



Progetto di sviluppo concessione "Colle Santo"
Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale

Integrazioni
richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017

ALLEGATO G
Integrazioni al quadro geologico e sismotettonico

Novembre 2017



CAMPO DI
COLLE SANTO

**Integrazioni al quadro
geologico e sismotettonico
(punto 21a)**

Novembre 2017



SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	2
2	GEOLOGIA	4
2.1	INTEGRAZIONE DELL'INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3	APPROFONDIMENTO DEL QUADRO SISMOTETTONICO	7
3.1	AREA DELLO STUDIO.....	7
3.2	SISMICITÀ STORICA	8
3.3	SISMICITÀ STRUMENTALE	11
3.4	FAGLIE ATTIVE	16
3.4.1	<i>Progetto ITHACA</i>	17
3.4.2	<i>Progetto DISS</i>	18
4	CONCLUSIONI	21
5	BIBLIOGRAFIA	22

1 INTRODUZIONE

Il campo di Colle Santo è situato nella regione Abruzzo e ricade nel Permesso di Ricerca "Monte Pallano" (fig. 1.1). L'estensione dell'area del Permesso di Ricerca include i comuni di Bomba e Pennadomo. Il giacimento è stato scoperto dalla società Agip attraverso la perforazione del pozzo Bomba 1 nel 1966. Negli anni successivi sono stati perforati altri 3 pozzi (Bomba 2, Bomba 3 e Bomba 7) che hanno confermato la mineralizzazione a gas del giacimento. Il campo non è mai stato messo in produzione e tutti i pozzi sono stati chiusi e abbandonati minerariamente. Nella seconda parte del 2007 la società Forest CMI S.p.A. ha ripreso il progetto perforando e testando due pozzi direzionati di *appraisal*, Monte Pallano 1dir (MP 1dir) e Monte Pallano 2dir (MP 2dir). CMI Energia SpA, subentrata nel 2015 alla società Forest CMI SpA, ha in programma di mettere in produzione il giacimento di Colle Santo con un nuovo progetto di sviluppo.

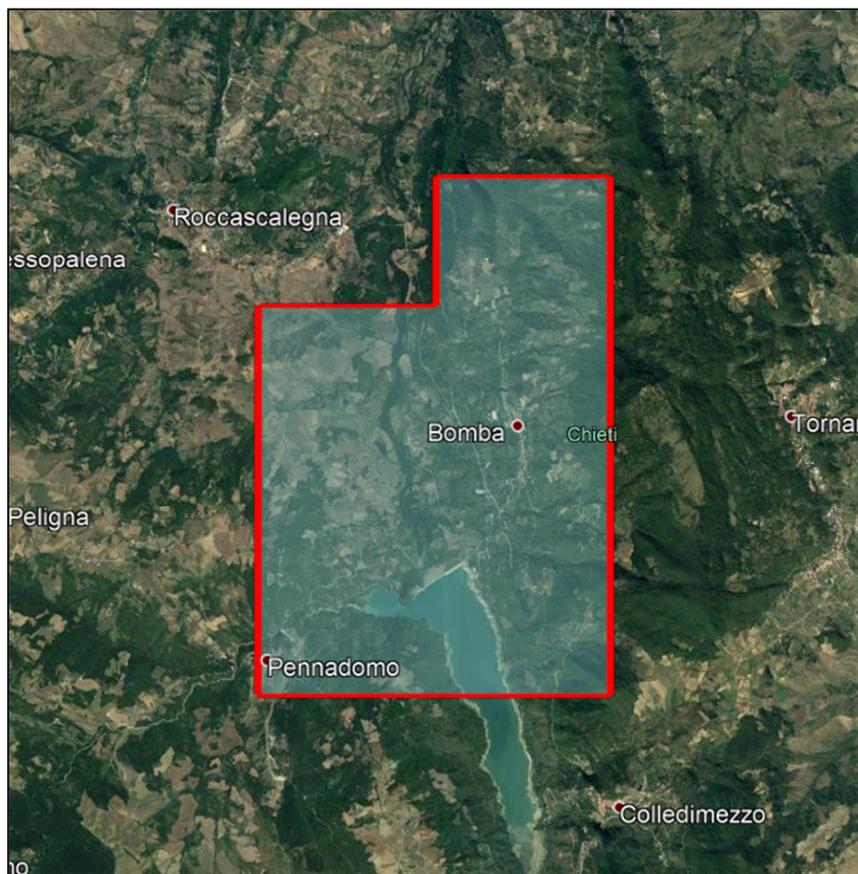


Fig. 1.1 – Ubicazione del Permesso di Ricerca "Monte Pallano" (linea rossa) comprendente il giacimento di Colle Santo.

Il giacimento è costituito da una trappola strutturale di tipo anticlinale fagliata verso ovest. Il culmine della struttura è localizzato ad una profondità di circa 1000 m TVDss. La zona circostante al campo è caratterizzata da discontinuità tettoniche che coinvolgono sia le formazioni sottostanti che quelle sovrastanti il giacimento, fino alla successione alloctona in

sovrascorrimento sui depositi pliocenici. Dal punto di vista litostratigrafico il *reservoir* rappresenta un intervallo carbonatico di età Cretaceo superiore-Miocene medio-superiore riferibile alla successione indifferenziata di avampaese Apulo (Cretaceo superiore) e alla Formazione Bolognano (Serravalliano-Tortoniano). La roccia di copertura del giacimento (*cap rock*) è costituita da un intervallo di calcare argilloso-marnoso appartenente alla Formazione Bolognano (DREAM, 2012).

Il presente studio, eseguito da DREAM s.r.l., contiene approfondimenti geologici e sismotettonici relativi all'area regionale in cui è ubicato il campo di Colle Santo e, in particolare, tratta i seguenti punti:

- Integrazione dell'inquadramento geologico con dati provenienti dalla bibliografia più recente.
- Analisi delle faglie attive riconosciute all'interno di database appartenenti ad enti pubblici.
- Analisi della sismicità (magnitudo, epicentri e profondità) sulla base dei database disponibili appartenenti ad enti pubblici.
- Generazione di mappe e sezioni rappresentative per l'area regionale oggetto di studio.

2 GEOLOGIA

2.1 INTEGRAZIONE DELL'INQUADRAMENTO GEOLOGICO

In questo capitolo si presentano alcune integrazioni all'inquadramento geologico dell'area regionale in cui è ubicato il campo di Colle Santo. Le analisi aggiuntive includono informazioni sulla geologia regionale derivanti da diverse fonti disponibili appartenenti alla bibliografia più recente.

La zona di transizione tra l'Appennino centrale e l'Appennino meridionale, dove si colloca il campo di Colle Santo, è stata oggetto di studio da parte di vari ricercatori che hanno prodotto diverse pubblicazioni dove vengono descritte in modo dettagliato le caratteristiche geologiche, strutturali e stratigrafiche dell'area in oggetto (e.g. Festa et al., 2006; Patacca et al., 2008; Calamita et al., 2009, 2011).

La struttura Casoli-Bomba è interpretata come un'anticlinale di *shortcut* associata alla riattivazione in regime compressivo di faglie estensionali pre-orogeniche (Calamita et al. 2009, 2011) e si colloca all'interno dei depositi carbonatici di piattaforma riferiti alle Unità Apulo-Adriatiche deformate dell'Appennino Meridionale. Gli elementi strutturali più profondi dell'intero edificio centro-appenninico affiorano nella anticlinale della Maiella e nella adiacente anticlinale di Casoli (Festa et al., 2006). Queste strutture emergono in corrispondenza di due finestre tettoniche che mostrano le successioni deformate della Catena Apula esterna (e.g. Ghisetti e Vezzani, 1997, e relativa bibliografia).

Festa et al. (2006) hanno ricostruito il meccanismo di deformazione della catena Appenninica e dell'arretramento del rialzo periferico dell'avampaese. A questo scopo hanno utilizzato rapporti di sovrapposizione geometrica tra le diverse unità tettoniche della catena e vincoli stratigrafici. La struttura Casoli-Bomba si è formata durante l'ultimo episodio di raccorciamento (Pliocene inf.-Pleistocene sup.), responsabile del sovrascorrimento finale delle strutture di Maiella, Casoli e Bomba sui depositi argillosi del Pliocene superiore dell'avanfossa adriatica e seguito da un forte sollevamento. In fig. 2.1 si presenta l'ultima fase della deformazione della catena Appenninica all'interno della quale è possibile individuare la posizione dell'anticlinale di Bomba.

Satolli et al. (2014) hanno studiato in particolare l'ultima fase della deformazione (Pliocene-Quaternario) della catena Appenninica tramite un approccio integrato che include informazioni geologiche e strutturali, analisi di profili sismici e di termocronometri a bassa temperatura che forniscono informazioni circa il movimento delle rocce nella crosta terrestre. Nella figura 2.2 si presentano delle sezioni in direzione NO-SE e E-O che attraversano la zona comprendente il campo di Colle Santo; da queste sezioni possono essere estratte informazioni relative alle geometrie dei vari elementi strutturali sia in direzione areale che verticale.

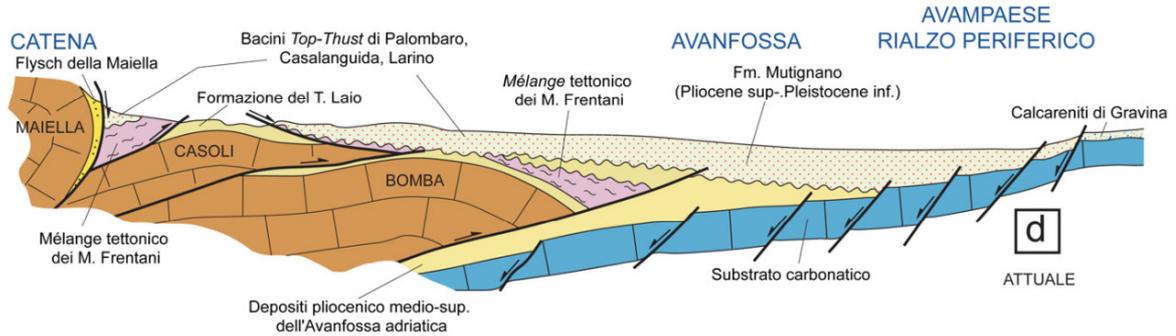


Fig. 2.1 – Ricostruzione dell'ultima fase (Pliocene inf-Pleistocene sip.) di deformazione della catena Appenninica e della migrazione verso l'esterno del sistema avanfossa-rialzo periferico dell'avampaese (Festa et al., 2006).

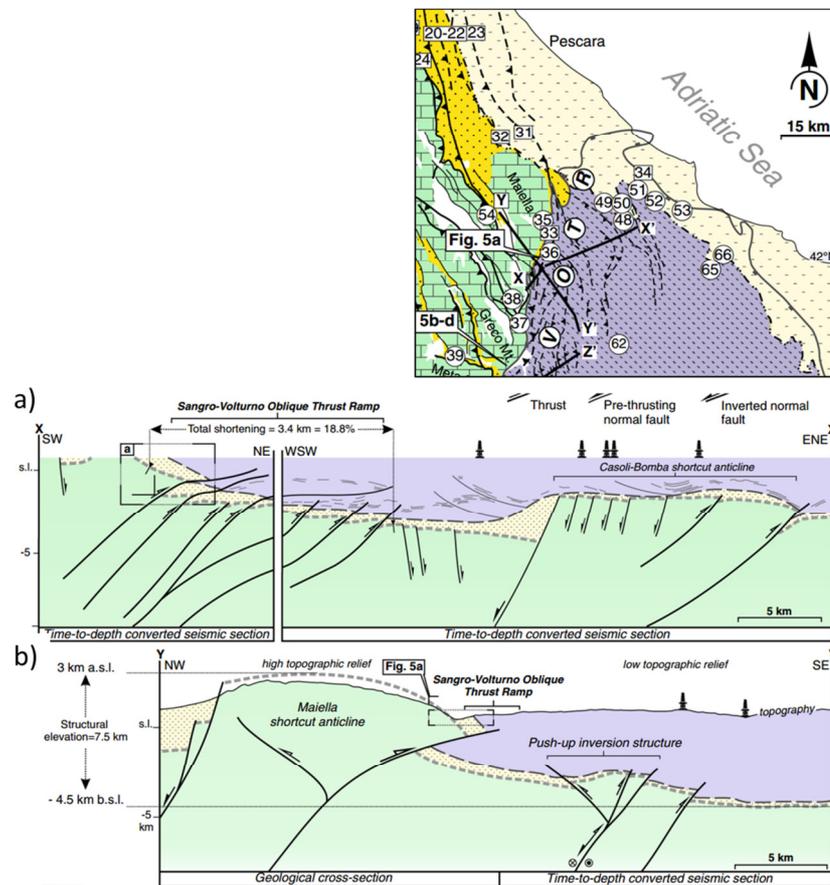


Fig. 2.2 – Sezioni in direzione a) E-O e b) NO-SE lungo la zona comprendente il campo di Colle Santo (modificata da Satolli et al., 2014).

Più recentemente Del Ben e Oggioni (2016), lavorando sulla stessa area tramite l'analisi di linee sismiche e caratteristiche geomorfologiche, hanno studiato la subsidenza e il successivo *uplift* dell'avampaese adriatico (e.g. Ricci, 2003) durante il più recente periodo di deformazione (Pliocene-Pleistocene). I loro risultati (fig. 2.3) dimostrano i motivi della subsidenza e dell'*uplift* della zona di catena e le loro implicazioni relativamente all'attivazione delle faglie esistenti e ai cambiamenti geomorfologici osservati sulla base della variazione delle geometrie dei sistemi di drenaggio.

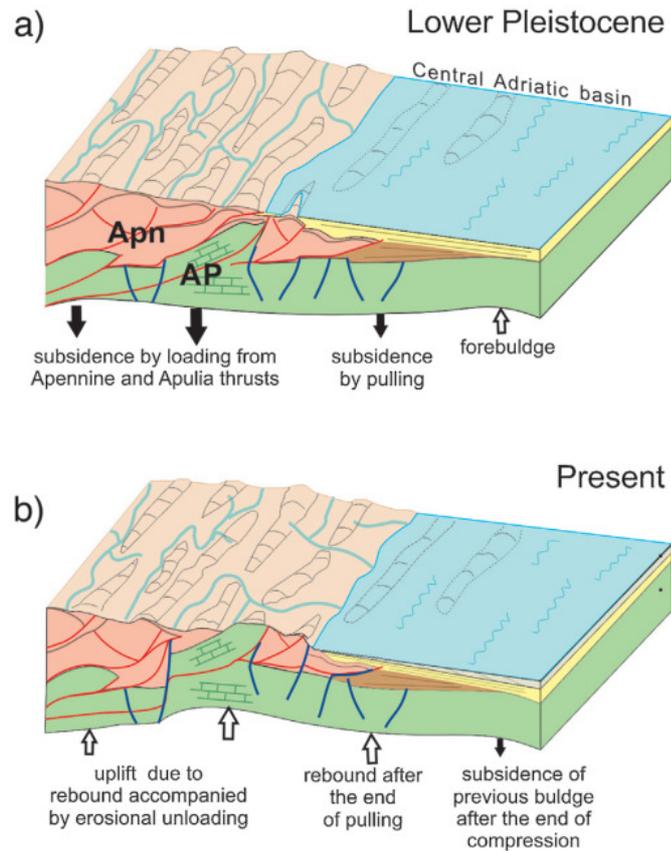


Fig. 2.3 – Scenario proposto per l’Appennino Centrale. a) Il regime di compressione comporta subsidenza con inclinazione verso ovest dell’avampaese ed espansione del *forebulge*. b) *Uplift* sviluppato dopo la fine della compressione e graduale scarico per erosione. L’elevato aumento della catena ha determinato una rete di drenaggio trasversale rispetto alla vecchia rete di drenaggio longitudinale. Il massimo *uplift* si è verificato in corrispondenza dell’asse della catena (modificata da Del Ben e Oggioni, 2016).

3 APPROFONDIMENTO DEL QUADRO SISMOTETTONICO

3.1 AREA DELLO STUDIO

Il giacimento è costituito da una successione di livelli calcarei di piattaforma giurassico-miocenici. Lo spessore complessivo della successione è variabile tra 75 m e 140 m. La profondità del *Top* della struttura si colloca a circa 1000 m TVDs con il contatto gas-acqua originale (OGWC) stimato alla profondità di 1120 m TVDs. Le dimensioni del giacimento sono pari a circa 4 km x 4 km. (DREAM, 2016).

Secondo le indicazioni del Ministero dello Sviluppo Economico, capitolo 4 del documento “INDIRIZZI E LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO DELLA SISMICITÀ, DELLE DEFORMAZIONI DEL SUOLO E DELLE PRESSIONI DI PORO NELL’AMBITO DELLE ATTIVITA’ ANTROPICHE (24/11/2014)” pubblicato da MISE (MISE-DGS-UNMIG, 2014), relativamente alla caratterizzazione geologica, strutturale e sismotettonica, si precisa la necessità di individuare delle eventuali faglie attive adiacenti (entro 3 km) o prossime (entro 15 km) al giacimento.

Nel caso del giacimento di Colle Santo, considerando le dimensioni dell’area mineralizzata, sono state definite le aree “adiacente” (3 km) e “prossima” (15 km); tali aree sono rappresentate in pianta nella figura 3.1.

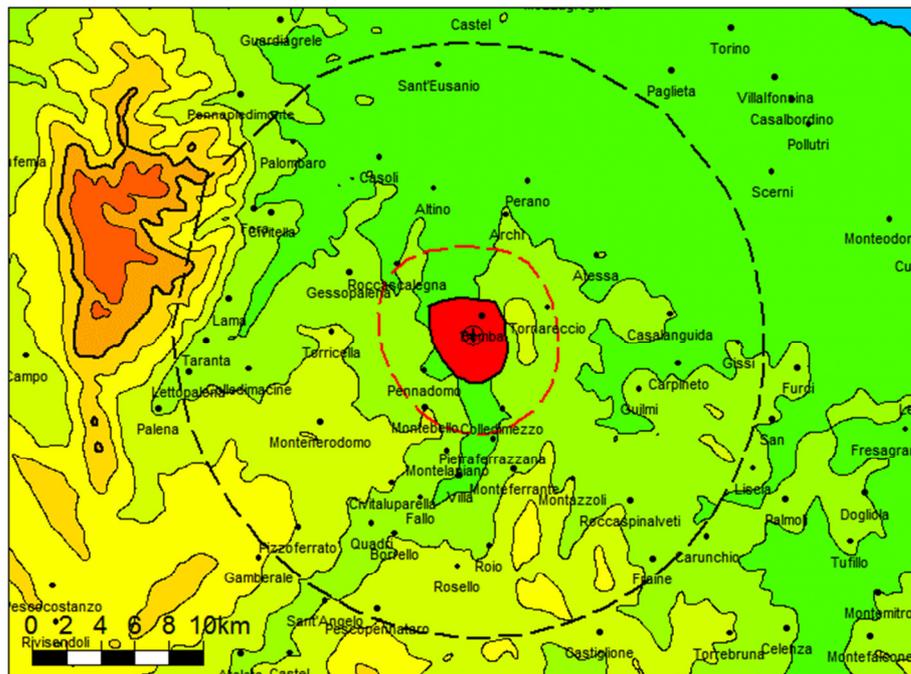


Fig. 3.1 – Mappa della zona circostante al giacimento di Colle Santo con indicazione delle dimensioni dell’area adiacente (3 km, linea rossa tratteggiata) e dell’area prossima (15 km, linea nera tratteggiata) utilizzate per l’analisi sismotettonica.

3.2 SISMICITÀ STORICA

Le informazioni relative alla sismicità storica in Italia, sono disponibili sul *database* dell'INGV CPTI15 (Rovida et al., 2016). Il catalogo ha una copertura temporale dall'anno 1000 fino al 2014, copre l'intero territorio nazionale ed include anche porzioni delle aree e dei mari confinanti. In totale sono catalogati nel *database* 4584 terremoti. Le soglie di ingresso dei terremoti sono state abbassate nell'ultima versione portando l'intensità massima a 5 e la magnitudo a 4.0 (nella versione precedente del catalogo le soglie erano invece pari a 5-6 e 4.5, rispettivamente). Il catalogo include anche informazioni macrosismiche che derivano da un *database* di riferimento DBMI15 (Locati et al., 2016). Maggiori informazioni sul *database* macrosismico e sul catalogo dei terremoti storici italiani possono essere trovate al seguente *link*: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Per il riconoscimento dei terremoti storici significativi nell'area del giacimento di Colle Santo è stata effettuata una ricerca nel catalogo CPTI15; gli epicentri dei principali eventi sismici sono rappresentati nella figura 3.2 mentre i parametri caratteristici di ciascun evento sono riepilogati nella tabella 3.1.

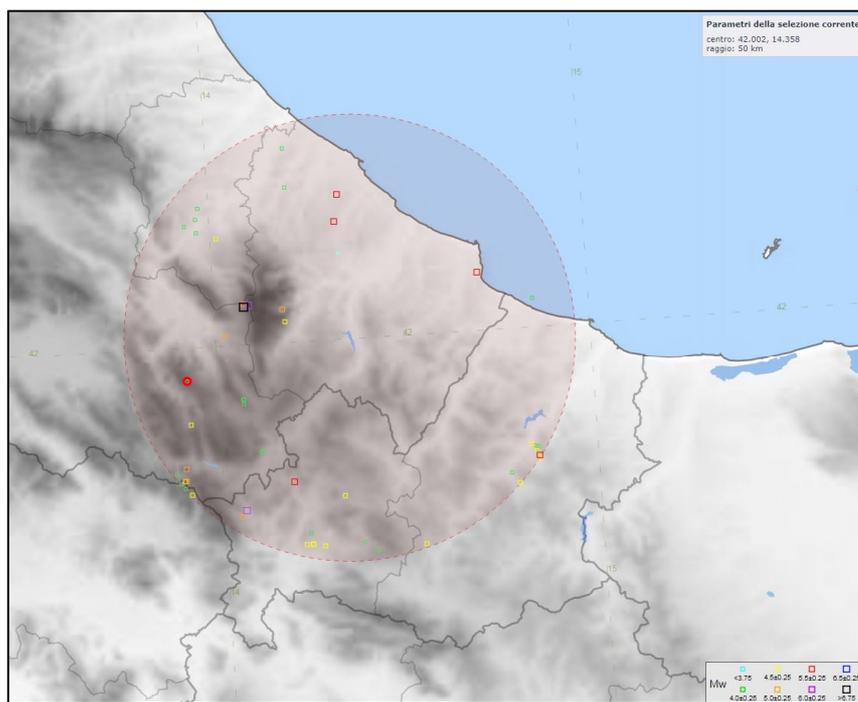


Fig. 3.2 – Epicentri degli eventi sismici significativi nell'area del giacimento di Colle Santo (modificata da progetto DISS: <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/help/50-understanding-active-faulting>).

Tabella 3.1. Parametri caratteristici dei terremoti storici estratti dal catalogo CPT15 in un raggio di 50 km dal giacimento di Colle Santo.

Anno	Mese	Giorno	Ore	Minuti	Secondi	Area Epicentrale	Lat	Lon	Mw	lmax
1349	1	22	18			Isemia	41.592	14.228	4.4	5-6
1706	11	3	13			Maiella	42.076	14.08	6.84	10-11
1742	3	16	2	30		Maiella	42.042	14.188	4.63	6
1807	1	28	17			Isemia	41.592	14.228	4.4	5-6
1822	3	16				Vasto	42.117	14.708	5.33	7-8
1825	10	27	10			Isemia	41.592	14.228	4.4	5-6
1830	12	29	11			Maiella	42.216	14.017	4.4	5-6
1838	3	5				Costa molisana	42.058	14.851	3.93	5-6
1841	6	10				Maiella	42.082	14.08	4.96	7-8
1841	10	18	13			Valle del Pescara	42.244	13.933	4.16	5
1871	8	14	2			Chietino	42.173	14.341	3.7	HF
1881	9	10	7			Chietino	42.237	14.335	5.41	8
1882	2	12				Chietino	42.291	14.347	5.26	7
1889	8	26	5	31		Castel di Sangro	41.783	14.108	4.2	5
1897	4	27	2	17	50	Maiella	42.23	13.964	4.21	5-6
1900	1	29	4	22		Alanno	42.279	13.972	4.08	5-6
1901	10	15	13	55	53	Alanno	42.257	13.964	4.22	6
1904	11	2	15	32	5	Marsica	41.932	13.918	4.54	5-6
1905	8	25	20	41		Valle Peligna	42.019	14.026	5.15	7
1907	3	20	13	28		Molise	41.579	14.528	4.38	7
1907	7	10	3			Pescocostanzo	41.889	14.065	3.93	4-5
1907	12	22	5	59		Rivisondoli	41.88	14.066	4.16	5-6
1908	6	5	2	58		Pescocostanzo	41.889	14.065	3.93	5-6
1914	12	19	3	50	42	Isemino	41.587	14.26	4.33	6-7
1925	9	24	13	33	46	Molise occidentale	41.719	14.188	5.26	7-8
1933	9	26	3	33	29	Maiella	42.079	14.093	5.9	9
1933	11	23	1	12	46	Maiella	42.067	14.183	5.06	
1936	7	31	5	46		Castel di Sangro	41.783	14.108	4.21	7
1940	10	15	8	51		Castel di Sangro	41.8	14.167		
1956	11	25	2	6	40	Isemino	41.572	14.399	4.07	6
1976	10	11	19	27		Isemino	41.685	14.32	4.29	5-6
1980	6	16	14	45		Marsica	41.844	13.922	4.44	5
1983	8	12	19	36	30	Monti della Meta	41.655	14.045	4.76	5
1984	5	7	17	50		Monti della Meta	41.667	14.057	5.86	8
1984	5	11	10	50	7	Monti della Meta	41.756	13.903	4.79	
1984	5	11	13	14	55.87	Monti della Meta	41.732	13.901	4.8	
1984	5	11	13	39	2.24	Monti della Meta	41.732	13.898	4.5	
1984	5	12	0	8	43.43	Monti della Meta	41.727	13.887	4.15	
1984	5	13	11	21	45.75	Monti della Meta	41.746	13.878	4.16	
1984	7	1	7	47	12.54	Monti della Meta	41.704	13.915	4.63	6
1984	12	3	18	5	34.34	Monti della Meta	41.717	13.898	4.05	4
1985	3	14	23	3	51.22	Isemino	41.592	14.211	4.37	6
1990	4	16	19	9	32.98	Isemino	41.614	14.224	3.78	5-6
1992	2	18	3	30	9.82	Chietino	42.39	14.208	4.11	5-6
1992	7	16	5	38	53.83	Chietino	42.311	14.208	4.22	6
1998	3	7	3	27	4.31	Isemino	41.59	14.365	3.75	5-6
2002	11	1	15	9	1.92	Molise	41.741	14.843	5.72	7
2002	11	1	17	21	31.31	Molise	41.737	14.841	4.47	
2002	11	2	2	37	1.42	Molise	41.758	14.841	4.02	
2002	11	4	0	35	46.88	Molise	41.75	14.837	4.45	
2002	11	4	3	26	30.62	Molise	41.764	14.823	4.26	
2002	11	4	3	49	27.59	Molise	41.761	14.834	3.86	
2002	11	12	9	27	48.57	Molise	41.689	14.786	4.57	5-6
2003	1	27	4	3	46.57	Molise	41.71	14.766	3.84	5

I terremoti con magnitudo (M) più alta tra quelli estratti dal catalogo CPTI15 sono quelli del 1706 (M 6.84) e del 1933 (M 5.9) con epicentro nella zona della Maiella. L'intensità del terremoto del 1706 nel comune di Bomba è risultata compresa tra 7-8 mentre nel caso del terremoto del 1933 è stata calcolata una intensità pari a 6. (fig. 3.3). Nella figura 3.3 si riportano anche le intensità (Int.) relative al comune di Bomba per alcuni dei terremoti elencati nella tabella 3.2.

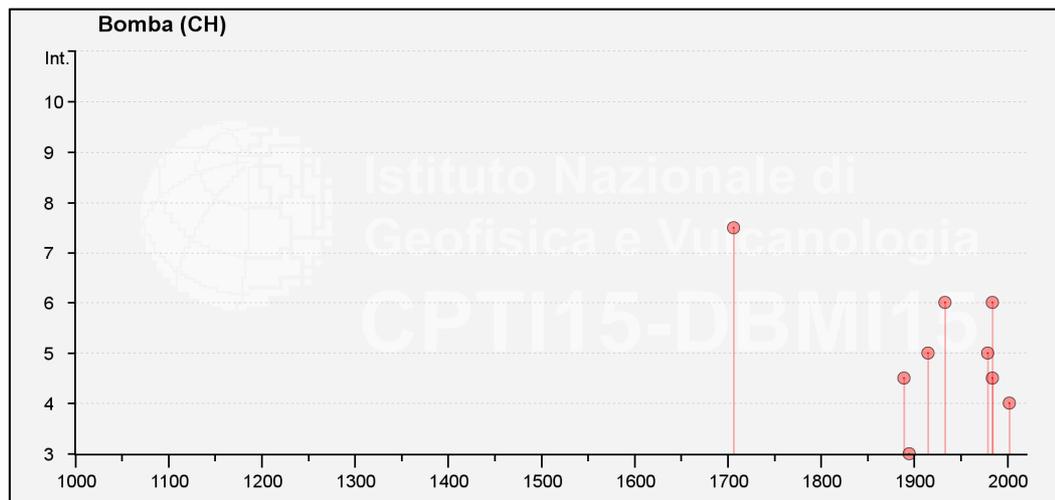


Fig. 3.3 – Intensità dei terremoti storici relativi al comune di Bomba estratti dal *database* macrosismico DBMI15.

Tabella 3.2. Parametri caratteristici dei terremoti storici estratti dal catalogo DBMI15 per cui è stata calcolata l'intensità al comune di Bomba.

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
7-8	1706	11	03	13			Maiella	99	10-11 6.84
4-5	1889	12	08				Gargano	122	7 5.47
3	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6 5.11
5	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11 7.08
6	1933	09	26	03	33	2	Maiella	325	9 5.90
NF	1948	12	31	03	32		Monti Reatini	95	8 5.42
5	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9 5.83
6	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8 5.86
4-5	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7 5.47
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375	5.77
NF	1992	07	16	05	38	5	Chietino	107	5-6 4.22
4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7 5.72
NF	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6 4.57
2	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5 4.44
NF	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384	4.64

3.3 SISMICITÀ STRUMENTALE

La sismicità strumentale è stata estratta dai cataloghi dell'INGV e, in particolare, dal *database* ISIDE (*Italian Seismological Instrumental Database*) del 2016. L'intervallo estratto copre gli anni dal 1980 fino ad oggi, fino ad una distanza pari a 100 km dalla zona del giacimento di Colle Santo. Nella figura 3.4 sono rappresentati in pianta gli epicentri di tutti i terremoti presenti nel *database* con magnitudo $M > 2$. Tali eventi sono stati utilizzati per la costruzione di tutte le figure presenti in questo paragrafo.

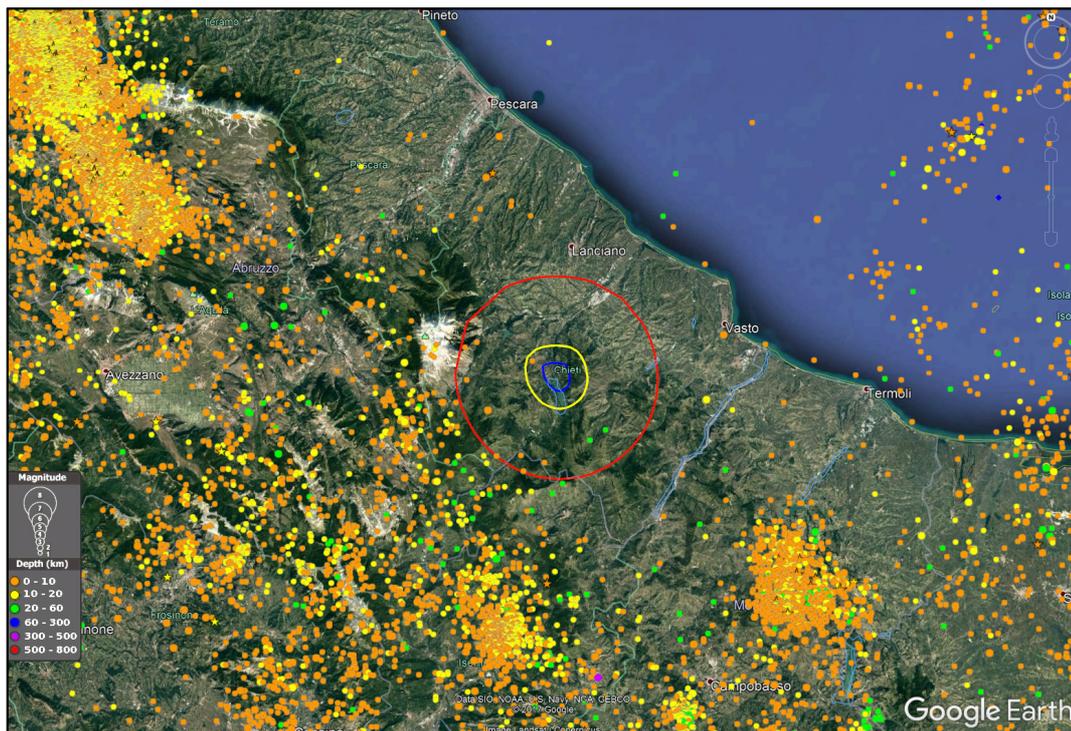


Fig. 3.4 – Mappa degli eventi relativi alla sismicità strumentale dal 1980 ad oggi estratti dal *database* ISIDE dell'INGV. La linea blu rappresenta l'estensione del giacimento di Colle Santo, la linea gialla il limite dell'area adiacente, mentre la linea rossa identifica l'area prossima.

Si osserva che la zona nell'intorno del giacimento (all'interno della zona prossima) è caratterizzata da un limitato numero di terremoti registrati (zona a bassa sismicità) con magnitudo (M) compresa tra 2 e 4 e profondità variabile da 5 km a 25 km.

La sismicità più elevata nella zona dell'Appennino centrale è concentrata nella zona lungo la catena stessa ed è associata a importanti sequenze sismiche (e.g. Isernia 1984, Campobasso 2002, L'Aquila, 2009, Amatrice 2016). Fracassi e Milano (2014) hanno condotto uno studio di ri-localizzazione della sismicità registrata nel periodo 2007-2011 nella zona di transizione tra l'Appennino Centrale e l'Appennino Meridionale allo scopo di identificare collegamenti tra i principali sistemi di faglie presenti nella zona. Nella figura 3.5 si riporta la distribuzione degli epicentri nella regione nelle vicinanze del campo di Colle Santo con l'indicazione aggiuntiva della profondità dei terremoti registrati nella zona di studio di Fracassi e Milano (2014).

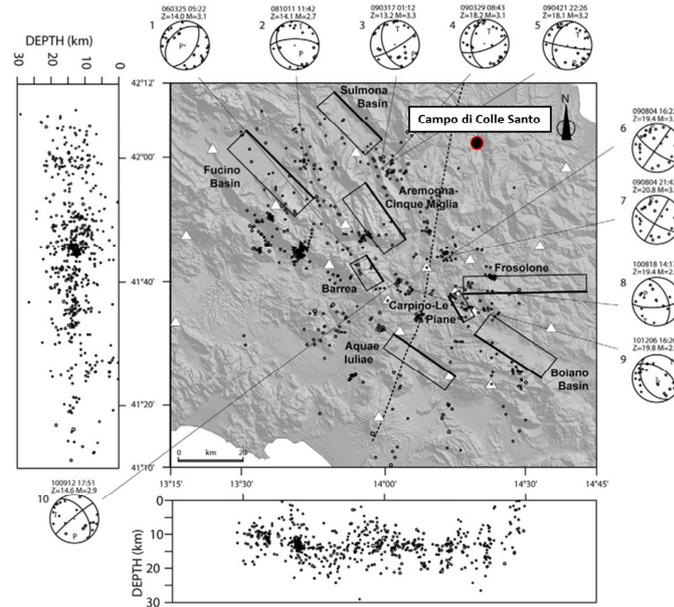


Fig. 3.5 – Mappa degli epicentri dei terremoti registrati durante il periodo 2007-2011 nella zona SO del campo di Colle Santo. Si possono osservare le profondità degli eventi e i meccanismi focali medi calcolati per la zona (Fracassi e Milano, 2014).

I dati relativi alla sismicità strumentale ricavati dal *database* ISIDE (fig. 3.4) sono stati inseriti nel progetto Petrel (SchlumbergerTM) del modello statico 3D del giacimento di Colle Santo (DREAM, 2016) e sono stati utilizzati per la costruzione di immagini 3D (fig. 3.6) e di sezioni verticali (fig. 3.7-3.9) in varie direzioni, per analizzare la posizione del giacimento rispetto agli ipocentri degli eventi legati alla sismicità strumentale.

Il giacimento si trova in una zona di bassa sismicità associata ad un limitato numero di terremoti rilevati negli ultimi 37 anni di registrazione strumentale. Nelle figure 3.7-3.9 si osserva chiaramente l'esistenza di questa zona a bassa sismicità di forma circolare con un raggio di quasi 40 km che si estende fino a una profondità di circa 5 km. Gli allineamenti degli ipocentri dei terremoti alle profondità di 5 km e di 10 km osservabili nelle sezioni sono dovuti (nella maggior parte dei casi) a approssimazioni dell'algoritmo di localizzazione applicate alla profondità degli eventi per garantire la stabilità dei calcoli.

Nell'interpretazione dei dati relativi alla distribuzione degli ipocentri dei terremoti in una determinata zona devono essere prese in considerazione le incertezze legate alla determinazione delle coordinate geografiche dell'epicentro e della profondità dovute alla qualità della localizzazione stessa (numero di arrivi delle onde P e S, modello di velocità, magnitudo del terremoto, etc.). Amato e Mele (2008) hanno pubblicato i risultati delle "prestazioni" della rete sismologica dell'INGV per gli anni 1997-2007. Gli autori hanno calcolato che la soglia di rilevabilità della rete è scesa a M 1.7. Grazie alla migliore qualità di registrazione per gli eventi di qualità Q1-A (Amato e Mele, (2008) per dettagli), gli errori legati alla determinazione delle coordinate geografiche (*horizontal error*) sono minori di 2 km mentre per la profondità (*vertical error*) minori di 4 km.

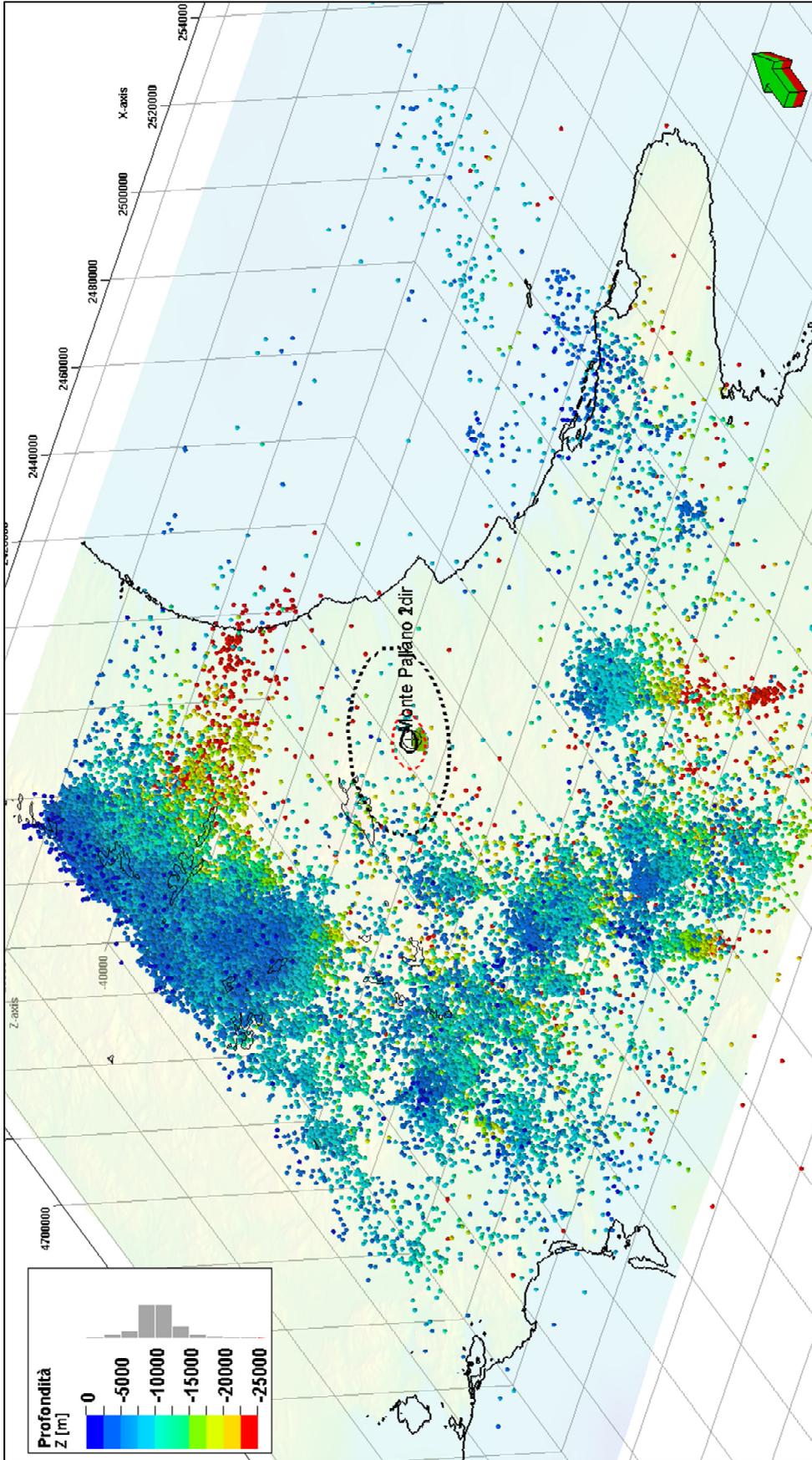


Fig. 3.6 -- Rappresentazione in vista 3D degli ipocentri dei terremoti (con $M > 2$) estratti dal database ISIDE dell'INGV per il periodo 1980-2017. Nella figura sono riportate la posizione del giacimento e i limiti dell'area adiacente (rosso tratteggiato) e dell'area prossima (nero tratteggiato).

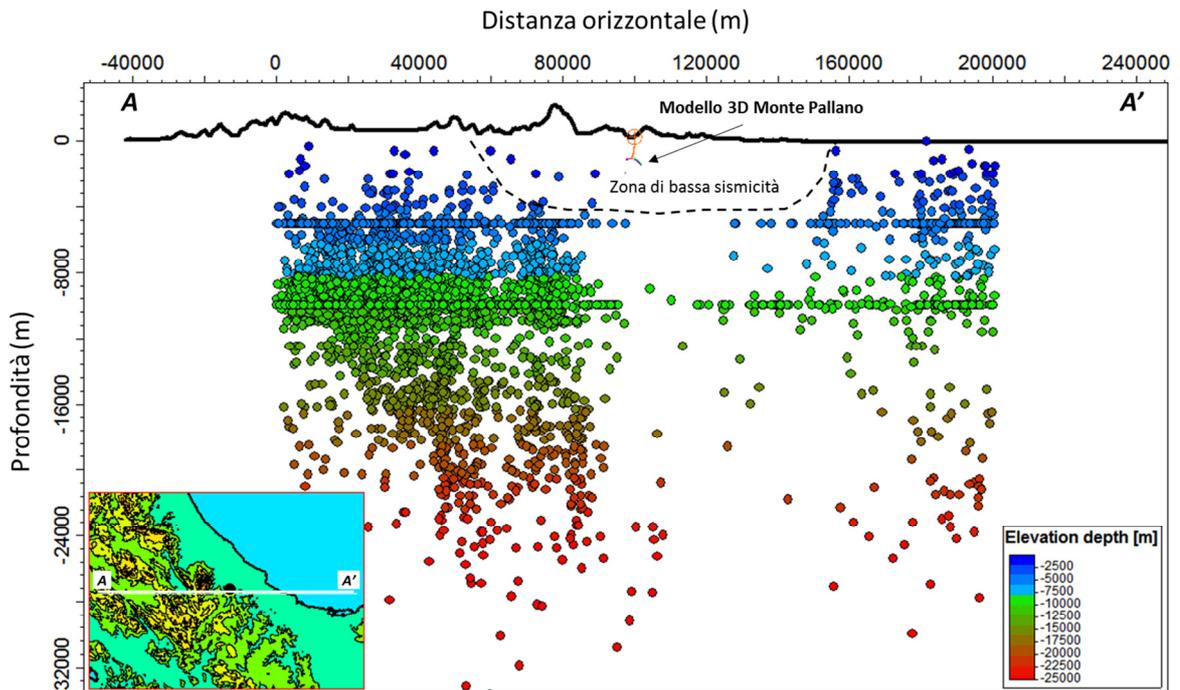


Fig. 3.7 – Sezione verticale in direzione O-E. Gli ipocentri proiettati sulla sezione appartengono a una fascia di spessore pari a 25 km che si sviluppa lungo entrambi i lati del profilo. Gli allineamenti degli ipocentri a 5 km e a 10 km sono molto frequentemente il risultato dell'impostazione manuale della profondità durante la localizzazione dei terremoti. La zona delimitata dalla linea nera tratteggiata indica bassa sismicità strumentale nelle vicinanze del giacimento.

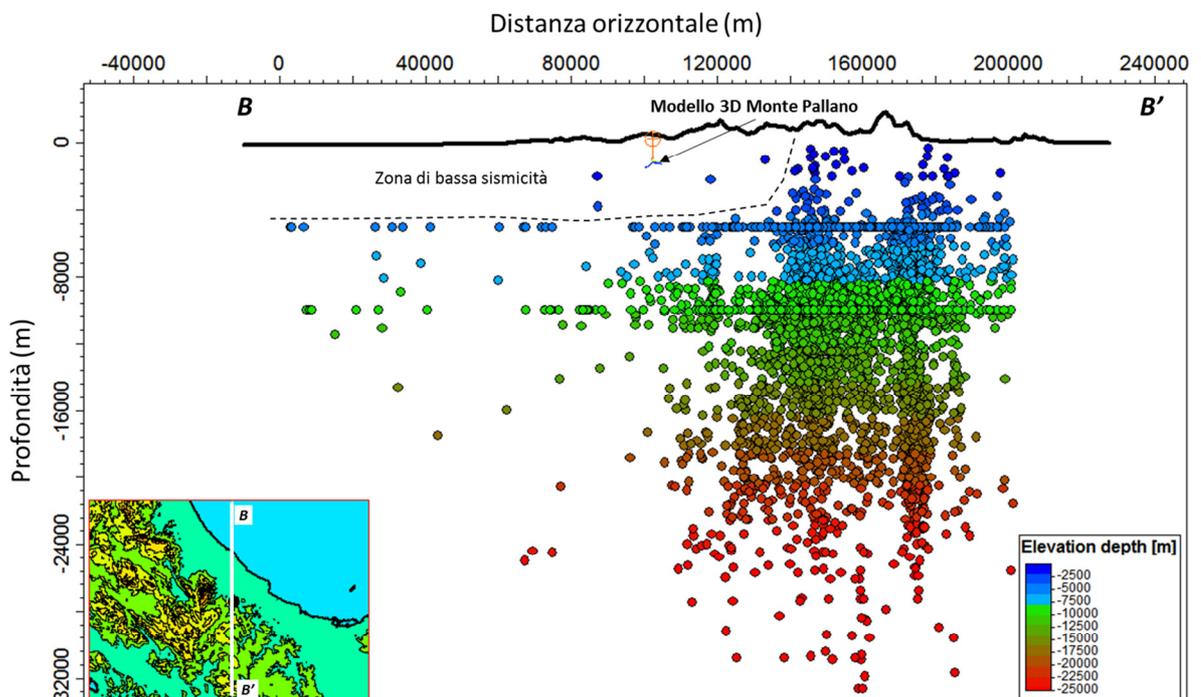


Fig. 3.8 – Sezione verticale in direzione N-S. Gli ipocentri proiettati sulla sezione appartengono a una fascia di spessore pari a 25 km che si sviluppa lungo entrambi i lati del profilo. Gli allineamenti degli ipocentri a 5 km e a 10 km sono molto frequentemente il risultato dell'impostazione manuale della profondità durante la localizzazione dei terremoti. La zona delimitata dalla linea nera tratteggiata indica bassa sismicità strumentale nelle vicinanze del giacimento.

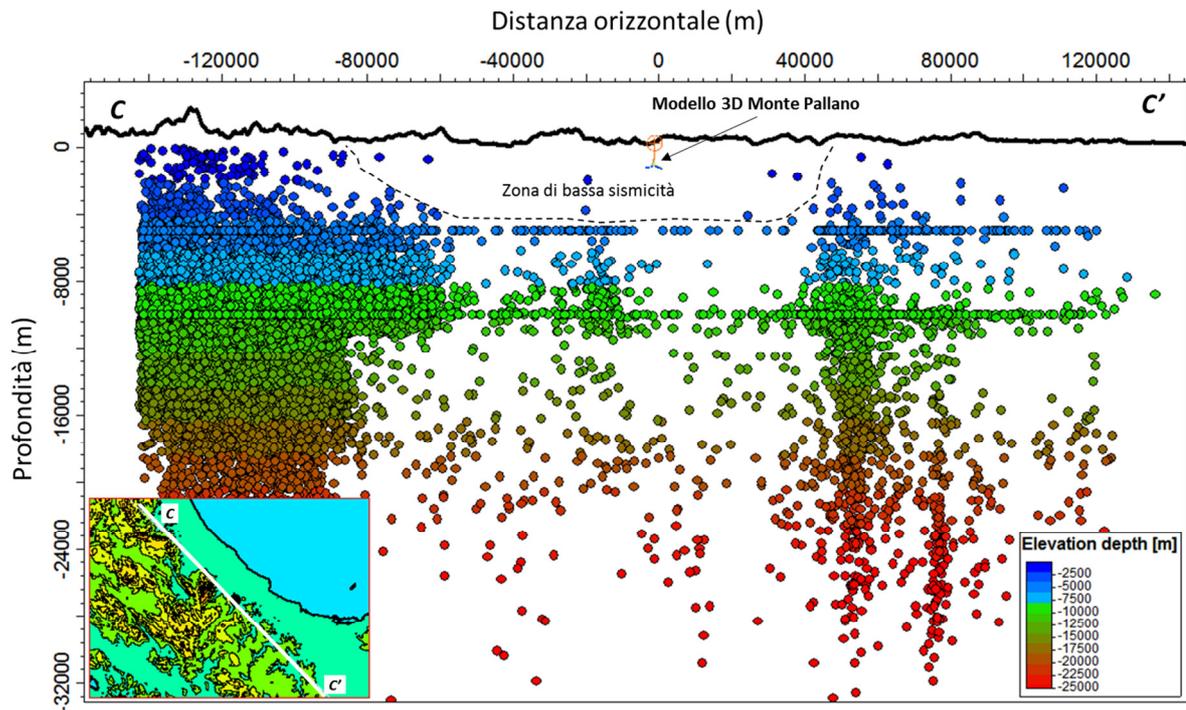


Fig. 3.9 – Sezione verticale in direzione NO-SE. Gli ipocentri proiettati sulla sezione appartengono ad una fascia di spessore pari a 25 km che si sviluppa lungo entrambi i lati del profilo. Gli allineamenti degli ipocentri a 5 km e a 10 km sono molto frequentemente il risultato dell'impostazione manuale della profondità durante la localizzazione dei terremoti. La zona delimitata dalla linea nera tratteggiata indica bassa sismicità strumentale nelle vicinanze del giacimento.

3.4 FAGLIE ATTIVE

La definizione della possibile presenza di **faglie attive** all'interno dei domini volumetrici definiti secondo le indicazioni del MISE è stata effettuata attraverso una ricerca dedicata che è stata estesa a tutti i *database* pubblici disponibili.

Una faglia è definita come attiva se produce spostamenti su un arco temporale geologico (fig.3.10). Una **faglia attiva** che ha provocato spostamenti nel recente passato rappresenta una probabile fonte di nuovi spostamenti nel futuro prossimo.

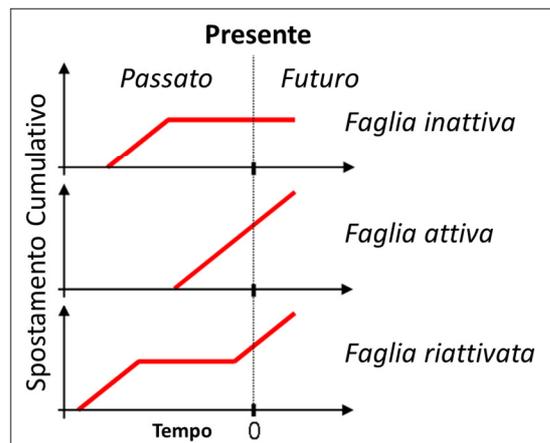


Fig. 3.10 – Definizione di faglia attiva (modificata da progetto DISS: <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/help/50-understanding-active-faulting>).

Non esiste un termine univoco per definire una faglia attiva. In letteratura si possono trovare varie definizioni per le faglie attive. Ad esempio, Slemmons e McKinney (1977) propongono una definizione per cui le faglie attive sono quelle che hanno presentato spostamenti durante il presente regime sismotettonico. Boschi et al. (1996) dichiarano che una faglia attiva, in grado di influenzare la valutazione del rischio sismico (*seismic hazard assesment*), è quella che ha presentato attività durante il Pleistocene superiore (negli ultimi 125'000 anni circa) e ha dimostrato di poter generare terremoti distruttivi. Nelle linee guida IAEA (2010) si fa una distinzione tra strutture attive all'interno di diverse ere geologiche caratterizzate da eventi tettonici significativi, proponendo di considerare l'intervallo temporale Pleistocene superiore-Olocene nelle regioni di interplacca (ai bordi di una placca tettonica) e l'intervallo Pliocene-Quaternario nelle regioni di intraplacca (all'interno di una placca tettonica). Riferimenti più completi sulla definizione di "faglia attiva" possono essere trovati presso il sito web dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) al seguente indirizzo: <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/help/50-understanding-active-faulting>.

Nel caso del territorio italiano esistono due progetti (cataloghi o *database*) per la definizione del comportamento delle faglie. Il primo di essi è rappresentato dal progetto ITHACA (<http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/ithaca.page>) dell'Istituto superiore per la Protezione e la Ricerca ambientale (ISPRA), mentre il secondo è il progetto DISS (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

3.4.1 Progetto ITHACA

Il catalogo ITHACA (ITaly Hazard from Capable faults) del 2017 raccoglie le informazioni disponibili sulle faglie cosiddette “capaci”, cioè le faglie che potenzialmente possono creare deformazione tettonica permanente in superficie, all’interno del territorio italiano. ITHACA è uno strumento per l’analisi di pericolosità ambientale e sismica, per la comprensione dell’evoluzione recente del paesaggio, e per la pianificazione territoriale e gestione delle emergenze di competenza della Protezione Civile. Può essere inoltre di supporto alla ricerca scientifica nell’ambito dell’analisi dei processi geodinamici. Le faglie capaci vengono mappate e caratterizzate in ITHACA sulla base dei dati disponibili in letteratura dopo una attenta revisione critica (ISPRA-Portale SGI). La stessa fonte (ISPRA) richiama alcune precisazioni sull’utilizzo dei dati provenienti dal database ITHACA, specificando in particolare che il catalogo:

- *è in continuo aggiornamento e non può mai considerarsi completo o definitivo;*
- *non rappresenta la totalità delle faglie capaci presenti sul territorio nazionale, ma solo quelle per le quali esiste uno studio e quindi un riferimento bibliografico;*
- *non ha una copertura omogenea a livello nazionale. Il dettaglio è funzione della qualità delle indagini che sono state effettuate (rilevabile dal campo “study quality”) e della scala alla quale è stato pubblicato il dato, indicata nel campo “mapping scale” presente nella scheda descrittiva associata ad ogni faglia. A tale riguardo, la risoluzione massima a cui poter utilizzare il dato non deve essere superiore alla “mapping scale”.*

Nella figura 3.11 sono rappresentate le faglie capaci presenti nel *database* del progetto ITHACA. Si può notare che, con riferimento ai dati attualmente disponibili, nell’area di Colle Santo non si evidenzia la presenza di alcuna faglia capace all’interno del limite di 15 km dalla zona di giacimento.



Fig. 3.11 – Mappa della zona dell’Appennino Centrale e dell’Appennino Meridionale con l’ubicazione delle faglie capaci (linee rosse) contenute nel *database* ITHACA (ISPRA). Il cerchio di colore azzurro indica approssimativamente l’estensione dell’area prossima (zona 15 km) relativa al giacimento di Colle Santo.

3.4.2 Progetto DISS

Il database DISS dell'INGV (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>) contiene informazioni sismotettoniche ed è espressamente sviluppato per applicazioni nell'ambito della valutazione della pericolosità sismica da scuotimento (*ground shaking hazard*) alla scala nazionale e locale. Il contenuto del database è costituito da sorgenti sismogenetiche rappresentate in 3D ottenute parametrizzando la geometria e la cinematica di faglie e sistemi di faglie attive ritenute in grado di generare terremoti almeno di M 5.5 (Basili et al., 2008). Le due principali fonti di informazione nel database DISS sono:

- **Sorgenti sismogenetiche individuali:** rappresentazione 3D semplificata e rettangolare di un piano di faglia; si presume che le sorgenti sismogenetiche individuali mostrino un comportamento "caratteristico" rispetto alla lunghezza / larghezza di rottura ed alla magnitudo attesa.
- **Sorgenti sismogenetiche composite:** rappresentazione semplificata e tridimensionale di una faglia crostale contenente un numero non specificato di sorgenti sismogenetiche che non possono essere individuate singolarmente; le sorgenti sismogenetiche composite non sono associate a una serie specifica di terremoti o di distribuzione di terremoti.

Per maggiori informazioni sul database DISS si può consultare la pagina web (<http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/about>).

Le principali sorgenti sismogenetiche che interessano la zona estesa circostante il giacimento di Colle Santo sono state estratte dal database DISS e rappresentate nella figura 3.12. Dall'esame della figura si osserva che nelle vicinanze del giacimento (all'interno della zona **prossima**) si trovano 2 sorgenti sismogenetiche composite:

- **Deep Abruzzo Citeriore Basal Thrust (DISS id-ITCS078)**

http://diss.rm.ingv.it/dissnet/CadmoDriver?_action_do_single=1&_state=find&_token=NULLNULLNULLNULL&_tabber=1&_page=pSAsources_d&IDSource=ITCS078

- **Shallow Abruzzo Citeriore Basal Thrust (DISS id-ITCS079)**

http://diss.rm.ingv.it/dissnet/CadmoDriver?_action_do_single=1&_state=find&_token=NULLNULLNULLNULL&_tabber=1&_page=pSAsources_d&IDSource=ITCS079

I parametri caratteristici di queste sorgenti sismogenetiche composite ubicate all'interno della zona prossima sono riassunti nella Tabella 3.3. Nella Tabella 3.4 vengono elencati gli stessi parametri, estratti dal database DISS, relativi alle sorgenti sismogenetiche ubicate al di fuori dell'area prossima ma presenti nella figura 3.3. I valori dei parametri caratteristici possono essere potenzialmente utilizzati per simulazioni del forte scuotimento del suolo (*strong-ground motion*) in varie località usando metodi di simulazione stocastici o deterministici.

Sono state effettuate varie interpretazioni che riguardano la disposizione tettonica e le caratteristiche strutturali del sistema di compressione del Miocene-Pliocene fino al Pleistocene in questa parte della penisola Italiana. Dati provenienti da acquisizioni sismiche

(e.g. Patacca et al., 2008), hanno messo in luce solo in parte il sistema compressivo che è stato riconosciuto durante le attività legate all'esplorazione industriale. Solo recentemente è stata considerata l'ipotesi di un evento di compressione (Pleistocene superiore-Olocene) associata alle strutture costiere abruzzesi (e.g. de Nardis et al., 2008; Pomposo e Pizzi, 2009); inoltre, la presenza di una potenziale sorgente sismogenetica composita (*Deep ACBT*) è stata ipotizzata e presentata da Lavecchia e de Nardis (2009). Gli autori si sono concentrati sul ruolo sismogenetico di questo sistema compressionale che hanno chiamato Abruzzo Citeriore *Basal Thrust* (ACBT). Tale sistema si sviluppa sotto la zona costiera con pendenza verso SO, raggiungendo la profondità di 10-15 km sotto la zona dell'ammasso roccioso della Maiella. Attraverso l'interpretazione integrata di vari tipi di dati strutturali, gli autori sono stati in grado di isolare diversi *patch* del sistema come candidati di possibili fonti sismogenetiche individuali per gli eventi sismici del 1706, 1933 e 1881. Al contrario, Patacca et al. (2008) ritengono che l'anticlinale Casoli-Bomba sia associata ad un grande *backthrust* che disloca l'anticlinale basale della Maiella con pendenza verso NE.

Nel database DISS il sistema profondo ACBT viene ritenuto responsabile della formazione dell'anticlinale Casoli-Bomba circa 18 km a sud dell'anticlinale della Maiella. Inoltre viene suggerito che il terremoto del 1706 (M 6.8) sia stato generato in parte proprio da questo sistema composito. La causa del terremoto del 1933 (M 6) è invece ricondotta ad una rottura più superficiale, mentre il secondo sistema composito *Shallow ACTB* è ritenuto responsabile del terremoto del 1881 (M 5.6) nella zona del Chietino.

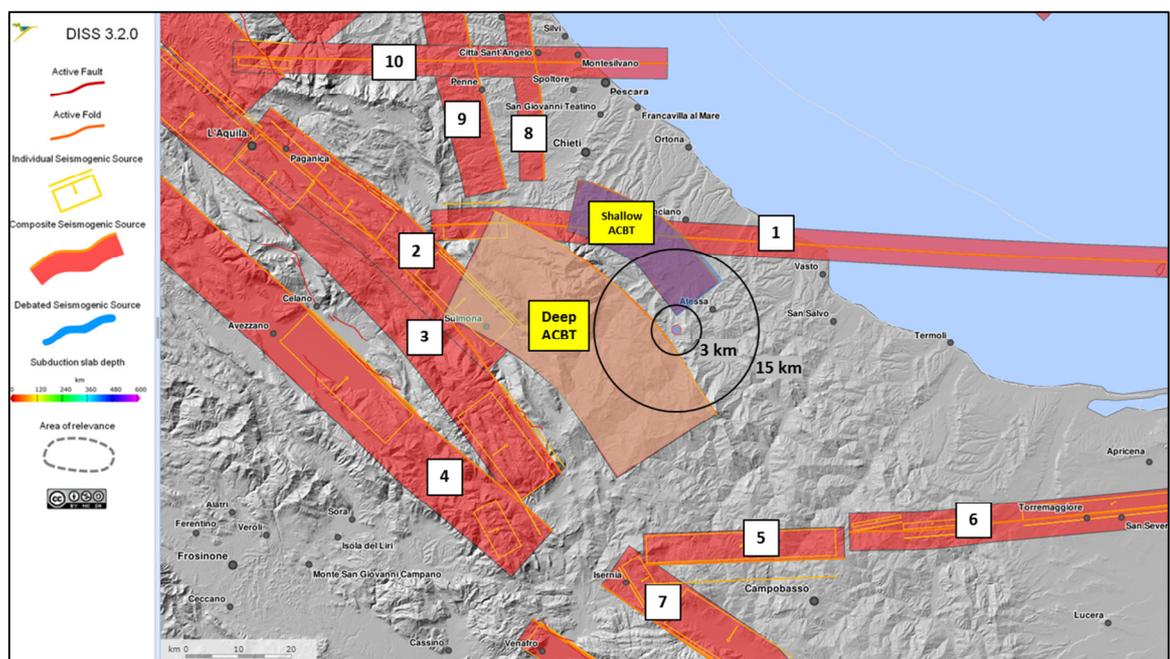


Fig. 3.12 – Mappa della zona dell'Appennino Centrale e dell'Appennino Meridionale con l'ubicazione delle sorgenti sismogenetiche attive contenute nel *database DISS* (INGV).

Tabella 3.3. Parametri caratteristici delle sorgenti composite identificate all'interno dell'area prossima del campo di Colle Santo. Tutti i valori riportati provengono dalla letteratura scientifica (Lavecchia e de Nardis, 2009).

	Profondità min. (km)	Profondità max. (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Slip rate (*) (mm/yr)	Magnitudo massima (**)
Deep ACBT	8	18	120-150	20-30	80-100	0.1-0.5	6.8
Shallow ACBT	3	8	110-150	20-40	80-100	0.1-0.5	5.6

(*) Valore sconosciuto – Expert Judgement. (**) Original Data

Tabella 3.4. Parametri caratteristici delle sorgenti composite identificate al di fuori dell'area prossima del campo di Colle Santo. (Per dettagli sui valori e riferimenti bibliografici si può visitare il sito web <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/>)

n.	Codice DISS	Profondità min. (km)	Profondità max. (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Slip rate (*) (mm/yr)	Magnitudo massima (**)
1	ITCS059	11	20	80-100	65-90	170-230	0.1-0.5	6
2	ITCS040	1	14	120-140	40-65	260-280	0.1-1	6.4
3	ITCS013	2	14	130-150	40-60	260-280	0.1-1	6.5
4	ITCS025	1	14.5	130-150	40-65	260-280	0.1-1.7	6.7
5	ITCS077	11	25	260-280	60-80	220-240	0.1-1	7
6	ITCS003	6	25	250-270	75-90	180-220	0.1-0.5	6.7
7	ITCS024	1	14	300-330	50-60	260-280	0.1-1	6.6
8	ITCS054	3	6.5	145-195	30-50	80-110	0.1-0.5	5.5
9	ITCS020	3	9	150-170	30-50	80-100	0.1-0.5	5.9
10	ITCS075	11	20	80-100	65-90	170-230	0.1-0.5	5.7

4 CONCLUSIONI

L'approfondimento del quadro geologico e sismotettonico della zona circostante il giacimento di Colle Santo è stato effettuato sulla base di una ricerca approfondita all'interno dei cataloghi e *database* pubblici e su informazioni che derivano dalla letteratura scientifica. In particolare, sono stati impiegati i *database* dei progetti ITHACA e DISS per l'identificazione delle faglie capaci e attive nelle vicinanze del giacimento. Inoltre, tramite i dati estratti dai cataloghi CPTI15 e DBMI15, è stata effettuata una ricerca relativa alla sismicità storica e alle intensità calcolate degli eventi sismici rilevati nella zona del Comune di Bomba. Utilizzando i parametri caratteristici dei terremoti registrati durante gli ultimi anni (1980-oggi, sismicità strumentale) sono state generate mappe e sezioni che forniscono un maggior dettaglio relativo alla sismicità rispetto alle strutture attive nell'area dell'Appennino centrale e dell'Appennino meridionale.

I dati relativi alla sismicità storica mostrano che in diverse occasioni negli ultimi 300 anni la zona oggetto di studio è stata affetta da terremoti significativi, principalmente legati all'attivazione di strutture compressive (*thrust*).

Tuttavia, analizzando i dati relativi al periodo di sismicità strumentale (dal 1980 in poi), si evidenzia chiaramente come la zona del giacimento di Colle Santo sia caratterizzata da una bassa sismicità. Un solo terremoto con magnitudo maggiore di M 4 è stato registrato in zona con epicentro ad una distanza di circa 50 km dal comune di Bomba negli ultimi 37 anni. Tutte le sezioni presentate mostrano l'assenza di terremoti significativi in una zona piuttosto ampia intorno al giacimento.

5 BIBLIOGRAFIA

- Amato A. e F. Mele (2008) Performance of the INGV National Seismic Network from 1997 to 2007. *Annals of Geophysics*, vol. 51, n 2/3, 417-431.
- Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics*, doi:[10.1016/j.tecto.2007.04.014](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.04.014).
- Boschi, E., D. Giardini, D. Pantosti, G. Valensise, R. Arrowsmith, P. Basham, R. Bürgmann, A.J. Crone, A. Hull, R.K. McGuire, D. Schwartz, K. Sieh, S.N. Ward and R.S. Yeats (1996). New trends in active faulting studies for seismic hazard assessment. *Annali di Geofisica*, XXXIX, 1301-1307.
- Calamita F., Satolli S., Scisciani V., Esestime P., Pace P. (2011) – Contrasting styles of fault reactivation in curved orogenic belts: examples from the Central Apennines (Italy), *Geological Society of America, Bulletin* 123 (2011), pp. 1097–1111.
- Calamita F., Esestime P., Paltrinieri W., Scisciani V., Tavarnelli E. (2009) – Structural inheritance of preand syn-orogenic normal faults on the arcuate geometry of Pliocene-Quaternary thrust: examples from Central and Southern Apennine chain, *Ital. J. Geosci.*, 128 (2009), pp. 381–394.
- Del Ben A. e Oggioni F. (2016) Seismic evidence of the rebound of the Adria foreland and the current geodynamics of the Central and Southern Apennines (Italy). *Journal of Geodynamics* 99, 51-63.
- de Nardis, R., B. Pace, G. Lavecchia, F. Visini and P. Boncio (2008). Geological and Macroseismic Data For Seismotectonic Purpose: The 1706 Maiella (Abruzzo, Italy) Earthquake Case Study. American Geophysical Union, Fall Meeting 2008, Abstract T21B-1946.
- DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.
- DREAM Srl. (2016). Campo di Colle Santo - Studio della subsidenza indotta dalla futura produzione del campo.
- Festa A., Ghisetti F. e L. Vezzani (2006) Carta Geologica Molise – Note illustrative. ISBN 88-902635-0-4.
- Fracassi U. e Milano G. (2014). A soft linkage between major seismogenic fault systems in the central-southern Apennines (Italy): Evidence from low-magnitude seismicity. *Tectonophysics*, 636, 18-31.

- Ghisetti F. e Vezzani L. (1997) – Geometrie deformative ed evoluzione cinematica dell'Appennino centrale. Studi Geol. Camerti, XIV (1996-97), 127-154.
- IAEA (2010), Seismic hazards in site evaluation for nuclear installations, Safety Standards Series No. SSG-9, p. 60, <http://www-ns.iaea.org/standards/>.
- ISIDe working group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe.
- ITHACA (2017). Progetto ITHACA faglie capaci – Istituto superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Sito web: <http://sgi1.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/ithaca.page>
- Lavecchia, G., and R. de Nardis (2009) UR 4.01 S1-29 Seismogenic sources of major earthquakes of the Maiella area (central Italy): constraints from macroseismic field simulations and regional seismotectonics. Convegno annuale dei progetti sismologici, Convenzione-Quadro tra Dipartimento della Protezione Civile e Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Triennio 2007-09, 19-21 October 2009, Rome, Italy.
- MiSE-DGS-UNMIG (2014). Ministero dello Sviluppo Economico – Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche - Gruppo di lavoro CIRM, Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche, Roma, 24/11/2014 http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenda/upload/85_238.pdf
- Patacca, E., Scandone, P., Di Luzio, E., Cavinato, G.P. and Parotto, M. (2008). Structural architecture of the central Apennines: Interpretation of the CROP 11 seismic profile from the Adriatic coast to the orographic divide. *Tectonics* 27: doi: 10.1029/2005TC001917. issn: 0278-7407.
- Pomposo, G., and A. Pizzi (2009). Evidenze di tettonica recente ed attiva nel settore esterno sepolto dell'Appennino centrale abruzzese. *Rendiconti online Soc. Geol. It.*, 5, 176-178.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), (2016). CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- Satolli S., Pace P., Viandante M. G., Calamita F. (2014) Lateral variations in tectonic style across cross-strike discontinuities: an example from the Central Apennines belt (Italy). *International Journal of Earth Sciences*, 103, 2301-2313.
- Slemmons D.B. and R. McKinney (1977), Definition of "Active Fault", U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Soil and Pavements Laboratory, Miscellaneous paper S-77-8, Final Report, May 1997, p. 22.