

INDICE

1.0 PREMESSA	4
2.0 BREVE CENNO AI CARATTERI TETTONICI, GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO DI GORLAGO	5
2.1 ELEMENTI TETTONICI E STRUTTURALI	5
2.2 ELEMENTI GEOLITOLOGICI	5
a) <i>Terreni lapidei</i>	5
b) <i>Terreni sciolti</i>	6
2.3 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI	6
2.4 IDROGEOLOGIA	7
3.0 LA CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	8
3.1 SISMICITÀ DELLA REGIONE LOMBARDIA	8
3.2 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	9
3.3 ANALISI DI 1° LIVELLO	10
a) <i>Scenario Z3 legato ad effetti di amplificazione morfologica</i>	10
b) <i>Scenario Z4 legato ad effetti di amplificazione litologica</i>	12
3.4 ANALISI DI 2° LIVELLO	12
1) <i>Sito Via Martina</i>	15
2) <i>Sito Via Carla Trovenzi</i>	16
3) <i>Sito Via Don Rudelli</i>	17
5) <i>Sito Via Don Bonetti</i>	19
4.0 RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA	21
4.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (P.A.I.)	21
4.2. PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE DELLA PROVINCIA DI BERGAMO (P.T.C.P)	23
5.0 LA CARTA DEI VINCOLI.....	24
6.0 LA CARTA DI SINTESI.....	25
6.1 AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI	25
6.2 AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO	25
6.3) AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	26
6.4) AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	26
7.0 LA CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO...27	
CLASSE 1°: FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI.....	27

CLASSE 2°: FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI	27
CLASSE 2A) - FASCIA COLLINARE.....	28
CLASSE 2B) - FASCIA DI PIANURA.....	28
CLASSE 3°: FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI.....	29
3A) AREE CARATTERIZZATE DA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA REALE O POTENZIALE	30
3B) AREE CARATTERIZZATE DA VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA.....	30
3C) AREE CARATTERIZZATE DA VULNERABILITÀ IDRAULICA	31
3D) AREE CON SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	32
CLASSE 4: FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI.....	32
8.0 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI.....	34
ALLEGATI.....	35
INDAGINE SISMICA MASW	35

1.0 PREMESSA

La presente relazione geologico-tecnica integra lo studio lo **studio geologico del territorio comunale di Gorlago** eseguito nell'Ottobre 2002 a supporto della redazione del nuovo strumento urbanistico ai sensi della L.R. 41/97 (Prevenzione del rischio geologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti), aggiornando lo stesso in adempimento a quanto previsto dalla Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12 e sue modifiche ed integrazioni e secondo i criteri aggiornati con DGR 28 maggio 2008, n. 8/7374 (*Criteria ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, primo comma, della legge regionale 12/2005*).1/97).

Il territorio di Gorlago è inserito dalla nuova normativa in **zona sismica 3**, individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale al suolo $a_g/g = 0,15$, ancorata allo spettro di risposta elastico, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Fatti salvi gli elaborati relativi alla **cartografia di analisi** predisposti nell' Ottobre 2002, conformi agli indirizzi emanati a seguito della L.R. 41/97, viene redatta la **Carta della Pericolosità sismica locale** ed aggiornati, in coerenza con i nuovi criteri, gli elaborati derivanti dalle *fasi di sintesi/valutazione/proposta* e cioè:

- ☞ la Carta dei Vincoli
- ☞ la Carta di Sintesi
- ☞ la Carta del dissesto con legenda uniformata PAI
- ☞ la Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano

Tutta la cartografia sopra citata, è estesa all'intero territorio comunale; la base cartografica di riferimento per i nuovi elaborati e per l'aggiornamento della cartografia relativa alle fasi di *sintesi/valutazione* e *proposta* è il nuovo rilievo aerofotogrammetrico del territorio comunale di Gorlago.

2.0 BREVE CENNO AI CARATTERI TETTONICI, GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO DI GORLAGO

2.1 *Elementi tettonici e strutturali*

Morfologicamente il territorio comunale di Gorlago si differenzia nettamente fra la fascia collinare e quella di pianura.

La fascia collinare del territorio costituisce un lembo di più recente formazione delle Prealpi Bergamasche, nell'ambito di quel complesso edificio geologico strutturalmente denominato Alpi Meridionali (Sudalpino), identificate con la porzione della catena alpina collocata a sud della Linea Insubrica, il cui decorso segue grosso modo il solco dell'attuale Valtellina.

L'insieme delle unità geologiche di età cretacea costituenti quest'area pedemontana si colloca nella zona definita da Gaetani & Jadoul (1979) "alloctono e parautoctono della Prealpi", tettonicamente caratterizzati da un sistema di pieghe e pieghe-faglie riconosciute anche nel sottosuolo padano.

In superficie questo complesso edificio geologico si articola in una serie di rilievi collinari, di altitudine progressivamente decrescente da nord a sud, strutturalmente caratterizzati da sovrascorrimenti e pieghe con assi disposti grosso modo in direzione E-W e costituiti per lo più da rocce sedimentarie di natura calcareo-marnosa e arenaceo-argilloso-marnosa.

Nello specifico l'allineamento collinare che va da Gorlago a Gandosso è costituito da una piega sinclinale coricata con vergenza a sud il cui nucleo di terreni calcarenitici occupa grosso modo la fascia di crinale.

2.2 *Elementi geolitologici*

In territorio di Gorlago affiorano terreni lapidei (substrato) e terreni sciolti, alluvionali e eluviali, e precisamente:

a) Terreni lapidei

Il Sass della Luna - SL è costituito da una successione di strati decimetrici e banchi metrici calcareo-marnosi affiorante con buona continuità nel dosso collinare di C.na Fumagalli, con giacitura con direzione prevalente est-ovest ed immersione a nord con inclinazione > di 50°

Il Complesso Flyscioide - Caotico - FLC affiora in una ristretta fascia ai piedi del versante fra questo ed il T. Malmena ed è costituito da diverse litologie, marnose, pelico-arenacee e calcaree, scarsamente riscontrabili in affioramento, caratterizzate

da giacitura concordante con la formazione precedente, localmente con strati subverticali

L' Arenaria di Sarnico - AS è costituita da arenarie grigio-azzurrine, in strati e banchi cui si associano alternanze pelitico-arenacee decimetriche. Affiora sporadicamente sul versante collinare con giacitura con immersione degli strati a nord ed inclinazione di 50-60°.

La Pietra di Credaro - PC, si sovrappone stratigraficamente all'Arenaria di Sarnico con l'interposizione di un banco conglomeratico (Piano di Sirone) lungo la fascia di crinale ed è costituita da calcareniti grigio-nocciola, a stratificazione da media a sottile, con intercalazioni di calcari marnosi bianco-giallastri; presenta un certo grado di fratturazione e tettonizzazione con strati a giacitura variabile, generalmente da mediamente inclinati a subverticali, con direzione est-ovest.

b) Terreni sciolti

Occupano la pianura e le fasce di contorno dei T. Cherio, Tadone e Malmera e, adottando la tradizionale classificazione dei depositi alluvionali fluvio-glaciali e fluviali, sono distinti in:

Depositi fluvio-glaciali del Diluvium Recente – FgW – Unità di Spinone : sono presenti nella porzione nord dell'abitato di Gorlago, a ovest della S.P. n. 89. Sono costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa, con intercalate lenti decimetriche di sabbia clastata. Alcune stratigrafie di pozzi indicano per gli stessi spessori variabili da 10,0 a 15 m, sovrapposti a conglomerati o argille.

Agli stessi sono stati associati anche i terreni detritici presenti nell'intorno di C.na Montecchi e quelli costituenti le ristrette fasce perifluviali poste lungo il T. Malmera, localmente interdigitati con piccole conoidi formate dai torrenti che scendono dalla collina. Questi ultimi sono costituiti da granulometrie più fini, in cui si alternano sabbie ghiaiose fluviali e sedimenti limo-sabbioso-argillosi.

Depositi fluviali antichi , recenti ed attuali – Unità Postglaciale: costituiscono la fascia di pianura incastrata all'interno delle incisioni fluviali scavate dai torrenti glaciali e sono delimitati da orli di terrazzi abbastanza netti. In territorio di Gorlago questi terreni sono presenti nella fascia compresa fra la S.P. 89 e l'alveo del F. Cherio, ed hanno prevalente composizione ghiaioso-sabbioso-ciottolosa, con alterazione superficiale molto ridotta. Localmente alcune fasce lungo il Cherio sono state ricoperte con materiali inerti di risulta per rialzarne la quota e proteggere i terreni ed i fabbricati su di essi costruiti dal rischio idraulico.

2.3 Elementi geomorfologici

I lineamenti geomorfologici essenziali del territorio di Gorlago per quanto riguarda l'ambito collinare si identificano nelle forme tipicamente a dorsale, costituite da digitazioni che separano vallecole; trattasi di rilievi complessivamente poco elevati sulla pianura (100-150 m), ampi alla base, i cui fianchi presentano condizioni di acclività crescenti dal basso verso l'alto, dove possono raggiungere e superare localmente i 30-35°. La stabilità geomorfologica appare nel complesso buona, con minimi e localizzati indizi di soliflusso.

L'elevato grado di erodibilità ed alterabilità delle rocce a prevalente composizione arenaceo-marnoso-argillosa, con conseguente formazione di una spessa coltre eluviale, ha agevolato la diffusione di morfologie arrotondate nonché di solchi di ruscellamento concentrato, con andamento subparallelo, associati episodicamente ed in misura non rilevante manifestazioni di ruscellamento diffuso.

Un modesto e localizzato fenomeno di dissesto franoso è stato individuato nella fascia intercollinare posta fra il T. Malmena e la collina di Montecchi ed una frana non perimetrata è segnalata dal PAI.

2.4 Idrogeologia

La pianura alluvionale presenta caratteri idrogeologici ben definiti; nel sottosuolo è presente una falda idrica sotterranea di tipo freatico, alimentata direttamente dalla superficie e dalle perdite di fondo dei corsi d'acqua. Il livello piezometrico varia fra 10 e 20 m di profondità. L'acquifero è costituito prevalentemente da ghiaie, sabbie e conglomerati, e localmente risulta frazionato per l'intercalazione di lenti argillose.

Lo spessore complessivo dei depositi alluvionali raggiunge i 15 - 20 m nella fascia prospiciente il T. Cherio e aumenta progressivamente verso ovest e sud; il substrato nei pozzi Busneto e Rivola è stato intercettato ad oltre 85-90 m di profondità.

Diverso è invece il contesto idrogeologico dei terreni collinari, nell'ambito dei quali gli accumuli idrici sotterranei sono generalmente modesti e limitati a particolari orizzonti in cui si realizzano contrasti di permeabilità fra roccia sana e roccia fratturata o al contatto roccia-eluvio.

3.0 LA CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

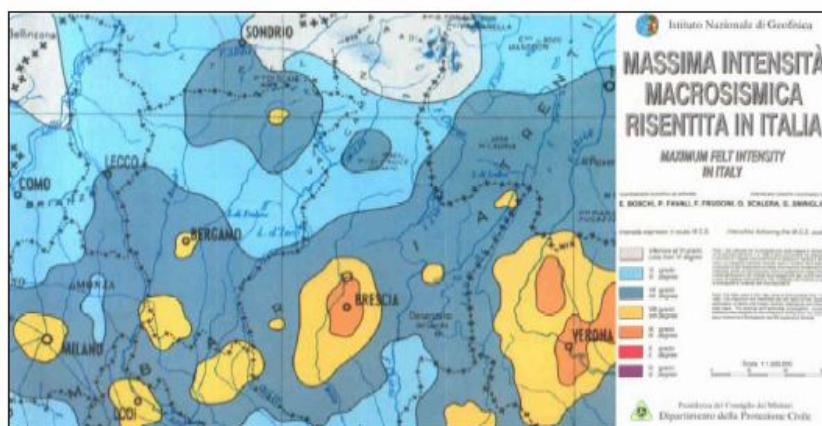
La nuova normativa sismica e di classificazione del territorio italiano emanata con l'OPCM n. 3274 del 20/3/03 entrata in vigore in via definitiva assieme al DM 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" inserisce il territorio di Gorlago in zona sismica 3, individuata da valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo $a_g/g = 0,15$, ancorata allo spettro di risposta elastico, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

3.1 Sismicità della Regione Lombardia

L'Italia settentrionale è caratterizzata dalla crescita di due catene montuose che bordano la Pianura Padana: le Alpi Meridionali e l'Appennino. Lungo l'avanfossa padano-appenninica i dati geologici, geofisici e geodetici mostrano chiaramente che il processo deformativo quaternario diminuisce verso ovest, cioè dalla Romagna alla Lombardia ed al Piemonte, come evidenziato dal basso tasso di sismicità legato a terremoti crostali di modesta profondità focale (5 -15 km), indicativa di una attività sismogenetica che si concentra nelle zone di transizione, sia al passaggio tra materiale più rigido e più duttile nella crosta superiore, sia alla base della crosta.

L'attività sismica delle Alpi meridionali relativamente al territorio lombardo è concentrata prevalentemente in Provincia di Brescia lungo una fascia che lambisce a ovest la bassa Bergamasca e si estende ad est verso il Lago di Garda; trattasi comunque di una regione a bassa sismicità.

Di seguito è riportato uno stralcio della carta della "Massima intensità macrosismica risentita in Italia" (1995) realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica: da essa si evince che l'intensità massima dei terremoti verificatisi in epoca storica nell'area intorno a Bergamo è stata del VIII° grado della scala MCS.



Estratto della Carta della Massima Intensità Macrosismica (Fonte: Istituto nazionale di Geofisica)

Eventi sismici risentiti nella Bergamasca nel periodo 1996-2010 con intensità superiore al 3° Mercalli

<i>Data</i>	<i>Zona Epicentrale</i>	<i>Scala Rickter</i>	<i>Note</i>
21/11/96 h 6,30	Lovere, Bossico, Clusone, Sovere	2,8	Replica alle ore 21,30 – Trattasi di piccoli eventi sismici “superficiali” (10 km di profondità) ricorrenti, senza effetti sulle strutture edificate
1/10/99	NE di Brescia	3,5	Avvertito ai piani alti delle case a Brescia e con forte boato a Lovere
9/7/2000	Nord Lago Iseo	3,1	Località interessate: Cerete, Costa Volpino, Lovere, Val Cavallina.
3/11/02 ore 11,48	Lago d'Iseo	4,2	Località più prossime all'epicentro: Iseo, Sultano, Predore, Tavernola Bergamasca
9/4/02 ore 17,14	Lago d'Iseo	3,2	Località interessate: Berzo S.Fermo, Luzzana, Credano, Adrara S.Martino, Villongo
3/3/07 ore 6	Est Bergamo	3,5	Cenate Sopra, Cenate Sotto, Trescore B.rio
11/5/2010 ore 4,13	Nord-Est Bergamo	3,3	Albano S.A. – S.Paolo d'Argon, Trescore B.rio e altri

3.2 Valutazione della pericolosità sismica locale

Nella valutazione della pericolosità sismica locale, la DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374, prevede 3 livelli di analisi. Per i comuni classificati in zona 3, impone l'applicazione del 2° livello di approfondimento che, una volta identificati gli scenari di amplificazione sismica tramite il 1° livello, prevede una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nei vari scenari, fornendo la stima della risposta sismica in termini di valore di Fattore di Amplificazione.

L'applicazione del 2° livello consente di individuare aree in cui la normativa nazionale risulta eventualmente insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale con $F_{a\text{calcolato}} > F_{a\text{soglia}}$ comunale, valori calcolati dal Politecnico di Milano per tutti i comuni lombardi, per periodi di vibrazioni diversi (0,1 e 0,5s; 0,5-0,15s) e per tutti i tipi di suolo (A, B, C.....).

I parametri di amplificazione sismica sono stati ulteriormente “affinati” nel nuovo DM 14 Gennaio 2008 che, per quanto riguarda i reali valori di accelerazione sismica sostituisce il criterio “comunale” con quello di “sito” significando che, in sede di progetto di opere edilizie ed infrastrutturali, tale parametro va valutato caso per caso con riferimento allo specifico sito edilizio tramite media ponderata calcolata all'interno di una griglia predeterminata delimitata da 4 nodi di cui sono noti i valori dei parametri spettrali per vari tempi di ritorno (Allegato A e B alle Norme) .

La Carta della pericolosità sismica locale viene redatta sulla base delle procedure indicate nell'allegato 5 alla DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374, identificando sulla base di criteri morfologici e litologici gli scenari di pericolosità sismica locale (1° livello), con successivo approfondimento di 2° livello per le **zone PSL Z3 e PSLZ4** interferenti con l'urbanizzazione, ad esclusione delle aree già inedificabili.

Gli scenari possibili di pericolosità sismica identificati dalla Regione Lombardia in base ad un specifico **Studio Pilota** sono:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
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 e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

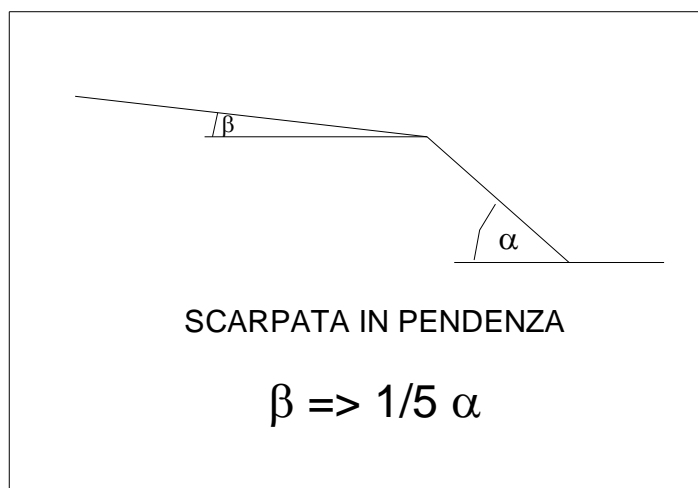
3.3 Analisi di 1° LIVELLO

Questa analisi ha come riferimento di base la cartografia geologica, litologica e geomorfologica redatta in precedenza, aggiornata con ulteriori indagini e rilievi di dettaglio, dalla quale sono stati identificati i seguenti scenari di pericolosità sismica, suddivisi in funzione degli effetti da cui dipende l'amplificazione e cioè:

a) Scenario Z3 legato ad effetti di amplificazione morfologica

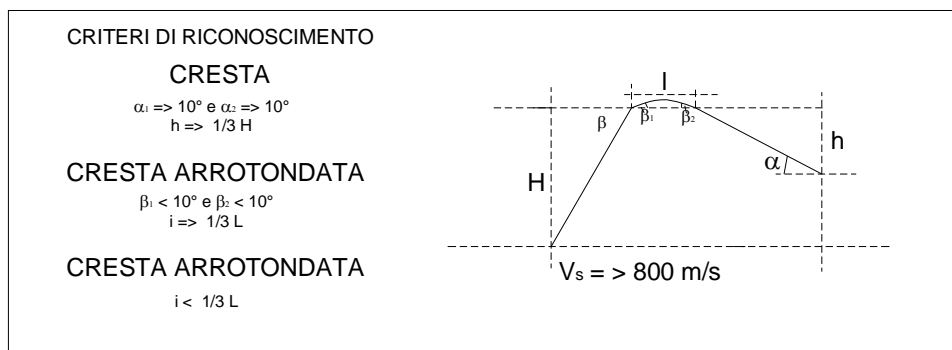
Z3a – Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica): questo scenario è riconosci-

bile in alcune morfologie naturali della zona collinare; trattasi di scarpate in leggera pendenza associate a creste come rappresentato nel seguente schema.



Tale scenario non interferisce con l'urbanizzazione.

Z3b – Zona di cresta rocciosa o cocuzzolo: tale scenario è riconoscibile in gran parte del territorio collinare caratterizzato da una morfologia costituita da dossi e crinali subparalleli immergenti verso nord, separati da aste torrentizie e individuati sulla base dei criteri riportati nel seguente schema:



Questi scenari non interferiscono con l'urbanizzato o l'urbanizzabile.

b) Scenario Z4 legato ad effetti di amplificazione litologica

Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali granulari e/o coesivi; costituiscono l'intera fascia di pianura del territorio di Gorlago a ovest e a sud dei rilievi collinari e una ristretta fascia di depositi alluvionali posti in fregio al T. Malmera, frazionati ed interdigitati con da depositi di conoide. Trattasi di depositi eterogenei nella granulometria e nel grado di addensamento, tali da creare in varia misura contrasti di impedenza che possono provocare particolari interazioni tra frequenze del moto ondulatorio in arrivo e modo di vibrare degli edifici (pseudo-risonanza).

Questo scenario è sede di gran parte dell'abitato di Gorlago e delle aree di previsione urbanistica insediativa, con esclusione della fascia lungo il T. Malmera.

Z4b - Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre; rappresenta lo scenario costituito da alcune conoidi, parzialmente coalescenti presenti nella fascia pedecollinare settentrionale, aperti a ventaglio verso il T. Malmera. Non interferiscono con le zone urbanizzate o di previsione.

3.4 Analisi di 2° LIVELLO

L'analisi di 2° Livello viene applicata a tutti gli scenari suscettibili di amplificazione sismica per cause morfologiche e litologiche ricadenti in aree già urbanizzate o di previsione, con presenza di insediamenti civili o produttivi. Nello specifico la stessa riguarda solo lo **scenario di amplificazione litologica Z4a** costituente la fascia di pianura del territorio comunale posta a ovest e a sud delle colline.

Per tale scenario l'amplificazione sismica è stimata in modo semiquantitativo in base a parametri litologici e morfologici, con l'ausilio di indagini sismiche idonee dalle quali si ricava il valore della velocità V_{s30} delle onde sismiche di taglio. La risposta sismica viene espressa in termini di valore del Fattore di amplificazione (Fa), calcolato con metodi semplificati, e riferito ad intervalli di periodi tra **0.1 - 0.5s** e **0.5 - 1.5s**, rappresentativi del periodo proprio delle tipologie edilizie più frequenti.

I valori stimati di Fa negli intervalli di periodo considerati forniscono il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente. Tale grado di protezione viene valutato confrontando il valore di Fa stimato con i valori di soglia $Fa_{(soglia)}$ riportati nella Banca Dati della Regione Lombardia e relativi a ciascun comune, zona sismica e categoria di sottosuolo e per gli intervalli di periodo considerati.

VALORI DI SOGLIA di Fa (Banca Dati Regione Lombardia)						
Comune di Gorlago	Classificazione	T	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
	3°	0,1-0,5 s	1,5	1,9	2,3	2,0
		0,5-1,5 s	1,7	2,4	4,3	3,1

Per quanto riguarda la categoria sismica del sottosuolo, la stessa è individuata da specifici intervalli di valore dei parametri $V_{s,30}$, SPT_{30} e $C_{u,30}$ riportati nella seguente tabella 3.2.II del punto 3.2.2 allegata al **DM 14 Gennaio 2008**.

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

Secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche, fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nell'ambito del volume significativo di terreno coinvolto dal singolo progetto, la determinazione della categoria di sottosuolo si effettua di preferenza in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, calcolati a partire dalla quota di interazione terreno-struttura. Qualora tale parametro non sia disponibile la categoria di suolo può essere determinata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) N_{SPT30} per i terreni a prevalente grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ per i terreni a prevalente grana fina.

Per le analisi di 2° livello sono stati utilizzati:

- ◆ *Profili e sezioni geologiche tipo e di dettaglio;*
- ◆ *Dati geotecnici relativi ad indagini geognostiche (sondaggi meccanici, prove penetrometriche, analisi di laboratorio);*
- ◆ *Stratigrafie dei pozzi*
- ◆ *Dati geofisici ricavati da sismica di superficie appositamente eseguita (tecnica MASW).*

Circa l'attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti da prove ed indagini vale quanto riportato di seguito.

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Media*	Da prove in situ e laboratorio
Stratigrafici	Medio-alta	Stratigrafie pozzi
Geofisici (V_s)	Medio-alta	Indagini sismica tipo MASW

* spesso limitata profondità di indagine

Al fine della classificazione della categoria sismica del sottosuolo e del grado di amplificazione del terreno, per l'analisi di 2° livello sono state eseguite 4 indagini geosismiche in siti specifici con la tecnica MASW, oltre ad una quinta indagine messa a disposizione da privati.

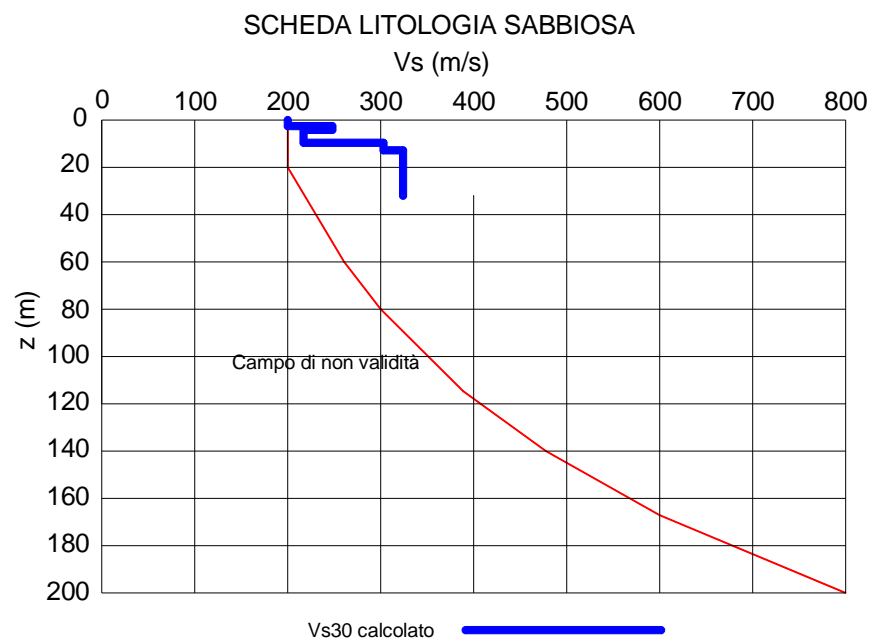
Tutte le indagini riguardano lo Scenario Z4a - zona di pianura con presenza di depositi alluvionali fluvioglaciali granulari.

L'andamento dei valori di V_s con la profondità nei vari siti di misura non risulta spesso attribuibile ad una specifica scheda litologica, anche se in linea di massima sembra applicabile prevalentemente la scheda litologia sabbiosa-limosa2.

Si riportano di seguito per i 5 siti indagati i parametri di valutazione e di calcolo dell'amplificazione sismica ed i grafici delle V_s inseriti nelle schede litologiche ritenute più compatibili.

1) Sito Via Martina

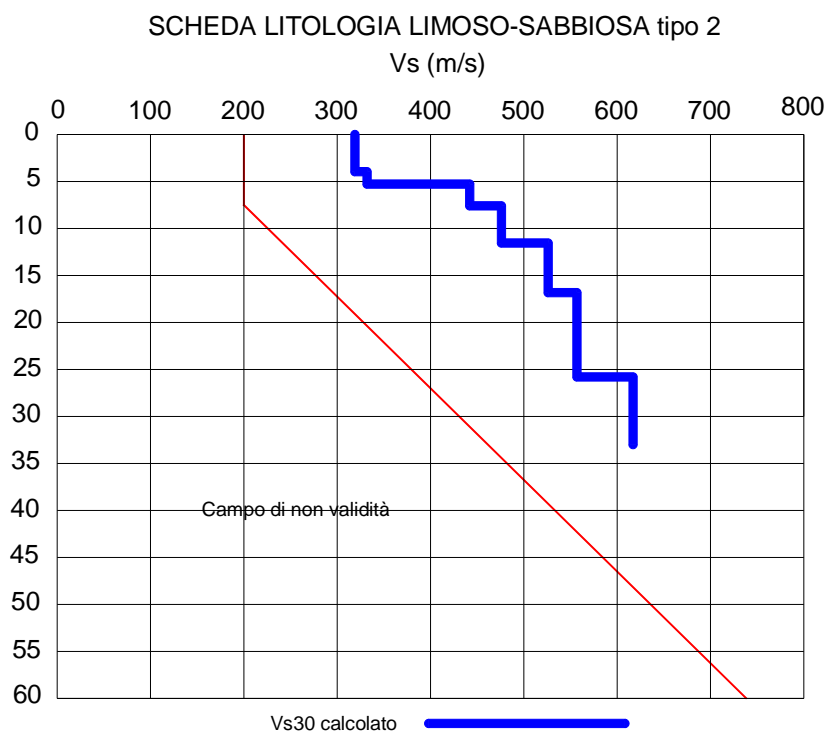
- ◆ $V_{s30} = 287$ m/s: sottosuolo di categoria C
- ◆ Periodo proprio del sito: $T(s) = 0,41$
- ◆ Spessore del primo strato: 4,0 m; $V_s = 239$ m/s (valore pesato)
- ◆ Scheda litologia sabbiosa
- ◆ Curva n. 2, tratto polinomiale
- ◆ Fattori di amplificazione: $Fa_{0,1-0,5} = 1,62$; $Fa_{0,5-1,5} = 1,654$
- ◆ Fattori di amplificazione di soglia: $Fa_{soglia\ 0,1-0,5} = 1,9$; $Fa_{soglia\ 0,5-1,5} = 2,4$



I valori di amplificazione sono inferiore ai valori di soglia per **suolo di tipo C**.

2) Sito Via Carla Trovenzi

- ◆ $V_{s30} = 518$ m/s: sottosuolo di categoria B
- ◆ Periodo proprio del sito: $T(s) = 0,225$
- ◆ Spessore del primo strato: 4,0 m; $V_s = 329$ m/s (valore pesato)
- ◆ Scheda litologia limoso-sabbiosa 2
- ◆ Curva n. 3, tratto polinomiale
- ◆ Fattori di amplificazione: $Fa_{0,1-0,5} = 1,63$; $Fa_{0,5-1,5} = 1,18$
- ◆ Fattori di amplificazione di soglia: $Fa_{soglia\ 0,1-0,5} = 1,5$; $Fa_{soglia\ 0,5-1,5} = 1,7$

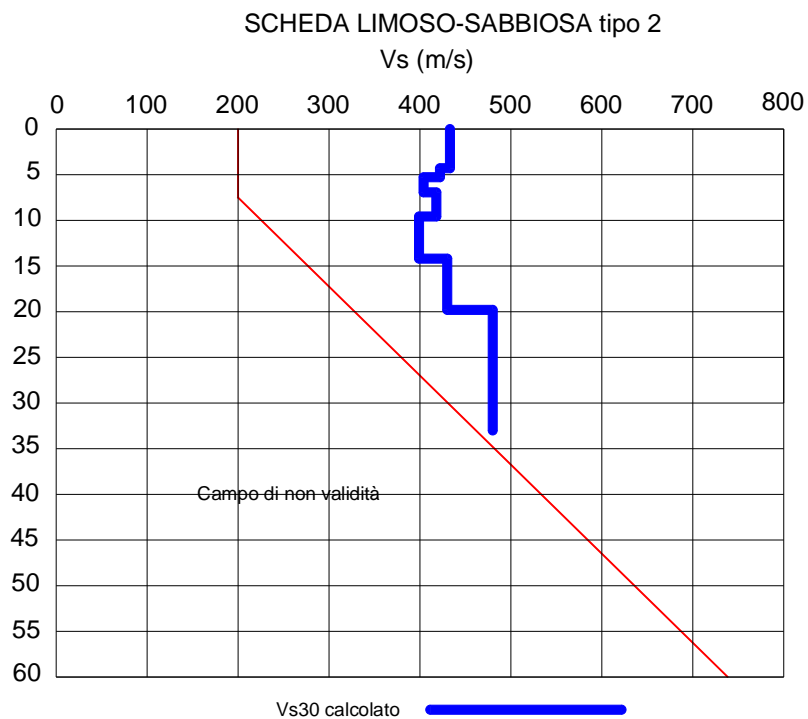


I valori di amplificazione sono maggiori dei valori di soglia $T_{0,1-0,5s}$ per **suolo tipo**

B

3) Sito Via Don Rudelli

- ◆ $V_{s30} = 442$ m/s: sottosuolo di categoria B
- ◆ Periodo proprio del sito: $T(s) = 0,27$
- ◆ Spessore del primo strato: 4,0 m; $V_s = 426$ m/s (valore pesato)
- ◆ Scheda litologia limoso-sabbiosa 2
- ◆ Curva n. 3, tratto polinomiale
- ◆ Fattori di amplificazione: $Fa_{0,1-0,5} = 1,74$; $Fa_{0,5-1,5} = 1,24$
- ◆ Fattori di amplificazione di soglia: $Fa_{soglia\ 0,1-0,5} = 1,5$; $Fa_{soglia\ 0,5-1,5} = 1,7$

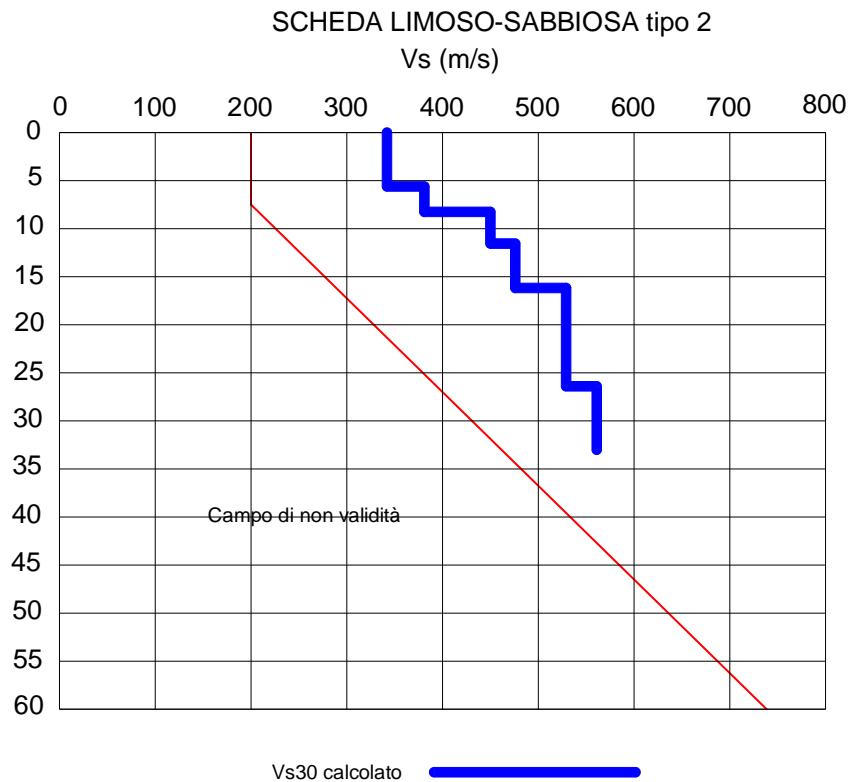


I valori di amplificazione sono maggiori dei valori di soglia $T_{0,1-0,5s}$ per **suolo tipo**

B

4) Sito Via Molinara

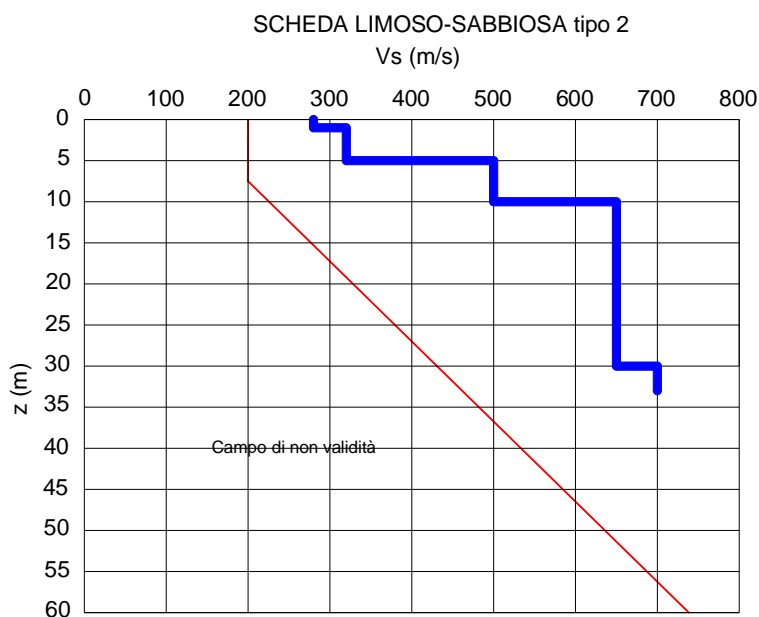
- ◆ $V_{s30} = 478$ m/s: sottosuolo di categoria B
- ◆ Periodo proprio del sito: $T(s) = 0,245$
- ◆ Spessore del primo strato: 4,0 m; $V_s = 356$ m/s (valore pesato)
- ◆ Scheda litologia limoso-sabbiosa 2
- ◆ Curva n. 3, tratto polinomiale
- ◆ Fattori di amplificazione: $Fa_{0,1-0,5} = 1,69$; $Fa_{0,5-1,5} = 1,20$
- ◆ Fattori di amplificazione di soglia: $Fa_{soglia\ 0,1-0,5} = 1,5$; $Fa_{soglia\ 0,5-1,5} = 1,7$



B. I valori di amplificazione sono maggiori dei valori di soglia $T_{0,1-0,5s}$ per **suolo tipo**

5) Sito Via Don Bonetti

- ◆ $V_{s30} = 504$ m/s: sottosuolo di categoria B
- ◆ Periodo proprio del sito: $T(s) = 0,213$
- ◆ Spessore del primo strato: 4,0 m; $V_s = 280$ m/s (valore pesato)
- ◆ Scheda litologia limoso-sabbiosa 2
- ◆ Curva n. 3, tratto polinomiale
- ◆ Fattori di amplificazione: $Fa_{0,1-0,5} = 1,60$; $Fa_{0,5-1,5} = 1,16$
- ◆ Fattori di amplificazione di soglia: $Fa_{soglia\ 0,1-0,5} = 1,5$; $Fa_{soglia\ 0,5-1,5} = 1,7$



I valori di amplificazione sono maggiori dei valori di soglia $T_{0,1-0,5s}$ per **suolo tipo B**

Dai risultati di calcolo dell'amplificazione sismica nei vari siti si deduce che il terreno ha una componente limo-sabbiosa o sabbiosa prevalente soprattutto nei livelli più superficiali, come attestato anche dai sondaggi meccanici e dalle prove penetrometriche e che i valori di amplificazione superano spesso i valori di soglia per tipologia edilizie basse, regolari e piuttosto rigide.

Di seguito si riporta un riepilogo dei risultati:

TABELLA RIEPILOGATIVA DEI CALCOLI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA							
Scheda Litologia							
			Limo-sabbiosa 2		Sabbiosa		Spettro
		Terreno	Fa _{0.1-0.5}	Fa _{0.5-1.5}	Fa _{0.1-0.5}	Fa _{0.5-1.5}	
MASW 1	Via Martina	C	-	-	1,62	1,65	C
MASW 2	Via Trovenzi	B	1,63	1,18	-	-	C
MASW 3	Via D.Rudelli	B	1,74	1,24	-	-	C
MASW 4	Via Molinara	B	1,69	1,20	-	-	C
MASW 5	Via D. Bonetti	B	1,60	1,16	-	-	C
	Fa _{soglia}	B	1,5	1,7	-	-	
	Fa _{soglia}	C	-	-	1,9	2,4	
			Valori in rosso:		Fa_{0.1-0.5} > Fa_{soglia}		

Dagli stessi si deduce che, escluso il sito 1, per gli siti indagati in fase di progettazione deve essere adottato uno spettro riferito ad una categoria inferiore rispetto a quella determinata dalle prove sismiche.

Si ritiene comunque che in sede progettuale debbano essere eseguite indagini geologico-tecniche e sismiche a livello puntuale in modo da avere ulteriori riscontri circa le categorie di sottosuolo e la litologia prevalente.

4.0 RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

Per quanto concerne il raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata costituiti da Piani Provinciali, Regionali e di Bacino si fa riferimento a :

- a) *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume PO (P.A.I.), vigente;*
- b) *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Bergamo (P.T.C.P.).*

4.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (P.A.I.)

Oltre a quanto riportato nel PAI vigente, viene qui proposto un aggiornamento della “ *Carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I.*” soprattutto con riferimento alla delimitazione di fasce a diverso pericolosità per fenomeni di esondazione di carattere torrentizio lungo le aste del F. Cherio e del T. Malmera. In particolare:

- a) sono confermati i *conoidi attivi* (Ca) presenti alla base del versante collinare rivolti verso l'asta del t. Malmera. Per tali conoidi sono state effettuate alcune modifiche in relazione con il maggior dettaglio rilevabile dall' aerofotogrammetria.
- b) sono state delimitate aree a *pericolosità molto elevata* (Ee) ed *media* (Em) lungo il Cherio ed *aree a pericolosità molto elevata* (Ee) e ed elevata (Eb) lungo il Malmera.

Relativamente ai vincoli ed agli interventi ammessi nelle *aree Ca, Ee, Eb ed Em* vale quanto riportato nell'Art. 9, - Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso dei suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico, commi 5), 6), 6bis) e 7) delle Norme di Attuazione del PAI e cioè:

- | |
|--|
| <p>5. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter dei <u>D. L. 12 ottobre 2000, n. 279</u>, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:</p> <ul style="list-style-type: none">- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di .pubbliche e di interesse opere interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela; |
|--|

- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi dei R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono stati destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti
- l'ampliamento e la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.

- L'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs 5 febbraio 1997, n. 22 (o per i quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

6. Nella **area Eb** sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quando esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

6bis. Nelle **area Em** compete alle Regioni e 'agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n.225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le indicazioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

7. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 35. dall'art. 3 ter dei D. L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle **area Ca** sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a miglio-

- rare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di opere di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
 - i cambiamenti delle destinazioni culturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi dei R.D. 523/1904;
 - gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
 - le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
 - la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono stati destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
 - l'ampliamento e la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.

Le aree a rischio idrogeologico di cui sopra sono state aggiornate nell' **ALL. 5 – CARTA DEL DISSESTO CON UN LEGENDA UNIFORMATA A QUELLA DEL PAI.**

4.2. PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE DELLA PROVINCIA DI BERGAMO (P.T.C.P)

Per tale Piano, si fa riferimento alla **Tav. E1-11 - Suolo e Acque - Elementi di pericolosità e criticità: compatibilità degli interventi con la trasformazione del territorio** (scala 1:25.000).

La rappresentazione degli elementi di criticità geologica in tale carta risulta parziale e incompleta e pertanto, tenuto conto che l'art. 106 delle N.d.A. del P.T.C.P., ribadito anche nei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio", assegna valore prioritario al maggior dettaglio degli studi geologici comunali. Le modifiche ed integrazioni derivano da quanto riportato nella Tavola aggiornata del Dissesto e nella Carta dei Vincoli e rappresentate per gradi di rischio idrogeologico e per i singoli tematismi. Le singole aree, ai fini urbanistico-insediativi, sono classificate in funzione del grado di penalizzazione geologica e la loro trasformazione, quando possibile, è subordinata a verifiche e approfondimenti di indagine definiti nella descrizione della Carta della Fatibilità delle azioni di Piano e nelle NTA del PAI.

5.0 LA CARTA DEI VINCOLI

In questo elaborato sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico con particolare riferimento a:

a) Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89) ed in particolare costituiti dal Quadro del dissesto aggiornato con legenda uniformata P.A.I. come rappresentato e perimetrato nella specifica tavola e normato ai sensi dell'art. 9 delle N.d.A. del vigente Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti.

I vincoli si riferiscono ai singoli tematismi (*frane, dissesti torrentizi, conoidi*) in relazione al grado di pericolosità ed attività.

b) Vincoli di polizia idraulica ai sensi della DGR 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni; riguardano l'individuazione del reticolo idrico minore e relativo Regolamento, nonchè la perimetrazione delle fasce di rispetto, approvati parere positivo della Sede Regionale Territoriale competente.

c) Aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile; riguardano:

Il pozzo Busneto: la zona di tutela assoluta è un cerchio con un raggio non inferiore a 10 m mentre, la fascia di rispetto è delimitata con criterio geometrico con un cerchio di raggio pari a 200 m avente centro nel punto di captazione.

Il pozzo Manzoni la zona di tutela assoluta è delimitata con un cerchio di raggio non inferiore a 10 m, mentre la fascia di rispetto è delimitata con criterio temporale, sulla base di specifico studio idrogeologico.

Il pozzo Capannelle: la zona di tutela assoluta è un cerchio con un raggio non inferiore a 10 m, la fascia di rispetto è delimitata con criterio temporale.

6.0 LA CARTA DI SINTESI

Nella CARTA DI SINTESI, sono rappresentati in forma di poligoni e simboli le aree di pericolosità e gli elementi di vulnerabilità presenti nell'ambito del territorio, con specifico riferimento alle cause che li determinano.

La delimitazione dei poligoni è stata effettuata valutando sia l'area strettamente gravata da elementi di pericolo, sia un intorno significativo nell'ambito del quale possono risentirsi gli effetti negativi di tali elementi.

Le categorie cui sono riferite le aree di pericolosità sono:

6.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

In queste aree sono state inserite quelle che presentano evidenze di carattere geomorfologico relative a forme di instabilità sia reali (*frane*) che potenziali in relazione con le caratteristiche litologiche e di acclività del terreno.

Pertanto sono state distinte:

- 1a) *Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesto di frane in terreni eluvio-colluviali e regolitici, valutate in base alla pendenza >20° - <35°),*
- 1b) *Aree a pericolosità potenziale caratterizzate da morfologie tipiche di movimenti superficiali (creep, soliflusso) o interessate da possibilità di dissesto in terreni eluvio-regolitici o con roccia tenera subaffiorante, valutate in base alla pendenza (>35°);*
- Ca *Aree interessate da trasporto in massa su conoidi non protette (Ca) cartografate dal PAI e parzialmente ridelimitate;*
- Fq *Area di frana puntuale quiescente non perimetrata ;*

6.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

- 2a) *Aree di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile;*
- 2b) *Aree ad alta vulnerabilità degli acquiferi*
- 2c) *Aree di vulnerabilità elevata di acquiferi, con limitato spessore dello spessore insaturo, scarsa protezione naturale, elevata permeabilità in adiacenza a corsi d'acqua con caratteristiche alimentanti per le falde idriche sotterranee (F. Cherio).*

6.3) Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Ee - Aree lungo il F. Cherio inondabili in occasione di eventi alluvionali con tempo di ritorno di 100 anni, con elevate altezze idriche e velocità della corrente, perimetrate sulla base di verifiche idrauliche (Ee).

Eb - Aree con pericolosità elevata di esondazione lungo il T. Malmera

Em – aree lungo il F. Cherio inondabili in occasione di eventi meteorologici eccezionali con tempo di ritorno di 100 anni, con modeste valori di velocità ed altezza d'acqua, perimetrate sulla base di verifiche idrauliche o di elementi morfologici (Eb);

3a) Fascia di rispetto del reticolo minore ed i bonifica;

6.4) Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

4a) Sono aree che, a causa delle scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni configurano oggettive penalizzazioni nei confronti dello sviluppo urbanistico e pertanto, all'interno del progetto di pianificazione, devono essere tenute nella dovuta considerazione. Tali aree sono ubicate ai piedi dei dossi collinari, costituite prevalentemente da depositi misti, eluviali e colluviali. Si tratta di terreni a granulometria prevalente limo-sabbioso-argillosa, di consistenza mediocre, piuttosto compressibili e dotati di scarsa resistenza meccanica. Agli stessi si associano in genere condizioni idrogeologiche sfavorevoli per la presenza di microfalde sospese che tendono a saturarli con conseguente aumento di peso.

7.0 LA CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.

Nella Carta della Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano, vengono inserite alcune modifiche rispetto alla carta redatta nell'ottobre 2002 e precisamente:

- ◆ *Modifiche conseguenti a verifiche idrauliche di dettaglio*
- ◆ *Modifiche e correzioni per errori cartografici.*

Tale elaborato cartografico costituisce lo strumento di indirizzo per la redazione dello strumento urbanistico o di eventuali varianti, indicando le condizioni di compatibilità di eventuali variazioni d'uso del territorio con le componenti geologiche, litologico-geotecniche, geomorfologiche ed idrogeologiche del territorio, e traduce in classi di fattibilità geologica il quadro complessivo delle condizioni di pericolosità, illustrate nella Carta di Sintesi, e delle ipotetiche penalizzazioni derivanti al territorio da azioni antropiche.

CLASSE 1°: Fattibilità senza particolari limitazioni

In questa classe sono inserite le aree per le quali non vi sono specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione. In essa sono comprese la porzione di territorio pianeggiante esterna alla linea di terrazzamento Riss-Wurm litologicamente costituita da terreni alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, nell'ambito delle quale non sono presenti vincoli di carattere idrogeologico. Trattasi di aree caratterizzate da terreni di buone caratteristiche geotecniche con falda idrica caratterizzata da vulnerabilità non elevata.

Non sono state delimitate aree di classe 1° nella fascia collinare in quanto il contesto geomorfologica e geolitologico sempre delicato necessita in ogni caso che qualunque intervento sia subordinato all'esecuzione di indagini ed analisi specifiche con diverso grado di approfondimento.

Per questa classe di fattibilità sono obbligatorie le indagini finalizzate alla costruzione del modello geologico-geotecnico-sismico, come previsto dalla **Norme Tecniche per le costruzioni** approvate definitivamente con DM 14 Gennaio 2008.

CLASSE 2°: Fattibilità con modeste limitazioni

Confermando quanto già illustrato nella relazione datata Ottobre 2002, la classe comprende le aree per le quali sono state rilevate alcune condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni legate alla loro specifica ubicazione, alla

qualità geotecnica dei terreni costituenti i siti costruttivi ed alle condizioni di vulnerabilità idrogeologica.

In questa classe sono inserite:

- ◆ alcune area collinari con pendenza inferiore ai 20°, generalmente con substrato affiorante o subaffiorante strutturalmente compatto e non intersecate da linee di drenaggio naturale;
- ◆ una fascia di pianura compresa fra l'orlo di terrazzamento Riss-Wurm e la fascia di esondazione con piena centenaria del F. Cherio caratterizzata da altezze idriche e velocità ridotte;

In questa classe, gli approfondimenti di carattere geologico-tecnico necessari ai fini di una corretta progettazione vengono differenziati in relazione alla tipologia ed all'ubicazione degli stessi.

Classe 2a) - Fascia collinare

Vengono introdotte alcune modifiche cartografiche in quanto alcune delle aree risultano soggette ad amplificazione sismica media ($Fa \geq 2$) e pertanto passano in classe 3.

Per interventi edilizi o movimenti di terra in area collinare si conferma la necessità di eseguire indagini puntuali di carattere geologico-tecnico finalizzate alla valutazione della stabilità dei versanti, alla progettazione degli scavi e rilevati, nonché di eventuali opere di consolidamento e drenaggio, allo scopo di garantire la stabilità e la sicurezza sia alle nuove opere sia al contesto circostante significativamente influenzato.

In assenza di pubblica fognatura, gli scarichi civili dovranno essere progettati con riferimento ai contenuti della *Delibera 4 febbraio 1977 del Comitato Interministeriale per la tutela delle acque dall'inquinamento*, Allegato C5.2.

Per interventi di ampliamento di edifici esistenti dovrà essere eseguita una progettazione antisismica sulla base di indagini geologico-geotecniche specifiche.

Classe 2b) - Fascia di pianura

In tale classe sono classificate le aree caratterizzate da terreni alluvionali granulari, con assenza di fenomeni geomorfologici attivi e con alta vulnerabilità idrogeologica degli acquiferi.

Per tutti i progetti edilizi è obbligatoria la caratterizzazione geologico-geotecnica dei siti. Ai fini di preservare gli acquiferi sotterranei da fenomeni di inquinamento in

queste zone sono da vietare assolutamente gli scarichi nel sottosuolo, con esclusione delle acque bianche non di prima pioggia.

In assenza di fognatura comunale, la progettazione di scarichi di acque nere nel sottosuolo, preventivamente depurate, dovrà rispettare la normativa vigente in materia (Decreto Lgs.vo 152/06, parte III, Titolo III).

All'interno delle fasce di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile valgono i vincoli e le limitazioni fissati dall'art. 6 del DPR 236/88, riconfermate e parzialmente modificate dall'Art. 5 del D.Lgs.vo n. 258 del 18 agosto 2000 e, con specifico riferimento al contesto territoriale in cui sono inserite, riportate di seguito.

- a) *dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;*
- b) *accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;*
- c) *spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;*
- d) *dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;*
- e) *apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche qualitative della risorsa idrica;*
- f) *pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 kg per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione.*

In dette aree la progettazione di fognature, di opere ed infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione edilizie deve fare riferimento alle specifiche Direttive - Allegato 1 alla DGR 10 Aprile 2003 n. 7/12693 (Decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche, art. 21, comma 5 – Disciplina delle aree di salvaguardia delle acqua sotterranee destinate al consumo umano).

CLASSE 3°: fattibilità con consistenti limitazioni

Le caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche determinano per tale classe consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni.

Sono inserite in questa classe porzioni di territorio caratterizzate da:

- ◆ *pericolosità geomorfologica reale o potenziale (3a)*
- ◆ *vulnerabilità idrogeologica (3b)*
- ◆ *vulnerabilità idraulica (3c)*
- ◆ *scadenti caratteristiche geotecniche (3d)*

3a) Aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica reale o potenziale

Sono comprese in questa classe:

- ◆ Le aree collinari a pericolosità potenziale valutate in base alla pendenza (da 20° a 35°) costituite da substrato subaffiorante o regolite misto a eluvio limo-argilloso, in qualche caso interessate da modesti movimenti superficiali (creep); in queste aree, con qualche eccezione, non sono presenti rilevanti fenomeni di instabilità geomorfologica, ma sono vulnerabili sotto l'aspetto geomorfologico per l'accentuata erodibilità del substrato e della copertura eluviale, spesso non protetta da macchia boschiva con buone funzioni regolatrici e di protezione dalle acque di ruscellamento;

Gli elementi penalizzanti ai fini edificatori sono quindi di varia natura e pertanto risultano diversificate anche le indagini di approfondimento nonché i criteri da seguire nella progettazione dei nuovi interventi edilizi o di ampliamento di edifici e strutture esistenti.

Eventuali progetti edilizi o movimenti di terra in ambito collinare (3a), di basso impatto ambientale, devono essere eseguiti in modo corretto, senza stravolgere la rete di drenaggio naturale e senza modificare il delicato equilibrio geomorfologico, oggi più vulnerabile per i frequenti eventi meteorologici a carattere intenso e concentrato che si verificano da alcuni anni.

Per tali interventi, anche di modifica o ampliamento dell'edificato esistente, oltre a quanto specificato nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, devono essere eseguite indagini finalizzate alla verifica della stabilità geomorfologica, alla valutazione di eventuali rischi di carattere idraulico connessi con la presenza nelle vicinanze dell'area di intervento, di corsi d'acqua anche minori, alla corretta progettazione di scavi e riporti, alla progettazione e realizzazione delle opere di sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dagli interventi stessi.

3b) Aree caratterizzate da vulnerabilità idrogeologica

Sono aree a vulnerabilità idrogeologica elevata costituenti la fascia alluvionale più prossima al F. Cherio, nell'ambito della quale la falda di subalveo interagisce con la falda freatica, soggiacente di circa 10-20 m, alimentandola direttamente e quindi veicolo di potenziale inquinamento della stessa;

In queste aree i progetti edilizi relativi a piani di lottizzazione civile e industriale dovranno essere corredati da indagini puntuali per la ricostruzione di dettaglio delle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo ai fini della verifica dell'effettivo grado di vulnerabilità della falda idrica, da definire con le metodologie più appropriate fornite dalla letteratura idrogeologica specializzata.

In ambedue i contesti, di collina e di pianura, in assenza di rete fognaria, gli eventuali recapiti di reflui nel sottosuolo dovranno essere puntualmente progettati con criteri idrogeologici, sulla base dell'effettivo carico inquinante, avendo come riferimento i contenuti della *Delibera del Comitato Interministeriale per la tutela delle acque dall'inquinamento del 4 Febbraio 1977. Allegato C5.2.* e nel rispetto della Parte III, Titolo II del D.lgs.vo n. 152/06.

3c) Aree caratterizzate da vulnerabilità idraulica

Comprendono:

a) Le aree Em allagabili in occasione di eventi meteorologico eccezionali con tempi di ritorno = 100 anni, con modesti valori di velocità (circa 2,5 m/s) e di altezza d'acqua (= 60 cm), senza trasporto solido rilevante o individuate con criteri geomorfologica

Per interventi edilizi in tali aree, poste lateralmente o a distanza variabile dall'alveo del F. Cherio ed estese in misura diversa in relazione con la morfologia fluviale, con le condizioni di deflusso della corrente idrica, lenta o veloce, e con le quote degli orli di identificazione di aree golenali relitte, dovranno essere effettuati rilievi topografici di dettaglio di verifica delle quote completati da approfondimenti e verifiche idrauliche che valutino le mutate condizioni di pericolosità connesse con l'inserimento di nuovi volumi edilizi; questi non devono costituire ostacolo per il deflusso delle acque tale da ingenerare una variazione del livello di piena superiore ai 20 cm.

Tali limitazioni non valgono per interventi che non prevedano insediamenti civili o strutture edilizie in genere e che siano funzionali alla difesa idraulica.

In ogni caso devono essere previsti accorgimenti e soluzioni finalizzati alla mitigazione del rischio, con riferimento a quelli indicati nell'allegato 3, art. 4 della DGR 7/6645, integrativo della direttiva n. 2 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po datata 11 maggio 1999 e cioè:

a) Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture

- ◆ realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiale sopraelevate rispetto livello della piena di riferimento;
- ◆ realizzare le aperture degli edifici situate al disotto del livello di piena a tenuta stagna; 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 dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte di velocità;
- ◆ progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- ◆ favorire il deflusso assorbimento delle acque di esondazione evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

b) Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni

- ◆ opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione;
- ◆ opere di difesa per evitare fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- ◆ fondazioni profonde per evitare fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoi coesivi;

c) Misure per facilitare l'evacuazione dei persone e beni in caso di inondazione

- ◆ uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena centennale sventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;

d) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

b) Le aree con pericolosità elevata (Eb), nelle quali i vincoli e gli interventi ammessi sono indicati nel citato Art. 9, comma 6) delle Norme di Attuazione del PAI

3d) Aree con scadenti caratteristiche geotecniche

In queste aree, dove sono presenti terreni misti limo-sabbioso-argillosi, di consistenza mediocre e dotati di scarsa resistenza meccanica, devono essere eseguite indagini puntuali di carattere geognostico-geotecnico che dovranno valutare il grado di consistenza e/o addensamento dei terreni, accertare l'eventuale immagazzinamento di falde idriche superficiali, e fornire gli elementi utili alla progettazione delle fondazioni, delle eventuali opere di drenaggio, nonché i parametri geotecnici necessari per un corretto dimensionamento dei fronti di scavo e per eventuali verifiche di stabilità.

CLASSE 4: Fattibilità con gravi limitazioni

La natura e l'entità dei rischi reali o potenziali di natura geologica presenti in determinate zone comportano gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso dei terreni compresi in questa classe.

Nella stessa sono distinte:
inserite:

- le zone collinari ad elevata acclività (maggiore di 35°) caratterizzate da potenziali fenomeni di instabilità in relazione con la presenza di terreni eluvio-regolitici o substrato di rocce tenere poco resistenti o parzialmente cataclasate;
- Le aree di conoide attiva o potenzialmente attiva non protetta (Ca) perimetrate dal PAI;
- Le Aree di frana quiescente non perimetrata (Fq)
- la zona di protezione immediata dei pozzi idropotabili (10 m di raggio).

- La fasce Ee di pericolosità idraulica molto elevata delimitate lungo il F. Cherio ed il T. Malmera.
- le fasce di rispetto di tutte le aste collinari inserite nel reticolo idrico minore per una larghezza pari a 10 m, e le fasce di rispetto del reticolo di bonifica di pianura, compresi i tratti tombinati, per una larghezza di 5 m, come da Regolamento approvato dallo STER di Bergamo.

Nella classe 4° è esclusa qualsiasi nuova edificazione, tranne opere ed interventi finalizzati al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente interventi così come definiti dall'art. 31, lettere a), b), c) della Legge 457/1978.

Per le aree già urbanizzate ricadenti in aree ad elevato rischio idraulico dovrà essere valutata, attraverso specifiche indagini, la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico ed interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici.

Eventuali opere pubbliche potranno essere realizzate solo se non localizzabili in aree a minor pericolosità, valutate in funzione della tipologia e del grado di rischio che determinano. A tal fine le istanze di approvazione in sede di commissione urbanistico-edilizia dovranno essere corredate da apposita relazione (geologica, idraulica, idrogeologica, geotecnica a secondo dl tipo di vulnerabilità e pericolosità) che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio.

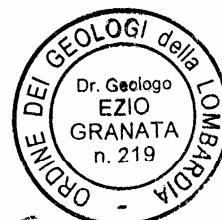
Per quanto riguarda le indagini geognostico-geotecniche e sismiche si fa riferimento a quanto previsto da D.M. 14/1/2008 circa i contenuti delle relazioni geologiche e geotecniche.

8.0 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- ◆ Regio Decreto 25 luglio 1904, n.523 – *Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie* – con specifico riferimento all'art. 96, comma f (distanza di 10 m dai corsi d'acqua entro la quale è vietata l'edificazione).
- ◆ Decreto Legislativo 18 Agosto 2000, n. 258 - *Disposizioni correttive ed integrative del D.L.vo 11 maggio 1999, n 152 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento* - Art. 5, commi 4 e 5 (Salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano).
- ◆ D.G.R. 27 giugno 1998 – n. 7/112693 – Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano.
- ◆ D.G.R. 10 aprile 2003 – n. 6/15137 – Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano.
- ◆ Delibera 4 febbraio 1977 del Comitato interministeriale *per la tutela delle acque dall'inquinamento*, allegato 5.
- ◆ D.lgs n. 152/2006 e successive modifiche, n. 62 – *Nome in materia ambientale*.
- ◆ Legge 18 maggio 1989, n. 183 - Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- ◆ DPCM 24 maggio 2001 – Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po.
- ◆ Regio Decreto 30 dicembre 1923, n. 3267 – Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.
- ◆ Legge Regionale 11 Marzo 2005, n. 12 - *Legge per il Governo del territorio*.
- ◆ D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 – Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, primo comma, della legge regionale 11-3-2005, n. 12.
- ◆ D.M. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

- ◆ DGR 11 dicembre 2001 n. 7/7365 - Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5. della legge 18 maggio 1989 n. 183.
- ◆ DGR 25 Gennaio 2002 n. 7/7868 - Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo minore come indicato dall'art. 3 comma 114 della L.R. 1/2000. Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica.
- ◆ DGR 10 Aprile 2003 n. 7/12693 - Decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche, art. 21, comma 5 – Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano.
- ◆ OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Dott. Geol. Ezio Granata



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ezio Granata".

ALLEGATI

Indagine sismica MASW