

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI CREMONA

## COMUNE DI CREMA

VARIANTE PARZIALE

AL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (P.G.T.)  
E DEL PIANO DELLE ATTREZZATURE RELIGIOSE

# RELAZIONE GEOLOGICA

|   |   |
|---|---|
| Adozione:<br><br>Approvazione:  | Data:<br><br>Luglio 2015  |
| Il tecnico:<br><br><p style="text-align: center;"><b>Dott. Roberto Mariotti</b><br/><i>Geologo Specialista</i></p> <p>Corso Garibaldi, 95 – 26100 Cremona (CR)<br/>tel/fax: 0372-23266      tel: 335-6958159<br/>e-mail: <a href="mailto:drmariotti.roberto@libero.it">drmariotti.roberto@libero.it</a><br/>pec: <a href="mailto:mariottiroberto@epap.sicurezza postale.it">mariottiroberto@epap.sicurezza postale.it</a></p> |  |



## SOMMARIO

|   |   |
|---|---|
| 1 – PREMESSA.....                                   | 1 |
| 2 – RIFERIMENTI NORMATIVI.....                      | 2 |
| 3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....   | 3 |
| 4 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO..... | 4 |
| 5 – INQUADRAMENTO SISMICO .....                     | 5 |
| 6 – FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....                      | 7 |
| 7 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....                  | 8 |

# RELAZIONE GEOLOGICA

## 1 – PREMESSA

La presente **relazione geologica** è stata redatta, dietro incarico della Amministrazione Comunale di Crema (CR), a supporto della proposta di Variante Parziale al Piano di Governo del territorio (P.G.T.) e del Piano delle Attrezzature Religiose del Comune di Crema, di cui alla delibera di Giunta Comunale n. 00076/2014 del 24/03/2014 ed alla delibera di Giunta Comunale n. 39 del 23/02/2015.

La proposta di Variante Parziale al P.G.T. è organizzata in specifiche schede nelle quali è evidenziata e descritta sinteticamente la modifica proposta in riferimento ai seguenti macrotemi:

1. Revisione di alcuni Ambiti di Trasformazione.
2. Aggiornamento delle previsioni delle modalità attuative di alcune aree disciplinate dal Piano dei Servizi.
3. Recepimento dei contenuti prescrittivi introdotti dagli strumenti di Pianificazione di livello superiore.
4. Revisione delle previsioni del Piano dei Servizi per la realizzazione di edifici di culto e di attrezzature destinate a servizi religiosi.
5. Parziale revisione della disciplina inerente la trasferibilità dei diritti edificatori generati dalle previsioni dello strumento urbanistico.
6. Parziale aggiornamento delle Norme Tecniche con lo scopo di migliorarne l'interpretazione.
7. Rettifica di errori materiali ed imprecisioni negli elaborati grafici.

Gli ambiti territoriali oggetto di Variante, come rappresentato nella tavola PdR3, e gli ambiti destinati alle attrezzature religiose esistenti e di progetto, come rappresentato nella tavola PdS\_13, non subiranno alcuna modifica relativa agli aspetti geologici, geomorfologici, idrografici, idrogeologici e di fattibilità geologica descritti e rappresentati nel vigente “*Studio geologico, idrogeologico e sismico di supporto alla redazione del P.G.T. del Comune di Crema*”, redatto dal Dott. Geol. Giuseppe Malerba in marzo 2010, di seguito brevemente analizzati.

## 2 – RIFERIMENTI NORMATIVI

Si fornisce di seguito l'elenco della normativa di riferimento consultata per la realizzazione della presente relazione.

- **D.M. 14 gennaio 2008 (NTC08)** “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”.
- **Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti – Circolare 2 febbraio 2009 n° 617** “*Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*”.
- **O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274** “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”, e succ. modifiche e integrazioni.
- **O.P.C.M. 28 aprile 2006 n. 3519** “*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*”.
- **D.G.R. 7 novembre 2003 n. 14964** “*Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'O.P.C.M. 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»*”.
- **D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129** “*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*”.
- **D.G.R. 10 ottobre 2014 n. X/2489** “*Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 luglio 2014 n. 2129*”.
- **D.D.U.O. 21 novembre 2003 n. 19904** “*Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. 14964 del 7 novembre 2003*”.
- **Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile** “*Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica*”.
- **L.R. 11 marzo 2005 n. 12** “*Legge per il governo del territorio*”.
- **D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616** “*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005 n. 12*”.
- **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P)** – approvato con delibera di C.P. n. 95 del 9 luglio 2003.
- **Variante del P.T.C.P. di adeguamento alla l.r. 12/05-** approvata con delibera di C.P. n. 66 del 8 aprile 2009.
- **Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) del Comune di Crema** – approvato dal Consiglio Comunale con deliberazione n. 55 del 16 giugno 2011.

### **3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

Il riferimento principale per l'analisi degli aspetti geologici e geomorfologici degli ambiti territoriali in esame è rappresentato dalla Tav. 1A/1B “*Carta geologica e geomorfologica*” dello studio geologico di supporto al P.G.T. comunale, redatta sulla base della cartografia geologica ufficiale (Fig. 46 “Treviglio” della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000) e delle relative note illustrative (Comizzoli, Gelati, Passeri & Desio, 1969).

Ad esclusione di una fascia di territorio che si sviluppa in direzione meridiana in prossimità del corso del fiume Serio, il territorio comunale di Crema è caratterizzato essenzialmente dai terreni alluvionali di origine continentale costituiti dai depositi fluviali e fluvioglaciali appartenenti alla formazione geologica pleistocenica denominata “*Fluvioglaciale Wurm-Riss (fg<sup>WR</sup>)*”, che definisce il ripiano terrazzato noto come “*Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.)*”, la cui litologia è rappresentata perlopiù da sabbie e sabbie ghiaiose, con presenza di livelli a maggiore componente limosa a profondità variabile e di livelli superficiali argillosi e limoso argillosi in corrispondenza della depressione dei Mosi, con strato di alterazione di copertura generalmente inferiore al metro.

I terreni che caratterizzano la valle alluvionale del fiume Serio appartengono a formazioni geologiche più recenti (Olocene) che definiscono il sistema dei terrazzi sottostanti il L.F.P. e che sono costituite da depositi alluvionali a granulometria essenzialmente sabbiosa e ghiaiosa, con quasi totale assenza dello strato di alterazione pedogenetica superficiale, e limoso argillosa o torbosa in corrispondenza dei meandri abbandonati, successivamente colmati, sviluppati ai piedi dei terrazzi fluviali.

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio comunale è caratterizzato dalla depressione valliva del fiume Serio, una tipica valle fluviale “*a cassetta*” che si sviluppa in direzione N-S e che presenta una larghezza compresa tra m 1.700÷3.500, delimitata da scarpate morfologiche di rigetto variabile e per lunghi tratti smussate, obliterate e rimaneggiate dall'intervento antropico.

In corrispondenza del tratto settentrionale del fiume Serio è possibile distinguere l'andamento arcuato delle scarpate morfologiche naturali, sottoposte all'azione erosiva del corso d'acqua a meandri liberi, mentre nel tratto meridionale le numerose opere di difesa spondale e di ricalibratura hanno determinato una parziale rettifica del tracciato originario.

La porzione nord occidentale del territorio comunale è caratterizzata dalla depressione morfologica denominata “*Moso di Crema*”, basso topografico con caratteristiche palustri impostato entro il L.F.P. e delimitato da scarpate morfologiche di modesta entità, la cui origine è legata ad un dinamismo fluviale attivo evoluto successivamente verso fasi di alveo abbandonato.

#### **4 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO**

I riferimenti principali per l’analisi degli aspetti idrografici ed idrogeologici degli ambiti territoriali in esame sono rappresentati dalla Tav. 4A/4B “*Carta idrogeologica con elementi idrografici*” e dalla Tav. 6 “*Carta del rischio idrogeologico*” dello studio geologico di supporto al P.G.T. comunale.

Il reticolo idrografico secondario che caratterizza il territorio comunale, caratterizzato da canali e rogge con funzione irrigua e di colo delle acque in eccesso, è strettamente connesso con il fiume Serio, che si sviluppa in direzione N-S incassato all’interno della sua valle alluvionale in parte a sviluppo meandriforme ed in parte rettificato a seguito di interventi antropici successivi.

Le fasce di territorio che si sviluppano in prossimità del corso attuale del fiume Serio sono soggette a rischio di inondazione, connesso a criticità idrauliche diffuse (erosioni spondali e/o arginali, sormonti arginali) ed a criticità puntuali (sofferenza di strutture idrauliche); dette aree sono individuate dalla pianificazione di Bacino (P.A.I.) ed opportunamente recepite nella cartografia del P.G.T..

\* \* \*

L’assetto idrostratigrafico del sottosuolo del territorio comunale è quello tipico della pianura alluvionale, caratterizzato da depositi continentali Quaternari che definiscono acquiferi permeabili multistrato a spessore variabile, costituiti in prevalenza da sabbie grossolane e ghiaie poligeniche di elevata permeabilità, alternati a livelli argillosi impermeabili a sviluppo lenticolare o continuo, che si estendono per uno spessore complessivo di alcune centinaia di metri al di sopra dei fronti di avanzamento sepolti del Sistema Sudalpino ed Appenninico.

La realizzazione delle curve isofreatiche, sulla base di valori di soggiacenza della falda freatica rilevati in corrispondenza di opportuni punti di misura del livello freatico, ha permesso di

evidenziare la consistente azione drenante operata dall'alveo del fiume Serio, con cui le acque di falda sono in contatto idraulico, l'aumento della cadente idraulica in corrispondenza del centro abitato di Crema, presumibilmente connesso alla presenza della scarpata morfologica e di anomalie indotte da infrastrutture antropiche, tra cui l'effetto "trincea" prodotto dal diversivo Cresmiero, ed altre anomalie di flusso in corrispondenza di alcuni corsi d'acqua superficiali e dell'antica valle del fiume Serio Morto.

Dal confronto tra le quote della superficie topografica e le quote della superficie piezometrica della falda freatica sono stati individuati n. 3 principali intervalli di soggiacenza della falda freatica: inferiore a m. 2,00 da p.c. (in corrispondenza dei Mosi e di alcune zone in prossimità del Serio e nella porzione orientale del territorio), tra m. 2,00÷5,00 (in gran parte del territorio) e tra m. 5,00÷10,00 da pc. (in alcune aree del centro storico e nella porzione SO del territorio).

## 5 – INQUADRAMENTO SISMICO

I riferimenti principali per l'analisi degli aspetti sismici degli ambiti territoriali in esame sono rappresentati dalla Tav. 8A/8B "Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello" e dalla Tav. 9A/9B "Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello" dello studio geologico di supporto al P.G.T. comunale.

Il territorio comunale di Crema, in seguito all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 ed alla d.g.r. 14964/03 della Regione Lombardia, è stato classificato in **Zona Sismica 4** (sismicità molto bassa).

Successivamente, l'O.P.C.M. 3519/2006 ha stabilito che la nuova suddivisione in zone sismiche da parte della Regione Lombardia deve avere come riferimento una nuova mappa di pericolosità sismica, allegata all'O.P.C.M., nella quale vengono espressi i valori di accelerazione sismica di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, risultato di valutazioni relative alla **pericolosità sismica** che hanno avuto come riferimento la **zonazione sismogenetica ZS9**, realizzata per tutto il territorio nazionale dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Gruppo di lavoro MPS 2004).

Come si evince dalla mappa probabilistica interattiva della pericolosità sismica del territorio nazionale dell'I.N.G.V. (Progetto S1), espressa su una griglia regolare a passo 0.05° relativamente al parametro dello scuotimento  $a_g$  (accelerazione sismica orizzontale massima del suolo),

corrispondente in ambito internazionale alla **PGA** (peak ground acceleration), con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tempo di ritorno  $T_R = 475$  anni) e riferita a suoli molto rigidi (categoria A,  $V_s > 800$  m/s), il territorio comunale di Crema ricade in un intervallo di valori di accelerazione sismica ag compresi tra **0,075g e 0,100g**, ponendolo di fatto in **Zona Sismica 3** e non in Zona Sismica 4, come si evince dalla tabella riportata nell'O.P.C.M. 3274/2003.

| zona | accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni<br>[ $a_g/g$ ] | accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)<br>[ $a_g/g$ ] |
|------|---|--|
| 1    | > 0,25  | 0,35   |
| 2    | 0,15-0,25   | 0,25   |
| 3    | 0,05-0,15   | 0,15   |
| 4    | <0,05   | 0,05   |

In accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica, la Giunta Regionale ha approvato, con d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129, l'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia, che sarebbe dovuto entrare in vigore dal 14 ottobre 2014.

Con successiva delibera, la d.g.r. 10 ottobre 2014 n. X/2489, la Giunta Regionale ha stabilito il differimento della dgr 2129/2014 al **14 ottobre 2015**, disponendo tuttavia che nelle more dell'entrata in vigore della nuova classificazione sismica nei Comuni riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 tutti i progetti delle strutture riguardanti nuove costruzioni dovranno essere redatti in linea con le norme tecniche vigenti nella Zona Sismica 3.

L'aggiornamento della zonazione sismica permette di armonizzare la suddivisione tecnico amministrativa del territorio regionale in zone sismiche con il reticolo dei parametri sismici, basato sulla citata mappa di pericolosità sismica estesa a tutto il territorio nazionale, che rappresenta il riferimento della **progettazione antisismica** delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08), attraverso il quale è possibile determinare l'azione sismica agente sulle costruzioni in un generico sito.

Pertanto a seguito di tale aggiornamento in Comune di Crema, riclassificato in **Zona Sismica 3** (sismicità bassa), dovrà essere adottato un regime normativo più restrittivo e maggiormente attento alla componente sismica sia a livello di pianificazione che di progettazione degli interventi.

A tale fine, come disposto dalla d.g.r. X/2129/2014, l'Amministrazione Comunale di Crema ha conferito allo scrivente l'incarico di aggiornare la componente sismica del vigente studio geologico di supporto al P.G.T. e di conseguenza le "Norme Geologiche di Piano" in esso contenute.

Detto aggiornamento non apporta modifiche alla metodologia utilizzata per valutare la **Pericolosità Sismica Locale (PSL)** del territorio comunale, di cui al cap. 9 del vigente studio geologico, ma solamente alla normativa di riferimento ("*Norme Geologiche di Piano*").

## **6 – FATTIBILITÀ GEOLOGICA**

Il riferimento principale per l'analisi della fattibilità geologica degli ambiti territoriali in esame è rappresentato dalla Tav. 12A/12B "*Carta della fattibilità geologica delle azioni di Piano e classi di fattibilità*" dello studio geologico di supporto al P.G.T. comunale.

La maggior parte del territorio comunale è inserita in classe di fattibilità geologica 1 (fattibilità senza particolari limitazioni) e classe di fattibilità geologica 2 (fattibilità con modeste limitazioni), che caratterizzano aree con soggiacenza della falda freatica generalmente superiore a m. 2,00 da p.c. e con terreni di fondazione compatibili con il campo di tensioni applicato ai terreni dalle opere più comuni.

Le aree assegnate alla classe di fattibilità geologica 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) presentano limitazioni derivanti essenzialmente da problemi idraulici (potenziale inondazione), idrogeologici (soggiacenza della falda freatica inferiore a m. 2,00 da p.c.) e geotecnici (terreni argillosi ed argilloso limosi a scadenti proprietà geomeccaniche ed aree con presenza di riporto).

Le aree ricadenti in classe di fattibilità geologica 4 (fattibilità con gravi limitazioni) si sviluppano in prossimità dell'alveo del fiume Serio e sono potenzialmente soggette a rischio di inondazione.

Il citato aggiornamento della componente sismica del vigente studio geologico del P.G.T. non apporterà alcuna modifica alla delimitazione areale delle classi di fattibilità ma esclusivamente una modifica della normativa riportata nella tabella delle prescrizioni contenuta nella Tav. 12A/12B.

## **7 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Dietro incarico della Amministrazione Comunale di Crema (CR), è stata redatta la presente relazione geologica a supporto della proposta di Variante Parziale al Piano di Governo del territorio (P.G.T.) e del Piano delle Attrezzature Religiose del Comune di Crema.

Sono stati analizzati sinteticamente i principali aspetti geologici, geomorfologici, idrografici, idrogeologici e di fattibilità geologica del territorio comunale, così come descritti e rappresentati nel vigente studio geologico di supporto al P.G.T..

Dall'analisi delle schede relative alla proposta di Variante Parziale al P.G.T. e del Piano delle Attrezzature Religiose, emerge che gli ambiti territoriali interessati non subiranno alcuna modifica relativa agli aspetti analizzati.

In particolare, sono state analizzate in dettaglio le schede n. 17 e n. 18 relative al recepimento dei contenuti prescrittivi introdotti dagli strumenti di Pianificazione di livello superiore, da cui è emerso quanto segue.

### Scheda n. 17

Si prende atto della proposta di traslazione dell'individuazione della scarpata morfologica e dello stralcio della scarpata morfologica di via Cremona inserita nelle tavole del P.G.T. e del P.T.C.P.; analisi geologiche approfondite, consistenti in trincee esplorative realizzate in corrispondenza dell'orlo di scarpata e lungo un allineamento ad esso parallelo, hanno permesso di verificare che il terrazzo delimitato dalla scarpata è composto da materiale di riporto di origine antropica, tale per cui la scarpata oggetto di stralcio non possiede le caratteristiche di emergenza morfologico-naturalistica che ne giustificano il regime di tutela ai sensi dell'art. 16.4 della Normativa del P.T.C.P..

### Scheda n. 18

Si prende atto della proposta di modifica dell'andamento della fascia B del P.A.I. in corrispondenza dell'ex cava Ghilardi di via Visconti, avanzata sulla base sui risultati delle recenti verifiche effettuate dall'Autorità di Bacino del fiume Po nell'ambito dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda". Le simulazioni idrauliche in esso effettuate hanno dimostrato difatti che l'area di lavorazione risulta esterna al limite delle aree allagabili con tempo di ritorno  $T_R=500$  anni (Tav. SE-05) in quanto

**Dott. Roberto Mariotti** – *Geologo Specialista*  
Corso Garibaldi, 95 – 26100 Cremona (CR)  
e-mail: [drmariotti.roberto@libero.it](mailto:drmariotti.roberto@libero.it)

tel/fax: 0372-23266  
cell: 335-6958159  
pec: [mariottiroberto@epap.sicurezza postale.it](mailto:mariottiroberto@epap.sicurezza postale.it)

---

sviluppata sul terrazzo morfologico a quote decisamente superiori rispetto alle quote sia della piena di riferimento del P.A.I. ( $T_R=200$  anni) sia della piena catastrofica ( $T_R=500$  anni).

In riferimento agli aspetti sismici, la recente riclassificazione del territorio comunale da Zona Sismica 4 a Zona Sismica 3 ha reso necessario un opportuno aggiornamento della componente sismica dello studio geologico di supporto al P.G.T. e delle “*Norme Geologiche di Piano*”.

Cremona, luglio 2015

Il tecnico  
Dott. Geol. Roberto Mariotti



**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'**  
**(Art. 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)**

Il sottoscritto.....**Dott. Geol. Roberto Mariotti**.....  
nato a .....**S. Angelo Lodigiano (LO)**.....il.....**30/05/1976**.....  
residente a.....**Cremona (CR)**.....in via .....**Palestro**.....n.....**62**.....  
con studio professionale in .....**Cremona (CR)**.....via.....**Corso Garibaldi**.....n.....**95**.....  
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione.....**Lombardia – Sezione A**..... n.....**1545 AP**...  
incaricato dal Comune di ..... **Crema** .....(prov. ...**CR**...) con Det./Del. n..... del.....:

di redigere una relazione geologica sintetica a supporto della Variante Parziale al Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) e del Piano delle attrezzature religiose del Comune di Crema (CR)

**consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera ( art. 75 D.P.R. 445/2000);**

**DICHIARA**

- che non si è resa necessaria la redazione di un completo Studio Geologico di supporto alla Variante Urbanistica in quanto il Comune di Crema (CR) è provvisto di Studio Geologico di supporto al P.G.T. denominato "*Studio geologico, idrogeologico e sismico di supporto alla redazione del P.G.T. del Comune di Crema*", redatto dal Dott. Geol. Giuseppe Malerba in marzo 2010, che esprime la fattibilità geologica delle aree oggetto di Variante ed è conforme alla l.r. 11 marzo 2005 n°12 "*Legge per il governo del territorio*";
- che la relazione geologica sintetica redatta non apporta modifiche alla cartografia del vigente Studio Geologico di supporto al P.G.T. e non propone aggiornamenti al mosaico della fattibilità geologica.

**ASSEVERA**

- la congruità tra le previsioni urbanistiche della Variante Parziale al P.G.T. e del Piano delle attrezzature religiose e le classi di fattibilità geologica assegnate nel vigente Studio Geologico del P.G.T. considerata la relativa normativa d'uso.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

**Cremona, luglio 2015**

**Il Dichiarante**

Dott. Geol. Roberto Mariotti



Ai sensi dell'art. 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta o inviata insieme alla fotocopia, non autenticata di un documento di identità del dichiarante, all'ufficio competente via fax, tramite un incaricato, oppure a mezzo posta. La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (art. 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'art. 37 D.P.R. 445/2000.



REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI CREMONA

## COMUNE DI CREMA

### STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DEL P.G.T.

L.R. 11-03-2005 n° 12 \_ D.G.R. 22-12-2005 n° 8/1566

D.G.R. 28-05-2008 n° 8/7374 \_ D.G.R. 30-11-2011 n° 9/2616

### AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE SISMICA

D.G.R. 11-07-2014 n° X/2129

|   |   |
|---|---|
| Adozione:<br><br>Approvazione:  | Data:<br><br>Luglio 2015  |
| Il tecnico:<br><br><p style="text-align: center;"><b>Dott. Roberto Mariotti</b><br/><i>Geologo Specialista</i></p> <p>Corso Garibaldi, 95 – 26100 Cremona (CR)<br/>tel/fax: 0372-23266    tel: 335-6958159<br/>e-mail: <a href="mailto:drmariotti.roberto@libero.it">drmariotti.roberto@libero.it</a><br/>pec: <a href="mailto:mariottiroberto@epap.sicurezza postale.it">mariottiroberto@epap.sicurezza postale.it</a></p> |  |

## SOMMARIO

|  |    |
|--|----|
| 1 – PREMESSA.....  | 1  |
| 2 – INQUADRAMENTO NORMATIVO.....   | 2  |
| 3 – DEFINIZIONE DI RISCHIO SISMICO E DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....                                    | 5  |
| 4 – METODOLOGIA UTILIZZATA.....  | 8  |
| 5 – APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA AL TERRITORIO COMUNALE.....                                       | 10 |
| 5.1 – Primo livello di approfondimento.....  | 10 |
| 5.1.1 – Scenario di pericolosità sismica locale Z2 – Cedimenti / Liquefazioni.....                   | 11 |
| 5.1.2 – Scenario di pericolosità sismica locale Z4a<br>Amplificazioni litologiche e geometriche..... | 16 |
| 5.2 – Considerazioni conclusive relative al 1° livello di approfondimento.....                       | 18 |
| 5.3 – Secondo livello di approfondimento.....  | 19 |
| 5.4 – Considerazioni conclusive relative al 2° livello di approfondimento.....                       | 23 |
| Bibliografia.....  | 25 |

# AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE SISMICA DEL P.G.T.

## 1 – PREMESSA

Il Comune di Crema è dotato di Piano di Governo del Territorio (P.G.T.), adottato dal Consiglio Comunale con deliberazione n. 90 del 21 dicembre 2010 ed approvato dal Consiglio Comunale con deliberazione n. 55 del 16 giugno 2011.

Come disposto dall'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 "*Legge per il governo del territorio*", le componenti geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. sono state definite all'interno dello "*Studio geologico, idrogeologico e sismico di supporto alla redazione del P.G.T. del Comune di Crema*", redatto in marzo 2010 dal Dott. Geol. Giuseppe Malerba sulla base dei criteri attuativi della l.r. 12/2005 in vigore alla data di realizzazione dello studio (d.g.r. 8/1566/2005, d.g.r. 8/7374/2008).

Successivamente, in accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica allegata all'O.P.C.M. 28 aprile 2006 n. 3519 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", la Giunta Regionale della Regione Lombardia ha approvato la d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129 "*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*", disponendo per i Comuni riclassificati l'aggiornamento della componente sismica degli studi geologici di supporto agli strumenti urbanistici in occasione della revisione periodica del Documento di Piano del P.G.T..

In base a detto aggiornamento, il territorio comunale di Crema è stato riclassificato da **Zona Sismica 4** (sismicità molto bassa) a **Zona Sismica 3** (sismicità bassa).

Con successiva delibera, la d.g.r. 10 ottobre 2014 n. X/2489 "*Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 luglio 2014 n. 2129*", la Giunta Regionale ha stabilito il differimento della d.g.r. 2129/2014 al **14 ottobre 2015**, disponendo tuttavia che nelle more dell'entrata in vigore della nuova classificazione sismica nei

Comuni riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 tutti i progetti delle strutture riguardanti nuove costruzioni dovranno essere redatti in linea con le norme tecniche vigenti nella Zona Sismica 3.

A seguito della riclassificazione sismica del territorio comunale, in considerazione del regime normativo più restrittivo e maggiormente attento alla componente sismica, sia a livello di pianificazione che di progettazione degli interventi, imposto dal passaggio alla Zona Sismica 3, l'Amministrazione Comunale ha conferito pertanto allo scrivente l'incarico di aggiornare la componente sismica del vigente studio geologico di supporto al P.G.T. (cap. 9).

L'aggiornamento della componente sismica dello studio geologico del P.G.T. non apporterà modifiche alla metodologia utilizzata per valutare la **Pericolosità Sismica Locale (PSL)** del territorio comunale, ma solamente alla normativa di riferimento (*“Norme Geologiche di Piano”*).

## 2 – INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il riferimento normativo principale relativamente alla progettazione, all'esecuzione ed al collaudo delle costruzioni è rappresentato dal d.m. 14 gennaio 2008 *“Norme Tecniche per le Costruzioni”*, entrato in vigore per tutte le tipologie di costruzioni, dopo un periodo sperimentale, il 1° luglio 2009.

Lo stesso d.m. 14 gennaio 2008, tuttavia, per le costruzioni di tipo 1 e 2 e classe d'uso I e II, così come definite nel decreto stesso (Cap. 2), e limitatamente ai siti ricadenti in Zona Sismica 4, ammette in paragrafo 2.7 il riferimento, per quanto riguarda le opere ed i sistemi geotecnici, al d.m. 11 marzo 1988 *“Norme Tecniche per i terreni, le rocce e la stabilità dei pendii”* e relativa c.m. 24 settembre 1988 n. 30483, nonché al d.m. 16 gennaio 1996 *“Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche”* e relativa c.m. 10 aprile 1997 n. 65.

Il rispetto delle disposizioni del d.m. 14-01-08 è in ogni caso obbligatorio per gli edifici e le opere infrastrutturali di interesse strategico per finalità di protezione civile, nonché per gli edifici e le opere infrastrutturali rilevanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, ricadenti rispettivamente in classe d'uso IV e classe d'uso III, come riportato nel decreto ministeriale.

Successivamente all'approvazione del d.m. 14 gennaio 2008, la Regione Lombardia ha emanato la d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 e la d.g.r. 30 novembre 2011 n. 9/2616, che definiscono i criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12/2005, all'interno delle quali viene più volte sottolineata l'importanza di una corretta definizione della componente sismica del P.G.T. comunale, da realizzarsi sulla base delle disposizioni nazionali e delle indicazioni tecniche previste

dall'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”*.

L'O.P.C.M., che suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche, identificate attraverso una numerazione crescente al diminuire del sisma atteso, con successive integrazioni e/o modificazioni è entrata in vigore, per gli aspetti relativi alla classificazione sismica, il 23 ottobre 2005, in coincidenza con l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 *“Norme Tecniche per le Costruzioni”*, il quale recepisce ed integra sia la documentazione tecnica dell'O.P.C.M. 3274/03 che la classificazione sismica in essa proposta.

Il Comune di Crema, sulla base delle disposizioni dell'O.P.C.M. 3274/2003, è stato inserito in Zona Sismica 4, come confermato dalla Regione Lombardia con d.g.r. 14964/03 *“Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'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»”*.

In recepimento del d.m. 14 settembre 2005 e delle indicazioni riportate in All. 1 dell'O.P.C.M. 3274/03, è stata emanata successivamente l'O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 *“Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*, dove viene indicato che l'individuazione delle zone sismiche dovrà assumere come riferimento la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

In accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica allegata all'O.P.C.M. 3519/2006, la Giunta Regionale della Regione Lombardia ha approvato la d.g.r. 2129/2014, in base alla quale il territorio comunale di Crema è stato inserito in Zona Sismica 3.

Allo stato attuale, come riportato all'interno delle d.g.r. 7374/2008 e d.g.r. 2616/2011, ai sensi del d.m. 14 gennaio 2008 la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione **non** è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, sulla base di un reticolo di riferimento esteso all'intero territorio nazionale.

Come descritto nell'All. A del d.m. 14 gennaio 2008, l'azione sismica di riferimento per la progettazione dovrà essere definita sulla base dei valori stimati di pericolosità sismica proposti

dall'I.N.G.V. all'interno del "Progetto SI", successivamente elaborati dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e riportati nelle tabelle di cui ad All. B del citato d.m..

Pertanto, la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03 e dell'O.P.C.M. 3519/06) ha un significato esclusivamente amministrativo, e nell'analisi della componente sismica del territorio comunale individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria.

La metodologia di valutazione proposta dalla Regione Lombardia in All. 5 della d.g.r. 2616/2011, "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.", prevede difatti **tre livelli di approfondimento** con grado di dettaglio crescente; essa aggiorna le precedenti procedure di analisi, basandosi sui risultati ottenuti su alcune aree campione in territorio regionale dallo studio – pilota "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in determinati Comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l'analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla d.g.r. n° 14964 del 7 novembre 2003", redatto dal Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Strutturale (marzo 2005), successivamente integrati e/o modificati in funzione delle nuove disposizioni riportate nel d.m. 14 gennaio 2008.

Con l'approvazione del d.m. 14 gennaio 2008, dunque, il concetto di zonazione sismica è stato totalmente superato, sostituito da un approccio di tipo quantitativo–probabilistico ed interpolatorio–deterministico, che ha portato alla definizione ed alla realizzazione di un reticolo di riferimento su tutto il territorio nazionale, attraverso il quale è possibile determinare l'azione sismica agente sulle costruzioni in un generico sito.

Con tale metodologia le azioni sismiche di progetto, e quindi la pericolosità sismica di un generico sito di costruzione, presenta una discreta variabilità anche all'interno di uno stesso territorio, in funzione sia dei parametri ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) che, secondo differenti tempi di ritorno ( $T_R$ ), definiscono le forme spettrali e la "pericolosità sismica di base", sia del fattore suolo (S), legato agli effetti di amplificazione locale (stratigrafica e topografica) che caratterizzano la "risposta sismica locale".

Sulla base della situazione normativa sopra esposta, all'interno del presente studio l'analisi della componente sismica viene affrontato seguendo i criteri di cui alla d.g.r. 2616/2011, approfondendo anche alcuni argomenti trattati nel d.m. 14 gennaio 2008, quali ad esempio la definizione di pericolosità sismica e la valutazione dell'accelerazione di progetto da utilizzare nella verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione.

### 3 – DEFINIZIONE DI RISCHIO SISMICO E DI PERICOLOSITÀ SISMICA

La valutazione del rischio sismico (R) associato ad un evento tellurico è funzione della pericolosità (P), distinta in pericolosità sismica di base (PSB) ed in pericolosità sismica locale (PSL), della vulnerabilità (V) e del valore esposto (E), concetti di seguito brevemente descritti:

- **Pericolosità sismica di base (PSB):** rappresenta la probabilità che l'evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento;
- **Pericolosità sismica locale (PSL):** rappresenta una stima a scala di dettaglio delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito in cui si prevede l'evento sismico (condizioni locali);
- **Vulnerabilità (V):** rappresenta il grado di suscettibilità del territorio agli effetti negativi prodotti dal fenomeno considerato, ovvero l'attitudine dell'elemento a rischio a subire danni, ed è funzione della distribuzione dell'urbanizzato, della densità della popolazione, della distribuzione delle attività e dei servizi pubblici, dell'ambiente naturale;
- **Valore esposto (E):** rappresenta il valore socio – economico relativo agli elementi a rischio ed è funzione della tipologia dell'elemento stesso (ospedali, scuole, case, stalle,...).

Il **rischio (R)** connesso con un determinato evento sismico rappresenta il prodotto tra questi tre fattori:

$$R = P \times V \times E$$

Esso rappresenta pertanto il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alle proprietà ed alle attività economiche dovuti ad un evento sismico di una data intensità che ha coinvolto una particolare area per un dato periodo di tempo.

In particolare, le analisi e gli studi riguardanti la pericolosità sismica locale (PSL) hanno permesso di individuare, in determinate caratteristiche proprie del terreno e del suo assetto morfologico, alcune delle cause che possono variare la pericolosità sismica di base (PSB) di un territorio e di conseguenza rendere alcune aree più pericolose di altre.

I differenti effetti che le condizioni locali di un'area possono determinare, sono suddivisi in due categorie principali:

1. **Effetti di sito o di amplificazione sismica locale:** interessano i terreni che presentano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono legati alle caratteristiche topografiche e/o litologiche del territorio in grado di generare un'esaltazione locale delle azioni sismiche di base;
2. **Effetti di instabilità:** interessano i terreni che presentano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e possono causare fenomeni di franamento, di liquefazione, di subsidenza, di cedimento assoluto e differenziale.

All'interno del d.m. 14 gennaio 2008, del quale si fornisce di seguito un breve stralcio, la **pericolosità sismica** costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati.

*“ [...] La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{v_R}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purchè correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini della presente normativa, le **forme spettrali** sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{v_R}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:*

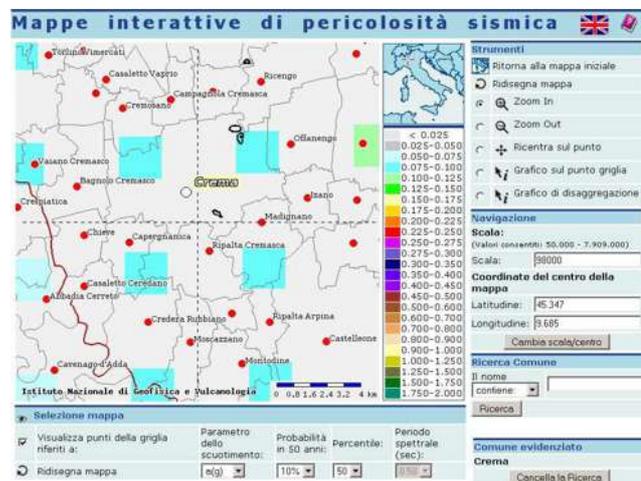
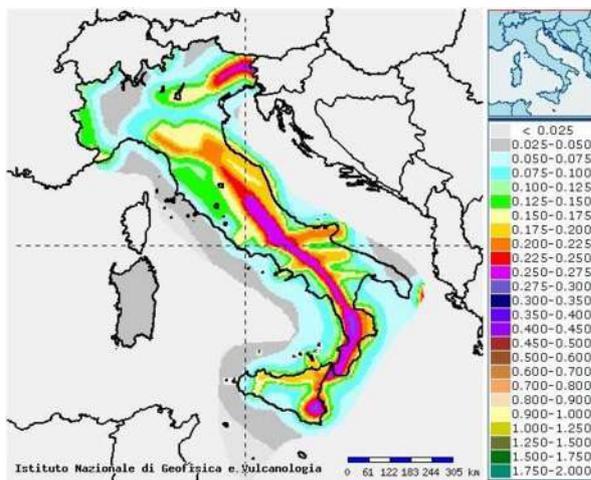
- $a_g$  *accelerazione orizzontale massima al sito*
- $F_o$  *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale*
- $T_c^*$  *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale*

*In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.”*

La pericolosità sismica sopra citata rappresenta la **pericolosità sismica di base**, derivante da studi condotti a livello nazionale che hanno portato alla realizzazione del **reticolo o griglia di riferimento**; individuata, per un determinato tempo di ritorno  $T_R$  (**intervallo di riferimento**), l'azione sismica di base, l'azione sismica di progetto viene ottenuta tenendo in considerazione la risposta sismica locale del sito in esame, ossia gli effetti di amplificazione sismica locale.

Si riportano di seguito due stralci della mappa probabilistica interattiva della pericolosità sismica del territorio nazionale dell’I.N.G.V. (Progetto S1), espressa su una griglia regolare a passo 0.05° relativamente al parametro dello scuotimento  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del suolo), corrispondente in ambito internazionale alla **PGA** (peak ground acceleration), con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tempo di ritorno  $T_R = 475$  anni) e riferita a suoli molto rigidi (categoria A,  $V_s > 800$  m/s), risultato di valutazioni relative alla pericolosità sismica che hanno avuto come riferimento la **zonazione sismogenetica ZS9**.

Dall’analisi della mappa probabilistica, si evince che il territorio comunale di Crema ricade in un intervallo di valori di accelerazione sismica  $a_g$  compresi tra **0,075g e 0,100g**, ponendolo di fatto in **Zona Sismica 3** e non in Zona Sismica 4, come da tabella riportata nell’O.P.C.M. 3274/2003.



| zona | accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni | accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) |
|------|--|---|
|      | $[a_g/g]$  | $[a_g/g]$   |
| 1    | $> 0,25$   | 0,35  |
| 2    | 0,15-0,25  | 0,25  |
| 3    | 0,05-0,15  | 0,15  |
| 4    | $< 0,05$   | 0,05  |

Per la definizione dell’azione sismica di progetto di un sito specifico, ovvero della **pericolosità sismica locale**, è quindi necessario valutare l’influenza delle condizioni geologiche e geomorfologiche della zona (condizioni locali) sulla pericolosità sismica di base, valutando sia gli effetti di amplificazione che può subire il moto sismico di riferimento che gli effetti di instabilità cui sono sottoposti i terreni di fondazione se sottoposti ad una sollecitazione sismica.

#### 4 – METODOLOGIA UTILIZZATA

In base alle disposizioni riportate all'interno della d.g.r. 2616/2011, la valutazione della **Pericolosità Sismica Locale (PSL)** e degli effetti prodotti dalle condizioni locali di una determinata area avviene attraverso una procedura organizzata in una struttura modulare.

Tale procedura prevede tre livelli di approfondimento, con grado di dettaglio in ordine crescente:

- **1° Livello di approfondimento:** approccio di tipo qualitativo, permette il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica, e quindi dei differenti scenari di pericolosità sismica locale, sulla base dei dati relativi all'assetto geologico, geomorfologico, litologico, idrogeologico e geotecnico del territorio in esame, propedeutico ai successivi livelli di approfondimento.
- **2° Livello di approfondimento:** approccio di tipo semi – quantitativo, permette l'analisi degli effetti di sito o di amplificazione sismica locale attraverso la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).
- **3° Livello di approfondimento:** approccio di tipo quantitativo, permette l'analisi sia degli effetti di instabilità, attraverso indagini ed analisi approfondite, che degli effetti di sito o di amplificazione sismica locale, con metodologie che prevedono un dettaglio maggiore di quelle utilizzate nel 2° livello.

In funzione dello scenario di pericolosità sismica locale (PSL), così come individuato nel 1° livello di approfondimento, e della zona sismica di appartenenza del territorio comunale in esame, ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03, si dovrà passare ove previsto ai successivi livelli.

Si riporta di seguito la tabella, di cui alla d.g.r. 2616/2011, nella quale sono elencati i principali scenari di pericolosità sismica locale (PSL), individuati attraverso una sigla alfanumerica, e gli effetti che potrebbero verificarsi all'interno delle aree ad essi associate in occasione di un evento sismico.

| <b>SIGLA</b> | <b>SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)</b>    | <b>EFFETTI</b> |
|--------------|--|----------------|
| <b>Z1a</b>   | Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi          | Instabilità    |
| <b>Z1b</b>   | Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti      |                |
| <b>Z1c</b>   | Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana |                |

|            |  |  |
|------------|--|--|
| <b>Z2a</b> | Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti   | Cedimenti                                |
| <b>Z2b</b> | Zone con depositi granulari fini saturi  | Liquefazioni                             |
| <b>Z3a</b> | Zona di ciglio H > 10 m  | Amplificazioni topografiche              |
| <b>Z3b</b> | Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo  |  |
| <b>Z4a</b> | Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi | Amplificazioni litologiche e geometriche |
| <b>Z4b</b> | Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre                          |  |
| <b>Z4c</b> | Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi   |  |
| <b>Z4d</b> | Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale                              |  |
| <b>Z5</b>  | Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse  | Comportamenti differenziali              |

Nella tabella che segue vengono presentati i livelli di approfondimento da effettuare in funzione della zona sismica di appartenenza del territorio comunale.

| <b>LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE</b> |              |   |  |
|--|--------------|---|--|
|  |              | <b>FASE PIANIFICATORIA</b>  | <b>FASE PROGETTUALE</b>  |
|  |              | <b>1° LIVELLO</b>   | <b>2° LIVELLO</b>  |
|  |              | <b>3° LIVELLO</b>   |  |
| <b>ZONA SISMICA<br/>2 – 3</b>                            | obbligatorio | Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili                   | - Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;<br>-Nelle zone PSL Z1 e Z2.                                    |
| <b>ZONA SISMICA<br/>4</b>                                | obbligatorio | Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n° 19904/03) | - Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;<br>-Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti. |

In sintesi:

- **1° Livello: fase pianificatoria** – Obbligatorio per tutti i comuni della Regione Lombardia ed esteso a tutto il territorio comunale.
- **2° Livello: fase pianificatoria**
  - Zone sismiche 2 e 3: obbligatorio nelle aree PSL Z3 e Z4 interferenti con l'urbanizzato esistente o di previsione.
  - Zona sismica 4: obbligatorio nelle aree PSL Z3 e Z4 con presenza di edifici strategici e rilevanti.
- **3° Livello: fase progettuale**
  - Quando con il 2° livello di approfondimento il valore di Fa (Fattore di amplificazione) calcolato supera il valore di soglia comunale.
  - Nelle aree PSL Z1 e Z2 (solo per edifici strategici e rilevanti in zona sismica 4).

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale, si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non dovranno 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.

## **5 – APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA AL TERRITORIO COMUNALE**

Il Comune di Crema è stato inserito, ai sensi dell'O.P.C.M. 3519/2006 e della d.g.r. 2129/2014, in **Zona Zismica 3**.

Sulla base delle indicazioni riportate in precedenza, il 1° livello di approfondimento in fase di pianificazione è obbligatorio e deve essere esteso all'intero territorio comunale.

Successivamente all'analisi delle aree di pericolosità sismica locale (PSL) individuate in questa fase, verrà valutato se sono presenti condizioni propedeutiche all'applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

### **5.1 – PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**

Il primo livello di approfondimento prevede la redazione della “*Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello*” (Tav. 8A/8B, scala 1:5.000), all'interno della quale devono essere rappresentati

gli ambiti territoriali caratterizzati dagli scenari di pericolosità sismica locale (PSL) individuati nel contesto territoriale in esame, in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Gli scenari PSL riconosciuti all'interno del territorio comunale di Crema sono i seguenti:

- **Scenario PSL Z2:** zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti e zone con depositi granulari fini saturi.
- **Scenario PSL Z4a:** zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.

Gli scenari di pericolosità sismica individuati vengono di seguito brevemente illustrati.

#### 5.1.1 – SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE Z2 – CEDIMENTI / LIQUEFAZIONI

All'interno dello scenario di pericolosità sismica locale individuato con la sigla Z2 ricadono sia terreni di fondazione caratterizzati da depositi coesivi saturi particolarmente scadenti che terreni di fondazione caratterizzati da depositi granulari fini saturi.

Tali terreni, dal punto di vista sismico, vengono classificati come “*sismicamente instabili*”, in quanto, in seguito allo sforzo di taglio indotto dall'azione sismica, possono essere soggetti sia a **cedimenti assoluti e differenziali**, dovuti ad un'improvvisa densificazione del terreno incoerente insaturo oppure determinati dalle scadenti proprietà geotecniche del materiale coesivo, sia saturo che insaturo, che a **fenomeni di liquefazione**, causati dalla perdita di resistenza al taglio di un terreno incoerente saturo a causa di un aumento istantaneo delle pressioni interstiziali, con conseguenti effetti di “*fluidificazione*” del terreno che determinano condizioni di instabilità anche di notevole entità.

L'analisi e la distribuzione areale di queste due tipologie di fenomeni, che potrebbero verificarsi in territorio comunale a seguito di una sollecitazione sismica, è stata effettuata sulla base delle informazioni derivanti dagli approfondimenti effettuati durante la fase di analisi e rappresentati nella relativa cartografia.

La verifica della suscettibilità dei terreni di fondazione ai cedimenti ed alla liquefazione rappresenta in fase di pianificazione solamente un'indicazione generale sul comportamento in condizioni sismiche dei depositi alluvionali oggetto di studio.

Tale verifica non può e non deve sostituire approfondimenti a dettaglio maggiore, da prevedere preliminarmente alla fase progettuale in funzione sia della tipologia dell'opera che dell'utilizzo della stessa, in particolar modo per edifici con funzioni pubbliche e strategiche importanti e/o edifici rilevanti il cui uso prevede affollamenti significativi.

### **Stima della suscettibilità ai cedimenti in condizioni sismiche (PSL Z2a)**

L'individuazione delle zone potenzialmente soggette a cedimenti assoluti e differenziali, sia in condizioni non sismiche che sismiche, si è basata esclusivamente sui risultati ottenuti nella fase di caratterizzazione geologico-tecnica preliminare dei terreni di fondazione, discussa nel Cap. 8 dello studio geologico di supporto al P.G.T..

La suddivisione del territorio comunale in aree omogenee dal punto di vista litologico e geomeccanico, così come rappresentato nella Tav. 7A / 7B “*Carta geologico-tecnica*”, sulla base di una metodologia che ha portato all'assegnazione di giudizi qualitativi sintetici relativi alle proprietà geologico-tecniche dei materiali che caratterizzano il sottosuolo, ha permesso di individuare differenti zone che presentano caratteristiche geomeccaniche scadenti, esclusivamente in corrispondenza del livello litologico superficiale presente a profondità comprese tra 1,00 m e 2,50 m dal p.c., ossia lo strato più direttamente influenzato da fondazioni superficiali.

Le aree menzionate sono: la porzione nord-occidentale del territorio comunale, coincidente con il Moso di Crema, due zone di limitate dimensioni all'interno della porzione orientale, una ristretta area nel centro edificato di Crema e la zona compresa tra Via Colombo ed il Colatore Cresmiero, a nord del depuratore Serio 1.

I materiali che caratterizzano dette aree sono rappresentati prevalentemente da depositi argillosi ed argilloso-limosi, nonché, in corrispondenza dell'area in centro storico e della zona localizzata a nord del depuratore, rispettivamente da materiale di riporto e da scorie di altoforno.

I terreni argillosi, data la loro elevata compressibilità, sono potenzialmente soggetti all'insorgere di cedimenti assoluti e differenziali, non compatibili con il campo di tensioni più frequentemente trasmesse al terreno dalla maggior parte delle opere, anche di modeste entità.

In aggiunta, il basso livello di soggiacenza della falda freatica superficiale, generalmente inferiore a 5,00 m in tutte le aree citate, con valori anche inferiori al metro nell'area del Moso, determina una ulteriore diminuzione della capacità portante dei terreni di fondazione, i quali risultano inadeguati a garantire la stabilità delle strutture in superficie se non attraverso opportuni interventi di miglioramento e/o l'adozione di tipologie di fondazione indirette.

In riferimento alle aree che presentano una coltre superficiale di materiali di riporto e/o scorie di altoforno, l'assenza di precise indicazioni relative alla tipologia ed allo spessore degli stessi, rende tali zone decisamente sfavorevoli all'edificazione, essendo i terreni di riporto potenzialmente suscettibili al fenomeno dei cedimenti; ogni intervento edificatorio in tali zone dovrà prevedere

opportuni interventi di bonifica dei terreni superficiali, fino al raggiungimento dei livelli di terreno in posto in grado di garantire sufficiente stabilità alle opere in progetto.

Le aree sopraccitate rappresentano dunque lo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2a, la cui delimitazione, ripresa dalla Tav. 7A / 7B, è stata rappresentata nella cartografia di cui alla Tav. 8A / 8B “*Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello*” .

Si sottolinea che la suddivisione areale effettuata si è basata esclusivamente sulla valutazione delle proprietà geologico-tecniche del materiale che caratterizza i terreni di fondazione, a prescindere ovviamente dai parametri di progetto relativi alle strutture di fondazione, alle sovrastrutture ed ai carichi da esse trasmessi al terreno attraverso le fondazioni stesse.

### **Stima della suscettibilità alla liquefazione in condizioni sismiche (PSL Z2b)**

Con il termine “*liquefazione*” viene definita «*la circostanza, causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, caratterizzata da deformazioni permanenti significative o dall’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno*».

In particolare, con il termine “liquefazione” si definisce il fenomeno per cui un terreno incoerente saturo, sottoposto ad una sollecitazione sismica, assume un comportamento meccanico simile a quello dei liquidi, con l’annullamento quasi totale della sua resistenza al taglio  $\tau$  in seguito ad un aumento istantaneo della pressione interstiziale dell’acqua presente nei vuoti intergranulari.

A parità di altre condizioni, esso si verifica con maggiore probabilità in materiali incoerenti sabbiosi e/o sabbioso – limosi con elevato grado di saturazione e basso grado di addensamento, ossia bassa densità relativa  $D_r$  (%) ed elevato indice dei vuoti.

La vigente normativa, rappresentata dal d.m. 14 gennaio 2008 (NTC08), stabilisce che in fase di progettazione di nuove opere deve essere valutata la stabilità del sito di costruzione nei confronti della liquefazione, che determina potenziali effetti di instabilità nei confronti delle strutture di fondazione e delle strutture in elevazione.

Per condurre a liquefazione un terreno suscettibile al fenomeno è necessaria non solo l’occorrenza di un **forte sisma**, sia in termini di magnitudo che durata, ma anche di particolari condizioni litostratigrafiche, idrogeologiche e geomeccaniche dei terreni di fondazione.

La sicurezza nei confronti della liquefazione può essere valutata con procedure di analisi avanzata (specifiche analisi di risposta sismica locale e prove dinamiche di laboratorio) oppure mediante metodi semplificati, in funzione dell’importanza dell’opera e della sismicità dell’area di intervento.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle circostanze indicate nel par. 7.11.3.4.2 delle NTC08, tra le quali eventi sismici attesi di magnitudo  $M_w < 5$  e valori di  $a_{max} < 0,100g$  in condizioni di free field (riferiti allo stato limite S.L.V.).

Nel caso in esame, in fase di pianificazione, è possibile solamente fornire la magnitudo del sisma di riferimento ed individuare i terreni che, in base alle caratteristiche litologiche (granulometria), geologico-tecniche (grado di addensamento) ed idrogeologiche (soggiacenza della falda freatica), sono potenzialmente suscettibili al fenomeno della liquefazione.

La verifica effettiva della liquefazione in una zona ben definita necessita di ulteriori informazioni, riguardanti sia l'azione sismica di progetto che le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni di fondazione del sito indagato, in funzione della tipologia di opera in progetto.

La determinazione del potenziale di liquefazione (PL) dei terreni di fondazione nel territorio comunale e del rischio di liquefazione al quale esso è soggetto, come previsto dalla normativa, è stata effettuata mediante l'utilizzo del metodo semplificato di Seed & Idriss (1982), ampiamente riconosciuto dalla letteratura internazionale specializzata, attraverso il quale è possibile risalire, utilizzando i parametri geologico-tecnici preferibilmente ottenuti attraverso le prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T., al valore di un fattore di sicurezza (Fs), il cui andamento in profondità permette di individuare gli strati tendenzialmente liquefacibili.

Il fattore di sicurezza (Fs) è dato dal rapporto tra la resistenza al taglio mobilitante **R** caratteristica del materiale, ovvero il suo stato di deformazione critica, e lo sforzo di taglio **T** indotto dall'azione sismica, in funzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima al suolo ( $a_{max}$ ) e della magnitudo di riferimento del sisma di progetto (**M<sub>w</sub>**).

La scelta delle indagini penetrometriche da utilizzare nelle elaborazioni si è basata su una valutazione ragionata delle colonne litostratigrafiche disponibili e dell'ubicazione delle prove; sono state perciò scartate le indagini nelle quali non si rileva la presenza di materiale potenzialmente liquefacibile e quelle localizzate nelle aree che presentano scadenti proprietà geologico-tecniche, essendo queste già inserite nello scenario PSL Z2a in quanto soggette a cedimenti assoluti e differenziali in condizioni sismiche, come descritto in precedenza.

In corrispondenza di ogni verticale di indagine penetrometrica S.C.P.T. utilizzata, sono stati determinati i valori dei parametri sismici  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , calcolati in funzione delle esatte coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del punto di indagine, attraverso il foglio di calcolo "*Spettri NTC ver. 1.0.3*", reso disponibile dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che fornisce gli

spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per un generico sito del territorio nazionale.

Al fine di determinare l'accelerazione sismica massima attesa in superficie ( $a_{max}$ ), si è resa necessaria la valutazione dell'amplificazione stratigrafica locale, sulla base dei risultati ottenuti con le prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. ed utilizzando la formula, riportata nel d.m. 14-01-08, relativa alla determinazione della resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{spt30}$ , nonché dei valori di  $V_{s30}$  direttamente ottenuti in alcune aree del centro edificato di Crema attraverso indagini geofisiche realizzate con tecnica "Re.Mi." (Refraction Microtremor).

In funzione dei risultati emersi, all'intero territorio comunale è stata assegnata la **categoria di sottosuolo C**, alla quale appartengono "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti".

L'accelerazione sismica massima attesa in superficie ( $a_{max}$ ), determinata in corrispondenza delle aree indagate attraverso le prove penetrometriche dinamiche, relativamente allo stato limite ultimo **S.L.V.** (Stato Limite di Salvaguardia della Vita), si ottiene attraverso le seguente relazione:

$$a_{max} = a_g \cdot S = a_g \cdot 1,500$$

dove:

$a_g$  = accelerazione sismica massima attesa su suolo di riferimento rigido (Categoria A) a superficie topografica orizzontale, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (S.L.V.), corrispondente al valore di ancoraggio dello spettro di risposta elastico in accelerazione con  $T=0$  (T: periodo dell'oscillatore semplice); è espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ .

$S$  = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, ossia  $S = S_S \cdot S_T$ , essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica ed  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica. Nel caso in esame la categoria di sottosuolo è la C ed il valore di  $S$  è 1,500.

Il valore di  $a_g$  più elevato è associato ad un'area localizzata in località San Bernardino, in sinistra idrografica del Fiume Serio; il valore più elevato di accelerazione sismica massima attesa in superficie ( $a_{max}$ ) utilizzato nelle elaborazioni, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità, è stato pertanto il seguente:

$$a_{max} = a_g \cdot S = 0,108 \cdot 1,500 = 0,162 \text{ g} \quad [m/s^2]$$

Questo valore rappresenta l'accelerazione sismica massima attesa in superficie, espressa come frazione di  $g$ , in corrispondenza dell'area sopra menzionata, per azioni sismiche con  $T_R = 475$  anni (stato limite S.L.V.), relativamente a costruzioni ordinarie di tipo II con periodo di riferimento  $V_R = 50$  anni.

Come magnitudo di progetto ( $M_w$ ) del sisma atteso, è stato utilizzato in via cautelativa il valore della magnitudo massima attesa nella zona sismogenetica limitrofa al territorio comunale, ovvero la **zona ZS907**, denominata “*Bergamasco*”, alla quale è associato un valore di  $M_w = 6,14$ , come da tabella 2.8-1 degli “*Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS)*” di seguito riportata.

Tabella 2.8-1 – Valori di  $M_{wmax}$  per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

| Nome ZS  | Numero ZS   | $M_{wmax}$ |
|--|---|------------|
| Colli Albani, Etna   | 922, 936  | 5.45       |
| Ischia-Vesuvio   | 928   | 5.91       |
| Altre zone   | 901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934 | 6.14       |
| Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo                  | 918, 919, 910   | 6.37       |
| Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica | 905, 906, 915, 930  | 6.60       |
| Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto                                     | 924, 925, 931   | 6.83       |
| Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata                             | 923, 927  | 7.06       |
| Catabria tirrenica, Iblei  | 929, 935  | 7.29       |

Sulla base dei risultati ottenuti mediante l'utilizzo del metodo di Seed & Idriss, non si rilevano all'interno del territorio comunale terreni suscettibili al fenomeno della liquefazione, in occasione di eventi sismici di magnitudo paragonabile a quella di progetto utilizzata nelle elaborazioni.

Sarà comunque compito dei tecnici incaricati della programmazione delle indagini geognostiche e della progettazione degli interventi edificatori, sotto la loro responsabilità, valutare le componenti sismiche dei siti di progetto e verificare la stabilità delle opere nei confronti della liquefazione, come imposto dalla vigente normativa.

\* \* \*

In funzione delle valutazioni sopra riportate, all'interno della Tav. 8A/8B “*Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello*” lo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2 è rappresentato esclusivamente dalle aree che presentano scadenti caratteristiche geologico-tecniche e che di conseguenza sono potenzialmente suscettibili di significativi cedimenti, sia assoluti che differenziali, in condizioni sismiche (PSL Z2a).

### 5.1.2 – SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE Z4a – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE

Lo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a deve essere assegnato a tutte le aree di pianura che presentano depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi, i quali dal punto di vista sismico vengono classificati come “*sismicamente stabili*” in quanto, in seguito a sollecitazioni

sismiche, sono caratterizzati da fenomeni di amplificazione sismica legati alle loro particolari caratteristiche litologiche e geometriche.

Detti depositi, in funzione delle caratteristiche tessiturali e geomeccaniche e dei rapporti stratigrafici intercorrenti tra le differenti unità litologiche e tra queste ed il substrato roccioso, possono generare una variazione nell'ampiezza e nella frequenza delle onde sismiche che provoca un'amplificazione locale dell'azione sismica trasmessa dal terreno in seguito a fenomeni di riflessione multipla, di interferenza, di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno, di doppia risonanza tra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

In caso di aree di pianura alluvionale, come espresso dalle normative vigenti, il substrato di riferimento deve essere individuato in corrispondenza del materiale che presenta un valore di  $V_s$  (velocità delle onde sismiche secondarie o di taglio) pari o superiore a 800 m/s, per il quale l'amplificazione litologica attesa è nulla.

Il territorio comunale, come descritto nel Cap. 2 dello studio geologico di supporto al P.G.T. e rappresentato nella relativa Tav. 1A/1B “*Carta geologica e geomorfologica*”, è costituito da terreni appartenenti a tre Formazioni Geologiche, di seguito brevemente descritte, in ordine cronologico dalla più antica alla più recente:

- **fg<sup>WR</sup>** – **Fluvioglaciale Wurm-Riss** (Pleistocene Sup.): alluvioni fluvio-glaciali, sabbiose e ghiaiose, per lo più non alterate, corrispondenti al Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.); caratterizza la maggior parte del territorio comunale.
- **a<sup>1</sup>** – **Alluvioni Antiche** (Olocene Inf.): alluvioni sabbiose e ghiaiose, poligeniche, costituenti il sistema di terrazzi immediatamente sottostante il L.F.P.; sono presenti in un lembo di terrazzo in sinistra idrografica del Fiume Serio, nella zona nord-orientale del territorio comunale.
- **a<sup>2</sup>** – **Alluvioni Medio-Recenti** (Olocene Medio): alluvioni ghiaiose, sabbiose e limose degli alvei abbandonati ed attivi; caratterizzano la valle “a cassetta” del Fiume Serio.

Come si evince dalle descrizioni sopra presentate, l'intero territorio comunale di Crema presenta caratteristiche litologiche tali per essere considerato appartenente allo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, così come rappresentato in Tav. 8A / 8B.

## 5.2 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE RELATIVE AL 1° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

L'applicazione del 1° livello di approfondimento ha permesso di individuare, all'interno del territorio comunale di Crema, due differenti scenari di pericolosità sismica locale PSL, rappresentati nella Tav. 8A / 8B “*Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello*”, secondo le disposizioni della d.g.r. 7374/2008 e della d.g.r. 2616/2011:

- **Scenario PSL Z2:** comprende l'ampia depressione del Moso di Crema ed altre 4 aree di limitata estensione, ad esso assegnate in quanto caratterizzate da terreni di fondazione superficiali argillosi ed argilloso-limosi soggetti a potenziali cedimenti, che potrebbero determinare condizioni di instabilità rilevanti durante un evento sismico, oppure da materiale di riporto e/o scorie di altoforno, nel livello superficiale, di spessore e caratteristiche non ben definite.
- **Scenario PSL Z4a:** caratterizza tutti i depositi granulari e coesivi presenti in zone di pianura ovvero l'intero territorio comunale, comprensivo dell'ampia depressione valliva del Fiume Serio.

In seguito alle risultanze del 1° livello di approfondimento, l'applicazione dei successivi livelli al territorio comunale di Crema, che appartiene alla Zona Sismica 3, dovrà seguire le seguenti fasi:

- **2° Livello: fase pianificatoria**
  - Obbligatorio nelle aree PSL Z4a se interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile.
- **3° Livello: fase progettuale**
  - Nelle aree PSL Z4a quando con il 2° livello di approfondimento il valore di Fa (Fattore di amplificazione) calcolato supera il valore di soglia comunale.
  - Nelle aree PSL Z2 per tutte le tipologie di edifici.

Pertanto, si ritiene necessaria in fase di pianificazione l'applicazione del 2° livello di approfondimento per tutte le zone interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile interessate dallo scenario sismico PSL Z4a (effetti di amplificazione), estese all'intero territorio comunale, in quanto anche le zone interessate dallo scenario sismico PSL Z2 (effetti di instabilità), che rappresenta il fenomeno prioritario, sono interessate dallo scenario sismico PSL Z4a.

### 5.3 – SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Attraverso il 2° livello di approfondimento è stata effettuata una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione litologica attesi all'interno delle aree individuate nella procedura di 1° livello ed appartenenti allo scenario di pericolosità sismica PSL Z4a, potenzialmente suscettibili alle amplificazioni del segnale sismico di riferimento (azione sismica di base).

La procedura utilizzata, come descritto in All. 5 della d.g.r. 2616/2011, fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), riferito agli intervalli di periodo tra **0,1–0,5 s** e **0,5–1,5 s**, opportunamente scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale.

In particolare, l'intervallo tra **0,1–0,5 s** si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra **0,5–1,5 s** si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

L'applicazione del 2° livello di approfondimento permette di individuare le aree PSL Z4a nelle quali la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale, ovvero se il Fa calcolato risulta superiore al Fa di soglia, fornito dal Politecnico di Milano, relativo al Comune di Crema, riferito ad entrambi gli intervalli di periodo sopra menzionati ed in funzione della categoria di sottosuolo di riferimento, di cui al d.m. 14-01-2008.

La procedura relativa agli effetti litologici consiste brevemente in:

- Individuazione della litologia prevalente nel territorio in esame, attraverso l'analisi effettuata nei corrispondenti e specifici capitoli.
- Definizione della distribuzione delle Vs (velocità delle onde di taglio) con la profondità fino a valori di  $V_s \geq 800$  m/s e della categoria di sottosuolo di riferimento, di cui al d.m. 14-01-2008.
- Scelta della scheda litologica di valutazione di riferimento, riportata in All. 5 della d.g.r. 2616/2011.
- Determinazione algebrica del Fa relativo ai due intervalli di periodo citati.
- Confronto tra il Fa calcolato ed il Fa di soglia relativo al territorio comunale.
- Considerazioni conclusive.

In base ai risultati delle indagini geognostiche distribuite all'interno del territorio comunale ed in seguito all'analisi delle colonne stratigrafiche disponibili, è possibile individuare come litotipi dominanti sino ad una profondità di almeno 30 m dal p.c., valore di riferimento per la definizione della categoria di sottosuolo ( $V_{s30}$ ), i depositi sabbioso limosi la cui granulometria rientra in quelle previste nella scheda litologica di valutazione denominata "**scheda litologica sabbiosa**", che rappresenta il modello di riferimento per le successive elaborazioni.

Dall'analisi della distribuzione in profondità dei valori delle Vs, ottenuti mediante indagini geofisiche di microtremore (Re.Mi.) in varie zone del centro edificato, è stato verificato che tale scheda litologica è l'unica, tra quelle proposte dal Politecnico e riportate in All. 5 della d.g.r. 2616/2011, che presenta un campo di validità compatibile con l'andamento delle Vs misurato.

Un altro limite della procedura proposta dal Politecnico, in ambito di pianura in cui i depositi alluvionali si sviluppano per centinaia di metri al di sopra del substrato, è il raggiungimento del bedrock sismico ( $V_s \geq 800$  m/s) con gli usuali metodi geofisici diretti ed indiretti.

In mancanza di raggiungimento del bedrock, la stima della profondità alla quale le  $V_s \geq 800$  m/s è effettuata in base a correlazioni con stratigrafie di pozzi ed ipotizzando un opportuno gradiente di Vs con la profondità a partire dai dati ottenuti dall'indagine geofisica realizzata.

E' evidente quindi che la scelta della profondità del bedrock sismico è soggettiva ed è strettamente connessa all'esperienza ed alle conoscenze geologiche e geofisiche dei tecnici che eseguono ed interpretano le indagini geofisiche.

Nel caso in esame, per ogni zona analizzata attraverso le indagini penetrometriche dinamiche S.C.P.T. si è potuto risalire alla Vs relativa ad ogni singolo strato indagato attraverso l'utilizzo del valore medio di Nspt corrispondente ad ognuno di essi; la correlazione empirica utilizzata può essere considerata mediamente attendibile, come si evince dalla successiva tabella, nella quale viene indicato, come previsto dalla normativa, il grado di attendibilità dei parametri utilizzati.

Oltre a detta correlazione empirica Nspt – Vs, come riferito in precedenza, per alcune zone del centro edificato di Crema sono stati utilizzati i valori di  $V_{s30}$  ottenuti attraverso indagini geofisiche dirette realizzate con tecnica "Re.Mi.", utilizzate anche per la definizione della categoria di sottosuolo in accordo con le disposizioni previste nel d.m. 14-01-08 (metodo semplificato).

| <b>Dati</b>              | <b>Attendibilità</b> | <b>Tipologia</b>                                     |
|--------------------------|----------------------|--|
| Litologici               | Bassa                | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe           |
|                          | Alta                 | Da prove di laboratorio e da prove in sito           |
| Stratigrafici (spessori) | Bassa                | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe           |
|                          | Media                | Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)  |
|                          | Alta                 | Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) |
| Geofisici (Vs)           | Bassa                | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe           |
|                          | Media                | Da prove indirette e relazioni empiriche             |
|                          | Alta                 | Da prove dirette (sismica in foro o superficiale)    |

Considerato il vasto ambito territoriale in esame e l'abbondanza di indagini geognostiche utilizzate per la caratterizzazione dei terreni, si è ritenuto opportuno suddividere le zone appartenenti allo scenario PSL Z4a in cinque aree omogenee, valutando per ognuna di esse il periodo proprio di oscillazione del sito ed i Fattori di amplificazione Fa, utilizzando le espressioni matematiche riportate in All. 5 della d.g.r. 2616/2011 relative, in ogni caso, alla **curva n° 2**.

L'equazione attraverso la quale è stato calcolato il **periodo proprio T del sito**, calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui  $V_s \geq 800$  m/s (bedrock sismico) e necessario per l'utilizzo della scheda litologica di valutazione scelta, è la seguente:

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

In considerazione del mancato raggiungimento del bedrock sismico con le indagini geognostiche e geofisiche e con le correlazioni empiriche utilizzate, sono state in via cautelativa considerate profondità del bedrock inferiori a 50 m da p.c.

In realtà, in base a risultati ottenuti in differenti aree del territorio provinciale utilizzando varie tipologie di indagini geofisiche, il bedrock sismico può essere stimato nel territorio in esame a profondità di oltre 80 m da p.c.

#### **A) Zona ovest e centro-sud, compresa la porzione meridionale di Ombriano e Crema**

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è **T = 0,45 s**.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- **Fa<sub>0,1-0,5 s</sub> = -8,65 · T<sup>2</sup> + 5,44 · T + 0,84**
- **Fa<sub>0,5-1,5 s</sub> = -6,11 · T<sup>3</sup> + 5,79 · T<sup>2</sup> · 0,44 · T + 0,93**

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- **Fa<sub>0,1-0,5 s</sub> = 1,5**
- **Fa<sub>0,5-1,5 s</sub> = 1,7**

#### **B) Zona ad est del Fiume Serio**

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è **T = 0,39 s**.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = -8,65 \cdot T^2 + 5,44 \cdot T + 0,84$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = -6,11 \cdot T^3 + 5,79 \cdot T^2 \cdot 0,44 \cdot T + 0,93$

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = 1,6$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = 1,6$

### C) Centro storico di Crema

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è  $T = 0,41$  s.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = -8,65 \cdot T^2 + 5,44 \cdot T + 0,84$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = -6,11 \cdot T^3 + 5,79 \cdot T^2 \cdot 0,44 \cdot T + 0,93$

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = 1,6$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = 1,7$

### D) Località S. Stefano

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è  $T = 0,40$  s.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = -8,65 \cdot T^2 + 5,44 \cdot T + 0,84$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = -6,11 \cdot T^3 + 5,79 \cdot T^2 \cdot 0,44 \cdot T + 0,93$

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = 1,6$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = 1,6$

### E) Località S.ta Maria della Croce

Il periodo di oscillazione proprio medio dei territori ricadenti in questa area è  $T = 0,36$  s.

Le formule utilizzate per il calcolo del Fa sono rispettivamente:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = -8,65 \cdot T^2 + 5,44 \cdot T + 0,84$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = -6,11 \cdot T^3 + 5,79 \cdot T^2 \cdot 0,44 \cdot T + 0,93$

Utilizzando il valore di T ottenuto, si ha:

- $Fa_{0,1-0,5 s} = 1,7$
- $Fa_{0,5-1,5 s} = 1,5$

I valori di soglia del Fa riferiti al **Comune di Crema – Categoria di sottosuolo C**, sono riportati nella banca dati “**analisi sismica – soglie lombardia dgr 7374\_2008**”, all’interno della quale essi presentano i seguenti valori:

- **Fa** (soglia) 0,1-0,5 s = **1,8**
- **Fa** (soglia) 0,5-1,5 s = **2,4**

I valori sopra presentati, al fine di agevolare il confronto tra i Fa calcolati ed i valori di Fa di soglia, vengono riportati nella seguente tabella riepilogativa.

|                     | Area A | Area B | Area C | Area D | Area E | Valori di Fa di soglia per suolo Tipo C |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| <b>Fa</b> 0,1-0,5 s | 1,5    | 1,6    | 1,6    | 1,6    | 1,7    | <b>1,8</b>                              |
| <b>Fa</b> 0,5-1,5 s | 1,7    | 1,6    | 1,7    | 1,6    | 1,5    | <b>2,4</b>                              |

Come si deduce dalla tabella, in tutti gli ambiti territoriali analizzati i valori di Fa di soglia proposti dalla normativa sono superiori ai corrispondenti valori di Fa calcolati, pertanto **la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito; in fase di progettazione edilizia si applica quindi lo spettro previsto dalla normativa vigente per la categoria di sottosuolo C.**

#### **5.4 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE RELATIVE AL 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**

Il 2° livello di approfondimento è stato applicato alle zone interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, sulla base della delimitazione areale rappresentata nella Tav. 8A / 8B “*Carta della pericolosità sismica locale di 1° livello*”.

All’interno dello scenario PSL Z4a, è stata operata un’ulteriore suddivisione in ambiti territoriali omogenei dal punto di vista litologico e geologico-tecnico, in funzione delle informazioni desunte attraverso le indagini geognostiche e geofisiche; in ognuno di essi, è stato calcolato il Fattore di amplificazione litologica atteso (Fa), secondo le indicazioni della d.g.r. 2616/2011, sia relativamente all’intervallo di periodo 0,1–0,5 s che all’intervallo di periodo 0,5–1,5 s, tipici delle tipologie edilizie più comuni, utilizzando in via cautelativa valori del periodo proprio T dei terreni inferiori a quelli effettivi (cui corrispondono profondità del bedrock sismico più elevate e di conseguenza fattori di amplificazione inferiori: **Fa**  $\cong$  1).

I valori di Fa calcolati sono stati successivamente confrontati con i Fa di soglia proposti dalla normativa relativamente al territorio comunale di Crema ed alla categoria di sottosuolo considerata (categoria C), ed in tutti i casi analizzati è stato ottenuto il seguente risultato:

$$F_a \text{ (calcolato)} < F_a \text{ (soglia)}$$

Pertanto, nelle zone interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile interessate dallo scenario sismico PSL Z4a, in fase di progettazione edilizia è possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente per la categoria di sottosuolo C, la quale dovrà essere verificata attraverso opportune indagini geognostiche e/o geofisiche, come indicato nelle “Norme Geologiche di Piano”.

In definitiva, poichè il Comune di Crema appartiene alla **Zona Sismica 3**, in fase progettuale il **3° livello di approfondimento** dovrà essere applicato solamente:

- **Nelle zone PSL Z2, per tutte le tipologie di edifici di nuova previsione**

La suddivisione areale del territorio, relativa agli scenari PSL Z4a e PSL Z2, viene riportata nella cartografia di Tav. 9 “*Carta della pericolosità sismica locale di 2° livello*”; lo scenario PSL Z4a è stato esteso all’intero territorio comunale e comprende anche le zone interessate dallo scenario prioritario PSL Z2.

Cremona, luglio 2015

Il tecnico

Dott. Geol. Roberto Mariotti



## Bibliografia

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (I.N.G.V.) (2004) – “*Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall’Ordinanza P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 – Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile*” – Gruppo di lavoro 2004, I.N.G.V., Milano – Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (I.N.G.V.) (2004) – “*Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*” - Gruppo di lavoro CPTI04, I.N.G.V., Bologna.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (I.N.G.V.) – DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE (D.P.C.) (2007) – “*Progetto SI – Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza P.C.M. 3274/2003 e progettazione di ulteriori sviluppi. Rapporto finale.*” – a cura di C. Meletti, G.M. Calvi, M. Stucchi.

POLITECNICO DI MILANO – REGIONE LOMBARDIA (2005) – “*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in determinati Comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l’analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla d.g.r. n° 14964 del 7 novembre 2003 – 1° Obiettivo – Rapporto Finale*” – Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano – a cura di Pergalani F., Compagnoni M., Petrini V. – Milano.

PROGRAM GEO (2005) – “*Manuale utente del software Liquef – versione 2.2*” – Software di Geologia Applicata, Carpendolo (BS).

REGIONE LOMBARDIA – C.N.R. (1996) – “*Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia*” – Regione Lombardia, Settore Ambiente ed Energia, Servizio Geologico – Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.), Istituto di Ricerca sul Rischio sismico – Milano.

**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'**  
**(Art. 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)**

Il sottoscritto.....**Dott. Geol. Roberto Mariotti**.....  
nato a .....**S. Angelo Lodigiano (LO)**.....il.....**30/05 / 1976**.....  
residente a.....**Cremona (CR)**.....in via .....**Palestro**.....n.....**62**.....  
con studio professionale in .....**Cremona (CR)**.....via.....**Corso Garibaldi**.....n.....**95**.....  
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione.....**Lombardia – Sezione A**..... n.....**1545 AP**...  
incaricato dal Comune di ..... **Crema** .....(prov. ...**CR**...) con Det./Del. n..... del.....:

di aggiornare la componente sismica e le Norme Geologiche di Piano del vigente Studio Geologico di supporto al P.G.T. denominato *“Studio geologico, idrogeologico e sismico di supporto alla redazione del P.G.T. del Comune di Crema”*, redatto dal Dott. Geol. Giuseppe Malerba in marzo 2010;

**consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera ( art. 75 D.P.R. 445/2000);**

**DICHIARA**

- di aver redatto lo studio di cui sopra conformemente alle disposizioni della d.g.r. 30-11-2011 n. 9/2616 *“Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12”*, affrontando le tematiche di interesse e compilando tutti gli elaborati cartografici necessari;
- che lo studio redatto non propone aggiornamenti al mosaico della fattibilità geologica;
- che lo studio redatto propone aggiornamenti della componente sismica e delle Norme Geologiche di Piano in recepimento della riclassificazione sismica del territorio comunale (d.g.r. 11-07-2014 n. X/2129).

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

**Cremona, luglio 2015**

**Il Dichiarante**

Dott. Geol. Roberto Mariotti



Ai sensi dell'art. 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta o inviata insieme alla fotocopia, non autenticata di un documento di identità del dichiarante, all'ufficio competente via fax, tramite un incaricato, oppure a mezzo posta. La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (art. 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'art. 37 D.P.R. 445/2000.



REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI CREMONA

## COMUNE DI CREMA

### STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DEL P.G.T.

L.R. 11-03-2005 n° 12 \_ D.G.R. 22-12-2005 n° 8/1566

D.G.R. 28-05-2008 n° 8/7374 \_ D.G.R. 30-11-2011 n° 9/2616

## NORME GEOLOGICHE DI PIANO

Elaborato modificato in recepimento della nuova classificazione sismica  
del territorio comunale (D.G.R. 11-07-2014 n° X/2129)

|   |   |
|---|---|
| Adozione:<br><br>Approvazione:  | Data:<br><br>Luglio 2015  |
| Il tecnico:<br><br><p style="text-align: center;"><b>Dott. Roberto Mariotti</b><br/><i>Geologo Specialista</i></p> <p>Corso Garibaldi, 95 – 26100 Cremona (CR)<br/>tel/fax: 0372-23266    tel: 335-6958159<br/>e-mail: <a href="mailto:drmariotti.roberto@libero.it">drmariotti.roberto@libero.it</a><br/>pec: <a href="mailto:mariottiroberto@epap.sicurezza postale.it">mariottiroberto@epap.sicurezza postale.it</a></p> |  |

## NORME GEOLOGICHE DI PIANO

### ART. 1 – Generalità

1. Il Comune di Crema è tenuto ad informare i Soggetti Attuatori delle previsioni dello strumento urbanistico, denominato “*Piano di Governo del Territorio (P.G.T.)*”, sulle limitazioni derivanti dalla classificazione di fattibilità assegnata e dalle prescrizioni contenute all’interno delle “*Norme Geologiche di Piano*”, e ne deve garantire il rispetto.
2. Le “*Norme Geologiche di Piano*” devono essere riportate integralmente all’interno del “*Documento di Piano*” del P.G.T. e del “*Piano delle Regole*” del P.G.T..
3. Le indagini e gli approfondimenti prescritti per tutte le Classi di Fattibilità Geologica e per le aree PSL Z2 e PSL Z4a devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi, in quanto propedeutici alla pianificazione dell’intervento ed alla progettazione stessa.
4. Copia delle indagini di cui al comma 3, della relazione geologica, della relazione sismica e della relazione geotecnica obbligatorie di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione di Variante Generale al P.G.T., di Variante Parziale al P.G.T., dei Piani Attuativi, dei Programmi Integrati di Intervento e di tutti gli interventi edilizi che apportino variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione.
5. Il riferimento normativo principale relativamente alla progettazione, all’esecuzione ed al collaudo di tutte le tipologie di costruzioni è rappresentato dal D.M. 14-01-2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” e successive modifiche ed integrazioni.  
Poiché il territorio comunale ricade in Zona Sismica 3, si rende obbligatoria nelle verifiche di sicurezza l’adozione del “*metodo di verifica agli stati limite*” per qualsiasi tipologia di intervento e qualsiasi categoria di opera, nonché la definizione dell’azione sismica di progetto.

### ART. 2 – Classe di Fattibilità Geologica 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni

1. Per le aree ricadenti in questa classe, qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione dovrà essere preceduto da specifiche indagini geologiche, sismiche e geotecniche, dirette e/o indirette, finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico del sito e del modello

geotecnico del sottosuolo, necessari alla progettazione ed alle verifiche di sicurezza e delle prestazioni delle opere in progetto.

Le analisi geologiche del territorio, i metodi ed i risultati delle indagini geologiche, sismiche e geotecniche realizzate dovranno essere compiutamente esposti e commentati in una relazione geologica, in una relazione sismica ed in una relazione geotecnica, a firma di professionista abilitato iscritto all'Albo.

All'interno della relazione geotecnica dovranno essere eseguite le opportune verifiche di sicurezza (capacità portante, cedimenti), utilizzando obbligatoriamente il "metodo agli stati limite" per qualsiasi tipologia di intervento e qualsiasi categoria di opera.

Il numero e la tipologia delle indagini geologiche e geotecniche dovranno essere programmate dal tecnico incaricato in funzione del tipo e dell'importanza dell'opera in progetto e delle dimensioni dell'area di intervento, al fine di caratterizzare adeguatamente il volume di terreno significativo interessato dai carichi trasmessi dall'opera.

Il numero e la tipologia delle indagini sismiche, finalizzate alla definizione dell'azione sismica di progetto, dovranno essere commisurate al tipo ed all'importanza dell'intervento.

- Opere rilevanti e/o strategiche (Classe d'uso 3 e 4): le analisi sismiche saranno finalizzate alla definizione del profilo di velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) fino almeno a m. 30 dal piano di imposta delle fondazioni, alla stima della frequenza (periodo) di risonanza (fondamentale) del sito ed alla stima/individuazione del bedrock sismico, necessarie per un'adeguata valutazione della pericolosità sismica locale (analisi di risposta sismica locale). Per la definizione delle  $V_{s30}$  sono ammessi metodi attivi (SASW, MASW), metodi passivi ad antenna sismica (ESAC, SPAC, REMI), prove in foro (Down Hole, Cross Hole), cono sismico; non sono ritenuti idonei profili di  $V_s$  ottenuti tramite processi di inversione di risultati di prove di sismica passiva a stazione singola (HVSR), che viceversa possono essere utilizzate per la stima della frequenza di risonanza del sito e l'individuazione del bedrock sismico. Non è ammesso il metodo semplificato del D.M. 14-01-2008 basato sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento mediante correlazioni da indagini geognostiche.
- Opere ordinarie (Classe d'uso 1 e 2): è ammesso il metodo semplificato del D.M. 14-01-2008 basato sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento mediante correlazioni da indagini geognostiche; la misura diretta delle  $V_s$  con i metodi sopra riportati è comunque fortemente raccomandata.

2. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, per il quale la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi non è necessaria in fase di progettazione l'applicazione del 3° livello di approfondimento, fermo restando l'obbligo del rispetto delle disposizioni di cui al comma 1.
3. Si rende obbligatoria in fase progettuale, per tutte le tipologie di opere, la verifica della sicurezza e della stabilità del sito di intervento nei confronti della liquefazione, secondo le disposizioni del d.m. 14-01-08.
4. Le indagini e gli approfondimenti di cui sopra dovranno essere realizzati secondo la normativa di cui all'art. 1 comma 5.

### **ART. 3 – Classe di Fattibilità Geologica 2 – Fattibilità con modeste limitazioni**

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2.
2. In aggiunta, in caso di interventi che prevedono la realizzazione di piani interrati, dovrà essere prevista l'installazione di almeno un piezometro, attraverso il quale si procederà alla misurazione del livello piezometrico della falda freatica superficiale ed alla verifica delle sue variazioni nel tempo.

La realizzazione di volumetrie interrate dovrà essere accompagnata dalla descrizione, nell'ambito della relazione geologica obbligatoria di supporto, delle indagini volte a definire la soggiacenza minima della falda freatica superficiale all'interno dell'area in esame, nonché delle metodologie utilizzate per escludere eventuali interferenze reciproche tra le acque sotterranee e le opere in progetto (impermeabilizzazioni, tecniche di abbattimento della falda freatica in fase di cantiere,...).

3. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2.
4. Si rende obbligatoria in fase progettuale, per tutte le tipologie di opere, la verifica della sicurezza e della stabilità del sito di intervento nei confronti della liquefazione, secondo le disposizioni del d.m. 14-01-08.

**ART. 4 – Classe di Fattibilità Geologica 3\_Sottoclasse 3a – Fattibilità con consistenti limitazioni**

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.
2. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I., di cui all'art.10 comma 2 e comma 3 delle presenti norme.
3. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, utilizzando il metodo approfondito di cui all'All. 4 della d.g.r. 2616/2011, si applicano le “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I. previste per le aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I. all'esterno del centro edificato di Crema, per le quali si applicano le corrispondenti N.T.A., di cui all'art.10 comma 2 e comma 3 delle presenti norme.
4. Nelle aree poste in corrispondenza del depuratore Serio 1 ed a nord di questo, in destra idrografica del fiume Serio, sottese dal “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*”, all'interno delle quali sono stati realizzati in passato studi idraulici conformi alla normativa attraverso i quali sono state verificate le condizioni di rischio del territorio, si prescrivono in via cautelativa ulteriori approfondimenti idraulici, in considerazione anche dei più recenti risultati emersi nel corso dello “Studio di Fattibilità” dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

In particolare, dovranno essere previste opere di miglioramento idraulico relative all'arginatura in sponda destra del colatore Cresmiero nell'area localizzata a nord del depuratore Serio 1, ed opportuni accorgimenti tecnici in grado di minimizzare il rischio di allagamento delle aree in esame, al fine di limitare eventuali danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture, con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, nonché garantire l'incolumità delle persone durante un evento alluvionale significativo.

Fino all'avvenuta realizzazione di adeguate opere di miglioramento idraulico, dette aree sottese dal “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*” si considerano ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I.; in esse, si applicano pertanto le corrispondenti N.T.A. del P.A.I., di cui ai precedenti comma 2 e comma 3.

5. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2.

6. Si rende obbligatoria in fase progettuale, per tutte le tipologie di opere, la verifica della sicurezza e della stabilità del sito di intervento nei confronti della liquefazione, secondo le disposizioni del d.m. 14-01-08.

**ART. 5 – Classe di Fattibilità Geologica 3\_Sottoclasse 3b – Fattibilità con consistenti limitazioni**

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.
2. In dette aree, che ricadono all'interno della Fascia C del P.A.I. oppure sono indicate come aree a rischio di inondazione ed aree potenzialmente esondabili, per la mitigazione del rischio idrogeologico dovranno essere adottati gli accorgimenti di cui all'art. 11.
3. Le aree in oggetto ricadono all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2.
4. Si rende obbligatoria in fase progettuale, per tutte le tipologie di opere, la verifica della sicurezza e della stabilità del sito di intervento nei confronti della liquefazione, secondo le disposizioni del d.m. 14-01-08.

**ART. 6 – Classe di Fattibilità Geologica 3\_Sottoclasse 3c – Fattibilità con consistenti limitazioni**

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.
2. Dovrà essere prevista in ogni caso l'installazione di almeno un piezometro, attraverso il quale si procederà alla misurazione del livello piezometrico della falda freatica superficiale ed alla verifica delle sue variazioni nel tempo.
3. La realizzazione delle strutture di fondazione, nonché di eventuali volumetrie interrato, che si ritiene di sconsigliare, dovrà essere accompagnata dalla descrizione, all'interno della relazione geologica obbligatoria di supporto, delle indagini volte a definire la soggiacenza minima della falda freatica superficiale all'interno dell'area in esame, nonché delle metodologie utilizzate per escludere eventuali interferenze reciproche tra le acque sotterranee e le opere in progetto (impermeabilizzazioni, tecniche di abbattimento della falda in fase di cantiere,...).

4. Le aree in oggetto ricadono sia all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, sia all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2.

Per le zone appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, valgono le considerazioni riportate in art. 2 comma 2.

Per le zone appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2 è obbligatoria in fase di progettazione l'applicazione del 3° livello di approfondimento secondo le disposizioni della d.g.r. 2616/2011 per tutte le tipologie di edifici di nuova previsione.

5. Si rende obbligatoria in fase progettuale, per tutte le tipologie di opere, la verifica della sicurezza e della stabilità del sito di intervento nei confronti della liquefazione, secondo le disposizioni del d.m. 14-01-08.

#### **ART. 7 – Classe di Fattibilità Geologica 3\_Sottoclasse 3d – Fattibilità con consistenti limitazioni**

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.
2. Dovranno essere previsti rilievi approfonditi relativamente ai terreni di fondazione, al fine di individuare i livelli che presentano scadenti caratteristiche geotecniche, inadeguati ai sovraccarichi applicati e potenzialmente soggetti al verificarsi di cedimenti assoluti e differenziali, con conseguente diminuzione della stabilità delle opere realizzate in superficie.
3. In riferimento alle aree, localizzate principalmente all'interno del centro edificato di Crema ed a nord del depuratore Serio 1, in cui i livelli di terreno più superficiali sono caratterizzati da materiale di riporto e/o scorie di altoforno, si rimanda alla vigente normativa ambientale.
4. Le aree in oggetto ricadono sia all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, sia all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2 ed in art. 6 comma 4.
5. Si rende obbligatoria in fase progettuale, per tutte le tipologie di opere, la verifica della sicurezza e della stabilità del sito di intervento nei confronti della liquefazione, secondo le disposizioni del d.m. 14-01-08.

**ART. 8 – Classe di Fattibilità Geologica 3\_Sottoclasse 3e – Fattibilità con consistenti limitazioni**

1. Per le aree ricadenti in questa classe, per qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione valgono le medesime indicazioni riportate in art. 2 ed in art. 3.
2. Dovranno essere effettuate accurate verifiche volte a definire lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche dello strato di riporto, valutandone natura prevalente, stato di addensamento e l'opportunità di una eventuale bonifica, nel rispetto della vigente normativa ambientale.
3. Le aree in oggetto ricadono sia all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a, sia all'interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z2; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2 ed in art. 6 comma 4.
4. Si rende obbligatoria in fase progettuale, per tutte le tipologie di opere, la verifica della sicurezza e della stabilità del sito di intervento nei confronti della liquefazione, secondo le disposizioni del d.m. 14-01-08.

**ART. 9 – Classe di Fattibilità Geologica 4 – Fattibilità con gravi limitazioni**

1. Per tutte le aree attribuite a tale Classe, ricadenti sia all'interno che all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano in via cautelativa le “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I..
2. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I., di cui all'art.10 comma 1 e comma 3 delle presenti norme.
3. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, utilizzando con il metodo approfondito di cui all'All. 4 della d.g.r. 2616/2011, si applicano le “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I. previste per le aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I. all'esterno del centro edificato di Crema, per le quali si applicano le corrispondenti N.T.A., di cui all'art.10 comma 1 e comma 3 delle presenti norme.
4. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti “*Norme di Attuazione (N.T.A.)*” del P.A.I., di cui all'art.10 comma 2 e comma 3 delle presenti norme.
5. Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, utilizzando il metodo approfondito di cui all'All. 4 della d.g.r. 2616/2011, si applicano le “*Norme di Attuazione*

(N.T.A.)” del P.A.I. previste per le aree ricadenti all’interno della Fascia B del P.A.I. all’esterno del centro edificato di Crema, per le quali si applicano le corrispondenti N.T.A., di cui all’art.10 comma 2 e comma 3 delle presenti norme.

6. In tutte le aree non ricadenti nella Fascia A e/o nella Fascia B del P.A.I., considerato che le cause che hanno determinato l'evento alluvionale di riferimento sono ascrivibili a condizioni che permangono pressoché inalterate, potranno essere consentiti esclusivamente gli interventi previsti all’interno della Fascia B del P.A.I., di cui ai precedenti commi 4 e 5, nel rispetto dei precedenti artt. 2, 3, 4, 5, 6, 7.
7. Le aree in oggetto ricadono all’interno dello scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a; per esse valgono le indicazioni riportate in art. 2 comma 2.
8. Si rende obbligatoria in fase progettuale, per tutte le tipologie di opere, la verifica della sicurezza e della stabilità del sito di intervento nei confronti della liquefazione, secondo le disposizioni del d.m. 14-01-08.

#### **ART. 10 – Norme P.A.I.**

1. Nei territori della **Fascia A** del P.A.I. (fascia di deflusso della piena) sono consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 29, 38, 38bis, 38ter, 39, 41 delle N.T.A. del P.A.I.  
In particolare, ai sensi dell’art. 39 comma 3 delle N.T.A. del P.A.I., nei territori della **Fascia A** del P.A.I. esterni al centro edificato sono esclusivamente consentite opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d’uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell’edificio, così come definiti nella L.R. 11-03-2005 n. 12.
2. Nei territori della **Fascia B** del P.A.I. (fascia di esondazione) sono consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38bis, 38ter, 39, 41 delle N.T.A. del P.A.I.  
In particolare, ai sensi dell’art. 39 comma 4 delle N.T.A. del P.A.I., nei territori della **Fascia B** del P.A.I. esterni al centro edificato sono esclusivamente consentite:
  - a) opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d’uso che comportino aumento del carico insediativi e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell’edificio;

- b) opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
  - c) interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime ed a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
  - d) interventi di adeguamento igienico funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;
  - e) opere attinenti l'esercizio della navigazione e della portualità, commerciale e da diporto, qualora previsti nell'ambito del piano di settore.
3. Nei territori delle **Fascia A** e della **Fascia B** del P.A.I., ai sensi dell'art. 38 delle N.T.A. del P.A.I., la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai seguenti procedimenti:
- a) fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30 delle N.T.A. del P.A.I., è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono avere luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine, i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino;
  - b) l'Autorità di Bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità ed alla

individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini di impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma precedente sarà espresso dalla stessa Autorità di Bacino;

c) le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di Bacino.

4. Nei territori della **Fascia C** (area di inondazione per piena catastrofica), ai sensi dell'art. 31 comma 5 delle N.T.A. del P.A.I., delimitati con segno grafico indicato come **“limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C”** nelle tavole grafiche, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, [...] sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni [...] sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare anche parzialmente, fino all'avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia B. Si rimanda all'art. 4 comma 4.

5. Nei territori della **Fascia C** (area di inondazione per piena catastrofica), ai sensi dell'art. 31 comma 4 delle N.T.A. del P.A.I., compete agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica regolamentare le attività consentite, i limiti ed i divieti.

Pertanto, in tali aree per la mitigazione del rischio idrogeologico dovranno essere adottati gli accorgimenti di cui all'art. 11.

## **ART. 11 – Accorgimenti da adottare per la mitigazione del rischio idrogeologico**

### ***1) 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 materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento.
- Realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna; 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 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.
- Adottare particolari cautele nella realizzazione delle strutture di fondazione o di eventuali volumetrie interrato in riferimento ai rischi connessi con l'innalzamento del livello freatico, strettamente connesso con il livello idrometrico del Serio durante eventi di piena significativi.

**2) Misure atte a garantire l'incolumità delle persone**

- I progetti per nuovi interventi edificatori non dovranno prevedere occupazione stabile da parte dei residenti delle volumetrie poste a quote inferiori rispetto al livello della piena di riferimento.

**3) Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni**

- Opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione.
- Opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali.
- Fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.

**4) Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione**

- Uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori.
- Vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento.

**5) Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche**

**6) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua**

**ART. 12 – Vincolo idrogeologico**

1. In corrispondenza dei pozzi pubblici ad uso idropotabile presenti in territorio comunale dovranno essere rispettate le seguenti zone di vincolo idrogeologico, previste all'interno del D.lgs. 152/2006:
  - Fascia di tutela assoluta: 10 m
  - Fascia di rispetto: 10 m
2. In caso di realizzazione di nuove strutture di emungimento con funzione pubblica, la fascia di rispetto è stabilita in 200 m dalla bocca pozzo (criterio geometrico), fatta salva una eventuale riduzione autorizzata dalla Provincia rilasciata in seguito alla presentazione di adeguato studio idrogeologico.

**ART. 13 - Elenco degli edifici strategici e rilevanti di cui al Decreto Dirigenziale della Regione Lombardia D.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904.**

1. **Edifici ed opere strategiche:** categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.
  - Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).

- Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (prioritamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).
- Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione comunale (prioritamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).
- Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (prioritamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).
- Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.).
- Centri funzionali di protezione civile.
- Edifici ed opere individuate nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza.
- Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti d'emergenza, urgenza ed accettazione.
- Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza).
- Centrali operative 118.

**2. Edifici ed opere rilevanti:** categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

**a) Edifici**

- Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori (sia pubbliche che private).
- Strutture ricreative (ivi compresi gli oratori), sportive e culturali, locali di spettacolo ed intrattenimento in genere.
- Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n. 3685 del 21 ottobre 2003.
- Strutture sanitarie e/o socio assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.).
- Edifici e strutture aperti al pubblico destinate all'erogazione dei servizi, adibiti al commercio (centri commerciali), suscettibili di grande affollamento.

**b) Opere infrastrutturali**

- Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade "strategiche" provinciali e comunali non comprese tra la "grande viabilità" di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate "strategiche" nei piani di emergenza provinciali e comunali.
- Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane).
- Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza.
- Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica.
- Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.).
- Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali.
- Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione).

- Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi.
- Opere di ritenuta di competenza statale.

\* \* \*

Si fornisce di seguito la tabella riassuntiva delle prescrizioni indicate per le aree attribuite alle Classi di Fattibilità Geologica all'interno del territorio comunale di Crema, riportata anche nella Tav. 12 "*Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano e classi di fattibilità*".

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

| Classe      | C1 | C2 | C3 |    |    |    |    | C4 | Prescrizioni   |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Sottoclasse |    |    | 3a | 3b | 3c | 3d | 3e |    |  |
|             | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | Qualsiasi intervento edificatorio che apporti variazioni dei sovraccarichi di progetto applicati ai terreni di fondazione attraverso le strutture di fondazione dovrà essere preceduto da specifiche indagini geologiche e sismiche, dirette e/o indirette, finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico del sito di intervento, dettagliatamente analizzato e descritto all'interno di una relazione geologica e sismica, a firma di tecnico abilitato iscritto all'Albo. Riferimento normativo: d.m. 14-01-08  |
|             | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | Indagini geotecniche, dirette e/o indirette, finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo, necessario alla progettazione ed alle verifiche di sicurezza e delle prestazioni delle opere in progetto, dettagliatamente analizzato e descritto all'interno di una relazione geotecnica, a firma di tecnico abilitato iscritto all'Albo. All'interno della relazione geotecnica dovrà essere riportata in modo dettagliato la verifica della capacità portante dei terreni di fondazione e la valutazione relativa ai cedimenti teorici assoluti e differenziali indotti dalle opere in progetto, utilizzando obbligatoriamente il "metodo agli stati limite". Riferimento normativo: d.m. 14-01-08         |
|             |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | In caso di interventi che prevedano la realizzazione di piani interrati, posa di almeno un piezometro per la misura del livello piezometrico della falda freatica superficiale e delle relative escursioni nel tempo, nonché l'indicazione delle metodologie utilizzate per escludere eventuali interferenze reciproche tra le acque sotterranee e le opere in progetto (impermeabilizzazioni, abbattimento della falda freatica in fase di cantiere).   |
|             |    |    |    |    | X  |    |    | X  | Deve essere prevista in ogni caso l'installazione di almeno un piezometro, attraverso il quale si procederà alla misurazione del livello piezometrico della falda freatica superficiale ed alla verifica delle sue variazioni nel tempo. La realizzazione delle strutture di fondazione, nonché di eventuali volumetrie interrate, che si ritiene di sconsigliare, dovrà essere accompagnata dalla descrizione, all'interno della relazione geologica obbligatoria di supporto, delle indagini volte a definire la soggiacenza minima della falda freatica superficiale all'interno dell'area in esame, nonché delle metodologie utilizzate per escludere eventuali interferenze reciproche tra le acque sotterranee e le opere in progetto. |
|             |    |    |    |    |    | X  |    |    | Rilievi approfonditi al fine di individuare i livelli che presentano scadenti caratteristiche geologico-tecniche, inadeguati ai sovraccarichi applicati e potenzialmente soggetti al verificarsi di cedimenti assoluti e differenziali, con conseguente diminuzione della stabilità delle opere realizzate in superficie.  |
|             |    |    |    |    |    | X  | X  |    | Dovranno essere effettuate accurate verifiche volte a definire lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche dello strato di riporto, valutandone natura prevalente, stato di addensamento e l'opportunità di una eventuale bonifica, nel rispetto della vigente normativa ambientale.  |
|             |    |    |    | X  |    |    |    |    | In queste aree, che ricadono all'interno della <u>Fascia C</u> del P.A.I. oppure sono indicate come aree a rischio di inondazione ed aree potenzialmente esondabili, per la mitigazione del rischio idrogeologico dovranno essere adottati opportuni accorgimenti.   |
|             |    |    | X  |    |    |    |    |    | Nelle aree ricadenti all'interno della <u>Fascia B</u> del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti N.T.A. del P.A.I. Nelle aree ricadenti all'interno della <u>Fascia B</u> del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, e nelle aree ricadenti in Fascia C sottese dal " <u>limite B di progetto</u> ", fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio e/o alla realizzazione di opere di miglioramento idraulico, si applicano le N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia B del PAI.   |

|  |          |          |          |          |          |          |          |          |   |   |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|---|
|  |          |          |          |          |          |          |          | <b>X</b> | <p>Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti N.T.A. del P.A.I.</p> <p>Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia A del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, si applicano le N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia A del PAI all'esterno del centro edificato di Crema.</p> <p>Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'esterno del centro edificato di Crema, si applicano le corrispondenti N.T.A. del P.A.I.</p> <p>Nelle aree ricadenti all'interno della Fascia B del P.A.I., all'interno del centro edificato di Crema, fino all'avvenuta valutazione delle condizioni di rischio, si applicano le N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia B del P.A.I. all'esterno del centro edificato di Crema.</p> <p>In tutte le aree non ricadenti nella Fascia A e/o nella Fascia B del P.A.I., si applicano le N.T.A. del P.A.I. relative alla Fascia B del P.A.I..</p> |   |
|  | <b>X</b>  | <p>Aree appartenenti allo scenario PSL Z4a: la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi non è necessaria in fase di progettazione l'applicazione del 3° livello di approfondimento, fermo restando l'obbligo delle disposizioni previste per ciascuna classe di fattibilità geologica.</p> |
|  |          |          |          |          | <b>X</b> | <b>X</b> | <b>X</b> |          |   | <p>Aree appartenenti allo scenario PSL Z2: è obbligatoria in fase di progettazione l'applicazione del 3° livello di approfondimento secondo le disposizioni della d.g.r. 2616/2011 per tutte le tipologie di edifici di nuova previsione.</p>   |
|  | <b>X</b>  | <p>Si rende obbligatoria in fase progettuale, per tutte le tipologie di opere, la definizione dell'azione sismica di progetto e la verifica della sicurezza e della stabilità del sito di intervento nei confronti della liquefazione, secondo le disposizioni del d.m. 14-01-08.</p>   |