

TAV. F219

COORDINATE UTM

Est: 640260

Nord: 939120

UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

SCALA 1:50'000

1 Km



OGGETTO

PROGETTO DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA  
PRIVATA AI SENSI DELL'ARTICOLO 25 L.R. 47/78.

LOCALITÀ

CÀ VALENTINI — SALVATERRA—VIA SAN LORENZO

COMUNE

CASALGRANDE

COMMITTENTE

IMMAC S.R.L.  
(MESSORI IDEMMO IVANO - BARBIERI FRANCA)



COGEO STUDIO GEOLOGICO

Dott. Cocchetti Marcello - Dott. Cocchetti Pier Luigi  
Via Giardini Sud n° 127 - 41026 Pavullo nel Frignano (MODENA)  
TEL. 0536/324537 - FAX. 1782200007 - E-MAIL cogeo@tiscali.it



# Geotecnica Sismica

(CONFORME AI PUNTI 6.1, 6.2, 6.3 DELL'ALLEGATO B.2.1 DEL BURETT N° 153)





## INDICE

1. RELAZIONE GEOLOGICA (punto 6.1, allegato B.2.1 del BURET n°153)
  - 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO
  - 1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO
  - 1.3 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA
  - 1.4 CONOSCENZE GEOLOGICHE E GEOTECNICHE
  - 1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI NOMINALI
2. CLASSIFICAZIONE SISMICA (punto 6.3, allegato B.2.1 del BURET n°153)
  - 2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA (DM 14/01/2008)
  - 2.1.1 Classificazione del Suolo in base alle Vs30
  - 2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 14/01/2008)
  - 2.3 MICROZONAZIONE SISMICA DAL RER 112/2007
3. RELAZIONE GEOTECNICA (punto 6.2, allegato B.2.1 del BURET n°153)
  - 3.1 PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO
  - 3.2 ANALISI DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE
  - 3.3 STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO
  - 3.4 QUADRO RIASSUNTIVO
4. CONCLUSIONI

## REFERIMENTI NORMATIVI

Circ. 07/03/08 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.  
DM 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)  
DAL RER 112/2007 (Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica)  
O.P.C.M. n° 3274 del 20 Marzo 2003 (Normativa antisismica)  
D.M.LL.PP. 11/03/1988  
D.M. 21/01/1981  
Circ. LL.PP. n° 21597/81  
Circ. R.E.R. n° 12831  
R.D. 03/12/23 n° 3267 e succ. mod. e integr.  
T.L. 27/06/1985 n° 312

## REFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

-La Geologia del versante Padano dell'Appennino Settentrionale  
Università degli Studi di Modena - Istituto di Geologia  
-Appennino Tosco-Emiliano. Guide Geologiche Regionali.  
A cura della Società Geologica Italiana  
-Schema Introduttivo alla Geologia delle Epiliguridi dell'Appennino Modenese e delle Aree Limitrofe  
Mem.Soc.Geol. It 39 (1987), 215-244, 21 ff.  
-Schema Introduttivo alla Geologia delle Liguridi dell'Appennino Modenese e delle Aree Limitrofe  
Mem.Soc.Geol. It 39 (1987), 91-125, 27 ff.  
-1 Melange dell'Appennino Settentrionale dal T.Tresinaro al T.Sillaro.  
Mem.Soc.Geol. It 39 (1987), 187-214, 19 ff.

ALLEGATO C - Microzonazione Sismica

ALLEGATO B - Registrazioni Sismiche, Spettro Elastico e di Progetto

ALLEGATO A - Prove Penetrometriche Dinamiche

TAV. 10 - Sezione Stratigrafica Tipo dell'area

TAV. 9 - Planimetria con ubicazione Prove Geognostiche

TAV. 8 - Ortofoto con ubicazione indagini geognostiche a scala 1:2000

TAV. 7 - Carta del Rischio Sismico - Livelli di Approfondimento

TAV. 6 - Carta del Rischio Sismico - Effetti Attesi

TAV. 5 - Carta Geologica con Prove Geognostiche

TAV. 4 - Carta Geologica e Litologica CARG a scala 1:10000

TAV. 3 - Morfometria del Versante a scala 1:5000

TAV. 1, 2 - Localizzazione del sito su cartografia CTR

## ALLEGATI

CARTA DEL RISCHIO SISMICO DEL PTCP  
SEZIONE 219020

CARTA GEOLOGICA PROGETTO CARG a Scala 1:10000.  
SEZIONE 219020

CARTA GEOMORFOLOGICA DELLE PIANURA PADANA. Scala 1:100.000.  
Redatta dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica  
Comitato Consultivo del C.U.N. n. 4 "Scienze della Terra".  
Comune di Modena in collaborazione con l'Università di Modena, PRG 1988  
CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE E ISOBATE DEL TETTO  
DEL PRIMO LIVELLO GHIAIOSO. Scala 1:25.000.  
CARTE PRG DEL COMUNE DI CASALGRANDE (1986)  
CARTE VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI CASALGRANDE (1999)

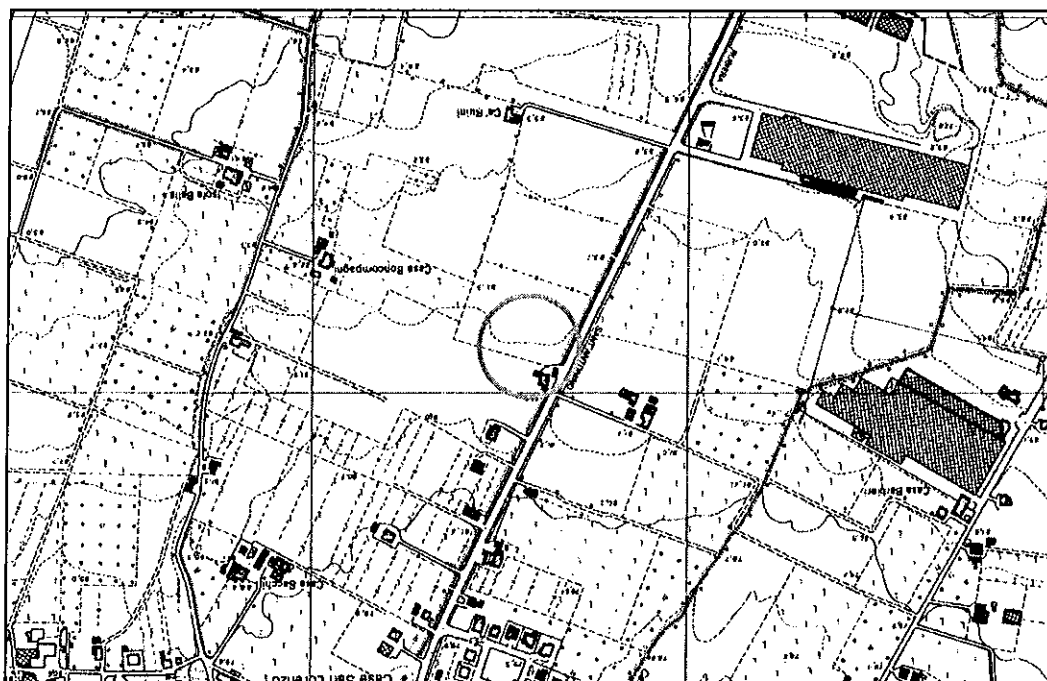
CARTOGRAFIA CTR Scala 1:5000.  
ELEMENTO 219024 "CASE S. LORENZO"

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:10000.  
SEZIONE 219020 "VILLALUNGA"

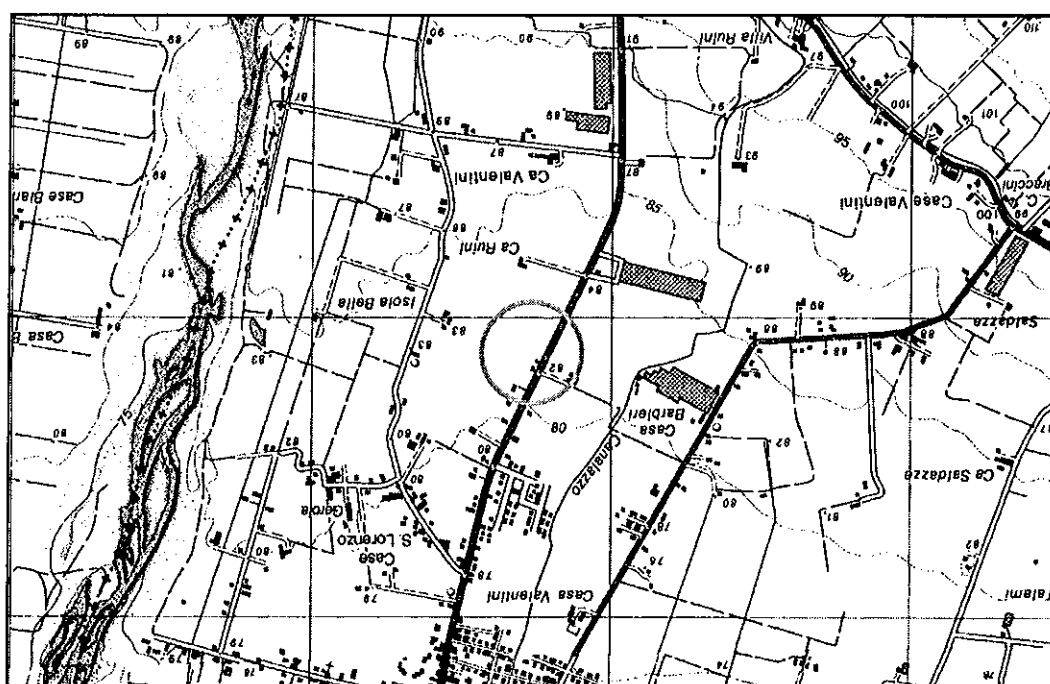
CARTOGRAFIA CTR Scala 1:25000.  
TAVOLA 219-NO

## RIFERIMENTI CARTOGRAFICI



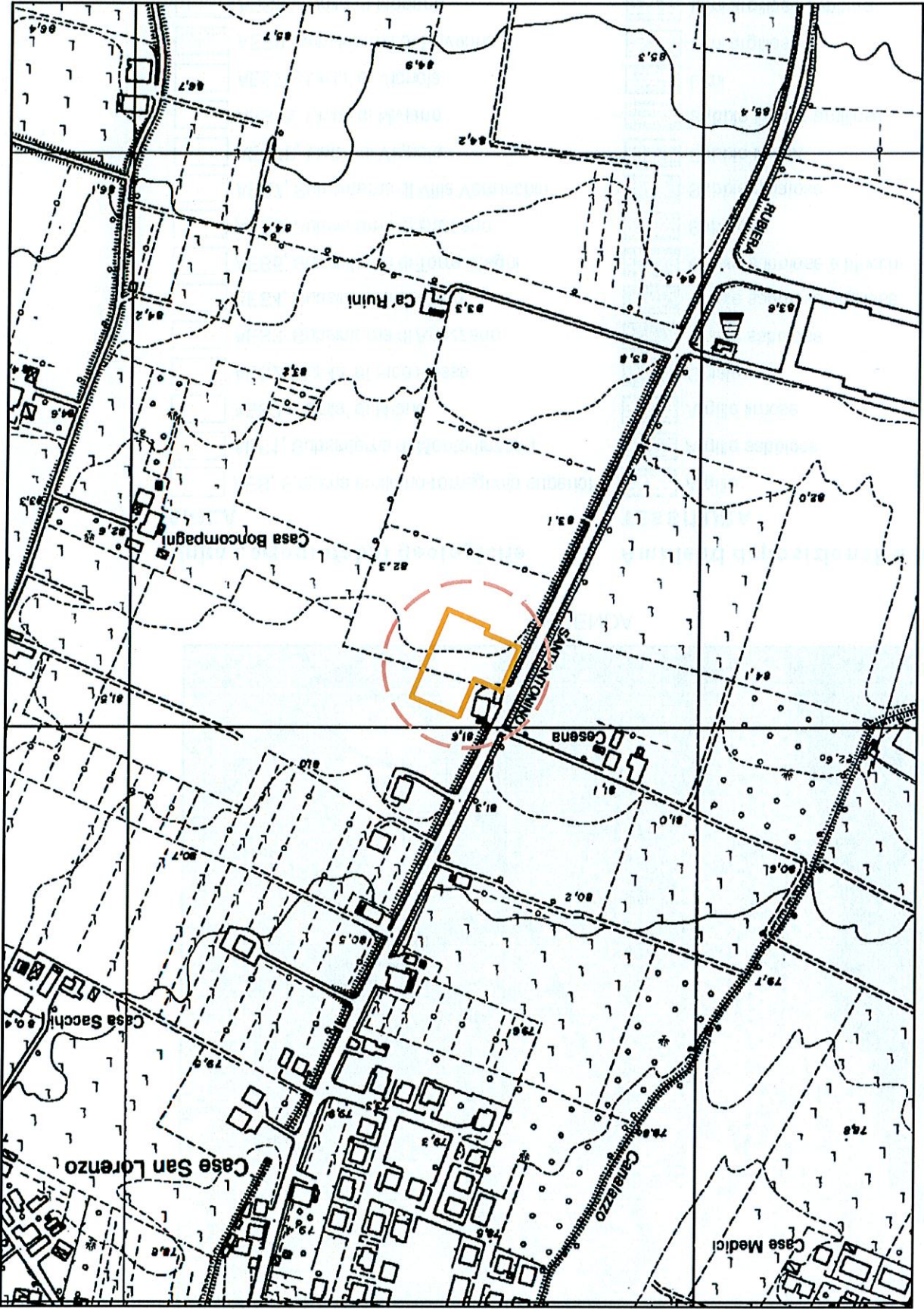


CARTOGRAFIA C.T.R.  
Scala 1:10'000  
SEZIONE 219020  
TAV. 2



CARTOGRAFIA C.T.R.  
Scala 1:25'000  
TAVOLA 219no  
TAV. 1





CARTOGRAFIA C.T.R.  
 Scala 1:5'000  
 ELEMENTO 219024  
 TAV. 3

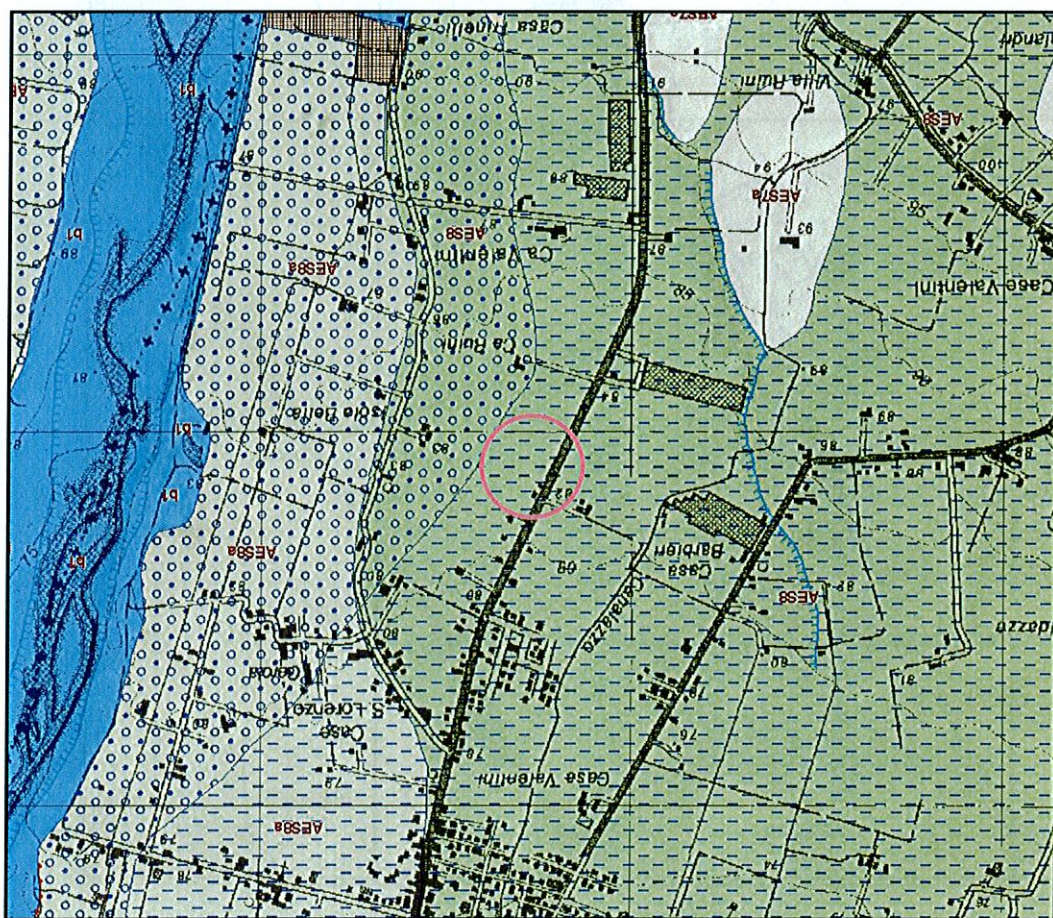




# CARTA GEOLOGICA E LITOLOGICA CARG

Scala 1:25'000

TAV. 4



## LEGENDA

### Unità cartografabili geologiche

### SIGLA

	AES, Sistema emiliano-romagnolo superiore
	AES1, Sottosistema di Monterlinzana
	AES2a, Unità di Milano
	AES2b, Unità di Fico Rosso
	AES3, Sottosistema di Agazzano
	AES4, Sottosistema di Liano
	AES5, Sottosistema di Torre Stagni
	AES6, Sottosistema di Bazzano
	AES7, Sottosistema di Villa Verrucchio
	AES7b, Unità di Vignola
	AES7a, Unità di Niviano
	AES8, Sottosistema di Ravenna
	AES8a, Unità di Modena

### TESSITURA

	Argille
	Argille sabbiose
	Argille limose
	Ghiale
	Ghiale sabbiose
	Ghiale sabbioso argilloso
	Ghiale sabbiose e blocchi
	Sabbie
	Sabbie ghiaiose
	Sabbie limose
	Sabbie limoso argilloso
	Lim.
	Lim. argillosi
	Lim. argilloso sabbiosi
	Lim. sabbiosi

### Ambienti deposizionali e litologie

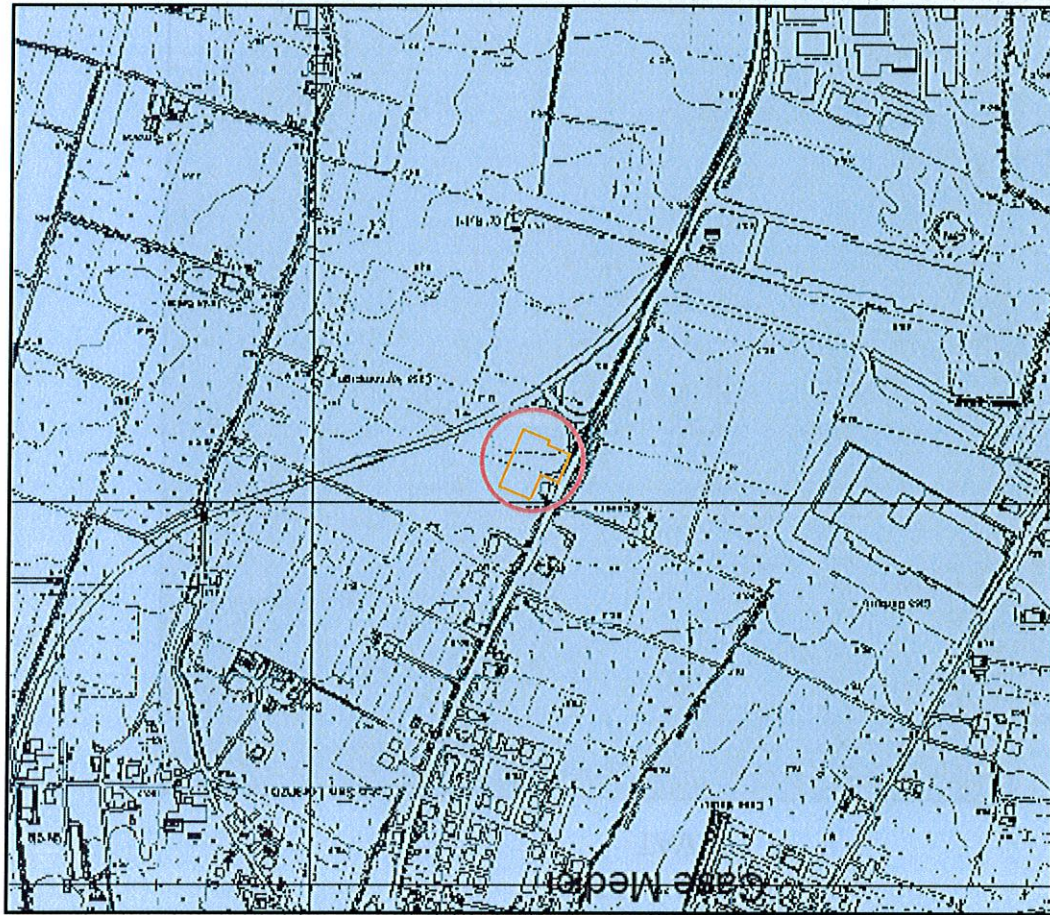




CARTA DEL RISCHIO SISMICO-EFFETTI ATTESI

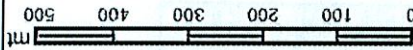
Scala 1:10'000

TAV. 6



PTCP Provincia di Reggio-Emilia  
Aree Suscettibili di effetti locali

Scala 1:10'000



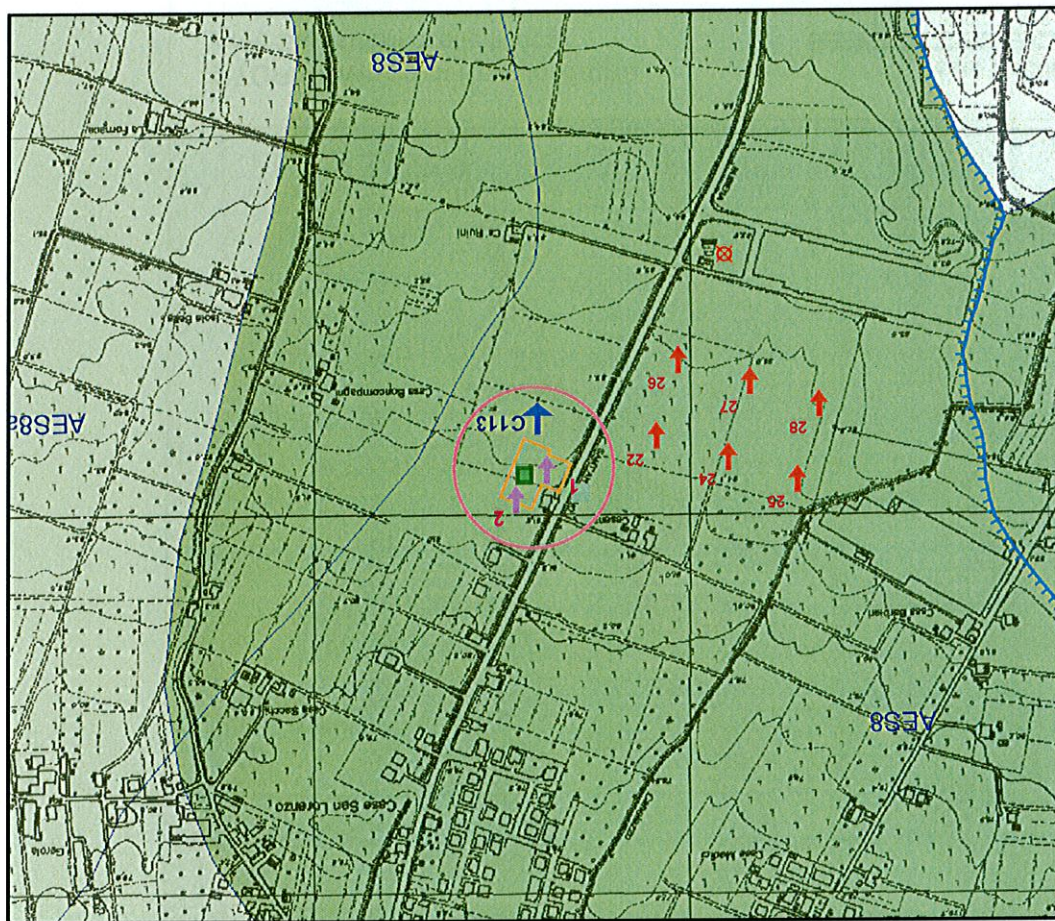
EFFETTI ATTESI		CLASSI			
AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIOUEFAZIONE	
X	X	X			A
X	X				B
X	X				C
X	X				D
X	X				E
X	X				F
X	X				G
X	X				H



# CARTA GEOLOGICA CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:10'000

TAV. 5



## Prove Geognostiche

## Successione neogenico - quaternaria

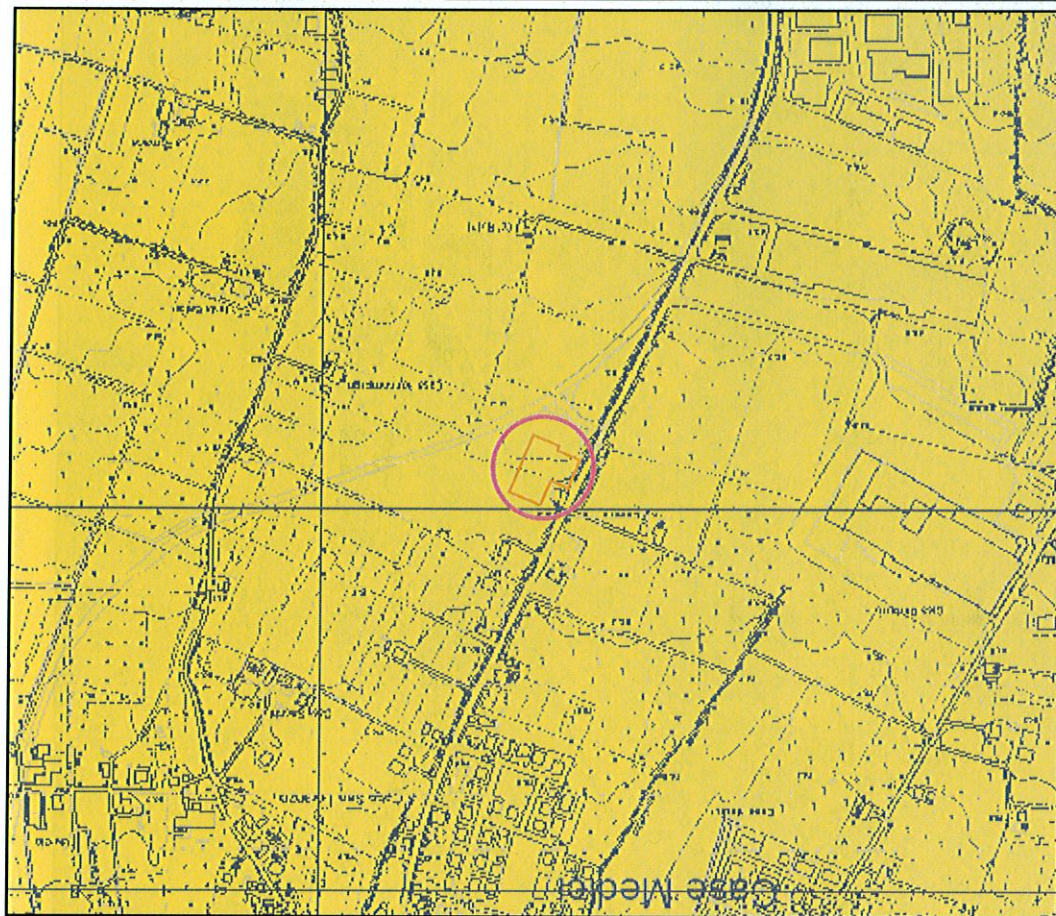




# CARTA DEL RISCHIO SISMICO-LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

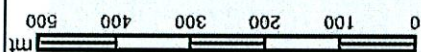
Scala 1:10'000

TAV. 7

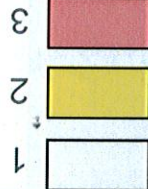


PTCP Provincia di Reggio-Emilia  
Livelli di approfondimento

Scala 1:10'000



LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

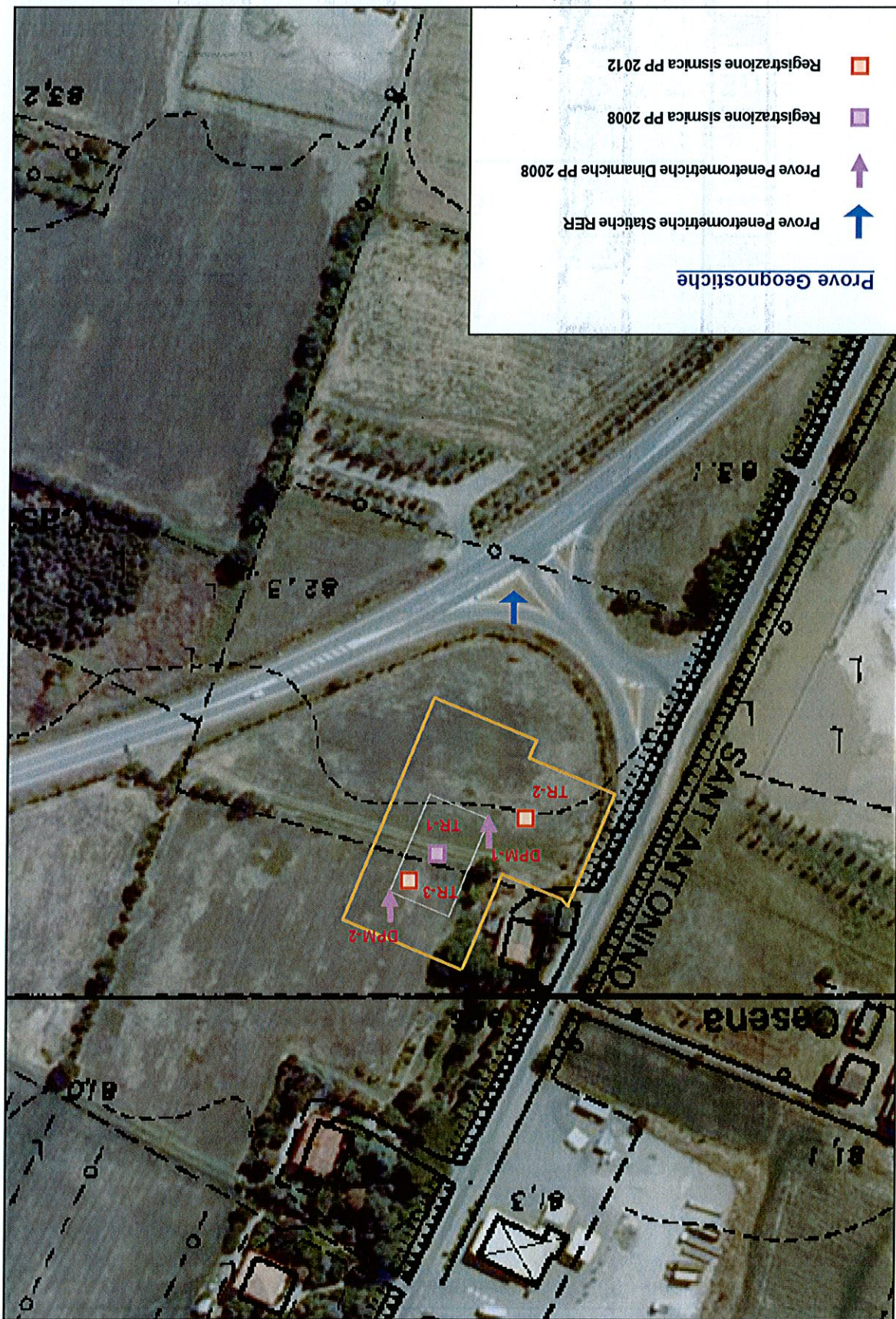




# ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Scala 1:2000

TAV. 8



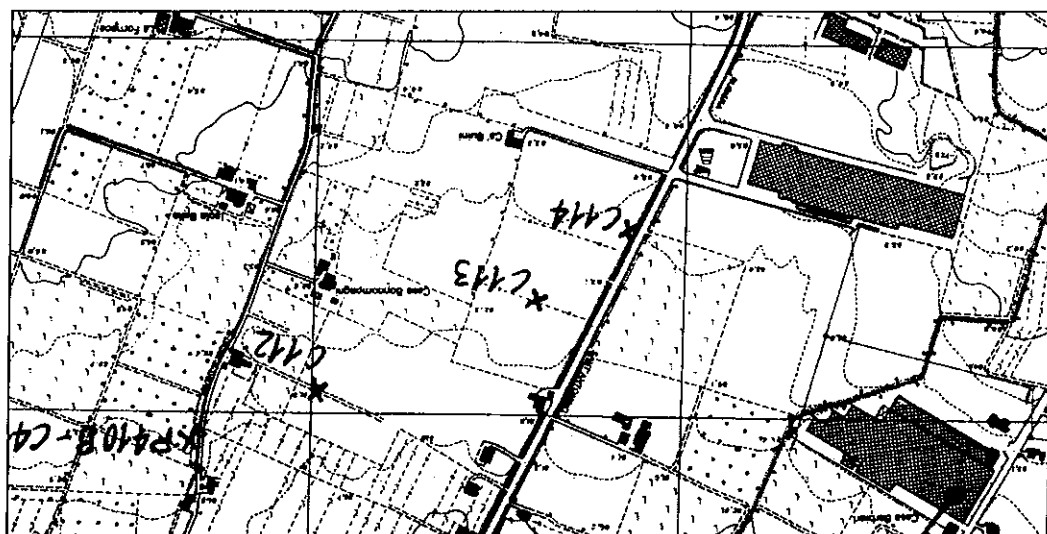




Scala 1:500

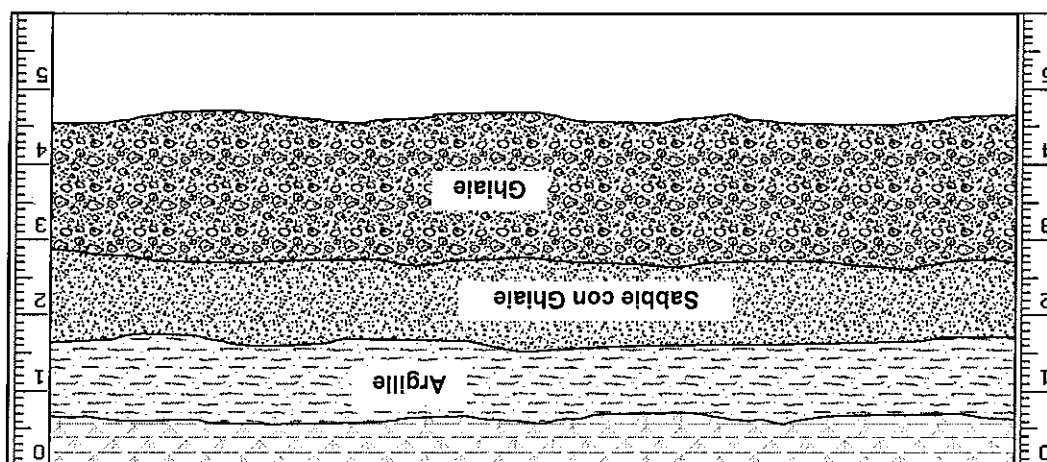
TAV. 9





PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 14

da m. 0.00 a m. 0.60	terreno vegetale
da m. 0.60 a m. 1.60	argille compatte
da m. 1.60 a m. 2.60	sabbie e ghiaie addensate
da m. 2.60 a m. 4.20	ghiaie addensate



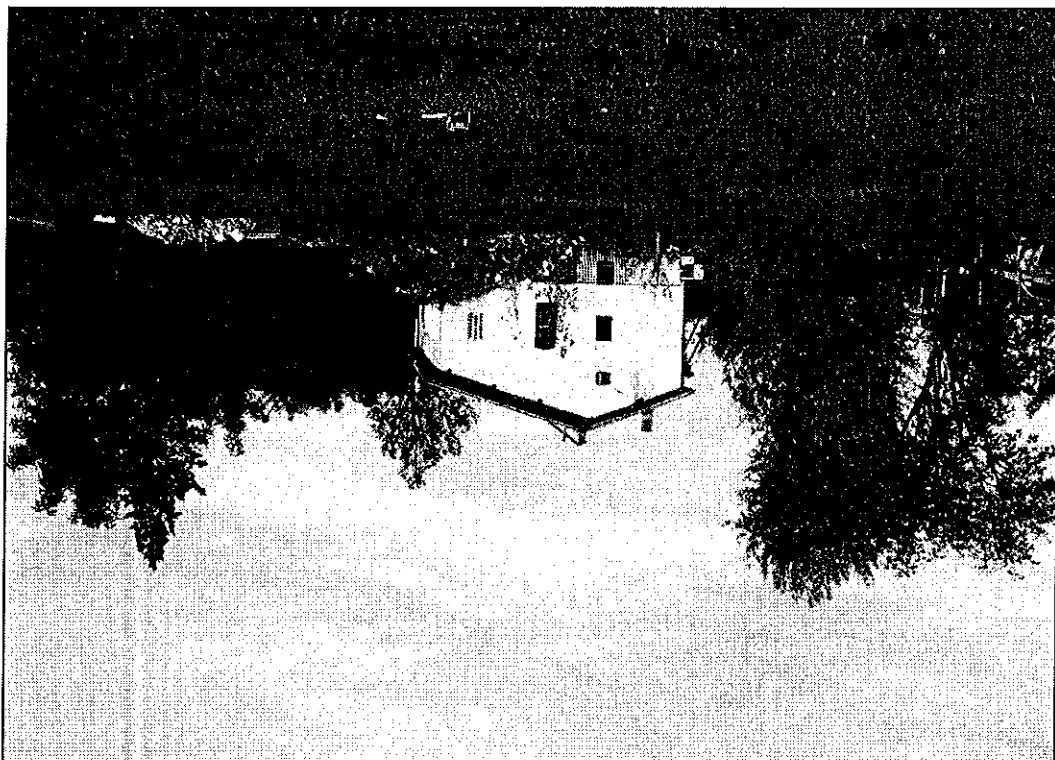
SEZIONE STRATIGRAFICA TIPO  
Scala Z=1:100  
TAV. 10  
(DA PROVA CPT C113 DELLA RER)



**FOTO 2:** Registrazione sismica TR-03. Sullo sfondo facciata Est del fabbricato esistente.



**FOTO 1:** Registrazione sismica TR-02. Sullo sfondo facciata Sud del fabbricato esistente.







L'area oggetto dell'indagine si trova in località *C. Valentini*, nucleo artigianale posto fra *Salva terra* a nord e *Villalunga* a Sud, lungo la strada provinciale n° 51 per *S. Antonino*. Il sito si colloca in area intensamente urbanizzata soprattutto in direzione Nord-Sud, con insediamenti sia abitativi che industriali. Le zone più a Sud (*Villalunga*) e a Nord (*Salva terra*), presentano invece insediamenti non recenti. L'area sub-pianeggiante è posta ad una quota di circa 81/82 m s.l.m., in sinistra idraulica rispetto al *Fiume Secchia*. La morfologia, nell'area indagata e nelle zone circostanti, presenta una superficie debolmente inclinata verso Nord-Est. Lungo le sponde del *Fiume Secchia* è presente una vasta fascia interessata da depositi di conoide. Questa fascia che ha una larghezza, presso il margine collinare, di circa 2-3 Km raggiunge un'ampiezza di circa 5-6 Km alla confluenza del *Torrente Tiepido* con il *F. Secchia*. L'area oggetto di indagine presenta terreni di conoidi alluvionali depositi tra il Neolitico e l'età Romana. Questo vasto conoide ha selezionato dal centro verso l'esterno varie granulometrie: si parte da depositi costituiti in prevalenza da ghiaie e terreni prevalentemente ghiaiosi disposti lungo i terrazzi fluviali più interni, si passa poi alle sabbie e ai terreni prevalentemente sabbiosi fino ad arrivare, nei depositi più esterni, ai terreni prevalentemente limosi ed argillosi. I terreni superficiali, affioranti nell'area studiata, costituiti in massima parte da limi e argille limose, sono riferibili in parte ai depositi di conoide limoso-argillosi più esterni e in parte ai depositi di piana alluvionale. Ancora più all'esterno rispetto alla conoide affiorano i depositi di piana alluvionale a granulometria compresa tra la sabbia e l'argilla con prevalenza di limi. Questi terreni vengono descritti nella *Carta Geologica d'Italia (Sc.I)*:

## 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

### 1. RELAZIONE GEOLOGICA (6.1)



100.000 MODENA) come *Alluvium* medio recente costituito da al-  
luvioni sabbiose con lenti limose, della bassa pianura e basso  
terrazzo ghiaioso-sabbioso, fissato e coltivato lungo i torrenti.

## 1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'area affiorano i terreni quaternari continentali che apparten-  
gono alla successione neogenico-quaternaria del margine appenni-  
nico-padano e sono rappresentati da depositi fluviali, di conoidi e  
di piana alluvionale.

Deposit quaternari continentali

**a1b - Deposito di frana attiva per scioglimento**  
Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o  
roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia,  
relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

**b1 - Deposito alluvionale in evoluzione**  
Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti  
a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico,  
costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa,  
allo sbocco di impluvi e valli secondarie. Sono talora fissati da vegetazione (b1a).

**h - Deposito antropico**

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

**AES8 - Subistema di Ravenna**

Limmi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro  
limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. A tetto  
suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e  
parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Nell'alta pianura  
su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m.  
*Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni).*

**AES8a - Unità di Modena**

Depositi ghiaiosi e fini. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado  
di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo e grigio-giallastro. Cor-  
risponde al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive. Nella pianura ricopre resti  
archeologici di età romana del VI secolo d.C.. Potenza massima di alcuni metri (< 10  
m). *Post-VI secolo d.C.*

**AES7b - Unità di Vignola**

Ghiaie con matrice limo-sabbiosa in prossimità dei torrenti e fiumi principali, passanti  
distalmente e lateralmente a limi e limi sabbiosi. Deposit fluviali intravallivo e di  
conoidi passante lateralmente a interconoidi e distalmente a piana inondabile. Al tetto





suoli decarbonatati con tracce di illuviazione di argilla e fronte di alterazione tra 1,5 e 2 m, orizzonti superficiali di colore da rosso bruno a bruno scuro. Potenza fino a oltre 20 m. *Pleistocene sup. - Olocene basale*

#### **AES7a - Unità di Niviano**

Depositi continentali ghiaioso sabbiosi dei terrazzi intravallivi e di conoidi dei fiumi principali, e limo-sabbiosi dei torrenti minori. Al tetto suoli decarbonatati, a luoghi rubefatti, con fronte di alterazione < 5 metri, orizzonti superficiali con colore variabile a seconda della litologia da rosso bruno a giallo bruno. Contatto inferiore in discontinuità su unità più antiche. Contatto superiore coincidente con la superficie topografica nelle aree intravallive e pedecollinari, sepolto da AES7b e AES8 nell'alta pianura. Potenza affiorante < 10 m o non valutabile. *Pleistocene sup.*

#### **AEI - Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore**

Alteranze di ghiaie limoso-sabbiose e limi; contatto inferiore in discontinuità su FAA attraverso una superficie di discontinuità di importanza regionale. In aree non erose al tetto suoli decarbonatati con fronte di alterazione superiore a 5 m. Potenza affiorante variabile da pochi metri a circa 100. *Pleistocene medio?*

#### **CMZ - Sistema di Costamezzana**

E' costituito grossolanamente da 3 associazioni di facies, sovrapposte ciclicamente e giustapposte, che individuano, nel complesso, un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progrediente verso nord, nord-ovest. 1) Sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alterate a banchi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignificati; depositi prossimali di delta-conoidi. 2) Sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofauna oligotipiche: depositi lagunari. 3) Sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pellici di dimensioni anche metriche. Frequenti anche la stratificazione obliqua a grande scala e le laminazioni trattive. La matrice delle ghiaie è costituita sempre da sabbia medio grossolana: depositi di delta-conoidi ad alta energia fluviale e marina. Il contatto di base è erosivo o netto e discordante su ATS e FAA. Lo spessore complessivo varia da 0 a 400 m circa. *Pleistocene inf.*

#### **FAA - Argille Azzurre**

Peliti debolmente marnose, localmente siliose, grigio-azzurre massive od a stratificazione poco evidente per bioturbazione nella parte inferiore, di ambiente profondo; alternanze pelite - sabbia fine nella parte superiore, di piattaforma. Presenti macrofauna a Gasteropodi e Lamellibranchi, Coralli ecc. Potenza variabile da poche centinaia ad oltre mille metri, non completamente rappresentata in carta. Contatto tettonico con GES; dove preservato, locale contatto inferiore in discordanza angolare su FCO o su APA. *Pliocene inf. - Pleistocene inf.?*

#### **FAA7 - Argille Azzurre - membro di Monte Arnone**

Corpo caotico costituito da breccie a matrice argillosa con materiali di provenienza figure o epiligure, intercalazioni di peliti plioceniche. Potenza variabile da pochi metri a qualche decina di metri. *Pliocene medio - sup.*



### 1.3 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

L'area adiacente il margine collinare è caratterizzata da acquedotti a geometria complessa, con sistemi da monostato a multistato e condizioni di confinamento molto variabili.

Poco a valle dei terrazzamenti pedecollinari corre il limite tra il sistema monostato indifferenziato e/o compartimentato a falda prevalentemente libera, ed il sistema monostato compartimentato a falda in pressione dell'alta e bassa pianura.

I sistemi di falde appartenenti alle alluvioni del *T. Trestinaro* e del *Fiume Secchia* sono caratterizzate da una fascia di interdigitazione caratterizzata da complessi flussi variabili nel tempo tra gli acquiferi confinanti.

Le alluvioni recenti che costituiscono il letto del *Fiume Secchia* sono sede di un sistema di correnti di sub-alveo che visto il rapporto esistente fra le quote di fondo alveo ed il tetto dell'acquifero, vanno ad alimentare la falda stessa fino all'altezza dell'abitato di Rubiera.

Ai fini della edificabilità si vuole sottolineare che in nessuna delle indagini geognostiche eseguite è stato intercettato il livello di falda, ne durante la realizzazione del P.R.G. 1986, né per la variante al PRG del 1999.

Tuttavia nei lavori eseguiti dall'Arpa, è stato riscontrato una buona congruenza tra l'andamento dei livelli di falda e gli abbassamenti del suolo.

Si presenta quindi la necessità, al fine di contenere il livello della subsidenza, di operare un controllo sui prelievi entro il limite di equilibrio della falda.

Il territorio comunale è solcato da una fitta rete di scolatori e di Rii, che generalmente assicurano un buon drenaggio.

Dal punto di vista idrologico, il corpo idraulico di gran lunga più importante è il *Fiume Secchia* che con la sua dinamica ha condizionato e condiziona l'intero territorio comunale.

Per le finalità del presente lavoro, si è voluto verificare l'esistenza di studi e dati recenti che consentissero di valutare il rischio di allagabilità poste immediatamente a ridosso della sponda





sinistra dell'asta fluviale e nella porzione più settentrionale ed altimetricamente depressa del territorio.

Il bacino di alimentazione del *Fiume Secchia* nella zona montana, presenta una superficie di circa 1000 Km<sup>2</sup>.

Il bacino è caratterizzato dall'affioramento di formazioni calcareo-arenacee nella porzione appenninica più elevata, da formazioni flyschoidi, nella porzione di media montagna, e da rocce tipicamente argillose nella porzione mediana e pedepenninica.

La permeabilità del bacino è piuttosto bassa.

Il tratto di interesse, per la relazione con il territorio in oggetto, è rappresentata dalla zona apicale della conoide, che è costituita da alluvioni ghiaiose che si presentano sciolte in corrispondenza del letto fluviale, scarsamente cementate e con lenti limoso argillose nelle fasce che interessano le sponde.

Entro queste alluvioni sono prevalenti gli elementi calcarei e scarsamente rappresentati quelli originati da rocce selciferi ed ofiolitiche.

Dai rilievi geomorfologici eseguiti lungo le sponde ed i terrazzi si rende palese la notevole trasformazione subita dall'alveo nel senso di un abbassamento del profilo dello stesso rispetto al piano campagna. A tal proposito si rimanda per approfondimenti e per i relativi calcoli idraulici alla "Relazione Tecnica sulla sistemazione della sponda sinistra del F. Secchia ..." (Prof. Ing. Amos Paretni - Dott. Geol. Domenico Barani, 1982).

Dai rilievi e dai calcoli riportati nel succitato lavoro, si evince che i dislivelli tra l'alveo di magra ed il piano campagna variano da un minimo di 6.50 m a monte del *Rio Brugnola*, fino ad un massimo di 11.25 m.

La larghezza dell'alveo varia tra i 420 ed i 520 m, con un minimo di circa 300 m. all'altezza di *Salvaferri* dovuta in parte anche ad interventi di origine antropica.

Per quanto attiene agli aspetti più strettamente idraulici, con riferimento alla Relazione Paretni-Barani, ed ai calcoli in essa sviluppati e confrontati con lavori dei Prof. Evangelisti e Poggi (Univ. Bologna Ist. Costr. Idrauliche) e con i ricercatori dell'IDROSER, si assumono per la piena centennale 1600 m<sup>3</sup>/s, mentre





per la piena ordinaria 520 m³/s.  
Per le valutazioni di portata si è assunta la Formula:

$$Q_i = C_i \cdot R_i^{1/6} \cdot A_i \cdot (R_i \cdot I_f)^{1/2}$$

dove:

Q <sub>i</sub>	=	portata in mc./sec.
C <sub>i</sub>	=	coeff. di Strickler
R <sub>i</sub>	=	A <sub>i</sub> /B <sub>i</sub> = raggio idraulico espresso in m.
A <sub>i</sub>	=	area della sezione utile, espressa in m² corrispondente all'altezza h considerata.
B <sub>i</sub>	=	contorno bagnata espresso in mt.
I <sub>f</sub>	=	pendenza media del fondo.

Per il coefficiente "C<sub>i</sub>", data l'uniformità del letto fluviale e le caratteristiche della alluvioni è stato assunto C<sub>i</sub> = 30.

In conclusione dall'esame degli elaborati e dei grafici risulta che i livelli idrometrici corrispondenti alle piene ordinarie e centenarie consentono di definire in sicurezza e non allagabile l'intero territorio comunale e quindi anche l'area in oggetto

La permeabilità dei terreni in situ, per quanto riguarda gli strati più superficiali è da scarsa a nulla.

Le acque di ruscellamento sono agevolmente convogliate in una serie di fossi anonimi, tributari diretti in sinistra idrografica del *Fiume Secchia*.

La collocazione dell'intervento, non turberà in alcun modo il regime delle acque superficiali e/o sotterranee.

Si ribadisce infine che durante l'esecuzione delle prove geognostiche non sono emersi livelli acquiferi.

Si ribadisce infine che durante l'esecuzione delle prove geognostiche non sono emersi livelli acquiferi.



## 1.4. CONOSCENZE GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

### 1.4.1 DATI ESISTENTI

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista litologico, stratigrafico e geotecnico l'area studiata, sono stati presi in considerazione i dati di letteratura, nonché le prove geognostiche e geotecniche effettuate in passato (soprattutto per la redazione del P.R.G. '86 e della variante '99).

Tutte le prove hanno mostrato un comportamento omogeneo e, come vedremo meglio in seguito, concordano con l'individuare uno strato di limi sabbiosi (2.5-3.5 m) su un terrazzo ghiaioso.

### 1.4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI MASSIMA

Trascurando i depositi alluvionali più recenti, il cui affioramento è praticamente limitato ai terrazzi attigui ai corsi d'acqua principali (quindi non edificabili), per le altre unità geologiche individuate nel territorio comunale, è possibile fornire, sulla base dei dati disponibili, le seguenti caratterizzazioni di massima:

#### 1) - Deposit i alluvionali antichi

Sono distribuiti negli estremi settori nord-occidentale del territorio comunale, dove costituiscono una potente coltre limosa argillosa, di consistenza da molle a media, diffusa in tutto il territorio per spessori di svariati metri.

Coesione non drenata $C_u$	->	2	- 10 T/m <sup>2</sup>
Peso di volume saturo $\gamma$	->	1.8	- 2.1 T/m <sup>3</sup>
Modulo di def. edometrica	->	300	- 800 T/m <sup>2</sup>

#### 2) - Deposit i alluvionali Wurmiani

Occupano praticamente tutta la restante parte del territorio comunale, ma nell'ambito dello stesso presentano caratteri litologici e geotecnici variabili, in funzione della posizione occupata nel contesto dell'area di sedimentazione.

I terreni presentano caratteristiche fisico-meccaniche molto si-



mili alle precedenti Alluvioni antiche.

Localmente sono tuttavvia presenti zone dove banchi ghiaiosi di forma lenticolare o nastroforme, si avvicinano sensibilmente al p.c., per cui le caratteristiche meccaniche migliorano decisamente.

Più a est, parallelamente all'asse fluviale, la presenza di plaghe ghiaiose affioranti o molto prossime alla superficie topografica, si infittisce sensibilmente, soprattutto a partire dalla porzione centro-orientale del territorio, dove le ghiaie prossime al p.c. assumono andamento pressoché continuo.

Nell'ambito di questo settore, certamente a caratteristiche geo-meccaniche buone, qualche problema potrebbe derivare dagli impervi ispessimenti della coltre di copertura limoso-terrosa, che, non di rado, raggiunge localmente potenze anche di 7-8 metri, nonché dalle locali eterogeneità litostigrafiche conseguenti alla presenza di intercalazioni di banchi lenticolari a scadenti caratteristiche geotecniche.

Le proprietà fisico-meccaniche di questi materiali devono ritenersi in genere complessivamente buone, anche perché, di norma, il livello della falda freatica si mantiene a ragionevole distanza dal p.c. I parametri di riferimento indicativi che è possibile fornire sono i seguenti:

#### 1) - Ghiaie a contenuto fine <= 5%

- Coesione non drenata	Cu	= 0
- Angolo attrito interno	$\phi$	= 32° - 37°
- Peso di volume saturo	$\gamma$	= 1.7 - 2.0 t/m <sup>3</sup>
- Modulo elastico	E	= 300 - 1000 T/m <sup>2</sup>

#### 2) - Ghiaie a contenuto fine >= 5%

- Coesione non drenata	Cu	= 0
- Angolo attrito interno	$\phi$	= 28° - 34°
- Peso di volume saturo	$\gamma$	= 1.8 - 2.1 T/m <sup>3</sup>
- Modulo elastico	E	= 300 - 1500 T/m <sup>2</sup>

#### 3) - Coltre limoso-argillosa

- Coesione non drenata	Cu	= 4 - 12 T/m <sup>2</sup>
- Angolo attrito interno	$\phi$	= 0
- Peso di volume saturo	$\gamma$	= 1.8 - 2.1 T/m <sup>3</sup>
- Modulo edometrico	Mo	= 600 - 2000 T/m <sup>2</sup>





Anche in questi terreni, caratterizzati da notevole variabilità laterale, ma anche e soprattutto verticale per la presenza di intercalazioni limoso-argillose all'interno degli stessi banchi ghiaiosi, si rendono certamente necessarie indagini geognostico-geotecniche, ai sensi del D.M. 11/03/88, finalizzate al rilevamento delle locali disomogeneità litologiche e meccaniche del substrato.

## 1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI NOMINALI

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista litologico, stratigrafico e geotecnico l'area studiata e quelle limitrofe, sono stati utilizzati diverse fonti di dati:

- a) si sono consultati i dati di letteratura e le prove geognostiche e geotecniche effettuate in passato (soprattutto per la redazione del P.R.G. '86 e della variante '99);
- b) si sono consultati i dati geognostici della banca dati regionale trovando una prova penetrometrica statica eseguita sul margine sud del lotto in oggetto (219020C113);
- c) sono state rielaborate le prove geognostiche effettuate per il presente PP: 2 prove penetrometriche dinamiche di tipo medio e una misura con stazione sismica per il calcolo della frequenza di sito e delle Vs30.

Se osserviamo la carta di TAV.5 a pag.7, in essa sono riportate le prove penetrometriche dinamiche (23, 24, 25, 26, 27, 28 rosse), eseguite per il PRG e disposte poco a Sud-Ovest all'area in oggetto, la prova penetrometrica statica (blu) della RFR e infine le prove penetrometriche dinamiche 1 e 2 (magenta) e la stazione sismica (verde), eseguite per la seguente relazione.

L'analisi dei dati e dei grafici di tutte queste prove mostra una sostanziale omogeneità tra i profili stratigrafici.

Dalla comparazione delle prove emerge che praticamente tutta la fascia di territorio a cavallo della *Provinciale Rubbiera-S. Antoni-no* (limitata a Nord da *Casse S. Lorenzo* e a Sud dal *Canale di Reg-giolo*) è costituita da terreni prevalentemente limosi che giacciono su di un terrazzo ghiaioso; in particolare lo spessore dei depositi argillosi e limosi sul terrazzo ghiaioso ha uno spessore di circa 3-



4 m nelle zone a Ovest della provinciale e di circa 2 m nella aree a Est. Per l'area in oggetto sono state esaminate le prove 1 e 2 (magenta), la prova penetrometrica statica (blu) e infine i dati registrati dalla stazione sismica (quadrantino verde).  
Le prove si sono mostrate omogene fra loro e hanno evidenziato l'esistenza di uno strato limo-argilloso dello spessore medio di circa 1.6 - 1.9 m al di sopra del primo livello ghiaioso-sabbioso. Possiamo utilizzare le correlazioni esistenti in letteratura fra la resistenza alla punta del penetrometro dinamico e le Nspt:

### 1.5.1 Prove Penetrometriche Dinamiche

Viene elaborata di seguito la prova penetrometrica n° 1 quella che ha attraversato il maggior spessore di depositi.  
Da essa, conoscendo le correlazioni esistenti fra il numero dei colpi del penetrometro dinamico super pesante (DPSH) e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test (Nspt), si può risalire ai principali parametri geomecanici.  
Ricordiamo che il terreno si comporta per i primi metri come prevalentemente coesivo (argille e limi) mentre si comporta come prevalentemente granulare per gli ultimi tratti, quando si trova in prossimità del tetto delle ghiaie.

TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N° 1

COMMITTENTE: IMMAGC LOCALITÀ: SALVATERRA									
COMUNE: CASALGRANDE DATA: 16/01/2008									
NOME FILE: IMMAGC1 PENETROMETRO: DPM									
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			
			Mo	Qa1	Cu	Ed	Qa2	σv	Rpd
[m]			[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]
0.3	3.3	4.8	23.5	3410	46	32	2882	56	3.8
1.5	3.5	5.0	23.5	3536	92	33	2988	63	18.1
1.6	62.0	62.0	42.9	44020	1023	415	37200	722	30.4
1.7	80.0	80.0	45.0	56800	1486	536	48000	929	32.3
									25779
									1289

H = Profondità del letto dello strato elementare	N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	φ° = N <sub>sp</sub> < 30 (15 · N <sub>sp</sub> ) <sup>0.5</sup> + 15; N <sub>sp</sub> > 30 - 0.0015 · N <sub>sp</sub> <sup>1.2</sup> + 0.353 · N <sub>sp</sub> <sup>0.782</sup> (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)	Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	Qa1 = [(h · γ · Nq) + (½ · b · γ · Ny)] / 3	Ny = 10.9	[kN/m²] (Farrent)	[kN/m²] (Carico Ammissibile, Terzaghi sempl.)	[kN/m²] (Terzaghi)	[kN/m²] (Stroud & Butler)	[kN/m²] (Carico Ammissibile, Terzaghi sempl.)	[kN/m²] (Formula degli Olandesi)	[kN/m²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	Qa2 = [(h · γ) + (Cv · Nc)] / 3	Rpd = N <sub>r</sub> · H / [A · e · (M + P)]	Qa3 = (Rdp / 15 + 30); Qa = (Rpd / 20)	Cu = 6.7 · Nspt	Qa1 = [(h · γ · Nq) + (½ · b · γ · Ny)] / 3	Ny = 10.9	[kN/m²] (Farrent)	[kN/m²] (Carico Ammissibile, Terzaghi sempl.)	[kN/m²] (Terzaghi)	[kN/m²] (Stroud & Butler)	[kN/m²] (Carico Ammissibile, Terzaghi sempl.)	[kN/m²] (Formula degli Olandesi)	[kN/m²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)





## 2. RELAZIONE SISMICA (6.3)

### 2.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA DM 14/01/2008

In base alla classificazione contenuta nell'ordinanza del PCM. n° 3274 del 20 Marzo 2003, il comune di Casalgrande ricade nella Zona Sismica n° 2 con  $a_g = 0.25\text{ g}$ .

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a/g]	risposta classico (Norme Tecniche)
1	$> 0.25$	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	$< 0.05$	0.05

Nelle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale, non viene più riferita ai territori comunali ma ad una griglia di riferimento specifica. Quindi per ottenere i parametri di riferimento bisogna introdurre la latitudine e la longitudine del luogo e il tempo di ritorno; ad esempio, per il sito in questione, con un  $T_r = 475$  anni si ottiene una  $a_g = 0.166\text{ g}$ . Il suolo viene ancora suddiviso in cinque classi principali (A, B, C, D, E) più due categorie aggiuntive S1 e S2 (vedi nota 1).

#### NOTA 1: Categorie del suolo di fondazione

A - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.  
B - Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o 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 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT  $> 50$ , o coesione non drenata  $C_u > 250\text{ kPa}$ ).  
C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < \text{NSPT} < 50$ ,  $70 < C_u < 250\text{ kPa}$ ).  
D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30  $< 180\text{ m/s}$  ( $\text{NSPT} < 15$ ,  $C_u < 70\text{ kPa}$ ).  
E - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30  $> 800\text{ m/s}$ .  
In aggiunta a queste categorie, per le quali nel punto 3.2 vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:  
S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di Vs30  $< 100\text{ m/s}$  ( $10 < C_u < 20\text{ kPa}$ ).  
S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.  
Nelle definizioni precedenti Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.



La classificazione avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c. Se non si è in possesso della velocità delle onde S la normativa prevede la correlazione fra la velocità delle onde S (Vs) e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test ( $N_{sp}$ ) oppure fra le Vs e le Cu.

## 2.1.1 TIPO DI SUOLO DA $V_{s30}$

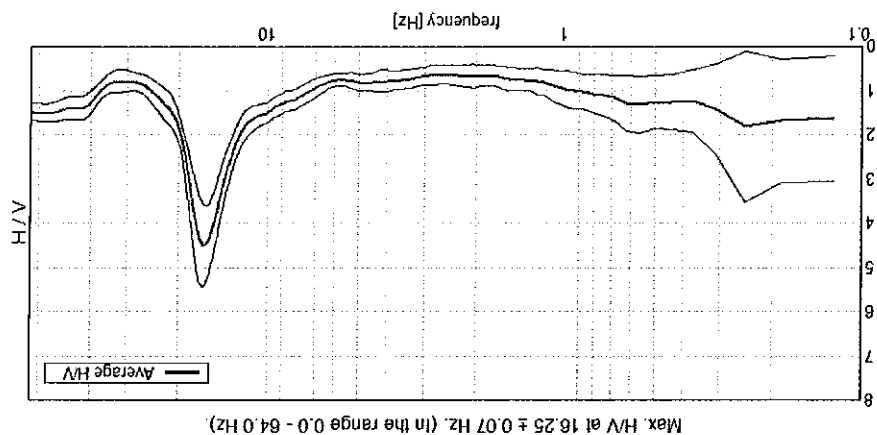
Le misure delle  $V_{s30}$  sono state ottenute dalla frequenza di oscillazione del sito misurata con tromografo Micromed. Per il calcolo della  $V_{s30}$  equivalente, rappresentativa dell'intero pacchetto di strati di 30 m di spessore, si ricorre alla relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s30i})$$

Le misure delle  $V_{s30}$  sono state ottenute dalla frequenza di oscillazione del sito misurata con tromografo Micromed. La misura si basa sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Nogoshi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (Fr) dello strato relativa alle onde S è pari a:

$$Fr = V_s / (4 \cdot h)$$

Prendiamo in esame la prova TR-01 eseguita fra le 2 prove penetrometriche; dal grafico che segue si può osservare un piccolo a 16.25 Hz che corrisponde al passaggio fra lo strato più superficiale coesivo e lo strato ghiaioso - sabbioso sottostante:







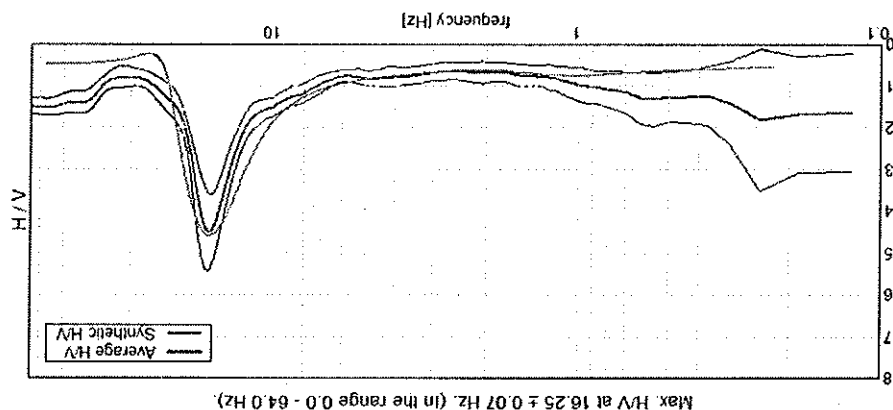
Dalla formula precedente, sapendo dalla prova penetrometrica n° 1 che il passaggio avviene ad una profondità di circa -1.6/1.8 m, si può ottenere la seguente  $V_s$  media dei depositi superficiali:

$$V_s = 4 \cdot 1.7 \cdot 16.25 \sim 110 \text{ m/s}$$

Estendendo e raffinando il ragionamento a tutti gli altri strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze attraverso opportuno software si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica:

Base dello strato [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	110	0.40
7.80	6.00	270	0.35
57.80	50.00	300	0.35
inf.	inf.	400	0.35

Si noti il netto cambio di velocità a circa -1.6/1.8 m già messo in evidenza dalle prove penetrometriche dinamiche: questo cambio segna il passaggio fra il terreno coesivo poco consistente al terreno incoerente molto addensato (livello ghiaioso). Nel grafico in basso, infine, confronto fra la curva H/V teorica (blu) e quella sperimentale (rosso).



Per i dettagli si vedano i grafici e le tabelle negli allegati. In conclusione, dall'analisi delle  $V_{s30}$  misurate con il sismografo (tromografo), si ottiene un suolo di tipo C. Infatti:  $V_{s30} = 30 / (1.8/110 + 6.0/270 + 22.2/300) = 266 \text{ m/s}$ .



Le altre 2 registrazioni sismiche hanno fornito risultati analoghi.

## 2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

Ai fini del DM 14/09/2005 e successive modifiche e dell'OPCM 3274 va definito lo spettro di risposta elastico, in accelerazione, per il sito in esame. Tale spettro indica, per ciascuna frequenza, la risposta allo scuotimento massimo (da terremoto) di un oscillatore elastico smorzato semplice (che rappresenta un edificio teorico 'tipo') con frequenza propria pari alla frequenza considerata. Secondo l'ultima versione del DM 14/09/2007 (luglio 2007, § 3.2.3.2.2) tale spettro va calcolato secondo le formule sottostanti che valgono per le componenti orizzontali del moto del suolo.

### Forma dello spettro elastico di riferimento

Accelerazione. Componenti orizzontali. § 3.2.3.2.2

$$S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[ \frac{T_b}{T} + \frac{1}{1 - \frac{T_b}{T}} \right] \quad 0 \leq T < T_b$$
$$S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \quad T_b \leq T < T_c$$
$$S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right) \quad T_c \leq T < T_b$$
$$S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)^2 \quad T_b \leq T$$

$S = S_s \times S_t$	coeff. ampl. stratigrafica x coeff. ampl. topografica tab.3.2V-VI
$\eta = (10 / (5 + \frac{1}{T}))^{0.75}$	$\eta$ è lo smorzam. in % (normalmente 5%, diversamente si valuta in base alle caratteristiche dell'edificio)
$F_a$	fatt. amplif. spettrale max orizz. (> 2.2, allegato alla norma)
$T_c = C_c \times T_c$	( $C_c$ in tab.3.2V e $T_c$ in allegato alla norma)
$T_b = T_c / 3$	
$T_0 = 4 a_g / g + 1.6$	

Con T si intende il periodo fondamentale di risonanza dell'edificio (espresso in secondi) e con ag l'accelerazione massima di picco del sottosuolo (PGA) in caso di terremoto (m/s²).  
Elaborando i dati in nostro possesso si ottiene, per un suolo tipo C, un tempo di ritorno  $T_r=475$  anni (vita nominale 50 anni e classe d'uso II), una amplificazione topografica  $S_t=1$  e un coefficiente di smorzamento pari al 5%, la seguente forma spettrale:

Per i dettagli si veda l' ALLEGATO B e il DM 14/01/2008.

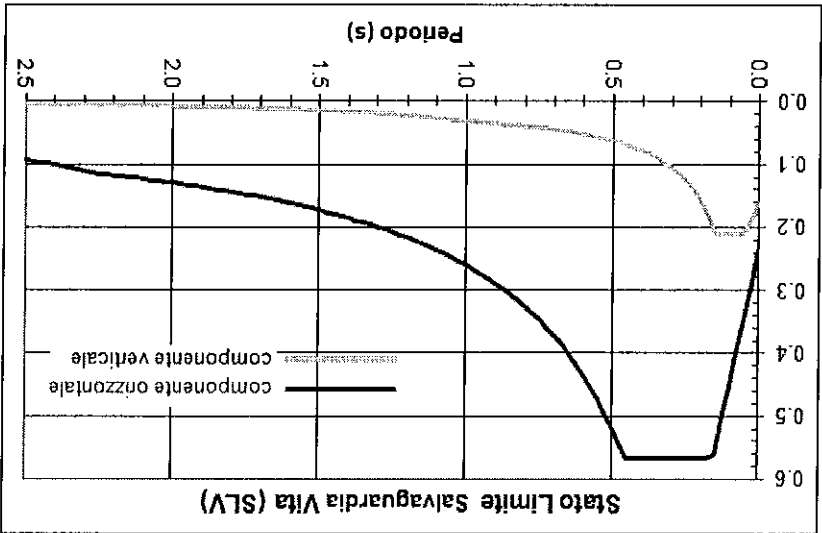
Categoria sottosuolo	$s_g$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_g \cdot \frac{a}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_g \cdot \frac{a}{g} \leq 1,50$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_g \cdot \frac{a}{g} \leq 1,80$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_g \cdot \frac{a}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Quindi dalla sintesi dei dati (vedi ALLEGATO B) è possibile fornire per il sito in oggetto il seguente quadro:

1) La categoria del suolo di fondazione è la C

2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration) è di 0.57 con  $T_r = 475$  anni (dove  $g$  = accelerazione di gravità =  $9.81 \text{ m/s}^2$ ).

3) Il coefficiente di amplificazione sismica  $S_c$  e il coefficiente  $C_c$  sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione C e vengono descritti nella tabella sottostante.





E' stata eseguita l'analisi della risposta sismica locale. Sono state eseguite analisi di secondo livello così come indicato dalla direttiva regionale 112 del 2007.

I coefficienti di amplificazione sismica, ottenuti per ciascuna delle stazioni sismiche impiegando le tabelle e le formule dell' Allegato A2 della direttiva regionale (A2.1 e A2.2), permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento. Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ) sia di rapporto di Intensità di Housner ( $SI/SI_0$ ) per prefissati intervalli di periodi, dove  $PGA_0$  e  $SI_0$  sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti per ogni comune, ricavabili dal data base regionale (disponibile nel sito internet [www.regione.emilia-romagna.it/geo-logia/sismica](http://www.regione.emilia-romagna.it/geo-logia/sismica)) e  $PGA$  e  $SI$  sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

In allegato sono riportati i risultati delle prove per la definizione del modello geologico del sottosuolo e dei profili di velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ).  
Per valutare gli effetti locali è necessario conoscere il fattore di amplificazione ( $F_A$ ) da associare al sito in esame e dipendente dalla velocità delle onde  $S$  ( $V_{s30}$  o  $V_{sH}$ ), applicando i valori dettati dalla Direttiva, allegato 2. In funzione della velocità di propagazione delle onde  $S$  misurata, sono indicati i fattori di amplificazione. Vengono di seguito riassunte le caratteristiche per ogni sito indagato (vedi anche ALLEGATO B):

STAZIONE	$V_{s30}$ (m/s)	C	F.A. PGA	S.I. ( $0.1 < T_0 < 0.5$ )	1.7
1	266	C	1.5	1.6	1.7

## 2.3 MICROZONAZIONE SISMICA





### 3. RELAZIONE GEOTECNICA (6.2)

#### 3.1 PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO

Il valori di progetto ( $X_d$ ) vengono ricavati da quelli caratteristici secondo il DM 14/01/ 2008 (vedi tabella 6.2.II).

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	$\gamma_{M1}$	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_s$		$\gamma_\phi$	1,0	1,25
Coestione efficace	$c'_f$		$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$		$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$		$\gamma_r$	1,0	1,0

Si vuole sottolineare il fatto che a seconda delle combinazioni utilizzate nei calcoli geotecnici i valori di progetto possono essere uguali a quelli caratteristici (M1) oppure ridotti (M2).  
Ad esempio, nel caso di un approccio 1 combinazione 1 si utilizzano i parametri  $C_{uk}$  e  $\phi_k$  (M1) mentre nel caso di una combinazione 2 si utilizzeranno i parametri di progetto  $C_{ud}$  e  $\phi_d$  (M2).  
Segue la tabella riassuntive dei parametri geotecnici elaborati per la prova penetrometrica dinamica 1; nell'allegato A si possono reperire tutti i grafici e tutte le tabelle per le due prove penetrometriche dinamiche eseguite nel sito.  
I dati si riferiscono alla stratigrafia riportata a pag.20 e sono stati rielaborati al 5° percentile di distribuzione della media così da ottenere i valori caratteristici ( $X_k$ ) e quindi quelli di progetto ( $X_d$ ).

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE ( $C_{u,d}$ ,  $\phi$ ) - PROVA PENETROMETRICA 1

(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITENTE: IMMAC	LOCALITA': SALVATERRA	COMUNE: CASALGRANDE	DATA: 16/01/2008	NOME FILE: IMMAC1	PENETROMETRO: DPM	Natura Coesiva ( $C_u$ )	H	N	Nspi	Dati	$\phi_m$	dev	stand	$\phi_k$	$\phi_d$	Cum	dev	stand	$C_{uk}$	$C_{ud}$
							[m]	[media]	[media]	Num	[°]	[°]	[°]	[°]	[°]	[kN/m³]	[kN/m³]	[kN/m³]	[kN/m³]	[kN/m³]
							1.7	80.0	80.0	1	45.0			41.3	35.1	536			347	248
							1.6	62.0	62.0	1	42.9			39.4	33.3	415			269	192
							1.5	3.5	5.0	12	23.5	1.3		22.8	18.6	33	10.4	28		20
							0.3	3.3	4.8	3	23.5	0.6		22.4	18.2	32	4.9	25		18

### 3.2. ANALISI DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE

PARAMETRI GEOTECNICI CONSIGLIATI PER IL TERRENO DI FONDAZIONE												
H	APP	COMB	VER. A BREVE TER.				VERIFICHE A LUNGO TERMINE					
da - a [m]			C <sub>un</sub> [kN/m²]	C <sub>uk</sub> [kN/m²]	C <sub>ud</sub> [kN/m²]	φ <sub>n</sub> [°]	φ <sub>k</sub> [°]	φ <sub>d</sub> [kN/m²]	C <sub>n</sub> [kN/m²]	C <sub>k</sub> [kN/m²]	C <sub>d</sub> [kN/m²]	
0.0-1.6	1	A1+M1+R1	33	28	28	23.5	22.8	22.8	10	8	8	
		A2+M2+R2	33	28	20	23.5	22.8	18.6	10	8	6	
		A1+M1+R3	33	28	28	23.5	22.8	22.8	10	8	8	
		A1+M1+R1	-	-	-	45.0	41.0	41.0	-	-	-	
	> 1.6	1	A2+M2+R2	-	-	-	45.0	41.0	35.0	-	-	-
			A1+M1+R3	-	-	-	45.0	41.0	41.0	-	-	-
		2	A1+M1+R3	33	28	28	23.5	22.8	22.8	10	8	8
			A2+M2+R2	33	28	20	23.5	22.8	18.6	10	8	6
A1+M1+R3	-	-	-	-	-	45.0	41.0	41.0	-	-	-	
	-	-	-	-	-	45.0	41.0	41.0	-	-	-	
	-	-	-	-	-	45.0	41.0	41.0	-	-	-	
	-	-	-	-	-	45.0	41.0	41.0	-	-	-	

Seguono i parametri geotecnici per le varie combinazioni:

Num =	Numero dei dati presi in considerazione per strato
$\phi_m$ =	Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
$\phi_k$ =	Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
$\phi_d$ =	Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno
$\phi_{um}$ =	Dato medio della coesione non drenata
$c_{uk}$ =	Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
$c_{ud}$ =	Valore di progetto della coesione non drenata

(M2)      [  $\gamma_{cu} = 1.4$  ]





Dove:

$$H_c = \frac{N_s \cdot C_u}{\gamma}$$

La verifica è da intendersi soddisfatta se è  $R_d > E_d$ .  
Per un certo valore di  $\phi$ , l'altezza critica del fronte di scavo, che si rompe con un cerchio passante per il piede del pendio, è data da:

$$\frac{R_d}{E_d} = \frac{1}{\gamma} \left[ \frac{C_u}{N_s} \cdot \frac{\gamma \cdot H}{\gamma_u} \right]$$

Nell'applicazione del metodo il margine di sicurezza può essere inteso come rapporto tra la resistenza e l'azione di progetto. Applicando i coefficienti parziali previsti al § 6.8 delle NTC, risulta:

$\gamma$  = peso dell'unità di volume del terreno  
 $N$  = fattore di sicurezza definito da Taylor

Dove:

$$F = \frac{N_s \cdot C_u}{\gamma \cdot H}$$

Il calcolo di stabilità dei fronti di scavo può essere affrontato con i metodi tradizionali. Qui si segue il classico metodo di Taylor così come viene indicato dall'esempio riportato nel capitolo C6.8.6.2 della bozza della circolare CSLP del 07/02/2008 per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni.  
Le verifiche devono essere effettuate utilizzando la combinazione dei coefficienti parziali di cui al paragrafo 6.8.2 delle NTC:  $(A_2 + M_2 + R_2)$ , in cui i coefficienti  $A_2$  sono moltiplicativi delle azioni e i coefficienti  $M_2$  ed  $R_2$  sono rispettivamente riduttivi dei parametri di resistenza globale del sistema.  
Per le analisi di sicurezza svolte in condizioni di breve termine, in tensioni totali, si può utilizzare la soluzione di Taylor, basata sul metodo dell'equilibrio limite globale. In essa, il margine di sicurezza è tradizionalmente espresso nella formula:

### 3.3 STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO



Angolo pendio (°)	Fatt. Stabilità (puro)	Altezza Scavo (m)
β = 30	Ns = 5.5	Hc = 5.6
β = 35	Ns = 5.5	Hc = 5.6
β = 40	Ns = 5.5	Hc = 5.6
β = 45	Ns = 5.5	Hc = 5.6
β = 50	Ns = 5.5	Hc = 5.6
β = 55	Ns = 5.3	Hc = 5.3
β = 60	Ns = 5.0	Hc = 5.1
β = 65	Ns = 4.8	Hc = 4.9
β = 70	Ns = 4.6	Hc = 4.7
β = 75	Ns = 4.4	Hc = 4.5
β = 80	Ns = 4.3	Hc = 4.3
β = 85	Ns = 4.1	Hc = 4.1
β = 90	Ns = 3.9	Hc = 4.0

Tenendo conto di un coefficiente di sicurezza di 1.1 come da DM 14/01/08 si ottengono i seguenti risultati:

Angolo pendio (°)	Fatt. Stabilità (puro)	Altezza Scavo (m)
β = 30	Ns = 5.5	Hc = 6.1
β = 35	Ns = 5.5	Hc = 6.1
β = 40	Ns = 5.5	Hc = 6.1
β = 45	Ns = 5.5	Hc = 6.1
β = 50	Ns = 5.5	Hc = 6.1
β = 55	Ns = 5.3	Hc = 5.9
β = 60	Ns = 5.0	Hc = 5.6
β = 65	Ns = 4.8	Hc = 5.4
β = 70	Ns = 4.6	Hc = 5.1
β = 75	Ns = 4.4	Hc = 4.9
β = 80	Ns = 4.3	Hc = 4.7
β = 85	Ns = 4.1	Hc = 4.5
β = 90	Ns = 3.9	Hc = 4.4

Da questi valori e dalla relazione fra β ed Ns si ottengono i seguenti risultati:

$$\gamma_d = 1.9 \text{ T/m}^3; \quad C_d = 2.0 \text{ T/m}^2 \text{ (20 kPa)}; \quad \phi_d = 0.0^\circ$$

seguenti valori di progetto:  
 (A2+M2+R2), così come viene indicato nel C6.8.6.2, si ottengono i  
 Nel presente caso, utilizzando l'Approccio 1 e la combinazione 2

Ns = Fattore di stabilità funzione di β e φ  
 β = Angolo del pendio  
 φ = Angolo di Attrito caratteristico  
 C = Coesione caratteristica  
 γ = Peso di volume



Quindi per scarpata verticale risulta che  $R_d \geq E_d$  per  $H_c \leq 4$  m.

### 3.4 QUADRO RIASSUNTIVO

Dalle prove penetrometriche dinamiche si è potuta ricostruire la stratigrafia del sito che è caratterizzata dalla presenza di depositi superficiali limosi (limo argillosi e/o limo sabbiosi) con spessore compreso fra 1.5 e 2.0 m dalle discrete caratteristiche meccaniche. Al di sotto del primo strato coesivo un potente banco ghiaioso, assai addensato, manda a rifiuto il penetrometro dinamico.

Dal quadro complessivo risulta che i futuri interventi sono compatibili con le caratteristiche meccaniche del substrato di fondazione anche per strutture superficiali; infatti già a partire da -1.0/1.5 m rispetto all'attuale p.c. non si riscontrano particolari problemi alla edificazione.

Ricorrendo alla vecchia terminologia si può affermare che il primo strato coesivo ha un carico ammissibile medio di almeno 0.8/0.9 Kg/cm<sup>2</sup> anche nei livelli più scarsi. Si intende che per ogni futura opera costruita nell'area dovranno essere eseguite le verifiche allo stato limite ultimo così come impone il DM 14/01/2008.

Nel presente lavoro vengono forniti i valori caratteristici del terreno e quelli di progetto in modo da poterli utilizzare per i vari approcci progettuali (vedi §.3.1 e ALLEGATO A). E' stata misurata la frequenza di risonanza del sito ed eseguita la classificazione sismica del terreno (vedi §.2.1 ed ALLEGATO B). E' stata eseguita l'analisi della risposta sismica locale e sono stati ricavati i fattori di amplificazione sismica (vedi §.2.2) così come indicato nella direttiva regionale 112 del 2007.

E' stato escluso il rischio alla liquefazione (§.3.2) e possono essere esclusi problemi sulla stabilità dei fronti di scavo (§.3.3).

L'idrologia superficiale è servita da una idonea rete scolante che fa capo al vicino Fiume Secchia; non sono prefigurabili rischi di esondazione da parte del Fiume Secchia.

Da tutte le indagini eseguite si può affermare che il livello freatico non interferirà con le future opere antropiche.





## 4. CONCLUSIONI

Gli studi eseguiti e le indagini geognostiche svolte in sito hanno permesso di caratterizzare, dal punto di vista geomorfologico, geologico, geotecnico e sismico l'area in oggetto.

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione sono state eseguite 2 prove penetrometriche dinamiche ed è stata utilizzata una prova penetrometrica statica della regione (L'area risulta costituita da terrazzi ghiaiosi ricoperti da depositi limosi e limo argillosi classificabili come *palustico-consistenti* (0.8

$<Q_a < 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ ) per uno spessore medio di circa 1.5-2.0 m. Nella relazione vengono riportati i parametri caratteristici e di progetto del terreno di fondazione come da DM 14/01/2008.

Sono state effettuate 3 registrazioni sismiche a stazione singola che hanno permesso di ricavare la frequenza di sito, la velocità delle onde S nel terreno e di eseguire una microzonazione sismica dell'area con calcolo delle amplificazioni locali  $PGA/PGA_0$  e  $SI_0$  (vedi DAL RER 112/2007).

Secondo le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008) l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale, con  $T_r = 475$  anni, vale nell'area:  $a_g = 0.166 \text{ g}$ . Viste le condizioni geologiche e stratigrafiche del sito, l'area in oggetto rientra nella categoria di suolo C.

Per i fronti di scavo, viene eseguito il calcolo allo stato limite ultimo, così come indicato nella circolare 07/03/08; il calcolo conferma la stabilità del livello coesivo più superficiale. Si rilascia pertanto parere geologico e geotecnico favorevole al presente piano particolareggiato.

Pavullo, Ottobre 2012

IL GEOLOGO



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

## **ALLEGATO A**





COMMITENTE: IMMAC		LOCALITA' : SALVATERRA		DATA: 16/01/2008		PENETROMETRO DPM		FALDA NO	
NOME FILE		IMMAC1		DATA:		PENETROMETRO DPM		FALDA NO	
COMUNE: CASALGRANDE		LOCALITA' : SALVATERRA		DATA: 16/01/2008		PENETROMETRO DPM		FALDA NO	
H	N	Nsp1	Natura granulare			Natura Coesiva			
			Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]	σv [kN/m²]	Asla [kN/m²]	Rpd [kN/m²]
0.10	3	4.4	23.1	3110	40	29	2628	51	1.9
0.20	4	5.7	24.2	4012	47	38	3390	66	3.8
0.30	3	4.4	23.1	3110	51	29	2628	52	5.7
0.40	4	5.7	24.2	4012	59	38	3390	67	7.6
0.50	3	4.4	23.1	3110	62	29	2628	53	9.5
0.60	3	4.4	23.1	3110	68	29	2628	54	11.4
0.70	3	4.4	23.1	3110	73	29	2628	55	13.3
0.80	2	3.0	21.7	2151	73	20	1817	40	15.2
0.90	3	4.4	23.1	3110	84	29	2628	56	17.1
1.00	2	3.0	21.7	2151	83	20	1817	41	19.0
1.10	3	4.4	23.1	3110	96	29	2628	57	20.9
1.20	3	4.4	23.1	3110	101	29	2628	58	22.8
1.30	5	6.9	25.1	4875	124	46	4119	87	24.7
1.40	6	8.0	26.0	5707	139	54	4823	101	26.6
1.50	5	6.9	25.1	4875	137	46	4119	88	28.5
1.60	62	62.0	42.9	44020	1023	415	37200	722	30.4
1.70	80	80.0	45.0	56800	1486	536	48000	929	32.3
25779	2								
1289	999								

1 TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA



## LEGENDA 2

H = Altezza di caduta  
M = Peso massa battente  
A = Area della punta conica  
e = Infrisione media per colpo (p / N)  
p = Passo di avanzamento (10-20-30 cm a seconda del tipo di strumento)  
N = Numero dei colpi per singolo avanzamento  
P = Peso aste più sistema di battuta

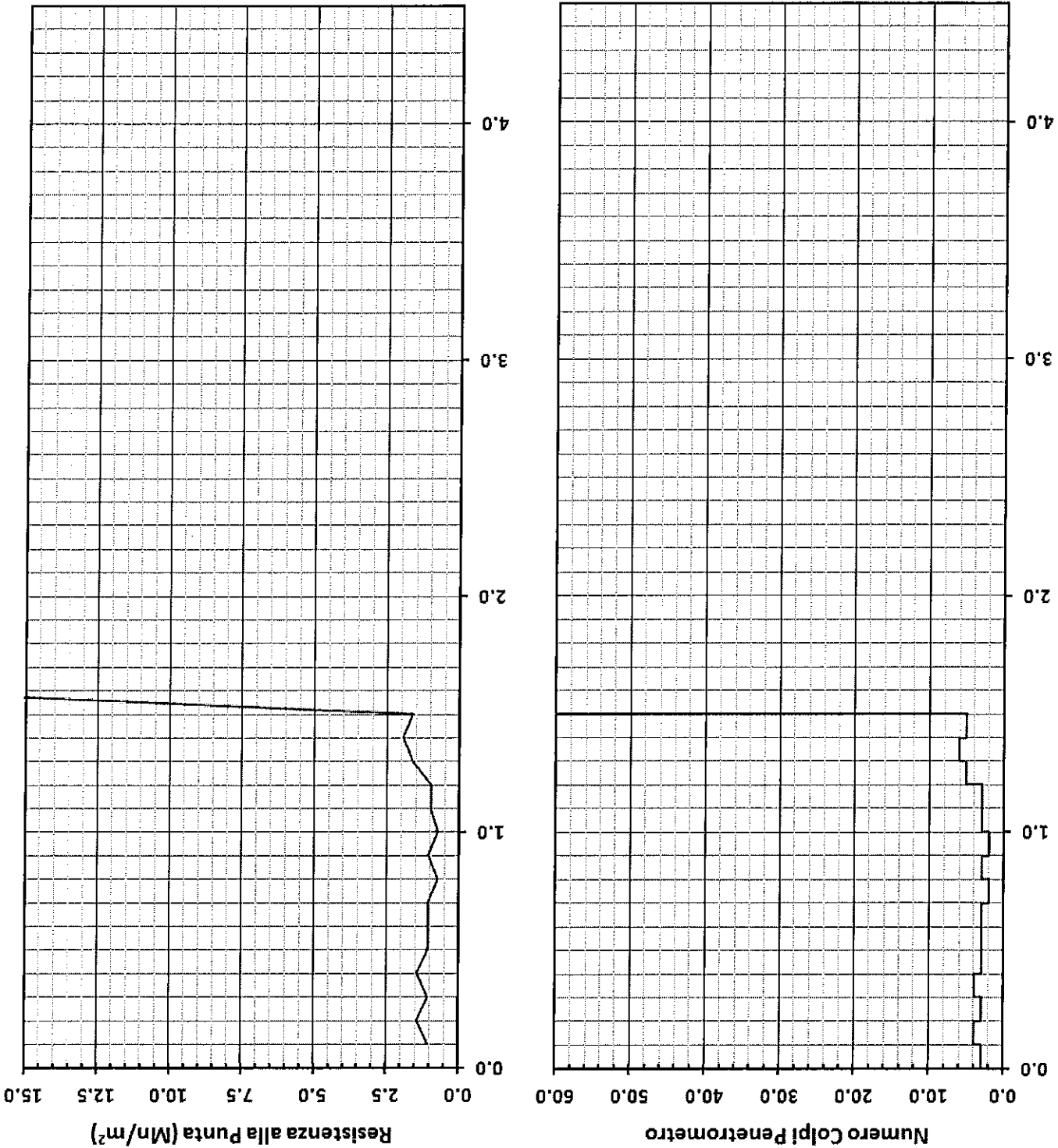
## LEGENDA 1

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\circ} = N_{sp}^{+30} (15 \cdot N_{sp})^5 + 15 ; N_{sp}^{+30} = 0.0015 \cdot N_{sp}^2 + 0.353 \cdot N_{sp} + 26.782$	
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farenit)
Qa = [(h · γ · Nq) + (½ b · γ · Nγ)] / 3 ; b=1 m; Nγ= 10.9	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Terzagni semplificata)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzagni)
Qa2 = [(h · γ) + (Cu · Nc)] / 3 ;	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Terzagni semplificata)
Rdp = M <sup>r</sup> · h / [a · e · (M + P)]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (Rdp / 15 + 30) ; Qa = (Rdp / 20)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 1

COMMITTENTE: IMMAC	LOCALITA': SALVATERRA
COMUNE: CASALGRANDE	DATA: 16/01/2008
NOME FILE: IMMAC1	PENETROMETRO DPM



[illegible]

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI 1

[illegible]

TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N° 1

## LEGENDA 2

## LEGENDA 1

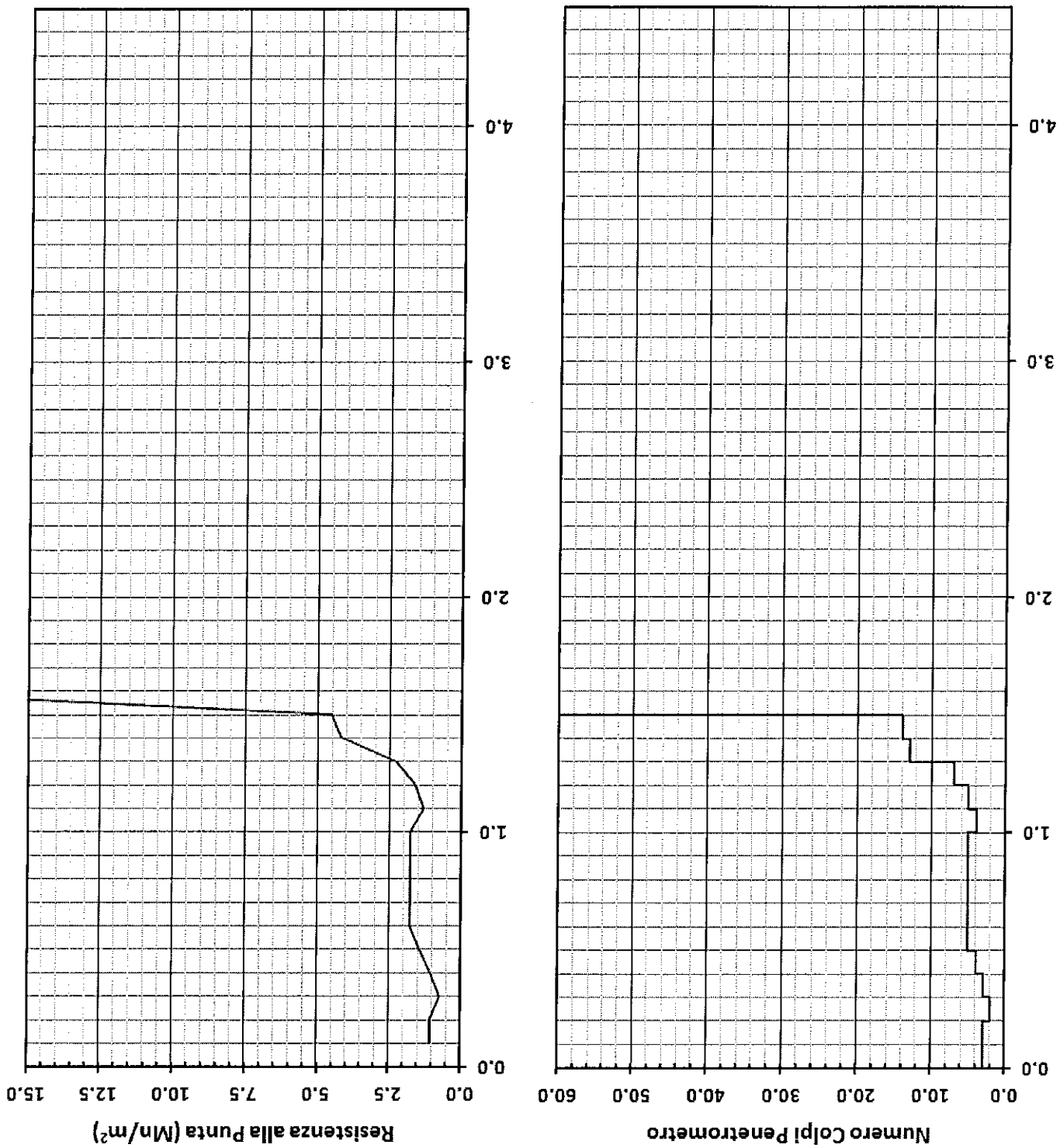
TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 2





GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 2

COMMITTENTE: IMMAC	LOCALITA': SALVATERRA
COMUNE: CASALGRANDE	DATA: 16/01/2008
NOME FILE: IMMAC2	PENETROMETRO DPM



H = Profondità del letto dello strato elementare	N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	Hm = Profondità al centro dello strato	$\gamma$ = Peso di volume del terreno	$\sigma_v$ = Pressione litostatica	$D_r = 21 \cdot [(10 \cdot N_{spt}) / (\sigma_v + 7)]^{0.5}$	$K_s = Q_a / 120$ - (Qa = carico ammissibile in KPa)	$E_s = (105 \cdot 35 \cdot D_r) \cdot N_{spt}^{1.25}$ ; $OCR > 4$ $E_s = (525 \cdot 350 \cdot D_r) \cdot N_{spt}$	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m <sup>3</sup> ] (Bowles, 1988)	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[Modulo Edometrico] [kN/m <sup>3</sup> ] (Stroud & Butler)	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foott)	[Modulo Edometrico] [kN/m <sup>3</sup> ] (Jamiolkowski, 1988)	$OCR = (C_u / (\sigma_v \cdot K_k))^{1.25}$	$Ed = 60 \cdot N_{spt}$ (bassa plasticità)
--	---	---	--	---------------------------------------	------------------------------------	--	--	---	--	--	----------------------	----------------------	--	--	---	---	--

COMMITTENTE: IMMAC	LOCALITÀ: SALVATERRA	COMUNE: CASALGRANDE	DATA: 16/01/2008	NOME FILE: IMMAC2	PENETROMETRO: DPM	Natura Coesiva	H	N	Nspt	Hm	$\gamma$	$\sigma_v$	Dr	Ks	Es	OCR	Ks	Ed
						Natura granulare	1.7	80.0	80.0	1.7	20	32.3	100.0	178.3	56000	>4	111.5	48000
							1.6	65.0	65.0	1.6	20	30.4	100.0	131.8	45500	3.7	90.8	39000
							1.5	13.5	16.0	1.4	18	27.6	85.2	25.7	12067	0.7	23.2	9629
							1.3	4.8	6.6	0.8	17	16.2	58.1	11.1	5591	0.4	9.7	3963
							0.3	2.7	3.9	0.2	16	3.8	48.5	5.4	3460	1.0	5.6	2358

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI 2  
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

H = Profondità del letto dello strato elementare	N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	$\phi^o = N_{spt}^{0.30} (15 \cdot N_{spt})^{0.15} + 15$ ; $N_{spt}^{0.30} + 0.0015 \cdot N_{spt}^{0.30} + 0.353 \cdot N_{spt}^{0.30} + 26.782$	Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	Qa1 = [(h · γ · Nd) + (½ · b · γ · Ny)] / 3	Cu = 6.7 · Nspt	Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	Qa2 = [(h · γ) + (Cu · Nd)] / 3	Rpd = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	Qa3 = (Rdp / 15 + 30); Qa = (Rdp / 20)	[kN/m <sup>3</sup> ] (Farrent)	[kN/m <sup>3</sup> ] (Carico Ammissibile, Terzaghi sempl.)	[kN/m <sup>3</sup> ] (Stroud & Butler)	[kN/m <sup>3</sup> ] (Carico Ammissibile, Terzaghi sempl.)	[kN/m <sup>3</sup> ] (Formula degli Olandesi)	[kN/m <sup>3</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)
--	---	---	---	------------------------------------	---	-----------------	-------------------------------------	---------------------------------	--	--	--------------------------------	--	--	--	---	--

COMMITTENTE: IMMAC		LOCALITÀ: SALVATERRA		COMUNE: CASALGRANDE		DATA: 16/01/2008		PENETROMETRO DPM		FORMULA OLANDESI	
H	N	Nspt									
[m]											

TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N 2  
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)



Registrazioni sismiche, Vs30 e spettro elastico DM 14/01/08

## **ALLEGATO B**





REGISTRAZIONI SISMICHE CON STAZIONE SINGOLA

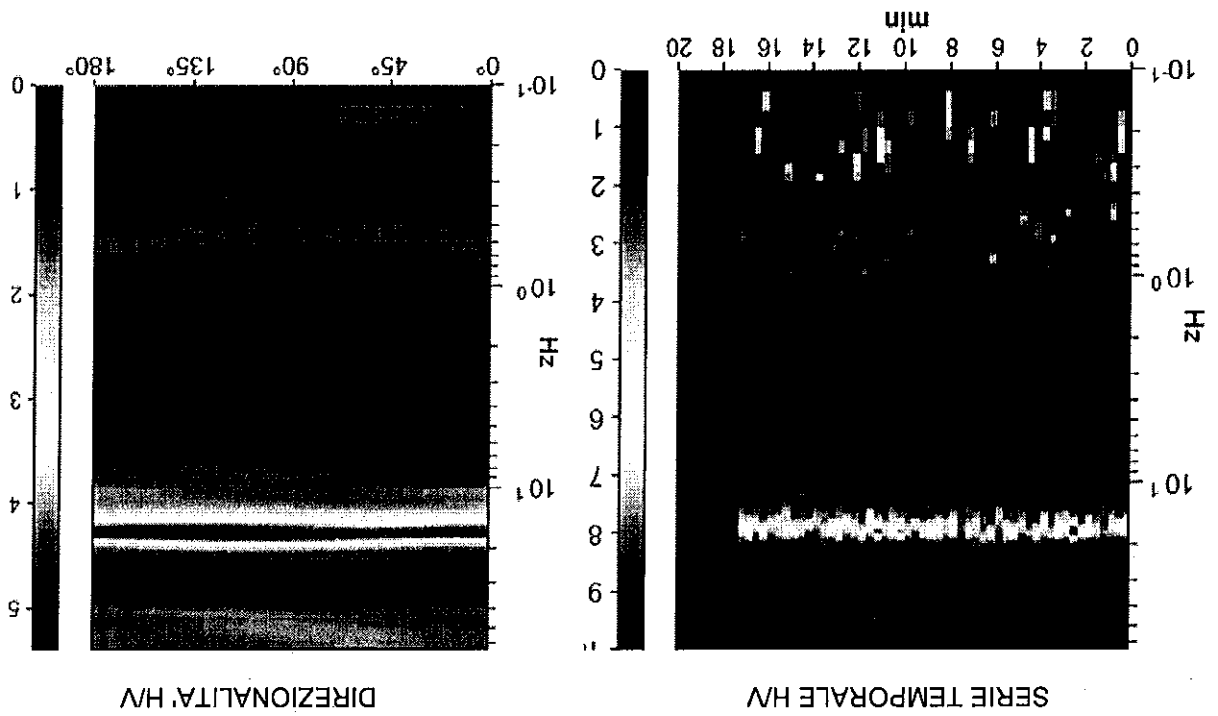
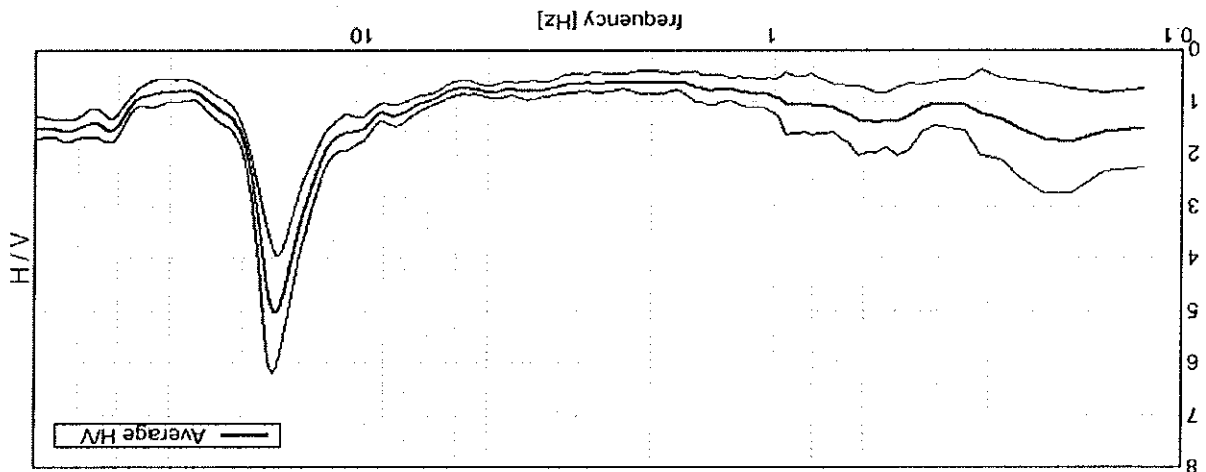
## **ALLEGATO B**



Strumento: TRS-0016/01-06  
 Inizio registrazione: 15/01/08 13:55:19 Fine registrazione: 15/01/08 14:15:20  
 Noml canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Posizione GPS: 010°45.9522 E, 44°35.3729 N (not available)  
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di  
 acquisizione + 0 campioni  
 Num. satelliti: 03  
 Durata registrazione: 0h20'00"  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestra: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

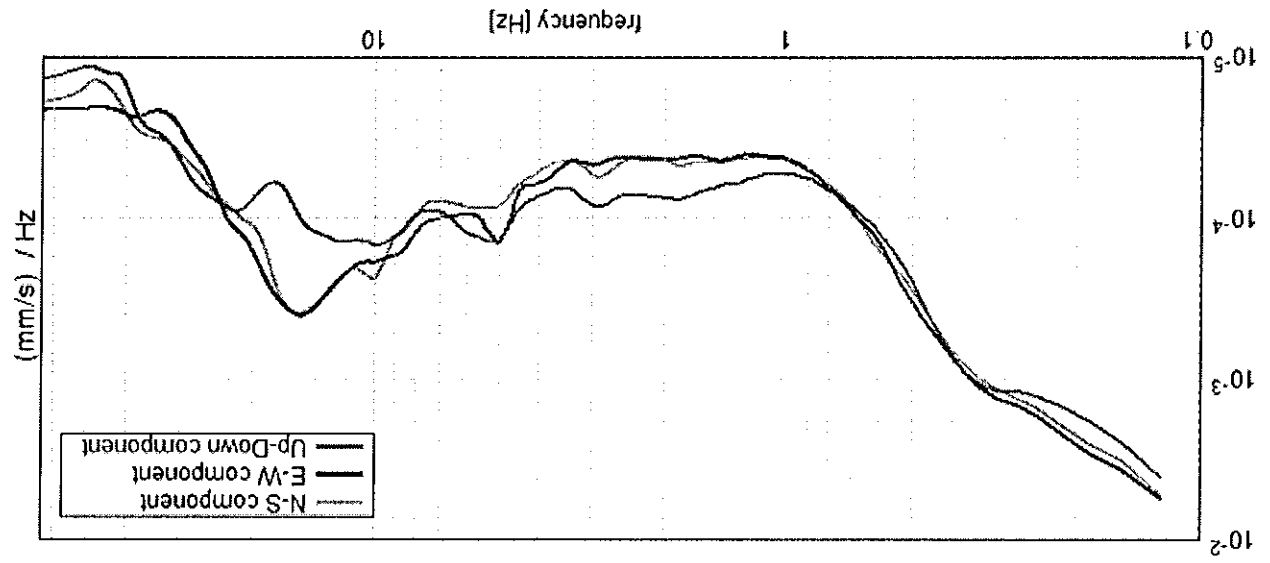
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 16.56  $\pm$  0.07 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



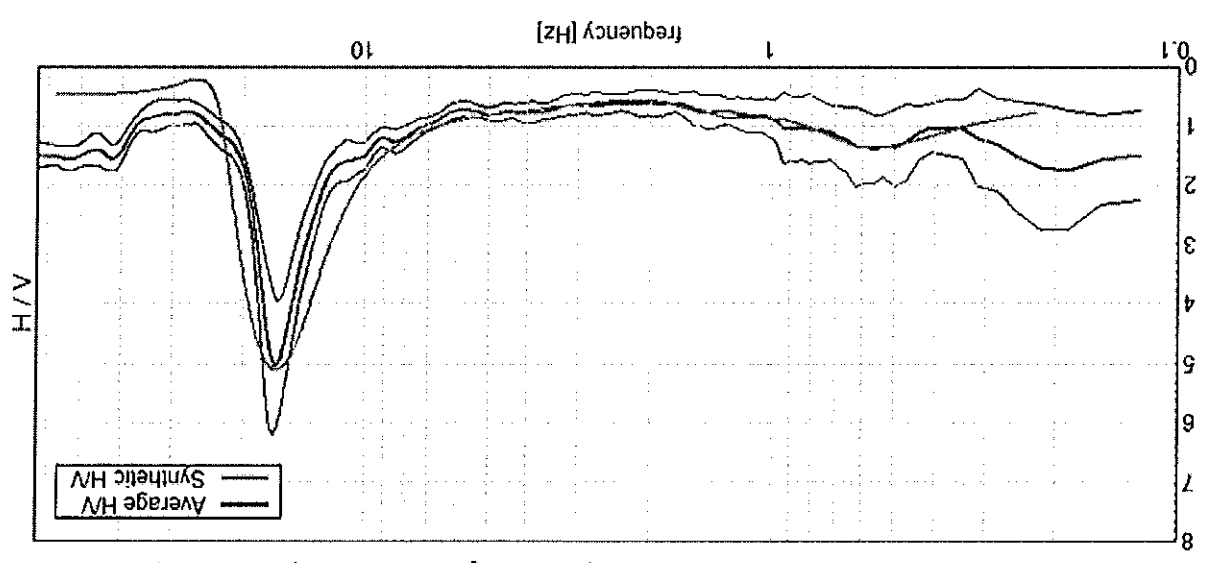


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

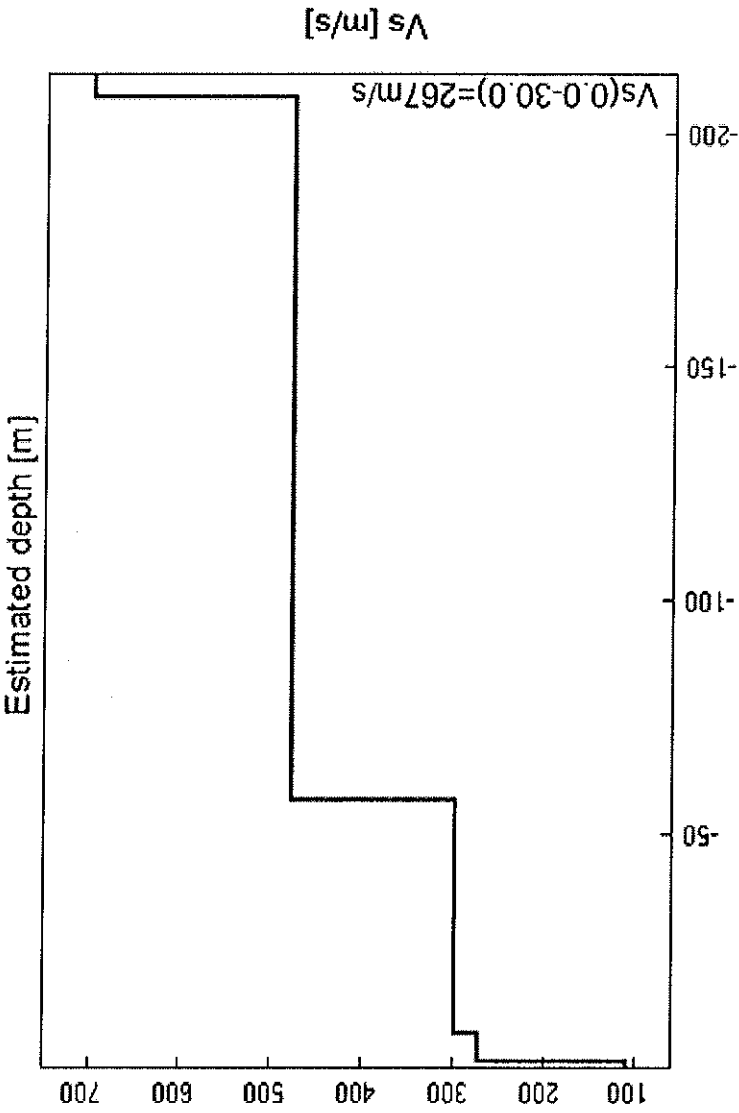


HV SPERIMENTALE vs. HV SINTETICO

Max. HV at  $16.56 \pm 0.07$  Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).







Vs(0.0-30.0)=267m/s

Base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	110	0.40
7.80	6.00	275	0.35
57.80	50.00	300	0.35
207.80	150.00	480	0.35
Inf.	Inf.	700	0.35





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

**Picco H/V a 16.56 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	16.56 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	17225.0 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 796	OK

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

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^+$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^+) < A_0/2$	13.406 Hz	OK
Esiste $f^-$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^-) < A_0/2$	18.969 Hz	OK
$A_0 > 2$	5.02 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00206  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.03415 < 0.82813	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5439 < 1.58	OK

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

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

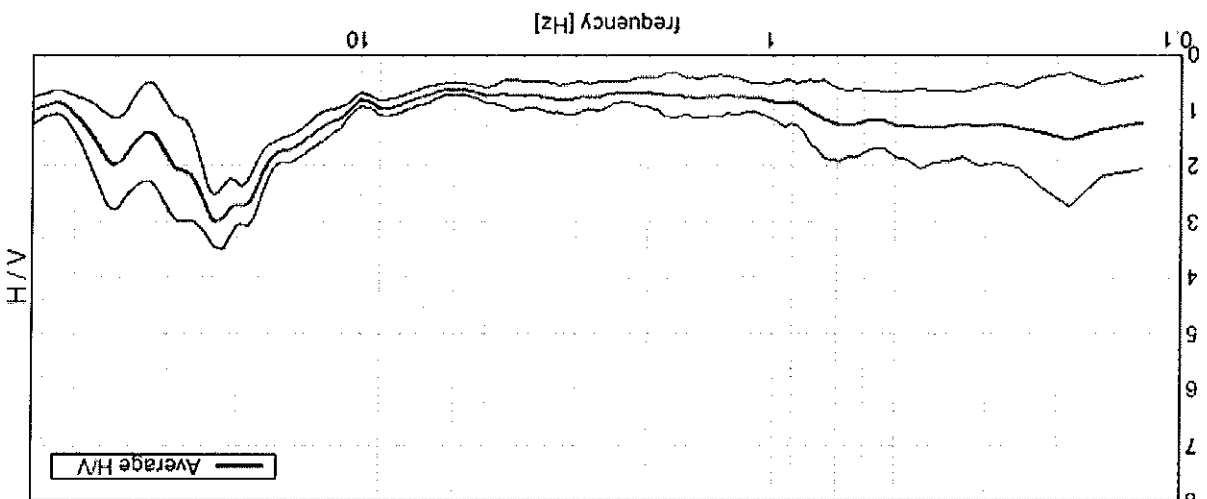
# 12\_103 - CASALGRANDE

TR\_02

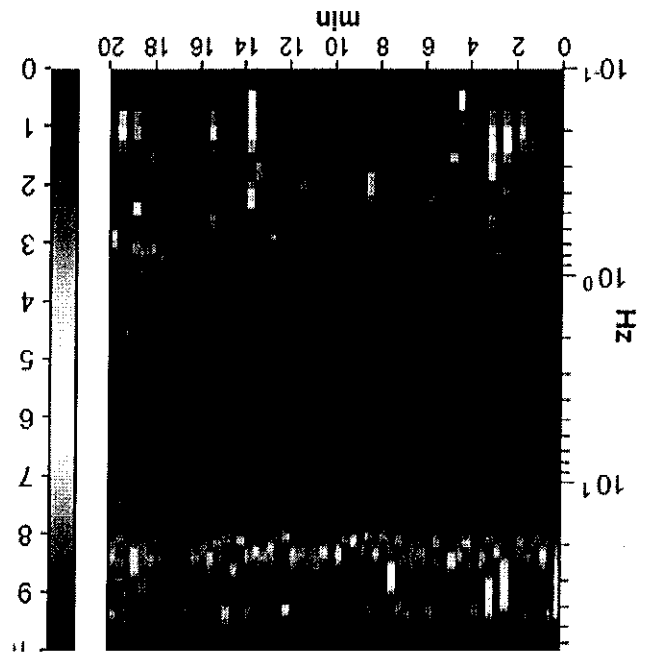
Strumento: TRS-0016/01-06  
 Inizio registrazione: 04/10/12 11:35:14 Fine registrazione: 04/10/12 11:55:15  
 Normi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Posizione GPS: 010°45.9439 E, 44°35.3915 N (122.9 m)  
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di  
 acquisizione + 0 campioni  
 Num. satellite: 05  
 Durata registrazione: 0h20'00"  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestra: 20 s  
 Tipo di lisciamiento: Triangular window  
 Lisciamiento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

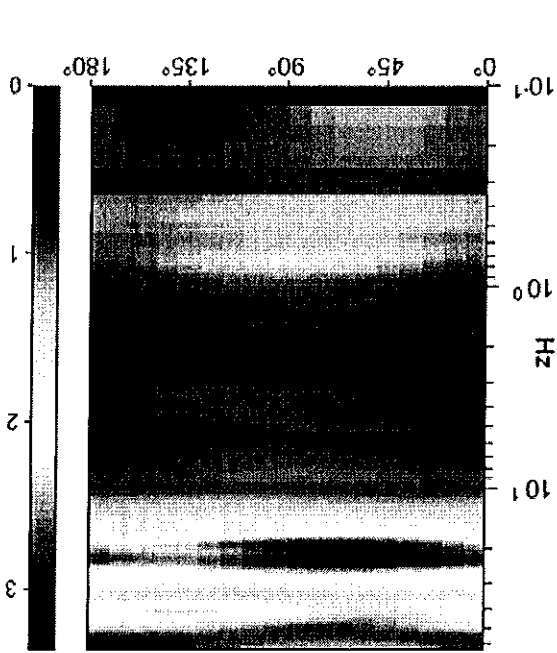
Max. H/V at 22.5 ± 0.37 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

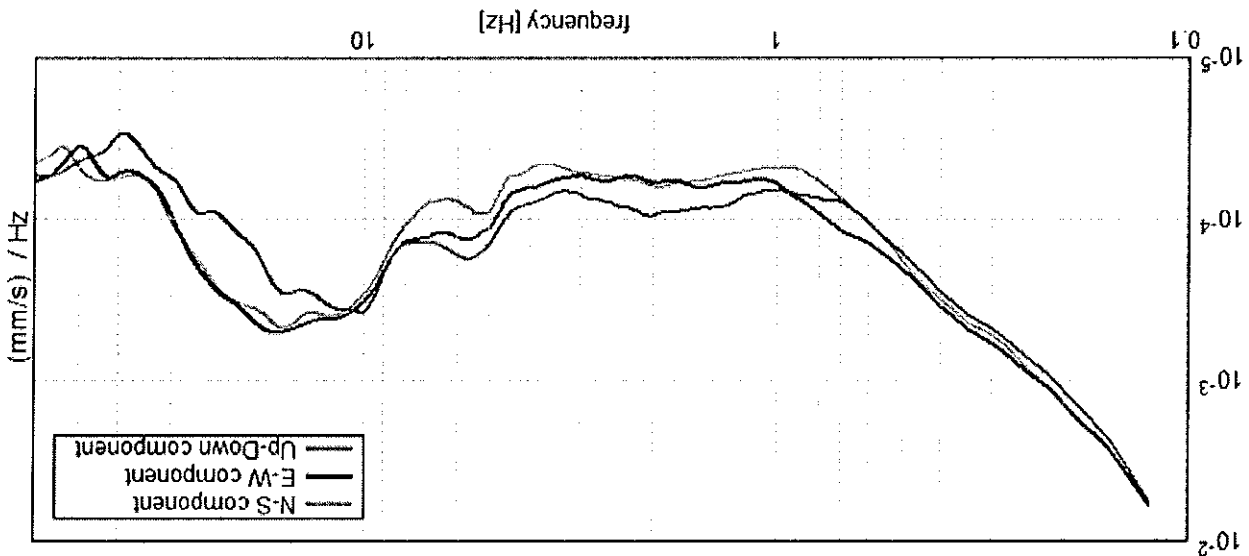


## SERIE TEMPORALE H/V



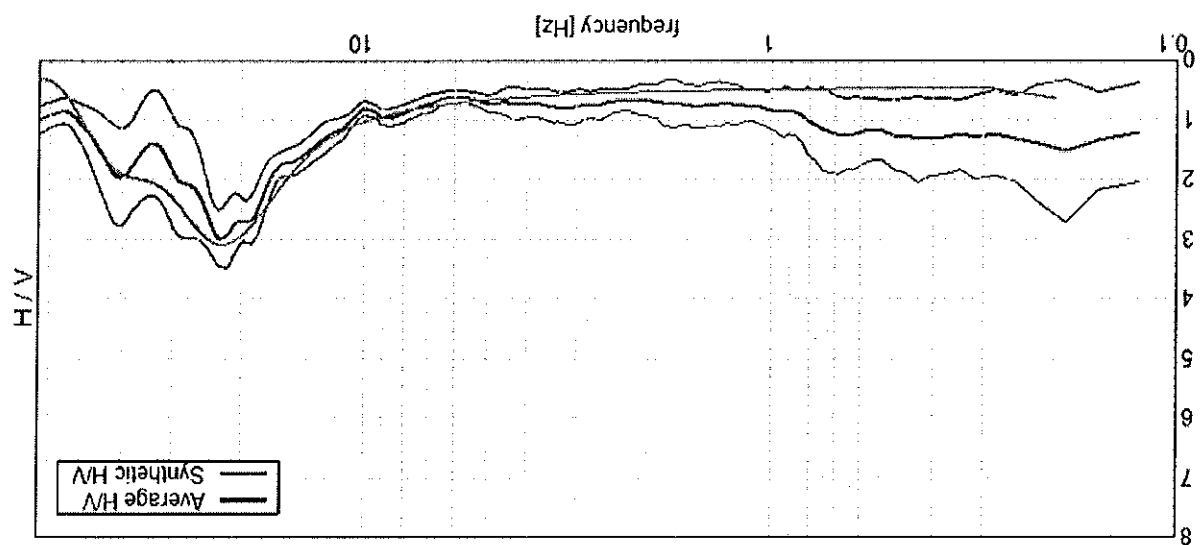
## DIREZIONALITA' H/V

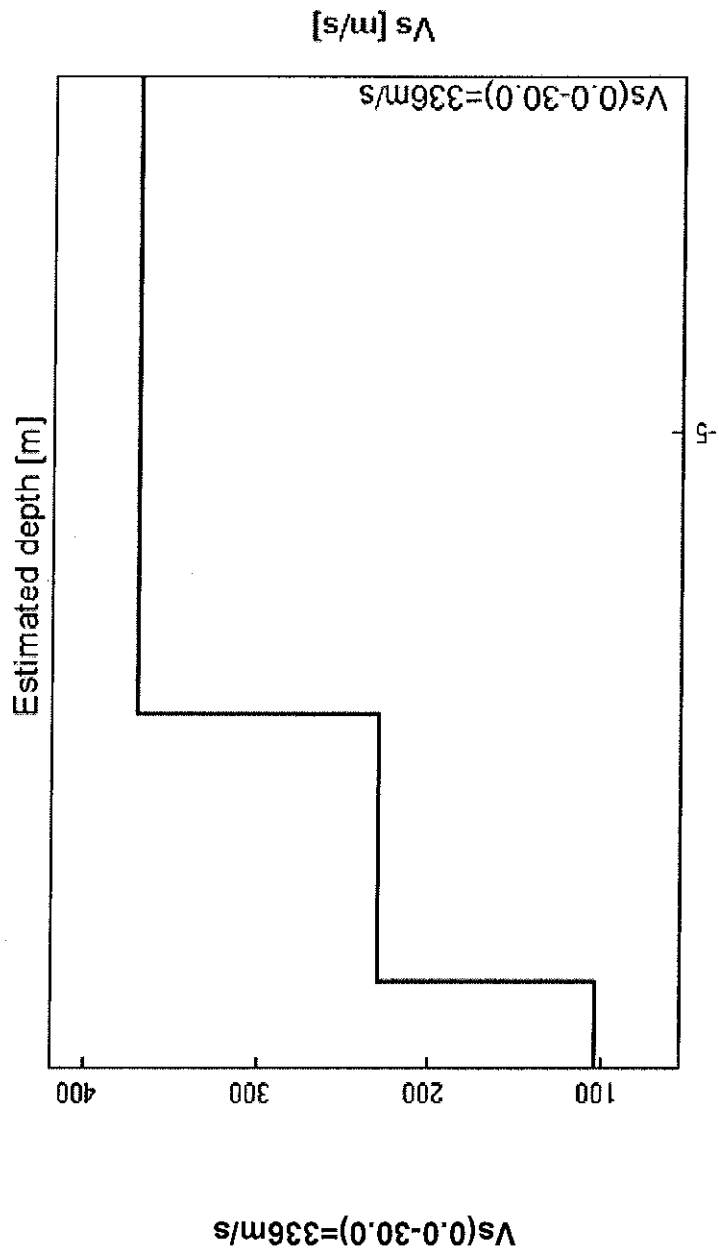




Max. H/V at  $22.5 \pm 0.37$  Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO





Base dello strato [m]	Spessore [m]	$V_s \text{ [m/s]}$	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	105	0.40
2.80	2.10	230	0.35
inf.	inf.	370	0.35





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

**Picco H/V a  $22.5 \pm 0.37$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	22.50 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	25650.0 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 1081	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		

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

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^+$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.531 Hz	OK
Esiste $f^-$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	31.75 Hz	OK
$A_0 > 2$	$2.97 > 2$	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00822  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18506 < 1.125$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2382 < 1.58$	OK

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

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



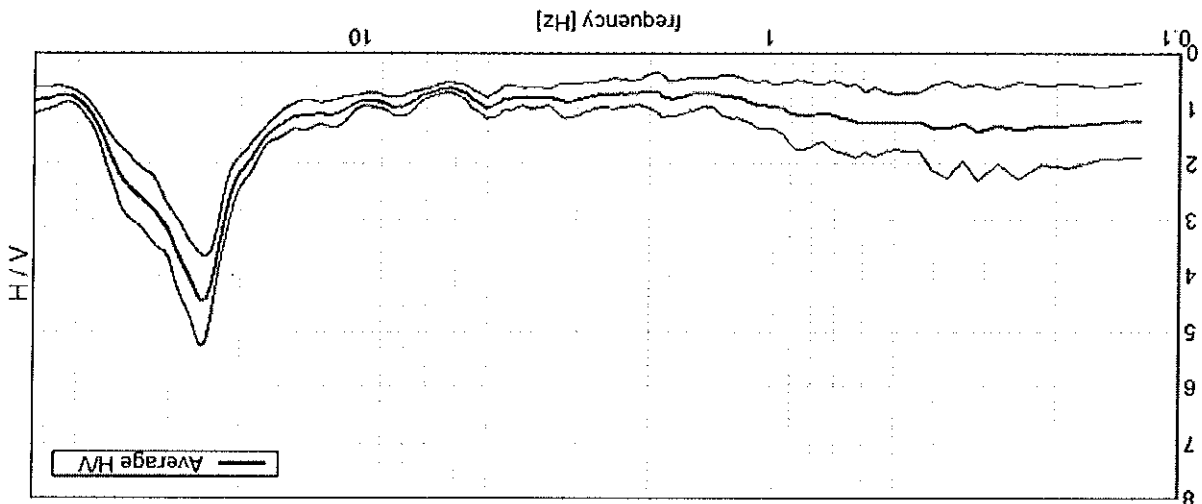
# 12\_103 - CASALGRANDE

TR\_03

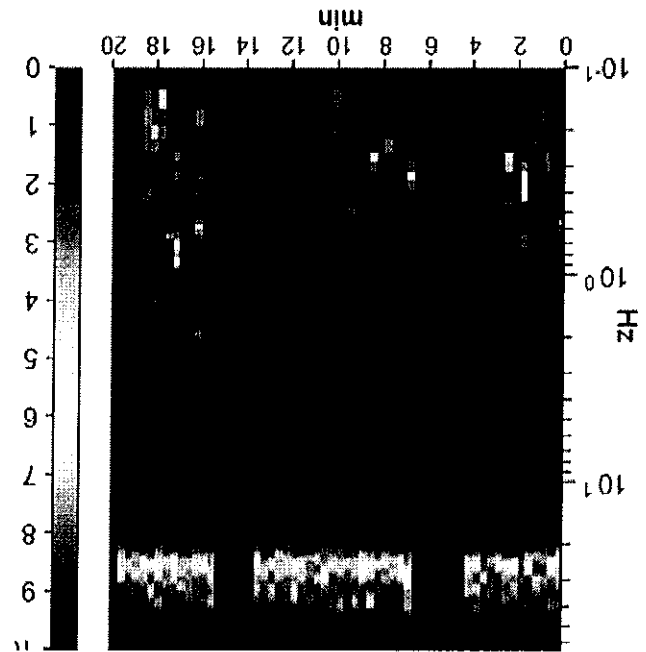
Strumento: TRS-0016/01-06  
 Inizio registrazione: 04/10/12 12:07:57 Fine registrazione: 04/10/12 12:27:58  
 Nome canale: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Posizione GPS: 010°45.9818 E, 44°35.4097 N (116.6 m)  
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di  
 acquisizione + 0 campioni  
 Num. satelliti: 05  
 Durata registrazione: 0h20'00"  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestra: 20 s  
 Tipo di lisciamiento: Triangular window  
 Lisciamiento: 10%

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

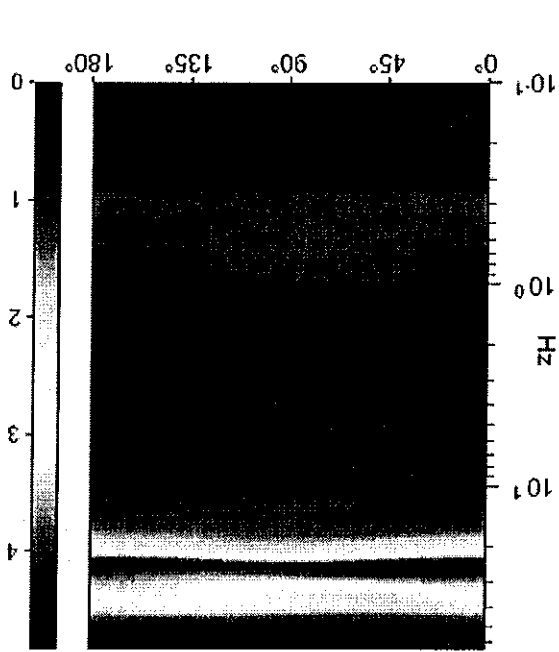
Max. H/V at 24.69 ± 0.06 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

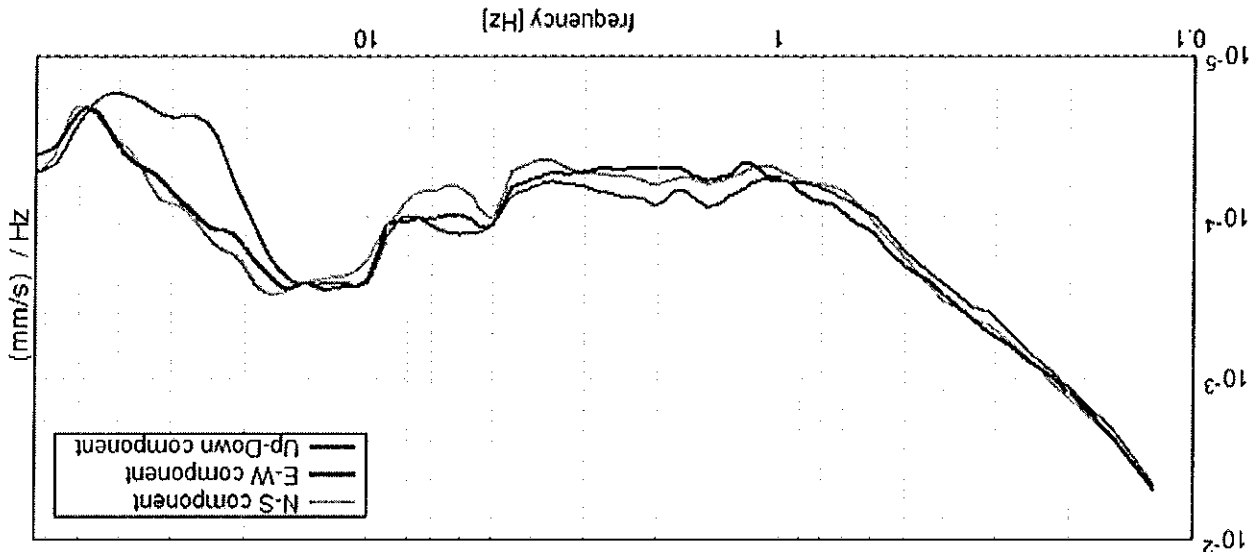


## SERIE TEMPORALE H/V



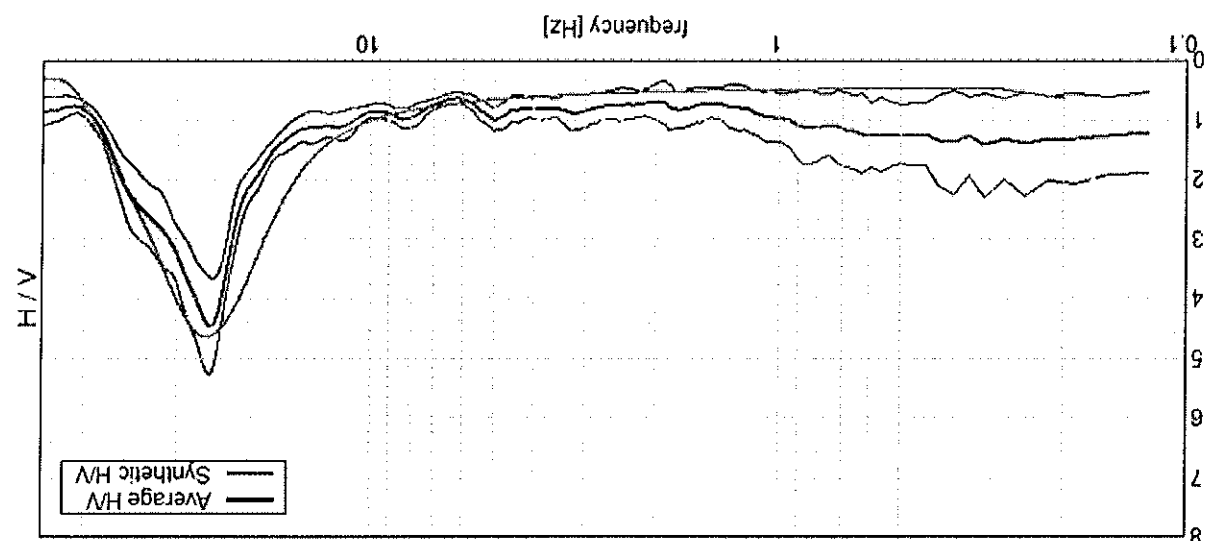
## DIREZIONALITA' H/V

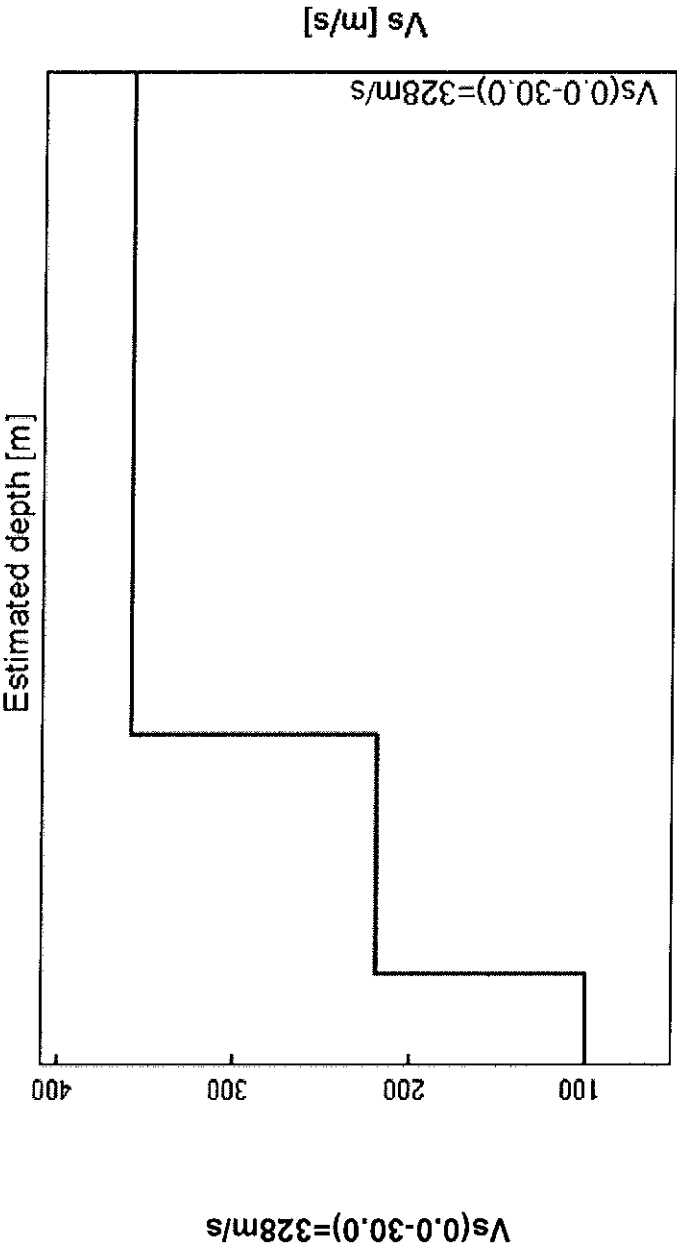




Max. H/V at 24.69 ± 0.06 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO





Base dello strato [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/s]	Rapporto di Poisson
inf.	inf.	360	0.35
2.50	1.80	220	0.35
0.70	0.70	100	0.40





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

### Picco H/V a $24.69 \pm 0.06$ Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	24.69 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	23206.3 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 1186	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		

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

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^+$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	20.375 Hz	OK
Esiste $f^-$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	39.031 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.45 > 2	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00123  < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03047 < 1.23438$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.397 < 1.58$	OK

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

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

SPETTRO ELASTICO DM 14/01/2008

## **ALLEGATO B**

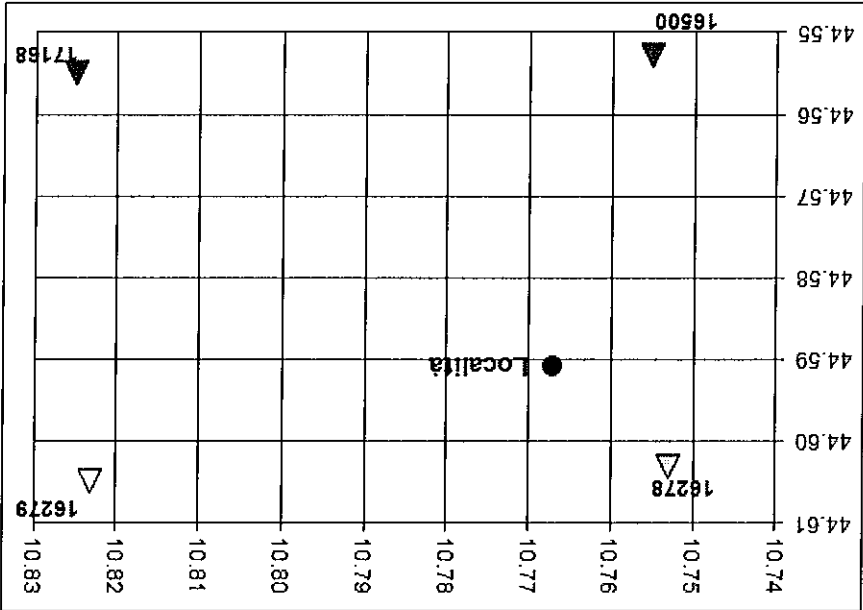






Coordinate geografiche della località in esame				
LON	LAT	Tolleranza		
[°]	[°]	[km]		
Località	10.7670	44.5909	0.0001	0.014

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
16278	10.753	44.603	0.016	1.741
16279	10.823	44.605	0.042	4.707
16500	10.755	44.553	0.039	4.328
16501	10.825	44.555	0.055	6.095



Topografia	T1
Coef. topografico	Sr
Categoria suolo	C

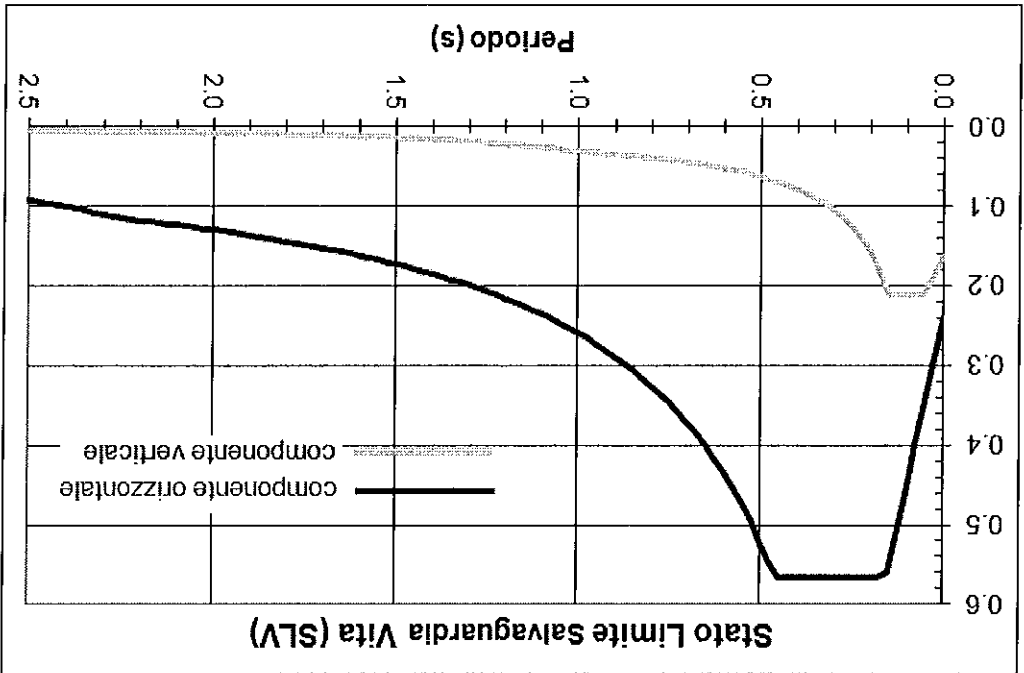
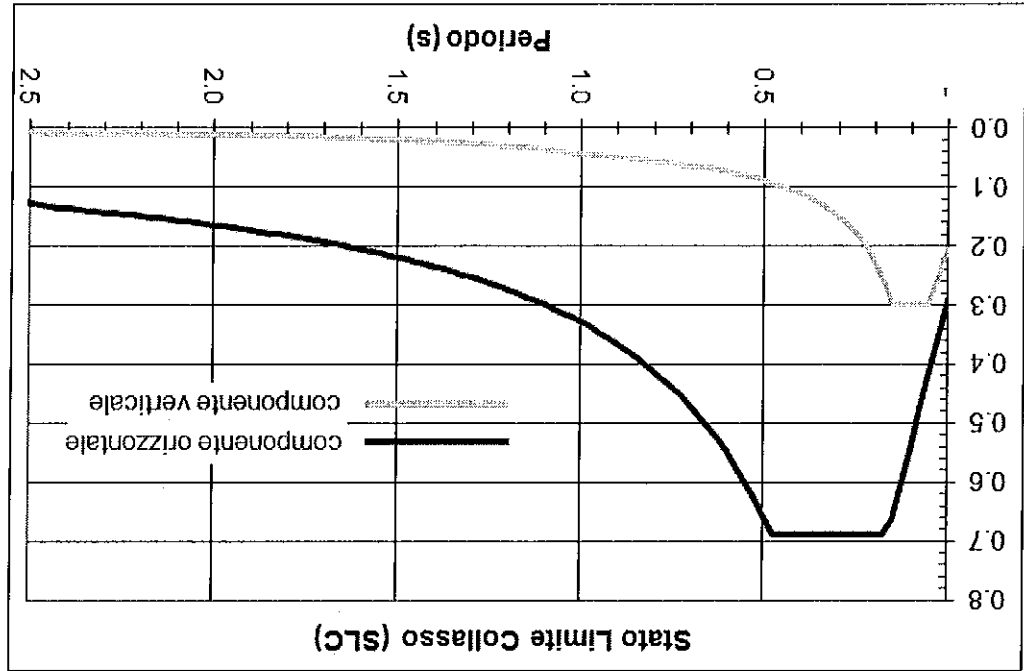
CARATTERISTICHE TERRENO

Vita nominale	Vn	50	[anni]
Classe d'uso	Cu	II	
Vita di riferimento	Va	50	[anni]

VITA DELLA STRUTTURA

SL	P <sub>va</sub>	T <sub>r</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> <sup>a</sup>	a <sub>g</sub> /g	S	T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>o</sub>	F <sub>v</sub>
SL E Operatività	81%	30	0.512	2.48	0.26	0.052	1.50	0.14	0.41	1.80	0.76
SL E Danno	63%	50	0.637	2.49	0.27	0.065	1.50	0.14	0.43	1.85	0.85
SLU Salv. Vita	10%	475	1.637	2.37	0.29	0.166	1.47	0.15	0.46	2.25	1.29
SLU Collasso	5%	975	2.057	2.38	0.31	0.210	1.41	0.16	0.48	2.42	1.46

PARAMETRI SISMICI



SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)  
Tr = 975 anni (SLC)



## **ALLEGATO C**

MICROZONAZIONE SISMICA  
(II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO)





VALUTAZIONE FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA (DAL RER 112/2007)

(Località: Salvaterra - Prova: TR\_01)

APPENNINO			COSTA ADRIATICA			PIANURA PADANA	
sub mano Vs < 800 m/s	sub mano Vs > 800 m/s	Substrato affiorante	substrato 25-60 m		sedim. fini onzz. ghiaie	sub > 100 m ghl+sab+pel	sub < 100 m ghl+sab+pel
APP 1	APP 2	APP 3	COSTA 1	COSTA 2	COSTA 3	PIANURA 1	PIANURA 2
							X

DATUM ED50 UTM_X = 640260 m UTM_Y = 4939120 m				PROFONDITA' (m)	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	BEDROCK	VS30	Vsh	402 m/s	h = 207.8 m
				1.80	1.80	110					
				7.80	6.00	275					
				30.00	22.20	300					
				57.80	27.80	300					
				207.80	150.00	480					
						700			X		

CASO PIANURA 2 (sabbie e peliti substrato > 100 m				H	=	208 m	Vsh	=	402 m/s	FA PGA	=	1.5	FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	=	1.8	FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	=	2.3
---	--	--	--	---	---	-------	-----	---	---------	--------	---	-----	--------------------------	---	-----	--------------------------	---	-----



