi sabbiosi	8,6	9,2	20	21	0	0	1863,26	73,54	0
24	Sabbie limose	9,2	9,6	19	21	0	0	3530,4	87,03	0
25	Limi e limi sabbiosi	9,6	10	19	21	0	0	2745,86	68,65	0
26	Limi argillosi e limi sabbiosi	10	10,4	19	21	0	0	1716,16	62,08	0
27	Argille	10,4	10,6	18,5	20	0	0	1274,87	58,84	0
28	Limi e limi sabbiosi	10,6	10,8	18,5	20	0	0	1667,13	39,23	0
29	Argille	10,8	11,8	18,5	20	0	0	1255,25	88,95	0

**Correzione per la magnitudo (MSF)**

1,67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
2,50	28,250	26,289									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,70	32,250	28,327									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,90	36,250	30,366									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,10	40,250	32,405									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,30	44,250	34,443									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

3,50	48,250	36,482										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,70	52,250	38,521										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,90	56,250	40,559										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,10	60,250	42,598										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,30	64,200	44,587										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,50	68,100	46,525										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,70	72,000	48,464										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,90	75,900	50,403										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,10	79,800	52,341										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,30	83,700	54,280										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,50	87,750	56,369	36,573	2,363	2,485	1,331928	98,507	0,958	0,169	0,173	0,975	0	Terreno suscettibile di liquefazione	1,21	Basso
5,70	91,800	58,457										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,90	95,700	60,396	13,029	11,628	3,282	1,655737	152,533	0,955	0,410	0,176	2,332	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,10	99,750	62,485	42,801	2,491	2,448	1,265066	107,827	0,953	0,197	0,177	1,111	0	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
6,30	103,950	64,723	42,054	2,494	2,454	1,242995	107,120	0,952	0,194	0,178	1,094	0	Terreno suscettibile di liquefazione	0,00	Molto basso
6,50	108,150	66,962										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,70	112,450	69,301	141,362	3,141	2,166	1,201244	224,276	0,949	1,129	0,179	6,311	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,90	116,850	71,739	308,994	1,129	1,606	1,18065	299,997	0,947	2,591	0,179	14,450	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,10	121,250	74,178	303,872	1,129	1,611	1,16108	296,085	0,946	2,494	0,180	13,882	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,30	125,650	76,617	298,997	1,130	1,615	1,142452	292,339	0,944	2,404	0,180	13,356	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,50	130,050	79,055	294,349	1,130	1,619	1,124694	288,747	0,943	2,319	0,180	12,867	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,70	134,450	81,494	289,912	1,130	1,624	1,107738	285,299	0,941	2,240	0,180	12,412	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,90	138,850	83,933	285,669	1,130	1,628	1,091526	281,985	0,940	2,165	0,181	11,966	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,10	143,250	86,371	281,607	1,130	1,632	1,076007	278,796	0,938	2,095	0,181	11,589	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,30	147,650	88,810	277,714	1,131	1,635	1,061131	275,726	0,937	2,029	0,181	11,216	0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,50	152,050	91,249										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,70	156,350	93,587										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,90	160,550	95,826										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,10	164,750	98,065										0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

9,30	168,950	100,303	35,251	2,589	2,523	0,9984862	101,744	0,926	0,178	0,181	0,982	liquefazione	1,28	Basso
												Terreno suscettibile di liquefazione		
9,50	173,150	102,542	34,864	2,592	2,527	0,9875267	101,370	0,920	0,177	0,181	0,979	Terreno suscettibile di liquefazione	1,50	Basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,70	177,350	104,781									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,90	181,550	107,019									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,10	185,750	109,258									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,30	189,950	111,497									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,50	194,050	113,636									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,70	198,050	115,674									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,90	202,050	117,713									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,10	206,050	119,752									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,30	210,050	121,790									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,50	214,050	123,829									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11,70	218,050	125,868									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
												Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0,08 Zcrit=20 m Rischio=Basso

## DATI GENERALI

### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Verifica a Liquefazione

Codice identificativo

CPT 2

Cliente: FIN PART

Indirizzo, Coordinate: via Emilia Castelfranco Emilia - POC AND 13

Data

15/05/2016

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa

1,25

FALDA

Profondità falda idrica

2,2 m

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock

0,164

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)

1,67

Coefficiente amplificazione topografica (ST)

1

Magnitudo momento sismico (Mw)

6,14

Peak ground acceleration (PGA)

0,273

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Materiali organici e torbosi	0	1	20	21	0	0	13,53	7,85	0
2	Argille	1	1,4	18,5	20	0	0	1203,86	71,98	0
3	Sabbie limose - Limi argillosi	1,4	1,6	20	22	0	0	4341,99	71,88	0
4	Argille	1,6	2,2	19	21	0	0	1600,64	91,5	0
5	Limi argillosi e Argille limose	2,2	2,4	19	21	0	0	1707,73	45,8	0
6	Argille	2,4	2,8	18,7	20	0	0	1266,43	52,27	0
7	Argille limose - Argille	2,8	3,2	18,7	20	0	0	1224,16	42,56	0
8	Argille	3,2	4	18,5	20	0	0	961,25	42,56	0
9	Argille limose - Argille	4	4,8	18,5	20	0	0	950,26	29,42	0

10	Argille	4,8	5	18	19,5	0	0	558	19,61	0
11	Argille limose - Argille	5	5,2	18,5	20	0	0	865,73	19,61	0
12	Argille	5,2	5,8	18,5	20	0	0	767,66	39,23	0
13	Argille limose - Argille	5,8	6,2	18,5	20	0	0	725,4	19,61	0
14	Argille	6,2	6,4	18	19,5	0	0	683,13	39,23	0
15	Materiali organici e torbosi	6,4	6,6	18,5	20	0	0	879,26	320,38	0
16	Sabbie limose - Limi argillosi	6,6	6,8	19	21	0	0	16079,58	451,11	0
17	Sabbie - Sabbie limose	6,8	7	19,5	21	0	0	22061,64	320,38	0
18	Terreni fini molto consistenti sovraconsolidati o cementati	7	7,4	18,5	20	0	0	10160,09	565,55	0
19	Sabbie - Sabbie limose	7,4	7,6	19	21	0	0	16485,38	313,81	0
20	Sabbie limose - Limi argillosi	7,6	7,8	19	21	0	0	19133,18	483,76	0
21	Sabbie - Sabbie limose	7,8	8,2	20	22	0	0	22474,21	330,19	0
22	Limi argillosi e Argille limose	8,2	8,4	18,5	20	0	0	8751,65	333,43	0
23	Sabbie - Sabbie limose	8,4	8,6	18,5	20	0	0	9241,99	111,11	0
24	Limi argillosi e Argille limose	8,6	9,2	19	20	0	0	2316,43	67,57	0
25	Limi sabbiosi e Limi argillosi	9,2	9,4	19	20	0	0	2587	52,27	0
26	Argille limose - Argille	9,4	9,6	19	20	0	0	2685,06	104,64	0
27	Argille	9,6	10	19	20	0	0	2439,9	114,44	0
28	Argille limose - Argille	10	10,4	19	20	0	0	2012,13	71,98	0
29	Limi sabbiosi e Limi argillosi	10,4	10,6	19	20	0	0	2110,2	45,8	0
30	Limi argillosi e Argille limose	10,6	11	18,7	20	0	0	1816	45,8	0
31	Argille limose - Argille	11	11,2	18,5	19,5	0	0	1535,33	58,84	0
32	Argille	11,2	12,4	19	20	0	0	1948,48	124,25	0
33	Argille limose - Argille	12,4	12,6	20	21	0	0	3412,13	143,86	0
34	Argille	12,6	13,2	20	21	0	0	2795,58	209,18	0
35	Argille limose - Argille	13,2	13,4	20	21	0	0	2739,19	104,64	0
36	Argille	13,4	15,4	20	21	0	0	2790,58	198,78	0
37	Limi sabbiosi e Limi argillosi	15,4	15,6	20	21	0	0	2177,86	39,23	0
38	Argille	15,6	20	19	20	0	0	1954,56	120,92	0
39	Argille limose - Argille	20	20,4	20	21	0	0	3030,06	130,82	0
40	Argille	20,4	21,8	19	20	0	0	2939,74	249,38	0
41	Terreni fini molto consistenti sovraconsolidati o cementati	21,8	22	21	22	0	0	21087,84	1032,93	0
42	Sabbie - Sabbie limose	22	22,2	21	22	0	0	27966,03	601,44	0

Correzione per la magnitudo (MSF)														
1,67														
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ie	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
2,40	47,000	45,039									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,60	51,000	47,077									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,80	55,000	49,116									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,00	59,000	51,155									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,20	63,000	53,193									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,40	67,000	55,232									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,60	71,000	57,271									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,80	75,000	59,309									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,00	79,000	61,348									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,20	83,000	63,387									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,40	87,000	65,425									0	Terreno non	0	Molto basso



11,80	236,300	142,156								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,00	240,300	144,195								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,20	244,300	146,234								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,40	248,300	148,272								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,60	252,500	150,511								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12,80	256,700	152,750								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,00	260,900	154,988								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,20	265,100	157,227								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,40	269,300	159,466								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,60	273,500	161,704								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13,80	277,700	163,943								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,00	281,900	166,182								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,20	286,100	168,420								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,40	290,300	170,659								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,60	294,500	172,898								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14,80	298,700	175,136								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15,00	302,900	177,375								0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0,05 Zcrit=20 m Rischio=Basso

### DATI GENERALI

#### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: verifica liquefazione

Codice identificativo cpt 3

Cliente: finpart

Data 15/05/2016

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

#### FALDA

Profondità falda idrica 2,2 m

#### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,164

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,67

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6,14

Peak ground acceleration (PGA) 0,273

#### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Limi argillosi e limi sabbiosi	0	0,6	19	20	0	0	13000	0	0
2	Torbe	0,6	0,8	19	20	0	0	13000	39,23	0
3	Argille	0,8	1,2	18,5	20	0	0	902,9	49,03	0
4	Limi e limi sabbiosi	1,2	1,8	19	21	0	0	1890,33	52,27	0
5	Limi argillosi e limi sabbiosi	1,8	2	19	21	0	0	2184,53	91,5	0
6	Argille	2	3,4	18,5	20	0	0	1221,22	67,27	0
7	Torbe	3,4	3,6	18	19,5	0	0	544,47	39,23	0
8	Argille	3,6	4	18	19,5	0	0	544,47	26,18	0
9	Torbe	4	4,2	18,5	20	0	0	656,07	52,27	0
10	Limi argillosi e limi sabbiosi	4,2	4,4	19	21	0	0	1048,33	39,23	0
11	Argille	4,4	4,6	18,5	20	0	0	852,2	39,23	0
12	Torbe	4,6	5	18,5	20	0	0	803,17	49,03	0
13	Argille	5	5,4	18,5	20	0	0	963,8	65,41	0
14	Torbe	5,4	5,6	18	19,5	0	0	767,66	58,84	0
15	Limi e limi sabbiosi	5,6	5,8	19	21	0	0	1454,13	43,6	0

16	Limi argillosi e limi sabbiosi	5,8	6	19	21	0	0	2630,93	92,3	0
17	Argille	6	6,2	20	21	0	0	3625,13	261,54	0
18	Sabbie limose	6,2	6,4	20	22	0	0	15785,38	326,86	0
19	Sabbie	6,4	7,8	20	22	0	0	22937,96	242,81	0
20	Sabbie limose	7,8	8,2	20	22	0	0	12373,35	245,17	0
21	Sabbie	8,2	8,4	20	22	0	0	12380,12	189,56	0
22	Limi argillosi e limi sabbiosi	8,4	8,6	19	21	0	0	3456,06	137,29	0
23	Argille	8,6	8,8	19	21	0	0	1985,06	137,29	0
24	Limi argillosi e limi sabbiosi	8,8	9,2	19	21	0	0	1746,66	75,22	0
25	Argille	9,2	9,8	19	21	0	0	1410,2	78,45	0
26	Limi argillosi e limi sabbiosi	9,8	10,4	19	21	0	0	1549,94	67,57	0
27	Argille	10,4	10,8	18,5	20	0	0	982,43	49,03	0
28	Limi argillosi e limi sabbiosi	10,8	11	18,5	20	0	0	1031,46	39,23	0
29	Argille	11	12,6	18,5	20	0	0	1626,24	93,95	0
30	Limi argillosi e limi sabbiosi	12,6	12,8	18,5	20	0	0	2627,6	124,25	0
31	Argille	12,8	13,2	18,5	20	0	0	2536,3	130,82	0
32	Limi argillosi e limi sabbiosi	13,2	13,8	19	21	0	0	2281,52	95,91	0
33	Argille	13,8	14,4	19	21	0	0	2029,09	106,79	0
34	Limi argillosi e limi sabbiosi	14,4	15	19	21	0	0	2098,92	98,07	0
35	Argille	15	15,8	19	21	0	0	1981,73	112,78	0
36	Limi argillosi e limi sabbiosi	15,8	16	19	21	0	0	1491,4	52,27	0
37	Argille	16	16,2	19	21	0	0	1406,86	65,41	0
38	Limi argillosi e limi sabbiosi	16,2	16,4	19	21	0	0	1504,93	65,41	0
39	Argille	16,4	18	19	21	0	0	1734,01	89,93	0
40	Limi argillosi e limi sabbiosi	18	18,8	19	21	0	0	1409,41	60,51	0
41	Argille	18,8	19,4	19	21	0	0	1344,88	78,45	0
42	Limi argillosi e limi sabbiosi	19,4	19,6	19	21	0	0	1447,46	58,84	0
43	Argille	19,6	20,2	19	21	0	0	1909,65	102,38	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
2,40	45,500	43,539									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,60	49,500	45,577									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,80	53,500	47,616									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,00	57,500	49,655									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,20	61,500	51,693									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,40	65,500	53,732									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,60	69,400	55,671									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,80	73,300	57,609									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,00	77,200	59,548									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,20	81,200	61,587									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,40	85,400	63,825									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,60	89,400	65,864									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,80	93,400	67,903									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,00	97,400	69,941									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,20	101,400	71,980									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,40	105,400	74,019									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,60	109,300	75,957									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,80	113,500	78,196	17,144	3,252	2,828	1,278837	93,545	0,956	0,156	0,161	0,968	Terreno suscettibile di liquefazione	1,56	Basso
6,00	117,700	80,435									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,20	121,900	82,673									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,40	126,300	85,112	171,104	2,087	1,975	1,083938	217,037	0,951	1,031	0,164	6,285	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,60	130,700	87,551	245,146	1,065	1,650	1,068735	245,997	0,950	1,464	0,165	8,890	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,80	135,100	89,989	241,802	1,065	1,654	1,054155	243,324	0,948	1,420	0,165	8,584	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,00	139,500	92,428	238,590	1,065	1,658	1,040155	240,746	0,946	1,378	0,166	8,298	Terreno non suscettibile di	0	Molto basso

7,20	143,900	94,867	235,504	1,065	1,662	1,026699	238,259	0,945	1,338	0,167	8,031	liquefazione	0	Molto basso
7,40	148,300	97,305	232,534	1,065	1,666	1,013752	235,856	0,943	1,300	0,167	7,781	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,60	152,700	99,744	229,674	1,066	1,669	1,001282	233,534	0,942	1,264	0,168	7,546	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,80	157,100	102,183	226,917	1,066	1,673	0,9892617	231,288	0,940	1,231	0,168	7,324	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,00	161,500	104,621	120,970	2,008	2,060	0,9776642	167,735	0,939	0,519	0,168	3,081	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,20	165,900	107,060	119,584	2,008	2,063	0,9664652	166,482	0,937	0,509	0,169	3,016	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,40	170,300	109,499	118,310	1,553	1,986	0,9556425	151,629	0,936	0,404	0,169	2,390	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,60	174,500	111,737									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,80	178,700	113,976									0	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0,05 Zcrit=20 m Rischio=Basso



**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

**ALL: 4**

## **Certificato elaborazione HVSR**

## CASTELFRANCO E 13\_3,

Strumento: EXT- SARA SR04HS

Inizio registrazione: 20/02/15 13:33:33 Fine registrazione: 02/00/05 00:00:00

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

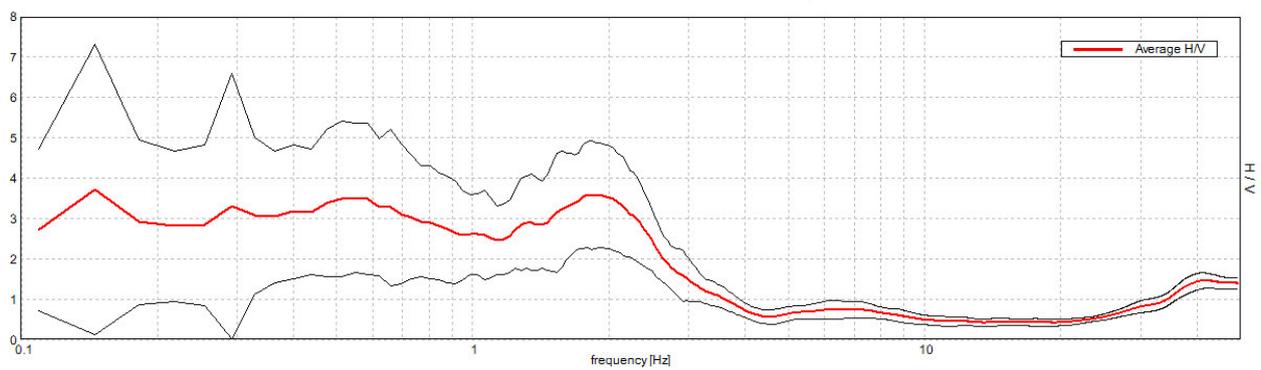
Freq. campionamento: 300 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

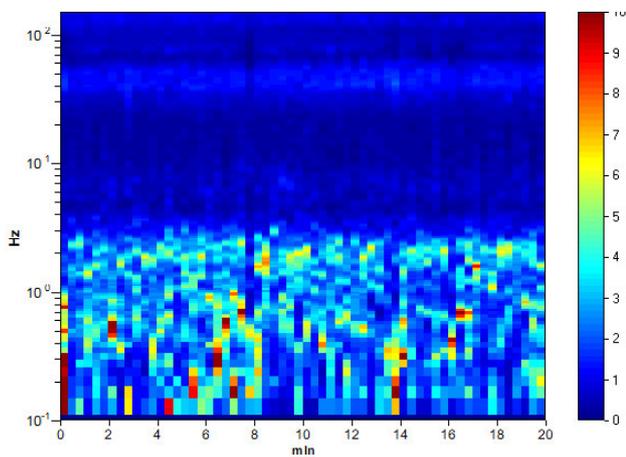
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

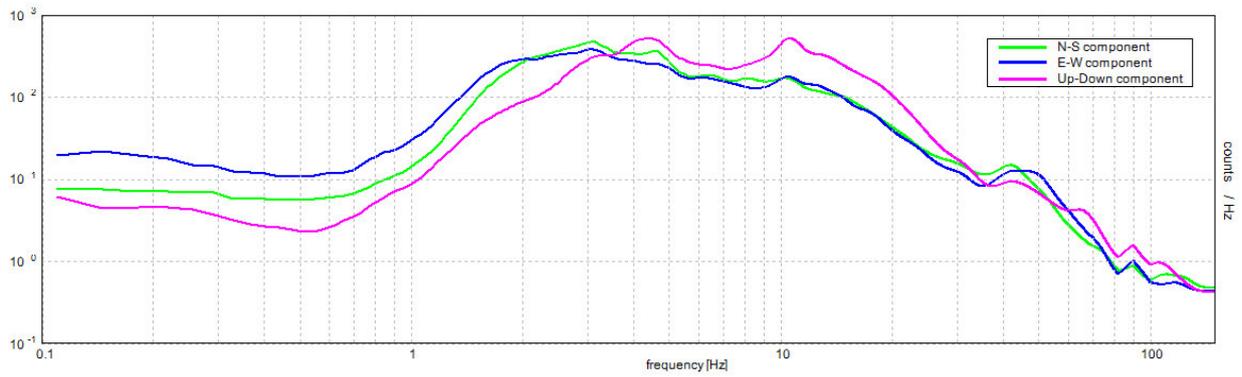
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



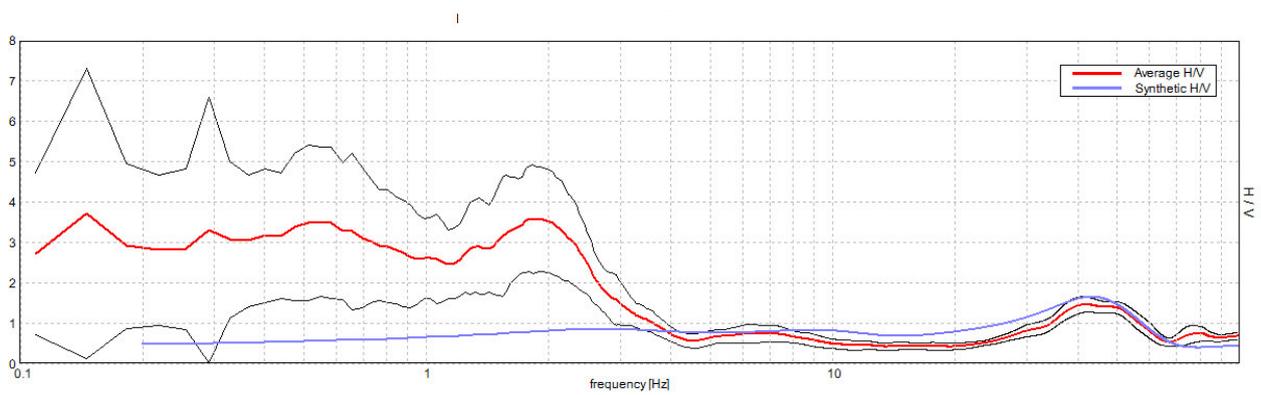
### SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

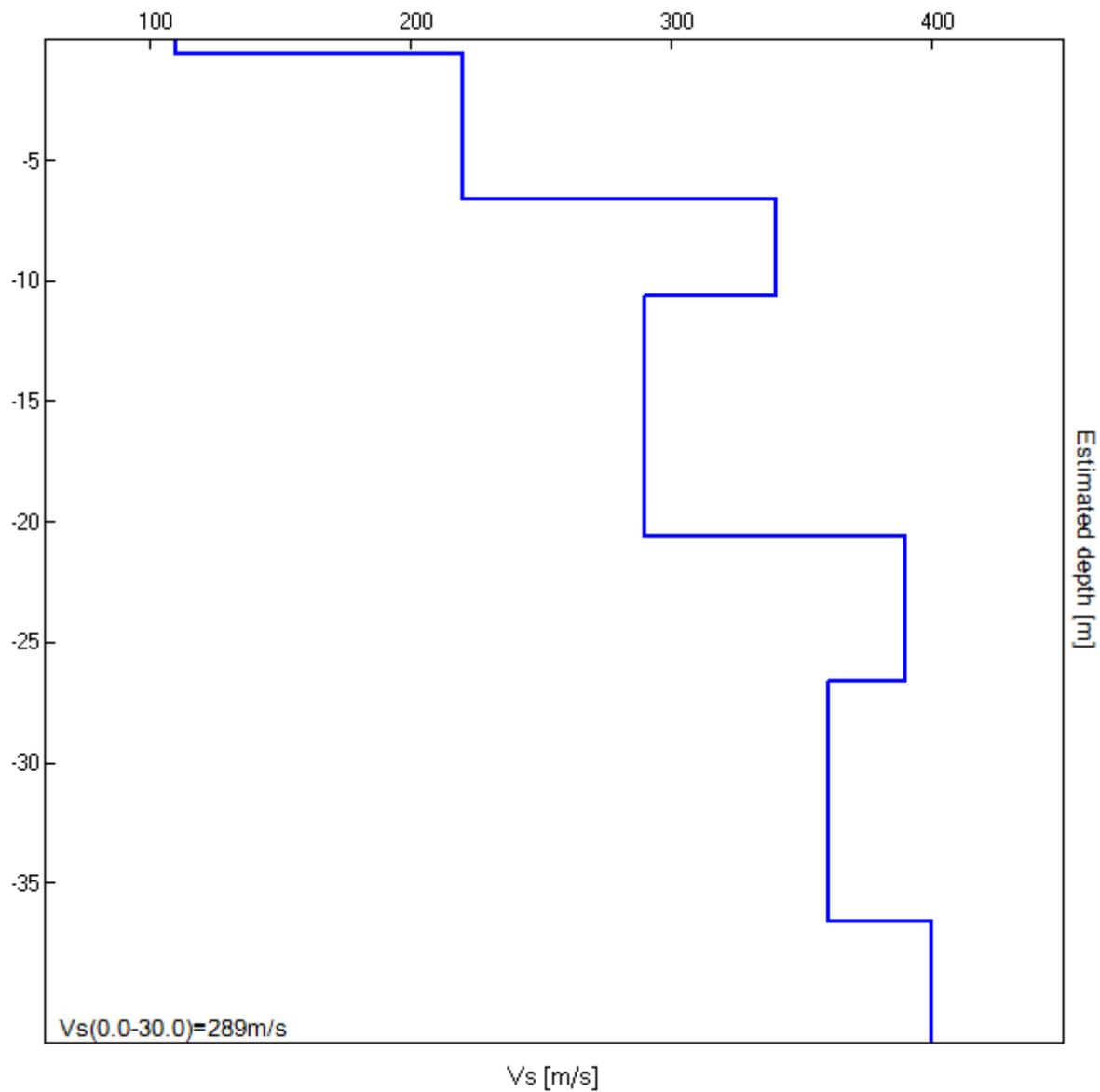


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	110	0.35
6.60	6.00	220	0.35
10.60	4.00	340	0.35
20.60	10.00	290	0.35
26.60	6.00	390	0.35
36.60	10.00	360	0.35
inf.	inf.	400	0.35

Vs(0.0-30.0)=289m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $1.78 \pm 0.06$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 150.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.65 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$225.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1256	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.073 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	$3.71 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19338  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02833 < 0.03662$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.7879 < 3.0$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

# Dott. Michela Malagoli

Chimico, Ordine dei Chimici di Modena N°420

Tecnico competente in acustica ambientale



**AMBITO 13.3 DI PSC DI CASTELFRANCO EMILIA (MO).  
AMPLIAMENTO DELLA DESTINAZIONE D'USO: STRUTTURE  
COMMERCIALI-ALIMENTARI DI MEDIA DIMENSIONE.**

**VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO  
AI SENSI DELL'ART 8 COMMA 2 DELLA LEGGE 447/95°**

**Modena 26 Gennaio 2015**

**dott. Michela Malagoli**

Tecnico competente in acustica ambientale  
Comunicazione Provincia di Modena  
prot. n. 53955/3.3.5 del 21/04/2004



## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. ANALISI DEI LIMITI VIGENTI .....	4
3. METODOLOGIA DI INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	5
4. DISCUSSIONE DEI RISULTATI DELLE MISURE .....	7
5. VALUTAZIONE CLIMA ACUSTICO STATO DI FATTO .....	9
6. TARATURA DEL MODELLO .....	13
7. DESCRIZIONE MODELLO DELLO STATO DI PROGETTO.....	14
8. STIMA DEL VALORE ASSOLUTO DI IMMISSIONE ‘POST OPERAM’ .....	18
9. STIMA DEL VALORE DIFFERENZIALE DI IMMISSIONE .....	20
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	22

## 1. PREMESSA

Oggetto della presente indagine è l'esecuzione di rilevazioni acustiche preliminari finalizzate alla verifica dell'impatto acustico relativo all'ampliamento della destinazione d'uso dell'Ambito 13.3 di PSC di Castelfranco Emilia (F. 51 Mapp.li 105 e 106) includendo strutture commerciali-alimentari di media dimensione, con superficie di vendita non superiore a 800 mq. In Figura 1 viene riportata la delimitazione dell'Ambito citato.

Lo stato progettuale al momento ha individuato esclusivamente la possibile destinazione d'uso non sono pertanto disponibili dati relativi alla geometria dei fabbricati ne tanto meno alle tipologie di impianti. L'indagine pertanto procede effettuando una serie di ipotesi verosimili allo scopo di permettere di quantificare in prima approssimazione i livelli di pressione sonora che una struttura di questo tipo può indurre sui ricettori limitrofi senza però definire vincoli progettuali.

Nel caso in cui al semplice ampliamento delle destinazioni d'uso ammesse segua la progettazione vera e propria di una struttura commerciale alimentare di media dimensione sarà necessario aggiornare la valutazione di impatto acustico al fine di tenere in considerazione l'effettivo stato di progetto.



**Figura 1 Localizzazione dell'area oggetto di studio**

Il nuovo insediamento è previsto lungo Via Emilia Ovest, in un tratto in cui l'asse storico è stato declassato da Strada Statale a strada Comunale dall'apertura della tangenziale di Castelfranco Emilia. L'area risulta inserita in un contesto residenziale posto al margine occidentale del centro urbano di Castelfranco non lontano dal centro storico.

Il clima acustico dell'area di indagine è in primo luogo determinato dal rumore proveniente dal traffico circolante su Via Emilia Ovest, nonostante la notevole riduzione di traffico conseguente

all'apertura della tangenziale la strada rimane una direttrice rilevante per quanto riguarda il traffico urbano. Sorgenti secondarie risultano essere il distributore di carburante e il centro sportivo entrambi sul versante opposto di Via Emilia Ovest.

## 2. ANALISI DEI LIMITI VIGENTI

In base alla classificazione acustica del territorio effettuata dal Comune di Castelfranco Emilia, della quale si riporta uno stralcio in Figura 2 l'area risulta in prevalenza assegnata alla classe IV<sup>a</sup>, a fascia di 50 m posta al bordo stradale della via Emilia, in tale area i limiti sono di 65 dBA in periodo diurno e 55 dBA in periodo notturno, la parte più a sud, per circa 15 m, è assegnata alla classe III<sup>a</sup> a cui vengono associati i limiti di 60 dBA per il periodo diurno e di 50 dBA per il periodo notturno.

Il lotto in esame risulta escluso dalle fasce territoriali di pertinenza delle infrastrutture stradali di cui alle disposizioni del DPR 30/03/2004 n.142 che fissa i limiti di inquinamento acustico per le arterie stradali. Via Emilia Ovest nel tratto prospiciente risulta classificata come strada locale interzonale primaria EF1.

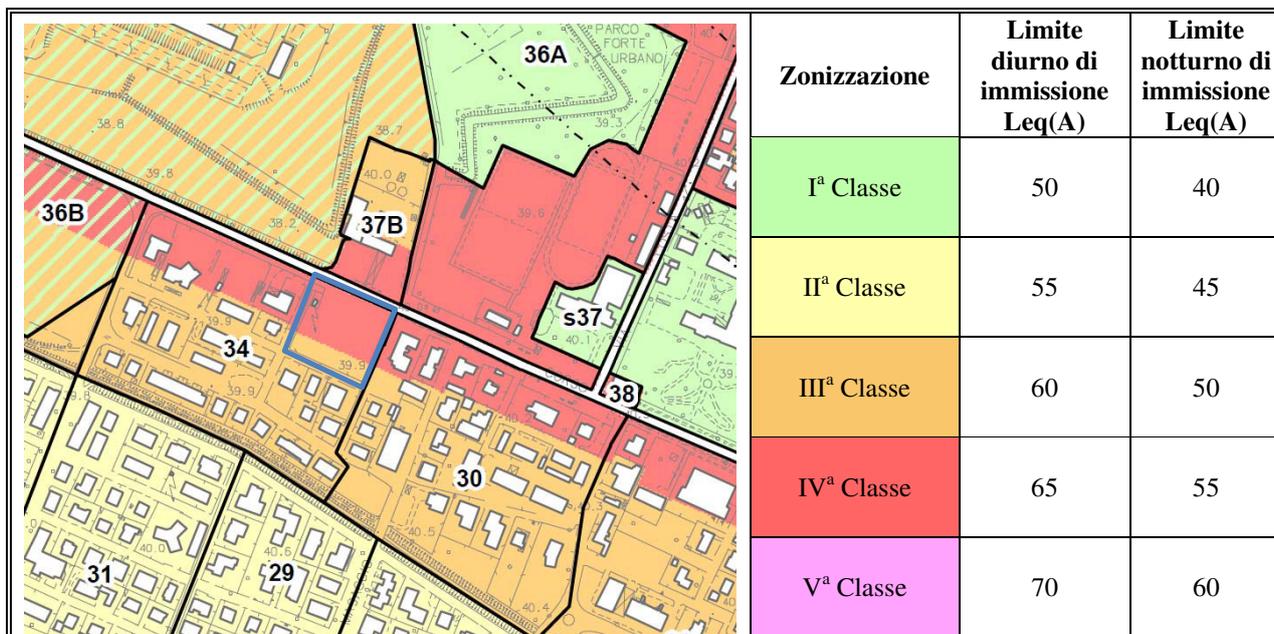


Figura 2 Classificazione acustica dell'area in esame

Trattandosi di un'attività produttiva l'emissione sonora degli impianti tecnologici, all'interno degli ambienti di vita, non può superare il valore differenziale di immissione, come definito dal DPCM 14-11-97: "differenza tra il valore di Leq misurato ad impianto in funzione ed il valore misurato ad impianto disattivato". Tale valore limite risulta pari a: 5 dB(A) in periodo diurno e 3 dB(A) in periodo notturno. L'applicabilità del limite differenziale è vincolata al superamento dei seguenti livelli minimi di rumore ambientale:

- a finestre aperte: 50 dB(A) in periodo diurno e 40 dB(A) in periodo notturno;
- a finestre chiuse: 35 dB(A) in periodo diurno e 25 dB(A) in periodo notturno.

In presenza di componenti tonali e/o di componenti impulsive si deve applicare la penalizzazione prevista al punto 15 dell'Allegato A al DM 16/3/98, ovvero sommare 3 alla differenza calcolata; ciò comporta, ad esempio, che in presenza di un tono puro, il limite notturno risulta sempre superato se il valore misurato raggiunge la soglia di applicabilità.

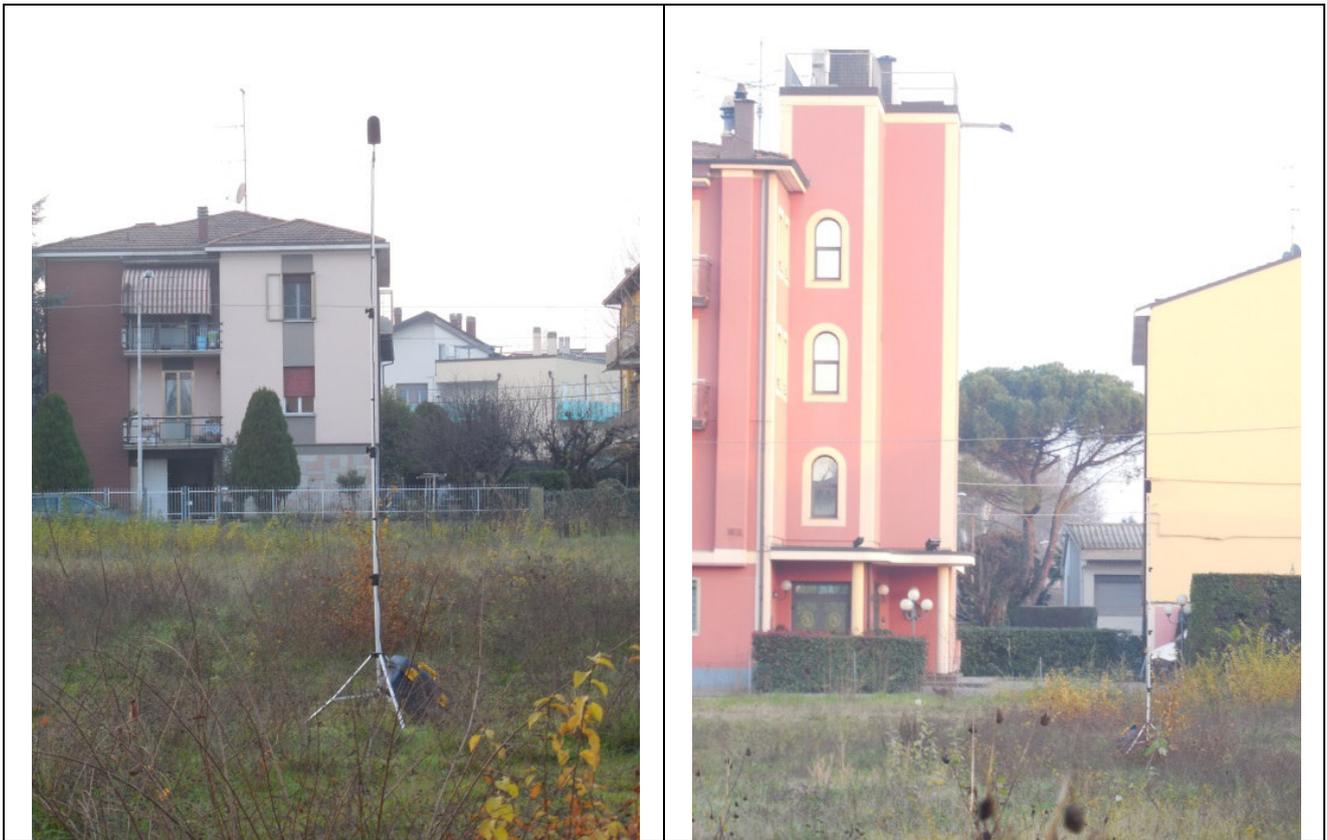
### 3. METODOLOGIA DI INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La valutazione dell'impatto e del clima acustico legato al progetto in indagine è stata svolta in due momenti: una prima fase di caratterizzazione in cui sono state eseguite rilevazioni di rumore in un punto scelto in prossimità dell'area interessata per indagarne il clima acustico attuale; successivamente è stato realizzato un modello numerico in grado di simulare il rumore legato alla nuova attività produttiva che ha permesso di calcolare la rumorosità prevista a fine lavori in corrispondenza del fabbricato in progetto e delle residenze limitrofe.

E' stata effettuata una misure di 24 ore nel punto P<sub>0</sub> dalle ore 15.00 di venerdì 19 dicembre 2014 alle ore 15.00 del giorno successivo. Il punto di misura si trova alla distanza di 50 m dal bordo stradale di Via Emilia Ovest ed a 30m da via Leopardi in corrispondenza del confine tra l'area assegnata alla IV classe acustica e quella assegnata alla III



Figura 3 Localizzazione punto di misura



**Figura 4 Fotografie punti di misura**

La localizzazione del punto di misura è riportata in Figura 4 mentre le fotografie in figura producono la collocazione del microfoni nel punto di misura. La misura è stata effettuata posizionando il microfono all'altezza di 4 m dal piano campagna in ottemperanza all'allegato C del D.M. Ambiente 16/3/98.

La misura giornaliera nel punto  $P_0$  è stata eseguita con un fonometro Larson Davis modello 824 n° di serie serie 0134, classe 1 IEC 651, IEC 804 e IEC 1260 dotato di un microfono modello 2541 n° di serie 4934, classe 1 IEC 942; il fonometro ed il microfono sono stati tarati, in conformità a quanto prescritto dal comma 4 dell'art.2 del D.M. 16/3/1998, il fonometro ed il microfono in data 15/12/2014 con certificato di taratura n°11777 presso il centro di taratura SIT n°163 SPECTRA Srl Via Belvedere, 42 Arcore Milano.

La linea di strumenti utilizzata per le misurazioni risponde alle specifiche di classe 1 delle norme EN 61672-1 ed EN 61672-2; all'inizio e alla fine della misura è stata eseguita la calibrazione utilizzando un calibratore CAL 200 Matricola 0624 tarato 12/15/2014 con certificato n. 11775 presso il centro SIT 163 Laboratorio Certificazione Spectra S.r.l. Via Belvedere, 42 Arcore (MI), la differenza tra le due calibrazioni effettuate è risultata minore di 0,1 dB(A).

#### 4. DISCUSSIONE DEI RISULTATI DELLE MISURE

I risultati della misura di 24 ore eseguita nel punto P0 sono riportati nel grafico di Figura 5 in Tabella 1; tali valori sono stati ottenuti con tempi di integrazione di 1 secondo e di 10 minuti; vengono inoltre riportati alcuni livelli statistici che contribuiscono a descrivere meglio l'area d'indagine.

Nella Tabella 2 sono elencati i valori di Leq delle misure giornaliere ottenuti con tempi di integrazione di 30 minuti. In azzurro sono evidenziati quelli relativi al periodo notturno.

**Tabella 1 Risultati globali delle rilevazioni effettuate**

Punto misura	Durata misura	Inizio misura	Livelli di pressione sonora (FAST) (dBA)									
			Periodo diurno					Periodo notturno				
			Leq	L99	L90	L10	L1	Leq	L99	L90	L10	L1
P0	24h	15.00	60,0	39,0	50,0	62,5	65,0	54,5	28,0	31,0	59,5	63,0

**Tabella 2 Risultati Leq "30min" in P0**

Ora	Leq	Ora	Leq	Ora	Leq	Ora	Leq
15:00	60,4	21:00	58,2	03:00	50,9	09:00	60,1
15:30	60,2	21:30	56,6	03:30	51,6	09:30	60,3
16:00	60,5	22:00	56,8	04:00	50,2	10:00	60,6
16:30	61,7	22:30	55,5	04:30	51,6	10:30	60,3
17:00	59,4	23:00	55,9	05:00	51,2	11:00	60,7
17:30	59,3	23:30	56,4	05:30	53,4	11:30	60,6
18:00	60,0	00:00	56,9	06:00	55,4	12:00	60,8
18:30	59,1	00:30	56,4	06:30	56,6	12:30	60,6
19:00	59,6	01:00	55,7	07:00	57,9	13:00	60,4
19:30	61,2	01:30	54,8	07:30	59,3	13:30	59,6
20:00	63,6	02:00	51,7	08:00	59,3	14:00	59,4
20:30	59,8	02:30	52,4	08:30	59,2	14:30	59,4

Il grafico della misura giornaliera nel punto P0 presenta un livello di Leq abbastanza costante durante la giornata determinato principalmente dall'emissione legata al transito di veicoli lungo Via Emilia Ovest. I valori di Leq rilevati per 10 minuti che si mantengono generalmente costanti attorno ai 60 dBA tra le 7:30 e le 20:30 presentano un andamento concavo in periodo notturno con un minimo non particolarmente accentuato alle 4:00. Non si evidenziano particolari massimi nel valore di Leq in corrispondenza degli orari di punta del traffico mentre l'andamento del rumore di fondo risulta fortemente correlato con il flusso di traffico. La forma del grafico è quella tipica di un'area la cui principale sorgente risulta essere il traffico veicolare di una strada caratterizzata da flussi di traffico comunque non trascurabili; la ferrovia è ad una distanza di circa 500 m ed il passaggio dei treni, in sostanziale assenza di schermature, produce picchi con valori di Leq dello stesso livello di quelli del traffico veicolare ma per un tempo più elevato e sono percepibili soprattutto in periodo notturno.

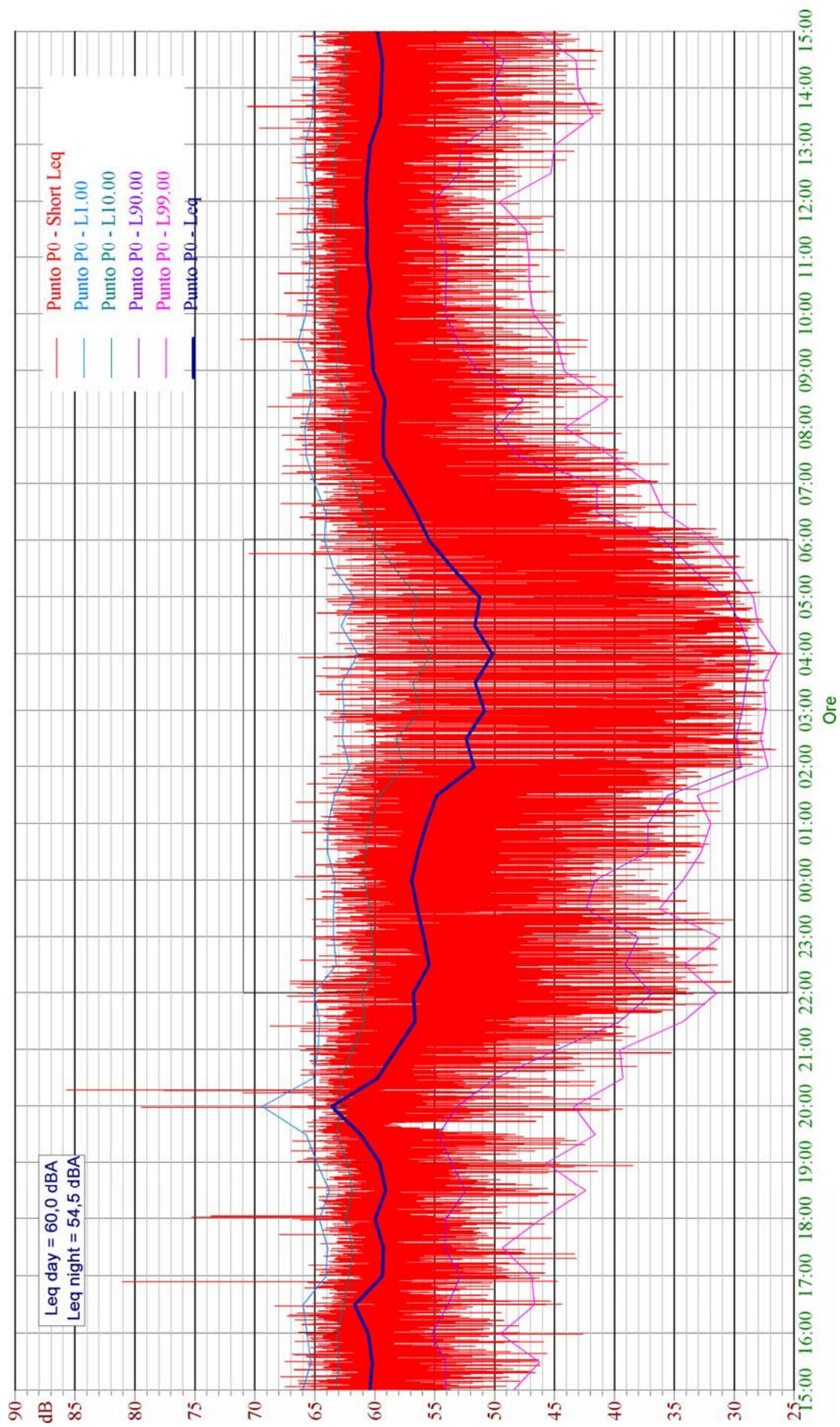


Figura 5 Grafico punto di misura P0

## 5. VALUTAZIONE CLIMA ACUSTICO STATO DI FATTO

Al fine di ottenere dai dati raccolti l'andamento del clima acustico nello stato di fatto è stato realizzato un modello numerico dell'area limitrofa al comparto in esame utilizzando il software previsionale Soundplan versione 7.0, che consente la modellizzazione acustica in accordo con decine di standards nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore e, basandosi sul metodo del Ray Tracing, è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale.

Nella realizzazione del modello, Figura 6, si è tenuto conto:

- degli edifici esistenti,
- dell'emissione sonora dovuta alla viabilità stradale,
- dell'emissione sonora dovuta alle distributore di carburante
- dell'emissione sonora dovuta agli impianti sportivi,
- dell'emissione sonora dovuta all'area urbana
- dell'emissione linea ferroviaria storica Modena-Bologna



Figura 6 Modello dello stato di fatto

**Edifici:** è stato preso in considerazione l'effetto di schermo e riflessione degli edifici che si affacciano direttamente all'area di indagine a distanza inferiore a 250m a Nord del canale come evidenziato nella precedente figura. Per quanto riguarda i fabbricati a sud del canale per semplicità è stato considerato un volume di attenuazione alto 10m con indice di attenuazione pari a 0,15 dB(A)/m valore suggerito dalla normativa tecnica per aree residenziali. In corrispondenza dei

fabbricati più esposti all'emissione del nuovo comparto sono stati previsti dei ricettori sulle facciate rilevanti. I ricettori sono stati nominati con etichette da R01 ad R18 e sono stati presi in considerazione tutti i piani del fabbricato. La localizzazione dei ricettori è individuata in fig x.

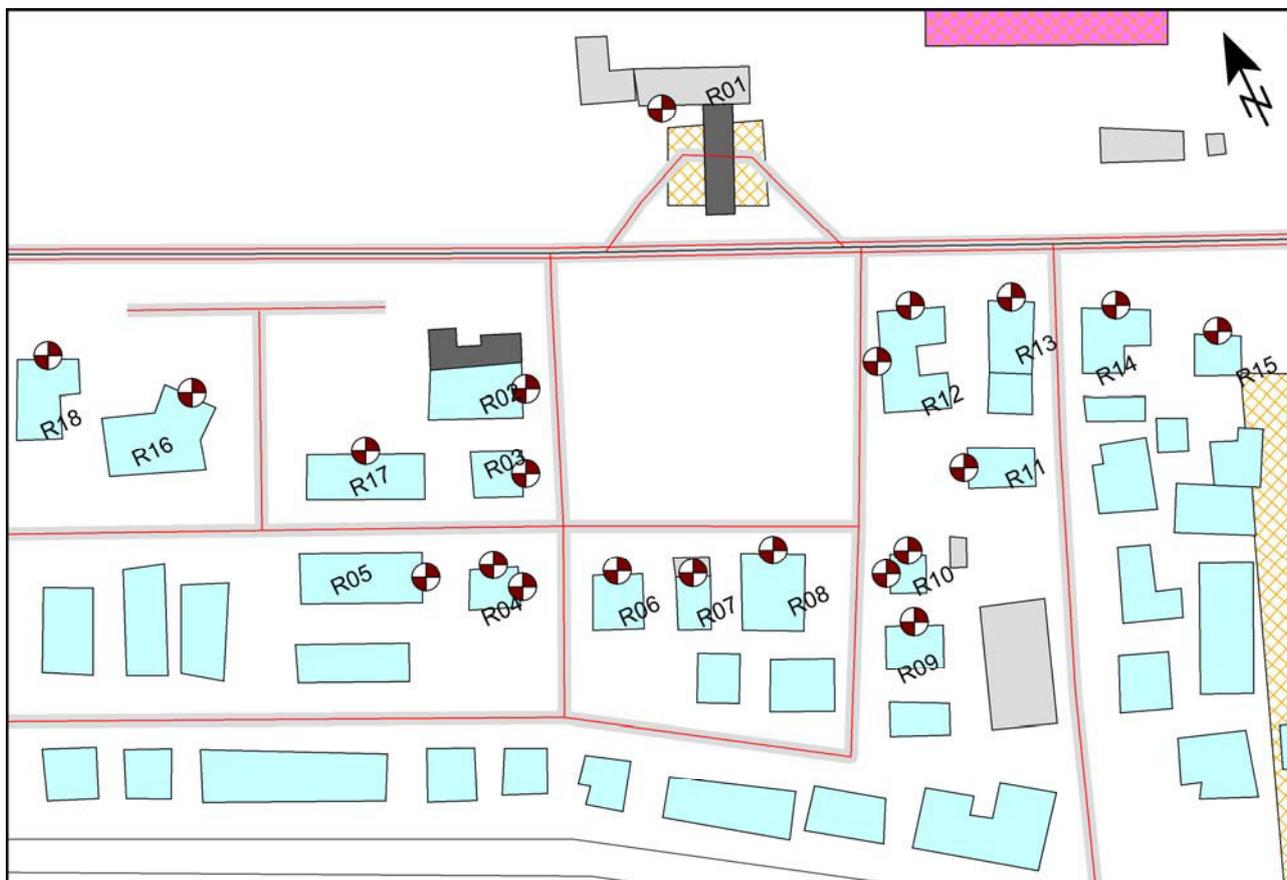


Figura 7 Localizzazione ricettori considerati

**Rumore da traffico:** I flussi di traffico sulla viabilità esistente sono stati ricavati da quanto riportato nello studio di impatto viabilistico del progetto in indagine versione 1.1 Gennaio 2015. Di seguito si riportano alcune osservazioni riguardo l'elaborazione dei dati al fine della modellizzazione per la valutazione dell'emissione sonora. I dati a disposizione rappresentano i flussi di traffico in veicoli equivalenti nell'ora di punta serale.

Il modello utilizzato per caratterizzare gli assi viari presenti nell'area di studio è basato sullo standard francese NMPB Routes 1996 relativo al rumore da traffico, nato come evoluzione di un metodo risalente agli anni '80 (esposto nella "Guide de Bruit" del 1980). Lo Standard è incluso nella raccomandazione della Commissione Europea del 6 agosto 2003 e nell'allegato II della direttiva 2002/49/CE. Permette di prevedere l'emissione stradale in funzione dei flussi di traffico e delle velocità di percorrenza medi diurni e notturni differenziati per veicoli leggeri e pesanti.

Risulta pertanto indispensabile stimare a partire dai dati di traffico disponibili come flusso orario di punta il valore di traffico medio diurno e notturno, a tale fine sono stati definiti due indici: i rapporti TG tra il traffico medio giornaliero e il traffico di punta e TN tra il traffico medio notturno e il traffico medio diurno. Per quanto riguarda Via Emilia Ovest gli indici sono stati calcolati analizzando gli eventi sonori rilevati nel punto di misura P0 per le altre strade, che hanno rilevanza notevolmente inferiore dati raccolti da precedenti indagini svolte in regione hanno permesso di individuare dei valori medi di questi parametri in funzione della tipologia.

Al fine di scomporre i flussi di traffico riportati in veicoli equivalenti è stato necessario quantificare la percentuale di veicoli pesanti. I valori utilizzati risultano da conteggi brevi effettuati sul posto.

In Tabella 3 si riportano i dati forniti dallo studio trasportistico, i parametri di calcolo utilizzati ed i risultati finali dell'elaborazione.

**Tabella 3 Flussi di traffico stato di fatto**

Tratto stradale	Picco veic.eq	TG	% pes di	TN	% pes notte	Traffico Medio			
						Diurno		Notturmo	
						Leg.	Pes.	Leg.	Pes.
Corso Martiri Ovest Castiglione	948	0,70	5,00%	0,25	4,00%	587,9	30,9	148,5	6,2
C.Martiri Castigl-Leonardo	1093	0,70	5,00%	0,25	4,00%	677,8	35,7	171,2	7,1
C.Martiri Leonardo-SP14	1153	0,70	5,00%	0,25	4,00%	715,0	37,6	180,6	7,5
C.Martiri Est SP14	929	0,70	5,00%	0,25	4,00%	576,1	30,3	145,5	6,1
Via Castiglione	298	0,60	1,90%	0,12	0,20%	170,4	3,3	20,8	0,0
via Leonardo	63	0,60	1,90%	0,12	0,20%	36,0	0,7	4,4	0,0
via Costa	932	0,65	3,00%	0,15	1,20%	567,4	17,5	86,7	1,1
via Prampolini	873	0,65	3,00%	0,15	1,20%	531,4	16,4	81,2	1,0

Per la viabilità minore non inclusa nella precedente tabella e per la quale non sono disponibili dati di traffico sono state per completezza incluse sorgenti sonore per le quali è stato ipotizzato un livello di traffico equivalente a via Leopardi ad eccezione di via Bernini per la quale sono stati considerati flussi pari a via Castiglione.



**Figura 8 Distributore di Carburante dirimpetto al lotto in indagine**

**Distributore di carburante:** l'emissione sonora dell'attività è in gran parte legata all'arrivo delle vetture per il rifornimento e alla loro partenza a rifornimento completato. Dati di libreria presenti nel software forniscono uno spettro medio del valore di SPL legato sia per l'accensione di un veicolo (98,1 dB(A)) che per lo spegnimento(94,1 dB(A)). Il distributore è quindi stato simulato come una sorgente areale posta ad una quota di 0,5 m da terra e con una potenza complessiva, data dal valore ricavato in precedenza, moltiplicato per 300 utenti giornalieri distribuiti nelle diverse fasce orarie come indicato in Tabella 4 cui è stato sommata la rumorosità di transito dei veicoli simulata come rumore stradale con livelli di traffico di 18,25 veicoli ora diurni e 1,25 veicoli ora notturni, valori ricavati dalla Tabella 4, con una percentuale di mezzi pesante uguale a quanto ipotizzato per il traffico su Via Emilia Ovest.

**Tabella 4: Utenti orari del distributore di carburante**

Utenti orari del distributore di carburante												
Ora	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
Numero utenti	1	1	1	1	1,5	3	13	21	16	16	16	21
Ora	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Numero utenti	16	16	16	16	24	33	33	16	9	5	3	1,5

**Impianti sportivi:** L'emissione sonora è legata ai rumori antropici dei giocatori. Dati di libreria presenti nel software forniscono uno spettro medio del valore di potenza sonora per una partita di calcio senza spettatori quantificato in 62,1 dB(A)/mq. Entrambi i campi presenti sono stati simulati con una sorgente areale alle quota di 1,0m dal piano campagna caratterizzata dal livello di emissione citato. La percentuale di utilizzo per entrambi i campi è stata ipotizzata uguale e pari a quanto riportato in Tabella 5.

**Tabella 5: Utilizzo orario percentuali dei campi sportivi**

Utilizzo orario dei campi sportivi												
Ora	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
Numero utenti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%
Ora	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Numero utenti	10%	10%	15%	20%	40%	50%	80%	80%	50%	20%	10%	0%

**Fondo urbano:** Il rumore proveniente dalle aree urbani residenziali in cui non sono stati individuati ricettori ma incluse nell'area di studio sono state simulate per semplicità inserendo una sorgente areale alla quota di 1,5m dal piano campagna con un livello di emissione pari a 50,0 dB(A) in periodo diurno e 44,0 dB(A) in periodo notturno, valori ricavati in occasione di rilevamenti effettuati in aree analoghe in provincia.

**Ferrovia:** Sebbene i binari della linea ferroviaria storica Bologna-Modena si trovino a circa 500m dal lotto oggetto di studio in periodo notturno il transito dei convogli è percepibile sebbene abbia una influenza trascurabile sul valore complessivo di Leq. Per completezza la sorgente è stata inserita nel modello utilizzando il metodo di calcolo olandese RMR 2002, raccomandato dall'Unione Europea nella direttiva 2002/49/CE.

Lo standard permette di impostare come dati in ingresso il numero di convogli, la velocità, la percentuale di convogli in frenata e la tipologia di binario.

A maggiore garanzia dei risultati i dati di traffico utilizzati sono quelli ipotizzati da RFI in prospettiva di medio-lungo termine che rispetto ai dati attuali prevede un incremento del traffico regionale e merci.

**Tabella 6 Traffico ferroviario futuro**

<b>Traffico tratta Bologna-Modena</b>					
<b>Tipologia Convoglio</b>	<b>Classe standard</b>	<b>Lunghezza media</b>	<b>Velocità</b>	<b>Di</b>	<b>Notte</b>
				<b>Totale treni</b>	<b>Totale treni</b>
Passeggeri IR e R	2°	150 m	150 km/h	67	6
Passeggeri IC	8°	275 m	185 km/h	13	10
ETR	9°	250 m	185 km/h	12	-
Merci	4°	375 m	100 km/h	72	64

## 6. TARATURA DEL MODELLO

Al fine di verificare la correttezza dei risultati del modello è stata effettuata la simulazione dello stato di fatto considerando come ricettori il punto di misura. In Tabella 7 sono rappresentati i dati ottenuti dal modello confrontati con i valori ottenuti durante le rilevazioni.

Dal confronto tra i valori misurati e quelli calcolati dal modello si nota come gli scostamenti si mantengono in tutti i casi al di sotto di un decibel, confermando la buona corrispondenza tra modello e risultati delle misure eseguite, premessa necessaria per assicurare la correttezza della previsione dello stato di progetto.

**Tabella 7 Confronto tra i valori ottenuti dal modello e quelli misurati**

<b>punto di misura</b>	<b>quota</b>	<b>Livelli misurati</b>		<b>Livelli calcolati</b>	
		<b>Diurno</b>	<b>Notturmo</b>	<b>Diurno</b>	<b>Notturmo</b>
P0	4m	60,0	54,5	60,0	53,7

## 7. DESCRIZIONE MODELLO DELLO STATO DI PROGETTO

A partire dal modello dello stato di fatto è stata realizzata una nuova simulazione al fine di calcolare quale sarebbe il clima acustico dell'area a seguito della realizzazione di una struttura commerciale alimentare nel lotto indagato.

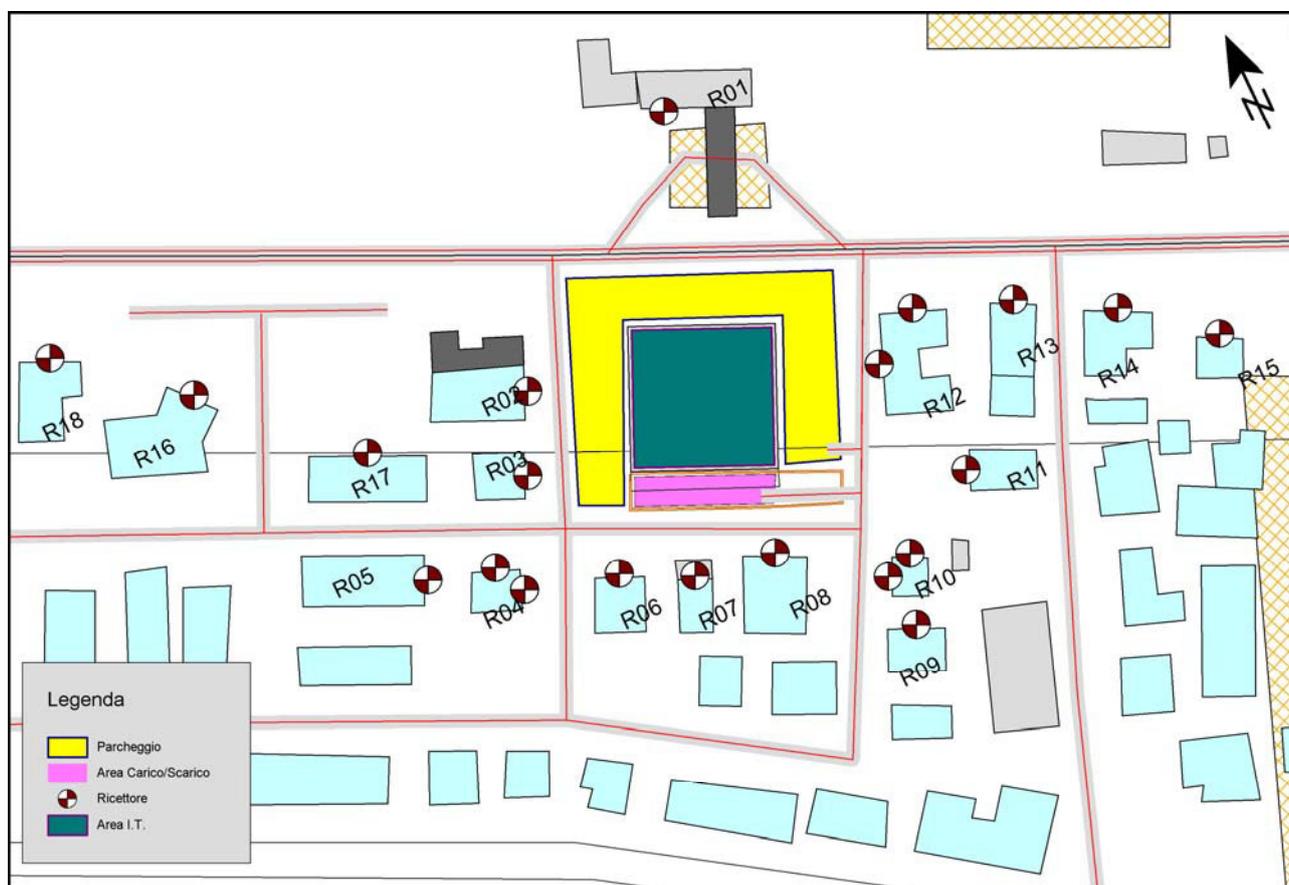


Figura 9 Modello stato di progetto

Come esposto in premessa non essendo disponibile allo stato attuale alcuna indicazione progettuale è stata ipotizzata una struttura coperta di 1500mq alta 10m con una superficie di vendita pari a 800mq al centro del lotto. E' stato ipotizzato un parcheggio con ingresso da via Leopardi, la zona di Carico e scarico è stata collocata sul retro del fabbricato. La Figura 9 riporta uno schema riassuntivo delle sorgenti ipotizzate.

Le ipotesi scelte hanno lo scopo di rappresentare una condizione verosimile che permetta di quantificare in prima approssimazione i livelli di pressione sonora che una struttura di questo tipo può indurre sui ricettori limitrofi senza però definire vincoli progettuali.

Il modello di simulazione ha tenuto conto di:

- Nuovo fabbricato
- emissioni dovute al traffico indotto
- emissioni dovute all'attività di carico e scarico
- emissioni dovute agli impianti tecnologici
- emissioni dovute al parcheggio

**Traffico Indotto:** L'accesso al comparto sarà garantito mediante un'immissione al parcheggio da via Leopardi. L'emissione legata ai veicoli in circolazione è stata calcolata utilizzando lo standard francese NMPB Routes 1996 per la modellizzazione del rumore da traffico stradale, metodo di calcolo incluso nella raccomandazione della Commissione Europea del 6 agosto 2003 e nell'allegato II della direttiva 2002/49/CE.

Il flusso di traffico orario medio diurno e notturno determinato dall'insediamento delle nuove attività è stato ricavato dalle valutazioni sull'orario di punto serale dello studio trasportistico i cui risultati sono riassunti in Figura 10.



**Figura 10 Distribuzione traffico indotto dal centro commerciale nell'ora di punta serale**

E' stato seguito il medesimo procedimento utilizzato nello stato di fatto per ricavare i dati di traffico medio, i fattori di conversione utilizzati sono i seguenti:

- Il manuale "Trip Generation" pubblicato dall'Institute of Transportation Engineers (ITE), da tempo diffusa sia negli Stati Uniti che in altri Paesi, per la tipologia ritenuta maggiormente rappresentativa la L.U. 820 "Shopping Center" permette di individuare il rapporto tra traffico complessivo diurno e picco pomeridiano, ipotizzando una distribuzione del traffico globale esclusivamente in periodo diurno si ricavano  $T_g = 0,69$   $T_n = 0,00$
- Traffico pesante lo studio della mobilità non fornisce dati relativi al traffico indotto di veicoli pesanti dovuto al comparto. Considerando la destinazione d'uso prevalentemente commerciale è stata ipotizzata una percentuale di veicoli pesanti del 3% rispetto al traffico indotto.

Il traffico risultante sulle diverse direttrici è riportato di seguito in tabella.

**Tabella 8 Flussi di traffico indotto**

Tratto stradale	Pico veic.eq	TG	% pes di	TN	% pes notte	Traffico Medio			
						Diurno		Notturmo	
						Leg.	Pes.	Leg.	Pes.
Via Emilia ad Ovest di via Castiglione	11	0,69	3,0%	0	0,0%	7,4	0,2	-	-
Via Emilia ad Ovest da via Castiglione a via Leonardo	11	0,69	3,0%	0	0,0%	7,4	0,2	-	-
Via Emilia ad Ovest da via Leonardo a SP14	78	0,69	3,0%	0	0,0%	52,2	1,6	-	-
Corso Martiri	24	0,69	3,0%	0	0,0%	16,1	0,5	-	-
Via Castiglione	0	0,69	3,0%	0	0,0%	0,0	0,0	-	-
via Leonardo	90	0,69	3,0%	0	0,0%	60,2	1,9	-	-
via Costa	30	0,69	3,0%	0	0,0%	20,1	0,6	-	-
via Prampolini	25	0,69	3,0%	0	0,0%	16,7	0,5	-	-

**Carico e Scarico:** Gli automezzi per il rifornimento dell'attività commerciale potranno arrivare tra le 7:00 e le 19:00, è stato ipotizzato a considerando la superficie di vendita l'arrivo di 3 autocarri pesanti al giorno, di cui 2 camion frigo. Le attività di scarico e movimentazione avverranno in tutti i casi con il motore dell'automezzo spento. Le zone di scarico ed il percorso di accesso ipotizzato è indicati in Figura 9.

Nel modello al fine di considerare le differenti sorgenti presenti sono state inserite:

- Sorgente areale in corrispondenza dell'area scarico tre piazzole di scarico alla quota di 1,0m con potenza sonora di 89,8 dB(A) valore fornito dalla libreria del software come potenza sonora media per l'attività di scarico e movimentazione di un mezzo pesante in un area magazzino con mezzo spento durante lo scarico. Il valore è reperito da dati pubblicati dallo studio tedesco "Hessische Landesanstalt für Umwelt".
- Una sorgente in corrispondenza del compressore dell'autocarro con livello di emissione calcolato a seguito di una misura ad un metro di distanza da uno di questi sistemi di refrigerazione che ha evidenziato un livello di rumorosità di 67 dB(A), è stato ipotizzato che il sistema sia in funzione durante tutta la procedura di scarico.
- Una sorgente stradale in corrispondenza del percorso di accesso e uscita.
- La durata di ciascuna manovra di scarico o carico è stata ipotizzata di 30 minuti per autocarro.

**Impianti tecnologici:** Come più volte esposto non esistono allo stato attuale dati di progetto per cui la potenza sonora degli impianti è stata ricavata considerando la cubatura dei fabbricati ipotizzati. In Tabella 9 sono riassunti gli impianti previsti per le diverse destinazioni d'uso. Ciascun impianto sarà caratterizzato da un funzionamento modulato legato alla richiesta del carico, per tenere conto di questa variabilità di emissione è stato considerato l'andamento riportato in Tabella

10 che vuole rappresentare una condizione critica non occasionale. La collocazione degli impianti è stata ipotizzata in copertura, soluzione comunemente adottata che assicura di per se un buon grado di mitigazione rispetto ai ricettori esistenti, nel modello pertanto sono state inserite sorgenti areali 0,5m al di sopra della copertura, come riportato in Figura 9.

**Tabella 9 Dimensionamento impianti tecnologici in progetto**

	Impianto	Potenza sonora
Negozio alimentare	PdC e Condensatore PdC	86,0
	G.F. e condensatore G.F.	85,0
	UTA area vendita	95,0
	UTA Cucina	88,0
	Estrattori aria	79,0
	PdC ACS	68,0

**Tabella 10 Funzionamento orario impianti negozio alimentare**

Impianto	Utilizzo orario impianti negozio alimentare												
	Ora	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12
UTA	Utilizzo orario	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	30%	50%	65%	70%	70%
	Ora	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
	Utilizzo orario	70%	70%	75%	80%	90%	90%	90%	90%	80%	70%	50%	25%
	Ora	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12
Gruppo frigo Banchi	Utilizzo orario	35%	35%	35%	35%	35%	35%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
	Ora	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
	Utilizzo orario	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	35%	35%	35%	35%
	Ora	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12
PdC	Utilizzo orario	30%	30%	50%	80%	75%	50%	60%	70%	60%	50%	60%	80%
	Ora	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
	Utilizzo orario	95%	100%	100%	100%	100%	90%	80%	70%	50%	40%	30%	30%
	Ora	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12

Estrattori aria	Ora	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12
	Utilizzo orario	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%
	Ora	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
	Utilizzo orario	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%

**Parcheggi:** Il parcheggio dell'attività commerciale è stato ipotizzato a raso, soluzione che risulta essere la più critica per quanto riguarda l'emissione acustica. L'emissione è stata simulata inserendo una sorgente areale la cui potenza sonora è stata calcolata come descritto dallo studio tedesco "Bayrische parkplazlanstudie" del 2007 implementato nel modello, che permette di tenere conto sia del rumore legato alle manovre di parcheggio che alla circolazione nella corsie interno. Il numero di movimenti orari medio diurno è pari al traffico indotto medio.

## 8. STIMA DEL VALORE ASSOLUTO DI IMMISSIONE “POST OPERAM”

Utilizzando il modello descritto è stato valutato il clima acustico nello stato di progetto, i risultati sono riportati in Tabella 11 ove si riportano sia i valori calcolati per lo stato di fatto che quelli dello stato di progetto per tutti i ricettori individuati. In rosso sono evidenziati i ricettori per i quali è previsto un superamento del limite.

L'analisi evidenzia una serie di superamenti sia del limite di zona, che sono però in tutti i casi presenti anche nello stato di fatto e legati sostanzialmente all'attuale rumore da traffico. L'effetto del supermercato è modesto in periodo diurno ( $<0,5$ ) e principalmente legato all'emissione dovuta al traffico indotto e nullo in periodo notturno quando risultano presenti solamente le emissioni dei gruppi frigoriferi dei banchi refrigerazione. In corrispondenza dei ricettori direttamente affacciati al lotto in periodo notturno si rileva un miglioramento del clima acustico nello stato di progetto dovuto all'effetto di schermo che il fabbricato commerciale determina rispetto all'emissione di Via Emilia Ovest, che come evidenziato risulta essere la sorgente più rilevante dell'area.

Le eccezioni rispetto a quanto riportato sono di seguito analizzate:

- R12 (albergo), l'incremento nello Stato di Progetto è compreso tra 0,3 e 2,8 ed è dovuto principalmente al traffico indotto su via Leopardi. L'incremento di flusso su via Leopardi è l'unico caso in cui la quota di traffico indotto risulta rilevante rispetto ai flussi attuali. Sulla facciata direttamente esposta a via Leopardi ai piani inferiori, dove nello stato di fatto il valore di  $Leq$  è di poco inferiore al limite di zona tale incremento ne determina il superamento. In fase progettuale sarebbe possibile risolvere, senza la necessità di prevedere specifici interventi di mitigazione, prevedendo un ulteriore ingresso al parcheggio da Via Emilia Ovest.
- R02, R03, R10 e R11 sono ricettori direttamente esposti all'emissione del parcheggio, gli incrementi previsti dell'ordine di  $+0,4\div 1,6$  dB(A) sono superiori alla media ma non determinano nessun superamento del limite di zona. In fase progettuale sarà possibile limitare il disagio prevedendo parte dei parcheggi nell'interrato e considerando la componente acustiche nella scelta della posizione della rampa di accesso.
- R06, R07, R08 e R09 i fabbricati sono direttamente a sud del lotto, l'effetto di schermo del nuovo edificio sarà pertanto superiore determinando nonostante la presenza delle nuove sorgenti un decremento dei valori di  $Leq$  compreso tra  $0,0\div -2,4$  dB(A) in periodo diurno e  $-0,9\div -4,8$  dB(A) in periodo notturno. Tale riduzione risolverà alcuni superamenti del limite di zona notturni attualmente rilevati.

Si evidenzia che l'effettivo disturbo percepito sarà limitato, come esposto l'incremento è legato principalmente all'aumento di traffico ed alla circolazione nel parcheggio risultando pertanto indistinguibile rispetto a quello comunque rilevate attualmente presente.

Tabella 11 Risultati rumorosità assoluta sui ricettori individuati

Ricettore	Direzione	Piano	Limite di Zona		Stato di Fatto		Stato di Progetto	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R01	SW	1	65	-	61,0	54,8	61,4	55,1
R01	SW	2	65	-	64,3	58,3	64,7	58,6
R02	SE	1	65	-	60,0	53,2	61,1	53,2
R02	SE	2	65	-	62,9	56,5	63,7	56,4
R02	SE	3	65	-	63,4	57,1	64,1	57,0
R03	SE	1	65	55	57,2	49,1	58,4	48,8
R03	SE	2	65	55	60,0	52,9	60,7	52,3
R03	SE	3	65	55	60,8	54,0	61,2	53,2
R04	N	1	60	50	54,7	45,8	55,1	45,4
R04	N	2	60	50	56,8	48,8	56,9	48,0
R04	E	1	60	50	55,5	46,5	55,7	46,0
R04	E	2	60	50	57,7	49,6	57,7	48,8
R05	SE	1	60	50	50,3	41,0	50,9	41,1
R05	SE	2	60	50	52,7	43,7	53,0	43,5
R05	SE	3	60	50	53,6	45,2	53,7	44,4
R05	SE	4	60	50	54,4	46,4	54,4	45,4
R06	NE	1	60	50	55,4	47,2	55,6	45,7
R06	NE	2	60	50	58,3	51,0	57,7	48,7
R07	NE	3	60	50	59,3	52,7	56,9	47,8
R08	NE	1	60	50	57,0	48,5	57,3	47,2
R08	NE	2	60	50	59,3	52,0	58,9	49,5
R09	NE	1	60	50	49,7	41,0	49,7	40,1
R09	NE	2	60	50	52,3	44,1	52,0	42,7
R09	NE	3	60	50	54,1	46,8	53,7	45,1
R10	NE	1	60	50	53,6	45,8	54,7	45,2
R10	NE	2	60	50	56,7	49,6	57,4	48,9
R10	NO	1	60	50	56,5	47,3	56,9	46,8
R10	NO	2	60	50	58,1	50,0	58,3	49,0
R11	NO	1	60	50	50,6	43,7	52,2	42,8
R11	NO	2	60	50	54,6	47,9	55,6	46,9
R11	NO	3	60	50	56,0	49,5	56,5	48,1
R12	O	1	65	55	62,0	54,9	64,8	54,8
R12	O	2	65	55	64,0	57,5	65,8	57,3
R12	O	3	65	55	64,2	57,9	65,5	57,6
R12	O	4	65	55	64,1	58,0	65,3	57,7
R12	N	1	65	55	67,7	61,9	68,1	61,9
R12	N	2	65	55	69,3	63,5	69,6	63,5
R12	N	3	65	55	69,3	63,5	69,6	63,5
R12	N	4	65	55	69,1	63,2	69,4	63,2
R13	NE	1	65	55	68,5	62,7	68,8	62,7
R13	NE	2	65	55	69,7	63,9	70,0	63,9
R14	NE	1	65	55	66,9	61,0	67,1	61,0
R14	NE	2	65	55	68,7	62,8	69,0	62,8
R14	NE	3	65	55	68,9	62,9	69,1	62,9
R14	NE	4	65	55	68,6	62,7	68,9	62,7
R15	NE	1	65	55	63,5	57,6	63,8	57,6
R15	NE	2	65	55	66,6	60,6	66,8	60,6
R16	NE	1	65	55	60,9	54,9	61,0	54,9
R16	NE	2	65	55	64,7	58,7	64,7	58,7
R16	NE	3	65	55	65,2	59,3	65,3	59,3
R16	NE	4	65	55	65,4	59,5	65,4	59,5
R17	NE	1	60	50	56,7	50,7	56,9	50,8
R17	NE	2	60	50	61,3	55,4	61,4	55,4
R17	NE	3	60	50	62,2	56,3	62,3	56,3
R18	NE	1	65	55	63,4	57,4	63,4	57,4

## 9. STIMA DEL VALORE DIFFERENZIALE DI IMMISSIONE

Primo passo per la valutazione del differenziale di immissione dovuto al comparto in progetto è stato la definizione del rumore residuo minimo.

Analizzando i valori di  $Leq(10min)$  rilevati nella misura in P0 le condizioni di minima rumorosità si rilevano: alle 07:30 in periodo di apertura dell'attività ed alle 4:00 durante la chiusura; i livelli rilevati sono rispettivamente: 59,2 dB(A) e 49,7 dB(A).

Considerando che l'andamento dell'emissione oraria della sorgenti nell'area può essere considerato piuttosto omogeneo il rumore residuo può essere calcolato con la seguente:

$$Leq_{P0Day} = LeqDay' - K_{D0} - K_F$$

$$Leq_{P0Night} = LeqNight' - K_{N0} - K_F$$

Dove:

$Leq'$  – Rappresenta in valore di  $Leq$  Day e Night previsto dal modello in P0 senza considerare le emissioni legate al nuovo complesso commerciale, calcolate escludendo la riflessione della facciata corrispondente al ricettore.

$K_{Di}$  – Differenza tra  $LeqDay$  e  $Leq(10 min)$  min diurno in P0 pari a -6,6 dB(A)

$K_{Ni}$  – Differenza tra  $LeqNight$  e  $Leq(10 min)$  min notturno in P0 pari a -8,2 dB(A)

$K_F$  – Indice per considerare l'attenuazione dovuta alla misura interna a finestre aperte come richiesto dalla verifica del differenziale.

Nel calcolo del valore  $LeqP0$ , dato di partenza per il calcolo del rumore residuo, oltre a non considerare le emissioni legate al centro commerciale è stata eliminata anche la rumorosità dovuta alle strutture sportive, caratterizzate da livelli di emissioni fortemente variabili che pertanto non sono state considerate componenti significative del rumore residuo.

L'indice di correzione  $K_F(-1,9 dB(A))$  che tiene conto dell'effetto dovuto alla misura all'interno di un locale tipo, si tiene conto di questa correzione in quanto la definizione di rumore differenziale presuppone la misura della rumorosità all'interno di un locale con il microfono ad 1,0 m dalla finestra aperta. Maggiori dettagli sul calcolo di questo fattore di correzione sono riportati in allegato 2.

Poiché il DPCM 14-11-97 definisce come valore minimo per l'applicabilità del differenziale, un rumore ambientale di 50 dB(A) in periodo diurno e 40 dB(A) in periodo notturno, la condizione più critica per il rispetto del limite è per ciascun ricettore il massimo tra: il livello che sommato al contributo degli impianti in esame determina il superamento della condizione di soglia e il livello di rumore residuo minimo calcolato secondo le formule precedenti.

Nota la condizione di rumore residuo per tutti i ricettori è stato calcolato il livello di pressione sonora determinata dalle emissioni del nuovo complesso utilizzando il modello di simulazione, nel calcolo sono state considerate esclusivamente le seguenti sorgenti:

- Tutti gli impianti tecnologici a pieno carico in periodo diurno ed i soli gruppi frigo a servizio di banchi frigoriferi e congelatori al 50% del carico in periodo notturno,

- I parcheggi ed il traffico circolante all'interno del comparto, considerando il 20% rispetto ai valori medi, in quanto l'orario diurno di rumorosità minima corrisponde all'avviamento dell'attività orario di bassa affluenza.
- L'attività di carico e scarico considerano un ciclo di scarico completo di un camion frigo.

Tutte le sorgenti sono state considerate contemporaneamente in funzione.

In Tabella 12 si riportano i risultati ottenuti che evidenziano in tutti i casi il rispetto del limite di legge. I casi per i quali è previsto un differenziale non trascurabile (>1,0 dB(A)) sono i seguenti:

- R05, R06, R08, R10 presentano valori compresi tra 0,8÷2,6 dB(A) in periodo diurno e 0,4÷0,7 dB(A) in periodo notturno. In questo caso a determinare il differenziale superiore alla media è la rumorosità proveniente dall'attività di carico e scarico. I risultati sono ampiamente inferiori ai limiti di legge inoltre gli orari di rumorosità minima difficilmente coincideranno con quelli di effettivo arrivo dei mezzi in scarico per cui i valori risultano cautelativi.
- R07, R10, R11 presentano valori compresi tra 0,8÷3,1 dB(A) in periodo diurno e 0,5÷2,0 dB(A) in periodo notturno. In questo caso a determinare il differenziale superiore alla media è la rumorosità proveniente dall'attività di carico e scarico ed agli impianti. In questo caso la collocazione degli impianti nella zona di copertura verso Via Emilia Ovest assicurerà una rilevante riduzione di questi valori già peraltro conformi ai limiti di legge.

Si ricorda che i dati di progetto utilizzati rappresentano una condizione di prima approssimazione, il rispetto del limite differenziale diurno e notturno nella condizione indagata evidenzia che nel caso in esame scelte progettuali comunemente adottate assicurano il rispetto dei limiti di legge.

**Tabella 12 Risultati numerici differenziale di immissione atteso**

Ric	Dir	Piano	Residuo minimo		Residuo critico		Solo C-Comm		Ambientale critico		Differenziale	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R01	SW	1	57,0	47,3	57,0	47,3	39,7	29,6	57,1	47,4	0,1	0,1
R01	SW	2	60,4	50,8	60,4	50,8	41,2	31,1	60,5	50,8	0,1	0,0
R02	SE	1	55,9	45,6	55,9	45,6	43,6	31,8	56,1	45,8	0,2	0,2
R02	SE	2	58,7	48,7	58,7	48,7	45,2	33,7	58,9	48,8	0,2	0,1
R02	SE	3	59,1	49,3	59,1	49,3	47,2	36,4	59,4	49,5	0,3	0,2
R03	SE	1	53,0	41,2	53,0	41,2	45,2	31,1	53,7	41,6	0,7	0,4
R03	SE	2	55,6	44,8	55,6	44,8	46,5	32,8	56,1	45,1	0,5	0,3
R03	SE	3	56,2	45,7	56,2	45,7	47,9	35,6	56,8	46,1	0,6	0,4
R04	N	1	50,4	37,6	50,4	39,5	43,3	30,0	51,2	40,0	0,8	0,5
R04	N	2	52,3	40,4	52,3	40,4	44,6	31,8	53,0	41,0	0,7	0,6
R04	E	1	51,2	38,3	51,2	39,5	43,8	30,0	51,9	40,0	0,7	0,5
R04	E	2	53,2	41,3	53,2	41,3	45,0	31,8	53,8	41,8	0,6	0,5
R05	SE	1	46,1	33,0	49,4	39,6	41,3	29,2	50,0	40,0	0,6	0,4
R05	SE	2	48,5	35,7	49,1	39,5	42,5	30,5	50,0	40,0	0,9	0,5
R05	SE	3	49,2	36,7	49,2	39,4	43,3	31,0	50,2	40,0	1,0	0,6
R05	SE	4	49,8	37,7	49,8	39,3	44,0	31,9	50,8	40,0	1,0	0,7
R06	NE	1	50,4	37,7	50,4	39,4	47,9	31,3	52,3	40,0	1,9	0,6
R06	NE	2	52,6	40,8	52,6	40,8	48,9	33,5	54,1	41,5	1,5	0,7

Ric	Dir	Piano	Residuo minimo		Residuo critico		Solo C-Comm		Ambientale critico		Differenziale	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
R07	NE	3	51,2	39,0	51,2	39,0	51,3	36,6	54,3	41,0	3,1	2,0
R08	NE	1	52,4	39,1	52,4	39,3	50,9	31,6	54,7	40,0	2,3	0,7
R08	NE	2	53,7	41,3	53,7	41,3	52,9	33,8	56,3	42,0	2,6	0,7
R09	NE	1	44,8	31,4	49,4	39,7	41,3	27,5	50,0	40,0	0,6	0,3
R09	NE	2	47,0	34,0	49,1	39,6	42,6	29,5	50,0	40,0	0,9	0,4
R09	NE	3	48,4	36,4	48,6	39,2	44,4	32,1	50,0	40,0	1,4	0,8
R10	NE	1	49,5	37,1	49,5	39,5	46,2	30,5	51,2	40,0	1,7	0,5
R10	NE	2	52,4	40,8	52,4	40,8	48,4	32,1	53,9	41,3	1,5	0,5
R10	NO	1	52,5	39,2	52,5	39,5	45,6	30,3	53,3	40,0	0,8	0,5
R10	NO	2	53,9	41,5	53,9	41,5	47,9	32,3	54,9	42,0	1,0	0,5
R11	NO	1	47,2	35,5	48,8	39,5	43,7	30,7	50,0	40,0	1,2	0,5
R11	NO	2	51,3	40,1	51,3	40,1	46,5	32,3	52,5	40,8	1,2	0,7
R11	NO	3	52,3	41,3	52,3	41,3	47,2	33,3	53,5	41,9	1,2	0,6
R12	O	1	60,3	47,1	60,3	47,1	44,3	32,1	60,4	47,2	0,1	0,1
R12	O	2	61,1	49,6	61,1	49,6	47,3	34,3	61,3	49,7	0,2	0,1
R12	O	3	60,8	49,8	60,8	49,8	48,8	36,6	61,1	50,0	0,3	0,2
R12	O	4	60,4	49,8	60,4	49,8	50,1	38,5	60,8	50,1	0,4	0,3
R12	N	1	63,9	54,2	63,9	54,2	34,0	22,0	63,9	54,2	0,0	0,0
R12	N	2	65,3	55,7	65,3	55,7	35,9	23,9	65,3	55,7	0,0	0,0
R12	N	3	65,3	55,7	65,3	55,7	37,4	25,9	65,3	55,7	0,0	0,0
R12	N	4	65,1	55,5	65,1	55,5	40,7	30,2	65,1	55,5	0,0	0,0
R13	NE	1	64,7	55,1	64,7	55,1	27,9	15,4	64,7	55,1	0,0	0,0
R13	NE	2	65,8	56,2	65,8	56,2	29,2	17,0	65,8	56,2	0,0	0,0
R14	NE	1	63,0	53,3	63,0	53,3	22,4	9,4	63,0	53,3	0,0	0,0
R14	NE	2	64,7	55,1	64,7	55,1	22,8	9,3	64,7	55,1	0,0	0,0
R14	NE	3	64,8	55,2	64,8	55,2	24,0	10,6	64,8	55,2	0,0	0,0
R14	NE	4	64,6	54,9	64,6	54,9	28,0	16,7	64,6	54,9	0,0	0,0
R15	NE	1	59,6	49,9	59,6	49,9	22,9	12,7	59,6	49,9	0,0	0,0
R15	NE	2	62,6	52,9	62,6	52,9	24,0	13,7	62,6	52,9	0,0	0,0
R16	NE	1	56,7	47,2	56,7	47,2	34,3	24,2	56,7	47,2	0,0	0,0
R16	NE	2	60,5	51,0	60,5	51,0	36,0	26,1	60,5	51,0	0,0	0,0
R16	NE	3	61,0	51,5	61,0	51,5	37,7	27,9	61,0	51,5	0,0	0,0
R16	NE	4	61,2	51,7	61,2	51,7	37,5	27,5	61,2	51,7	0,0	0,0
R17	NE	1	52,5	43,0	52,5	43,0	37,5	27,3	52,6	43,1	0,1	0,1
R17	NE	2	57,1	47,7	57,1	47,7	39,0	28,9	57,2	47,8	0,1	0,1
R17	NE	3	58,0	48,6	58,0	48,6	40,5	30,5	58,1	48,7	0,1	0,1
R18	NE	1	59,2	49,7	59,2	49,7	32,3	22,7	59,2	49,7	0,0	0,0

## 10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio ha analizzato l'impatto acustico relativo alla realizzazione di una struttura commerciale-alimentare di media dimensione, con superficie di vendita non superiore a 800 m relativa all' all'ampliamento della destinazione d'uso dell' Ambito 13.3 di PSC di Castelfranco Emilia (F. 51 Mapp.li 105 e 106).

Il nuovo insediamento è previsto lungo Via Emilia Ovest, in un tratto in cui l'asse storico è stato declassato da Strada Statale a strada Comunale dall'apertura della tangenziale di Castelfranco Emilia. L'area risulta inserita in un contesto residenziale posto al margine occidentale del centro urbano di Castelfranco non lontano dal centro storico.

Le rilevazioni hanno evidenziato nell'area di indagine un clima acustico prevalentemente influenzato dalle emissioni legate al traffico circolante su Via Emilia Ovest, nonostante la notevole

riduzione di traffico conseguente all'apertura della tangenziale la strada rimane una direttrice rilevante per quanto riguarda il traffico urbano.

Lo stato progettuale al momento ha individuato esclusivamente la possibile destinazione d'uso non sono pertanto disponibili dati relativi alla geometria dei fabbricati ne tanto meno alle tipologie di impianti. L'indagine pertanto procede effettuando una serie di ipotesi verosimili allo scopo di permettere di quantificare in prima approssimazione i livelli di pressione sonora che una struttura di questo tipo può indurre sui ricettori limitrofi senza però definire vincoli progettuali.

Nella valutazione dell'impatto acustico del nuovo comparto è stata considerata l'emissione: degli impianti tecnologici, delle attività di carico e scarico, del parcheggio previsto e del traffico indotto.

Per quanto riguarda il valore assoluto di rumorosità l'analisi evidenzia una serie di superamenti sia del limite di zona, che sono però in tutti i casi presenti anche nello stato di fatto e legati sostanzialmente all'attuale rumore da traffico. L'effetto del supermercato è modesto in periodo diurno ( $<0,5$ ) e principalmente legato all'emissione dovuta al traffico indotto e nullo in periodo notturno quando risultano presenti solamente le emissioni dei gruppi frigoriferi dei banchi refrigerazione. In corrispondenza dei ricettori direttamente affacciati al lotto in periodo notturno si rileva un miglioramento del clima acustico nello stato di progetto dovuto all'effetto di schermo che il fabbricato commerciale determina rispetto all'emissione di Via Emilia Ovest, che come evidenziato risulta essere la sorgente più rilevante dell'area. Unica criticità individuata è il ricettore R12 (alberghiero) rispetto al quale sulla facciata direttamente esposta a via Leopardi ai piani inferiori, dove nello stato di fatto il valore di  $L_{eq}$  è di poco inferiore al limite di zona nello stato di progetto si rilevano dei superamenti. Riguardo al valore differenziale i risultati evidenziano in tutti i casi il rispetto del limite di legge.

Si ribadisce che i dati di progetto utilizzati rappresentano una condizione di prima approssimazione, il complessivo rispetto dei limiti nella condizione indagata evidenzia che, nel caso in esame, scelte progettuali comunemente adottate permetteranno di contenere l'impatto acustico della struttura garantendo un disturbo verso i fabbricati limitrofi modesto e comunque conforme alla legislazione nazionale e regionale. In ogni caso in sede di progettazione potrebbero essere valutati interventi di mitigazione ulteriori ove ne dovesse essere ravvisata la necessità

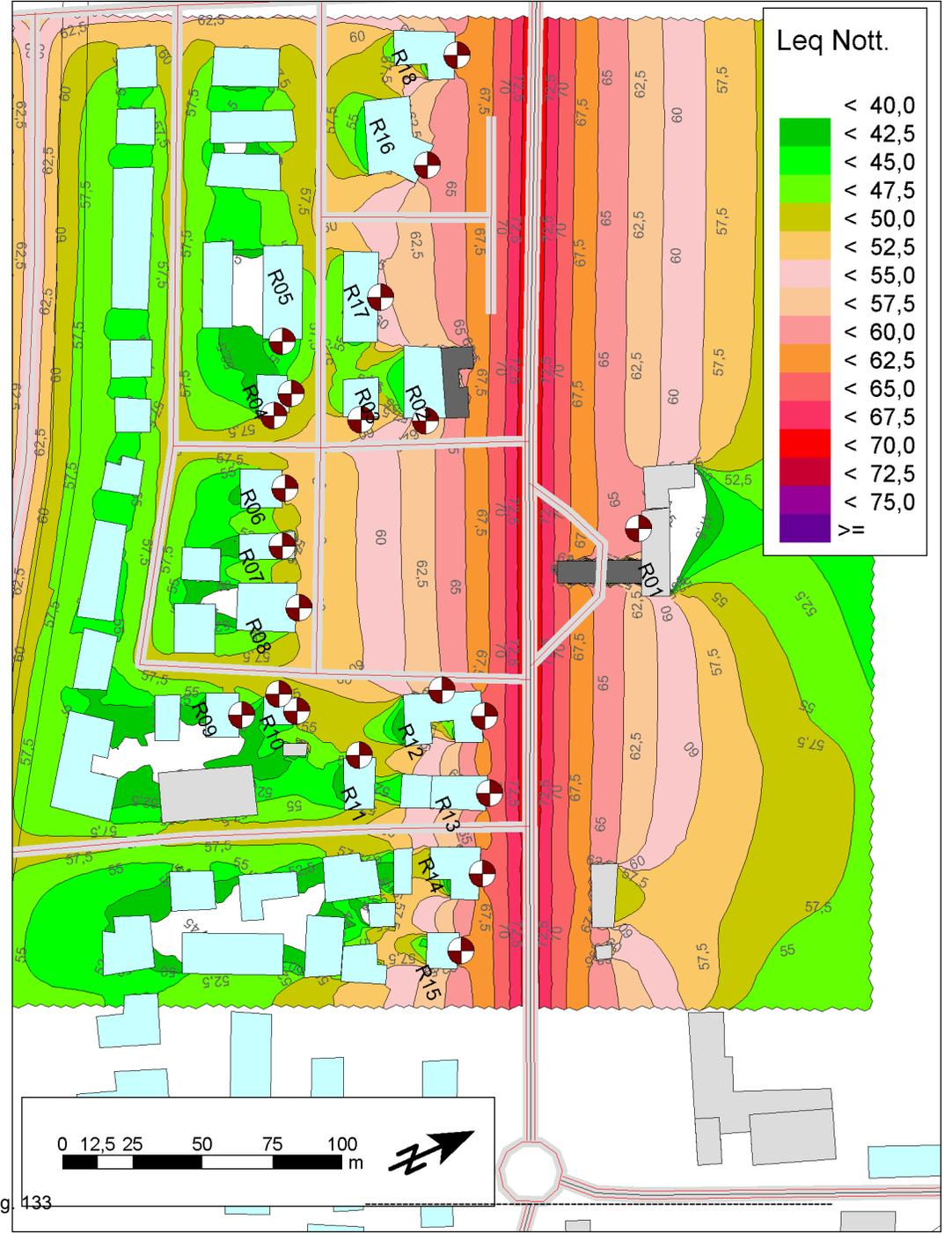
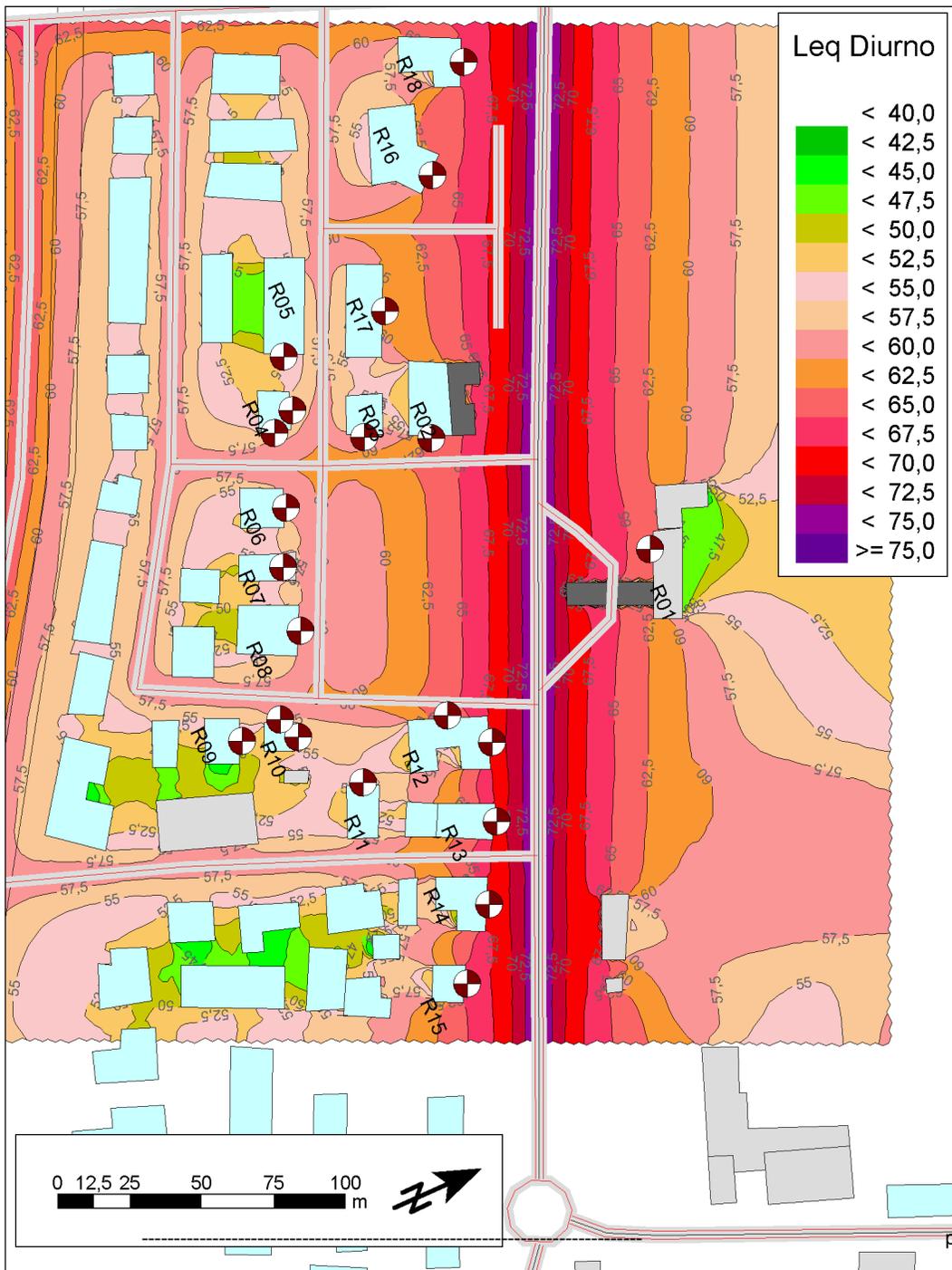
**dott. Michela Malagoli**

Tecnico competente in acustica ambientale  
Comunicazione Provincia di Modena  
prot. n. 53955/3.3.5 del 21/04/2004

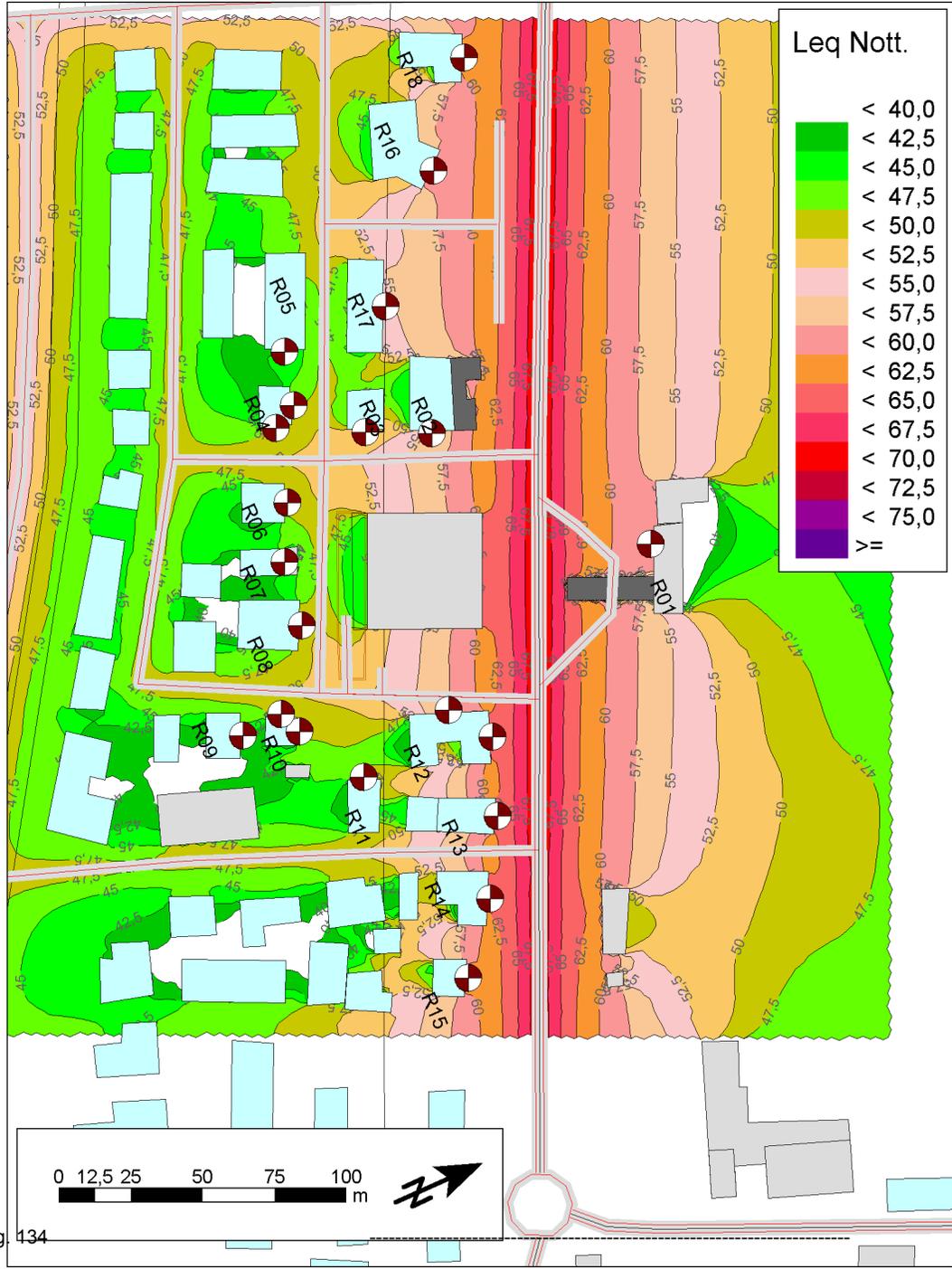
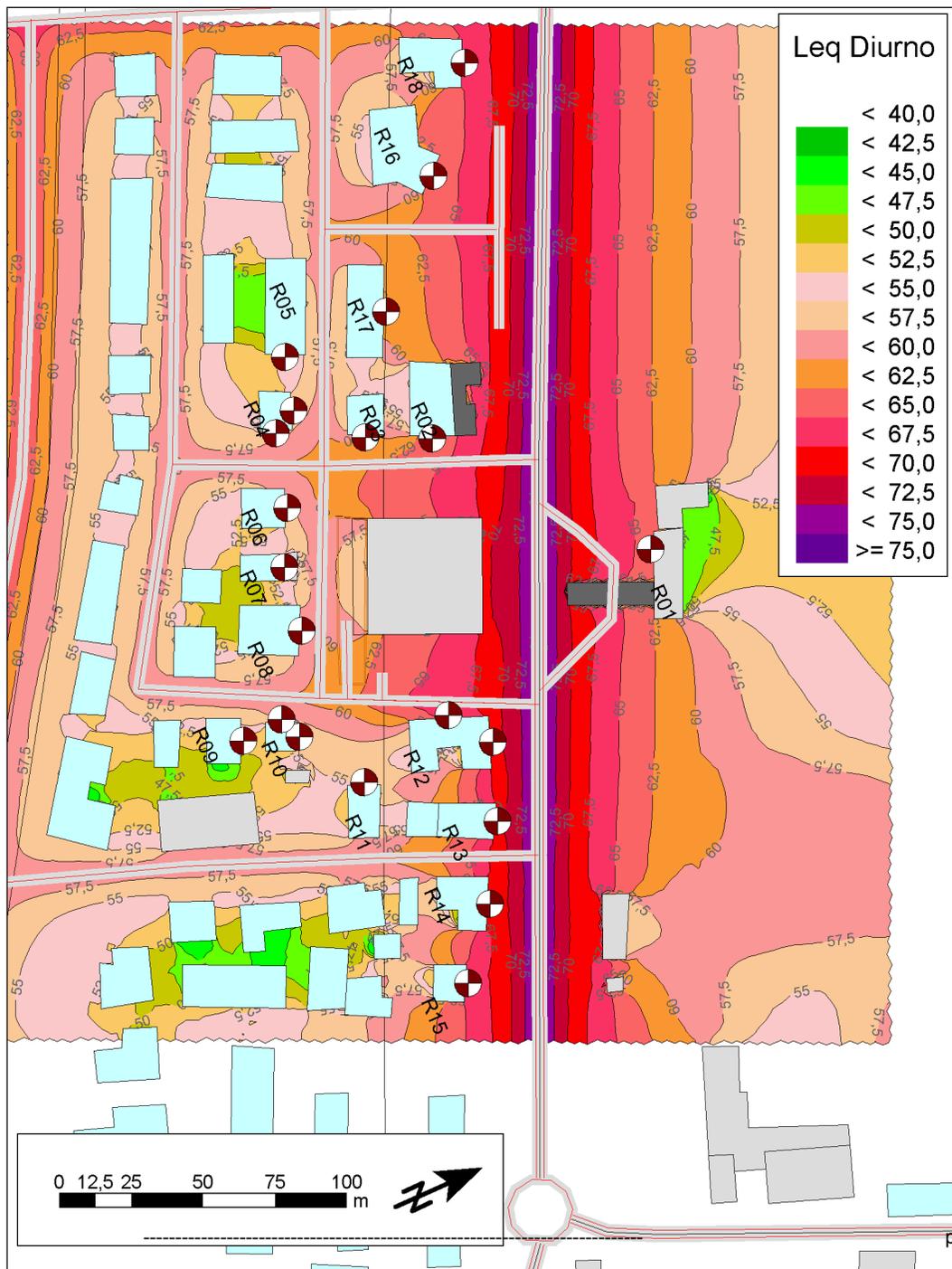
# **Allegato 1**

(Mappe Leq)

# Allegato 1.1 - Mappa andamento Leq a 4m dal p.c. stato di fatto



# Allegato 1.2 - Mappa andamento Leq a 4m dal p.c. Stato di Progetto



## Allegato 2

### (Calcolo del rumorosità interna a finestre aperte a partire dalla pressione sonora esterna)

La definizione di rumore differenziale presuppone la misura della rumorosità all'interno di un locale con il microfono ad 1,0m dalla finestra aperta, è possibile ricavare questo valore a partire dalla pressione sonora esterna fornita dai modelli previsionali di rumore come descritto di seguito.

La pressione sonora rilevata all'interno ad un metro dalla finestra aperta sarà data da una componente diretta ed una diffusa.

$$L_2 = L_{2Dir} + L_{2Diff}$$

La componente diretta è quantificabile per eccesso concentrando la potenza sonora che attraversa la finestra nel suo baricentro e quindi calcolando la divergenza geometrica considerando la sola semisfera in direzione del microfono. E' stato ipotizzato che la superficie finestrata sia 1/6 di quella calpestabile, maggiorata del 25% rispetto alla superficie minima richiesta per l'illuminamento naturale di 1/8.

$$L_{2Dir} = L_1 + 10 \cdot \log\left(\frac{S_f}{2 \cdot \pi}\right) = L_1 - 4,3 [S_u = 14m^2]$$

La componente diffusa è invece funzione del locale considerando una stanza media di 14mq, altezza 2,7m e riverbero di 0,7s si ottiene:

$$L_{2Diff} = L_1 + 10 \cdot \log(S_f) + 10 \cdot \log\left(\frac{T_{60}}{0,16 \cdot V}\right) = L_1 + 10 \cdot \log\left(\frac{S_u}{6}\right) + 10 \cdot \log\left(\frac{0,7}{0,16 \cdot S_u \cdot 2,7}\right)$$

$$L_{2Diff} = L_1 - 5,7 [S_u = 14m^2]$$

Complessivamente quindi il livello di rumorosità interno secondo le ipotesi elencate è calcolabile a partire da quello esterno secondo la:

$$L_2 = L_1 - K_F = L_1 - 1,9$$

Dove: L2 è la pressione sonora all'interno del locale, L1 quella all'esterno calcolata senza tenere conto della riflessione legata alla facciata in questione, KF l'indice di correzione ricercato pari quindi a -1,9 dB(A).

## **Allegato 3**

(Certificati di taratura e Attestati )

Certificato di taratura fonometro L&D 824 Numero di serie 0134  
[www.praxisambiente.it/downloads/Fon-LD824-0134-2014.pdf](http://www.praxisambiente.it/downloads/Fon-LD824-0134-2014.pdf)

Certificato di taratura calibratore L&D CAL 200 Numero di serie 0624  
[www.praxisambiente.it/downloads/Cal-LD200-0624-2014.pdf](http://www.praxisambiente.it/downloads/Cal-LD200-0624-2014.pdf)

Attestato Attribuzione qualifica di Tecnico Competente in Acustica  
Dott. Michela Malagoli  
[www.praxisambiente.it/downloads/Tec-Com-Acu\\_MMalagoli.pdf](http://www.praxisambiente.it/downloads/Tec-Com-Acu_MMalagoli.pdf)

***Nordiconad Soc.Coop. - Modena***

**Studio di impatto viabilistico  
di una media struttura commerciale  
in via Emilia Ovest in comune di Castelfranco Emilia (MO)**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Versione 1.1 – Gennaio 2015

**Ing. Stefano Battaiotto**

Via F. Caracciolo, 3  
20823 Lentate sul Seveso (MB)  
CF BTTSFN78S22E951V  
P. IVA 0482 269 0964  
Iscritto all'albo degli ingegneri della  
Provincia di Monza e Brianza – n. A2238

## INDICE

1	Oggetto dello studio.....	2
2	Inquadramento territoriale.....	2
2.1	Caratteristiche della rete viaria .....	3
3	Livelli attuali di traffico.....	6
4	Lo scenario senza intervento .....	10
5	Traffico generato dal nuovo insediamento .....	12
6	Valutazione di impatto sul traffico della nuova struttura .....	13
7	Conclusioni .....	15
	ALLEGATO 1 Risultati delle indagini di traffico.....	16

## 1 OGGETTO DELLO STUDIO

Oggetto dello studio è la valutazione di impatto sulla viabilità ed il traffico di una media struttura commerciale prevista in territorio del Comune di Castelfranco Emilia lungo la via Emilia Ovest, asse storico che attraversa il centro abitato.

Nel medesimo progetto è prevista anche la realizzazione di spazi ad uso ufficio/terziario.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il nuovo insediamento è previsto lungo via Emilia Ovest, in un tratto in cui l'asse storico è stato declassato da Strada Statale a strada Comunale dall'apertura della tangenziale di Castelfranco Emilia.

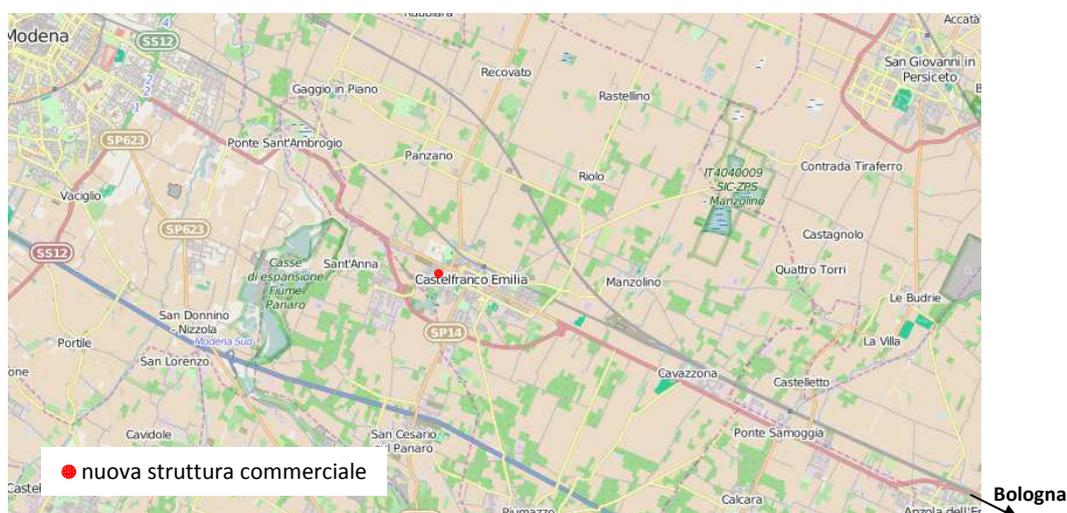


Figura 1: localizzazione della nuova struttura di vendita in Comune di Castelfranco Emilia

Con la realizzazione della tangenziale, aperta al traffico nel 2005, la tratta urbana della via Emilia è dedicata principalmente ai traffici specifici da e per il centro abitato.

Il terreno interessato dal nuovo insediamento rientra nell'ambito AC13 del Piano Strutturale Comunale del Comune vigente di Castelfranco Emilia, indicato con la sigla AC13.3.

Da classificazione del PSC l'ambito AC13 è classificato tra gli "Ambiti urbani consolidati con scarse dotazioni, con tessuto misto e servizi pubblici."



Figura 2: ambito oggetto di studio definito nel vigente PSC del comune di Castelfranco Emilia

Il quartiere in cui si colloca l'ambito si trova al margine occidentale del centro urbano di Castelfranco, a distanza pedonale dal centro storico. È un quartiere prettamente residenziale. Non è interessato da percorsi di attraversamento nord-sud per la mancanza di ponti di attraversamento del canale a sud di via Tiziano tra i ponti di via Castiglione e via Prampolini.



Figura 3: accessibilità al lotto dalla rete viaria interzonale

Il terreno ad ovest di via Castiglione è attualmente interessato da un intervento di edilizia residenziale importante, seppure momentaneamente sospeso a causa dell'attuale congiuntura del mercato edile.

## 2.1 Caratteristiche della rete viaria

Nel Piano Generale del Traffico Urbano di Castelfranco Emilia (anno 2013) le tratte viarie citate, sono incluse nel perimetro del centro abitato, e sono classificate come segue:

- |   |   |
|---|---|
| • via Emilia Ovest                                  | <i>Strada locale interzonale primaria (EF1)</i>   |
| • via Castiglione                                   | <i>Strada locale interzonale secondaria (EF2)</i> |
| • via Giotto, Leonardo da Vinci, Raffaello, Tiziano | <i>Altre strade urbane locali (F)</i>             |

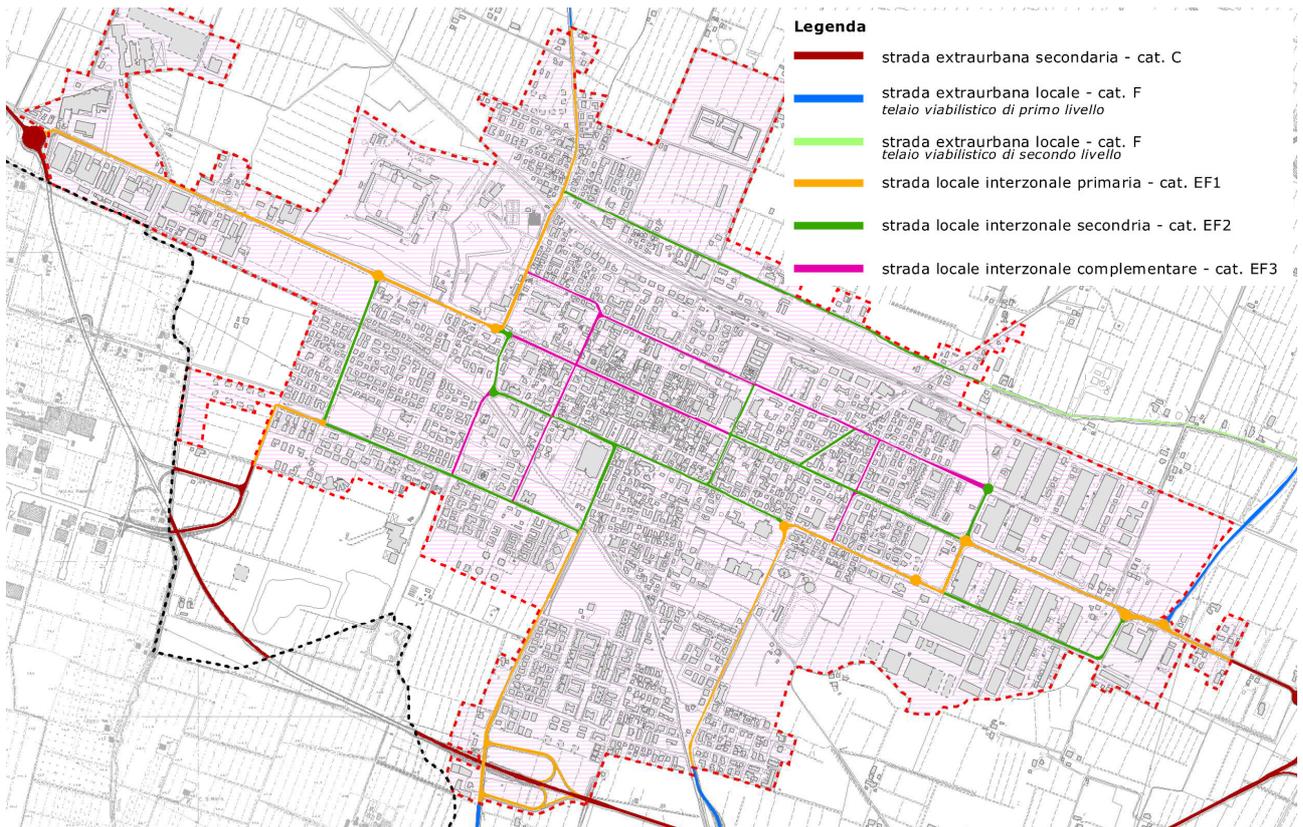


Figura 4: classificazione stradale definita nel PGTU di Castelfranco Emilia

Nel PGTU la porzione di quartiere a sud di via Raffaello è stata classificata tra le Zone Residenziali a Traffico Moderato (ZRTM), all'interno delle quali

*“dovrà quindi essere sviluppata una specifica progettazione che definisca i provvedimenti circolatori locali, gli elementi di arredo, i dispositivi di rallentamento, la segnaletica e quante altre azioni risultassero necessarie al fine di eliminare ogni traffico di attraversamento, imporre velocità fortemente moderate e comportamenti particolarmente attenti, garantire la piena sicurezza e libertà di circolazione di pedoni e ciclisti, favorire usi sociali dello spazio pubblico.”<sup>1</sup>*

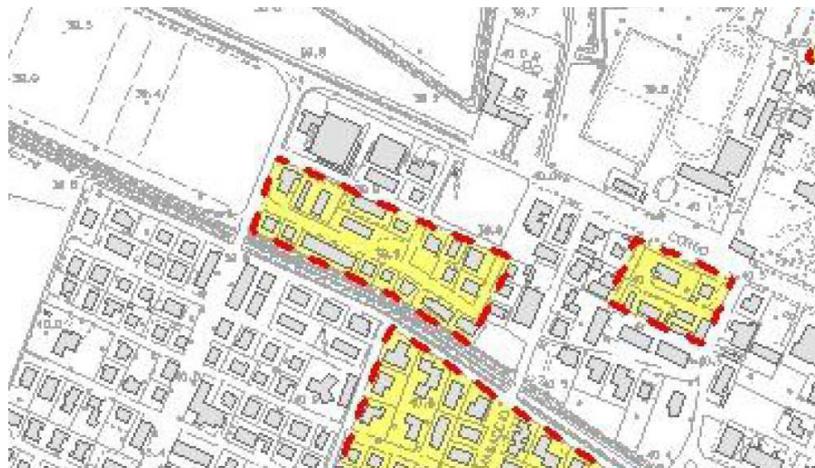


Figura 5: Zone Residenziali a Traffico Moderato definite nel vigente PGTU del Comune di Castelfranco Emilia

<sup>1</sup> estratto dal PGTU di Castelfranco Emilia, 2013

Lo schema di circolazione nelle vie del quartiere è impostato sulla seguente gerarchia:

- via Emilia Ovest
- via Castiglione
- via Tiziano e Leonardo da Vinci
- via Raffaello
- via Giotto e Tintoretto

Tutti gli incroci sono regolati a precedenza rispettando la gerarchia indicata.

L'innesto di via Leonardo da Vinci con via Emilia Ovest è regolato con uno stop. La svolta a sinistra per chi proviene dal centro città è ammessa. Lungo via Emilia Ovest non sono presenti le corsie di preselezione. La visibilità per i veicoli in uscita da via Leonardo da Vinci è buona, gli alberi lungo via Emilia Ovest sono a più di 25 metri dalla mezzeria in entrambi i lati. L'insegna dell'hotel Aquila non ostruisce la visibilità. Via Raffaello ha uno sbocco diretto in via Castiglione (regolato con segnale di "dare precedenza").

All'interno dell'isolato non sono presenti marciapiedi.

Lungo la via Emilia Ovest, tra la carreggiata e il terreno dove sorgerà il nuovo edificio è presente un corridoio ciclopeditonale che prosegue ad est fino ai portici presenti di via Martiri.

Nella figura seguente è indicata la segnaletica di regolazione delle intersezioni nel quartiere e i sensi di marcia delle strade adiacenti il lotto.

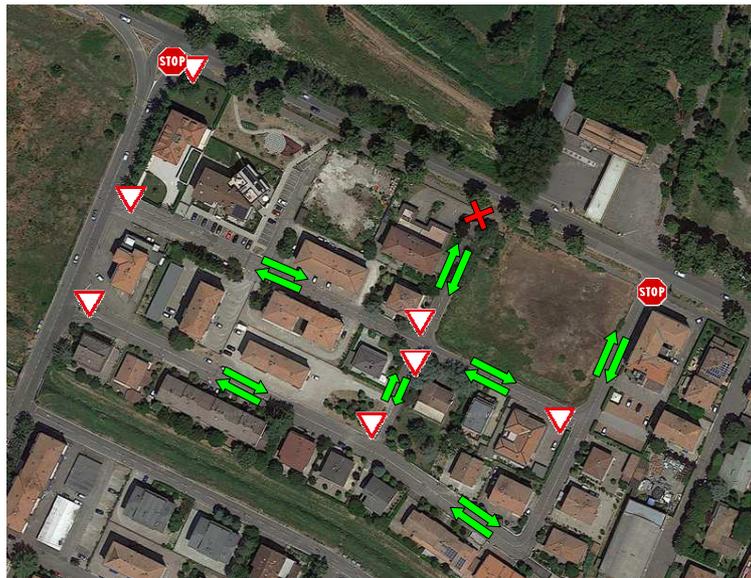


Figura 6: schema di circolazione e regolazione delle intersezioni nell'area dell'ambito in esame

### 3 LIVELLI ATTUALI DI TRAFFICO

All'interno del "Monitoraggio dei flussi di traffico della regione Emilia Romagna" sono presenti i flussi di traffico rilevati lungo la via Emilia in Comune di Castelfranco Emilia (sezioni 148 e 162)<sup>2</sup>.



Figura 7: localizzazione delle sezioni di conteggio monitorate da Regione Emilia-Romagna

Strada	Corsia	Media Giornaliera Transiti						
		Totale	Leggeri	Pesanti	Diurno	Notturmo	Feriali	Festivi
MO_SS9_Emilìa	0 - DA RIMINI A PIACENZA	14.304	13.351	952	10.430	3.874	14.901	12.586
	1 - DA PIACENZA A RIMINI	14.725	13.743	982	10.325	4.400	15.489	12.529
MO_SS9_Emilìa	0 - DA RIMINI A PIACENZA	8.737	7.861	876	5.896	2.842	9.102	7.689
	1 - DA PIACENZA A RIMINI	8.660	7.789	871	6.010	2.650	9.090	7.423

Tabella 1: conteggi di traffico lungo la SS9 via Emilia (fonte Regione Emilia-Romagna)

Si tratta però di rilievi effettuati nei tratti di SS9, ovvero all'esterno della tangenziale e (come vedremo anche dai dati presentati nel PGTU) poco attinenti all'analisi presentata nel presente studio.

All'interno del PGTU sono riportati i flussi di traffico rilevati in ora di punta del mattino lungo via Martiri Ovest (prosecuzione di via Emilia Ovest ad est della rotatoria con la SP 14).

Interessante è il confronto tra i dati rilevati nel 2002, prima dell'apertura della tangenziale sud di Castelfranco:

Via	Rilievi 2002					Rilievi 2011				
	auto	bici	moto	pesanti	totale	auto	bici	moto	pesanti	totale
Martiri Ovest direzione est (centro)	453	5	6	85	<b>549</b>	208	4	1	5	<b>218</b>
Martiri Ovest direzione ovest	707	6	18	80	<b>811</b>	165	1	2	8	<b>176</b>

Tabella 2: conteggi di traffico in via Martiri (fonte PGTU del Comune di Castelfranco Emilia)

Il traffico si è ridotto drasticamente, con differenze di -60% in direzione centro e -78% in direzione Modena. Rilevante è soprattutto la netta riduzione dei veicoli commerciali pesanti che sono reindirizzati quasi totalmente sulla tangenziale.

<sup>2</sup> Le informazioni sui conteggi di traffico di Regione Lombardia sono tratte dal sito della Regione Emilia-Romagna all'indirizzo <http://servizissir.regione.emilia-romagna.it/FlussiIMTS/>

Per la valutazione del progetto è stato effettuato un conteggio integrativo nella fascia di punta serale (dalle 17.15 alle 18.45) nella giornata di martedì 9 dicembre 2014 lungo via Emilia Ovest in corrispondenza delle intersezioni:

- Emilia Ovest – via Castiglione
- Emilia Ovest – via Leonardo da Vinci
- Emilia Ovest – via Costa/via Trampolini (SP14)

Le manovre rilevate sono quelle della strada di diretto impatto del nuovo insediamento (via Leonardo da Vinci) e delle principali intersezioni attraversate dai veicoli diretti alla nuova struttura.

I flussi sono stati rilevati con le seguenti stratificazioni:

- il quarto d'ora di transito
- la categoria veicolare (distinguendo moto, auto e furgoni, camion, bus)
- le manovre

Il conteggio è stato effettuato per poter prevedere le condizioni di traffico nella punta serale di sovrapposizione del traffico pendolare di ritorno a casa e del traffico generato/attratto dalla prevista struttura commerciale.

Il rilievo per quarto d'ora permette di individuare le condizioni di massimo carico.

La classificazione per tipo veicolo permette di calcolare il flusso complessivo in termini di totale veicoli motorizzati e anche di totale veicoli omogeneizzati.

Nei veicoli omogeneizzati ogni categoria veicolare viene pesata per un coefficiente che ne pesa l'ingombro dinamico e quindi l'effettivo impegno della capacità stradale; i coefficienti sono i seguenti :

- 1,0 per autovetture e i furgoni
- 1,8 per camion
- 3,0 per autotreni, autoarticolati e autobus
- 0,5 per moto

Nell'ambito della fascia oraria di rilievo l'ora di punta del traffico risulta essere 18.00-19.00.

Le seguenti tavole riportano i valori dei veicoli in transito nell'ora di maggior carico alle tre intersezioni (espresse in veicoli equivalenti). In allegato sono inserite le tabelle di dettaglio per quarto d'ora e per classificazione veicolare.

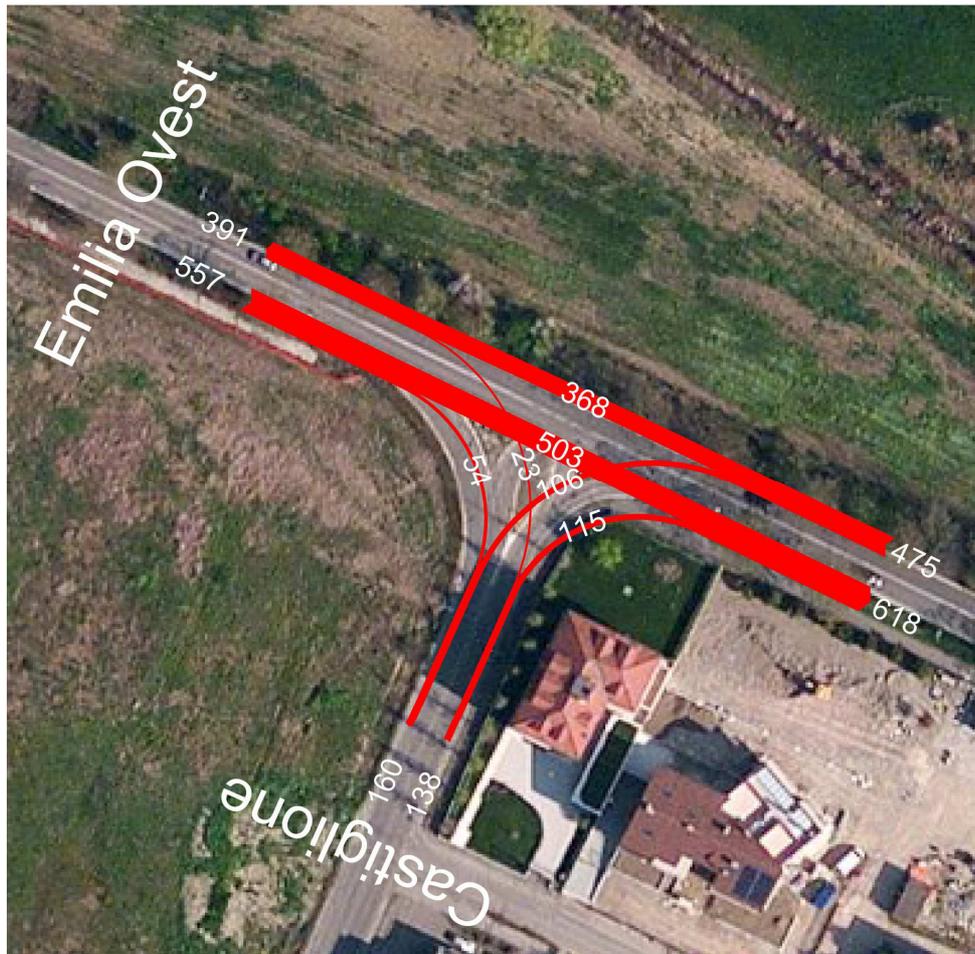


Figura 8: flussi in traffico in ora di punta serale all'intersezione via Emilia Ovest – via Castiglione



Figura 9: flussi di traffico in ora di punta serale all'intersezione via Emilia Ovest – via Leonardo da Vinci

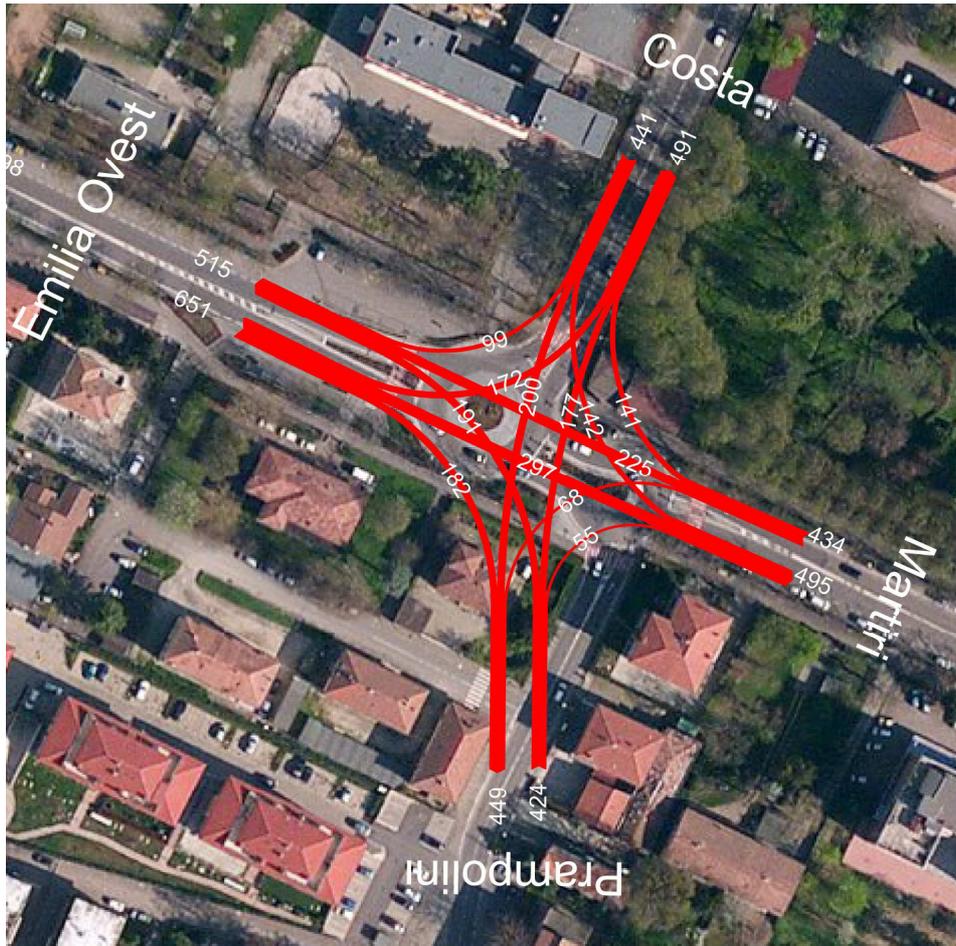


Figura 10: flussi di traffico in ora di punta serale all'intersezione via Emilia Ovest – SP14

Applicando ai flussi rilevati in ora di punta le formule di Bovy sulla capacità delle rotatorie, abbiamo per la intersezione tra via Emilia Ovest e SP14 (composta da una rotatoria completa – a ovest – e da una pseudorotatoria – a est) i seguenti valori:

**Rotatoria ovest**

Provenienza	Flusso (veq)	Ritardo medio (sec)	LOS	Coda massima	Capacità ingresso	F/C ingresso	F/C anello	LOS
Costa	441	8.9	A	4.6	834	0.53	0.74	C
Emilia Ovest	651	13.3	B	8.6	903	0.72	0.83	C
Centro	802	13.3	B	10.3	1031	0.78	0.85	D

Tabella 3: prestazione dei rami della rotatoria all'intersezione via Emilia Ovest/Costa (rotatoria ovest) – stato di fatto

**Pseudorotatoria est**

Provenienza	Flusso (veq)	Ritardo medio (sec)	LOS	Coda massima	Capacità ingresso	F/C ingresso	F/C anello	LOS
Prampolini	424	14.9	B	6.6	682	0.62	0.83	C
Martiri	434	6.5	A	3.6	939	0.46	0.66	B

Tabella 4: prestazione dei rami della rotatoria all'intersezione via Martiri/Prampolini (rotatoria est) – stato di fatto

In tutti i rami delle rotatorie non si segnalano problemi al funzionamento delle rotatorie.

## 4 LO SCENARIO SENZA INTERVENTO

Nel PGTU vengono confermati gli interventi sulla viabilità previsti dal PSC vigente.

Di particolare rilievo per l'ambito in esame è la prevista tangenziale nord di Castelfranco Emilia che permetterebbe di deviare il flusso di traffico di attraversamento est-nord che attualmente transita lungo l'itinerario Emilia Ovest/Costa (parte dei 270 veicoli equivalenti in ora di punta della sera).

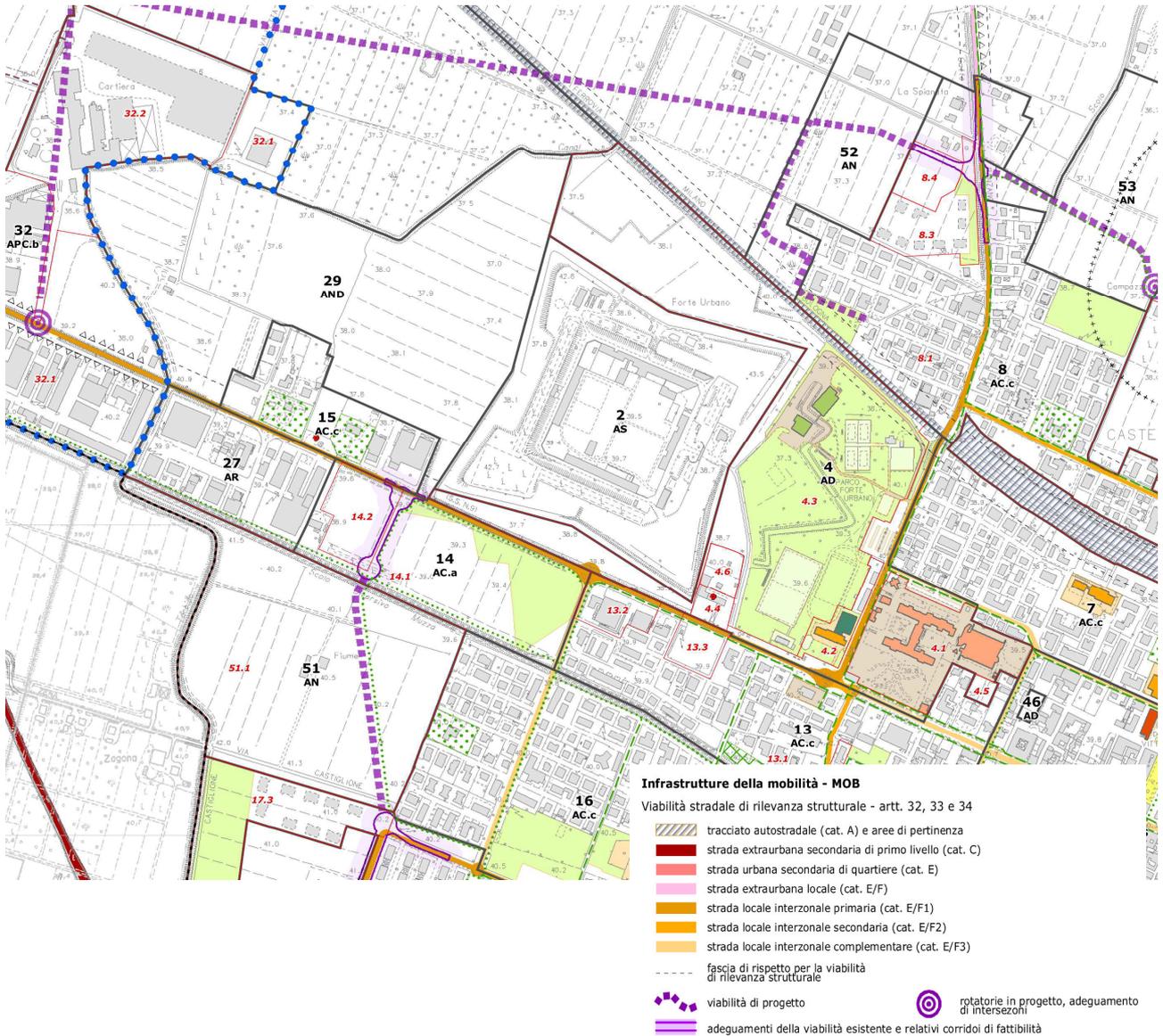


Figura 11: tavola del sistema delle dotazioni previste nel PSC vigente e confermate nel PGTU

Di minor rilevanza per l'ambito in esame è la nuova viabilità di collegamento tra via Emilia Ovest e via Boccioni, viabilità alternativa a via Castiglione per raggiungere l'area industriale della Graziosa.

Nel PGTU è inoltre confermata la prevista messa in sicurezza della intersezione Emilia Ovest/Castiglione, con la realizzazione di una rotonda in sostituzione dell'attuale intersezione a T.

I flussi attuali registrati all'intersezione indicano infatti una condizione di particolare criticità per la sicurezza.



*Figura 12: rotatoria tra via Emilia Ovest e via Castiglione confermata all'interno del PGTU*

Questa rotatoria compare inoltre nel Programma Triennale delle Opere Pubbliche 2014-2016 del Comune di Castelfranco Emilia (approvato nel mese di marzo 2014).

La realizzazione della rotatoria era prevista nel terzo trimestre 2014 (termine lavori 1° trimestre 2015).

La previsione di spesa è capitale privato.

## 5 TRAFFICO GENERATO DAL NUOVO INSEDIAMENTO

La struttura commerciale è prevista con 800 metri quadrati di superficie di vendita al dettaglio di generi alimentari e non alimentari.

Per la stima del traffico generato e attratto sono stati utilizzati i parametri presenti nella letteratura di settore e di seguito indicati:

Destinazione d'uso	SLP prevista m <sup>2</sup>	Addetti	Clienti (ora punta)
Commercio			
- area di vendita	800	20	71
- magazzino	400		--
Terziario	700	28	--
<b>Totale</b>	<b>1900</b>	<b>48</b>	<b>71</b>

Tabella 5: stima dell'attrattività della struttura in progetto

Categoria	Spostamenti auto h.p. sera	DI cui in uscita	DI cui in ingresso
Addetti commercio	8	8	--
Clienti commercio	80	47	32
Addetti terziario	11	11	--
<b>Totale</b>	<b>99</b>	<b>64</b>	<b>32</b>

Tabella 6: stima dei veicoli attratti e generati dalla struttura in progetto in ora di punta della sera

Da ultimo occorre ipotizzare la distribuzione del traffico per direttrice di provenienza, distribuzione che nel caso in esame si ripartisce tra via Emilia Ovest, via Castiglione, Castelfranco nord (via Costa), centro (Martiri) e sud (Prampolini).

Si ipotizza la seguente ripartizione:

addetti:

- via Castiglione, 8%
- via Emilia Ovest, 19%
- via Costa, 25%
- via Martiri, 25%
- via Prampolini, 23%

clienti:

- via Castiglione, 8%
- via Emilia Ovest, 10%
- via Costa, 32%
- via Martiri, 24%
- via Prampolini, 26%

## 6 VALUTAZIONE DI IMPATTO SUL TRAFFICO DELLA NUOVA STRUTTURA

Ci sono due punti rilevanti di “conflitto” fra il traffico generato/attratto dal nuovo insediamenti e il traffico attuale.

Il primo punto è l’ingresso/uscita dal nuovo lotto; il traffico generato/attratto dà la precedenza al flusso in transito sulla via Emilia Ovest.

Il secondo punto è la rotatoria di via Emilia Ovest con la SP14.

I flussi risultanti in ora di punta (18.00-19.00) nei due punti di conflitto sono riportati nella seguente figura.



Figura 13: traffico indotto dalla struttura di vendita in progetto – veq in ora di punta della sera di un giorno feriale

Come si vede dalla figura i flussi di traffico indotto sono piuttosto ridotti.

Vanno però considerati gli effetti di tale traffico aggiunto alla situazione attuale del traffico.

### Intersezione Emilia Ovest/Leonardo da Vinci

I flussi di traffico complessivi stimati all’intersezione tra via Emilia Ovest e via Leonardo da Vinci sono rappresentati nella seguente figura.

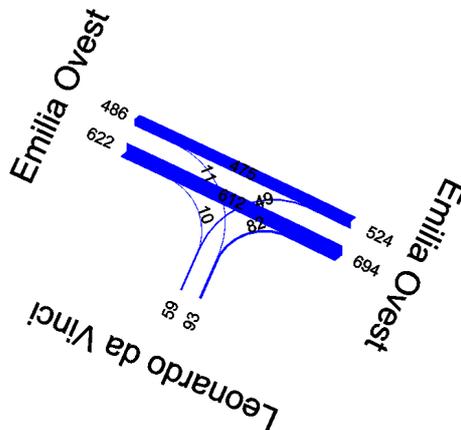


Figura 14: traffico di progetto all’intersezione Emilia Ovest/Leonardo da Vinci veq in ora di punta della sera di un giorno feriale

Si viene a riprodurre un assetto di traffico simile all'incrocio Emilia/Castiglione, per il quale è prevista la trasformazione in rotatoria, per migliorare la sicurezza stradale più che per motivi di congestione.

Per evitare di riprodurre il problema che già va risolto nell'altro incrocio, appare opportuno regolare l'incrocio Emilia/Leonardo impedendo la svolta a sinistra in uscita da via Leonardo; i veicoli diretti ad ovest (che peraltro sono una quota minimale del traffico generato in esame) dovrebbero o girare a destra ed effettuare inversione alla rotatoria Emilia/SP14 oppure uscire per via Raffaello e Castiglione.

Nel nodo verrebbe invece mantenuta la svolta a sinistra dal centro verso via Leonardo, disegnando sulla carreggiata una corsia di preselezione a servizio di questa manovra con circa 20 m. di tratta di accumulo dei veicoli in svolta.

Analoga regolazione andrebbe peraltro imposta all'incrocio Emilia/Buonarroti con divieto di svolta a sinistra in uscita da via Buonarroti.

Intersezione Emilia Ovest/SP14

Applicando ai flussi di progetto che transitano dall'intersezione Emilia Ovest/SP14 le formule di Bovy sulla capacità delle rotatorie, abbiamo i seguenti valori:

**Rotatoria ovest**

Provenienza	Flusso (veq)	Ritardo medio (sec)	LOS	Coda massima	Capacità ingresso	F/C ingresso	F/C anello	LOS
Costa	451	10.0	A	5.1	808	0.56	0.76	C
Emilia Ovest	704	18.3	B	12.2	888	0.79	0.88	D
Centro	818	17.0	B	13.0	1002	0.82	0.88	D

Tabella 7: prestazione dei rami della rotatoria all'intersezione via Emilia Ovest/Costa (rotatoria ovest) – stato di progetto

**Pseudorotatoria est**

Provenienza	Flusso (veq)	Ritardo medio (sec)	LOS	Coda massima	Capacità ingresso	F/C ingresso	F/C anello	LOS
Prampolini	432	17.8	B	7.8	651	0.66	0.85	C
Martiri	442	6.8	A	3.8	924	0.48	0.68	B

Tabella 8: prestazione dei rami della rotatoria all'intersezione via Martiri/Prampolini (rotatoria est) – stato di progetto

Il rapporto flusso/capacità (nelle condizioni di maggior carico veicolare) peggiora, pur mantenendo un accettabile livello di servizio con oltre il 15% di capacità residua.

Non ci sono quindi motivi per intervenire sull'assetto della rotatoria.

## 7 CONCLUSIONI

Il traffico motorizzato generato dai nuovi insediamenti è decisamente contenuto (+99 veicoli in ora di punta della sera) a fronte di un flusso bidirezionale sull'Emilia Ovest di circa 1.100 veicoli.

Non si prevedono particolari problemi di congestione; però gestire il nodo Emilia Ovest/Leonardo Da Vinci a semplice precedenza con tutte le manovre consentite, può creare problemi di leggera congestione e di potenziale pericolosità (come risulta nell'incrocio Emilia Ovest/Castiglione, per il quale non a caso è prevista la trasformazione in rotatoria).

Per garantire la migliori condizioni di deflusso e sicurezza si ritiene opportuno prevedere il divieto di svolta a sinistra (verso Modena) per i veicoli in uscita da via Leonardo, che provano comunque facile alternativa di uscita dall'area nell'inversione alla rotatoria Emilia/SP14 o nel transito per via Raffaello.

Parte della tratta della via Emilia Ovest compresa fra l'incrocio con via Leonardo Da Vinci e la rotatoria con la SP14 andrebbe quindi ridisegnata (pur a parità di ingombro complessivo) per inserire le corsie di accumulo per le svolte a sinistra (provenendo dal centro) per le vie Buonarroti e Leonardo Da Vinci.

La realizzazione della rotatoria Emilia/Castiglione (già programmata e progettata) sarà un ulteriore fattore di ausilio alla accessibilità al nuovo comparto.

In fase di progettazione degli accessi all'area di sosta per l'attività commerciale, qualora si preveda un ingresso da via Leonardo da Vinci si segnala la necessità di mantenere una distanza di almeno 30 metri da via Emilia Ovest. È altresì opportuno prevedere adeguati spazi di manovra in ingresso al fine di evitare accodamenti in via Leonardo da Vinci a causa delle manovre all'interno dell'area di sosta.

Buona risulta l'accessibilità generale all'area per la mobilità ciclopedonale, per la quale non si segnalano particolari necessità di intervento.

# ALLEGATO 1 RISULTATI DELLE INDAGINI DI TRAFFICO

Giorno: **9 dicembre 2014**  
Meteo: **nuvoloso**

Sezione: **11**  
Vie: **Emilia ovest/Castiglione**

origine: Emilia Ovest		cod: 111							Castiglione							cod: 113							
dest.	ora	Emilia centro		cod: 112		Castiglione		cod: 113		Castiglione		cod: 113		Castiglione		cod: 113							
		auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	
17.15-17.30	125	3	0	0	0	1	129	131	11	0	0	0	0	1	12	11							
17.30-17.45	155	3	0	1	0	0	159	163	24	0	0	0	0	0	24	24							
17.45-18.00	96	2	0	0	0	0	98	100	18	0	0	0	0	0	18	18							
18.00-18.15	139	1	1	0	1	0	142	144	9	0	0	0	0	0	9	9							
18.15-18.30	108	2	1	1	1	0	112	118	11	0	0	0	0	0	11	11							
18.30-18.45	131	1	2	1	0	0	135	142	16	0	0	0	0	0	16	16							
18.45-19.00	116	1	1	0	0	0	118	121	19	0	0	0	0	0	19	19							
<b>totale</b>	<b>870</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>893</b>	<b>918</b>	<b>108</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>109</b>	<b>108</b>								
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>474</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>487</b>	<b>503</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>54</b>	<b>54</b>								

totale origine		cod: 11						
dest.	ora	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.
17.15-17.30	136	3	0	0	0	2	141	142
17.30-17.45	179	3	0	1	0	0	183	187
17.45-18.00	114	2	0	0	0	0	116	118
18.00-18.15	148	1	1	0	1	0	151	153
18.15-18.30	119	2	1	1	1	0	123	129
18.30-18.45	147	1	2	1	0	0	151	158
18.45-19.00	135	1	1	0	0	0	137	140
<b>totale</b>	<b>978</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1002</b>	<b>1027</b>
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>528</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>541</b>	<b>557</b>

totale destinazione		cod: 111						
dest.	ora	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.
17.15-17.30	95	2	0	0	0	0	97	99
17.30-17.45	89	0	0	1	0	0	90	92
17.45-18.00	88	1	0	0	0	0	89	90
18.00-18.15	100	1	2	1	0	0	104	111
18.15-18.30	97	1	0	0	0	0	98	99
18.30-18.45	87	1	0	1	0	0	89	92
18.45-19.00	96	2	0	0	1	0	99	100
<b>totale</b>	<b>652</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>666</b>	<b>682</b>
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>372</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>380</b>	<b>391</b>

origine: Emilia centro		cod: 112							Emilia Ovest							cod: 111							
dest.	ora	Castiglione		cod: 113		Emilia Ovest		cod: 111		Castiglione		cod: 113		Emilia Ovest		cod: 111							
		auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	
17.15-17.30	33	0	0	0	0	0	33	33	89	2	0	0	0	91	93								
17.30-17.45	17	0	0	0	0	0	17	17	84	0	0	1	0	85	87								
17.45-18.00	24	1	0	0	0	0	25	26	81	1	0	0	0	82	83								
18.00-18.15	22	2	0	0	0	0	24	26	94	1	2	1	0	98	105								
18.15-18.30	29	0	0	0	0	0	29	29	91	0	0	0	0	91	91								
18.30-18.45	24	1	0	0	0	0	25	26	85	1	0	1	0	87	90								
18.45-19.00	32	0	0	0	0	0	32	32	93	2	0	0	0	95	97								
<b>totale</b>	<b>181</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>185</b>	<b>188</b>	<b>617</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>629</b>	<b>645</b>								
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>99</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>103</b>	<b>106</b>	<b>351</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>358</b>	<b>368</b>								

totale origine		cod: 11						
dest.	ora	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.
17.15-17.30	122	2	0	0	0	0	124	126
17.30-17.45	101	0	0	1	0	0	102	104
17.45-18.00	105	2	0	0	0	0	107	109
18.00-18.15	116	3	2	1	0	0	122	130
18.15-18.30	120	0	0	0	0	0	120	120
18.30-18.45	109	2	0	1	0	0	112	116
18.45-19.00	125	2	0	0	0	0	127	129
<b>totale</b>	<b>798</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>814</b>	<b>833</b>
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>450</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>461</b>	<b>475</b>

totale destinazione		cod: 112						
dest.	ora	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.
17.15-17.30	149	3	0	0	0	1	153	155
17.30-17.45	189	3	0	1	0	0	193	197
17.45-18.00	118	4	0	0	0	1	123	126
18.00-18.15	176	1	1	0	0	1	179	181
18.15-18.30	135	3	1	1	0	0	140	146
18.30-18.45	154	1	2	1	0	0	158	165
18.45-19.00	140	2	1	0	0	0	143	147
<b>totale</b>	<b>1061</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1089</b>	<b>1117</b>
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>583</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>600</b>	<b>618</b>

origine: Castiglione		cod: 113							Emilia Ovest							cod: 112							
dest.	ora	Emilia Ovest		cod: 111		Emilia centro		cod: 112		Castiglione		cod: 113		Emilia Ovest		cod: 112							
		auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	
17.15-17.30	6	0	0	0	0	0	6	6	24	0	0	0	0	24	24								
17.30-17.45	5	0	0	0	0	0	5	5	34	0	0	0	0	34	34								
17.45-18.00	7	0	0	0	0	0	7	7	22	2	0	0	1	25	26								
18.00-18.15	6	0	0	0	0	0	6	6	37	0	0	0	0	37	37								
18.15-18.30	6	1	0	0	0	0	7	8	27	1	0	0	0	28	29								
18.30-18.45	2	0	0	0	0	0	2	2	23	0	0	0	0	23	23								
18.45-19.00	3	0	0	0	1	0	4	3	24	1	0	0	0	25	26								
<b>totale</b>	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>191</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>196</b>	<b>199</b>								
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>109</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>113</b>	<b>115</b>								

totale origine		cod: 11						
dest.	ora	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.
17.15-17.30	30	0	0	0	0	0	30	30
17.30-17.45	39	0	0	0	0	0	39	39
17.45-18.00	29	2	0	0	1	0	32	33
18.00-18.15	43	0	0	0	0	0	43	43
18.15-18.30	33	2	0	0	0	0	35	37
18.30-18.45	25	0	0	0	0	0	25	25
18.45-19.00	27	1	0	0	1	0	29	29
<b>totale</b>	<b>226</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>233</b>	<b>236</b>
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>130</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>135</b>	<b>138</b>

totale destinazione		cod: 113						
dest.	ora	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.
17.15-17.30	44	0	0	0	0	1	45	44
17.30-17.45	41	0	0	0	0	0	41	41
17.45-18.00	42	1	0	0	0	0	43	44
18.00-18.15	31	2	0	0	0	0	33	35
18.15-18.30	40	0	0	0	0	0	40	40
18.30-18.45	40	1	0	0	0	0	41	42
18.45-19.00	51	0	0	0	0	0	51	51
<b>totale</b>	<b>289</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>294</b>	<b>297</b>
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>153</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>157</b>	<b>160</b>

Tabella 9: conteggi di traffico all'intersezione via Emilia Ovest/Castiglione veicoli classificati per manovra, classe veicolare e quarto d'ora di indagine

Tabella 10: conteggi di traffico all'intestazione via Emilia Ovest/Leonardo da Vinci veicoli classificati per manovra, classe veicolare e quarto d'ora di indagine

Sezione: 12

Vie: Emilia ovest/Leonardo

Giorno: 9 dicembre 2014

Meteo: nuvoloso

origine: Emilia Ovest		cod: 121						Leonardo						cod: 123								
dest.	Emilia centro						Leonardo						Emilia Ovest									
ora	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	
17.15-17.30	151	3	0	0	1	155	157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.30-17.45	187	3	0	1	0	191	195	3	0	0	0	0	0	3	3							
17.45-18.00	117	4	0	0	1	122	125	1	0	0	0	0	1	1								
18.00-18.15	175	1	1	0	1	178	180	0	0	0	0	0	0	0								
18.15-18.30	133	3	1	1	0	138	144	2	0	0	0	0	2	2								
18.30-18.45	152	1	2	1	0	156	163	4	0	0	0	0	4	4								
18.45-19.00	136	2	1	0	0	139	143	4	0	0	0	0	4	4								
<b>totale</b>	<b>1051</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1079</b>	<b>1107</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>14</b>								
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>577</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>594</b>	<b>612</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>7</b>								

totale origine							cod: 12	
auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.		
151	3	0	0	1	155	157		
190	3	0	1	0	194	198		
118	4	0	0	1	123	126		
175	1	1	0	1	178	180		
135	3	1	1	0	140	146		
156	1	2	1	0	160	167		
140	2	1	0	0	143	147		
<b>1065</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1093</b>	<b>1121</b>		
<b>584</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>601</b>	<b>619</b>		

totale destinazione							cod: 121	
auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.		
122	2	0	0	0	124	126		
100	0	0	1	0	101	103		
107	2	0	0	0	109	111		
115	3	2	1	0	121	129		
122	0	0	0	0	122	122		
109	2	0	1	0	112	116		
124	2	0	0	0	126	128		
<b>799</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>815</b>	<b>834</b>		
<b>453</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>464</b>	<b>478</b>		

origine: Emilia centro		cod: 122						Leonardo						Emilia Ovest								
dest.	Leonardo						Emilia centro						Emilia Ovest									
ora	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	
17.15-17.30	7	0	0	0	0	7	7	117	2	0	0	0	119	121								
17.30-17.45	4	0	0	0	0	4	4	100	0	0	1	0	101	103								
17.45-18.00	6	0	0	0	0	6	6	106	2	0	0	0	108	110								
18.00-18.15	6	0	0	0	0	6	6	113	3	2	1	0	119	127								
18.15-18.30	5	0	0	0	0	5	5	122	0	0	0	0	122	122								
18.30-18.45	6	0	0	0	0	6	6	109	2	0	1	0	112	116								
18.45-19.00	3	0	0	0	0	3	3	121	2	0	0	0	123	125								
<b>totale</b>	<b>37</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>788</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>804</b>	<b>823</b>								
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>450</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>461</b>	<b>475</b>								

totale origine							cod: 12	
auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.		
124	2	0	0	0	126	128		
104	0	0	1	0	105	107		
112	2	0	0	0	114	116		
119	3	2	1	0	125	133		
127	0	0	0	0	127	127		
115	2	0	1	0	118	122		
124	2	0	0	0	126	128		
<b>825</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>841</b>	<b>860</b>		
<b>473</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>484</b>	<b>498</b>		

totale destinazione							cod: 122	
auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.		
156	3	0	0	1	160	162		
191	3	0	1	0	195	199		
124	4	0	0	1	129	132		
179	1	1	0	1	182	184		
143	3	1	1	0	148	154		
161	1	2	1	0	165	172		
143	2	1	0	0	146	150		
<b>1097</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1125</b>	<b>1153</b>		
<b>607</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>624</b>	<b>642</b>		

origine: Leonardo		cod: 123						Emilia Ovest						Emilia centro								
dest.	Emilia Ovest						Emilia centro						Emilia Ovest									
ora	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	
17.15-17.30	5	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	5	5								
17.30-17.45	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	4								
17.45-18.00	1	0	0	0	0	1	1	7	0	0	0	0	7	7								
18.00-18.15	2	0	0	0	0	2	2	4	0	0	0	0	4	4								
18.15-18.30	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	10								
18.30-18.45	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	9	9								
18.45-19.00	3	0	0	0	0	3	3	7	0	0	0	0	7	7								
<b>totale</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>46</b>	<b>46</b>								
<b>hp 18.00-19.00</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>30</b>								

totale origine							cod: 12	
auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.		
10	0	0	0	0	10	10		
4	0	0	0	0	4	4		
8	0	0	0	0	8	8		
6	0	0	0	0	6	6		
10	0	0	0	0	10	10		
9	0	0	0	0	9	9		
10	0	0	0	0	10	10		
<b>57</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>57</b>	<b>57</b>		
<b>33</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>33</b>		

totale destinazione							cod: 123	
auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.		
7	0	0	0	0	7	7		
7	0	0	0	0	7	7		
7	0	0	0	0	7	7		
6	0	0	0	0	6	6		
7	0	0	0	0	7	7		
10	0	0	0	0	10	10		
7	0	0	0	0	7	7		
<b>51</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>51</b>		
<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>30</b>		

Tabella 1.1: conteggi di traffico all'intersezione via Emilia Ovest/SP14  
veicoli classificati per manovra, classe veicolare e quarto d'ora di indagine

Sezione: 13  
Vie: Emilia ovest/SP14

Giorno: 9 dicembre 2014  
Meteo: nuvoloso

origine: SP14 nord cod: 131													totale origine cod: 13						totale destinazione cod: 131																
ora	Emilia centro cod: 132					SP14 sud cod: 133					Emilia Ovest cod: 134					totale origine cod: 13						totale destinazione cod: 131													
	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.							
17.15-17.30	44	0	0	0	1	45	44	38	1	0	0	0	39	40	16	0	1	0	1	18	19	98	1	1	0	2	102	104	97	1	0	0	2	100	100
17.30-17.45	49	0	0	0	0	49	49	45	1	0	0	0	46	47	13	0	0	0	0	13	13	107	1	0	0	0	108	109	87	1	0	0	1	89	89
17.45-18.00	35	1	0	0	0	36	37	54	1	0	0	0	55	56	21	0	1	0	0	22	24	110	2	1	0	0	113	117	112	3	0	0	0	115	117
18.00-18.15	30	0	0	0	0	30	30	58	0	0	0	0	58	58	27	1	0	0	1	29	29	115	1	0	0	1	117	117	120	3	0	0	1	124	126
18.15-18.30	28	2	0	0	0	30	32	59	0	1	0	0	60	62	26	0	0	0	0	26	26	113	2	1	0	0	116	120	125	2	0	1	0	128	132
18.30-18.45	44	0	0	0	0	44	44	22	1	0	0	0	23	24	18	1	0	0	0	19	20	84	2	0	0	0	86	88	111	1	0	1	0	113	116
18.45-19.00	43	0	0	0	1	44	43	40	0	0	0	0	40	40	21	0	0	0	0	21	21	104	0	0	0	1	105	104	108	0	0	0	0	108	108
<b>totale</b>	273	3	0	0	2	278	279	316	4	1	0	0	321	326	142	2	2	0	2	148	152	731	9	3	0	4	747	758	760	11	0	2	4	777	787
<b>hp 18.00-19.00</b>	137	3	0	0	0	140	142	193	2	1	0	0	196	200	92	2	1	0	1	96	99	422	7	2	0	1	432	441	468	9	0	2	1	480	491

origine: Emilia centro cod: 132													totale origine cod: 13						totale destinazione cod: 132																
ora	SP14 sud cod: 133					Emilia Ovest cod: 134					SP14 nord cod: 131					totale origine cod: 13						totale destinazione cod: 132													
	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.							
17.15-17.30	14	0	0	0	0	14	14	60	1	0	0	1	62	62	16	0	0	0	1	17	16	90	1	0	0	2	93	93	112	2	0	0	2	116	116
17.30-17.45	11	0	0	0	0	11	11	53	1	0	0	0	54	55	14	1	0	0	1	16	16	78	2	0	0	1	81	82	151	4	0	1	0	156	161
17.45-18.00	20	0	0	0	0	20	20	49	0	0	0	0	49	49	33	1	0	0	0	34	35	102	1	0	0	0	103	104	94	4	1	0	1	100	105
18.00-18.15	13	0	0	0	0	13	13	57	0	0	0	0	57	57	29	2	0	0	0	31	33	99	2	0	0	0	101	103	141	1	0	0	1	143	143
18.15-18.30	10	1	0	0	0	11	12	63	0	0	0	0	63	63	32	0	0	0	0	32	32	105	1	0	0	0	106	107	109	5	0	1	0	115	121
18.30-18.45	21	1	0	0	0	22	23	52	2	0	0	0	54	56	42	0	0	0	0	42	42	115	3	0	0	0	118	120	117	0	2	1	0	120	126
18.45-19.00	18	0	0	0	0	18	18	68	1	0	0	0	69	70	20	0	0	0	0	20	20	106	1	0	0	0	107	108	97	2	1	0	1	101	104
<b>totale</b>	107	2	0	0	0	109	111	402	5	0	0	1	408	411	186	4	0	0	2	192	194	695	11	0	0	3	709	716	821	18	4	3	5	851	876
<b>hp 18.00-19.00</b>	64	2	0	0	0	66	68	221	2	0	0	0	223	225	136	3	0	0	0	139	141	421	7	0	0	0	428	434	461	10	3	2	2	478	495

origine: SP14 sud cod: 133													totale origine cod: 13						totale destinazione cod: 133																
ora	Emilia Ovest cod: 134					SP14 nord cod: 131					Emilia centro cod: 132					totale origine cod: 13						totale destinazione cod: 133													
	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.							
17.15-17.30	39	1	0	0	2	42	42	42	1	0	0	0	43	44	7	0	0	0	0	7	7	88	2	0	0	2	92	92	101	2	0	1	0	104	108
17.30-17.45	47	0	0	1	0	48	50	34	0	0	0	0	34	34	16	0	0	0	0	16	16	97	0	0	1	0	98	100	119	2	0	0	0	121	123
17.45-18.00	40	1	1	1	0	43	48	45	1	0	0	0	46	47	8	0	0	0	0	8	8	93	2	1	1	0	97	103	106	1	0	0	0	107	108
18.00-18.15	45	2	1	0	0	48	52	35	1	0	0	0	36	37	20	0	0	0	0	20	20	100	3	1	0	0	104	108	107	0	0	0	0	107	107
18.15-18.30	43	0	0	0	0	43	43	51	1	0	1	0	53	56	9	0	0	0	0	9	9	103	1	0	1	0	105	108	113	1	1	0	0	115	118
18.30-18.45	46	0	0	1	0	47	49	35	0	0	1	0	36	38	18	0	0	0	0	18	18	99	0	0	2	0	101	105	109	4	0	0	0	113	116
18.45-19.00	38	1	0	0	0	39	40	46	0	0	0	0	46	46	5	0	0	0	0	5	5	89	1	0	0	0	90	91	109	0	0	0	0	109	109
<b>totale</b>	298	5	2	3	2	310	323	288	4	0	2	0	294	301	83	0	0	0	0	83	83	669	9	2	5	2	687	707	764	10	1	1	0	776	788
<b>hp 18.00-19.00</b>	174	3	2	2	0	181	191	166	3	0	2	0	171	177	55	0	0	0	0	55	55	395	6	2	4	0	407	424	435	6	1	0	0	442	449

origine: Emilia Ovest cod: 134													totale origine cod: 13						totale destinazione cod: 134																
ora	SP14 nord cod: 131					Emilia centro cod: 132					SP14 sud cod: 133					totale origine cod: 13						totale destinazione cod: 134													
	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.	auto-furg	camion	pesanti	bus	moto-bici	tot.gen.	Veq.							
17.15-17.30	39	0	0	0	1	40	39	61	2	0	0	1	64	65	49	1	0	1	0	51	54	149	3	0	1	2	155	158	115	2	1	0	4	122	123
17.30-17.45	39	0	0	0	0	39	39	86	4	0	1	0	91	96	63	1	0	0	0	64	65	188	5	0	1	0	194	200	113	1	0	1	0	115	118
17.45-18.00	34	1	0	0	0	35	36	51	3	1	0	1	56	60	32	0	0	0	0	32	32	117	4	1	0	1	123	128	110	1	2	1	0	114	121
18.00-18.15	56	0	0	0	1	57	56	91	1	0	0	1	93	93	36	0	0	0	0	36	36	183	1	0	0	2	186	186	129	3	1	0	1	134	138
18.15-18.30	42	1	0	0	0	43	44	72	3	0	1	0	76	80	44	0	0	0	0	44	44	158	4	0	1	0	163	168	132	0	0	0	0	132	132
18.30-18.45	34	1	0	0	0	35	36	55	0	2	1	0	58	64	66	2	0	0	0	68	70	155	3	2	1	0	161	169	116	3	0	1	0	120	124
18.45-19.00	42	0	0	0	0	42	42	49	2	1	0	0	52	56	51	0	0	0	0	51	51	142	2	1	0	0	145	149	127	2	0	0	0	129	131
<b>totale</b>	286	3	0	0	2	291	292	465	15	4	3	3	490	514	341	4	0	1	0	346	351	1092	22	4	4	5	1127	1158	842	12	4	3	5	866	887
<b>hp 18.00-19.00</b>	166	3	0	0	1	170	172	269	7	3	2	2	283	297	178	2	0	0	0	180	182	613	12	3	2	3	633	651	487	7	3	2	1	500	515



REALIZZAZIONE DI UN  
COMPARTO PRODUTTIVO A  
CASTELFRANCO EMILIA (MO)

COMMITTENTE: FINPART SRL

VERIFICA PREVENTIVA  
DELL'INTERESSE  
ARCHEOLOGICO  
AI SENSI DEL DLGS 163/06

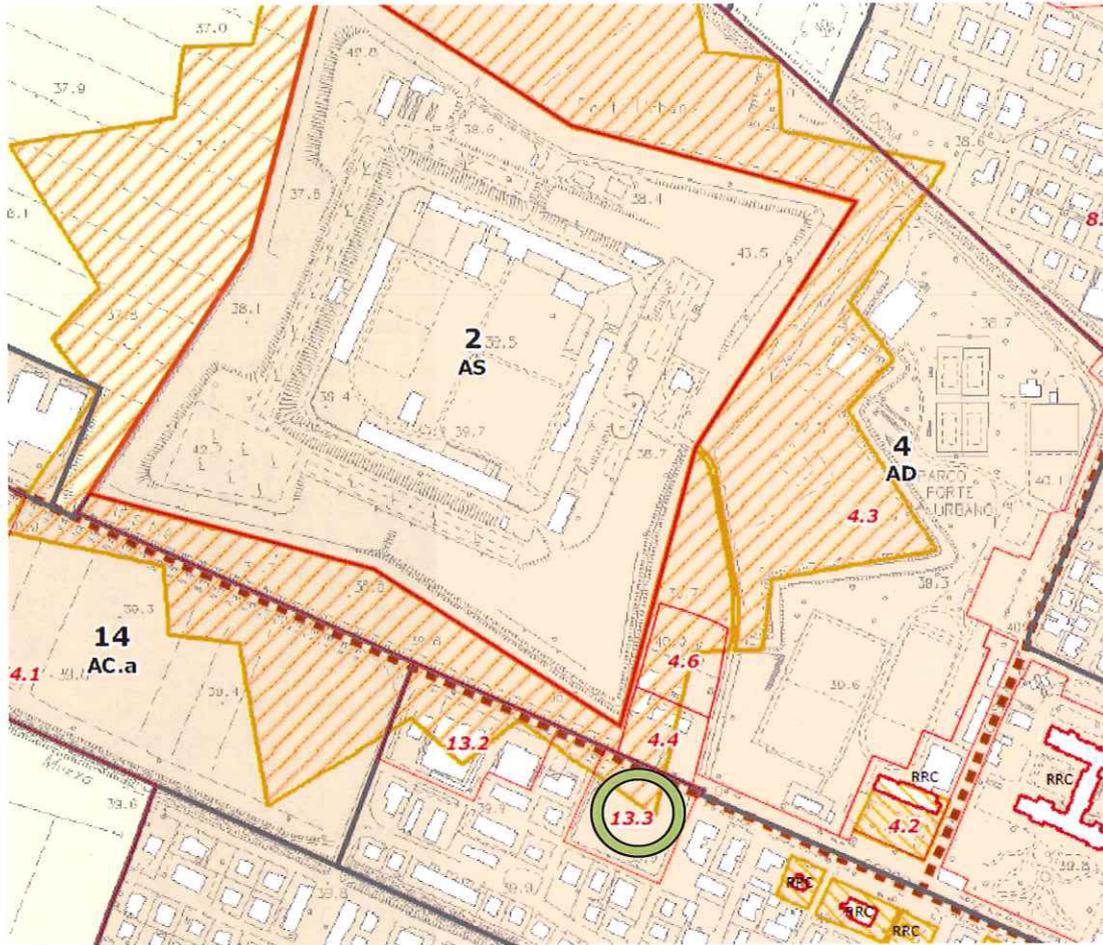
3 giugno 2015



## PREMESSA

La presente indagine viene redatta su richiesta di FINPART srl con sede in Bologna, via del Commercio Associato 13, in previsione dei lavori di realizzazione di un nuovo comparto produttivo Conad a Castelfranco Emilia nella località cosiddetta Mezzaluna, ovvero in fronte al Forte Urbano e in fregio alla via Emilia verso Modena (cfr. *posizionamento fig 1*).

Una volta realizzato il comparto, le opere di urbanizzazione e i parcheggi saranno acquisiti al patrimonio del Comune di Castelfranco Emilia.



*Fig. 1 - Planimetria con il posizionamento dell'area di intervento*

Di seguito si riportano alcune prime informazioni relative all'intervento edilizio da parte del tecnico arch. A. Cremonini di FINPART srl (schema progettuale e relazione all. A), rimandando gli approfondimenti ai singoli capitoli dedicati alla verifica d'interesse archeologico:

1) Il tipo di intervento consiste nella realizzazione di un nuovo fabbricato Conad che prevede una piastra edilizia dedicata all'attività commerciale di circa 800mq, sotto cui si sviluppa un interrato destinato a parcheggio. La profondità di scavo ipotizzata al momento si aggira tra i 3-4 m. per le parti destinate ad interrato e fra 1-2 m. per le altre.

2) Dal punto di vista territoriale l'area oggetto di intervento si colloca a Sud della via Emilia in direzione Modena e a sud del Forte Urbano, esattamente nell'unico lotto attualmente libero da edificazioni. L'area, un tempo a vocazione agricola essendo ricca di acqua ha generato nel corso del tempo la crescita di vegetazione spontanea abbondante; a partire dal secondo dopoguerra ha subito una progressiva urbanizzazione. La zona nel complesso è interessata prevalentemente da residenze.

3) Nella zona interessata dall'intervento è presente a poche decine di metri a nord il Forte Urbano, fortezza edificata nel XVII secolo su cui grava un vincolo monumentale ai sensi del D.Lgs. 42/04 (cfr. fig. 11). Sul lato settentrionale del perimetro del nuovo comparto, anche se non sarà interessata dai lavori di cui al presente progetto, passa la Via Emilia che in questo tratto del centro cittadino ha un decreto di vincolo ministeriale monumentale per l'interesse culturale.

Mentre molto più a Nord Ovest si situa lo scavo archeologico etrusco-celtico individuato nel 1991 e oggetto di diverse campagne di scavo archeologico condotte da Soprintendenza Archeologica E.R., Museo Archeologico Etnologico di Modena e Università La Sorbona di Parigi (scavo edito nel 2008, i cui reperti sono in mostra al Museo locale), nelle immediate vicinanze sono presenti altri rinvenimenti archeologici *minori* di cui si darà conto nei prossimi paragrafi.

4) Dal punto di vista archeologico, la *Carta delle Potenzialità Archeologiche* (cfr. fig. 14) utilizzata dal nostro ufficio (in corso di aggiornamento secondo le linee guida della Regione e del MIBACT) evidenzia sostanzialmente un grado di rischio alto.

**La presente indagine si configura come verifica preventiva dell'interesse archeologico ai sensi del nuovo codice degli appalti (D.Lgs. 163/2006, del DPR 207/2010 e in relazione alle linee guida della circolare 10/2013 della Direzione Generale delle Antichità). L'indagine qui realizzata osserva anche il D.Lgs. 60/2009, in base al quale vengono stabiliti i requisiti delle figure professionali necessarie all'esecuzione delle valutazioni di potenzialità archeologica e del controllo archeologico preventivo.**

## CAP I DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La presente sintesi è tratta dalla relazione allegata dall'arch. Cremonini (all. A): in essa si ricorda che attualmente è disponibile quell'elaborato progettuale perché non è certo il suo inserimento nel POC, pertanto la costruzione potrebbe anche non verificarsi. La proprietà intende comunque fare in via preliminare tutte le verifiche opportune, appunto anche quella archeologica.

Nell'elaborato progettuale qui allegato si prevede la realizzazione di un contenitore edilizio da destinare a funzioni commerciali.

A fianco di esso, si trovano parcheggi ed aree destinate a valorizzare con importanti opere a verde quella che è la reminescenza della forma stellata del Forte Urbano nella sua porzione meridionale, cosa apprezzata dall'Amministrazione Comunale. Qui potrebbe trovare sede anche una pista ciclabile volta alla fruizione dell'intero complesso in affaccio sulla via Emilia.

E' prevista una piastra edilizia dedicata all'attività commerciale di circa 800mq, sotto cui si sviluppa un interrato destinato a parcheggio.

La profondità di scavo ipotizzata al momento si aggira intorno ai 3-4 m. per le parti destinate ad interrato e ai 1-2 m. per le altre.

## CAP II AVVIO DELLE VERIFICHE AI SENSI DELL'ART 95 DEL DLGS 163/06

Sul piano operativo si affronta in questo capitolo la parte preliminare delle indagini che prevedono quattro diversi tipi di operazioni elencate dapprima nella L109/05, poi nell'art 95 del nuovo codice degli appalti, tutte non comportanti attività di scavo:

**1) la raccolta dei dati di archivio e bibliografici**, cioè delle conoscenze "storiche", mediante una ricerca che in parte si svolge all'interno di soprintendenze/archivi/comuni etc... ove si conservano spesso informazioni e documentazione ancora inedite;

**2) le ricognizioni di superficie** sulle aree interessate dai lavori: si tratta del cosiddetto *survey*, che prevede la raccolta sistematica dei reperti portati alla luce stagionalmente nel corso delle arature o in sezioni esposte negli scassi del terreno naturali o artificiali (fossati, cave ecc...);

**3) la "lettura geomorfologica del territorio"**, vale a dire una valutazione interpretativa delle caratteristiche fisiche delle aree coinvolte in relazione alle loro potenzialità insediative;

**4) la fotointerpretazione**, cioè lo studio delle anomalie individuabili tramite la lettura delle fotografie aeree disponibili o realizzabili *ad hoc*.

Di seguito vengono sviluppate in singoli paragrafi le notizie e i dati recuperati all'uopo.

### ***1a) Inquadramento storico sulla base della raccolta di dati di archivio e bibliografici***

Per la storia di Castelfranco si segnalano i principali contributi rimandando alla bibliografia in questi citata.

- E. Angiolini, D. Neri, Nuovi dati per la storia del territorio di Castelfranco Emilia, "AMSPantProvModenesi", serie XI, vol. XXII, 2000, pp. 63-73.
- Atlante dei Beni Archeologici della Provincia di Modena, vol. III, Firenze, 2009.
- F. Bocchi, Centri minori e fonti catastali. Strutture sociali e spazio urbano nel territorio bolognese attraverso il Catasto Boncompagni (1789): un metodo di analisi, in Storia della città, II, 1979, pp. 5-42.
- La nascita del Borgo Franco. L'evoluzione del territorio dal XIII secolo ad oggi, Quaderno di Mostra, Museo Civico Archeologico di Castelfranco Emilia, 15 nov. 2003 - 10 gen. 2004, Bologna-San Giovanni in Persiceto 2003.
- L. Cesari, D. Neri, Guida al Museo Civico Archeologico di Castelfranco Emilia, Castelfranco Emilia, 2006.
- G. Dotti Messori, D. Neri, Mappe, documenti, registri... Alla ricerca dei segni del passato, San Giovanni in Persiceto, 1999.
- S. Gelichi, M. Librenti, Ceramiche postmedievali in Emilia Romagna, in Archeologia Postmedievale I (1997), pp. 185-229.
- L. Gheza Fabbri, Il lavoro coatto in età moderna: la costruzione di Forte Urbano. Cenni storici, "Il Carrobbio", VII, 1981, pp. 190-96.
- N. Giordani, M. Librenti, Castelfranco Emilia, piazza Moro, Studi e Documenti di Archeologia, VIII (1993), p. 328.
- M. Librenti, M. Zanarini, Archeologia e storia di un borgo nuovo Bolognese: Castelfranco Emilia (MO), in S. Gelichi (a cura di), Archeologia medievale in Emilia occidentale. Ricerche e studi, Mantova 1999, pp. 79-113.
- M. Librenti, M. Zanarini, Strutture edilizie e difese di un borgo franco bolognese: Castelfranco Emilia, in D. Neri, M. e A. Stadiotti (a cura di), Castelfranco E.: un paese, la sua storia, la sua anima, (MI), 2002, pp. 38-51.
- L. Malnati, D. Neri, La necropoli e l'abitato villanoviano "al Galoppatoio" di Castelfranco Emilia, Firenze, 2001.
- D. Neri, Trasformazioni del paesaggio urbano: immagini e volti della nostra via Emilia, in D. Neri (a cura di), La via Aemilia tra Storia ed Ambiente. Eredità e prospettive della viabilità del territorio, Castelfranco Emilia (MO) s.d., pp. 9-35.
- P. Pancaldi, Le chiese scomparse. Organizzazioni e strutture ecclesiastiche nella media pianura tra Samoggia e Panaro (IX-XV secolo), in Ecclesia. I beni ecclesiastici del territorio di Castelfranco Emilia, Castelfranco Emilia, 2005, pp. 17-37.

- L. Righi, La crisi della produzione ceramica a Modena nel Settecento, "Atti e Memorie della Deputazione di Storia Patria per le Antiche Province Modenesi", s. x, X, 1975, pp. 243-58.
- G.M. Sperandini, Maestà ed oratori nel territorio comunale di Castelfranco Emilia, Nonantola (MO) 1996.
- D. Neri, C. Sanguineti (a cura di), Centuriazione e territorio: progettazione ed uso dell'ambiente in epoca romana tra Modena e Bologna, Castelfranco Emilia (MO), 2010.
- D. Neri, L. Cesari (a cura di), Le mappe antiche come fonte per la storia di Castelfranco Emilia, Modena 2012.
- L. Malnati, D. Neri, Gli scavi di Castelfranco Emilia presso il Forte Urbano. Un abitato etrusco alla vigilia delle invasioni celtiche, Firenze, 2008.
- G.M. Sperandini, Da Castro Franco a Forte Urbano: una fortezza di confine. Centro Studi Storici Nonantolani, Nonantola 2002.

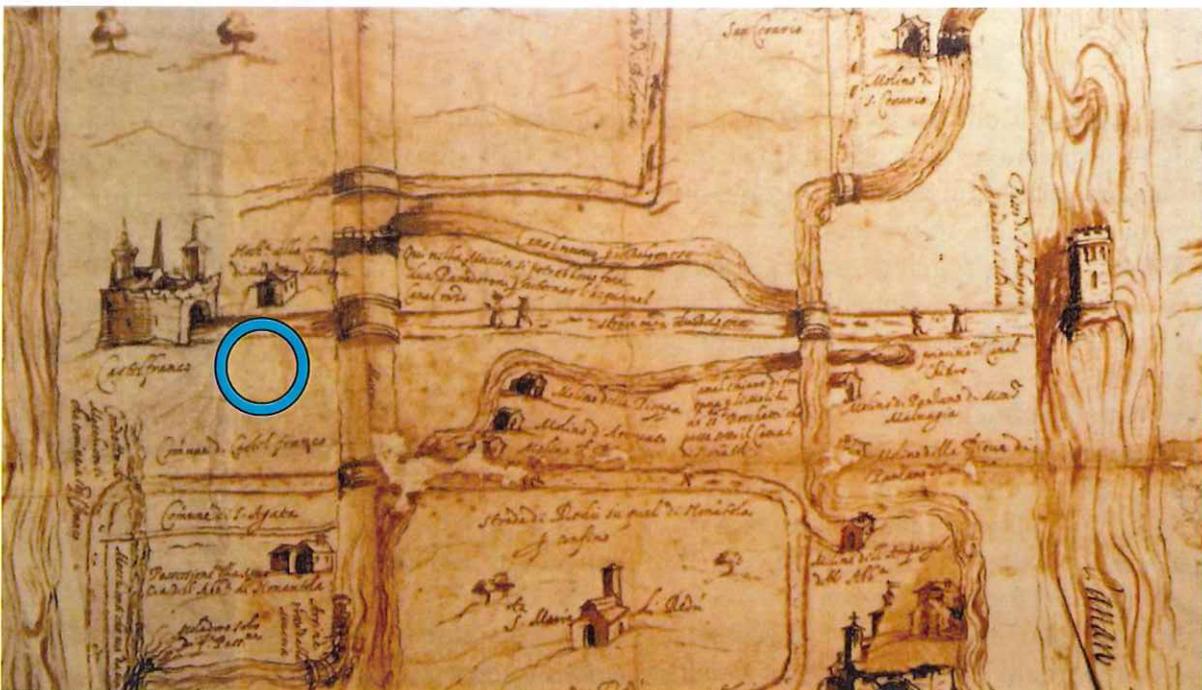
**1 b) Documenti di archivio e cartografia storica**

L'indagine si è concentrata sull'area di interesse, attingendo alcune informazioni dalla cartografia storica. Sulla base dei dati raccolti si evincono particolari mutamenti dell'assetto topografico della zona che si sono avvicinati praticamente già dall'epoca della fondazione della stessa Castelfranco fino a poche decine di anni fa.

Come mostra la *fig. 2*, l'asse rettilineo della via Emilia, che attraversa Castelfranco, percorreva la parte del territorio almeno fino al fiume Panaro, probabilmente a partire dall'epoca della sua edificazione in periodo romano fino alla prima metà del XVII secolo.

Nella planimetria successiva, *fig. 3*, si può notare la dislocazione del forte di Castel Leone che i Modenesi realizzarono in contrapposizione a *Castrum Francum* fondato da Bologna.

Tale struttura difensiva ebbe vita brevissima e, già nel 1237 venne conquistata dall'esercito bolognese e completamente distrutta. Anche in questo caso, il rettilineo della via consolare non era venne interessato ad alcun mutamento, ma utilizzato come centro longitudinale dell'impianto di Castel Leone.



*Fig. 2 - Castelfranco e la via Emilia fino al fiume Panaro prima della costruzione del Forte Urbano (XVI secolo) (Il circoletto indica approssimativamente la zona interessata dall'intervento)*



Ad oggi, la planimetria in cui si apprezzano maggiormente i particolari delle strutture è il Catasto Gregoriano (figg. 8 e 9) realizzato tra il 1819 e il 1835, periodo successivo alla perdita delle caratteristiche pienamente difensive del Forte Urbano, ma in cui la maggior parte dell'apparato architettonico è ancora presente.



Fig.4 - Planimetria di Castel Franco e del Forte Urbano 1711-12 (Biblioteca Poletti di Modena)

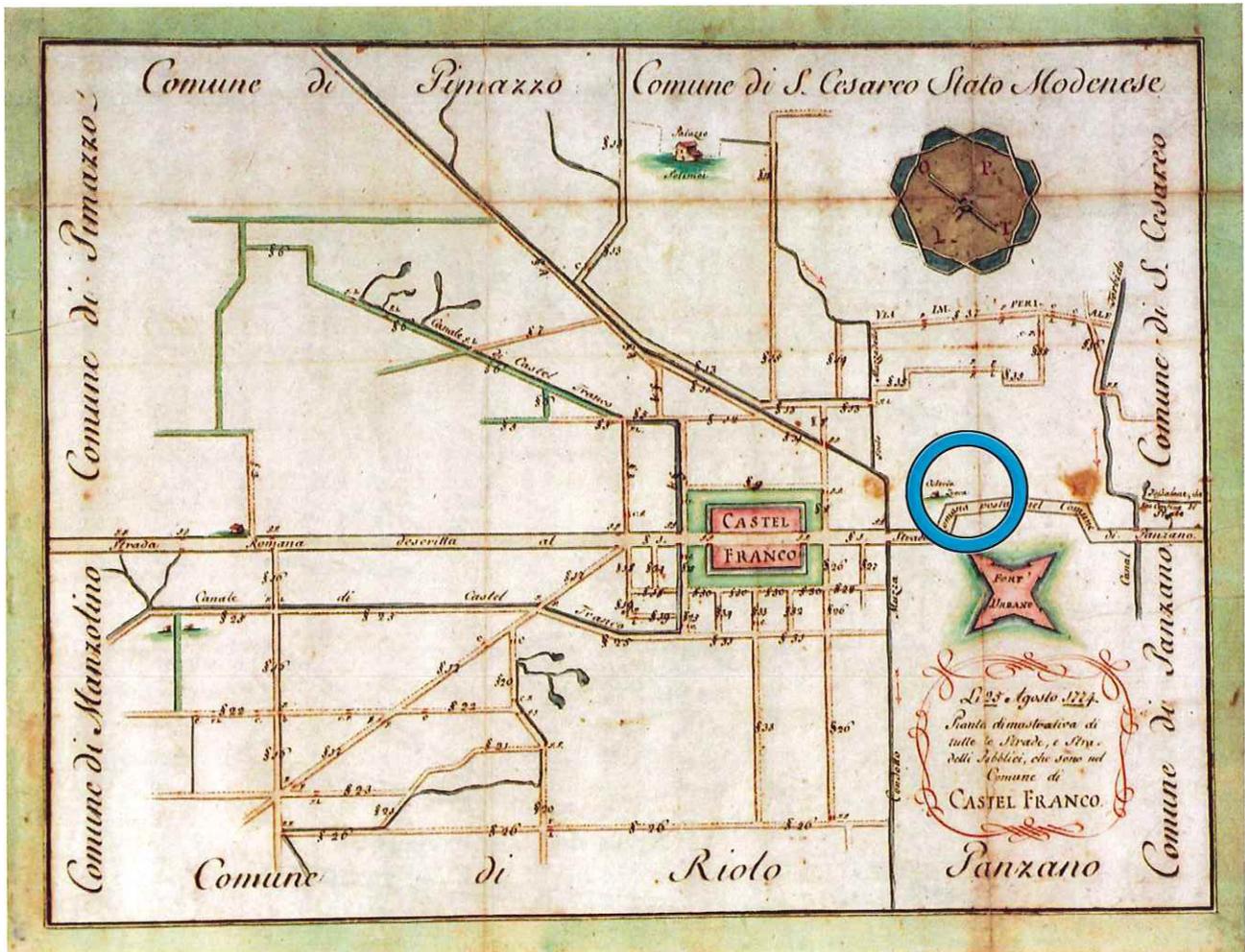
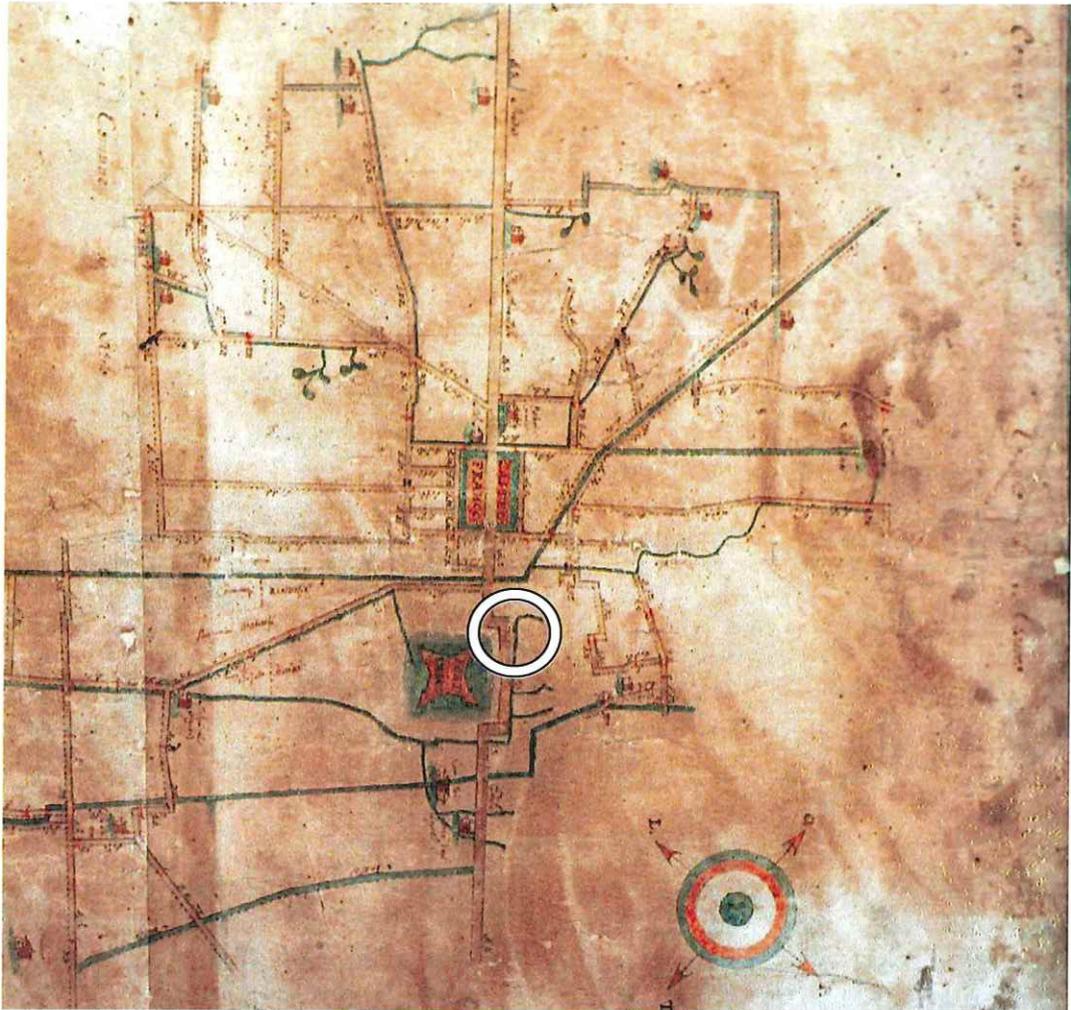


Fig. 5 - 1774 Pianta dimostrativa di tutte le strade e stradelli pubblici che sono nel Comune di Castel Franco (il circoletto rappresenta la zona interessata dall'intervento)



*Fig. 6 - 1805 Pianta dimostrativa di tutte le strade e stradelli pubblici della Comune di Castelfranco e Panzano – particolare (il circoletto rappresenta la zona interessata dall'intervento)*

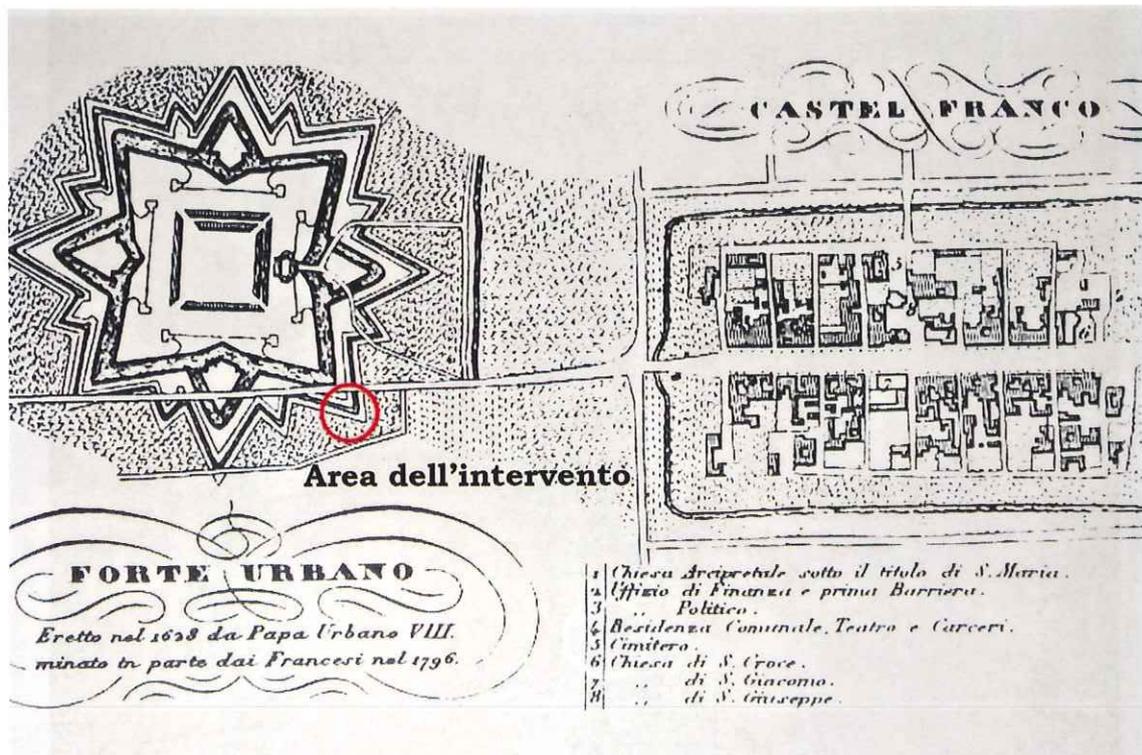


Fig. 7 - Abitato di Castel Franco e del Forte Urbano (s.d. ma post 1805)

La rappresentazione del Catasto gregoriano (figg. 8 e 9) possiede una precisione che non è possibile rilevare dalle planimetrie precedenti. In particolare, all'interno dell'area di interesse, si nota la sopravvivenza di un piccolo tratto di mura esterne (corrispondenti alla linea difensiva avanzata del bastione Sud orientale del Forte Urbano) immediatamente a sud della via Emilia. Proseguendo verso meridione si trovano il fossato, seguito da un terrapieno e, probabilmente dagli spalti che digradavano fino al piano di campagna originale.

Questa successione di imponenti opere difensive, tipiche del XVII secolo, di solito prevedeva anche strutture a difesa/supporto dei fossati all'interno dei quali venivano realizzati dei muri di scarpa e controscarpa, per evitare che il terreno delle sponde vi franasse all'interno facilitandone il guado.

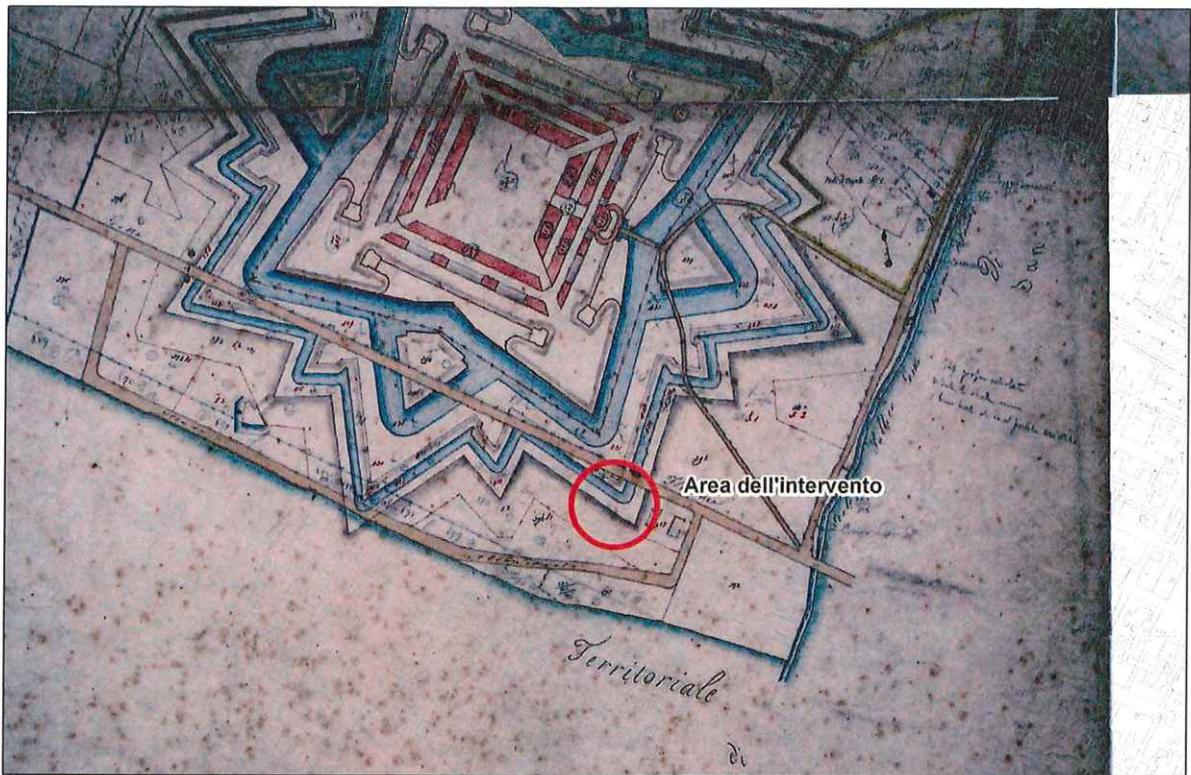


Fig. 8 - 1816-1835 Stralcio del Catasto Gregoriano. Archivio Storico di Modena



Fig. 9 - 1816-1835 Stralcio del Catasto Gregoriano. Archivio Storico di Modena

Infine la successiva planimetria dell'Istituto Geografico Militare del 1884 rileva una situazione molto vicina a quella attuale: sebbene sopravviva un tratto di fossato e di terrapieno a Sud della via Emilia, la viabilità alternativa è ormai scomparsa, lasciando nuovamente il posto alla sola strada consolare.



Fig. 10 - Planimetria dell'Istituto Geografico Militare 1884

In conclusione, dall'analisi della planimetria antica si evince che l'area ha subito importanti lavori che hanno interessato il sottosuolo in almeno tre periodi distinti:

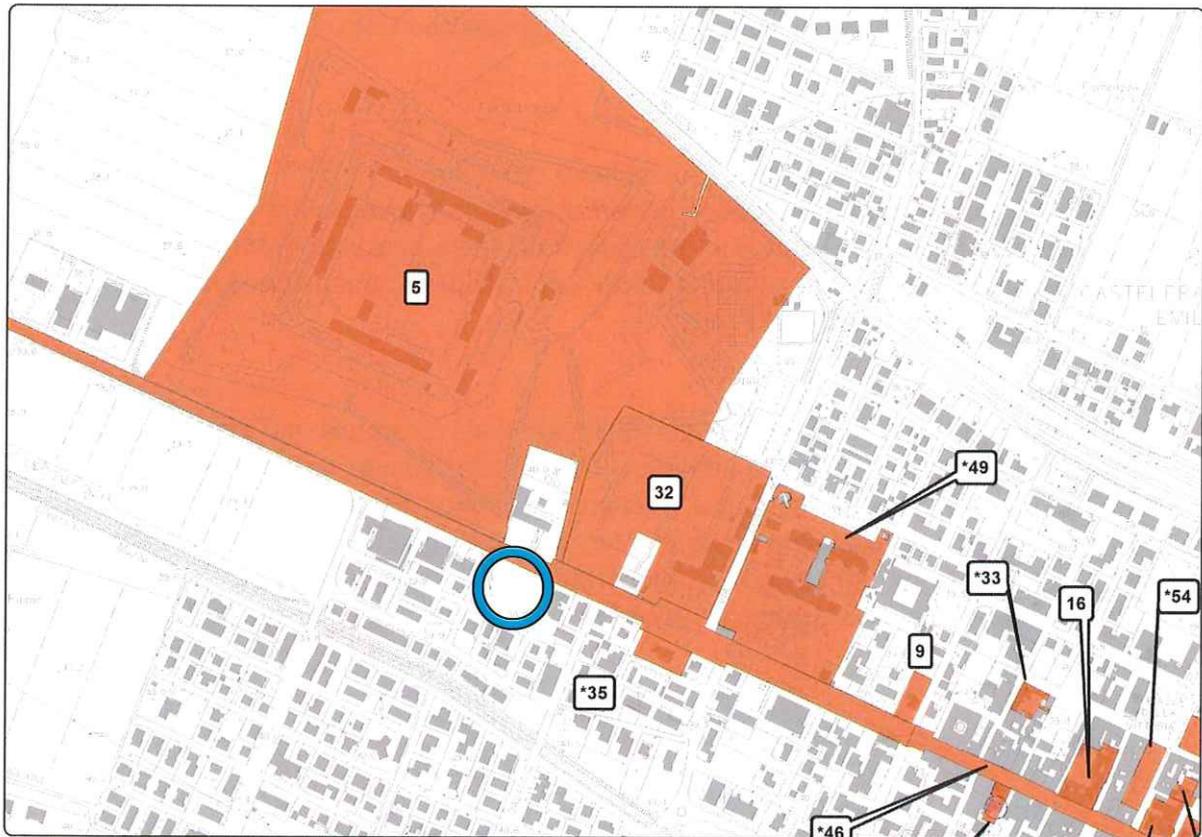
1. Nella prima metà del XIII secolo con la realizzazione e il successivo abbattimento delle strutture difensive di Castel Leone;
2. Nella prima metà del XVII secolo con la costruzione del Forte Urbano che, per l'area dell'intervento, ha implicato la modifica dell'impianto viario precedente e la sostituzione con gli apparati difensivi esterni del forte;
3. Nei primi anni del XIX secolo con la defunzionalizzazione delle strutture e il conseguente ripristino della viabilità antica

Ciò a comportato lo scavo di fossati, il riporto di terreno e l'edificazione di muri che potrebbero – anche parzialmente- ancora essere *in situ* al di sotto dell'attuale piano di campagna, di cui alcune a carattere difensivo (con uno spessore imponente) ed altri di uso funzionale per le scarpe e controscarpe dei fossati.

In alcuni casi i muri potevano sprofondare di alcuni metri al di sotto delle fortificazioni per rendere complicato il lavoro di costruzioni di gallerie per gli assediati, anche se, valutate le caratteristiche idriche della zona potrebbe non essere stato necessario adottare tali accorgimenti, vista la presenza di falde molto alte (che fornivano acqua ai fossati) che avrebbero impedito lo scavo del sottosuolo. A questo proposito è necessario notare che la punta del fossato presente nell'area interessata ai lavori è rimasta aperta fino agli anni '60 del secolo scorso, creando una sorta di acquitrino alimentato dalla risorgiva sottostante. In seguito all'espansione dell'area urbana venne "bonificata" con terra e detriti.

### ***1 c) Documenti di archivio urbanistico***

La lettura della Carta delle Tutele (D.Lgs 42/2004), raffigurata in stralcio in *fig. 11*, evidenzia la presenza diverse tutele operanti nel territorio, ma nessun vincolo dell'area oggetto di intervento. La zona più prossima è la via Emilia (n. 46) e, subito a settentrione, l'ampia zona del Forte Urbano (n. 5) il cui vincolo segue parzialmente l'antico assetto. Immediatamente a Nord della via Emilia e a Est del Forte Urbano si trovano l'area degli impianti sportivi (n. 32) e l'area dell'Ospedale Nuovo di Castelfranco (n. 49).



*Fig. 11 – Carta delle Tutele (ex D.Lgs 42/2004). Il circoletto azzurro rappresenta l'area di intervento*

## **2) Le ricerche di superficie/gli scavi archeologici nelle immediate vicinanze**

Nelle immediate vicinanze dell'area oggetto dell'indagine sono state compiuti diversi sondaggi/scavi archeologici nell'ultimo decennio di cui si danno sinteticamente le risultanze (le relazioni complete sono conservate presso il Comune e la SAER):

1. Via Emilia, sondaggi scavi 2006

La SAER, il Comune e Hera commissionano nel 2006 a Lares snc dei sondaggi stratigrafici allo scopo di verificare la presenza di resti archeologici lungo il tracciato per la posa di un nuovo collettore fognario destinato a servire il capoluogo a SW. Solo uno dei sondaggi ha restituito resti archeologici in quanto connesso al vicino Forte Urbano.

2. Comparto Mezzaluna, scavi 2008

Nel 2008 a seguito di lavori per la realizzazione di un nuovo comparto residenziale Lares snc viene chiamata dalla proprietà per effettuare controlli di archeologia preventiva in considerazione della vicinanza del Forte Urbano e della via Emilia. Nella relazione si afferma che l'area indagata è interessata da un potente strato superficiale formatosi a seguito di continui riporti di terra contenenti laterizi moderni. L'unica presenza antropica antica si trova verso E con resti di struttura muraria e focolare che restituiscono reperti ceramici del XIII secolo.

3. Via Tintoretto 3, scavi 2008

Nel 2008 la ditta Lares snc viene chiamata ad effettuare indagini di archeologia preventiva nell'area compresa fra Forte Urbano e via Emilia precisamente sulla via Tintoretto 3. Dalle risultanze si evince che il sottosuolo è stato fortemente intaccato dai lavori edili negli anni passati e dunque non sono presenti strutture importanti, se non due piccoli canali da mettere forse in relazione ai fossati del Forte.

4. Le Vallette, scavi 2008

Nel 2008 la ditta Lares snc è stata chiamata dalla proprietà ad effettuare indagini di archeologia preventiva nell'area compresa fra Forte Urbano e via Emilia, precisamente alle Vallette, in previsione di un futuro intervento edilizio. Nella relazione finale emerge che l'area indagata apparteneva ad un ambiente palustre e con chiare tracce di frequentazione di epoca romana come denotano la scoperta sia di un cardine, che di una tomba ad incinerazione, nonché la ceramica rinvenuta negli strati adiacenti (di fase repubblicana ed imperiale)

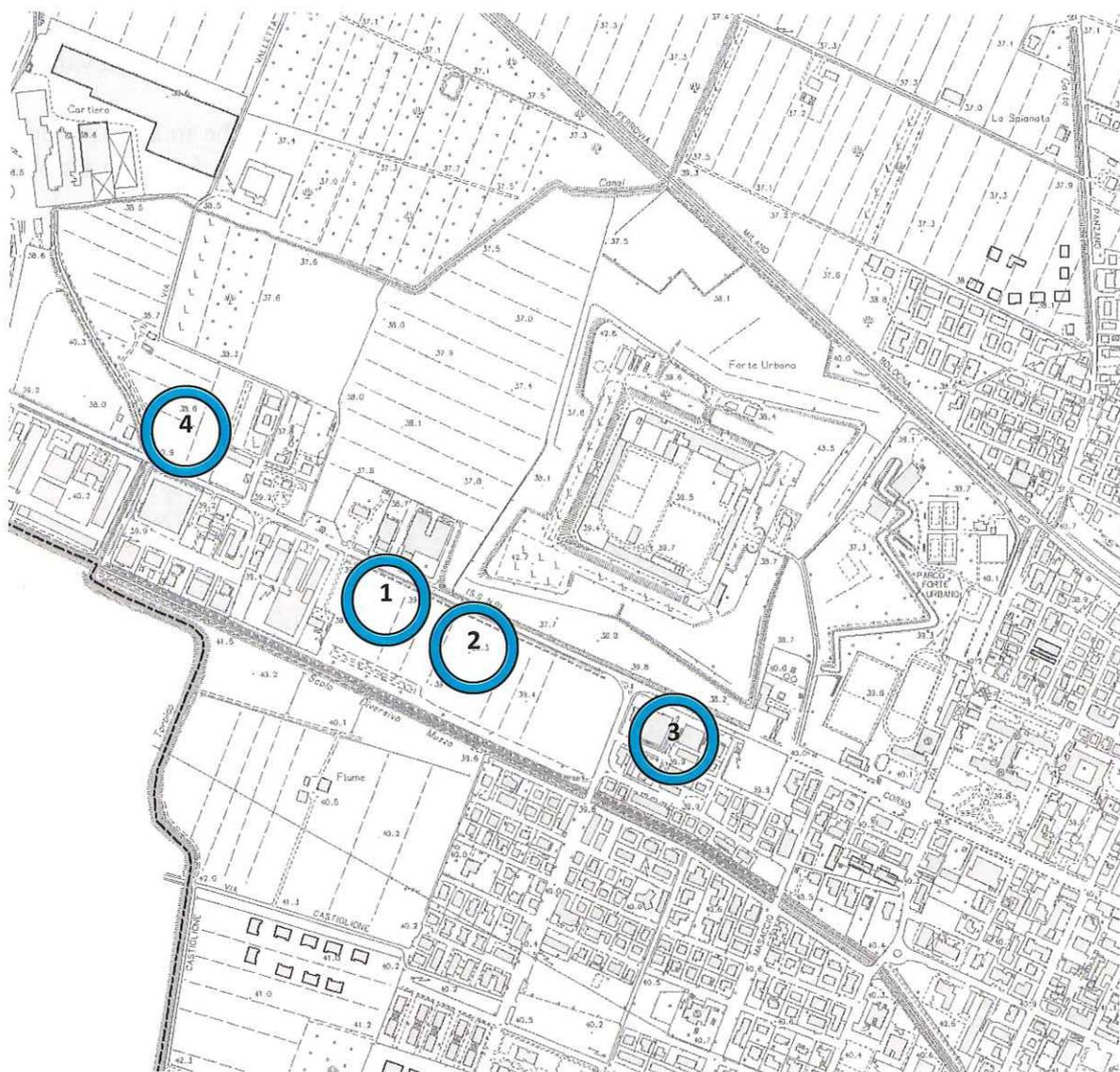


Fig. 12 – posizionamento dei sondaggi/scavi archeologici dell'area

3) La **lettura del rischio archeologico** è importante per confrontare le modalità dell'intervento edile con le conoscenze note di tipo geologico e storico-archeologico. La *Carta delle Potenzialità Archeologiche* utilizzata dal nostro ufficio (in corso di aggiornamento secondo le linee guida del MIBACT e della Regione), riprodotta di seguito in *fig. 14*, rivela un grado di rischio alto

Tale grado di rischio è giustificato dalla presenza dell'area limitrofa alla via Emilia che, nonostante lo smantellamento e il ripristino sopra descritto potrebbe avere lasciato qualche traccia archeologica, in particolare di sepolture che, in epoca romana, venivano realizzate in fregio alle principali vie di scorrimento.

Un secondo tipo di rischio è dato dalla possibilità di trovare lacerti di strutture di Castel Leone, anche se questa evenienza è piuttosto remota, considerando che questo piccolo forte medievale è sopravvissuto pochi anni e risulta avesse apparati difensivi in legno e terra.

Esiste invece un alto grado di probabilità di incontrare strutture murarie seicentesche in mattone del Forte Ubano: queste potrebbero trovarsi anche a grande profondità visto che erano dotate di ampie fondazioni e muri funzionali ai fossati.

Questi apprestamenti potrebbero conservare materiali compresi tra il XVII e il XIX secolo, epoca in cui sono stati defunzionalizzati. Non presenta invece interesse archeologico la colmataura dell'ultimo residuo di fossato avvenuta circa 50 anni or sono.

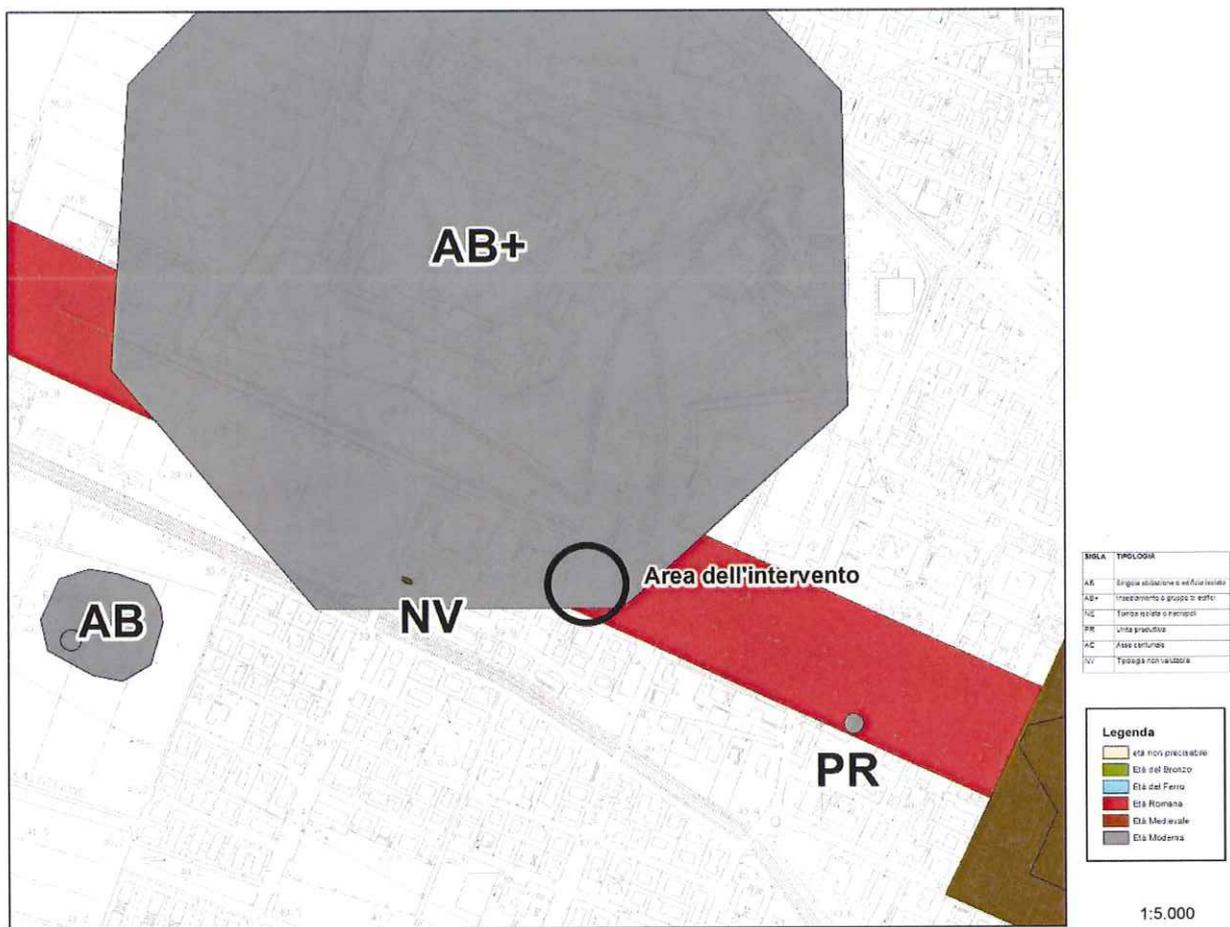


Fig. 13 – Carta Archeologica

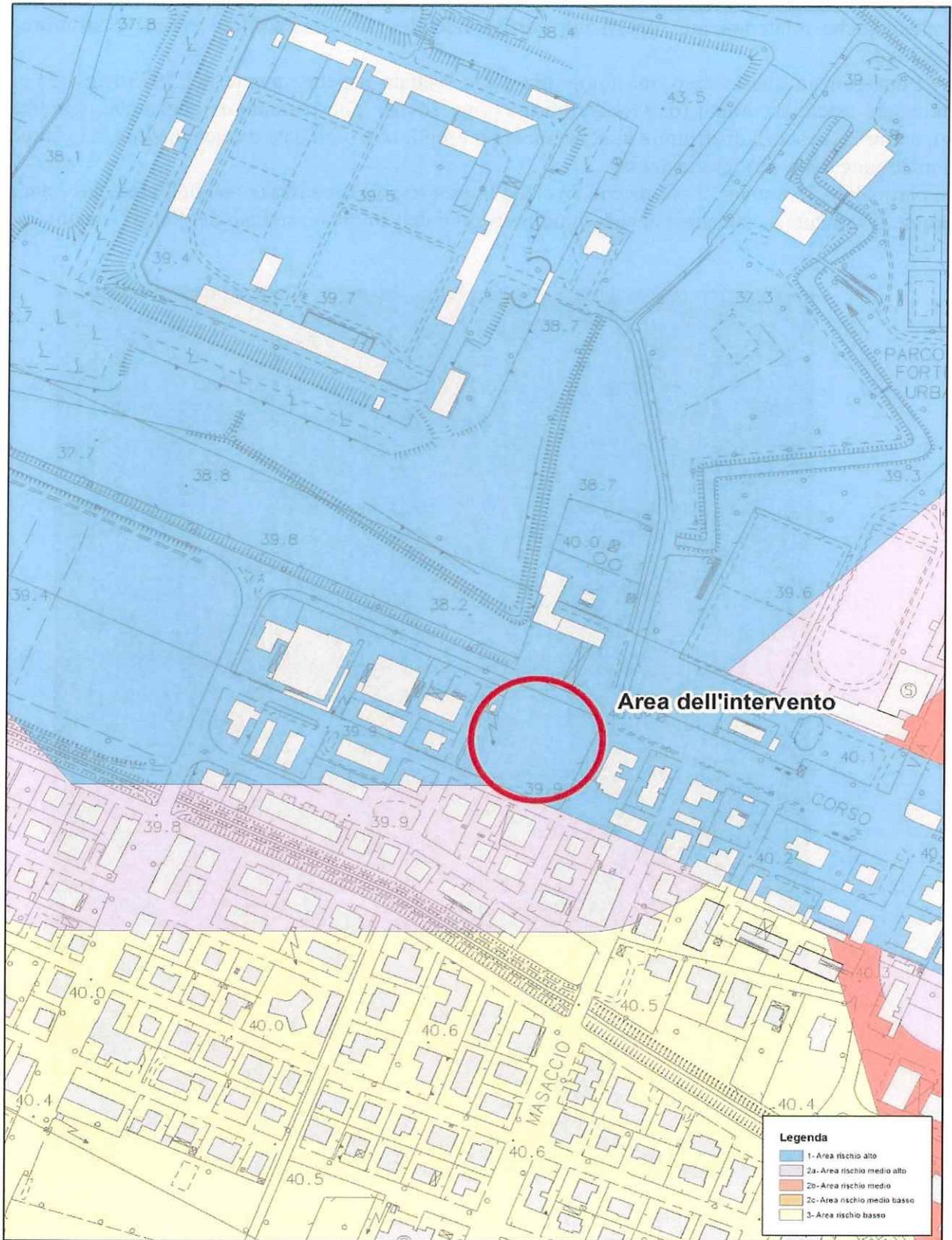


Fig. 14 - Carta delle Potenzialità Archeologiche.

4) **La fotointerpretazione aerea** può aiutare ad individuare l'estensione di macroevidenze archeologiche relativamente superficiali corrispondenti a strutture edilizie urbane e strutture in negativo.

Le immagini, in questo caso una fotografia aerea scattata rispettivamente nel 1973 (*fig. 15*) e le immagini satellitari attuali (da Google Earth) (*figg. 16-18*), non rivelano evidenze che potrebbero suggerire la presenza di strutture antiche ancora presenti, non segnalate da ricognizioni sul campo o non desunte dalla cartografia antica

In particolare, le immagini più recenti rivelano la progressiva urbanizzazione dell'area che è andata progressivamente a cancellare anche gli ultimi residui dell'impianto stellato del Forte Urbano



*Fig.15 – 1973, fotografia aerea della Regione Emilia Romagna (il circoletto rappresenta la zona interessata dall'intervento)*





*Fig. 18 – Immagine satellitare attuale (da Google Earth)*

### **Considerazioni conclusive**

Dal punto di vista archeologico, come si evince dal presente fascicolo, in relazione al comparto di nuova edificazione da parte di FINPART srl in località Mezzaluna, sostanzialmente si presentano tre problematiche:

- ✓ la vicinanza del comparto alla via Emilia, considerata nell'antichità anche via sepolcrale che a poche centinaia di metri appunto ha restituito una tomba romana (Le Vallette)
- ✓ le tracce dell'impianto del Castel Leone medievale (di cui tuttavia non si conosce la esatta collocazione)
- ✓ la presenza del fossato con probabile porzione muraria (o tracce del suo smantellamento) della punta meridionale della "stella" del Forte Urbano.

Tali considerazioni portano ad ascrivere la zona sostanzialmente in un grado di rischio archeologico medio-alto e, pertanto, in considerazione dei giacimenti archeologici potenziali ascrivibili sia all'epoca di edificazione del Forte Urbano, sia forse al Medioevo e alla Romanità (tombe), si può ipotizzare di effettuare, prima dell'avvio dei lavori edili, tre trincee di mt. 1,50 di larghezza

giungendo fino alla quota di profondità massima prevista dall'intervento progettuale più 50 cm e dalla lunghezza di: la prima trincea, parallela alla via Emilia, di 20 metri, la seconda e la terza trincea, perpendicolari alla via Emilia, di circa 15 mt.

In corso di scavo, non si esclude che si possa paventare la necessità di fare ulteriori sondaggi.

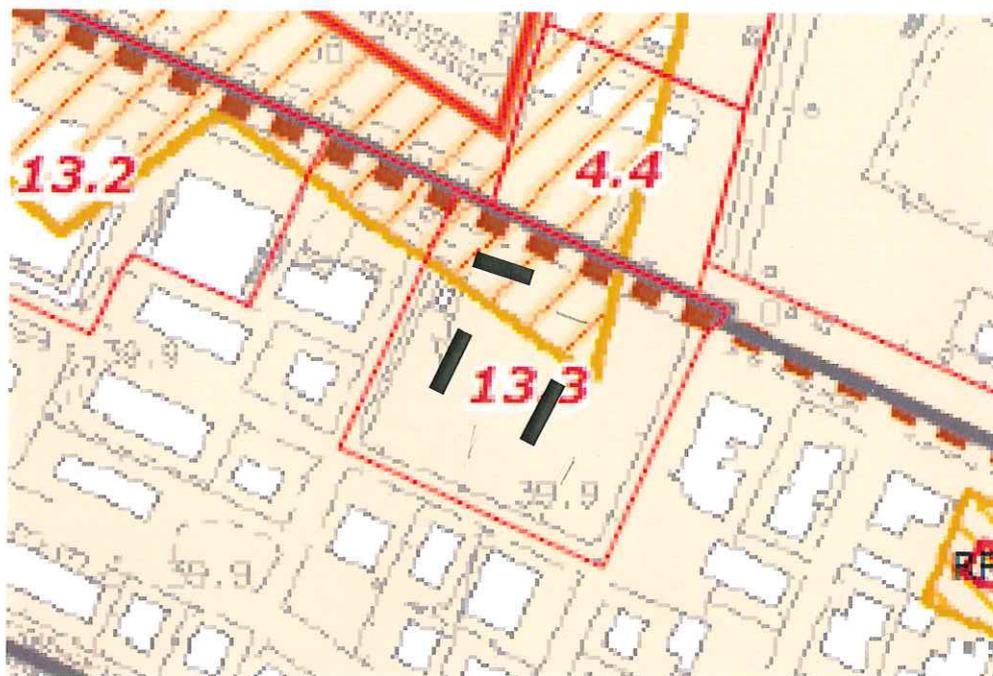


Fig.16 - Carta del PSC con collocazione della stella e delle 3 trincee proposte (fuori scala)

Per LARES Srl  
Davide Mengoli