

## **INDICE**

1. PREMESSA.....	2
2. AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE SISMICA DELLO STUDIO GEOLOGICO	4
2.1. Quadro normativo generale di riferimento .....	4
2.2. Analisi del rischi sismico .....	5
2.2.1. Risposta sismica locale - Generalità .....	5
2.2.2. Analisi della sismicità del territorio .....	6
2.3. IL CASO DI MADONE .....	7
2.3.1. Descrizione delle fonti .....	7
2.3.2. Descrizione del metodo .....	8
2.3.3. Descrizione della carta della Pericolosità Sismica Locale.....	8
3. CARTA DEI VINCOLI .....	9
4. CONCLUSIONI.....	10

## **ALLEGATI**

Allegato 1: Carta di pericolosità sismica locale (approfondimenti di 1° livello)  
Allegato 2: Carta dei Vincoli

Dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà (art. 47 d.p.r. 28/12/2000 n. 445)

## **1. PREMESSA**

Il presente studio è stato predisposto nell'ambito del Piano di Governo del Territorio di Madone ed ha analizzato la "Componente Geologica del Piano".

La fondamentale innovazione, in campo geologico, introdotta dalla legge 12/2005 consiste nel fatto che, per la prima volta, un testo di legge coordina contestualmente e paritariamente la materia urbanistica e la materia geologica.

La nuova direttiva tecnica (D.G.R. 28 Maggio 2008, n. VIII/7374 aggiornamento dei "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.") nasce espressamente "dedicata" al nuovo strumento urbanistico comunale introdotto dalla legge 12/2005 riunendo e coordinando in un unico documento tutti i precedenti criteri tecnici e gli iter procedurali legati alla componente geologica di supporto alla pianificazione urbanistica.

Lo Studio Geologico si inserisce nel Piano di Governo del Territorio in quanto il Documento di Piano lo contiene integralmente rappresentando una delle componenti del quadro conoscitivo del territorio comunale e costituisce base per le scelte pianificatorie; il Piano delle Regole contiene come parti integranti le fasi di sintesi/valutazione e proposta (Carte di *Sintesi*, dei *Vincoli*, di *Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano* e *Norme geologiche di Piano*), in quanto contribuiscono alla definizione della normativa d'uso del territorio.

Quindi, il Piano di Governo del Territorio per la componente geologica:

- nel Documento di Piano definisce l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio (l.r.12/2005, art. 8, comma 1, lettera c)
- nel Piano delle Regole individua le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate (l.r.12/2005, art. 10, comma 1, lettera d)

Il comune di Madone è dotato di uno studio geologico avente titolo "Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici e loro varianti" redatto nell'anno 2000<sup>1</sup> dallo Studio Arethusa di Bergamo a firma del Geol. Ermanno Dolci, a supporto del vigente Piano Regolatore; tale studio è stato redatto conformemente a quanto previsto dalla ex. L.R. n. 41 del 24 Novembre 1997 e la cartografia è estesa a tutto il territorio comunale.

Per quanto riguarda gli ambiti di applicazione dei nuovi criteri, i Comuni già dotati di studio geologico "conforme" ai criteri attuativi della legge regionale 41/97 hanno l'obbligo di analizzare la componente sismica ed eventualmente, qualora non sia stato ancora fatto, estendere le carte di sintesi e di fattibilità all'intero territorio comunale ed aggiornare le carte dei vincoli, sintesi e fattibilità ai contenuti della pianificazione sovraordinata (qualora variati o non conformi).

Analizzata la documentazione costituente lo studio e in considerazione del fatto che successivamente alla data di stesura dello studio geologico del 2000 non vi sono state

---

<sup>1</sup> Il Comune di Madone, come detto, è dotato di studio geologico ai sensi della legge regionale 41/97 ma privo della carta dei vincoli che è stata quindi redatta ex novo utilizzando come dati di base la cartografia geologica prodotta dallo studio ai sensi della 41/97, verificando l'esistenza di nuove aree di salvaguardia dei pozzi per acqua, integrata dal vincolo di polizia idraulica derivati dallo studio geologico esistente

***PGT del comune di Madone******Aggiornamento della "Componente geologica, idrogeologica e sismica"***

---

modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, su incarico dell'Amministrazione Comunale di Madone gli scriventi hanno proceduto all'aggiornamento di tale studio conformemente a quanto previsto dall'art. 57 della L.R. n. 12/05, secondo i criteri attuativi della regione emanati con D.G.R. 28 Maggio 2008, n. VIII/7374.

Il presente lavoro costituisce l'aggiornamento dello studio geologico esistente che rimane lo studio di base a cui far riferimento ed ha previsto l'adeguamento della componente sismica, con redazione della "Carta della pericolosità sismica locale", e della "Carta dei Vincoli"; la presente relazione (elaborato UNICO) e le due cartografie (allegato 1 e 2) sono da considerare parte integrante dello studio geologico esistente che nel loro insieme costituiscono la "Componente geologica del PGT" del comune di Madone.

## **2. AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE SISMICA DELLO STUDIO GEOLOGICO**

### **2.1. Quadro normativo generale di riferimento**

#### **NORMATIVA NAZIONALE**

- L. 183/89, D.P.C.M. 24 maggio 2001,
- O.P.C.M. 3274/03,
- D.M. 14 settembre 2005,
- D.M. 14 gennaio 2008

#### **NORMATIVA REGIONALE**

- D.G.R. 36147/93,
- L.R. 41/97,
- D.G.R. 37918/98,
- D.G.R. 6645/01,
- D.G.R. 7365/01
- Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12, art. 57, "Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T."
- D.G.R. 28 maggio 2008, n. VIII/7374 aggiornamento dei "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 12/2005"

Nel dettaglio, per quanto riguarda la normativa in relazione agli aspetti di sismicità, con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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", vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005; da allora è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni.

La Regione Lombardia, con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03. Si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al d.m. 5 marzo 1984 alla attuale.

Il Comune di Madone è classificato in zona sismica 4.

## 2.2. Analisi del rischi sismico

### 2.2.1. Risposta sismica locale - Generalità

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area. In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

**Effetti di sito o di amplificazione sismica locale:** interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito: – gli effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto; – effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

**Effetti di instabilità:** interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito. Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali. Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare

movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture. Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione. Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

### **2.2.2. Analisi della sismicità del territorio**

La valutazione dell'amplificazione sismica locale è stata fatta in riferimento alla metodologia riportata nell'allegato 5 della citata D.G.R. 28 maggio 2008.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento:

**1<sup>^</sup> livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

**2<sup>^</sup> livello:** caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2<sup>^</sup> livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3<sup>^</sup> livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad es. i comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti per la zona 2).

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 4, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1<sup>^</sup> livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) laddove in fase di pianificazione territoriale (predisposizione del PGT o varianti allo strumento urbanistico) si prevede la realizzazione di edifici strategici o rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03).

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2<sup>^</sup> livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3<sup>^</sup> livello, come specificato al punto successivo.

**3<sup>a</sup> livello:** definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3<sup>a</sup> livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale, il cui utilizzo è dettagliato nell'allegato 5 della DGR citata.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2<sup>a</sup> livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5), solo laddove in fase di pianificazione territoriale (predisposizione del PGT o varianti allo strumento urbanistico) si prevede la realizzazione di edifici strategici o rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03).

Gli approfondimenti di 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

L'esito dello studio prevede l'eventuale individuazione nella carta di fattibilità geologica, mediante appositi sovrassegni, le aree in cui in fase di progettazione è possibile utilizzare lo spettro di risposta elastico previsto dal d.m. 14 settembre 2005 o dal d.m. 14 gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare in via preventiva gli studi di 3<sup>a</sup> livello.

### **2.3. IL CASO DI MADONE**

Il comune di Madone è classificato in zona sismica 4. La metodologia prevede quindi obbligatoriamente solo il primo livello di approfondimento mentre non verrà eseguito il secondo e non verrà individuato alcun terzo livello in quanto il PGT non prevede la realizzazione di edifici strategici o rilevanti come definito dall'elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03 (costruzione di edifici con affollamenti di persone significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali).

#### **2.3.1. Descrizione delle fonti**

Per la determinazione degli scenari di pericolosità sismica individuati nella "Carta della pericolosità sismica locale (PSL)" si è fatto riferimento alla cartografia di inquadramento del comune di Madone, in particolare ci si è serviti di:

- rilievo aerofotogrammetrico alla scala 1:2000, per la determinazione delle amplificazioni topografiche (zone di ciglio e creste);
- Cartografia dello studio "Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici e loro varianti" redatto nel 2000, per la determinazione delle aree con amplificazioni litologiche, (Z4), frane (Z1), terreni con scadenti caratteristiche geotecniche (Z2), aree a comportamenti differenziali (Z5).

### **2.3.2. Descrizione del metodo**

Il metodo utilizzato ha permesso la definizione areale delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio (aerofotogrammetrico alla scala 1:2000), la cartografia geologica e dei dissesti, ed i dati stratigrafici del sottosuolo desumibili dalle stratigrafie dei pozzi presenti nella zona.

Lo studio è consistito nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento del vigente studio geologico comunale, e nella redazione di un'apposita cartografia a scala 1:10.000 rappresentata dalla "Carta della pericolosità sismica locale (PSL)" ed allegata come Allegato n. 1, derivata dalle precedenti carte di base, in cui è stata riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni-tipo (scenari di pericolosità sismica locale) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

### **2.3.3. Descrizione della carta della Pericolosità Sismica Locale**

Gli scenari di pericolosità sismica locale identificati sul Comune di Madone hanno come effetti: amplificazioni topografiche (scenari Z3), amplificazioni litologiche e geometriche (scenario Z4).

Gli scenari Z3 sono stati suddivisi in due categorie:

- zona di cucuzzolo di tipo arrotondato (Z3b). E' stata individuata lungo la collina della discarica di rifiuti solidi urbani o assimilabili posta lungo il confine comunale SW. La collina presenta un dislivello massimo inferiore a 30 m, ha una forma ovoidale allungata in direzione circa N-S, con versanti aventi profilo concavo con pendenze medie inferiori a 10° e massime di 15°;
- zone di ciglio di scarpata (Z3a). Sono state individuate lungo i due orli di terrazzo fluviale che dividono tre fasce semipianeggianti. La prima fascia posta nel settore occidentale appartiene al terrazzo fluvioglaciale più antico ed è posto a quota media di 214 m s.l.m., la fascia centrale appartiene al terrazzo fluvioglaciale più recente e si estende dal T. Dordo fino a ridosso della Roggia Masnada, è posta alla quota media di 200 m s.l.m. e coinvolge la maggior parte del territorio comunale dove sorge l'abitato. La terza fascia costituisce la scarpata di raccordo con i terrazzi e l'alveo del Fiume Brembo. La scarpata posta tra i primi due settori si estende per tutto il territorio comunale con direzione N-S e presenta dislivelli compresi tra 10 e 15 m con pendenze medie di 15° e massime di 45°-50°, mentre la scarpata di passaggio con il settore orientale si sviluppa con direzione N-S ma presenta pendenze medie inferiori a 10° e massime di 15°.

Gli effetti di amplificazioni litologiche interessano l'intero territorio comunale. In particolare lo scenario di amplificazione individuato per il comune di Madone è lo Z4a "Zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi".



### **3. CARTA DEI VINCOLI**

La "Carta dei Vincoli" – Allegato 2 individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico e propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica. Ai sensi del D.G.R. 22 dicembre 2005 sono state rappresentate su questa carta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore.

Per il territorio di Madone sono stati individuati i seguenti vincoli di natura "geologica":

- Vincoli di polizia idraulica: l'individuazione dei corsi d'acqua e le relative fasce di rispetto e norme tecniche ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni devono essere definite nello "Studio del Reticolo idrico Minore comunale". Qualora non sia disponibile tale studio si fa riferimento allo Studio Geologico che nel caso di Madone individua come corsi d'acqua il T. Dordo definendo le relative fasce di rispetto di 10 m. All'interno delle fasce di rispetto si applicano le norme della classe di fattibilità geologica 4b e le norme di Polizia Idraulica come definite dalla d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868;
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile: sono state riportate le aree di tutela assoluta (perimetro circolare del raggio di 10 m dalla testata del pozzo) e di rispetto (perimetro circolare del raggio di 200 m dalla testata del pozzo), ai sensi del d.lgs. 258/2000, art. 5, comma 4. All'interno delle fasce di rispetto si applicano le norme della classe di fattibilità geologica 3c ed in ogni caso le norme relative alle aree di rispetto e di tutela assoluta adeguate alle disposizioni previste dalla d.g.r. 10 aprile 2003, n. 7/12693: "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto, art. 21, comma 6, del d.lgs. 152/99 e successive modificazioni" emanate dalla Regione Lombardia.

#### **4. CONCLUSIONI**

Il comune di Madone, premesso che:

- è già dotato di studio geologico redatto ai sensi della legge regionale 41/97 (ultimo aggiornamento del Marzo 2000);
- è dotato di carta di sintesi e di fattibilità estese all'intero territorio comunale;
- il territorio comunale successivamente allo studio geologico del 2000 non ha subito modifiche dell'assetto geomorfologico a causa di eventi naturali;

ai sensi della D.G.R. 28 maggio 2008 (criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12/2005) ha aggiornato lo studio geologico esistente redigendo:

- uno studio sismico esteso a tutto il territorio (allegato 1);
- la carta dei vincoli (allegato 2).