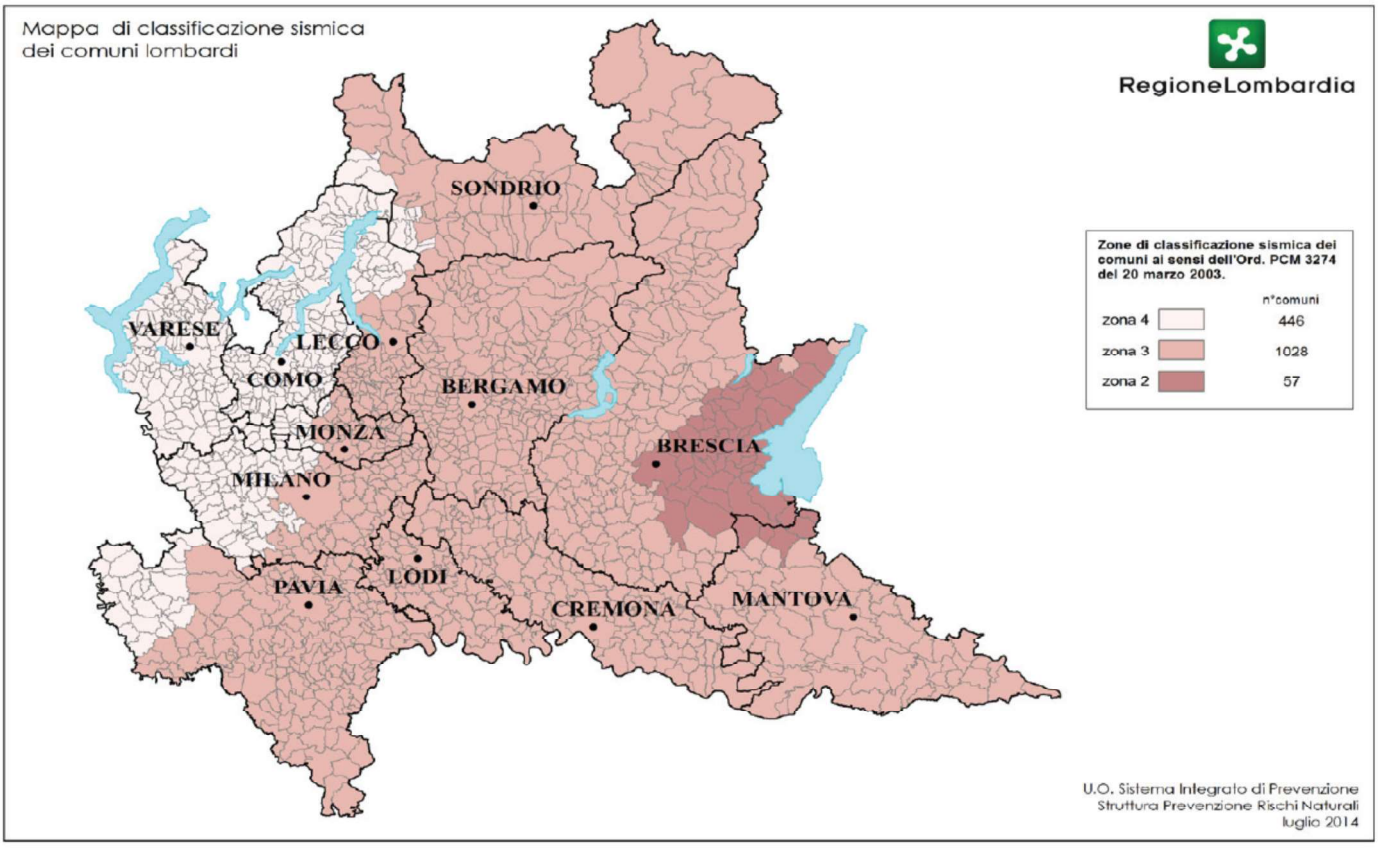
7. ASPETTI SISMICI

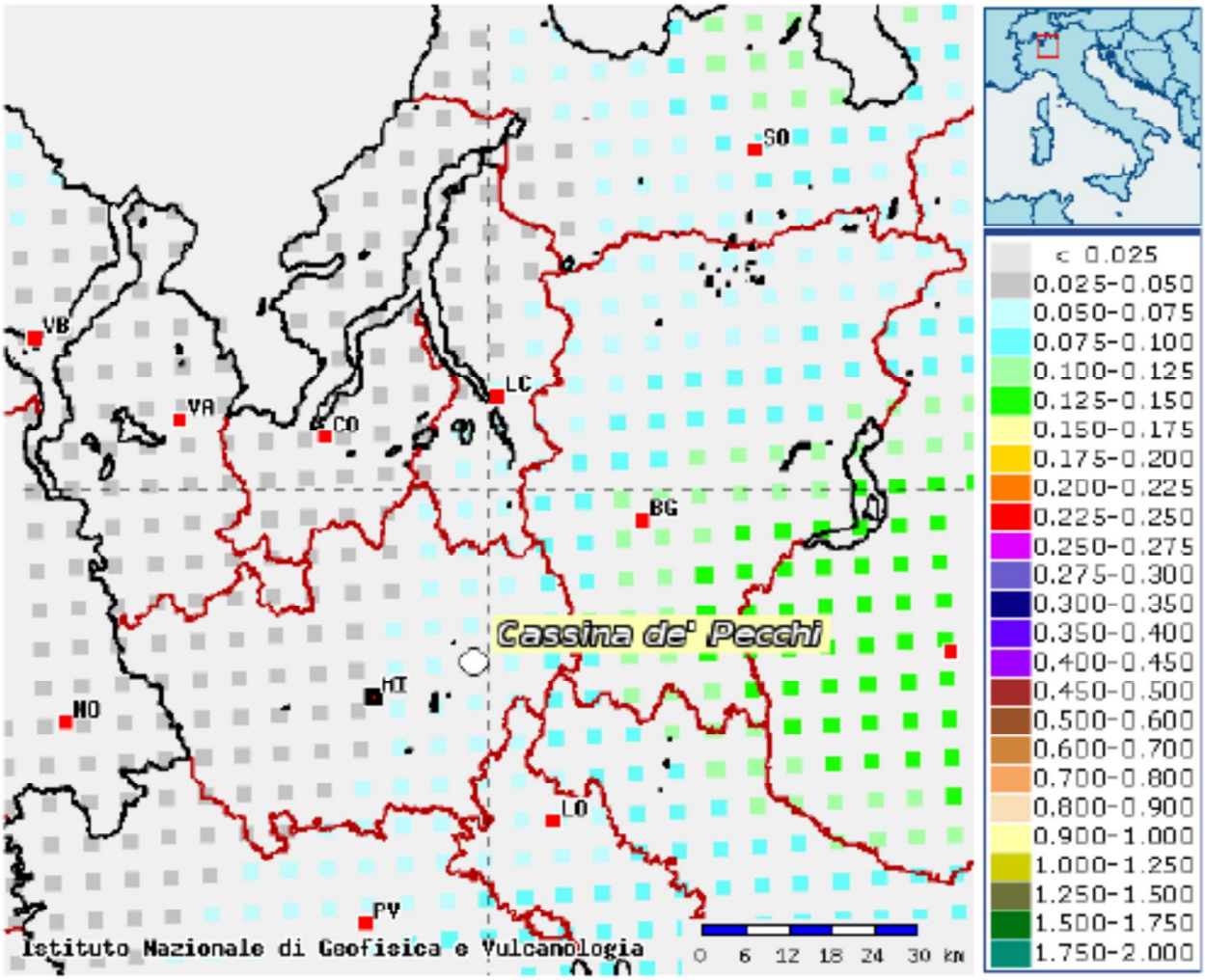
Il Comune di Cassina De' Pecchi rientra nella media pianura milanese, caratterizzata da litologie appartenenti al cosiddetto "Livello fondamentale della Pianura", ossia da depositi fluvio-glaciali ed alluvionale che vanno a costituire una estesa ed uniforme pianura compresa tra i terrazzi alluvionali della Fiume Ticino ad Ovest e del Fiume Adda ad Est, la cui continuità risulta essere interrotta da alvei di dimensioni minori quali, ad esempio, i Fiumi Lambro ed Olona, e da una fitta rete di paleoalvei in parte oramai cancellati dai processi di urbanizzazione.

7.1 ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI

L'O.P.C.M. 20/03/2003, n°3274: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", riporta all'interno dell'Allegato I la classificazione sismica dei comuni italiani. Le diverse zone sono state individuate secondo l'analisi dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Sono state pertanto individuate 4 zone sismiche il cui livello di pericolosità decresce progressivamente a partire dalla classe 1. Ai sensi di tale documento, il Comune di Cassina De Pecchi veniva collocato all'interno della **Zona Sismica** 4, ma diventata **3 in base al D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) – pubblicato nella Serie Ordinaria n. 29 - Mercoledì 16 luglio 2014.**

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03015060	MI	CASSINA DE PECCHI	3	0,068374





La pericolosità sismica riguarda, il concetto di amplificazione locale del fenomeno (effetti di sito), cioè dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie che dipendono, in sostanza, dalla diversa rigidezza del sottosuolo in funzione delle proprietà dei terreni, e dalle pendenze nel caso di pendii (amplificazione topografica), e la cui valutazione é possibile attraverso studi di risposta sismica locale. Laddove non si disponga di studi di tal tipo si può far riferimento alla classificazione dei terreni proposta dalla suddetta normativa, che definisce le differenti categorie di depositi in funzione della stima della velocita media delle onde sismiche di taglio (Vs) degli strati di terreno dei primi 30 metri di sottosuolo (Vs,30), nonché del numero medio di Nspt ottenuti in una prova penetrometrica standard nei terreni prevalentemente a grana grossa o, ancora, della coesione non drenata Cu nei terreni prevalentemente a grana fine. Le differenti categorie di profilo stratigrafico che si possono cosi definire sono riassunte nella seguente tabella:

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT,30}$ (colpi/30 cm)	$c_{u,30}$ (kPa)
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.*	> 800	-	-
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 $v_{s,30}$ 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).*	360 - 800	> 50	> 250
C	*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 da valori di $v_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15<N_{SPT}<50 nei terreni a grana grossa e 70<c_u<250 kPa nei terreni a grana fina).*	180 - 360	15 - 50	70 – 250
D	*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 da valori di $v_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero N_{SPT}<15 nei terreni a grana grossa e c_u<70 kPa nei terreni a grana fina).*	< 180	< 15	< 70
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $v_{s,30}$>800 m/s).*			
S1	*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 spesso almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche.*	< 100	-	10 – 20
S2	*Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.*			

La Regione Lombardia con la pubblicazione del 19-01-2006 della D.G.R. del 22/12/2005 n. 8/1566 e con la D.G.R. del 28/05/2008 n.8/7374 ha formalizzato le nuove procedure per la valutazione dello scenario e del rischio sismico. La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno "Studio pilota" redatto dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria strutturale, reso disponibile sul SIT regionale; la procedura prevede tre livelli di approfondimento della situazione reale esistente. I primi due sono obbligatori in fase di pianificazione, mentre il terzo e obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Lo studio individua per ciascuna categoria di appartenenza dei terreni diversi scenari sismici, individuati qualitativamente attraverso un'analisi di valutazione della pericolosità sismica locale di 1° livello, riassunti nella Tabella seguente:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

7.1.2 ANALISI DI PRIMO LIVELLO

Il primo livello è di carattere qualitativo e permette di individuare delle zone dove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica possono essere facilmente prevedibili. Questo perché sono ben note le condizioni geologiche del contorno e del sottosuolo dell'area di indagine. Dalla tabella precedentemente riportata e possibile inquadrare l'area di Cassina De' Pecchi come area con sigla "Z4a", identificata come "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi; gli effetti previsti sono dati da amplificazioni litologiche e geometriche. L'acquisizione dei dati ottenuti dalle prove geofisiche eseguite e dai dati stratigrafici relativi ai pozzi pubblici ha permesso di valutare l'amplificazione sismica locale secondo la metodologia riportata nell'allegato 5 della D.G.R. 22/12/05 n.8/1566 e della D.G.R. del 28/05/2008 n.8/7374. Nei comuni classificati come Zona sismica 4, come nel caso Cassina De' Pecchi, la normativa regionale prevede l'applicazione dei livelli successivi al 1° secondo lo schema seguente:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	*Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili*	- *Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;* - *Nelle zone PSL Z1e Z2.*
Zona sismica 4	obbligatorio	*Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)*	- *Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;* - *Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.*

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Una volta identificato lo scenario di pericolosità sismica locale Per le zone Z4a viene identificata una classe di pericolosità sismica "H2 – livello di approfondimento 2°".

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CASSE DI PERICOLOSITÀ SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

Classi di pericolosità per ogni scenario di pericolosità sismica locale

7.1.3 ANALISI DI SECONDO LIVELLO

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (anche a quelle litologiche Z4). Per la zona sismica 4, come nel caso in esame, il 2° livello risulta obbligatorio in fase pianificatoria nelle zone a pericolosità sismica locale Z4 solo per gli edifici strategici e rilevati di nuova previsione ricadenti nell'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n.19904/03. La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), valore che si riferisce agli intervalli di periodo (T) tra 0,1-0,5s e 0,5-1,5s. I due intervalli di periodo sono stati scelti in funzione delle tipologie edilizie presenti sul territorio lombardo. Tipologie caratterizzate da edifici fino a 5 piani, regolari e rigidi (primo intervallo) e da edifici con strutture alte e flessibili a più di 5 piani (secondo intervallo). Per le aree ricadenti in zona Z4a la procedura semplificata per lo studio degli effetti litologici richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- Litologia prevalente
- Stratigrafia del sito
- Andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s
- Spessore e velocita di ciascun strato
- Analisi granulometriche, prove SPT, parametri indice dei terreni, ecc.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento; attualmente sono disponibili:

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

Una volta individuata la scheda di riferimento e necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di Vs inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2. Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di Vs con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte. All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocita Vs

dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito T1. Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione e calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocita Vs e uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

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

Dove hi e Vsi sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello.

Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente. La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s. Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito. La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di } 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata. Nel caso il valore di Vs dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del Fa in quanto l'amplificazione litologica attesa e nulla (Fa=1.0).

Si possono presentare quindi le due seguenti situazioni:

- il valore di Fa e inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa e da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);
- il valore di Fa e superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa é insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi e necessario effettuare analisi più approfondite.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente tabella:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

7.1.4 DATI GEOFISICI (Vs)

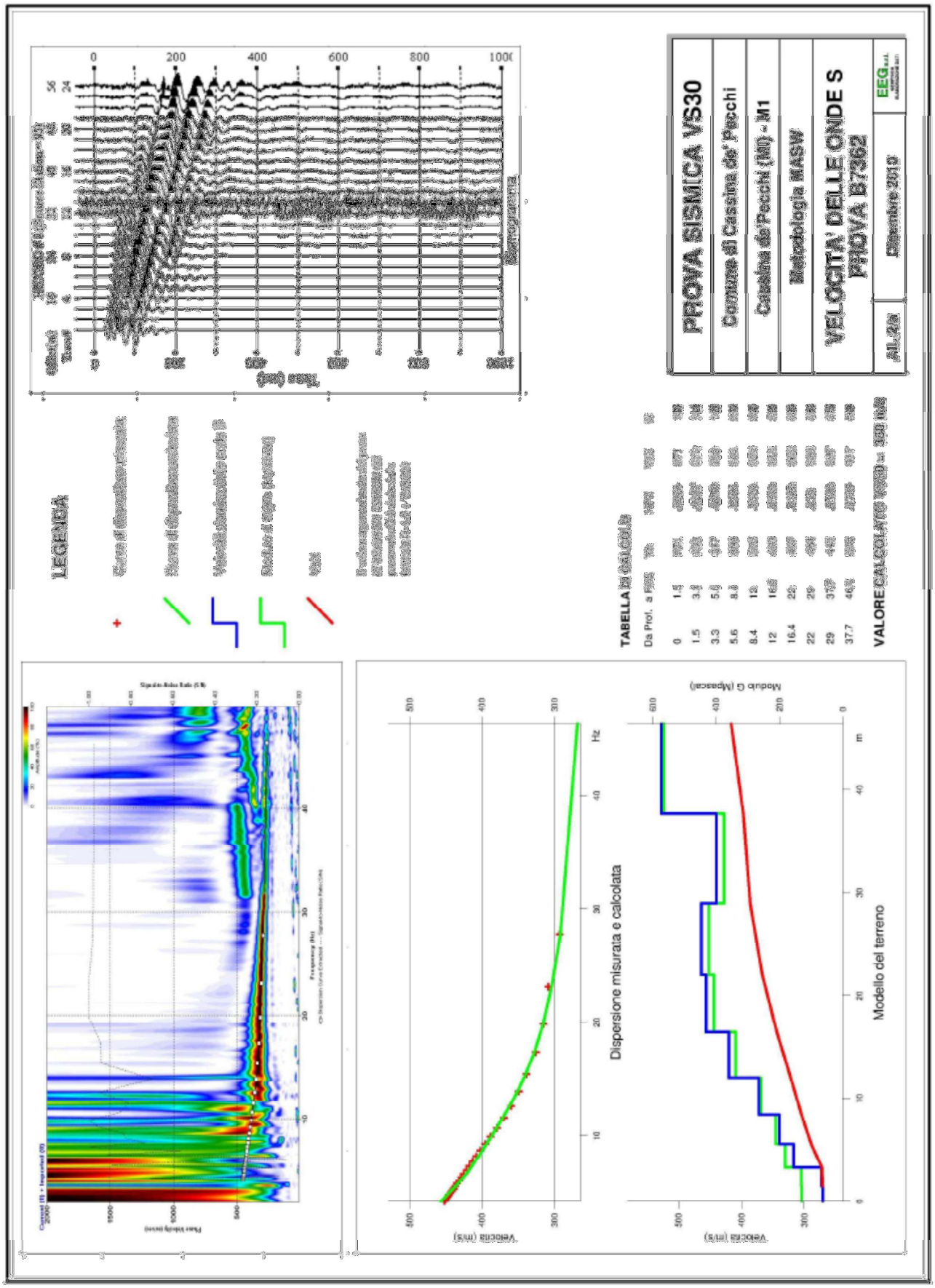
L'andamento delle Vs (VELOCITA' DELLE ONDE S) con la profondità è stato ottenuto tramite la realizzazione di n.3 prove geofisiche con la metodologia MASW. Il metodo MASW è basato sul tempo necessario perché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte. La strumentazione utilizzata, fornita dalla Soc. EEG di Sesto Calende (VA), si compone di:

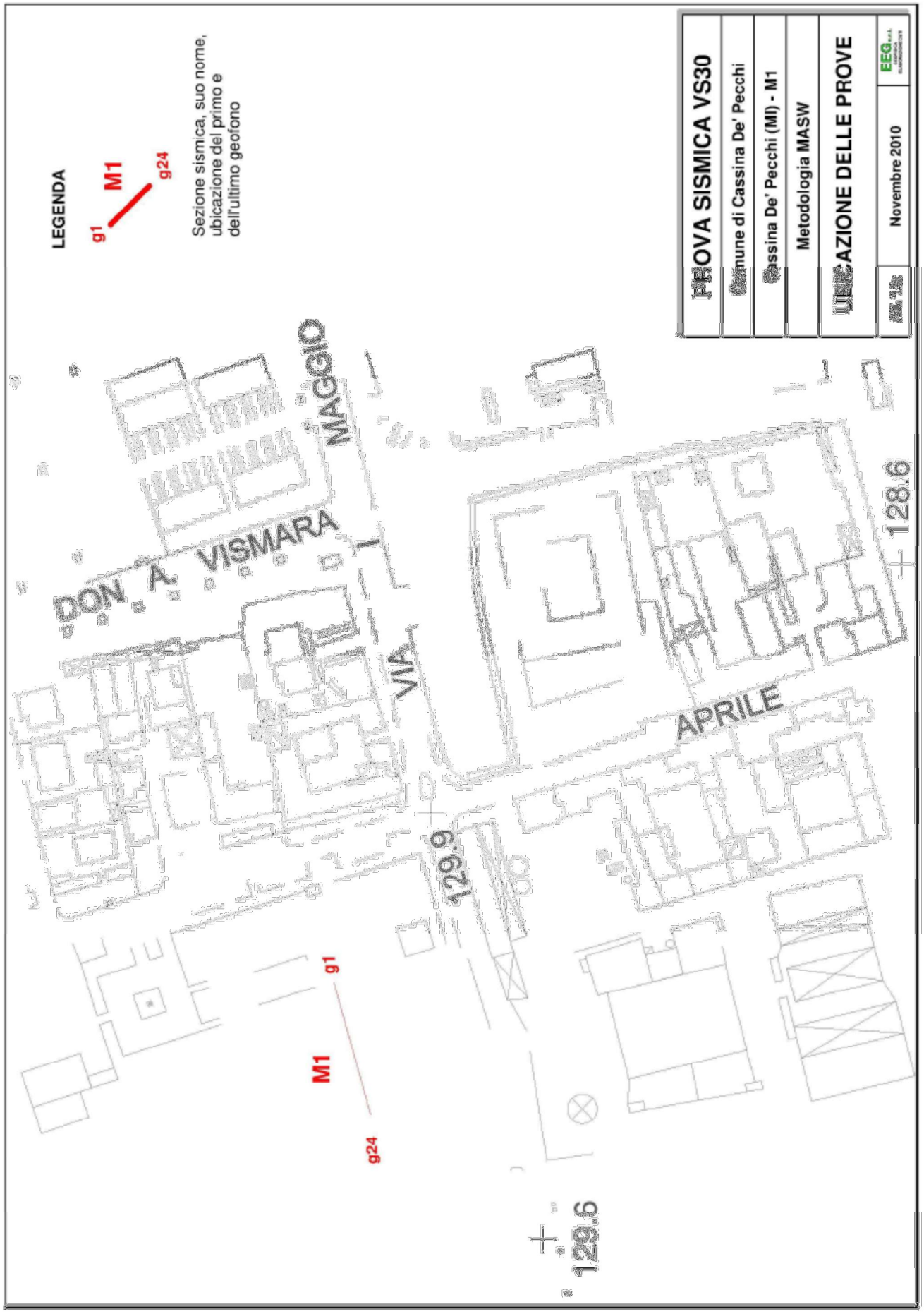
- Unità di acquisizione dati: Come unità di acquisizione dei dati e stato utilizzato un sismografo EEG BR24 a 24 canali, consistente in una strumentazione elettronica multicanale, a bassissimo rumore interno, ad alta velocita di campionamento, dotata di supporto magnetico per la registrazione dei dati ottenuti dopo opportuna amplificazione filtraggio e conversione analogico/digitale, per la registrazione simultanea degli impulsi sismici rilevati dai geofoni.
- Apparato di ricezione: Per registrare le vibrazioni del terreno sono stati utilizzati 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile a bassa frequenza (4.5 Hz), che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno; questi ricevitori sono stati collegati al sismografo tramite appositi cavi multipolari.
- Apparato di energizzazione: Per generare le onde sismiche e stato utilizzato un apposito "fucile" sismico; l'impulso di sparo viene trasmesso immediatamente al sismografo attraverso il geofono starter, per consentire una registrazione sincronizzata al tempo 0.

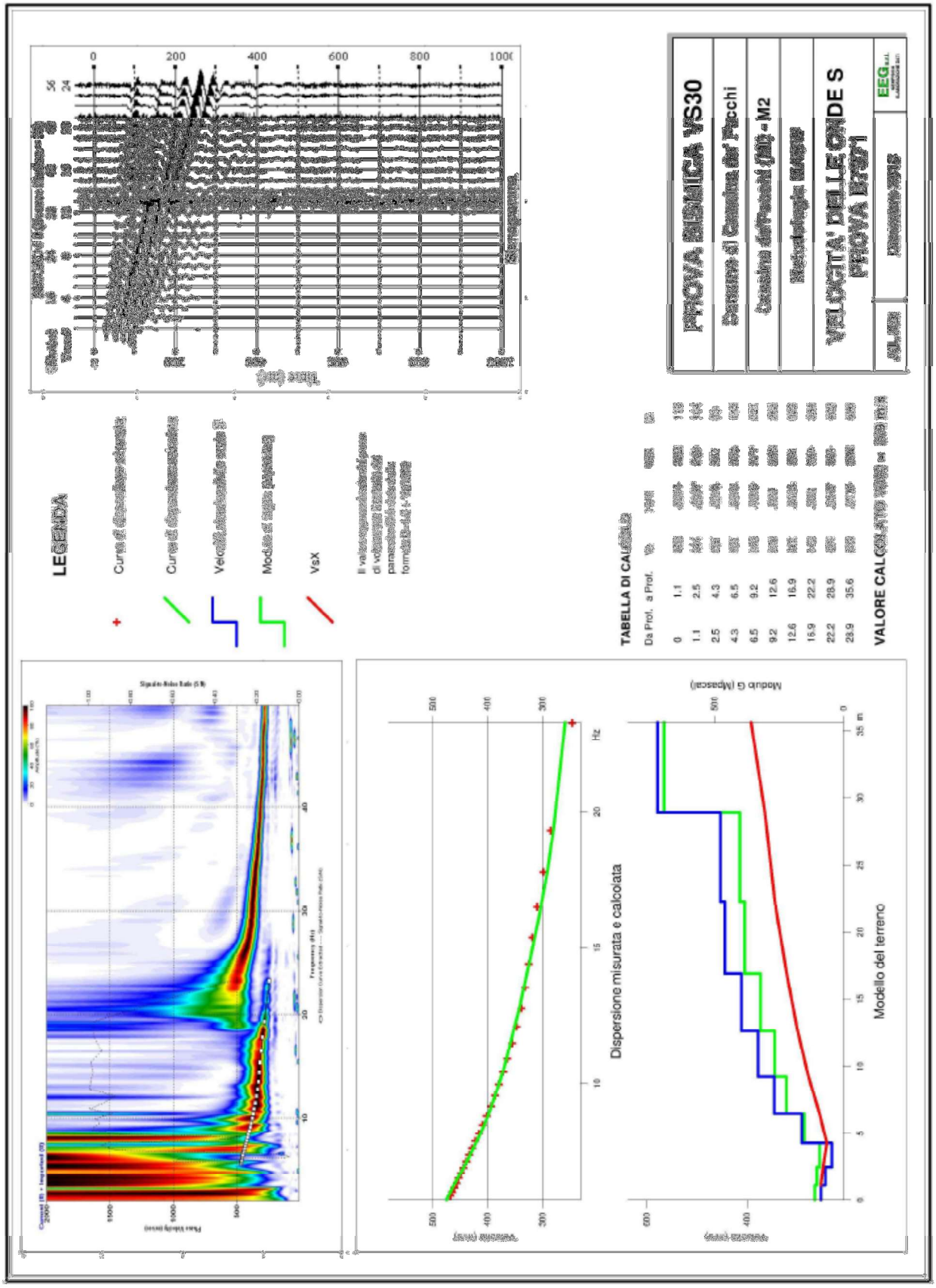
La base sismica e stata costituita da uno stendimento formato da un cavo multipolare cui sono stati collegati 24 geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz) intervallati tra loro di 2 metri, per una linea complessiva di 46 m. I 3 stendimenti sismici realizzati secondo le modalità riportate in precedenza hanno dato i seguenti risultati:

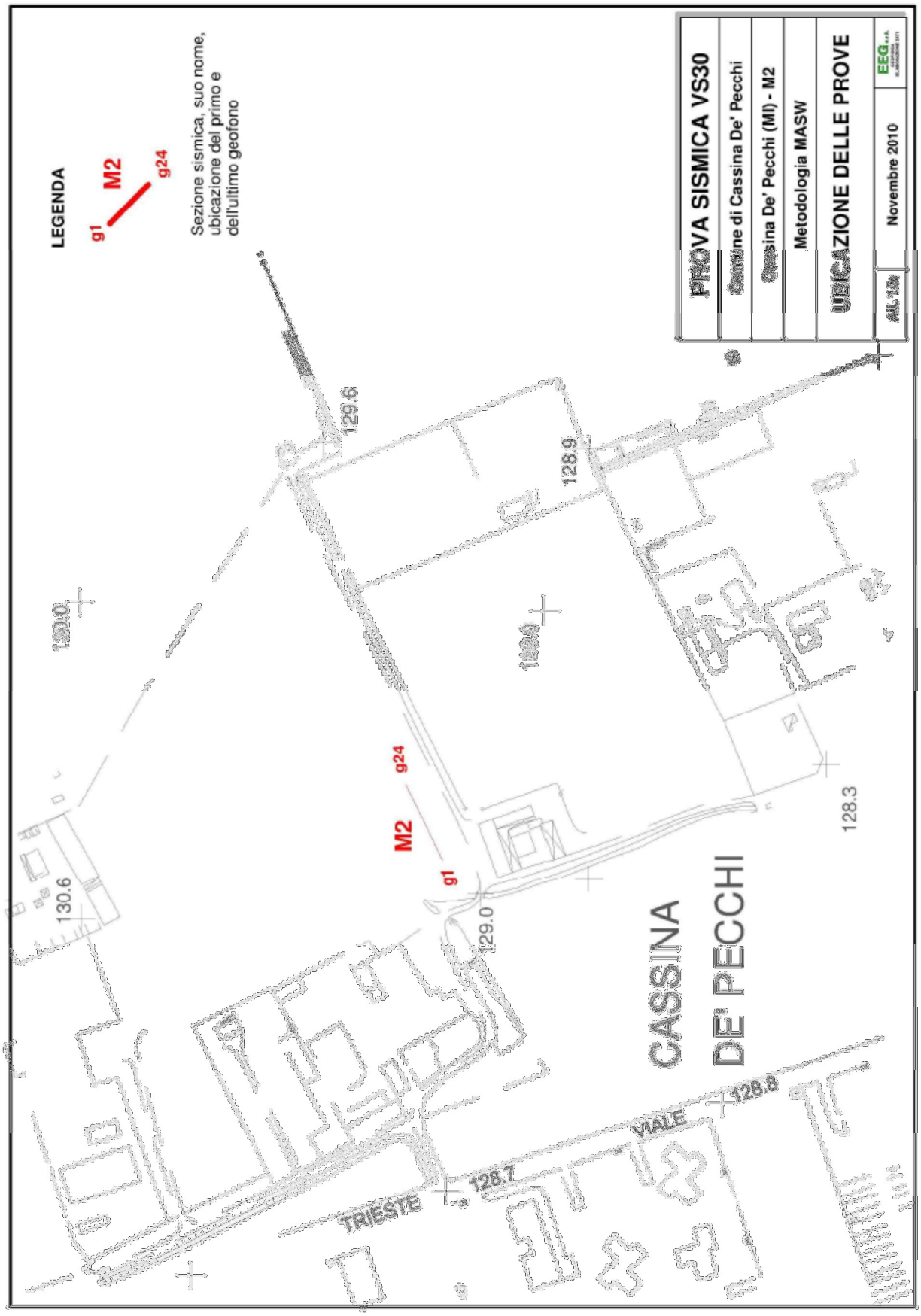
Prova MASW	V_s30 (m/s)
Prova M1	**388**
Prova M2	**369**
Prova M3	**330**

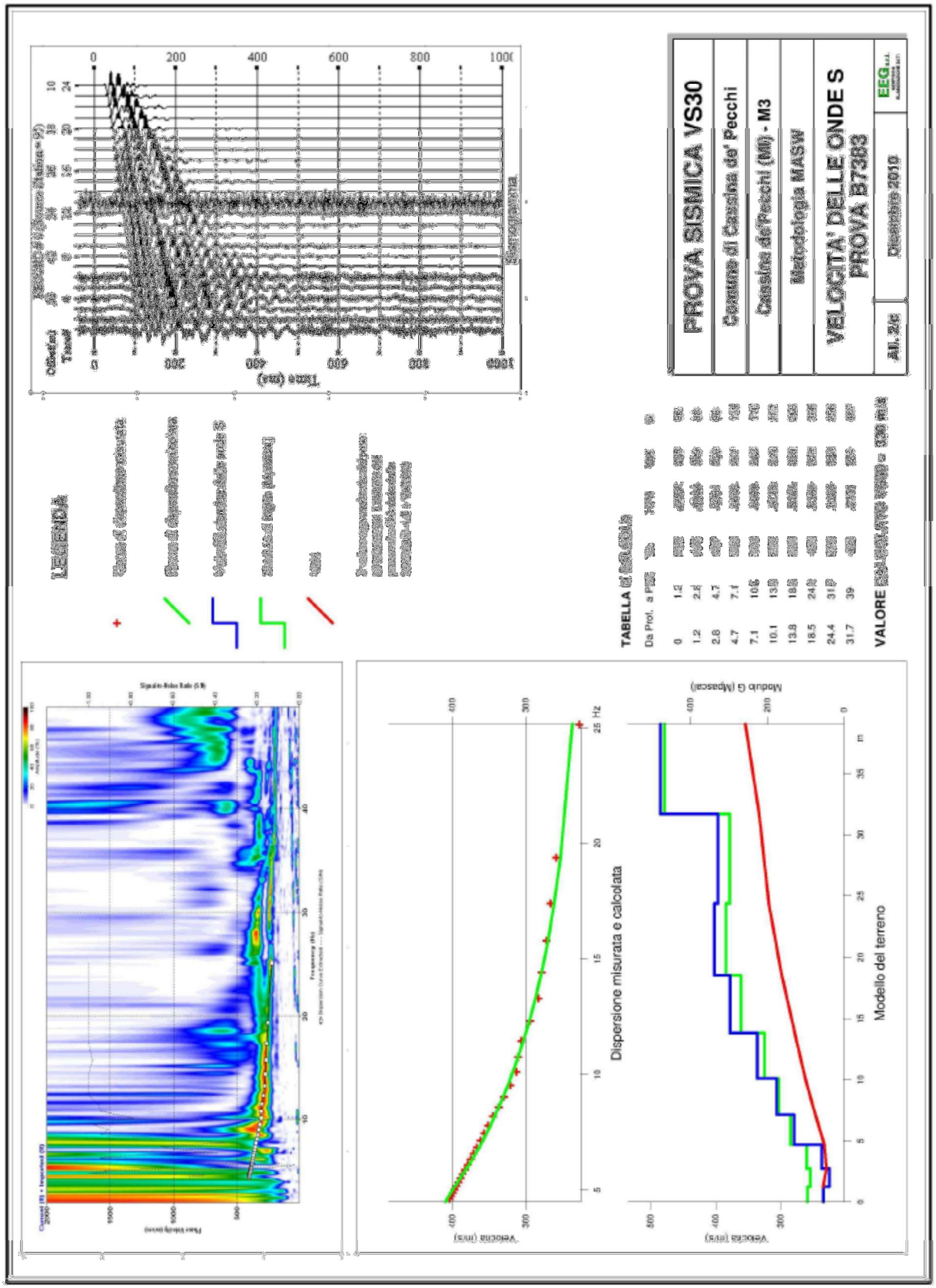
In riferimento alla tabella sopra si assegna un grado di attendibilità alto; i profili sismici ottenuti (andamento delle Vs con la profondità) e l'ubicazione delle indagini vengono riportati di seguito.

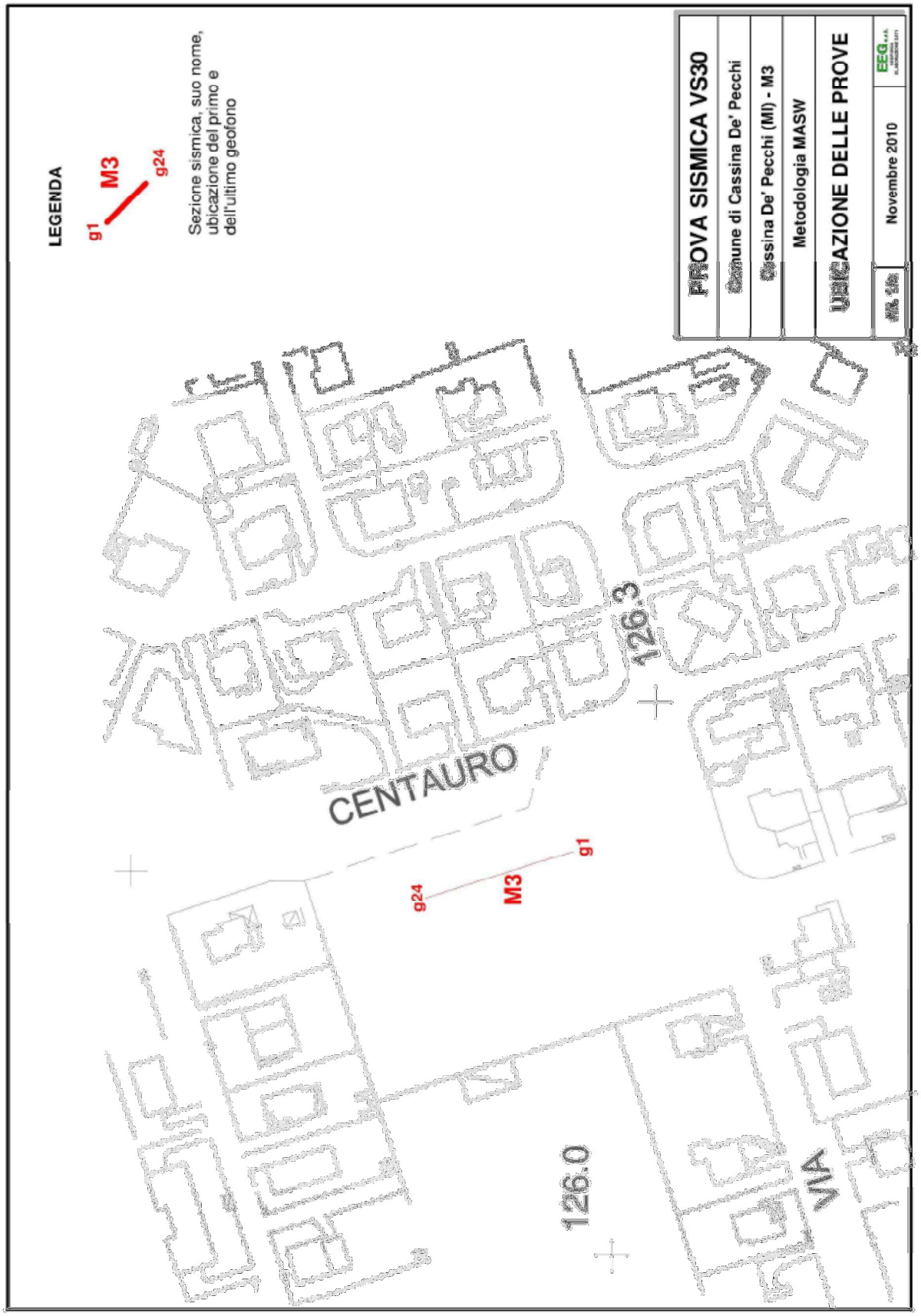

PROVA SISMICA VS30
Comune di Cassina de' Pecchi
Cassina de'Pecchi (MI) - M1
Metodologia MASW
VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA B7362
AL-2/a
Dicembre 2019
EEG
LEGENDA
TABELLA
Da Prof. a
VALORE
Dispersione misurata e calcolata
Modello del terreno
Velocità (m/s)
Modulo G (Mpascal)
Hz
m


LEGENDA
g1
M1
g24
Sezione sismica, suo nome, ubicazione del primo e dell'ultimo geofono
PROVA SISMICA VS30
Comune di Cassina De' Pecchi
Cassina De' Pecchi (MI) - M1
Metodologia MASW
UBICAZIONE DELLE PROVE
Novembre 2010
EEG
DON A. VISMARA
MAGGIO
VIA
APRILE
129.9
128.6
129.6
g1
M1
g24


PROVA SISMICA VS30
Comune di Cassina de' Pecchi
Cassina dei Pecchi (MI) - M2
VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA Bredi
EEG
LEGENDA
VsX
TABELLA DI CALCOLO
Da Prof. a Prof. Vs
0 1.1
1.1 2.5
2.5 4.3
4.3 6.5
6.5 9.2
9.2 12.6
12.6 16.9
16.9 22.2
22.2 28.9
28.9 35.6
VALORE CALCOLATO
Dispersione misurata e calcolata
Modello del terreno
Modulo G (kPascal)
Hz


LEGENDA
g1
M2
g24
Sezione sismica, suo nome, ubicazione del primo e dell'ultimo geofono
PROVA SISMICA VS30
Comune di Cassina De' Pecchi
Cassina De' Pecchi (MI) - M2
Metodologia MASW
UBICAZIONE DELLE PROVE
Novembre 2010
EEG
129.6
128.9
130.0
130.6
129.0
128.3
128.8
128.7
TRIESTE
VIALE
CASSINA
DE' PECCHI


PROVA SISMICA VS30
Comune di Cassina de' Pecchi
Cassina de'Pecchi (MI) - M3
Metodologia MASW
VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA B7383
All. 2/6
Dicembre 2019
EEG
LEGENDA
TABELLA DI CALCOLO
Da Prof. a
VALORE
Tempo (ms)
Dispersione misurata e calcolata
Modello del terreno
Velocità (m/s)
Modulo G (kPascal)


LEGENDA
g1
M3
g24
Sezione sismica, suo nome, ubicazione del primo e dell'ultimo geofono
PROVA SISMICA VS30
Comune di Cassina De' Pecchi
Cassina De' Pecchi (MI) - M3
Metodologia MASW
UBICAZIONE DELLE PROVE
Novembre 2010
EEG
CENTAURO
126.3
126.0
VIA

7.2.1 RISULTATI ANALISI

Nelle tabelle seguenti si riporta l'andamento delle Vs con la profondità in corrispondenza delle prove eseguite:

Prova 1:

Strato	H_1	H_2	H_i	Vs_i	H_i*Vs_i
1	0	1.5	1.5	271	406.5
2	1.5	3.3	1.8	273	491.4
3	3.3	5.6	2.3	317	729.1
4	5.6	8.4	2.8	339	949.2
5	8.4	12	3.6	372	1339.2
6	12	16.4	4.4	420	1848
7	16.4	22	5.6	457	2559.2
8	22	29	7	464	3248

Periodo T calcolato: 0.29

Prova 2:

Strato	H_1	H_2	H_i	Vs_i	H_i*Vs_i
1	0	1.1	1.1	253	278.3
2	1.1	2.5	1.4	244	341.6
3	2.5	4.3	1.8	231	415.8
4	4.3	6.5	2.2	291	640.2
5	6.5	9.2	2.7	346	934.2
6	9.2	12.6	3.4	378	1285.2
7	12.6	16.9	4.3	411	1767.3
8	16.9	22.2	5.3	445	2358.5
9	22.2	28.9	6.7	454	3041.8
10	28.9	35.6	6.7	579	3879.3

Periodo T calcolato: 0.34

Prova 3

Strato	H_1	H_2	H_i	Vs_i	H_i*Vs_i
1	0	1.2	1.2	235	282
2	1.2	2.8	1.6	225	360
3	2.8	4.7	1.9	237	450.3
4	4.7	7.1	2.4	280	672
5	7.1	10.1	3	306	918
6	10.1	13.8	3.7	336	1243.2
7	13.8	18.5	4.7	378	1776.6
8	18.5	24.4	5.9	402	2371.8
9	24.4	31.7	7.3	396	2890.8

Periodo T calcolato: 0.37

7.2.2 DATI LITOLOGICI E STRATIGRAFICI

Per la definizione della categoria di suolo secondo l'OPCM n.3274 del 20/03/2003 si fa riferimento alle stratigrafie dei pozzi pubblici ed ai dati stratigrafici derivanti dai sondaggi esistenti. La categoria di suolo individuata, secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. n.3274, è la seguente:

- **Categoria di suolo "B"** - Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica Nspt>50, o coesione non drenata cu>250 kPa). Si potrà assumere pertanto, per la componente orizzontale dell'azione sismica (come fattore che considera il profilo stratigrafico del terreno) il valore S=1,25. La scelta delle schede di riferimento da utilizzare per l'analisi di 2° livello è stata effettuata verificando la validità sulla base dell'andamento delle Vs con la profondità. Si è individuata per le prove eseguite la seguente scheda di riferimento:

RegioneLombardia
Territorio e Urbanistica

ALLEGATO 5

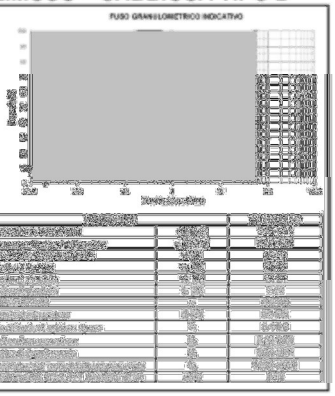
EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

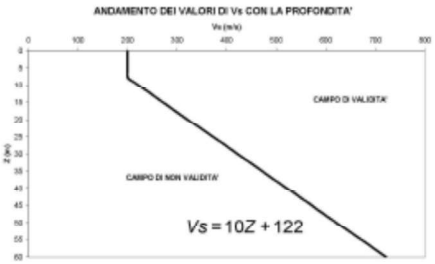
PARAMETRI INDICATIVI

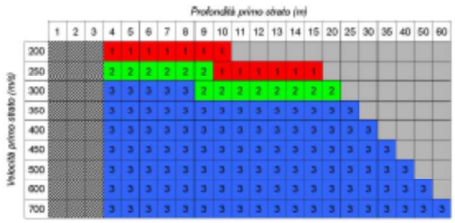
GRANULOMETRIA:
Da limi con sabbia debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbiosi argillosi passando per limi con sabbia, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi sopratutto globali o calcio con limi debolmente argillosi

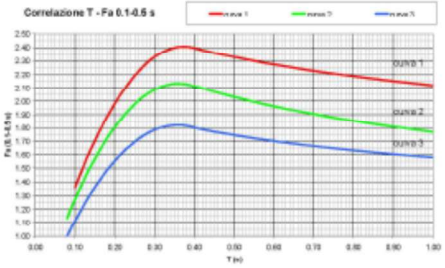
NOTE:
Comportamento coesivo
Presenza limosa ad un massimo del 15%
Presenza di strati lenticolari con D_{max} < 2-3 cm
Presenza globulare fino ad un massimo del 15%
Presenza sabbiosa fino ad un massimo del 45%
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

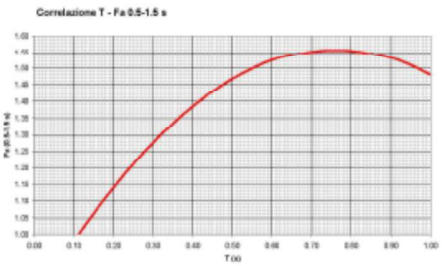
FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO











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

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

I valori di T (Periodo proprio del sito) ottenuti sono i seguenti:

- prova 1: T = 0.29 s
- prova 2: T = 0.34 s
- prova 3: T = 0.37 s

Applicando le relative formule sono stati ottenuti i seguenti valori di Fa:

Prova	Periodo proprio del sito	Periodo	F_a
M1	0.29	0.1-0.5	2.07
		0.5-1.5	1.26
M2	0.34	0.1-0.5	2.13
		0.5-1.5	1.32
M3	0.37	0.1-0.5	2.13
		0.5-1.5	1.35

I valori di Fa per i due intervalli calcolati con la scheda vanno confrontati con i valori di soglia previsti per il tipo litologico B (O.P.C.M. n.3274) riportati di seguito. I valori di soglia per il comune di Cassina De Pecchi (contenuti nella banca dati del sito web della Regione Lombardia) sono i seguenti:

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Cassina De Pecchi	4	1.4	1.9	2.2	2.0

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Cassina De Pecchi	4	1.7	2.4	4.2	3.1


PROVA SISMICA VS30
PROVA SISMICA VS30
PROVA SISMICA VS30

Analisi della pericolosità sismica locale

Analisi di primo livello

Z4a = identificata come "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi; gli effetti previsti sono dati da amplificazioni litologiche e geometriche

Categoria di suolo "B" - Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica Nspt>50, o coesione non drenata cu>250 kPa).

Analisi di secondo livello

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (anche a quelle litologiche Z4). Per la zona sismica 4, come nel caso in esame, il 2° livello risulta obbligatorio in fase pianificatoria nelle zone a pericolosità sismica locale Z4 solo per gli edifici strategici e rilevati di nuova previsione ricadenti nell'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n.19904/03.
La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), valore che si riferisce agli intervalli di periodo (T) tra 0,1-0,5s e 0,5-1,5s. I due intervalli di periodo sono stati scelti in funzione delle tipologie edilizie presenti sul territorio lombardo. Tipologie caratterizzate da edifici fino a 5 piani, regolari e rigidi (primo intervallo) e da edifici con strutture alte e flessibili a più di 5 piani (secondo intervallo

Valori di Fa ottenuti

Prova	Periodo proprio del sito	Periodo	F_a
M1	0.29	0.1-0.5	2.07
		0.5-1.5	1.26
M2	0.34	0.1-0.5	2.13
		0.5-1.5	1.32
M3	0.37	0.1-0.5	2.13
		0.5-1.5	1.35

I valori di Fa per i due intervalli calcolati vanno confrontati con i valori di soglia previsti per il tipo litologico B (O.P.C.M. n.3274) riportati di seguito.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s

		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Cassina De Pecchi	4	1.4	1.9	2.2	2.0

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s

		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Cassina De Pecchi	4	1.7	2.4	4.2	3.1

In particolare valgono le seguenti considerazioni:
a) per l'intervallo di periodo (T) 0.1-0.5s, e cioè per edifici fino a 5 piani, risulta Fa superiore
b) al valore di soglia corrispondente (1,4). Pertanto la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, anziché lo spettro della categoria di suolo B dovrà essere utilizzato quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D.
c) per l'intervallo di periodo (T) 0.5-1.5s, e cioè per edifici con più di 5 piani, risulta Fa inferiore al valore di soglia corrispondente (1,7). In questo caso la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.

Prove sismiche VS30 - Metodologia MASW