

**COMUNE DI MARTIGNANA DI PO**  
**PROVINCIA DI CREMONA**  
**REGIONE LOMBARDIA**



## **DOCUMENTO DI PIANO**

**Allegato 4**  
**STUDIO GEOLOGICO**

### **RELAZIONE GEOLOGICA**

Il Sindaco .....

Il Segretario Comunale .....

CON DELIBERA C.C. IL .....  
N° .....

APPROVATO IL .....  
CON DELIBERA C.C. N° .....

PUBBLICATO IL .....  
SUL B.U.R.L. N° .....



**Dott. Geologo**

**LUCA GIORGI**

Via Enrico Toti, 3 - 27058 Voghera (PV)  
Tel. /Fax. 0383 62257

Coordinazione generale:

**Pianificatore Territoriale**  
**Urbanista Architetto**  
**GIUSEPPE TAMAGNINI**

**Variante Generale**

**Piano di Governo  
del Territorio PGT**



## **INDICE**

<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
• <b>1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE</b>	<b>3</b>
• <b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE</b>	<b>4</b>
• <b>3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA</b>	<b>11</b>
• <b>4. ANALISI E VALUTAZIONI DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO</b>	<b>34</b>
• <b>5. ZONAZIONE AI FINI EDIFICATORI</b>	<b>41</b>

## PREMESSA

La presente Relazione costituisce l'elaborato illustrativo delle indagini e considerazioni geologico-applicative connesse alla progettazione del Piano di Governo del Territorio del Comune di Martignana di Po, , in ottemperanza a quanto disposto dall'art. 57 della Legge Regionale del 11 marzo 2005, n° 12 " Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio".

Il citato documento normativo prescrive le linee guida metodologiche, che si fondano su due successive fasi operative:

Fase di analisi, che consiste nell'acquisizione dei dati geolitologici, geomorfologici, idrogeologici, ecc. esistenti e nel loro eventuale apposito rilevamento integrativo in sito. Tale fase permette di realizzare una carta di inquadramento, che essenzialmente riporta i locali elementi geologici, geotecnici, idrogeologici di interesse ai fini edificatori.

Fase di sintesi e proposte, a sua volta articolata in due distinti momenti, che si concretizzano nell'elaborazione dei seguenti documenti cartografici:

- carta di sintesi che, con i dati precedentemente acquisiti ed elaborati, presenta una zonazione del territorio per aree omogenee sotto l'aspetto della pericolosità, essenzialmente sotto il profilo del dissesto idrogeologico in atto o potenziale ovvero della vulnerabilità idrogeologica.

- carta di fattibilità geologica per le azioni di piano che, desunta dalla precedente, propone una zonazione del territorio in funzione delle limitazioni dovute allo stato di pericolosità e di rischio geologico e idrogeologico.

In accordo con le linee guida generali della citata normativa, il lavoro è iniziato con una ricerca bibliografica di documenti sia editi che inediti ed è poi proseguito con l'interpretazione delle fotografie aeree zenitali e con il rilevamento geomorfologico di superficie.

In particolare, nella fase di rilevamento di campagna ci si è avvalsi di un supporto cartografico (della cartografia regionale (C.T.R. alla scala 1/10.000), mentre per le definizioni di tipo geopedologico, geotecnico ed idrogeologico ci si è avvalsi di studi ed interpretazioni pregressi e del supporto dell'Ufficio tecnico del Comune, nonché degli Uffici regionali e dipartimentali.

## **1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE**

Il comune di Martignana di Po si colloca nella pianura cremonese sud-orientale, a ridosso del fiume Po il cui corso segna il confine a Sud con la Regione Emilia-Romagna. I limiti territoriali trovano collocazione entro le tavole CTR D8d2 e D8d3.

L'ambito comunale è ubicato all'interno di una vasta zona impostata su un'unica superficie topografica degradante verso Sud, ossia verso l'asse padano.

Vista la posizione geografica del territorio comunale, si comprende che le quote di altitudine siano decisamente basse e poco differenziate. La pendenza complessiva della superficie topografica, molto regolare, si attesta sul valore di 1.0 per mille.

La sola discontinuità morfologica che caratterizza l'area in esame è rappresentata dall'argine maestro del fiume Po che rappresenta la più importante opera di difesa idraulica per salvaguardare il territorio dalle piene del fiume, oltre ad argini minori a difesa di case sparse ubicate in area golenale.

All'interno delle superfici pianeggianti, l'andamento dei confini catastali e depressioni poco accentuate avvallamenti individuano le tracce dei paleomeandri fluviali.

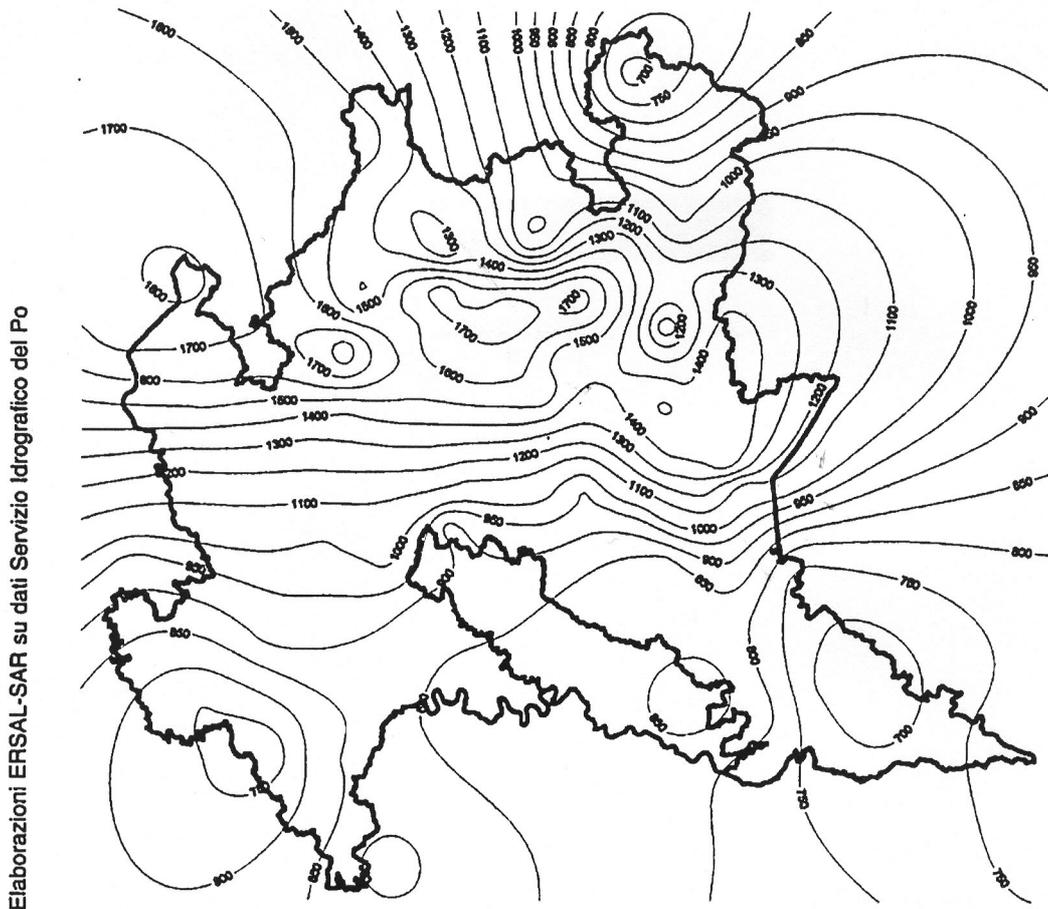
### *Regime termo pluviometrico*

L'area considerata appartiene alla regione climatica padana, che presenta un clima di tipo continentale, con inverni rigidi ed estati relativamente calde, con elevata umidità, specie nelle zone con più ricca idrografia, nebbie frequenti specie in inverno, piogge piuttosto limitate (600-1000 mm/anno) ma relativamente ben distribuite durante tutto l'anno, ventosità ridotta e frequenti episodi temporaleschi estivi.

Per un inquadramento climatico generale dell'area vengono qui considerate come stazioni di riferimento quelle di Crema, Cremona e Casalmaggiore poste grosso modo lungo l'asse maggiore della provincia.

Dall'analisi delle isoterme medie annue (1950-86) relative alla Lombardia (Figura 1) risulta evidente un gradiente termico negativo da Sud-Est verso Nord-Ovest, con il territorio provinciale che presenta ovunque valori superiori ai 13 °C (l'isoterma dei 13 °C corre sopra il limite settentrionale della provincia).

Come si evidenzia dai dati numerici il mese più freddo risulta gennaio (con temperature medie di 1-2 °C) e quello più caldo luglio, con temperature medie di 24 °C.



Precipitazioni medie annue in mm (1950/86)

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Per meglio comprendere l'assetto strutturale sepolto della pianura cremonese si rimanda alla locale configurazione litostratigrafica del sottosuolo, ove si rileva la presenza di una coltre di depositi continentali di spessore variabile disposti a copertura delle formazioni di genesi marina, definite da peculiari strutture morfo-tettoniche costruite dalle ultime fasi dell'orogenesi alpina, protrattesi sino all'era quaternaria e caratterizzate da opposte vergenze.

Per la relativa posizione esterna nei confronti dei retrostanti tratti di catene emerse ed in funzione del reciproco orientamento, gli alti morfo-strutturali descritti hanno determinato e condizionato lo sviluppo dei sedimenti continentali sovrastanti, sia in senso verticale che areale, attraverso fasi deposizionali verificatesi solo all'avvenuto colmamento delle a-

diacenti depressioni morfo-strutturali, mentre nel periodo di lacuna deposizionale le porzioni sommitali degli alti erano sottoposte ad intensi processi erosivi subaerei e di mare sottile che hanno dato origine a spianate assimilabili alle platee di erosione marina.

La scarpata esterna delle platee, dotata di acclività antitetica rispetto alle superfici di accavallamento tettonico, funge da limite di separazione e discordanza fra le formazioni marine costituenti lo zoccolo dislocato degli alti strutturali ed i depositi fluvio-glaciali che hanno colmato le depressioni antistanti e, attraverso un processo di over-lapping, le spianate sommitali sino al completo seppellimento.

**L'assetto tettonico del basamento terziario** al di sotto della coltre alluvionale quaternaria, è interessato dalle complesse strutture scoperte dalle ricerche petrolifere.

La figura di seguito riportata mette in evidenza la posizione e l'andamento di vari elementi strutturali (accavallamenti e pieghe) esistenti nel sottosuolo della pianura lombarda a nord del Po. Queste strutture sepolte consistono prevalentemente in sistemi di pieghe sud-vergenti ad orientamento ONO-ESE, caratterizzate da ripetuti fenomeni di ondulazione assiale, e da sovrascorrimenti. La comparsa di tali strutture è riferibile ad una fase tettonica di età pliocenica media, dal momento che i sedimenti più recenti coinvolti nella deformazione raggiungono il Pliocene medio-superiore (circa 2 milioni di anni fa) e le strutture stesse sono ricoperte in discordanza dai sedimenti plio-pleistocenici marini.

Studi recenti (Burrato, Ciucci e Valensise, 2001) vogliono dimostrare che l'attività tettonica (sollevamenti e abbassamenti) di alcune di queste importanti strutture sepolte può influenzare l'andamento dell'idrografia superficiale, estremamente sensibile ai cambiamenti dei gradienti topografici indotti dall'attività tettonica.

Sebbene gran parte di queste strutture siano sede di deformazioni continue ed essenzialmente asismiche, è comunque possibile che alcune di esse, oltre ad essere attive, siano anche sismogenetiche. Questa considerazione è giustificata dal fatto che esistono evidenti correlazioni tra la presenza di anomalie idrografiche superficiali, indotte dalle strutture sepolte e importanti terremoti storici (Soncino del 1802) localizzati in queste zone. Non è da escludere che queste importanti strutture sepolte abbiano contribuito in modo decisivo al processo di diversione fluviale del fiume Serio, avvenuto tra l'XI ed il XIV sec (V. Ferrari, 1992).

## 2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE

In superficie l'intero territorio comunale è interessato da depositi alluvionali che si distribuiscono in due piani separati da un dislivello altimetrico poco accentuato.

- Il piano situato a Sud dell'argine maestro del Po: su questo piano il fiume ha divagato in epoche storiche, depositandovi sabbie e ghiaie, con decisa prevalenza di queste ultime. La bibliografia geologica assegna a questi depositi il nome "Alluvioni postglaciali", attribuendo ad esse un'età olocenica (*Alluvium* Auct.).
- Il piano situato a Nord dell'argine maestro del Po: è parte delle alluvioni recenti che si raccordano con la superficie principale della pianura; i depositi sono caratterizzati dalla costante presenza di sedimenti limoso-sabbiosi in superficie, passanti a granulometrie più grossolane con la profondità, alternate a lenti argillose impermeabili. La bibliografia geologica assegna a questi depositi il nome "Fluvioglaciale e fluviale", attribuendo ad essi un'età olocenica o pleistocenica.

## 2.2 SUOLI

Per quanto riguarda le unità pedologiche (suoli) presenti in territorio comunale, la principale pubblicazione di riferimento è l'atlante pubblicato dall'ENTE REGIONALE DI SVILUPPO AGRICOLO della Lombardia (ERSAL).

Si riporta di seguito il testo tratto dalla pubblicazione "Paesaggi e suoli della Provincia di Cremona" (1997) relativo all'ambito comunale.

### *Piane alluvionali - VA*

*Il Sottosistema delle piane alluvionali caratterizza il tratto di bassa pianura dove i fiumi sono delimitati da arginature artificiali più o meno pronunciate, allo scopo di evitare possibili esondazioni e, ove la pianura alluvionale si allarga come nella zona orientale dell'area indagata, scorrono in prevalenza pensili, cioè rilevati, rispetto al territorio circostante. L'età dei suoli (formati su depositi olocenici recenti) è quindi legata alla frequenza delle alluvioni, che era elevata fino a quando i fiumi furono definitivamente imbrigliati entro potenti arginature, il tempo ha quindi favorito l'evoluzione dei suoli posti nelle aree altimetricamente più indisturbate, mentre la morfologia del territorio ha condizionato la selezione granulometrica dei sedimenti e ha regolato l'idrografia e il drenaggio, favorendo processi ossidati-*

vi nelle parti più rilevate e processi riduttivi nelle zone più depresse. In prossimità delle aree più rilevate (dossi) e indisturbate, il tempo, la favorevole posizione morfologica e la buona permeabilità dei sedimenti hanno favorito la decarbonatazione degli orizzonti superficiali e la formazione di orizzonti di alterazione all'interno del profilo pedologico. Nell'ambito delle aree piane o lievemente depresse, i fenomeni di ristagno idrico all'interno del profilo hanno invece determinato la presenza di suoli idromorfi e poco evoluti; nelle aree marcatamente depresse, con accentuate condizioni di idromorfia spesso associate alla presenza di sedimenti fini, si rinvengono suoli decisamente idromorfi e localmente con caratteristiche vertiche (crepacciature superficiali durante la stagione estiva e rigonfiamenti nel periodo umido) dovute all'elevato tenore in argille espandibili dei depositi. Nelle aree golenali infine, il periodico apporto di sedimenti non ha permesso lo sviluppo di orizzonti genetici all'interno del profilo pedologico, che si presenta quindi poco differenziato e con strati non decarbonatati e poco alterati.

### **2.3 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO**

Dalle ultime osservazioni e studi svolti sull'argomento (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia, 2002), si definisce unità idrostratigrafica un corpo geologico di notevole estensione areale che costituisce un corpo geologico complesso, formato da gruppi di strati con geometrie e caratteri petrofisici variabili ma caratterizzati da una genesi sedimentologica comune.

L'individuazione delle Unità Idrostratigrafiche (UIS), consente di studiare l'idrodinamica sotterranea locale considerando ciascuna Unità idraulicamente isolata dalle altre.

Da queste definizioni sono state riconosciute quattro UIS fondamentali, denominate Gruppo Acquifero A, B, C, databili al Pleistocene sup. e medio, e D (Pleistocene inf. o Villafranchiano) e suddivise sulla base del volume complessivo degli acquiferi utili in ciascuna Unità e sullo spessore, continuità ed estensione areale del livello acquitardo o impermeabile posto alla base di ciascuna di esse.

Dalle sezioni litostratigrafiche in possesso (vedi sezione) relative alla zona, si nota come le prime due UIS (Gruppi Acquiferi A e B) si collochino entro i depositi continentali caratterizzati da una permeabilità media molto elevata; entro queste, l'alternanza di sedi-

menti sabbioso-ghiaiosi e delle intercalazioni argillose determinano il cosiddetto sistema acquifero delimitato superiormente ed inferiormente dagli acquitardi.

L'analisi delle stratigrafie a disposizione mostrano i possibili rapporti geometrici che intercorrono fra le diverse UIS, come riportato nella sezione seguente.

I gruppi acquiferi B e C sono isolati dal gruppo A da una serie di livelli argillosi discontinui arealmente che conferiscono alle falde un debole carattere di artesianità.

Il campo di moto dei corpi idrici più profondi segue orientazioni diverse, accentuate dalle discontinuità strutturali presenti alla base della successione villafranchiana e tali ostacoli di natura morfo-strutturale inducono a ritenere che le acque presenti in detti acquiferi siano caratterizzate da tempi di rinnovamento estremamente lunghi: il rallentamento del deflusso delle acque profonde, a regime artesiano o semi-artesiano è confermato dall'elevato tasso di mineralizzazione, con alti tenori in Ferro, Manganese ed Ammoniacca che talora oltrepassano le soglie di potabilità previste dalla normativa vigente, originati dal contatto delle acque con depositi torbosi frequenti nella sequenza fluvio-lacustre.

#### *Proprietà dinamiche degli acquiferi*

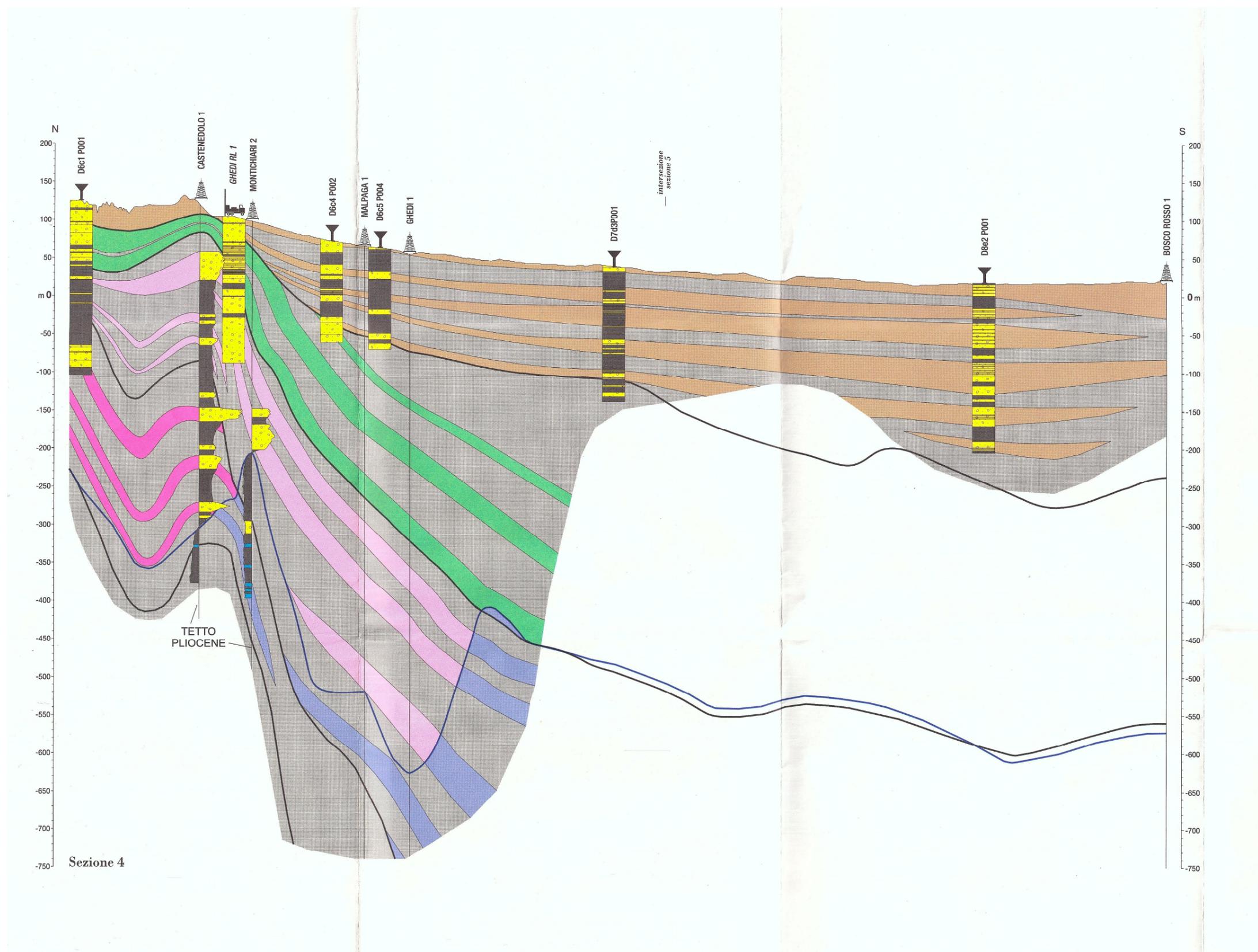
Il gruppo acquifero superiore (A) è fortemente vulnerabile dal percolato superficiale, a causa dello scarso grado di protezione offerto dai suoli e dal primo sottosuolo, definiti da un grado di permeabilità medio o elevato derivante dalla composizione tessiturale. Ciò è evidenziato anche nel PTUA della Regione Lombardia

Il gruppo acquifero B presenta un discreto grado di protezione costituito dalla presenza a tetto di un livello impermeabile argilloso la cui estensione areale non è certa, ma che dalle stratigrafie a disposizione pare avere una certa continuità nel settore geografico di pertinenza.

Non si conoscono le potenzialità del gruppo acquifero C ma è presumibile, dalle stratigrafie a disposizione, che esso abbia un più spiccato carattere di artesianità ed un maggiore grado di protezione.

Di seguito si riporta lo schema idrostratigrafico della sezione compresa fra Castenedolo (BS) e Casalmaggiore.





### **3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

I suoli ed il sottosuolo del territorio comunale di Martignana di Po offrono poche differenziazioni sia per quanto riguarda la composizione litologica che per quanto concerne le prerogative geotecniche dei terreni; si tratta infatti di sedimenti in prevalenza incoerenti, dove le più marcate difformità sono costituite dalle lenti di materiale argilloso-limoso presenti, con spessori modesti ed in discontinuità areale, entro i sedimenti a prevalente componente limoso-sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa.

Sommariamente è possibile attuare la seguente suddivisione:

#### **ZONA 1 (Dossi)**

Aree debolmente rilevate o convesse facenti parte dei depositi alluvionali recenti della pianura, caratterizzati dalla presenza di spessori di suolo di ordine metrico, spesso sabbiosi, caratterizzati da notevole permeabilità e vulnerabilità nei confronti del percolato superficiale;. La natura granulare e incoerente dei primi livelli del suolo, ma anche del sottosuolo più profondo, ad esclusione di locali intercalazioni argillose discontinue arealmente, consente in genere l'applicazione di indici di carico idonei per le fondazioni dirette dei manufatti di nuova costruzione.

#### **ZONA 2 (Alluvioni Recenti)**

Corrisponde a quelle zone morfologicamente depresse dove i suoli sono caratterizzati da forte idromorfia, con presenza della falda costantemente entro 1 metro di profondità, e drenaggio lento o impedito. E' presumibile che entro i primi livelli del sottosuolo si rilevino strati comprimibili di natura limoso-argillosa i quali, per il costante grado di saturazione, riducono i valori degli indici di carico unitari per le fondazioni degli edifici di nuova realizzazione a termini non elevati, mentre la posizione molto superficiale della superficie freatica e l'impossibilità di un rapido drenaggio pongono seri problemi nella realizzazione degli scavi, per quanto concerne l'angolo di parete ed il relativo mantenimento.

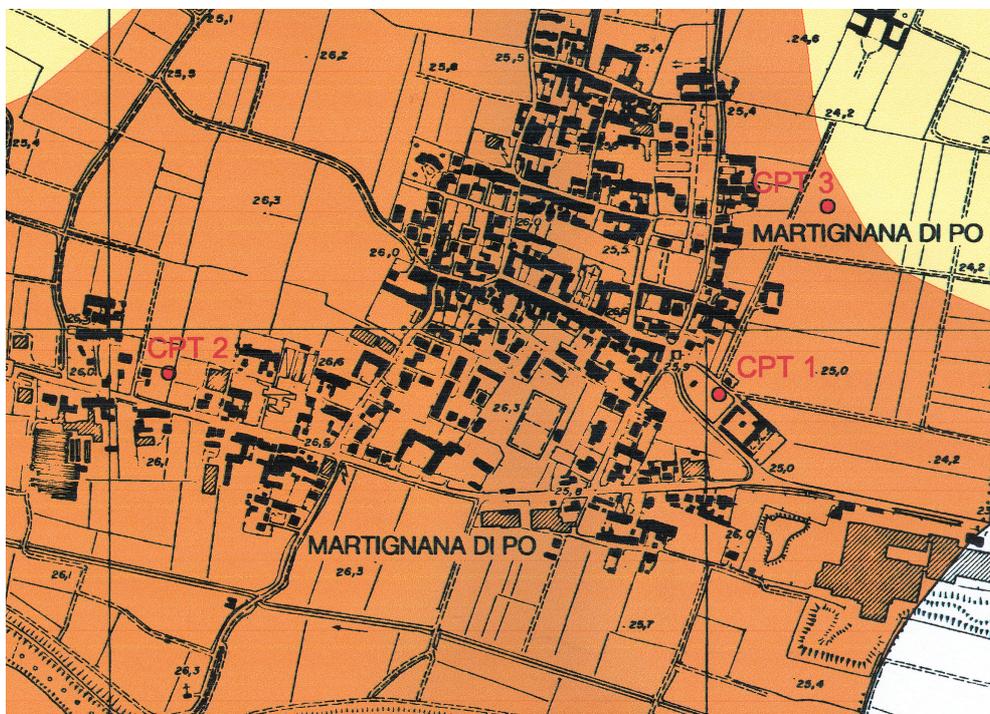
### ZONA 3 (Alluvioni Oloceniche)

Comprende tutte quelle forme direttamente o indirettamente collegate ai processi geodinamici fluviali, ed è rappresentato nel territorio in esame dal sistema della valle alluvionale del fiume Po.

L'alveo attivo del fiume Po costituisce l'elemento morfologico di maggior spicco del comprensorio; esso, ad andamento sinuoso pluricursale (modello braided), presenta un profilo longitudinale dotato di pendenza mediamente costante, più accentuato rispetto al piano principale della pianura, rispetto al quale si pone in posizione incisa, determinando una sezione trasversale di tipo scatolare.

Nel complesso i suoli geneticamente connessi ai processi di geomorfologia fluviale sono a tessitura grossolana con abbondante frazione ghiaiosa.

Per offrire una stima delle caratteristiche geotecniche dei terreni all'interno dei limiti amministrativi comunali è possibile fare riferimento alle indagini svolte nel 2008 dalla Dott. ssa Geol. Francesca Torti, di cui si allega l'ubicazione e gli elaborati di interpretazione.



Ubicazione dei punti di indagine

## ANALISI PROVE STATICHE CON PENETROMETRO MECCANICO [CPT]

Committente: Comune di Martignana di Po

Località: Martignana di Po

Data: 25/06/2008

Passo delle misure = 20,00 cm.

Profondità della falda = 2,1 m.

## PROVA PENETROMETRICA STATICA n. 1

z = profondità

Rp = resistenza di punta (bar)

Rl = resistenza d'attrito (bar)

## VALORI CALCOLATI

z	Qc	Fs	Rf	L	g	sv	sv'	Uo
0,4	1,6	126,7	7,92	Torba	17,5	7,3	7,3	0,0
0,6	1,4	113,3	8,10	Torba	17,5	10,8	10,8	0,0
0,8	3,3	186,7	5,66	Argilla	18,0	14,4	14,4	0,0
1,0	5,7	153,3	2,69	Sabbia limosa	19,5	18,3	18,3	0,0
1,2	4,3	173,3	4,03	Argilla limosa	18,5	22,0	22,0	0,0
1,4	2,7	186,7	6,91	Argilla	18,0	25,6	25,6	0,0
1,6	3,9	146,7	3,76	Argilla limosa	18,5	29,3	29,3	0,0
1,8	3,4	173,3	5,10	Argilla	18,0	32,9	32,9	0,0
2,0	2,2	146,7	6,67	Argilla	18,0	36,5	36,5	0,0
2,2	2,6	86,7	3,33	Argilla limosa	18,5	40,2	38,7	1,5
2,4	1,4	140,0	10,00	Argilla	17,5	43,7	40,3	3,4
2,6	1,2	86,7	7,22	Argilla	17,5	47,2	41,8	5,4
2,8	1,2	80,0	6,67	Argilla	17,5	50,7	43,3	7,4
3,0	1,4	93,3	6,67	Argilla	17,5	54,2	44,9	9,3
3,2	1,4	100,0	7,14	Argilla	17,5	57,7	46,4	11,3
3,4	1,4	100,0	7,14	Torba	17,5	61,2	48,0	13,2
3,6	1,4	106,7	7,62	Argilla	17,5	64,7	49,5	15,2
3,8	1,0	100,0	10,00	Torba	17,5	68,2	51,0	17,2
4,0	1,3	113,3	8,72	Argilla	17,5	71,7	52,6	19,1
4,2	3,0	53,3	1,78	Sabbia	20,0	75,7	54,6	21,1
4,4	5,4	113,3	2,10	Sabbia	20,0	79,7	56,6	23,1
4,6	6,3	126,7	2,01	Sabbia	20,0	83,7	58,7	25,0
4,8	7,7	166,7	2,16	Sabbia limosa	19,5	87,6	60,6	27,0
5,0	8,3	200,0	2,41	Sabbia limosa	19,5	91,5	62,6	28,9
5,2	9,9	200,0	2,02	Sabbia	20,0	95,5	64,6	30,9
5,4	6,7	246,7	3,68	Sabbia limosa	19,5	99,4	66,5	32,9
5,6	7,4	233,3	3,15	Sabbia limosa	19,5	103,3	68,5	34,8
5,8	6,0	240,0	4,00	Argilla limosa	18,5	107,0	70,2	36,8
6,0	7,8	193,3	2,48	Sabbia limosa	19,5	110,9	72,2	38,7
6,2	8,5	240,0	2,82	Sabbia limosa	19,5	114,8	74,1	40,7
6,4	8,4	226,7	2,70	Sabbia limosa	19,5	118,7	76,0	42,7
6,6	9,7	220,0	2,27	Sabbia limosa	19,5	122,6	78,0	44,6
6,8	7,0	286,7	4,10	Argilla limosa	18,5	126,3	79,7	46,6
7,0	8,4	206,7	2,46	Sabbia limosa	19,5	130,2	81,6	48,6

7,2	9,4	173,3	1,84	Sabbia	20,0	134,2	83,7	50,5
7,4	7,0	280,0	4,00	Argilla limosa	18,5	137,9	85,4	52,5
7,6	11,0	166,7	1,52	Sabbia	20,0	141,9	87,5	54,4
7,8	9,9	240,0	2,42	Sabbia limosa	19,5	145,8	89,4	56,4
8,0	9,9	273,3	2,76	Sabbia limosa	19,5	149,7	91,3	58,4
8,2	8,9	273,3	3,07	Sabbia limosa	19,5	153,6	93,3	60,3
8,4	8,9	206,7	2,32	Sabbia limosa	19,5	157,5	95,2	62,3
8,6	8,7	240,0	2,76	Sabbia limosa	19,5	161,4	97,1	64,3
8,8	9,2	226,7	2,46	Sabbia limosa	19,5	165,3	99,1	66,2
9,0	11,6	200,0	1,72	Sabbia	20,0	169,3	101,1	68,2
9,2	13,3	313,3	2,36	Sabbia limosa	19,5	173,2	103,1	70,1
9,4	12,2	340,0	2,79	Sabbia limosa	19,5	177,1	105,0	72,1
9,6	10,0	313,3	3,13	Sabbia limosa	19,5	181,0	106,9	74,1
9,8	8,1	226,7	2,80	Sabbia limosa	19,5	184,9	108,9	76,0
10,0	8,7	320,0	3,68	Sabbia limosa	19,5	188,8	110,8	78,0
10,2	11,3	180,0	1,59	Sabbia	20,0	192,8	112,8	80,0
10,4	7,0	300,0	4,29	Argilla limosa	18,5	196,5	114,6	81,9
10,6	7,3	280,0	3,84	Argilla limosa	18,5	200,2	116,3	83,9
10,8	7,3	220,0	3,01	Sabbia limosa	19,5	204,1	118,3	85,8
11,0	8,4	233,3	2,78	Sabbia limosa	19,5	208,0	120,2	87,8
11,2	8,6	206,7	2,40	Sabbia limosa	19,5	211,9	122,1	89,8
11,4	9,7	193,3	1,99	Sabbia	20,0	215,9	124,2	91,7
11,6	6,1	213,3	3,50	Sabbia limosa	19,5	219,8	126,1	93,7
11,8	6,2	200,0	3,23	Sabbia limosa	19,5	223,7	128,1	95,6
12,0	11,0	220,0	2,00	Sabbia	20,0	227,7	130,1	97,6
12,2	12,3	240,0	1,95	Sabbia	20,0	231,7	132,1	99,6
12,4	10,3	300,0	2,91	Sabbia limosa	19,5	235,6	134,1	101,5
12,6	12,4	306,7	2,47	Sabbia limosa	19,5	239,5	136,0	103,5
12,8	8,3	286,7	3,45	Sabbia limosa	19,5	243,4	137,9	105,5
13,0	10,5	166,7	1,59	Sabbia	20,0	247,4	140,0	107,4
13,2	11,4	213,3	1,87	Sabbia	20,0	251,4	142,0	109,4
13,4	14,9	293,3	1,97	Sabbia	20,0	255,4	144,1	111,3
13,6	8,8	266,7	3,03	Sabbia limosa	19,5	259,3	146,0	113,3
13,8	5,6	280,0	5,00	Argilla limosa	18,5	263,0	147,7	115,3
14,0	8,0	100,0	1,25	Sabbia	20,0	267,0	149,8	117,2
14,2	4,8	186,7	3,89	Argilla limosa	18,5	270,7	151,5	119,2
14,4	4,9	120,0	2,45	Sabbia limosa	19,5	274,6	153,4	121,2
14,6	2,1	140,0	6,67	Argilla	18,0	278,2	155,1	123,1
14,8	6,5	113,3	1,74	Sabbia	20,0	282,2	157,1	125,1
15,0	14,1	213,3	1,51	Sabbia	20,0	286,2	159,2	127,0
15,2	17,7	220,0	1,24	Sabbia	20,0	290,2	161,2	129,0
15,4	7,5	353,3	4,71	Argilla limosa	18,5	293,9	162,9	131,0
15,6	6,2	226,7	3,66	Argilla limosa	18,5	297,6	164,7	132,9
15,8	5,4	180,0	3,33	Sabbia limosa	19,5	301,5	166,6	134,9
16,0	4,7	180,0	3,83	Argilla limosa	18,5	305,2	168,4	136,8
16,2	4,6	93,3	2,03	Sabbia	20,0	309,2	170,4	138,8
16,4	6,5	200,0	3,08	Sabbia limosa	19,5	313,1	172,3	140,8
16,6	9,0	180,0	2,00	Sabbia	20,0	317,1	174,4	142,7
16,8	15,0	313,3	2,09	Sabbia	20,0	321,1	176,4	144,7
17,0	14,2	253,3	1,78	Sabbia	20,0	325,1	178,4	146,7
17,2	12,6	386,7	3,07	Sabbia limosa	19,5	329,0	180,4	148,6
17,4	11,9	293,3	2,46	Sabbia limosa	19,5	332,9	182,3	150,6
17,6	9,4	333,3	3,55	Sabbia limosa	19,5	336,8	184,3	152,5
17,8	9,8	346,7	3,54	Sabbia limosa	19,5	340,7	186,2	154,5
18,0	12,0	306,7	2,56	Sabbia limosa	19,5	344,6	188,1	156,5

18,2	14,7	240,0	1,63	Sabbia	20,0	348,6	190,2	158,4
18,4	7,8	346,7	4,44	Argilla limosa	18,5	352,3	191,9	160,4
18,6	11,3	240,0	2,12	Sabbia limosa	19,5	356,2	193,8	162,4
18,8	11,8	413,3	3,50	Sabbia limosa	19,5	360,1	195,8	164,3
19,0	14,3	93,3	0,65	Ghiaia	20,5	364,2	197,9	166,3
19,2	8,3	373,3	4,50	Argilla limosa	18,5	367,9	199,7	168,2
19,4	13,0	126,7	0,97	Sabbia	20,0	371,9	201,7	170,2
19,6	7,8	313,3	4,02	Argilla limosa	18,5	375,6	203,4	172,2
19,8	10,9	206,7	1,90	Sabbia	20,0	379,6	205,5	174,1
20,0	13,5	233,3	1,73	Sabbia	20,0	383,6	207,5	176,1
20,2	11,3	180,0	1,59	Sabbia	20,0	387,6	209,5	178,1
20,4	8,2	286,7	3,50	Sabbia limosa	19,5	391,5	211,5	180,0
20,6	11,8	200,0	1,69	Sabbia	20,0	395,5	213,5	182,0
20,8	13,0	273,3	2,10	Sabbia limosa	19,5	399,4	215,5	183,9
21,0	13,1	380,0	2,90	Sabbia limosa	19,5	403,3	217,4	185,9
21,2	14,5	366,7	2,53	Sabbia limosa	19,5	407,2	219,3	187,9
21,4	14,9	380,0	2,55	Sabbia limosa	19,5	411,1	221,3	189,8
21,6	12,3	346,7	2,82	Sabbia limosa	19,5	415,0	223,2	191,8
21,8	8,5	320,0	3,76	Sabbia limosa	19,5	418,9	225,2	193,7
22,0	8,5	246,7	2,90	Sabbia limosa	19,5	422,8	227,1	195,7
22,2	7,5	266,7	3,56	Sabbia limosa	19,5	426,7	229,0	197,7
22,4	8,7	240,0	2,76	Sabbia limosa	19,5	430,6	231,0	199,6
22,6	9,5	273,3	2,88	Sabbia limosa	19,5	434,5	232,9	201,6
22,8	11,6	286,7	2,47	Sabbia limosa	19,5	438,4	234,8	203,6
23,0	13,0	306,7	2,36	Sabbia limosa	19,5	442,3	236,8	205,5
23,2	14,2	320,0	2,25	Sabbia limosa	19,5	446,2	238,7	207,5
23,4	11,8	340,0	2,88	Sabbia limosa	19,5	450,1	240,7	209,4
23,6	14,5	340,0	2,34	Sabbia limosa	19,5	454,0	242,6	211,4
23,8	16,3	313,3	1,92	Sabbia	20,0	458,0	244,6	213,4
24,0	13,2	353,3	2,68	Sabbia limosa	19,5	461,9	246,6	215,3
24,2	13,2	386,7	2,93	Sabbia limosa	19,5	465,8	248,5	217,3
24,4	14,0	393,3	2,81	Sabbia limosa	19,5	469,7	250,4	219,3
24,6	23,5	500,0	2,13	Sabbia limosa	19,5	473,6	252,4	221,2
24,8	31,5	500,0	1,59	Sabbia	20,0	477,6	254,4	223,2
25,0	33,5	473,3	1,41	Sabbia	20,0	481,6	256,5	225,1
25,2	29,4	306,7	1,04	Sabbia	20,0	485,6	258,5	227,1
25,4	26,1	500,0	1,92	Sabbia	20,0	489,6	260,5	229,1
25,6	23,8	520,0	2,18	Sabbia limosa	19,5	493,5	262,5	231,0
25,8	14,5	473,3	3,26	Sabbia limosa	19,5	497,4	264,4	233,0
26,0	11,7	540,0	4,62	Argilla limosa	18,5	501,1	266,2	234,9
26,2	17,9	380,0	2,12	Sabbia limosa	19,5	505,0	268,1	236,9
26,4	14,5	253,3	1,75	Sabbia	20,0	509,0	270,1	238,9
26,6	8,0	400,0	5,00	Argilla limosa	18,5	512,7	271,9	240,8
26,8	11,7	253,3	2,17	Sabbia limosa	19,5	516,6	273,8	242,8
27,0	13,5	406,7	3,01	Sabbia limosa	19,5	520,5	275,7	244,8
27,2	13,3	273,3	2,06	Sabbia	20,0	524,5	277,8	246,7
27,4	15,5	400,0	2,58	Sabbia limosa	19,5	528,4	279,7	248,7
27,6	16,0	413,3	2,58	Sabbia limosa	19,5	532,3	281,7	250,6
27,8	13,3	406,7	3,06	Sabbia limosa	19,5	536,2	283,6	252,6
28,0	15,0	313,3	2,09	Sabbia	20,0	540,2	285,6	254,6
28,2	11,5	366,7	3,19	Sabbia limosa	19,5	544,1	287,6	256,5
28,4	6,9	373,3	5,41	Argilla limosa	18,5	547,8	289,3	258,5
28,6	10,7	586,7	5,48	Argilla limosa	18,5	551,5	291,0	260,5
28,8	18,9	333,3	1,76	Sabbia	20,0	555,5	293,1	262,4
29,0	15,0	366,7	2,44	Sabbia limosa	19,5	559,4	295,0	264,4

29,2	14,5	373,3	2,57	Sabbia limosa	19,5	563,3	297,0	266,3
29,4	10,5	500,0	4,76	Argilla limosa	18,5	567,0	298,7	268,3
29,6	11,0	506,7	4,61	Argilla limosa	18,5	570,7	300,4	270,3
29,8	11,5	586,7	5,10	Argilla limosa	18,5	574,4	302,2	272,2
30,0	10,6	613,3	5,79	Argilla limosa	18,5	578,1	303,9	274,2

z = profondità (m)

Qc = resistenza alla punta (MPa)

Fs = resistenza d'attrito (kPa)

Rf = rapporto delle resistenze (%)

L = litologia (criterio di Schmertmann, 1976)

g = peso di volume (kN/mc)

sv = tensione litostatica totale (kPa)

sv' = tensione litostatica effettiva (kPa)

Uo = pressione nei pori (kPa)

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

z	L	CF	Id	f	Su	OCR	M	Cc	Go	Vs
0,4	Torba	20			63,7	30	13,1	0,172	197,0	235
0,6	Torba	24			55,6	30	11,4	0,174	171,0	228
0,8	Argilla	16			131,4	30	27,1	0,142	407,0	278
1,0	Sabbia limosa	8	50	42,3		8,9	19,5		102,0	315
1,2	Argilla limosa	14			171,1	30	35,2	0,120	528,0	295
1,4	Argilla	24			107	30	22	0,158	330,0	265
1,6	Argilla limosa	16			154,8	30	31,9	0,117	479,0	289
1,8	Argilla	21			134,69	30	27,7	0,134	416,0	280
2,0	Argilla	29			86,5	18	17,8	0,155	267,0	253
2,2	Argilla limosa	20			102,4	20,1	21,1	0,111	317,0	263
2,4	Argilla	41			54,3	10,2	11,2	0,200	168,0	228
2,6	Argilla	39			46,1	8,4	9,5	0,163	143,0	220
2,8	Argilla	39			46	8	9,5	0,155	143,0	220
3,0	Argilla	37			53,8	9,1	11,1	0,155	167,0	228
3,2	Argilla	39			53,7	8,8	11,1	0,162	167,0	228
3,4	Torba	39			53,6	8,5	11,1	0,162	167,0	228
3,6	Argilla	40			53,4	8,2	11,1	0,168	167,0	228
3,8	Torba	51			37,29	5,5	7,8	0,200	117,0	211
4,0	Argilla	45			49,1	7,1	10,2	0,182	153,0	224
4,2	Sabbia	17	32	35,5		1,6	14		184,0	272
4,4	Sabbia	13	41	37,7		2,7	21,6		218,0	311
4,6	Sabbia	12	43	38,2		3	24,3		232,0	322
4,8	Sabbia limosa	11	47	38,7		3,4	27,7		249,0	337
5,0	Sabbia limosa	12	48	38,9		3,5	29,4		260,0	343
5,2	Sabbia	10	51	39,3		3,9	33,3		277,0	358
5,4	Sabbia limosa	18	43	37,9		2,8	25,9		257,0	327
5,6	Sabbia limosa	16	45	38,1		2,9	27,6		268,0	334
5,8	Argilla limosa	20			235,7	25,5	48,9	0,120	734,0	319
6,0	Sabbia limosa	14	46	38,1		2,9	28,6		282,0	338
6,2	Sabbia limosa	14	47	38,3		3	30,6		293,0	345
6,4	Sabbia limosa	14	47	38,1		2,9	30,3		297,0	344
6,6	Sabbia limosa	12	49	38,5		3,1	33,8		314,0	356
6,8	Argilla limosa	20			274,89	26,3	57	0,121	855,0	330
7,0	Sabbia limosa	14	46	37,8		2,6	30,8		312,0	344
7,2	Sabbia	11	48	38,1		2,8	33,3		327,0	353
7,4	Argilla limosa	20			274,5	24,5	57	0,120	855,0	330
7,6	Sabbia	9	51	38,5		3,1	37		350,0	366

7,8	Sabbia limosa	13	49	38,0		2,7	34,5		346,0	358
8,0	Sabbia limosa	15	48	38,0		2,7	35,1		351,0	358
8,2	Sabbia limosa	16	46	37,5		2,4	32,6		347,0	349
8,4	Sabbia limosa	14	46	37,4		2,3	32,6		352,0	349
8,6	Sabbia limosa	16	45	37,3		2,2	32,5		354,0	347
8,8	Sabbia limosa	15	46	37,4		2,3	33,7		364,0	352
9,0	Sabbia	11	51	38,1		2,7	39		391,0	371
9,2	Sabbia limosa	12	54	38,4		3	42,5		410,0	383
9,4	Sabbia limosa	14	52	38,1		2,7	40,3		407,0	375
9,6	Sabbia limosa	17	47	37,4		2,2	36		392,0	358
9,8	Sabbia limosa	18	43	36,5		1,8	31,3		376,0	341
10,0	Sabbia limosa	20	45	36,7		1,9	32,5		388,0	347
10,2	Sabbia	11	50	37,5		2,3	38,7		419,0	369
10,4	Argilla limosa	24			272,1	18,1	56,8	0,124	852,0	330
10,6	Argilla limosa	22			284	18,6	59,2	0,118	888,0	333
10,8	Sabbia limosa	20	41	35,7		1,4	29,2		388,0	333
11,0	Sabbia limosa	18	43	36,2		1,6	32,4		406,0	344
11,2	Sabbia limosa	17	44	36,2		1,6	32,6		413,0	346
11,4	Sabbia	15	46	36,6		1,8	35,6		430,0	356
11,6	Sabbia limosa	24	38	34,6		1	25,7		387,0	320
11,8	Sabbia limosa	23	38	34,7		1	26,1		393,0	321
12,0	Sabbia	14	48	36,9		1,9	39		458,0	366
12,2	Sabbia	13	50	37,2		2,1	42,1		476,0	376
12,4	Sabbia limosa	18	46	36,5		1,7	37,8		460,0	361
12,6	Sabbia limosa	15	50	37,1		2	42,5		487,0	377
12,8	Sabbia limosa	22	42	35,5		1,3	32,6		445,0	343
13,0	Sabbia	13	46	36,4		1,6	38,5		476,0	362
13,2	Sabbia	14	48	36,6		1,7	40,4		491,0	369
13,4	Sabbia	12	53	37,5		2,2	48,4		530,0	393
13,6	Sabbia limosa	20	43	35,5		1,3	34		469,0	348
13,8	Argilla limosa	31			213,5	11	44,9	0,133	674,0	314
14,0	Sabbia	15	41	35,0		1,1	32		466,0	340
14,2	Argilla limosa	31			181,2	9,1	38,3	0,118	575,0	303
14,4	Sabbia limosa	26	34	32,7		1	22,1		419,0	304
14,6	Argilla	53			72,9	3,5	16	0,155	240,0	250
14,8	Sabbia	20	38	33,9		1	27,4		457,0	325
15,0	Sabbia	12	51	36,9		1,9	47,5		560,0	388
15,2	Sabbia	9	56	37,6		2,3	54,6		597,0	409
15,4	Argilla limosa	28			288,2	13,4	60,5	0,129	908,0	335
15,6	Argilla limosa	28			236,1	10,9	49,7	0,115	746,0	321
15,8	Sabbia limosa	29	35	32,7		1	23,9		454,0	311
16,0	Argilla limosa	32			175,8	7,9	37,3	0,117	560,0	301
16,2	Sabbia	26	33	31,8		1	21,1		443,0	300
16,4	Sabbia limosa	26	37	33,4		1	27,8		487,0	325
16,6	Sabbia	18	42	34,8		1	35,4		532,0	350
16,8	Sabbia	14	52	36,7		1,7	49,6		609,0	393
17,0	Sabbia	14	51	36,4		1,6	47,8		606,0	388
17,2	Sabbia limosa	19	48	36,0		1,4	44,7		592,0	378
17,4	Sabbia limosa	18	47	35,7		1,3	42,9		588,0	373
17,6	Sabbia limosa	24	43	34,7		1	36,3		558,0	353
17,8	Sabbia limosa	23	43	34,9		1	37,9		568,0	357
18,0	Sabbia limosa	18	47	35,6		1,2	43,3		602,0	374
18,2	Sabbia	13	51	36,3		1,5	49,5		638,0	392
18,4	Argilla limosa	29			297,89	11,8	62,7	0,126	941,0	338
18,6	Sabbia limosa	18	45	35,3		1,1	42,2		605,0	369

18,8	Sabbia limosa	22	46	35,4		1,2	43,3		616,0	372
19,0	Ghiaia	8	50	36,0		1,4	49		651,0	389
19,2	Argilla limosa	29			317,3	12,1	66,8	0,126	1002,0	343
19,4	Sabbia	11	48	35,6		1,2	46,1		644,0	381
19,6	Argilla limosa	29			297	11,1	62,6	0,120	939,0	338
19,8	Sabbia	18	44	34,8		1	41,4		624,0	366
20,0	Sabbia	15	48	35,6		1,2	47,8		663,0	384
20,2	Sabbia	16	45	34,9		1	42,2		638,0	369
20,4	Sabbia limosa	27	39	33,5		1	33,9		593,0	342
20,6	Sabbia	16	46	34,9		1	43,3		654,0	372
20,8	Sabbia limosa	17	47	35,3		1,1	46,9		674,0	381
21,0	Sabbia limosa	20	47	35,3		1,1	47,2		679,0	381
21,2	Sabbia limosa	18	49	35,7		1,2	50,5		701,0	390
21,4	Sabbia limosa	18	50	35,7		1,2	51		710,0	393
21,6	Sabbia limosa	21	46	34,9		1	45,1		681,0	376
21,8	Sabbia limosa	28	40	33,3		1	34,6		624,0	345
22,0	Sabbia limosa	25	40	33,3		1	34,6		628,0	345
22,2	Sabbia limosa	29	38	32,7		1	31,6		612,0	335
22,4	Sabbia limosa	25	40	33,3		1	35,4		639,0	347
22,6	Sabbia limosa	24	41	33,7		1	38		657,0	354
22,8	Sabbia limosa	21	45	34,4		1	43,3		694,0	371
23,0	Sabbia limosa	19	47	34,9		1	46,9		718,0	381
23,2	Sabbia limosa	18	48	35,2		1,1	50,3		738,0	388
23,4	Sabbia limosa	22	45	34,4		1	44		709,0	372
23,6	Sabbia limosa	18	49	35,2		1,1	50,5		750,0	390
23,8	Sabbia	16	51	35,6		1,2	54,9		777,0	401
24,0	Sabbia limosa	21	47	34,7		1	47,6		741,0	382
24,2	Sabbia limosa	22	47	34,7		1	47,6		745,0	382
24,4	Sabbia limosa	21	48	34,9		1	49,6		760,0	387
24,6	Sabbia limosa	14	59	36,6		1,6	68,9		870,0	436
24,8	Sabbia	10	67	37,2		2,1	80,5		941,0	467
25,0	Sabbia	8	68	37,3		2,2	84,1		961,0	473
25,2	Sabbia	8	65	37,0		1,9	77,7		935,0	459
25,4	Sabbia	12	61	36,8		1,7	73,9		912,0	447
25,6	Sabbia limosa	14	59	36,5		1,6	69,8		896,0	437
25,8	Sabbia limosa	22	48	34,8		1	51,4		796,0	390
26,0	Argilla limosa	28			448	12,8	94,3	0,128	1415,0	372
26,2	Sabbia limosa	16	52	35,5		1,1	59,2		847,0	410
26,4	Sabbia	17	48	34,7		1	51,4		807,0	390
26,6	Argilla limosa	35			299,5	8,3	63,7	0,133	956,0	340
26,8	Sabbia limosa	21	44	33,8		1	44,4		772,0	372
27,0	Sabbia limosa	23	46	34,4		1	49,5		804,0	384
27,2	Sabbia	19	46	34,2		1	48,8		805,0	383
27,4	Sabbia limosa	20	49	34,8		1	54		841,0	396
27,6	Sabbia limosa	20	49	34,9		1	55,7		851,0	399
27,8	Sabbia limosa	23	46	34,1		1	48,8		817,0	383
28,0	Sabbia	19	48	34,6		1	53,2		846,0	393
28,2	Sabbia limosa	26	43	33,5		1	44,4		795,0	370
28,4	Argilla limosa	39			254,1	6,6	54,5	0,138	818,0	329
28,6	Argilla limosa	33			405,9	10,6	85,8	0,139	1287,0	364
28,8	Sabbia	15	53	35,3		1,1	61,5		912,0	415
29,0	Sabbia limosa	20	48	34,4		1	53,2		865,0	393
29,2	Sabbia limosa	21	47	34,3		1	52,3		861,0	390
29,4	Argilla limosa	32			397,3	10,1	84,1	0,130	1262,0	362
29,6	Argilla limosa	31			417,2	10,5	88,2	0,128	1323,0	366

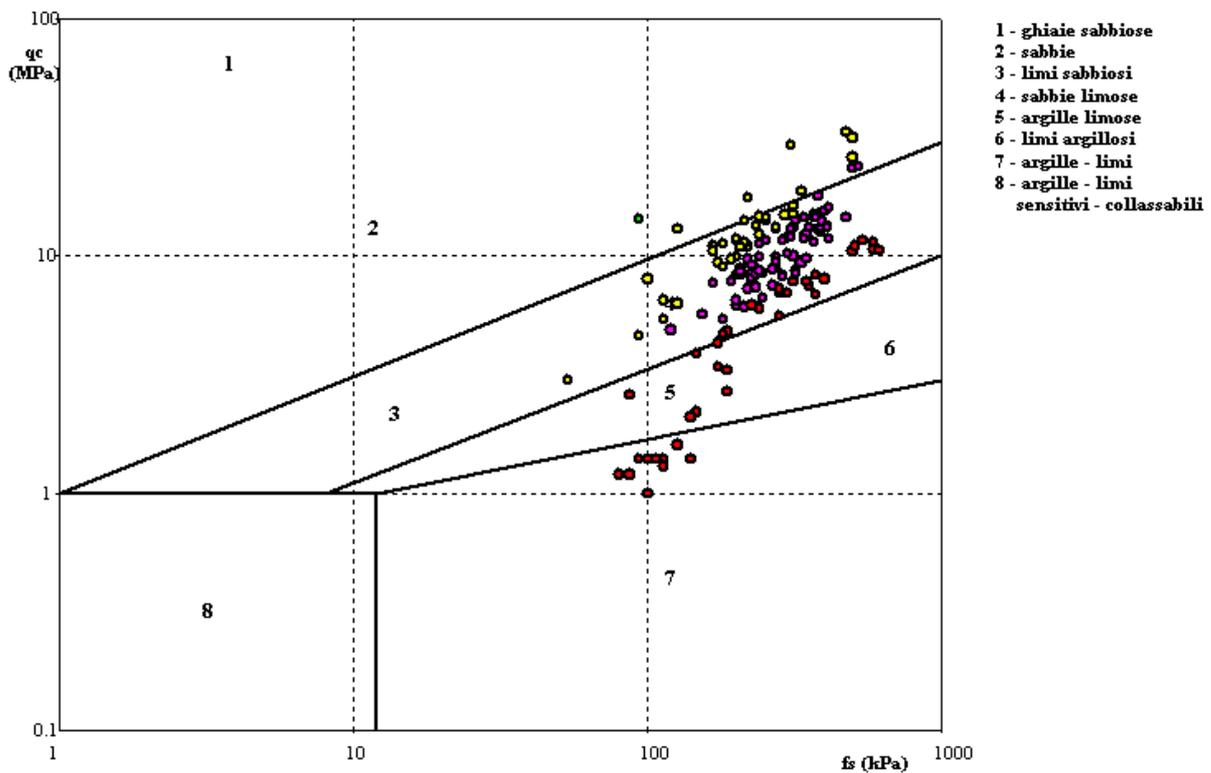
29,8	Argilla limosa	31		437	11	92,3	0,134	1385,0	370
30,0	Argilla limosa	34		400,9	10	84,9	0,143	1274,0	363

$z$  = profondità (m)  
 $CF$  = contenuto di fine [passante al 200] (%)  
 $Id$  = indice di densità (%)  
 $f$  = angolo d'attrito (°)  
 $Su$  = resistenza al taglio non drenata (kPa)  
 $OCR$  = grado di sovraconsolidamento  
 $M$  = modulo confinato (MPa)  
 $Cc$  = indice di compressibilità (-)  
 $Go$  = modulo di taglio (MPa)  
 $Vs$  = velocità onde di taglio (m/s)

**Prova Penetrometrica Statica 1**

Martignana di Po -

Criterio di identificazione di Eslami - Fellenius, 1997



## ANALISI PROVE STATICHE CON PENETROMETRO MECCANICO [CPT]

Committente: Comune di Martignana di Po

Località: Martignana di Po

Data: 25/06/2008

Passo delle misure = 20,00 cm.

Profondità della falda = 2,0 m.

z = profondità

Rp = resistenza di punta (bar)

Rl = resistenza d'attrito (bar)

## VALORI CALCOLATI

z	Qc	Fs	Rf	L	g	sv	sv'	Uo
0,4	1,1	46,7	4,24	Argilla	18,0	7,4	7,4	0,0
0,6	2,0	53,3	2,67	Sabbia limosa	19,5	11,3	11,3	0,0
0,8	1,8	66,7	3,70	Argilla limosa	18,5	15,0	15,0	0,0
1,0	1,9	100,0	5,26	Argilla	18,0	18,6	18,6	0,0
1,2	1,7	93,3	5,49	Argilla	18,0	22,2	22,2	0,0
1,4	1,7	100,0	5,88	Argilla	18,0	25,8	25,8	0,0
1,6	1,7	46,7	2,75	Sabbia limosa	19,5	29,7	29,7	0,0
1,8	1,7	33,3	1,96	Sabbia	20,0	33,7	33,7	0,0
2,0	2,6	40,0	1,54	Sabbia	20,0	37,7	37,7	0,0
2,2	3,1	60,0	1,94	Sabbia	20,0	41,7	39,7	2,0
2,4	1,2	80,0	6,67	Argilla	17,5	45,2	41,3	3,9
2,6	1,5	73,3	4,89	Argilla	18,0	48,8	42,9	5,9
2,8	1,4	113,3	8,10	Argilla	17,5	52,3	44,5	7,8
3,0	1,2	86,7	7,22	Argilla	17,5	55,8	46,0	9,8
3,2	0,9	60,0	6,67	Argilla	17,5	59,3	47,5	11,8
3,4	0,8	53,3	6,67	Argilla	17,5	62,8	49,1	13,7
3,6	1,0	53,3	5,33	Argilla	18,0	66,4	50,7	15,7
3,8	0,7	60,0	8,57	Argilla	17,5	69,9	52,2	17,7
4,0	1,3	80,0	6,15	Argilla	17,5	73,4	53,8	19,6
4,2	2,2	40,0	1,82	Sabbia	20,0	77,4	55,8	21,6
4,4	3,3	80,0	2,42	Sabbia limosa	19,5	81,3	57,8	23,5
4,6	3,9	86,7	2,22	Sabbia limosa	19,5	85,2	59,7	25,5
4,8	4,1	113,3	2,76	Sabbia limosa	19,5	89,1	61,6	27,5
5,0	4,3	146,7	3,41	Sabbia limosa	19,5	93,0	63,6	29,4
5,2	5,2	120,0	2,31	Sabbia limosa	19,5	96,9	65,5	31,4
5,4	4,7	166,7	3,55	Argilla limosa	18,5	100,6	67,2	33,4
5,6	2,7	73,3	2,72	Sabbia limosa	19,5	104,5	69,2	35,3
5,8	2,4	140,0	5,83	Argilla	18,0	108,1	70,8	37,3
6,0	3,7	100,0	2,70	Sabbia limosa	19,5	112,0	72,8	39,2
6,2	5,1	60,0	1,18	Sabbia	20,0	116,0	74,8	41,2
6,4	5,1	93,3	1,83	Sabbia	20,0	120,0	76,8	43,2
6,6	6,1	166,7	2,73	Sabbia limosa	19,5	123,9	78,8	45,1
6,8	6,5	120,0	1,85	Sabbia	20,0	127,9	80,8	47,1
7,0	5,2	253,3	4,87	Argilla limosa	18,5	131,6	82,6	49,1
7,2	8,0	200,0	2,50	Sabbia limosa	19,5	135,5	84,5	51,0

7,4	6,2	86,7	1,40	Sabbia	20,0	139,5	86,5	53,0
7,6	7,4	180,0	2,43	Sabbia limosa	19,5	143,4	88,5	54,9
7,8	9,0	273,3	3,04	Sabbia limosa	19,5	147,3	90,4	56,9
8,0	10,0	266,7	2,67	Sabbia limosa	19,5	151,2	92,3	58,9
8,2	10,3	293,3	2,85	Sabbia limosa	19,5	155,1	94,3	60,8
8,4	10,9	213,3	1,96	Sabbia	20,0	159,1	96,3	62,8
8,6	16,1	226,7	1,41	Sabbia	20,0	163,1	98,4	64,7
8,8	14,4	306,7	2,13	Sabbia limosa	19,5	167,0	100,3	66,7
9,0	9,9	273,3	2,76	Sabbia limosa	19,5	170,9	102,2	68,7
9,2	9,4	200,0	2,13	Sabbia limosa	19,5	174,8	104,2	70,6
9,4	8,3	233,3	2,81	Sabbia limosa	19,5	178,7	106,1	72,6
9,6	10,0	200,0	2,00	Sabbia	20,0	182,7	108,1	74,6
9,8	7,2	146,7	2,04	Sabbia	20,0	186,7	110,2	76,5
10,0	8,2	220,0	2,68	Sabbia limosa	19,5	190,6	112,1	78,5
10,2	11,3	213,3	1,89	Sabbia	20,0	194,6	114,2	80,4
10,4	8,6	260,0	3,02	Sabbia limosa	19,5	198,5	116,1	82,4
10,6	8,0	266,7	3,33	Sabbia limosa	19,5	202,4	118,0	84,4
10,8	8,8	240,0	2,73	Sabbia limosa	19,5	206,3	120,0	86,3
11,0	9,3	246,7	2,65	Sabbia limosa	19,5	210,2	121,9	88,3
11,2	11,7	206,7	1,77	Sabbia	20,0	214,2	123,9	90,3
11,4	6,0	166,7	2,78	Sabbia limosa	19,5	218,1	125,9	92,2
11,6	5,4	113,3	2,10	Sabbia	20,0	222,1	127,9	94,2
11,8	7,6	133,3	1,75	Sabbia	20,0	226,1	130,0	96,1
12,0	8,8	166,7	1,89	Sabbia	20,0	230,1	132,0	98,1
12,2	9,0	200,0	2,22	Sabbia limosa	19,5	234,0	133,9	100,1
12,4	8,2	200,0	2,44	Sabbia limosa	19,5	237,9	135,9	102,0
12,6	12,1	260,0	2,15	Sabbia limosa	19,5	241,8	137,8	104,0
12,8	11,0	166,7	1,52	Sabbia	20,0	245,8	139,9	105,9
13,0	10,9	140,0	1,28	Sabbia	20,0	249,8	141,9	107,9
13,2	10,0	326,7	3,27	Sabbia limosa	19,5	253,7	143,8	109,9
13,4	9,3	113,3	1,22	Sabbia	20,0	257,7	145,9	111,8
13,6	10,3	293,3	2,85	Sabbia limosa	19,5	261,6	147,8	113,8
13,8	9,2	226,7	2,46	Sabbia limosa	19,5	265,5	149,7	115,8
14,0	10,1	246,7	2,44	Sabbia limosa	19,5	269,4	151,7	117,7
14,2	9,0	133,3	1,48	Sabbia	20,0	273,4	153,7	119,7
14,4	8,4	106,7	1,27	Sabbia	20,0	277,4	155,8	121,6
14,6	5,9	173,3	2,94	Sabbia limosa	19,5	281,3	157,7	123,6
14,8	8,3	200,0	2,41	Sabbia limosa	19,5	285,2	159,6	125,6
15,0	6,6	286,7	4,34	Argilla limosa	18,5	288,9	161,4	127,5
15,2	13,4	340,0	2,54	Sabbia limosa	19,5	292,8	163,3	129,5
15,4	20,7	253,3	1,22	Sabbia	20,0	296,8	165,3	131,5
15,6	20,0	400,0	2,00	Sabbia	20,0	300,8	167,4	133,4
15,8	22,6	386,7	1,71	Sabbia	20,0	304,8	169,4	135,4
16,0	22,3	413,3	1,85	Sabbia	20,0	308,8	171,5	137,3
16,2	19,6	400,0	2,04	Sabbia	20,0	312,8	173,5	139,3
16,4	15,1	226,7	1,50	Sabbia	20,0	316,8	175,5	141,3
16,6	7,3	300,0	4,11	Argilla limosa	18,5	320,5	177,3	143,2
16,8	5,7	213,3	3,74	Argilla limosa	18,5	324,2	179,0	145,2
17,0	6,0	166,7	2,78	Sabbia limosa	19,5	328,1	181,0	147,2
17,2	8,9	206,7	2,32	Sabbia limosa	19,5	332,0	182,9	149,1
17,4	14,0	260,0	1,86	Sabbia	20,0	336,0	184,9	151,1
17,6	9,7	313,3	3,23	Sabbia limosa	19,5	339,9	186,9	153,0
17,8	10,3	246,7	2,39	Sabbia limosa	19,5	343,8	188,8	155,0
18,0	9,0	246,7	2,74	Sabbia limosa	19,5	347,7	190,7	157,0
18,2	15,0	333,3	2,22	Sabbia limosa	19,5	351,6	192,7	158,9

18,4	22,0	533,3	2,42	Sabbia limosa	19,5	355,5	194,6	160,9
18,6	21,5	833,3	3,88	Sabbia limosa	19,5	359,4	196,6	162,8
18,8	13,8	546,7	3,96	Sabbia limosa	19,5	363,3	198,5	164,8
19,0	12,2	273,3	2,24	Sabbia limosa	19,5	367,2	200,4	166,8
19,2	7,7	220,0	2,86	Sabbia limosa	19,5	371,1	202,4	168,7
19,4	8,8	280,0	3,18	Sabbia limosa	19,5	375,0	204,3	170,7
19,6	14,0	326,7	2,33	Sabbia limosa	19,5	378,9	206,2	172,7
19,8	11,6	426,7	3,68	Sabbia limosa	19,5	382,8	208,2	174,6
20,0	11,0	166,7	1,52	Sabbia	20,0	386,8	210,2	176,6
20,2	6,6	200,0	3,03	Sabbia limosa	19,5	390,7	212,2	178,5
20,4	6,2	206,7	3,33	Sabbia limosa	19,5	394,6	214,1	180,5
20,6	8,8	346,7	3,94	Argilla limosa	18,5	398,3	215,8	182,5
20,8	10,2	253,3	2,48	Sabbia limosa	19,5	402,2	217,8	184,4
21,0	9,3	246,7	2,65	Sabbia limosa	19,5	406,1	219,7	186,4
21,2	15,0	286,7	1,91	Sabbia	20,0	410,1	221,7	188,4
21,4	17,7	320,0	1,81	Sabbia	20,0	414,1	223,8	190,3
21,6	17,0	466,7	2,75	Sabbia limosa	19,5	418,0	225,7	192,3
21,8	17,0	466,7	2,75	Sabbia limosa	19,5	421,9	227,7	194,2
22,0	24,0	373,3	1,56	Sabbia	20,0	425,9	229,7	196,2
22,2	29,0	333,3	1,15	Sabbia	20,0	429,9	231,7	198,2
22,4	19,2	320,0	1,67	Sabbia	20,0	433,9	233,8	200,1
22,6	16,5	300,0	1,82	Sabbia	20,0	437,9	235,8	202,1
22,8	17,0	266,7	1,57	Sabbia	20,0	441,9	237,9	204,0
23,0	15,0	306,7	2,04	Sabbia	20,0	445,9	239,9	206,0
23,2	14,9	206,7	1,39	Sabbia	20,0	449,9	241,9	208,0
23,4	11,5	253,3	2,20	Sabbia limosa	19,5	453,8	243,9	209,9
23,6	12,8	280,0	2,19	Sabbia limosa	19,5	457,7	245,8	211,9
23,8	10,1	306,7	3,04	Sabbia limosa	19,5	461,6	247,7	213,9
24,0	11,0	200,0	1,82	Sabbia	20,0	465,6	249,8	215,8
24,2	11,7	200,0	1,71	Sabbia	20,0	469,6	251,8	217,8
24,4	12,2	233,3	1,91	Sabbia	20,0	473,6	253,9	219,7
24,6	11,5	286,7	2,49	Sabbia limosa	19,5	477,5	255,8	221,7
24,8	9,0	266,7	2,96	Sabbia limosa	19,5	481,4	257,7	223,7
25,0	12,0	286,7	2,39	Sabbia limosa	19,5	485,3	259,7	225,6
25,2	18,9	273,3	1,45	Sabbia	20,0	489,3	261,7	227,6
25,4	15,4	266,7	1,73	Sabbia	20,0	493,3	263,7	229,6
25,6	14,0	333,3	2,38	Sabbia limosa	19,5	497,2	265,7	231,5
25,8	12,0	313,3	2,61	Sabbia limosa	19,5	501,1	267,6	233,5
26,0	11,7	286,7	2,45	Sabbia limosa	19,5	505,0	269,6	235,4
26,2	16,0	466,7	2,92	Sabbia limosa	19,5	508,9	271,5	237,4
26,4	17,3	446,7	2,58	Sabbia limosa	19,5	512,8	273,4	239,4
26,6	14,6	160,0	1,10	Sabbia	20,0	516,8	275,5	241,3
26,8	17,0	200,0	1,18	Sabbia	20,0	520,8	277,5	243,3
27,0	21,0	600,0	2,86	Sabbia limosa	19,5	524,7	279,4	245,3
27,2	23,5	500,0	2,13	Sabbia limosa	19,5	528,6	281,4	247,2
27,4	14,5	473,3	3,26	Sabbia limosa	19,5	532,5	283,3	249,2
27,6	17,8	346,7	1,95	Sabbia	20,0	536,5	285,4	251,1
27,8	11,8	533,3	4,52	Argilla limosa	18,5	540,2	287,1	253,1
28,0	13,0	440,0	3,38	Sabbia limosa	19,5	544,1	289,0	255,1
28,2	13,3	280,0	2,11	Sabbia limosa	19,5	548,0	291,0	257,0
28,4	15,0	333,3	2,22	Sabbia limosa	19,5	551,9	292,9	259,0
28,6	12,8	120,0	0,94	Sabbia	20,0	555,9	295,0	260,9
28,8	14,6	360,0	2,47	Sabbia limosa	19,5	559,8	296,9	262,9
29,0	12,7	353,3	2,78	Sabbia limosa	19,5	563,7	298,8	264,9
29,2	12,0	393,3	3,28	Sabbia limosa	19,5	567,6	300,8	266,8

29,4	12,0	266,7	2,22	Sabbia limosa	19,5	571,5	302,7	268,8
29,6	7,5	313,3	4,18	Argilla limosa	18,5	575,2	304,4	270,8
29,8	10,7	600,0	5,61	Argilla limosa	18,5	578,9	306,2	272,7
30,0	15,0	400,0	2,67	Sabbia limosa	19,5	582,8	308,1	274,7

z = profondità (m)

Qc = resistenza alla punta (MPa)

Fs = resistenza d'attrito (kPa)

Rf = rapporto delle resistenze (%)

L = litologia (criterio di Schmertmann, 1976)

g = peso di volume (kN/mc)

sv = tensione litostatica totale (kPa)

sv' = tensione litostatica effettiva (kPa)

Uo = pressione nei pori (kPa)

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

z	L	CF	Id	f	Su	OCR	M	Cc	Go	Vs
0,4	Argilla	16			43,7	30	9	0,123	135,0	216
0,6	Sabbia limosa	11	34	40,7		6,9	9		57,0	247
0,8	Argilla limosa	16			71,4	30	14,7	0,116	221,0	242
1,0	Argilla	21			75,3	30	15,5	0,137	233,0	245
1,2	Argilla	24			67,09	23	13,8	0,140	207,0	238
1,4	Argilla	26			67	19,7	13,8	0,145	207,0	238
1,6	Sabbia limosa	20	28	35,8		2	8,5		105,0	238
1,8	Sabbia	18	27	35,2		1,7	8,6		115,0	238
2,0	Sabbia	14	32	36,6		2,3	12,1		138,0	263
2,2	Sabbia	14	34	37,1		2,5	14		149,0	274
2,4	Argilla	38			46,2	8,5	9,5	0,155	143,0	220
2,6	Argilla	32			58	10,3	12	0,132	180,0	232
2,8	Argilla	40			53,9	9,2	11,1	0,174	167,0	228
3,0	Argilla	41			45,8	7,5	9,5	0,163	143,0	220
3,2	Argilla	45			33,6	5,3	7	0,155	105,0	206
3,4	Argilla	48			29,5	4,5	6,1	0,155	92,0	200
3,6	Argilla	41			37,29	5,6	7,8	0,137	117,0	211
3,8	Argilla	56			25,2	3,6	5,3	0,181	80,0	194
4,0	Argilla	40			49,1	6,9	10,2	0,148	153,0	224
4,2	Sabbia	20	28	34,0		1,1	11		172,0	253
4,4	Sabbia limosa	19	33	35,6		1,6	15,1		195,0	278
4,6	Sabbia limosa	17	35	36,2		1,9	17,3		208,0	289
4,8	Sabbia limosa	19	36	36,3		1,9	17,8		216,0	292
5,0	Sabbia limosa	20	36	36,3		1,9	18,7		223,0	295
5,2	Sabbia limosa	16	39	37,0		2,2	21,5		238,0	308
5,4	Argilla limosa	20			184	20,8	38,2	0,114	573,0	301
5,6	Sabbia limosa	24	30	33,9		1	13		210,0	265
5,8	Argilla	34			91,7	9,8	19,2	0,144	288,0	258
6,0	Sabbia limosa	21	34	35,0		1,3	16,7		235,0	285
6,2	Sabbia	12	38	36,3		1,8	21,5		260,0	307
6,4	Sabbia	15	38	36,2		1,8	21,5		264,0	307
6,6	Sabbia limosa	17	41	36,8		2	24,4		281,0	320
6,8	Sabbia	14	41	37,0		2,1	26		291,0	325
7,0	Argilla limosa	25			202,7	18,7	42,2	0,131	633,0	308
7,2	Sabbia limosa	15	45	37,5		2,4	29,8		316,0	340
7,4	Sabbia	13	40	36,5		1,8	25,2		301,0	321
7,6	Sabbia limosa	16	43	37,0		2,1	28,6		319,0	334
7,8	Sabbia limosa	16	47	37,6		2,5	32,4		340,0	350

8,0	Sabbia limosa	14	49	37,9		2,6	34,8		355,0	358
8,2	Sabbia limosa	15	49	38,0		2,7	35,9		362,0	361
8,4	Sabbia	12	50	38,1		2,7	37,3		373,0	366
8,6	Sabbia	7	59	39,1		3,6	47,2		417,0	400
8,8	Sabbia limosa	11	56	38,7		3,3	44,5		411,0	390
9,0	Sabbia limosa	15	48	37,5		2,3	35,1		379,0	358
9,2	Sabbia limosa	14	46	37,3		2,2	34,5		379,0	353
9,4	Sabbia limosa	17	44	36,7		1,9	31,5		372,0	343
9,6	Sabbia	13	47	37,3		2,2	36		395,0	358
9,8	Sabbia	16	41	36,0		1,5	28,8		368,0	332
10,0	Sabbia limosa	18	43	36,4		1,7	31,7		385,0	342
10,2	Sabbia	12	49	37,5		2,3	39,4		422,0	369
10,4	Sabbia limosa	18	44	36,4		1,7	32,6		399,0	346
10,6	Sabbia limosa	20	43	36,1		1,6	30,9		396,0	340
10,8	Sabbia limosa	18	44	36,4		1,7	33,4		410,0	348
11,0	Sabbia limosa	17	45	36,5		1,7	34,7		421,0	352
11,2	Sabbia	12	49	37,3		2,1	40,8		451,0	372
11,4	Sabbia limosa	22	38	34,6		1	25,3		385,0	319
11,6	Sabbia	21	36	34,0		1	23,5		379,0	311
11,8	Sabbia	16	41	35,5		1,3	30,4		418,0	336
12,0	Sabbia	16	44	35,9		1,5	33,4		438,0	348
12,2	Sabbia limosa	17	44	36,0		1,5	34,2		445,0	350
12,4	Sabbia limosa	19	42	35,6		1,3	32,2		439,0	342
12,6	Sabbia limosa	14	49	37,0		1,9	42,1		488,0	374
12,8	Sabbia	12	47	36,6		1,7	39,7		482,0	366
13,0	Sabbia	12	47	36,5		1,7	39,3		485,0	366
13,2	Sabbia limosa	20	45	36,1		1,5	37,3		479,0	358
13,4	Sabbia	13	44	35,7		1,4	35,3		475,0	352
13,6	Sabbia limosa	19	46	36,1		1,5	37,8		492,0	361
13,8	Sabbia limosa	18	44	35,6		1,3	34,9		482,0	352
14,0	Sabbia limosa	18	45	35,9		1,4	37,7		498,0	359
14,2	Sabbia	15	43	35,4		1,2	34,8		488,0	350
14,4	Sabbia	15	42	35,0		1,1	33		484,0	344
14,6	Sabbia limosa	25	36	33,4		1	25,7		447,0	317
14,8	Sabbia limosa	20	41	34,9		1	33,2		491,0	343
15,0	Argilla limosa	29			252,4	11,9	53,1	0,124	797,0	326
15,2	Sabbia limosa	16	50	36,6		1,7	45,9		562,0	383
15,4	Sabbia	8	60	37,8		2,5	59,6		632,0	424
15,6	Sabbia	11	59	37,7		2,4	58,6		632,0	420
15,8	Sabbia	10	62	38,0		2,6	62,9		657,0	432
16,0	Sabbia	10	62	37,9		2,5	62,1		660,0	431
16,2	Sabbia	12	58	37,5		2,2	58,5		644,0	418
16,4	Sabbia	12	52	36,7		1,7	50		608,0	394
16,6	Argilla limosa	28			279,2	12	58,7	0,121	881,0	333
16,8	Argilla limosa	30			215	9,1	45,5	0,116	683,0	315
17,0	Sabbia limosa	26	36	32,8		1	26,1		493,0	319
17,2	Sabbia limosa	20	42	34,5		1	35		548,0	349
17,4	Sabbia	14	50	36,2		1,5	47,9		619,0	387
17,6	Sabbia limosa	23	43	34,8		1	37,5		568,0	356
17,8	Sabbia limosa	19	44	35,0		1	39,1		581,0	361
18,0	Sabbia limosa	22	42	34,4		1	35,4		566,0	350
18,2	Sabbia limosa	15	51	36,3		1,5	50,5		647,0	393
18,4	Sabbia limosa	13	60	37,4		2,2	63,4		717,0	430
18,6	Sabbia limosa	18	59	37,3		2,1	63		718,0	427
18,8	Sabbia limosa	22	49	35,9		1,3	48,1		647,0	386

19,0	Sabbia limosa	18	47	35,4		1,2	44		631,0	375
19,2	Sabbia limosa	25	39	33,4		1	31,9		566,0	337
19,4	Sabbia limosa	25	41	33,9		1	35,2		589,0	348
19,6	Sabbia limosa	17	49	35,8		1,3	48,8		666,0	387
19,8	Sabbia limosa	23	45	35,0		1	43,3		640,0	371
20,0	Sabbia	16	44	34,8		1	41,8		635,0	366
20,2	Sabbia limosa	28	36	32,5		1	28,8		563,0	326
20,4	Sabbia limosa	30	35	32,1		1	27,5		557,0	321
20,6	Argilla limosa	28			336,1	11,8	70,8	0,119	1062,0	348
20,8	Sabbia limosa	21	43	34,3		1	39,4		639,0	360
21,0	Sabbia limosa	23	41	33,9		1	37,2		628,0	352
21,2	Sabbia	15	50	35,7		1,3	51,4		712,0	393
21,4	Sabbia	14	53	36,3		1,5	57,6		747,0	409
21,6	Sabbia limosa	18	53	36,0		1,4	55,3		744,0	405
21,8	Sabbia limosa	18	52	36,1		1,4	56,2		748,0	405
22,0	Sabbia	11	61	37,0		1,9	68		820,0	438
22,2	Sabbia	8	65	37,4		2,2	76,7		865,0	458
22,4	Sabbia	13	55	36,3		1,5	60,3		785,0	416
22,6	Sabbia	15	52	35,7		1,3	54,6		760,0	402
22,8	Sabbia	14	52	35,8		1,3	56,2		770,0	405
23,0	Sabbia	17	49	35,4		1,1	52,3		751,0	393
23,2	Sabbia	14	49	35,3		1,1	51,9		754,0	393
23,4	Sabbia limosa	20	44	34,3		1	43,7		711,0	370
23,6	Sabbia limosa	19	46	34,7		1	47		734,0	379
23,8	Sabbia limosa	25	42	33,6		1	39,7		695,0	359
24,0	Sabbia	19	43	34,0		1	42,5		714,0	366
24,2	Sabbia	18	44	34,2		1	44,4		730,0	372
24,4	Sabbia	19	45	34,3		1	45,5		741,0	375
24,6	Sabbia limosa	22	44	34,0		1	43,7		734,0	370
24,8	Sabbia limosa	26	40	32,9		1	36,6		694,0	350
25,0	Sabbia limosa	21	45	34,1		1	44,8		750,0	374
25,2	Sabbia	13	54	35,8		1,3	60,4		844,0	415
25,4	Sabbia	16	49	35,1		1	53,7		806,0	396
25,6	Sabbia limosa	20	47	34,7		1	50,5		791,0	387
25,8	Sabbia limosa	22	44	34,0		1	45,6		765,0	374
26,0	Sabbia limosa	22	44	33,9		1	44,4		764,0	372
26,2	Sabbia limosa	20	50	35,0		1	54,8		830,0	399
26,4	Sabbia limosa	19	51	35,3		1,1	58,2		851,0	406
26,6	Sabbia	14	48	34,6		1	51,8		820,0	391
26,8	Sabbia	13	51	35,2		1	57,2		856,0	405
27,0	Sabbia limosa	18	55	35,9		1,3	66		906,0	425
27,2	Sabbia limosa	15	58	36,2		1,4	70,1		937,0	436
27,4	Sabbia limosa	23	47	34,5		1	52,3		834,0	390
27,6	Sabbia	16	52	35,2		1	58,9		882,0	409
27,8	Argilla limosa	29			450,4	11,9	94,9	0,127	1424,0	372
28,0	Sabbia limosa	25	45	34,0		1	48,5		823,0	381
28,2	Sabbia limosa	20	46	34,0		1	48,8		831,0	383
28,4	Sabbia limosa	19	48	34,5		1	53,2		860,0	393
28,6	Sabbia	15	45	33,8		1	47,8		831,0	379
28,8	Sabbia limosa	21	47	34,3		1	52,7		862,0	391
29,0	Sabbia limosa	23	45	33,7		1	47,4		837,0	379
29,2	Sabbia limosa	26	44	33,4		1	45,6		828,0	374
29,4	Sabbia limosa	22	44	33,4		1	45,6		832,0	374
29,6	Argilla limosa	35			277	6,9	59,3	0,122	890,0	335
29,8	Argilla limosa	34			404,8	10	85,7	0,141	1286,0	364

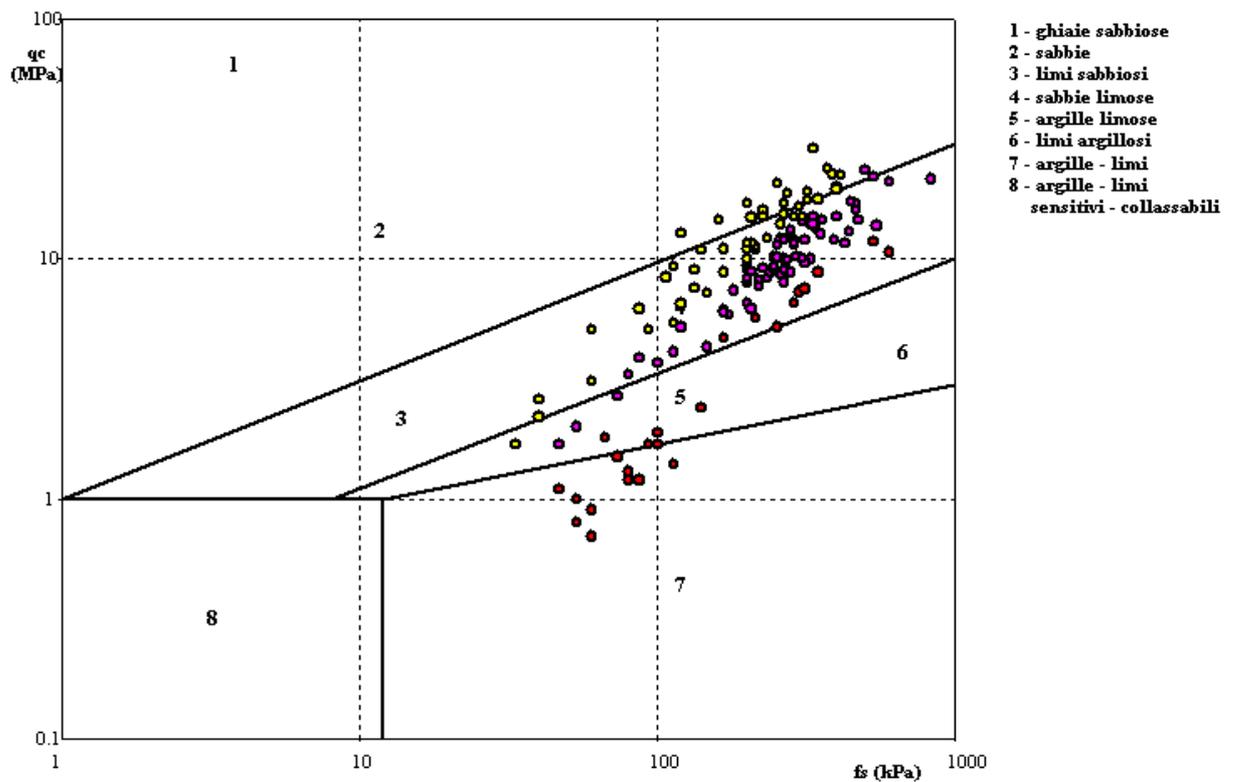
30,0	Sabbia limosa	22	48	34,2		1	53,2		890,0	393
------	---------------	----	----	------	--	---	------	--	-------	-----

$z$  = profondità (m)  
 $CF$  = contenuto di fine [passante al 200] (%)  
 $Id$  = indice di densità (%)  
 $f$  = angolo d'attrito (°)  
 $Su$  = resistenza al taglio non drenata (kPa)  
 $OCR$  = grado di sovraconsolidamento  
 $M$  = modulo confinato (MPa)  
 $Cc$  = indice di compressibilità (-)  
 $Go$  = modulo di taglio (MPa)  
 $Vs$  = velocità onde di taglio (m/s)

**Prova Penetrometrica Statica 2**

Martignana di Po -

Critero di identificazione di Eslami - Fellenius, 1997



## ANALISI PROVE STATICHE CON PENETROMETRO MECCANICO [CPT]

Committente: Comune di Martignana di Po

Località: Martignana di Po

Data: 25/06/2008

Passo delle misure = 20,00 cm.

Profondità della falda = 2,0 m.

## PROVA PENETROMETRICA STATICA n. 3

z = profondità

Rp = resistenza di punta (bar)

Rl = resistenza d'attrito (bar)

## VALORI CALCOLATI

z	Qc	Fs	Rf	L	g	sv	sv'	Uo
0,4	1,2	40,0	3,33	Argilla limosa	18,5	7,5	7,5	0,0
0,6	1,2	40,0	3,33	Argilla limosa	18,5	11,2	11,2	0,0
0,8	1,3	53,3	4,10	Argilla	18,0	14,8	14,8	0,0
1,0	1,0	60,0	6,00	Torba	17,5	18,3	18,3	0,0
1,2	1,1	53,3	4,85	Argilla	18,0	21,9	21,9	0,0
1,4	1,3	53,3	4,10	Argilla	18,0	25,5	25,5	0,0
1,6	1,5	53,3	3,56	Argilla limosa	18,5	29,2	29,2	0,0
1,8	1,4	46,7	3,33	Argilla limosa	18,5	32,9	32,9	0,0
2,0	1,2	46,7	3,89	Argilla limosa	18,5	36,6	36,6	0,0
2,2	0,9	40,0	4,44	Argilla	18,0	40,2	38,2	2,0
2,4	0,7	33,3	4,76	Argilla	18,0	43,8	39,9	3,9
2,6	3,8	60,0	1,58	Sabbia	20,0	47,8	41,9	5,9
2,8	4,5	33,3	0,74	Sabbia	20,0	51,8	44,0	7,8
3,0	3,2	86,7	2,71	Sabbia limosa	19,5	55,7	45,9	9,8
3,2	3,5	86,7	2,48	Sabbia limosa	19,5	59,6	47,8	11,8
3,4	3,2	53,3	1,67	Sabbia	20,0	63,6	49,9	13,7
3,6	2,8	66,7	2,38	Sabbia limosa	19,5	67,5	51,8	15,7
3,8	4,3	66,7	1,55	Sabbia	20,0	71,5	53,8	17,7
4,0	4,3	120,0	2,79	Sabbia limosa	19,5	75,4	55,8	19,6
4,2	3,4	106,7	3,14	Sabbia limosa	19,5	79,3	57,7	21,6
4,4	3,8	93,3	2,46	Sabbia limosa	19,5	83,2	59,7	23,5
4,6	4,4	93,3	2,12	Sabbia limosa	19,5	87,1	61,6	25,5
4,8	4,6	113,3	2,46	Sabbia limosa	19,5	91,0	63,5	27,5
5,0	5,1	126,7	2,48	Sabbia limosa	19,5	94,9	65,5	29,4
5,2	5,4	140,0	2,59	Sabbia limosa	19,5	98,8	67,4	31,4
5,4	6,5	160,0	2,46	Sabbia limosa	19,5	102,7	69,3	33,4
5,6	6,0	180,0	3,00	Sabbia limosa	19,5	106,6	71,3	35,3
5,8	8,0	153,3	1,92	Sabbia	20,0	110,6	73,3	37,3
6,0	7,2	153,3	2,13	Sabbia limosa	19,5	114,5	75,3	39,2
6,2	7,7	226,7	2,94	Sabbia limosa	19,5	118,4	77,2	41,2
6,4	7,7	173,3	2,25	Sabbia limosa	19,5	122,3	79,1	43,2
6,6	8,2	226,7	2,76	Sabbia limosa	19,5	126,2	81,1	45,1
6,8	9,4	233,3	2,48	Sabbia limosa	19,5	130,1	83,0	47,1
7,0	9,8	233,3	2,38	Sabbia limosa	19,5	134,0	85,0	49,1

7,2	9,9	306,7	3,10	Sabbia limosa	19,5	137,9	86,9	51,0
7,4	8,8	220,0	2,50	Sabbia limosa	19,5	141,8	88,8	53,0
7,6	8,3	260,0	3,13	Sabbia limosa	19,5	145,7	90,8	54,9
7,8	8,2	253,3	3,09	Sabbia limosa	19,5	149,6	92,7	56,9
8,0	8,9	206,7	2,32	Sabbia limosa	19,5	153,5	94,6	58,9
8,2	6,3	233,3	3,70	Argilla limosa	18,5	157,2	96,4	60,8
8,4	6,1	180,0	2,95	Sabbia limosa	19,5	161,1	98,3	62,8
8,6	5,6	206,7	3,69	Argilla limosa	18,5	164,8	100,1	64,7
8,8	5,7	200,0	3,51	Sabbia limosa	19,5	168,7	102,0	66,7
9,0	7,8	146,7	1,88	Sabbia	20,0	172,7	104,0	68,7
9,2	8,6	233,3	2,71	Sabbia limosa	19,5	176,6	106,0	70,6
9,4	9,5	193,3	2,04	Sabbia	20,0	180,6	108,0	72,6
9,6	7,2	233,3	3,24	Sabbia limosa	19,5	184,5	109,9	74,6
9,8	5,9	206,7	3,50	Sabbia limosa	19,5	188,4	111,9	76,5
10,0	6,9	166,7	2,42	Sabbia limosa	19,5	192,3	113,8	78,5
10,2	6,6	213,3	3,23	Sabbia limosa	19,5	196,2	115,8	80,4
10,4	7,9	166,7	2,11	Sabbia limosa	19,5	200,1	117,7	82,4
10,6	6,2	226,7	3,66	Argilla limosa	18,5	203,8	119,4	84,4
10,8	5,8	206,7	3,56	Sabbia limosa	19,5	207,7	121,4	86,3
11,0	6,1	166,7	2,73	Sabbia limosa	19,5	211,6	123,3	88,3
11,2	6,1	153,3	2,51	Sabbia limosa	19,5	215,5	125,2	90,3
11,4	7,3	246,7	3,38	Sabbia limosa	19,5	219,4	127,2	92,2
11,6	7,9	273,3	3,46	Sabbia limosa	19,5	223,3	129,1	94,2
11,8	11,5	166,7	1,45	Sabbia	20,0	227,3	131,2	96,1
12,0	7,6	226,7	2,98	Sabbia limosa	19,5	231,2	133,1	98,1
12,2	13,0	326,7	2,51	Sabbia limosa	19,5	235,1	135,0	100,1
12,4	11,3	273,3	2,42	Sabbia limosa	19,5	239,0	137,0	102,0
12,6	10,3	266,7	2,59	Sabbia limosa	19,5	242,9	138,9	104,0
12,8	13,6	253,3	1,86	Sabbia	20,0	246,9	141,0	105,9
13,0	9,0	306,7	3,41	Sabbia limosa	19,5	250,8	142,9	107,9
13,2	8,2	213,3	2,60	Sabbia limosa	19,5	254,7	144,8	109,9
13,4	6,7	173,3	2,59	Sabbia limosa	19,5	258,6	146,8	111,8
13,6	4,8	193,3	4,03	Argilla limosa	18,5	262,3	148,5	113,8
13,8	5,2	153,3	2,95	Sabbia limosa	19,5	266,2	150,4	115,8
14,0	9,2	160,0	1,74	Sabbia	20,0	270,2	152,5	117,7
14,2	8,7	73,3	0,84	Sabbia	20,0	274,2	154,5	119,7
14,4	10,4	160,0	1,54	Sabbia	20,0	278,2	156,6	121,6
14,6	10,5	300,0	2,86	Sabbia limosa	19,5	282,1	158,5	123,6
14,8	7,7	166,7	2,16	Sabbia limosa	19,5	286,0	160,4	125,6
15,0	7,0	200,0	2,86	Sabbia limosa	19,5	289,9	162,4	127,5
15,2	8,8	213,3	2,42	Sabbia limosa	19,5	293,8	164,3	129,5
15,4	10,3	226,7	2,20	Sabbia limosa	19,5	297,7	166,2	131,5
15,6	10,2	253,3	2,48	Sabbia limosa	19,5	301,6	168,2	133,4
15,8	9,0	233,3	2,59	Sabbia limosa	19,5	305,5	170,1	135,4
16,0	6,0	233,3	3,89	Argilla limosa	18,5	309,2	171,9	137,3
16,2	6,5	233,3	3,59	Sabbia limosa	19,5	313,1	173,8	139,3
16,4	13,0	200,0	1,54	Sabbia	20,0	317,1	175,8	141,3
16,6	7,0	300,0	4,29	Argilla limosa	18,5	320,8	177,6	143,2
16,8	11,8	293,3	2,49	Sabbia limosa	19,5	324,7	179,5	145,2
17,0	15,0	333,3	2,22	Sabbia limosa	19,5	328,6	181,5	147,2
17,2	9,0	233,3	2,59	Sabbia limosa	19,5	332,5	183,4	149,1
17,4	8,5	300,0	3,53	Sabbia limosa	19,5	336,4	185,3	151,1
17,6	7,0	213,3	3,05	Sabbia limosa	19,5	340,3	187,3	153,0
17,8	8,5	233,3	2,75	Sabbia limosa	19,5	344,2	189,2	155,0
18,0	10,5	300,0	2,86	Sabbia limosa	19,5	348,1	191,1	157,0

18,2	12,2	186,7	1,53	Sabbia	20,0	352,1	193,2	158,9
18,4	13,1	253,3	1,93	Sabbia	20,0	356,1	195,2	160,9
18,6	17,0	266,7	1,57	Sabbia	20,0	360,1	197,3	162,8
18,8	19,1	426,7	2,23	Sabbia limosa	19,5	364,0	199,2	164,8
19,0	21,3	446,7	2,10	Sabbia	20,0	368,0	201,2	166,8
19,2	24,0	466,7	1,94	Sabbia	20,0	372,0	203,3	168,7
19,4	22,0	500,0	2,27	Sabbia limosa	19,5	375,9	205,2	170,7
19,6	22,5	500,0	2,22	Sabbia limosa	19,5	379,8	207,1	172,7
19,8	23,8	413,3	1,74	Sabbia	20,0	383,8	209,2	174,6
20,0	24,5	533,3	2,18	Sabbia limosa	19,5	387,7	211,1	176,6
20,2	25,0	433,3	1,73	Sabbia	20,0	391,7	213,2	178,5
20,4	15,0	466,7	3,11	Sabbia limosa	19,5	395,6	215,1	180,5
20,6	9,0	400,0	4,44	Argilla limosa	18,5	399,3	216,8	182,5
20,8	9,2	353,3	3,84	Sabbia limosa	19,5	403,2	218,8	184,4
21,0	8,6	293,3	3,41	Sabbia limosa	19,5	407,1	220,7	186,4
21,2	13,0	333,3	2,56	Sabbia limosa	19,5	411,0	222,6	188,4
21,4	14,0	266,7	1,90	Sabbia	20,0	415,0	224,7	190,3
21,6	14,5	313,3	2,16	Sabbia limosa	19,5	418,9	226,6	192,3
21,8	19,0	400,0	2,11	Sabbia limosa	19,5	422,8	228,6	194,2
22,0	11,0	200,0	1,82	Sabbia	20,0	426,8	230,6	196,2
22,2	13,5	240,0	1,78	Sabbia	20,0	430,8	232,6	198,2
22,4	12,0	220,0	1,83	Sabbia	20,0	434,8	234,7	200,1
22,6	9,0	200,0	2,22	Sabbia limosa	19,5	438,7	236,6	202,1
22,8	11,0	200,0	1,82	Sabbia	20,0	442,7	238,7	204,0
23,0	13,0	266,7	2,05	Sabbia	20,0	446,7	240,7	206,0
23,2	13,2	320,0	2,42	Sabbia limosa	19,5	450,6	242,6	208,0
23,4	14,5	366,7	2,53	Sabbia limosa	19,5	454,5	244,6	209,9
23,6	15,0	346,7	2,31	Sabbia limosa	19,5	458,4	246,5	211,9
23,8	9,0	266,7	2,96	Sabbia limosa	19,5	462,3	248,4	213,9
24,0	8,6	246,7	2,87	Sabbia limosa	19,5	466,2	250,4	215,8
24,2	7,5	260,0	3,47	Sabbia limosa	19,5	470,1	252,3	217,8
24,4	8,5	320,0	3,76	Sabbia limosa	19,5	474,0	254,3	219,7
24,6	9,7	273,3	2,82	Sabbia limosa	19,5	477,9	256,2	221,7
24,8	12,2	306,7	2,51	Sabbia limosa	19,5	481,8	258,1	223,7
25,0	14,4	293,3	2,04	Sabbia	20,0	485,8	260,2	225,6
25,2	13,3	353,3	2,66	Sabbia limosa	19,5	489,7	262,1	227,6
25,4	13,2	386,7	2,93	Sabbia limosa	19,5	493,6	264,0	229,6
25,6	22,0	600,0	2,73	Sabbia limosa	19,5	497,5	266,0	231,5
25,8	29,0	266,7	0,92	Sabbia	20,0	501,5	268,0	233,5
26,0	31,5	500,0	1,59	Sabbia	20,0	505,5	270,1	235,4
26,2	28,0	400,0	1,43	Sabbia	20,0	509,5	272,1	237,4
26,4	26,0	520,0	2,00	Sabbia	20,0	513,5	274,1	239,4
26,6	18,0	240,0	1,33	Sabbia	20,0	517,5	276,2	241,3
26,8	14,4	440,0	3,06	Sabbia limosa	19,5	521,4	278,1	243,3
27,0	15,0	200,0	1,33	Sabbia	20,0	525,4	280,1	245,3
27,2	9,0	333,3	3,70	Sabbia limosa	19,5	529,3	282,1	247,2
27,4	10,7	206,7	1,93	Sabbia	20,0	533,3	284,1	249,2
27,6	12,5	406,7	3,25	Sabbia limosa	19,5	537,2	286,1	251,1
27,8	13,4	273,3	2,04	Sabbia	20,0	541,2	288,1	253,1
28,0	15,0	433,3	2,89	Sabbia limosa	19,5	545,1	290,0	255,1
28,2	16,0	420,0	2,63	Sabbia limosa	19,5	549,0	292,0	257,0
28,4	13,5	366,7	2,72	Sabbia limosa	19,5	552,9	293,9	259,0
28,6	12,0	353,3	2,94	Sabbia limosa	19,5	556,8	295,9	260,9
28,8	10,8	413,3	3,83	Sabbia limosa	19,5	560,7	297,8	262,9
29,0	11,6	433,3	3,74	Sabbia limosa	19,5	564,6	299,7	264,9

29,2	17,0	333,3	1,96	Sabbia	20,0	568,6	301,8	266,8
29,4	12,7	286,7	2,26	Sabbia limosa	19,5	572,5	303,7	268,8
29,6	11,4	306,7	2,69	Sabbia limosa	19,5	576,4	305,6	270,8
29,8	11,0	266,7	2,42	Sabbia limosa	19,5	580,3	307,6	272,7
30,0	13,3	313,3	2,36	Sabbia limosa	19,5	584,2	309,5	274,7

z = profondità (m)

Qc = resistenza alla punta (MPa)

Fs = resistenza d'attrito (kPa)

Rf = rapporto delle resistenze (%)

L = litologia (criterio di Schmertmann, 1976)

g = peso di volume (kN/mc)

sv = tensione litostatica totale (kPa)

sv' = tensione litostatica effettiva (kPa)

Uo = pressione nei pori (kPa)

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

z	L	CF	Id	f	Su	OCR	M	Cc	Go	Vs
0,4	Argilla limosa	13			47,7	30	9,8	0,111	147,0	220
0,6	Argilla limosa	16			47,6	30	9,8	0,111	147,0	220
0,8	Argilla	20			51,4	26,4	10,6	0,121	159,0	224
1,0	Torba	29			39,29	16,3	8	0,146	120,0	211
1,2	Argilla	27			43,1	15	8,8	0,131	132,0	216
1,4	Argilla	25			51	15,2	10,5	0,121	158,0	224
1,6	Argilla limosa	23			58,8	15,3	12,1	0,114	182,0	232
1,8	Argilla limosa	25			54,7	12,6	11,2	0,111	168,0	228
2,0	Argilla limosa	30			46,5	9,6	9,5	0,118	143,0	220
2,2	Argilla	36			34,4	6,8	7,1	0,126	107,0	206
2,4	Argilla	41			26,2	5	5,4	0,130	81,0	194
2,6	Sabbia	12	37	37,7		2,9	16,3		163,0	287
2,8	Sabbia	7	39	38,1		3,1	18,6		175,0	298
3,0	Sabbia limosa	18	34	36,6		2,2	14,4		166,0	276
3,2	Sabbia limosa	17	35	36,7		2,2	15,5		174,0	281
3,4	Sabbia	15	33	36,2		2	14,7		175,0	276
3,6	Sabbia limosa	19	31	35,4		1,6	13,3		174,0	267
3,8	Sabbia	12	37	37,1		2,4	18,4		199,0	295
4,0	Sabbia limosa	17	37	36,9		2,3	18,4		204,0	295
4,2	Sabbia limosa	21	33	35,8		1,7	15,6		197,0	280
4,4	Sabbia limosa	18	35	36,1		1,8	16,8		207,0	287
4,6	Sabbia limosa	16	37	36,6		2	18,8		219,0	297
4,8	Sabbia limosa	17	37	36,6		2	19,7		226,0	300
5,0	Sabbia limosa	16	39	36,9		2,2	21,1		237,0	307
5,2	Sabbia limosa	16	40	37,0		2,2	21,9		245,0	311
5,4	Sabbia limosa	15	42	37,6		2,5	25,5		262,0	325
5,6	Sabbia limosa	17	41	37,2		2,3	24		262,0	319
5,8	Sabbia	12	46	38,1		2,9	29,3		287,0	340
6,0	Sabbia limosa	13	44	37,6		2,5	27,3		284,0	332
6,2	Sabbia limosa	16	45	37,8		2,6	28,7		294,0	337
6,4	Sabbia limosa	14	45	37,6		2,5	28,7		299,0	337
6,6	Sabbia limosa	15	46	37,8		2,6	30,1		309,0	342
6,8	Sabbia limosa	13	48	38,2		2,9	33,3		325,0	353
7,0	Sabbia limosa	13	49	38,2		2,9	34,1		333,0	357
7,2	Sabbia limosa	15	49	38,1		2,8	34,5		339,0	358
7,4	Sabbia limosa	14	46	37,7		2,5	32,3		334,0	348
7,6	Sabbia limosa	17	45	37,4		2,3	31		335,0	343

7,8	Sabbia limosa	17	45	37,2		2,2	30,6		338,0	342
8,0	Sabbia limosa	14	46	37,4		2,3	32,6		350,0	349
8,2	Argilla limosa	22			245,7	19,4	51,1	0,116	767,0	322
8,4	Sabbia limosa	20	39	35,8		1,5	25,2		327,0	320
8,6	Argilla limosa	23			217,4	16,5	45,3	0,116	680,0	314
8,8	Sabbia limosa	23	38	35,4		1,3	24		330,0	315
9,0	Sabbia	14	43	36,5		1,8	30,1		361,0	338
9,2	Sabbia limosa	17	45	36,8		1,9	32,1		375,0	346
9,4	Sabbia	14	46	37,1		2,1	34,8		389,0	354
9,6	Sabbia limosa	20	41	36,0		1,5	28,8		368,0	332
9,8	Sabbia limosa	23	38	35,1		1,2	24,8		354,0	317
10,0	Sabbia limosa	18	40	35,7		1,4	28,1		373,0	329
10,2	Sabbia limosa	22	40	35,4		1,3	26,8		373,0	326
10,4	Sabbia limosa	16	42	36,1		1,6	31		394,0	339
10,6	Argilla limosa	24			239,8	15,3	50,1	0,115	752,0	321
10,8	Sabbia limosa	25	37	34,6		1	24,8		373,0	316
11,0	Sabbia limosa	22	38	34,8		1,1	25,7		381,0	320
11,2	Sabbia limosa	21	38	34,7		1	25,7		386,0	320
11,4	Sabbia limosa	22	41	35,4		1,3	29,2		407,0	333
11,6	Sabbia limosa	22	42	35,6		1,4	31		420,0	339
11,8	Sabbia	11	49	37,0		2	40,1		466,0	370
12,0	Sabbia limosa	21	41	35,3		1,2	30,4		425,0	336
12,2	Sabbia limosa	15	51	37,3		2,1	43,7		490,0	381
12,4	Sabbia limosa	16	48	36,7		1,8	40		478,0	369
12,6	Sabbia limosa	17	46	36,3		1,6	37,8		472,0	361
12,8	Sabbia	12	52	37,2		2,1	45		511,0	385
13,0	Sabbia limosa	21	43	35,7		1,4	34,8		465,0	350
13,2	Sabbia limosa	20	42	35,3		1,2	32,2		458,0	342
13,4	Sabbia limosa	22	38	34,4		1	28,2		440,0	327
13,6	Argilla limosa	31			181,5	9,3	38,3	0,120	575,0	303
13,8	Sabbia limosa	26	35	33,1		1	23		420,0	308
14,0	Sabbia	16	43	35,5		1,3	35,5		488,0	352
14,2	Sabbia	12	42	35,2		1,2	34,2		486,0	347
14,4	Sabbia	14	45	35,9		1,4	38,8		513,0	362
14,6	Sabbia limosa	19	46	35,8		1,4	38,5		518,0	362
14,8	Sabbia limosa	20	40	34,5		1	31,3		484,0	337
15,0	Sabbia limosa	24	39	34,0		1	29		476,0	330
15,2	Sabbia limosa	20	42	35,0		1,1	34,6		508,0	348
15,4	Sabbia limosa	17	45	35,5		1,3	38,4		533,0	361
15,6	Sabbia limosa	19	45	35,4		1,2	38,1		536,0	360
15,8	Sabbia limosa	20	42	34,9		1	35,4		523,0	350
16,0	Argilla limosa	29			227,6	10	48	0,118	720,0	319
16,2	Sabbia limosa	28	37	33,4		1	27,8		489,0	325
16,4	Sabbia	13	49	36,2		1,5	45,3		587,0	381
16,6	Argilla limosa	29			267,2	11,4	56,2	0,124	843,0	330
16,8	Sabbia limosa	18	47	35,7		1,3	42,5		581,0	372
17,0	Sabbia limosa	15	52	36,5		1,6	49,6		621,0	393
17,2	Sabbia limosa	21	42	34,6		1	35,4		551,0	350
17,4	Sabbia limosa	25	41	34,3		1	34		547,0	345
17,6	Sabbia limosa	26	38	33,4		1	29,5		525,0	330
17,8	Sabbia limosa	23	41	34,2		1	34		555,0	345
18,0	Sabbia limosa	21	44	35,0		1	39,9		589,0	362
18,2	Sabbia	14	47	35,5		1,2	44		616,0	375
18,4	Sabbia	16	48	35,8		1,3	46,4		631,0	381
18,6	Sabbia	12	54	36,6		1,7	54,3		678,0	405

18,8	Sabbia limosa	14	56	36,9		1,8	59		703,0	416
19,0	Sabbia	13	59	37,2		2	62,4		728,0	426
19,2	Sabbia	11	62	37,4		2,2	66,8		755,0	438
19,4	Sabbia limosa	13	59	37,2		2	64,5		743,0	430
19,6	Sabbia limosa	13	60	37,2		2	64,8		752,0	432
19,8	Sabbia	11	61	37,3		2,1	67,4		768,0	437
20,0	Sabbia limosa	12	62	37,4		2,1	68,2		778,0	440
20,2	Sabbia	10	62	37,4		2,1	69,6		788,0	442
20,4	Sabbia limosa	19	50	35,8		1,3	51,4		697,0	393
20,6	Argilla limosa	29			344	12	72,4	0,126	1086,0	350
20,8	Sabbia limosa	27	41	33,8		1	36,8		624,0	352
21,0	Sabbia limosa	27	40	33,5		1	35		618,0	346
21,2	Sabbia limosa	19	47	35,2		1,1	46,9		689,0	381
21,4	Sabbia	16	49	35,4		1,1	48,8		706,0	387
21,6	Sabbia limosa	17	49	35,5		1,2	50,5		716,0	390
21,8	Sabbia limosa	14	55	36,4		1,5	59,7		771,0	415
22,0	Sabbia	18	44	34,3		1	41,8		677,0	366
22,2	Sabbia	16	48	35,1		1	47,8		716,0	384
22,4	Sabbia	18	45	34,6		1	44,8		700,0	374
22,6	Sabbia limosa	23	40	33,4		1	36,6		655,0	350
22,8	Sabbia	19	44	34,2		1	41,8		693,0	366
23,0	Sabbia	18	47	34,8		1	46,9		726,0	381
23,2	Sabbia limosa	20	47	34,8		1	47,6		733,0	382
23,4	Sabbia limosa	19	49	35,1		1	50,5		755,0	390
23,6	Sabbia limosa	18	49	35,3		1,1	52,3		765,0	393
23,8	Sabbia limosa	26	40	33,1		1	36,6		677,0	350
24,0	Sabbia limosa	26	39	32,9		1	35,6		673,0	346
24,2	Sabbia limosa	30	37	32,2		1	32,1		654,0	335
24,4	Sabbia limosa	30	39	32,7		1	35,2		678,0	345
24,6	Sabbia limosa	25	41	33,3		1	38,8		704,0	356
24,8	Sabbia limosa	21	45	34,2		1	45,5		750,0	375
25,0	Sabbia	18	48	34,9		1	51		786,0	390
25,2	Sabbia limosa	21	46	34,5		1	48,8		774,0	383
25,4	Sabbia limosa	22	46	34,5		1	48,4		776,0	382
25,6	Sabbia limosa	17	57	36,2		1,4	66,8		887,0	430
25,8	Sabbia	7	64	36,9		1,8	78		955,0	458
26,0	Sabbia	10	66	37,0		1,9	81,9		980,0	467
26,2	Sabbia	10	63	36,7		1,7	76,6		956,0	454
26,4	Sabbia	13	61	36,5		1,6	73,7		944,0	446
26,6	Sabbia	13	52	35,4		1,1	59,6		865,0	410
26,8	Sabbia limosa	22	47	34,6		1	51,9		822,0	390
27,0	Sabbia	15	48	34,7		1	53,2		835,0	393
27,2	Sabbia limosa	30	39	32,5		1	37,3		738,0	350
27,4	Sabbia	22	42	33,2		1	42,1		774,0	364
27,6	Sabbia limosa	25	45	33,8		1	46,7		809,0	377
27,8	Sabbia	20	46	34,1		1	49,2		827,0	383
28,0	Sabbia limosa	22	48	34,5		1	53,2		855,0	393
28,2	Sabbia limosa	20	49	34,8		1	55,7		872,0	399
28,4	Sabbia limosa	22	46	34,0		1	49,5		840,0	384
28,6	Sabbia limosa	25	44	33,5		1	45,6		819,0	374
28,8	Sabbia limosa	29	42	33,0		1	42,5		801,0	365
29,0	Sabbia limosa	28	43	33,3		1	44,8		819,0	371
29,2	Sabbia	17	50	34,8		1	58,2		906,0	405
29,4	Sabbia limosa	22	45	33,6		1	47,4		846,0	379
29,6	Sabbia limosa	25	43	33,1		1	44		827,0	369

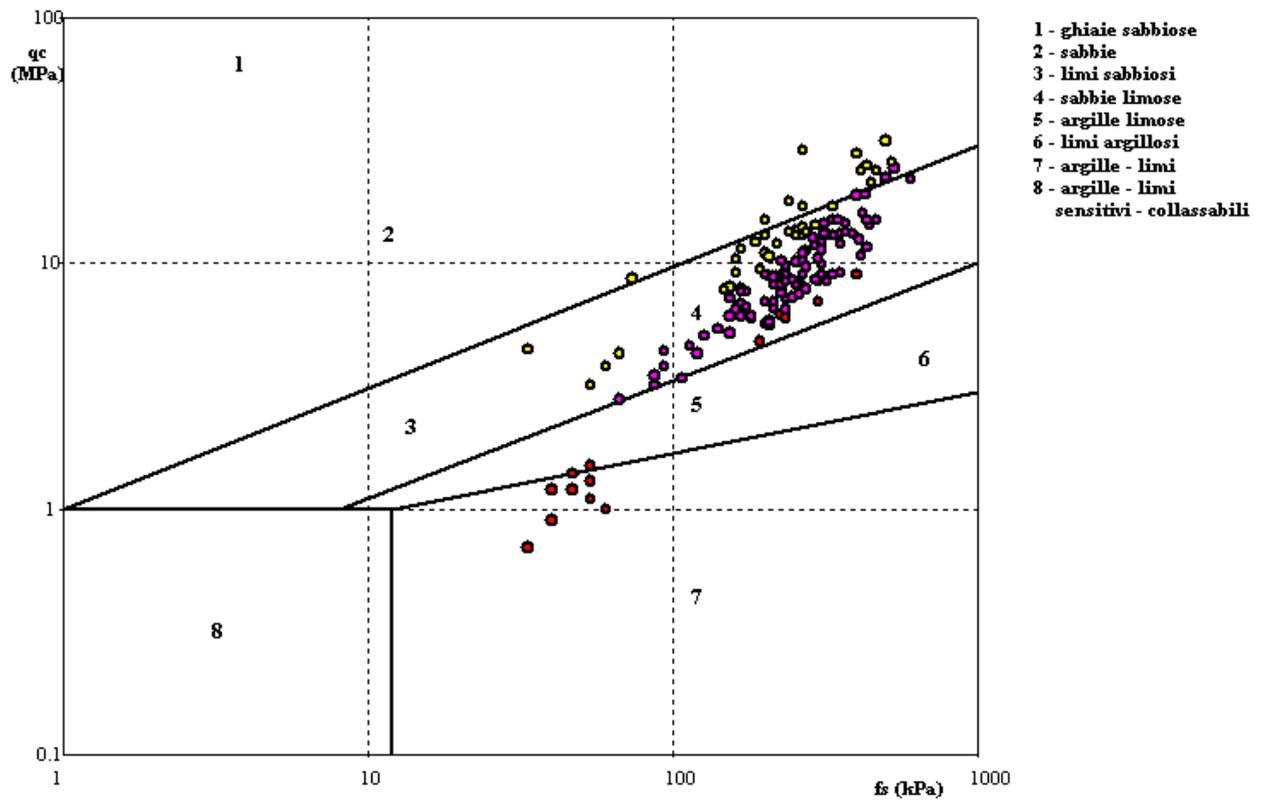
29,8	Sabbia limosa	24	42	33,0		1	43,2		823,0	366
30,0	Sabbia limosa	22	45	33,8		1	49,6		867,0	383

$z$  = profondità (m)  
 $CF$  = contenuto di fine [passante al 200] (%)  
 $Id$  = indice di densità (%)  
 $f$  = angolo d'attrito (°)  
 $Su$  = resistenza al taglio non drenata (kPa)  
 $OCR$  = grado di sovraconsolidamento  
 $M$  = modulo confinato (MPa)  
 $Cc$  = indice di compressibilità (-)  
 $Go$  = modulo di taglio (MPa)  
 $Vs$  = velocità onde di taglio (m/s)

**Prova Penetrometrica Statica 3**

Martignana di Po -

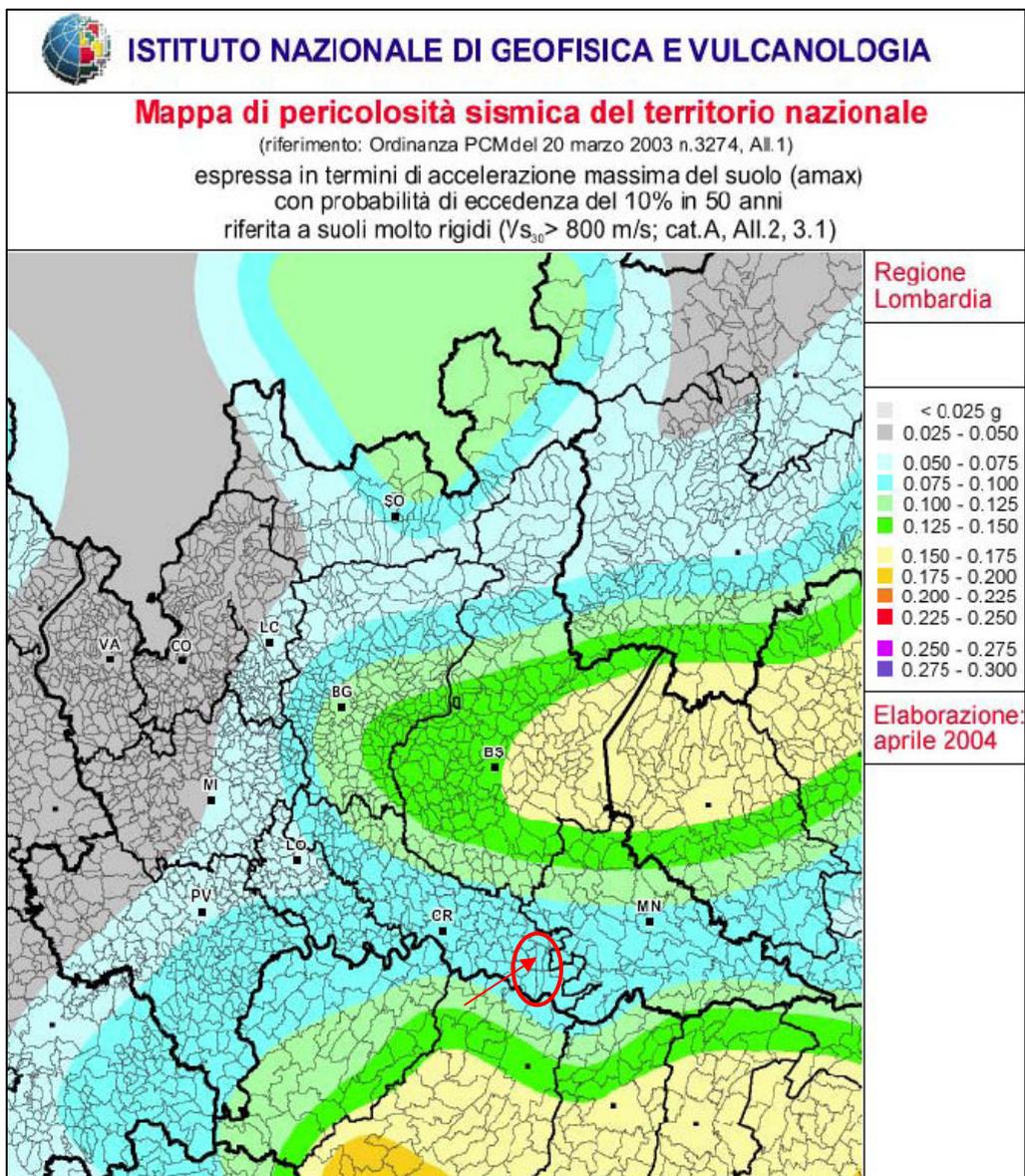
**Criterio di identificazione di Eslami - Fellenius, 1997**



#### 4. ANALISI E VALUTAZIONI DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

Il comune di Martignana di Po è censito nella Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003 come appartenente alla zona 4, cioè inserito nella classe di minima sismicità e con una accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni inferiore al valore di  $a_{g/g} < a_{0,05}$ .

Gli studi effettuati da gruppi di ricerca (INGV, 2004) hanno permesso di elaborare una “Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale”, espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ), riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s).



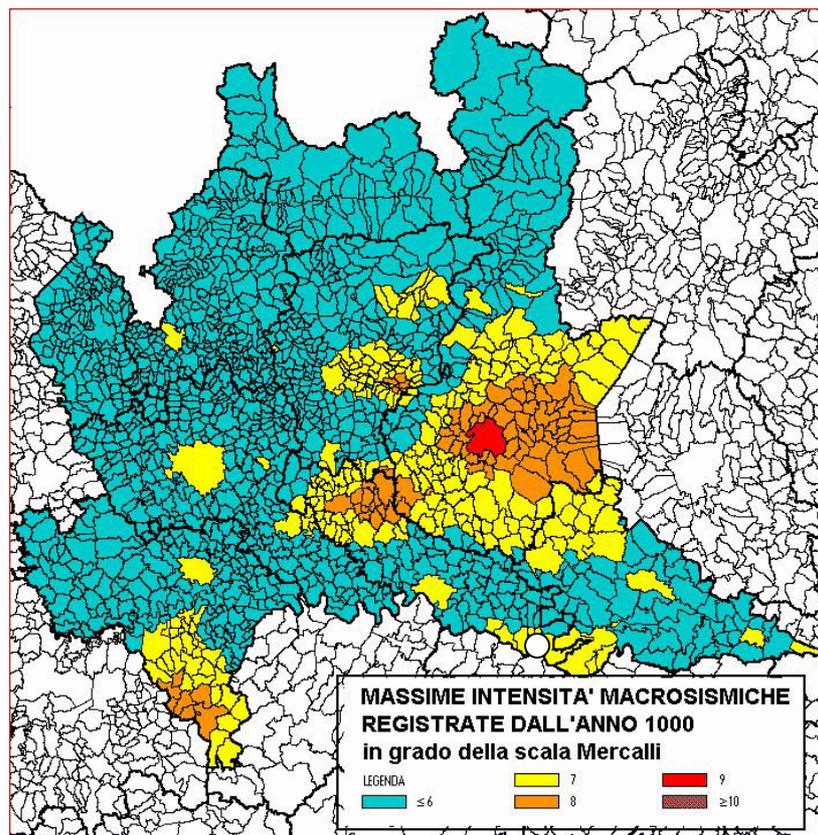
**Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale – Regione Lombardia**

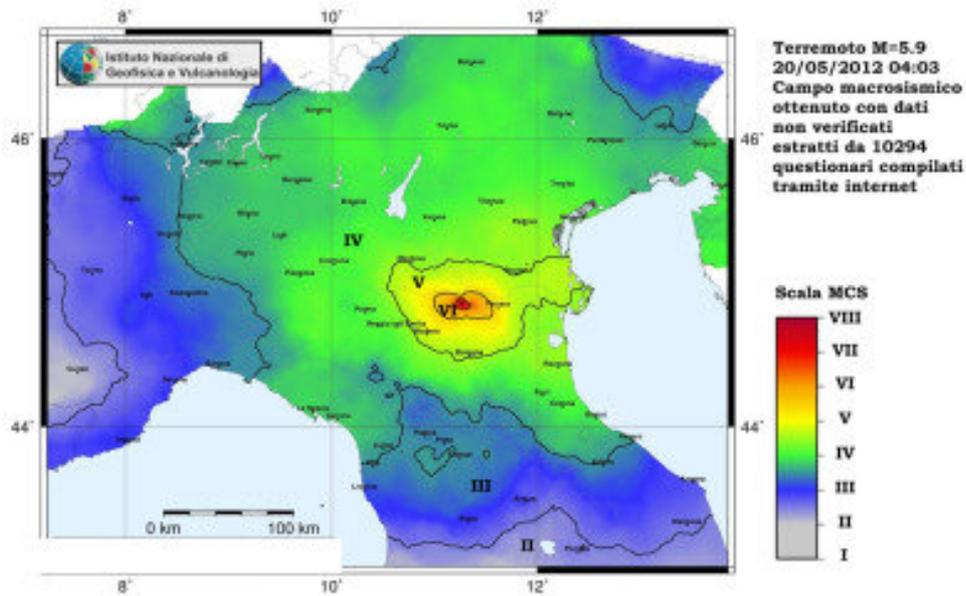
Le zone sono state determinate sulla base dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema di Tabella 1:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]
1	> 0,25
2	0,15 - 0,25
3	0,05 - 0,15
4	< 0,05

**Tabella 1:** zone sismiche

In termini di intensità macrosismica il territorio di Martignana di Po risente parzialmente degli effetti epicentrali dell'arco emiliano, come riportato nella figure che seguono.





Con DGR 8/1566 del 22-12-2005 la Regione Lombardia ha imposto l'obbligo a tutti i Comuni di verificare la pericolosità sismica del proprio territorio, fornendo una linea guida (allegato 5) per la stesura di tale studio.

Il primo passo consiste nell'individuazione delle aree passibili di amplificazione sismica, basandosi su diversi scenari, proposti nella seguente tabella:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco ad-densati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite -arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide del-tizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Per riassumere si riporta lo schema di approfondimento e le fasi di applicazione in zona sismica 4.

## **1° LIVELLO**

In base alle conoscenze in possesso dello scrivente e ad una approfondita analisi della geologia e geomorfologia del territorio del Comune di Martignana di Po risulta che si è in presenza degli scenari, Z4a e Z2b.

Tali scenari sono riportati nella carta della pericolosità sismica locale.

## **2° LIVELLO**

### **Dalla DGR IX/2616 del 30/11/2011**

*Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: Questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.*

**La procedura di 2° livello è obbligatoria nella progettazione di edifici di interesse pubblico o strategico (vedi elenco seguente).**

**Elenco degli edifici e delle opere di competenza regionale (art. 2 comma 3 O.P.C.M. n. 3274).**

(...“edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile - edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso”...).

Premesse.

Il seguente elenco fa espressamente riferimento al documento illustrato durante la riunione tecnica preliminare tenutasi a Roma il 15 luglio 2003 presso il Dipartimento di Protezione Civile cui hanno partecipato i rappresentanti delle Regioni.

Un primo elenco delle opere di competenza statale era stato inviato dal Dipartimento della Protezione Civile al Presidente della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province autonome con nota del 4 luglio 2003 prot. n.DPS/SSN/0028552.

Un secondo elenco delle opere di competenza statale è stato diffuso dal Dipartimento della Protezione Civile con nota del 2 ottobre 2003 n. DPC/VC/8842686. Tale elenco, pur con qualche precisazione, non differisce di molto da quello precedentemente predisposto.

## 1. EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

### EDIFICI

- a) Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (\*).
- b) Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (\*).
- c) Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (\*).
- d) Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (\*).
- e) Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc).
- f) Centri funzionali di protezione civile.
- g) Edifici ed opere individuate nei piano di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza.
- h) Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o di dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione.
- i) Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (\*\*).
- j) Centrali operative 118.

## 2. EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

### EDIFICI

- a) Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori.
  - b) Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere.
  - c) Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento di Protezione Civile, n.3685 del 21 ottobre 2003.
  - d) Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.).
  - e) Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio (\*\*\*) suscettibili di grande affollamento.
- (\*) Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.  
(\*\*) Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.  
(\*\*\*) Il centro commerciale viene definito (d.leg. n. 114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

## OPERE INFRASTRUTTURALI

- a) Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade «strategiche» provinciali e comunali non comprese tra la «grande viabilità» di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate «strategiche» nei piani di emergenza provinciali e comunali.
- b) Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane).
- c) Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza.
- d) Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica.
- e) Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotto, gasdotti, ecc.).
- f) Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali.
- g) Strutture non di competenza statale connesse con servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione).
- h) Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotto insalubri e/o pericolosi.
- i) Opere di ritenuta di competenza regionale.

In termini di valori di  $V_s$ , da utilizzare nella procedura di 2° livello si è fatto riferimento alla tabella sotto riportata, estratta dall'allegato 5 della DGR n. 8/1566 del 22/12/2005 e DGR n. 8/7374 del 28/05/2008 e DGR n. IX/2616 del 30/11/2011.

DATI	ATTENDIBILITA'	TIPOLOGIA
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici ( $V_s$ )	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

**3° LIVELLO****Dalla DGR IX/2616 del 30/11/2011**

Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di  $F_a$  superiore al valore di soglia

*corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello. Per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5) non è necessaria la valutazione quantitativa, in quanto è da escludere la costruzione su entrambi i litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio. I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.*

Il terzo livello di analisi può essere sostituito dall'utilizzo dei parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ZONA SISMICA 3 nel caso del Comune di Martignana di Po).

## **5. ZONAZIONE AI FINI EDIFICATORI**

### **5.1 CRITERI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**

La suddivisione del territorio comunale ai fini edificatori è stata attuata seguendo un criterio di valutazione areale delle condizioni geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche ed ambientali riscontrate, avvalendosi dei dati litostratigrafici e geotecnici a disposizione; la zonazione così effettuata, è da ritenersi mediata fra le condizioni di fattibilità puramente geotecnica (caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione) e quelle idrogeologiche ed ambientali puntuali e dell'intorno considerato.

La delimitazione delle aree di fattibilità geologica, è coordinata con la zonazione effettuata sulla carta di sintesi e della pericolosità sismica locale.

Con riferimento alla cartografia allegata, si riporta di seguito la suddivisione per classi di edificabilità riferita all'intero comprensorio comunale.

Per i dettagli relativi alle prescrizioni per ogni classe di fattibilità si rimanda all'allegato delle norme geologico-tecniche ed ambientali di attuazione.

#### **CLASSE 2**

Aree dove si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geotecnico e idrogeologico limitati al singolo progetto e all'immediato intorno, al fine di verificare le eventuali disomogeneità geotecniche areali dei terreni di fondazione dei nuovi fabbricati e di identificare le corrette tipologie fondazionali adottabili in relazione all'entità dell'intervento, predisponendo quando necessario eventuali opere di bonifica e sistemazione che non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe.

#### **CLASSE 3**

Aree nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni principalmente riconducibili all'assetto idrogeologico degli stessi, ove si riscontrano condizioni di saturazione superficiale.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine preliminari per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area di intervento e del suo intorno, mediante indagini geognostiche, prove in situ e di laboratorio, eventualmente supportate da studi tematici specifici, in particolare idrogeologici, idraulici, ambientali e pedologici, per valutare la compatibilità delle nuove opere con l'assetto esistente, in modo da non modificare o interferire, se non a scopo migliorativo o integrativo con l'equilibrio idrogeologico esistente.

#### **CLASSE 4**

Aree ove dovrà essere esclusa qualsiasi nuova opera di edificazione. Entro questi ambiti potranno essere realizzati interventi volti al consolidamento ed alla sistemazione idrogeologica dei siti, mentre per gli edifici esistenti saranno consentiti Interventi così come definiti dall'art. 27 comma 1 lettere a),b),c) della L.R. 12/05. L'eventuale realizzazione di opere pubbliche e di interesse pubblico che non prevedano la presenza continuativa e temporanea di persone dovrà essere valutata puntualmente dall'autorità Comunale, previa presentazione di studio geologico e geotecnico che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Alla classe 4 sono ascritte le fasce di vincolo idrogeologico dalle sponde dei corsi d'acqua, le aree comprese entro la fascia B del PAI e la fascia di tutela assoluta del pozzo comunale ad uso potabile.

Voghera, marzo 2014

Dott. Geol. Luca Giorgi

Iscr. Ordine Geologi della Lombardia n° 814

A blue circular stamp from the Ordine Geologi della Lombardia, registration number 814, is overlaid with a handwritten signature in blue ink.