# GEOSAT

GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA
INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI

# COMUNE DI ALBIATE

## Pianificazione Urbanistica Comunale

## STUDIO GEOLOGICO TECNICO DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE

Aggiornamento ai sensi del
DGR n° 8/1566 e DGR n° 8/7374

*Cernusco Sul Naviglio, 10.03.2009 (1773)*

**GEOSAT s.r.l.**
*Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)*
*Tel: (02)9259 0455 - Fax (02)9259 1619 - E-mail: geosat@geosat.org*
*P.IVA e Cod. Fisc.: 04212410965 – Capitale sociale € 50.000,00*

# INDICE

***RIASSUNTO*** ..... **2**

**1) PREMESSA ED OBIETTIVI DEL PRESENTE LAVORO** ..... **2**

1.1 PROVE GEOFISICHE ESEGUITE ..... 3
*1.1.1 Dati sismostratigrafici – Modello geofisico* ..... *4*

**2) SISMICITÀ DEL SITO** ..... **16**

2.1 CENNI SULLA NORMATIVA SISMICA (SINO AL MARZO 2003) ..... 16
2.2 NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA (DA MARZO 2003) ..... 16

**3) ANALISI DEL RISCHIO SISMICO – PSL (PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE)** ..... **20**

3.1 ANALISI DI 1° LIVELLO. INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI PSL ..... 20
3.2 ANALISI DI 2° LIVELLO. STUDIO DEGLI EFFETTI ASSOCIATI AGLI SCENARI DI PSL INDIVIDUATI ..... 22
*3.2.1 Definizione della categoria del sottosuolo del territorio comunale di Albiate (MI)* ..... *22*
*3.2.2 Scenario di PSL relativo agli effetti morfologici Z3a* ..... *24*
*3.2.3 Scenario di PSL relativo agli effetti litologici Z4a* ..... *28*

**4) CARTA DI FATTIBILITÀ ALLE AZIONI DI PIANO. PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI SCENARI DI PSL INDIVIDUATI (TAVV. C E D)** ..... **30**

*4.1 Scenario Z1c. Effetti di instabilità* ..... *30*
*4.2 Scenario Z3a. Effetti di amplificazione morfologica* ..... *31*
*4.3 Scenario Z4a. Effetti di amplificazione litologica* ..... *31*
*4.4 Scenario Z5. Comportamenti differenziali* ..... *32*

**5) AGGIORNAMENTO CARTA DI FATTIBILITÀ ALLE AZIONI DI PIANO** ..... **33**

5.1 AZZONAMENTO DEL TERRITORIO IN CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E NORME TECNICHE ..... 35
5.2 ALTRI ELEMENTI CONDIZIONANTI LE TRASFORMAZIONI D'USO DEL SUOLO ..... 43

**6) CONCLUSIONI** ..... **45**

**ALLEGATI**

- Schede di calcolo delle prove geofisiche relative allo scenario Z4a;
- **Tavola A**: *Pericolosità sismica locale – Analisi di 1° livello*;
- **Tavola B**: *Pericolosità sismica locale – Analisi di 2° livello: effetti morfologici*;
- **Tavola C**: *Carta di fattibilità geologica alle azioni di piano*;
- **Tavola D**: *Carta di fattibilità geologica alle azioni di piano – aree di maggior interesse urbanistico.*

***RIASSUNTO***

Il presente lavoro costituisce l'adeguamento, ai sensi della DGR n°8/7374 del 28 maggio 2008, dello "*Studio geologico tecnico di supporto alla pianificazione urbanistica comunale"*, redatto da Geosat nel 2005.
In particolare si sono individuate quelle aree del territorio comunale ove, in caso di sisma, potrebbero verificarsi fenomeni di amplificazione sismica e/o instabilità di versante.
Attraverso gli approfondimenti di seguito descritti è stata redatta la "*Carta di fattibilità geologica alle azioni di pian*o" (Tav. C e D) che evidenziano come la maggior parte del territorio comunale sia caratterizzata da fenomeni di amplificazione sismica "modesta", ad eccezione delle aree prossime a Villa Tanzi, Villa Campello, e a valle delle Via Fermi, Gemelli e S.Ambrogio, arre nelle quali la realizzazione di interventi edilizi è soggetta a specifiche verifiche tecniche.

# 1) PREMESSA ED OBIETTIVI DEL PRESENTE LAVORO

Il Comune di Albiate ha affidato a Geosat srl l'incarico per l'aggiornamento ed adeguamento in materia di Pericolosità Sismica Locale (Studio di 1° e 2° Livello), ai sensi del D.G.R. n°8/1566 del 22/12/2005 e del D.G.R. n°8/7374 del 28/05/2008, del vigente Studio geologico tecnico di supporto alla pianificazione urbanistica comunale[1].
L'organizzazione dello studio, dei rilevamenti diretti sul territorio e delle successive elaborazioni è stato impostato per soddisfare le specifiche finalità richieste dalla normativa di riferimento, analizzando e classificando con adeguato dettaglio l'intero territorio comunale sulla base delle relative caratteristiche geologiche, geotecniche, geomorfologiche e idrogeologiche, con particolare riferimento alle aree ritenute più rappresentative per lo studio di Pericolosità Sismica Locale (PSL) in oggetto.

Il presente lavoro è basato essenzialmente:

a) sull'esame della documentazione già disponibile, con particolare riferimento allo studio geologico-tecnico comunale attualmente vigente, il quale è stato redatto sempre da Geosat;

[1] Tale studio è stato redatto da Geosat srl il 28/12/2005, prot. n°688 del 20/01/2006

b) sull'esecuzione di nuovi rilevamenti e indagini nel sottosuolo che hanno interessato, in particolare, le aree ritenute di maggiore criticità nei confronti della PSL (fascia di territorio comunale in fregio al fiume Lambro e confinante con il comune di Triuggio (MI)).

In particolare, il sottosuolo della zona sud-est della fascia di territorio comunale di cui al precedente p.to b), è stato oggetto di una indagine geofisica caratterizzata dall'esecuzione di tre stendimenti di sismica multicanale, con acquisizione delle onde superficiali (comprese quelle a bassa frequenza) i cui dati sono stati elaborati secondo la procedura tipo MASW (si veda il **§ 1.1**).

L'esito finale dello studio si è concretizzato, in pratica, nella redazione della cartografia relativa alla "fattibilità geologica" ottenuta sovrapponendo alle Tavv. 7 e 8 "*Carta di fattibilità geologica alle azioni di piano*" dello studio geologico comunale vigente, il tematismo relativo alla PSL oggetto del presente studio (elaborati grafici in scala 1:10.000 – 1:5.000 per tutto il territorio comunale e 1:2000 per le aree di maggior interesse urbanistico).

### *1.1 Prove geofisiche eseguite*

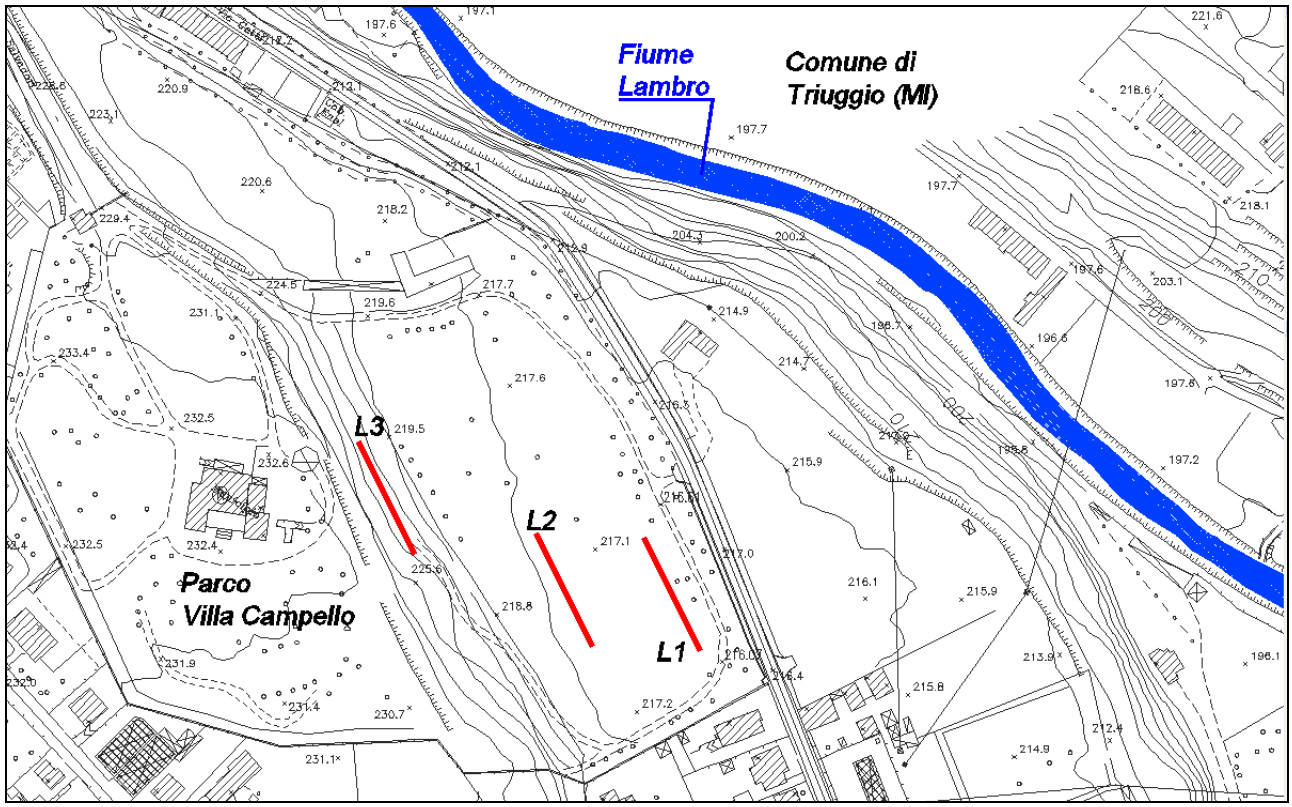
Al fine di ottenere una caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni, utile per definire la categoria sismica del sottosuolo e per applicare i metodi di valutazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (relativamente agli scenari morfologici e litologici previsti dalla DGR n°8/7374, All. 5 per i quali si rimanda al § 3.2 del presente documento), sono state eseguite n°3 prove geofisiche (stendimenti di sismica multicanale).

I dati relativi a tali prove sono stati elaborati secondo la procedura tipo MASW, in base alla quale è possibile eseguire la valutazione delle velocità $V_{s,30}$ di sito al fine di classificare il terreno di fondazione secondo le tabelle allegate all'Ord. 3274 ed al D.M. 14/09/05 e successive revisioni (D.M. 14/01/08).

Gli stendimenti sono stati eseguiti all'interno del territorio comunale di Albiate, nella zona sud-est del confine con il Lambro (a valle del Parco Villa Campello, si veda la planimetria nella seguente

figura); l'ubicazione è stata scelta in modo da caratterizzare gli ambiti ritenuti significativi nei riguardi della valutazione degli scenari di PSL. Le quote medie del p.c. sul quale sono state eseguite le prove sono le seguenti:

- stendimento L1 e L2: circa 217 msm;
- stendimento L3: circa 225 msm.




*Planimetria con l'ubicazione schematica degli stendimenti relativi alle prove geofisiche eseguite (disegno non in scala)*

### 1.1.1 Dati sismostratigrafici – Modello geofisico

L'andamento delle onde Vs lungo le verticali di prova è stato determinato, come precedentemente detto, mediante l'esecuzione di n°3 stendimenti di sismica multicanale con registrazione delle onde superficiali, anche a bassa frequenza.

*Acquisizione dati*

L'acquisizione dei dati relativi alle prove geofisiche eseguite è avvenuta secondo le modalità "*common-shot gathers*", utilizzando strumentazione "Geometrics" costituita da un sismografo modulare GEODE 3-1000 a 24 canali, con collegati 24 geofoni verticali GEOSPACE (GS11D) con frequenza di 4,5 Hz e puntale da 3".

L'energizzazione è stata ottenuta mediante massa battente, collocata all'esterno dello stendimento dei geofoni.

E' stata quindi utilizzata la procedura di analisi MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*); i dati acquisiti sono stati elaborati mediante il software winMASW (creato dalla Eliosoft-Università degli Studi di Trieste).

Il risultato finale consiste nella determinazione, in corrispondenza di ciascuno stendimento sismico, del **profilo verticale medio della $V_S$** (velocità delle onde di taglio), necessario per l'applicazione delle procedure di 2° livello e per la classificazione nelle categorie di suolo previste dalle normative tecniche di riferimento.

*Cenni sulla metodologia MASW*

La procedura di analisi MASW utilizza la propagazione delle onde di superficie nel sottosuolo. Infatti le onde di Rayleigh (o di superficie) in un mezzo non stratificato si propagano in maniera lineare in funzione della distanza del geofono, invece in un mezzo stratificato subiscono il fenomeno della dispersione.

La curva di dispersione permette quindi di determinare le principali caratteristiche geomeccaniche del sottosuolo. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda ($\lambda$, quindi frequenza), è infatti influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di $\lambda$-$\lambda/2$.

La velocità delle onde di Rayleigh ($V_R$) è correlabile alla Vs, essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio (Vs).

Particolare attenzione nell'interpretazione dei dati deriva dalla considerazione che gli spostamenti indotti dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi* (frequenze diverse), che possono sovrapporsi, soprattutto nel dominio f-k, in funzione dei seguenti fattori:

- distribuzione dell'energia tra i vari modi;
- particolari conformazioni geologiche;
- *array* utilizzato in fase di acquisizione.

Se avviene tale sovrapposizione, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione e quindi nella successiva inversione. Al fine di individuare i *modi* non correlabili alla successione stratigrafica si eseguono numerosi scoppi a distanze variabili rispetto allo stendimento. Tutte le curve di dispersione sono state quindi visionate prima di procede al processing del *dataset* prescelto.

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa regionale relativa alla pianificazione territoriale ed alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW, la cui validità tecnica e scientifica risulta oramai consolidata, risulti pienamente idonea alla redazione dello studio in oggetto. Tale scelta risulta inoltre avvalorata dalle seguenti considerazioni:

1. la percentuale di energia convertita in onde Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%);
2. l'ampiezza delle *Surface Waves* dipende da √r e non da r come per le *Body Waves*;
3. il metodo MASW non è limitato, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
4. il metodo MASW è contraddistinto da una buona risoluzione, a differenza del metodo a riflessione;
5. la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla Vp e dalla densità, è funzione innanzitutto della Vs, parametro importante per la classificazione sismica del sottosuolo ai sensi delle NTC ed in particolare per l'applicazione della procedura di 2° livello prevista dall'All. 5 della D.G.R. 8/7374.

*Metodi di analisi dei dati con procedura MASW*

La stima dell'andamento in profondità delle velocità Vs, mediante acquisizione sismica multicanale, viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

La procedura prevede la possibilità di considerare tanto il modo fondamentale che quelli superiori e consta di due fasi operative principali:

- determinazione dello spettro di velocità - Individuazione delle curve di dispersione;
- determinazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) sulla verticale - Inversione e/o *modelling* diretto della curva di dispersione;

La **determinazione delle curve di dispersione, e quindi dello spettro di velocità,** può essere eseguita mediante tre metodi:

- f-k
- τ-p
- *Phase Shift*

Il metodo *Phase Shift* non è influenzato dal processing dei dati, mantiene ottime performance in termini di chiarezza del segnale, anche con un numero di tracce estremamente ridotto e ha tempi di calcolo minori rispetto al metodo τ-p. La riduzione del numero di tracce provoca invece un sensibile scadimento della qualità dello spettro calcolato tramite trasformata τ-p e forte *aliasing* nello spettro f-k. E' spesso utile determinare le curve di dispersione attraverso più metodi, al fine di enfatizzare porzioni di segnale più facilmente poste in evidenza da un metodo piuttosto che da un altro.

La **ricostruzione della distribuzione verticale delle Vs** rappresenta quindi il passo successivo e comporta alcuni passaggi piuttosto articolati.

La curva di dispersione dipende infatti, oltre che dalla velocità delle onde di taglio (Vs), anche dallo spessore degli strati, dalla velocità delle onde di compressione (Vp) e dalla densità del terreno, quindi:

$$V(f) = F (Vs, spessore, Vp, densità).$$

Ciò implica che la determinazione delle Vs a partire dalla curva di dispersione e quindi dalla Velocità di fase [V(f)], costituisce un problema spiccatamente non lineare. Per la sua risoluzione bisogna quindi procedere ad una linearizzazione del problema (che comporta un certo grado di approssimazione) o all'utilizzo di algoritmi basati su un approccio non lineare (e.g. Algoritmi Genetici).

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche *global-search methods* o *soft computing*). Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare, basati sul gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza. I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente imporre. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale). In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erronee.

Gli algoritmi evolutivi (come altri analoghi) offrono un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (*search space*) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

L'elaborazione dei dati mediante il programma winMASW, che prevede l'utilizzo degli algoritmi genetici, ha quindi il vantaggio di fornire risultati molto più affidabili rispetto a quelli possibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità dei dati.

Tali risultati vengono ottenuti a prezzo di un notevole sforzo computazionale che si riflette in tempi macchina più lunghi rispetto a quelli comunemente necessari coi metodi di inversione lineare.

Il *modelling* diretto può in ogni caso essere utilizzato, mediante il programma di elaborazione, per una verifica finale del modello di velocità ottenuto mediante inversione con algoritmi.

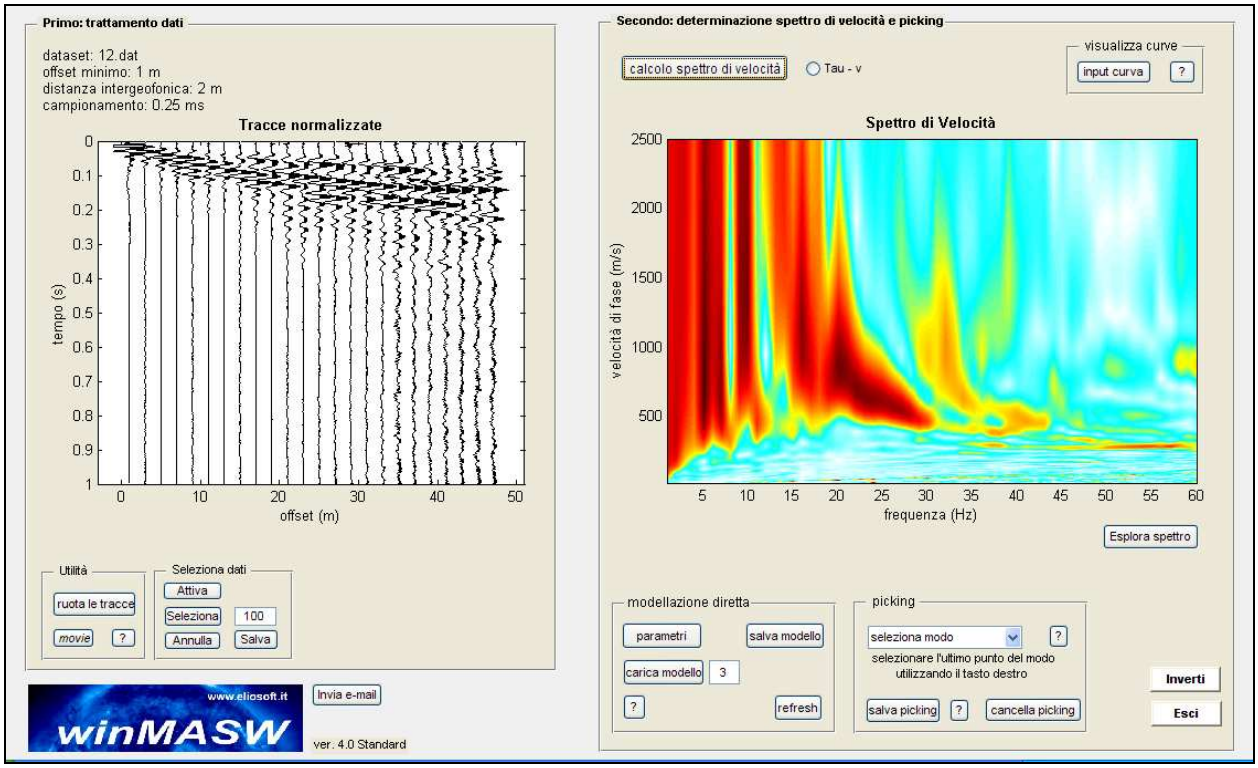
*Profili sismostratigrafici*

Vengono di seguitio riportati i dati, le procedure ed i risultati relativi agli stendimenti sismici eseguiti in sito; tutti gli allineamenti hanno previsto una distanza tra geofoni pari a 2 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (1-3-5-7-10-15 m) e diversa intensità di energizzazione.

***Fase 1 - Determinazione spettro di velocità e picking della curva di dispersione***

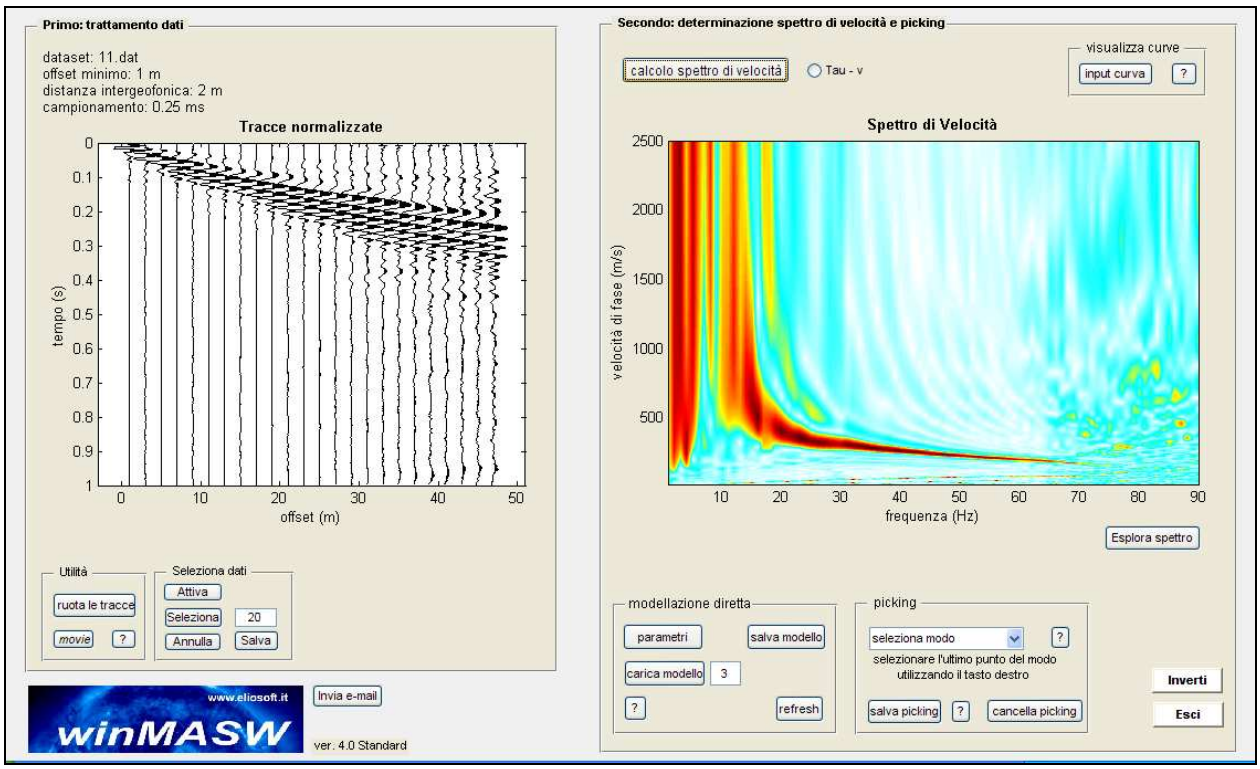
La prima operazione eseguita è la lettura del file acquisito in campagna (common-shot gather xx.dat). Una volta caricati i dati si procede con il calcolo dello spettro di velocità. Viene indicato come unico vincolo le massime e minime velocità e frequenze (in altri termini i limiti dello spettro di velocità).

***LINEA SISMICA 1***



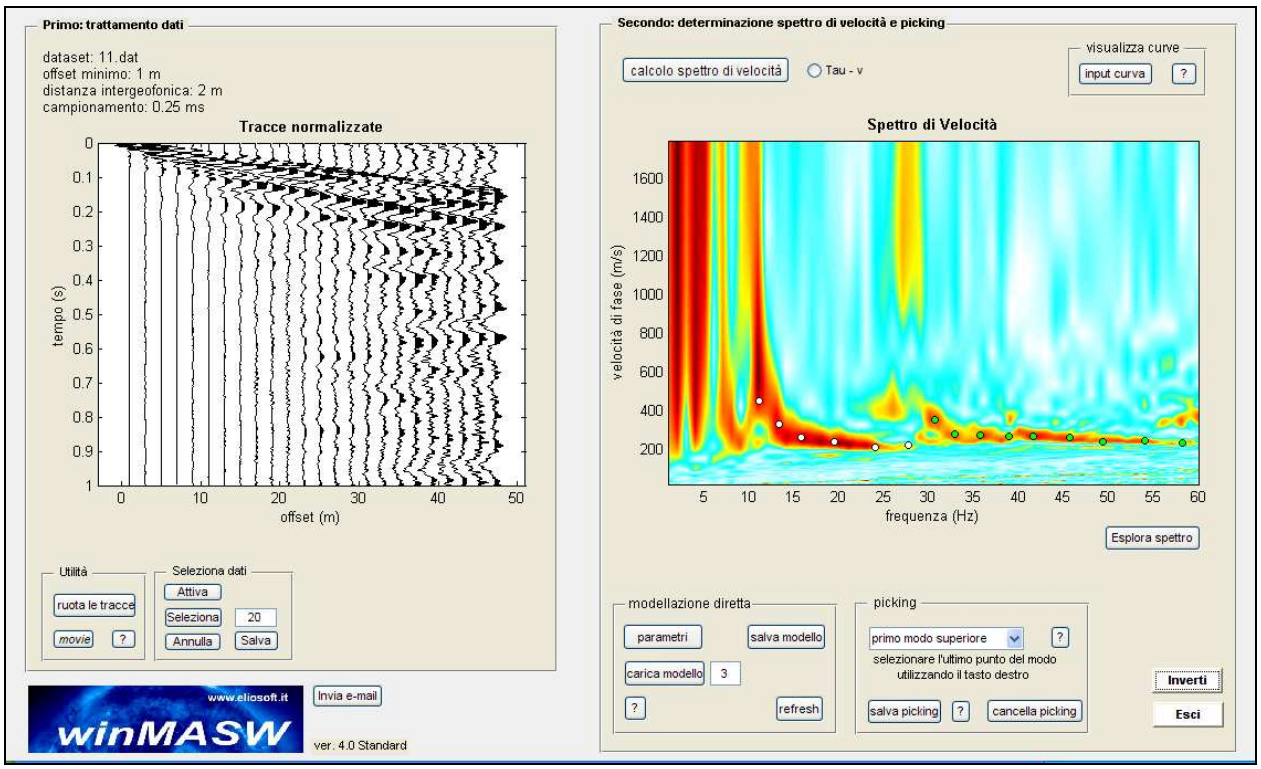

Nel caso in esame é stato individuato un unico modo, utilizzato per la successiva inversione della curva di dispersione.

## *LINEA SISMICA 2*




Nel caso in esame é stato individuato un unico modo, utilizzato per la successiva inversione della curva di dispersione.

***LINEA SIMICA 3***



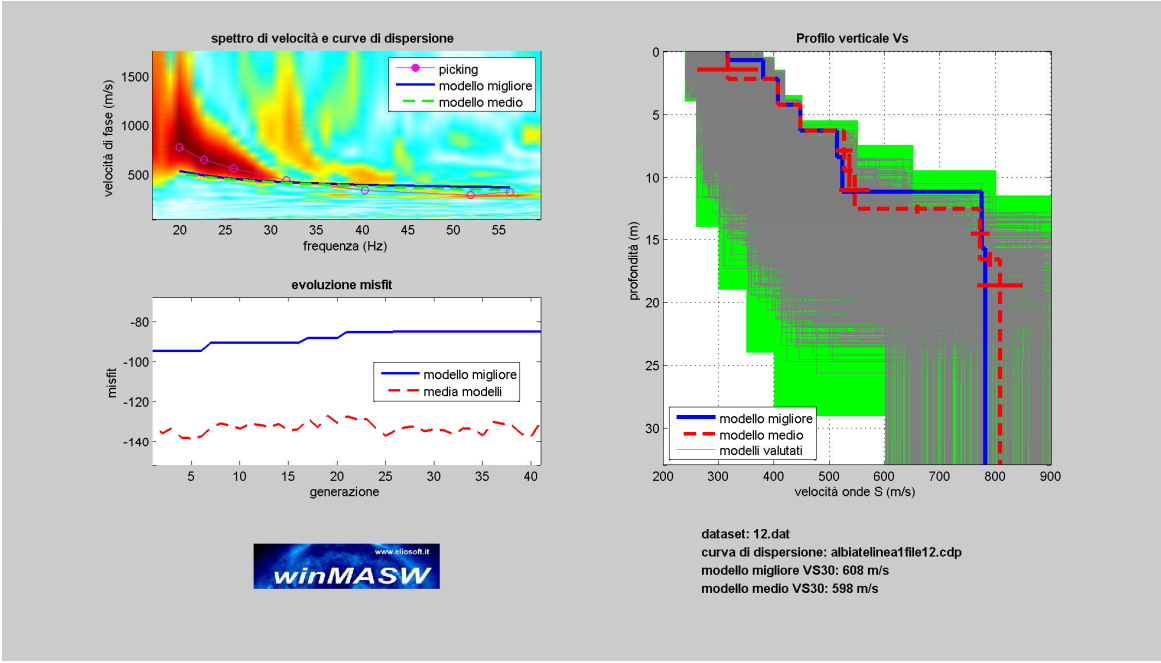

Nel caso in esame é stato individuato un unico modo, utilizzato per la successiva inversione della curva di dispersione.

***Fase 2 - Inversione della curva di dispersione***

Il secondo passo da affrontare per ottenere il profilo verticale della Vs è l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata". Nel contesto in esame poiché il gradiente di velocità può subire variazioni drastiche non è valida, per determinare il possibile spazio di ricerca, la cosiddetta assunzione $\lambda/2$ (data una certa lunghezza d'onda $\lambda$ si assume che la sua velocità di propagazione dipenda dalle caratteristiche del mezzo ad una profondità pari a $\lambda/2$). Il programma utilizza in questi casi strategie di calcolo differenti. I limiti del search space ("spazio di ricerca" o "spazio dei parametri") prescelti sono in ogni caso piuttosto ampi. Per l'elaborazione dei modelli di velocità è stato impostato l'utilizzo di 8 strati, compatibile con l'assetto stratigrafico del sito d'interesse e con le finalità del presente studio. Alcuni parametri genetici sono stati considerati pari a valori standard; i tassi di crossover e di mutazione sono fissati ad esempio sui valori di 0.75 e 0.1.

## *LINEA SISMICA 1*

**Dati relativi all'elaborazione dello shot 6:**
**dataset: 12.dat - offset minimo (m): 1**
**distanza intergeofonica (m): 2 - campionamento (ms): 0.25**
**curva di dispersione: albiatelinea1file12.cdp**
**Numero di individui: 40 - Numero di generazioni: 41**
**Numero di modelli utilizzati per il calcolo del modello medio: 1600**




**Qualità inversione: Buona**

**Velocità medie stimate:**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **VS (m/sec):** | **317** | **316** | **407** | **447** | **526** | **545** | **771** | **807** |
| **Deviazione standard (m/sec):** | **2** | **54** | **2** | **1** | **15** | **27** | **17** | **40** |
| **Spessore (m):** | **0.7** | **1.5** | **2.0** | **2.0** | **3.2** | **3.1** | **4.1** | |
| **Deviazione standard (m):** | **0.0** | **0.0** | **0.0** | **0.0** | **1.3** | **0.4** | **0.6** | |

**Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stima della Vp (m/sec):** | **660** | **823** | **888** | **978** | **1123** | **1145** | **1650** | **1479** |
| **Stima della densità (gr/cm3):** | **1.95** | **2.01** | **2.03** | **2.05** | **2.08** | **2.09** | **2.18** | **2.15** |
| **Rapposto VP/VS:** | **2.08** | **2.60** | **2.18** | **2.19** | **2.13** | **2.10** | **2.14** | **1.83** |
| **Modulo di Poisson:** | **0.35** | **0.41** | **0.37** | **0.37** | **0.36** | **0.35** | **0.36** | **0.29** |
| **Modulo di Young (MPa):** | **530** | **566** | **917** | **1120** | **1566** | **1678** | **3519** | **3605** |
| **Modulo di Taglio (MPa):** | **196** | **200** | **335** | **409** | **576** | **620** | **1293** | **1399** |
| **Costante di Lamé (MPa):** | **458** | **958** | **926** | **1141** | **1474** | **1496** | **3337** | **1902** |
| **Modulo di compressione (MPa):** | **589** | **1092** | **1150** | **1414** | **1858** | **1909** | **4199** | **2835** |

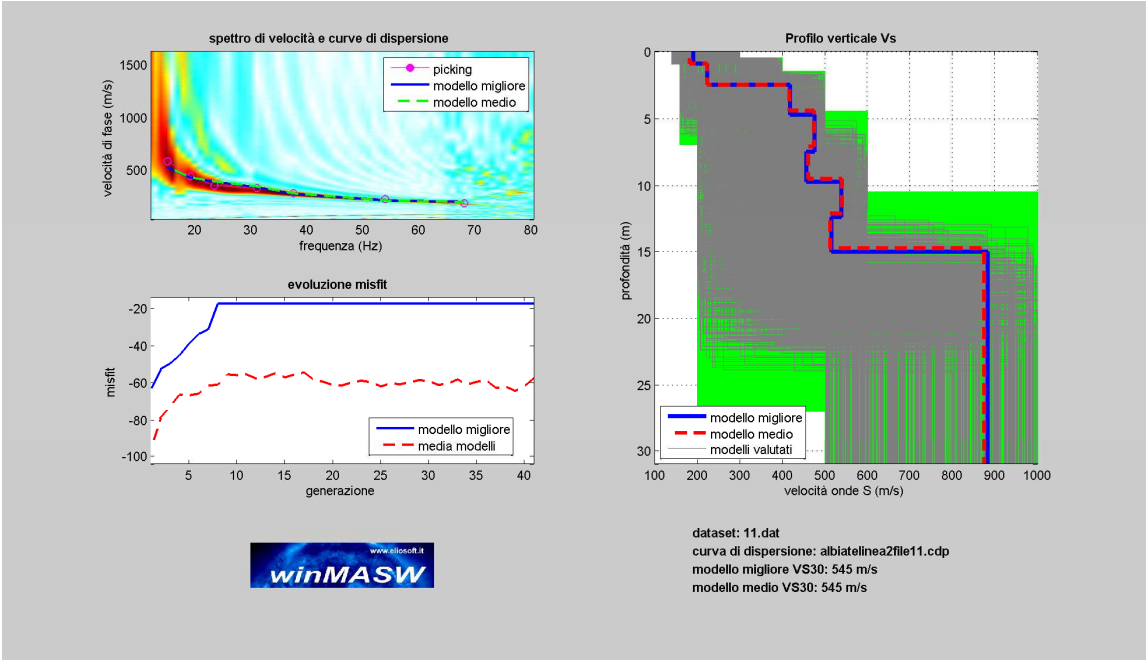
**Si sottolinea che i parametri geotecnici, sopra riportati, sono riferiti a condizioni di bassa deformazione. I valori ottenuti sono stati infatti stimati in base alle deformazioni indotte nel terreno dalla propagazione delle onde sismiche. L'entità ridotta di tali deformazioni comporta alti valori dei moduli dinamici calcolati, superiori di circa un ordine di grandezza rispetto a quelli ottenibili, per lo stesso tipo di terreno, in situazione di grandi deformazioni. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori stimati dovranno quindi essere idoneamente corretti tenendo conto della funzione matematica che ne regola la diminuzione in funzione dello sforzo applicato e della deformazione risultante.**

**Modello Medio**

**VS20 del modello medio: 530 m/sec - VS30 del modello medio: 598 m/sec**
**Possibile Tipo di Suolo: B** (stimato sulla base del modello medio)
winMASW 1.5 Software per la determinazione dello spettro di velocita' e l'inversione della curva di dispersione secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves www.eliosoft.it

## *LINEA SISMICA 2*

**Dati relativi all'elaborazione dello shot 6:**
**dataset: 11.dat - offset minimo (m): 1 - distanza intergeofonica (m): 2**
**campionamento (msec): 0.25 - curva di dispersione: albiatelinea2file11.cdp**
**Numero di individui: 40 Numero di generazioni: 41**
**Numero di modelli utilizzati per il calcolo del modello medio: 1599**




**Qualità inversione: Molto Buona**

**Velocità medie stimate:**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **VS (m/sec):** | **183** | **224** | **416** | **474** | **460** | **540** | **513** | **874** |
| **Deviazione standard (m/sec):** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** |
| **Spessore (m):** | **0.9** | **1.6** | **1.9** | **2.7** | **2.4** | **2.6** | **2.6** | |
| **Deviazione standard (m):** | **0.0** | **0.0** | **0.0** | **0.0** | **0.0** | **0.0** | **0.0** | |

**Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stima della Vp (m/sec):** | **402** | **463** | **895** | **1033** | **994** | **1177** | **1121** | **1679** |
| **Stima della densità (gr/cm3):** | **1.83** | **1.87** | **2.03** | **2.06** | **2.05** | **2.09** | **2.08** | **2.18** |
| **Rapposto VP/VS:** | **2.20** | **2.07** | **2.15** | **2.18** | **2.16** | **2.18** | **2.19** | **1.92** |
| **Modulo di Poisson:** | **0.37** | **0.35** | **0.36** | **0.37** | **0.36** | **0.37** | **0.37** | **0.31** |
| **Modulo di Young (MPa):** | **168** | **253** | **956** | **1266** | **1184** | **1669** | **1498** | **4377** |
| **Modulo di Taglio (MPa):** | **61** | **94** | **351** | **463** | **434** | **610** | **548** | **1665** |
| **Costante di Lamé (MPa):** | **174** | **213** | **922** | **1274** | **1159** | **1679** | **1520** | **2815** |
| **Modulo di compressione (MPa):** | **214** | **275** | **1156** | **1582** | **1449** | **2086** | **1885** | **3925** |

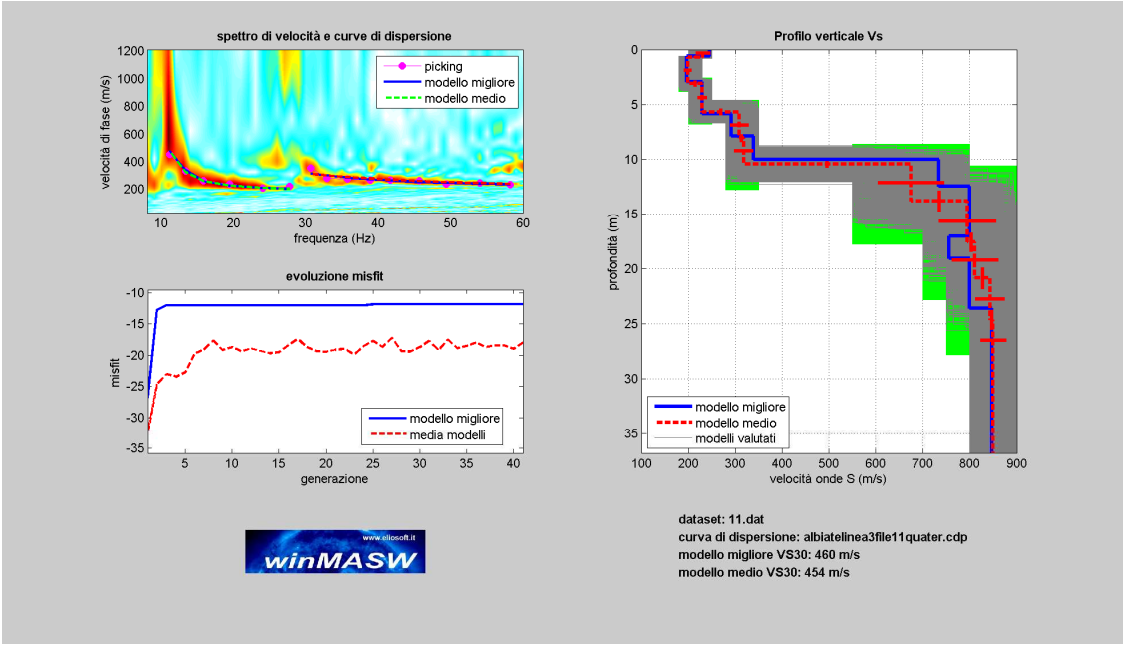
**Si sottolinea che i parametri geotecnici, sopra riportati, sono riferiti a condizioni di bassa deformazione. I valori ottenuti sono stati infatti stimati in base alle deformazioni indotte nel terreno dalla propagazione delle onde sismiche. L'entità ridotta di tali deformazioni comporta alti valori dei moduli dinamici calcolati, superiori di circa un ordine di grandezza rispetto a quelli ottenibili, per lo stesso tipo di terreno, in situazione di grandi deformazioni. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori stimati dovranno quindi essere idoneamente corretti tenendo conto della funzione matematica che ne regola la diminuzione in funzione dello sforzo applicato e della deformazione risultante.**

**Modello Medio**

**VS20 del modello medio: 458 m/sec - VS30 del modello medio: 545 m/sec**
**Possibile Tipo di Suolo: B** (stimato sulla base del modello medio)
winMASW 1.5 Software per la determinazione dello spettro di velocita' e l'inversione della curva di dispersione secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves www.eliosoft.it

## *LINEA SISMICA 3*

**Dati relativi all'elaborazione dello shot 6:**
**dataset: 11.dat - offset minimo (m): 1 - distanza intergeofonica (m): 2**
**campionamento (msec): 0.25 - curva di dispersione: albiatelinea3file11quater.cdp**
**Numero di individui: 40 Numero di generazioni: 41**
**Numero di modelli utilizzati per il calcolo del modello medio: 1599**




**Qualità inversione: Buona**

**Velocità medie stimate:**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **VS (m/sec):** | **231** | **199** | **230** | **309** | **318** | **675** | **795** | **811** | **843** | **850** |
| **Deviazione standard (m/sec):** | **15** | **8** | **10** | **19** | **20** | **70** | **61** | **49** | **31** | **28** |
| **Spessore (m):** | **0.7** | **2.4** | **2.6** | **2.4** | **2.4** | **3.4** | **3.8** | **3.3** | **3.8** | |
| **Deviazione standard (m):** | **0.1** | **0.3** | **0.3** | **0.3** | **0.3** | **0.9** | **0.9** | **1.0** | **0.9** | |

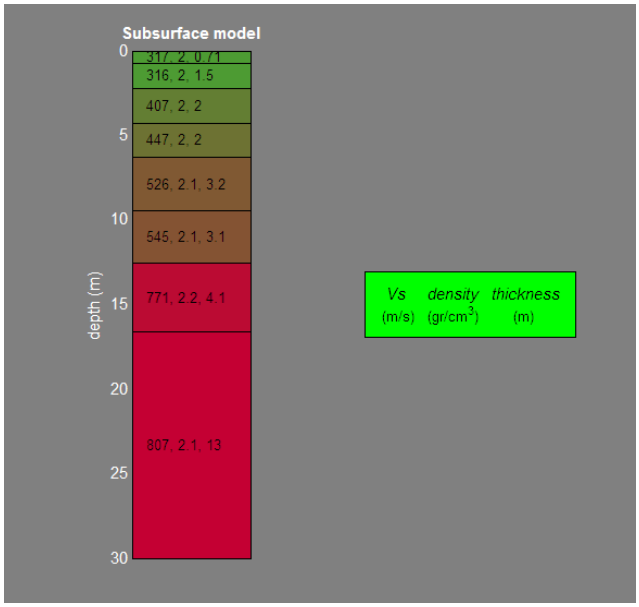
**Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stima della Vp (m/sec):** | **523** | **425** | **491** | **607** | **715** | **1535** | **1674** | **1602** | **1694** | **1606** |
| **Stima della densità (gr/cm3):** | **1.90** | **1.85** | **1.88** | **1.93** | **1.97** | **2.16** | **2.18** | **2.17** | **2.18** | **2.17** |
| **Rapposto VP/VS:** | **2.26** | **2.14** | **2.13** | **1.96** | **2.25** | **2.27** | **2.11** | **1.98** | **2.01** | **1.89** |
| **Modulo di Poisson:** | **0.38** | **0.36** | **0.36** | **0.33** | **0.38** | **0.38** | **0.35** | **0.33** | **0.34** | **0.31** |
| **Modulo di Young (MPa):** | **279** | **199** | **271** | **489** | **549** | **2714** | **3731** | **3787** | **4142** | **4092** |
| **Modulo di Taglio (MPa):** | **101** | **73** | **100** | **185** | **199** | **983** | **1377** | **1426** | **1551** | **1567** |
| **Costante di Lamé (MPa):** | **316** | **187** | **255** | **343** | **610** | **3118** | **3352** | **2713** | **3160** | **2460** |
| **Modulo di compress. (MPa):** | **384** | **236** | **321** | **466** | **743** | **3774** | **4270** | **3663** | **4194** | **3505** |

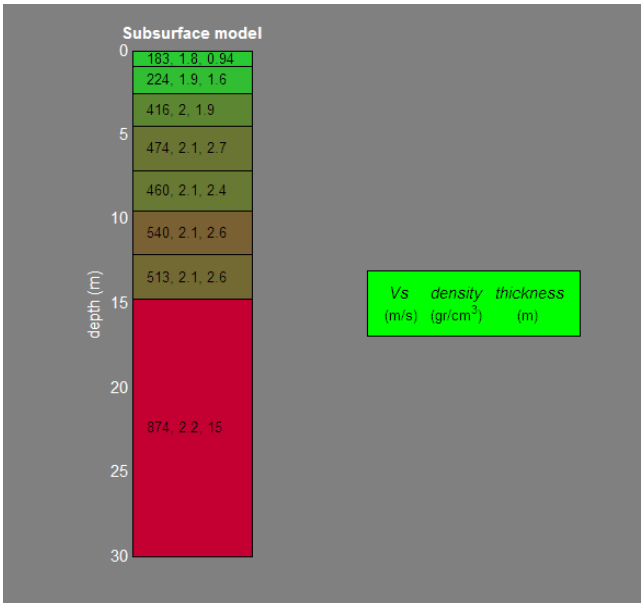
**Si sottolinea che i parametri geotecnici, sopra riportati, sono riferiti a condizioni di bassa deformazione. I valori ottenuti sono stati infatti stimati in base alle deformazioni indotte nel terreno dalla propagazione delle onde sismiche. L'entità ridotta di tali deformazioni comporta alti valori dei moduli dinamici calcolati, superiori di circa un ordine di grandezza rispetto a quelli ottenibili, per lo stesso tipo di terreno, in situazione di grandi deformazioni. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori stimati dovranno quindi essere idoneamente corretti tenendo conto della funzione matematica che ne regola la diminuzione in funzione dello sforzo applicato e della deformazione risultante.**

**Modello Medio**
**VS20 del modello medio: 369 m/sec - VS30 del modello migliore: 454 m/sec**
**Possibile Tipo di Suolo: B** (stimato sulla base del modello medio)
winMASW 1.5 Software per la determinazione dello spettro di velocita' e l'inversione della curva di dispersione secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves www.eliosoft.it

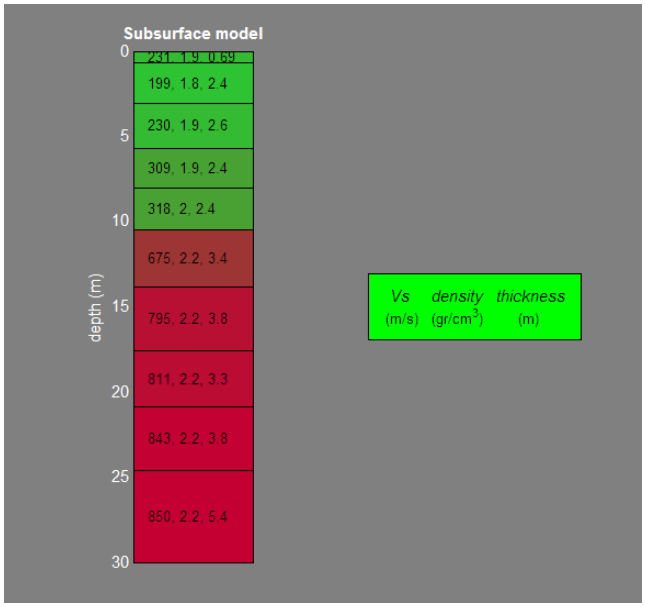
Di seguito si riportano i modelli geofisici del sottosuolo desunti dalle tre linee sismiche eseguite.




**Linea 1**




**Linea 2**




**Linea 3**

# 2) SISMICITÀ DEL SITO

## *2.1 Cenni sulla normativa sismica (sino al marzo 2003)*

In Italia, la normativa sismica ante OPCM n°3274/2003 ( cioè il D.M. 16 Gennaio 1996) suddivide il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica (C=(S-2)/100). Lo spettro di progetto Sa(T), secondo il DM 16/01/96, si ottiene moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale R(T) indipendente dalle condizioni del sottosuolo.

Tale normativa sismica quindi, non tiene conto del ruolo del terreno sull'azione sismica, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione ε che (normalmente) assume un valore unitario, salvo che per "terreni particolarmente compressibili" per i quali detto DM consiglia di incrementare ε fino a 1.3.

## *2.2 nuova classificazione sismica (da marzo 2003)*

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale riportata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/03 suddivide invece il territorio nazionale in 4 zone sismiche.

| Zona sismica | $a_g$ |
|---|---|
| 1 | 0.35g |
| 2 | 0.25g |
| 3 | 0.15g |
| 4 | 0.05g |

***Tabella 1 –*** *Zone sismiche del territorio nazionale e relativi valori di $a_g$ (accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico).*

Il territorio di Albiate, secondo l'OPCM 3274/2003, ricade in **zona sismica 4** (tale zona sismica è, tra le quattro definite dalla normativa nazionale, quella **a minor rischio sismico**). La classificazione sismica del territorio nazionale riportata da tale normativa fa riferimento a metodologie di calcolo dell'azione sismica più accurate rispetto a quelle del DM 16/01/1996 e l'azione sismica di progetto viene correlata anche alle condizioni "locali" e alle caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo. In tale direzione si era già mosso l'Eurocodice 8 (EC8) che stabilisce le regole per il progetto e la costruzione di strutture in zona sismica per i paesi membri della Comunità Europea.

**L'EC8, come anche la nuova normativa (OPCM 3274/2003, NTC 2005 e NTC 2008), considera il territorio nazionale suddiviso in zone sismiche in funzione della propria pericolosità "locale", descritta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ($a_g$) alla superficie di uno sito di riferimento ("pericolosità sismica di base", caratterizzata dalle seguenti condizioni: condizione di "campo libero", sottosuolo "rigido" con superficie topografica orizzontale di categoria sismica A). Da quanto appena esposto ne deriva che un sito avente caratteristiche diverse da quello "a pericolosità sismica di base" è suscettibile di amplificazione sismica.**

Inoltre, la nuova normativa sismica dà la possibilità alle Regioni di eseguire una valutazione di $a_g$ sul proprio territorio e di suddividere le zone sismiche in "sotto zone". Allo stato attuale la Regione Lombardia, con D.G.R. 7/14964 del 7/11/03, ha fornito solo alcune disposizioni preliminari per l'attuazione della OPCM 3274/2003, confermando la classificazione dei territori comunali lombardi riportata in tale ordinanza e l'adeguamento alle NTC.

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. del 14/09/05, e delle più recenti revisioni (D.M. 14/01/08) la progettazione sismica in tutte le aree classificate in zona sismica 1, 2 e 3, dovrà essere eseguita ai sensi della OPCM 3274 e del D.G.R. 7/14964 del 7/11/03; nelle aree inserite in zona sismica 4, la progettazione sismica è obbligatoria per gli edifici e le opere di interesse strategico e/o rilevante, come definite dal D.d.u.o. 19904 del 21/11/03.

**Nell'attuale fase transitoria delle NTC di cui al DM 14/01/2008 e al DM 14/09/2005, prorogata fino al 30/06/2009[2], la progettazione sismica delle strutture non prevede l'obbligo di attenersi alle NTC e all'OPCM 3274. Pertanto, nel periodo transitorio attuale si potrà fare riferimento alle precedenti normative** (DM 16/01/1996, DM 09/01/1996, DM 11/03/1988)**, ad eccezione degli edifici e delle opere di interesse strategico e/o rilevante, come definite dal D.d.u.o. 19904 del 21/11/03.**

In ogni caso si precisa che la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, a causa dei continui aggiornamenti derivanti soprattutto dagli studi pubblicati nell'ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l'assistenza per il completamento e la gestione della "mappa di pericolosità sismica" prevista dall'OPCM 3274.

**Infatti già l'OPCM 3519 del 27/04/06 fornisce una revisione dei valori di $a_g$ sul territorio nazionale, inserendo di fatto il territorio di Albiate nella sottozona caratterizzata da valori di $a_g$ compresi tra 0.050g e 0.075g** (si veda la ***Figura 1***).

Più recentemente nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008 – Allegato A) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa.
Si forniscono, in proposito, i dati di pericolosità sismica riportati alla data odierna sul link *http*://zonesismiche.mi.ingv.it relative al sito d'interesse (***Figura 1***).

[2] È in corso di approvazione una ulteriore proroga sino al 30/06/2010, prevista del D.L. 207/2009

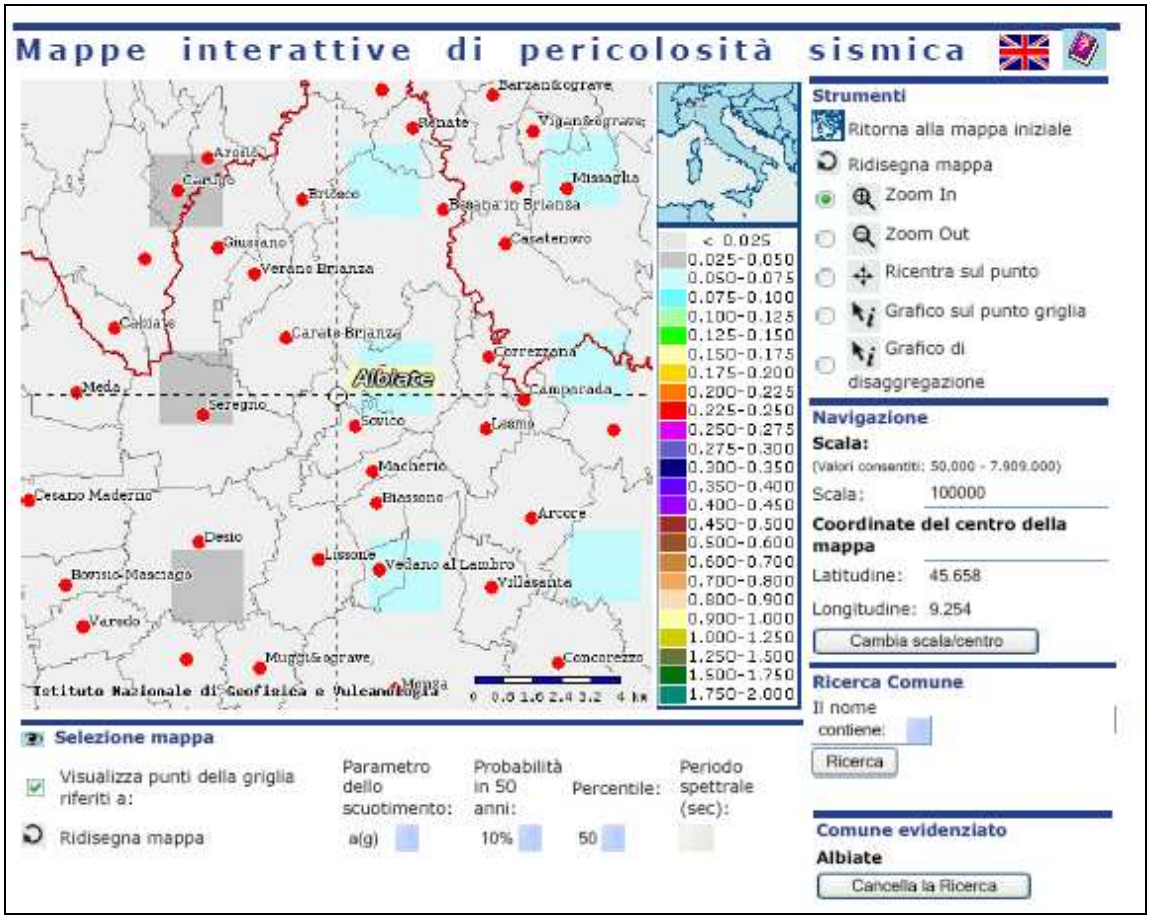



***Figura 1 –*** *Nella presente figura sono riportati i punti della griglia considerata dall'OPCM n°3519 del 27/04/2006 nell'area circostante il territorio di Albiate. Dalla scala cromatica riportata si evince che il punto della griglia più vicino ad Albiate, che è di colore celeste, corrisponde un valore di* $a_g$ *compreso tra 0.05 ÷ 0.075 g (figura non in scala).*

# 3) ANALISI DEL RISCHIO SISMICO – PSL (PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE)

## *3.1 Analisi di 1°livello. Individuazione degli sce nari di PSL*

In questo paragrafo si individuano, all'interno del territorio comunale di Albiate, le zone ove si possono prevedere, con una certa attendibilità, i prodotti dell'aziona sismica, sulla base di osservazioni geologiche e sulla scorta dei dati di cui allo studio geologico comunale di riferimento.

In particolare, l'analisi del rischio sismico di 1° livello è stata eseguita sulla base dello studio geologico comunale vigente, con particolare riferimento ai seguenti elaborati grafici:

i. Tav. 01: *Inquadramento geologico e geomorfologico*;
ii. Tav. 02: *Inquadramento idrogeologico, vulnerabilità della falda e traccia delle sezioni*;
iii. Tav. 03: *Sezioni idrogeologiche*;
iv. Tav. 04: *Caratterizzazione geotecnica e geopedologica*;
v. Tav. 06: *Sintesi degli elementi conoscitivi*;
vi. Tavv. 07 e 08: *Carta di fattibilità geologica alle azioni di piano*.

Come previsto dalla DGR n°8/7374, All. n°5, § 2.1, si sono individuate gli scenari di pericolosità sismica locale che caratterizzano il territorio comunale di Albiate.

| Sigla | SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE | EFFETTI |
|---|---|---|
| Z1a | Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi | Instabilità |
| Z1b | Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti | |
| Z1c | Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana | |
| Z2 | Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)<br>Zone con depositi granulari fini saturi | Cedimenti e/o 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:<br>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 deltizio-lacustre | |
| Z4c | Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche) | |
| Z4d | Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale | |
| Z5 | Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse | Comportamenti differenziali |

***Figura 2 –*** *Scenari di Pericolosità Sismica Locale (PSL) previsti nella DGR n°8/7374*

Gli scenari di PSL individuati sono stati riportati nella ***Tav. A –*** *Carta della Pericolosità Sismica Locale – Analisi di 1° livello* del presente studio. Tali scenari sono:

- **Z1c**: Zona potenzialmente franosa;
- **Z3a**: Zona di ciglio H≥10 m (scarpata, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica). Tale scenario è stato riscontrato;
- **Z4a**: Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari;
- **Z5**: Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Gli scenari Z1c e Z5 caratterizzano prevalentemente il confine est del comune di Albiate (verso il Lambro); lo scenario Z3a caratterizza, oltre al territorio verso il Lambro, anche le zone in corrispondenza del Terrazzo di Villa Tanzi, Parco Villa Campello e a valle di Via Fermi-Via Gemelli-Via S. Ambrogio); lo scenario Z4a è stato invece assegnato alla restante parte del territorio comunale.

### *3.2 Analisi di 2°livello. Studio degli effetti associati agli scenari di PSL individuati*

Gli effetti da studiare nell'analisi di 2° livello sono (***Figura 2***):

- l'amplificazione topografica (relativamente allo scenario Z3a);
- l'amplificazione litologica e geometrica (relativamente allo scenario Z4a);
- i comportamenti differenziali (relativamente allo scenario Z5).

L'analisi di 2° livello è consistita essenzialmente nel:

- definire la categoria sismica del sottosuolo di tutto il territorio comunale di Albiate;
- valutare i coefficienti di amplificazione sismica Fa relativamente agli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche dovute a caratteristiche morfologiche e litologiche;
- definire, per ogni scenario individuato nel 1° livello di analisi, necessarie prescrizioni relativamente alla pericolosità sismica locale (PSL).

Quindi, sulla base dell'analisi di 1° livello riportata nel **§ 3.1** e nella **Tav. A**, nei tre paragrafi seguenti si espone lo studio eseguito relativamente all'analisi di 2° livello e agli scenari di PSL individuati.

#### 3.2.1 Definizione della categoria del sottosuolo del territorio comunale di Albiate (MI)

Sulla base dei dati relativi alle n°3 prove geofisiche appositamente eseguite e dai dati di prove penetrometriche e indagini geotecniche riportate nello studio geologico di riferimento, il sottosuolo risulta appartenere alla seguente categoria (NTC 2008 - § 3.2.2, Tabella 3.2.II):

**Categoria di sottosuolo B**: "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati oterreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori* $V_{s,30}$ *compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero* $15<N_{SPT,30}<50$ *nei terreni a grana grossa e* $c_{u,30}<250$ *kPa nei terreni a grana fina).*"

Il calcolo della velocità media di propagazione delle onde di taglio $V_{S,30}$ caratterizzante i primi 30 m di profondità a partire, nel caso in esame, dal piano campagna, è stato ricavato con la relazione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{h_i}{Vs_i}}$$

dove $h_i$ e $V_i$ indicano lo spessore dello strato i-esimo e la velocità delle onde di taglio che caratterizza tale strato, per un totale di n strati presenti nei 30 m di profondità a partire dalla quota di imposta della fondazione.

### 3.2.2 Scenario di PSL relativo agli effetti morfologici Z3a

Con riferimento allo scenario di PSL relativo agli effetti morfologici di tipo Z3a (cioè per scarpate rocciose oppure scarpate costituite da terreni aventi Vs≥800 m/s), si è riportano nel sottostante riquadro i principali parametri geometrici identificativi delle scarpate esaminate.

***Principali parametri geometrici identificativi di una scarpata***
*(Scenario Z3a: H≥10 m e α≥10°)*

**H**: altezza del fronte principale della scarpata. È da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale (per β≤α/5), ovvero come distanza verticale dal piede del fronte principale al ciglio del fronte superiore della scarpata (per β>α/5);

**α**: angolo di inclinazione del fronte principale. Condizione necessaria per definire uno scenario Z3a è che α≥10°;

**β**: angolo di inclinazione del fronte superiore. Se β=0 si ha una "scarpata ideale", se β>0 si ha una "scarpata in pendenza", se se β<0 si ha una "scarpata in controtendenza".

**h**: dislivello altimetrico relativo al fronte superiore della scarpata. Nel caso di una scarpata in controtendenza, se h≥H/3 si è in una situazione di "cresta appuntita" e non di "scarpata".

**L**: estensione della scarpata;

**Ai**: area di influenza della scarpata.

Nei seguenti punti 1÷6 si è riportata la procedura utilizzata per l'analisi di 2° livello delle scarpate in esame:

1. tracciamento di n°20 sezioni topografiche e relativo profilo trasversale;
2. sulla base dei criteri riportati nella scheda di valutazione del DGR n°8/7374, All. 5, si è eseguito il riconoscimento della PSL-Z3a per tutte le sezioni topografiche eseguite (***Figura 3***). Nel caso specifico sono state riscontrate solo "scarpate", confermando la PSL-Z3a (individuate nell'analisi di 1° livello);

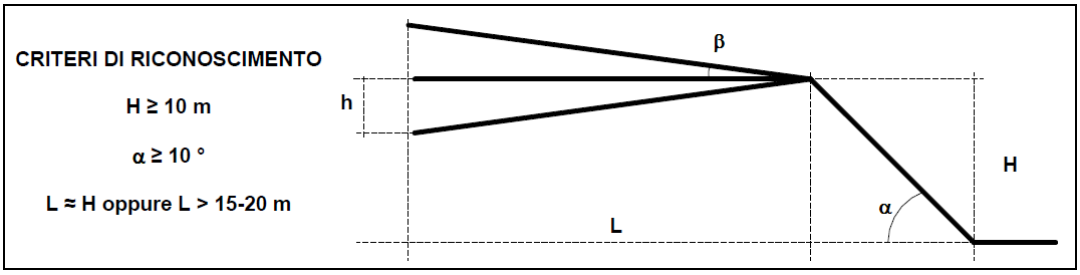



***Figura 3 –*** *Criteri di riconoscimento della PSL-Z3a (DGR n°8/7374, All. 5)*

3. sulla base dei criteri riportati nella scheda di valutazione del DGR n°8/7374, All. 5, si è eseguito il riconoscimento delle scarpate di cui al p.to precedente (si veda la Figura 4). Nel caso specifico si sono ottenute scarpate del tipo "in pendenza" ($0°<\beta\leq\alpha/5$), "ideali" ($\beta=0°$) e con il fronte superiore "in pendio" ($\beta>\alpha/5$).

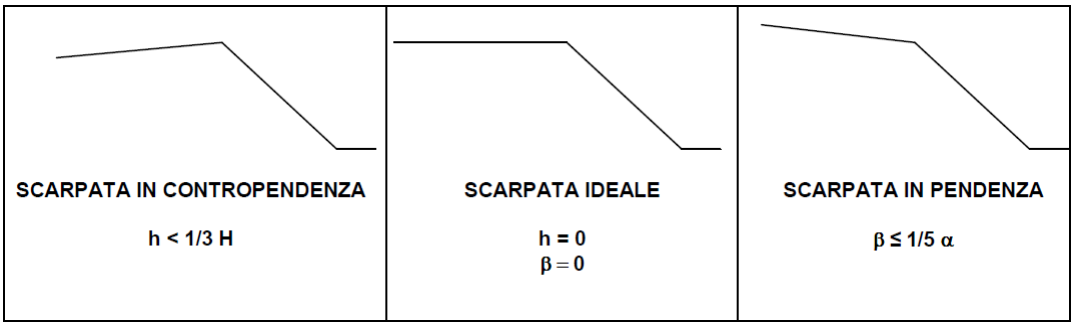



***Figura 4 –*** *Criteri di riconoscimento della tipologia di scarpate (DGR n°8/7374, All. 5)*

4. attraverso la tabella di cui alla ***Figura 5*** (estratta sempre dalla scheda di valutazione dello scenario PSL-Z3a), si è proceduto alla valutazione del valore del coefficiente di amplificazione sismica Fa e dell'area di influenza Ai, in funzione della classe altimetrica H della scarpata e del valore dell'angolo α. Si precisa a tal proposito che H rappresenta l'altezza del fronte principale della scarpata; se però $\beta>\alpha/5$, H è dato dalla somma tra l'altezza del fronte principale e quella del fronte superiore (h), poiché il fronte superiore deve essere considerato, secondo il DGR n°8/7374, come un pendio se $\beta>\alpha/5$.

| *Classe altimetrica* | *Classe di inclinazione* | *Valore di $Fa_{0.1-0.5}$* | *Area di influenza* |
|---|---|---|---|
| 10 m ≤ H ≤ 20 m | 10° ≤ α ≤ 90° | 1.1 | $A_i = H$ |
| 20 m < H ≤ 40 m | 10° ≤ α ≤ 90° | 1.2 | $A_i = \frac{3}{4} H$ |
| H > 40 m | 10° ≤ α ≤ 20° | 1.1 | $A_i = \frac{2}{3} H$ |
| | 20° < α ≤ 40° | 1.2 | |
| | 40° < α ≤ 60° | 1.3 | |
| | 60° < α ≤ 70° | 1.2 | |
| | α > 70° | 1.1 | |

***Figura 5 –*** *Tabella per la determinazione di Fa e Ai relativamente allo scenario di PSL-Z3a (DGR n°8/7374, All. 5). $Fa_{0.1-0.5}$ indica il valore del fattore di amplificazione sismica relativo al periodo 0.1-0.5 s.*

5. confronto tra le scarpate identificate nel presente studio e quelle considerate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC – DM 14/01/2008). A tal proposito si precisa che le NTC 2008 considerano significative, nei riguardi dell'amplificazione sismica per effetti topografici, creste o dorsali allungate di altezza H>30 m; tali configurazioni morfologiche vengono classificate dalle NTC 2008 secondo la tabella 3.2.IV (di seguito riportata). A ogni categorie corrisponde quindi un fattore di amplificazione sismica $S_T$ (tabella 3.2.VI) da confrontare con Fa ricavato secondo la DGR n°8/7374. Le scarpate presenti all'interno del territorio comunale hanno un dislivello in genere intorno a 10-11 m (sezioni A÷H, in corrispondenza del Terrazzo di Villa Tanzi, Parco Villa Campello e a valle di Via Fermi-Via Gemelli-Via S. Ambrogio) e un dislivello medio tra 20 e 25 m (sezioni S1÷S12 in corrispondenza del fiume Lambro). Pertanto, le scarpate analizzate hanno un'altezza inferiore all'altezza minima indicata dalle NTC 2008 e quindi risultano non suscettibili di amplificazione sismica secondo detta normativa. La normativa regionale impone invece che vengano studiate scarpate aventi H≥10 m e α≥10°, alle quali corrispondono Fa>1; ciò ha comportato quindi la definizione delle fasce di territorio suscettibili ad amplificazione sismica per effetti morfologici indicate nella Tav. B;

**Tabella 3.2.IV delle NTC 2008 – Categorie topografiche**

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|---|---|
| *T1* | *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°* |
| ***T2*** | ***Pendii con inclinazione media i>15°*** |
| *T3* | *Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione 15°≤i≤30°* |
| *T4* | *Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i>30°* |

**Tabella 3.2.VI delle NTC 2008 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica $S_T$**

| Categoria Topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | $S_T$ |
|---|---|---|
| *T1* | - | *1,0* |
| ***T2*** | ***In corrispondenza della sommità del pendio*** | ***1,2*** |
| *T3* | *In corrispondenza della cresta del rilievo* | *1,2* |
| *T4* | *In corrispondenza della cresta del rilievo* | *1,4* |

6. sulla scorta di quanto detto nei precedenti punti, si è redatta infine la **Tav C:** *Carta di fattibilità geologica alle azioni di piano* riguardante tutto il territorio comunale (scala 1:10.000 e 1:5.000), e la **Tav. D**: *Carta di fattibilità geologica alle azioni di piano – aree di maggior interesse* riguardante le aree del territorio comunale di maggiore criticità riguardo alla PSL (scala 1:2.000).

### 3.2.3 Scenario di PSL relativo agli effetti litologici Z4a

L'analisi di 2° livello relativa allo scenario di PSL per gli effetti litologici (Z4a: zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari), che riguarda la maggior parte del territorio comunale di Albiate, è stata svolta seguendo questi passi (si vedano le *Schede di calcolo delle prove geofisiche* eseguite allegate) :

1) sulla scorta dei dati geotecnici relativi a campagne di indagine precedentemente eseguite nel territorio comunale di Albiate (si veda la Relazione illustrativa dello studio geologico comunale Geosat del 2005), è stata individuata la litologia prevalente che caratterizza il sottosuolo in esame (litologia ghiaiosa);
2) scelta della scheda di valutazione litologica. Sulla scorta dei dati raccolti è stata scelta la scheda relativa alla litologia GHIAIOSA;
3) verifica della validità della scheda scelta in funzione dell'andamento delle $V_S$ con la profondità. Nel caso specifico, le prove geofisiche eseguite L1, L2 ed L3 hanno confermato la validità delle relative schede scelte poiché l'andamento delle Vs registrato in sito, seppur presentando delle inversioni nel "campo di non validità", rimarca in modo abbastanza fedele l'andamento "atteso" dalle relative schede; si può affermare quindi che la verifica di validità delle schede scelte è confermata poiché i valori delle Vs registrate in sito escono dal campo di validità solo a causa delle inversioni dei valori registrati;
4) calcolo del periodo proprio del sito T considerando il terreno sino alla profondità in cui si ha Vs<800 m/s, secondo la relazione: $T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$;
5) scelta delle curve di correlazione T/Fa sulla base delle caratteristiche dello strato superficiale;
6) calcolo del valore di Fa per i due intervalli di periodo: $Fa_{0.1\text{-}0.5\ s}$ (valore da considerare per strutture relativamente basse, regolari e "rigide") e $Fa_{0.5\text{-}1.5\ s}$ (valore da considerare per

strutture alte e "flessibili"), in funzione del periodo proprio del sito e della curva T-Fa considerata.

Il grado di protezione è stato valutato, come prevede la normativa regionale di riferimento, confrontando il valori di Fa ricavati con i valori di un parametro di analogo significato detto Soglia Comunale (SC), desumibile dalla banca dati della Regione Lombardia (**soglie_lomb.xls**). Tale parametro SC è riferito a ciascun comune della Lombardia e varia in base alla categoria di sottosuolo (categoria B, C, D ed E).

I valori dei parametri calcolati per il comune di Albiate (MI) alla data odierna sono riportati nella tabella seguente.

| ***Intervallo di periodo*** | ***Confronto tra i valori di soglia Comunale SC e i valori di Fa*** *(I valori di Fa ricavati sono stati approssimati, come prevede la normativa, alla prima cifra decimale)* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **SC per suolo B** | **Fa di sito** (prova L1) | **Fa di sito** (prova L2) | **Fa di sito** (prova L3) |
| **0.1-0.5 s** | **1,4** | 1,2 | 1,2 | 1,4 |
| **0.5-1.5 s** | **1,7** | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Nel nostro caso, considerando che ai sensi della normativa sismica nazionale in nostro sito è di **Cat. B (360<$Vs_{,30}$< 800 m/s)** è verificata la relazione Fa ≤ SC, quindi **lo spettro di risposta definito dalla normativa nazionale risulta idoneo (cioè è sufficientemente cautelativo) nei confronti di una possibile amplificazione sismica dovuta allo scenario Z4a**.

Ne deriva che, per tutto il territorio comunale caratterizzato dallo scenario di PSL - Z4a, **può essere utilizzato lo spettro della Categoria di suolo B** definito dalla normativa nazionale.

Circa il grado di flessibilità della struttura da realizzare si precisa che questo dovrà essere valutato, di volta in volta, dai Progettisti in quanto è funzione delle caratteristiche ingegneristiche dell'opera in progetto (rigidità delle strutture portanti).

# 4) CARTA DI FATTIBILITÀ ALLE AZIONI DI PIANO. PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI SCENARI DI PSL INDIVIDUATI (TAVV. C E D)

Nel presente paragrafo vengono riportate le prescrizioni relative ai differenti scenari di Pericolosità Sismica Locale individuati e studiati nell'analisi di 1° e 2° livello; tali prescrizioni integrano e aggiornano quelle già riportate nello studio geologico comunale vigente, redatto da Geosat nel 2005.

## 4.1 Scenario Z1c. Effetti di instabilità

Lo scenario Z1c – Zona potenzialmente franosa è stato individuato nella fascia del territorio comunale di Albiate confinante con il fiume Lambro e con il comune di Triuggio (si veda la Tav. A).

Per tale scenario si dovrà prevedere quanto riportato nella **DGR n°8/1566** (al § 2.3 e 2.3.1 dell'All. 5) e nella **DGR n°8/7374** (al § 2.3 e 2.3.1 dell'All. 5), e cioè che, in fase progettuale, **venga eseguita una analisi di approfondimento di 3° livello**.

Le fasi e le relative metodologie necessarie per l'effettuazione di tali analisi di 3° livello dovranno essere distinte per tipologia dei potenziali movimenti franosi. In generale si dovrà prevedere:

- l'individuazione delle sezioni geologiche e geomorfologiche che caratterizzano il corpo franoso, le sue geometrie, gli andamenti delle superfici di scivolamento, dei livelli di falda, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico interpretativo del movimento franoso;
- l'individuazione di tutti i parametri geotecnici necessari all'analisi;
- l'individuazione degli accelerogrammi di imput nel caso di analisi dinamiche;
- l'esecuzione di analisi numeriche di stabilità del pendio (in condizioni statiche, pseudo-statiche e/o dinamiche, in relazione anche all'importanza dell'opera in progetto) atte a definire il grado di sicurezza simulando le condizioni del sito *ante e post operam*. Il grado di sicurezza minimo da garantire nei confronti della stabilità del pendio è quello definito dalle vigenti normative di settore.

Quindi, i risultati delle analisi di 3° livello dovranno essere utilizzati per ottimizzare la progettazione e la realizzazione dell'intervento in oggetto e per definire gli eventuali interventi/accorgimenti necessari alla mitigazione del rischio.

### 4.2 Scenario Z3a. Effetti di amplificazione morfologica

Lo scenario Z3a – Zona di ciglio H≥10 m (scarpata, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica) individuato, come visto dallo studio di 2° livello riportato nel § 3.2.2, non è considerato dalla normativa nazionale come una situazione soggetta ad amplificazione sismica poiché tutte le scarpate esaminate hanno H<30 m.

Sulla base invece di quanto riportato dalla DGR n°8/7374, lo scenario Z3a individuato (scarpate con 10≤H<30 m e α>10°) è suscettibile ad amplificazione sismica quindi, relativamente alle fasce individuate e riportate nella Tav. B, per tale scenario si dovrà prevedere quanto riportato nella **DGR n°8/7374** (ai §§ 2.2.1.2, 2.3 e 2.3.3 dell'All. 5), e cioè che in fase progettuale **venga eseguita una analisi di approfondimento di 3° livello**, con particolare attenzione nel caso si prevedano costruzioni di strutture flessibili e sviluppo verticale pari o superiore a 5 piani.

### 4.3 Scenario Z4a. Effetti di amplificazione litologica

Lo scenario Z4a – Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari, come visto dallo studio di 2° livello riportato nel § 3.2.3, nel caso specifico risulta adeguatamente normato dalla normativa nazionale vigente (quindi può essere utilizzato lo spettro di risposta elastico delle NTC 2005 – DM 14/09/2005 e NTC 2008 – DM 14/01/2008). Sulla base di quanto appena affermato, relativamente alla tematica sismica dello scenario Z4a esaminato, **il presente studio non prevede prescrizioni aggiuntive** a quelle già riportate dalla normativa vigente e dallo studio geologico comunale di riferimento.

### 4.4 Scenario Z5. Comportamenti differenziali

Lo scenario Z5 - Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse è stato individuato lungo la fascia del territorio comunale di Albiate confinante con il fiume Lambro e con il comune di Triuggio (MI) (si veda la Tav. A).

Per tali zone di contatto stratigrafico, la **DGR n°8/1566** (al § 2.3 dell'All. 5) e nella **DGR n°8/7374** (al §2.3 dell'All. 5) **escludono che venga realizzata una 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 definizione degli eventuali interventi/accorgimenti necessari alla mitigazione del rischio;
- un sufficiente grado di sicurezza dell'opera in progetto.

# 5) AGGIORNAMENTO CARTA DI FATTIBILITÀ ALLE AZIONI DI PIANO

Sulla base del presente studio, si è prodotta una nuova proposta di Fattibilità alle Azioni di Piano strutturata in due tavole: Tav C (scala 1:5.000, comprendente tutto il territorio comunale); Tavola D (scala 1:2.000 rappresentante la sola porzione orientale del territorio comunale), aggiornate anche tenendo conto della effettiva perimetrazione delle due aree di bonifica presenti nel territorio comunale (area ex Athena e area ex Fina).

- la Tavola C, in scala 1:5.000, rappresenta la carta di sintesi di tutto il territorio comunale, ove si nota che la maggior parte del territorio è caratterizzato da una classificazione omogenea (classe 2, colore giallo), con presenza di classi 3 e 4 (colorazioni arancio e rossa) nel solo settore orientale;

- la Tavola D, in scala 1:2.000, rappresenta il dettaglio delle aree del territorio comunale (Villa Tanzi, Parco Villa Campello, a valle di Via Fermi-Via Gemelli-Via S. Ambrogio) che, confinando con le scarpate del Fiume Lambro ed i terrazzi, presentano classificazioni di classe 3 e 4.

**Dette tavole sostituiscono le Tavole 7 (Carta di Fattibilità Geologica alle Azioni di Piano) e le Tavole 8a e 8b (Carta di Fattibilità Geologica alle Azioni di Piano) dello *"Studio Geologico Tecnico di Supporto alla Pianificazione Urbanistica Comunale"* (Geosat 28.12.2005).**

Come già effettuato nel ns. studio del 2005, per ciascuna area identificata sono state definite ed indicate le indagini geognostiche e geotecniche necessarie preventivamente alla progettazione e realizzazione di interventi ed opere, suddivise in 5 grandi tipologie:

| ***TIPOLOGIA DELLE AZIONI EDIFICATORIE E OPERE AMMISSIBILI*** **(IN RELAZIONE AL CONTESTO GEOMORFOLOGICO)** | |
|---|---|
| Tipo 1 | Edilizia singola di limitata estensione o fabbricati accessori |
| Tipo 2 | Edilizia plurifamiliare o strutture edilizie consistenti |
| Tipo 3 | Edilizia produttiva e commerciale di significativa estensione areale (> 500 mq) |
| Tipo 4 | Opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche con lavori che prevedano escavazione o sbancamento |
| Tipo 5 | Interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche |

In attuazione alle disposizioni contenute nel DM 11/03/88 (al momento ancora in corso di validità) ed anche in relazione alle disposizioni legislative nel frattempo emanate (Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2008, in vigore con regime transitorio), per ogni tipo di azione edificatoria, in relazione al contesto geologico locale, dovranno essere programmati approfondimenti geologici e geotecnici così strutturati:

| ***INDAGINI MINIME NECESSARIE IN OTTEMPERANZA AL D.M. 11/03/88*** | |
|---|---|
| IGT | relazione geotecnica da redigersi sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o test di laboratorio |
| SV | valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo |
| VCI | valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio |
| VCA | valutazione della compatibilità ambientale nei riguardi della vulnerabilità della falda idrica sotterranea |

A dette indagini, per le aree suscettibili di amplificazione sismica (zone con puntinato viola in Tavola C e D) dovranno essere effettuate le analisi di III livello ai sensi della DGR n. 8/7374 del 28.05 2008.

Analogamente, ogni azione edificatoria necessita di interventi da prevedere già in fase progettuale così suddivisi:

| ***INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE*** | |
|---|---|
| DR | opere per il drenaggio delle acque sotterranee |
| RE | opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque superficiali e meteoriche |
| DS | opere per la difesa del suolo e la stabilizzazione dei versanti interessati |
| CO | collettamento e allontanamento degli scarichi idrici in fognatura |
| CA | predisposizione di sistemi di controllo ambientale per insediamenti a rischio di inquinamento da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di interventi |

Nel caso inoltre vi fossero interventi edilizi a cavallo della linea rossa Z5 dovrà escludere la realizzazione dell'opera o procedere all'adozione dei rimedi indicati al paragrafo 2.3 dell' Allegato 5 della richiamata DGR.

Le singole classi di fattibilità geologica riconosciute e perimetrate sul territorio comunale di Albiate hanno le caratteristiche descritte nel seguente paragrafo.

## *5.1 Azzonamento del territorio in classi di fattibilità geologica e norme tecniche*

**Classe 2a – Aree pianeggianti**

Principali caratteristiche:
Aree pianeggianti costituite da terreni ghiaioso sabbiosi mediamente alterati con stato di addensamento "medio" e limi superiori con grado di consistenza da "medio" a "compatto". Drenaggio delle acque mediocre in superficie e discreto in profondità. Possibile presenza di acque di primo sottosuolo e di cavità (occhi pollini) che si rinvengono nei primi 10 m circa di profondità.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso:
Favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche geotecniche del terreno da valutarsi localmente.

Azioni edificatorie e opere ammissibili
È ammissibile qualunque tipologia di azione edificatoria.

Indagini minime necessarie
Per ogni azione edificatoria è necessaria una relazione geotecnica redatta sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o test di laboratorio (IGT). Per quelle piccole porzioni di territorio ove nelle tavole C e D vi è la sovrapposizione del puntinato viola (zone suscettibili ad amplificazione sismica), si dovranno effettuare anche le analisi di 3° livello richiamate nella DGR n.8/7374 del 28.05.2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale:
Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR).

**Classe 2b – Aree pianeggianti di interesse idrogeologico**

Principali caratteristiche

Aree pianeggianti costituite da terreni grossolani poco alterati con stato di addensamento da "medio" ad "addensato" con buone caratteristiche geotecniche generali e locale presenza di livelli cementati. Permeabilità generalmente elevata che determina l'elevato grado di vulnerabilità della falda idrica sotterranea.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con modeste limitazioni nel rispetto della falda idrica sotterranea suscettibile alle azioni antropiche. Si raccomandano interventi compatibili con quanto previsto per le zone di protezione dal D.Lgs. 152/99 e success. modif.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

È ammissibile qualunque tipologia di azione edificatoria.

Indagini minime necessarie

Per ogni azione edificatoria è necessaria una relazione geotecnica redatta sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o test di laboratorio (IGT). È necessaria una valutazione di compatibilità ambientale rispetto al contesto idrogeologico (VCA) per le opere di edilizia produttiva di significativa estensione e per opere infrastrutturali (Tipo 3 e Tipo 4).

Per quelle piccole porzioni di territorio ove nelle tavole C e D vi è la sovrapposizione del puntinato viola (zone suscettibili ad amplificazione sismica), si dovranno effettuare anche le analisi di 3° livello richiamate nella DGR n.8/7374 del 28.05.2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Va sempre previsto il collettamento in fognatura degli scarichi idrici (CO) e, per gli insediamenti produttivi a rischio, la predisposizione di sistemi di controllo ambientale (CA).

**Classe 3a – Aree del pianalto ferrettizzato**

Principali caratteristiche
Aree caratterizzate da morfologia da subpianeggiante a debolmente ondulata costituite da terreni ghiaiosi molto alterati in matrice limoso – sabbiosa con argilla coperti da limi argillosi che determinano ridotta permeabilità superficiale e difficoltà di drenaggio delle acque nel sottosuolo.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso
Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere geotecnico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione.

Azioni edificatorie e opere ammissibili
È ammissibile qualunque tipologia di azione edificatoria.

Indagini minime necessarie
Per ogni azione edificatoria è necessaria una relazione geotecnica redatta sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o test di laboratorio (IGT).

Per quelle porzioni di territorio ove nelle tavole C e D vi è la sovrapposizione del puntinato viola (zone suscettibili ad amplificazione sismica), si dovranno effettuare anche le analisi di 3° livello richiamate nella DGR n.8/7374 del 28.05.2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale:
Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR).

**Classe 3b – Aree di attenzione a contorno delle scarpate**

Principali caratteristiche
Area individuata graficamente a contorno delle scarpate o dei versanti (30 m) di raccordo tra classe 2 e classe 4.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole, ma con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per la prossimità di versanti acclivi.

Azioni edificatorie e opere ammissibili
È ammissibile qualunque tipologia di azione edificatoria.

Indagini minime necessarie
Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria una relazione geotecnica redatta sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o test di laboratorio (IGT) e una valutazione della stabilità del versante e dei fronti di scavo (SV).

Per quelle piccole porzioni di territorio ove nelle tavole Ce D vi è la sovrapposizione del puntinato viola (zone suscettibili ad amplificazione sismica), si dovranno effettuare anche le analisi di 3° livello richiamate nella DGR n.8/7374 del 28.05.2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale
Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche, l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo e opere per la difesa del suolo (DR – RE – DS).

**Classe 3c – Aree di versante con pendenze blande**

Principali caratteristiche
Aree in contesto di versante di raccordo tra i terrazzi morfologici, caratterizzate da inclinazione media inferiore a 20°, costituite da terreni granulari derivanti da colluvio dei terreni superiori, con stato di addensamento sciolto e caratteristiche geotecniche generalmente scadenti e, in parte, da conglomerati ghiaiosi con grado di cementazione variabile e caratteristiche geomeccaniche dipendenti da cementazione e fratturazione. Permeabilità e drenaggio delle acque discreta e, dove presente, dipendenti dal grado di fratturazione e cementazione del conglomerato. Possibile presenza di acque di primo sottosuolo.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso
Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per il possibile sviluppo di dissesti a seguito di interventi antropici non adeguatamente progettati.

Azioni edificatorie e opere ammissibili
È ammissibile qualunque tipologia di azione edificatoria.

Indagini minime necessarie
Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria una relazione geotecnica redatta sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o test di laboratorio (IGT) e una valutazione della stabilità del versante e dei fronti di scavo (SV).

Per quelle piccole porzioni di territorio ove nelle tavole C e D vi è la sovrapposizione del puntinato viola (zone suscettibili ad amplificazione sismica), si dovranno effettuare anche le analisi di 3° livello richiamate nella DGR n.8/7374 del 28.05.2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale
Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche, l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo e opere per la difesa del suolo (DR – RE – DS).

**Classe 3d – Aree di piana alluvionale con moderato rischio di esondazione**

Principali caratteristiche
Aree appartenenti al contesto di piana alluvionale del F. Lambro, ricadenti nella fascia C con limite di progetto tra fascia B e fascia C dal P.A.I., per le quali sono state segnalate in passato situazioni di esondazione durante eventi eccezionali. Aree direttamente coinvolgibili da fenomeni di esondazione a pericolosità medio – moderata definite dallo studio idraulico approvato dalla Regione Lombardia in data 11/11/2004 prot. Z1.2004.00.41706.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso
Favorevole ma con consistenti limitazioni di carattere idraulico che richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per minimizzare l'esposizione al rischio.

Azioni edificatorie e opere ammissibili
È ammissibile qualunque tipologia di azione edificatoria.

Indagini minime necessarie
Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria una relazione geotecnica redatta sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o

test di laboratorio (IGT) e una valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio esondazione (VCI).

Per quelle piccole porzioni di territorio ove nelle tavole Ce D vi è la sovrapposizione del puntinato viola (zone suscettibili ad amplificazione sismica), si dovranno effettuare anche le analisi di 3° livello richiamate nella DGR n.8/7374 del 28.05.2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere di regimazione delle acque superficiali (RE) e difesa dell'edificato mediante impostazione del piano abitabile almeno 50 cm sopra la quota naturale del terreno.

**Classe 3e – Aree di raccordo tra i terrazzi**

Principali caratteristiche
Scarpate di raccordo degli ambiti terrazzati, caratterizzate da inclinazione media maggiore di 20°, ma di dislivello contenuto, tipiche delle zone di raccordo tra la pianura e la fascia pedemontana. Tali scarpate, in gran parte obliterate dagli interventi edilizi del secondo dopoguerra, sono elementi fisici tipici del territorio e sono pertanto da considerare meritevoli di tutela geomorfologica, anche in base agli obiettivi delle specifiche norme in materia quali la L.R. n. 86 del 30/11/83 e la L.R. n. 27 del 28/10/2004.

Le suddette scarpate, costituite da terreni granulari derivanti da colluvio dei terreni superiori, con stato di addensamento sciolto, possono essere interessate da fenomeni di dissesto dovuti a microfrane e scivolamenti.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso
Non favorevole seppur tecnicamente fattibile. Si ritiene di sconsigliare/inibire l’edificazione residenziale sia di completamento che di nuova costruzione, in quanto modifica l’assetto ambientale tradizionale che vede, in tali morfologie, elementi da preservare e da non modificare.

Inoltre, le consistenti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico richiedono verifiche locali preventive alla progettazione per il possibile sviluppo di dissesti a seguito di interventi antropici non adeguatamente progettati.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Sono esclusivamente consentite opere di limitata estensione quali: fabbricati accessori (Tipo 1) e sono auspicabili interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (Tipo 5). Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31 lettere a), b), c) della Legge 457/78. Sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 4).

Indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria una relazione geotecnica redatta sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o test di laboratorio (IGT) e una valutazione della stabilità del versante e dei fronti di scavo (SV).

Per quelle porzioni di territorio ove nelle tavole Ce D vi è la sovrapposizione del puntinato viola (zone suscettibili ad amplificazione sismica), si dovranno effettuare anche le analisi di 3° livello richiamate nella DGR n.8/7374 del 28.05.2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche, l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo e opere per la difesa del suolo (DR – RE – DS).

**Classe 4a – Aree di versante con pendenze acclivi**

Principali caratteristiche

Aree di versante caratterizzate da inclinazione media maggiore di 20°, costituite in prevalenza da conglomerati ghiaiosi a stratificazione indistinta o in banchi massicci con grado di cementazione variabile e caratteristiche geomeccaniche dipendenti da cementazione e fratturazione. Permeabilità e drenaggio delle acque dipendenti dal grado di fratturazione e cementazione, perciò variabili.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Non favorevole all'edificazione per le gravi limitazioni di carattere geomorfologico e geotecnico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere tipo 5). Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31 lettere a), b), c) della Legge 457/78. Sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (tipo 4).

Indagini minime necessarie

Per le azioni edificatorie e opere consentite è sempre necessaria una relazione geotecnica redatta sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o test di laboratorio (IGT) e una valutazione della stabilità del versante e dei fronti di scavo (SV).

Per quelle piccole porzioni di territorio ove nelle tavole C e D vi è la sovrapposizione del puntinato viola (zone suscettibili ad amplificazione sismica), si dovranno effettuare anche le analisi di 3° livello richiamate nella DGR n.8/7374 del 28.05.2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Le opere infrastrutturali dovranno comunque prevedere interventi rivolti allo smaltimento delle acque meteoriche (RE), che non potrà avvenire sul versante senza opportune opere che annullino il rischio di innescare erosione accelerata o dissesto, nonché opere e accorgimenti per la difesa del suolo (DS).

**Classe 4b – Aree di piana alluvionale con elevato rischio di esondazione**

Principali caratteristiche

Aree comprendenti l'alveo del F. Lambro, la fascia di inedificabilità di 10 m di cui al R.D. 523/04, la fascia "B" definita dal P.A.I. e le aree poste a tergo del limite di progetto tra fascia "B" e fascia "C" direttamente coinvolgibili da fenomeni di esondazione a pericolosità elevata, definite dallo studio idraulico approvato dalla Regione Lombardia in data 11/11/2004 prot. Z1.2004.00.41706.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico e idrogeologico.
Parere riconsiderabile a seguito di realizzazione e collaudo delle opere di difesa idraulica previste dal P.A.I.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

Non sono ammissibili nuove edificazioni e sono auspicabili interventi di consolidamento dei versanti, prevenzione del dissesto idrogeologico e regimazioni idrauliche (opere Tipo 5). Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31 lettere a), b), c) della Legge 457/78. Sono altresì ammissibili le opere infrastrutturali pubbliche e di interesse pubblico (reti tecnologiche) non altrimenti localizzabili (Tipo 4)

Indagini minime necessarie

Per le azioni edificatorie e opere consentite è sempre necessaria una relazione geotecnica redatta sulla base di indagini dirette che prevedano l'effettuazione di prove geognostiche in sito e/o test di laboratorio (IGT) e una valutazione della compatibilità idraulica nei riguardi delle condizioni locali di rischio esondazione (VCI).

Per quelle piccole porzioni di territorio ove nelle tavole Ce D vi è la sovrapposizione del puntinato viola (zone suscettibili ad amplificazione sismica), si dovranno effettuare anche le analisi di 3° livello richiamate nella DGR n.8/7374 del 28.05.2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono raccomandabili gli interventi di regimazione idraulica e opere per la difesa dell'esistente (RE).

## *5.2 Altri elementi condizionanti le trasformazioni d'uso del suolo*

All'azzonamento adottato in base alle classi di fattibilità geologica vanno aggiunte alcune aree che presentano caratteristiche limitanti le trasformazioni d'uso del suolo e che possono essere assimilate alle classi 3 o 4 di fattibilità previste dalla D.G.R. 7/6645/01.

**Aree di salvaguardia delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano (assimilate a classe 4 e 3 di fattibilità):**

Il D.Lgs. 152/99 e successivo D.Lgs. 258/00 che definiscono le aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile con diverso grado di tutela:

Zona di tutela assoluta delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano, recintata e adibita esclusivamente ad opere di presa e a costruzioni di sevizio (D.Lgs. 152/99; D.Lgs. 258/00 e succ. modif.).

Zona di rispetto vigente delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano definita con criterio temporale (t = 60 gg, D.G.R 15137/96) nelle quali é vietato l'insediamento dei centri di pericolo definiti dall'art. 51 del D. Lgs. 258/00.

**Altri vincoli:**

- Limite Parco della Valle del Lambro D.G.R. n. 7/601 del 28/07/2000 e D.G.R. n. 7/6757 del 09/11/2001

- Fascia di rispetto cimiteriale (50 m) D.P.R. n. 285 del 10/09/1990

# 6) CONCLUSIONI

Il presente lavoro costituisce l'adeguamento, ai sensi della DGR n°8/7374 del 28 maggio 2008, dello *"Studio geologico tecnico di supporto alla pianificazione urbanistica comunale"*, redatto da Geosat nel 2005.
In particolare si sono individuate quelle aree del territorio comunale ove, in caso di sisma, potrebbero verificarsi fenomeni di amplificazione sismica e/o instabilità di versante.

Il quadro geologico, idrogeologico e geotecnico già descritto nella ns. relazione del 2005 è confermato: attraverso gli approfondimenti condotti e descritti nel presente si è evidenziato come la maggior parte del territorio comunale sia caratterizzata da fenomeni di amplificazione sismica "modesta", ad eccezione delle aree prossime a Villa Tanzi, Villa Campello, e a valle delle Via Fermi, Gemelli e S.Ambrogio, aree nelle quali la realizzazione di interventi edilizi sarà quindi soggetta ad ulteriori specifiche verifiche tecniche rispetto a quelle indicate nella ns. relazione del 2005.

Gli studi condotti hanno portato alla redazione di quattro nuove tavole:

**Tavola A**: *Pericolosità sismica locale – Analisi di 1° livello*;
trattasi di una nuova carta, aggiuntiva a quelle prodotte nel ns. studio del 2005;

**Tavola B**: *Pericolosità sismica locale – Analisi di 2° livello: effetti morfologici*;
trattasi di una nuova carta, aggiuntiva a quelle prodotte nel ns. studio del 2005;

**Tavola C**: *Carta di fattibilità geologica alle azioni di piano (scala 1:5.000)*
tale tavola sostituisce ed annulla la Tavola 7 della ns. precedente studio del 2005

**Tavola D**: *Carta di fattibilità geologica alle azioni di piano – aree di maggio interesse urbanistico(scala 1:2.000)*
tali tavole sostituiscono ed annullano le Tavole 8a e 8c del ns. precedente studio del 2005

E' stato inoltre aggiornato il perimetro delle due aree di bonifica al momento presenti nel territorio comunale (Area ex Athena e area ex Fina).

Le Norme Tecniche relative all'azzonamento geologico del territorio sono riportate nel presente documento (si veda il capitolo 5).

Il seguente specchietto sinottico indica lo schema pratico-applicativo dello Studio Geologico Tecnico a supporto della Pianificazione Urbanistica.

| Relazione GEOSAT 28/12/05 | TESTO | Relazione GEOSAT 11/03/09 |
|---|---|---|
| Capitoli 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 – 10 -12 | validi | |
| Capitolo 11 | sostituito da | Capitolo 5 |
| Capitolo 13 | sostituito da | Capitolo 6 |
| Relazione GEOSAT 28/12/05 | TAVOLE | Relazione GEOSAT 11/03/09 |
| Tavole 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 | valide | |
| | valide | Tavole A - B |
| Tavola 7 | sostituita da | Tavola C |
| Tavole 8.a; 8.d | sostituite da | Tavola D |

**Dott. Ing. Maurizio Mauro** **Dott. Geol. Giuseppe Baroni**

# STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI

*secondo le procedure dell'All. 5 - D.g.r. 8-7374 del 28/05/2008*

## TERRENO GHIAIOSO

| Prof base | Nspt | Vs |
|---|---|---|
| 0 | | |
| 2,2 | - | 316 |
| 4,2 | - | 407 |
| 6,2 | - | 447 |
| 9,4 | - | 526 |
| 12,5 | - | 545 |
| 16,6 | - | 771 |
| 30 | - | 807 |
| 30 | - | 807 |
| Oltre 16,6 m | | > 800 |

| PERIODO DEL SITO | |
|---|---|
| T | 0,123 |

| PRIMO STRATO | |
|---|---|
| Prof. base | 4,2 |
| Vs | 359 |

| Curva caratteristica | |
|---|---|
| n° | 3 |

## VERIFICA

**COMUNE DI ALBIATE**

| | Valori Fa di sito | Valori Fa di soglia (Terreni di tipo: B) | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,1< T <0,5 | 1,22 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2 |
| 0,5< T <1,5 | 1,03 | 1,7 | 2,4 | 4,2 | 3,1 |

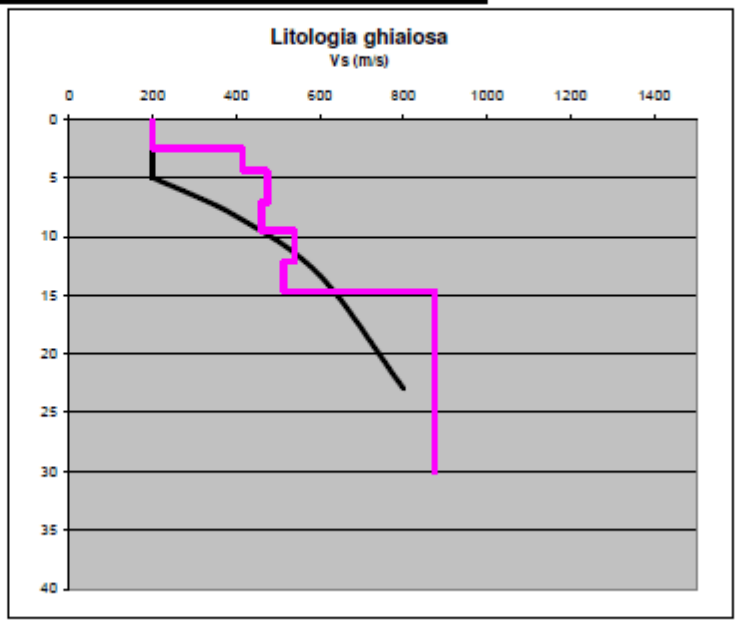
| | |
|---|---|
| Località | Linea 1 - Albiate (MI) |
| Litologia: | tipo di suolo B |

# STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI

*secondo le procedure dell'All. 5 - D.g.r. 8-7374 del 28/05/2008*

## TERRENO GHIAIOSO

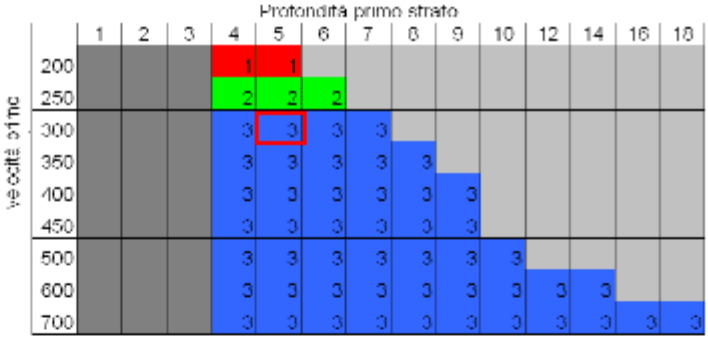
| Prof base | Nspt | Vs |
|---|---|---|
| 0 | | |
| 2,5 | - | 200 |
| 4,4 | - | 416 |
| 7,1 | - | 474 |
| 9,5 | - | 460 |
| 12,1 | - | 540 |
| 14,7 | - | 513 |
| 30 | - | 874 |
| 30 | - | 874 |
| Oltre 14,7 m | | > 800 |




| PERIODO DEL SITO | |
|---|---|
| T | 0,135 |

| PRIMO STRATO | |
|---|---|
| Prof. base | 4,4 |
| Vs | 293 |

| Curva caratteristica | |
|---|---|
| n° | 3 |




## VERIFICA

**Valori Fa di sito**

| | |
|---|---|
| 0,1< T <0,5 | 1,24 |
| 0,5< T <1,5 | 1,04 |

**COMUNE DI ALBIATE**

**Valori Fa di soglia**

Terreni di tipo:

| B | C | D | E |
|---|---|---|---|
| 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2 |
| 1,7 | 2,4 | 4,2 | 3,1 |

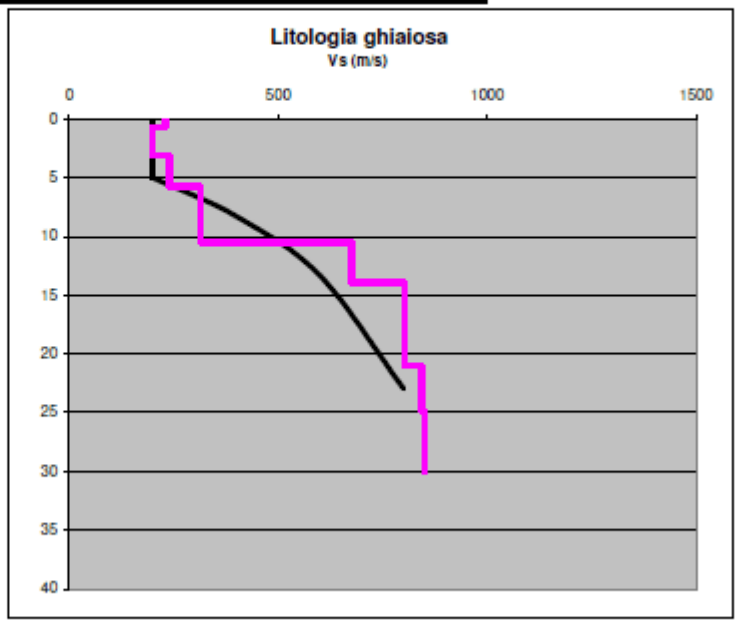
| | |
|---|---|
| Località | Linea 2 - Albiate (MI) |
| Litologia: | tipo di suolo B |

# STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI

*secondo le procedure dell'All. 5 - D.g.r. 8-7374 del 28/05/2008*

## TERRENO GHIAIOSO

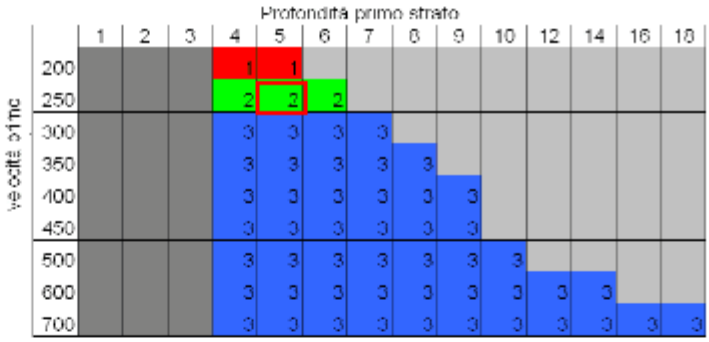
| Prof base | Nspt | Vs |
|---|---|---|
| 0 | | |
| 0,7 | - | 231 |
| 3,1 | - | 199 |
| 5,7 | - | 239 |
| 10,5 | - | 314 |
| 13,9 | - | 675 |
| 21 | - | 802 |
| 24,8 | - | 843 |
| 30 | - | 850 |
| Oltre 13,9 m | | > 800 |




| PERIODO DEL SITO | |
|---|---|
| T | 0,153 |

| PRIMO STRATO | |
|---|---|
| Prof. base | 5,7 |
| Vs | 221 |

| Curva caratteristica | |
|---|---|
| n° | 2 |




## VERIFICA

**COMUNE DI ALBIATE**

| | Valori Fa di sito | Valori Fa di soglia Terreni di tipo: B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,1< T <0,5 | 1,40 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2 |
| 0,5< T <1,5 | 1,05 | 1,7 | 2,4 | 4,2 | 3,1 |

| | |
|---|---|
| Località | Linea 3 - Albiate (MI) |
| Litologia: | tipo di suolo B |