



A.O. ISTITUTO ORTOPEDICO
GAETANO PINI p.zza Cardinal A. Ferrari 1 MILANO
AREU AZIENDA REGIONALE EMERGENZA URGENZA
via Alfredo Campanini 6 MILANO

Ristrutturazione piano rialzato dell' edificio
"padiglione ricovero" della sede di viale Monza per
realizzazione della nuova sede dell' Azienda Regionale di
Emergenza ed Urgenza (AREU) e interventi di rimozione
delle coperture contenenti amianto e rifacimento delle stesse
Centro di Formazione e di Simulazione per l'Attività formativa Clinico-Assistenziale di
Emergenza e Urgenza, Maxiemergenze Internazionali e Management di Sistemi Sanitari



PROGETTO PRELIMINARE

CUP I47E13000340001
CIG 6019106367

Doc 47 - Relazione geologica per verifiche modello antisismico

Direttore Generale AO Istituto Gaetano Pini:

COMMITTENTE:
Azienda Ospedaliera
ISTITUTO ORTOPEDICO GAETANO PINI
Piazza Cardinal Ferrari, 1 - 20122 Milano

Direttore Generale Areu : Dott. Alberto Zoli

Responsabile del Procedimento - Dirigente Ufficio Tecnico G. Pini: Ing. Massimiliano Agistri

Agg. :

Progettista incaricato : arch. Giovanni Arrigoni

Progettista Geologo: geol. Francesco Serra

Data : Giugno 2014



Dr. Geol. Francesco SERRA – GEOLOGIA TECNICA e SERVIZI per l'AMBIENTE –

Via Dante Alighieri – 26027 Rivolta d'Adda (CR)

Tel.: 0363.79065; Fax.: 0363.707620; e-mail : geoserra@serrafra.191.it

CF : SRRFNC59T27H357Z - PI : 00827350190

A.O. ISTITUTO ORTOPEDICO GAETANO PINI MILANO


Struttura di viale Monza 223, Milano



Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

per verifiche di compatibilità sismica degli edifici




 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon 223 verifica sismica

INDICE GENERALE

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	5
3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ED IDROLOGICO.....	7
4. INDAGINI PREGRESSE ESEGUITE E MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI BASE	9
5. INDAGINI SISMICHE ESEGUITE	12
6. ASPETTI SISMICI GENERALI DI INQUADRAMENTO.....	13
8. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI SITOSPECIFICI	22
9. DEFINIZIONE DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO LE NTC08 E CONCLUSIONI	28

Allegato A - Indagini pregresse

Allegato B – Report indagine geofisica MASW Signa srl

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon 223 verifica sismica

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Nella presente relazione, su incarico dell'ufficio tecnico dell'Istituto Ortopedico Gaetano Pini, a partire dal contesto geologico, idrogeologico e geotecnico noto si definiscono le caratteristiche sismiche proprie dell'area relative ai terreni di fondazione interessati dal complesso dell'edificio dell'Istituto Ospedaliero di viale Monza 223 in Milano (figura 1), attraverso l'esecuzione delle analisi sismiche previste dalla normativa vigente.

Si è quindi proceduto alla valutazione delle indagini geognostiche disponibili sul sito per la definizione delle sue caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche e la realizzazione di apposite indagini sismiche, necessarie ai sensi della normativa vigente ed in particolare a quanto contenuto nel D.M. 14.01.08 (*"Aggiornamento del DM 14.09.05 Norme tecniche per le costruzioni"*) per definire le caratteristiche sismiche dei terreni che costituiscono il sito e permettere la realizzazione di un analisi sismica di ai sensi delle D.G.R. 8/7374/2008 e D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 in modo da caratterizzare quantitativamente gli effetti di modifica della pericolosità sismica di base dovuta alle caratteristiche litologiche e sismiche dei terreni in oggetto.

Ciò permette inoltre di valutare l'adeguatezza dell'utilizzo dell'approccio semplificato previsto dalla normativa antisismica nazionale nel considerare gli effetti sismici locali nella definizione dell'azione sismica (categorie di sottosuolo di riferimento – cap. 3.2.2 D.M. 14.01.2008).



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

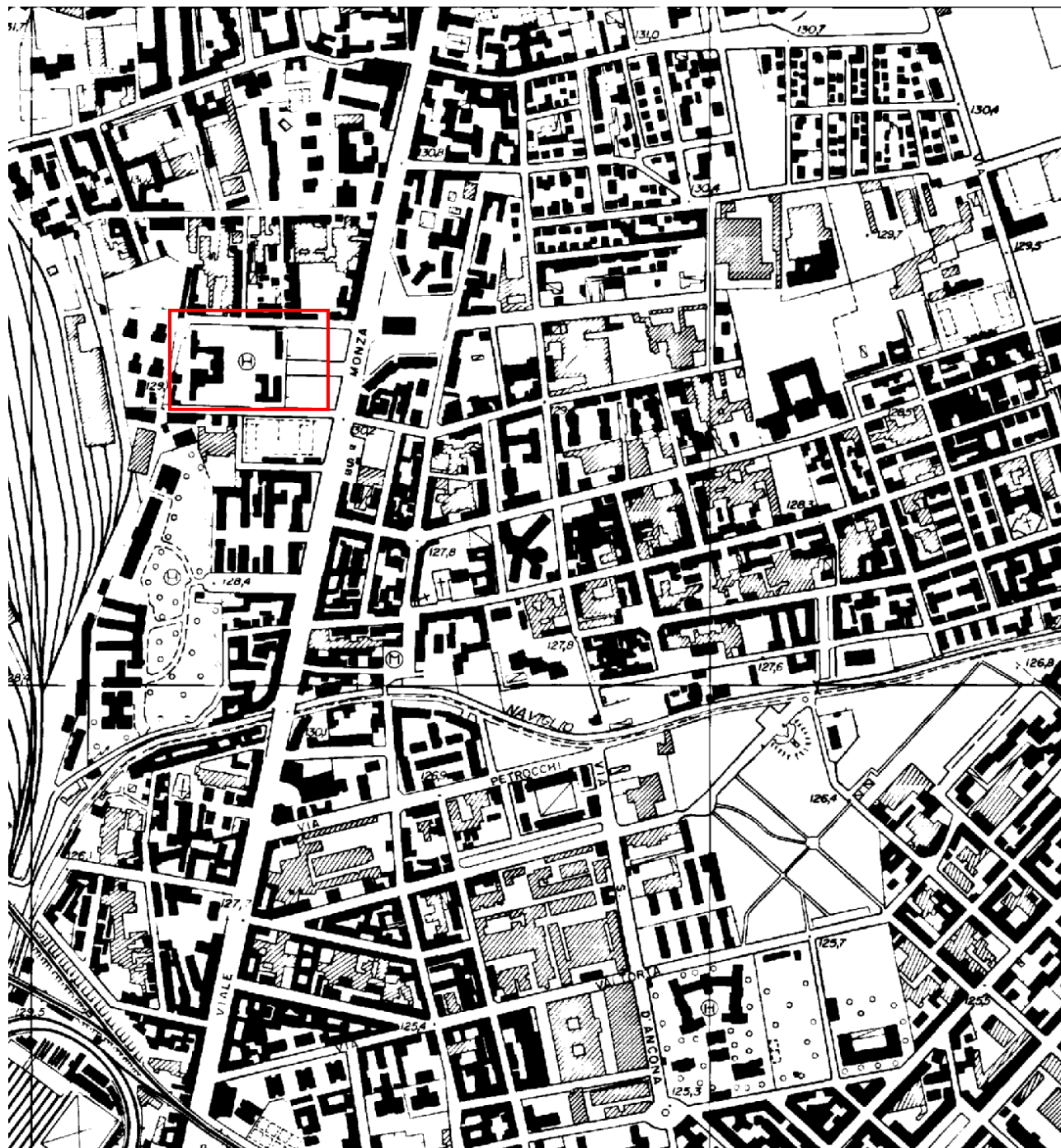



Figura 1: Corografia con ubicazione dell'area in esame
(tratta dalla CTR – Foglio B6d5 in scala 1:10.000).

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon. 223 verifica sismica

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La porzione di territorio in esame è inserita in un ambito della pianura padana caratterizzato dalla presenza omogenea di depositi fluvio-glaciali medio-grossolani che si sono depositi durante l'ultima fase glaciale detta "wurmiana" (*Pleistocene sup.*) e che passando verso sud lasciano il posto a depositi di genesi analoga ma di granulometria inferiore (sabbie e sabbie limose).

Tali depositi fluvio-glaciali costituiscono il piano morfologico principale ed arealmente più esteso che assume il nome di "Livello Fondamentale della Pianura".

Come si osserva dalla carta Geologica d'Italia riportata in figura 2, la situazione geologica, almeno in superficie, risulta decisamente omogenea con la presenza di un'unica formazione: tuttavia esistono delle variazioni locali delle granulometrie sia in senso orizzontale che verticale, legate alla natura intrinseca dei depositi alluvionali, a causa delle continue variazioni meteorologiche ed idrologiche che si sono susseguite nel corso dei secoli.

Nell'area in esame i terreni sono prevalentemente granulari e costituiti da ghiaie e sabbie sciolte, con locali livelli più limoso-argillosi o più ciottolosi.

Per completezza va fatto però osservare che la situazione geologica attuale risente pesantemente della presenza e dell'azione dell'uomo, che ha modificato completamente il primo livello di terreno per circa un paio di metri, obliterando le caratteristiche originali e naturali dei depositi fluvio-glaciali almeno in superficie; in origine infatti i depositi wurmiani presentavano superiormente un livello di natura sabbioso-argillosa che è stato asportato dall'uomo fino a raggiungere lo strato ghiaioso-sabbioso sottostante.

Nel corso dei secoli su questo livello si è accumulato uno strato di materiale di riporto che presenta spessori e caratteristiche variabili da zona a zona in funzione della destinazione che l'area ha avuto nel tempo.



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale




Figura 2: Carta geologica di inquadramento, tratta dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Legenda **q3'** = depositi fluvioglaciali wurmiani (colore verde chiaro); **a1-a2** = depositi alluvionali da attuali ad antichi del fiume Lambro (colore azzurro).

Da un punto di vista geomorfologico l'area in esame si presenta come una superficie pressoché pianeggiante posta ad una quota di circa **129 m s.l.m.**

E' attualmente occupata da edifici e risulta inserita in un contesto completamente urbanizzato.

Non sono presenti processi geomorfologici attivi nell'area in grado di interagire negativamente con le opere in esame.

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
		C. Documento	1498-01
		Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale	
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon. 223 verifica sismica

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ED IDROLOGICO

L'aspetto idrogeologico principale relativamente all'edificio in oggetto è la profondità della falda freatica che costituisce l'acquifero più superficiale con una superficie superiore libera di oscillare nel tempo.

Facendo riferimento ai dati bibliografici messi a disposizione dalla Provincia di Milano e dalla società M.M. s.p.a. che delineano un andamento medio della superficie piezometrica, così come riportato nella figura 3 e 4, si ricava una profondità media della falda di **circa 14 m** da p.c. (quota piezometrica di circa 115 m slm).

A tale valore medio va aggiunta l'oscillazione che la falda subisce nei vari periodi stagionali e valutabile nell'ordine 1-2 m.

Sulla base di tutte le osservazioni disponibili e di considerazioni e previsioni conservative è possibile considerare una **falda di progetto** posta ad una **profondità di circa 12 m** da p.c. e dunque comunque non interagente con le opere interrato esistenti (un piano interrato).



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

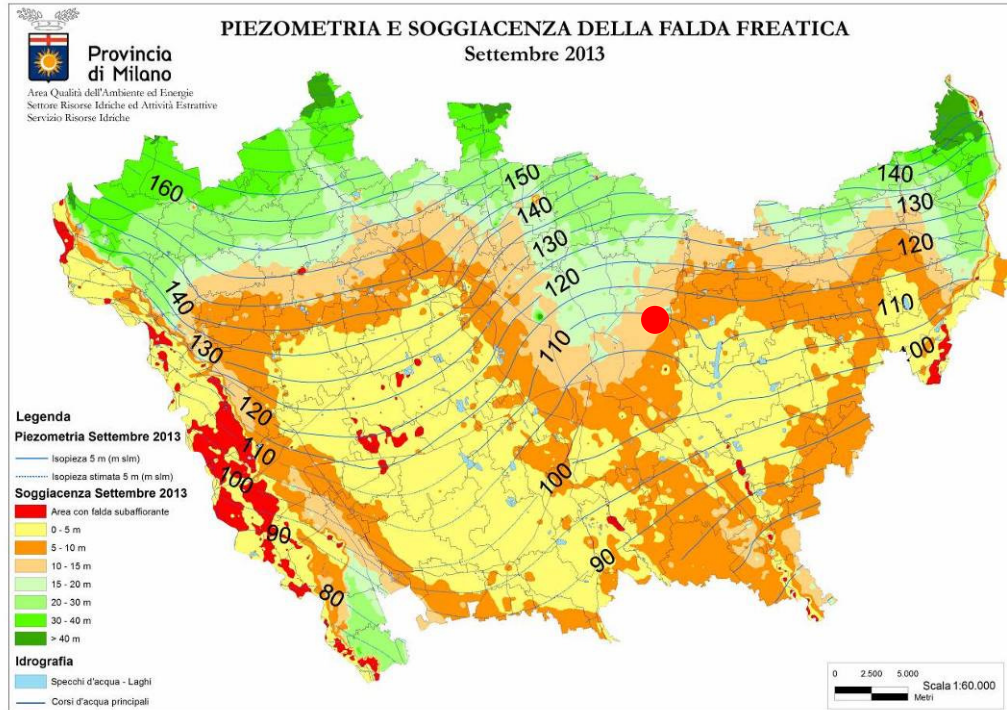


Figura 3: Carta delle linee piezometriche della falda freatica in m s.l.m. con ubicazione dell'area in esame (a cura della provincia di Milano – Marzo 2005); quota indicativa dell'area = 129 m s.l.m.

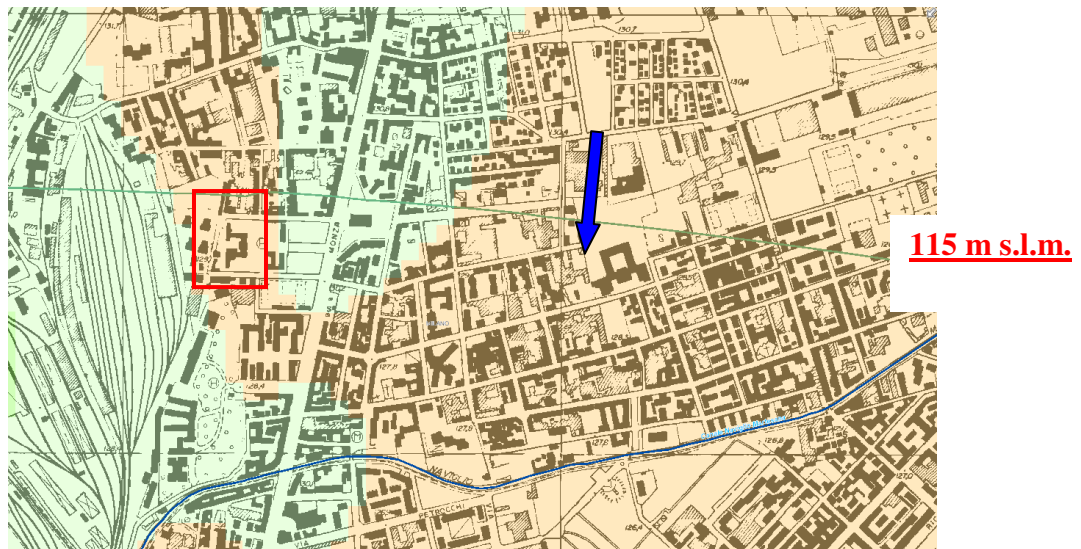



Figura 4: Carta delle linee piezometriche della falda freatica in m s.l.m. con ubicazione della struttura in esame (provincia di Milano – Sett. 2013); quota indicativa dell'area in oggetto = 129 m slm; quota della falda media = 115 m slm. La freccia blu indica la direzione di flusso

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Monza 223 verifica sismica

4. INDAGINI PREGRESSE ESEGUITE E MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI BASE

Per lo studio in oggetto si sono utilizzati i dati geognostici relativi a relazioni geologiche e geotecniche pregresse poi integrate con indagini sismiche appositamente eseguite per questa fase di studio come si vedrà nei prossimi capitoli.

Come indagini pregresse di si è basati in particolare sulle seguenti indagini pregresse realizzate dallo scrivente :


- sulla “*Relazione geologica e geotecnica per realizzazione nuove strutture ospedaliere in via Isocrate dell’Istituto Ospedaliero G. Pini* (n. 218 del 30 ottobre 1999)”
- sulla “*Relazione geologico tecnica per ristrutturazione punto vendita AGIP di viale Monza 166, Milano* (n. 1030 del 4 giugno 2008)”

Le indagini pregresse sono consistite in tre sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti a profondità comprese fra i 20 ed i 30 metri di profondità dall’attuale piano campagna all’interno del quale sono state eseguite numerose prove SPT in avanzamento.

Le indagini svolte hanno permesso di identificare con chiarezza fino alla massima profondità investigata quale sia la situazione stratigrafica che le caratteristiche meccaniche dei terreni che costituiscono il sito in esame: essi risultano composti, al di sotto di un primo limitato rappresentato da uno strato di materiale di riporto o rimaneggiato, tipico di un area urbana di così grande passato, da sabbie e ghiaie più o meno limose, talvolta ciottolose. Tale successione litologica risulta in accordo con quanto noto relativo a questo settore della città ..

Per maggiori dettagli si veda la stratigrafia dei sondaggi pregressi riportate nell’allegato A.

Il modello geologico di riferimento può essere così schematizzato (quota di riferimento = p.c. attuale):

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
		C. Documento	1498-01
		Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale	
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica


Unità geologica	Profondità [m] rispetto a p.c.	Litologia	Falda
I	da 0.0 a 1.5/1.8 m	Riporto	
II	da 1.50/1.8 a 3.0 m	Sabbia fine inglobante ghiaietto in matrice limoso-argillosa	
III	da 3.0 a 6.0 m	Sabbie con ghiaie a tratti ciottolosa	
IV	da 6.0 a 16.0 m	Ghiaia e sabbia con rari ciottoli	-12.0
V	da 16.0 a 30.0 m	Intercalazioni di sabbia e ghiaia a tratti deb. ciottolosa	

Tabella 1: modello geologico del sottosuolo (quota di riferimento : p.c. attuale)


Analogamente, sulla base della elaborazione delle indagini geognostiche pregresse è stato predisposto il seguente modello geotecnico di riferimento per l'area, utile base di partenza per le elaborazioni successive.

Unità Geotecnica	γ [kN/m ³]	Dr [%]	ϕ'	E' [MPa]	Profondità da p.c. [m]	Litologia
A	17	n.d.	(26°)	n.d.	0.0-1.5/1.8	Materiale di riporto
B	18	30-50	26°-30°	20-40	1.5/1.8-3.0	Sabbia e ghiaia in matrice limoso-argillosa
C	19	40-75	28°-32°	40-80	3.0-6.0	Ghiaia e sabbia a tratti ciottolosa
D	19	50-70	29°-36°	80-120	6.0-30.0	Sabbia e ghiaia, a tratti deb. ciottolosa

Tabella 2: Sintesi delle unità geotecniche e delle loro caratteristiche medie.

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon. 223 verifica sismica
<p>In questo modello la falda di progetto è stata convenzionalmente posizionata a quote non interagenti con le fondazioni. Come precisato nel precedente capitolo relativo all'idrogeologia, la falda nel sito in oggetto è posta a profondità medie intorno ai 14 metri dal piano campagna, con un range di 1-2 metri in più od in meno.</p>			

Pag. 11 di 35

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

5. INDAGINI SISMICHE ESEGUITE

In data 06 giugno 2014, ad integrazione dei dati disponibili è stata eseguita, dalla ditta specializzata SIGNA srl, un profilo sismico con la metodologia MASW effettuato nelle immediate vicinanze dell'edificio in studio, con lo scopo di ricostruire l'andamento delle onde sismiche di taglio con la profondità; il modello sismico che si ricava, infatti è alla base della definizione degli effetti sismici del sito e della risposta sismica locale. Di seguito, in figura 5 si riporta la planimetria con l'ubicazione di questa indagine, mentre si rimanda all'allegato B per il report completo della prova effettuata.

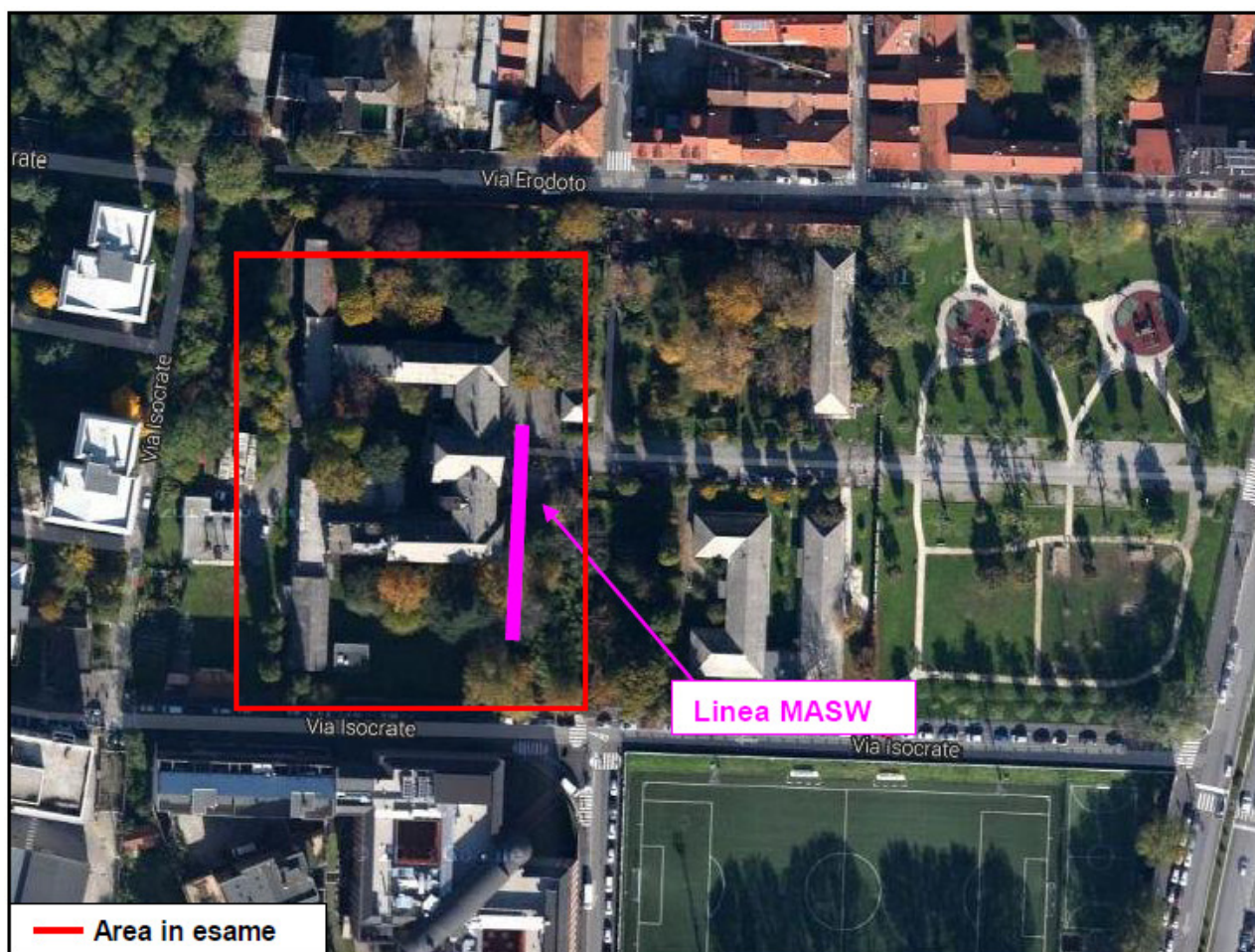



Figura 5 : ubicazione profilo sismico MASW eseguito il 06/06/13 (base tratta da *Goggle Maps*)

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Monza 223 verifica sismica

6. ASPETTI SISMICI GENERALI DI INQUADRAMENTO

Facendo riferimento alla D.G.R. n. 7/14964 del 7 novembre 2003 in attuazione all'Ordinanza 3274 e s.m.i., il territorio comunale di Milano (MI) appartiene alla zona sismica 4 :

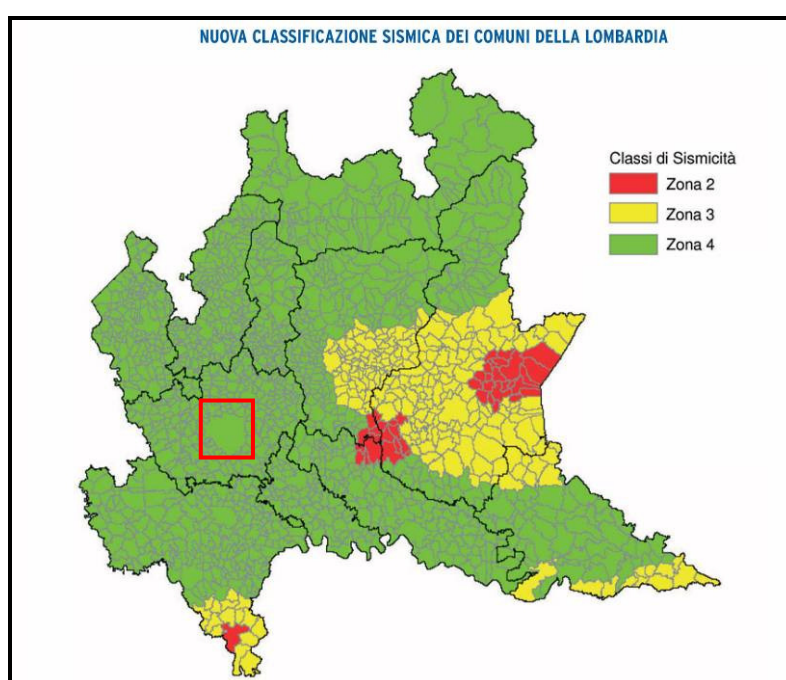



Figura 6: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia in seguito all'Ordinanza 3274/2003 (D.G.R. n.7/14964 del 7 novembre 2003).

Le “*Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. 14.01.2008 hanno introdotto un nuovo elemento metodologico nella stima della pericolosità sismica di base, la quale non risulta più associata alla zona sismica di appartenenza (criterio “zona dipendente” – OPCM 3274 e s.m.i. ed ex D.M. 14.09.2005) ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa su base probabilistica ad uno specifico sito (criterio “sito dipendente”).

Nella seguente figura 7 si riporta un estratto della Carta della Pericolosità Sismica del territorio Nazionale che costituisce il riferimento per il calcolo dell'azione sismica del DM 14.01.2008, da

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Monza 223 verifica sismica

cui emerge che per il territorio di Milano il valore di a_g atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) risulta compreso tra 0.050g e 0.075g, ovvero leggermente superiore all'accelerazione massima prevista per la zona sismica 4 pari a 0.05g (O.P.C.M. 3274 e s.m.i.).

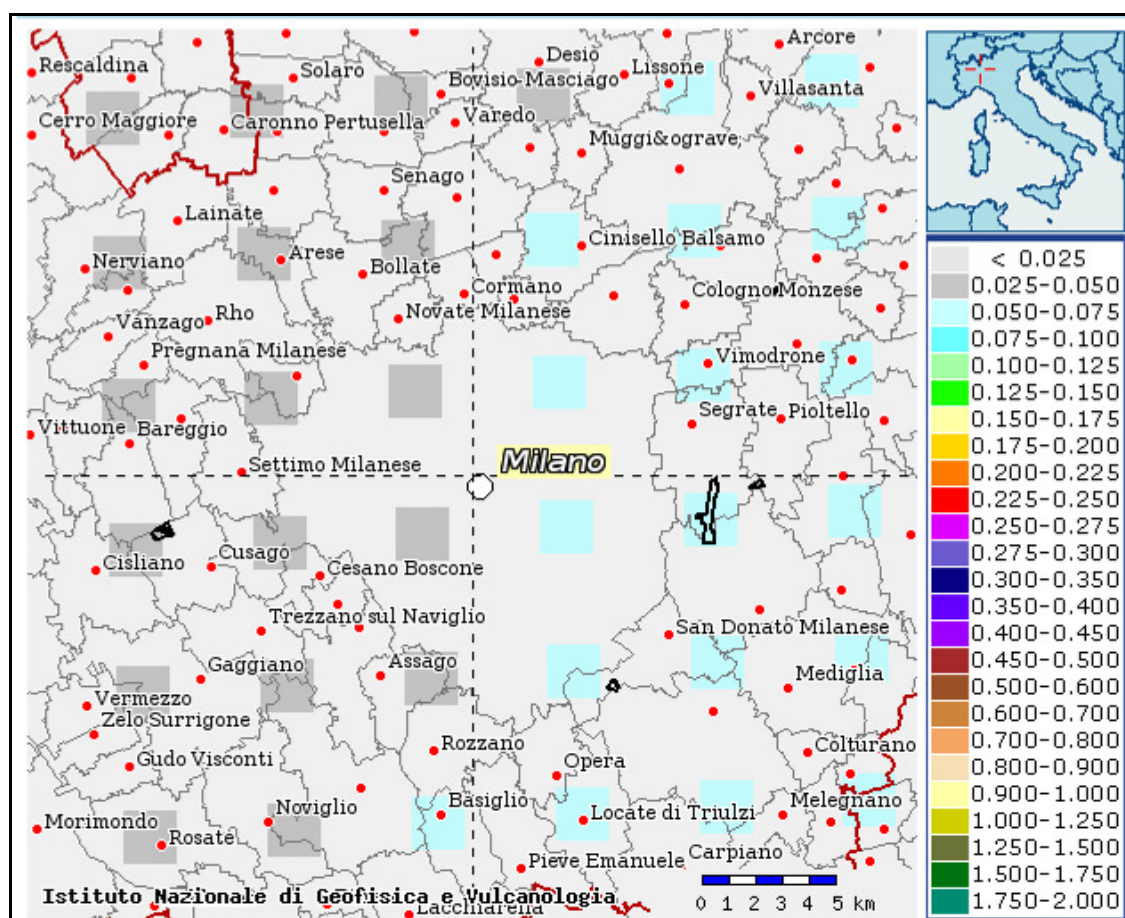


Figura 7: Accelerazione di riferimento su suolo rigido (a_g) per un periodo di riferimento pari a 475. (elaborazione da Progetto DPC-INGV S1, recepita dalle Norme Tecniche 2008).

L'approccio probabilistico, nella definizione della pericolosità sismica, ha come base di partenza l'analisi della distribuzione spazio-temporale dei terremoti avvenuti.



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

Nella tabella 3 seguente si riporta la sismicità storica e recente ricavata dalla consultazione dei cataloghi sismici disponibili (Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI11 [A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi, 2011]; DBMI11 il database macrosismico utilizzato per la compilazione di CPTI11 [Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011]):

Storia sismica di Milano					
Effetti	In occasione del terremoto del:				
Is	Anno Me Gi Or Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
F	1065 03 27 11:25	Brescia	6	7	5.14 ±0.34
7	1117 01 03 15:15	Veronese	55	9-10	6.69 ±0.20
6	1222 12 25 12:30	Basso Bresciano	18	7-8	5.84 ±0.56
NR	1276 07 29 18:30	Italia settentrionale	10	5	5.12 ±0.36
F	1295 09 03	Churwalden	17	8	6.04 ±0.65
NR	1369 02 01	Alessandria	4	6-7	4.93 ±0.34
NR	1383 07 24 20:00	PARMA	7	4-5	4.09 ±0.34
NR	1410 06 10 21:00	Verona	9		
NR	1438 06 11 02:00	Parmense	10	8	5.57 ±0.34
NR	1474 03 11 20:30	MODENA	12	5	4.30 ±0.34
F	1522 10 05 00:10	Pianura Padana	6	5	4.80 ±0.54
F	1570 11 17 19:10	Ferrara	60	7-8	5.46 ±0.25
5	1642 06 13	Bergamo	8	6	5.04 ±0.72
3	1653 04 19 04:40	Pianura Padana	4	5	4.30 ±0.72
F	1661 03 12	Bergamasco	4	5-6	4.68 ±0.34
5	1695 02 25 05:30	Asolano	82	10	6.48 ±0.18
2	1703 01 14 18:00	Appennino umbro-reatino	199	11	6.74 ±0.11
2	1703 02 02 11:05	Aquilano	71	10	6.72 ±0.17
4	1738 11 05 00:30	PARMA	10	7	5.14 ±0.34
4-5	1740 03 06 05:15	GARFAGNANA	31	7	5.24 ±0.35



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

3	1741 04 24 09:00	FABRIANESE	145	9	6.21 \pm 0.13
2-3	1743 02 20 16:30	Basso Ionio	77	9	7.13 \pm 0.19
F	1779 07 14 19:30	Bolognese	17		
3	1780 02 06 04:00	Bolognese	9	6	5.13 \pm 0.57
4-5	1781 09 10 11:30	Media valle dell'Adda	11	6-7	4.90 \pm 0.67
4	1786 04 07 00:25	Pianura Padana	9	6	5.05 \pm 0.56
3	1796 10 22 04:00	Emilia orientale	27	7	5.61 \pm 0.36
5	1802 05 12 09:00	VALLE DELL'OGGIO	85	8	5.64 \pm 0.22
5-6	1806 02 12	NOVELLARA	28	7	5.19 \pm 0.39
2	1808 04 02 16:43	Valle del Pellice	107	8	5.69 \pm 0.15
5	1810 12 25 00:45	NOVELLARA	33	6	5.29 \pm 0.22
F	1811 07 15 22:44	SASSUOLO	21	6-7	5.25 \pm 0.40
3	1818 02 23 18:10	Liguria occidentale- Francia	46	7	5.45 \pm 0.22
3	1818 12 09 18:55	Parmense	26	7	5.28 \pm 0.35
F	1826 06 24 12:15	SALO'	19		
4-5	1828 10 09 02:20	Valle Staffora	114	8	5.76 \pm 0.15
F	1831 09 11 18:15	Reggiano	25	7-8	5.54 \pm 0.32
2-3	1831 09 13 05:30	Reggiano	7		
2-3	1832 03 11 06:45	Carpi (MO)	14	5	4.80 \pm 0.37
3	1832 03 11 08:45	Reggiano	14		
3	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8	5.53 \pm 0.18
4	1834 02 14 13:15	Valle del Taro-Lunigiana	112	9	5.83 \pm 0.15
3	1834 07 04 00:45	Lunigiana-Parmense	24		
3	1836 06 12 02:30	BASSANO	26	8	5.50 \pm 0.32
2	1846 08 14 12:00	Toscana settentrionale	122	9	5.91 \pm 0.13
3	1851 08 03	GIUDICARIE	15	6	5.12 \pm 0.47
3	1854 12 29 01:45	Liguria occidentale- Francia	86		6.73 \pm 0.16
3	1857 02 01	PARMENSE	22	6-7	5.09 \pm 0.25




Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale


2	1873 03 12 20:04	Marche meridionali	196	8	5.95 ±0.10
5	1873 06 29 03:58	Bellunese	199	9-10	6.32 ±0.11
3-4	1873 09 17	LIGURIA ORIENTALE	67	6-7	5.43 ±0.15
NF	1875 03 17 23:51	Romagna sud-orientale	144		5.93 ±0.16
3	1879 02 14	GARGNANO	6	5	4.83 ±0.63
4	1884 09 12 07:23	Bassa valle del Serio	34	6	4.85 ±0.35
4	1885 02 26 20:48	SCANDIANO	78	6	5.19 ±0.15
F	1886 09 05	VAL DI SUSA	102	7	5.25 ±0.17
4-5	1887 02 23 05:21:50	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
4-5	1891 06 07 01:06:14	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.86 ±0.06
3	1892 01 05	GARDA OCC.	100	6-7	5.02 ±0.15
3	1894 11 27 05:07	FRANCIACORTA	183	6	5.07 ±0.10
2-3	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
5	1901 10 30 14:49:58	Salò	190	8	5.70 ±0.10
3	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
RS	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 ±0.10
3	1913 12 07 01:28	NOVI LIGURE	56	5	4.70 ±0.20
3-4	1914 10 26 03:43	TAVERNETTE	67	7	5.41 ±0.16
5	1914 10 27 09:22:36	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
F	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
2	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
F	1916 08 16 07:06	Alto Adriatico	257		6.14 ±0.14
4-5	1918 01 13 12:00	Milanese	25	4-5	4.80 ±0.21
NC	1918 04 24 14:21:20	LECCESE	34	6	4.97 ±0.21
RS	1919 10 22 06:05:54	Anzio	142		5.48 ±0.15
4	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
2	1926 01 01 18:04:06	Slovenia	63	7-8	5.85 ±0.18
2	1927 10 28 21:49	BEDONIA	51	6	4.88 ±0.21

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
		C. Documento	1498-01
		Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale	
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

3-4	1929 04 19 04:15:22	Bolognese	82		
3-4	1929 04 20 01:09:46	Bolognese	109	7	5.34 ±0.13
3	1929 04 29 18:35:59	Bolognese	45		
3	1929 05 11 19:22:48	Bolognese	64		
6	1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7	5.39 ±0.14
3	1960 02 19 02:30	GIUDICARIE	50	6	4.91 ±0.22
4	1960 03 23 23:08:49	Vallese	178		5.00 ±0.20
3	1963 07 19 05:45:28	Mar Ligure	463		6.02 ±0.14
2-3	1967 04 03 16:36:18	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
2-3	1971 01 06 11:10:55	Stradella	23	4-5	3.94 ±0.34
3-4	1971 07 15 01:33:23	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
4	1975 11 16 13:04:25	BORGIO VAL DI TARO	10		4.96 ±0.29
4	1976 05 06 20:00:12	Friuli	770	9-10	6.46 ±0.09
3-4	1976 09 15 09:21:19	Friuli	54		5.98 ±0.15
5	1979 02 09 14:44:17	Capriate S. Gervasio	73	6	4.85 ±0.13
3	1980 12 23 12:01:06	Piacentino	38	6-7	4.60 ±0.09
4	1983 11 09 16:29:52	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
3	1987 05 02 20:43:53	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
4	1996 10 15 09:56:02	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
2-3	2000 08 21 17:14:28	Monferrato	597	6	4.86 ±0.09
3-4	2003 09 14 21:42:53	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09
4	2004 11 24 22:59:38	Lago di Garda	176	7-8	5.06 ±0.09

Tabella 3: Catalogo DBMI11, osservazioni macrosismiche censite per il comune di Milano (totale=99).

Facendo riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 e soprattutto al catalogo delle sorgenti sismiche DISS3 (DISS Working Group (2010) - *“Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in*

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Monza 223 verifica sismica

Italy and surrounding areas” –figura 8) si nota come il territorio di Milano ed un suo ragionevole intorno siano lontani da strutture geologiche in grado di generare terremoti (le cosiddette “faglie capaci”).


A completamento di quanto sopra esposto, in figura 9 si mostra la distribuzione della sismicità “recente” rispetto al territorio in esame, riportando le localizzazioni epicentrali degli eventi registrati dalla rete Sismica Nazionale nell’intervallo di tempo compreso tra il 1981 ed il 2006 (Catalogo della sismicità italiana C.S. 1.0).

Anche in questo caso si evidenzia l’assenza di terremoti di una certa entità localizzati in prossimità del territorio di Milano, dimostrando come l’area sia caratterizzata da una bassa potenzialità sismica il cui aspetto principale risulta legato agli effetti risentiti e prodotti da terremoti di energia medio-elevata ($ML > 5$) avvenuti in aree epicentrali esterne e lontane del territorio in esame.

Tale aspetto risulta confermato dall’analisi della disaggregazione della pericolosità sismica per il comune di Milano da cui emerge che il contributo maggiore alla pericolosità sia legato ad eventi sismici con magnitudo compresa tra 4.5 e 5.5 e distanze epicentrali superiori ai 30-40 km (figura 12 riportata nel successivo capitolo).



Figura 8: Ubicazione delle sorgenti sismiche (catalogo DISS3).

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
		C. Documento	1498-01
		Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale	
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon. 223 verifica sismica

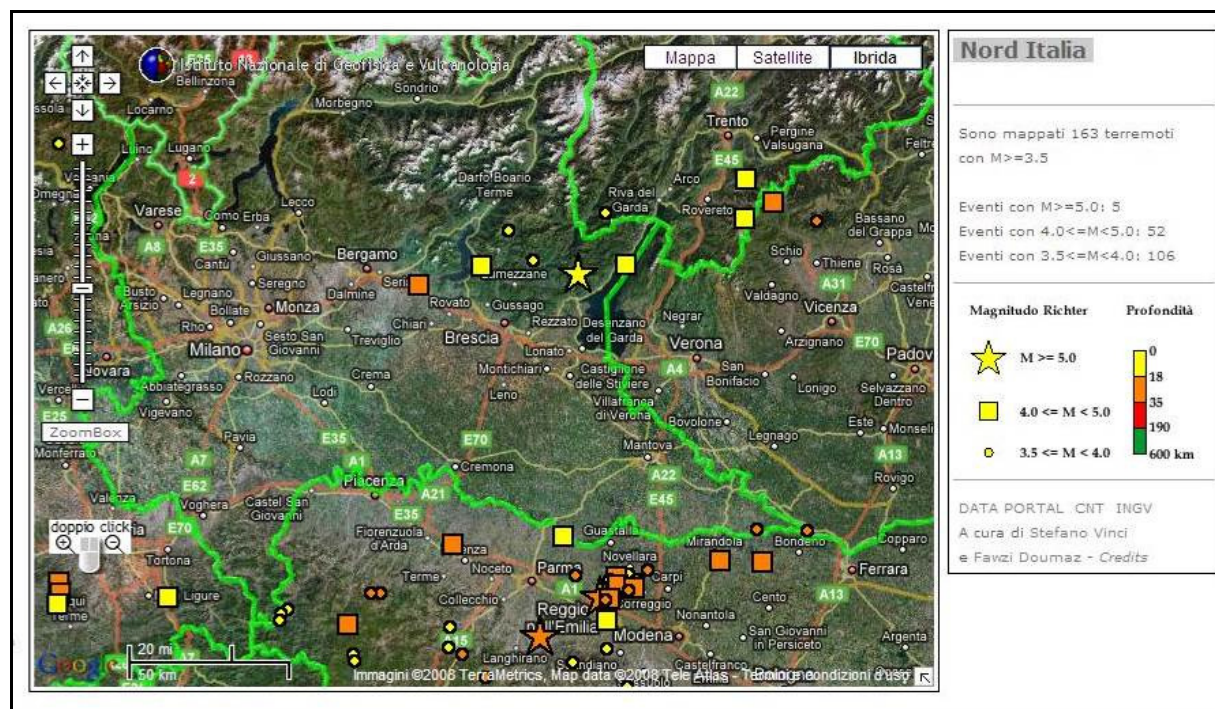



Figura 9 : Ubicazione dei terremoti recenti – periodo 1980-2006 (INGV).

Tuttavia, i soli valori di a_g non sono sufficienti a descrivere le caratteristiche del moto atteso in un sito (figura 7 precedente) : le locali condizioni geologiche e geomorfologiche possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica di un'area/sito.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei terreni e dei materiali coinvolti; pertanto, gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione dei possibili effetti locali, distinguibili in due grandi gruppi: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità (o effetti cosismici).


Mentre gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente tale nei confronti delle sollecitazioni sismiche (esempio i versanti, le frane quiescenti, ecc.), gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese.

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
		C. Documento	1498-01
		Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale	
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon. 223 verifica sismica

Quest'ultimi sono rappresentati dall'insieme di modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione di base (bedrock sismico), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le strutture locali.

Gli effetti di amplificazione litologica costituiscono, per il sito in esame, l'effetto sismico di sito principale che si verifica quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche.

Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Monza 223 verifica sismica

8. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI SITOSPECIFICI

La valutazione della risposta sismica locale (RSL o effetti di sito) rappresenta l'analisi sismica più dettagliata e consente di determinare l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione di base (bedrock), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

Le simulazioni numeriche sono state effettuate utilizzando il codice di calcolo SHAKE91 (Schnabel et al. 1972; Idriss e Sun, 1992), il quale definisce un modello monodimensionale adottando un comportamento del mezzo di tipo "lineare equivalente" (schematizzazione compatibile con i livelli di deformazione attesi per l'area in esame).

Per la definizione del modello lito-sismico da utilizzare nelle analisi della Risposta Sismica Locale si è fatto riferimento alle indagini geognostiche pregresse ed in particolare a sondaggio geognostico S1 spinto fino a 20 m di profondità eseguito nel 1999 e riportato in allegato A, oltre che ed ai risultati della campagna di indagini geofisiche appositamente realizzata e consistita nell'esecuzione di N. 1 profilo sismico con la metodologia MASW (vedi Allegato B e successiva figura 10).

Le indagini geofisiche hanno avuto come obiettivo la ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -z): nella stima e nell'attendibilità degli effetti litologici sito-specifici, il modello sismico monodimensionale (V_s -z) costituisce l'elemento di principale importanza.



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

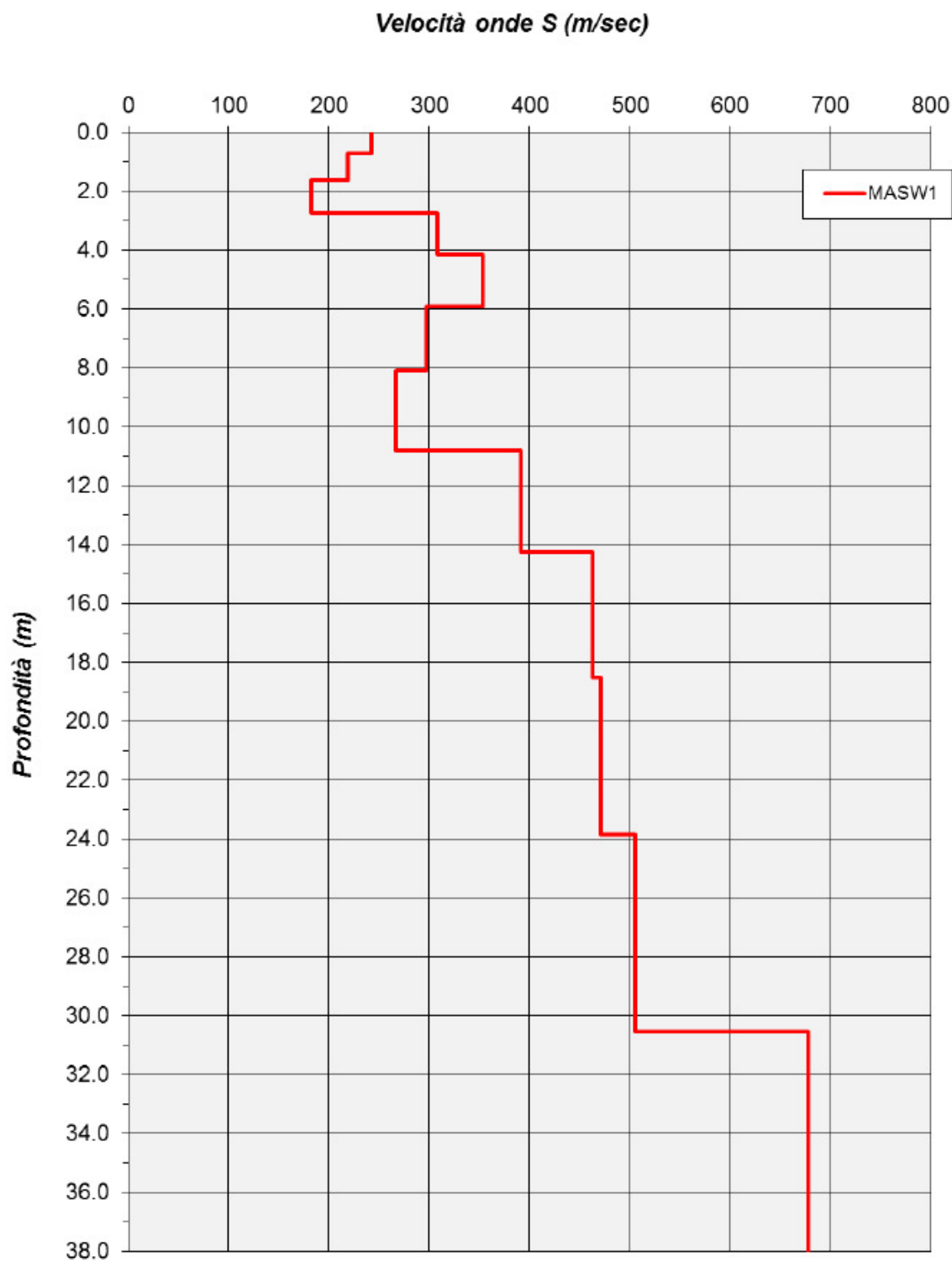



Figura 10: diagramma Vs /profondità della MASW M1

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Monza 223 verifica sismica

Le curve di degrado (G- γ e D- γ) utilizzate nelle simulazioni sono quelle mediamente rappresentative di ciascuna litologia di riferimento (Seed et al., 1986; Vucetic e Dobry, 1991) così come fornite dalla Regione Lombardia.

Come già accennato i terreni che costituiscono il sito sono caratterizzati da una successione di depositi granulari sabbioso-ghiaiosi che si estende fino ad almeno 40-50 m di profondità con un primo livello di materiale di riporto di spessore variabile.

Le azioni sismiche di ingresso sono rappresentate da una combinazione di accelerogrammi reali scalati il cui spettro di risposta combinato è compatibile con lo spettro di risposta del moto atteso per il comune di Milano per un periodo di ritorno di 712 anni (Spettro Target - suolo A; vedi figura 11).

Il periodo di ritorno per l'azione sismica è stato definito in accordo con le NTC08 utilizzando una Classe d'uso pari a III (tabella 4).

Azione sismica				
	V_N [anni]	C_U	V_R [anni]	T_R [anni]
SLV	50	1.5	75	712

Tabella 4: Periodo di ritorno delle azioni sismiche.

Tali accelerogrammi sono stati selezionati utilizzando il software REXEL 3.5 (*Iervolino I., Galasso C., Chioccarelli E. 2008-2011 - REXEL: computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures*). La selezione degli accelerogrammi è stata effettuata utilizzando il database internazionale *European Strong-motion Database* (ESD), basandosi sugli studi di disaggregazione per la definizione della coppia M-R di ricerca degli accelerogrammi (figura 12, già citata nel capitolo precedente) che si potranno utilizzare nei casi previsti dall'allegato 5 della DGR 30 novembre 2011 n. IX/2616 così come pubblicata dal BURL n. 3 serie ordinaria del 19 gennaio 2012 . .

Gli accelerogrammi di input vengono fatti propagare a partire dal bedrock sismico (strato con $V_s > 800$ m/s). Non essendo stato rilevato direttamente, la profondità del bedrock sismico è



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

stata ipotizzata assegnando un gradiente delle velocità delle onde S con la profondità di tipo logaritmico, desunto dai dati misurati nelle prove MASW.

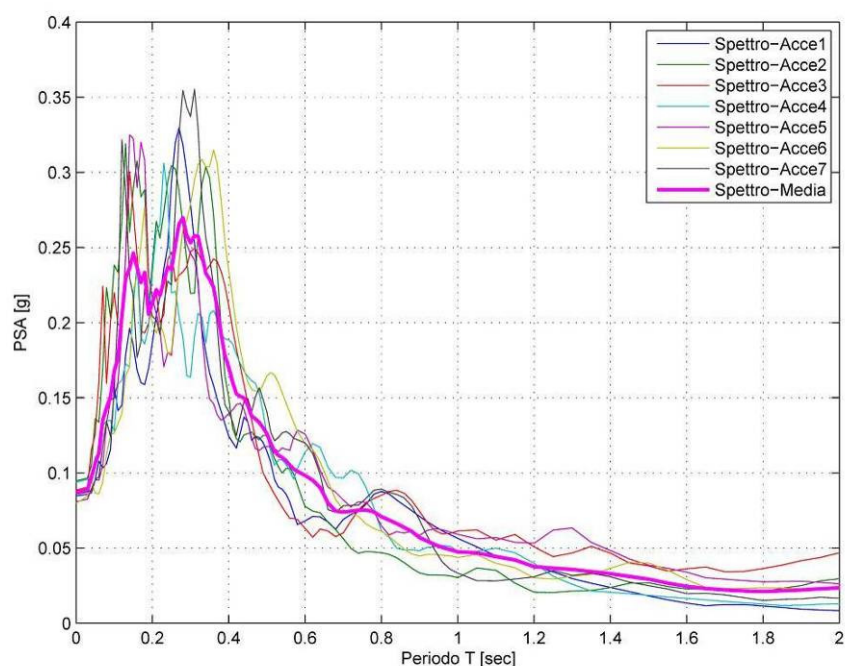


Figura 11: Spettro target e spettri degli accelerogrammi selezionati (Rexel 3.5)

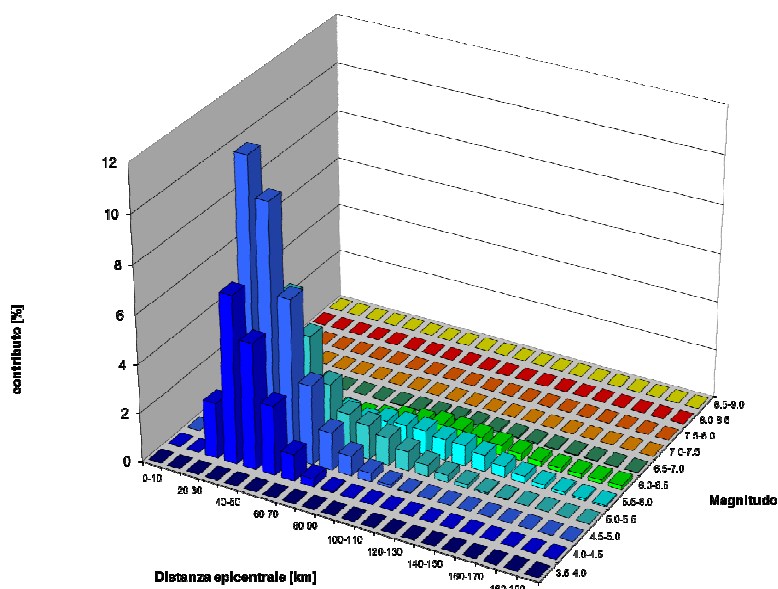



Figura 12 : Analisi della disaggregazione per il comune di Milano - INGV.

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale		C. Documento	1498-01
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Monza 223 verifica sismica

Per il caso in oggetto, sulla base di quanto previsto nelle NTC08 di riferimento, per calcolo delle V_{s30} si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.


Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori (tabella 4) , determinati utilizzando i seguenti criteri :

- Piano campagna coincidente con piano piazzale attuale dove si è eseguita la prova
- Valutazione dei 30 metri dal piano campagna
- Valutazione dei trenta metri a partire da -2,5 metri (quota approssimata della base dello scantinato)

Quota di calcolo da p.c.	$V_{s,30}$ [m/s]	Categoria sottosuolo
0.0 m	366.61	B
-2.5 m	405.96	B
>-2.5 m	-	B

Tabella 4: valori medi calcolati di V_{s30} a partire dal piano campagna e dal piano cantinato

a cui corrisponde quindi per tutte le aree indagate, la **categoria di suolo di fondazione di tipo B**, così come riportato nella seguente tabella 5 seguente.

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
		C. Documento	1498-01
		Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale	
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Categori a	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT,30}$	$C_{u,30}$ (kPa)
A	<u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> , 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	<u>Rocce tenere e depositi di terreni da grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	15-50	70-250
D	<u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	<u>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</u> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).			
S1	<u>Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u,30} < 20$ kPa)</u> che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche			
S2	<u>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti</u>			

Tabella 5 : categorie di suolo



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Monza 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale


9. DEFINIZIONE DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO LE NTC08 E CONCLUSIONI

Nel calcolo dell'azione sismica si è fatto riferimento a quanto contenuto nel D.M. 14.01.2008, in particolare ai capitoli 2 e 3.

Le ipotesi assunte nella definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione risultano:

- **Zona sismica = 4;**
- Vita nominale della struttura: **$V_N = 50$ anni;**
- **Classe d'uso = III;**
- Periodo di riferimento per l'azione sismica **$V_R = 75$ anni** ($C_U = 1.5$);
- Valori di accelerazione massima orizzontale e dei parametri spettrali per i diversi stati limite (valori interpolati ottenuti dalla media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono il sito in esame [ED50 – 45.509369; 9.221890] così come definito nell'Allegato A e B):

	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_c^*
		[anni]	[g/10]		[s]
SLO	81%	45	0.024	2.548	0.185
SLD	63%	75	0.029	2.561	0.208
SLV	10%	712	0.057	2.663	0.290
SLC	5%	1462	0.069	2.709	0.305

 Dr. Geol. Francesco Serra	A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini struttura di viale Monza 223 - Milano	Data	10/06/14
		N. Commessa	1498
		C. Documento	1498-01
		Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale	
		Revisione	(DG-SF)
		Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

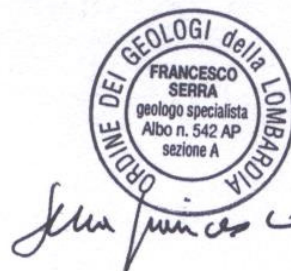
- **Categoria di sottosuolo = B, categoria topografica = T1** e coefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5\%$ a cui corrispondono i seguenti valori:

Si ottengono i seguenti coefficienti sismici :

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,540	1,000	0,006	0,003	0,277	0,200
SLD	1,200	1,510	1,000	0,007	0,003	0,342	0,200
SLV	1,200	1,410	1,000	0,014	0,007	0,676	0,200
SLC	1,200	1,390	1,000	0,017	0,008	0,816	0,200

Che diventano i seguenti se, ad esempio, si utilizza un valore di accelerazione massima attesa di 0,25 m/s² :

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	--	--	--	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	--	--	--	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	--	--	--	0,005	0,003	0,250	0,200
SLC	--	--	--	0,005	0,003	0,250	0,200





Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

ALLEGATO A

- INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE-



Dr. Geol. Francesco Serra

A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon. 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

29.10.99									
ROTAZIONE CAROTAGGIO									
CAROTIERE SEMPLICE DIAMETRO 101 mm									
WIDIA									
DIAMETRO 127 mm									



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

PERFORAZIONE No. S 1	PAG. 2	SEQUE	TOT. 2
02.11.99			
ROTAZIONE CAROTAGGIO			
CAROTIERE SEMPLICE DIAMETRO 101 mm			
WIDIA			
DIAMETRO 127 mm			
Profondita' Campione			
Campione tipo			
Profondita' da p.c.			
30.0			
28.20			
26.20			
24.0			
21.60			
Colonna stratigrafica			
Sabbia fine limosa grigio verdastro inglobante raro ghiaietto			
Sabbia media localmente debolmente limosa, grigiastra, inglobante raro ghiaietto			
ghiaia, ghiaietto e rari ciottoli (D max 8 cm) poligenici in matrice sabbiosa eterometrica grigiastra			
Sabbia eterometrica grigio marrone con ghiaietto e rara ghiaia			
ghiaia, ghiaietto e rari ciottoli con sabbia eterometrica grigio marrone, localmente debolmente limosa			
Carotaggio			
R.Q.D.			
Manovra di carotaggio			
Pocket			
No			
No colpi			
Profond.			
MAX.			
RES.			
Strumentaz. installata			
Note (fluido, perfor. etc.)			



Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

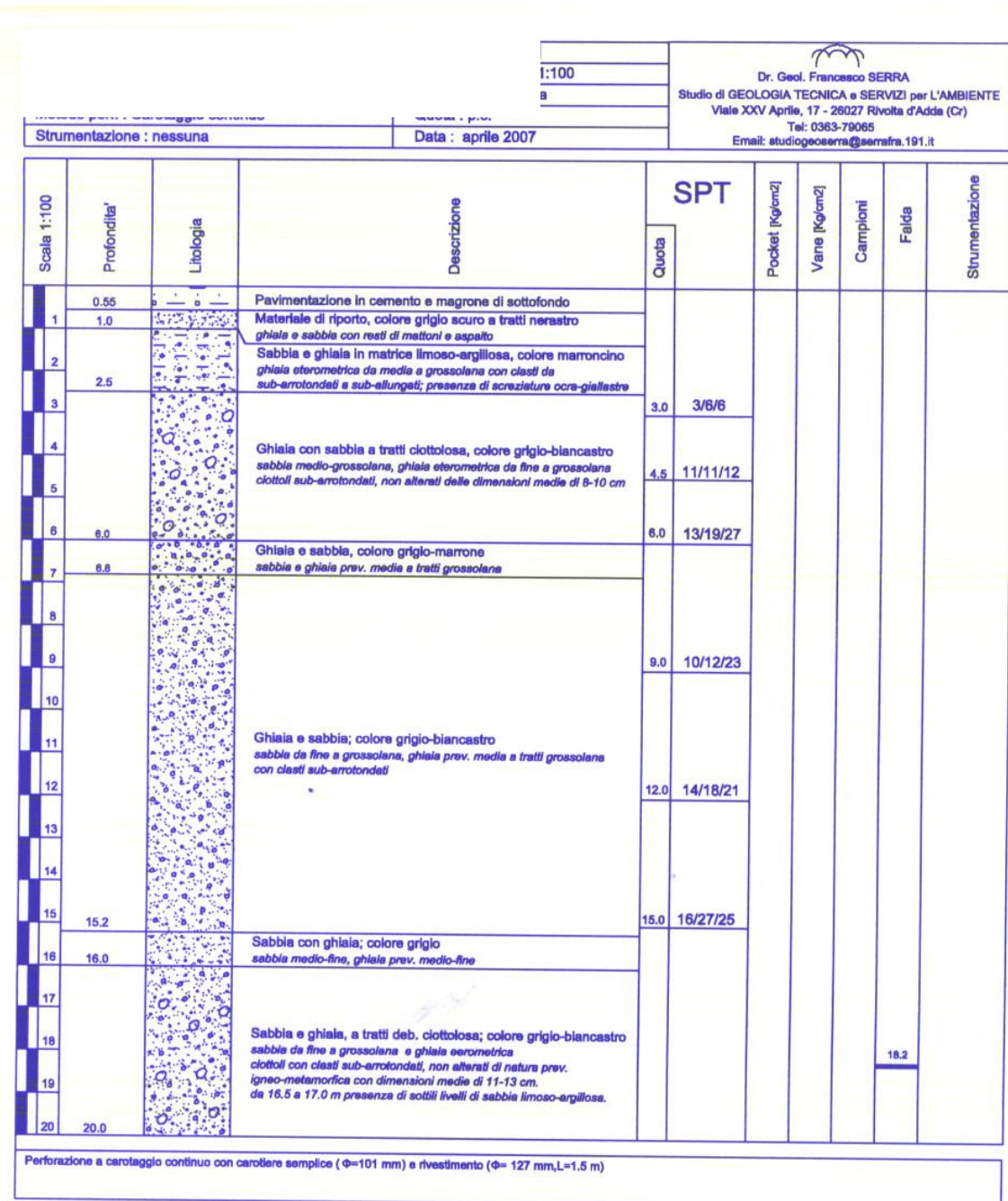
Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

[illegible]



Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale



LEGENDA

SPT = Standard penetration test, campionatore Raymond con punta aperta [AGI, 1977]

CR1 = campioni rimaneggiati.

C1-S. = campioni indisturbati tipo Shelby.

Falsi = metri rispetto a p.c. dato rilevato ad inizio perforazione.
 dato rilevato a fine perforazione.

Strumentazione = piezometro tubo aperto 2"

Descrizione litostратigrafica [Agl, 1977]

0.002 0.06 2 60 (φ, mm)				
ARGILLA	LIMO	SABBIA	GHIAIA	CIOTTOLI

%	limite AGI
50 - 50	8
50 - 25	con
25 - 10	-oso
10 - 5	deb. -oso



Dr. Geol. Francesco Serra

**A.O. Istituto Ortopedico Gaetano Pini
struttura di viale Monza 223 - Milano**

Data	10/06/14
N. Commessa	1498
C. Documento	1498-01
Revisione	(DG-SF)
Nome file	Relazione 1498 Pini via Mon: 223 verifica sismica

Caratterizzazione geo-sismica e valutazione della risposta sismica locale

ALLEGATO B

- REPORT PROFILO SISMICO MASW -

Signa srl

INDAGINI GEOFISICHE

Committente: dott. geol. Serra Francesco.

Località: Viale Monza 223.

Comune: Milano (MI)

Indagine: Indagine geofisica con la metodologia MASW.

RAPPORTO TECNICO

Codice documento: 21-14			Numero pagine: 13		
A	10/06/14	EMISSIONE	DG	DG	DG
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato



SIGNA srl
Via G. Donizetti, 7 – 24040 Boltiere (BG)
Tel/Fax 035-806318 – Cell. 331-8218021
Cod.Fisc. e P.IVA 05388280967
www.signasrl.it; e-mail: info@signasrl.it



SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	10/06/2014
	N. Commessa	21-14
	C. Documento	01
Indagine geofisica con la metodologia MASW	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_MilanovialeMonza

INDICE GENERALE

1. INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2. INDAGINE GEOFISICA MASW: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	5
3. ELABORAZIONE DATI	9

ALLEGATO

SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	10/06/2014
	N. Commessa	21-14
	C. Documento	01
Indagine geofisica con la metodologia MASW	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_MilanovialeMonza

1. INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un profilo sismico con la metodologia MASW presso l'area situata in viale Monza n. 223 nel comune Milano.

La campagna di indagine è stata eseguita nella giornata del 06 giugno 2014 su incarico dello *Studio di Geologia Tecnica e Servizi per l'Ambiente* del dott. geol. Serra Francesco.

Scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -z).

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito (o risposta sismica locale - RSL) che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (definizione della categoria di sottosuolo).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.01.2008; D.G.R. n. 8/7374 e D.G.R. IX/2616/2011).

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

In figura 1 si riporta l'ubicazione della prospezione MASW effettuata.

SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	10/06/2014
	N. Commessa	21-14
Indagine geofisica con la metodologia MASW	C. Documento	01
	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_MilanovialeMonza



Figura 1: ubicazione della prova MASW effettuata (immagine tratta da *Google Map*).

SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	10/06/2014
	N. Commessa	21-14
	C. Documento	01
Indagine geofisica con la metodologia MASW	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_MilanovialeMonza

2. INDAGINE GEOFISICA MASW: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del *Kansas Geological Survey* (Park C.B. et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo” (Zywicki D.J., 1999; Park C.B., Miller R.D., 2006; Roma V., 2006):

1) Nel “**metodo attivo**” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

2) Nel “**metodo passivo**” lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 1.5 m (la configurazione geometrica adottata è stata dettata

SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	10/06/2014
	N. Commessa	21-14
	C. Documento	01
Indagine geofisica con la metodologia MASW	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_MilanovialeMonza

sia dalle condizioni logistiche che dalla necessità di ricostruire al meglio lo spettro di velocità delle onde superficiali di Rayleigh).

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking*).

La sorgente è stata posta ad una distanza compresa tra 6 e 12 m dal primo geofono effettuando più energizzazioni in punti differenti (*"Optimum Field Parameters of an MASW Survey"*, Park C.B. et al., 2005; Dal Moro G., 2008; Dal Moro G., 2012).

Terminata l'indagine attiva, con la stessa configurazione geometrica si è passati alla registrazione dei microtrempi (MASW passiva) acquisendo in totale 10-12 registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 30 s.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva e passiva:

n°	Strumentazione	Caratteristiche
1	Unità di acquisizione	sismografo GEOMETRICS "GEODE" a 24 bit
24	Geofoni verticali	"Geospace" con $f_0 = 4.5$ Hz
1	Cavo sismico	L = 60 m
1	Sorgente	Mazza battente su piattello metallico



Figura 2: Strumentazione utilizzata per la prova MASW.

Riassunto modalità esecutive della prova MASW ATTIVA	
Spaziatura tra i geofoni	1.5 m
Distanza sorgente 1° geofono	6 - 12 m
Tempo di campionamento	1.0 ms
Tempo di registrazione	2.0 s

Riassunto modalità esecutive della prova MASW PASSIVA	
Spaziatura tra i geofoni	1.5 m
Tempo di campionamento	4.0 ms
Tempo di registrazione	30.0 s
Numero di registrazioni	10



Figura 3: Vista dello stendimento MASW effettuato.

SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	10/06/2014
	N. Commessa	21-14
	C. Documento	01
Indagine geofisica con la metodologia MASW	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_MilanovialeMonza

3. ELABORAZIONE DATI

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (**SurfSeis 4.0** della Kansas University, Park C. B., 2006-2013).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "*phase velocity-frequency (c-f)*" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Gli spettri bidimensionali ottenuti dalle registrazioni con il metodo attivo e con quello passivo, elaborati in fasi separate, vengono successivamente combinati in modo da ottenere uno spettro unico.

In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Inoltre, la combinazione dei due metodi MASW consente di individuare il "modo fondamentale" delle onde di superficie nel campo di frequenze compreso tra i 4 e i 40 Hz e di ottenere informazioni sia "superficiali" che "profonde".

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (si veda la curva di dispersione riportata in allegato).

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

Indagine geofisica con la metodologia MASW

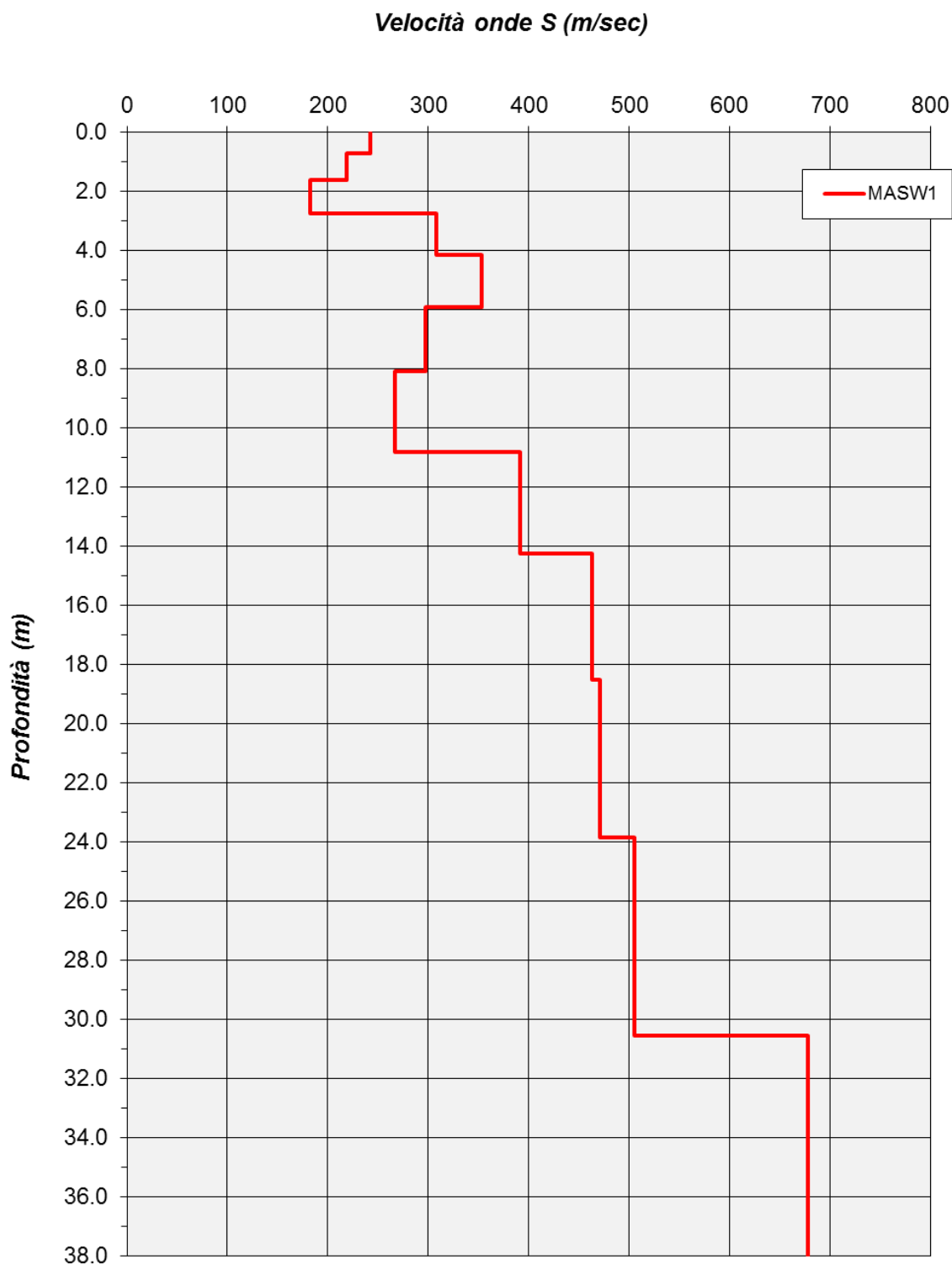
L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Dall'inversione della curva di dispersione (relativa al "modo fondamentale" delle onde superficiali di Rayleigh) si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata:

MASW 1			
Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	0.72	242.40	0.72
2	0.90	218.40	1.62
3	1.12	182.74	2.74
4	1.40	308.01	4.14
5	1.75	352.89	5.89
6	2.19	297.09	8.08
7	2.74	266.56	10.82
8	3.42	391.65	14.24
9	4.28	462.93	18.52
10	5.35	471.10	23.86
11	6.68	505.28	30.55
12	7.64	677.51	38.18

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion



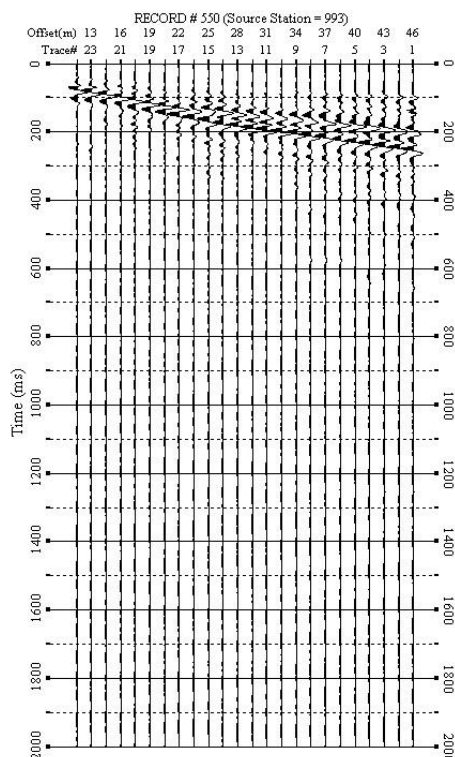
SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	10/06/2014
	N. Commessa	21-14
	C. Documento	01
Indagine geofisica con la metodologia MASW	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_MilanovialeMonza

ALLEGATO

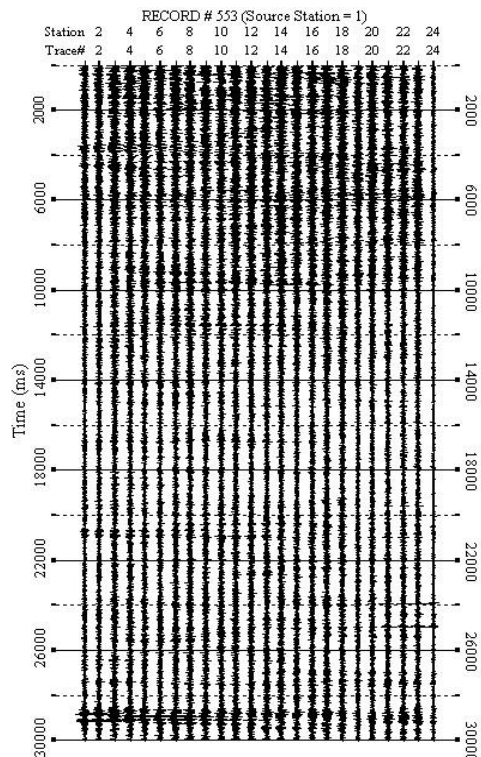
Data	10/06/2014
N. Commessa	21-14
C. Documento	01
Revisione	A (DG)
Nome file	MASW_MilanovialeMonza

MASW1

registrazione attiva



registrazione passiva



CURVA DI DISPERSIONE

