



studio associato

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

REL. LC-01 29/11/2007

Comune di Bottanuco

P.zza San Vittore, 1 - Bottanuco (Bg)



**AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL P.G.T.
ai sensi della D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005**



Bergamo, novembre 2007

Massimo Elitropi Renato Caldarelli



SOMMARIO:

1	PREMESSA	4
2	ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (TAV. 1)	5
	2.1 Introduzione	5
	2.2 Zonazione della pericolosità sismica locale	6
	2.2.1 Primo livello	6
	2.2.2 Secondo livello.....	7
	2.2.2.1 <i>Procedura</i>	7
	2.2.2.2 <i>Applicazione del secondo livello</i>	9
	2.3 La metodologia MASW	9
	Teoria.....	9
	Procedura in sito	11
	Interpretazione delle misure.....	12
	Zona gt1.....	13
	Zona gt2.....	14
3	CARTA DEI VINCOLI (TAV. 2)	17
	3.1 FASCE PAI	18
4	CARTA DI SINTESI (TAV. 3)	22
	4.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti:	22
	4.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico:.....	23
	4.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.....	23
	4.4 Aree che presentano caratteristiche geotecniche scadenti:	24
5	CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (TAV. 4)	25
	5.1 Classi di fattibilità geologica.....	25
	5.2. Motivazioni dell'attribuzione delle classi di fattibilità.....	27
	5.2.1 Classe 1	28
	5.2.2 Classe 2	28
	5.2.3 Classe 3	28
	5.2.4 Classe 4	30
	5.3 Normativa sismica.....	31

ALLEGATI

1. Prove MASW;
2. Schede regionali per la valutazione del Fattore di Amplificazione;
3. D.G.R. 10 APRILE 2003 7/12693; D.L. 152/1999 ART. 21, Comma 6.



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);
- 4a. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO (scala 1:10.000);
- 4b. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO (scala 1:5.000).



1 PREMESSA

Con l'entrata in vigore della "Legge per il governo del territorio" (L.R. 12/05 dell'11 marzo 2005) la Regione Lombardia ha modificato l'approccio culturale alla materia urbanistica, sostituendo il principio della pianificazione con quello del governo del territorio. Il successivo D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 ha definito i criteri e gli indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della Legge Regionale.

L'elemento tecnico di maggiore novità introdotto è rappresentato dall'elaborato della carta della pericolosità sismica con la quale vengono individuate quelle parti del territorio comunale che, per litologia e/o conformazione geomorfologica del paesaggio, presentano maggiore sensibilità ad un potenziale evento sismico.

La zonazione sismica è stata aggiunta alla carta della fattibilità geologica senza modifiche sostanziali alle perimetrazioni contenute nelle "*Integrazioni allo studio geologico ai sensi della L.R. 41/1997 e D.G.R. 29 ottobre 2001 n. 7/6645*" redatte nel mese di novembre del 2005, con le quali sono stati distinti gli elementi di pericolosità naturale presenti sul territorio di Bottanuco.

A tale studio e all' "*Indagine Geologica Preliminare alla Pianificazione Territoriale*" elaborata a supporto delle Variante al Piano regolatore Generale di Bottanuco nel settembre 1995 e giugno 2000, si rimanda per la consultazione della documentazione di analisi propedeutica agli elaborati di seguito descritti.



2 ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO E CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (TAV. 1)

2.1 Introduzione

Nell'analisi della sismicità locale del territorio di Bottanuco è stata utilizzata la procedura contenuta nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/1566 e successive integrazioni.

L'analisi sismica è articolata in tre livelli successivi di approfondimento che sono implementati in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune, come definita dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, agli scenari di pericolosità sismica locale ed alla tipologia delle costruzioni in progetto.

Le zone sismiche sono quattro e sono così definite:

TAB. 1: ZONE SISMICHE

Zona	Valori di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

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

Il territorio comunale di Bottanuco ricade nella zona sismica 4 (bassa sismicità).

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 fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
4	Obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti.



Il primo livello di approfondimento comporta il riconoscimento delle aree dove è possibile un'amplificazione dell'effetto sismico sulla base delle caratteristiche litologiche, geotecniche e morfologiche ricavabili dalle carte di inquadramento tematico e confrontate con gli scenari previsti dalle direttive tecniche (Tab. 2).

A ciascuna area così individuata è attribuita una classe di pericolosità sismica ed il relativo livello successivo di approfondimento. Le campiture che definiscono lo scenario di pericolosità sismica sono rappresentate nell'omonima tavola (TAV. 1).

L'applicazione del secondo livello di approfondimento, dove necessario, consente di verificare se i valori di spettro elastico previsti dal D.M. 14 settembre 2005 sono adeguati alle tipologie di opere in progetto oppure se è necessario implementare il terzo livello di analisi per la definizione di nuovi spettri.

TAB. 3: SENARI DI PERICOLOSITÀ, EFFETTI E CLASSI DI PERICOLOSITÀ ASSOCIATE

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>	<i>CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti		H2 - livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana		
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni	H2 - livello di approfondimento 3°
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	H2 - livello di approfondimento 2° (3°)
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	H2 - livello di approfondimento 2°
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	H2 - livello di approfondimento 3°

2.2 Zonazione della pericolosità sismica locale

2.2.1 Primo livello

La modesta complessità geologica del territorio di Bottanuco consente di suddividerlo in due classi di pericolosità sismica locale.



E' stata attribuita la classe **Z4/Z2** alle unità comprese nella valle attuale del Fiume Adda caratterizzate da una bassa soggiacenza del livello di falda. Tali aree si estendono da nord a sud nella fascia occidentale del territorio comunale, esternamente al centro abitato e individuano quelle zone il cui sottosuolo è formato da terreni granulari con matrice fine e falda superficiale, all'interno dei quali sono possibili fenomeni di liquefazione.

La maggior parte del territorio comunale: il Livello Fondamentale della Pianura ed il Pianalto ferrettizzato, ricadono in classe **Z4**.

Ad entrambe le classi di sismicità è associata una pericolosità **H2** che significa differenti livelli di approfondimento.

2.2.2 Secondo livello

La procedura di secondo livello consiste nella valutazione semiquantitativa della risposta sismica dei terreni in termine di Fattore di amplificazione (Fa) e nel loro confronto con i valori soglia del territorio comunale forniti dalla Regione Lombardia (Tab. 4).

TAB. 4: VALORI DI SOGLIA DEL COMUNE DI BOTTANUCO

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

L'individuazione dei fattori di amplificazione è stata ottenuta rispettando le indicazioni contenute nell'allegato 5 della D.G.R. 8/1566 e successive integrazioni.

La procedura presume la conoscenza della litologia dei materiali presenti nel sito, della stratigrafia del sito e dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs nel primo sottosuolo. Questi dati e l'utilizzo di schede litologiche approntate dalla Regione Lombardia (Allegato 2) consentono la stima dei valori di Fa che devono essere confrontati con i valori soglia forniti dalla Regione Lombardia.

2.2.2.1 *Procedura*

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



Attualmente sono disponibili 5 schede per 5 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.

Gli approfondimenti contenuti nelle integrazioni all'Allegato 5 del febbraio 2006 (F. Pergalani, M. Compagnoni e V. Petrini) prevedono che nel caso in cui l'andamento delle Vs con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda litologica corrispondente, sia 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 scegliendo la situazione più cautelativa.

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

Il periodo proprio del sito (T) è 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 abbiano investigato una profondità tale da raggiungere strati con $V_s = 800$ m/s tale limite è stato interpolato manualmente.

Il valore del fattore di amplificazione ottenuto, con una approssimazione di $\pm 0,1$ è stato confrontato con i valori soglia forniti dalla Regione Lombardia.



2.2.2.2 Applicazione del secondo livello

Nell'applicazione del secondo livello di approfondimento è stata mantenuta la zonazione contenuta nella Carta di Sintesi allegata alle "Integrazioni allo studio geologico ai sensi della L.R. 41/1997 e D.G.R. 29 ottobre 2001 n. 7/6645" che individua due tipologie principali di sottosuolo: gt1 e gt2.

gt1: area prevalentemente limoso-argillosa, con scarsa capacità portante. Comprende i depositi alterati del Pianalto ferrettizzato.

gt2: area prevalentemente ghiaioso-sabbiosa con possibili disomogeneità tessiturali verticali e laterali e discreta-buona capacità portante. Comprende le unità fisiografiche rappresentate dalla valle attuale del Fiume Adda e dal Livello Fondamentale della Pianura.

Lo sviluppo della velocità delle onde S con la profondità è stato ottenuto mediante l'esecuzione di prospezioni geofisiche di tipo MASW.

2.3 La metodologia MASW

Teoria

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde



superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

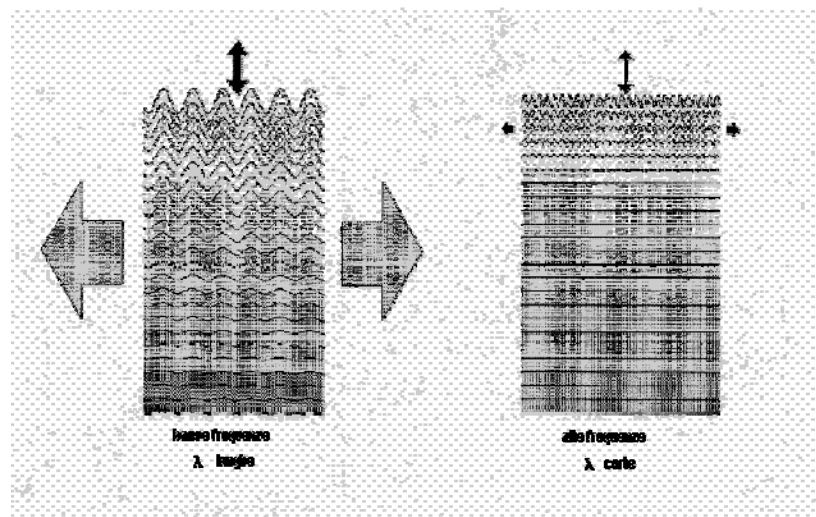


Fig. 1: Proprietà di dispersione delle onde superficiali

La figura 1 mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire



informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde sono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

Procedura in sito

Ciascuna base sismica è stata ottenuta con la stesa di un cavo sismico lungo 48 metri compresi 24 geofoni e una spaziatura dei punti di ricezione pari a 2 metri. In alcuni casi sono stati impostati due punti di energizzazione (shots) il primo a 5 metri dal primo geofono ed il secondo a 10 metri.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati a rifrazione è consistita in un sismografo ECHO 24/2002 e 24 geofoni a frequenza naturale di 4,5 Hz. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia) è stata ottenuta impiegando una mazza ed una piastra appoggiata al terreno.

Il rilievo altimetrico dei punti-geofono e dei punti di energizzazione non si è reso necessario in quanto il piano topografico è risultato pianeggiante.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo;
2. estrazione della curva di dispersione;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1-D) che descrive la variazione di V_s con la profondità.



Interpretazione delle misure

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e sono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali. Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, sono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni). Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio



della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione.

Le prospezioni sismiche sono state interpretate mediante il software SWAN (GeoStudi Aster SRL, 2007). L'utilizzo di questo software consente di preprocessare i dati grezzi acquisiti epurandoli da eventuali disturbi. Successivamente, partendo dal sismogramma medio di sito, sono calcolati gli spettri FK (Frequenza-Numero d'onda) ed FV (Frequenza-Velocità).

La distribuzione dei picchi evidenziati dagli spettri viene ulteriormente analizzata per ricavare la curva di dispersione sperimentale che viene confrontata con quella teorica. Una volta trovata un'interpolazione tra le due curve il programma esegue l'inversione per ricostruire il profilo delle Vs con la profondità. Il profilo così ottenuto può essere ulteriormente modificato per aumentare il grado di interpolazione tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica.

Zona gt1

Per caratterizzare questa porzione del territorio sono state utilizzate due prospezioni geofisiche eseguite ad hoc e individuate in carta dai numeri 2 e 3.

In ciascun sito sono stati ricavati due profili sismici energizzando il terreno a 5 e 10 metri dall'origine dell'allineamento geofonico. Nel confronto con i valori soglia previsti dalla normativa sismica sono stati utilizzati i valori del fattore di amplificazione più cautelativi.

TAB. 5: VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE NELLA ZONA GT1

	periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	periodo compreso tra 0,5 – 1,5
Sito 2	1,38 ± 0,1	1,04 ± 0,1
Sito 3	1,22 ± 0,1	1,04 ± 0,1
Media Zona A	1,30 ± 0,1	1,04 ± 0,1

- ✚ per il periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s i valori soglia non sono mai verificati:
Fa > valori soglia;
- ✚ per il periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s i valori soglia sono verificati per i suoli di tipo B, C, E e D mentre non sono verificati per i suoli di tipo A (va



sottolineato che i suoli che corrispondono alla stratigrafia tipica del territorio di Bottanuco appartengono alle classi B-C-E).

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

	suolo tipo A	suolo tipo B-C-E	suolo tipo D	Fa Zona A
periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	0,7	0,9	1,0	1,30 ± 0,1
periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s	1,0	1,5	2,4	1,04 ± 0,1

Zona gt2

Sono state realizzate due prove MASW nei siti individuati dai numeri 1 e 4.

Nel confronto con i valori soglia previsti dalla normativa sismica sono stati utilizzati i valori del fattore di amplificazione più cautelativi.

TAB. 7: VALORI DEI FATTORE DI AMPLIFICAZIONE NELLA ZONA GT2

	periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s
Sito 1	1,44 ± 0,1	1,02 ± 0,1
Sito 4	1,17 ± 0,1	1,10 ± 0,1
Media Zona B	1,305 ± 0,1	1,06 ± 0,1

- ✚ per il periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s i valori soglia sono verificati per suoli di tipo A (**Fa < valori soglia**), che tuttavia non corrisponde alla stratigrafia tipica del territorio di Bottanuco, mentre per suoli di tipo B, C, D e E i valori di soglia non sono verificati (**Fa > valori soglia**);
- ✚ per il periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s i valori soglia sono sempre verificati per tutte le tipologie di suoli: A, B, C, E e D (va sottolineato che i suoli che corrispondono alla stratigrafia tipica del territorio di Bottanuco fanno parte della categoria di tipo B-C-E).

TAB. 8: CONFRONTO TRA VALORI CALCOLATI E I VALORI SOGLIA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	suolo tipo A	suolo tipo B-C-E	suolo tipo D	Fa Zona B
Periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	1,4	1,9	2,0	1,82 ± 0,1
Periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s	2,0	3,1	5,1	1,33 ± 0,1



Considerazioni finali

Le prove MASW hanno fornito valori del fattore di amplificazione simili tra loro. Ciò che discrimina lo scenario sismico atteso è la presenza della bassa soggiacenza del livello di falda in prossimità nelle aree contigue all'alveo del Fiume Adda in quanto la presenza dell'acqua può innescare fenomeni di liquefazione.

I valori del fattore di amplificazione calcolati hanno permesso di valutare la validità della procedura e verificare in quale caso lo spettro proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a stimare l'amplificazione reale.

Allo scenario sismico rappresentato dalla classe **Z4/Z2** nella carta delle pericolosità sismica locale, dovrà essere applicato il terzo livello di approfondimento per analizzare il pericolo di liquefazione nel caso di progetti di edifici sensibili e/o rilevanti che prevedano affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) e fenomeni di amplificazione geometrica e litologica nel caso di progetti con strutture rientranti nel periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5 s, o, in alternativa, si dovranno impiegare i parametri previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore: nella fattispecie quelli validi per la zona sismica 3.

Allo scenario sismico **Z4** dovrà essere applicato il secondo livello di approfondimento sismico per analizzare i fenomeni di amplificazione geometrica e litologica nel caso di progetti di edifici sensibili e/o rilevanti che prevedano affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) e nel caso di progetti con strutture rientranti nel periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5 s il livello di approfondimento dovrà essere esteso al terzo. Anche in tal caso possono essere utilizzati per la progettazione i parametri previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore ovvero quelli validi per la zona sismica 3.

In entrambi gli scenari 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. Le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/1566 sono indicate a titolo esemplificativo il metodo di Nakmyre (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 utilizzabile è a discrezione del professionista che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare gli svantaggi dei differenti approcci.



3 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. Rispetto alla relazione del dicembre 2005 (Variante al piano regolatore generale - integrazioni allo studio geologico ai sensi della L.R. 41/1997 e D.G.R. 29 ottobre 2001 n. 7/6645) la carta dei vincoli è stata integrata, aggiornando la componente inerente i 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. In particolare all'interno del territorio di Bottanuco è stata istituita, oltre alle due fasce PAI (A e B) già riportate nella precedente cartografia e successivamente riprese, anche la terza fascia (C) esterna alle due precedenti.

La carta aggiorna quanto già riportato nella cartografia precedente. Troviamo:

- 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 catastofica* (Fascia C) esterna alle precedenti, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena catastofica (piena con periodo di ritorno cinquecentennale).



Relativamente al territorio di Bottanuco la perimetrazione rappresentata nella cartografia allegata al PAI è stata fatta coincidere con alcuni elementi fisici rilevabili alla scala di maggior dettaglio del rilievo aerofotogrammetrico comunale, ai sensi dell'art. 27 comma 3 delle Norme di Attuazione PAI. Le variazioni hanno riguardato il limite esterno tra le fasce B e C (Fig. 2).

Laddove la Fascia A e la Fascia B coincidono si applicano le norme di Fascia A; in tali casi è indicato il graficismo corrispondente al limite di Fascia B (art. 4.3, comma b della Direttiva per l'Applicazione del PAI in campo urbanistico).

- Vincoli di polizia idraulica sul reticolo idrografico principale e minore (individuati in base alla L. 1/2000 e successive modificazioni) ai sensi del R.D. n. 523/1904 art. 96 "Testo unico delle leggi sulle opere idrauliche" e successive disposizioni regionali in materia, come meglio specificato nello studio del reticolo idrico minore;
- Ambiti Territoriali Estrattivi attivi, sia vigenti, da Piano Cave 1990 e successive revisioni, confermate, che, in ampliamento, da Piano Cave 2003-2012, come individuate dall'Amm.ne Provinciale di Bergamo: ATEg29, ex BP5g;
- Inoltre una parte del territorio di Bottanuco ricade all'interno del Parco Regionale dell'Adda Nord all'interno della quale devono essere rispettate le norme di cui al Piano Territoriale di Coordinamento del Parco dell'Adda Nord, approvate con D.G.R. n. VII/2869 del 22 dicembre 2000.

3.1 FASCE PAI

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 m³ 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;
- j. 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;
- k. 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):

- d. 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;
- e. 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;

- f. la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- g. 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;
- h. 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 una 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 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.

4.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti:

- sl1:** area a elevata acclività, fortemente instabile. Forma la scarpata in sponda idrografica sinistra alla valle attuale del Fiume Adda e la forra in cui scorre il tratto iniziale dello sfioratore di troppo pieno della rete fognaria, a sud della località Cerro.
- sl2:** area moderatamente acclive a pericolosità potenziale; è localizzata sul Livello Fondamentale della Pianura in prossimità della scarpata che perimetra la valle attuale del Fiume Adda; la copertura superficiale presenta forme di degradazione (linee di trazione) parallele al bordo della scarpata.
- cr1:** area soggetta a crolli e distacchi di massi. Distacchi si verificano lungo la scarpata che corre parallela al Fiume Adda dove gli estesi affioramenti di depositi grossolani ghiaioso sabbiosi sciolti, a causa del deflusso superficiale delle acque e della circolazione idrica sotterranea, possono rilasciare i blocchi immersi nella matrice ghiaiosa.
- cr2:** area soggette a prevalente transito e accumulo di massi. Costituisce quella zona al piede della scarpata dove si verifica il transito e l'arresto dei blocchi rilasciati dalla parete.
- er:** area in erosione accelerata. Sono le aree perimetrali alle scarpate che formano la valle attuale del Fiume Adda, della Roggia Vallone, del Rio Zender e dello sfioratore della rete fognaria a sud di Cerro. A causa dell'elevata acclività dei versanti e della presenza di materiali grossolani incoerenti, il ruscellamento superficiale determina il progressivo arretramento del ciglio.



4.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico:

- sg:** area a bassa soggiacenza della falda freatica (≤ 10 m). Comprende la fascia di fondo valle tra l'alveo del Fiume Adda e la scarpata che la separa dal Livello Fondamentale della Pianura.
- ed:** area con emergenze idriche diffuse. Le emergenze idriche sono localizzate in corrispondenza della scarpata che delimita la valle attuale del Fiume Adda nella parte nord occidentale del territorio comunale.
- vul1:** area a medio-alta vulnerabilità dell'acquifero freatico. Nella valle attuale del Fiume Adda la soggiacenza della falda freatica è di circa 10 metri dal piano campagna, i depositi sono prevalentemente grossolani e la permeabilità è elevata. Inoltre la vicinanza al Fiume determina attività di scambio tra le acque sotterranee e le acque superficiali che possono essere sia di alimentazione che drenaggio.
- vul2:** area a medio-bassa vulnerabilità dell'acquifero freatico. E' formata dai depositi del Pianalto ferrettizzato e del Livello Fondamentale della Pianura. L'elevata soggiacenza (compresa tra 40 m e 60 m da piano campagna) e la presenza di estese coltri superficiali, anche di considerevole spessore, di limi e argille poco permeabili, assicurano una buona protezione all'acquifero freatico.

Zone interessate dalla presenza di centri di pericolo. In tale ambito si riconoscono:

- ad:** discarica per rifiuti solidi urbani, oggi chiusa;
- id:** ambito di influenza dell'area di discarica. Costituisce una fascia di 20 metri di ampiezza che perimetra l'area di discarica vera e propria.

4.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

- in:** area di pertinenza fluviale e/o frequentemente inondabile. In essa vi è compreso l'alveo attivo e le fasce immediatamente circostanti il Fiume Adda, dove sono riconoscibili attività di deposizione di sedimenti sabbiosi e trasporto di detriti dalle correnti nonché le aree aventi forme relitte di percorso fluviale e parziale tessitura antropica con allagabilità e ristagno delle acque controllata



sia dalle forme fluviali relitte che da manufatti e deposizione di sedimenti sabbiosi e limosi.

trc: area con moderato rischio di inondazione. Area individuata con criterio geomorfologico con espansione e ristagno delle acque di esondazione con deposizione di sedimenti sabbiosi limosi.

4.4 Aree che presentano caratteristiche geotecniche scadenti:

gt1: area prevalentemente limoso-argillosa, con scarsa capacità portante. Comprende i depositi alterati del Pianalto ferrettizzato.

gt2: area prevalentemente ghiaioso-sabbiosa con possibili disomogeneità tessiturali verticali e laterali e discreta-buona capacità portante. Comprende le unità fisiografiche rappresentate dalla valle attuale del Fiume Adda e dal Livello Fondamentale della Pianura.



5 CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO (TAV. 4)

5.1 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.

La D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 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 dal D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni".

Classe 2 (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 gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

Classe 3 (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 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 es. 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. Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.*

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38).

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni".

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, 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 é strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre deve 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, con particolare riferimento alle classi 2 e 3, può essere, per maggiore chiarezza, suddivisa in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei.

5.2. Motivazioni dell'attribuzione delle classi di fattibilità

La suddivisione del territorio nelle diverse classi di fattibilità è accompagnata dai relativi articoli con le prescrizioni a cui attenersi per regolarne l'edificabilità.

L'attribuzione di alcune classi di fattibilità è da ascrivere alle indicazioni contenute nella D.G.R. 8/1566 per la redazione dello studio geologico ai sensi della L.R. 12 del 11 marzo 2005, secondo un rigido schema che prescrive la corrispondenza tra classi di fattibilità e le aree soggette ai vincoli nonché ai pericoli individuati nella carta di sintesi (Tab. 9).



TAB. 9: SCHEMA DI ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA NELLE AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO

PAI – fascia A all'esterno dei centri edificati	4
PAI – fascia B all'esterno dei centri edificati	3
PAI – fascia C	da attribuire in base alle problematiche riscontrate
Aree estrattive attive e stralciate	3

5.2.1 Classe 1

In questa classe ricadono le zone dove non sono state rilevate particolari limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso.

Nel caso di modifiche alle destinazioni d'uso deve essere direttamente applicato quanto prescritto dal D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni".

5.2.2 Classe 2

In questa classe ricadono le zone dove sono state rilevate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso.

L'impiego di queste aree è subordinato ad un approfondimento della conoscenza delle proprietà meccaniche e della capacità di drenaggio del sottosuolo (D.M. L.L.P.P. 11.03.1988 e D.M. 14 settembre 2005).

5.2.3 Classe 3

In questa classe ricadono le zone dove sono state rilevate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso.

In relazione alle condizioni di rischio e vulnerabilità rilevate sono state individuate le seguenti tre sottoclassi. A ciascuna di esse devono essere applicate, oltre alle prescrizioni di seguito indicate, le norme relative alle fasce B e C del PAI, qualora si ricada in tali ambiti.



- 3a

La sottoclasse 3a include un'ampia porzione del territorio comunale all'interno della valle attuale dell'Adda, compreso buona parte del polo estrattivo ATEg29, di pertinenza del fiume e/o frequentemente inondabile e con soggiacenza compresa tra 0 e 10 metri.

Qualsiasi cambiamento di destinazione d'uso è subordinato a supplementi di indagine geognostica che consentano di determinare in dettaglio le proprietà meccaniche del sottosuolo nonché la situazione idrogeologica locale (D.M. L.L.P.P. 11.03.1988 e D.M. 14 settembre 2005).

Inoltre allo scopo di proteggere le 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 riportate nel paragrafo 3.1 per i settori di questa sottoclasse ricadenti nelle perimetrazioni delle fasce B e C del PAI (Par. 3.1).

- 3b

La sottoclasse 3b individua una fascia di rispetto alla scarpata che raccorda il Livello Fondamentale della Pianura e la valle attuale del Fiume Adda.

L'impiego di queste aree è subordinato a supplementi di indagine geognostica che consentano di determinare in dettaglio spessore e caratteristiche geotecniche dei depositi di copertura, nonché la presenza di un'eventuale circolazione idrica sotterranea (D.M. L.L.P.P. 11.03.1988) al fine di procedere all'analisi di stabilità del complesso pendio-opera.

Si applicano altresì le prescrizioni previste per la classe 2.



- 3c

In questa sottoclasse è inserita una fascia di rispetto larga 20 metri rispetto al perimetro esterno della ex discarica di rifiuti solidi urbani di Madone, Filago e Bottanuco.

L'impiego di quest'area è subordinato alla realizzazione di studi specifici atti a individuare le interferenze sulle principali matrici ambientali del vicino corpo discarica (qualità acqua sotterranea, rete idrografica superficiale e aria).

Si applicano altresì le prescrizioni previste per la classe 2.

5.2.4 Classe 4

In classe 4 dovrà essere esclusa qualsiasi 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 ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo come definiti dall' art. 31 lettere a), b) e c) della 457/78.

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 apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio presente.

Oltre a quanto sopra, in classe 4 sono incluse le fasce ed i poligoni a cui si applicano prescrizioni specifiche connesse al tipo di vincolo e/o pericolo presente.

- 4a

La sottoclasse 4a comprende alla fascia immediatamente circostante il Fiume Adda. Tale area risulta coincidente con la Fascia A del PAI e per un tratto anche con la B (Par. 3.1).



- 4b

La sottoclasse 4b individua le zone a rischio idrogeologico caratterizzate da erosione accelerata, crolli e distacchi di massi. Ricadono in tali zone alcuni tratti facenti parte delle fasce A e B del PAI.

- 4c

Comprende il corpo discarica e le aree immediatamente limitrofe.

5.3 Normativa sismica

Il territorio di Bottanuco è suddiviso in due scenari di Pericolosità Sismica Locale. Lo scenario rappresentato dalle classi **Z4/Z2** si applica alla valle attuale del Fiume Adda, mentre alla restante parte di territorio comunale si applica la classe **Z4**.

Per entrambi gli scenari i valori limite del fattore di amplificazione (F.A.) suggeriti dalla normativa nazionale non sono risultati sufficientemente cautelativi per i progetti di strutture con periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5 s. In particolare per quanto riguarda lo scenario sismico **Z4/Z2** dovrà essere applicato il terzo livello di approfondimento sismico per analizzare problemi dovuti a liquefazione nel caso di progetti di edifici sensibili e/o rilevanti che prevedano affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) e fenomeni di amplificazione geometrica e litologica nel caso di progetti con strutture rientranti nel periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5 s, o, in alternativa, potranno essere utilizzati per la progettazione i parametri previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore: ovvero quelli validi per la zona sismica 3.

Nello scenario sismico **Z4** dovrà essere applicato il secondo livello di approfondimento sismico per analizzare fenomeni di amplificazione geometrica e litologica nel caso di progetti di edifici sensibili e/o rilevanti che prevedano affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) e nel caso di progetti con strutture rientranti nel periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5 s il livello di approfondimento dovrà essere esteso al terzo. Anche in tal caso potranno essere utilizzati per la progettazione i parametri previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore, la 3.



In entrambi gli scenari l'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale e può essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche. Le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/1566 sono indicate a titolo esemplificativo il metodo di Nakamyre (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 la sua applicazione sono a discrezione del professionista che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare gli svantaggi dei differenti approcci.