



Dr. Geol. Francesco SERRA – STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA e SERVIZI per l'AMBIENTE –

Ufficio : Via Amati 2, Sede legale : via XXV Aprile 17 – 26027 Rivolta d'Adda (CR)

Tel.: 0363.79065; Fax.: 0363.707620; E-mail : geoserra@serrafr.191.it

CF : SRRFNC59T27H357Z - PI : 00827350190



COMUNE DI CREMOSANO

PROVINCIA DI CREMONA

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE

ai sensi del art. 57 della L.R. 12/2005 e 12 e della DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374

AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO PRECEDENTE REALIZZATO SECONDO LA L.R. 41/97

ED INTEGRAZIONE SULLA BASE DELLE NUOVE NORMATIVE SISMICHE

(Allegato A pagina 2 del DGR 8/7374 del 2008 - Ambiti di applicazione comma d)

RELAZIONE FINALE

Commessa: 947					
A	13/08/09	EMISSIONE	DG/GP/SF	SF	SF
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Redatto</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>

INDICE GENERALE

1	PREMESSA	4
1.1	<i>Struttura della relazione.....</i>	6
2	BREVE SINTESI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO	9
2.1	<i>Premessa.....</i>	9
2.2	<i>Geologia.....</i>	9
2.3	<i>Geomorfologia e pedologia</i>	11
2.4	<i>Idrogeologia ed idrologia</i>	14
2.5	<i>Geotecnica.....</i>	16
3	ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE ED INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO DI CREMOSANO... 20	
4	DESCRIZIONE DELLA SISMICITÀ	25
5	PERICOLOSITÀ SISMICA.....	29
5.1	<i>Parametri di pericolosità sismica locale.....</i>	31
6	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI SITO PER IL COMUNE DI CREMOSANO	34
6.1	<i>Risposta sismica locale</i>	34
7	ANALISI DI 1° LIVELLO	36
8	ANALISI DI 2° LIVELLO	38
8.1	<i>Individuazione delle aree campione: ubicazione e caratteristiche.....</i>	40
9	CARTA DEI VINCOLI	52
9.1	<i>Generalità.....</i>	52
10	CARTA DI SINTESI	56
11	CARTA DI FATTIBILITÀ' DELLA AZIONI DI PIANO.....	60
11.1	<i>Generalità.....</i>	60
11.2	<i>Assegnazione della classe di fattibilità 'di base'.....</i>	61
11.3	<i>Classi di fattibilità geologica e norme geologiche di piano</i>	64
11.4	<i>Ulteriori prescrizioni generali – Normativa antisismica</i>	68

ELENCO ALLEGATI

TAVOLA A – CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (scala 1:5.000)

TAVOLA B – CARTA DEI VINCOLI (scala 1:5.000)

TAVOLA C – CARTA DI SINTESI (scala 1:5.000)

TAVOLA D – CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA (scala 1:2.000)

DICHIARAZIONE SOSTITUITIVA ALLEGATO 15 DGR 8/7374 DEL 2008

1 PREMESSA

Il comune di Cremosano ha affidato allo scrivente l'aggiornamento dello studio geologico (redatto nel marzo 2001 sulla base dell'allora vigente LR 41/97 , ed approvato successivamente con Delibera di Giunta Comunale) sulla base di quanto previsto nella nuova legge regionale per il Governo del Territorio (L.R. 12/05).

L'entrata in vigore delle L.R. 12/05 ha comportato infatti la ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici nell'ambito della pianificazione urbanistica comunale.

Lo studio è stato redatto ai sensi di quanto previsto dalla DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374 (*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" approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005 n.8/1566*), laddove recita che **.. i comuni che hanno realizzato uno studio geologico esteso all'intero territorio comunale ...[...] ...sono comunque tenuti ad aggiornare i propri studi geologici ... relativamente alla componente sismica ... all'aggiornamento delle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità... queste ultime ... devono essere estese a tutto il territorio comunale.**

Per questi motivi, nell'ambito della predisposizione del Piano di Governo del Territorio del comune di Cremosano si è reso necessario riprendere e completare lo studio geologico a suo tempo approvato, relativamente alla *"componente sismica e delle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità"* in modo da renderlo conforme alla nuova normativa.

In particolare la D.G.R. n. 8/ 7374 del 2008, come già la precedente D.G.R. n. 8/1566 del 2005 introduce una "nuovo" livello conoscitivo del territorio, la componente sismica, attraverso l'individuazione di aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico.

Si vuole raggiungere l'obiettivo di valutare gli effetti di amplificazione locale generati dalle locali condizioni geologiche-geomorfologiche in caso di terremoti; i risultati di queste analisi devono essere considerati nelle scelte urbanistiche di pianificazione, nell'ottica di una riduzione del rischio.

L'occasione di questo incarico è servita anche per un attento controllo di quanto a suo tempo analizzato e cartografato così da fornire una revisione critica di quanto allora consegnato ed un ulteriore aggiornamento ed approfondimento di tutte le tematiche di interesse.

In conformità con la normativa vigente si è inoltre proceduto ad una riedizione delle Carte dei Vincoli, di Sintesi e di Fattibilità in modo da inserire quegli elementi di novità o di modifica riportati negli strumenti di pianificazione sovraordinata, tenendo conto anche di eventuali modifiche dell'assetto geomorfologico del territorio avvenute in seguito ad eventi naturali e delle nuove informazioni geologiche idrogeologiche e geotecniche che in questi anni si sono aggiunte alle informazioni precedentemente raccolte.

Per tutto quanto non espressamente citato e riportato nel presente studio, soprattutto rispetto alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche generali del territorio comunale di Cremosano, si rimanda a quanto riportato nello studio geologico del territorio redatto ai sensi della L.R. 41/97 ed alla cartografia allora allegata che, per la sua parte generale e di analisi, conserva sostanzialmente la sua validità tecnica e normativa.

Tale quadro conoscitivo costituisce la base di partenza anche per le analisi riportate nel presente parte dello studio.

Per ottimizzare, anche dal punto di vista tecnico ed economico quanto presentato nel marzo 2001 ai sensi della normativa allora vigente, successivamente approvato con DG dall'amministrazione comunale di Cremosano, si è inteso utilizzare quanto di ancora valido era presente in quello studio recependolo ed integrandolo con l'attuale strumento costituito dallo studio geologico ai sensi della L12/05.

Pertanto nel suo complesso lo studio geologico è da considerarsi in modo unitario ed è completo in riferimento alla DGR n.8/7374 del 28 maggio 2008 e verrà approvato in tutte le sue parti così costituite :

- **Per quanto riguarda gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici di base (cartografia di analisi e di tematica geologico-tecnica) dalle**

cartografie , dalla relazione e dagli allegati a suo tempo presentati e sinteticamente ricordati nei prossimi capitoli . Le tavole vengono richiamate come figure alla presente relazione.

- **Tavola 1 : geologia (scala 1:10.000)**
- **Tavola 2 : geomorfologia con elementi di pedologia (scala 1:10.000)**
- **Tavola 3 : idrogeologia e vulnerabilità dell'acquifero (scala 1:10.000)**
- **Tavola 4 : carta geologico-applicativa (scala 1:5.000)**
- **Dai capitoli relativamente agli aspetti di sintesi e di fattibilità contenuti nella presente relazione di sintesi e di fattibilità**
- **Dalle tavole (scala 1:5.000):**
 - **Tav. A : carta della pericolosità sismica**
 - **Tav. B : carta dei vincoli**
 - **Tav. C : carta di sintesi**
 - **Tav. D : carta della fattibilità geologica delle azioni di piano**

Si sottolinea che trattandosi di un lavoro teso a delineare gli effetti della componente geologica sulla pianificazione comunale, tutti gli elementi raccolti hanno questa specifica vocazione.

Pertanto gli elaborati hanno una funzione di supporto alla pianificazione generale e definiscono le linee fondamentali dell'assetto territoriale e non possono essere considerati come esaustivi di problematiche geologico-tecniche specifiche.

In particolare le informazioni raccolte non possono venire utilizzate per la soluzione di problemi progettuali a carattere puntuale, dove andranno effettuati appositi rilevamenti ed indagini sia geologiche che geognostiche, geotecniche, idrogeologiche, idrauliche e sismiche.

1.1 Struttura della relazione

La struttura della relazione segue le indicazioni riportate nella normativa di riferimento e risulta divisa in tre parti:

- la prima parte, definita **Fase di Analisi**, partendo dal già noto contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico del territorio, tratta gli aspetti sismici generali dello stesso con l'obiettivo di fornire una stima delle condizioni geologico-geomorfologiche in grado di modificare la pericolosità sismica di base (Tav. A - *Carta della pericolosità sismica locale*) secondo le nuove normativa vigenti;
- la seconda parte, definita **Fase di Sintesi/Valutazione**, aggiorna quanto riportato nella relazione e nelle tavole allegate allo studio geologico comunale redatto nel 2003 e tratta le limitazioni d'uso derivanti da normative sovraordinate (Tav. B - *Carta dei Vincoli*) fino ad individuare le aree del territorio potenzialmente pericolose/vulnerabili da un punto di vista geologico-geotecnico ed idraulico-idrogeologico (Tav. C - *Carta di Sintesi*);
- la terza parte (**Fase di proposta**), stabilisce per ciascun ambito omogeneo caratterizzato da una pericolosità geologica e geotecnica e da una vulnerabilità idraulica e idrogeologica, una determinata classe di fattibilità (Tav. D - *Carta di fattibilità delle azioni di piano*) con le relative norme geologiche di attuazione (prescrizioni ed approfondimenti da effettuare) fornendo indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio. Questa carta-sintesi finale dello studio in oggetto- sostituisce quella presentata nell'ambito dello studio secondo la LR 41/97 del marzo 2001.

La carte della Pericolosità Sismica, dei Vincoli, di Sintesi sono state redatte e stampate alla scala 1:5000 in modo da avere tutti gli elementi di analisi del territorio comunale su un unico elaborato grafico, di più facile lettura, mentre la carta di fattibilità è stata redatta in scala 1:2.000 e stampata alla scala 1:5000 in modo da essere direttamente confrontabile con la scala dello strumento urbanistico.

FASE DI ANALISI

- *Studio geologico del territorio comunale relativamente alla componente sismica -***

2 BREVE SINTESI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO

2.1 Premessa

Come accennato nel precedente capitolo per la parte diagnostica è ancora valido quanto contenuto nello studio geologico redatto per il PRG del 2001 ai sensi della LR. 41/97 allora vigente.

Di seguito si riportano solo gli elementi conclusivi e salienti allora emersi, rimandando senz'altro allo studio originario per i necessari dettagli ed approfondimenti.

2.2 Geologia

La geologia del territorio di Cremosano è abbastanza semplice e presenta una gamma di situazioni e di testimonianze dei vari periodi geologici e dei diversi fenomeni morfogenetici; le differenze geologiche in senso stretto sono abbastanza modeste ma permettono di spiegare nel dettaglio diversi aspetti geo-ambientali e morfologici.

In particolare è intuitivamente comprensibile la direzione e l'evoluzione delle principali linee dei corsi d'acqua attuali o esistenti nel passato (assi delle valli alluvionali e dei principali paleoalvei) e di conseguenza l'antica posizione delle terre emerse da più lungo tempo ed il rapporto con gli abitati storici.

Sono anche abbastanza leggibili le modificazioni profonde che l'uomo ha imposto nel corso dei secoli, in particolare con la regimazione delle acque e la sistemazione dei fondi agricoli; per questo motivo le suddivisioni delle diverse unità geologiche hanno un carattere indicativo e transizionale; vanno cioè intese come limiti di massima non netti ma sfumati nelle caratteristiche e con possibili variazioni locali, dovuti anche al rimaneggiamento antropico, non percepibili dalla morfologia dei terreni..

Si sono differenziati tre diversi membri che hanno subito una diversa successione di eventi geologico-ambientali (figura 1 tratta dalla tavola 1 dello studio del 2001):

- **Alluvioni recenti, poco rimaneggiate (Ar):** aree di più recente scorrimento dei corsi idrici nelle quali si evidenziano paleoalvei e terreni soggetti a deposizione palustri anche in tempi storici. In particolare ci si riferisce alla nota e pregiata zona del 'Moso'

Depositi costituiti prevalentemente sabbiosi più o meno ghiaiosi passanti a limi organici e torbe in lenti o plaghe anche di discreta estensione e spessore; si tratta di terreni soggetti a deposizioni palustri anche in tempi storici e profondamente modificati da interventi di bonifica e regimazione.

- **Alluvioni terrazzate intermedie (At):** sono le aree costituite da antichi rimaneggiamenti fluviali in cui sono riconoscibili diversi ordini di terrazzi ma i cui limiti sono spesso cancellati dal trasformazione antropica del territorio. Sono le aree di divagazione delle acque superficiali circolanti (piccoli corsi idrici naturali, spesso alimentati dai fontanili posti a nord del territorio in oggetto) Prevalentemente costituite da depositi sabbiosi con ghiaia e ciottoli passanti a sabbie più o meno limose; con strato di alterazione superficiale limoso-argilloso generalmente sottile; terreni ampiamente rimaneggiati in tempi storici anche per le azioni antropiche di bonifica e di sfruttamento agricolo.

- **Alluvioni fluvio-glaciali recenti, poco rimaneggiate (Aa):** sono le aree morfologicamente più elevate e collegate con il livello fondamentale della pianura (fluvio-glaciale recente) e rappresentano quelle zone che da molto tempo non sono più sottoposte a processi erosivi di origine alluvionale e quindi sono stabili almeno in tempi storici (*insulae*). Depositi costituiti da ciottoli ghiaie e sabbie grossolane in diverse percentuali, con strato di alterazione in matrice argilloso sabbiosa sviluppati, anche con spessore di 2.0 metri e sempre superiori al metro. Sono depositi da lungo tempo privi di modificazioni genetiche naturali.

Dal punto di vista generale due sono gli elementi più significativi:

- **L'asse delle deposizioni fluvio-glaciali:** sono le linee di sviluppo delle deposizioni conseguenti alle direzioni delle antiche fiumare di derivazione glaciale. L'andamento tipico regionale è all'incirca NNW-SSE, sottolineato dalle direzione dei pochi corsi d'acqua con una qualche naturalità ancora presenti nel territorio in oggetto o nei dintorni.
- **Assi delle strutture sepolte della pianura padana:** a puro titolo esplicativo è stato anche inserito l'andamento dell'asse delle strutture sepolte della pianura Padana, con pieghe e sovrascorrimenti con direzione est-ovest e vergenza verso sud. Il famoso asse Corneliano-Bordolano (piega che corruga il substrato roccioso al di sotto dei depositi sciolti della pianura) è l'elemento più noto a riguardo e passa nella porzione meridionale del territorio

comunale ed ha un significato peculiare anche dal punto di vista sismico (potenziale sorgente di terremoti), che verrà ripreso nella successiva fase di analisi sismica.

2.3 Geomorfologia e pedologia

Il territorio esaminato è suddiviso in fasce a diverse caratteristiche geologiche e geopedologiche; l'andamento delle diverse tipologie di suolo risente molto della storia geologica del territorio; si riconosce in particolare una disposizione nord-sud per terrazzi successivi, paralleli agli originali andamenti dei corsi idrici superficiali.

Andando verso sud-ovest si passa da tipologie idromorfe a suoli più sottili e minor drenaggio, in un contesto a maggior rilevanza ambientale, testimoni residuali dell'antico Moso.

Dal punto di vista più propriamente geomorfologico su tutto il territorio comunale non si riscontrano evidenze di fenomeni di dinamica geomorfologica particolari o con negative interazioni rispetto all'insediamento ed all'utilizzo antropico.

Gli elementi più importanti sono legati ad alcuni aspetti peculiari, quali i fontanili e le risorgive, i terrazzi morfologici, gli alvei con tendenze a modificazioni naturali, le aree a rilevanza paesaggistica (in particolare l'area del Moso).

Sulla base dei dati desunti dalla letteratura confrontati con i dati e le osservazioni in campagna sono state definite alcune unità a caratteristiche omogenee.

Le differenziazioni hanno più un carattere di tipo pedologico ed agronomico ma sono di fatto poco limitanti dal punto di vista pianificatorio (se si esclude l'ambito del Moso).

Le unità così individuate, sono quindi le seguenti (si veda figura 2 tratta dalla tavola 2 dello studio del 2001):

1. Alluvioni Fluvioglaciali recenti con suoli tipo 'Gadesco' (G) :

- *Substrato*: sabbie calcaree e ghiaia, con limi sabbiosi in copertura ; *Suoli dominanti classificazione USDA*: Aquic Haplustalfs fine-silty, mixed, mesic; *Suoli dominanti secondo classificazione FAO*: Calcic Luvisols. *Tipologia*: suoli moderatamente profondi, con drenaggio da mediocre a lento. Tessitura da media a grossolana; reazione subalcalina, in superficie alcalina; seminativi irrigui e prati stabili.

- *Classe:* Ilws, rilevanza ambientale bassa, mediamente adatta utilizzazione liquami, mediamente adatta utilizzazione fanghi.

2. Alluvioni fluvioglaciali recenti con suolo tipo 'Boffalora' (B) :

- *Substrato:* sabbie calcaree e ghiaie, talvolta con limi sabbiosi in copertura, aree transizionali con l'alta pianura ghiaiosa. *Suoli dominanti classificazione USDA:* Fluventic Ustochrepts corse silty. Mixed (calcareous) mesic. *Suoli dominanti secondo classificazione FAO:* Calcaric Cambisols. *Tipologia:* suoli profondi con drenaggio da buono a mediocre. Tessitura media subalcalina in superficie alcalina in profondità, molto calcarei; seminativi irrigui.

- *Classe:* IIs, rilevanza ambientale bassa, adatta utilizzazione liquami, moderatamente adatta utilizzazione fanghi

3. Alluvioni fluvioglaciali molto recenti con suoli tipo 'Vidolasco' (V) :

- *Substrato :* sabbie calcaree e ghiaie, con limo subordinati. *Suoli dominanti classificazione USDA:* Typic Endoaquepts fine over corse silty, mixed (calcareous) mesic. *Suoli dominanti secondo classificazione FAO:* Gleyc Cambisols. *Tipologia:* suoli da sottili a moderatamente profondi, con drenaggio lento. Tessitura da moderatamente fine a fine, reazione subalcalina, non calcarei in superficie, calcarei in profondità, saturazione alta: seminativo irriguo.

- *Classe:* Illw, rilevanza ambientale media, non adatta utilizzazione liquami, non adatta spandimento fanghi.

4. Alluvioni fluvioglaciali e palustri, bonificate con suoli tipo 'Moso' (M) :

- *Substrato :* sabbie calcaree e ghiaie, con limo subordinati. *Suoli dominanti classificazione USDA:* Aeric Fluvaquents fine-silty, over corse loam, mixed (calcareous) mesic. *Suoli dominanti secondo classificazione FAO:* Calcaric Gleysols. *Tipologia:* suoli da moderatamente profondi a profondi, limitati da falda o gley con drenaggio lento. Tessitura da media a moderatamente fine; neutri in superficie subacidi in profondità; prato stabile, seminativo irriguo o pioppeto.

- *Classe:* Illw, rilevanza ambientale media, poco adatta utilizzazione liquami, mediamente adatta spandimento fanghi.

5. Depositi palustri con suolo tipo 'Torbiera' (T) :

- *Substrato* : torbe e limi calcarei prevalenti; sub. Sabbie e ghiaie. *Suoli dominanti classificazione USDA*: Fluvaquentic Humaquepts fine-loamy, mixed mesic. *Suoli dominanti secondo classificazione FAO*: Mollic Gleysols. *Tipologia*: suoli sottili, limitati da falda con drenaggio da molto lento ad impedito. Orizzonti organici nel suolo. Tessitura da media a moderatamente grossolana; subalcalina in superficie, subacida in profondità. Seminativo irriguo, pioppeto e vegetazione naturale.

- *Classe*: IVw, rilevanza ambientale media, non adatta utilizzazione liquami, non adatta spandimento fanghi.

6 Aree urbanizzate antiche (Ua) :

Insedimenti antropici persistenti che hanno profondamente modificato l'originario assetto geomorfologico e geopedologico, obliterando spesso i motivi, relativi al più antico nucleo abitato.

7 Aree urbanizzate recenti (Ur) :

Insedimenti antropici persistenti che hanno profondamente modificato l'originario assetto geomorfologico e geopedologico, relativi all'ultimo cinquantennio.

2.4 Idrogeologia ed idrologia

Rimandano alla articolate esposizione riportata nello studio del 2001 si possono al momento indicare in sede di conclusioni le seguenti informazioni sintetiche (si veda figura 3 tratta dalla tavola 3 dello studio del 2001):

- esiste un primo acquifero freatico con soggiacenza molto bassa, talvolta sub-affiorante e generalmente non superiore ai 2 metri; esiste, quindi, la certezza di interagire con la falda nel caso vengano realizzati manufatti con piani interrati in buona parte dell'abitato
- questo acquifero ha una direzione di flusso mediamente N-S o NNE-SSW
- il secondo acquifero profondo ed artesiano ha una direzione di flusso più precisamente N-S, non essendo influenzato dalla rete idrica di superficie
- non si può obiettivamente ritenere il primo acquifero freatico come adeguatamente protetto da eventuali fenomeni inquinanti derivanti dalla superficie; è invece protetto l'acquifero profondo da cui vengono captate anche le acque potabili dell'acquedotto. L'alta vulnerabilità del primo acquifero è di fatto una condizione comune a tutta la fascia centrale della Pianura Padana ed è legata a situazioni extra e sovra-comunali; come certificato da numerose analisi in tutto l'Alto Cremasco, pur esistendo diverse evidenze di particelle inquinanti nel primo acquifero e nell'acqua superficiale, si ha una situazione mediamente migliore di altre zone ubicate al di fuori del Cremasco (Milanese, Bresciano e Cremonese).

Per progetti di manufatti importanti, soprattutto se interessanti il sottosuolo per alcuni metri, andrà quindi necessariamente predisposto un adeguato studio idrogeologico che metta chiaramente in evidenza il locale andamento dei livelli acquiferi, per evitare interazioni negative fra la struttura e la falda, individuabili solo a scale di progetto.

Si possono infine fare le seguenti ulteriori considerazioni:

- sulla base di tutto quanto finora detto si ritiene che la vulnerabilità dell'acquifero superficiale nell'area in oggetto, sia mediamente da considerare come elevata (da "alta" a "molto elevata") e quindi da valutare attentamente per la preservazione del patrimonio idrico, anche

se non riguardano i pozzi pubblici; gli interventi pianificatori dovranno tenere in giusta considerazione questo elemento

- a proposito del pozzo pubblico utilizzati per il consumo potabile si ricorda che va valutata la "zona di rispetto" , compresa in un raggio non inferiore a 200 m rispetto al punto di captazione (L. 152/99 che richiama al DPR 236/88); in tale ambito non si dovranno prevedere attività che possono disperdere sostanze inquinanti nel sottosuolo (dispersione di reflui, fanghi e liquami, aree cimiteriali, aperture di cave e pozzi, ecc.) e si dovranno adottare, ove possibile, le misure per l'allontanamento di attività preesistenti potenzialmente inquinanti. Va a questo proposito ribadito, sulla base delle considerazioni precedenti, che il limite di legge è cautelativo e preliminare e non coincide assolutamente con la reale situazione idrogeologica che, soprattutto per aree come quella in oggetto deve basarsi su un approccio più mirato, da auspicare per una più corretta pianificazione ambientale. In effetti una normativa della regione Lombardia specifica i criteri esatti da utilizzare per l'individuazione della fascia di rispetto che dovrebbe essere senz'altro effettuata con un apposito studio anche sui pozzi in esame in modo da vincolare intorno ai pozzi un area secondo criteri più razionali e realistici e meno conservativi.

Per i corsi idrici le indicazioni riportate dovranno essere integrate da quanto emergerà dall'apposito studio redatto ai sensi della normativa sul reticolo minore, una volta questo sarà completato, come verrà anche ripreso in seguito.

2.5 Geotecnica

Dal punto di vista geologico-tecnico il territorio di Cremosano possiede generalmente caratteristiche compatibili con la possibilità edificatoria; non sono infatti presenti situazioni di particolare gravità o problematiche rilevanti dal punto di vista della loro soluzione tecnico-economica.

L'unico fattore limitante da considerare con attenzione (oltre all'area paludosa e torbosa del Moso, già di per sé non interessabile da edificazioni per motivi ambientali e paesaggistici), e del resto già sufficientemente noto ed affrontato dagli operatori locali, è la presenza pressoché uniforme di una falda freatica sub-affiorante, soggetta anche a considerevoli oscillazioni stagionali. Va aggiunta anche la presenza di uno strato pedogenizzato superficiale anche di molto spessori superiori al metro, soprattutto sui terreni più antichi, che, fra l'altro coincidono con buona parte degli insediamenti e delle previsioni di sviluppo.

Sono quindi sconsigliabili o comunque da realizzare con significativi interventi tecnici i manufatti interrati di qualsiasi tipologia; per lo stesso motivo, è possibile considerare positivamente la soluzione di costruire le basi fondazionali sopra uno strato di riporto adeguatamente realizzato.

Utilizzando i criteri sopra descritti e' stato possibile suddividere il territorio di Cremosano nelle seguenti cinque unita' a caratteristiche geologico-tecniche sostanzialmente omogenee (si veda figura 4 tratta dalla tavola 4 dello studio del 2001):

UNITA' 1

Litostratigrafia: limo argilloso più o meno ghiaioso per circa 1.0-1.4 metri; quindi sabbia e ghiaia grigia, limoso argillosa per pochi decimetri, ciottolosa al di sotto dei 2.0 metri circa

Suolo: molto profondo, tipo IIWs, a drenaggio da mediocre a lento

Classificazione USCS: MH-OH, MH-ML, CL (al di sopra del metro); SW, GP (1.0-1.5 m), GW, GW-GM (al di sotto di 1,5 m).

Soggiacenza falda : mediamente > 2.0 m, minima 1.5 m

Caratteristiche tecniche: strato portante mai più profondo di 1.5 metri; terreni mediamente addensati a comportamento incoerente (buona capacità portante e cedimenti trascurabili).

Valutazione generale: terreni generalmente idonei all'utilizzo edificatorio sl.

Prescrizioni: il franco fra il piano di posa fondazioni ottimale e la soggiacenza della falda si aggira in media sui 50 centimetri. Da valutare con attenzione modalità di scavo e posa in opera per evitare interazioni negative con la falda soggetta ad oscillazioni stagionali.

UNITA' 2

Litostratigrafia: limo argilloso più o meno ghiaioso per circa 1.0 m; quindi sabbia e ghiaia grigia, limosa argillosa per pochi decimetri

Suolo: profondo, tipo IIIs, a drenaggio da buono a mediocre.

Classificazione USCS: MH, GP (al di sopra del metro m); GP (1.0-1.5 m); SW, SW-SM, GW-GM (al di sotto di 1,5 m).

Soggiacenza falda: mediamente compresa fra – 2.0 m e 1.3 m

Caratteristiche tecniche: strato portante mediamente profondo 1.5-1,6 m; terreni mediamente addensati a comportamento incoerente (buona capacità portante e cedimenti trascurabili)

Valutazione generale: terreni idonei all'utilizzo edificatorio sì, fatto salve le seguenti prescrizioni.

Prescrizioni: non esiste alcun franco tra il piano di posa fondazioni ottimale e la soggiacenza della falda. Poiché la falda è sempre a livello fondazione, da valutare con attenzione modalità di scavo e posa in opera per evitare interazioni negative. Eventuale utilizzo di riporti per sopraelevare il piano di posa.

UNITA' 3

Litostratigrafia: limo argilloso giallastro per 60 cm, quindi sabbie e ghiaie grossolane, talora livelli o plaghe medio-fini ed organiche

Suolo: da moderatamente profondi a profondi, tipo IIIw, a drenaggio lento

Classificazione USCS : ML-CL, SW (al di sopra di 0.6 m); GW-GM (al di sotto di 0.6 m).

Soggiacenza falda: mediamente 1.4-1.7 m, minima 0.6 m

Caratteristiche tecniche: strato portante mai più profondo di 1.0 metri; terreni mediamente addensati a comportamento incoerente (buona capacità portante e cedimenti trascurabili, ad eccezione delle plaghe coesive).

Valutazione generale: terreni idonei all'utilizzo edificatorio fatte salve le prescrizioni seguenti.

Prescrizioni: falda subaffiorante con piano di posa sempre saturo; necessità di limitate bonifiche in presenza di materiali fini a comportamento coesivo; utilizzo di riporti per alzare il piano di posa fondazionale.

UNITA' 4

Litostratigrafia: limo argilloso più o meno ghiaioso per 50 cm; quindi sabbia e ghiaia grigia, più o meno ciottolosa, talvolta sabbia fine più o meno limosa

Suolo: da sottile a moderatamente profondo, tipo Illw, a drenaggio lento

Classificazione USCS : SW-SM, GW-GM, SM (al di sotto di 0.5 m)

Soggiacenza falda: mediamente inferiore al metro; falda semi-permanente prossima al piano campagna

Caratteristiche tecniche: strato portante mai più profondo di 1.0 metri; terreni mediamente addensati a comportamento incoerente (buona capacità portante e cedimenti trascurabili, ad eccezione delle plaghe coesive).

Valutazione generale: terreni idonei all'utilizzo edificatorio fatte salve le prescrizioni seguenti.

Prescrizioni: falda subaffiorante per buona parte dell'anno praticamente coincidente con il piano campagna; zone interessate da risorgive o ristagni frequenti; da valutare con attenzione tipologia e modalità di eventuali fondazioni; talvolta necessità di bonifiche parziali dei terreni o realizzazione riporti; zone mediamente più vulnerabili.

UNITA' 5

Litostratigrafia: sabbie fini, limi ed argille, intercalati a livelli sabbioso-ghiaioso-limosi ed a plaghe di torba ed argilla organica, anche subaffioranti

Suolo: sottile, tipo IVw, a drenaggio molto lento

Classificazione USCS : OH, OL, MH-ML, CH-CL, SM, SP, SW, GP, GW.GM

Soggiacenza falda: subaffiorante 8poche decine di centimetri dal piano campagna attuale)

Caratteristiche tecniche: molto variabili, con comportamenti da coesivi ad incoerenti, a secondo della litologia locale, capacità portante generalmente mediocre e possibilità di cedimenti differenziali

Valutazione generale: terreni poco idonei all'utilizzo edificatorio

Prescrizioni: necessarie bonifiche anche estese e utilizzo di fondazioni indirette.

Si ricorda che per la redazione della carta ci si è basati in particolare sulle notizie geologico tecniche disponibili nell'archivio dello scrivente e riferiti ad alcune indagini geotecniche effettuate per alcuni puntuali problemi sul territorio comunale confrontate in particolare con i dati raccolti nei pozzetti esplorativi appositamente eseguiti (punti a caratteristiche geotecniche note direttamente). I nuovi lavori eseguiti in questi anni confermano sostanzialmente il quadro proposto nello studio del 2001.

3 ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE ED INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO DI CREMOSANO

La valutazione del **rischio sismico** si basa sulla stima delle conseguenze che i futuri terremoti possono provocare al sistema socio-economico direttamente o indirettamente interessato dai terremoti stessi.

Nella valutazione del rischio l'aspetto principale consiste nella definizione della **pericolosità sismica**, ovvero la descrizione della possibile attività sismica futura ottenuta assegnando, in ogni sito del territorio analizzato, i valori di parametri rappresentativi del moto del suolo.

Il modo più semplice, ma allo stesso tempo più grossolano, di descrivere la pericolosità sismica consiste nel suddividere il territorio nazionale in zone sismiche; tale semplificazione, sebbene riduttiva, risulta necessaria ed efficace per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Il primo atto formale di classificazione del territorio nazionale è costituito da un decreto ministeriale del 1909 conseguente al grande terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908, in seguito al quale vengono definite le norme tecniche per la ricostruzione e viene individuata la zona nella quale tali norme si devono applicare nell'attività edilizia futura.

L'aspetto più significativo dal punto di vista della zonazione sismica è rappresentato dall'estensione della zona interessata dal decreto: oltre all'area dello stretto, che presentava i maggiori danni, vi erano incluse parte della provincia di Messina e tutta la Calabria: ciò fu probabilmente dovuto al ricordo del terremoto che aveva colpito il golfo di Santa Eufemia nel 1905 e, soprattutto, dei terremoti che avevano sconvolto la Calabria nel 1783.

Non si registrano variazioni nella classificazione sismica fino al 1925, quando un forte terremoto investe un tratto della costa marchigiana, a nord di Ancona, che viene quindi anch'essa classificata come sismica con decreto dello stesso anno.

A questo decreto fa seguito nel 1927 una nuova normativa di notevole ampiezza che classifica tutte le località colpite da terremoti in due categorie distinte, in relazione al loro grado di sismicità ed alla loro costituzione geologica.

Nel 1962 viene emessa una legge che, pur rappresentando il momento culminante di un fase di riduzione delle zone classificate, introduce un elemento di novità, che può essere

considerato il seme di un radicale cambiamento di tendenza nei metodi di approccio alla zonazione sismica: per la prima volta la normativa viene presentata con la dizione “norme tecniche per le costruzioni in zona sismica” in contrapposizione alle precedenti norme per la ricostruzione delle zone colpite da terremoto, quasi a voler sottolineare il significato preventivo della classificazione.

Il terremoto del Belice 1968 e quello del Friuli del 1976 sono il momento per un ulteriore passo in avanti nella classificazione con l'introduzione di un elemento di novità, costituito dal criterio utilizzato per distinguere le zone di prima e di seconda categoria.

In precedenza tale distinzione era abbastanza casuale e si basava su un giudizio di gravità del danno; nei decreti del 1976 e 1979 la scelta era basata sul valore della probabilità di superamento di assegnate soglie dell'accelerazione del suolo in un prefissato intervallo di tempo.

Il terremoto Irpino-Lucano del 1980 segna la svolta decisiva nella storia della classificazione sismica in Italia: il grande impatto sull'opinione pubblica e la constatazione che le zone colpite dal terremoto erano in gran parte non classificate hanno reso possibile l'accettazione dal Ministero dei Lavori Pubblici della proposta di riclassificazione elaborata nell'ambito del Progetto finalizzato geodinamica del CNR, attraverso una serie di decreti ministeriali emanati tra il 1981 ed il 1984.

La nuova classificazione si basa per la prima volta su parametri quantitativi definiti in modo omogeneo per tutto il territorio nazionale, come “*soglia di sismicità*”, “*intensità risentita*” e “*scuotibilità*” e prevede la suddivisione in tre categorie con grado di severità sismica decrescente dalla prima alla terza.

Nell'aprile 1997, la Commissione per la previsione dei Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile decide di istituire un gruppo di lavoro con l'obiettivo di formulare una proposta di aggiornamento della classificazione sismica nazionale, anche alla luce di nuove ricerche ed all'esperienza di altri paesi.

La nuova classificazione, denominata “Proposta 98” prevede la suddivisione del territorio nazionale sempre nelle tre categorie sismiche a cui si aggiunge un'ulteriore categoria per i comuni non classificati; l'appartenenza di un'area ad una particolare categoria sismica avviene sulla base di parametri quantitativi legati al moto del suolo previsto (approccio probabilistico): l'accelerazione massima del terreno a_{max} (detta anche PGA) con il 10% di probabilità di essere superata nei 50 anni, la cui distribuzione è rappresentata nella carta della pericolosità sismica

(Slejko et al. 1998), l'integrale dello spettro di risposta in pseudovelocità, detto "intensità di Housner" ed il valore della massima intensità sperimentata nell'ultimo millennio.

In seguito al tragico terremoto del 31 ottobre 2002 che provocò a San Giuliano di Puglia il crollo di una scuola e al verificarsi di eventi sismici calamitosi in zone non classificate sismiche (il comune di San Giuliano di Puglia era classificato come non sismico !) è stata emanata un'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri che conteneva i "*Criteri per l'individuazione, la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle zone sismiche*" e le nuove norme tecniche per la costruzione in zona sismica (OPCM 3274 del 20 marzo 2003 e s.m.i.).

Rispetto alle classificazioni precedenti, l'OPCM stabilisce una nuova classificazione sismica del territorio nazionale utilizzando in parte ed aggiornando la classificazione sismica proposta nel 1998 dal Gruppo di Lavoro.

La nuova classificazione è articolata in **4 zone**, ciascuna contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (si veda la tabella 1) ed eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificabili come non sismiche: in questo modo a ciascuna area del territorio nazionale è attribuito un differente livello di protezione sismica.

In ottemperanza all'art. 2 della OPCM 3274 e s.m.i. e secondo quanto disposto dal D.Lgs n. 112/1988 che attribuiva alle Regioni la competenza di classificare il proprio territorio secondo i criteri generali, la Regione Lombardia con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2007 ha provveduto ad aggiornare i propri elenchi delle zone sismiche.

L'O.P.C.M. 3274 e s.m.i. è entrata in vigore il 23 ottobre 2005 in coincidenza con l'entrata in vigore delle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14 settembre 2005) che riprendono, per buona parte anche i contenuti degli eurocodici (in particolare i numeri 07-geotecnica- e 08-sismica).

Attualmente il testo di riferimento è l'aggiornamento a queste norme tecniche e cioè il DM 14 gennaio 2008 (capitolo 7, in particolare per le questioni sismiche) entrato ufficialmente a regime il 01 luglio 2009, sulla cui base è modellato anche la DGR 8/7374 da cui discende il presente studio.

Attualmente è quindi in vigore la classificazione sismica del territorio nazionale che per la Regione Lombardia è quella mostrata nella figura 5 seguente:

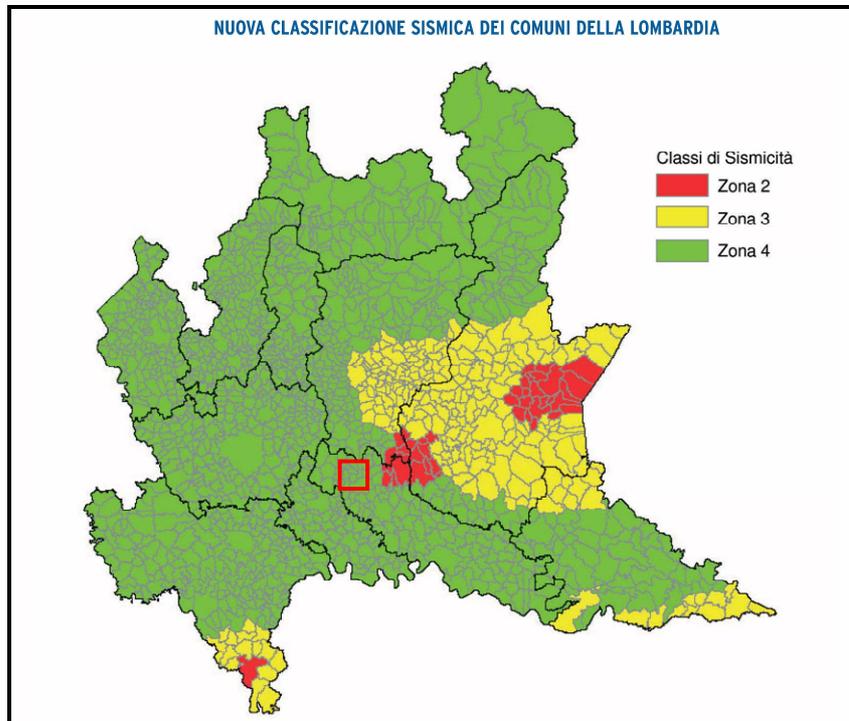


Figura 5: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia in seguito all'Ordinanza 3274/2003 (D.G.R. n.7/14964 del 7 novembre 2003).

Secondo la classificazione vigente **il territorio comunale di Cremosano (Cr)** appartiene alla **zona sismica 4** e risulta identificato da un valore di accelerazione massima orizzontale su suolo di riferimento con la probabilità del 10 % di essere superato nei prossimi 50 anni pari a **0.05g**.

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

Tabella 1: valori di accelerazione orizzontale massima in funzione della zona sismica.

Tuttavia sebbene la nuova classificazione prevede che ogni area del territorio nazionale sia classificata e dunque identificata da un valore soglia di pericolosità sismica, è possibile evidenziare alcune criticità connesse al percorso con cui si è giunti alla classificazione vigente:

- Le Regioni sollecitate dalla O.P.C.M. 3274 hanno provveduto a classificare il proprio territorio basandosi su precedenti studi di pericolosità sismica, soprattutto quelli prodotti nell'ambito del gruppo di lavoro del 1998;
- Successivamente, sempre come disposto dalla O.P.C.M. 3274 e s.m.i. e dai D.M. seguenti, si è provveduto ad aggiornare la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale sulla base di nuovi dati ed utilizzando approcci leggermente differenti rispetto alla mappa elaborata nel 1998 (INGV 2004 e 2006); questo ha determinato per alcune aree la presenza di valori di a_g superiori rispetto a quelli previsti dalla classe sismica di appartenenza;
- Territori comunali particolarmente estesi o in prossimità di sorgenti sismiche sono caratterizzati da un unico valore di a_g , invece di essere suddivisi in fasce di diverso valore; l'introduzione di sottozone costituisce un criterio in grado di rappresentare meglio la distribuzione dei livelli di accelerazione a_g attesi;

Sulla base di quanto sopra riportato, la classificazione sismica del territorio nazionale costituisce una semplificazione nella valutazione dei livelli di pericolosità sismica anche se necessaria per l'applicazione della normativa e non deve essere considerata come un punto di arrivo ma piuttosto di partenza per la realizzazione di studi sismici a maggior dettaglio e a minor scala (**microzonazione sismica**), soprattutto in fase di pianificazione urbanistica, in modo da indirizzare lo sviluppo edificatorio o eventualmente aumentare i livelli di protezione sismica previsti dalla normativa.

4 DESCRIZIONE DELLA SISMICITÀ

L'analisi della sismicità intesa come distribuzione spazio-temporale dei terremoti avvenuti nel tempo in una determinata area costituisce il primo tassello negli studi di valutazione della pericolosità sismica di base.

Infatti trattandosi di modelli probabilistici, le caratteristiche sismotettoniche e le modalità di rilascio dell'energia sismica nel passato consentono la messa a punto di modelli che descrivano l'attività sismica futura e dunque permettono di stimare i livelli di accelerazione attesi.

Secondo la zonazione sismogenetica ZS9 (figura 6) che individua aree omogenee caratterizzate da sorgenti in grado di generare terremoti e da una distribuzione spaziale uniforme degli eventi sismici, il territorio di Cremosano è al margine della zona sismogenetica che si sviluppa verso est, la 907, denominata "Bergamasco" ; si ricorda che si intende per zona sismogenetica la presenza di strutture geologiche in grado di generare terremoti, le cosiddette "faglie capaci".

Dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità (Catalogo DOM4.1, Monachesi e Stucchi 1997; Catalogo NT4.1.1, Camassi e Stucchi 1996; Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPT04, Gruppo di lavoro INGV 2004) risulta che:

- l'area comunale e quella di un ragionevole intorno (Crema, Lodigiano) nel suo complesso sono caratterizzate da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del VII° della scala Mercalli (si veda la figura 7);
- Le località epicentrali per gli eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti/danni (osservazioni macrosismiche) provengono da località appartenenti prevalentemente alle province vicine, corrispondenti al Veronese, al Bresciano, al Bergamasco e, solo subordinatamente al Lodigiano-Cremonese sulla linea Cornelian-Bordolano che passa fra Lodi e Brescia (zona Ticengo-Soncino), a cui si accennava nel paragrafo di inquadramento geologico.

A completamento si mostra nelle figure 8 e 9 la distribuzione della sismicità "recente" rispetto al territorio in esame, riportando le localizzazioni epicentrali degli eventi registrati dalla

rete Sismica Nazionale nell'intervallo di tempo compreso tra il 1981 ed il 2002 (Catalogo della sismicità italiana CS 1.0).

Anche in questo caso si evidenzia l'assenza di terremoti di una certa entità localizzati in prossimità del territorio di Cremosano, dimostrando come l'area sia caratterizzata da una bassa potenzialità sismica, il cui aspetto principale risulta legato agli effetti risentiti e prodotti da terremoti di energia elevata ($M_L > 4$) avvenuti in aree epicentrali esterne e anche lontane dall'area in esame.

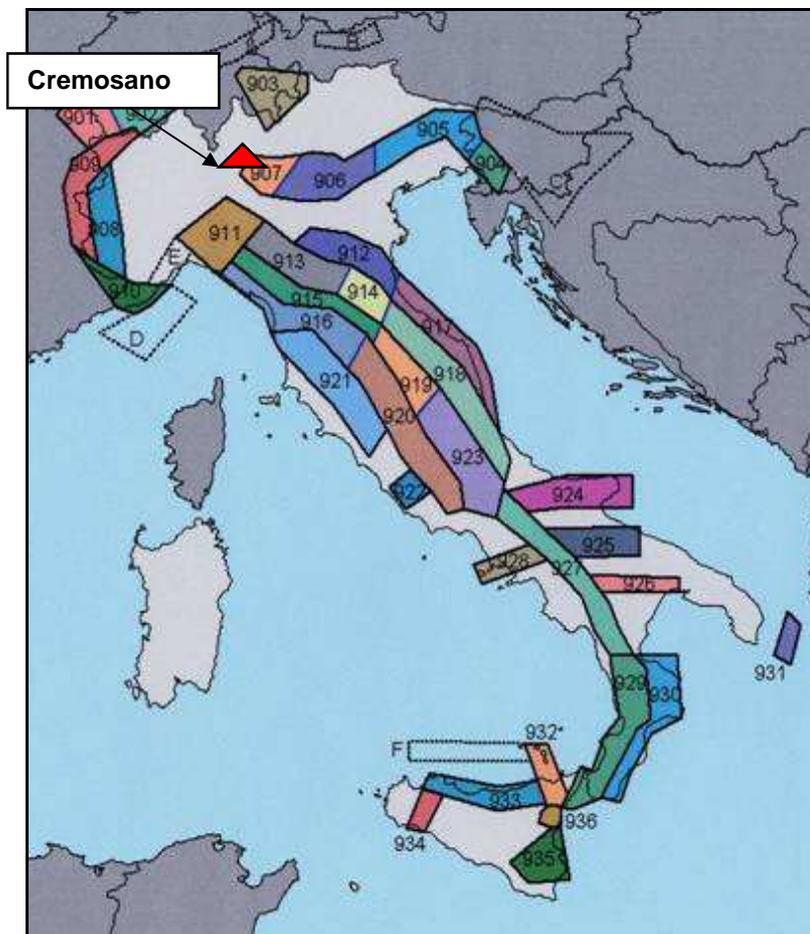


Figura 6: individuazione delle zone sismogenetiche in cui è suddiviso il territorio nazionale - zonazione sismogenetica ZS9 (INGV 2004) – ed ubicazione del comune di Cremosano.

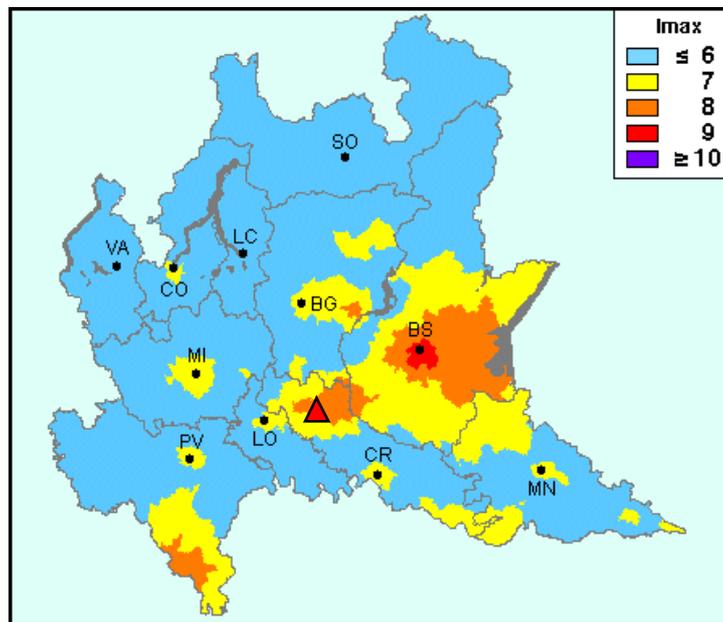


Figura 7: Carta della massima intensità macrosismica attesa in Lombardia (Moliniet et al., 1996).

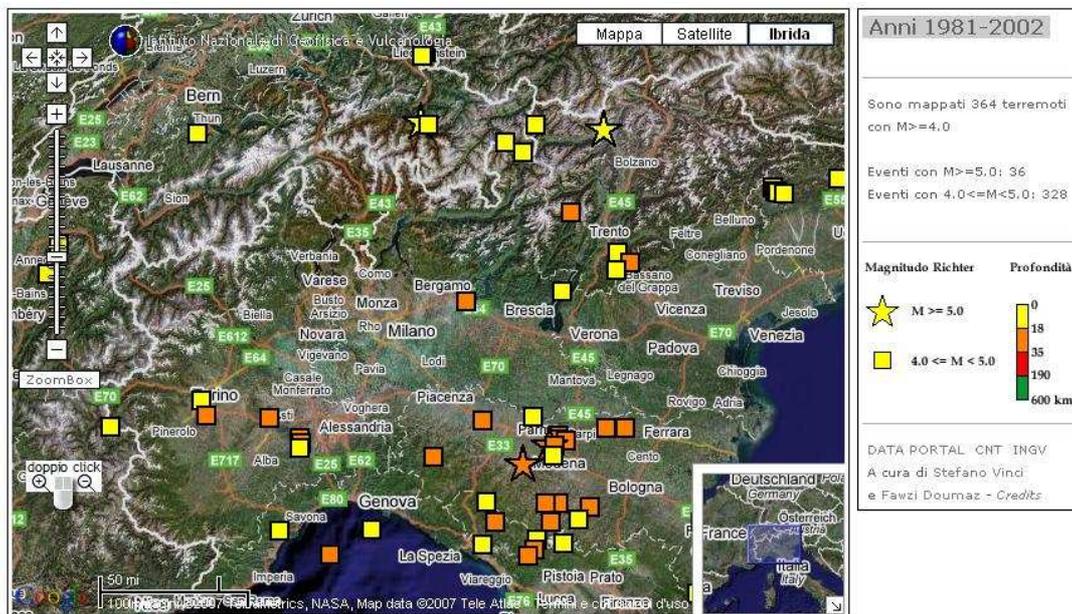


Figura 8: Ubicazione dei terremoti recenti – periodo 1981-2002 (INGV).

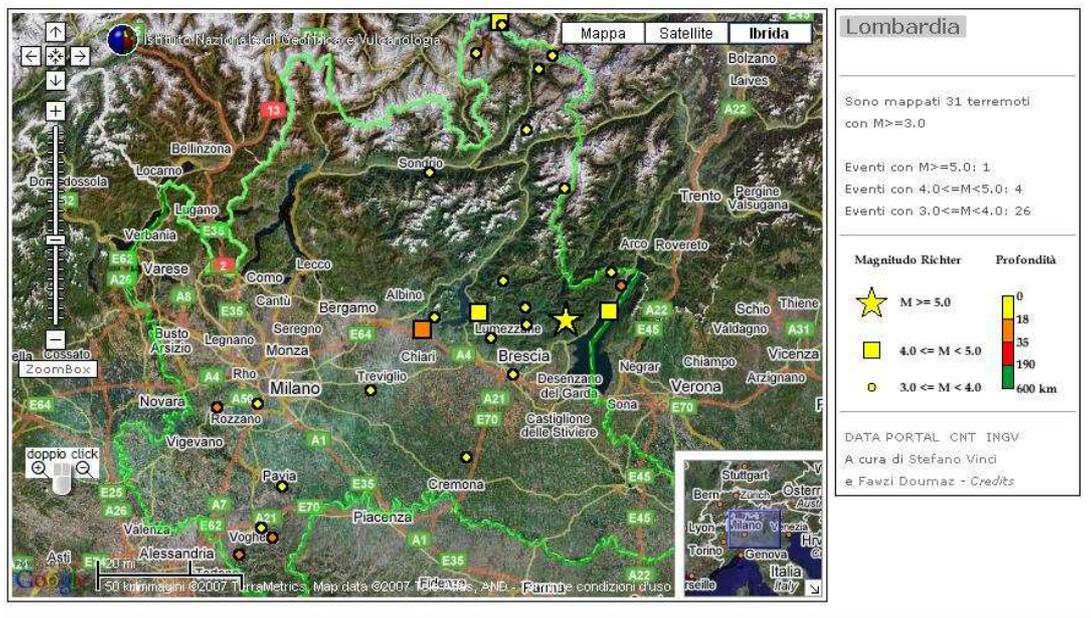


Figura 9: Ubicazione dei terremoti più recenti – periodo 2002-2006 (INGV).

5 PERICOLOSITÀ SISMICA

Come accennato nel capitolo precedente in seguito all'emanazione della O.P.C.M. 3274 e del D.M. 14.09.2005, è stata prodotta una nuova versione della Carta della Pericolosità Sismica del territorio nazionale (anno 2004 e 2006).

La mappa riporta il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g che ha la probabilità di essere superato almeno una volta nei prossimi 50 anni; tale valore di probabilità, che corrisponde ad un periodo di ritorno di 475 anni, è assunto come riferimento dalla normativa sismica vigente.

Nella figura 10, si riporta l'estratto della mappa di pericolosità sismica relativa alla Regione Lombardia da cui si ricava che per il territorio di Cremosano il valore di a_g atteso risulta compreso tra **0.075 e 0.100 g**, ovvero leggermente superiore a quello previsto dalla normativa per la zona sismica 4 (si veda la tabella 1).

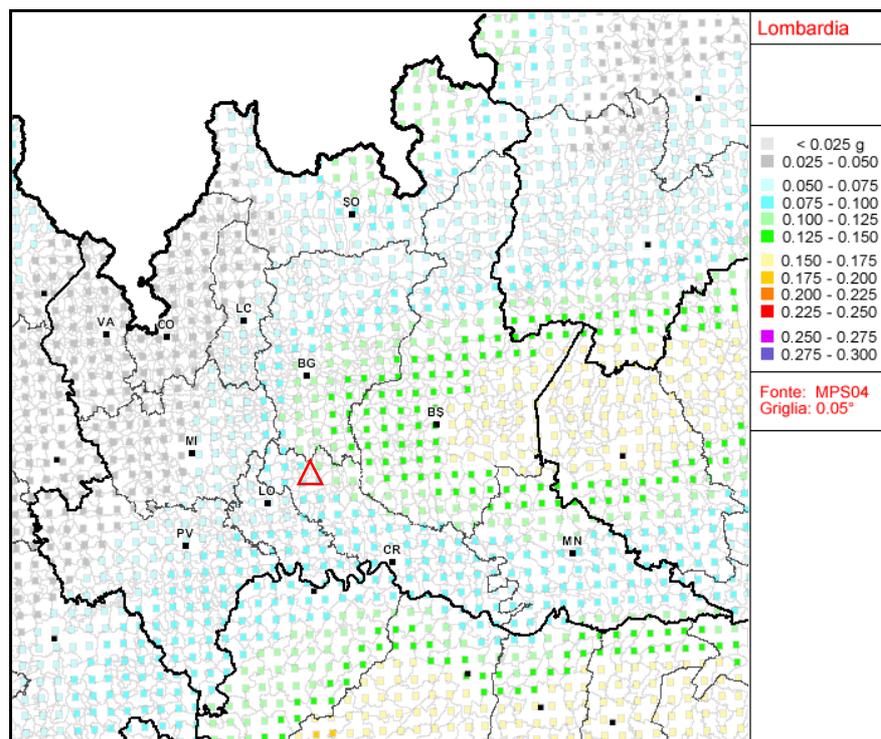


Figura 10: mappa della pericolosità sismica della Regione Lombardia: si riportano i valori dell'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo di riferimento come frazione di g (INGV anno 2006).

Tuttavia, come prevede la normativa e come è giusto in un caso particolare come quello in esame (territorio non distante ad aree con clamorose sismiche come il soncinese) i soli valori a_g non sono sufficienti a descrivere le caratteristiche del moto atteso in un sito: esso viene identificato dallo spettro a probabilità uniforme (UHRS).

In figura 11 si riporta lo spettro UHRS e quello previsto dalla normativa antisismica per la classe 4, entrambi per un suolo di riferimento, da cui si ricava che lo spettro previsto dalla normativa risulta leggermente inferiore a quello previsto dagli studi di PS (questo comporta una sottostima dei valori di a_g già in partenza).

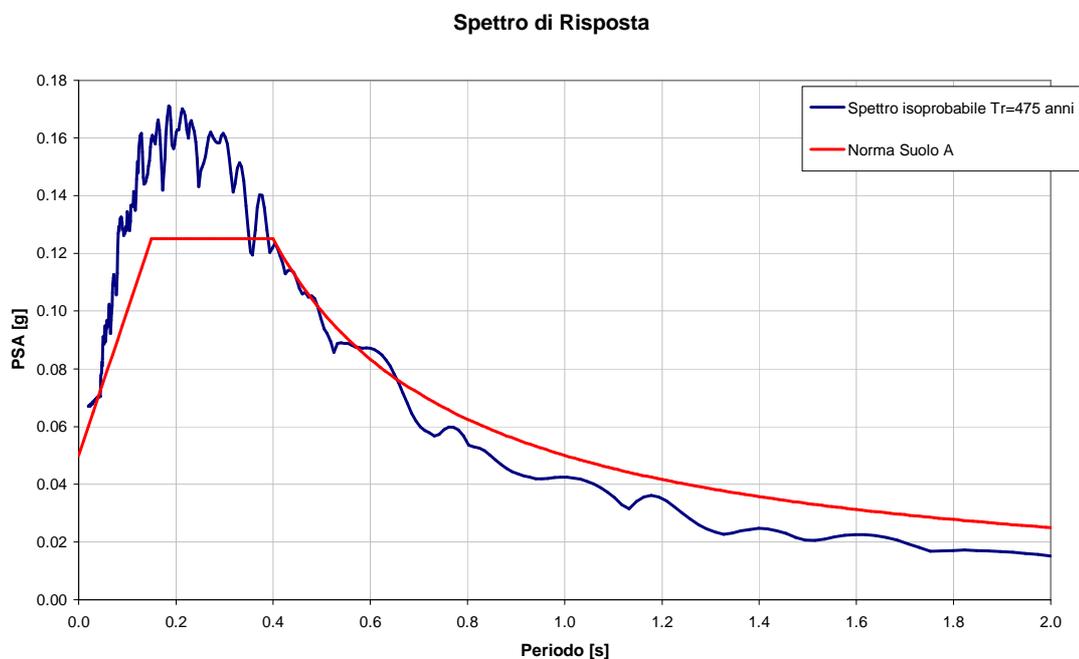


Figura 11: Spettro di risposta a probabilità uniforme e confronto con lo spettro di risposta previsto alla normativa (per un periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento pari al 5%).

Lo spettro UHRS individua la pericolosità sismica di base dell'area, ovvero identifica su base probabilistica le caratteristiche dello scuotimento del suolo (**macrozonazione sismica**) senza considerare nessuna modificazione che può subire il moto del suolo a causa di

particolari condizioni geologiche e geomorfologiche, cioè senza modificazioni dovute a **effetti locali**.

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che devono essere presi in considerazione nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Numerosi studi hanno infatti messo in evidenza che gli effetti dovuti a particolari condizioni geologico-geomorfologiche hanno prodotto danni diversificati, su costruzioni di caratteristiche analoghe, all'interno di un uno stesso centro abitato (a distanze molto ravvicinate).

Gli studi svolti in questo campo di indagine hanno permesso di individuare come la presenza di irregolarità topografiche (creste rocciose, cocuzzoli, scarpate), in cui possono verificarsi focalizzazioni dell'energia sismica incidente, sono in grado di esaltare l'ampiezza delle onde.

Inoltre, variazioni dell'ampiezza delle vibrazioni e delle frequenze del moto si possono avere anche alla superficie di depositi alluvionali e di falde di detrito a causa dei fenomeni di riflessione multipla e di interferenza delle onde sismiche entro il deposito stesso, con conseguente notevole amplificazione rispetto al moto di riferimento (pericolosità di base).

5.1 Parametri di pericolosità sismica locale

E' quindi importante avere la giusta definizione dei parametri di pericolosità sismica locale sulla base degli studi e delle normative di settore, tutti pubblicati e facilmente ricavabili anche da diversi siti specializzati.

Questi parametri sono basati :

- sulle coordinate di riferimento del sito (mediamente nel caso di Cremosano : **Longitudine 45.395623; Latitudine 9.63939**)
- sulla classe degli edifici (I – Costruzioni minori; II – Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti; III – Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi; IV – Costruzioni

con funzioni pubbliche o strategiche importanti) da cui discende anche il periodo di riferimento dell'azione sismica

- Sulla vita nominale dell'opera (collegata alle classi precedenti e generalmente considerata pari a 50 anni)

Sono inoltre da considerare i periodi di ritorno di riferimento che variano a secondo della soglia di 'stato limite' da considerare.

Per esempio per le costruzioni in classe II (la maggior parte) si hanno :

- Stato Limite di Operatività (SLO) pari a 30 anni
- Stato Limite di Danno (SLD) pari a 50 anni
- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) pari a 475 anni
- Stato Limite prevenzione al Collasso (SLC) pari a 975 anni

Per le opere normali i periodi di ritorno da considerare sono relativi a quelli della salvaguardia della vita (pari a 475 anni per la classe II, 712 anni per la classe III, 949 anni per la classe IV).

Per Cremosano i parametri di pericolosità sismica da considerare sono quindi i seguenti (vita nominale della struttura 50 anni) :

Per gli edifici in classe II :

"Stato limite"	Tr (anni)	a _g (g)	F ₀ (-)	T* _c (s)
Operatività	30	0.029	2.484	0.200
Danno	50	0.036	2.524	0.217
Salvaguardia della vita	475	0.089	2.514	0.285
Prevenzione Collasso	975	0.115	2.509	0.291

Per gli edifici in classe III :

"Stato limite"	Tr (anni)	a _g (g)	F ₀ (-)	T* _c (s)
Operatività	45	0.034	2.484	0.213
Danno	75	0.043	2.524	0.236
Salvaguardia della vita	712	0.102	2.514	0.289
Prevenzione Collasso	1462	0.131	2.509	0.295

Per gli edifici in classe IV :

“Stato limite”	Tr (anni)	a_g (g)	F₀ (-)	T*_c (s)
Operatività	60	0.039	2.524	0.226
Danno	101	0.049	2.502	0.247
Salvaguardia della vita	949	0.113	2.514	0.291
Prevenzione Collasso	1950	0.144	2.509	0.298

Questi parametri di riferimento andranno tenuti presenti nella valutazione del rischio sismico secondo le analisi nei tre livelli previsti dall'allegato 5 alla DGR. N. 8/7374 del 38/05/08 che verranno illustrati nel capitolo seguente contestualizzati per il territorio comunale di Cremosano.

6 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI SITO PER IL COMUNE DI CREMOSANO

6.1 Risposta sismica locale

Le evidenze acquisite nel tempo di fenomeni di amplificazione del moto di base atteso dovuto a condizioni geomorfologiche e geotecniche proprie del sito ha portato a stabilire delle metodologie per la valutazione degli effetti locali a scala urbanistica e a definire il tipo di indagini e di analisi indispensabili per raggiungere risultati ingegneristicamente utili per la pianificazione del territorio.

Il riconoscimento ed una prima stima degli effetti di sito risultano indispensabili nell'ottica di una riduzione del rischio sismico, indirizzando la pianificazione territoriale ed urbanistica e la localizzazione di interventi in aree esposte a minor pericolo.

In quest'ottica la Regione Lombardia nell'ambito della definizione degli aspetti geologici della pianificazione urbanistica comunale (art. 57 della L.R. 11 marzo 2005 n. 12) ha provveduto ad emanare i criteri per *"l'Analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Pian di Governo del Territorio"* (Allegato 5 alla DGR 8/1566 del 22 dicembre 2005).

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente: i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza), mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione; nella tabella 2 seguente si riportano gli adempimenti in funzione della zona sismica di appartenenza:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° Livello Fase pianificatoria	2° Livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	- Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato o urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5
Zona sismica 4	obbligatorio	- Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n.19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti
*** PSL = pericolosità sismica locale			

Tabella 2: i livelli di approfondimento previsti dalla normativa vigente

7 ANALISI DI 1° LIVELLO

L'analisi di primo livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un approccio empirico che trova le basi nell'osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette di individuare le zone ove i diversi effetti prodotti all'azione sismica, sono, con buona approssimazione, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la carta geologica, dei dissesti ed i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte. Lo studio attuato è il risultato dell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di inquadramento ed analisi (Carte geologica e geomorfologica –figure 1 e 2- e Carta geologico applicativa –fig.4-) e viene sintetizzato nella redazione in un'apposita cartografia rappresentata dalla **Tavola A- Carta della Pericolosità Sismica**, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo che sono state riscontrate nel territorio di Cremosano in grado di determinare gli effetti sismici locali:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5d	Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 3: scenari di pericolosità sismica locale

Sulla base delle caratteristiche geologico-tecniche e geomorfologiche proprie del territorio in esame (si veda anche quanto riportato nello studio geologico redatto ai sensi della L.R. 41/97, anno 2001) è possibile individuare per l'intero territorio comunale un unico scenario di pericolosità sismica, coincidente con la sigla **Z4a** ovvero "zona di fondovalle con la presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari".

Le uniche interruzioni morfologiche presenti nel territorio di Cremosano sono legate ad alcuni terrazzamenti ed alle scarpate di erosione fluviale dei principali corsi idrici presenti che tuttavia non presentano geometrie ed altezze in grado di generare effetti di amplificazione topografica (mancanza di zona di ciglio con $H > 10$ m).

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento e consente anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei livelli di approfondimento necessari, così come mostrato nella tabella 4.

SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Classe di Pericolosità Sismica
Z1a	H3
Z1b	H2- livello di approfondimento 3°
Z1c	
Z3a	H2- livello di approfondimento 2°
Z3b	
Z4a	H2- livello di approfondimento 2°
Z4b	
Z5	H2- livello di approfondimento 3°

Tabella 4: Classi di pericolosità per ogni scenario di PSL.

8 ANALISI DI 2° LIVELLO

Come esposto nel capitolo precedente l'intero territorio comunale di Cremosano risulta appartenere allo scenario di pericolosità sismica Z4a, caratterizzato dalla possibilità che si verifichino effetti di amplificazione sismica legati a particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche.

Al fine di valutare tali effetti, soprattutto per le zone del territorio potenzialmente soggette ad uno sviluppo edificatorio con la presenza anche di strutture di interesse pubblico (D.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003 - BURL n. 49 del 1-12-2003 serie Ordinaria a cui si rimanda per l'elenco tipologico), si è proceduto ad eseguire il secondo livello di approfondimento.

Esso consiste in una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi e si concretizza con una stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa).

La valutazione del fattore Fa permette di "quantificare" l'effetto prodotto dalle condizioni litostratigrafiche locali in grado di modificare l'intensità delle onde sismiche generate da un terremoto (pericolosità di base).

La procedura prevede il confronto tra il valore di Fa caratteristico dell'area e il valore di Fa caratteristico del territorio comunale in cui l'area è inserita: tale valore, detto di "soglia", è contenuto in un apposito elenco redatto dalla Regione Lombardia.

Si possono quindi verificare due situazioni:

- il valore di Fa è inferiore o uguale al valore di soglia
- il valore di Fa è superiore al valore di soglia.

Nel primo caso la normativa antisismica è sufficiente a tenere in conto anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (**classe di pericolosità H1**); nel secondo caso, viceversa, la normativa è insufficiente ed andranno effettuate analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (**classe di pericolosità H2**).

Per il Comune di Cremosano i valori di Fa di soglia, riferiti all'intervallo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (A, B, C, D e E), sono i seguenti:

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s				
Comune	Classificazione	Suolo tipo A	Suolo tipo B-C-E	Suolo tipo D
Cremona	4	0.6	0.8	0.9

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s				
Comune	Classificazione	Suolo tipo A	Suolo tipo B-C-E	Suolo tipo D
Cremona	4	0.9	1.3	2.2

Tabella 5 e 6: valori di soglia del fattore di amplificazione F_a per il comune di Cremona.

Il due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a derivano dal periodo proprio delle tipologie costruttive che costituiscono la maggior parte del patrimonio edilizio: in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse (massimo 4-5 piani), regolari e rigide e cioè la totalità o quasi delle tipologie edilizie presenti sul territorio comunale, mentre l'intervallo 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Per effettuare l'analisi di 2° livello è necessaria la conoscenza dei seguenti parametri:

- Litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- Stratigrafia del sito;
- Andamento delle V_s con la profondità e spessore e velocità di ciascun strato.

Tali parametri possono essere ricavati con metodi differenti ciascuno contraddistinto da un diverso grado di attendibilità, così come riportato nella tabella 7:

Dati	Attendibilità	Tipologia
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)
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 sismica superficiale)

Tabella 7: Livelli di attendibilità per la stima del rischio sismico e delle amplificazioni di sito.

8.1 Individuazione delle aree campione: ubicazione e caratteristiche

Dall'analisi dei dati geologico-tecnici a disposizione si è ritenuto ragionevole considerare tutto il territorio di Cremosano come avente caratteristiche omogenee alla scala indagata, considerando in pratica come un territorio in grado di generare una risposta abbastanza uniforme negli effetti di sito.

Nella stima e nell'attendibilità degli effetti litologici propri dell'area in esame, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio Vs con la profondità riveste un ruolo di fondamentale importanza.

Proprio per la significatività di questo aspetto si è proceduto all'esecuzione di un'apposita indagine geofisica, tenendo in considerazione che le correlazioni tra Vs e N_{spt} o tra Vs e CPT sono di tipo empirico e presentano un basso grado di affidabilità.

L'indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di una linea sismica con la metodologia MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), effettuata dalla società SIGNA srl ed ubicata nel centro città (asilo comunale, in vicinanza fra l'altro del pozzo pubblico idropotabile, di cui è nota la stratigrafia) .

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde di taglio S con la profondità attraverso lo studio delle propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Per l'area in esame (centro cittadino) il modello di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, risulta il seguente (tabella 8 e figura12; quota zero = piano campagna attuale) :

Modello 1			
Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	0.48	196.31	0.48
2	1.36	124.71	1.84
3	0.94	287.15	2.78
4	1.18	258.38	3.96
5	1.47	225.85	5.43
6	1.84	429.99	7.27
7	2.30	430.43	9.58
8	2.88	363.57	12.45
9	3.60	546.96	16.05
10	4.49	642.31	20.54
11	7.14	560.89	27.68
12	6.71	792.89	34.38

Tabella 8 : modello velocità onde sismiche per Cremosano (da prova MASW)

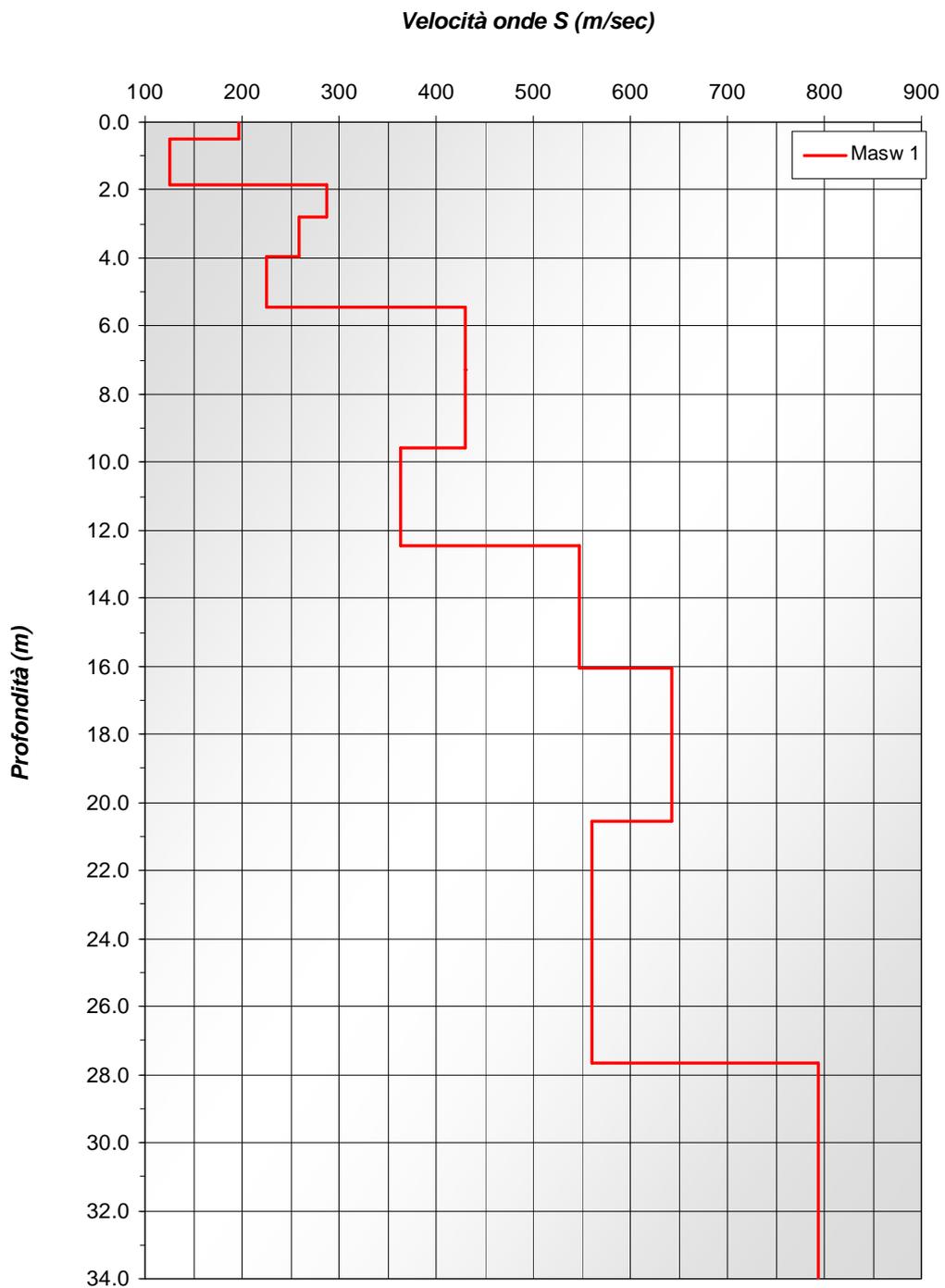


Figura 12 : andamento Vs da prova MASW effettuata in via Vignale a Cremosano

Sulla base dell'andamento delle Vs con la profondità proprio dell'area, la scheda litologica di riferimento è quella relativa alla litologia "limoso-sabbioso 2" (gli approfondimenti contenuti nelle integrazioni all'Allegato 5 del febbraio 2006 - F. Pergalani, M. Compagnoni e V. Petrini prevedono che nel caso in cui l'andamento delle Vs con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda litologica corrispondente, sia utilizzata la scheda che presenta l'andamento delle Vs più simile a quello riscontrato nell'indagine).

Successivamente, all'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità delle onde S dello strato superficiale, la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa.

Considerando una velocità dello strato superficiale pari a 270 m /s (media geometrica dei valori di Vs nei primi 7 m) risulta che la curva di riferimento è la n. 2, caratterizzata dalla seguente equazione:

Curva	0.08 <T ≤ 0.4 s	0.4 <T ≤ 1.0 s
2	Fa_{0.1-0.5} = -12.8T² +9.2T+0.48	Fa_{0.1-0.5} = 1.77-0.38LnT

in cui T è il periodo proprio del sito, calcolato a partire dalla seguente equazione:

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

dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello fino al raggiungimento del bedrock sismico (strato con Vs > 800 m/s) .

Utilizzando il modello di velocità ricostruito sulla base dell'indagine sismica appositamente realizzata nell'area si ottiene un valore del periodo proprio del sito pari a **$T = 0.238$ s** a cui corrisponde, utilizzando l'espressione della curva n. 2, un valore di FA pari a :

$F_a = 1.95$

A questo punto, il valore di FA proprio del sito deve essere confrontato con il valore FA di soglia che, come detto precedentemente, è contenuto in un elenco predisposto dalla Regione Lombardia e risulta differente per le diverse categorie di suolo.

Le categorie di suolo di fondazione, secondo l'OPCM 3274 e s.m.i. e il D.M. 14.09.2005 risultano così identificate (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		V_{s30} (m/s)	N_{SPT}	C_u (kPa)
A	<u>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi</u> , caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m	> 800	-	-
B	<u>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</u> , con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	<u>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza</u> , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri	180-360	15-50	70-250
D	<u>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti</u>	<180	<15	<70
E	<u>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</u> , con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s			

Tabella 9 : categoria di suolo prevista dalla normativa vigente

dove V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

A partire dal profilo Vs-profondità proprio dell'area in esame, è possibile calcolare, con la formula sopra riportata, il valore di V_{s30} che risulta (i 30 m di profondità sono stati misurati a partire sia da -0.5 che da -1.5 m da p.c. attuale):

- quota = -0.5 m da pc. - $V_{s30} = 413.8$ m/s
- quota = -1.5 m da pc. - $V_{s30} = 456.3$ m/s

a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo B.**

Per la categoria di suolo di fondazione il valore di FA di soglia risulta pari a 0.8 e quindi inferiore al valore di FA proprio del sito.

$$\text{FA}_{\text{soglia}} < \text{FA}_{\text{sito}}$$

Ciò implica che la normativa antisismica (OPCM 3274 e D.M. 14.09.2005) non è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica propri del sito e quindi risulta necessario effettuare l'analisi di terzo livello.

Si ricorda che nella simulazione proposta si considera il caso, più diffuso di edifici rigidi e compatti non superiori ai 4-5 piani circa di altezza (periodi propri compresi fra 0.1. e 0.5 s.

I risultati ottenuti sono da considerare come mediamente rappresentativi del territorio di Cremosano e hanno un carattere di inquadramento generale da utilizzare esclusivamente nell'ambito della pianificazione urbanistica.

Come evidenziato nell'applicazione dell'analisi di 2° livello, esistono alcune limitazioni relative a quanto considerato legate a :

- La predisposizione di un modello indicativo di Vs sulla base di elementi puntuali estesi a tutto il territorio comunale
- I limiti oggettivi della attuale normativa relativamente alla metodologia messa a punto, legata principalmente alla disponibilità di schede di riferimento ricavate su un numero limitato di dati geofisici (andamento delle Vs con la profondità); questo comporta che il profilo Vs-z relativo alla litologia che caratterizza il sito in esame sia differente da quello previsto dalla stessa litologia nella scheda di riferimento.
- La trattazione generica del problema su tutto il territorio comunale ed a prescindere delle caratteristiche proprie degli interventi edificatori che verranno realizzati

Per questi motivi sarà necessario procedere in sede di progettazione di singole opere rientranti nelle categorie strategiche o rilevanti procedere alla verifica puntuale del secondo livello e quindi in sede progettuale procedere all'analisi quantitativa degli effetti di sito (analisi di 3° livello – microzonazione sismica) su lla base di modelli geofisici-geotecnici basati su apposite analisi strumentali.

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

Per questo motivo tutto il territorio comunale nella tavola A - carta di pericolosità sismica locale- viene definito in **classe di pericolosità H2**; viene quindi considerato tutto il territorio con un valore Fa maggiore al valore di soglia con obbligo di fare una verifica puntuale di II livello sulle opere e, ove il caso, la conseguente verifica di III livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti per la normativa nazionale della categoria di suolo superiore.

A solo titolo esplicativo si riportano di seguito le indicazioni emerse da un recente analysis di terzo livello effettuata dallo scrivente, proprio sulla base della MASW sopra riportata e riferita alle opere di ampliamento dell'asilo comunale.

In questo caso, per una valutazione quantitativa degli effetti di amplificazione propri di quella specifica area si è proceduto ad una modellazione numerica della risposta sismica locale utilizzando il codice di calcolo SHAKE91 (Schnabel et al. 1972; Idriss e Sun, 1992) che effettua una modellazione monodimensionale adottando un comportamento del mezzo di tipo lineare equivalente (schematizzazione compatibile con i livelli di deformazione attesi per l'area in esame – zona sismica 4).

Per l'esecuzione dell'analisi numerica si sono effettuate le seguenti fasi di lavoro:

1. **Definizione delle caratteristiche geologiche:** si è ricostruita la successione stratigrafica propria dell'area utilizzando sia i dati provenienti dalla bibliografia (stratigrafie dei pozzi pubblici, carta geologica) che quelli provenienti dalle prove geognostiche realizzate nei dintorni dell'area in esame;
2. **Definizione dei parametri fisico-meccanici:** i parametri necessari nell'analisi numerica sono, per ogni strato in cui è suddiviso il profilo stratigrafico, il peso di volume, la velocità delle onde S e l'andamento del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento in funzione della deformazione; i valori delle Vs sono quelli ricavati dalla prova MASW effettuata mentre le curve G- γ e D- γ sono quelle mediamente rappresentative di ciascuna litologia di riferimento (Seed et al., 1986; Vucetic e Dobry, 1991) e fornite dalla Regione Lombardia;
3. **Definizione del moto di input:** le azioni sismiche di ingresso sono rappresentate da accelerogrammi forniti dalla Regione Lombardia e relativi a ciascun comune; tali accelerogrammi sono stati ottenuti simulando storie temporali in accelerazione il cui spettro fosse compatibile con lo spettro UHRS per un suolo di riferimento (suolo A) sulla base degli studi di pericolosità sismica nazionale e vengono fatti propagare a partire dal bedrock sismico (vedi figure 13 e 14);

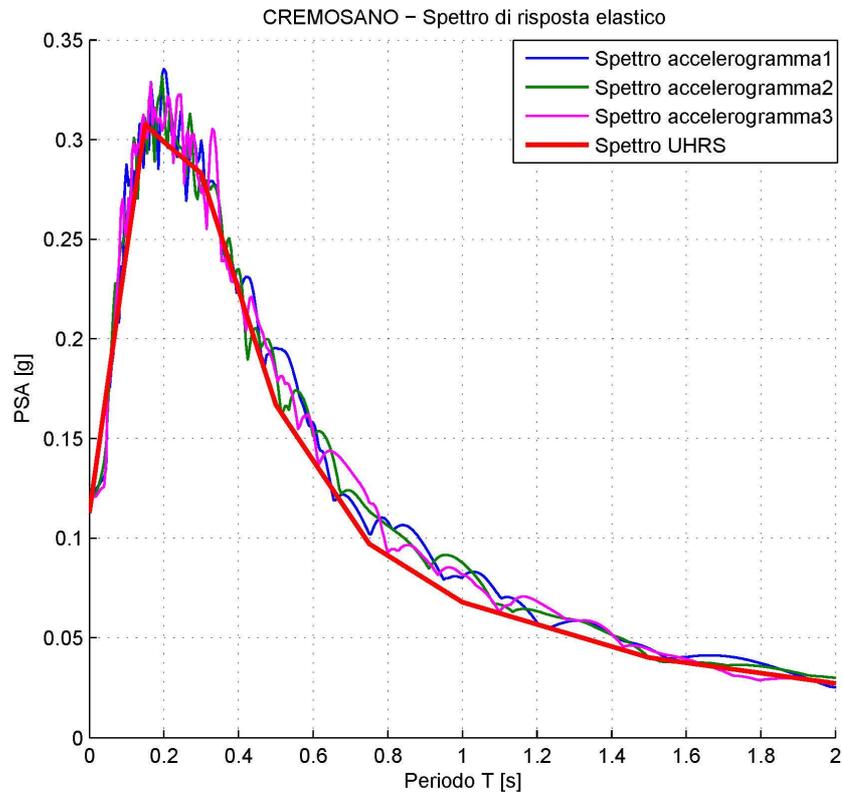


Figura 13: Spettro di risposta UHRS per il comune di Cremosano rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 975 anni (in rosso) e spettri di risposta degli accelerogrammi di input (Regione Lombardia).

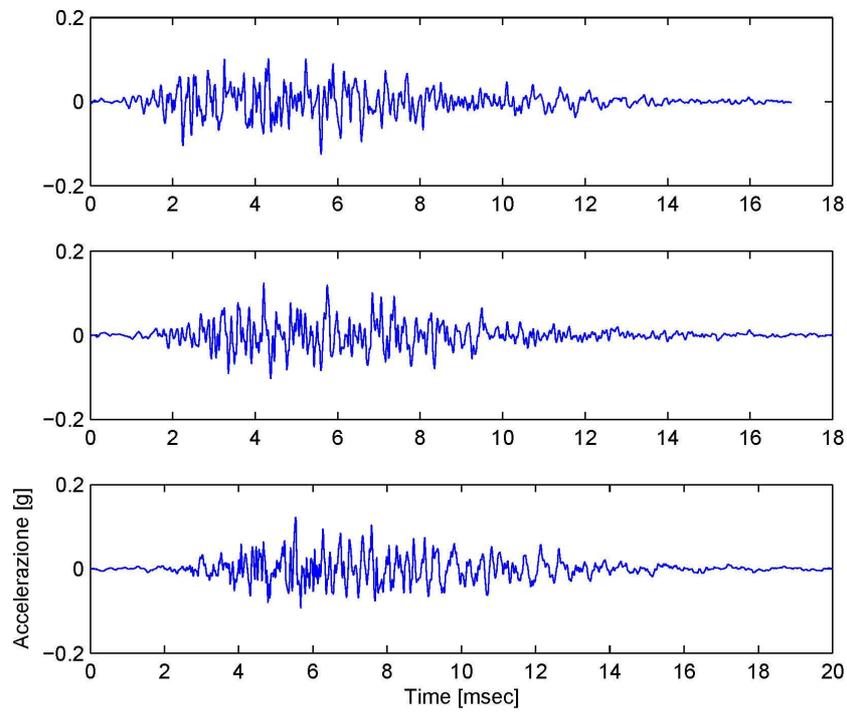


Figura 14: accelerogrammi di input (Regione Lombardia).

In figura 15 si riportano i risultati delle simulazioni effettuate, in termini di spettro di risposta in accelerazione.

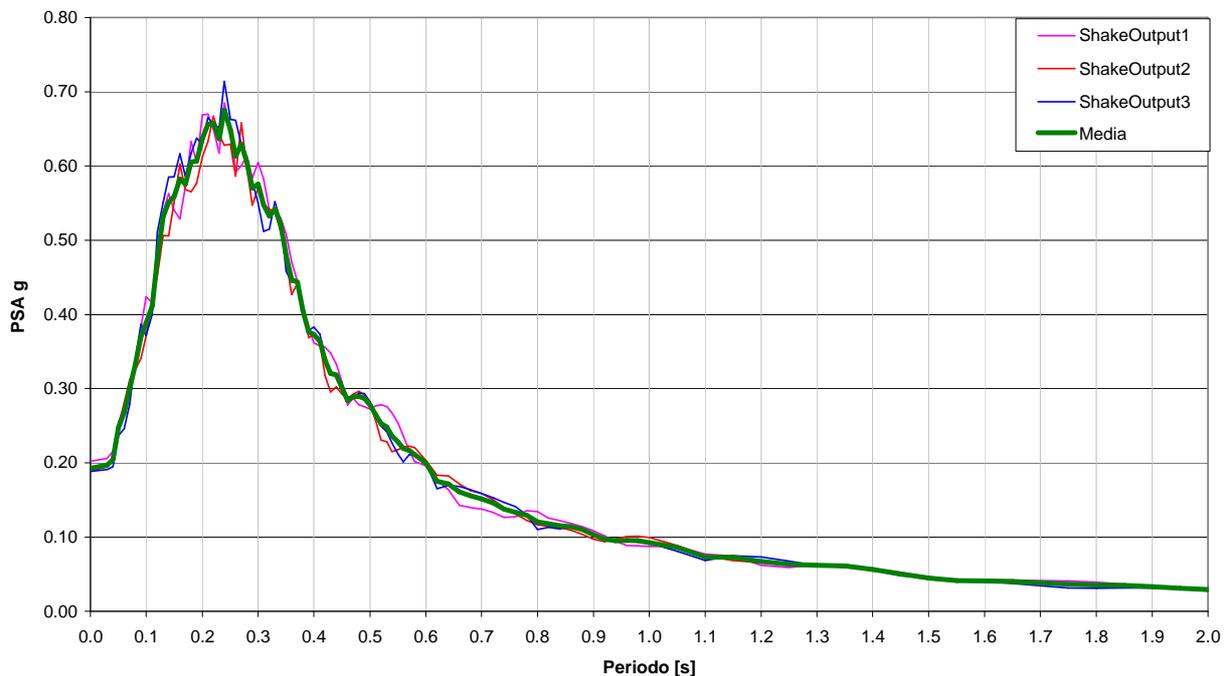


Figura 15: spettri di risposta ottenuti dalle simulazioni numeriche (sito in via Vignale nel comune di Cremosano).

Dall'osservazione della figura 15 risulta che:

- ✓ I massimi valori di accelerazione si concentrano nell'intervallo di periodo compreso tra 0.15 e 0.33 s con la presenza di un picco principale intorno 0.24 s che corrisponde al periodo proprio del deposito. Questo aspetto dovrà essere tenuto in considerazione nella progettazione della struttura che dovrà avere un periodo diverso da quello del sito al fine di evitare effetti di doppia risonanza;
- ✓ A partire da circa 0.4 s si assiste ad una rapida diminuzione dei valori di accelerazione;

Come concetto generale è evidente che con questo approccio gli spettri di risposta elastici forniti in figura 15 consentono di caratterizzare in modo dettagliato l'andamento dell'accelerazione sismica legata alle particolari caratteristiche geologico-tecniche dell'area in esame, rispetto agli spettri forniti dalle normative antisismiche.

FASE DI SINTESI-VALUTAZIONE

9 CARTA DEI VINCOLI

9.1 Generalità

Nella **Tavola B - Carta dei vincoli** sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti dalle normative in vigore di contenuto geologico-idrogeologico ed ambientale-paesaggistico.

Secondo la normativa vigente su questa carta vanno rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da “*normative e piani sovraordinati in vigore*” e di contenuto geologico.

Tale tavola sostituisce quella precedentemente consegnata nell'ambito dello studio geologico del territorio comunale ai sensi della L.R. 41/97 e riporta le seguenti limitazioni che insistono sul territorio:

- **Vincoli di polizia idraulica (R.D. 523 del 1904, L. 1/2000, DGRn. 7/7868 del 25 gennaio 2002 e seguente DGR 7/13950 del 1 agosto 2003).** Il territorio comunale di Cremosano, a causa della sua storica vocazione agricola, è interessato da un fitto reticolo di canali e rogge che si dipartono dai corsi d'acqua principali e dai fontanili con le rogge ad essi collegati. Nell'ambito di questo reticolo vanno indicati ed evidenziati i corsi idrici appartenenti al reticolo idrico minore che vanno distinti dal reticolo principale e dalle altre incisioni artificiali a mero carattere di funzionalità irrigua. Una volta individuato univocamente questo reticolo vanno stabilite precise norme di polizia idraulica, nonché un vincolo di inedificabilità lungo la fascia stabilita a partire dalla riva, che, secondo la normativa, sono fra l'altro automaticamente da inserire nella classe di fattibilità geologica IV (*fattibilità con gravi limitazioni*). Lo studio per l'identificazione di questo reticolo è tutto in corso da parte dello scrivente, incaricato dall'amministrazione comunale di Cremosano. Fino al recepimento di quello studio mediante variante urbanistica (previo parere positivo della sede territoriale regionale competente) si ricorda che il reticolo idrico rimane soggetto a quanto previsto dal RD 523 del 25 luglio 1904 (art. 96 lettera f) laddove recita : “***sono lavori ed atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difesele piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo movimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori ..., minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline, a distanza minore di metri***”

quattro per le piantagioni e movimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e gli scavi"; in sede concessoria, al momento si farà riferimento all'articolo citato per esteso. Per favorire questo approccio si sono evidenziate tutte le acque della rete idrica del reticolo minore del comune che conservano una certa naturalità (ad esclusione dei coli e delle roggette irrigue), sulle quali ogni intervento andrà preceduto al riconoscimento di status di 'acque pubbliche' (verifica della demanialità, della valenza naturalistica e/o strategica, ecc...) e quindi all'eventuale applicazione della normativa sopra citata. Resta inteso che una volta approvato lo studio sul reticolo idrico minore andrà integralmente applicata la normativa conseguente.

- **Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile** (D.P.R. n. 236 del 24.05.1988, D.Lgs. 152/99, D.Lgs 258/2000), per la salvaguardia dei requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano. E' stata individuata attorno alle opere di captazione, una zona di tutela assoluta (ZA), avente un'estensione di 10 m di raggio che deve essere adeguatamente protetta ed adibita esclusivamente alle opere di captazione ed infrastrutture di servizio, ed una di rispetto (ZR) di 200 m per le quali si disciplinano gli interventi ammissibili e le attività vietate.

L'attuazione degli interventi e delle attività elencate nell'art. 5 comma 6 del D.Lgs 258/00 (tra le quali, in particolare, interventi di edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie ed in genere infrastrutture di servizio) deve seguire i criteri e le indicazioni contenute nella D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693 (*"Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano"*). Tale direttiva specifica tra l'altro che qualora non venga proposta ed approvata una ridelimitazione della zona di rispetto secondo il criterio temporale o idrogeologico e venga mantenuta la delimitazione geometrica di 200 m, per la realizzazione di tali interventi **"... si renderà necessario uno studio idrogeologico, idrochimico ed ambientale ai sensi della D.G.R. n. 15137/96 da valutarsi in sede di autorizzazione degli interventi"**. Si ricorda che secondo le indicazioni della DGR 8/7374 del 2008 non è più necessario riportare nella carta di fattibilità le fasce di rispetto dei pozzi pubblici, fermo restando il rispetto di tutti le norme previste. Per rendere comune più chiaro ed esplicito questo vincolo si è scelto comune di renderlo in qualche modo comune evidente nella carta di fattibilità (tavola D) .

- **Vincoli ambientali derivanti da pianificazioni sovraordinate** (P.T.P.R. Regione Lombardia, P.T.C.P. della Provincia di Cremona, L.R. 86/83, L.R. 14/98, direttiva 92/43/CEE e smi, D.Lgs. 42/2004). Nel dettaglio si fa riferimento agli strumenti seguenti:
 - **Piano territoriale di Coordinamento provinciale (PTCP)**, in particolare la “*Variante al PTCP in adeguamento alla LR 12/2005*” approvato con Del. Cons. Prov. Cremona N. 72 del 28.05.2008. da questo strumento si evince la presenza di una **Fascia di tutela dei fontanili e loro fascia di rispetto pari a 50 m dalla testa del fontanile** (DGR 7/818 del 3 agosto 2000) **e di una fascia di 10 metri su entrambi i lati nei primi duecento metri dell’asta**, dove vige il divieto di urbanizzazione e nuova edificazione (art. 16 PTCP); questo aspetto verrà segnalato anche nella carta di fattibilità finale e riguarda .
 - **Fascia di tutela paesaggistica dei fiumi e dei corsi d’acqua**: limite geometrico di rispetto dei 150 m per il Canale VACCHELLI (ai sensi dell’art.142, comma 1, lettera c del D.Lgs. 42/2004; r.d. 1933 N.1775; D.G.R. n.4/12028 del 25 luglio 1986 così come recepiti nel art 22 comma c) del PTPR) e limite di tutela assoluta di 10 metri da PTCP (art. 16.4 NTA del PTCP e art. 22 comma c) del PTPR)
 - **Parco locale di interesse sovracomunale (PLIS del Moso)**, istituito ai sensi della LR 86/83, con Deliberazione della Giunta Provinciale n. 146 del 17/03/0); questo parco interessa il settore sud occidentale del territorio comunale : nel suo ambito valgono le norme di attuazione dello stesso parco qualora non siano in contrasto con disposizioni legislative superiori.

Dall’osservazione della carta in oggetto si nota come il territorio di Cremosano sia interessato da alcuni elementi di valenza ambientale-naturale che concorrono ad identificare e caratterizzare il territorio, ed in particolare l’area del ‘Moso’ storica zona paludosa del cremasco con il suo PLIS, ed i fontanili ancora attivi, concentrati nel settore nord orientale del territorio comunale (zona cimitero).

I fontanili, oltre a rappresentare una testimonianza storico-ambientale del paesaggio, costituiscono una peculiarità da tutelare che identifica e valorizza queste porzioni del territorio comunale, così come giustamente stabilito dallo stesso PTCP.

Tutti i fontanili nel territorio comunale, anche se non più attivi e riattivabili, sono identificati da questa fascia che verrà definita come aree di rispetto; si ricorda che, anche nel caso che qualche testa di fontanile non fosse, per qualsiasi motivo, individuata in carta, questa disposizione è comunque da ritenere valida.

Fra gli altri elementi vincolati (pozzi e reticolo idrico minore una volta individuato formalmente e , per ora, le acque pubbliche) si rimanda a quanto precedentemente richiamato ed alle specifiche norme di legge

10 CARTA DI SINTESI

Nella **Tavola C – Carta di sintesi**, così come disposto dalla D.G.R. n. 8/7374 al punto 2.2, si riportano tutti gli elementi ritenuti maggiormente interessanti per una corretta pianificazione, fornendo un quadro sintetico dello stato del territorio che consenta di procedere alla successiva zonizzazione in classi di fattibilità.

In essa sono state inserite le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera, considerando sia gli elementi precedentemente contenuti nello studio geologico redatto ai sensi della L.R. 41/97 (in particolare si rimanda alle tavole di analisi riportate anche in forma ridotta nelle precedenti tavole da 1 a 4), sia quelli riportati nella Carta dei vincoli (tavola B) aggiornata nell'ambito del presente studio (si veda il capitolo precedente).

Le informazioni contenute nella Carta di Sintesi, volutamente sintetiche e generali, andranno poi verificate nel dettaglio mediante le diverse carte tematiche ed andranno interpretate alla luce di quanto verrà descritto nella successiva carta della fattibilità geologica.

Nella carta di sintesi sono perciò evidenziati quegli elementi di rischio in grado di influire negativamente sulla realizzazione di interventi di modifica del territorio ed in particolare:

✓ **Per le Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico:**

- A. ***l'ubicazione dei pozzi pubblici ad uso idropotabile*** ai quali si ricorda (si veda capitolo precedente) che, in mancanza di studi specifici, viene vincolata la relativa fascia di rispetto (ZS, limite geometrico di 200 m di raggio) e di tutela assoluta (ZA, limite geometrico di 10 m di raggio) a salvaguardia delle acque sotterranee captate; questo elemento verrà comunque ripreso nella carta di fattibilità a livello indicativo anche se non espressamente previsto dalla normativa vigente

- B. ***le aree con emergenza della falda***, che coincidono sostanzialmente con i fontanili. . . per quanto riguarda i fontanili in questa carta si è segnalata oltre alla fascia geometrica dei 50 metri dalla testa anche la fascia di rispetto isocrona così come illustrata e calcolata nella relazione del 2001, che descrive meglio il contesto idrogeologico specifico del fontanile.

C. **le aree a più bassa soggiacenza della falda freatica**; in carta sono state riportate le aree caratterizzate da una soggiacenza della falda relativamente più bassa. Su questo punto, che verrà ripreso, si fa notare che generalmente la soggiacenza della falda è mediamente bassa su tutto il territorio comunale (come del resto avviene in tutti i comuni compresi nella fascia dei fontanili) e che si evidenziano solo le situazioni più critiche sulla base dell'esistenza di zone un po' depresse morfologicamente rispetto al circondario. Il problema della soggiacenza è comunque generalizzato a tutto il territorio (almeno in certe stagioni, quali quella irrigua) e come tale va tenuto adeguatamente presente in sede di piano delle regole; soltanto i territori un po' più sopraelevati (i più antichi, che coincidono con le vecchie *insulae*) si possono ritenere avere soggiacenze mediamente superiori a 1,5-2,0 metri, fatto salvo momenti e contesti particolari.

✓ **Per le Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico:**

A. **le aree adiacenti ai corsi d'acqua** (Canale Vacchelli e reticolo idrico minore) da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa; sono state identificate sulla base delle considerazioni espresse nel precedente capitolo e delle specifiche indicazioni normative. Sono segnalati anche le rogge i piccoli canali ed i colatori più significativi. Si ricorda che in vicinanza di tutti i corsi idrici, almeno potenzialmente sono possibili criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponda in evoluzione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza occasionale di depositi di materiale in alveo o in sua prossimità, ecc

B. **le aree interessate da fenomeni di erosione spondale** tenendo conto delle caratteristiche dei corsi idrici, per di più artificiali od artificializzati, con un regime collegato sostanzialmente alle esigenze irrigue e con portate e caratteristiche generalmente limitate non si segnalano fenomeni geomorfologici o di dissesto di particolare entità o gravità; pertanto ci si è limitati a segnalare alcune zone dove è visibile attualmente una certa erosione spondale; si ricorda che per le tipologie dei

corsi idrici in oggetto normali interventi di pulizia, manutenzione e ripristino della funzionalità idraulica sono le migliori soluzioni per mantenere nel tempo un corretto equilibrio idrogeologico

✓ **Per le Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche:**

- A. **le aree caratterizzate con maggiore probabilità dalla presenza di livelli significativi di materiale prevalentemente limoso-argilloso e, in particolare torboso (argille organiche) a scadenti caratteristiche geotecniche con possibili ristagni;** si ritiene possano coincidere sostanzialmente con le aree depresse della zona del 'Moso' dove si osservano maggiormente ristagni idrici, essendo aree già interessate da paludi e o torbiere. Si ricorda che in molte aree del territorio comunale , per lo più soggette ad attività agricola, tali livelli quando esistono risultano molto meno spessi o addirittura assenti in quanto asportati e/o completamente rielaborati.

Dall'osservazione della Tavola C in oggetto si nota come la maggior parte del territorio non sia soggetto a gravi limitazioni all'utilizzo a fini urbanistici, se si esclude il settore sud occidentale del territorio posto in prossimità della palude del 'Moso', dove, il territorio comunale presenta il maggior numero di aree potenzialmente a rischio, legate a criticità di tipo idrogeologico e geotecnico ed ha un suo particolare pregio ambientale, storico e paesaggistico.

Il resto del territorio risulta caratterizzato da aree a vulnerabilità decisamente inferiore. Come già accennato l'aspetto più rilevante è connesso all'idrogeologia e collegato soprattutto alla bassa soggiacenza della falda freatica; si tratta di un aspetto caratteristico del territorio che potrà essere validamente affrontato e superato in sede di progetti esecutivi in seguito ad indagini ed a studi di dettaglio ed ad accorgimenti specifici, così come riportato nel proseguo della presente relazione.

FASE DI PROPOSTA

11 CARTA DI FATTIBILITA' DELLA AZIONI DI PIANO

11.1 Generalità

La suddivisione del territorio comunale di Cremosano in classi di fattibilità geologica è stata attuata attraverso la valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia analitica illustrata in precedenza (sintetizzata nella Tavola C : Carta di Sintesi) riportante i fattori geologico-ambientali, territoriali ed antropici propri del territorio in esame.

La carta di fattibilità costituisce dunque l'elaborato finale del percorso conoscitivo in grado di fornire un quadro analitico e sintetico sullo stato del territorio con lo scopo di favorirne l'utilizzo ottimale segnalando le problematiche da affrontare allorché si renda necessario modificare la destinazione d'uso di una data area.

In tal senso, pertanto, individuare aree caratterizzate da fattibilità con limitazioni di vario grado, significa stabilire che ogni cambiamento alle destinazioni d'uso previste potrà eventualmente essere effettuato solo dopo aver debitamente preso in considerazione l'entità delle limitazioni che caratterizzano quella determinata zona, in stretta connessione con la tipologia di opera prevista.

Alla luce dei molteplici aspetti che caratterizzano il territorio comunale di Cremosano (si veda la **Tavola D - Carta della fattibilità geologica**) sono state individuate aree appartenenti a tutte le classi di fattibilità eccezion fatta per la Classe 1 (fattibilità senza particolari limitazioni).

Il territorio risulta quindi suddiviso fra le seguenti classi: Classe 2 (fattibilità con modeste limitazioni), Classe 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) e Classe 4 (fattibilità con gravi limitazioni).

Esse, riportate nelle tavola D "*Carta di fattibilità delle azioni di piano*" sono state ulteriormente suddivise in sottoclassi, come peraltro espressamente previsto dalla normativa vigente, per evidenziare meglio le loro caratteristiche geologico tecniche e/o le loro problematiche progettuali.

In questo modo si sono potute dettagliare meglio le diverse problematiche presenti.

Infine per una corretta lettura della carta di fattibilità vanno tenuti in considerazione i seguenti aspetti:

- una suddivisione in quattro classi di fattibilità è necessariamente schematica e può essere considerata come una segnalazione preliminare delle maggiori o minori difficoltà nell'utilizzare il territorio;
- nella determinazione delle classi per i vari settori del territorio è stato dato il massimo risalto alle situazioni più delicate: questo implica che nel caso di incerta attribuzione fra due classi di fattibilità si è preferito assegnare la particella in esame alla classe più sfavorevole;
- analogamente, a causa delle particolari caratteristiche della materia in oggetto non sempre è possibile definire univocamente i limiti fra le varie classi di fattibilità. Pertanto alcune situazioni all'intorno del limite fra due classi vanno considerate con una certa elasticità e valutate come situazioni di passaggio.

11.2 Assegnazione della classe di fattibilità 'di base'

Prima di illustrare la tavola in oggetto, che è il punto di arrivo di tutto il lavoro, è necessario premettere una ulteriore discussione sui criteri adottati nella scelta delle classi.

In particolare si tratterà della scelta della classe che interessa buona parte del territorio comunale e che, in maniera semplificativa, viene definita come classe 'di base'.

Buona parte del territorio di Cremosano, come visto, si presenta come dotato di ottime caratteristiche geologiche e geotecniche e senza particolari problematiche dal punto di vista geomorfologico. Unico elemento negativo è la presenza di una prima falda a modesta soggiacenza e, come tale, dotata di una elevata vulnerabilità e potenzialmente interagente con le fondazioni di eventuali manufatti da edificare. E' questo un elemento che – sostanzialmente- caratterizza tutto il territorio.

Va innanzitutto fatto presente che in questa falda non pesca il pozzo pubblico che captano la sottostante falda protetta.

Se si considerano le indicazioni per l'attribuzione delle classi di fattibilità (Tabella 1- classi di ingresso al punto 3.2 della DGR in oggetto) si può osservare che nelle aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico due sono le classi che in qualche modo possono interessarci da questo punto di vista. Questi classi di ingresso sono :

- Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero
- Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese

Ad entrambe queste classi di ingresso la tabella consiglia di inserirle in classe di fattibilità 3.

Questo elemento è stato ovviamente preso in considerazione dallo scrivente ed è stato inizialmente considerato come la classe di riferimento per tutto il territorio interessato solo da questo fenomeno.

Nel paragrafo 3.1 della DGR n. 8/7374 in oggetto è però esplicitamente previsto che *“il professionista può aumentare o diminuire il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso deve essere compiutamente documentata e motivata da ulteriori indagini sulla pericolosità del comparto con piena ed esplicita assunzione di responsabilità da parte del professionista ...”*

In merito allo specifico tema in oggetto si fa presente che questo problema della falda a bassa soggiacenza è tipico di tutti i territori comunali compresi nella fascia dei fontanili e come tale culturalmente ben presente in queste zone ed affrontato ampiamente anche in sede di soluzioni tecniche e pianificatorie.

Inoltre se si osserva l'impatto che questo fattore limitante ha sulla funzionalità di edifici, infrastrutture, sullo svolgimento di attività economiche e sullo sviluppo storico di questi paesi si osserva che l'elemento in oggetto non è , a questo livello, pregiudizievole.

Inoltre per un corretto affronto di questo problema ci sono due ulteriori aspetti da considerare :

- Da una parte la normativa vigente in materia edificatoria e di modificazione dell'uso dei suoli (in particolare DM 14.01.08 e DLgs 152/06 e smi) fornisce tutti gli strumenti necessari per un corretto approccio a questa problematica anche in termini di controlli e limitazioni
- Dall'altra questo elemento non limitando le buone condizioni geomorfologiche e geotecniche generali del sito non presenta particolari contro indicazioni all'utilizzo

delle particelle anche in modo intensivo, anche grazie all'evoluto stato delle conoscenze e delle possibilità tecniche attuali

Un ulteriore aspetto che ha fatto propendere alla scelta della classe di fattibilità meno conservativa, soprattutto per le aree più elevate delle alluvioni meno recenti, è anche legata alla necessità di sfruttare al meglio la suddivisione nelle quattro classi previste, con la possibilità di dare maggior risalto a quegli elementi a cui dare maggior peso per l'obbiettivo maggior problematicità di affronto delle relative tematiche geologico tecniche, modulando sul maggior numero di classi possibile il giudizio sui maggiori o minori rischi esistenti.

Per questi motivi, confortati anche dalle esperienze a riguardo maturate negli anni pregressi ed in particolare di quanto avvenuto in questi anni nello stesso territorio di Cremosano, si sono adottate le suddivisioni di seguito illustrate.

Di seguito quindi si riporta la suddivisione in classi/sottoclassi di fattibilità geologica dell'intero territorio comunale, illustrando la caratteristiche di ogni sottoclasse le eventuali limitazioni che tale attribuzione comporta e le specifiche prescrizioni . Inoltre per ciascuna sottoclasse vengono riportate le prescrizioni con indicazioni delle indagini approfondimento da effettuare nel caso di trasformazioni d'uso del suolo.

11.3 Classi di fattibilità geologica e norme geologiche di piano

Quanto di seguito riportato in questo paragrafo e nel successivo (paragrafo 11.4) costituisce le “Norme geologiche di piano” che andranno integralmente inserite nel Piano delle Regole e nel Documento di Piano del P.G.T, ai sensi del della D.G.R. n. 8/7374 del 28 Maggio 2008.

CLASSE I : FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI: comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

DESCRIZIONE: Non risultano aree appartenenti a questa classe nell'ambito del territorio comunale.

CLASSE II : FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI: comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimento tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa (si vedano le considerazioni riportate nel paragrafo 11.2 precedente)

DESCRIZIONE: Aree sostanzialmente più stabili dal punto di vista di tutti i parametri geologici sl. Porzioni di territorio che si ritengono più idonee al cambio di destinazione d'uso delle particelle. Aree stabili a buone caratteristiche geotecniche e falda a modesta profondità ma generalmente non interagente con la porzione più superficiale del suolo (mediamente superiore ai 1.5-2.0 metri); pertanto eventuali interazioni tra le opere da realizzare e le falde sono possibili per fondazioni spinte a questa profondità. Costituiscono sostanzialmente le aree all'intorno del centro storico del paese

PRESCRIZIONI: *Non esistono incompatibilità con qualsiasi destinazione d'uso. Rispetto assoluto delle norme vigenti ed, in particolare, per ogni nuovo manufatto o per interventi sostanziosi su manufatti esistenti, tali da modificarne sostanzialmente le azioni sul terreno, del DM 14.01.08 (capitoli 6 e 7) e circolari esplicative e, per quanto riguarda gli scavi e le acque, compresa la disciplina degli scarichi, del D.Lgs. 152/06 e smi. La scelta del piano di posa e delle opere*

fondazionali va supportato da sempre da apposite indagini geognostiche specifiche e studi geotecnici che mettano in evidenza la successione litostratigrafica e la profondità; sarà comunque necessario che gli studi relativi agli interventi proposti tengano conto esplicitamente della potenziale interazione diretta con la falda e quindi prevedano le necessarie opere di mitigazione (ad esempio adozione di riporti per elevare i piani di posa). Si sconsiglia fortemente la realizzazione di piani interrati; questi potranno venire realizzati soltanto se strettamente indispensabili, previo uno specifico studio idrogeologico di dettaglio e solo se totalmente impermeabilizzati. Si ricorda in particolare che, ove necessario e previsto dalla normativa citata al primo capoverso, vanno eseguite indagini e relazioni sismiche di secondo e terzo livello.

CLASSE III : FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI: comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Non sono da ammettere realizzazioni di piani interrati. Si esplicita che tutte le prescrizioni relative alla precedente classe II saranno valide anche per tutte le sottoclassi seguenti.

SOTTOCLASSE III a

DESCRIZIONE: La sottoclasse definisce quelle aree che rispetto alle precedenti, appartenenti alla Classe II, sono caratterizzate da una falda generalmente a più bassa soggiacenza (inferiore a 1.5 m, fino ad arrivare a piano campagna); le caratteristiche geotecniche dei terreni talvolta sono più scadenti rispetto alla classe precedente anche se mediamente rimangono buone e compatibili con l'utilizzo di fondazioni dirette

PRESCRIZIONI: *sono valide tutte le prescrizioni previste per la classe II precedente. Oltre a tutto quanto esplicitamente previsto dalla legge (obbligatorietà dell'indagine geognostica, del modello geologico e relazione geologica, del modello geotecnico e relazione geotecnica, studi sismici di secondo e terzo livello ove richiesti) la realizzazione di nuovi manufatti dovrà essere corredata di un adeguato studio idrogeologico di dettaglio a conforto delle soluzioni adottate.*

SOTTOCLASSE III b

DESCRIZIONE: La sottoclasse definisce l'area di rispetto dei 200 metri relativi al pozzo pubblico, in cui sono previste alcune limitazioni alla destinazione d'uso delle particelle; per quanto

riguarda le zone di rispetto valgono le prescrizioni contenute al comma 5 art. 5 del D.Lgs 258/2000. Le norme per le aree di rispetto (come quelle per la zona di tutela assoluta della classe IVb) devono essere adeguate alle disposizioni previste dal DGR n. 7/12693 del 2003.

PRESCRIZIONI: *Si è preferito mantenere questa classe per meglio preservare la risorsa idrica. Va effettuata puntuale verifica di compatibilità idrogeologica per qualsiasi intervento significativo ai sensi della DGR 7/12693 del 2003.*

SOTTOCLASSE III c

DESCRIZIONE: La sottoclasse delimita, secondo i criteri definiti in relazione, tutti i corsi d'acqua con una certa naturalità, le acque pubbliche ed il reticolo irriguo di un certo rilievo dove è necessario procedere all'individuazione, come da normativa vigente, della fascia di rispetto dei corsi idrici appartenenti sia al reticolo principale che a quello minore. Si riporta la fascia massima dei 10 m: la distanza dei 10 metri deve intendersi misurata dal piede arginale esterno o, in assenza di argini in rilevato, dalla sommità della sponda incisa (la delimitazione sulla cartografia, per i limiti di rappresentazione grafica va intesa solo come indicativa). La più oggettiva disposizione di questa unità sarà definita dopo la redazione dello specifico studio del reticolo idrografico ai sensi della DGR n. 7/7868 del 25.01.2002 e smi. La scelta di inserire in questa sottoclasse questi elementi è confortata dalla DRG. n. 7/10727 con seduta del 18 Ottobre 2002, in cui si dice di inserire in classe III: "tutte le acque pubbliche così come definite dalla legge 36/94 e relativo regolamento"; valgono le disposizioni di cui al R.D. 523/1904 ed in particolare il divieto di edificazione ad una distanza inferiore ai 10 metri, fino all'assunzione da parte dei comuni del provvedimento in itinere di cui ai punti 3 e 5.1 della D.G.R.7/7868 del 25.1.2002 e smi.

PRESCRIZIONI: *oltre alle indagini obbligatorie previste per la precedente classi e sottoclassi, fino all'adozione del reticolo idrico minore comunale con le relative norme di attuazione, valgono le indicazioni riportate nel RD 523/1904, art. 96 comma f). L'eventuale attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art. 5 comma 6 del D.lgs 258/2000 e smi, entro le zone di rispetto è subordinata ad un apposita dettagliata relazione idraulica ed idrogeologica che accerti la compatibilità dell'intervento in progetto con lo stato di eventuale vulnerabilità delle risorse idriche e da apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi. E' obbligatorio verificare ogni scelta di intervento o progettuale in questi ambiti con le*

specifiche normative di settore (DGR 7/7868 del 2002; LR 7 del 2003; DGR 7/13950 del 2003; DGR 7/20552 del 2005; DGR 8/8127 del 2008).

CLASSE IV : FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI: l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idraulica od idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, senza aumento di superficie o volume o senza aumento del carico insediativi. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica od altre normative tese al miglioramento funzionale degli edifici (es: norme per eliminazione barriere architettoniche). Eventuali infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico possono essere realizzate in queste zone solo se non altrimenti localizzabili. Ove necessario e previsto dalla normativa vanno eseguite indagini e relazioni sismiche di terzo livello.

SOTTOCLASSE IVa

DESCRIZIONE: La sottoclasse delimita tutte le aree di fondo più depresse morfologicamente, ricche di torba e potenzialmente inondabili o soggette a ristagni per particolari fenomeni meteorici.

PRESCRIZIONI: Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione e alla messa in sicurezza dei siti o non altrimenti localizzabili. Si tratta di aree da mantenere libere da qualsiasi manufatto, ad eccezione di eventuali opere idrauliche od ad esse direttamente collegate e necessarie per la regimazione e/o lo smaltimento delle acque superficiali; ammessi manufatti solo in casi assolutamente eccezionali adeguatamente motivati, con studio di fattibilità dettagliato e in conformità con tutte le normative vigenti

SOTTOCLASSE IVb

DESCRIZIONE: La sottoclasse delimita sia le aree interessate dalle teste dei fontanili (assimilate ad emergenze idriche diffuse) sia la fascia di tutela assoluta di 10 metri per il pozzo pubblico idropotabile (DL 258//2000 art 5 comma 4 e smi). Per i fontanili si è considerato il limite

proposto nel Piano Territoriale di Coordinamento (PTCP) vigente della provincia di Cremona (Del. Cons. Provincia di Cremona N. 72/2008, art. 16.5 del PTCP) in cui si prevede la tutela assoluta per 50 metri intorno alla testa del fontanile più i primi duecento metri di corso d'acqua sotteso per una fascia laterale di 10 metri)

PRESCRIZIONI: *Aree di preservazione delle risorse ed inedificabilità assoluta, compresa la tombinatura, e gli attraversamenti, fatto salvo opere di difesa ambientale o di sistemazione idraulica indispensabili. Per gli eventuali edifici esistenti vanno consentiti soltanto interventi migliorativi della condizioni globali di sicurezza. Tutti i fontanili presenti sul territorio comunale sono inseriti in questa fascia, compresi quelli che, per qualsiasi motivo, non risultano riportati nella cartografia in oggetto.*

11.4 Ulteriori prescrizioni generali – Normativa antisismica

Come evidenziato dall'analisi del rischio sismico e come riportato nella Carta di fattibilità da un apposito retino "trasparente", l'intero territorio comunale è soggetto a fenomeni di amplificazione locale (effetti di sito) non adeguatamente valutati dall'attuale normativa antisismica (classe di pericolosità H2).

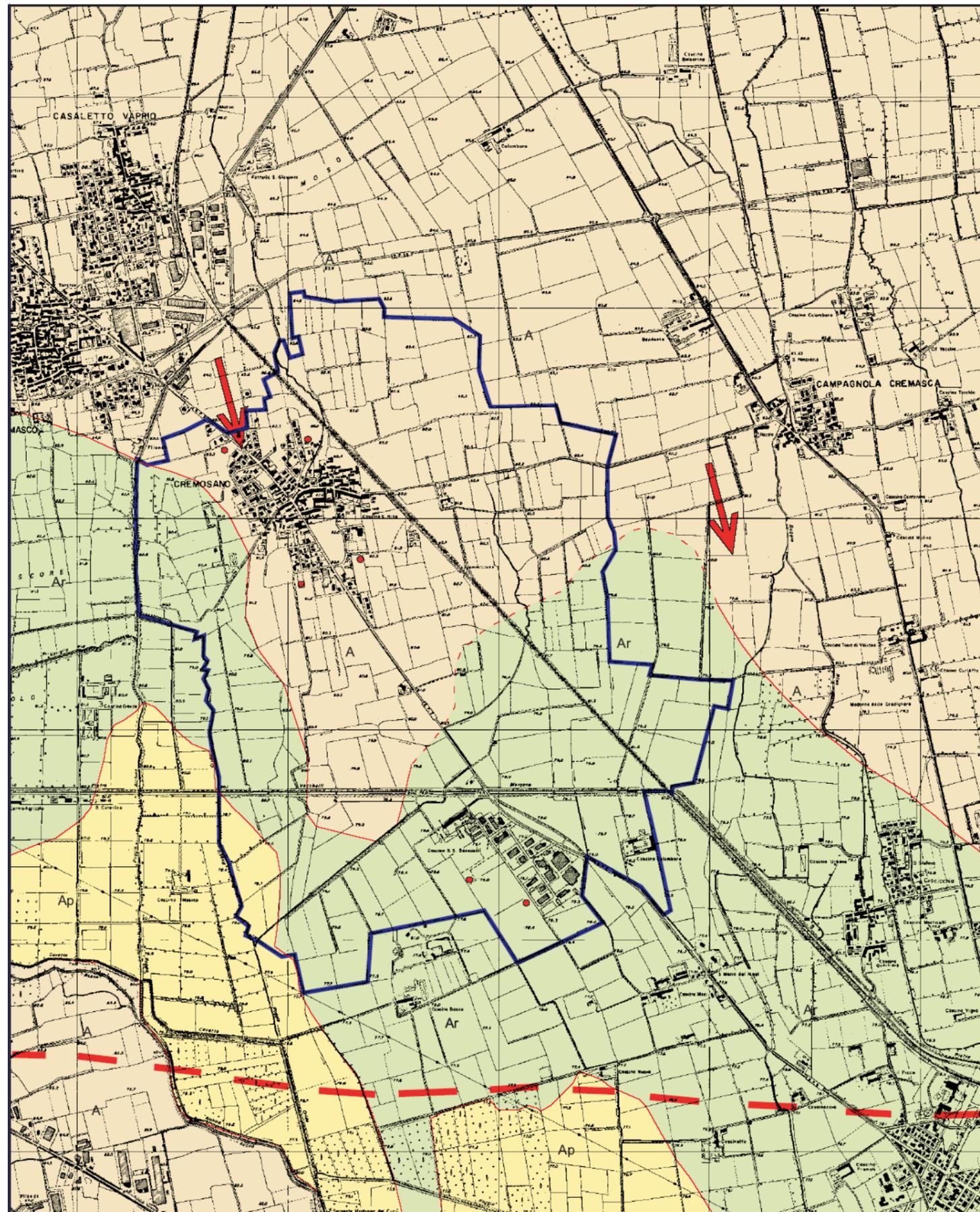
Per questi motivi, qualsiasi trasformazione d'uso del suolo legata alla realizzazione di edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n.19904/03) dovrà essere preventivamente accompagnata da una valutazione della pericolosità sismica locale, secondo quanto riportato nell'allegato 5 della D.G.R. 8/17374, attraverso l'attuazione del 2° livello di approfondimento specificamente sul sito in oggetto mediante la realizzazione di apposite indagini geofisiche per la misura diretta dei valori di Vs (Down-hole, Masw, od altra tecnica analoga)

Qualora risulti - come probabile- che il fattore Fa di sito sia maggiore di quello di soglia, in fase di presentazione degli elaborati progettuali (Permesso di costruire, DIA, ecc..) si dovrà allegare apposita relazione che definisca l'azione sismica di progetto (analisi sismica di terzo livello secondo l'allegato 5 al DGR 8/7374 del 2008) che dovrà essere recepita nei calcoli e nelle progettazioni strutturali.

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione dello stesso.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (L.R. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (L.R. 12/05, art. 38) o, per gli interventi ove previsto, nelle Denunce di Inizio Attività.

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 14.01.2008 “Norme Tecniche per le costruzioni” con le specifiche normative sismiche e geotecniche e le normative ambientali (D.Lgs. 152/08 e smi).



LEGENDA

1. UNITÀ GEOLOGICHE

FLUVIOGLACIALE DEL LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA (WURM - RISS)

- A
ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI RECENTI POCO RIMANEGGIATE
 Prevalentemente costituiti da depositi di sabbia grossolana e ghiaia, con suoli pedogenizzati e strati di alterazione sviluppati prevalentemente superiori al metro. Depositi da lungo tempo privi di modificazioni genetiche naturali.
- Ar
ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI DA RECENTI A MOLTO RECENTI SPESSO RIMANEGGIATE
 Prevalentemente costituiti da depositi sabbiosi, con ghiaia e ciottoli passati a sabbie più o meno limose con suoli molto sottili; terreni rimaneggiati in tempi storici dalle acque circolanti e soggette ad importanti bonifiche idrauliche.
- Ap
ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E PALUSTRI DA RECENTI A MOLTO RECENTI, RIMANEGGIATE
 Terreni prevalentemente sabbiosi più o meno ghiaiosi passanti a limi organici e torbe in lenti o plaghe anche di discreta estensione e spessore; terreni soggetti a deposizioni palustri anche in tempi storici e profondamente modificati da recenti bonifiche idrauliche.

2. ELEMENTI A CARATTERE GENERALE

- LIMITI DELLE UNITÀ GEOLOGICHE VERE O PRESUNTE
- PUNTI A CARATTERISTICHE GEOLOGICHE NOTE DIRETTAMENTE
- ➔
 ASSI DELLE DEPOSIZIONI FLUVIOGLACIALI
- ASSI DELLE STRUTTURE GEOLOGICHE SEPOLTE DELLA PIANURA PADANA
- LIMITI DEL TERRITORIO COMUNALE DI CREMOSANO



FIGURA 1 - Carta geologica
 (da : Tavola 01 studio LR 41/97 del marzo 2001)

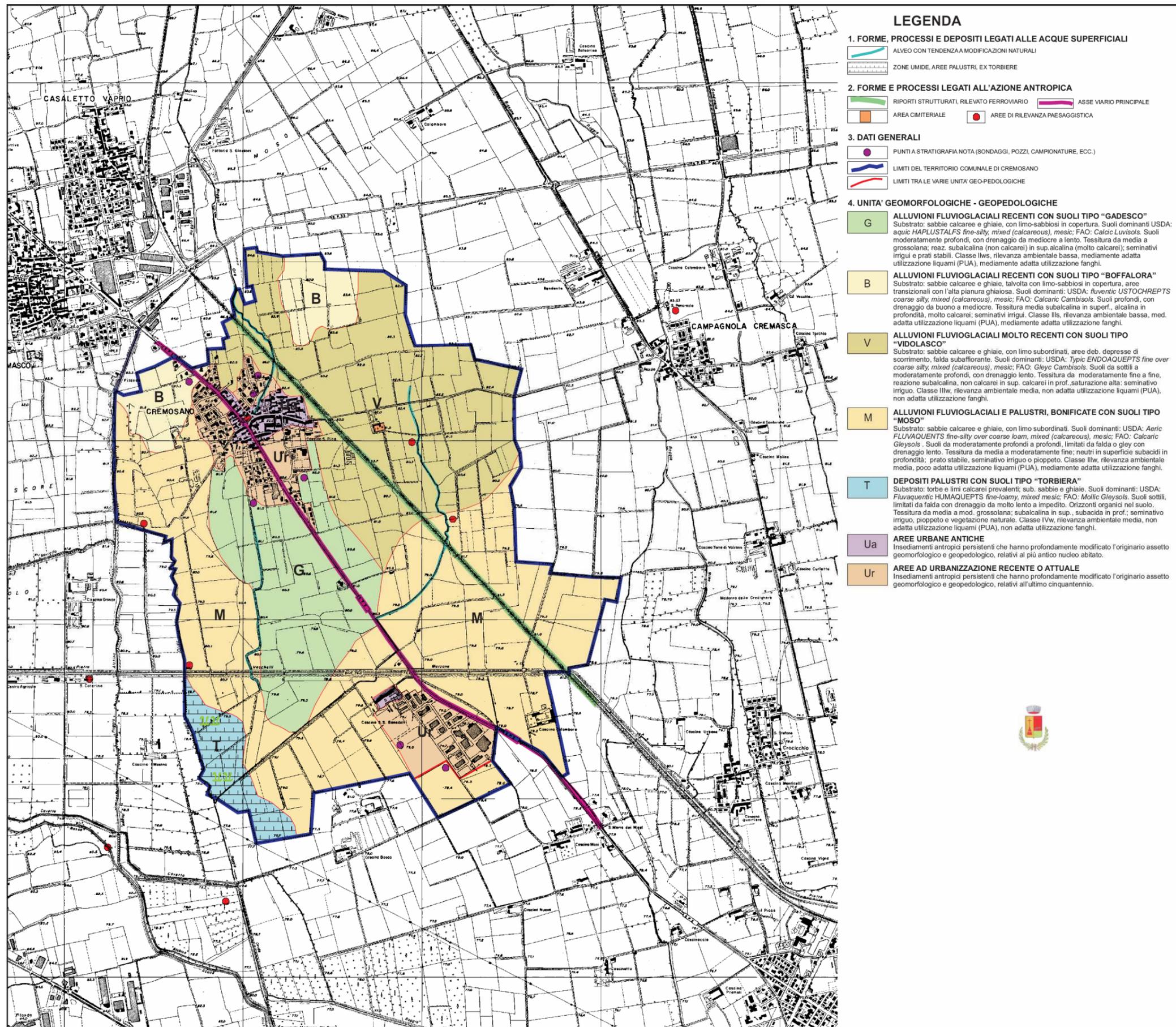


FIGURA 2 - Carta geomorfologica e pedologica
 (da : Tavola 02 studio LR 41/97 del marzo 2001)

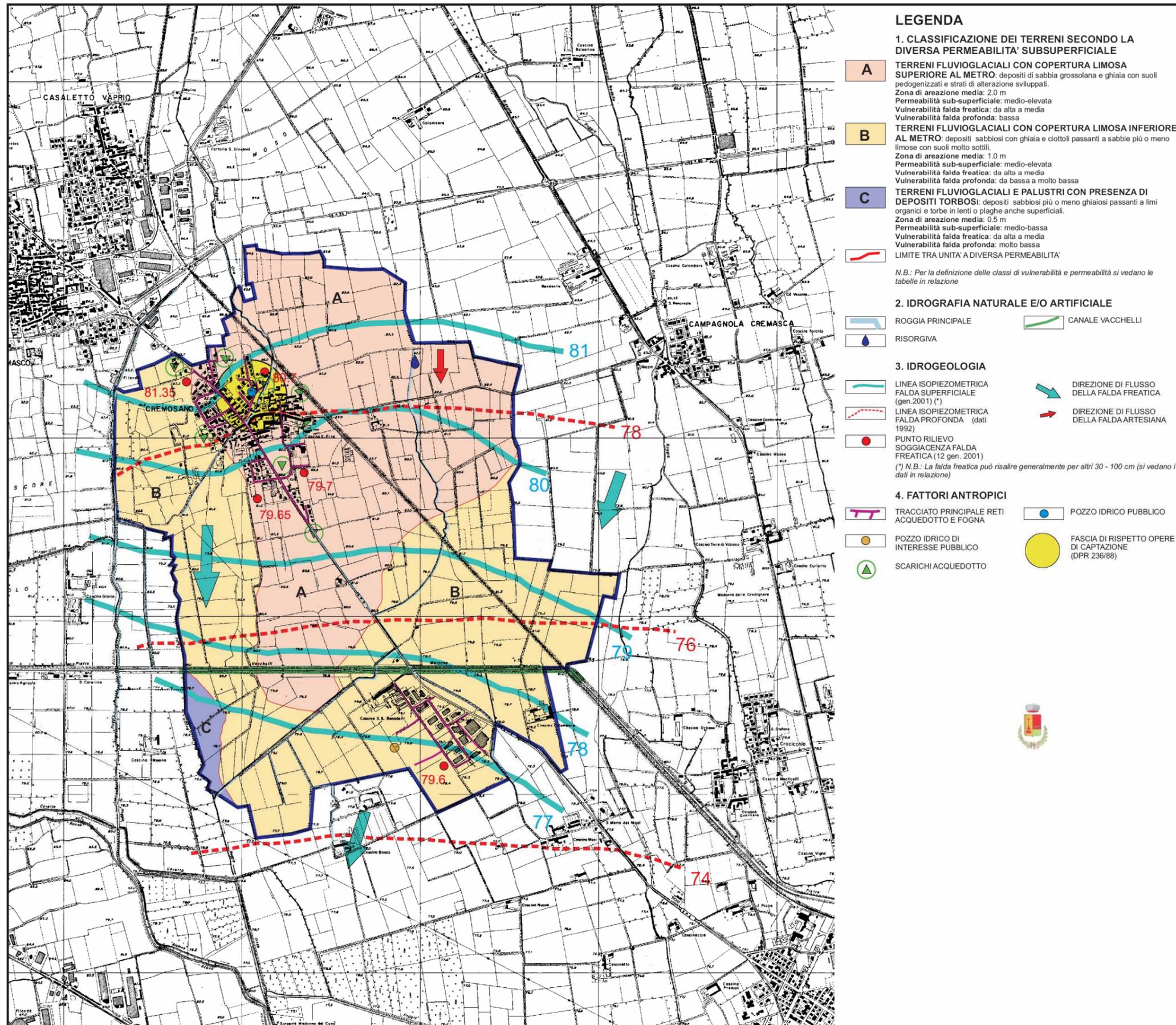


FIGURA 3 - Carta idrogeologica
(da : Tavola 03 studio LR 41/97 del marzo 2001)

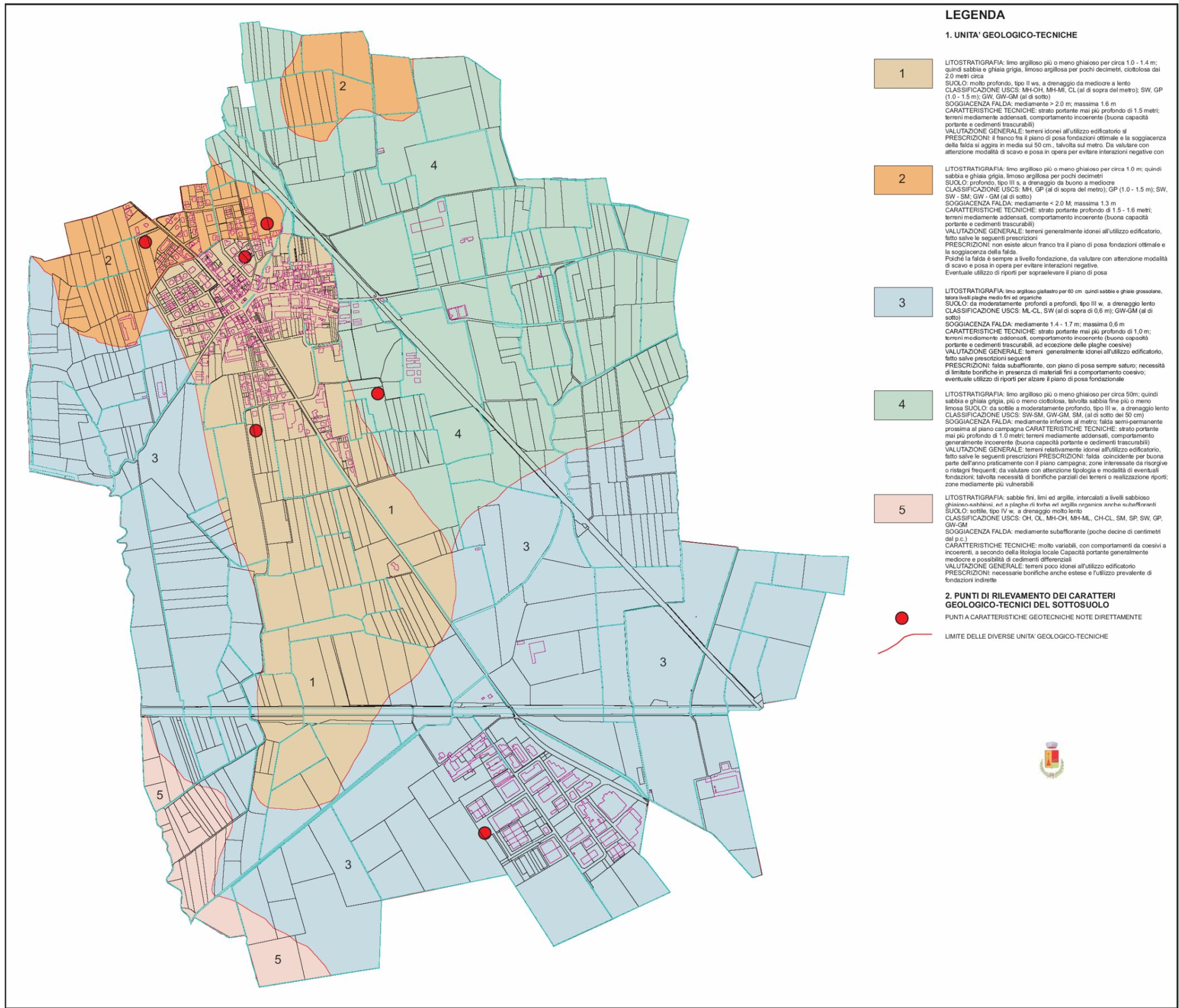


FIGURA 4 - Carta geologico applicativa
(da : Tavola 04 studio LR 41/97 del marzo 2001)