



**studio associato**

Via Giorgio e Guido Paglia, n° 21 – 24122 BERGAMO – e-mail: bergamo@eurogeo.net  
Tel. +39 035 248689 – Fax +39 035 271216

REL. 16-LM PGT 17/11/2023

## COMUNE DI PEDRENGO

Piazza Elena Frizzoni – 24066 Pedrengo (BG)

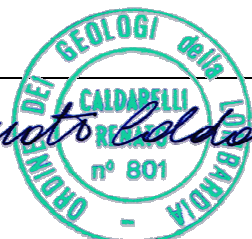


### AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL P.G.T.

ai sensi della D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 e s.m.i.

*Relazione Geologica*

Bergamo, novembre 2023







## SOMMARIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>ANALISI DELLA SISMICITÀ E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 1) ..</b>          | <b>5</b>  |
| 2.1      | Introduzione .....  | 5         |
| 2.2      | La sismicità del comune di Pedrengo .....   | 5         |
| 2.3      | Zonazione della pericolosità sismica locale .....   | 8         |
| 2.3.1    | <b><u>Primo livello</u></b> .....   | 8         |
| 2.3.2    | <b><u>Secondo livello</u></b> .....   | 9         |
| 2.3.3    | <b><u>Terzo Livello</u></b> .....   | 12        |
| <b>3</b> | <b>INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA</b> .....  | <b>13</b> |
| 3.1      | Applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica .....                       | 14        |
| <b>4</b> | <b>CARTA DEI VINCOLI (TAV. 2)</b> .....   | <b>15</b> |
| 4.1      | Fasce P.A.I. ....   | 18        |
| 4.2      | P.G.R.A. – Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. ....                                      | 22        |
| 4.1.1    | <i>Reticolo principale di pianura e di fondovalle - RP</i> .....                              | 23        |
| <b>5</b> | <b>CARTA DI SINTESI (TAV. 3)</b> .....  | <b>26</b> |
| 5.1      | Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti:.....                        | 26        |
| 5.2      | Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico e idrogeologico:.....                           | 26        |
| 5.3      | Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche:.....                                | 26        |
| 5.4      | Ambiti di particolare interesse geomorfologico, scientifico, naturalistico ed educativo:..... | 27        |
| <b>6</b> | <b>CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (TAV. 4)</b> .....                              | <b>28</b> |
| 6.1      | Classi di fattibilità geologica .....   | 28        |
| 6.2      | La fattibilità geologica nel Comune di Pedrengo .....   | 30        |
| 6.2.1    | <b><u>Classe 2</u></b> .....  | 30        |
| 6.2.2    | <b><u>Classe 3</u></b> .....  | 31        |
| 6.2.3    | <b><u>Classe 4</u></b> .....  | 33        |
| 6.3      | Normativa sismica.....  | 34        |
| 6.3.1    | <b><u>Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)</u></b> .....                             | 35        |

## ALLEGATI

- 1 Schede regionali per la valutazione del Fattore di Amplificazione.

## TAVOLE

1. Carta della Pericolosità Sismica Locale (scala 1:5.000);
2. Carta dei Vincoli (scala 1:5.000);
3. Carta di sintesi (Scala 1:5.000);
4. Carta della Fattibilità Geologica delle azioni di piano (scala 1:5.000);
5. Carta PAI-PGRA.



## 1 PREMESSA

Il Comune di Pedrengo, con Delibera di Consiglio Comunale n. 66 del 15/12/2009, ha approvato l'*Aggiornamento dello studio geologico per la redazione del Piano di Governo del Territorio* redatto dalla società Progea Consulting S.r.l. ai sensi della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12 art. 56 e D.G.R: 12 Dicembre 2005 n. 8/1566.

Il presente lavoro viene redatto ai sensi della D.G.R. 11/2120 del 9 settembre 2019, che integra ed aggiorna la D.G.R. 9/2616, della D.G.R. 9/2129, che ha modificato le zone sismiche per i comuni della Regione Lombardia, e della D.G.R. 10/6738 del 19 giugno 2017, con il recepimento del P.G.R.A. (Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione).

Con l'entrata in vigore delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC2018) è stata inoltre aggiornata l'analisi sismica di secondo livello.

Sono state inserite indicazioni inerenti il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, ai sensi del Regolamento Regionale 7 del 23 novembre 2017 e s.m.i., in recepimento dell'art. 58 bis della L.R. 12 del 11 marzo 2018.

Pur non avendo delle ripercussioni dirette sul territorio di Pedrengo, per la redazione del presente documento e degli elaborati cartografici si è fatto anche riferimento a quanto previsto dalla D.G.R. 15 dicembre 2022, n. XI/7564 *Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole) (art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12)*.

Gli elementi territoriali di base quali la geologia, la geomorfologia, l'idrogeologia e la litologia, riconosciuti con il rilevamento in situ e mediante l'analisi fotointerpretativa, sono riportati nelle tavole allegate ai precedenti studi al quale si rimanda per eventuali approfondimenti.

L'aggiornamento propone la modifica delle tavole della Pericolosità Sismica Locale, dei Vincoli, di Sintesi e della Carta della Fattibilità geologica, nonché la redazione della carta P.A.I. – P.G.R.A.



## 2 ANALISI DELLA SISMICITÀ E CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (TAV. 1)

### 2.1 Introduzione

L'analisi sismica è articolata in tre livelli successivi di approfondimento implementati in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune (D.G.R. 9/2129 del 11 luglio 2014), agli scenari di pericolosità sismica locale e alla tipologia delle costruzioni in progetto (allegato 5 alla D.G.R. 9/2616).

Le NTC2018 hanno modificato la definizione delle categorie di suolo, sostituendo il parametro  $V_{S30}$  con quello delle  $V_{S,eq}$ .

Nel presente capitolo sono richiamati, per semplicità di consultazione, le informazioni generali inerenti gli aspetti sismici del PGT. Utilizzando le indagini sismiche svolte nel 2016 e altre a disposizione degli scriventi, si è proceduto a verificare le categorie di suolo ( $V_{S,eq}$  – NTC2018), al fine di valutarne eventuali modifiche, e a confrontarle con il corrispondente valore soglia definito da Regione Lombardia.

### 2.2 La sismicità del comune di Pedrengo

Le zone sismiche definite dall'OPCM 3274/03 sono quattro e sono così definite:

**TAB. 1: ZONE SISMICHE.**

| Zona     | Valori di $a_g$ |
|----------|-----------------|
| 1        | 0,35g           |
| 2        | 0,25g           |
| <b>3</b> | <b>0,15g</b>    |
| 4        | 0,05g           |

dove  $a_g$  è il valore dell'accelerazione orizzontale massima espresso come frazione della gravità (g).

Il territorio comunale di Pedrengo, a seguito dell'entrata in vigore della D.G.R. X/2129 dell'11 luglio 2014, ricade nella zona sismica 3.

I livelli di approfondimento e le fasi di applicazione richieste dalla normativa sono riassunti nella tabella seguente.



**TAB. 2: LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA SULLA ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.**

| zona sismica | livelli di approfondimento e fasi di applicazione |  |  |
|--------------|---|--|--|
|              | 1° livello<br>fase pianificatoria                 | 2° livello<br>fase pianificatoria  | 3° livello<br>fase progettuale   |
| 3            | obbligatorio                                      | nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili | - nelle aree indagate con il 2° livello quando $F_a$ calcolato > valore soglia comunale;<br>- nelle zone PSL Z1, Z2. |

Ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è valutata riferendosi a una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, in base ai valori riportati nell'Allegato B al citato D.M.. La suddivisione del territorio lombardo in zone sismiche, ai sensi della D.G.R. 9/2129 del 11 luglio 2014, individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria.

Il primo livello di approfondimento comporta il riconoscimento delle aree nelle quali è possibile un'amplificazione dell'effetto sismico sulla base delle caratteristiche litologiche, geotecniche e morfologiche ricavabili dalle carte tematiche di inquadramento e confrontate con gli scenari previsti dalle direttive tecniche (Tab. 3).

A ciascuna area così individuata è attribuita una classe di pericolosità sismica e il relativo livello di approfondimento. Le campiture che definiscono gli scenari di pericolosità sismica locale sono rappresentati nella Tavola 1, allegata al presente aggiornamento.

Il secondo livello di approfondimento consente di verificare se i valori di spettro elastico previsti dal D.M. 14 gennaio 2008, sono adatti alle tipologie delle opere in progetto oppure se è necessario implementare il terzo livello di analisi per la definizione di nuovi spettri.

L'analisi di terzo livello prevede un approccio quantitativo. Deve essere sempre applicata per l'analisi degli effetti di instabilità (PSL Z1), per l'analisi del potenziale di liquefazione del terreno (PSL Z2) e nel caso di progetti che prevedano la realizzazione di edifici con struttura flessibile e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, nelle zone di amplificazione topografica (PSL Z3). In tutti gli altri casi, aree soggette ad amplificazione litologica (PSL Z4) e topografica, il terzo livello di approfondimento sismico va applicato quando i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia non sono verificati.



**TAB. 3: SCENARI DI PERICOLOSITÀ, EFFETTI E CLASSI DI PERICOLOSITÀ ASSOCIATE.**

| <b>Sigla</b> | <b>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>  | <b>EFFETTI</b>                           |
|--------------|---|--|
| 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 saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)                 | Cedimenti                                |
| Z2b          | Zone con depositi granulari saturi  | Liquefazione                             |
| Z2c*         | Aree a potenziale presenza di cavità sotterranee  | Sprofondamento ed instabilità            |
| Z3a          | Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica) | Amplificazioni topografiche              |
| Z3b          | Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate  |  |
| Z4a          | Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi   | Amplificazioni litologiche e geometriche |
| Z4b          | Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre   |  |
| Z4c          | Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)   |  |
| Z4d          | Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale   |  |
| Z5           | Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse                                   | Comportamenti differenziali              |

\*previsto dall'Allegato A della D.G.R. 15 dicembre 2022, n. XI/7564.

Con gli aggiornamenti alle direttive tecniche contenute nella D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 tale approfondimento deve essere preceduto dall'analisi della classe sismica di appartenenza del suolo.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono infatti le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità di riferimento sono quelle definite nelle NTC2018 a seconda della tipologia di fondazione).

**A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

**B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti**, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

**C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da



un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**D** – *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

**E** – *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori delle velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato

$N$  numero di strati

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s

Quando il bedrock sismico si colloca a una profondità superiore a 30 metri le  $V_{s,eq}$  vengono calcolate sino ai 30 metri, divenendo sostanzialmente uguali alle “vecchie”  $V_{s,30}$ .

## **2.3 Zonazione della pericolosità sismica locale**

### **2.3.1 Primo livello**

La modesta complessità geologica del territorio di Pedrengo consente di identificare un unico scenario di pericolosità sismica locale:

È stata attribuita la classe **Z4a** a tutto il territorio comunale in quanto formato da depositi alluvionali e/o fluvioglaciali di natura prevalentemente granulare.





### 2.3.2 Secondo livello

La procedura di secondo livello si applica alle zone con Pericolosità Sismica Locale Z3 e Z4. Consiste in una valutazione semiquantitativa della risposta sismica dei terreni in termine di *Fattore di amplificazione (Fa)* e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalla Regione Lombardia (Tab. 4).

**TAB. 4: VALORI DI SOGLIA PER IL COMUNE DI PEDRENGO.**

|                                  | suolo tipo B | suolo tipo C | suolo tipo D | suolo tipo E |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s | 1,5          | 1,9          | 2,3          | 2,0          |
| periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s | 1,7          | 2,4          | 4,3          | 3,1          |

L'individuazione dei fattori di amplificazione deve essere svolta ottemperando ai criteri contenuti nell'allegato 5 della D.G.R. 9/2616.

La procedura di valutazione degli effetti litologici (scenari Z4a) presuppone la conoscenza della litologia dei materiali presenti, della stratigrafia del sito e dell'andamento delle **velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs)** nel primo sottosuolo. Mediante queste informazioni e l'utilizzo delle schede litologiche preparate dalla Regione Lombardia è possibile la stima del Fa.

L'analisi di secondo livello sviluppata nello studio del 2012 è stata integrata ed aggiornata sulla scorta delle più recenti normative in campo pianificatorio ed edilizio (NTC2018).

Nei seguenti paragrafi sono descritte le modalità di applicazione del secondo livello di approfondimento sismico per lo scenario Z4, al fine di facilitare la consultazione di tali procedure, allorquando in fase progettuale si riscontrassero situazioni ad essi riferibili. Si rimanda comunque alle disposizioni della D.G.R. 9/2616 e successive modifiche e integrazioni per eventuali approfondimenti.



### 2.3.2.1 Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione litologica

#### Procedura

Il primo punto della procedura di secondo livello prevede l'identificazione della litologia prevalente e il raffronto del profilo delle **Vs** con l'apposito abaco contenuto nelle schede fornite dalla Regione Lombardia.

Attualmente sono disponibili 6 schede per 6 differenti litologie prevalenti.

Una volta individuata la scheda di riferimento, è stato verificato l'andamento delle **Vs** con la profondità utilizzando gli abachi riportati nelle schede di valutazione.

Nel caso in cui l'andamento delle **Vs** con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda litologica corrispondente deve essere utilizzata la scheda che presenta l'andamento delle **Vs** più simile a quello riscontrato nell'indagine. In alcuni casi la valutazione del *fattore di amplificazione* è stata eseguita utilizzando più di una scheda e scegliendo la situazione più cautelativa.

Ove possibile va utilizzata la scheda litologica corrispondente, negli altri casi è possibile utilizzare la curva con maggiore approssimazione per la stima del valore di *Fa* negli intervalli 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s.

Il periodo proprio del sito (T) deve essere stato calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità **Vs** è uguale o maggiore a 800 m/s, mediante la seguente equazione:

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

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo.

Laddove le prospezioni non investighino una profondità tale da raggiungere strati con **Vs** = 800 m/s, tale limite deve essere interpolato manualmente.



Il *fattore di amplificazione* ottenuto è da considerarsi con un'approssimazione di +0,1 e deve essere confrontato con i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia.

Lo sviluppo della velocità delle onde S con la profondità è stato ottenuto mediante prospezioni geofisiche di tipo ReMi ubicate nello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4a.

### Analisi dei dati disponibili

Per l'analisi di secondo livello si è proceduto a confrontare i Fattori di amplificazione del precedente studio con i valori soglia del territorio comunale aggiornati (Tab. 4). L'andamento delle velocità delle onde S nei primi metri di profondità aveva consentito di calcolare i valori di  $V_{s,eq}$  e di definire pertanto le categorie di suolo che è risultata di tipo A ed B. Dai profili delle **Vs** calcolati sono stati ricavati i Fattori di Amplificazione (Tab. 5) che sono stati confrontati con quelli di soglia (Tab. 6).

**TAB. 5: FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STIMATI.**

|        | Categoria suolo | Fa<br>(con variabilità $\pm 0,1$ )  |                                   | $V_{s30}/V_{seq}$<br>[m/s] |
|--------|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
|        |                 | periodo compreso tra<br>0,1 – 0,5 s | periodo compreso tra<br>0,5 – 1,5 |                            |
| Sito 1 | B               | 1,13                                | 0,994                             | 509,7 ( $V_{s30}$ )        |
| Sito 2 | B               | 1,08                                | 0,993                             | 463,1 ( $V_{s30}$ )        |
| Sito 3 | A               | -                                   | -                                 | 826,5 ( $V_{s30}$ )        |

**TAB. 6: CONFRONTO TRA VALORI CALCOLATI E VALORI SOGLIA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE.**

| Periodo       | suolo tipo B |            | suolo tipo C |            | suolo tipo D |            | suolo tipo E |            |
|---------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|               | 0,1 -0,5     | 0,5 – 1,5  | 0,1 -0,5     | 0,5 – 1,5  | 0,1 -0,5     | 0,5 – 1,5  | 0,1 -0,5     | 0,5 – 1,5  |
| <b>Soglia</b> | <b>1,5</b>   | <b>1,7</b> | <b>1,9</b>   | <b>2,4</b> | <b>2,3</b>   | <b>4,3</b> | <b>2,0</b>   | <b>3,1</b> |
| Sito 1        | 1,13         | 0,994      |              |            |              |            |              |            |
| Sito 2        | 1,08         | 0,993      |              |            |              |            |              |            |



verificato



non verificato

I valori del Fattore di amplificazione sia per le strutture con periodo 0,1 – 0,5s che per quelle con periodo 0,5 – 1,5s risultano inferiori ai valori di soglia, quindi verificati.



### **2.3.2.2 Considerazioni conclusive**

#### Amplificazione litologica

I dati geofisici utilizzati sono stati desunti dalle analisi condotte nel 2009 eseguite con la tecnica REMI (registrazione passiva di rumore ambientale).

L'analisi di secondo livello ha osservato che sia per il periodo di oscillazione 0,1-0,5s che per il periodo 0,5-1,5s i Fattori di amplificazione sono stati sempre verificati in quanto inferiori alla soglia regionale.

In fase progettuale dovrà essere sempre verificata la classe di appartenenza del sottosuolo e effettuato il calcolo del *fattore di amplificazione* sito specifico. Qualora questo risultasse non verificato sarà necessario svolgere il 3° livello di approfondimento oppure utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

### **2.3.3 Terzo Livello**

L'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale che potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

#### **2.3.3.1 Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)**

Per l'analisi dell'amplificazione litologica le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 9/2616 sono indicate a titolo esemplificativo il metodo di Nakamura (1989) ed il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)). Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo e le modalità di applicazione sono a discrezione del professionista incaricato che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare i vantaggi e gli svantaggi dei differenti approcci.



### 3 INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Il Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 della Lombardia, aggiornato con il Regolamento Regionale n. 8 del 19 aprile 2019, individua e norma i criteri e i metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica, ai sensi dell'art. 58bis della Legge Regionale n. 12 del 11 marzo 2005.

Lo scopo del regolamento è quello di perseguire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo e di conseguire, tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche a monte dei ricettori, la riduzione quantitativa dei deflussi, il progressivo riequilibrio del regime idrologico e idraulico. Il raggiungimento di tali obiettivi è finalizzato all'attenuazione del rischio idraulico, oltre che alla riduzione dell'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori, tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche non esposte ad emissioni e scarichi inquinanti.

Il regolamento disciplina l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica per i singoli interventi edilizi che comportano l'impermeabilizzazione del suolo, nonché l'adeguamento degli strumenti urbanistici e dei regolamenti edilizi.

Il comma 5, lettera a) dell'art. 14 del R.R. 7/2017 prevede il recepimento delle risultanze dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico (comma 7) o del Documento Semplificato del Rischio Idraulico Comunale (comma 8) all'interno della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT.

Il Comune di Pedrengo è dotato di Documento Semplificato dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico, redatto del R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 e s.m.i., approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 24 del 12/10/2020. Il presente aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT ha quindi tenuto conto di quanto riportato nel documento a cui di rimanda per approfondimenti.

#### Misure strutturali

Le misure strutturali prevedono l'individuazione di aree destinate al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, o più in generale della gestione del deflusso delle acque superficiali, sia per la parte urbanizzata che per gli ambiti di nuova trasformazione.



Tali aree devono essere riservate a tale scopo, escludendone pertanto qualsiasi possibilità edificatoria.

Lo scopo delle misure strutturali è quello di limitare l'afflusso delle acque meteoriche nei corsi d'acqua naturali, riducendolo sino a valori di portata "naturali" ovvero annullando gli effetti negativi dovuti all'impermeabilizzazione dei suoli causati dall'urbanizzazione.

Qualora nella pianificazione del rischio idraulico, a scala di bacino, fossero individuate delle aree del territorio adibite alla realizzazione di misure strutturali, esse dovranno essere recepite nella Componente Geologica, idrogeologica e sismica del PGT.

### **3.1 Applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica**

Il controllo e la gestione delle acque pluviali avviene sostanzialmente con la realizzazione di sistemi di ritenzione delle acque, come ad esempio vasche di laminazione, e il progressivo rilascio dei volumi invasati in modo controllato.

L'infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e lo scarico in corpo idrico superficiale sono due delle possibilità previste dal R.R. 7/2017 per il conseguimento del rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, la cui attuazione è strettamente correlata al contesto geologico e idrogeologico locale.

Ne deriva che il modello geologico e idrogeologico locale, sitospecifico, assume ulteriore importanza propedeutica a supporto della progettazione di interventi edilizi e infrastrutturali.

Lo stesso R.R. 7/2017 sottolinea nell'Allegato F come la capacità di infiltrazione di un terreno sia legata alle caratteristiche di porosità del terreno, alla stratigrafia del sottosuolo, alla presenza e soggiacenza della falda.

Lo studio e la definizione di questi aspetti della geologia locale sono pertanto da approfondire e indagare anche con l'esecuzione di apposite indagini geognostiche a discrezione del professionista incaricato (prove infiltrometriche, granulometria del terreno, soggiacenza della falda, ...).



## 4 CARTA DEI VINCOLI (TAV. 2)

Nella Carta dei Vincoli sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore di contenuto prettamente idrogeologico e/o ambientale-paesaggistico.

Nell'elaborato sono evidenziati i seguenti tematismi:

- Vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89 e in particolare del **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico**, adottato con delibera del Comitato Istituzionale dell'autorità di Bacino del Fiume Po, n. 18/2001 del 26 aprile 2001. Sono state individuate sul territorio comunale le tre fasce PAI definite come segue:
  - Fascia di deflusso della piena (Fascia A) costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento (80% del volume della piena con periodo di ritorno duecentennale), così come definita nell'Allegato 3 dello stesso Piano;
  - Fascia di esondazione (Fascia B) esterna alla fascia A, costituita dalla porzione di territorio interessata da esondazione al verificarsi della piena di riferimento (piena con periodo di ritorno duecentennale);
  - Fascia di inondazione per piena catastrofica (Fascia C) esterna alle precedenti, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena catastrofica (piena con periodo di ritorno cinquecentennale).
- **Vincoli derivanti dal P.G.R.A.**, il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, in recepimento della Direttiva Alluvioni della Comunità Europea 2007/60/CE.
- **Vincoli di polizia idraulica:** sul reticolo idrografico principale (Individuato in base alla L. 1/2000 e successive modificazioni) ai sensi del R.D. n. 523/1904 "Testo unico delle leggi sulle opere idrauliche" e successive disposizioni regionali in materia, e su quello consortile secondo le norme previste dal R.D. 368/1904 e recepite nel regolamento interno di ciascun Consorzio, come meglio specificato nello studio del reticolo idrico minore comunale a cui si rimanda per approfondimenti.



- **Zone di salvaguardia delle captazioni a uso idropotabile** (pozzi e sorgenti): D.L. 152/99, D.L. 258/00, D.G.R. 7-12693/2003 e D.Lgs 152/2006. Nel territorio di Pedrengo non sono presenti opere di captazione (pozzi) ad uso idropotabile anche se porzioni di territorio sono comunque interessate dalle fasce di rispetto di due pozzi ubicati nei comuni limitrofi (Scanzorosciate e Pedrengo, Figura 1).

- Aree di tutela assoluta: si tratta delle aree di raggio uguale a 10 m di protezione assoluta delle captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano, pozzi o sorgenti. Per tali ambiti valgono le prescrizioni contenute nel documento “direttive per la disciplina delle attività all’interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)” approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 (Allegato 9).

Le aree di tutela assoluta devono essere adeguatamente protette e adibite esclusivamente a opere di captazione e alle infrastrutture accessorie.

- Aree di rispetto individuate con criterio geometrico: sono porzioni di territorio circostanti le zone di protezione assoluta con raggio di 200 m dal centro la captazione. Nel caso delle sorgenti tale perimetrazione è limitata al tratto di bacino a monte della captazione. Per tali ambiti valgono le prescrizioni contenute nel documento “direttive per la disciplina delle attività all’interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del DLGS 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)” approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 (Allegato 9). Tale normativa dovrà essere applicata a tutti i settori di ciascuna classe e/o sottoclasse di fattibilità inclusi nella perimetrazione dell’area di rispetto.

- Aree comprese nei limiti del **Parco Locale di Interesse Sovracomunale del Serio Nord** (L.R. 86/83, art. 34).



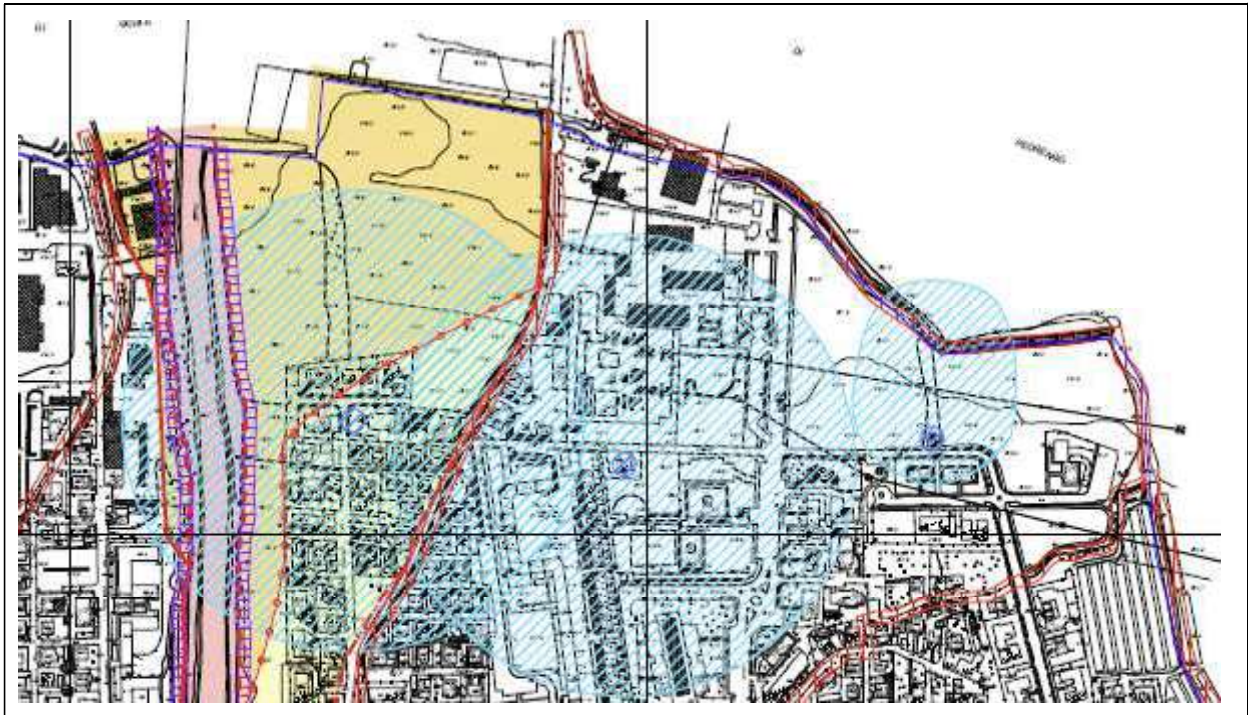


Figura 1: Fasce di rispetto dei pozzi ubicati nel settore settentrionale del Comune di Seriate riportate nella TAV. 8a Carta dei Vincoli dello studio geologico di supporto al PGT. (Reguzzi, 2012). La fascia di rispetto del pozzo di Via Passo del Tonale, individuata con criterio idrogeologico, si estende anche nel territorio di Pedrengo.



#### **4.1 Fasce P.A.I.**

Nel territorio di Pedrengo (Figura 2) sono individuate le tre fasce di P.A.I.



*Figura 2: Porzioni del territorio di Pedrengo comprese nelle Fasce del P.A.I. (in rosso Fascia A, in verde Fascia B e in giallo Fascia C).*

#### **Fascia A – fascia di deflusso della piena**

Nella fascia A sono vietate ai sensi dell'art. 29 delle Nda:

- a. Le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- b. La realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 22/97, fatto salvo quanto previsto al punto "l" delle attività consentite;



- c. La realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al punto "m" delle attività consentite;
- d. Le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturalizzazione con specie autoctone, per un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente;
- e. La realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;
- f. Il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

Sono invece consentiti:

- a. I cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;
- b. Gli interventi volti alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- c. Le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- d. I prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m<sup>3</sup> annui;
- e. La realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;
- f. I depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;
- g. Il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto di fascia;



- h. Il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;
- i. il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. M) del D.Lgs. 22/97;
- l. l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs 22/97 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs 22/97) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa;
- m. l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

### ***Fascia B – fascia di esondazione***

Ai sensi dell'art. 30 delle NdA del PAI, nella fascia B sono vietati:

- a. gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- b. la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs 22/97, fatto salvo quanto previsto per le operazioni consentite descritte per la fascia A alla lettera l;
- c. in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Sono consentiti, oltre agli interventi consentiti per la fascia A (art. 29 NdA):

- a. gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla limitazione della fascia;
- b. gli impianti di trattamento delle acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in



sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino;

- c. la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- d. l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D. Lgs. 153/99 e successive modifiche e integrazioni;
- e. il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino.

Gli interventi consentiti debbono inoltre assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area e l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti.

### ***Fascia C – area di inondazione per piena catastrofica***

Per la Fascia C il PAI non prevede l'individuazione di attività possibili o vietate, lasciando agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica la regolamentazione delle attività consentite e vietate (art. 31, comma 4 delle Nda del PAI).

Per tale ambito è definita la seguente normativa che dovrà essere applicata a tutti i settori di ciascuna classe e/o sottoclasse di fattibilità inclusi nella perimetrazione della fascia C. La norma prevede che in fascia C gli interventi non modifichino i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo, né costituiscano significativo ostacolo al deflusso e/o limitino in maniera significativa la capacità d'invaso. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da un'analisi di compatibilità idraulica che documenti l'assenza delle suddette interferenze o indichi i rimedi progettuali per ovviare a tale rischio quali ad esempio sopralzi, recinzioni impermeabili ed altri accorgimenti tecnici necessari a garantire la sicurezza dei locali in caso di allagamento (altezza degli impianti elettrici dalla pavimentazione).



#### **4.2 P.G.R.A. – Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.**

Il P.G.R.A, predisposto in attuazione del D.Lgs. 49/2010 di recepimento della “Direttiva Alluvioni” 2007/60/CE è stato approvato con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016 (G.U. n. 30 del 6 febbraio 2017).

La D.G.R. 10/6738 del 19 giugno 2017 definisce le disposizioni regionali concernenti l’attuazione del P.G.R.A. nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del P.A.I. del bacino del Fiume Po. A tale deliberazione si è fatto riferimento per il recepimento del Piano.

Il Piano ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. Le mappe del P.G.R.A. contengono la delimitazione delle aree per diversi scenari di pericolosità:

- aree P3 (H), o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- aree P2 (M), o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- aree P1 (L), o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.

Le aree allagabili sono pertinenti a:

- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le aree allagabili delimitate nelle mappe di pericolosità del P.G.R.A. tengono conto dei livelli idrici corrispondenti a tre piene di riferimento:

- 10-20 anni per la piena frequente;
- 100-200 per la piena poco frequente;
- la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 100 o 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni per la piena rara).



#### 4.1.1 Reticolo principale di pianura e di fondovalle - RP

Il P.G.R.A. individua nel comprensorio di Pedrengo ambiti territoriali di pertinenza del reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP) in prossimità del Fiume Serio (Figura 3), potenzialmente interessati da alluvioni frequenti (scenario P3/H), poco frequenti (P2/M) e rare (P1/L).



*Figura 3: Aree allagabili nella porzione occidentale e meridionale di Pedrengo in corrispondenza del Fiume Serio (Reticolo idrico principale RP) per eventi di piena con  $Tr = 20$  anni,  $Tr = 200$  anni e  $Tr = 500$  anni, assimilabili alle aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3/H, colore blu), poco frequenti (P2/M, blu chiaro) e rare (P1/L, colore azzurro) individuate nel P.G.R.A.*

Per quanto concerne le aree ricadenti all'interno delle zone allagabili relative al reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP) si applicano le procedure seguenti:

1. i Comuni applicano da subito la normativa sopraindicata sulle aree allagabili così come presenti nelle mappe di pericolosità del P.G.R.A. (accessibili



attraverso il GEOPortale della Lombardia secondo le modalità descritte nell'Allegato 1), modificando di conseguenza le previsioni degli strumenti urbanistici comunali che risultassero in contrasto, ed aggiornando conseguentemente i Piani di Emergenza Comunali secondo le indicazioni fornite al paragrafo 7. "Disposizioni integrative rispetto a quanto contenuto nella D.G.R. VIII/4732/2007 relative all'attuazione della variante normativa al P.A.I. nel settore della Pianificazione dell'emergenza alla scala comunale";

2. entro le aree che risultano classificate come R4 - rischio molto elevato (ovvero entro le aree che risultano già edificate nell'Ortofoto AGEA 2015 pubblicata sul GEOPortale della Regione Lombardia) i Comuni sono tenuti a effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali, d'intesa con l'Autorità regionale o provinciale competente in materia. L'intesa si intende raggiunta se le valutazioni vengono svolte secondo le metodologie riportate nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/20119. La valutazione deve avere le finalità descritte al paragrafo 4. "Disposizioni relative all'edificato esistente esposto al rischio". Tale valutazione deve essere trasmessa a Regione Lombardia che la utilizzerà sia nell'ambito dei previsti riesami e aggiornamenti delle mappe e del P.G.R.A. sia ai fini del monitoraggio delle misure di prevenzione del rischio previste nel P.G.R.A.;
3. entro le aree che risultano classificate come R4 - rischio molto elevato (ovvero entro le aree che risultano già edificate nell'Ortofoto AGEA 2015 pubblicata sul GEOPortale della Regione Lombardia) nelle more del completamento della valutazione dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali di cui sopra e del suo recepimento nello strumento urbanistico comunale, possono essere svolte in via transitoria da parte del Comune, valutazioni preliminari, sulla base degli eventi alluvionali più significativi, ricostruendo le altezze idriche e stimando se possibile le velocità. In caso il Comune effettui tale valutazione preliminare, deve comunicarlo a Regione Lombardia trasmettendone copia, unitamente all'individuazione cartografica degli ambiti entro i quali viene utilizzata. I dati relativi alla valutazione devono essere utilizzati all'interno degli studi di compatibilità idraulica per la progettazione dei singoli interventi edilizi;
4. in assenza della valutazione preliminare di cui al punto precedente, fino al recepimento nello strumento urbanistico comunale della valutazione di dettaglio della pericolosità e del rischio di cui al punto 2., è facoltà del Comune applicare, anche all'interno degli edificati esistenti, le norme riguardanti le aree P3/H e





P2/M (fasce A e B) o richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica che utilizzi come dati tecnici di input tutte le informazioni del P.G.R.A.. Detto studio può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza).

Nelle more del completamento delle specifiche varianti al P.A.I. a scala di asta fluviale:

- a) nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle Norme di Attuazione (N.d.A.) del P.A.I.;
- b) nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle N.d.A. del P.A.I.;
- c) nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), si applicano le disposizioni previste per la fascia C di cui all'art. 31 delle N.d.A. del P.A.I.



## 5 CARTA DI SINTESI (TAV. 3)

La *Carta di Sintesi* individua una serie di poligoni ognuno dei quali definisce una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di rischio in atto o potenziale, o da vulnerabilità idrogeologica.

La sovrapposizione di più ambiti genera poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori.

### **5.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti:**

**sl:** area a pericolosità potenziale di scivolamento degli orli di terrazzo.

### **5.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico e idrogeologico:**

**in1:** area ricadente nella Fascia A del P.A.I. (Fascia di deflusso della piena) ed aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H) così come individuate nel P.G.R.A.

**in2:** area ricadente nella Fascia B del P.A.I. (Fascia di esondazione)

**in3:** area di inondazione per piena catastrofica compresa nella Fascia C del P.A.I. ed aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L) così come individuata nel P.G.R.A.

**ofc:** area interessata dalla presenza di centri di pericolo, area dismessa Ossidiana Fonderie Cantoni S.p.A. ubicata in via Giardini. Il sito è incluso nel Censimento delle aree dismesse della Regione Lombardia.

**chm:** area interessata dalla presenza di centri di pericolo, sito contaminato ex Chemtura Manufacturing Italy S.r.l. ubicata in via Mazzini. L'ex insediamenti produttivo è incluso nell'elenco dei siti contaminati della Regione Lombardia.

### **5.3 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche:**

**gt1:** area con terreni ghiaioso-ciottolosi e ghiaioso-sabbioso-limosi prevalenti con buona/discreta capacità portante



**gt2:** area con terreni limoso-argilloso-sabbiosi prevalenti con discreta capacità portante

**rip:** area con terreni di riporto granulometricamente eterogenei con capacità portante variabile.

**5.4 *Ambiti di particolare interesse geomorfologico, scientifico, naturalistico ed educativo:***

**ter:** ambiti di tutela paesaggistica degli orli di terrazzo relitti.



## **6 CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (TAV. 4)**

### **6.1 Classi di fattibilità geologica**

I dati raccolti ed elaborati nei capitoli precedenti consentono, mediante l'analisi dei vari elementi che caratterizzano l'area in esame, di suddividere il territorio in settori a maggiore o minore vocazione urbanistica. Si tratta di una classificazione della pericolosità che fornisce indicazioni generali sulle destinazioni d'uso, sulle cautele generali da adottare per gli interventi, sugli studi e le indagini necessarie in caso di intervento e sulle opere di riduzione degli eventuali rischi territoriali, ciò al di là di ogni considerazione di carattere economico e amministrativo, ma esclusivamente in funzione dei diversi parametri naturali che caratterizzano il territorio.

È opportuno ricordare che per una lettura esaustiva delle possibilità di cambiamento di destinazione d'uso di una qualsiasi parte del territorio, la *Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano* deve essere consultata insieme alla *Carta dei vincoli* dove sono rappresentate le limitazioni derivanti dalla normativa in vigore.

La D.G.R. 9/2616 del 30 novembre 2011 adotta quattro classi di fattibilità.

#### **Classe 1 (bianca) - Fattibilità senza particolari limitazioni**

*La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.*

#### **Classe 2 (verde-gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni**

*La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati, nelle norme geologiche di piano, gli approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.*



### **Classe 3 (gialla-arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni**

*La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.*

*Il professionista, nelle norme geologiche di piano, deve, in alternativa:*

- se dispone fin da subito di elementi sufficienti, definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto;*
- se non dispone di elementi sufficienti, definire puntualmente i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito di territoriale di riferimento (puntuale, quali caduta massi, o relativo ad ambiti più estesi coinvolti dal medesimo fenomeno quali ad esempio conoidi, interi corsi d'acqua ecc.) e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.*

### **Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni**

*L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.*

*Il professionista deve fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non è strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di emergenza; deve inoltre essere valutata la necessità di predisporre sistemi di*



*monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.*

*Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.*

A discrezione del professionista, ogni classe di fattibilità può essere, per maggiore chiarezza, suddivisa in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei.

## **6.2 La fattibilità geologica nel Comune di Pedrengo**

### **6.2.1 Classe 2**

In relazione alle condizioni di rischio riscontrate è stata individuata un'unica classe 2 caratterizzata da fattibilità geologica con modeste limitazioni.

La classe 2 comprende la quasi totalità del territorio comunale caratterizzato da depositi ghiaioso-sabbiosi con buone/discrete caratteristiche geotecniche e capacità portante. Nel settore orientale sono presenti terreni più eterogenei, con presenza di lenti limoso argillose superficiali che determinano disomogeneità geotecnica ai piani di posa delle fondazioni e confinano modeste falde idriche sospese.

L'utilizzo delle aree ricadenti in questa classe è subordinato alla realizzazione di indagini geognostiche ad hoc (D.M. 11 marzo 1988 e nelle N.T.C. del 17 gennaio 2018), necessarie per la caratterizzazione puntuale dei parametri meccanici del sottosuolo, nonché della situazione idrogeologica locale.

Per la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento le richieste di concessione edilizia dovranno contenere:

- un'indicazione quantitativa e qualitativa degli scarichi liquidi prodotti dal fabbricato o dal complesso di cui si richiede la costruzione;



- un'indicazione progettuale dei sistemi di depurazione corrispondenti e/o dei sistemi adottati per l'eliminazione dei materiali residui e la salvaguardia idrogeologica e relativi criteri costruttivi.

Si applicano altresì le prescrizioni contenute nelle “direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto (comma 6 art. 21 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e successive modificazioni)” approvato con D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 17 del 22 aprile 2003 (Allegato 7) e ribadito nell'art. 94 del D.Lgs. 152 del 3 aprile 2006, per le aree ricadenti in tali ambiti.

### 6.2.2 **Classe 3**

In questa classe ricadono le zone dove sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati sia localmente che nelle aree immediatamente limitrofe e per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. In relazione alle condizioni di rischio riscontrate sono state individuate sei sottoclassi.

#### **-3a**

La sottoclasse 3a include le aree allagabili comprese nella fascia B del P.A.I. In queste aree si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del “Titolo II – Norme per le fasce fluviali”, delle Norme di Attuazione del P.A.I. (art. 30).

Oltre a quanto previsto per la classe 2, eventuali interventi dovranno seguire le seguenti prescrizioni per minimizzare il rischio idraulico:

- Realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali, sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
- Realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna e disporre gli ingressi, in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- Progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso di scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;



- Progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- Adottare tutte le misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni (opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione, opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali, fondazioni profonde per evitare fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi);
- È vietata realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., ad eccezione dell'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali;
- I manufatti per lo smaltimento delle acque (pozzi perdenti) dovranno essere progettati in modo tale da agevolare il drenaggio delle acque di piena. Sarà necessario prevedere la posa in opera di tutti quegli accorgimenti atti ad impedire l'infiltrazione nel sottosuolo di sostanze inquinanti dilavate dalle acque di piena. È vietato altresì il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali e sostanze potenzialmente pericolose in grado di contaminare acque e terreni a seguito di un evento di piena;
- Prevedere tutti quegli accorgimenti tecnici necessari a garantire la sicurezza dei locali in caso di allagamento. In particolare:
  - uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena centennale con dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
  - vie di evacuazione situate sopra il livello di piena centennale;
  - utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche;
  - utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

Per le porzioni di territorio comprese nel perimetro delle ex Ossidiana Fonderie Cantoni S.p.A. di via Giardini dovranno essere ottemperate anche le prescrizioni previste per la classe 3c.





### **-3b**

La sottoclasse 3b include le aree allagabili relative al reticolo principale di pianura o fondovalle (RP) interessate da alluvioni rare (P1/L) e le aree ricadenti nella fascia C del P.A.I.

Oltre a quanto previsto per la classe 2 è necessario che gli interventi non modifichino i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo, né costituiscano significativo ostacolo al deflusso e/o limitino in maniera significativa la capacità d'invaso. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da un'analisi di compatibilità idraulica che documenti l'assenza delle suddette interferenze o indichi i rimedi progettuali per ovviare a tale rischio quali ad esempio sopralzi, recinzioni impermeabili e altri accorgimenti tecnici necessari a garantire la sicurezza dei locali in caso di allagamento.

Tali aree sono soggette alle disposizioni previste per la fascia C di cui all'art. 31 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Per le porzioni di territorio comprese nel perimetro delle ex Ossidiana Fonderie Cantoni S.p.A. di via Giardini dovranno essere ottemperate anche le prescrizioni previste per la classe 3c.

### **-3c**

La sottoclasse 3c comprende il sito in procedura di bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/2006 Chemtura Manufacturing Italy S.r.l. di Via Mazzini.

Oltre alle prescrizioni previste per classe 2 l'utilizzo di queste aree è subordinato alla esecuzione di un'indagine ambientale necessaria per definire la qualità delle matrici ambientali (terreni, acque sotterranee) mediante l'esecuzione di accertamenti geognostici e analisi ad hoc in applicazione del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale".

#### **6.2.3 Classe 4**

Nella classe 4 l'alta pericolosità e/o vulnerabilità comporta gravi limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente le



opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b) e c) della L.R. 12/05.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata un'apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio presente.

Nel territorio comunale di Pedrengo sono state distinte due sottoclassi 4.

#### **- 4a**

La sottoclasse 4a comprende le aree di pertinenza del Fiume Serio (reticolo principale di pianura e fondovalle RP) interessate da alluvioni frequenti (P3/H) e le aree ricadenti all'interno della fascia A del P.A.I.

Le aree incluse in questa sottoclasse sono normate dalle prescrizioni previste per la Fascia A, di cui al "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle Norme di Attuazione del P.A.I. (art. 29).

#### **- 4b**

La sottoclasse 4b comprende la porzione non obliterata delle scarpate del terrazzo fluviale del Fiume Serio. L'attribuzione della classe è dovuta all'acclività e alla valenza ambientale/paesaggistica che tali ambiti rivestono.

### **6.3 Normativa sismica**

Al mosaico della fattibilità è sovrapposta una campitura 'trasparente' che individua le aree dove è richiesta l'applicazione del terzo livello di approfondimento sismico senza passaggi intermedi.



### 6.3.1 Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)

Nello scenario Z4a è richiesta l'applicazione del secondo livello di approfondimento nelle aree interferenti con l'urbanizzato e l'urbanizzabile e l'approfondimento di terzo livello per l'analisi dell'amplificazione litologica, solo quando il *fattore di amplificazione* calcolato è maggiore del valore soglia.

L'analisi di secondo livello condotta nell'ambito del presente aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. ha evidenziato come, sia per le strutture con periodo 0,1 – 0,5s che per le strutture con periodo 0,5-1,5 s, i valori di *Fa* sito specifici calcolati sono stati sempre verificati, (valori inferiori a quello di soglia regionale).

In fase progettuale dovrà essere sempre verificata la classe di appartenenza del sottosuolo e effettuato il calcolo del *fattore di amplificazione*, vista anche l'eterogeneità dei risultati ottenuti con la sopra descritta analisi pianificatoria.

Qualora i *Fa* calcolati con l'analisi di secondo livello non fossero verificati, dovrà essere applicato il terzo livello di approfondimento, rispettando le direttive tecniche regionali, riassunte nel paragrafo 2.3.3.1. Tali approfondimenti dovranno essere preceduti dalla definizione della classe sismica di appartenenza del suolo (A, B, C, D, E).

Potrà essere evitata l'applicazione del terzo livello di approfondimento sismico utilizzando lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, seguendo il seguente schema:

- in sostituzione dello spettro per la classe sismica B si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe C; nel caso in cui la soglia non fosse sufficientemente cautelativa si può utilizzare lo spettro previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica C si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D;
- in sostituzione dello spettro per la classe sismica E si può utilizzare quello previsto per il suolo di classe D.

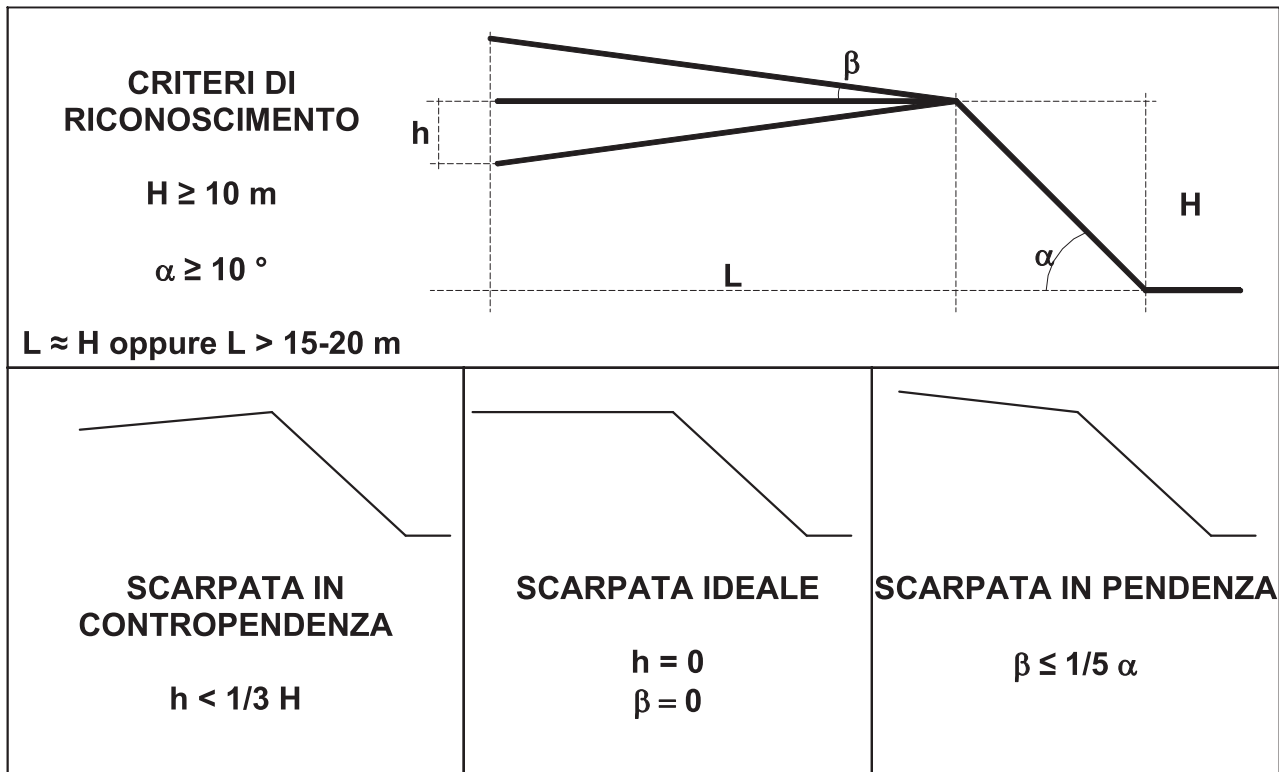
Dott. Massimo Elitropi

Dott. Geol. Renato Caldarelli

**ALLEGATI**

**SCHEDE REGIONALI PER LA  
VALUTAZIONE DEL Fa**

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



| Classe altimetrica                      | Classe di inclinazione               | Valore di Fa | Area di influenza     |
|---|--------------------------------------|--------------|-----------------------|
| $10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1.1          | $A_i = H$             |
| $20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$    | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1.2          | $A_i = \frac{3}{4} H$ |
| $H > 40 \text{ m}$                      | $10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ | 1.1          | $A_i = \frac{2}{3} H$ |
|   | $20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$    | 1.2          |                       |
|   | $40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$    | 1.3          |                       |
|   | $60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$    | 1.2          |                       |
|   | $\alpha > 70^\circ$                  | 1.1          |                       |

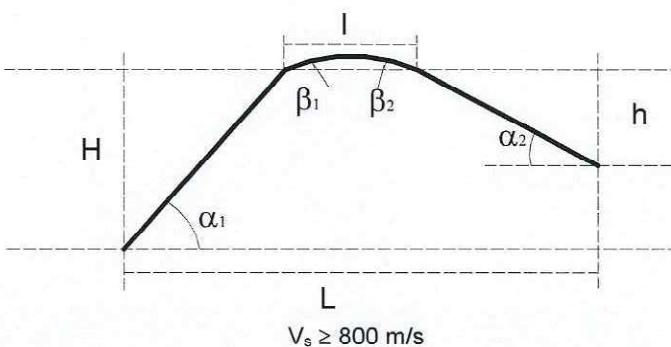
EFFETTI MORFOLOGICI - CRESTE - SCENARIO Z3b

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

CRESTA  
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$  e  $\alpha_2 \geq 10^\circ$   
 $h \geq 1/3 H$

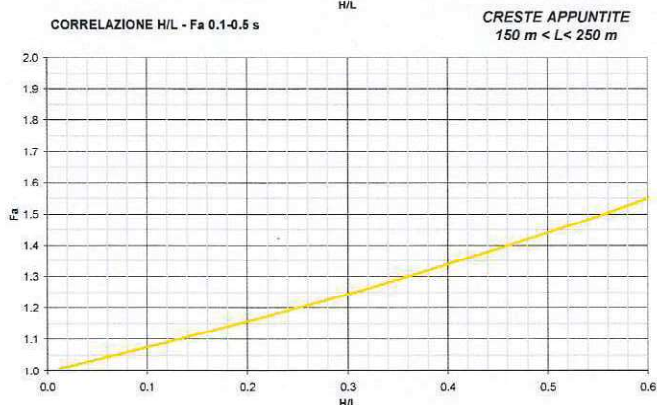
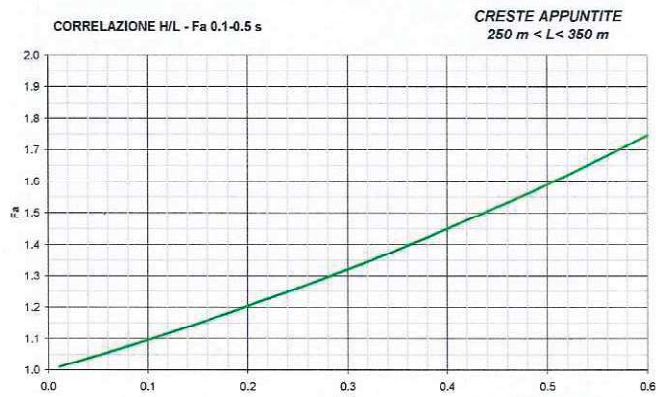
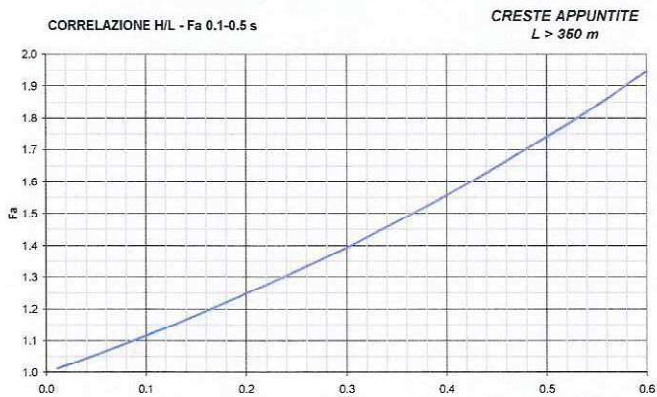
CRESTA ARROTONDATA  
 $\beta_1 < 10^\circ$  e  $\beta_2 < 10^\circ$   
 $I \geq 1/3 L$

CRESTA APPUNTITA  
 $I < 1/3 L$



$V_s \geq 800$  m/s

|                           | $L > 350$                    | $250 < L < 350$              | $150 < L < 250$              | $L < 150$                    |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>Creste Appuntite</b>   | $Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$ | $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$ | $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$ | $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$ |
| <b>Creste Arrotondate</b> | $Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$ |                              |                              |                              |



EFFETTI LITOLOGICI - SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

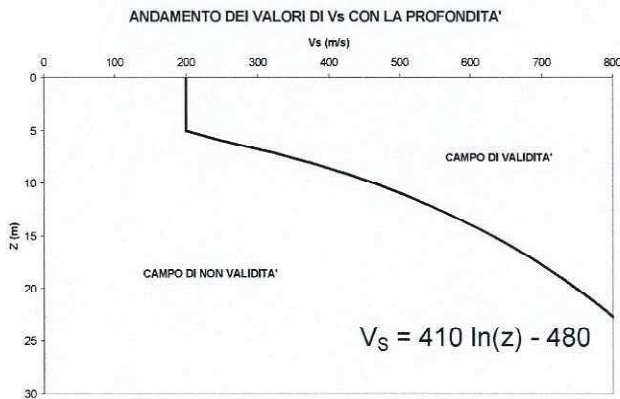
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

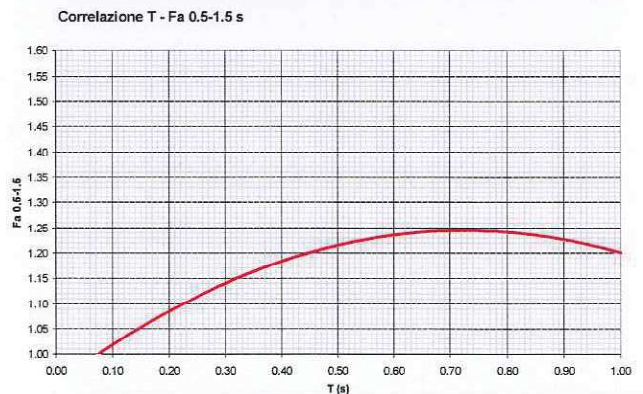
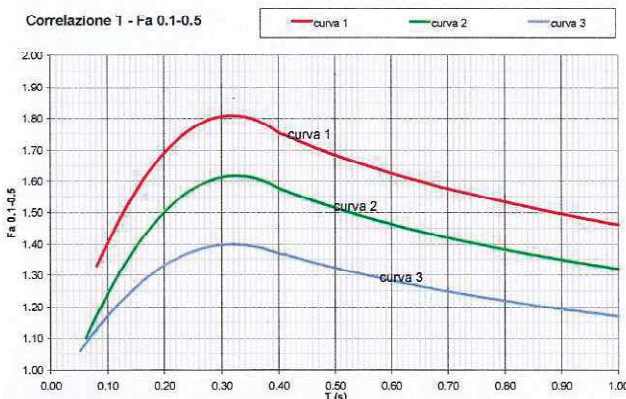
Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Frazione ghiaiosa superiore al 35%
- Frequenti clasti con  $D_{max} > 20$  cm
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
- Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
- Presenza di eventuali trovanti con  $D > 50$  cm
- Presenza di eventuali orizzonti localmente cementati



| Velocità primo strato (m/s) | Profondità primo strato (m) |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
|-----------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|--|--|--|--|
|                             | 1                           | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |  |  |  |  |
| 200                         |                             |   |   | 1 | 1 |   |   |   |   |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| 250                         |                             |   |   | 2 | 2 | 2 |   |   |   |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| 300                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 |   |   |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| 350                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |   |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| 400                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| 450                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  |    |    |    |    |  |  |  |  |
| 500                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  |    |    |    |  |  |  |  |
| 600                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  |    |    |  |  |  |  |
| 700                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 3  |    |  |  |  |  |



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

| Curva | Tratto polinomiale                     | Tratto logaritmico              |
|-------|--|---------------------------------|
| 1     | $0.08 < T \leq 0.40$                   | $0.40 < T \leq 1.00$            |
|       | $Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$ |
| 2     | $0.06 < T \leq 0.40$                   | $0.40 < T \leq 1.00$            |
|       | $Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28LnT$ |
| 3     | $0.05 < T \leq 0.40$                   | $0.40 < T \leq 1.00$            |
|       | $Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$ |



EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 1

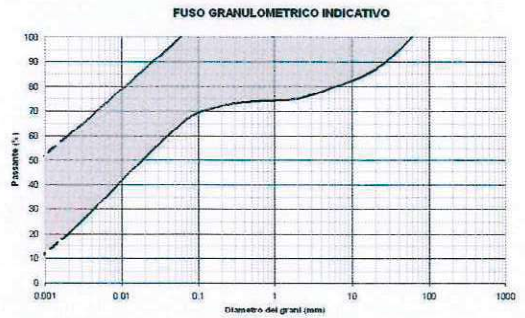
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

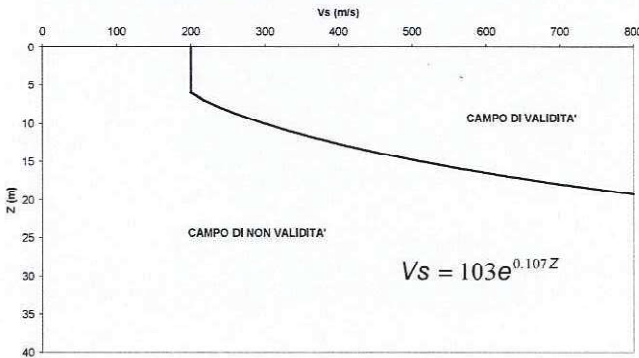
Da limi ghiaioso – argillosi debolmente sabbiosi ad argille con limi passando per limi argillosi, limi con sabbie argillose, limi e sabbie con argille, argille ghiaiose, argille ghiaiose debolmente limose ed argille con sabbie debolmente limose

NOTE:

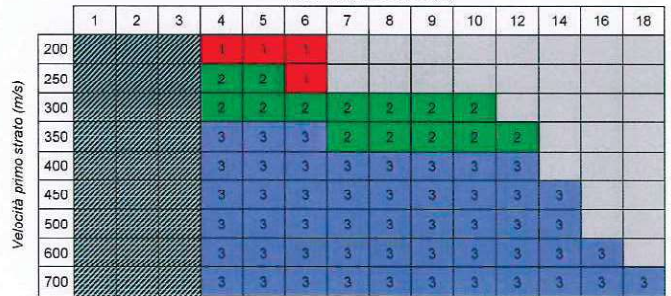
- Comportamento coesivo
- Struttura matrice-sostenuta
- Frazione limosa superiore al 40%
- Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 25%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 35%
- Frazione argillosa compresa tra 20% e 60%
- Presenza di eventuali sottili orizzonti ghiaioso fini e sabbioso medio-grossolani



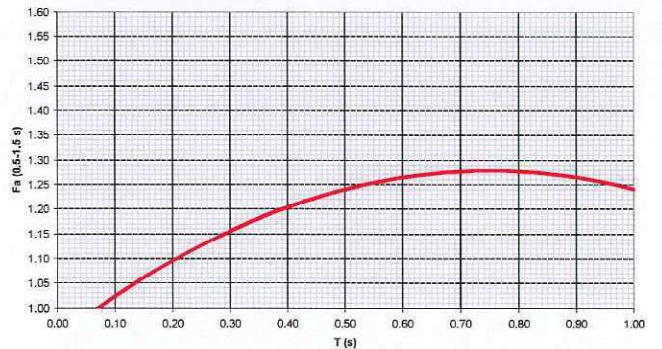
ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



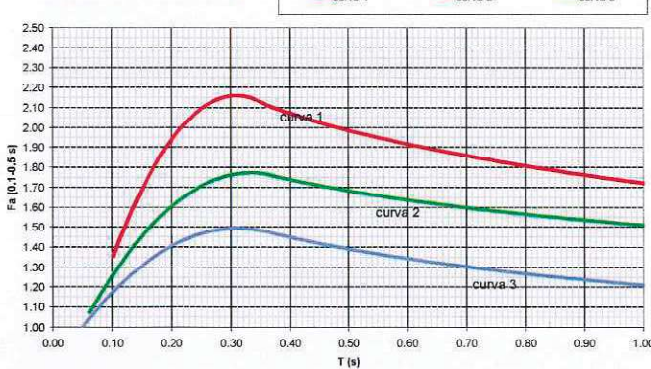
Profondità primo strato (m)



Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.6T^2 + 0.9T + 0.94$$

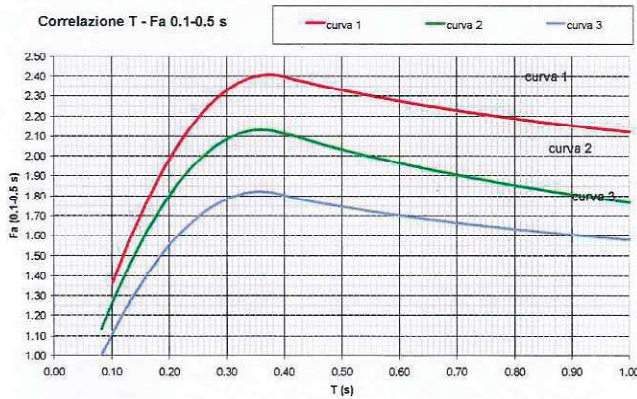
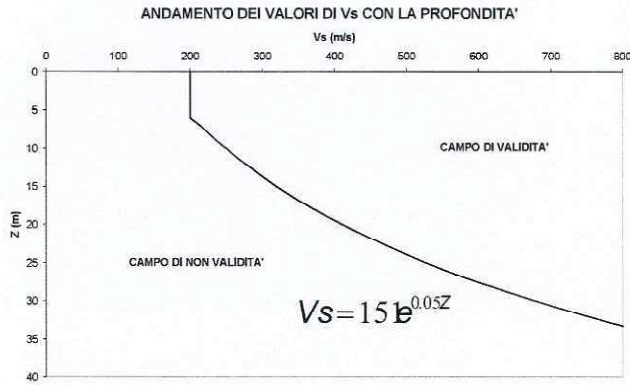
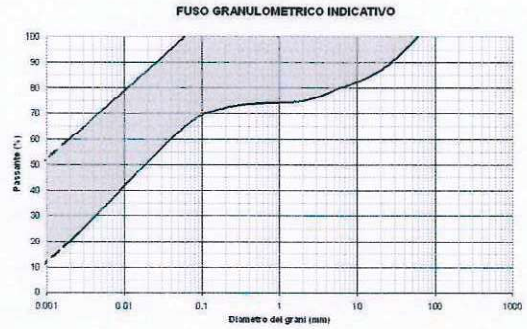
| Curva | Tratto polinomiale                       | Tratto logaritmico              |
|-------|--|---------------------------------|
| 1     | $0.08 < T \leq 0.35$                     | $0.35 < T \leq 1.00$            |
|       | $Fa_{0.1-0.5} = -18.7T^2 + 11.5T + 0.39$ | $Fa_{0.1-0.5} = 1.72 - 0.38LnT$ |
| 2     | $0.06 < T \leq 0.35$                     | $0.35 < T \leq 1.00$            |
|       | $Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$   | $Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$ |
| 3     | $0.05 < T \leq 0.35$                     | $0.35 < T \leq 1.00$            |
|       | $Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$   | $Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$ |

**EFFETTI LITOLOGICI - SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO - ARGILLOSA TIPO 2**

**PARAMETRI INDICATIVI**

**GRANULOMETRIA e NOTE:** come per la litologia limoso - argillosa TIPO 1, a cui in aggiunta è possibile associare i seguenti range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per argille con limi ghiaiosi debolmente sabbiosi:

| PARAMETRO                                 |                                 | INTERVALLO  |
|---|---------------------------------|-------------|
| Peso di volume naturale                   | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]   | 19.5-20.0   |
| Peso specifico particelle solide          | $\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ] | 25.7-26.7   |
| Contenuto d'acqua naturale                | w [%]                           | 20-25       |
| Limite di liquidità                       | w <sub>L</sub> [%]              | 30-50       |
| Limite di plasticità                      | w <sub>P</sub> [%]              | 15-20       |
| Indice di plasticità                      | I <sub>P</sub> [%]              | 15-30       |
| Indice dei vuoti                          | e                               | 0.5-0.7     |
| Grado di saturazione                      | S <sub>r</sub> [%]              | 90-100      |
| Coefficiente di spinta a riposo           | K <sub>0</sub>                  | 0.5-0.6     |
| Indice di compressione                    | C <sub>c</sub>                  | 0.15-0.30   |
| Indice di rigonfiamento                   | C <sub>s</sub>                  | 0.02-0.06   |
| Coefficiente di consolidazione secondaria | C <sub>a</sub>                  | 0.001-0.005 |
| Grado di consolidazione                   | OCR                             | 1-3         |
| Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)   | N <sub>spt</sub>                | 15-30       |



$$Fa_{0.5-1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$$

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

EFFETTI LITOLGICI - SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA TIPO 1

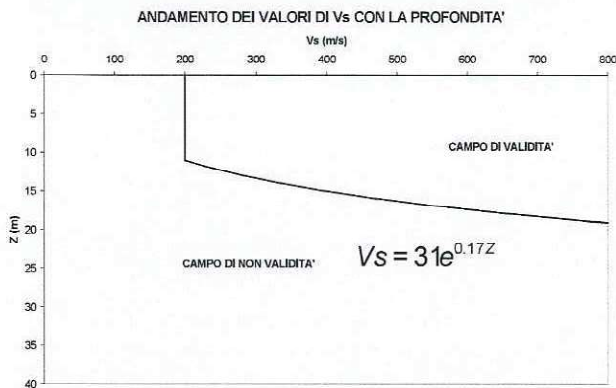
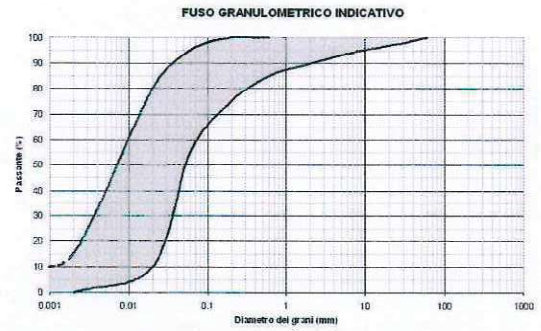
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

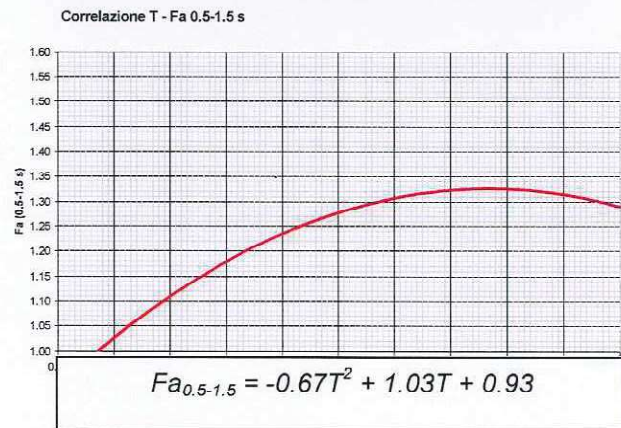
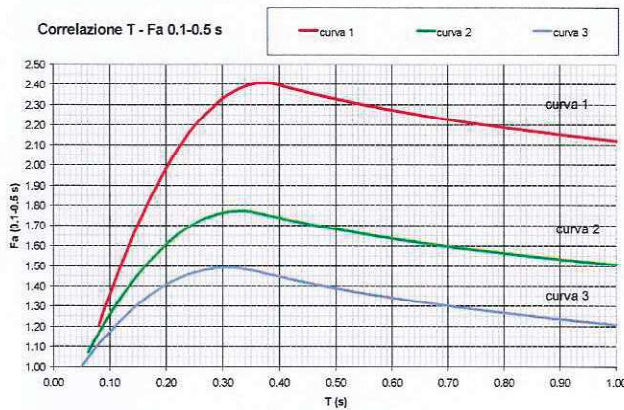
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

- Comportamento coesivo
  - Frazione limosa ad un massimo del 95%
  - Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm
  - Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
  - Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
  - Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
- A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



| Profondità primo strato (m) | Profondità primo strato (m) |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                             | 1                           | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 200                         |                             |   |   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |
| 250                         |                             |   |   | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2  | 2  | 2  |    |    |    |    |    |    |
| 300                         |                             |   |   | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2  | 2  | 2  | 2  |    |    |    |    |    |
| 350                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  |    |    |    |
| 400                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| 450                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| 500                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| 600                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| 700                         |                             |   |   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |



| Curva | Tratto polinomiale                       | Tratto logaritmico              |
|-------|--|---------------------------------|
| 1     | $0.08 < T \leq 0.40$                     | $0.40 < T \leq 1.00$            |
|       | $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$ | $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$ |
| 2     | $0.06 < T \leq 0.35$                     | $0.35 < T \leq 1.00$            |
|       | $Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$   | $Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$ |
| 3     | $0.05 < T \leq 0.35$                     | $0.35 < T \leq 1.00$            |
|       | $Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$   | $Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$ |

EFFETTI LITOLOGICI - SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA TIPO 2

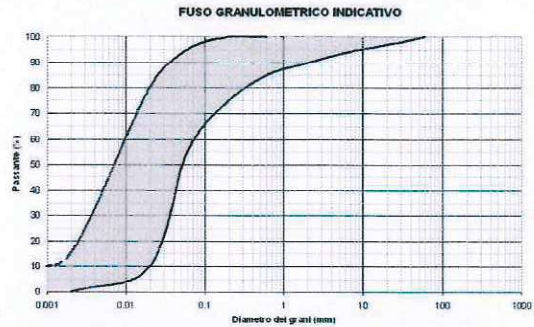
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

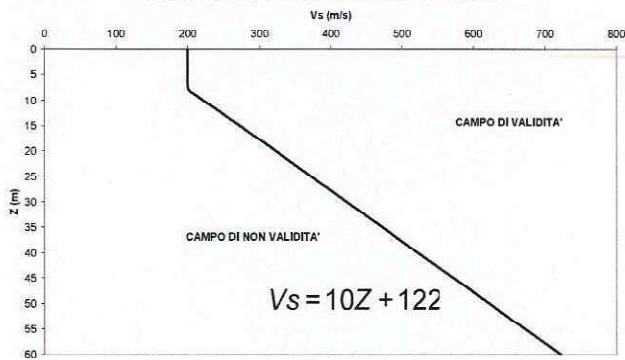
NOTE:

- Comportamento coesivo
- Frazione limosa ad un massimo del 95%
- Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
- Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
- A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

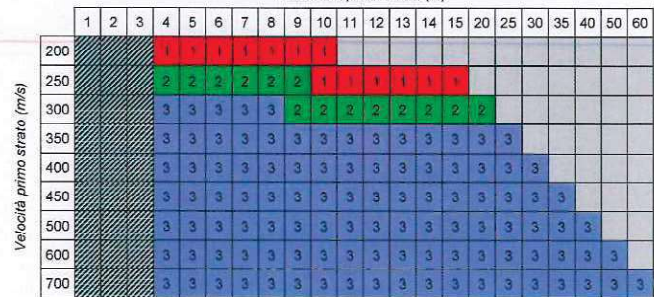


| PARAMETRO                                 | INTERVALLO                                |
|---|---|
| Peso di volume naturale                   | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) 18.5-19.5   |
| Peso specifico particelle solide          | $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) 25.0-27.9 |
| Contenuto d'acqua naturale                | w (%) 25-30                               |
| Limite di liquidità                       | w <sub>L</sub> (%) 25-35                  |
| Limite di plasticità                      | w <sub>p</sub> (%) 15-20                  |
| Indice di plasticità                      | I <sub>p</sub> (%) 5-15                   |
| Indice dei vuoti                          | e 0.6-0.9                                 |
| Grado di saturazione                      | S <sub>r</sub> (%) 90-100                 |
| Coefficiente di spinta a riposo           | K <sub>0</sub> 0.4-0.5                    |
| Indice di compressione                    | C <sub>c</sub> 0.10-0.30                  |
| Indice di rigonfiamento                   | C <sub>s</sub> 0.03-0.05                  |
| Coefficiente di consolidazione secondaria | C <sub>α</sub> 0.002-0.006                |
| Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)   | N <sub>spt</sub> 0-20                     |

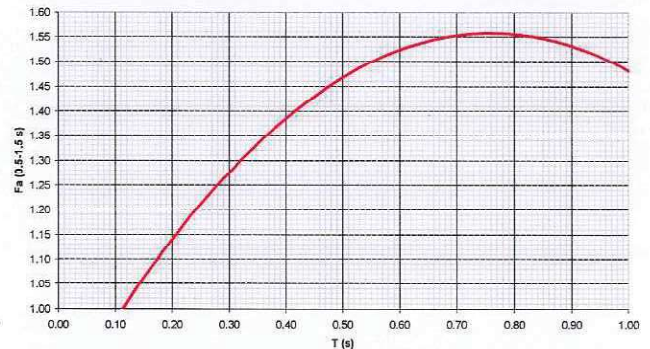
ANDAMENTO DEI VALORI DI V<sub>s</sub> CON LA PROFONDITA'



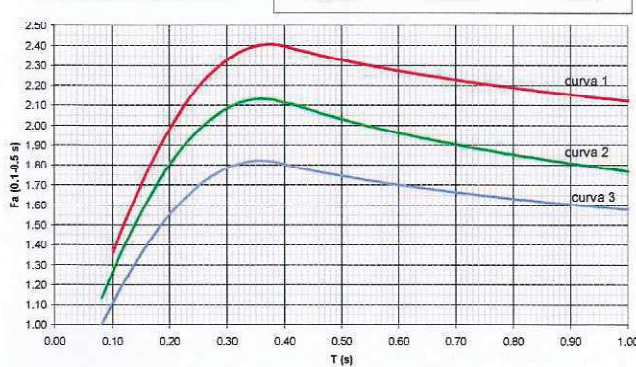
Profondità primo strato (m)



Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



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

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

EFFETTI LITOLGICI - SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

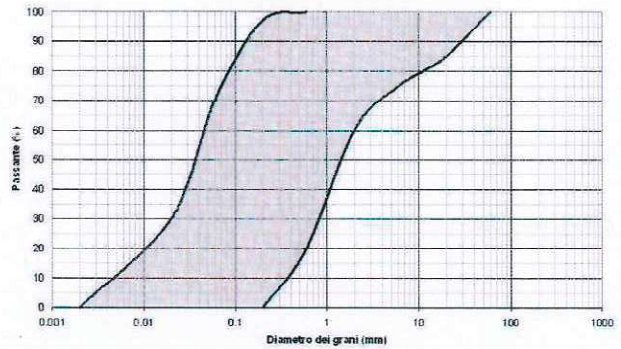
GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

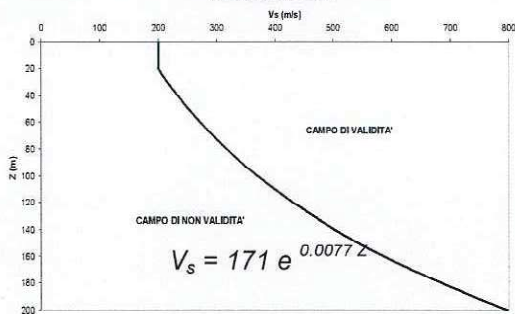
NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Clasti con  $D_{max} > 20$  cm inferiori al 15%
- Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
- Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE Vs CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



$$V_s = 171 e^{0.0077 Z}$$

| Profondità primo strato (m) | Profondità primo strato (m) |   |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|-----------------------------|---|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                             | 1-3                         | 4 | 5-12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 90 | 110 | 130 | 140 | 160 | 180 |
| 200                         | 2                           | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 250                         | 2                           | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 300                         | 2                           | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 350                         | 2                           | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 400                         | 3                           | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 450                         | 3                           | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 500                         | 3                           | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 600                         | 3                           | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 700                         | 3                           | 3 | 3    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |

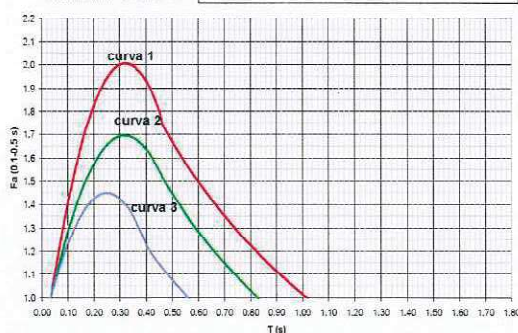
ove la sigla NA indica  $Fa = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

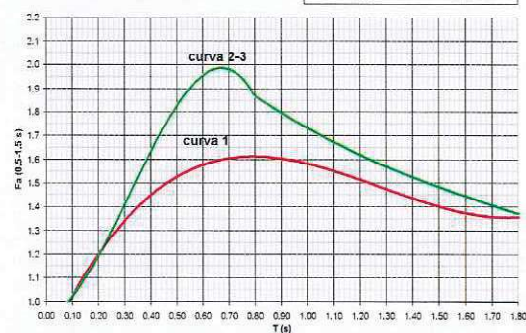
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $V_s$  minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Correlazione T - Fa (0.5-1.5 s)



| Curva | Tratto polinomiale   | Tratto logaritmico   | Tratto rettilineo                   |
|-------|--|--|-------------------------------------|
| 1     | $0.03 \leq T \leq 0.50$<br>$Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$ | $0.50 < T \leq 1.00$<br>$Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$ | $T > 1.00$<br>$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$ |
| 2     | $0.03 \leq T \leq 0.45$<br>$Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$  | $0.45 < T \leq 0.80$<br>$Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$ | $T > 0.80$<br>$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$ |
| 3     | $0.03 \leq T \leq 0.40$<br>$Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$  | $0.50 < T \leq 0.55$<br>$Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$ | $T > 0.55$<br>$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$ |

| Curva |   |
|-------|---|
| 1     | $0.08 \leq T \leq 1.80$<br>$Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.36 T + 0.81$                                     |
| 2     | $0.08 \leq T < 0.80$  |
| 3     | $0.80 \leq T \leq 1.80$<br>$Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$ |