Dodi Moss s.r.l.
Dott. Geol. Marcello Brancucci (socio attivo)
Via XX Settembre 5/5 17100 SV
Tel./Fax 019/800179 Cell. 347/6021021
m.brancucci@alice.it
marcello.brancucci@epap.sicurezzapostale.it



B

GEOLOGIA

"Elaborato di integrazione richiesto con nota regionale prot. n. 62156 del 24/03/2016 a seguito della Conferenza dei Servizi del 17/03/2016 ai sensi dell'art. 38 comma 3 L.R. n. 36/1997 e ss.mm.ii."

COMUNE DI ARENZANO

PIANO URBANISTICO COMUNALE

Giugno 2016

RELAZIONE SISMICA_INT B2

INDICE

1. PREMESSE 3

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5

3. DEFINIZIONI 6

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA 8

4.1 Assetto geologico 8
4.2 Assetto geomorfologico 8

5. DATI SISMICITA' STORICA 11

5.1 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani – versione 2004 (CPTI04) 11
5.2 Database Macrosismico Italiano (DBMI11) 19
5.3 Mappe di sismicità 20
5.4 Pericolosità sismica 22

6. ELABORATI INTERMEDI 25

6.1 Carta delle indagini 25
6.2 Carta geologico-tecnica 28

7. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA 30

7.1 Schema procedurale e zone perimetrate 30
7.2 Commento alla carta 32

1. PREMESSE

La DGR 471/10 e la successiva DGR n. 1362/2010, prevede, per tutti i comuni, nella definizione degli strumenti urbanistici generali ed attuativi l'obbligo di eseguire lo studio di microzonazione sismica di livello 1.

Per i comuni di fascia 3, l'obbligo di approfondimenti di livello 2 sulle aree oggetto di strumento urbanistico attuativo che risultino e soggette, sulla base degli studi di livello 1, ad amplificazione sismica e/o suscettibili di instabilità. Per i comuni di fascia 3S, l'obbligo di approfondimenti di livello 2 su tutte le aree oggetto di strumento urbanistico attuativo.

Per quanto attiene direttamente al territorio del Comune di **Arenzano**, esso è stato classificato ai sensi della D.G.R. n. 1362 del 19 Novembre 2010 "*D.M. 14 gennaio 2008 - norme tecniche per le costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*", in **ZONA 4**.

Fine principale del presente studio è la valutazione della pericolosità sismica locale del territorio comunale di Arenzano, effettuata attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo.

Tale procedura, definita "*microzonazione sismica (MS)*", può essere articolata su tre livelli successivi di approfondimento a seconda del grado di pericolosità del territorio e individua e caratterizza le **zone stabili (zone A)**, le **zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico (zone B)** e le **zone suscettibili di instabilità (zone C).**

Il presente studio è riferito al **livello 1** di microzonazione, ovvero un'analisi di tipo qualitativo che costituisce lo studio di base per i livelli di approfondimento maggiori.

Obiettivo degli studi di primo livello è di ottenere, limitatamente alle parti di territorio insediate o in cui è prevista dal P.U.C. (o dai restanti piani territoriali di livello superiore) un'espansione urbanistica, una "***Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***" a scala 1:5.000.

Nel caso del territorio comunale di Arenzano, l'area indagata è stata scelta sulla base del perimetro delle aree insediabili definito dal P.U.C. e comprende in sostanza tutta la fascia costiera e alcune zone collinari insediate a ridosso del litorale mentre esclude tutte le aree settentrionali della fascia pedemontana.

I tematismi di base utilizzati per la redazione della Carta MOPS sono quelli relativi alla cartografia geologica di base del P.U.C. di Arenzano (carta geologica, carta geomorfologica, carta dell'acclività) nonché quelli della cartografia di analisi e di sintesi del Piano di Bacino Stralcio per l'assetto idrogeologico Ambito 12 e 13. Riguardo al tematismo dell'acclività sono state utilizzate le informazioni disponibili attraverso il Repertorio Cartografico regionale limitatamente alle parti relative al comune di Arenzano.

Sono stati sviluppati, inoltre, ulteriori tematismi intermedi, riferiti all'area circoscritta dallo studio di microzonazione, quali:

- Carta delle indagini
- Carta litotecnica

Dalla sovrapposizione delle informazioni ricavate è stato possibile quindi suddividere le parti di territorio analizzate in microzone a comportamento sismico omogeneo ed individuarle nella Carta MOPS; le tre principali zone omogenee (Zona A, B e C) sono state ulteriormente suddivise in sottoclassi in funzione della variabilità litologico-litotecnica, dei caratteri geomorfologici e del grado di acclività delle aree indagate.

Tale carta rappresenta quindi il quadro conoscitivo di riferimento per lo studio di pericolosità sismica a scala locale ed è il documento propedeutico ai successivi studi di microzonazione di livello superiore.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- L. 2 Febbraio 1974 N.64

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

- L.R. 12 Marzo 1985 N.19

"Snellimento delle procedure di cui alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, in attuazione della legge 10 dicembre 1981, n. 741"

- O.P.C.M. del 20 Marzo 2003 N. 3274

"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

- O.P.C.M. del 29 Aprile 2006 e s.m.i. N. 3519

"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone."

- **D.G.R. N. 1362/2010**

"D.M. 14 gennaio 2008 - norme tecniche per le costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria."

- D.G.R. N. 471/2010

"Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della L.R. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale".

- D.G.R. N. 714/2011

"Specifiche tecniche relative ai criteri e linee guida regionali per l'approfondimento per gli studi geologici-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale, ad integrazione della D.G.R. 471/2010"

3. DEFINIZIONI

Effetti locali

Effetti dovuti al comportamento del terreno in caso di evento sismico per la presenza di particolari condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche che determinano amplificazioni locali e fenomeni d'instabilità nel terreno (instabilità dei versanti, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali, ecc.).

Pericolosità sismica

Stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. La pericolosità sismica può essere analizzata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, o con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati. Tale stima include le analisi di pericolosità sismica di base e di pericolosità sismica locale.

Pericolosità sismica di base

Componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento). La scala di studio è solitamente regionale. Una delle finalità di questi studi è la classificazione sismica a vasta scala del territorio, finalizzata alla programmazione delle attività di prevenzione e alla pianificazione dell'emergenza.

Costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

Pericolosità sismica locale

Componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche locali (litostratigrafiche e morfologiche, vedi anche effetti locali). Lo studio della pericolosità sismica locale è condotto a scala di dettaglio partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base (terremoto di riferimento) e analizzando i caratteri geologici, geomorfologici geotecnici e geofisici del sito; permette di definire le amplificazioni locali e la possibilità di accadimento di fenomeni d'instabilità del terreno. Il prodotto più importante di questo genere di studi è la carta di microzonazione sismica.

Rischio sismico

Probabilità che si verifichi o che venga superato un certo livello di danno o di perdita in termini economico-sociali in un prefissato intervallo di tempo ed in una data area, a causa di un evento sismico.

Risposta sismica locale

Modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni litostratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.

Vulnerabilità sismica

Propensione al danno o alla perdita di un sistema a seguito di un dato evento sismico. La vulnerabilità viene detta primaria se relativa al danno fisico subito dal sistema per effetto delle azioni dinamiche dell'evento, secondaria se relativa alla perdita subita dal sistema a seguito del danno fisico. Per ogni sistema, la vulnerabilità può essere espressa in maniera diretta attraverso la definizione della distribuzione del livello di danno o di perdita a seguito di un dato scuotimento o in maniera indiretta attraverso indici di vulnerabilità ai quali correlare danno e scuotimento. La distribuzione del danno apparente agli elementi strutturali o non strutturali di un edificio al variare dello scuotimento sismico fornisce una misura della vulnerabilità primaria. La distribuzione del costo di riparazione di un edificio in relazione al danno apparente o meccanico è una misura di vulnerabilità secondaria.

Tratte da "*Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica (Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile, 2008*)".

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

4.1 Assetto geologico

Il settore ligure compreso tra Varazze e Genova è geologicamente caratterizzato da enormi masse rocciose, chiamate falde o Unità tettoniche che, in seguito alle deformazioni orogeniche, sono state dislocate dalla loro posizione originaria ed appilate una sull'altra. Questo eterogeneo e complesso quadro strutturale è ben rappresentato nel settore di studio che presenta, prevalentemente, elementi litologici del Dominio Piemontese-Ligure (oceanico). Si tratta di **falde ofiolitifere** pre-cenomaniane che iniziano con la classica associazione **ofiolitica a peridotiti**, **gabbri e basalti** trasformati dal metamorfismo in **serpentiniti**, **metagabbri e metabasalti**.

A tetto delle ofioliti si trova una copertura sedimentaria di età Giurassica superiore - cretacea inferiore, composta da depositi pelagici silicei e carbonatici trasformatesi durante l'orogenesi in **quarzoscisti e calcescisti**.

Partendo da ponente verso levante coesistono a contatto tra loro, le formazioni del **Bacino Terziario Piemontese** e le rocce appartenenti a diverse **Unità del Gruppo di Voltri** che, a loro volta, sono collegate tettonicamente a quelle del sistema strutturale della zona della "Linea Sestri-Voltaggio" che soggiace ad Est alle falde dell'areale del **Flysch di M. Antola**.

Il territorio di Arenzano risulta inserito in questo contesto geologico ed è costituito da formazioni appartenenti all'**Unità Tettonometamorfica Voltri** e all'**Unità Tettonometamorfica Arenzano**.

Localmente lungo tutto il settore esaminato vi sono, inoltre, **lembi pliocenici** (**Formazione delle Argille di Ortovero**) rappresentati da depositi sedimentari di mare aperto, costituiti da litotipi marnoso-argillosi e conglomeratici.

Per quanto concerne i depositi quaternari, essi sono mediamente distribuiti nell'areale comunale e sono rappresentati da depositi marini, depositi alluvionali, depositi periglaciali, depositi di frana e coltri eluvio-colluviali.

Per l'assetto litostratigrafico completo di dettaglio del territorio comunale si rimanda allo specifico elaborato "*Relazione illustrativa – B0*".

4.2 Assetto geomorfologico

Il territorio di Arenzano è caratterizzato da una morfologia particolarmente varia e profondamente incisa, spesso aspra. Il paesaggio geomorfologico è, al pari della maggioranza del territorio ligure, privo di una vera e propria pianura (ad eccezione dei tratti terminali del rio Cantarena e della stretta fascia costiera); sussiste poi nel quadrante sud occidentale una fascia di raccordo collinare a debole pendenza, impostata sui depositi pliocenici, che permette la transizione alla fascia pre-montana e montana; nelle altre porzioni di territorio il passaggio è pressoché montano con i versanti che perdono quota rapidamente a ridosso del litorale. Peculiarità morfologiche sono poi il massiccio di Arenzano e la porzione del terrazzo marino sulla quale insiste la zona della Pineta.

Il litorale offre sostanzialmente un unico tratto di costa bassa con depositi di spiaggia sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, nella zona antistante la foce del Cantarena. Nelle altre porzioni, si passa a coste alte rocciose con falesie non di

rado a strapiombo sul mare, e una modesta fascia litorale con presenza di materiali costituiti da ciottoli e blocchi rocciosi di dimensioni metriche, localmente interrotta da modeste calette con accumuli più fini.

Elementi antropici salienti sono senza dubbio la Strada Statale SS- Aurelia n.1 che si distende per un tratto perpendicolarmente alla costa dalla val Lerone fino al mare per poi proseguire in fregio al mare fino a Punta S. Martino. Nel settore più occidentale è presente invece il vecchio tracciato della linea Ferroviaria Genova-Ventimiglia ora spostata più a monte a ridosso della prima fascia collinare.

Infine non può non essere menzionato il tracciato autostradale che taglia il comune da est ad ovest con ponti viadotti e tratti in trincea determinando evidenti e duraturi impatti sulla morfologia di quella porzione di paesaggio.

Il territorio è solcato da modesti corsi d'acqua, tutti principalmente a carattere effimero, tanto da prosciugarsi completamente nella stagione estiva; i percorsi sono in generale piuttosto brevi, con pendenze elevate e grandi capacità di incisione, tanto da aver creato vallecole molto profonde.

Il ruscellamento diffuso sui versanti, principale agente della diffusa erosione areale, caratterizza tutto il territorio, soprattutto nel settentrionale dove sono più accentuale le pendenze dei versanti.

L'elevata acclività, le condizioni strutturali e la presenza di numerose lineazioni tettoniche fanno sì che nell'area del Comune di Arenzano siano presenti diverse porzioni di territorio fortemente incise.

Ridotte mobilitazioni di materiali correlate sempre all'elevate pendenze e dal mediocre stato di conservazione di molti litotipi che costituiscono il substrato roccioso sono presenti in vari punti, mentre conoidi si riscontrano soprattutto nel settore occidentale, dalla dorsale di Valconara, e nella zona a monte di Ponte Negrone.

I rii sono spesso costretti fra gli edifici e per lunghi tratti tombinati.

L'unico corso d'acqua importante (se si esclude il torrente Lerone che acquisisce una certa importanza nel divenire il limite sud-occidentale del territorio comunale), è il rio Cantarena, che al contrario degli altri su menzionati è riuscito nel tratto prospiciente la foce ad influenzare la morfologia del territorio, con depositi recenti ed antichi terrazzati.

L'andamento principale di tutti questi rii, anche quelli minori è circa nord ovest, sud est, mentre il settore a sud ovest delle cime di Bric Bardella, Rocca del Gallo, Cima Rocca Vaccheria, drena verso il T. Lerone. Da segnalare che infrastrutture lineari importanti come la rete autostradale e la linea ferroviaria "tagliano" gran parte dei rii con foce sul tratto compreso tra P.ta San Martino e Carbo del Pizzo nel settore sud orientale.

Per quanto concerne i terreni di copertura, essi risultano maggiormente sviluppati nel settore centro orientale del territorio comunale; risultano molto estesi e con spessori principalmente non superiori ai 3 m, permettendo l'affioramento della roccia solo alle dorsali ed alle cime più acclivi. Localmente in alcune zone vallive e in corrispondenza delle superfici di raccordo con i versanti vi è un sensibile aumento di spessore di detti terreni di copertura.

Il settore occidentale risulta caratterizzato dalla presenza di roccia subaffiorante, di scadenti qualità in quanto prevalentemente riferibile al litotipo serpentinoscistoso, particolarmente attaccabile dagli agenti meteorologici e, concausa una vegetazione principalmente erbacea, maggiormente interessato a fenomeni gravitativi. Nella zona di Bric Bossaro, il territorio è coinvolto da numerose conoidi con frane detritiche pedemontane tutte facenti principalmente capo al substrato roccioso, mentre ad ovest della dorsale Bric Cravo-Bric

Chiappe, dove si fa sensibile la presenza di coltri con coperture comunque non spessori superiori ai 3 m, gli agenti su descritti coinvolgono i terreni di copertura con movimenti maggiormente delineabili e inquadrabili in fenomeni franosi attualmente quiescenti.

L'evoluzione di tali fenomeni porta al coinvolgimento simultaneo sia di materiali facenti capo al substrato roccioso, che di quelli riferibili ai sottili terreni di copertura, acquisendo dimensioni importanti come nel caso della frana a nord ovest di Bric Gavetta che coinvolge l'intero versante sino al talweg del Lerone.

L'estremo limite nord occidentale, sul confine del territorio, nelle zone che sottendono Cima Giassetti e Cima del Pozzo, risulta caratterizzato da depositi periglaciali con potenze superiori ai tre metri, che riempiono gran parte del versante orografico destro del rio Argentea e di un altro più a nord, senza nome;

Anche tali depositi, come i precedenti analizzati, risultano interessati da movimenti gravitativi costituiti da frane quiescenti ed attive.

Ultimo settore morfologico caratteristico è la zona del Promontorio-Pineta di Arenzano e della retrostante fascia di raccordo collinare, con le porzioni montane più a nord.

Tale "fascia" è caratterizzata dalla presenza dei depositi pliocenici che hanno permesso un addolcimento delle forme, decisamente meno acclivi, ed un accumulo di terreni di copertura con spessori maggiori di tre metri particolarmente diffusi e per altro interessati in passato da numerose lavorazioni agricole.

Procedendo idealmente verso sud si staglia, prima di poter giungere alla linea di costa, il massiccio cristallino di Arenzano, caratterizzato dai resti di un ampio terrazzo marino (la Pineta di Arenzano), con versanti ripidi, profondamente incisi verso il mare nella roccia sub affiorante, prevalentemente in scadenti condizioni di conservazione; la porzione sommitale, sub pianeggiante ha mantenuto le coperture con spessori maggiori di tre metri, che diminuiscono man mano ci si avvicina ai "bordi", sia sugli estremi meridionali che su quelli settentrionali.

5. DATI SISMICITA' STORICA

5.1 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani – versione 2004 (CPTI04)

La ricerca è stata effettuata a partire dal punto di coordinate 44,406°N – 8,686°E, ricadente nel territorio di Arenzano (GE), su un'area circolare avente raggio di 100 km.

Relativamente ad eventi con magnitudo superiore a 4, sono stati trovati 75 eventi sismici, di cui quello con **magnitudo massima risulta quello di 6,29** (1887 – Liguria occidentale); considerando invece un raggio di 50 km il numero di eventi scende a 19 con magnitudo massima di 5,48 (1541 – Valle Scrivia).

Di seguito si riporta un estratto delle note esplicative del Catalogo Parametrico del Terremoti Italiani al fine di consentire la lettura dei dati riportati nelle tabelle successive.

Parametri dei terremoti e criteri di determinazione

Numero d'ordine (N)

Indica un numero progressivo per i terremoti presenti nel catalogo.

Tipo di record (Tr)

Indica il tipo di informazione che è alla base dei parametri riportati. "DI" indica che sono disponibili dati di intensità macrosismica, "CP" che il record proviene da un altro catalogo parametrico, "PM" che si tratta di una parametrizzazione multipla. Sono indicati con la dicitura "CP" anche terremoti di NT4.1.1 e CFTI mancanti di dati di base macrosismici.

Tempo origine (Anno, Me, Gi, Or, Mi, Se)

È stata adottata per ogni terremoto l'indicazione fornita dall'elaborato di riferimento o dal catalogo parametrico di provenienza.

Denominazione dell'area dei massimi effetti (AE)

È stata generalmente mantenuta la denominazione riportata dal catalogo scelto per lo specifico evento. Si è provveduto ad inserire tale denominazione per i terremoti provenienti da altri cataloghi in cui questo campo era vuoto, e a correggere i troncamenti eventualmente risultanti da limitazioni del numero di caratteri disponibili per il campo.

Codice dell'elaborato di riferimento (Rt)

Definisce l'elaborato di riferimento per ogni record del catalogo.

Numero dei punti di intensità (Np)

È stato riportato il numero complessivo delle località per le quali è fornita la valutazione dell'intensità nei rispettivi database, comprese le intensità attribuite da CFTI ad aree geografiche e quelle attribuite come classi convenzionali di tipologie di danno su singoli edifici (si veda la tabella a pagina 111 del volume CFTI2, Boschi et al, 1997). Tale numero può differire leggermente da quello originariamente pubblicato a causa dell'individuazione di alcuni errori di calcolo.

Intensità massima (Imx)

È stato riportato il valore presente nello studio o nel catalogo di partenza.

Intensità epicentrale (Io)

È stata determinata con l'obiettivo di utilizzare questo parametro come uno strumento omogeneo per la misura delle dimensioni del terremoto. Nella maggior parte dei casi (disponibilità di più punti con intensità pari a Imx, oppure terremoto descritto da un solo punto) si è assunto Io = Imx; in 337 casi (134 da CFTI, 191 da DOM e 12 da INGVAM) si è assunto Io ≠ Imx. Nei casi in cui i punti con intensità uguale a Imx erano poco significativi e tutti gli altri punti erano di valore uguale o inferiore a Imx-1 (312 casi) è stata assegnata Io < Imx. Infine, in 25 casi è stata assegnata Io > Imx; si tratta di casi in cui l'insieme dei dati di base disponibili è stato ritenuto poco rappresentativo del terremoto stesso (ad esempio nel caso di terremoti in aree di confine o costiere e per alcuni terremoti medievali).
Io è disponibile per 2423 terremoti su 2550. Per le elaborazioni che richiedono Io come parametro di ingresso per tutti i terremoti (es.: valutazioni di massima intensità calcolata al sito), si suggerisce di determinare la Io dei terremoti che ne sono privi a partire dalla relazione empirica:

$$Io = 2.288\ Mw - 4.864$$

ricavata invertendo i dati utilizzati per costruire la relazione Io-Mw (Gruppo di lavoro MPS, 2004; App.1). Il campo occupato dalla Io è seguito dalla colonna TI che contiene la dicitura "M" quando l'intensità epicentrale stessa è stata modificata rispetto a quella riportata nel catalogo di provenienza.

Localizzazione epicentrale (Lat, Lon)

È stata ricalcolata per tutti i terremoti dotati di dati di base macrosismici attraverso l'algoritmo descritto in dettaglio da Gasperini e Ferrari (1995, 2000).

Per gli eventi il cui epicentro subisce uno spostamento superiore a 15 km rispetto all'epicentro riportato in NT4.1.1 è stata effettuata una verifica manuale della distribuzione dei punti di intensità, mirante ad evidenziare eventuali errori o anomalie (ad esempio nel caso di forti errori di localizzazione di singoli punti).

Per alcuni eventi caratterizzati da una distribuzione fortemente anomala dei punti disponibili, come ad esempio nel caso di terremoti con epicentro in mare o accaduti in periodi ed aree scarsamente documentati, la localizzazione è stata determinata manualmente, tenendo conto anche di altri criteri (considerazioni di

tipo storico, indicazioni derivanti da dati strumentali eventualmente disponibili, ecc.). Questa circostanza è stata evidenziata mediante un codice ("codice localizzazione" TL) che contiene la dicitura "A" per gli eventi localizzati attraverso la procedura automatica già descritta; "M" per le localizzazioni modificate manualmente; "S" nei casi in cui, pur esistendo dati macrosismici, è stato adottato l'epicentro strumentale. Per i record provenienti da cataloghi parametrici precedenti il campo relativo a questo codice viene lasciato vuoto.

Magnitudo

Si è ritenuto utile rendere disponibili tre alternative corrispondenti a diverse modalità di utilizzo in combinazione con le principali relazioni di attenuazione del moto del suolo.

In particolare vengono fornite, per tutti gli eventi:

• la magnitudo momento Mw, con errore associato Dw e tipologia di stima Tw (Maw, Daw, TW);

• la magnitudo calcolata sulle onde superficiali Ms, con errore associato Ds (Mas, Das, TS);

• la magnitudo Msp, da utilizzare congiuntamente alla relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996), con errore associato Dsp (Msp, Dsp).

Le modalità di determinazione delle suddette magnitudo sono descritte in dettaglio in Gruppo di lavoro MPS (2004); App.1.

Mw: Per il periodo dal Mondo Antico al 1980 è stata ricavata dalla Ma (magnitudo media pesata in termini di Ms) di CPTI99 nel seguente modo: i) assumendone la coincidenza con Ma stessa al di sopra della soglia 6.0 e ii) attraverso una regressione lineare empirica (Gruppo di lavoro MPS, 2004; App.1) al di sotto di tale soglia:

$$Mw = 0.673Ma+1.938 \quad (Ma<6.0)$$
$$Mw = Ma \quad (Ma\geq 6.0)$$

Per il periodo 1981-2002, quando era presente un'inversione del tensore momento globale (Database CMT, Università di Harvard) o regionale (database RCMT, INGV) è stato adottato tale valore; altrimenti Mw è stata calcolata come combinazione pesata delle stime di Ms, Ml, mb, Mp e Mw macrosismica disponibili (Gruppo di lavoro MPS, 2004; App.1).

Il codice di determinazione Tw è presente solo per il periodo 1981-2002. Una "O" indica i dati osservati direttamente attraverso inversione del tensore momento.

***Ms*:** Per il periodo dal Mondo Antico al 1980 coincide con Ma di CPTI99. Per il periodo1981-2002 è stata calcolata come combinazione pesata delle stime di Ms, Ml, mb, Mp e Ms macrosismica disponibili (Gruppo di lavoro MPS, 2004; App.1). Il codice di determinazione TS vale "En" se è stata usata la relazione funzionale di Azzaro e Barbano (1997) valida per la zona etnea.

***Msp*:** Si tratta di un parametro ibrido che ha il solo fine di semplificare l'impiego della relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996), che utilizza Ml al di sotto della soglia di 5.5 e Ms al di sopra della soglia stessa. Per l'intero catalogo dal Mondo Antico al 2002 è stata assunta l'equivalenza di Msp con Ma al di sopra di 5.5 ed è stata invertita la relazione empirica ricavata tra Ms e Ml al di sotto di essa:

$$Msp = (Ms+0.584)/1.079 \quad (Ms<5.5)$$
$$Msp = Ms \quad (Ms\geq 5.5)$$

Zona sorgente (ZS9)

Viene riportato il numero della zona sorgente cui l'evento è associato, secondo la zonazione sismogenetica ZS9, la cui descrizione è consultabile nell'Appendice 2 del rapporto conclusivo per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Gruppo di Lavoro MPS, 2004). Le zone sono 36, numerate da 901 a 936 (zona etnea). Gli eventi associati a zone sorgente sono 1876.

Il codice di assegnazione alla zona sorgente (TZ) descrive le modalità con cui gli eventi sono stati associati alle zone sorgente. Il codice vale "G" se l'assegnazione è avvenuta sulla base della localizzazione epicentrale; "A" se questa assegnazione è stata modificata, in senso conservativo per la valutazione della pericolosità sismica, nell'ambito dell'analisi della incertezza nella localizzazione (in altre parole, se l'evento è stato associato a una ZS anche se l'epicentro non vi ricade direttamente).

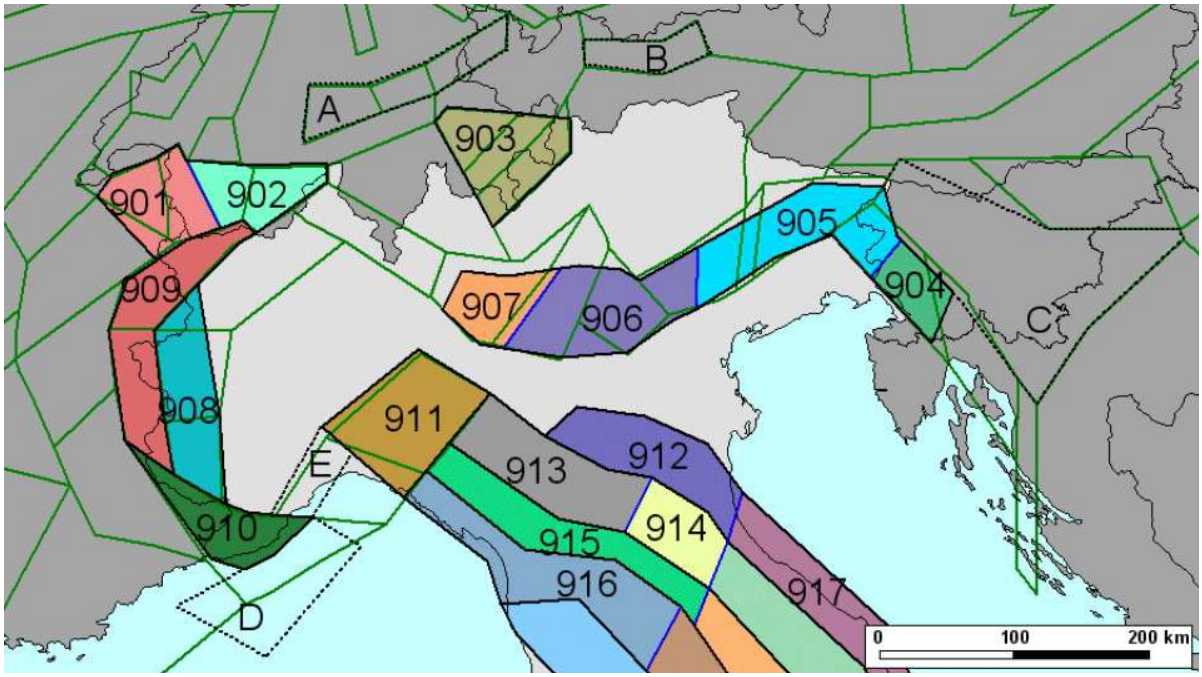


Fig. n° 1: zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia (contorni neri) a confronto con la zonazione adottata dal Progetto SESAME (bordi verdi).

Codici di aggancio (Ncft, Nnt, Ncpt)

Per facilitare successive elaborazioni e controlli sono stati forniti i codici di aggancio con i cataloghi NT4.1.1, CFTI2, CPTI99. Ncft rappresenta il numero

progressivo di record nel catalogo CFTI 2 su CD-ROM (si noti tuttavia che tale numero non è direttamente riportato da CFTI2 ma è solo implicito nell'ordinamento dei record di tale catalogo); Nnt corrisponde al numero d'ordine N del catalogo NT4.1.1; Ncpt corrisponde al numero d'ordine N nel catalogo CPTI99.

Formato del record nel file CPTI04

Codice CPTI04	descrizione	contenuto	Codice CPTI99	descrizione
N	numero d'ordine del record		**N**	numero d'ordine del record
Tr	tipo di record	DI: parametri calcolati da dati di base macrosismici; CP: parametri adottati da cataloghi parametrici	**Tr**	tipo di record
Anno	tempo origine: anno		**Anno**	tempo origine: anno
Me	tempo origine: mese		**Me**	tempo origine: mese
Gi	tempo origine: giorno		**Gi**	tempo origine: giorno
Or	tempo origine: ora		**Or**	tempo origine: ora
Mi	tempo origine: minuto		**Mi**	tempo origine: minuto
Se	tempo origine: secondo		**Se**	tempo origine: secondo
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti		**AE**	denominazione dell'area dei massimi effetti
Rt	codice dell'elaborato di riferimento		**Rt**	codice dell'elaborato di riferimento
Np	numero dei dati puntuali di intensità disponibili		**Np**	numero dei dati puntuali di intensità disponibili
Imx	intensità massima x 10 (scala MCS)		**Imx**	intensità massima x 10 (scala MCS)
Io	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)		**Io**	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)
TI	codice di determinazione di Io	M: valore assegnato manualmente	**TI**	codice di determinazione di Io

Lat	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali Datum: ED50		**Lat**	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali Datum: ED50
Lon	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali Datum: ED50		**Lon**	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali Datum: ED50
TL	codice di localizzazione	A: localizzazione macrosismica automatica M: localizzazione macrosismica manuale S: localizzazione strumentale	**TL**	codice di localizzazione
Maw	Magnitudo momento		--	
Daw	Errore associato alla stima di Maw		--	
TW	codice di determinazione di Maw	O valore osservato	--	
Mas	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPTI99	**Ma**	Magnitudo media (calibrata a Ms)
Das	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPTI99	**Da**	Errore associato alla stima di Ma
TS	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione Io/Mm di Azzaro e Barbano (1997)	--	
Msp	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per Ms>5.5: Msp=Ms per Ms<=5.5: Msp=(Ms+0.584)/1.079	--	
Dsp	Errore associato alla stima di Msp		--	
ZS9	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato		--	
TZ	Codice di assegnazione alla zona sorgente	G: assegnazione geografica A: assegnazione ponderata cautelativa	--	
Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2		**Ncft**	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2
Nnt	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1		**Nnt**	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1
Ncpt	Numero d'ordine del record nel catalogo CPTI99		--	

CATALOGO PAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI (CPTI04)

Risultato dell'interrogazione per parametri:

- area circolare con centro C (44.406, 8.686) e raggio 100 km
- dal 217/01/01 a 2002/12/31

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	Tl	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	Tw	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	Tz	Ncft	Nnt	Ncpt
39	DI	1182	8	15				GENOVA	DOM	1	60	60		44.419	8.898	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36				504	39
46	DI	1217	1	8				GENOVA	DOM	1	55	55		44.419	8.898	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19				505	46
109	DI	1369	2	1				Alessandria	CFTI	6	75	65	M	44.92	8.62	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	911	A	163	518	109
197	CP	1502	5					CUNEO	POS85			60		44.4	7.5		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	908	G		433	197
199	CP	1502	9	23				TARANTASCA	POS85			70		44.5	7.5		5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	908	G		434	199
232	DI	1537	11					SAVONA	DOM	1	60	60		44.307	8.48	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36				506	232
237	DI	1541	10	22	18			VALLE SCRIVIA	DOM	9	80	80		44.761	8.909	A	5.48	0.15		5.27	0.23		5.43	0.21	911	G		519	237
241	DI	1545	6	9	15			BORGO VAL DI TARO	DOM	5	75	75		44.498	9.844	A	5.33	0.19		5.04	0.28		5.21	0.26	915	G	222	543	241
243	DI	1547	7	31				SAVONA	DOM	1	55	55		44.307	8.48	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19				507	243
244	DI	1549	5	3				SAVONA	DOM	1	65	65		44.307	8.48	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45				508	244
245	CP	1549	5	14				ALBA	POS85			60		44.667	8		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36				2012	245
247	DI	1550	2	28	16			CUNEO	DOM	1	65	65		44.381	7.538	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	908	G		435	247
309	DI	1612	1	31				ROCCA BIGLIERA	DOM	6	65	65		43.949	7.613	A	5.26	0.27		4.94	0.40		5.12	0.37	910	G		469	309
381	DI	1680	4	30	11			GAVI	DOM	1	70	70		44.688	8.803	A	5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	911	G		520	381
537	CP	1751	11	21	9	41		MAR LIGURE	POS85			60		44.25	9.25		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36				509	537
556	DI	1759	5	26	1	30		PAVIA	DOM	2	60	60		44.804	9.029	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	911	G		521	556
569	DI	1767	2	7	3	45		GENOVA	DOM	10	65	65		44.548	8.681	A	5.06	0.17		4.64	0.26		4.84	0.24	911	A		510	569
650	DI	1786	11	24	6			ALBA	DOM	23	60	55		44.693	8.033	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19				2026	650
708	CP	1807	9	5	1	30		MAR LIGURE	POS85			60		44	8.5		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36				498	708
737	DI	1818	2	23	18	10	1	Liguria occidentale	CFTI	46	80	75	M	43.92	8.034	M	5.55	0.13		5.37	0.20		5.52	0.20	910	G	366	472	737
741	DI	1819	1	8	22	30		Liguria occidentale	CFTI	6	65	65	M	44.05	8.2	A	5.34	0.24		5.06	0.35		5.23	0.32	910	G	369	473	741
776	DI	1828	10	9	2	20		Valle dello Staffora	CFTI	105	80	75		44.82	9.05	A	5.67	0.08		5.55	0.12		5.55	0.12	911	G	375	523	776
790	DI	1831	5	26	10	30		Liguria occidentale	CFTI	32	85	80		43.85	7.85	A	5.54	0.13		5.35	0.19		5.50	0.19	910	G	377	474	790
793	CP	1831	11	25		45		BUSSANA	POS85			60		43.833	7.833		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	910	G		475	793
801	DI	1834	2	14	13	15		ALTA LUNIGIANA	DOM	101	85	85		44.449	9.859	A	5.64	0.09		5.50	0.13		5.64	0.13	915	G		549	801
806	CP	1835	4	20	3			PASSO CISA	POS85			65		44.417	9.833		5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	915	G		551	806
807	DI	1835	5	23	8	30		Boves	CFTI	3	65	60	M	44.33	7.55	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	908	G	386	437	807
867	CP	1849	6	18	6	25		LIMONE	POS85			60		44.2	7.567		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	908	G		438	867
868	DI	1849	11	28	18	15		VAL DI TARO	DOM	6	65	65		44.485	9.73	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	915	G	396	553	868
926	CP	1861	3	16		30		SESTA GODANO	POS85			60		44.333	9.6		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	916	G		536	926
1027	CP	1878	1	22	6	44		VILLANOVA	POS85			60		44.667	7.5		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	908	G		439	1027
1075	DI	1882	2	15	4	50		APPENNINO LIGURE	DOM	18	60	60		44.652	9.113	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	911	G		524	1075
1102	CP	1885	1	24	20	12		MAR LIGURE	POS85			60		43.833	8		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	910	G		478	1102
1109	CP	1885	7	1	6	15		LIMONE	POS85			60		44.25	7.5		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	908	G		442	1109
1128	DI	1887	2	23	5	21	50	Liguria occidentale	CFTI	1515	100	90		43.92	8.07	A	6.29	0.10		6.29	0.10		6.29	0.10	910	G	436	479	1128
1189	CP	1892	5	8	7	10		TAGGIA	POS85			60		43.867	7.833		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	910	G		480	1189
1199	CP	1892	11	26	8			LIMONE	POS85			60		44.25	7.567		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	908	G		444	1199
1247	CP	1895	12	25	4	47		MAR LIGURE	POS85			60		43.7	8.05		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36				499	1247

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	Tl	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	Tw	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	Tz	Ncft	Nnt	Ncpt
1257	DI	1896	10	16				ALBENGA	DOM	60	60	60		43.909	7.872	A	4.90	0.15		4.40	0.23		4.62	0.21	910	G		481	1257
1282	CP	1897	10	12	7	5		BORGOMARO	POS85			55		43.967	7.833		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	910	G		482	1282
1327	CP	1900	4	22		20		BUSSANA	POS85			60		43.8	7.933		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	910	G		484	1327
1341	CP	1901	4	20	9	35	5	BOVES	POS85			60		44.333	7.5		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	908	G		445	1341
1344	CP	1901	5	25	4	59	20	SOMMARIVA	POS85			60		44.833	7.75		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36				2062	1344
1373	CP	1903	4	4	1	41	56	MAR LIGURE	POS85			55		43.7	8.05		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19				500	1373
1403	CP	1904	11	15	19	16		CERIANA	POS85			55		43.9	7.783		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	910	G		486	1403
1442	DI	1906	8	11	9	58		TAGGIA	DOM	82	55	55		43.962	7.801	A	4.56	0.11		3.89	0.16		4.15	0.15	910	G		487	1442
1445	CP	1906	11	10	17	55		COMPIANO	POS85			60		44.5	9.633		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	915	G		559	1445
1523	CP	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OLIO	POS85			55		44.9	9.633		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	911	G		525	1523
1558	CP	1912	1	14	3	11	13	MAR LIGURE	POS85			55		43.7	8.05		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19				501	1558
1591	DI	1913	12	7	1	28		NOVI LIGURE	DOM	56	50	50		44.744	8.863	A	4.72	0.14		4.14	0.21		4.38	0.19	911	G		526	1591
1697	DI	1919	11	28	21	38		ALPI MARITTIME	DOM	24	55	55		44.173	7.764	A	4.95	0.08		4.48	0.12		4.69	0.11	910	A		489	1697
1717	DI	1921	5	7	6	15		PONTREMOLI	DOM	19	70	65		44.377	9.882	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	915	G		565	1717
1762	CP	1924	9	21	20	18		GENOVA	POS85			55		44.4	8.95		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19				511	1762
1796	DI	1927	10	28	21	49		BEDONIA	DOM	51	60	60		44.52	9.59	A	5.13	0.07		4.75	0.11		4.94	0.10	915	G		568	1796
1803	DI	1928	2	21	4	37		VARESE LIGURE	DOM	8	60	60		44.44	9.611	A	4.56	0.11		3.89	0.17		4.15	0.16	915	G		538	1803
1809	DI	1928	7	20	19	53		ALTA VAL DI TARO	DOM	20	60	60		44.508	9.587	A	4.56	0.15		3.90	0.22		4.16	0.20	915	G		569	1809
1893	DI	1934	6	13	9	6		BORGO VAL DI TARO	DOM	29	60	60		44.438	9.725	A	5.22	0.04		4.88	0.06		5.06	0.06	915	G		572	1893
1923	DI	1936	12	11	17	25		PIGNA	DOM	12	60	60		43.931	7.669	A	4.65	0.15		4.03	0.22		4.28	0.20	910	G		490	1923
1990	CP	1943	10	16	12	10	7	GABIANO	POS85			50		45.1	8.1		4.64	0.14		4.02	0.21		4.27	0.19				2107	1990
1995	DI	1945	6	29	15	37	13	Valle dello Staffora	CFTI	31	75	75		44.83	9.13	A	5.15	0.11		4.78	0.17		4.97	0.16	911	G	509	527	1995
1996	DI	1945	12	15	5	27		VARZI	DOM	12	60	55		44.831	9.117	A	4.78	0.11		4.23	0.16		4.46	0.15	911	G		528	1996
1998	CP	1946	2	18	23			PIONE	POS85			60		44.6	9.6		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	915	G		574	1998
2066	CP	1952	8	22	2	25	31	MONTEMAGNO	POS85			60		45	8.3		4.78	0.15		4.23	0.22		4.46	0.20				2115	2066
2131	CP	1959	1	26	5	35	40	S.MARIA TARO	POS85			55		44.5	9.5		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	915	G		576	2131
2211	CP	1965	3	15	8	56		CAPRIATA	POS85			55		44.7	8.7		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	911	G		529	2211
2250	CP	1968	4	18	19	38	15	BORGHETTO	POS85			50		44.083	8.017		4.64	0.11		4.02	0.16		4.27	0.15				492	2250
2261	CP	1968	9	7	16	49	57	CALIZZANO	POS85			60		44.233	8.2		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36				512	2261
2291	CP	1970	12	31	22	4	46	FINALE	POS85			60		44.217	8.333		4.78	0.15		4.23	0.22		4.46	0.20				513	2291
2304	CP	1971	9	25	10	34	5	MAR LIGURE	POS85			60		44.233	8.683		4.65	0.15		4.03	0.22		4.28	0.20				514	2304
2309	DI	1972	1	18	23	26		RIVIERA DI PONENTE	DOM	41	65	60		44.203	8.163	A	4.76	0.21		4.19	0.31		4.42	0.29				515	2309
2322	CP	1973	6	5	13	48	12	MAGGIORASCA	POS85			40		44.517	9.567		4.58	0.14		3.92	0.21		4.17	0.19	915	G		580	2322
2339	CP	1974	4	15	21	49	12	PIONE	POS85			55		44.65	9.683		4.64	0.12		4.01	0.18		4.26	0.17	915	G		594	2339
2362	DI	1975	11	16	13	4		BORGO VAL DI TARO	DOM	10	55	55		44.404	9.831	A	4.85	0.08		4.32	0.12		4.54	0.11	915	G		530	2362
2365	CP	1976	8	22	2	49	13	MAGGIORASCA	POS85					44.567	9.5		4.63	0.18		4.00	0.27		4.25	0.25	911	G		531	2365
2536	CP	2000	8	21	17	14	28	ALESSANDRINO	OFTEP					44.769	8.433		4.90	0.18	O	4.60	0.03		4.80	0.03	911	A			

5.2 Database Macrosismico Italiano (DBMI11)

Storia sismica di Arenzano
[44.403, 8.683]

Numero di eventi: 3

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
6-7	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
4	1993 07 17 10:35	Finale Ligure	336	5 4.51 ±0.10
NF	2005 04 18 10:59	Valle del Trebbia	286	5 3.98 ±0.09

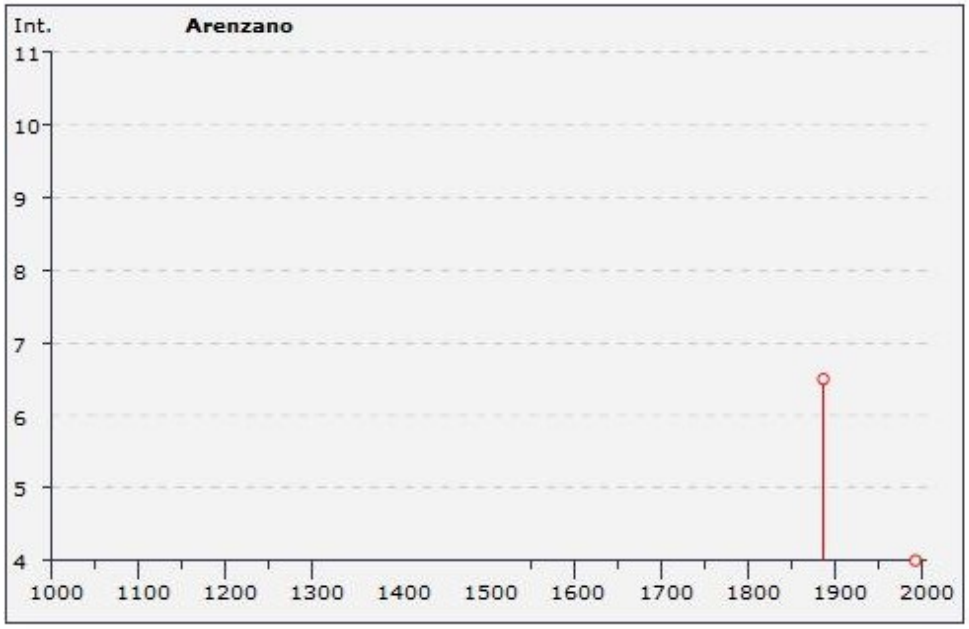




Fig. n° 2: risultati tratti dal DBMI11 relativi al territorio di Arenzano.

5.3 Mappe di sismicità

Di seguito vengono riportate le mappe di sismicità reperite sul sito del dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Genova che fa riferimento ai dati dell'INGV relativi ad eventi con magnitudo ML > 4 dell'Italia nord-occidentale (periodo 1000 – 2006) e con magnitudo ML > 2 della Liguria (periodo 1982 – 2013).

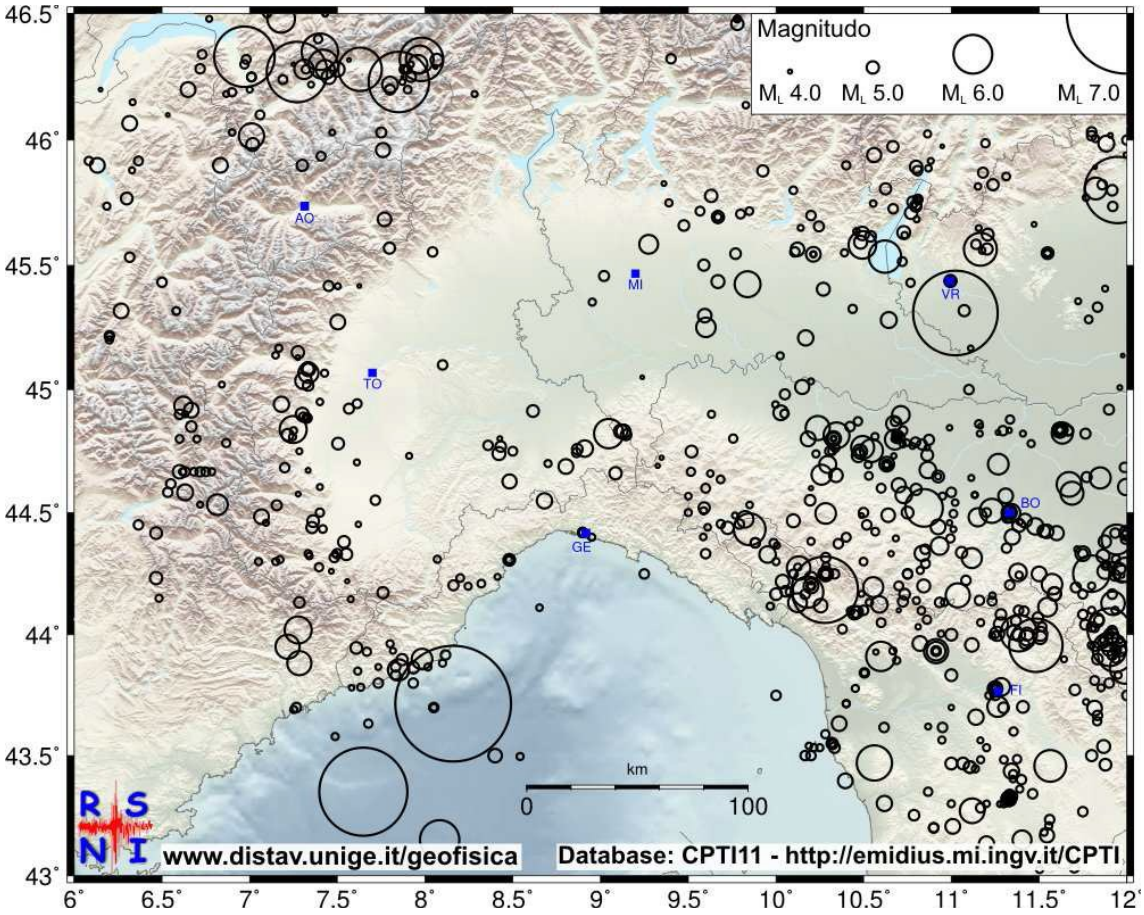


Fig. n° 3: mappa di sismicità storica dell'Italia nord-occidentale nel periodo 1000-2006.

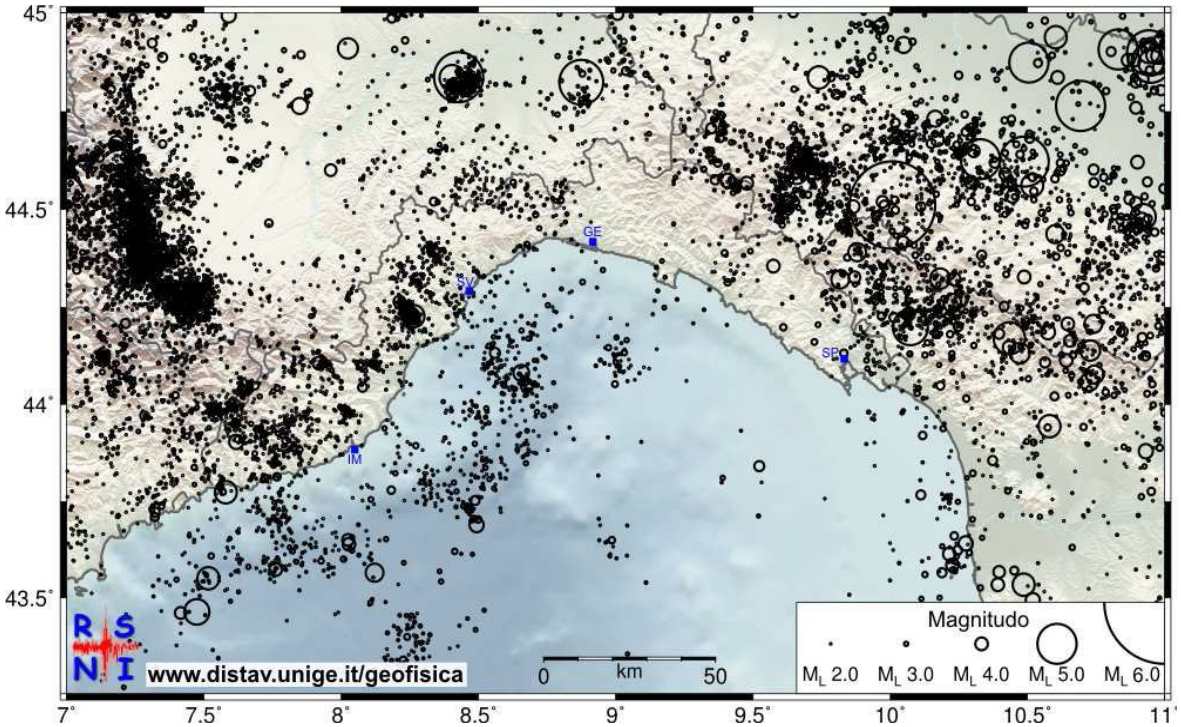


Fig. n° 4: mappa di sismicità strumentale della Liguria e delle aree limitrofe nel periodo 1982-2013 con magnitudo (ML)>2.0.

5.4 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa dei Terremoti, che considera gli eventi sismici ricadenti nella zona sismogenetica di competenza. Per quanto attiene direttamente al territorio del Comune di **Arenzano**, esso è stato classificato ai sensi della D.G.R. n. 1362 del 19 Novembre 2010 "*D.M. 14 gennaio 2008 - norme tecniche per le costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria*", in **ZONA 4**.

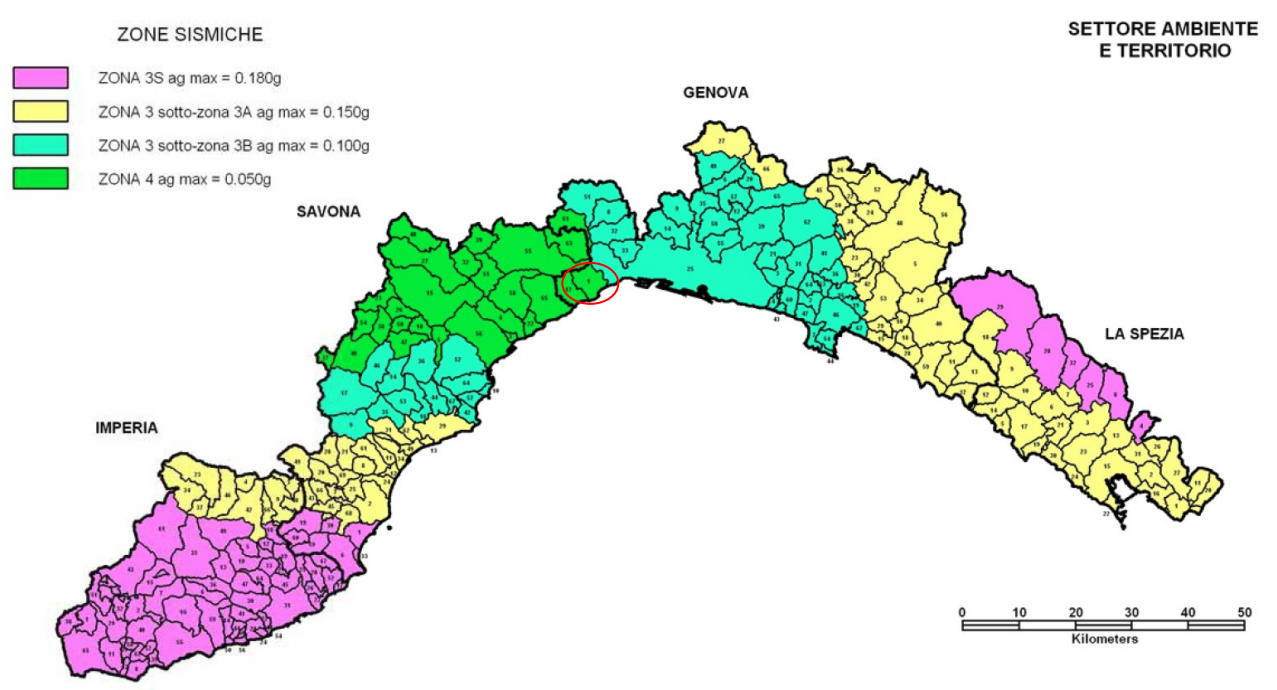


Fig. n° 5: classificazione sismica Regione Liguria (D.G.R. n.1362/2010).

Con il D.M. 14/01/2008 l'azione sismica di riferimento viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione.

In quest'ottica, si riporta l'analisi di disaggregazione (magnitudo-distanza) relativa al Comune di **Arenzano**: la coppia magnitudo-distanza fornisce il massimo contributo alla pericolosità sismica per ogni sito e cambia a seconda del periodo di ritorno considerato, tipicamente 30 o 50 anni; la disaggregazione consente di ottenere un'immagine approssimata delle aree che più contribuiscono alla pericolosità sismica nell'intervallo di tempo di interesse.

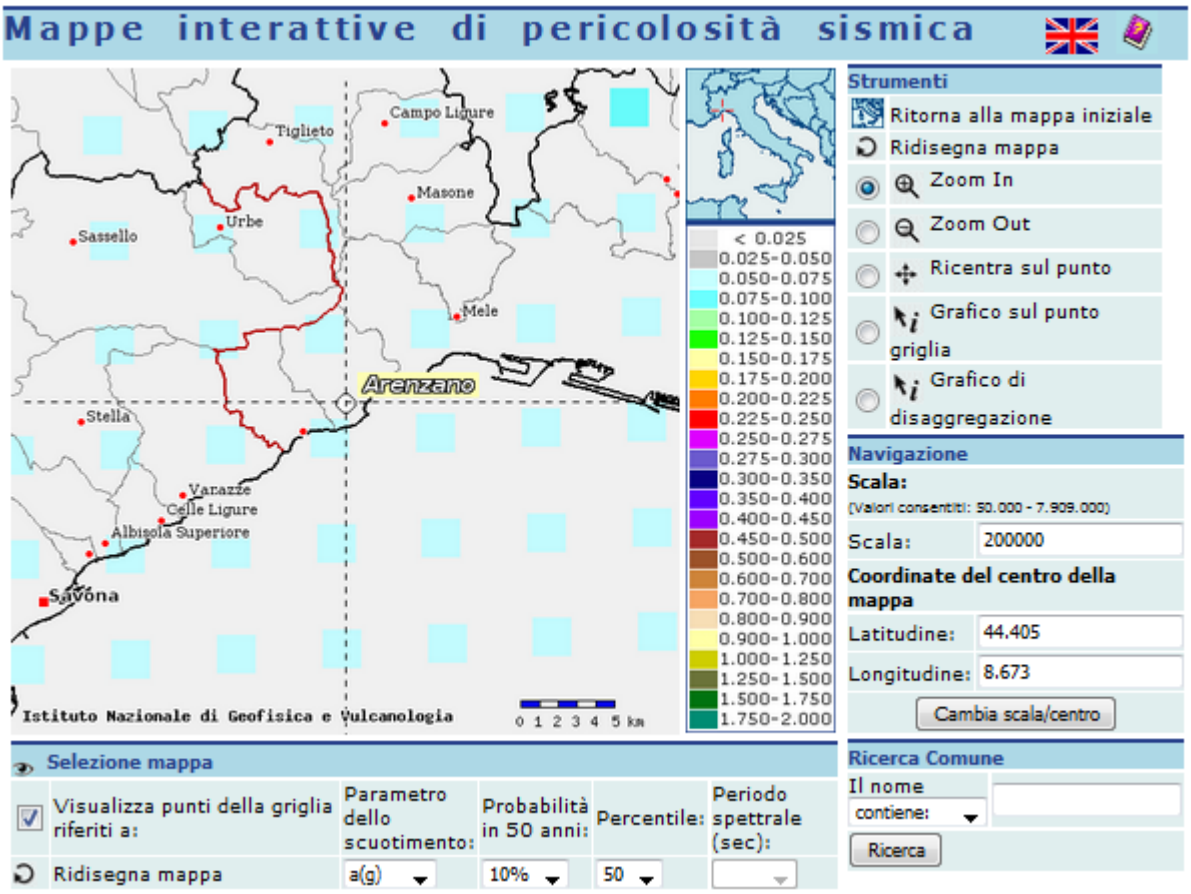
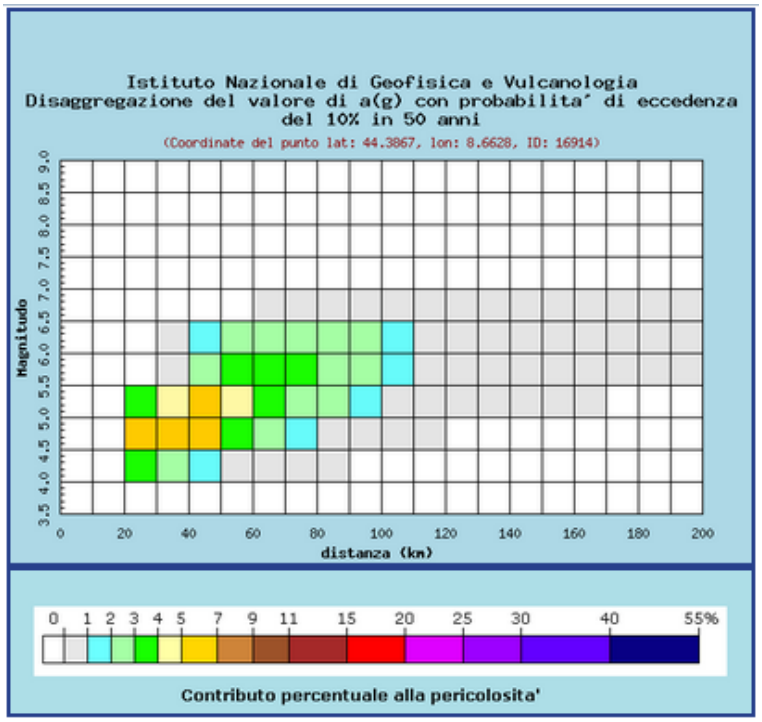


Fig. n° 6: accelerazioni al bedrock con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni (tratta dal sito internet dell' INGV, Progetto DPC-INGV-S1).

Al Comune di **Arenzano**, come visualizzato in figura 6, viene assegnata una pericolosità, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, pari a **0.050-0.075 g**.

Di seguito si riportano i valori di magnitudo attesa al sito in funzione della distanza.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.3867, lon: 8.6628, ID: 16914)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	3.340	6.020	3.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	2.800	6.190	4.260	0.639	0.346	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	1.880	5.370	5.100	2.580	1.530	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.946	3.560	4.260	3.090	2.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.366	2.170	3.300	3.020	2.230	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.111	1.260	2.720	3.090	2.520	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.007	0.620	2.100	2.730	2.440	0.103	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.256	1.490	2.210	2.050	0.077	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.067	0.844	1.520	1.480	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.006	0.331	0.791	0.786	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.103	0.389	0.396	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.026	0.186	0.217	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.008	0.093	0.114	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.003	0.048	0.054	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.046	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.047	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.044	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.039	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.310	59.500	1.530

Fig. n° 7/8: magnitudo attesa e distanza dal sito dell'epicentro con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tratta dal sito internet dell' INGV, Progetto DPC-INGV-S1).

Il valore medio dei dati riportati fornisce **un sisma di magnitudo 5.31 a una distanza di 59.5 km.**

6. ELABORATI INTERMEDI

6.1 Carta delle indagini

La **carta delle indagini** riporta l'ubicazione e la tipologia d'indagini geognostiche, eseguite nel corso degli anni nel territorio comunale, e che hanno consentito l'implementazione e la verifica del modello geologico/stratigrafico desunto dalle conoscenze cartografiche e dai rilevamenti di superficie.

Le informazioni disponibili quelle messe a disposizione dall'Amministrazione Comunale.

Tali indagini sono sia di tipo diretto (sondaggi) che indiretto (sismica a rifrazione e prova MASW); la tipologia ed il numero di indagini sono sinteticamente riportate nelle seguenti tabelle:

TIPOLOGIA INDAGINI	*N°*
Sismica a rifrazione	15
Prova MASW	10
Sondaggio geognostico	18

Tabella 1: Tipologia e numero di indagini

La ricostruzione del modello geologico/stratigrafico desumibile dall'analisi di tali informazioni ha consentito di integrare le conoscenze cartografiche consentendone la validazione e/o correzione e di ottenere una classificazione di massima dei terreni di fondazione con riferimento ai criteri previsti dal D.M. 14.01.2008:

CATEGORIA	*DESCRIZIONE*
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento(con Vs > 800 m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1.Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

Tabella 2: Categorie di suolo secondo le NTC08.

ELENCO INDAGINI E LOCALIZZAZIONE

Tipo di indagine	*Sigla*	*N°*	*Profondità d'indagine (m)*	*Raggiungimento substrato roccioso*	*Localizzazione*
Sondaggio geognostico	**S**	01	11	Si	Via Val Lerone
Sondaggio geognostico	**S**	02	12	Si	Via Val Lerone
Sondaggio geognostico	**S**	03	7.60	Si	Via Val Lerone
Sondaggio geognostico	**S**	04	10	Si	Via Cantarena
Sondaggio geognostico	**S**	05	7.80	Si	Via Cantarena
Sondaggio geognostico	**S**	06	12.10	Si	Piazza Vittoria
Sondaggio geognostico	**S**	07	15	Si	Piazza Vittoria
Sondaggio geognostico	**S**	08	15	Si	Piazza Vittoria
Sondaggio geognostico	**S**	09	10	Si	Piazza Toso
Sondaggio geognostico	**S**	10	10	Si	Piazza Toso
Sondaggio geognostico	**S**	11	5.80	Si	Loc. Agueta
Sondaggio geognostico	**S**	12	9.70	Si	Loc. Case Pruxia
Sondaggio geognostico	**S**	13	9.00	Si	Loc. Case Pruxia
Sondaggio geognostico	**S**	14	10	Si	Loc. Case Mirandola
Sondaggio geognostico	**S**	15	8.2	Si	Loc. Case Mirandola
Sondaggio geognostico	**S**	16	10	Si	Loc. Cinque edifici sud
Sondaggio geognostico	**S**	17	10.50	Si	Piazza Rodocanachi
Sondaggio geognostico	**S**	18	15	Si	Piazza Rodocanachi

Tabella 3: Indagini dirette

Tipo di indagine	*Sigla*	*N°*	*Profondità d'indagine (m)*	*Raggiungimento substrato roccioso*	*Localizzazione*
Sismica a rifrazione	**SR**	01	6-8	Si	Via Cantarena
Sismica a rifrazione	**SR**	02	12-16	Si	Via Cantarena
Sismica a rifrazione	**SR**	03	≈10	Si	Piazza Vittoria
Sismica a rifrazione	**SR**	04	≈10	Si	Piazza Vittoria
Sismica a rifrazione	**SR**	05	≈10	Si	Piazza Vittoria
Sismica a rifrazione	**SR**	06	7-8	Si	Via Bicocca
Sismica a rifrazione	**SR**	07	7-8	Si	Loc. Case Pruxia
Sismica a rifrazione	**SR**	08	8-9	Si	Loc. Case Mirandola
Sismica a rifrazione	**SR**	09	8-9	Si	Via Pineta
Sismica a rifrazione	**SR**	10	≈10	Si	Via dell'Erica
Sismica a rifrazione	**SR**	11	7-8	Si	Via Costa Frati
Sismica a rifrazione	**SR**	12	7-8	Si	Loc. Cinque edifici sud
Sismica a rifrazione	**SR**	13	≈10	Si	Piazza Rodocanachi
Sismica a rifrazione	**SR**	14	≈10	Si	Via del Roccolo
Sismica a rifrazione	**SR**	15	7-8	Si	Loc. Case Mirandola
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	01	≈30	Si	Loc. Case Pruxia
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	02	≈30	Si	Loc. Case Mirandola
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	03	≈30	Si	Via Pineta
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	04	≈30	Si	Via dell'Erica
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	05	≈30	Si	Via Costa Frati
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	06	≈30	Si	Loc. Cinque edifici sud
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	07	≈30	Si	Loc. Cinque edifice nord
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	08	≈30	Si	Piazza Rodocanachi
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	09	≈30	Si	Via del Roccolo
Multichannel Analysis of Surface Waves	**MASW**	10	≈30	Si	Loc. Case Mirandola

Tabella 3: Indagini indirette

6.2 Carta geologico-tecnica

La carta geologico è un elaborato realizzato appositamente per lo studio di microzonazione allo scopo di differenziare in unità litotecniche le zone caratterizzate da substrato rigido affiorante o subaffiorante e di caratterizzare le varie tipologie di terreni di copertura.

Deriva fondamentalmente dalla carta geologica e dalla carta geomorfologica del PUC e del Piano di Bacino e dalla loro validazione attraverso i dati delle indagini nuove e pregresse, dalle quali trae informazioni circa la presenza di roccia affiorante o subaffiorante e di terreni di copertura con spessore superiore ai 3 m; vengono inoltre riportati i lineamenti tettonici e alcune forme di superficie (frane attive, frane quiescenti, paleofrane, terrazzamenti marini e fluviali, orli terrazzamenti e linee di cresta) e le grotte.

Viene di seguito riportata la distinzione generale in termini litotecnici delle formazioni geologiche prese in considerazione nel presente studio, così come riportata all'interno della D.G.R. 714 del 21/06/2011, la quale prevede una suddivisione della tipologia del substrato (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato), della stratificazione (stratificato, non stratificato) e del grado di fratturazione (valore del parametro J_v).

Per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati classificati in base alla codifica contenuta negli "*Indirizzi e criteri per la microzonazione simica (Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile, 2008)".*

- FORMAZIONI ROCCIOSE

LP 2a - SUBSTRATO LAPIDEO NON STRATIFICATO CON J_V<13
- *Serpentinoscisti antigoritici del Bric del Dente (SNV e SNVt)*
- *Dolomie di Cogoleto (COG)*
- *Metarioliti del Porto di Arenzano (PSA)*

LP 2b – SUBSTRATO LAPIDEO NON STRATIFICATO CON 14< J_V<23
- *Quarziti di case Tavernino (QTV)*
- *Metabasiti di Rossiglione (MIV)*
- *Metagabbri eclogitici di Case Buzzano (BZZ)*
- *Metagabbri eclogitici del Passo del Faiallo (MFE)*
- *Metagabbri eclogitici della Colma (MGV e MGVr)*
- *Scisti filladici del Quadrifoglio (QDR)*
- *Metarenarie quarzitiche della Pineta di Arenzano (QAR)*
- *Paragneiss di Vignazza (VGN)*

LP 2c – SUBSTRATO LAPIDEO NON STRATIFICATO CON 24< J_V<31
- *Calcescisti del Turchino (TUR)*
- *Metasedimenti di Punta San Martino (PUM)*
- *Formazione di Torretta Pallavicini (FTP)*

CO 4 – SUBSTRATO COESIVO SOVRACONSOLIDATO
- *Argille di Ortovero (ORV)*

- TERRENI DI COPERTURA

Riporti (S1)

Si tratta di potenti riporti antropici (spessori maggiori di 3 m) presenti soprattutto lungo il tratto costiero (porto, pennelli, piccoli approdi, banchine e strutture a supporto della balneazione ecc.) e a cavallo dell'autostrada.

Depositi di spiaggia a granulometria ghiaioso sabbiosa-sabbioso ghiaioso (S3)

Si tratta dei depositi di spiaggia che sono rielaborati e classati dall'azione del moto ondoso; la loro genesi è però mista in quanto deriva quota parte dagli apporti dei fiumi ma in maniera predominante da successivi ripascimenti antropici eseguiti nel corso degli ultimi decenni.

Depositi alluvionali a granulometria mista o indistinta (S9)

Comprendono i depositi alluvionali attuali, recenti e antichi terrazzati.
Le alluvioni terrazzate recenti sono costituite in prevalenza da materiale argillo-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con prevalente frazione fine; localmente sono presenti concentrazioni di ghiaie anche grossolane disposte in lenti e in orizzonti
I terrazzi fluviali di età antica presentano elementi a granulometria variabile con prevalenza delle parti fini, argillo-sabbiose ben classate e talora con lenti ghiaiose.

Detrito di versante a granulometria mista o indistinta (S10)

Costituiscono le coperture detritiche di potenza superiore ai 3 metri e comprendono anche gli accumuli di frane, frane antiche e/o paleofrane.
La composizione risulta generalmente sabbioso-siltosa, con presenza di materiali fini ed abbondanza di scheletro e clasti di natura eterogenea.

7. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

7.1 Schema procedurale e zone perimetrate

Lo schema procedurale utilizzato per la redazione della "*Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*" ha avuto come riferimento quanto previsto dalla D.G.R. 471/2010 e dalla DGR 714/2011 e soprattutto dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" formulati dal Dipartimento della Protezione Civile, e successivo aggiornamento e può essere così riassunto:

1. individuazione delle aree caratterizzate da acclività maggiore di 15°, allo scopo di definire le zone con possibili fenomeni amplificativi di carattere topografico;
2. individuazione delle zone stabili non suscettibili di amplificazioni, derivate dall'analisi della carta litotecnica con indicazione circa la tipologia e la qualità litotecnica delle zone a substrato rigido (Vs_{30}>800 m/s) e dalla carta dell'acclività (inclinazione inferiore ai 15°);
3. individuazione delle zone stabili suscettibili di amplificazione litostratigrafica, derivate dalle unità litotecniche della carta litotecnica;
4. individuazione delle zone instabili per instabilità del versante, sulla base delle informazioni geomorfologiche;
5. individuazione delle forme di superficie, sulla base delle informazioni geomorfologiche (orli di scarpata morfologici, creste, terrazzi, ecc.)

Sono state perimetrate le seguenti zone:

a. **Zone Stabili**: nelle quali non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento. Sono le zone dove è affiorante il substrato geologico (Vs_{30} > 800 m/s) con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a 15°).

   Zona 1: substrato lapideo stratificato Vs_{30} > 800 m/s Jv<13
   Zona 2: substrato lapideo stratificato Vs_{30} > 800 m/s 14<Jv<23
   Zona 3: substrato lapideo stratificato Vs_{30} > 800 m/s 24<Jv<31

b. **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**: nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Sono le zone dove sono presenti terreni di copertura eluvio-colluviale, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio Vs_{30} < 800 m/s, aree con inclinazione superiore a 15°. Tali zone sono state a loro volta differenziate in 6 microzone a seconda delle caratteristiche litostratigrafiche /topografiche e sono sintetizzate di seguito.

Zona 4: substrato lapideo stratificato Vs_{30} > 800 m/s inclinazione >15°
Zona 5: substrato coesivo sovraconsolidato Vs_{30} < 800 m/s
Zona 6: riporti antropici di potenza maggiore di 3 m
Zona 7: depositi di spiaggia di potenza tra 3-10 m
Zona 8: depositi alluvionali di potenza compresa tra 3-10 m
Zona 9: detrito di versante di potenza compresa tra 3-5 m

c. **Zone suscettibili di instabilità**: nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono naturalmente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Nella carte sono state perimetrale 3 tipi di zone suscettibili di instabilità riconducibili e fenomenologie di dissesto con differente grado di attività.
   a) **attiva**
   b) **quiescente**
   c) **paleofrana**

Sono indicate le seguenti forme di superficie:

- **linea di cresta**
- **orlo di terrazzo, scarpata geomorfologica (altezza 10-20 m).**

7.2 Commento alla carta

In sintesi, dall'analisi della "*Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*" è possibile evidenziare come:

- le microzone stabili (distinte in funzione della tipologia del substrato e della qualità litotecnica) sono relativamente frequenti ma sono caratterizzate da un'estensione areale limitata; sono poste principalmente nella fascia di raccordo tra le aree collinari a debole pendenza e la fascia montana settentrionale e nelle aree in cui è presente una coltre di copertura di spessore inferiore ai 3 m con bassa acclività in prossimità dell'area del terrazzo marino in località "la pineta".

- le microzone stabili suscettibili di amplificazione locale (stratigrafica e topografica) piuttosto diffuse su tutto il territorio comunale analizzato e presentano, in alcuni casi, anche estensioni importanti.

Sono correlate alla presenza delle coltri detritiche eluvio-colluviali, dei corpi di frana relitti e/o stabilizzati, dei depositi alluvionali e marini, dei riporti antropici aventi spessore maggiore ai 3 m e dei versanti con inclinazione superiore ai 15°.

- le microzone suscettibili di instabilità sono ubicate in modo sparso nel territorio comunale ma si evidenzia una concentrazione nel settore sud-orientale (ad es. nella zona relativa a località Pizzo), dove un'ampia fascia di versante roccioso fortemente acclive, posta a ridosso della Via Aurelia, risulta interessato da fenomeni gravitativi attivi per crollo e ribaltamento; si segnalano inoltre nel settore occidentale movimenti franosi quiescenti (di tipo complesso e di scorrimento o scivolamento) e alcune paleofrane, ubicate principalmente nella porzione più settentrionale dell'area analizzata.

Dott. Geol. Marcello Brancucci



Savona 30/06/2016