

# COMUNE DI VERGIATE

PROVINCIA DI VARESE



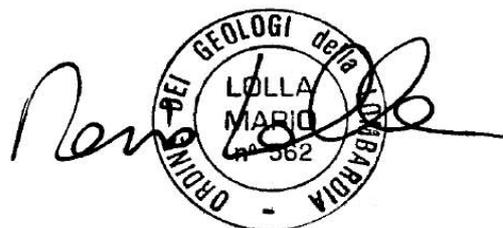
## STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DI SUPPORTO AL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

(ai sensi della L.R. 11 marzo 2005, n.12)

**ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO  
AMBITI AT8 - AT11.1 - AT11.2 - AT12**

**MAGGIO 2014**

*Dott.Geol. Mario Lolla*



**Dott.Geol. MARIO LOLLA – Sesto Calende (VA)**  
**Via Valdona 4 - Tel. 0331 / 921380**

## Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO SISMICO GENERALE DEL TERRITORIO COMUNALE.....	4
2.1 Sismicità storica del territorio.....	6
3. APPROFONDIMENTO DI 2° LIVELLO – INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW .....	7
4. ZONA D'AMBITO AT 8.....	8
4.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento dell'area d'ambito AT 8 .....	8
4.2 Interpretazione dei dati sismici .....	11
4.3. Definizione della categoria di sottosuolo e del periodo di riferimento del sito .....	14
4.4 Valutazione della suscettibilità sismica locale .....	16
5. ZONA D'AMBITO AT11.1.....	21
5.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento dell'area d'ambito AT11.1 .....	21
5.2. Interpretazione dei dati sismici .....	24
5.3 Definizione della categoria di sottosuolo e del periodo di riferimento del sito .....	27
5.4 Valutazione della suscettibilità sismica locale .....	29
6. ZONA D'AMBITO AT11.2.....	34
6.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento dell'area d'ambito AT11.2 .....	34
6.2. Interpretazione dei dati sismici .....	37
6.3 Definizione della Categoria di sottosuolo e del Periodo di riferimento del sito.....	40
6.4 Valutazione della suscettibilità sismica locale .....	42
7. ZONA D'AMBITO AT 12.....	47
7.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento dell'area d'ambito AT 12 .....	47
7.2 Interpretazione dei dati sismici .....	50
7.3 Definizione della categoria di sottosuolo e del periodo di riferimento del sito .....	53
7.4 Valutazione della suscettibilità sismica locale .....	55

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica fa seguito alle prescrizioni contenute nella nota della PROVINCIA DI VARESE, relativamente all'esecuzione di una verifica sismica di 2° livello delle zone di ambito individuate dal nuovo PGT, ove sono previste la realizzazione di un nuovo centro sportivo (Ambito AT8), edifici commerciali con medie strutture di vendita (MSV – Ambiti AT11.1 e AT11.2), e edifici commerciali non alimentari di grande struttura di vendita (GSV- Ambito AT 12), opere che rientrano nell'elenco tipologico del d.d.u.o. n. 19904/03.

In tutti e quattro gli ambiti in oggetto, la “componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio”, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12, aveva definito, mediante un primo livello di approfondimento, e sulla base della conformazione geografica, delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche, e delle attuali conoscenze geotecniche, il seguente “scenario di pericolosità sismica locale (PSL)”:

*“Z4a: Zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali, fluvioglaciali, fluviolacustri granulari e/o coesivi”*

Lo scenario corrisponde alle aree delle piane fluviali e fluvioglaciali, presenti su di un'ampia porzione della parte centro-orientale e centro meridionale del territorio studiato. La litologia predominante è data da ghiaie e sabbie con ciottoli e localmente limi.

Il 2° Livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (litologiche e geometriche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).

Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s, intervalli scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale. L'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

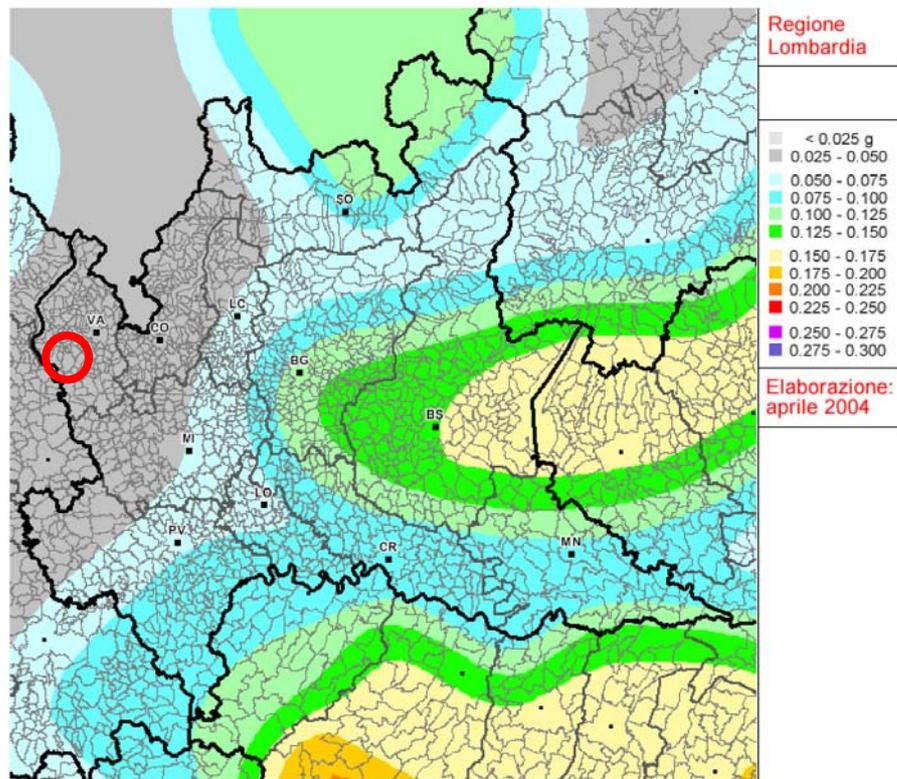
## 2. INQUADRAMENTO SISMICO GENERALE DEL TERRITORIO COMUNALE

L' O.P.C.M. del 20 marzo 2003, n. 3274, ha aggiornato la classificazione sismica dell'intero territorio nazionale individuando quattro zone sismiche a pericolosità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4). A ciascuna zona viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

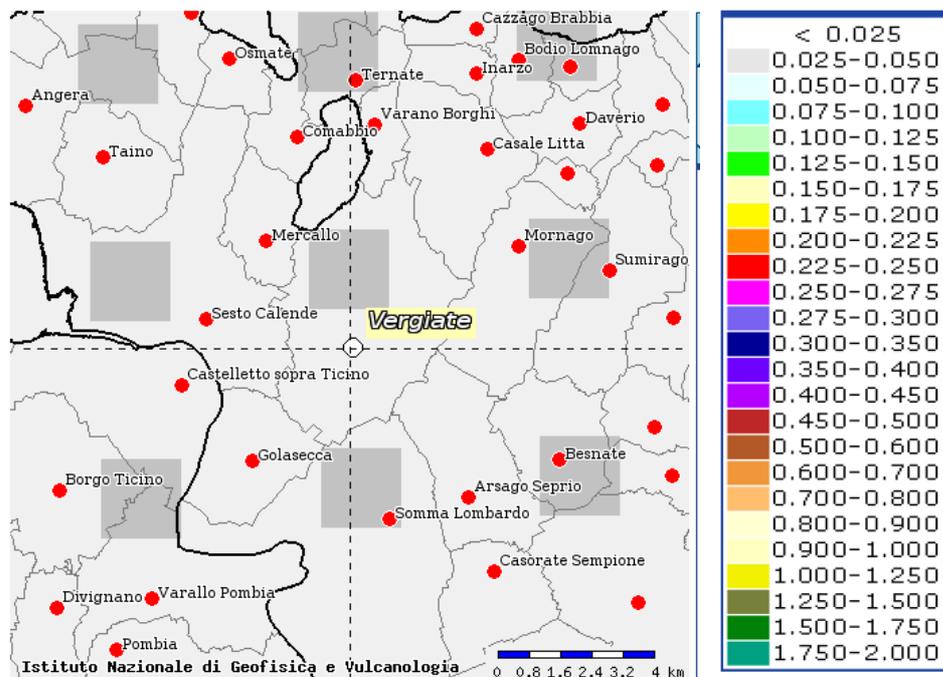
La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 "Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 recante primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", ha accettato la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla OPCM sopracitata, e quindi la nuova Mappa di Pericolosità Sismica della Regione Lombardia, è riportata nella Figura 1.

L'attribuzione di tutta la provincia di Varese alla zona sismica 4 deriva dagli studi condotti a livello nazionale in materia di pericolosità sismica, redatti dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 INGV-DPC 2004-2006, che hanno riclassificato le precedenti elaborazioni sulla base di nuove conoscenze sismologiche in termini di sismicità, potenziale sismo genetico di faglie attive in grado di generare terremoti e modalità di propagazione dell'energia.

Nel sito dell'I.N.G.V. è disponibile la *Mappa Interattiva di pericolosità Sismica* di tutto il territorio nazionale (Progetto INGS-DPC S1 2004-2006), dalla quale è possibile estrapolare la localizzazione di dettaglio dell'area in studio. Da essa risulta che, per il territorio di Vergiate, l'accelerazione massima attesa (riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s), risulta compresa tra **0.025 e 0.050 g**, ovvero assume valori leggermente inferiori rispetto a quello previsto dalla normativa per la zona sismica 4 (Figura 2).



**Figura 1 – Mappa della pericolosità sismica della Regione Lombardia  
 In rosso il Comune di Vergiate**



**Figura 2 – Mappa interattiva della pericolosità sismica. Reticolo di riferimento**

## 2.1 Sismicità storica del territorio

L'osservazione della sismicità storica dai cataloghi sismici redatti dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità denota per il territorio comunale i seguenti aspetti:

- 1) il territorio comunale non è storicamente caratterizzato da epicentri di terremoti;
- 2) l'area comunale e quella del varesotto, nel loro complesso, sono caratterizzate da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del V grado della scala Mercalli;
- 3) l'assenza di terremoti di una certa entità localizzati in prossimità del territorio di Vergiate dimostra come l'area sia caratterizzata da una bassa potenzialità sismica, il cui aspetto principale risulta legato agli effetti risentiti e prodotti da terremoti di energia elevata ( $M_x > 4$ ) avvenuti in aree epicentrali esterne e lontane dall'area in esame. Le località epicentrali per gli eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti/danni (osservazioni macrosismiche) provengono da zone regionali lombarde corrispondenti al Bresciano, al Bergamasco e al Lecchese, da regioni vicine (Appennino Emiliano-Romagnolo, Liguria occidentale) e dalla Svizzera (Vallese).

Tale aspetto risulta confermato dall'analisi della disaggregazione della pericolosità sismica per il Comune di Vergiate da cui emerge che il contributo maggiore alla pericolosità sia legato ad eventi sismici con magnitudo compresa tra 4.0 e 5.0 e distanze epicentrali superiori ai 70 km (Figura 3).

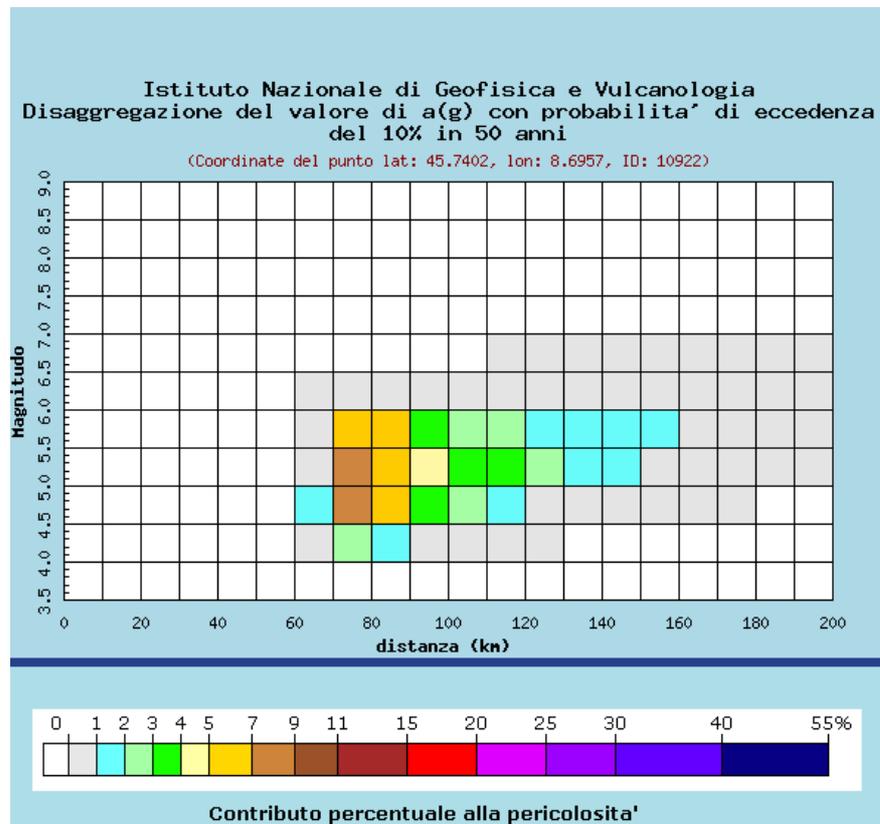


Figura 3

### 3. APPROFONDIMENTO DI 2° LIVELLO – INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE METODOLOGIA MASW

L'indagine geofisica di dettaglio di ogni zona d'ambito ha avuto lo scopo di fornire le necessarie indicazioni sul comportamento del sottosuolo nell'ipotesi di un evento sismico e di determinare le proprietà fisiche del sottosuolo mediante il calcolo di un modello di distribuzione di velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

La sorgente sismica è costituita dall'impatto verticale di una mazza battente dal peso di 6 kg su di una piastra in alluminio. Le onde superficiali di Rayleigh generate dall'energizzazione del sottosuolo sono registrate da 24 geofoni verticali (con frequenza pari a 4,5 Hz), posizionati lungo il profilo di indagine con un interasse di 2 mt., per una lunghezza totale pari a 48 m. La lunghezza complessiva dello stendimento è sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni di sedime fino alla profondità minima di 30 m dal p.c.

L'attrezzatura utilizzata in campagna è costituita da un sismografo a 24 canali, che ha possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno verticale del segnale (in ampiezza) con sensibilità tra 1 e 100 decibel. La registrazione dei dati in digitale, con formato in uscita pari a 16 bit, viene effettuata su PC sul quale vengono successivamente elaborati i dati.

L'elaborazione dei dati sismici è stata effettuata per mezzo del software SWAN che, mediante la trasformata di Fourier, è in grado di fornire indicazioni sulla suddivisione delle unità litologiche del sottosuolo mediante l'individuazione della onde Vs.

E' necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele.

Nell'area indagata le condizioni sopra riportate sono quasi del tutto rispettate. Si rammenta in ogni caso che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15 %.

## 4. ZONA D'AMBITO AT 8

### 4.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento dell'area d'ambito AT 8

L'area d'ambito AT8 è situata nel settore centrale del territorio comunale, in Via dei Quadri (vedi stralcio CTR di Figura 4), al margine orientale del capoluogo Vergiate, nei pressi della S.P.17, in una zona mista (agricolo-boschiva) ma con presenza di residenze ed insediamenti industriali, come si osserva nell'immagine satellitare di Figura 5.



Figura 4 – Stralcio CTR - 1:10.000 - In rosso l'area di indagine



Figura 5- Immagine satellitare (Google map)

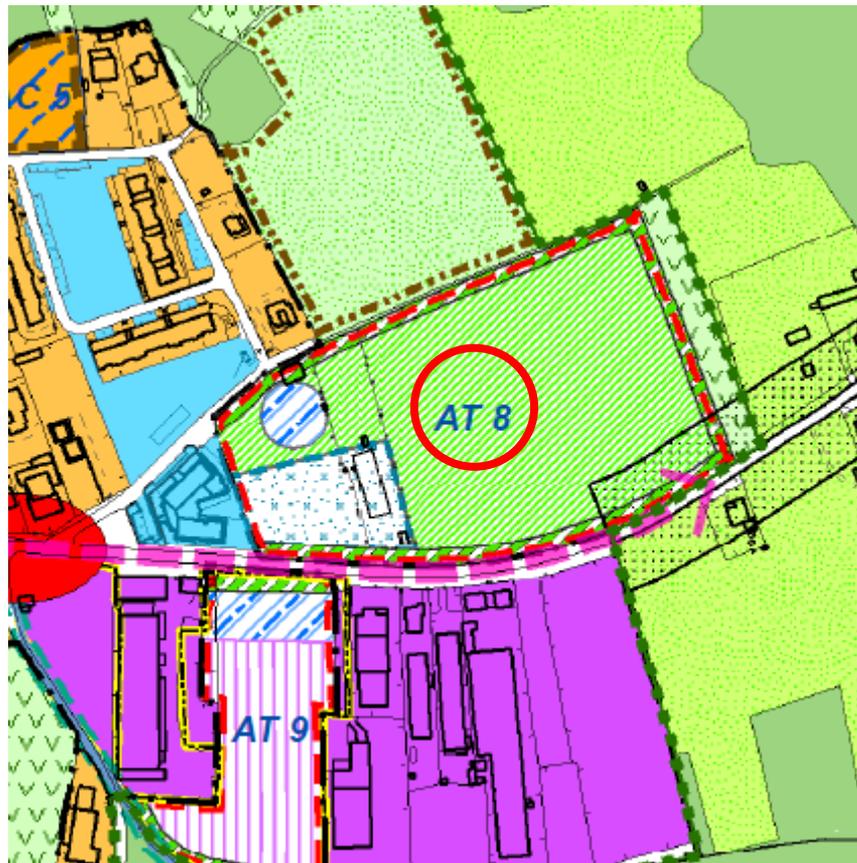


Figura 6 - Estratto PGT – Tavola degli ambiti di trasformazione

Nell'ambito è previsto un centro sportivo di iniziativa privata, con strutture sia coperte che all'aperto, e strutture di natura ricettiva e commerciale. L'Amministrazione comunale intende inoltre delocalizzare la struttura sportiva del campo da golf su pista (denominato "*Mini-Golf*"), attualmente sita nel centro di Vergiate.

La dimensione e la conformazione delle infrastrutture e delle attrezzature previste saranno determinate da un progetto unitario esteso all'intera area di intervento, che definisca le modalità e gli eventuali lotti di attuazione, garantendo comunque la realizzazione unitaria delle infrastrutture di interesse pubblico, viabilità e i parcheggi.

Sarà comunque realizzata una fascia a verde alberato, di mitigazione paesaggistica e ambientale, localizzata al confine con le aree agricole ed in fronte alla strada provinciale.

La capacità edificatoria attribuita è così determinata:

- L'indice  $I_{ts}$  di base = 0,15 mq/mq
- L'indice  $I_{tcp}$  massimo = 0,05 mq/mq
- $H_m$  = 12,00 ml

## 4.2 Interpretazione dei dati sismici

Il sismogramma ricavato dall'elaborazione di ciascuna acquisizione è il seguente:

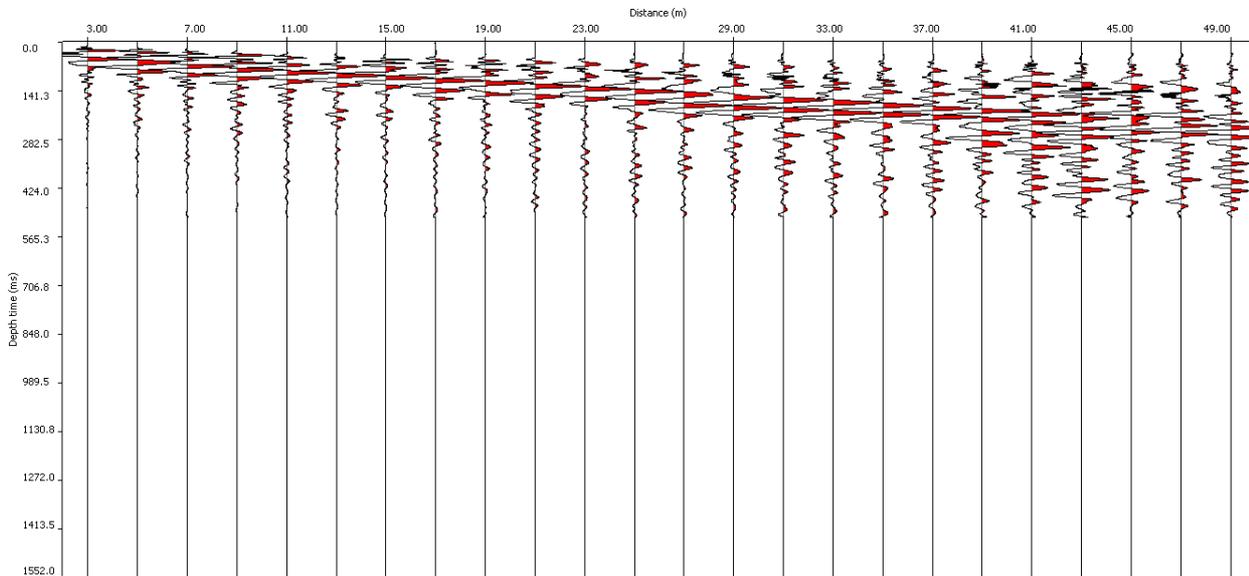


Figura 7 – Sismogrammi della base sismica

L'elaborazione dei dati ha consentito di estrapolare la trasformata di Fourier di seguito riportata da cui è possibile ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

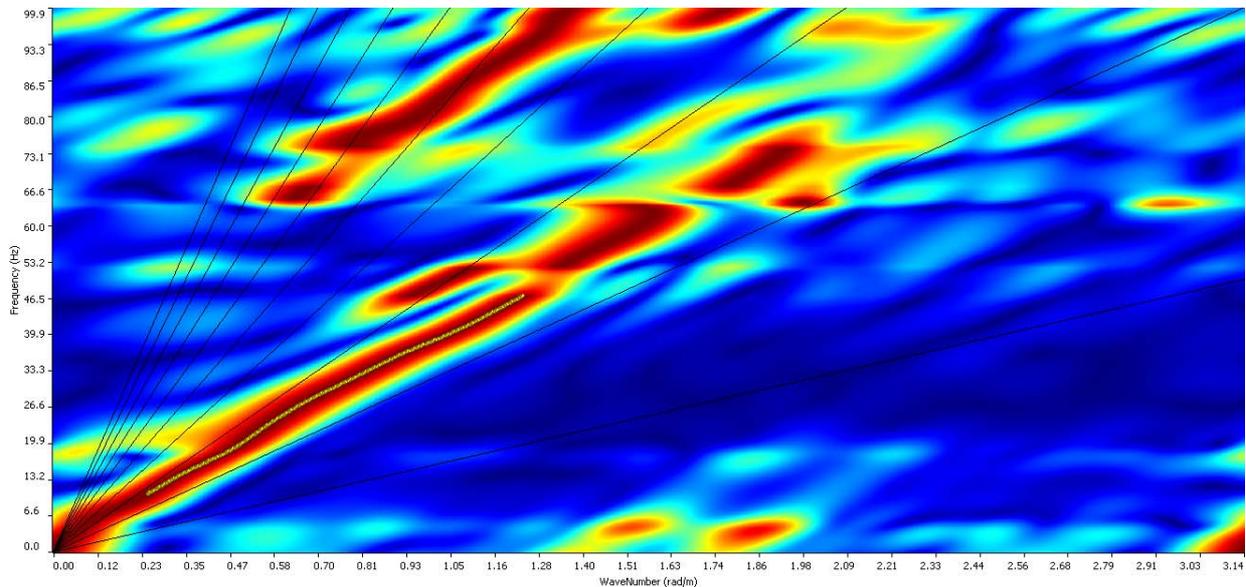
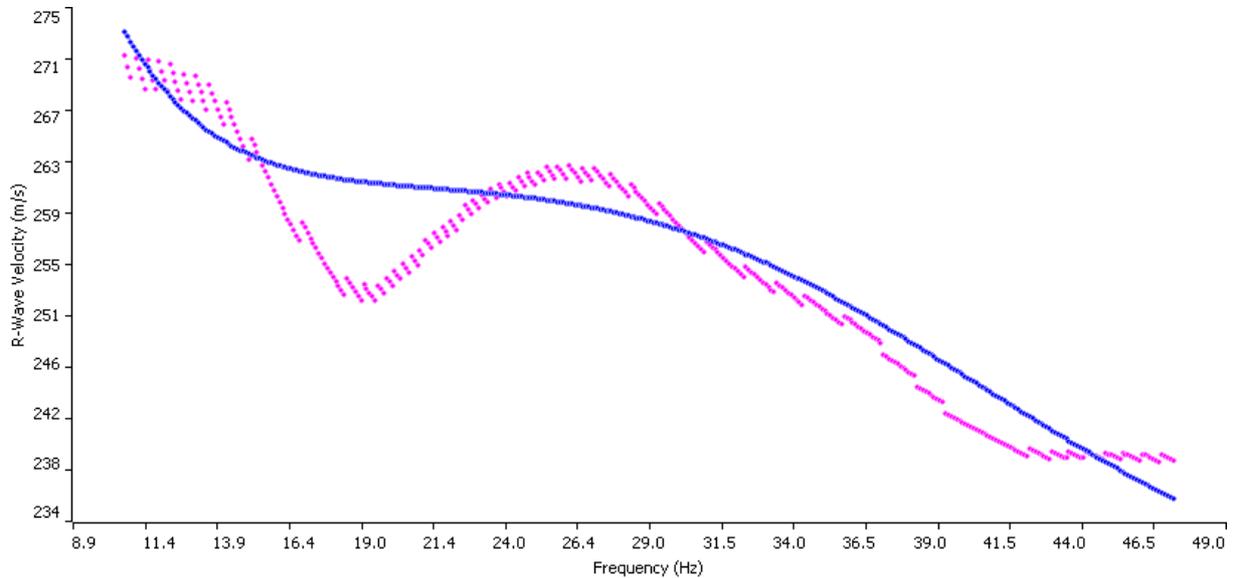


Figura 8 – Trasformata di Fourier

Dalla trasformata di Fourier è stata tratta la curva di dispersione:



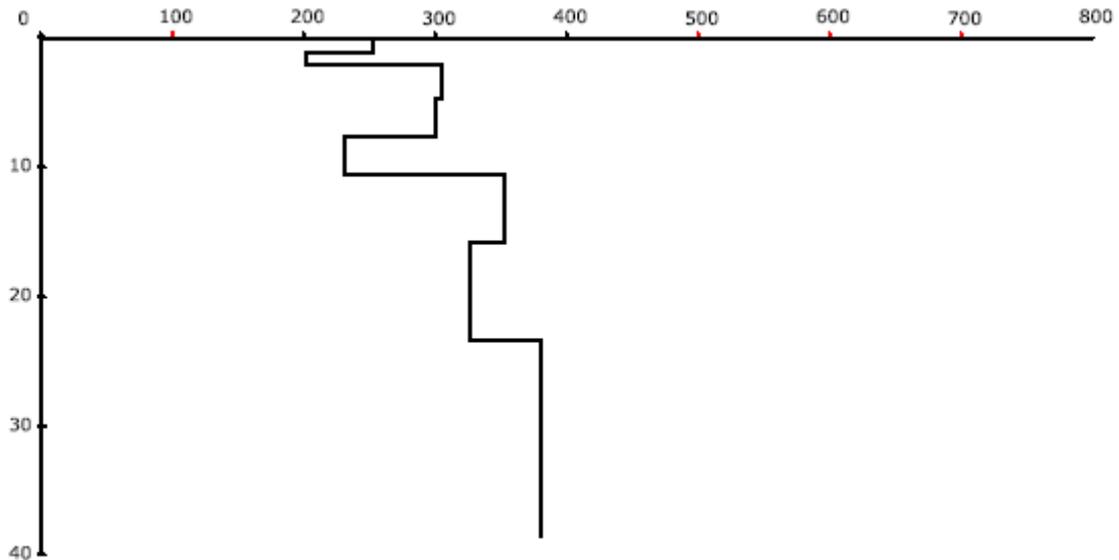
**Figura 9 – Curva di dispersione**

Dalle diverse elaborazioni si sono identificati otto orizzonti (sismostrati), con specifici valori di velocità  $V_s$  come di seguito indicato nella seguente Tabella 1:

Intervallo profondità (metri)	Spessore (metri)	$V_s$ (m(sec))
0,0-1,10	1.10	252
1.10-2.00	0.90	204
2.00-4.70	2.70	307
4.70-7.60	2.90	302
7.60-10.50	2.90	233
10.50-15.80	5.30	355
15.80-22.40	6.70	328
22.40-30.00	7.50	383

**Tabella 1**

Di seguito viene riportato il diagramma delle velocità delle onde S in funzione della profondità:



**Figura 10 – Diagramma – Profilo Vs**

L'analisi del diagramma elaborato mostra i primi due sismostrati, fino ad una profondità di 2 metri, caratterizzati da valori di velocità di propagazione delle onde Vs basse (< 250 m/s). Al di sotto, fino a circa 7.6 metri di profondità, sono presenti due sismostrati aventi velocità di propagazione delle onde di valore medio-basso (Vs= 307-302 m/s), e nuovamente un' inversione di velocità fino a 10.5 metri, con un livello a velocità bassa (Vs = 233 m/s). Fino alla profondità massima di investigazione si rilevano poi velocità in aumento con Vs medie, comprese tra 328 e 383 m/s.

Relativamente alla correlazione tra le caratteristiche fisico-dinamiche dell'indagine geofisica e quelle stratigrafiche di pozzi o sondaggi profondi, non vi sono dati immediatamente prossimi all'area di studio, rappresentativi e significativi per valutare la tipologia del sottosuolo.

L'area di ambito si inserisce in settore caratterizzato da depositi fluvioglaciali (Allogruppo di Besnate-Unità di Mornago), litologicamente costituita da ciottoli, ghiaie fini e grossolane, in matrice sabbiosa e limosa, disposte in lenti.

Si può presumere, sulla base dei valori di velocità registrati, che i primi sismostrati, di spessore inferiore a 2 mt., siano riferibili allo strato di coltivo passante a limi superficiali poco consistenti. I sismostrati che si estendono fino ad una profondità di circa 7 m a partire dal piano campagna, sono associabili alle unità poco addensate in prevalenza ghiaioso-sabbioso-limose, con ciottoli sparsi, mentre i sismostrati finali essendo caratterizzati da valori di velocità ancora più alte, possono essere correlati a depositi più grossolani (ghiaia e ciottoli), sempre in matrice limo-sabbiosa, di addensamento medio.

#### 4.3. Definizione della categoria di sottosuolo e del periodo di riferimento del sito

Noti i valori di  $V_s$  fino alla profondità di indagine di circa 35-40 metri, viene effettuato il calcolo della velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) riferita ai 30 metri di profondità al di sotto dell'ipotizzato piano di fondazione dei futuri fabbricati, mediante la seguente formula:

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

dove:

- $h_i$  è lo spessore dello strato  $i$ -esimo
- $V_i$  è la velocità dello strato  $i$ -esimo
- $n$  = numero di strati

Viene inoltre calcolato il periodo caratteristico del sito mediante l'espressione

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove:

- $h_i$  è lo spessore dello strato  $i$ -esimo
- $V_{s_i}$  è la velocità dell'onda di taglio  $i$ -esima

(calcolati fino all'ipotetico raggiungimento del substrato rigido  $V_{s30} > 800$  m/s).

Il terreno indagato, calcolato a partire dal piano campagna, presenta il seguente valore delle  $V_{s30}$ :

$$V_{s30} = 317 \text{ m/s}$$

e il seguente valore del periodo  $T$ :

$$T = 0.58 \text{ s}$$

Considerando invece un ipotetico piano di fondazione a maggiori profondità (da -1 m. a -3 m. dal p.c.), si ottengono i seguenti risultati:

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs (m(sec))	T (sec)
-1,00	322	0.57
-2.00	330	0.55
-3.00	332	0.54

**Tabella 2**

La nuova normativa (D.M. 14/01/2008) riporta cinque classi (A-B-C-D-E), più due speciali (S1-S2), in base alle caratteristiche stratigrafiche ed alla velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) entro 30 metri di profondità. Per ogni categoria del suolo (A-B-C-D-E-S1-S2) è fissata una descrizione litostratigrafica, e ad essa associati i parametri di riferimento geotecnici e sismici (Tabelle 3.2.II e 3.2.III). I valori calcolati definiscono, per il comparto AT -8 (e per le profondità indicate), un suolo appartenente alla **Categoria C**: “*Depositi di terreni a grana grossa, mediamente addensati, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s e N<sub>SPT medio</sub> compresi tra 15 e 50*”.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V<sub>s,30</sub> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V<sub>s,30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N<sub>SPT,30</sub> &gt; 50 nei terreni a grana grossa e c<sub>u,30</sub> &gt; 250 kPa nei terreni a grana fina).</i>
<b>C</b>	<i>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<sub>s,30</sub> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 &lt; N<sub>SPT,30</sub> &lt; 50 nei terreni a grana grossa e 70 &lt; c<sub>u,30</sub> &lt; 250 kPa nei terreni a grana fina).</i>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V<sub>s,30</sub> inferiori a 180 m/s (ovvero N<sub>SPT,30</sub> &lt; 15 nei terreni a grana grossa e c<sub>u,30</sub> &lt; 70 kPa nei terreni a grana fina).</i>
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con V<sub>s</sub> &gt; 800 m/s).</i>

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di V<sub>s,30</sub> inferiori a 100 m/s (ovvero 10 &lt; c<sub>u,30</sub> &lt; 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>
<b>S2</b>	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

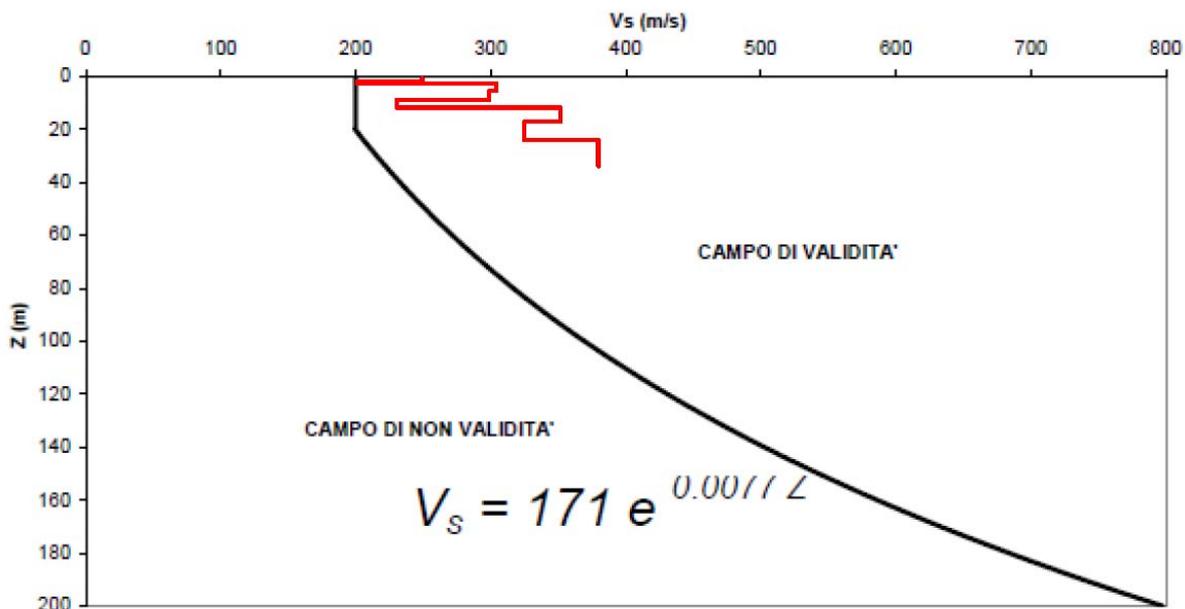
#### 4.4 Valutazione della suscettibilità sismica locale

Per ottenere i valori di Fa (fattore di amplificazione) dal punto di vista degli effetti litologici, i risultati emersi dall'esecuzione dello stendimento geofisico vengono rielaborati mediante l'utilizzo di apposite schede e abachi predisposti dalla Regione Lombardia. Con tale indagine si verifica che il valore di Fa sia inferiore ai valori di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per il territorio in oggetto.

Il diagramma delle velocità ricavato viene inserito in sei diverse schede litologiche per verificare se si rientra o meno nel campo di validità:

- scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- scheda per le litologie sabbiose.

I dati ottenuti in campagna dei vari sismostrati individuati, sono stati inseriti all'interno della scheda relativa al grafico per "litologia sabbiosa" (vedi Figura 11).



**Figura 11 - Grafico relativo alla "litologia sabbiosa" a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni intervallo di terreno in base alle Vs.**

Come è possibile osservare, l'andamento delle Vs è posizionato al di "sopra" della linea che divide il campo di validità dal campo di non validità.

Per l'utilizzo del corrispondente abaco (riportato in Figura 12), viene posto, come vincolo, che il primo strato abbia almeno 4 m di spessore ed una velocità > 200 m/s. Se tale condizione non fosse soddisfatta è necessario calcolare la media pesata almeno dei primi 4 metri di terreno tenendo in considerazione gli spessori parziali con le rispettive velocità delle onde di taglio. I risultati dei calcoli sono riportati nella seguente tabella.

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs media dei primi 4 m (m/sec)	Valore approssimato per l'abaco (m/sec)	CURVA
0,00	261	250	2-VERDE
-1,00	294	300	2-VERDE
-2,00	305	300	2-VERDE
-3,00	304	300	2-VERDE

**Tabella 3**

*Profondità primo strato (m)*

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3													
250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA									
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA						
400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA					
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA		
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

*Velocità primo strato (m/s)*

**Figura 12 - Abaco della schede litologica "sabbiosa" per individuare la curva di riferimento del calcolo del Fa**

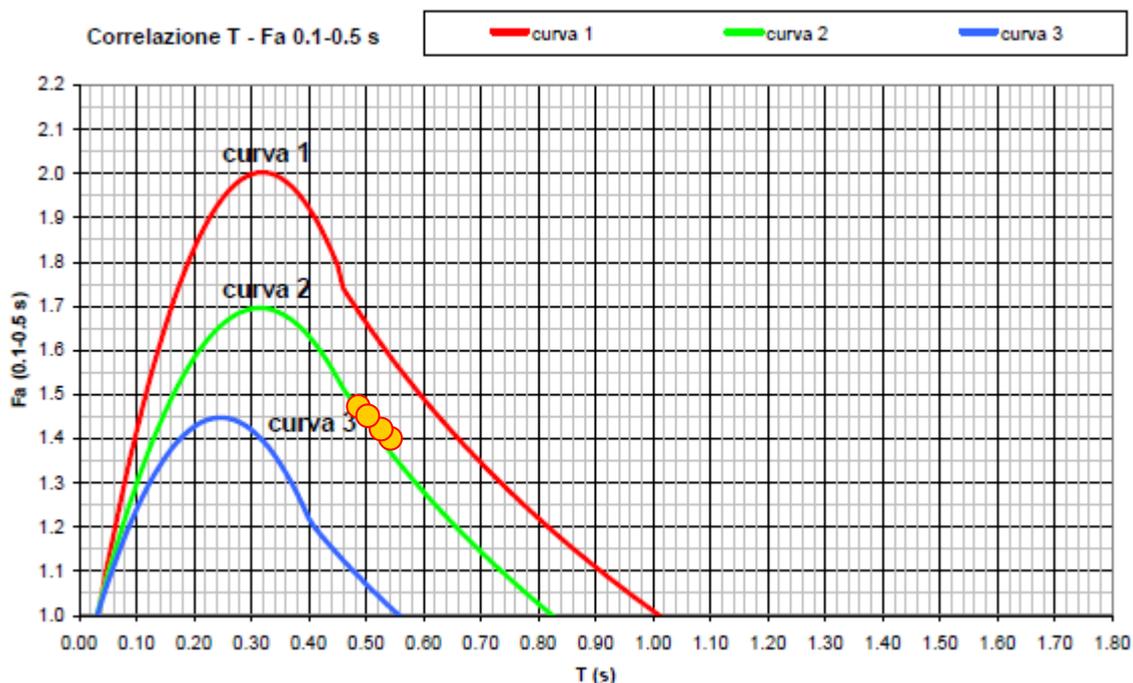


Figura 13 – Diagramma di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

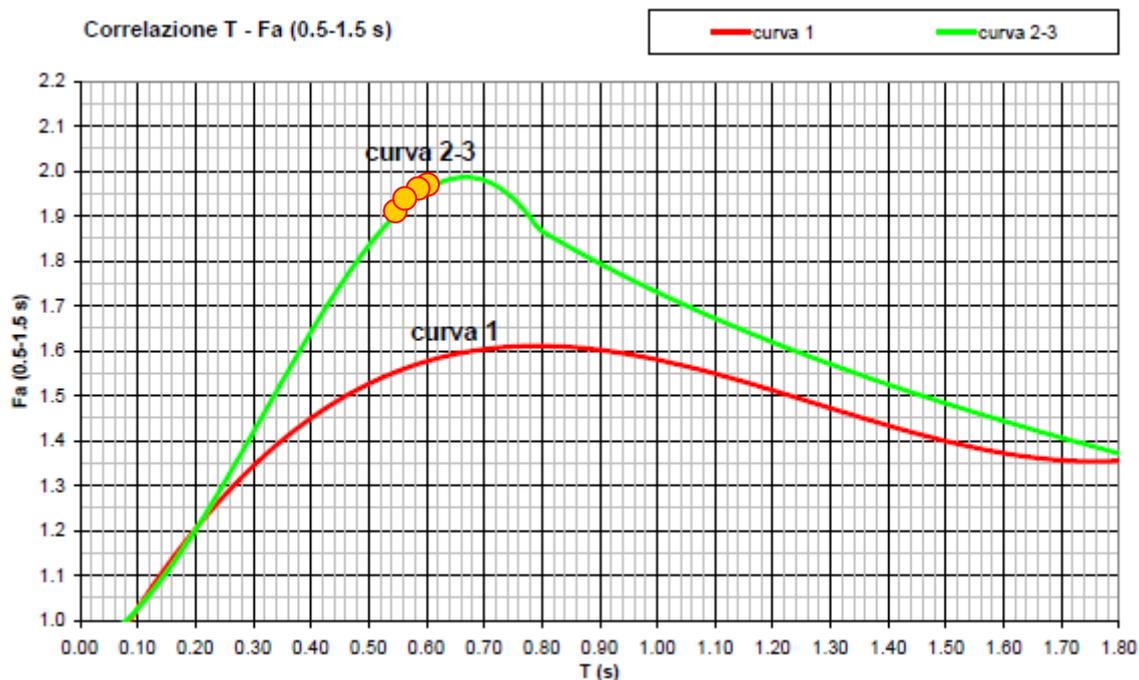


Figura 14 – Diagramma di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Mediante le seguenti formule, per edifici bassi :

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$	$0.50 < T \leq 1.00$	$T > 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$	$0.45 < T \leq 0.80$	$T > 0.80$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$	$0.50 < T \leq 0.55$	$T > 0.55$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

e per edifici alti:

Curva		
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$	
	$Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$	
2	$0.08 \leq T < 0.80$	$0.80 \leq T \leq 1.80$
	$Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

si perviene ai seguenti risultati (Tabella 4):

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)
0,00	317	0.58	1.31	1.94
-1,00	322	0.57	1.32	1.93
-2,00	330	0.55	1.36	1.90
-3,00	332	0.54	1.37	1.89

COMUNE DI VERGIATE		
Valore di soglia – Suolo Categoria C	1.8	
Valore di soglia – Suolo Categoria C		2.4

Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Fa del sito (= 1.31-1.37) < Fa di soglia (= 1.8)
Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)	Fa del sito (= 1.89-1.94) < Fa di soglia (= 2.4)

**Tabella 4**

Dai calcoli emerge quindi che il valore di Fa del sito risulta, a tutte le quote considerate, inferiore al valore Fa di soglia previsto dalla normativa per la classe sismica di appartenenza (Zona IV) e per la categoria di suolo (Categoria C), pertanto al di sotto dei valori limite oltre ai quali si dovrebbero applicare prescrizioni in fase progettuale (III Livello).

La seguente tabella riassume quindi i risultati dell'ambito di trasformazione AT 8:

#### AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT 8

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Categoria di suolo di riferimento
0,00	317	0.58	1.31	C
-1,00	322	0.57	1.32	C
-2,00	330	0.55	1.36	C
-3,00	332	0.54	1.37	C

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)	Categoria di suolo di riferimento
0,00	317	0.58	1.94	C
-1,00	322	0.57	1.93	C
-2,00	330	0.55	1.90	C
-3,00	332	0.54	1.89	C

**Tabella 5**

## 5. ZONA D'AMBITO AT11.1

### 5.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento dell'area d'ambito AT11.1

L'area d'ambito AT11.1 è situata nel settore meridionale del territorio comunale, in Via Sempione (vedi stralcio CTR di Figura 15), a sud del capoluogo Vergiate e a Est della Frazione Sesona, nei pressi della S.S.33 del Sempione, in una zona mista a prevalente destinazione artigianale e residenziale, come si osserva nell'immagine satellitare di Figura 16.



Figura 15 – Stralcio CTR - 1:10.000 - In rosso l'area di indagine



Figura 16 - Immagine satellitare (Google map)

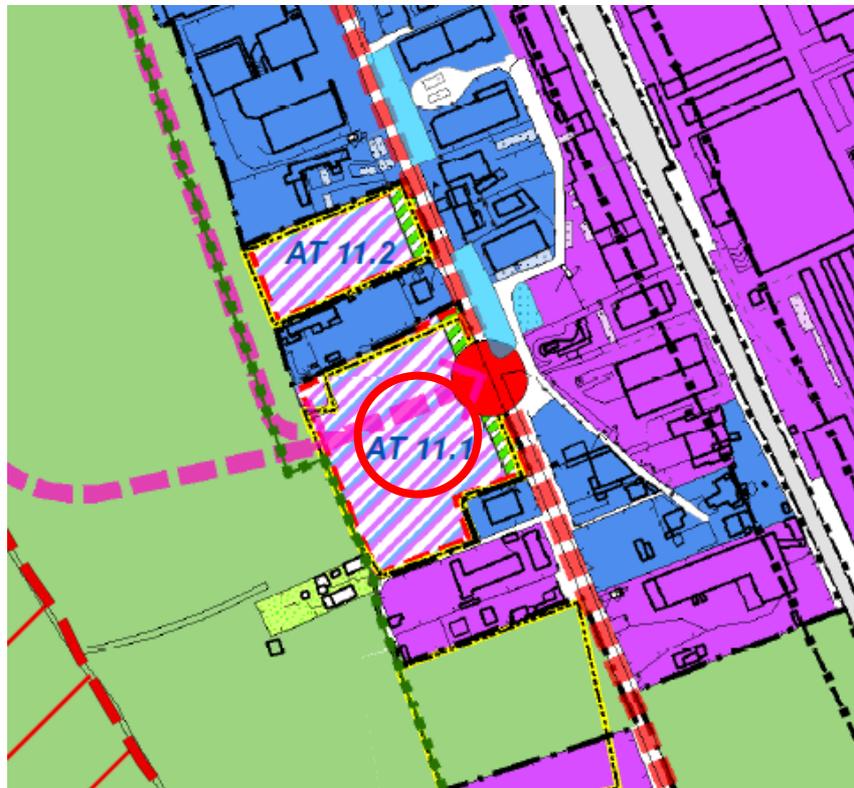


Figura 17 - Estratto PGT – Tavola degli ambiti di trasformazione

L'ambito è volto al completamento del tessuto insediativo lungo la strada statale del Sempione, in considerazione che nella zona insiste un sistema di attività di servizio per la residenza.

L' Area di ambito AT 11.1 ha una superficie complessiva di 15.990 mq , di cui 14.120 mq. edificabili e 1.870 mq di sistemazione parcheggi e fascia verde.

Si prevede il completamento ed il rafforzamento di tale sistema con la realizzazione nell'ambito di trasformazione di edifici a destinazione mista:

- produttiva (produzione di beni e servizi);
- terziario-direzionale, compreso attività commerciali, compatibili con la destinazione produttiva, esteso alle medie strutture di vendita (MSV) con esclusione dell'alimentare.

Sono inoltre in programma sull'area:

- nuova viabilità (di concerto con gli ambiti AT11.2 e AT2 che gravitano nella stessa zona);
- realizzazione di opportune aree a parcheggio;
- realizzazione tratto fognario di collegamento alla rete comunale;
- riqualificazione delle aree boscate non interessate dall'edificazione.

## 5.2. Interpretazione dei dati sismici

Di seguito si riporta il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione:

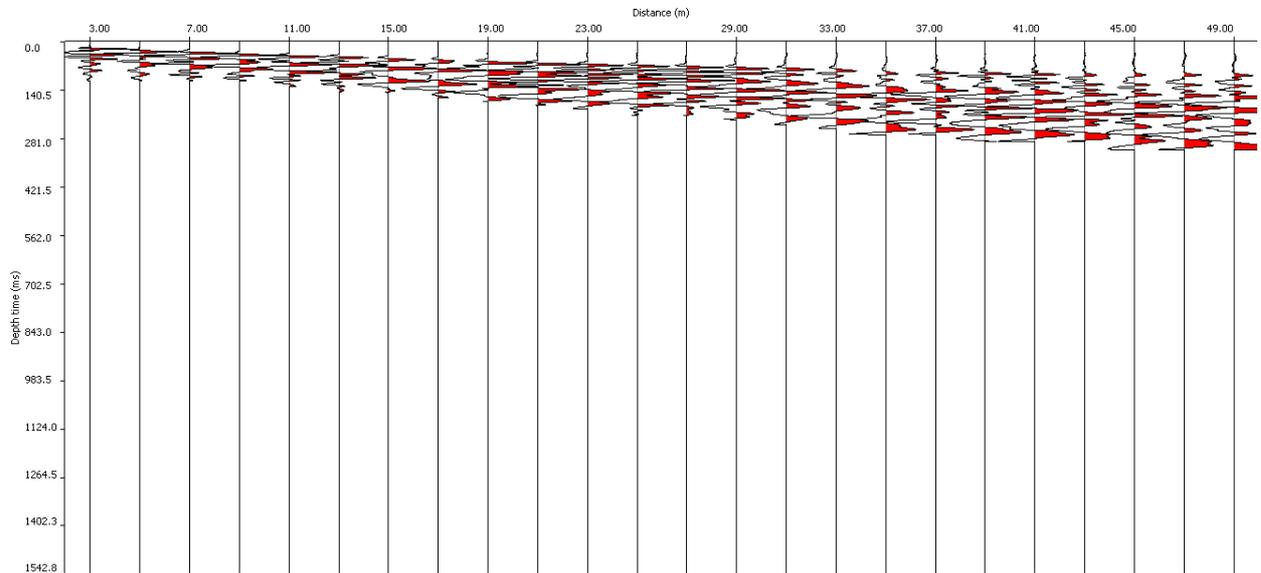


Figura 18 – Sismogrammi della base sismica

L'elaborazione dei dati ha consentito di estrapolare la trasformata di Fourier di seguito riportata da cui è possibile ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

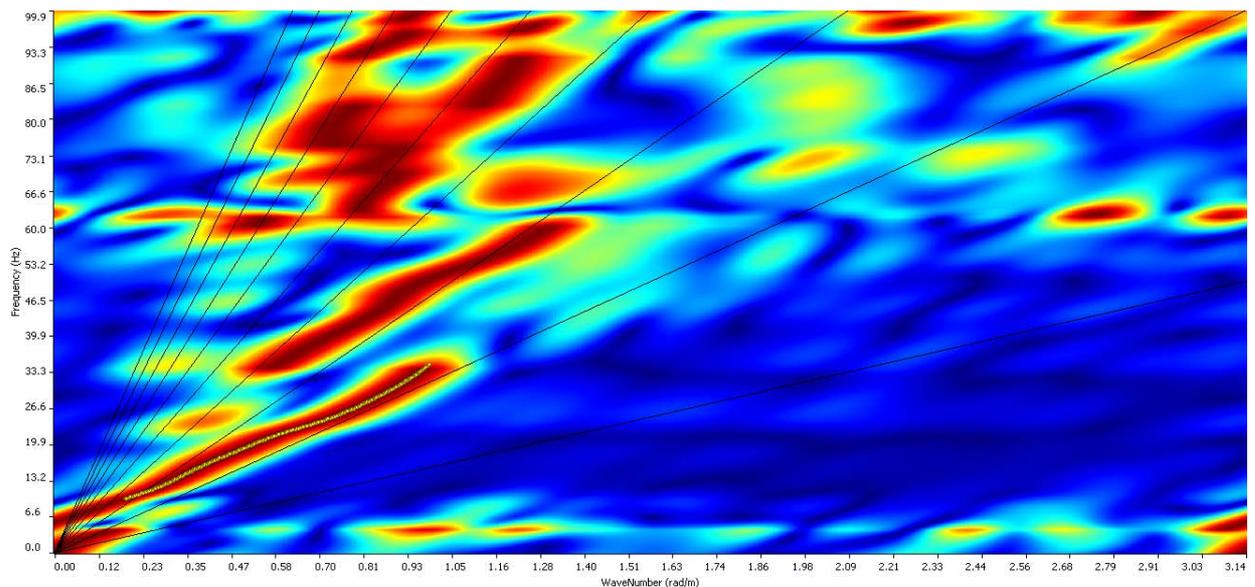
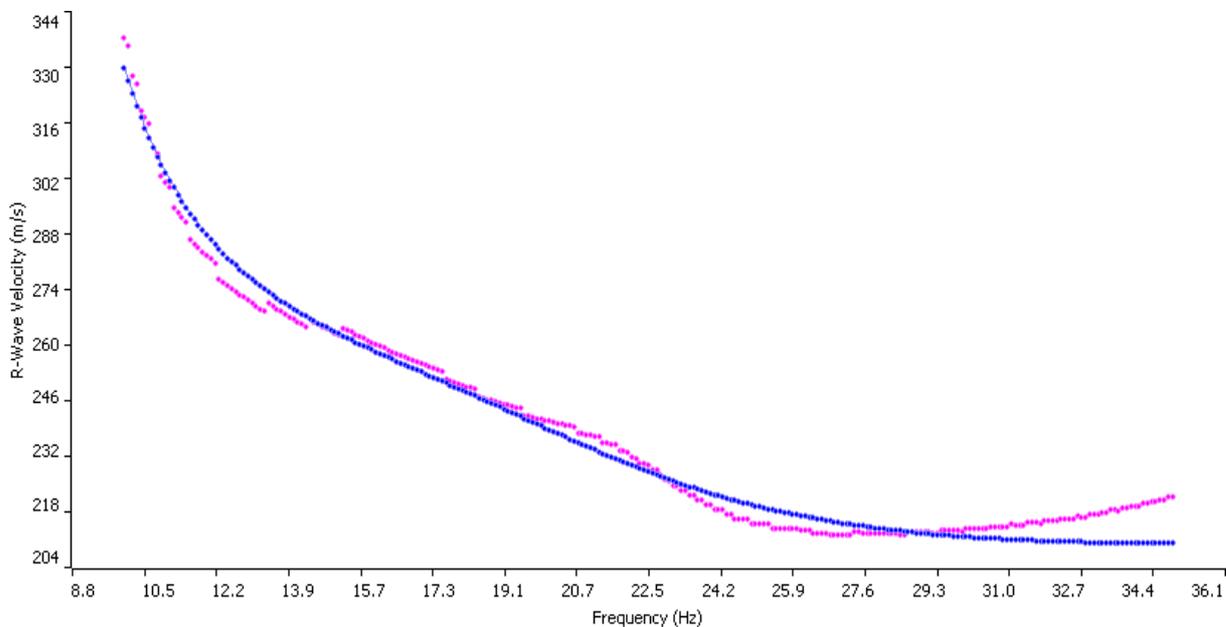


Figura 19 – Trasformata di Fourier

Dalla trasformata di Fourier è stata tratta la curva di dispersione:



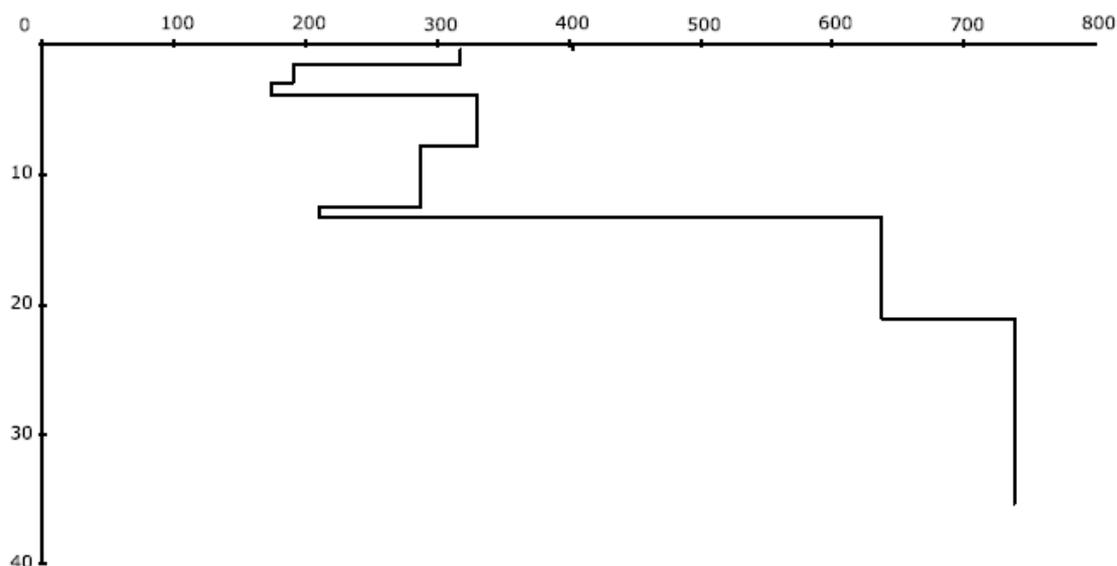
**Figura 20 – Curva di dispersione**

Dalle diverse elaborazioni si sono identificati otto orizzonti (sismostrati), con specifici valori di velocità  $V_s$  come di seguito indicato nella seguente tabella:

Intervallo profondità (metri)	Spessore (metri)	$V_s$ (m(sec))
0,0-1,10	1.10	315
1.10-2.50	1.40	188
2.50-3.50	1.00	171
3.50-7.30	3.80	328
7.30-12.0	4.70	285
12.0-12.90	0.90	208
12.90-20.60	7.70	635
20.60-30.00	9.40	736

**Tabella 6**

Di seguito viene riportato il diagramma delle velocità delle onde S in funzione della profondità:



**Figura 21 – Diagramma delle velocità  $V_{s30}$  riferite ai vari strati intercettati**

L'analisi del diagramma elaborato mostra un primo sismostrato, di spessore pari a 1,1 metri, caratterizzato da valori di velocità di propagazione delle onde medio basse ( $V_s = 315$  m/s), seguito da due sismostrati con velocità in diminuzione e con valore inferiore ai 200 m/s. Nella parte centrale del sottosuolo, tra 3.5 e 13 m. di profondità, le velocità risultano basse e comprese tra 208 e 328 m/sec. I sismostrati più profondi posseggono infine velocità medio alte (635-736 m/s).

Relativamente alla correlazione tra le caratteristiche fisico-dinamiche dell'indagine geofisica e quelle stratigrafiche di pozzi o sondaggi profondi, si conferma la situazione geolitologica delle MASW degli ambiti limitrofi AT11.2 e AT12, con valori estremamente irregolari riconducibili a disomogeneità sedimentarie data l'estrema variabilità che contraddistingue i depositi di origine fluvio-glaciale.

L'ambito in oggetto è infatti collocato dal punto di vista geolitologico, nell'Unità di Mornago (Allogruppo di Besnate).

### 5.3 Definizione della categoria di sottosuolo e del periodo di riferimento del sito

Con i valori di  $V_s$  fino alla profondità di indagine (di circa 35-40 metri), viene effettuato il calcolo della velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) riferita ai 30 metri di profondità al di sotto dell'ipotizzato piano di fondazione dei futuri fabbricati, e il periodo caratteristico del sito mediante le formula precedentemente riportate (vedi paragr.4.2):

Il terreno indagato, calcolato a partire dal piano campagna, presenta il seguente valore delle  $V_{s30}$  :

$$V_{s30} = 398 \text{ m/s}$$

e il seguente valore del periodo  $T$ :

$$T = 0.26 \text{ s}$$

Considerando invece un ipotetico piano di fondazione a maggiori profondità (da -1 m. a -3 m. dal p.c.), si ottengono i seguenti risultati:

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	$V_s$ (m(sec))	$T$ (sec)
-1,00	415	0.24
-2.00	438	0.22
-3.00	466	0.21

**Tabella 7**

I valori calcolati definiscono per il comparto AT -11.1 (per le profondità indicate) un suolo appartenente alla Categoria B: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_u > 250$  kPa nei terreni a grana fine)”.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

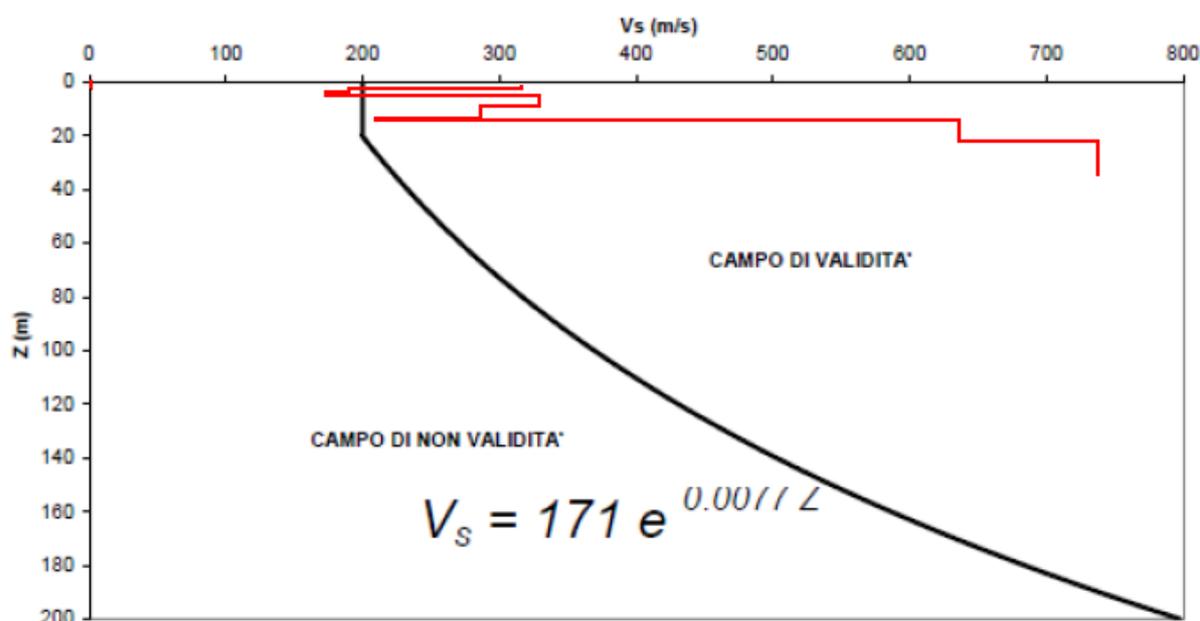
<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s 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).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

## 5.4 Valutazione della suscettibilità sismica locale

I dati ottenuti in campagna dei vari sismostrati individuati sono stati inseriti all'interno della scheda relativa alla "litologia sabbiosa" (vedi Figura 22 ).



**Figura 22 - Grafico relativo alla "litologia sabbiosa"  
 a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni intervallo di terreno in base alle Vs.**

Come è possibile osservare, l'andamento delle Vs è posizionato al di "sopra" della linea che divide il campo di validità dal campo di non validità.

Per l'utilizzo del corrispondente abaco (riportato in Figura 23), viene posto, come vincolo, che il primo strato abbia almeno 4 m di spessore ed una velocità > 200 m/s. Se tale condizione non fosse soddisfatta è necessario calcolare la media pesata almeno dei primi 4 metri di terreno tenendo in dovute considerazioni gli spessori parziali con le rispettive velocità delle onde di taglio.

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs media dei primi 4 m (m/sec)	Valore approssimato per l'abaco (m/sec)	CURVA
0,00	238	250	2-VERDE
-1,00	294	300	2-VERDE
-2,00	248	250	2-VERDE
-3,00	294	300	2-VERDE

**Tabella 8**

Profondità primo strato (m)

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3													
250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA									
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA						
400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA					
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA		
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Figura 23 - Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di Fa, grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità

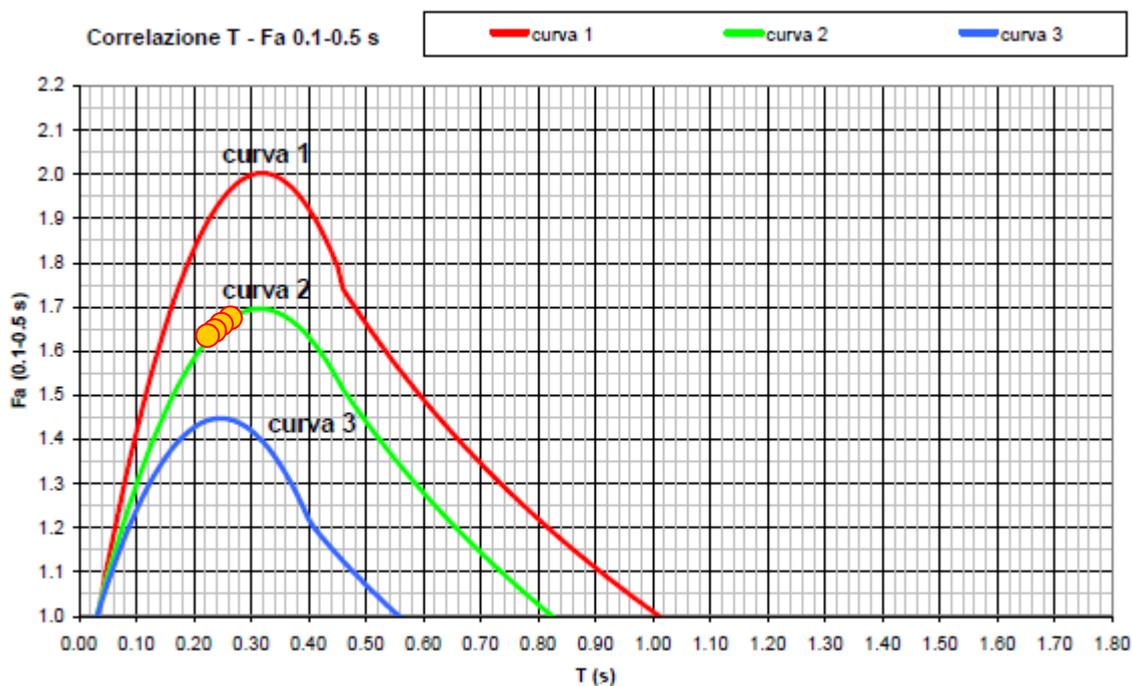


Figura 24 – Diagramma di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

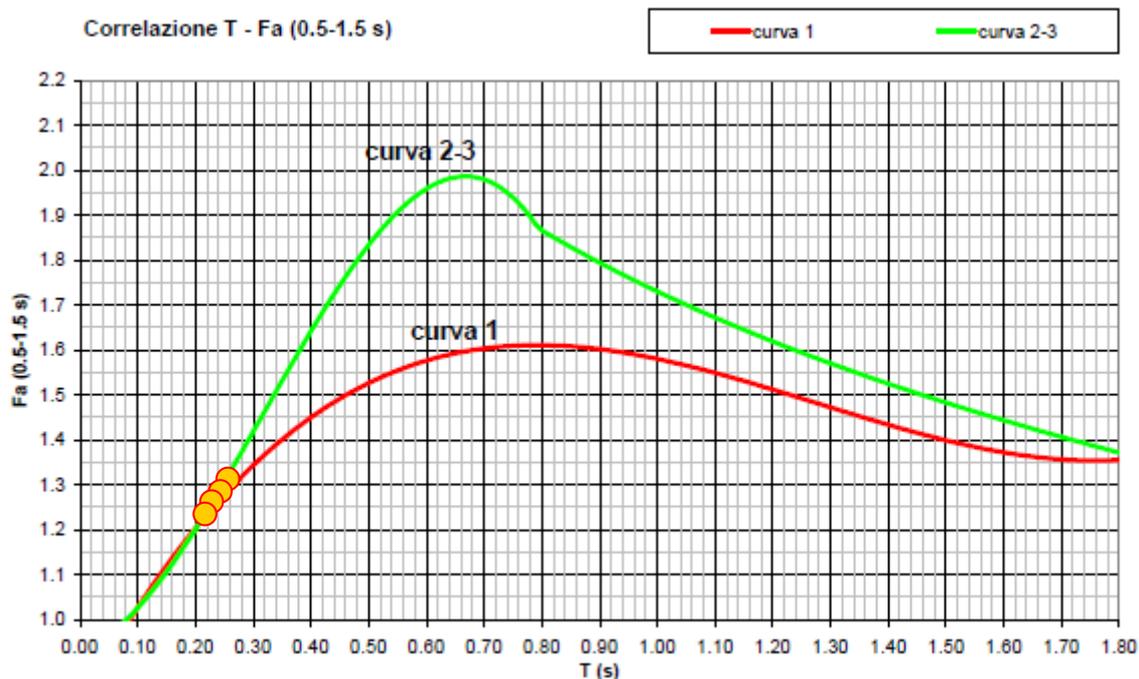


Figura 25 – Diagramma di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Mediante le seguenti formule, per edifici bassi :

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

E per edifici alti:

Curva		
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$	
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Si perviene ai seguenti risultati:

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)
0,00	398	0.26	1.67	1.33
-1,00	415	0.24	1.65	1.28
-2,00	438	0.22	1.62	1.24
-3,00	466	0.21	1.60	1.22

COMUNE DI VERGIATE		
Valore di soglia – Suolo Categoria B	1.4	
Valore di soglia – Suolo Categoria B		1.7

Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Fa del sito (= 1.60-1.67) > Fa di soglia (= 1.4)
Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)	Fa del sito (= 1.22-1.33) < Fa di soglia (= 1.7)

**Tabella 9**

Nel caso dell'Ambito AT11.1, il valore di Fa calcolato risulta essere, per gli edifici bassi, (considerando una variabilità di 0,1) superiore al valore di Fa di riferimento per la categoria del suolo B pertanto, in accordo con quanto riportato nella normativa, si può passare alla categoria di suolo superiore C che ha un valore di Fa di soglia pari a 1,8, e quindi superiore ai valori di Fa ricavati. Per quanto riguarda gli edifici alti, il valore di Fa riscontrato per categorie di suoli di tipo B è conforme con i valori indicati dalla normativa.

La seguente tabella riassume quindi i risultati dell'ambito di trasformazione AT 11.1:

### AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT 11.1

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Categoria di suolo di riferimento
0,00	398	0.26	1.67	C
-1,00	415	0.24	1.65	C
-2,00	438	0.22	1.62	C
-3,00	466	0.21	1.60	C

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)	Categoria di suolo di riferimento
0,00	398	0.26	1.33	B
-1,00	415	0.24	1.28	B
-2,00	438	0.22	1.24	B
-3,00	466	0.21	1.22	B

**Tabella 10**

## 6. ZONA D'AMBITO AT11.2

### 6.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento dell'area d'ambito AT11.2

L'area d'ambito AT11.2 è situata nel settore sud-occidentale del territorio comunale, in Via Sempione (vedi stralcio CTR di Figura 26), a sud del capoluogo Vergiate e a Est della Frazione Sesona, nei pressi della S.S.33 del Sempione, in una zona mista a prevalente destinazione commerciale e industriale, come si osserva nell'immagine satellitare di Figura 27.



Figura 26 – Stralcio CTR - 1:10.000 - In rosso l'area di indagine



L'ambito è volto al completamento del tessuto insediativo lungo la strada statale del Sempione, in considerazione che nella zona insiste un sistema di attività di servizio per la residenza.

L' Area di ambito A 11.2 ha una superficie complessiva di 6450 mq , di cui 5605 mq. sono edificabili e 845 mq per la sistemazione parcheggi e fascia verde.

Si prevede il completamento ed il rafforzamento di tale sistema con la realizzazione nell'ambito di trasformazione di edifici a destinazione mista:

- produttiva (produzione di beni e servizi);
- terziario-direzionale, compreso attività commerciali, compatibili con la destinazione produttiva, esteso alle medie strutture di vendita (MSV) con esclusione dell'alimentare.

Sono inoltre in programma sull'area:

- nuova viabilità (di concerto con gli ambiti AT11.1 e AT12 che gravitano nella stessa zona);
- realizzazione di opportune aree a parcheggio;
- realizzazione tratto fognario di collegamento alla rete comunale;
- riqualificazione delle aree boscate non interessate dall'edificazione.

## 6.2. Interpretazione dei dati sismici

Di seguito si riporta il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione:

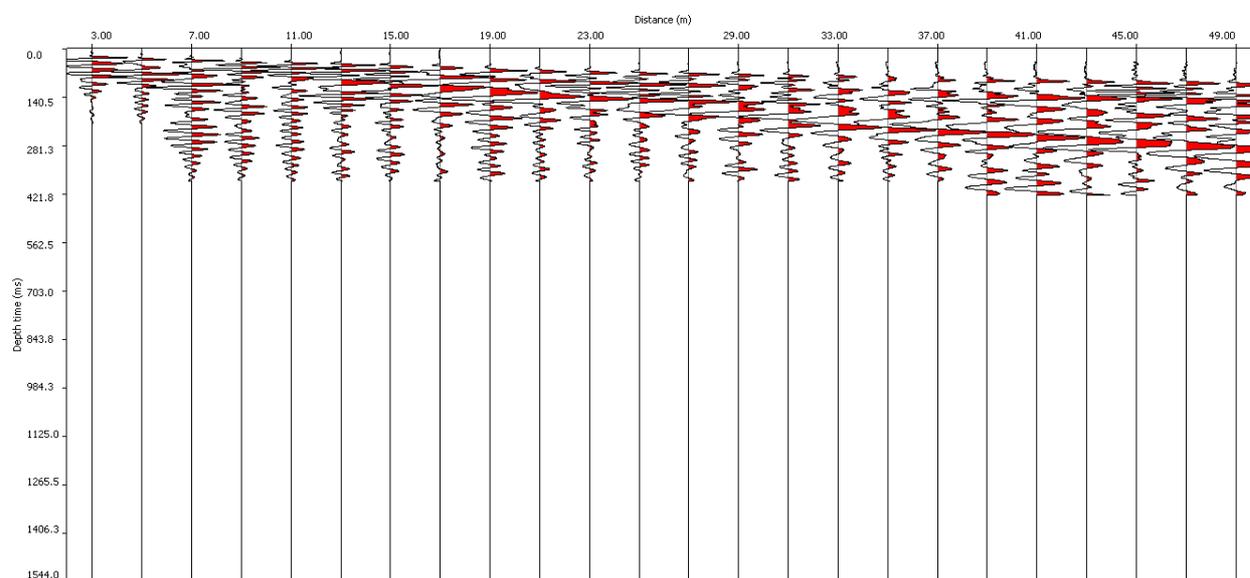


Figura 29 – Sismogrammi della base sismica

L'elaborazione dei dati ha consentito di estrapolare la trasformata di Fourier di seguito riportata da cui è possibile ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

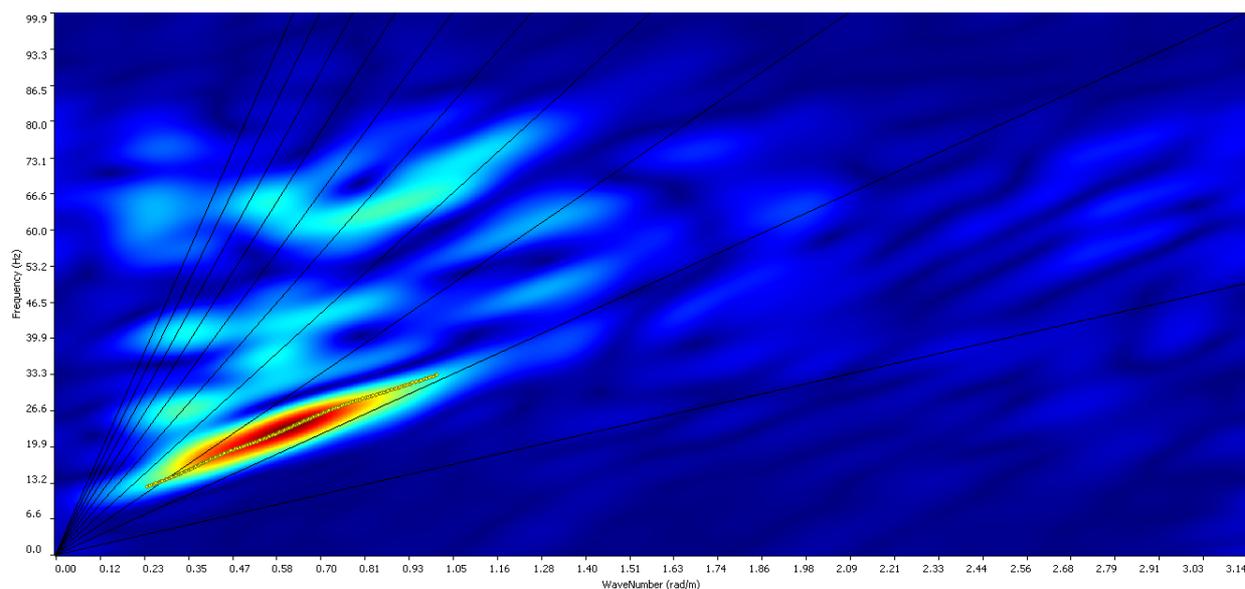
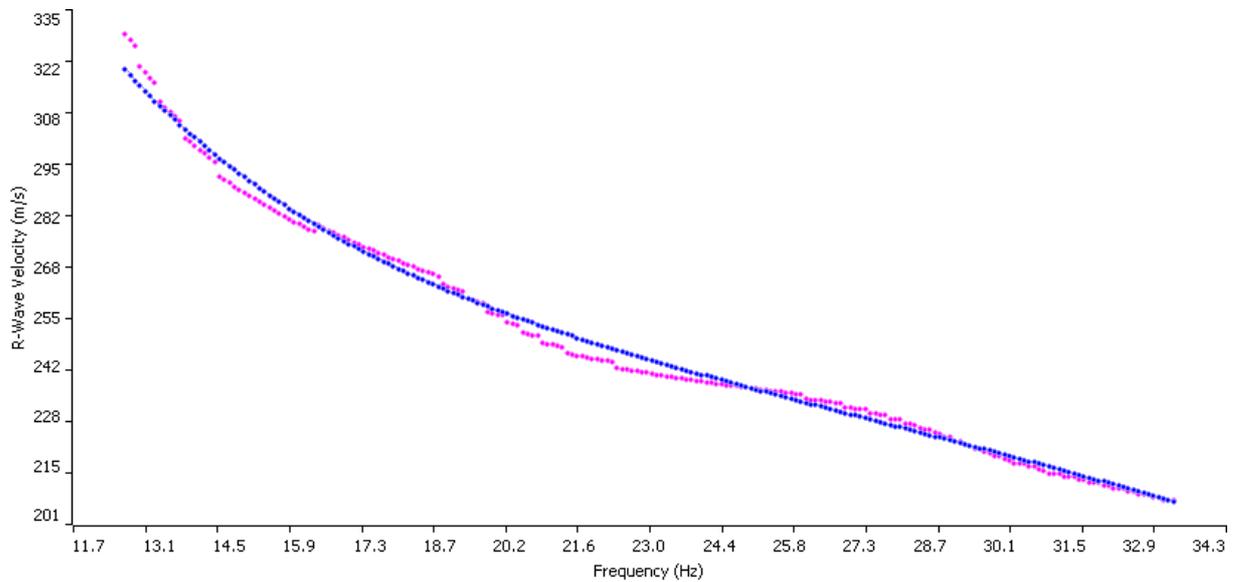


Figura 30 – Trasformata di Fourier



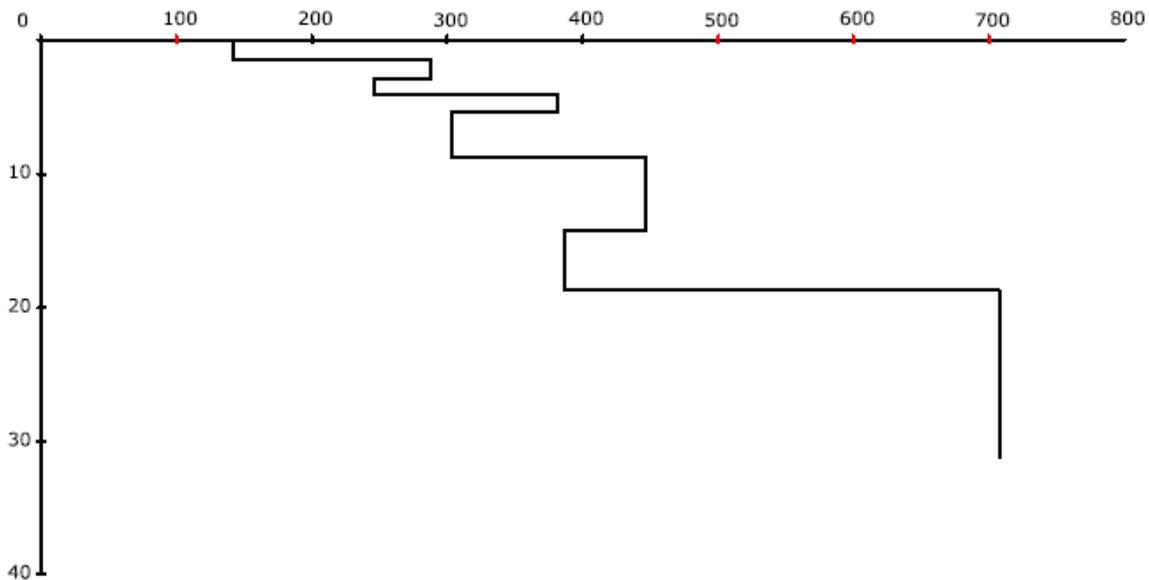
**Figura 31 – Curva di dispersione**

Dalle diverse elaborazioni si sono identificati otto orizzonti (sismostrati), con specifici valori di velocità  $V_s$  come di seguito indicato nella seguente tabella:

Intervallo profondità (metri)	Spessore (metri)	$V_s$ (m/sec)
0,0-1,50	1.50	139
1.50-2.90	1.40	285
2.90-4.10	1.20	243
4.10-5.40	1.30	379
5.40-8.70	3.30	300
8.70-14.20	5.50	444
14.20-18.70	4.50	386
18.70-30.00	11.30	707

**Tabella 11**

Di seguito viene riportato il diagramma delle velocità delle onde S in funzione della profondità:



**Figura 32 – Diagramma delle velocità  $V_{s30}$  riferite ai vari strati intercettati**

L'analisi del diagramma elaborato mostra un primo sismostrato, di spessore pari a 1,5 metri, caratterizzato da valori di velocità di propagazione delle onde basse ( $V_s = 139$  m/s), seguito da due sismostrati con velocità in aumento ma di valore inferiore ai 300 m/s. Nella parte centrale del sottosuolo, tra 4 e 19 mt. di profondità, le velocità risultano comprese tra 300 e 450 m/sec, e precedono un ultimo sismostrato a velocità medio-alte (707 m/s) presente fino alla profondità massima di investigazione.

Relativamente alla correlazione tra le caratteristiche fisico-dinamiche dell'indagine geofisica e quelle stratigrafiche di pozzi o sondaggi profondi, non vi sono dati immediatamente prossimi all'area di studio, rappresentativi e significativi per valutare la tipologia del sottosuolo.

L'area di ambito si inserisce in settore caratterizzato da depositi fluvioglaciali (Allogruppo di Besnate-Unità di Mornago), litologicamente costituita da ciottoli, ghiaie fini e grossolane, in matrice sabbiosa e limosa, disposte in lenti

Si può ritenere presumere, sulla base dei valori di velocità registrati, che i primi sismostrati, fino alla profondità di 4 mt., siano riferibile allo strato di coltivo, a limi superficiali poco consistenti e a sabbie ghiaiose di mediocre addensamento. I sismostrati che si estendono fino ad una profondità di circa 19 m a partire dal piano campagna, sono associabili ad unità geologico-tecniche con discreto addensamento, mentre il sismostrato finale, di alta velocità, può essere correlato a depositi grossolani (ghiaia e ciottoli), sempre in matrice limo-sabbiosa, di addensamento alto.

### 6.3 Definizione della Categoria di sottosuolo e del Periodo di riferimento del sito

Con i valori di  $V_s$  fino alla profondità di indagine (di circa 35-40 metri), viene effettuato il calcolo della velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) riferita ai 30 metri di profondità al di sotto dell'ipotizzato piano di fondazione dei futuri fabbricati, e il periodo caratteristico del sito mediante le formula precedentemente riportate (vedi paragr.4.2):

Il terreno indagato, calcolato a partire dal piano campagna, presenta il seguente valore delle  $V_{s30}$  :

$$V_{s30} = 398 \text{ m/s}$$

e il seguente valore del periodo  $T$ :

$$T = 0.28 \text{ s}$$

Considerando invece un ipotetico piano di fondazione a maggiori profondità (da -1 m. a -3 m. dal p.c.), si ottengono i seguenti risultati:

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	$V_s$ (m(sec))	$T$ (sec)
-1,00	433	0.26
-2.00	459	0.25
-3.00	475	0.23

**Tabella 12**

I valori calcolati definiscono per il comparto AT -11.1 (per le profondità indicate) un suolo appartenente alla Categoria B: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_u, 30 > 250$  kPa nei terreni a grana fine)”.

**Tabella 3.2.II –** *Categorie di sottosuolo*

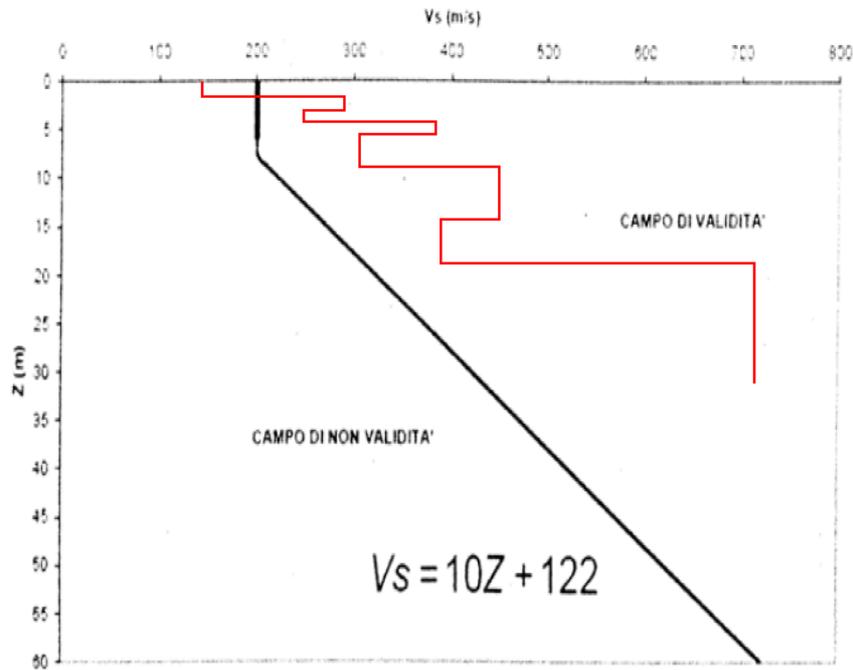
<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Deposit</i> i 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s 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).
<b>D</b>	<i>Deposit</i> i di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Tabella 3.2.III –** *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

## 6.4 Valutazione della suscettibilità sismica locale

Per ottenere i valori di  $F_a$  (fattore di amplificazione) dal punto di vista degli effetti litologici, i dati ottenuti in campagna dei vari sismostrati individuati, sono stati inseriti all'interno della scheda relativa al grafico per "litologia limoso sabbiosa tipo 2" (vedi Figura 33).



**Figura 33 - Grafico relativo alla "litologia limoso-sabbiosa tipo 2" a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni intervallo di terreno in base alle  $V_s$**

Come è possibile osservare, l'andamento delle  $V_s$  è posizionato al di "sopra" della linea che divide il campo di validità dal campo di non validità.

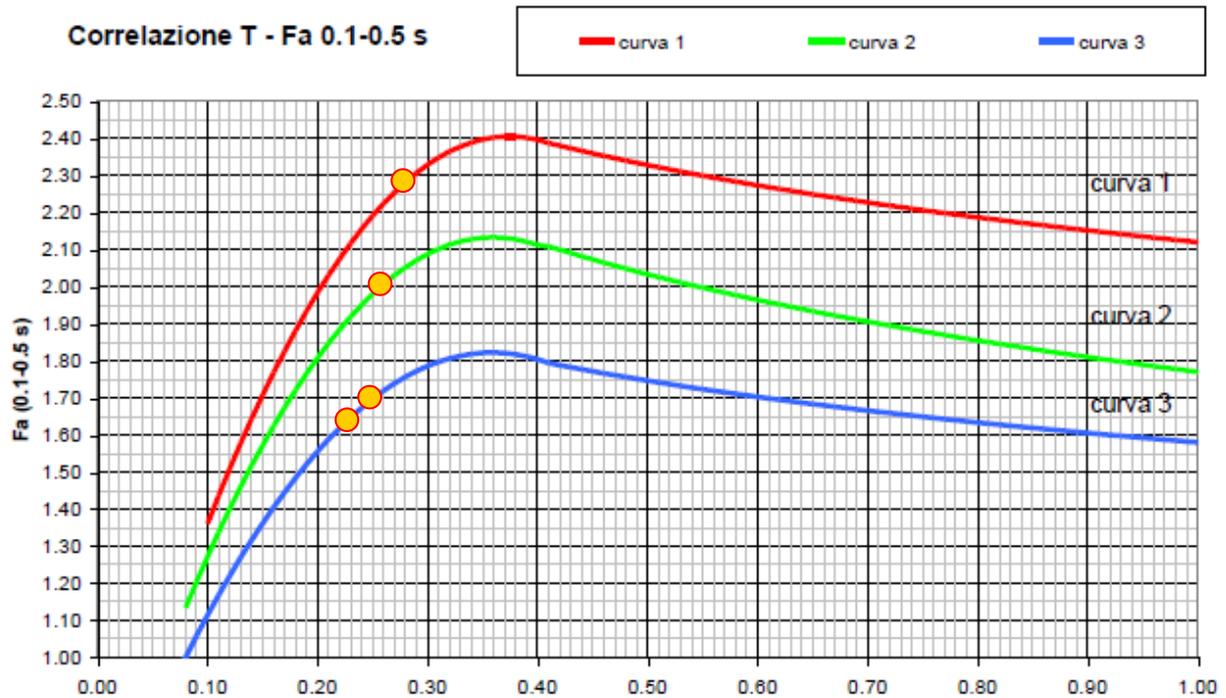
Per l'utilizzo del corrispondente abaco (riportato in Figura 34), viene posto, come vincolo, che il primo strato abbia almeno 4 m di spessore ed una velocità  $> 200$  m/s. Se tale condizione non fosse soddisfatta è necessario calcolare la media pesata almeno dei primi 4 metri di terreno tenendo in dovute considerazioni gli spessori parziali con le rispettive velocità delle onde di taglio.

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs media dei primi 4 m (m/sec)	Valore approssimato per l'abaco (m/sec)	CURVA
0,00	198	200	1-ROSSA
-1,00	253	250	2-VERDE
-2,00	296	300	3-BLU
-3,00	301	300	3-BLU

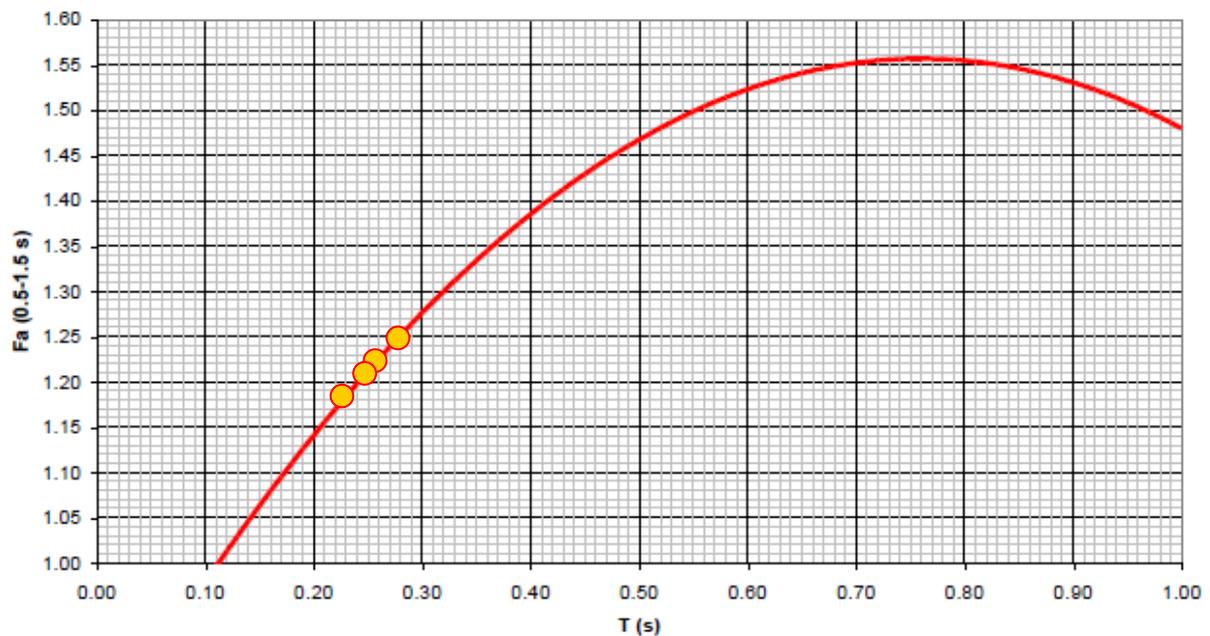
**Tabella 13**



**Figura 34 - Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di Fa, grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità**



**Figura 35 – Diagramma di riferimento per la litologia limoso-sabbiosa tipo 2 per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)**



**Figura 36 – Diagramma di riferimento per la litologia limoso-sabbiosa tipo 2 per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)**

Mediante le seguenti formule, per edifici bassi :

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

E per edifici alti:

$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

si perviene ai seguenti risultati (Tabella 14):

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)
0,00	398	0.28	2.28	1.25
-1,00	433	0.26	2.00	1.23
-2.00	459	0.25	1.70	1.21
-3.00	475	0.23	1.65	1.18

COMUNE DI VERGIATE	
Valore di soglia – Suolo Categoria B	1.4
Valore di soglia – Suolo Categoria B	1.7

Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Fa del sito (= 1.65-2.28) > Fa di soglia (= 1.4)
Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)	Fa del sito (= 1.18-1.25 < Fa di soglia (= 1.7)

**Tabella 14**

Nel caso del superamento di **Fa** calcolato rispetto al valore di soglia, la normativa regionale vigente prevede all'All. 5 "punto 2.2.2 Effetti litologici" due possibilità:

- il passaggio allo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore e, nel caso il valore fosse ancora superiore alla soglia, il passaggio alla categoria ulteriormente superiore;
- studio di terzo livello.

Nel nostro caso il valore di **Fa** calcolato risulta essere, per gli edifici bassi, (considerando una variabilità di 0,1) superiore al valore di **Fa** di riferimento per la categoria del suolo B pertanto, in accordo con quanto riportato nella normativa, si può passare alla categoria di suolo superiore C che ha un valore di **Fa** di soglia pari a 1,8. In questo caso risultano verificate le profondità dal p.c. di -2 e -3 m.

Per quanto riguarda la quota del piano campagna e a - 1 m., si deve passare necessariamente alla categoria di suolo "D".

Per quanto riguarda gli edifici alti, il valore di **Fa** riscontrato per categorie di suoli di tipo B è conforme con i valori indicati dalla normativa.

La seguente tabella 15 riassume quindi i risultati dell'ambito di trasformazione AT 11.2:

#### AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT 11.2

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Categoria di suolo di riferimento
0,00	398	0.28	2.28	D
-1,00	433	0.26	2.00	D
-2.00	459	0.25	1.70	C
-3.00	475	0.23	1.65	C

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)	Categoria di suolo di riferimento
0,00	398	0.28	1.25	B
-1,00	433	0.26	1.23	B
-2.00	459	0.25	1.21	B
-3.00	475	0.23	1.18	B

**Tabella 15**

## 7. ZONA D'AMBITO AT 12

### 7.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento dell'area d'ambito AT 12

L'area d'ambito AT12 è situata nel settore sud-occidentale del territorio comunale, in Via Sempione (vedi stralcio CTR di Figura 37), a sud del capoluogo Vergiate e a Est della Frazione Sesona, nei pressi della S.S.33 del Sempione, in una zona mista a prevalente destinazione commerciale e industriale, come si osserva nell'immagine satellitare di Figura 38.

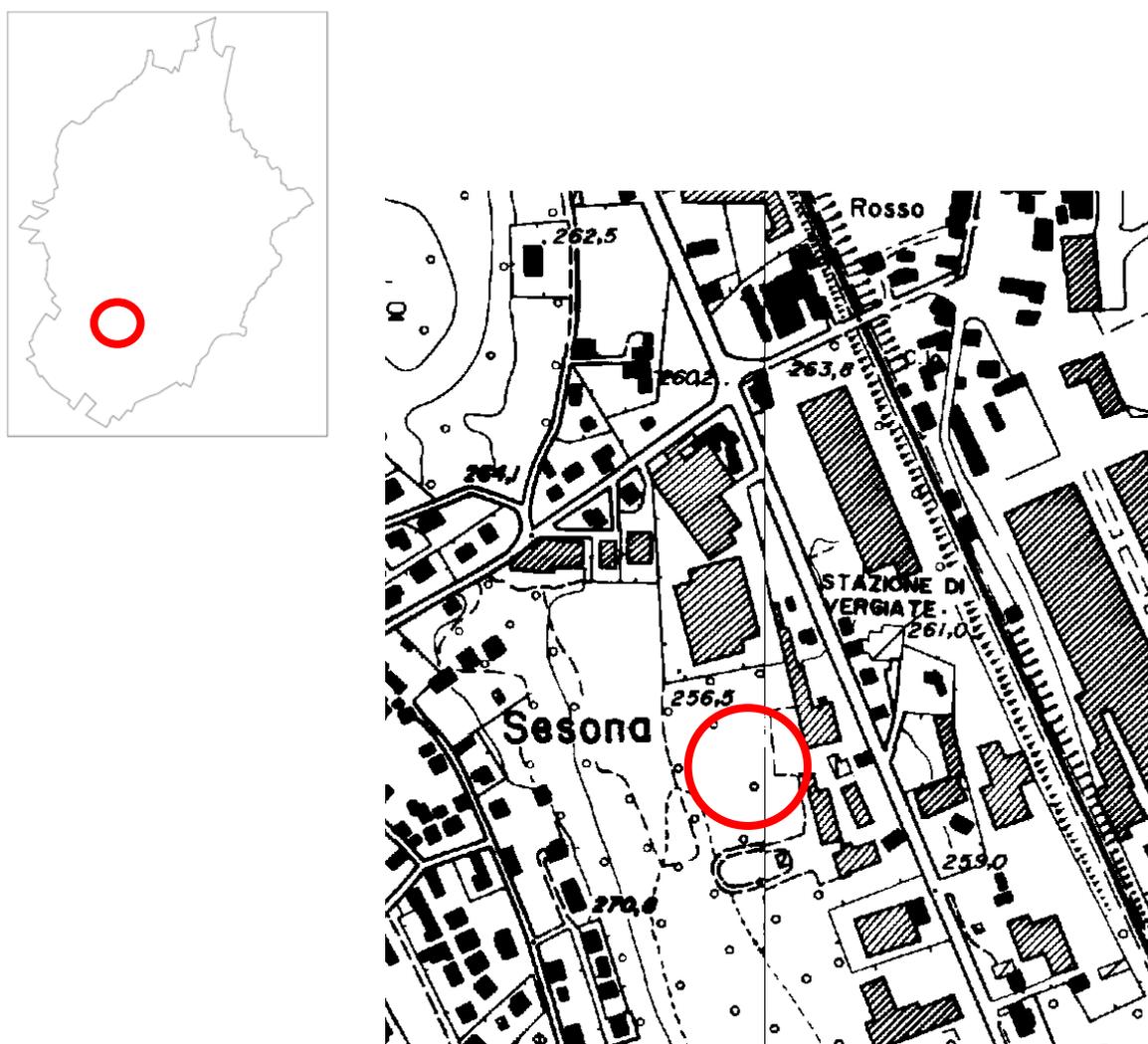


Figura 37 – Stralcio CTR - 1:10.000 - In rosso l'area di investigazione



L'ambito AT12 è volto alla riqualificazione ed all'ampliamento della struttura commerciale composta oggi esistente.

La superficie totale dell'Ambito è pari a 40.192 mq, che risulta così suddivisa nelle previsioni di piano:

- Area edificabile 25.240,00 mq;
- Area già edificata 14.952,00 mq;
- Area a servizi e verde extra comparto 19.285,00 mq.

Le destinazioni ammesse sono:

- Terziario direzionale;
- Produzione di beni e servizi;
- Commerciali non alimentari - Grande struttura di vendita (GSV) con una superficie di vendita complessiva non superiore a 10.000 mq.

E' prevista una riqualificazione complessiva del comparto e dell'accessibilità con realizzazione della viabilità di arroccamento sia all'interno del comparto, sia per la porzione che lambisce il perimetro verso la zona boschiva.

Sono inoltre quindi in programma sull'area:

- viabilità (di concerto con gli ambiti AT11.1 e AT11.2 che gravitano nella stessa zona);
- realizzazione di opportune aree a parcheggio;
- realizzazione tratto fognario di collegamento alla rete comunale.

## 7.2 Interpretazione dei dati sismici

Di seguito si riporta il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione:

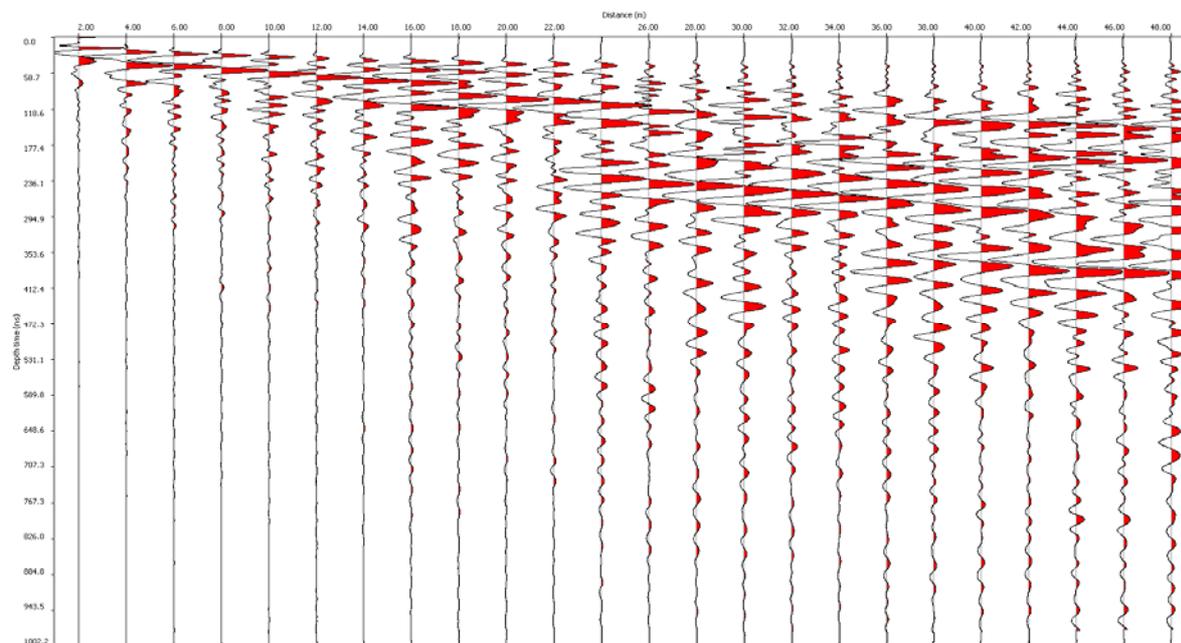


Figura 40 – Sismogrammi della base sismica

L'elaborazione dei dati ha consentito di estrapolare la trasformata di Fourier di seguito riportata da cui è possibile ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

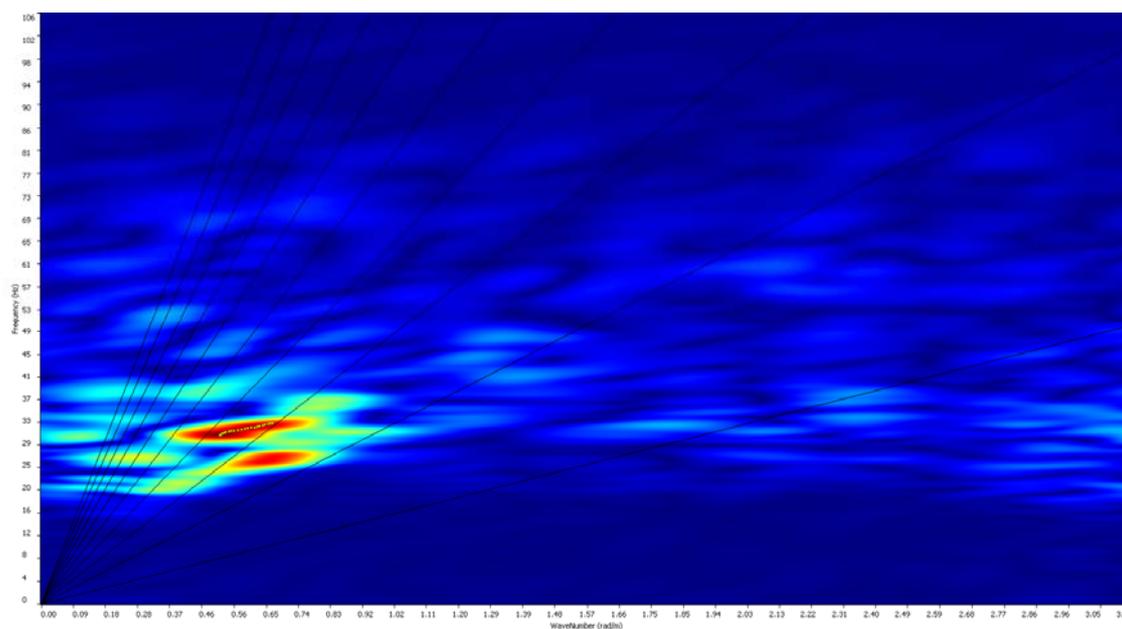
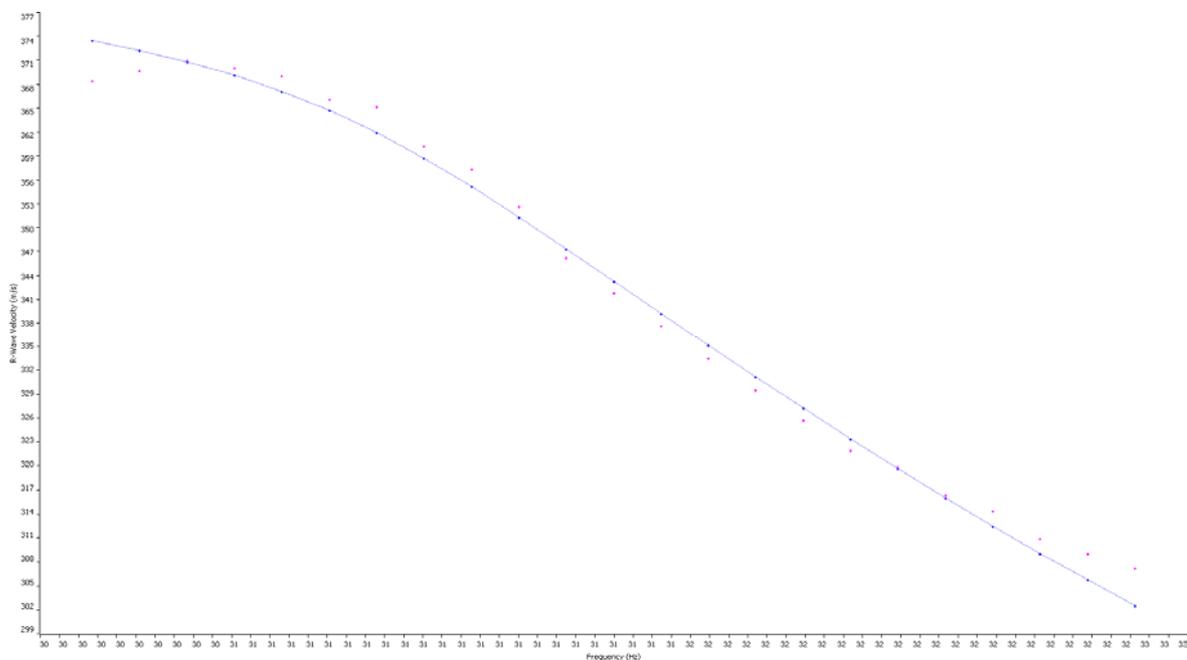


Figura 41 – Trasformata di Fourier

Dalla trasformata di Fourier è stata tratta la curva di dispersione:



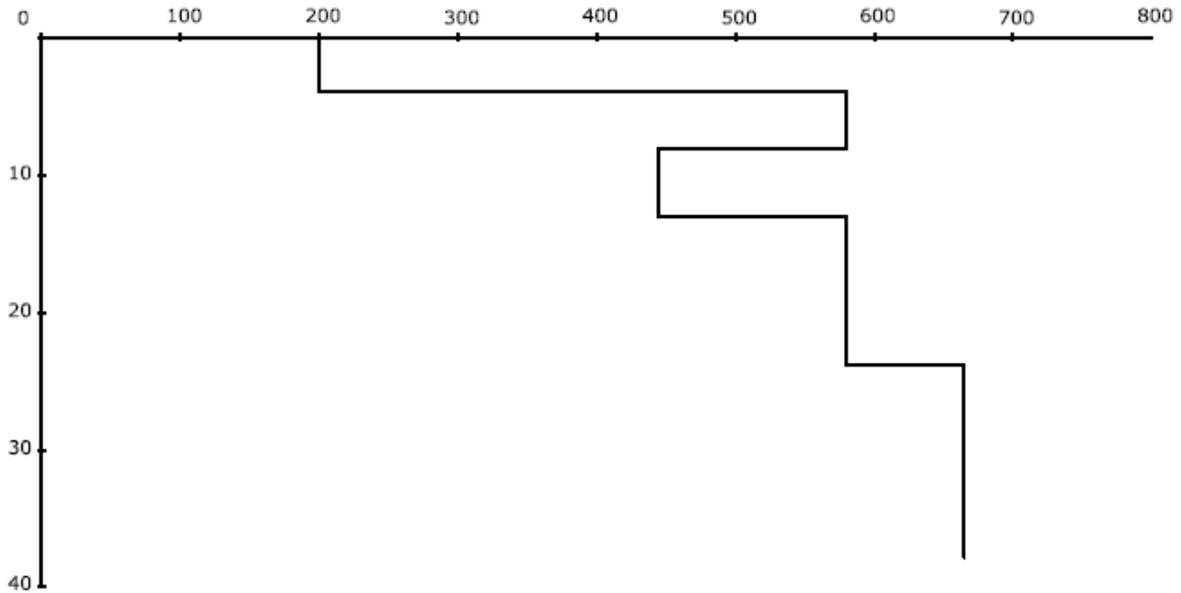
**Figura 42 – Curva di dispersione**

Dalle diverse elaborazioni si sono identificati cinque orizzonti (sismostrati), con specifici valori di velocità **Vs** come di seguito indicato nella seguente tabella:

Intervallo profondità (metri)	Spessore (metri)	Vs (m/sec)
0.0-3.70	3.70	200
3.70-7.90	4.20	580
7.90-12.80	4.90	444
12.80-23.70	10.80	580
23.70-30.00	6.40	665

**Tabella 16**

Di seguito viene riportato il diagramma delle velocità delle onde S in funzione della profondità:



**Figura 43 – Diagramma delle velocità  $V_{s30}$  riferite ai vari strati intercettati**

L'analisi del diagramma elaborato mostra un primo sismostrato, di spessore pari a 3.7 metri, caratterizzato da valori di velocità di propagazione delle onde basse ( $V_s = 200$  m/s), seguito da un livello a velocità alta (580 m/s) che si spinge fino a 8 m dal p.c. A profondità intermedie si osserva un'inversione di velocità, con una diminuzione a circa 450 m/s. Nella parte finale del sottosuolo investigato, le velocità aumentano costantemente fino ad un massimo di 665 m/s.

Si può ritenere presumere, sulla base dei valori di velocità registrati, che la successione litologica sia caratterizzata da materiali più grossolani e addensati rispetto alle altre verticali investigate in zona (ambiti AT 11.1 e AT 11.2), anche se geologicamente la formazione geologica risulta la medesima (depositi fluvioglaciali dell'Unità di Mornago).

### 7.3 Definizione della categoria di sottosuolo e del periodo di riferimento del sito

Con i valori di Vs fino alla profondità di indagine (di circa 35-40 metri), viene effettuato il calcolo della velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) riferita ai 30 metri di profondità al di sotto dell'ipotizzato piano di fondazione dei futuri fabbricati, e il periodo caratteristico del sito mediante le formula precedentemente riportate (vedi paragr.4.2):

Il terreno indagato, calcolato a partire dal piano campagna, presenta il seguente valore delle  $V_{s30}$  :

$$V_{s30} = 461 \text{ m/s}$$

e il seguente valore del periodo  $T$ :

$$T = 0.29 \text{ s}$$

Considerando invece un ipotetico piano di fondazione a maggiori profondità (da -1 m. a -3 m. dal p.c.), si ottengono i seguenti risultati:

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs (m(sec))	T (sec)
-1,00	488	0.27
-2.00	517	0.26
-3.00	550	0.24

**Tabella 17**

I valori calcolati definiscono per il comparto AT-12 (per le profondità indicate) un suolo appartenente alla Categoria B: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu, 30 > 250 kPa nei terreni a grana fine)”.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

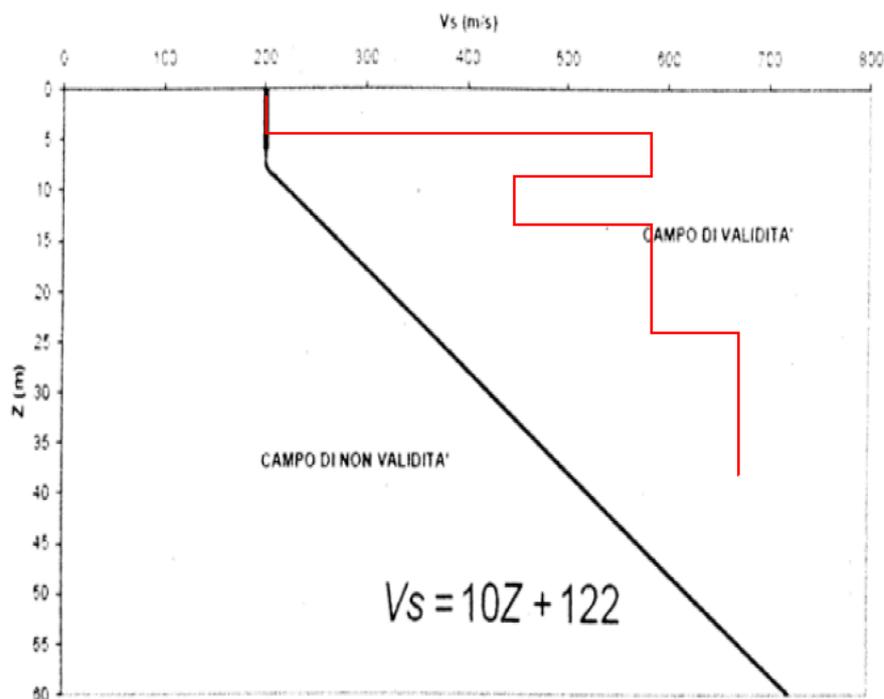
<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Deposit</i> 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s 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).
<b>D</b>	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>S1</b>	Deposit di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Deposit di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

## 7.4 Valutazione della suscettibilità sismica locale

Per ottenere i valori di Fa (fattore di amplificazione) dal punto di vista degli effetti litologici, i dati ottenuti in campagna dei vari sismostrati individuati, sono stati inseriti all'interno della scheda relativa al grafico per "litologia limoso sabbiosa tipo 2" (vedi Figura 44).



**Figura 44 - Grafico relativo alla "litologia limoso-sabbiosa tipo 2" a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni intervallo di terreno in base alle  $V_s$ .**

Come è possibile osservare, l'andamento delle  $V_s$  è posizionato al di "sopra" della linea che divide il campo di validità dal campo di non validità.

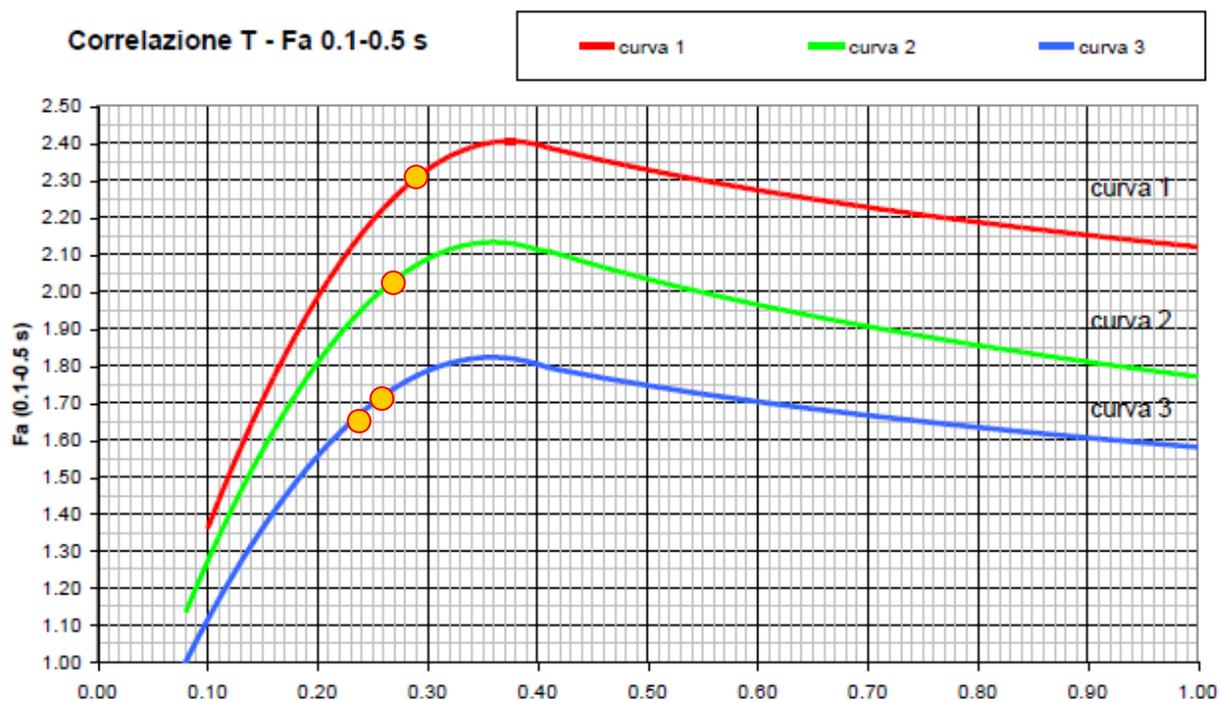
Per l'utilizzo del corrispondente abaco (riportato in Figura 45), viene posto, come vincolo, che il primo strato abbia almeno 4 m di spessore ed una velocità  $> 200$  m/s. Se tale condizione non fosse soddisfatta è necessario calcolare la media pesata almeno dei primi 4 metri di terreno tenendo in dovute considerazioni gli spessori parziali con le rispettive velocità delle onde di taglio.

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs media dei primi 4 m (m/sec)	Valore approssimato per l'abaco (m/sec)	CURVA
0,00	210	200	1-ROSSA
-1,00	254	250	2-VERDE
-2.00	320	300	3-BLU
-3.00	435	450	3-BLU

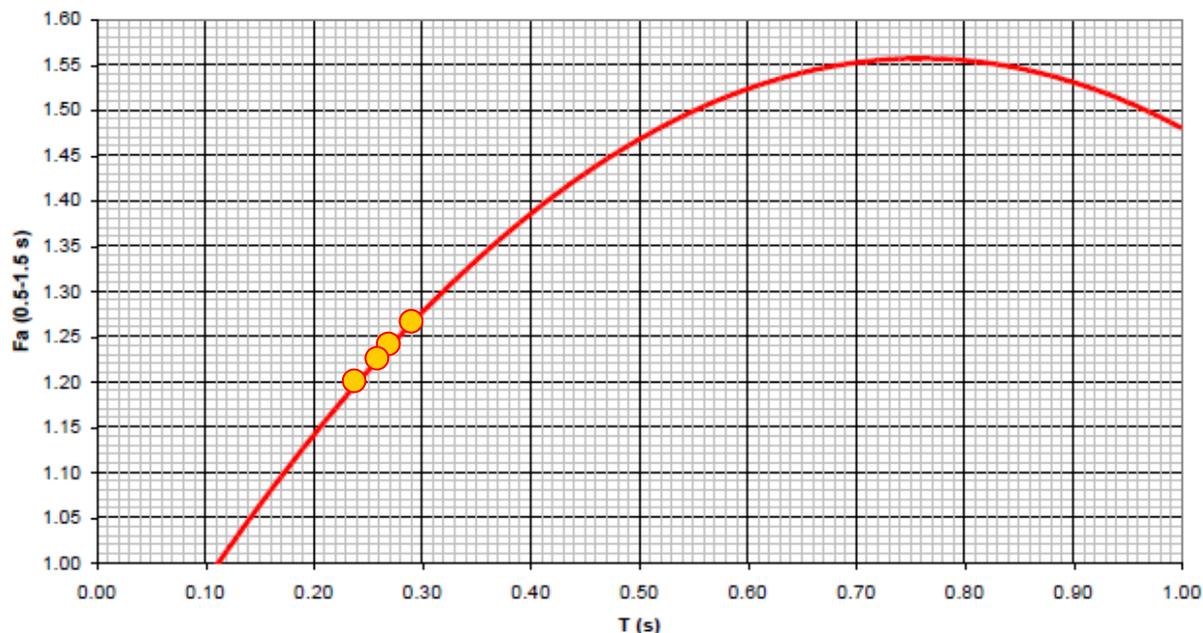
Tabella 18



Figura 45 - Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di Fa, grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità



**Figura 46 – Diagramma di riferimento per la litologia limoso-sabbiosa tipo 2 per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)**



**Figura 47 – Diagramma di riferimento per la litologia limoso-sabbiosa tipo 2 per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)**

Mediante le seguenti formule, per edifici bassi :

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

E per edifici alti:

$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

si perviene ai seguenti risultati (Tabella ):

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)
0,00	461	0.29	2.30	1.26
-1,00	488	0.27	2.03	1.24
-2,00	517	0.26	1.71	1.22
-3,00	550	0.24	1.67	1.19

COMUNE DI VERGIATE	
Valore di soglia – Suolo Categoria B	1.4
Valore di soglia – Suolo Categoria B	1.7

Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Fa del sito (= 1.67-2.30) > Fa di soglia (= 1.4)
Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)	Fa del sito (= 1.19-1.26 < Fa di soglia (= 1.7)

**Tabella 19**

Nel caso del superamento di **Fa** calcolato rispetto al valore di soglia, la normativa regionale vigente prevede all'All. 5 "punto 2.2.2 Effetti litologici" due possibilità:

- il passaggio allo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore e, nel caso il valore fosse ancora superiore alla soglia, il passaggio alla categoria ulteriormente superiore;
- studio di terzo livello.

Nel nostro caso il valore di Fa calcolato risulta essere, per gli edifici bassi, (considerando una variabilità di 0,1) superiore al valore di Fa di riferimento per la categoria del suolo B pertanto, in accordo con quanto riportato nella normativa, si può passare alla categoria di suolo superiore C che ha un valore di Fa di soglia pari a 1,8. In questo caso risultano verificate le profondità dal p.c. di -2 e -3 m.

Per quanto riguarda la quota del piano campagna e a - 1 m., si deve passare necessariamente alla categoria di suolo "D".

Per quanto riguarda gli edifici alti, il valore di Fa riscontrato per categorie di suoli di tipo B è conforme con i valori indicati dalla normativa.

La seguente tabella riassume quindi i risultati dell'ambito di trasformazione AT 12:

#### AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT 12

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.1-0.5 s (edifici bassi)	Categoria di suolo di riferimento
0,00	461	0.29	2.30	D
-1,00	488	0.27	2.03	D
-2.00	517	0.26	1.71	C
-3.00	550	0.24	1.67	C

Quota di riferimento profondità dal p.c. (metri)	Vs	T (sec)	Fa 0.5-1.5 s (edifici alti)	Categoria di suolo di riferimento
0,00	398	0.28	1.26	B
-1,00	433	0.26	1.24	B
-2.00	459	0.25	1.22	B
-3.00	475	0.23	1.19	B

Tabella 20

