



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

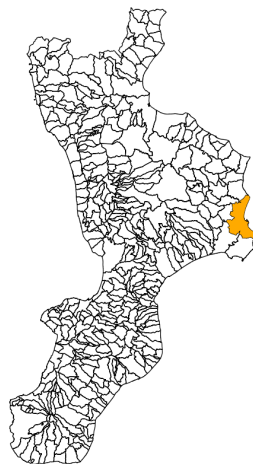


CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA E01. Relazione illustrativa

Regione Calabria Comune di Crotona



Regione	Soggetto realizzatore	Data
CALABRIA	DOTT. GEOL. ANGELO STATTI DOTT. GEOL. BENIAMINO TENUTA	LUGLIO 2017

INDICE

E01. Relazione illustrativa

1. Introduzione	2
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento	5
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area	18
3.1. Inquadramento geologico	18
3.2. Geomorfologia.....	19
3.3. Stratigrafia.....	20
3.3.1. Unità del Bacino Crotonese	21
3.3.2. Depositi marini terrazzati.....	22
3.3.3. Depositi olocenici.....	22
4. Dati geotecnici e geofisici	24
5. Modello del sottosuolo.....	25
6. Interpretazioni e incertezze	28
7. Metodologie di elaborazione e risultati	29
8. Elaborati cartografici.....	30
8.1 Carta delle indagini	31
8.2. Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica	32
8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica	35
8.4. Commenti finali e criticità.....	42
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	43
10. Bibliografia.....	44
11. Allegati.....	46

1. Introduzione

Con Determinazione Dirigenziale del Responsabile del *Settore 4 - Pianificazione, gestione del territorio (N°1805 del 11/08/2014)*, il Comune di Crotona ha affidato agli scriventi, **Dott. Geol. Angelo Statti** e **Dott. Geol. Beniamino Tenuta**, l'incarico per la redazione dello **Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1**.

Facendo seguito a tale incarico, i sottoscritti, consegnavano al Comune di Crotona gli elaborati relativi alla Microzonazione Sismica di Livello 1 (*Lettera di trasmissione Prot. 20150034979 del 10/07/2015*). Con successivo atto di trasmissione, il Comune di Crotona, trasmetteva alla Regione Calabria, Dipartimento 9 - Settore 2, gli elaborati relativi alla Microzonazione Sismica di Livello 1.

Nella seduta del *11/02/2016*, il Comitato Tecnico di Verifica ha esaminato gli studi trasmessi dal Comune di Crotona, rinviando la trattazione degli stessi, essendo necessarie alcune integrazioni (PRIMA RICHIESTA DI INTEGRAZIONI). Con nota (*Prot. 157979 del 16/05/2016*, il Comitato Tecnico di Verifica ha riportato tali integrazioni al Comune di Crotona. I sottoscritti, consegnavano al Comune di Crotona gli elaborati relativi alla richiesta di integrazione per la Microzonazione Sismica di Livello 1 (*Lettera di trasmissione del 19/09/2016*).

Con nota del *3/02/2017*, il Comitato Tecnico di Verifica ha riportato ulteriori integrazioni (SECONDA RICHIESTA DI INTEGRAZIONI) al Comune di Crotona, a cui ha fatto seguito la consegna da parte dei sottoscritti delle suddette con *Lettera di trasmissione del 9/03/2017*.

Con nota *3/04/2017*, il Comitato Tecnico di Verifica ha riportato ulteriori integrazioni (TERZA RICHIESTA DI INTEGRAZIONI).

Nella presente vengono descritti i passaggi seguiti per giungere alla Microzonazione Sismica di Livello 1 e alla produzione del relativo materiale cartografico, nonché le modifiche apportate ed integrazioni, così come dettato nell'ultima nota del Comitato Tecnico di Verifica.

Nel presente elaborato vengono argomentati gli aspetti relativi:

1. Alla pericolosità sismica di base ed eventi di riferimento;
2. All'assetto geologico e geomorfologico del territorio;
3. Alla verifica delle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni di copertura, sulla base dei risultati delle indagini pregresse;
4. Agli elaborati cartografici prodotti.

Obbiettivi ultimi dello studio di Microzonazione sismica di Livello 1 sono stati:

1. La definizione del modello geologico di sottosuolo come base per la Microzonazione sismica;
2. L'individuazione delle aree suscettibili di amplificazione o di effetti locali permanenti;
3. La definizione delle tipologie degli effetti attesi.

Il Livello 1 di Microzonazione sismica sarà di supporto per:

1. Lo strumento urbanistico generale in fase di scelta delle zone di urbanizzazione;
2. L'identificazione delle aree a diversa suscettibilità per amplificazione sismica e l'indicazione del modello geologico del sottosuolo per ciascuna area;
3. La definizione della carta delle pericolosità geologiche;
4. La ridefinizione delle aree a seguito di maggiori indagini;
5. La pianificazione e quantificazione economica di nuove indagini;
6. La definizione delle prescrizioni da adottare nei livelli successivi della pianificazione.

Base fondamentale del presente lavoro è rappresentato dai dati di rilevamento geologico e geomorfologico, acquisiti nell'ambito del redigendo Piano Strutturale Comunale, a cura del Dott. Francesco Palmieri.

Tutti i dati raccolti sono stati analizzati ed elaborati utilizzandoli nella stesura della presente relazione in ottemperanza alle principali normative vigenti:

Legge 2 febbraio 1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Legge 10 dicembre 1981, n. 741, Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225, Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Decreto del Ministro dell'interno 13 Febbraio 2001, Adozione dei "Criteri di massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi" (pubblicati nella G.U. n. 116 del 12 maggio 2001).

Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

Legge 9 novembre 2001, n. 401, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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.

Legge 27 luglio 2004, n. 186, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, "Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse".

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.

Decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008, Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni.

Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 617/2009, Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni;

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Nel presente capitolo vengono riportati i dati relativi alla **storia macrosismica**, **classificazione e pericolosità sismica** del territorio del Comune di Crotona, al fine della definizione degli eventi di riferimento utili per gli studi di Microzonazione Sismica.

Le prime norme in materia di classificazione sismica in Italia risalgono alla **Legge del 5 novembre 1971** "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica" ed alla **Legge 2 febbraio 1974 n°64** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Il **D.M. LL.PP. del 19 marzo 1982**, classificava in modo molto generico il territorio nazionale in aree a basso e ad alto rischio sismico.

Con il **D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996**, il territorio nazionale veniva suddiviso nelle seguenti zone sismiche:

- Zona di **I categoria** (S = 12)
- Zona di **II categoria** (S = 9)
- Zona di **III categoria** (S = 6)
- **Zona Non Classificata.**

Secondo l'**O.P.C.M. n°3274 del 20 marzo 2003**, i comuni italiani venivano classificati in 4 categorie principali, in base al loro rischio sismico, calcolato in base alla **PGA (Peak Ground Acceleration)** e per **frequenza ed intensità** degli eventi:

- **Zona 1** - è la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti;
- **Zona 2** - in questa zona possono verificarsi forti terremoti;
- **Zona 3** - in questa zona possono verificarsi forti terremoti;
- **Zona 4** - è la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari.

Di fatto, sparisce il territorio "Non Classificato", che diviene zona 4, nella quale era facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, veniva attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (*Zona 1 = 0.35 g, Zona 2 = 0.25 g, Zona 3 = 0.15 g, Zona 4 = 0.05 g*).

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (*Fonte: Gruppo di Lavoro, 2004*), previsto dall'**O.P.C.M. 3274 del 2003**, è stato adottato con l'**O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006**. Il nuovo studio di pericolosità, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (*ag*), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche. Di seguito la suddivisione del territorio nazionale in zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido:

- **Zona 1** - $ag > 0,25$ g;
- **Zona 2** - $0,15 < ag \leq 0,25$ g;
- **Zona 3** - $0,05 < ag \leq 0,15$ g;
- **Zona 4** - $ag \leq 0,05$ g.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte. Altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio,

adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

La Regione Calabria, con **Deliberazione n°47 del 10 febbraio 2004**, ha aggiornato la classificazione sismica del territorio regionale recependo integralmente l'individuazione dei comuni classificati sismici come da elenco riportato nell'Allegato A dell'**O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003**. Pertanto con la normativa vigente, secondo la Classificazione sismica nazionale, aggiornata al 2014, il Comune di Crotona ricade in "Zona 2".

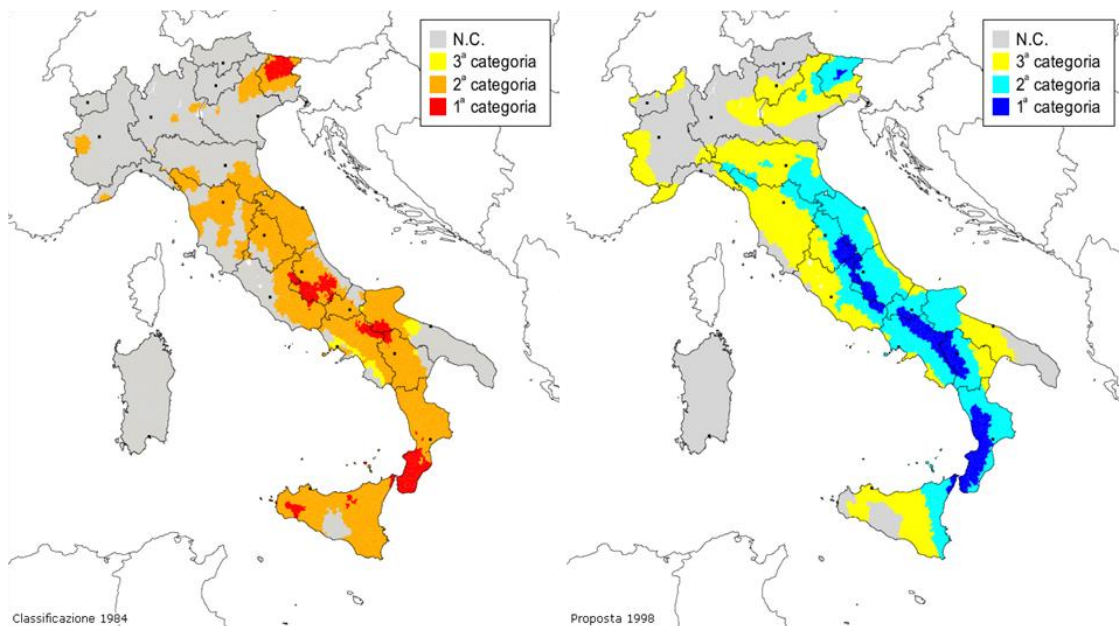


FIGURA 1: Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi (Fonte: INGV);

FIGURA 2: Proposta di riclassificazione sismica (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN (Fonte: INGV);

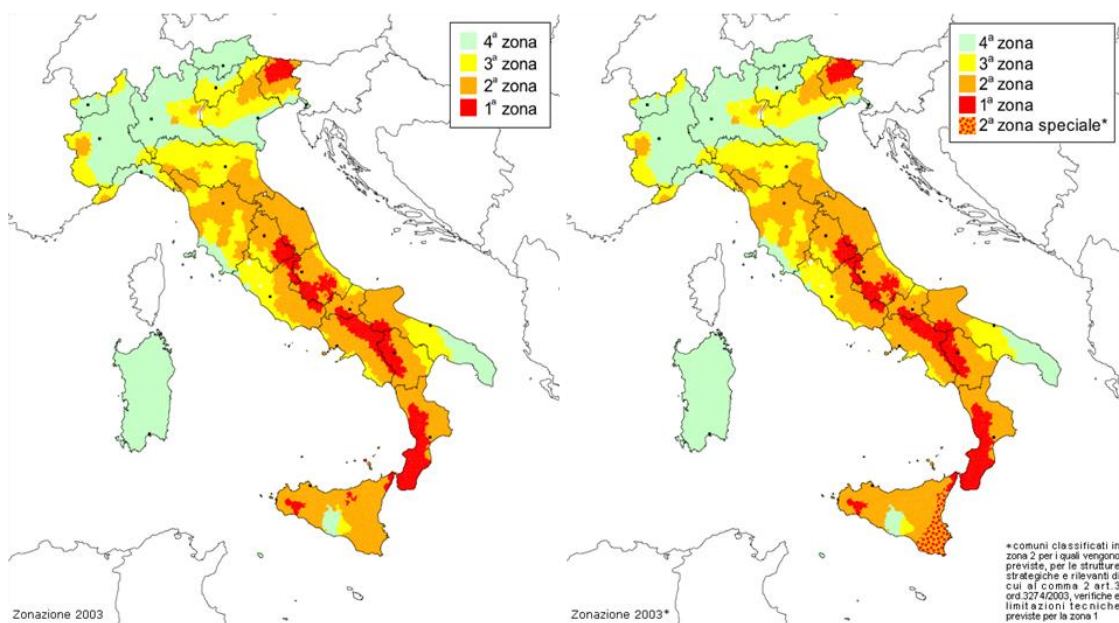


FIGURA 3: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003 (Fonte: INGV);

FIGURA 4: Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004) (Fonte: INGV);

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Infatti, le attuali *Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008)*, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale e classe d'uso dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (*zona sismica di appartenenza del comune*) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti.

La mappa di pericolosità sismica riporta i valori espressi in termini di accelerazione massima (a_g) del suolo con una data probabilità di eccedenza (2, 5, 10, 22, 30, 39, 50, 63, 81 %) in 50 anni, riferita a suoli rigidi di riferimento ($V_{s,30} > 800$ m/s)

In riferimento alla mappa di pericolosità sismica, si riportano gli intervalli di accelerazione massima (a_g) del suolo con probabilità di eccedenza del 5%, 10%, 63% ed 81% in 50 anni (**FIGURE 5 - 8**), riferita a suoli rigidi di riferimento ($V_{s,30} > 800$ m/s), e relativamente al territorio comunale di Crotona.

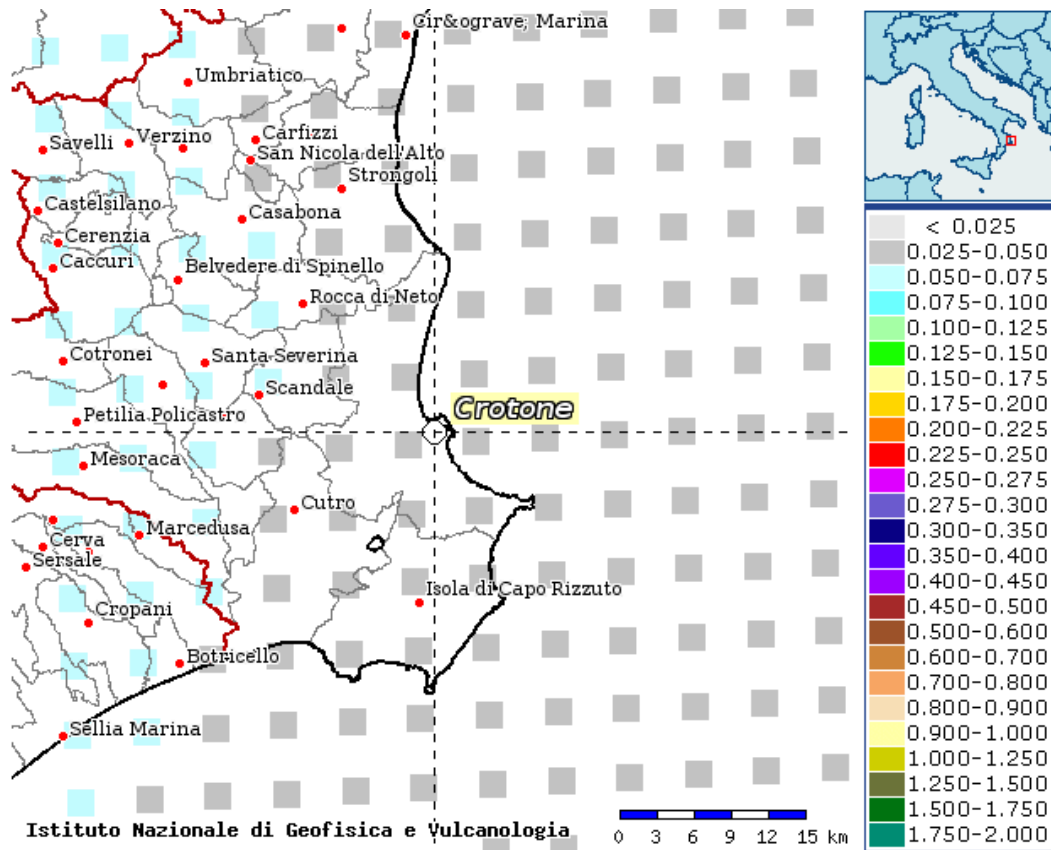


FIGURA 5: Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_s,30 > 800$ m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

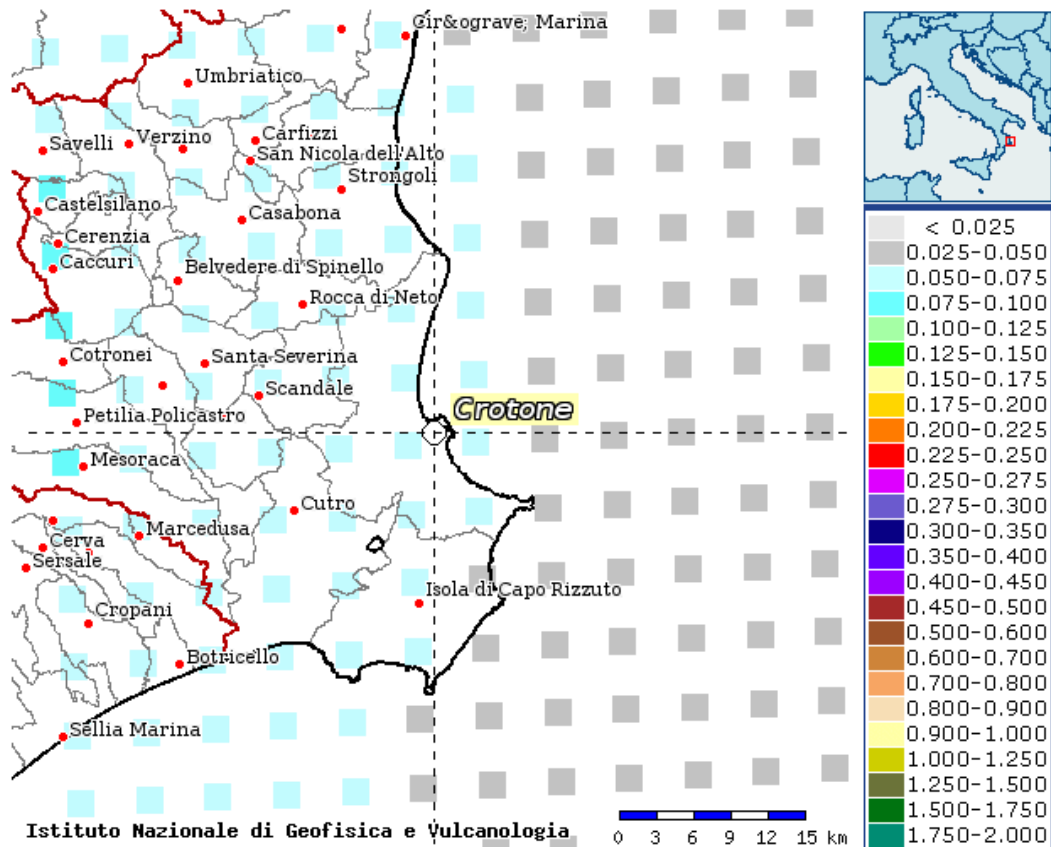


FIGURA 6: Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_s,30 > 800$ m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

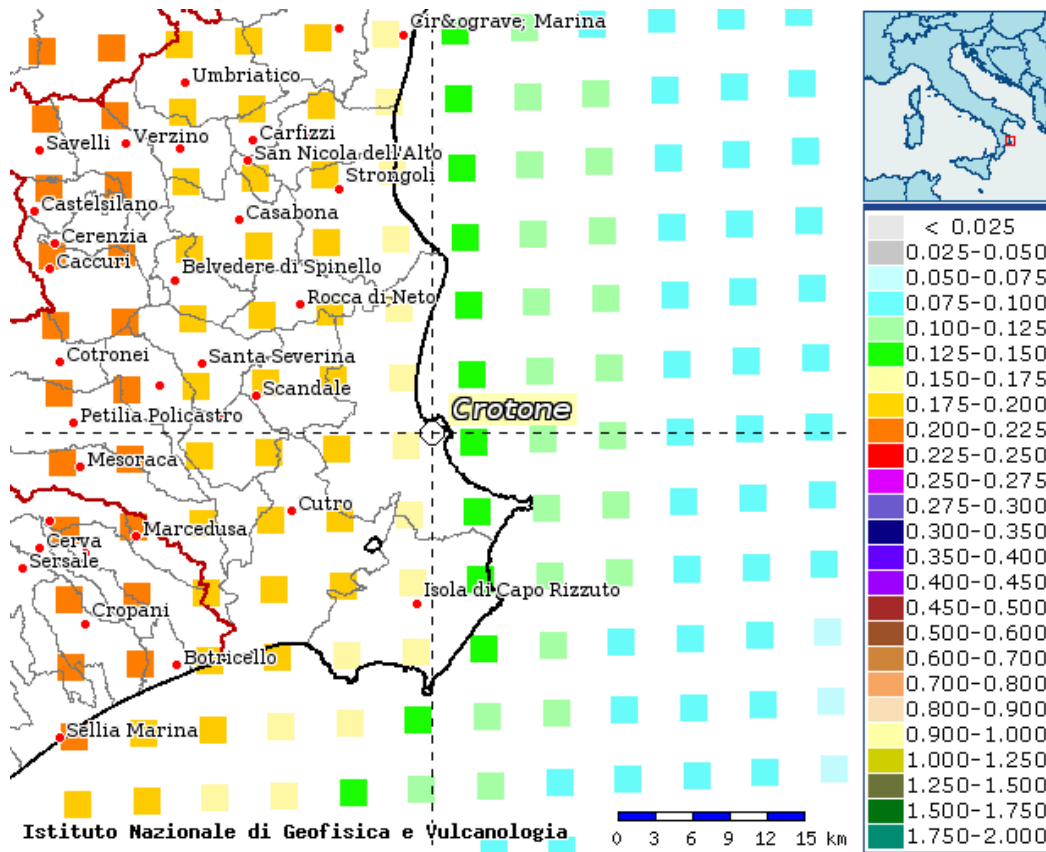


FIGURA 7: Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_s,30 > 800$ m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

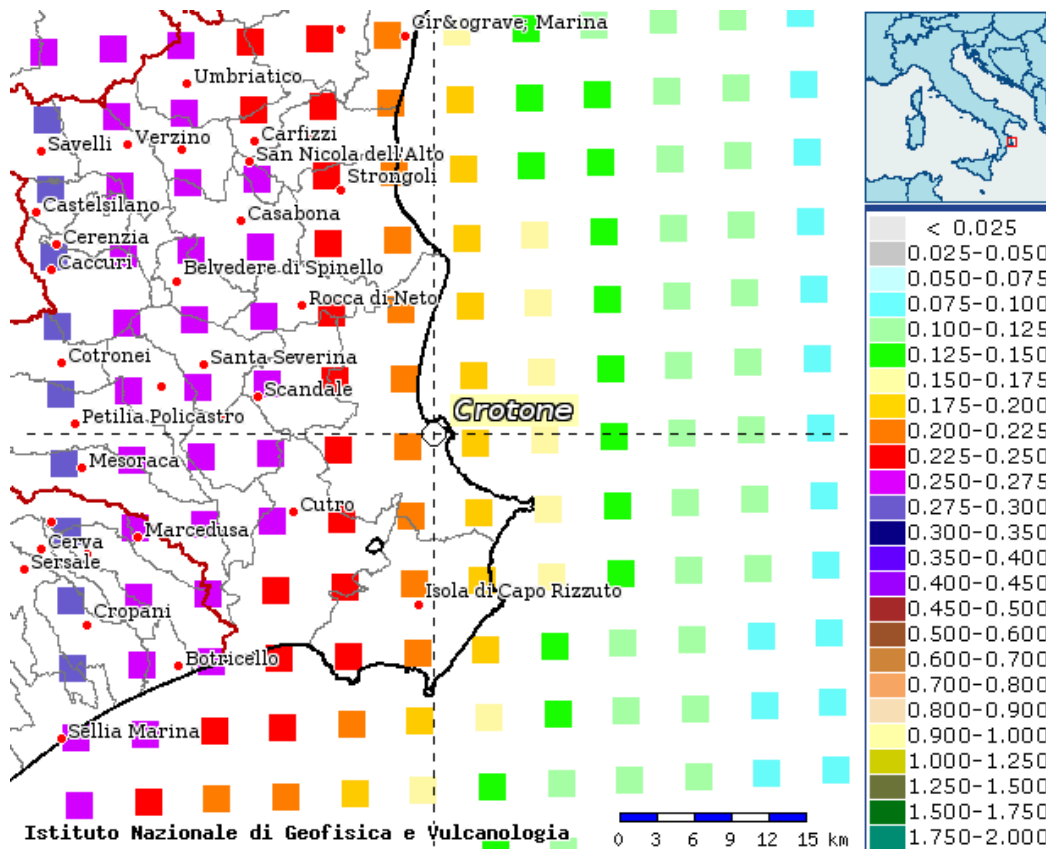


FIGURA 8: Valori espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_s,30 > 800$ m/s) (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

Si riportano di seguito i dati **macrosismici** storici relativi al Comune di Crotona:

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I(MCS)	Data	Ax	Np	Io	Mw
6-7		1638 03 27 15:05	Calabria	213	11	7.03 ±0.12
8-9		1638 06 08 09:45	Crotonese	42	10	6.89 ±0.25
6-7		1744 03 21 20:00	Crotonese	29	8	5.74 ±0.44
6		1783 02 05 12:00	Calabria	356	11	7.02 ±0.08
7		1783 03 28 18:55	Calabria	323	11	6.98 ±0.08
8-9		1832 03 08 18:30	Crotonese	101	10	6.59 ±0.16
5		1836 04 25 00:20	Calabria settentrionale	46	9	6.20 ±0.25
3-4		1869 11 28	VIBO VALENTIA	21	5-6	4.66 ±0.34
NF		1887 12 03 03:45	Calabria settentrionale	142	8	5.49 ±0.14
3		1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9	6.07 ±0.10
6-7		1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
NF		1907 10 23 20:28	Calabria meridionale	274	8-9	5.87 ±0.25
7		1908 12 28 04:20	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15
5		1913 06 28 08:52	Calabria settentrionale	151	8	5.66 ±0.14
NF		1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09
6		1932 01 02 23:36	CROTONESE	22	5	5.43 ±0.30
4		1947 05 11 06:32	Calabria centrale	254	8	5.70 ±0.13
4		1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
4		1988 04 13 21:28	Costa calabra	272	6-7	5.01 ±0.10
4-5		1990 01 24 04:45	Catanzarese	63	5	4.46 ±0.09
NF		1990 05 05 07:21	Potentino	1374		5.80 ±0.09

TABELLA 1: Dati macrosismici su scala comunale (Fonte: INGV - DBMI11);

Le sigle in tabella sono relative a:

I(MCS)	Intensità macrosismica espressa in scala MCS;
Data	Data del terremoto;
Ax	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori de l terremoto;
Np	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto;
Io	Intensità macrosismica epicentrale, da CPT111, espressa in scala MCS;
Mw	Magnitudo, momento da CPT111.

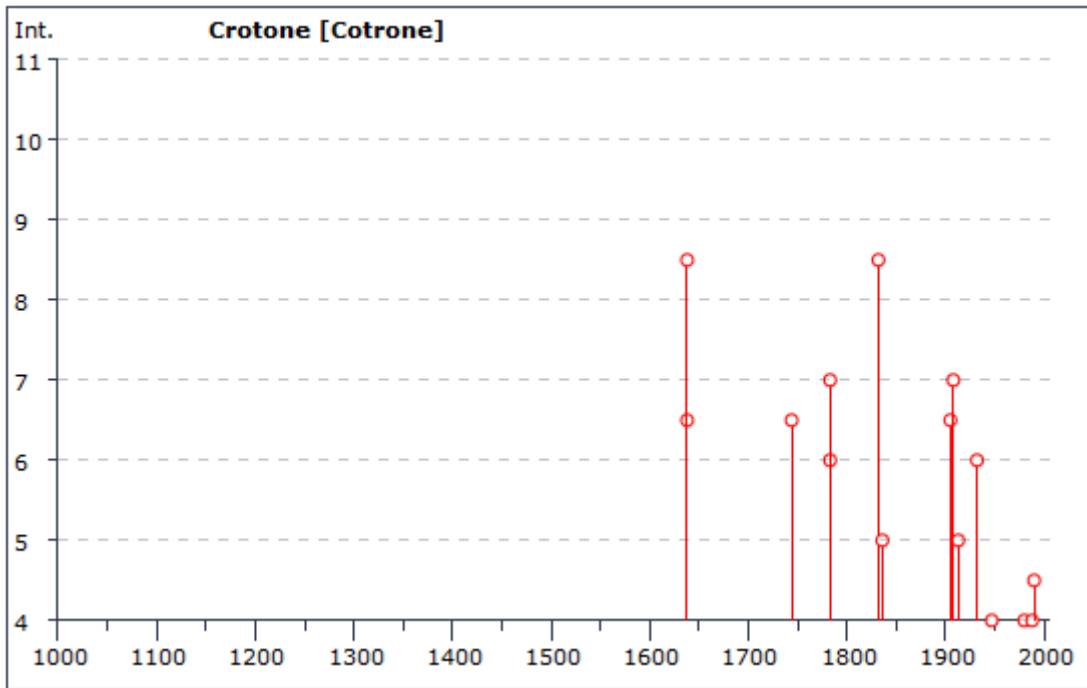


GRAFICO 1: Dati macrosismici su scala comunale (Fonte: INGV - DBMI11);

Al fine dell'individuazione degli eventi di riferimento si ritiene altresì necessaria l'analisi dei **dati di disaggregazione**. La disaggregazione è una procedura che permette di conoscere il contributo alla sismicità (*pericolosità*) di un dato sito di qualsiasi variabile del problema (*condizionatamente al superamento della misura di intensità corrispondente al periodo di ritorno di interesse*): in questo caso si fa riferimento alla magnitudo (**M**), alla distanza (**R**) ed alla epsilon (ϵ). Tali contributi dipendono dall'ordinata spettrale e dal valore di pericolosità associato al sito studiato, oppure, equivalentemente, dal periodo di ritorno considerato.

La fonte ufficiale per l'identificazione della pericolosità di sito e dei valori di disaggregazione (*anche se disponibili solo per la PGA*) è l'**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)**. Di seguito si riportano i valori di Magnitudo (**M**), Distanza (**R**) ed Epsilon (ϵ) ricavati dai dati di disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza dell' **81%**, **63%**, **10%** e **5%** in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale di Crotona:

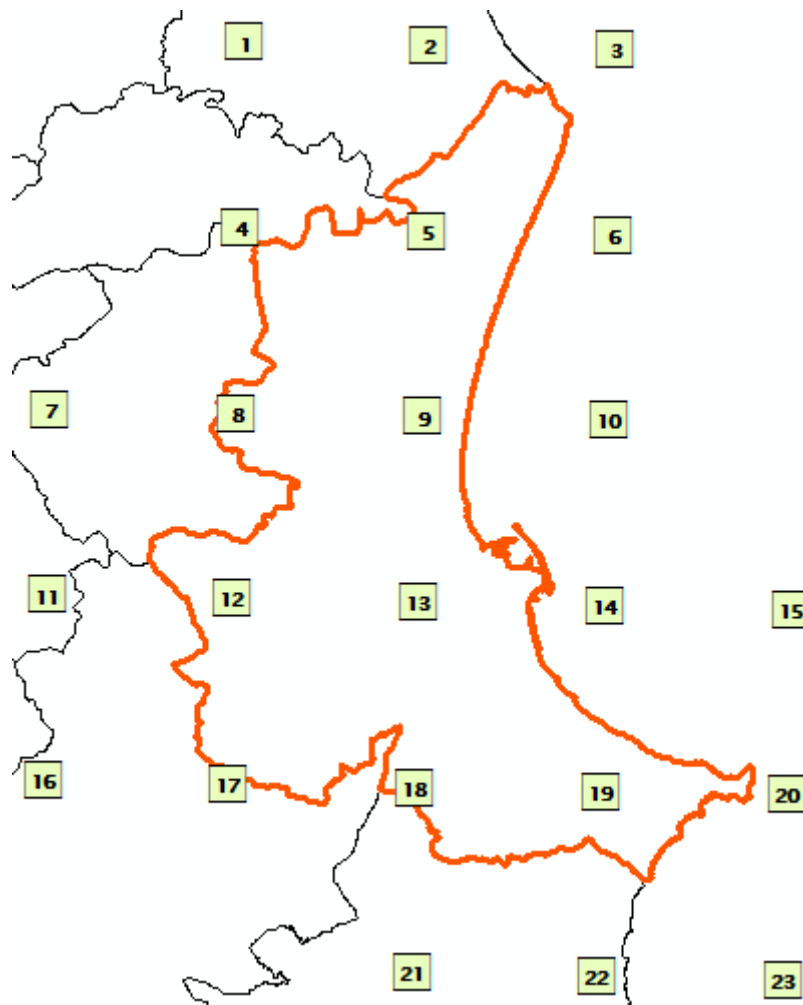


FIGURA 9: Punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale di Crotona;

Punto maglia	ID	Magnitudo (M)	Distanza (R)	Epsilon (ε)
1	40126	5.390	35.000	0.136
2	40127	5.420	40.300	0.192
3	40128	5.460	47.200	0.311
4	40348	5.390	34.800	0.131
5	40349	5.410	39.800	0.178
6	40350	5.450	46.800	0.297
7	40569	5.380	31.800	0.142
8	40570	5.390	34.700	0.122
9	40571	5.410	39.800	0.168
10	40572	5.450	46.700	0.279
11	40791	5.380	32.000	0.132
12	40792	5.390	34.900	0.109
13	40793	5.410	39.900	0.146
14	40794	5.450	47.000	0.267
15	40795	5.500	54.700	0.410
16	41013	5.380	32.400	0.119
17	41014	5.390	35.600	0.104
18	41015	5.420	40.700	0.139
19	41016	5.460	47.800	0.262
20	41017	5.510	55.700	0.409
21	41237	5.430	42.500	0.145
22	41238	5.470	49.600	0.276
23	41239	5.520	57.400	0.422

TABELLA 2: Valori medi di $M - R - \epsilon$ ricavati dai dati di disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

Punto maglia	ID	Magnitudo (M)	Distanza (R)	Epsilon (ε)
1	40126	5.400	28.400	0.228
2	40127	5.430	32.900	0.282
3	40128	5.490	39.800	0.438
4	40348	5.390	28.100	0.223
5	40349	5.420	32.300	0.264
6	40350	5.480	39.200	0.418
7	40569	5.400	25.900	0.255
8	40570	5.390	28.000	0.213
9	40571	5.420	32.200	0.251
10	40572	5.480	38.800	0.389
11	40791	5.390	26.000	0.243
12	40792	5.390	28.000	0.197
13	40793	5.410	31.900	0.220
14	40794	5.470	38.800	0.366
15	40795	5.550	47.400	0.547
16	41013	5.390	26.200	0.224
17	41014	5.390	28.400	0.186
18	41015	5.420	32.300	0.203
19	41016	5.480	39.400	0.349
20	41017	5.550	48.100	0.534
21	41237	5.430	33.600	0.196
22	41238	5.490	40.900	0.350
23	41239	5.560	49.700	0.538

TABELLA 3: Valori medi di $M - R - \epsilon$ ricavati dai dati di disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

Punto maglia	ID	Magnitudo (M)	Distanza (R)	Epsilon (ε)
1	40126	5.410	10.400	0.702
2	40127	5.400	11.700	0.642
3	40128	5.530	18.000	0.887
4	40348	5.410	10.400	0.708
5	40349	5.400	11.400	0.637
6	40350	5.520	17.300	0.862
7	40569	5.460	10.500	0.794
8	40570	5.410	10.300	0.710
9	40571	5.390	11.200	0.639
10	40572	5.490	16.100	0.795
11	40791	5.460	10.500	0.790
12	40792	5.410	10.200	0.704
13	40793	5.380	10.800	0.613
14	40794	5.460	15.400	0.754
15	40795	5.650	25.400	1.080
16	41013	5.450	10.300	0.774
17	41014	5.410	10.200	0.701
18	41015	5.370	10.600	0.595
19	41016	5.440	14.900	0.709
20	41017	5.630	24.700	1.030
21	41237	5.350	10.500	0.545
22	41238	5.420	14.600	0.619
23	41239	5.610	24.700	0.977

TABELLA 4: Valori medi di $M - R - \epsilon$ ricavati dai dati di disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

Punto maglia	ID	Magnitudo (M)	Distanza (R)	Epsilon (ε)
1	40126	5.460	8.020	0.872
2	40127	5.430	8.650	0.783
3	40128	5.560	14.100	1.020
4	40348	5.460	8.020	0.879
5	40349	5.420	8.450	0.783
6	40350	5.540	13.500	0.995
7	40569	5.510	8.290	0.961
8	40570	5.460	8.000	0.883
9	40571	5.430	8.380	0.794
10	40572	5.510	12.400	0.919
11	40791	5.510	8.270	0.959
12	40792	5.460	7.940	0.882
13	40793	5.420	8.070	0.777
14	40794	5.490	11.800	0.883
15	40795	5.700	21.000	1.240
16	41013	5.500	8.160	0.946
17	41014	5.460	7.990	0.884
18	41015	5.410	7.940	0.767
19	41016	5.460	11.200	0.846
20	41017	5.670	20.100	1.190
21	41237	5.390	7.760	0.723
22	41238	5.420	10.500	0.743
23	41239	5.630	19.500	1.110

TABELLA 5: Valori medi di $M - R - \epsilon$ ricavati dai dati di disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, per i punti della maglia di pericolosità sismica in cui è inquadrato il territorio comunale (Fonte: Progetto DPC - INGV - S1);

Un ulteriore, ed importante dato, ci viene fornito dalla **Zonazione Sismogenetica ZS9 (FIGURA 10)**. Secondo tale zonazione, la sismicità è distribuita, nel nostro paese, secondo **36 zone**, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima **M_{wmax}** .

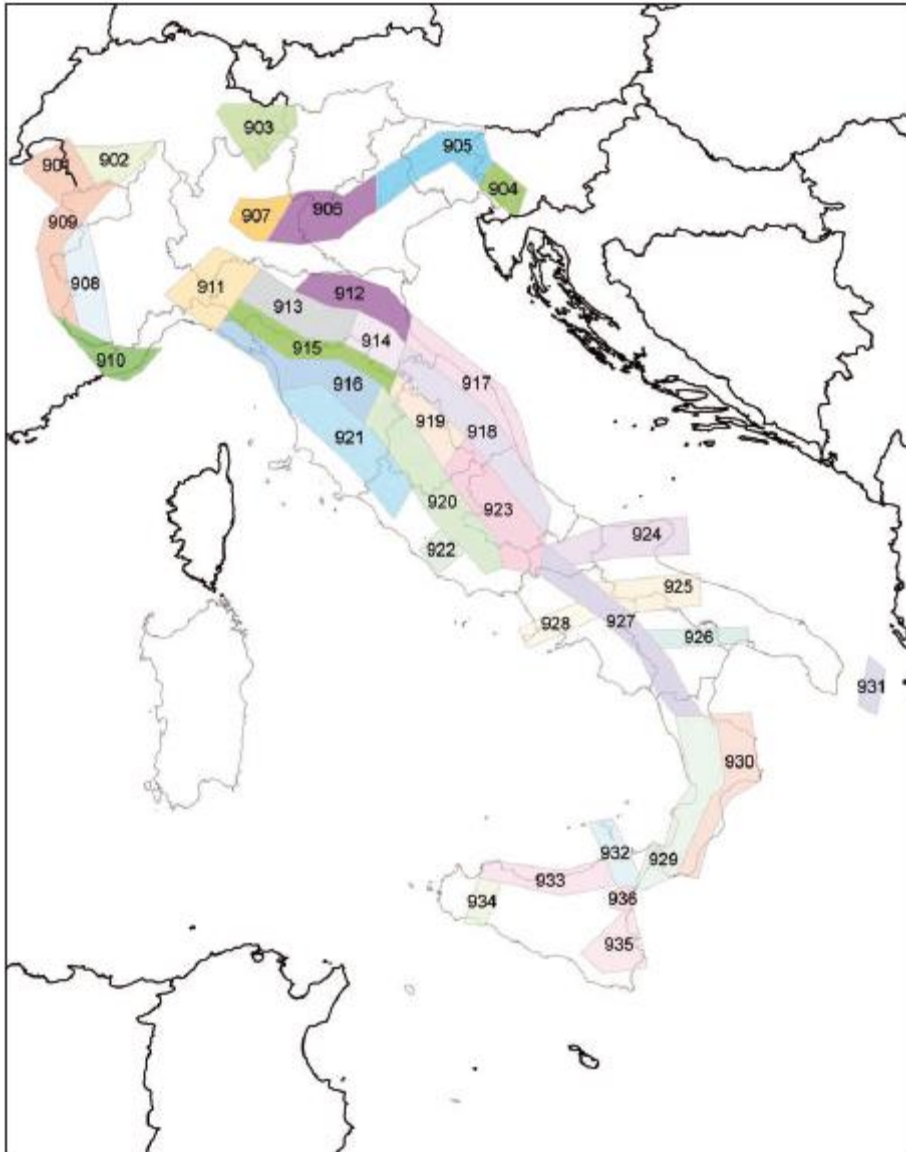


FIGURA 10: Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Fonte: ICMS - Gruppo di lavoro, 2004);

Il Comune di Crotona ricade interamente nella Zona Sismogenetica **N°930 (Calabria Jonica)**, caratterizzata da un valore di **M_{wmax}** pari a **6,6**.

Altri dati utili possono essere i valori modali e medi della Magnitudo (M) e della Distanza (R), per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007) (FIGURE 11, 12, 13, 14):

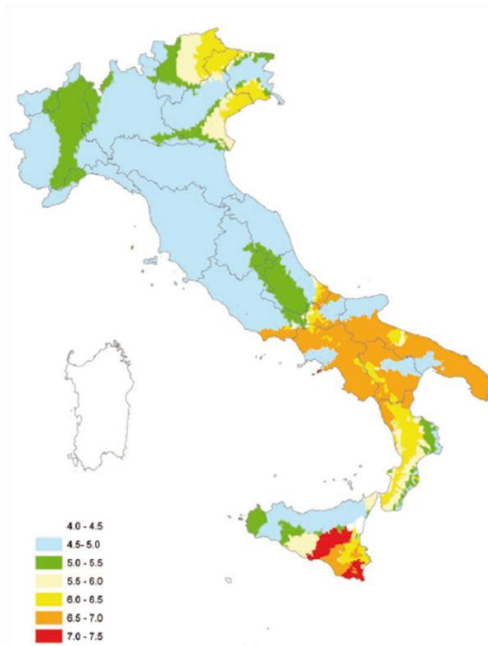


FIGURA 11: Valori modali della Magnitudo (M) per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007);

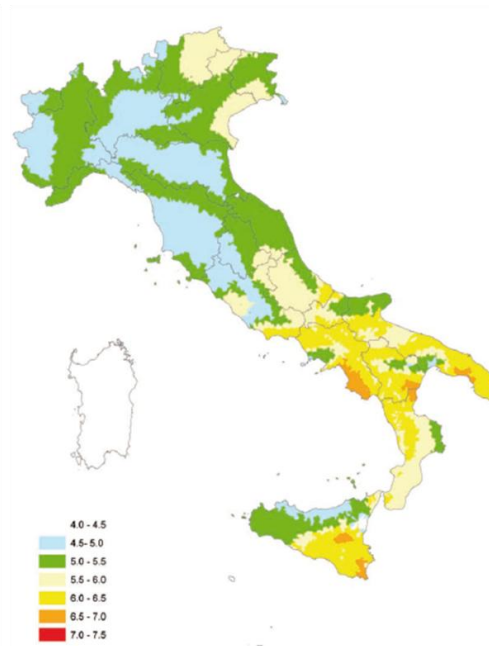


FIGURA 12: Valori medi della Magnitudo (M) per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007);

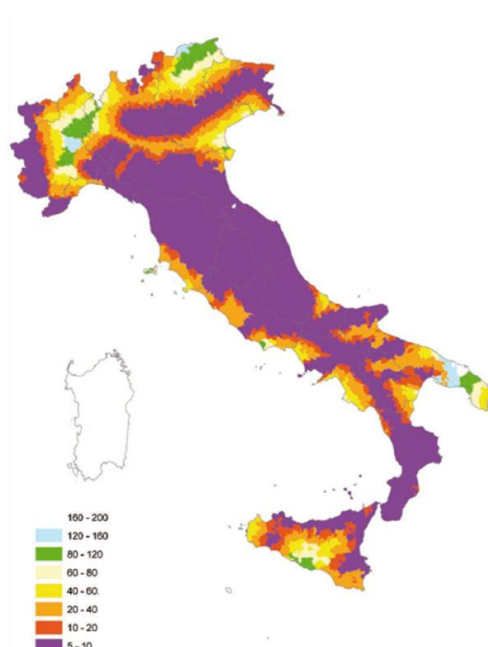


FIGURA 13: Valori modali della Distanza (R) per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007);

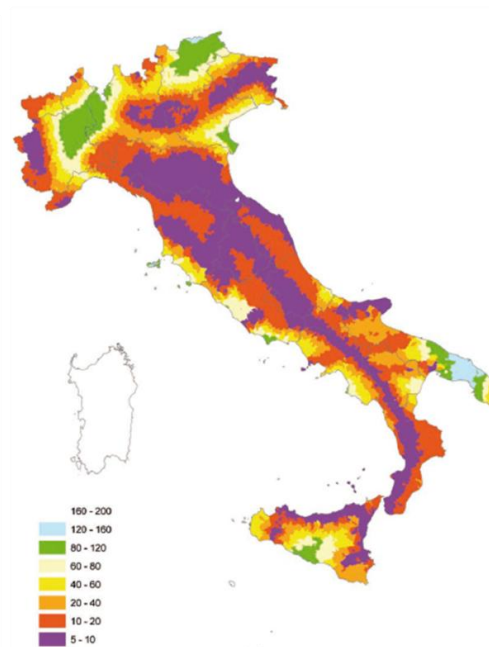


FIGURA 14: Valori medi della Distanza (R) per comune, ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità sismica con periodi di ritorno di 475 anni (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007);

Viene fornita in ultimo la sintesi dei dati raccolti:

CLASSIFICAZIONE SISMICA		
Zona	2	
Livello pericolosità	Medio	
Accelerazione (su sito rigido)	0,15 < ag < 0,25	
PERICOLOSITÀ SISMICA (Fonte: Progetto DPC – INGV – S1)		
Intervallo per la probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni (su sito rigido)	0,025 – 0,050	
Intervallo per la probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (su sito rigido)	0,025 – 0,075	
Intervallo per la probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (su sito rigido)	0,100 – 0,200	
Intervallo per la probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (su sito rigido)	0,150 – 0,275	
STORIA MACROSISMICA (Fonte: INGV – DBMI11)		
Intervallo di tempo di riferimento	1638 – 1990	
Numero eventi di cui sono stati registrati effetti sul territorio comunale	21	
Intervallo della Magnitudo momento (Mw) degli eventi di cui si sono registrati effetti sul territorio comunale	(4,46±0,09) – (7,10±0,15)	
Intervallo degli effetti sul territorio (I MCS)	NF – 9	
DATI DI DISAGGREGAZIONE (Fonte: Progetto DPC – INGV – S1)		
Intervalli di M – R – ε dalla disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza dell'81% in 50 anni	Magnitudo (M)	5,38 – 5,52
	Distanza (R)	31,8 – 57,4
	Epsilon (ε)	0,104 – 0,422
Intervalli di M – R – ε dalla disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni	Magnitudo (M)	5,39 – 5,56
	Distanza (R)	25,9 – 49,7
	Epsilon (ε)	0,186 – 0,547
Intervalli di M – R – ε dalla disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni	Magnitudo (M)	5,35 – 5,65
	Distanza (R)	10,2 – 25,4
	Epsilon (ε)	0,545 – 1,080
Intervalli di M – R – ε dalla disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni	Magnitudo (M)	5,39 – 5,70
	Distanza (R)	7,76 – 21,0
	Epsilon (ε)	0,723 – 1,240
ZONAZIONE SIMOGENETICA (Fonte: ICMS – Gruppo di lavoro, 2004)		
Numero Zona Sismogenetica	930	
Nome Zona Sismogenetica	Calabria Jonica	
Magnitudo massima (M _{wmax})	6,6	
VALORI MODALI E MEDI DI M ED R (Fonte: Spallarossa e Barani, 2007)		
Valori modali di M	4,5 – 5,0	
Valori medi di M	5,0 – 5,5	
Valori modali di R	5 – 10	
Valori medi di R	10 – 20	

TABELLA 6: Tabella riassuntiva della pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento per il territorio comunale di Crotona;

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Le caratteristiche geologiche, geomorfologiche del territorio comunale di Crotona sono state desunte da:

1. **Carta Geologica d'Italia Foglio 571** scala 1:50000 e **note illustrative** a corredo della stessa, redatte nell'ambito del **Progetto CARG**;
2. **Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE** scala 1: 25000 (1958 – 62) e **note illustrative** a corredo della stessa;
3. **Materiale bibliografico e pubblicazioni scientifiche**;
4. **Rilievi speditivi** eseguiti nell'ambito di questo studio ed alle **indagini pregresse** raccolte ed archiviate;
5. Informazioni tratte dal redigendo **Piano Strutturale Comunale – Componente geologica** (Fonte: *Palmieri F., 2015*).

3.1. Inquadramento geologico

Il Comune di **Crotona** occupa la porzione orientale del **Bacino Crotonese**. Questo bacino consiste in un depocentro riempito da sedimenti che variano dal continentale al marino profondo, di età compresa tra il Serravalliano ed il Pleistocene, organizzati in cicli tettono – sedimentari maggiori e minori (Fonte: *Roda, 1964a; Van Dijk, 1990, 1991; Massari et alii, 2002; Zecchi net alii, 2003a, b, 2004a, 2006; Mellere et alii, 2005, Zecchin, 2005*).

Il Bacino è delimitato a nord – est ed a sud – ovest da due zone di taglio sinistre orientate NO – SE (Rossano – San Nicola a nord e Petilia – Sosti a sud), ed il suo sviluppo è stato messo in relazione alla migrazione verso sud – est dell'Arco Calabro, con la conseguente subduzione della crosta ionica e l'apertura del Bacino Tirrenico, a partire dal Serravalliano/Tortoniano (Fonte: *Malinverno & Ryan, 1986; Meulenkamp et alii, 1986; Rehault et alii, 1987; Patacca et alii, 1990; Van Dijk, 1990, 1991; Van Dijk & Okkes, 1990, 1991; Knott & Turco, 1991; Van Dijk, & Scheepers, 1995; Mattei et alii, 2002*).

Oggi il Bacino Crotonese è interpretato come parte di un più ampio bacino di avansarco (*Ionian forearc basin*), posto internamente rispetto al prisma d'accrescimento dell'Arco Calabro (Fonte: *Bonardi et alii, 2001; Zecchi net alii, 2004a*).

La storia deposizionale del Bacino Crotonese è stata prevalentemente accompagnata da un locale regime distensivo, collegato all'estensione che caratterizza l'area di avansarco, come testimoniato dallo sviluppo di bacini controllati dall'attività di faglie normali sinsedimentarie durante il Plio – Pleistocene (Fonte: *Moretti, 1993; Massari et alii, 2002; Zecchi net alii, 2003a, 2004a, 2006*). Questo regime distensivo è stato però interrotto episodicamente da eventi deformativi con componente compressiva, probabilmente legati all'attivazione in senso transpressivo delle zone di taglio NO – SE, durante il Messiniano, tra lo Zancleano e il Piacenziano e il Pleistocene medio (Fonte: *Roda, 1964a; Van Dijk, 1990, 1991; Van Dijk & Okkes, 1990, 1991; Van Dijk et alii, 1998, 2000; Massari et alii, 2002; Zecchi net alii, 2004a*). Altri eventi minori sono registrati all'interno della successione. Queste fasi deformative hanno determinato sollevamenti generalizzati e la formazione di discordanze (Fonte: *Roda, 1964a; Van Dijk, 1990; Zecchin et alii, 2003a, 2004a*).

A partire dal Pleistocene medio, dopo la deposizione di depositi sabbioso – silteosi che passano rapidamente a sabbie e microconglomerati rossastri di spiaggia ("Formazione di San Mauro"; Fonte: *Roda, 1964a; Di Grande, 1967*), l'Arco Calabro è stato sottoposto ad un cospicuo sollevamento che ha portato all'emersione di vari bacini, compreso quello Crotonese. Nel crotonese il sollevamento è testimoniato da alcuni ordini di terrazzi marini, già segnalati da *Gignoux (1913)*, e poi da *Ruggieri (1941, 1948)*. Più recentemente questi terrazzi sono stati oggetto di dettagliati studi da parte di *Belluomini et alii (1987), Gliozzi (1987), Cosentino et alii (1989),*

Palmentola et alii (1990), Mauz & Hassler (2000), Zecchi et alii (2004b) e Nalin et alii (2007). Questi Autori hanno riconosciuto vari ordini di terrazzi ma non c'è accordo sul loro numero e sulla loro età. Ciononostante, gli studi più recenti attribuiscono al terrazzo più antico un'età di circa 200 ka B.P. (stadio isotopico 7), mentre i successivi vanno dal Tirreniano (stadio isotopico 5e, circa 125 ka B.P.) fino a circa 50 ka B.P. (Fonte: *Gliozzi, 1987; Cosentino et alii, 1989; Zecchi et alii, 2004b; Nalin et alii, 2007*).

I tassi di sollevamento calcolati dai vari autori spaziano tra 0,4 e 1,8 m/ka (Fonte: *Cosentino et alii, 1989; Palmentola et alii, 1990; Zecchi et alii, 2004b*).

Le cause del sollevamento dell'Arco Calabro sono ancora molto dibattute. Alcuni ipotizzano che esso sia connesso ad una risposta isostatica seguita alla rottura dello *slab* in subduzione (Fonte: *Ritsema, 1972; Spakman, 1986; Westaway, 1993*), altri invece ipotizzano una rimozione convettiva delle radici profonde ed il disaccoppiamento del *forearc* Calabro dalla placca in subduzione (Fonte: *Dogliani, 1991; Gvirtzman & Nur, 2001*).

Infine, diversi autori propendono per una subduzione ancora attiva di crosta ionica assottigliata (Fonte: *Rehault et alii, 1987; Dewey et alii, 1989; Amato & Cimini, 2001*). Il sollevamento è stato accompagnato nell'area di studio da una intensa attività tettonica estensionale (Fonte: *Ciaranfi et alii, 1982; Cosentino et alii, 1989*). In particolare, *Cosentino et alii (1989)* nell'area compresa tra Capo Rizzuto e Crotona individuano diversi sistemi di faglie estensionali, di cui i principali orientati ENE - OSO e NNE - SSO, attivi a partire da 200 ka B.P.

3.2. Geomorfologia

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di una serie di dorsali collinari a modesta elevazione che nelle aree interne ed occidentali superano di poco i 200 m s.l.m., separate da un reticolo dendritico di valli fluviali piuttosto ampie. I corsi d'acqua che attraversano queste valli sono per lo più a carattere stagionale (fiumare calabre) e tra questi i principali sono il Fiume Neto, a nord, ed Esaro, che sfocia circa 1 km a nord del centro di Crotona. Proprio dall'abitato di Crotona, in direzione nord lungo la costa ionica, si estende un'ampia piana costiera che giunge fino alla valle del Neto. Le valli fluviali principali e le dorsali collinari che le delimitano sono orientate N - S, NNE - SSO e ENE - OSO nella porzione meridionale, mentre in quella settentrionale il trend è NO - SE ed E - O.

Le unità stratigrafiche che occupano interamente l'area sono l'argilla marnosa di Cutro, i terrazzi pleistocenici e quelli alluvionali più recenti che si differenziano chiaramente anche nella morfologia legata alla diversa erodibilità delle rocce che le compongono.

Una morfologia collinare dolce, sovente interessata da un'intensa erosione di tipo calanchivo, localizzata soprattutto nei rilievi posti a ridosso della costa, interessa l'argilla marnosa di Cutro. In tali depositi, nonostante le argille siano la litologia decisamente prevalente, mancano fenomeni franosi rilevanti mentre è stato possibile osservare, soprattutto dopo periodi piovosi, piccoli smottamenti. Mentre nel settore meridionale, in particolare nell'area costiera a sud di Crotona (tra le aree della Vrica e del Semaforo), i fenomeni calanchivi sono ben sviluppati, nel settore settentrionale questi sono meno cospicui. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che l'area settentrionale presenta in generale un'acclività molto bassa che, determinando lo sviluppo di una bassa energia di versante, causa la limitata diffusione di forme di erosione accelerata. La formazione e lo sviluppo di forme calanchive con fenomeni di migrazione dei fondovalle, nel settore nord sono limitate alle aree di Timpone di Santa Marina, Timpone di Brasimato, Manco di Brasimato e Celestrino.

Una morfologia generalmente tabulare, leggermente inclinata verso la costa, caratterizza i terrazzi marini, i cui depositi formano i sistemi di Lago di S. Anna, di Soverito e Capo Cimiti, costituiti da depositi calcarei e silicoclastici in genere ben cementati. L'attuale espressione del sistema del Lago di S. Anna consiste in una serie di lembi caratterizzati da superfici per lo più sub - orizzontali e leggermente inclinate verso mare, occupanti la sommità di numerose dorsali collinari. I depositi del sistema del Lago di S. Anna sono bordati verso mare in corrispondenza delle dorsali della Vrica e del Semaforo da una scarpata erosionale bruscamente degradante verso l'attuale linea di costa a nord e verso Capo Colonna a sud. Su alcuni lembi di terrazzo, in

particolare quelli posti nel settore centrale del Foglio, la morfologia è più complessa e caratterizzata da una superficie irregolare costituita da una serie di “mammelloni” separati da ampie incisioni.

Nel tratto sud – orientale, invece, il sintema di Capo Cimiti si estende verso mare per 3 km formando il promontori leggermente inclinato verso est di Capo Colonna. Lo smembramento dei depositi terrazzati è la diretta conseguenza sia dell’arretramento delle testate vallive e della rapida erosione dei fianchi delle valli, facilitata dalla natura erodibile dei litotipi argillosi, che della neotettonica. I principali processi di degradazione sui depositi dei terrazzi sono rappresentati dalla pedogenesi e soprattutto dalle attività antropiche, spesso così intense da obliterare o distruggere completamente le strutture primarie del deposito.

Una morfologia collinare più aspra è invece osservabile nel settore nord – occidentale del Foglio, in corrispondenza dell’area di affioramento dell’arenaria di Scandale. La dorsale di Serra di Timperosso, il Timpone della Vecchia e la zona collinare su cui si trova Rocca di Neto sono esempi di questa morfologia, caratterizzata a volte da pareti verticali localmente associate all’attività di faglie normali. L’alternanza tra intervalli arenacei e pelitici è spesso evidenziata da uno stacco morfologico tra morfologie più dolci, in corrispondenza delle litologie più fini ed erodibili, e più aspre in corrispondenza delle litologie più grossolane (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

3.3. Stratigrafia

Di seguito la stratigrafia relativa al territorio comunale (*Fonte: Carta Geologica d’Italia Foglio 571 – CARG, Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE, rilevamento, redigendo PSO*):

DEPOSITI OLOCENICI

R		Deposito antropico, terreni di abbancamento.
h		Deposito antropico – Diga in terra delimitante un bacino artificiale.
h₁		Discarica – Discariche realizzate in depositi di argilla marnosa di Cutro.
a₁		Depositi di frana – Accumuli caotici di elementi in matrice pelitica e/o sabbiosa.
a	ATTUALE	Depositi di versante – Coperture detritiche accumulate per processi di versante, costituite da ghiaie eterometriche con matrice sabbiosa giallo – rossastra.
g₂		Depositi di spiaggia – Sabbie quarzose da medie a molto grossolane, localmente con elementi ghiaiosi. Costituiscono cordoni litorali e l’area di retrospiaggia.
b_a		Depositi alluvionali attuali – Ghiaie e sabbie dei letti fluviali attuali e dei tratti recentemente abbandonati. Lo spessore è di pochi metri.
C		Depositi colluviali
d₁		Dune e sabbie eoliche stabilizzate.
b_b	OLOCENE	Depositi alluvionali recenti – Depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi con frequenti blocchi, di origine alluvionale. Comprendono le alluvioni fluviali terrazzate e della piana costiera. Lo spessore è dell’ordine di qualche metro.
b_n		Depositi alluvionali terrazzati – Ghiaie e sabbie di origine alluvionale, di colorazione variabile da ruggine a rosso. Presenti paleo suoli di spessore decimetrico con noduli calcarei (caliche) e rari livelletti argillosi verdastri decimetrici. Lo spessore arriva a 5 – 6 m. Il contatto con le unità basali è netto.
g_n		Depositi litorali terrazzati – Conglomerati e sabbie di spiaggia sommersa e di battigia, spesse fino a 2 m e formanti modeste falesie.
NEL		Sabbie dunari di Marinella – Depositi sabbiosi da giallastri a rossastri, talora bruni, a grana medio grossolana ben selezionati. Costituiscono cordoni dunari stabilizzati dello spessore di qualche metro.

DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

UIC	PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE	Sintema di Capo Cimiti – Arenarie bioturbate, laminate e con stratificazione incrociata concava (spiaggia sommersa), biocalcareni e gusci di molluschi e briozoi, calcari biocostruiti ed alghe calcaree e briozoi (piattaforma). Sono presenti verso terra depositi continentali a grana fine dovuti allo smantellamento del pendio retrostante. Lo spessore totale varia da 3,5 a 8,5 m. il contatto basale con il substrato (argilla marnosa di Cutro) è netto ed erosivo. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE</i> .
SVX		Sintema di Soverito – Depositi clastici molto male affioranti, dello spessore metrico. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE (TIRRENIANO)</i> .

NNA_b
NNA_a **Sistema del Lago di Sant'Anna** – Si distinguono due facies: **Litofacies clastica** – **NNA_b**: Arenarie, conglomerati e biocalcarenti con stratificazione incrociata concava, strutture di tempesta e gusci di molluschi (spiaggia sommersa), ghiaie con stratificazione a basso angolo (battigia), biocostruzioni algali minori (piattaforma), argille e sabbie con livelli ghiaiosi e concrezioni calcaree pedogenetiche (continentale), peliti e sabbie bioturbate con fauna a Cerastoderma sp. ed ostreidi (Baia o laguna). Lo spessore è molto variabile tra 4 e 16,5 m. Da notare la presenza di vertebrati fossili negli intervalli pelitici continentali. Il contatto basale con il substrato è netto ed erosivo. **Litofacies biocostruita** – **NNA_a**: Calcari biocostruiti di piattaforma, spessi fino a 3 m, costituiti da un'impalcatura di alghe calcaree. Sono abbondanti anche briozoi, serpulidi, coralli e gusci di molluschi. il contatto basale con il substrato è netto ed erosivo, ed è solitamente marcato da depositi clastici. **IONIANO**;

UNITÀ DEL BACINO CROTONESE

KCR
KCR_a **Argilla marnosa di Cutro** – Argille, argille marnose e siltiti, da grigie a brune con stratificazione non sempre evidente, talora con macrofauna (bivalvi e gasteropodi). Il contenuto micro paleontologico rileva un ambiente di deposizione batiale. Sono talora presenti livelli laminati dello spessore che arriva a 3 m. Locali slump nell'area di Capo Colonna. L'unità passa per alternanza all'arenaria di Scandale. Lo spessore totale è dell'ordine di 400 – 500 m. Facies di siltiti di colore giallo chiaro con scarso contenuto micropaleontologico, poste presso il passaggio per alternanza con l'arenaria di Scandale. Si presume un ambiente di piattaforma. **PIACENZIANO – CALABRIANO**.

ASD **Arenaria di Scandale** – Arenarie giallastre con stratificazione incrociata concava e strati bioclastici di tempesta (spiaggia sommersa). Vi sono intervalli più massivi con pochi gusci di molluschi sparsi. I depositi formano dei cunei che si assottigliano verso est e si interdigitano con la parte inferiore dell'argilla marnosa di Cutro. Lo spessore arriva a 75 m, ma non è osservabile la base dell'unità. **PIACENZIANO – GELASIANO**.

PLIOCENE – PLEISTOCENE INF.

3.3.1. Unità del Bacino Crotonese

L'**arenaria di Scandale ASD** rappresenta, con l'argilla marnosa di Cutro, la parte più recente della successione del Bacino Crotonese. Tale formazione fu istituita da *Ogniben (1955)* con il nome di “molassa di Scandale”, per indicare una formazione prevalentemente arenacea, comprendente un insieme di subgrovacche, grovacche quarzose, sabbie quarzose e conglomerati con il significato di unità arenacea basale della trasgressione medio – suprapliocenica nel Bacino Crotonese (*Fonte: Roda, 1965a*). *Roda (1964a)* identifica all'interno della formazione due membri: quello inferiore (“membro di Pedalacci”) rappresentato da alternanze di sabbie e microconglomerati e quello superiore (“membro di Barretta”) rappresentato da un'alternanza di banchi di sabbia e arenarie con intercalazioni pelitiche, litologicamente e faunisticamente simili a quelle osservabili nella soprastante argilla marnosa di Cutro. L'arenaria di Scandale è rappresentata in prevalenza da sabbie quarzose giallastre di spiaggia sommersa, spesso con stratificazione incrociata concava e strati bioclastici di tempesta. Il passaggio tra l'arenaria di Scandale e l'argilla marnosa di Cutro è marcato dall'affioramento di intercalazioni pelitiche di dimensione metrica all'interno dei banchi sabbiosi (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

I depositi pelagici che costituiscono l'**argilla marnosa di Cutro KCR**, occupano gran parte dell'area d'interesse. Tali terreni risultano ottimamente esposti, con spessori che variano dalle diverse decine sino anche alle centinaia di metri, lungo l'intera dorsale collinare costiera che da Crotona arriva fino a Capo Colonna. (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*). Nella zona della Vrica fu istituito lo stratotipo del Calabriano. Questa sezione ha costituito, fino al 2009, il GSSP (Global Stratotype Section and Point) del passaggio Pliocene – Pleistocene, così come definito da *Aguirre & Pasini (1985)*. A seguito della recente definizione formale del sistema Quaternario da parte dell'IUGS, lo stratotipo è stato ridefinito come limite tra i piani Gelasiano e Calabriano all'interno del Pleistocene inferiore (*Fonte: Finney, 2010*). La parte più spessa della successione è quella rappresentata nella sezione della Vrica, potente circa 400 m (*Fonte: Selly et alii, 1977*). L'argilla marnosa di Cutro è costituita da una successione di argille e silt compatti di colore per lo più azzurro e grigiastro e più raramente giallastro. Tali depositi, sulla base di dati relativi a foraminiferi bentonici (*Fonte: D'Onofrio, 1981*), ostracodi (*Fonte: Colalongo & Pasini, 1980*), molluschi (*Fonte: Tampieri in Selly et alii, 1977*) e resti di pesci (*Fonte: Landini & Menesini, 1978*) analizzati nella sezione della Vrica, dovrebbero essersi depositi in un ambiente marino profondo tra 500 e 800 m. In affioramento le argille ed i silt si presentano in

genere massivi e non cementati, interessati da fratture estensionali e da bande giallastre di alterazione. Non di rado è possibile osservare la presenza di orizzonti costituiti da livelli argillosi laminati e cementati, con superfici ossidate di spessore variabile da una decina di cm fino ad oltre 3 m, che hanno consentito di raccogliere misure giaciture. (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

3.3.2. Depositi marini terrazzati

I depositi del **sintema del Lago di S. Anna**, noti in precedenza come depositi del terrazzo di Cutro, costituiscono nell'area di studio numerosi lembi più o meno spessi, debolmente degradanti verso mare e talvolta dislocati da faglie dirette recenti con modesti rigetti. Il sintema è marcato alla base da una discordanza dovuta all'azione erosiva dell'onda durante una fase di trasgressione marina, mentre il tetto consiste in una superficie di esposizione subaerea. I depositi che costituiscono il sintema di S. Anna si distinguono in litofacies biocostruita e litofacies clastica. La **litofacies biocostruita NNA_a** consta di blocchi calcarei disarticolati di spessore non superiore a 2 m, sabbie di colore bruno con abbondanti bivalvi, depositi di arenarie fini e arenarie silteose bioturbate, localmente marcate alla base da un lag grossolano ricco di gusci e molluschi. La **litofacies clastica NNA_b** consta di sabbie e conglomerati di colore bruno rossastro, arenarie medie e grossolane con strutture di tempesta (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

Il **sintema di Soverito SVX** è rappresentato da una superficie piatta e inclinata verso mare, allungata in senso NE – SO per poco più di 1 km. Trattasi di depositi sia silicoclastici a stratificazione incrociata di mare basso, che carbonatici. Lungo i campi arati si rinvenivano numerosi blocchi calcarenitici ricchi di gusci di molluschi. Le condizioni di affioramento dell'unità rendono incerta la valutazione del suo spessore, che comunque è dell'ordine del metro, mentre la diffusa copertura e antropizzazione impediscono l'osservazione diretta delle litologie (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

Il **sintema di Capo Cimiti UIC** si trova in corrispondenza della penisola di Capo Colonna, e si estende verso mare per circa 3 km, ed in senso N – S per circa 2,5 km. In corrispondenza della penisola di Capo Colonna, il deposito terrazzato mostra un'inclinazione media verso est di circa 1°, che decresce gradualmente nella stessa direzione, ed è dislocato da una faglia normale orientata ONO – ESE presso l'estremo orientale del promontorio. Trattasi di depositi prevalentemente di depositi silicoclastici, depositi carbonatici, sabbie medio – grossolane e conglomerati, arenarie medie a laminazione orizzontale, arenarie grossolane e molto grossolane a stratificazione incrociata concava. I clasti carbonatici derivano dallo smantellamento dei sintemi più antichi (del Lago di S. Anna e di Soverito) durante l'ingressione del mare (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

3.3.3. Depositi olocenici

Le **sabbie dunari di Marinella NEL** rappresentano un deposito che si sviluppa in maniera pressoché continua, con decorso parallelo alla costa ed ampiezza che nelle aree settentrionali raggiunge i 300 m, mentre nelle aree più meridionali si riduce a qualche decina di metri. Si tratta di sabbie fini e finissime di colore giallastro. Il duneto confina verso ovest con i depositi alluvionali recenti e ad est con quelli della fascia costiera sabbiosa, dalla quale si stacca, formando una cresta che si eleva mediamente di qualche metro sul livello del mare e che nel settore settentrionale è interessata da copertura arborea. Spostandosi nelle aree meridionali, più densamente antropizzate, l'originario assetto di questo deposito è ampiamente modificato e mascherato (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi litorali terrazzati g_n** sono individuabili lungo la linea di costa a sud di Crotona, in un'area compresa tra il cimitero della città e punta S. Leonardo. Trattasi di depositi litoranei formanti una piccola falesia spessa poco più di 2 m, immediatamente alle spalle della spiaggia attuale ed in appoggio sull'argilla marnosa di Cutro. Sono costituiti da un conglomerato basale più o meno cementato con ciottoli appiattiti di dimensioni

massime fino a 10 cm, a cui seguono livelli laminati di sabbie rossastre a granulometria media grossolana, male o non cementate (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi alluvionali terrazzati b_n** constano di depositi continentali di origine alluvionale, poggiati direttamente sull'argilla marnosa di Cutro. Sono costituiti per lo più da sabbie non cementate di colore marrone e rossiccio, a grana da media a grossolana, con abbondante matrice e con rari livelli conglomeratici a clasti di dimensioni al massimo di 2 - 3 cm per lo più silicoclastici. Sono stati inoltre osservati paleo suoli di spessore decimetrico contenenti noduli calcarei e rari livelletti argillosi verdastri anch'essi di spessore decimetrico (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi alluvionali recenti b_b** , in genere misti a prodotti di dilavamento dei versanti, coprono i fondovalle principali e costituiscono il lembo di piana costiera, localmente larga 2 km, posto tra Crotona e la valle del Neto. Non sono stati osservati tagli naturali che permettano di analizzare la costituzione di tali terreni. In ogni caso, vista la natura dei terreni affioranti nell'area, si può ipotizzare che questi siano composti da una frazione fine argilloso - siltosa preponderante legata all'erosione dei depositi dell'argilla marnosa di Cutro e da clasti e blocchi anche di dimensioni notevoli, sia carbonatici che arenacei, connessi al disfacimento dei depositi più grossolani (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi alluvionali attuali b_a** constano di ghiaie e sabbie alluvionali dello spessore di qualche metro osservabili lungo l'alveo del vallone Cacchiavia, a nord dell'abitato di Papanice, e del Fiume Neto (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

I **depositi litorali g_2** sono tipicamente costituiti di sabbie quarzose da medie a grossolane, localmente con elementi ghiaiosi, e sono distribuiti lungo una stretta fascia avente una massima estensione dell'ordine dei cento metri. Nel tratto meridionale, i depositi litorali sono delimitati alle spalle dalla falesia impostata sull'argilla marnosa di Cutro, e possono essere in parte coperti dal detrito derivante dai depositi del sistema di Capo Cimiti, in particolare nel tratto settentrionale del promontorio di Capo Colonna. A nord di Crotona, e fino al limite settentrionale, i depositi litorali passano verso terra ai depositi eolici delle sabbie dunari di Marinella (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

Nell'area di studio falde detritiche di spessore considerevole, tale da obliterare il substrato, sono state cartografate lungo un tratto del pendio a monte del sistema di Capo Cimiti ed in sinistra orografica della Valle lampa, nei pressi di Papanice. Nella prima località è osservabile un deposito detritico a grossi blocchi, in alcuni casi plurimetri, derivante dal disfacimento dei depositi misti carbonatici e silicoclastici del sistema del Lago di S. Anna. Nella seconda località, in un taglio artificiale, è visibile un deposito detritico spesso almeno 3 m di colore giallognolo, costituito da una matrice per lo più argilloso - sabbiosa con blocchi di dimensioni anche metriche, derivanti dal disfacimento del sovrastante sistema del Lago di S. Anna. Falde detritiche di spessore minore sono inoltre presenti a monte di località Casino Micesi, nella porzione centro - meridionale della tavoletta. Queste falde detritiche, da cui emergono lembi del sistema del Lago di S. Anna, sono costituite da blocchi anche di dimensioni metriche, per lo più calcarenitici, derivanti esclusivamente dall'erosione dello stesso sistema del Lago di S. Anna. Lungo quasi tutti i versanti dell'area di studio è possibile osservare blocchi eterometrici derivanti dallo smantellamento del sistema del Lago di S. Anna, talvolta di dimensioni variabili da centimetriche a metriche, in appoggio sull'argilla marnosa di Cutro (*Fonte: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*).

4. Dati geotecnici e geofisici

Le caratteristiche geotecniche e geofisiche dei terreni e rocce affioranti nel territorio comunale di Crotona sono state desunte dalle **indagini pregresse** raccolte ed archiviate unitamente agli altri dati raccolti (*carta geologica, note illustrative della carta geologica, dati scientifici e di rilevamento, dati dal redigendo PSC*). Tutti dati hanno permesso di definire il **modello di sottosuolo generale**.

	Terreni di copertura									
	R	h	h ₁	a ₁	a	g ₂	b _a	c	d ₁	b _b
Spessore (m)	≥3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stato di addensamento	Da poco consistente a consistente			-	-	Da sciolto a poco addensato		Da poco consistente a moderatamente consistenti	Da sciolto a poco addensato	Da sciolto a moderatamente addensato
Resistenza all'erosione	Media		-	Bassa		-	Media	Bassa	Variabile	
Permeabilità	Bassa		-	Elevata				Bassa	Elevata	
Vs (m/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vp (m/s)	300 800		-	-	-	600 1800	400 1500	-	200 1000	400 2000
Peso unità di volume (KN/m³)	-	-	-	-	-	16-20	18-22	-	-	17-20
	b_n	g_n	NEL	UIC	SVX	NNA_a	NNA_b	KCR	ASD	
Spessore (m)	5 – 6	2	-	3 – 9	-	3	4 – 17	400 - 500	-	
Stato di addensamento	Da sciolto a moderatamente addensato	Da sciolto a moderatamente addensato	Da sciolto a poco addensato	Da poco addensato ad addensato	Da sciolto a moderatamente addensato	Da poco addensato ad addensato		Da poco consistente a molto consistente	-	
Resistenza all'erosione	Variabile							Bassa	-	
Permeabilità	Elevata							Bassa	-	
Vs (m/s)	-	-	-	-	-	200 400	500 700	> 300	-	
Vp (m/s)	400 2000	-	200 1000	-	-	800 1200	1500 2000	1500 2000	-	
Peso unità di volume (KN/m³)	17-20	18-21	16-20	16-21			>17	-		

TABELLA 7: Tabella di sintesi dei principali parametri geotecnici e geofisici medi (i valori sono da ritenersi puramente indicativi e quali termini di confronto relativo tra le diverse litologie. Restano necessari indagini, prove e studi specifici sui siti d'interesse);

5. Modello del sottosuolo

Di seguito viene rappresentato lo **schema dei rapporti stratigrafici** a rappresentazione del **modello geologico generale del sottosuolo** (Fonte: *Carta Geologica d'Italia Foglio 571 - Progetto CARG*):

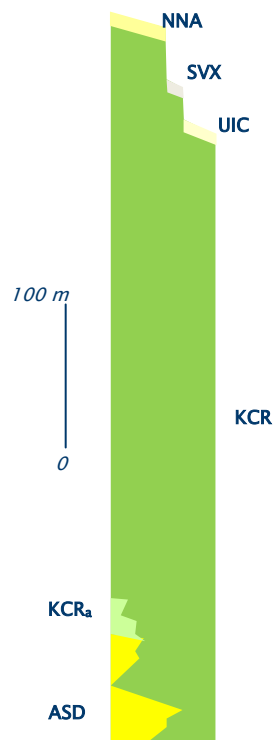


FIGURA 15: Schema dei rapporti stratigrafici (Fonte: *Carta Geologica d'Italia Foglio 571 - Progetto CARG*);

Di seguito si riporta l'inquadratura delle tracce delle **sezioni geologiche** per alcune aree del territorio comunale (Fonte: *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*):

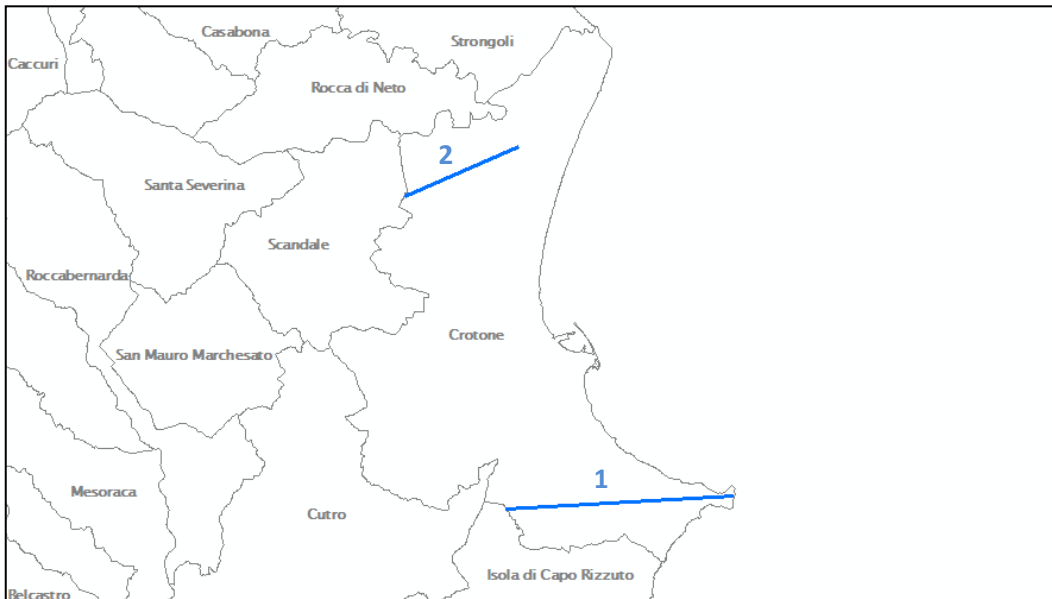


FIGURA 16: Traccia sezioni geologiche (Fonte: *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 571 CROTONE*);

Per la consultazione delle **sezioni geologiche rappresentative del modello di sottosuolo** si rimanda alla consultazione dell'elaborato **E15. Sezioni geologiche rappresentative**. Di seguito l'inquadratura delle tracce delle sezioni:

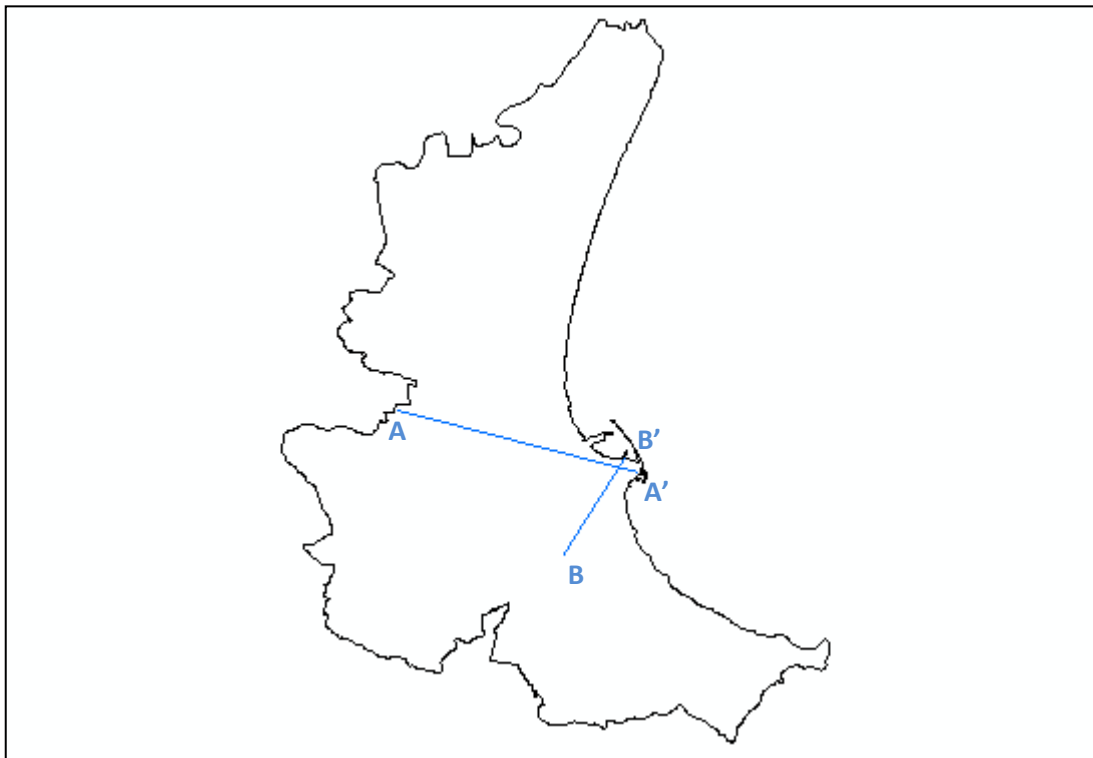


FIGURA 17: Traccia sezioni geologico - tecniche;

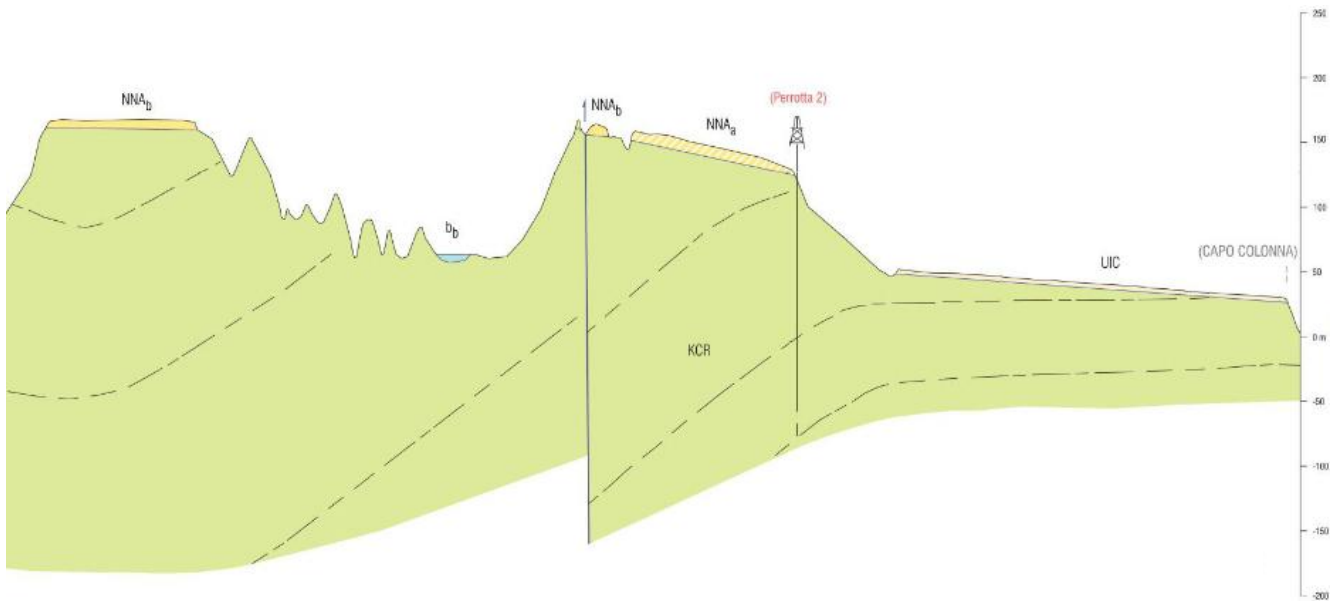


FIGURA 18: Sezione 1, esagerazione verticale 10x (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 - Progetto CARG);

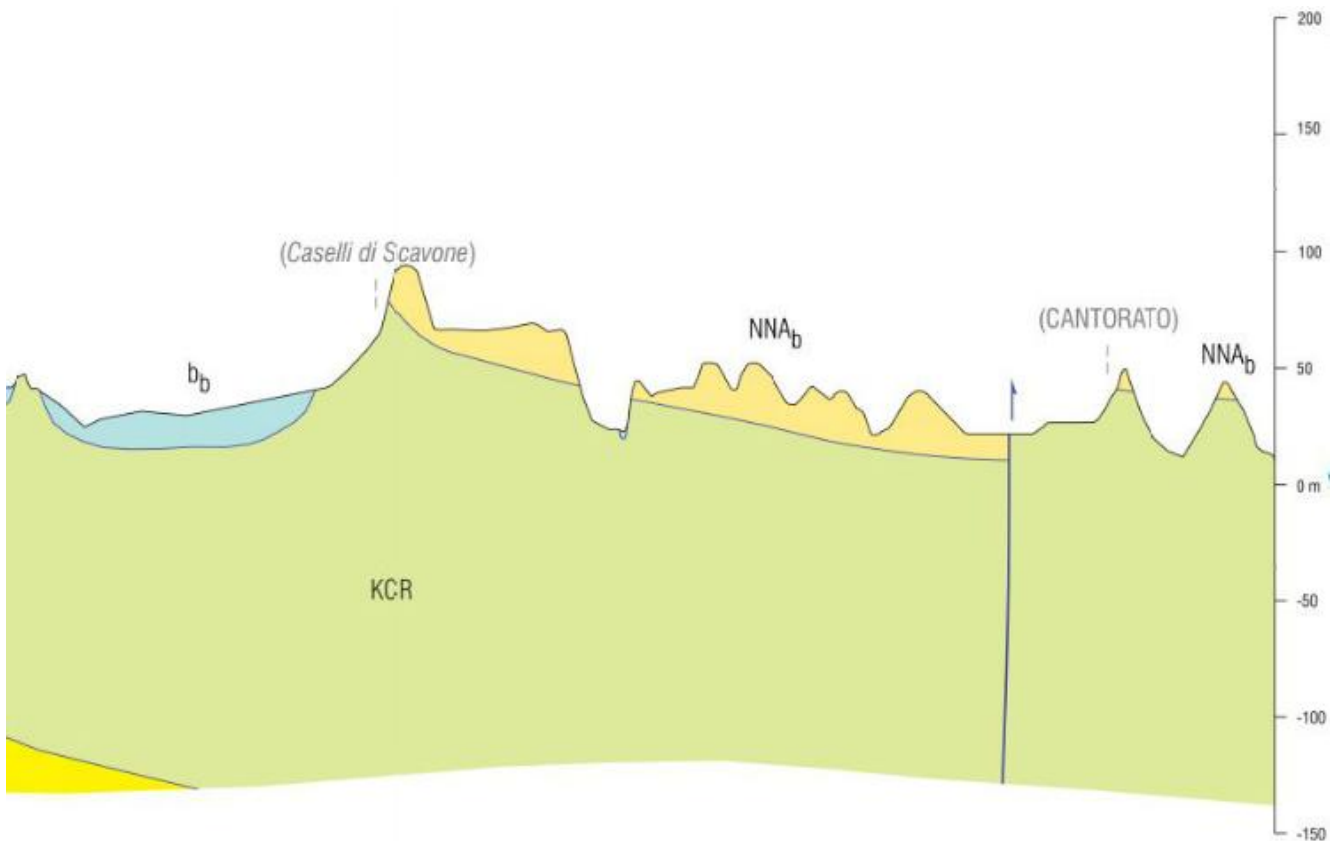


FIGURA 19: Sezione 2, esagerazione verticale 10x (Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 - Progetto CARG);

6. Interpretazioni e incertezze

I dati ad oggi acquisiti hanno permesso di verificare ed approfondire le conoscenze geologiche sulle **coperture sedimentarie**. Le criticità riscontrate sono perlopiù individuate nella distribuzione, tipologia e quantitativo di indagini disponibili. Infatti molte aree del territorio microzonato rimangono senza un'adeguata copertura di indagini e i dati sulle caratteristiche geotecniche/geofisiche dei terreni di copertura sono pochi o nulli.

7. Metodologie di elaborazione e risultati

Di seguito viene riportata la corrispondenza tra le litologie affioranti nel territorio comunale (*Fonte: Carta Geologica d'Italia Foglio 571 – CARG, Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE, rilevamento*) e la classificazione dettata dagli **Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 3.0**.

DEPOSITI OLOCENICI				
Corrispondenza		Ambiente		Sigla
<i>R</i>	RI	-	-	RI
<i>h</i>	RI	-	-	RI
<i>h₁</i>	RI	-	-	RI
<i>g₂</i>	SW	Costiero	Spiaggia (sp)	sp
<i>b_a</i>	GW	Fluvio – lacustre	Argine/barra/canale (es)	es
<i>C</i>	CL	Depositi colluviali	Eluvi/Colluvi	ec
<i>d₁</i>	SP	Eolico	Duna eolica (de)	de
<i>b_b</i>	SM	Fluvio – lacustre	Piana inondabile (pi)	pi
<i>b_n</i>	SW	Fluvio – lacustre	Terrazzo fluviale (tf)	tf
<i>g_n</i>	GW	Costiero	Spiaggia (sp)	sp
<i>NEL</i>	SP	Costiero	Duna costiera (dc)	dc
DEPOSITI MARINI TERRAZZATI				
<i>UIC</i>	SW	Costiero	Terrazzo marino (tm)	tm
<i>SVX</i>	GW	Marino	-	zz
<i>NNA_b</i>	SW	Costiero	Terrazzo marino (tm)	tm
<i>NNA_a</i>	SW	Costiero	Terrazzo marino (tm)	tm
UNITÀ DEL BACINO CROTONESE				
<i>KCR</i>	CO	Marino profondo	-	-
<i>KCR_a</i>				
<i>ASD</i>				

TABELLA 8: *Corrispondenza tra le litologie affioranti nel territorio comunale e la classificazione dettata dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 3.0;*

La corrispondenza è stata definita sulla scorta di quanto deducibile dal **materiale cartografico**, **bibliografico** e **pubblicazioni scientifiche**, unitamente ai **rilievi speditivi** eseguiti nell'ambito di questo studio alle **indagini pregresse** raccolte ed archiviate, alle informazioni tratte dal redigendo **Piano Strutturale Comunale – componente geologica** (*Fonte: Palmieri F., 2015*).

8. Elaborati cartografici

La stesura degli elaborati cartografici previsti è stata predisposta ai sensi delle **ICMS** ed degli **Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 3.0.** redatti dalla Commissione tecnica per la Microzonazione sismica.

Nei paragrafi **8.1**, **8.2** e **8.3** vengono descritti gli elaborati cartografici prodotti e le loro finalità di utilizzo.

Nel paragrafo **8.4** vengono esposti i punti critici ed i commenti relativi ad ognuno degli elaborati cartografici prodotti.

8.1 Carta delle indagini

La carta delle indagini è stata redatta, rappresentando le indagini preesistenti, eseguite nel territorio del Comune di Crotona (KR). Nello Specifico, i dati sono stati tratti da:

- **Ottobre 2005** - *Pic Urban 2 UNITA' DI PROGETTO "PROGRAMMI COMPLESSI ED INIZIATIVE COMUNITARIE" - misura 1.1 "Messa in sicurezza dei siti urbani a rischio" - azione 1.1.a "Analisi del rischio sismico e valutazione degli interventi prioritari di mitigazione"*;
- *Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984)*;
- *Archivio storico dei pozzi per ricerca petrolifera perforati in Italia*;
- *Linee sismiche acquisite nei titoli minerari cessati*.

Relativamente alle indagini, sono stati archiviati dati per:

- 67 siti puntuali;
- 2 siti lineari.

Questo elaborato ha quali scopi:

1. L'individuazione delle aree con minore numero di indagini e la pianificazione di ulteriori indagini per i livelli successivi di Microzonazione;
2. La valutazione preliminare della qualità dello studio poiché maggiore sarà il numero di indagini e di dati, più affidabili saranno le interpretazioni.

Per la consultazione delle indagini e della loro distribuzione e tipologia, si rimanda agli elaborati digitali predisposti ed alla **E02. Carta delle indagini**.

8.2. Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica

La **Carta Geologico - Tecnica** è stata predisposta riportando tutte le informazioni di base disponibili, reperite da:

1. **Carta Geologica d'Italia Foglio 571** scala 1:50000 e dalle **note illustrative** a corredo della stessa, redatte nell'ambito del **Progetto CARG**;
2. **Carta Geologica della Calabria Foglio 238 III SE** scala 1: 25000 (1958 - 62) e dalle **note illustrative** a corredo della stessa;
3. **Materiale bibliografico e pubblicazioni scientifiche**;
4. **Rilievi speditivi** eseguiti nell'ambito di questo studio ed alle **indagini pregresse** raccolte ed archiviate;
5. Informazioni tratte dal redigendo **Piano Strutturale Comunale - Componente geologica** (*Fonte: Palmieri F., 2015*).

La scala di rilevamento e di rappresentazione è di **1:10.000**.

Per i terreni di copertura, è stato considerato uno spessore minimo di 3 m.

Le informazioni sulle varie *tipologie litotecniche* dei terreni di copertura, sono state organizzate e predisposte in una legenda, nella quale sono stati riportati i simboli per i tipi di terreni.

Di seguito si riporta la descrizione di tutte le unità litologiche:

RI: Terreni contenenti resti di attività antropica, abbancamenti di terreno argilloso, limoso sabbioso, discariche. Da poco consistente a consistente. (**Spessore 3 – 10 m; Vs 100–300 m/s**);

GWes: Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscele di ghiaia e sabbie di argine/barre/canali. Da sciolto a poco addensato (**Spessore 3 – 5 m; Vs 150 – 400 m/s**);

SWsp: Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di spiaggia. Da sciolto a poco addensato (**Spessore 3 – 10 m; Vs 200 – 400 m/s**);

SWtf: Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di terrazzo fluviale. Da sciolto a moderatamente addensato. (**Spessore 5 – 6 m; Vs 200 – 400 m/s**);

SWtm: Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di terrazzi marini. Da poco addensato ad addensato (**Spessore 3 – 17 m; Vs 250 – 700 m/s**);

SPde: Sabbie pulite con granulometria poco assortita, di duna eolica. Da sciolto a poco addensato (**Spessore 3 – 10 m; Vs 100 – 250 m/s**);

SMpi: Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di piana inondabile. Da sciolto a moderatamente addensato (**Spessore 3 – 5 m; Vs 150 – 400 m/s**);

CLec: Argille inorganiche di media – bassa plasticità, argille ghiaiose, argille limose, argille magre di eluvi/colluvi. Da poco consistenti a moderatamente consistenti (**Spessore 3 – 5 m; Vs 100 – 200 m/s**);

CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore di 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

- Dalla sovrapposizione dei dati vettorializzati relativi alla cartografia PAI e dal progetto IFFI, sono state riconosciute le **instabilità di versante**:

Tipologia	Quantità	Stato di attività		
		Attiva	Quiescente	Non definito
Crollo/Ribaltamento	-	-	-	-
Scorrimento	5	1	4	-
Colata	1	1	-	-
Complessa	1	-	1	-
Non definito	15	3	7	5

TABELLA 9: Dati relativi alle frane (Fonte: PAI ed IFFI);

Oltre quanto reperito dai progetti menzionati, per le instabilità di versante, si è fatto riferimento a quanto contenuto nel redigendo Piano Strutturale Comunale. Nel suddetto Piano, diverse aree sono state mappate come “detrito di frana” (Fonte: Palmieri F., 2015). Le stesse sono state considerate nel presente studio quali aree soggette a fenomeni gravitativi dal cinematisimo e stato di attività non definito.

- Per le **faglie capaci** si è fatto riferimento al Catalogo ITHACA. Il territorio di Crotona, stando a quanto tratto dal database ITHACA, è interessato da quattro lineamenti, denominati “Villaggio Salica”, “Parasinaci”, “Prestica” e “Semaforo”:

GEOLOGIC SETTING				
SYNOPSIS				
FAULT NAME	Villaggio Salica	Parasinaci	Prestica	Semaforo
FAULT CODE	37903	37900	37901	37902
MACROZONE	6	6	6	6
REGION NAME	Calabria	Calabria	Calabria	Calabria
SYSTEM NAME	Scifo	Scifo System	Scifo System	Scifo
RANK				
AVERAGE STRIKE	100	20	20	20
DIP		0	0	
LENGTH (Km)	0			0
GEOMETRY				
SEGMENTATION				
DEPTH (Km)	0	0	0	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:50000	1:50000	1:50000	1:50000
LAST ACTIVITY				
Middle Pleistocene (125,000÷700,000)				
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability	Low reliability	Low reliability	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0	0	0	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0	0	0	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0	0	0	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0	0	0	0
KNOWN SEISMIC EVENTS				
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	0			0
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)				
STUDY QUALITY	FAIR	FAIR	FAIR	FAIR
NOTES				

TABELLA 10: Dati relativi alle faglie capaci che interessano il territorio di Crotona (Fonte: ITHACA – Catalogo delle faglie capaci);

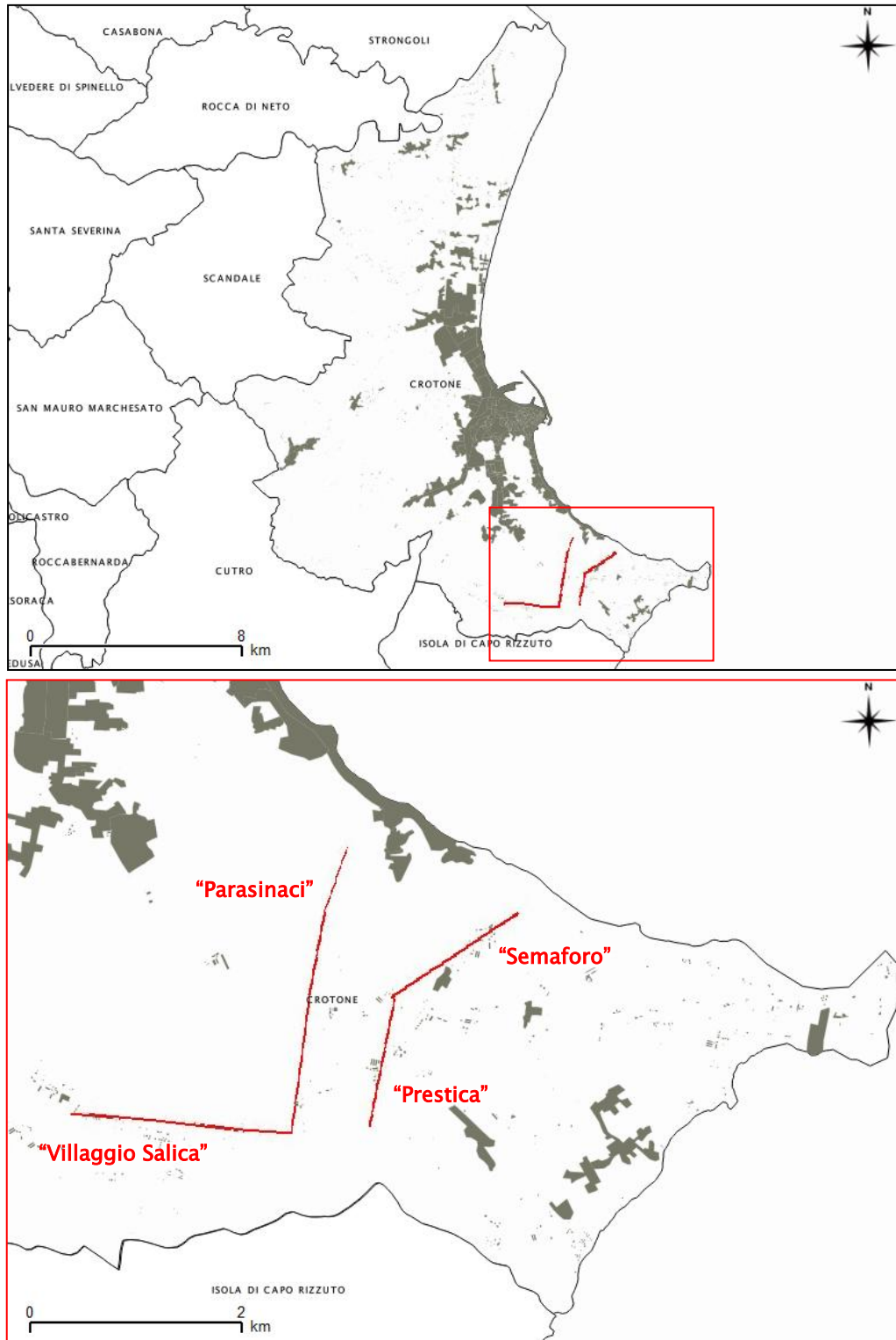


FIGURA 20: Ubicazione delle faglie capaci entro il territorio comunale di Crotona (Fonte: ITHACA - Catalogo delle faglie capaci);

8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Di seguito si riporta quanto già argomentato nella **PRIMA REDAZIONE DELLO STUDIO**, ossia la descrizione di tutte le zone individuate, e per ognuna di queste, lo **schema dei rapporti litostratigrafici** associato. Già in fase di **SECONDA REDAZIONE DELLO STUDIO**, fu dettagliata la descrizione delle **Zone 1, 2 e 3**. In questa **TERZA REDAZIONE DELLO STUDIO** sono stati inseriti spessori e velocità delle onde di taglio (*definiti in maniera approssimativa, laddove possibile ed in funzione dei dati d'indagine disponibili*):

ZONA 1 – 2001



RI: Terreni contenenti resti di attività antropica, abbancamenti di terreno argilloso, limoso sabbioso, discariche. Da poco consistente a consistente. (**Spessore 3 – 10 m; Vs 100–300 m/s**);

CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

ZONA 2 – 2002



SWsp: Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di spiaggia. Da sciolto a poco addensato (**Spessore 3 – 10 m; Vs 200 – 400 m/s**);

CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

ZONA 3 - 2003



GWes: Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscele di ghiaia e sabbie di argine/barre/canali. Da sciolto a poco addensato. (**Spessore 3 – 5 m; Vs 150 – 400 m/s**);

CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

ZONA 4 - 2004



CLec: Argille inorganiche di media – bassa plasticità, argille ghiaiose, argille limose, argille magre di eluvi/colluvi. Da poco consistenti a moderatamente consistenti. (**Spessore 3 – 5 m; Vs 100 – 200 m/s**);

CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

ZONA 5 - 2005



SPde: Sabbie pulite con granulometria poco assortita, di duna eolica. Da sciolto a poco addensato. (**Spessore 3 – 10 m; Vs 100 – 400 m/s**);

CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 – 500 m; Vs >300 m/s**);

ZONA 6 - 2006



SMpi: Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di piana inondabile. Da sciolto a moderatamente addensato. (**Spessore 3 - 5 m; Vs 150 - 400 m/s**);

CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 - 500 m; Vs >300 m/s**);

ZONA 7 - 2007



SWf: Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di terrazzo fluviale. Da sciolto a moderatamente addensato. (**Spessore 5 - 6 m; Vs 200 - 400 m/s**);

CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 - 500 m; Vs >300 m/s**);

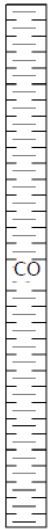
ZONA 8 - 2008



SWtm: Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di terrazzi marini. Da poco addensato ad addensato (**Spessore 3 - 17 m; Vs 250 - 700 m/s**);

CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore 400 - 500 m; Vs >300 m/s**);

ZONA 9 - 2009



CO: Substrato geologico coesivo sovraconsolidato. Da poco consistenti a molto consistenti. (**Spessore di 400 - 500 m; Vs >300 m/s**);

A cavallo delle supposte tracce dei supposti piani di rottura principali delle faglie capaci, nella **PRIMA REDAZIONE DELLO STUDIO** classificate come "faglie dirette attive (presunte)", furono costruite, sulla base di **elementi informativi minimi**, due fasce di Attenzione di dimensione 400 m (200+200 m). Una diversa e più precisa perimetrazione di queste zone necessita dell'acquisizione di **elementi informativi specifici**, propri del Livello 3 di ICMS. Per **elementi informativi minimi** sono intesi, segnalazioni e studi geologici, eseguiti da esperti del settore e riportati nella letteratura, non sufficientemente approfonditi per poter essere classificati come **elementi informativi specifici** (Fonte: Boncio, 2013).

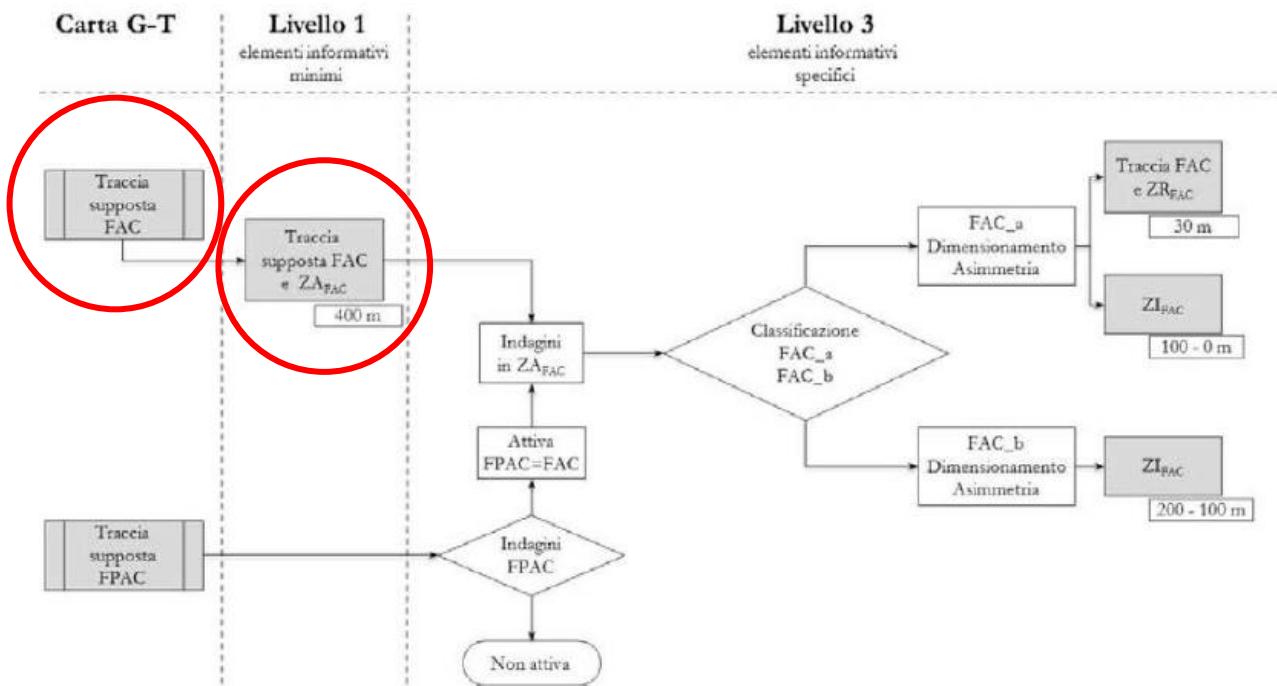


GRAFICO 2: Procedure di dimensionamento delle zone di faglia nei differenti livelli di approfondimento degli studi di microzonazione sismica (Fonte: Boncio, 2013);

In fase di **SECONDA REDAZIONE DELLO STUDIO**, le suddette faglie sono state classificate come "faglie dirette potenzialmente attive (presunte)", ritenendo più corretta tale classificazione, in virtù del livello di conoscenza ad oggi disponibile. Tale classificazione ha indotto:

- la rappresentazione delle faglie solo nella Carta Geologico – Tecnica;
- la rimozione della traccia delle faglie nella Carta delle MOPS;
- la rimozione della relativa zona di attenzione.

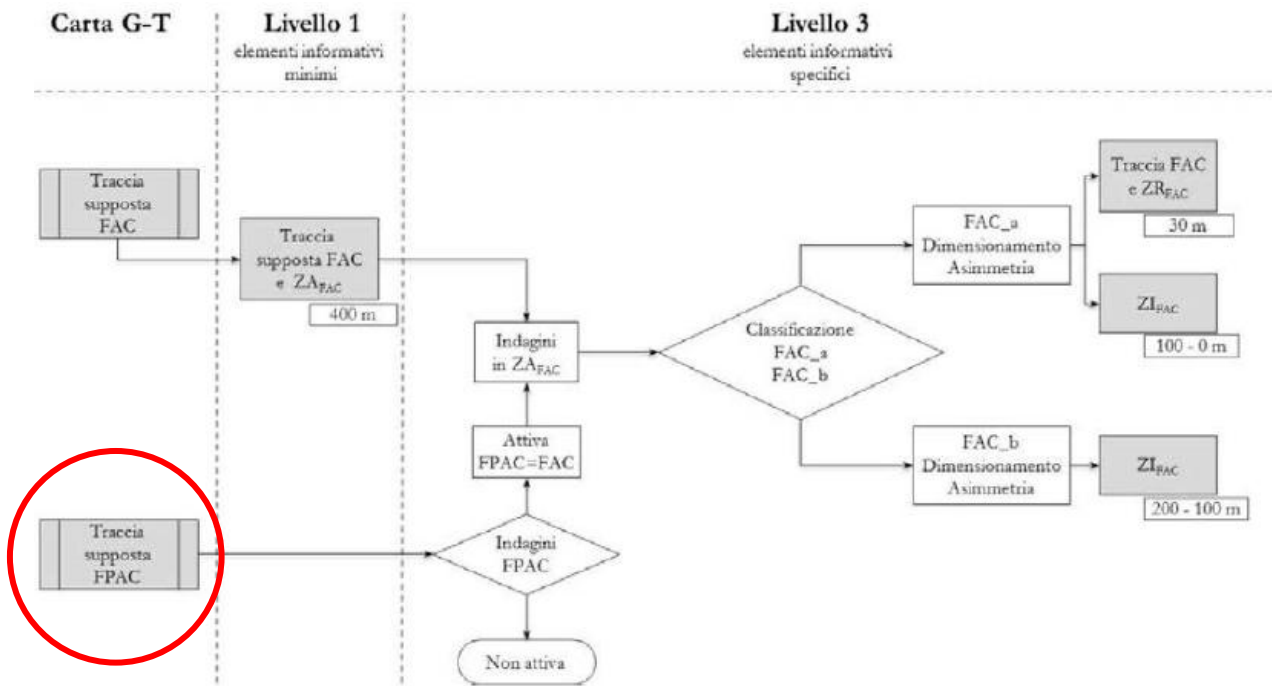


GRAFICO 3: Procedure di dimensionamento delle zone di faglia nei differenti livelli di approfondimento degli studi di microzonazione sismica (Fonte: Boncio, 2013);

Per la consultazione della **geologia tecnica**, si rimanda agli elaborati appositamente predisposti (**E03/E08 Carta geologico – tecnica**).

Per quanto riguarda la **liquefazione** si è fatto riferimento a quanto contenuto nel **Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico (QTRP)**. Infatti, in relazione a tale fenomeno, il documento riporta l'intera fascia costiera e parte della piana alluvionale di Crotona, come **area con possibile suscettibilità alla liquefazione**.

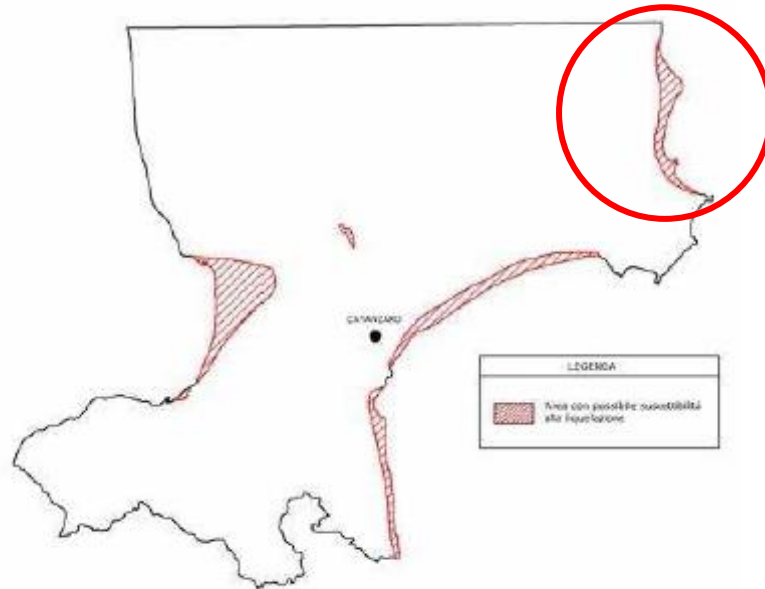


FIGURA 21: Ubicazione delle aree con possibile suscettibilità alla liquefazione, nella Calabria Centrale (Fonte: QTRP - Quadro conoscitivo);

Considerata la natura dei terreni coinvolti (SM, SP, SW), la possibile soggiacenza della falda entro i primi 15 m di profondità e che la magnitudo attesa al sito può essere maggiore di 5 unitamente a valori di accelerazioni massime possibili in superficie, maggiori di 0.1g, si ritiene di poter considerare l'area individuata dal QTRP quale **Zona di Attenzione per liquefazione tipo 1**.

Rispetto alla fascia individuata nel QTRP sono state escluse tutte quelle aree corrispondenti con litologie dominatamente argillose (CO).

Per la consultazione delle **MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica)**, si rimanda agli elaborati appositamente predisposti (**E09/E14 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica**).

8.4. Commenti finali e criticità

I dati ad oggi acquisiti hanno permesso di verificare ed approfondire le conoscenze geologiche sul territorio comunale. Le principali criticità riscontrate a conclusione dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 sono le seguenti:

1. Molte aree del territorio microzonato rimangono senza un'adeguata copertura di indagini, sia per quantità, che per tipologia e distribuzione;

Ne consegue che:

2. La caratterizzazione delle coperture sedimentarie è in alcuni punti molto dettagliata e nella maggior parte del territorio frammentaria, carente e/o nulla;

Sono auspicabili in fase di studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 e/o 3:

1. L'esecuzione di nuove indagini geotecniche e geofisiche in linea con quanto dettato negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica;
2. L'esecuzione di prospezioni sismiche e prove geotecniche di laboratorio mirate ai fini della definizione dei profili di propagazione delle onde di taglio e del comportamento sotto azione sismica dei materiali;
3. L'esecuzione di indagini geologiche volte al riconoscimento del bedrock sismico, soprattutto per le aree ove si necessita o necessiterà di analisi numeriche della Risposta Sismica Locale (1D - 2D - 3D);
4. Il controllo e la revisione delle aree microzionate supportato dai dati ottenuti dopo l'esecuzione di nuove e più accurate indagini.

Inoltre si ritiene di primaria importanza, sia nei livelli successivi di studio di microzonazione che nell'ambito degli studi degli altri strumenti di pianificazione:

5. L'acquisizione di elementi informativi specifici, al fine di collocare con precisione le faglie capaci e definire quindi le adeguate aree di rispetto;
6. L'aggiornamento dei dati disponibili al fine di produrre una più accurata mappatura dei fenomeni franosi conosciuti e l'inserimento di nuovi movimenti che interessano il territorio;
7. L'acquisizione di dati specifici al fine di identificare con maggiore precisione le aree potenzialmente soggette a liquefazione.

9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati

Stando a quanto riportato nel **Database macrosismico italiano (DBMI11)** utilizzato per la compilazione del **Catalogo parametrico dei terremoti italiani dal 1000 al 2006 (CPTI11)**, il territorio di Crotona ha risentito degli effetti macrosismici di seguito elencati:

In occasione del terremoto del:	Effetti I(MCS)	Informazioni disponibili
1638 03 27 15:05	6-7	La scossa del 27 marzo causò qualche danno; la scossa dell'8 giugno causò gravi lesioni e crolli negli edifici, ma poche vittime.
1638 06 08 09:45	8-9	
1744 03 21 20:00	6-7	Il terremoto causò danni non gravi nella maggior parte degli edifici; poche case subirono danni più consistenti
1783 02 05 12:00	6	La scossa del 5 febbraio 1783 fu abbastanza forte e causò lievi danni agli edifici. Il terremoto del 28 marzo successivo fu molto forte, 12 case subirono danni di rilievo, molte abitazioni e il castello vennero lesionati. Una fonte tarda indicò il valore approssimativo dei danni in 50.000 ducati.
1783 03 28 18:55	7	
1832 03 08 18:30	8-9	La scossa danneggiò fortemente l'abitato, ma non causò vittime; 103 case vennero ricostruite con il contributo statale; fu lesionato e reso inabitabile palazzo Berlingieri.
1836 04 25 00:20	5	La scossa spaventò la popolazione, che uscì nelle strade, ma non causò danni.
1869 11 28	3-4	-
1887 12 03 03:45	NF	Il terremoto non fu avvertito.
1894 11 16 17:52	3	La scossa fu avvertita da poche persone in quiete e causò l'arresto dell'orologio dell'Ufficio Telegrafico.
1905 09 08 01:43	6-7	-
1907 10 23 20:28	NF	Il terremoto non fu sentito.
1908 12 28 04:20	7	La scossa fu abbastanza forte e causò lievi danni ai portici di piazza Vittoria, all'Orfanotrofio femminile di S.Maria ed alla chiesa. Un centinaio di case rimasero lesionate e di altre quattro fu necessaria la demolizione. Il molo del porto fu lesionato in senso trasversale in diversi punti.
1913 06 28 08:52	5	La scossa fu avvertita fortemente, ma non causò danni.
1930 07 23 00:08	NF	-
1932 01 02 23:36	6	-
1947 05 11 06:32	4	La scossa fu avvertita sensibilmente.
1980 11 23 18:34	4	Non sono note descrizioni degli effetti. Postpischl et al. (1985) hanno stimato l'intensità della scossa di IV grado della scala MCS.
1988 04 13 21:28	4	-
1990 01 24 04:45	4-5	-
1990 05 05 07:21	NF	-

TABELLA 11: Informazioni disponibili sugli effetti dei terremoti che hanno interessato il territorio di Crotona (Fonte: *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia*);

10. Bibliografia

Archivio Macrosismico GNDT, 1995. Studi preliminari di terremoti attraverso i repertori sismologici. Archivio macrosismico del GNDT, Milano. – Macro seismic Data Points are available at <http://emidius.mi.ingv.it/DOM/consultazione.html>;

Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 571 Crotona. ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Servizio Geologico d'Italia. Ente realizzatore: Università di Udine;

Catalogo dei Forti Terremoti in Italia <http://storing.ingv.it/cfti4med/>;

Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 3.0, Roma, Ottobre 2013;

Dataset ITHACA (Italy Hazard from Capable faults) – <http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/ithaca.page>;

Galadini F., Meletti C., Vittori E.. Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili";

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G. and Valensise G., 2007. CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.–1997) and Mediterranean Area (760 B.C.–1500). INGV-SGA. <http://storing.ingv.it/cfti4med/>;

Galli P., Molin D., 2007. Il terremoto del 1905 della Calabria Meridionale. Studio Analitico degli effetti ed ipotesi sismogenetiche. Published online, 124 pp. Prima edizione a stampa, giugno 2008, 112 pp.;

Guerra I. (a cura di), (1999). Il database delle faglie capaci della Calabria: stato attuale delle conoscenze. GNDT – Progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili, 1999";

<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

Iervolino, I., Galasso, C. and Cosenza E. (2010). REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering* 8, 339–362;

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Bollettino macrosismico mensile;

Locati M., Camassi R. e Stucchi M. (a cura di), (2011). DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11;

Moretti A., (2000). Il database delle faglie capaci della Calabria: stato attuale delle conoscenze. CNR – GNDT – le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1991 – 199) – ISBN 88 – 900449 – 2 – 6, http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/P512/UR_UNICS.html, 2000;

Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 571 Crotona. ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Servizio Geologico d'Italia. Ente realizzatore: Università di Udine;

Palmieri E. e Palmieri F., Archivio dati;

Palmieri F., (2015) "Redazione dello studio Geologico e Geomorfologico per la stesura del PSC e Reu del Comune di Crotona" - Comm.: Comune di Crotona - Luglio 2013;

QTRP – Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico della Regione Calabria;

Rovida A., Camassi R., Gasperini P. e Stucchi M. (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11;

Workshop "Strategie di mitigazione del rischio sismico. La microzonazione sismica 2008-2013: esperienze, risultati e applicazioni", Roma, 22 e 23 Maggio 2013;

11. Allegati

Elenco elaborati **Microzonazione Sismica Livello 1 (MS1)**:

- **E01.** Relazione Illustrativa;
- **E02a.** Carta delle indagini;
- **E02b.** Carta delle indagini;
- **E02c.** Carta delle indagini;
- **E03.** Carta geologico - tecnica (1 /6);
- **E04.** Carta geologico - tecnica (2 /6);
- **E05.** Carta geologico - tecnica (3 /6);
- **E06.** Carta geologico - tecnica (4 /6);
- **E07.** Carta geologico - tecnica (5 /6);
- **E08.** Carta geologico - tecnica (6 /6);
- **E09.** Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (1 /6);
- **E10.** Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (2 /6);
- **E11.** Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (3 /6);
- **E12.** Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (4 /6);
- **E13.** Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (5 /6);
- **E14.** Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (6 /6);
- **E15.** Sezioni geologiche rappresentative;