

EXPLORATION



Exploration

SGEG-GEOM

**Analisi della sismicità
Sealine Argo-Cassiopea - Gela**

Giugno 2018



Eni S.p.A.
Exploration

TIPOLOGIA DI
DOCUMENTO:

RAPPORTO TECNICO

TITOLO:

Analisi della sismicità

Sea LINE Argo-Cassiopea - Gela

DISTRIBUZIONE:

A: GPM

NOTE:

DATA EMISSIONE: 14/06/2018

“Servizi di Geologia e Geofisica”

GEOM

“Geodinamica e Monitoraggio Geofisico”

00
Rev.

21
Pagine

Redatto da: GEOM

F. Ferulano

A. Orefice

Antonia Orefice

Verificato da: GEOM

L. Barzaghi

Approvato da: GEOM

F. Salvi



Eni S.p.A.
Exploration

DOC. N.
GEOM

REV.
00

PAG. 2 DI 21

Foglio Revisioni

Rev.	Modifiche
00	14/06/2018 Prima emissione

 Eni S.p.A. Exploration			
	DOC. N. GEOM	REV. 00	PAG. 3 DI 21

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
2. Storia Sismica della Sicilia Centro-Meridionale.....	5
2.1. Sismicità nell'area del Golfo di Gela	5
2.1.1. Sismicità storica (1000-2014).....	5
2.1.2. Sismicità strumentale (1981-2017).....	7
2.2. Faglie Sismogenetiche e Faglie Capaci.....	10
3. Pericolosità sismica nel Golfo di Gela.....	13
3.1. Risentimenti Avvertiti nell'area di Gela - Licata	13
3.2. Inquadramento amministrativo e normativa sismica	16
3.3. Analisi statistiche.....	18
4. Conclusioni.....	20
5. Bibliografia.....	21
5.1. Bibliografia dei documenti amministrativi.....	21



1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del processo autorizzativo per il progetto di coltivazione dei campi a gas Argo e Cassiopea, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ha prescritto (prescrizione n° A.7, D.M. 149 del 27/05/2014) un'analisi della sismicità locale legata ad attività tettonica.

A tale scopo è stato eseguito il presente studio, che si propone di valutare il contesto tettonico e sismologico della Sicilia meridionale e dell'offshore antistante, dove si trovano ubicati i campi di Argo e Cassiopea.

Come completamento dell'analisi della sismicità è stato inserito un approfondimento relativo alla pericolosità sismica dell'area. Le conclusioni riportano il quadro di insieme della realtà geostrutturale e sismologica locale.

 Eni S.p.A. Exploration			
	DOC. N. GEOM	REV. 00	PAG. 5 DI 21

2. Storia Sismica della Sicilia Centro-Meridionale

2.1. Sismicità nell'area del Golfo di Gela

Per valutare correttamente la sismicità pregressa registrata nell'area di studio è necessario trovare le informazioni in un intervallo di tempo il più ampio possibile. In Italia i database macrosismici partono generalmente dall'anno 1000, anche se le informazioni diventano in genere più attendibili per eventi di forte intensità (V della scala MCS) solo alcuni secoli dopo.

La storia sismica è stata studiata all'interno di due circonferenze di raggio rispettivamente 50 km e 100 km centrate approssimativamente tra Gela e i campi di Argo e Cassiopea. La zona di interesse resta in mare e quindi i dati disponibili risultano limitati perché in ambito storico le informazioni di danno sono relative ad eventi in terraferma (salvo in caso di tsunami, che non sembrano essersi verificati nell'area in tempi storici, (Tinti et al. 2007)). Si è cercato perciò informazioni bibliografiche sui risentimenti che ha subito la città di Gela nel passato, la presenza di faglie considerate sismogenetiche e la pericolosità sismica stimata secondo gli ultimi decreti ministeriali e regionali.

2.1.1. Sismicità storica (1000-2014)

Le informazioni sulla sismicità storica in Italia (1000-2014) sono disponibili sul DB dell'INGV CPT15 (Gruppo di Lavoro CPTI – 2015), ultima revisione di cataloghi sviluppati negli ultimi 30 anni. Tale DB mostra un sostanzioso lavoro di verifica per l'area in studio e particolarmente per la zona Iblea, che ha portato anche a localizzazioni distanti svariati km da quelle presenti sulle versioni precedenti del catalogo.

In tale catalogo sono stati riportati in genere sismi con intensità $I_{max} > 5$ (scosse forti) e magnitudo stimata $M_w > 4.0$. Le informazioni disponibili per eventi fino al 1963 sono solo di tipo macrosismico (effetti di tipo geologico e/o danni al patrimonio immobiliare), fino al 1980 sono miste macrosismiche e strumentali. Dal 1980, con l'ampliarsi della rete sismologica nazionale, le informazioni sono essenzialmente di tipo strumentale.

In Fig. 1 sono stati riportati gli epicentri estratti dal DB CPT15. Al centro dei cerchi di raggio rispettivamente 50 e 100 km (viola e arancione) si trova il tracciato della Sealine di collegamento tra i campi Argo e Cassiopea con Gela (in verde).

Appare evidente che all'interno delle aree da investigare la sismicità è tutta raggruppata nel settore compreso tra Nord e Est, mentre manca nei quadranti occidentali.

I sismi più vicino a Gela sono localizzati ad una distanza superiore di 25 km dalla cittadina e a oltre 60 km dai campi di Argo e Cassiopea.

All'interno del cerchio di 50 km la sismicità si concentra sul lato orientale, con intensità 5-7 (scosse da forte a fortissime). I sismi più significativi sono avvenuti nel 1717, 1903, 1909, 1949, ma si hanno informazioni del risentimento a Gela solo per l'evento del 1903 (Intensità locale =2, scossa leggerissima).

Estendendosi nel cerchio di 100 km si ritrovano i terremoti più forti della zona Iblea con intensità 9-11 (scosse disastrose-catastrofiche) (eventi del 1169, 1542, 9/11 Gennaio 1693), e, volgendo verso Nord, l'attività delle Madonie.

Sul lato occidentale di Gela la sismicità di media energia, $M < 4.0$, non è presente. Bisogna acquisire informazioni relative a eventi più deboli per conoscere l'attività attualmente esistente.



Offshore di Gela
Epicentri sismici dal 1000 al 2014

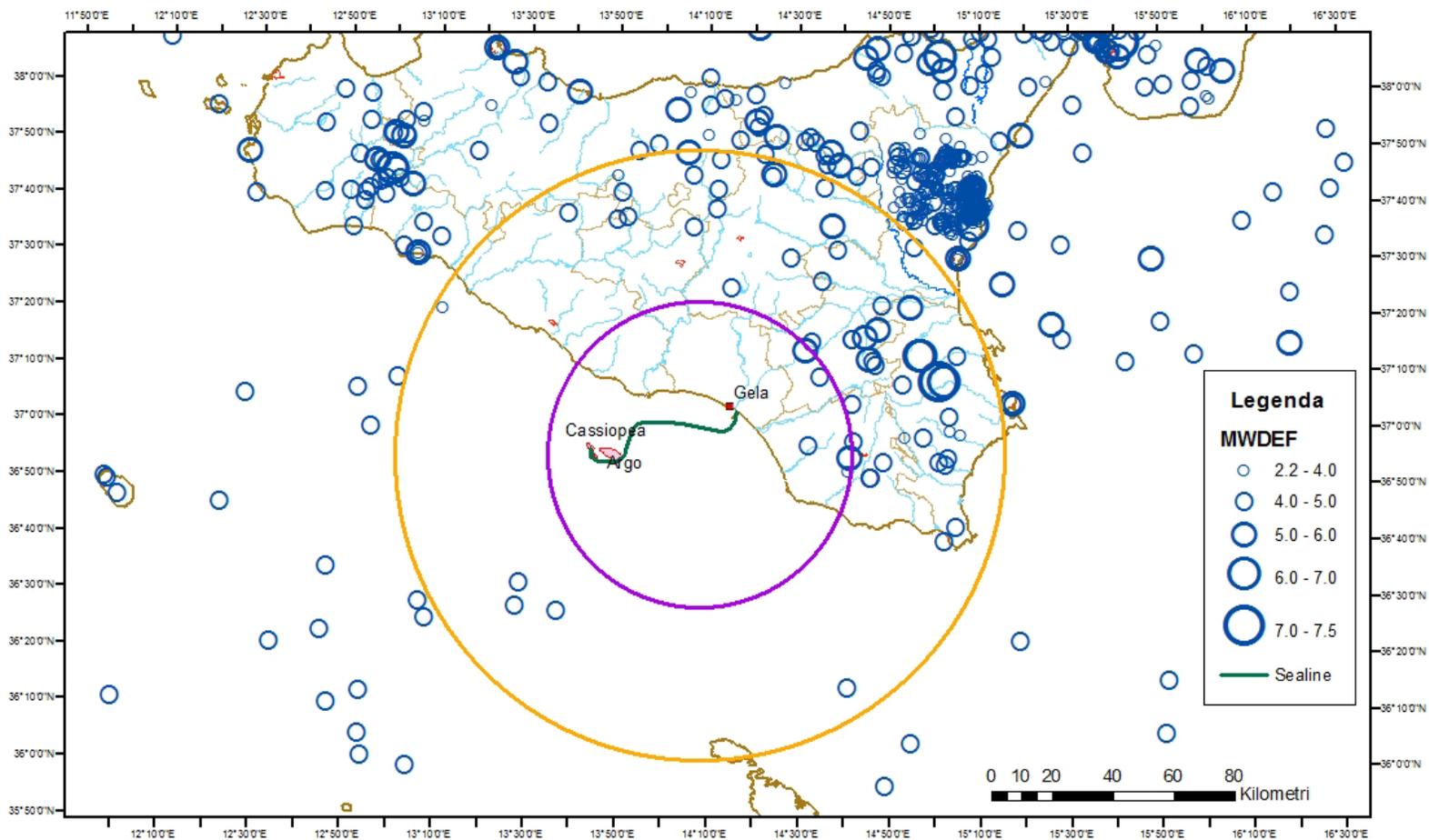


Fig. 1: mappa con gli epicentri di magnitudo > 4.0 dal 1000 al 2014. In arancio la circonferenza di raggio 100 km, in viola quella di raggio 50 km. In verde è mostrato il percorso della sealine.



2.1.2. Sismicità strumentale (1981-2017)

La sismicità strumentale registrata dal 1981, estratta dai DB dell'INGV (CSI 1.1 e CNT), è visibile per l'intera Sicilia nella Fig. 2 e in dettaglio nella Fig. 3. In questo caso sono disponibili anche informazioni relative al Golfo di Gela, anche se limitate dalla copertura solo terrestre della rete sismica. La maggior parte dell'attività resta localizzata nell'area sud-orientale, all'Etna e nel settore Nord in corrispondenza del Massiccio delle Madonie. Ancora, appare evidente la cesura tra le 2 aree ad Est e ad Ovest di Gela, che sembra estendersi verso Nord e in mare, dove la sismicità è concentrata nella parte orientale del Golfo e solo a distanza maggiore di 50 km si estende verso Sud-Ovest.

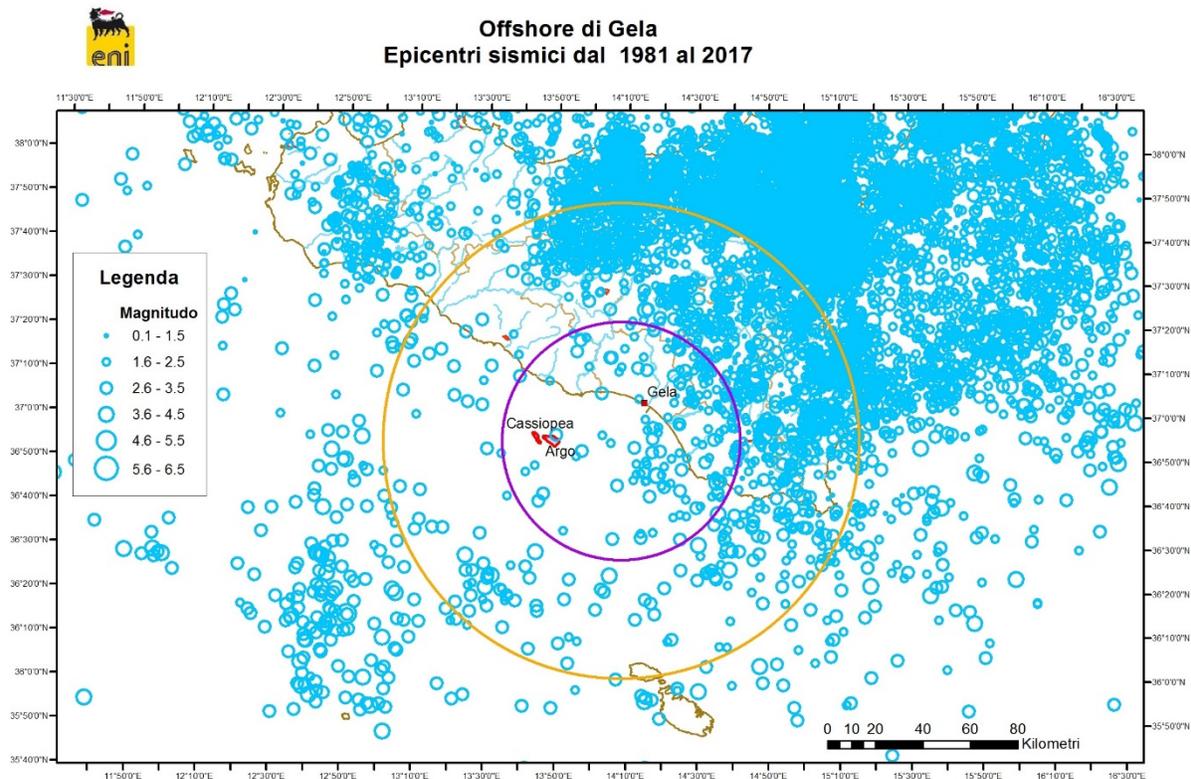


Fig. 2: sismicità strumentale dal 1981 al 2017 in Sicilia. In arancio la circonferenza di raggio 100 km, in viola quella di raggio 50 km.

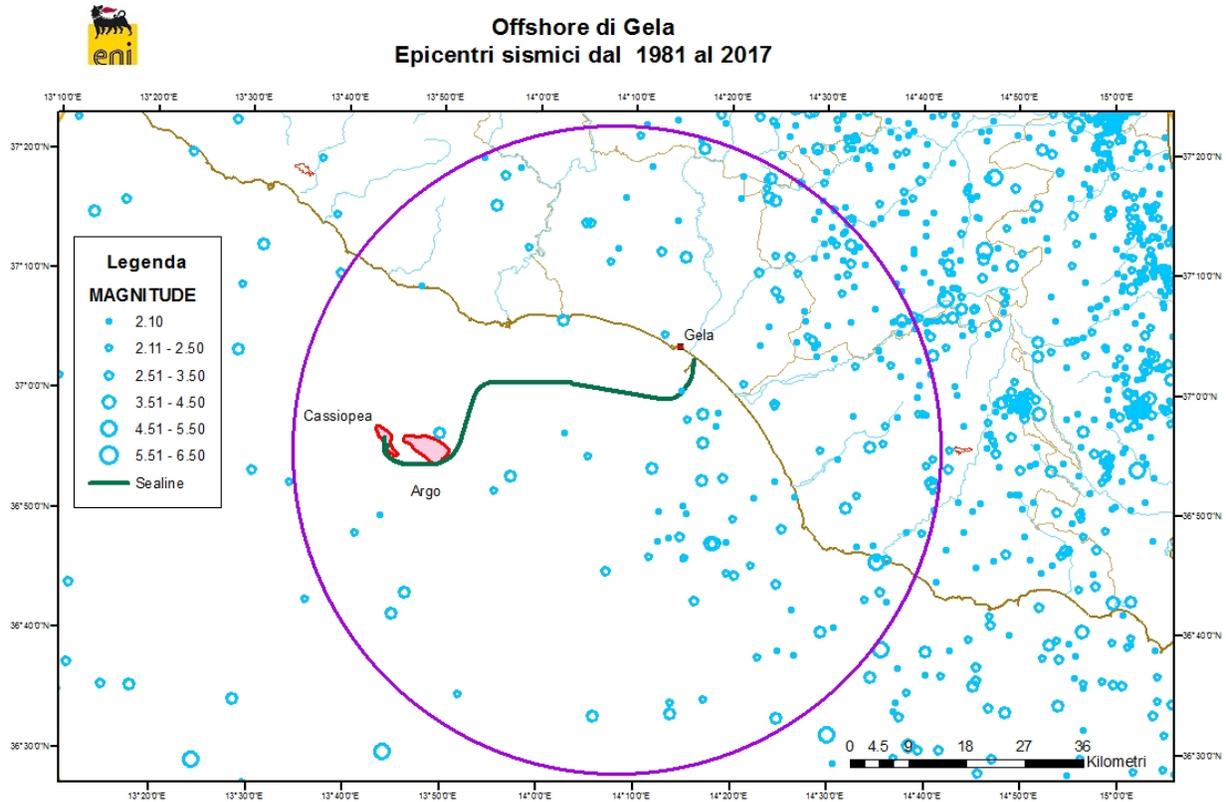


Fig. 3: sismicità strumentale dal 1981 al 2017 nella Sicilia Meridionale. In verde è mostrato il percorso della sealine.

La Fig. 4 presenta la distribuzione per classi di magnitudo della sismicità localizzata entro il cerchio di 50 km. Essa è sostanzialmente compresa tra 1 e 4, con la maggior parte (89%) dei sismi concentrati tra 1.2 e 3. Dal grafico si conferma anche che la magnitudo di completezza è attualmente circa 1.8-2.

I sismi più vicini ai campi di Argo e Cassiopea hanno magnitudo massima pari a 3.

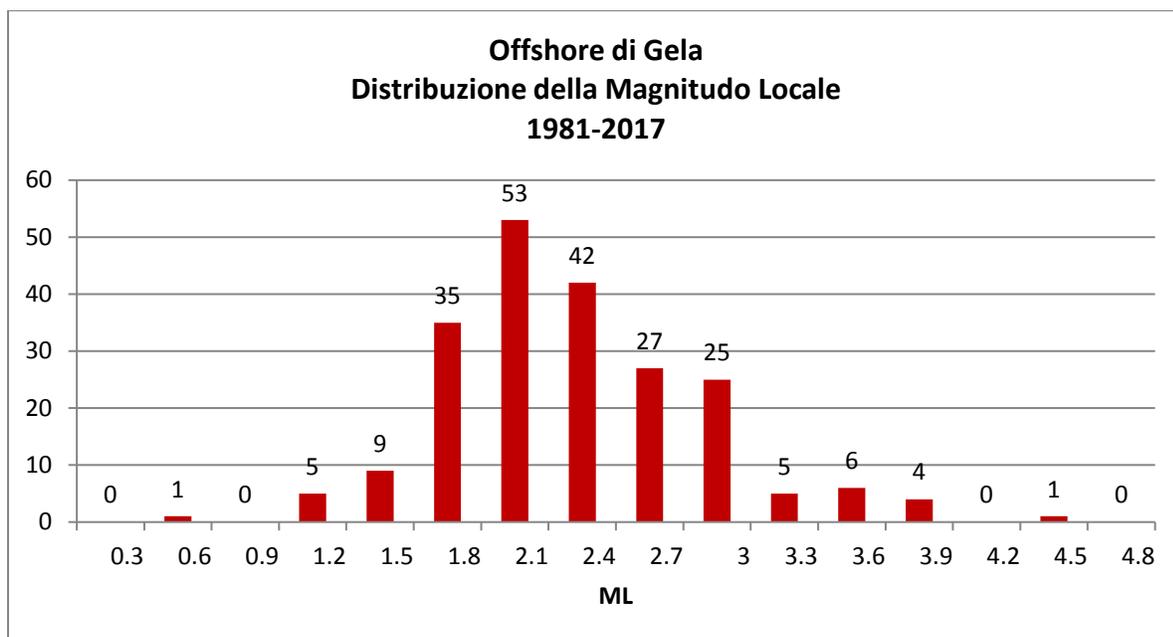


Fig. 4: distribuzione per classi di magnitudo dei sismi localizzati entro la circonferenza di 50 km della mappa precedente.

I dati ipocentrali utilizzati riportano di solito anche i valori della profondità dell'ipocentro, che restano abbastanza incerti per sismi superficiali localizzati con stazioni lontane dagli epicentri. Nell'area di Gela, la stazione INGV più vicina, RAFF (Raffo Rosso), è a circa 30 km di distanza ed è attiva solo dal 2006: questa situazione rende poco significativi i valori di profondità stimati nella zona, specialmente per i sismi più deboli, rispetto ad altre aree meglio monitorate. In Fig. 5 viene riportata comunque la distribuzione in profondità degli ipocentri, che sembra indicare una attività concentrata nei primi 50 km, con una risalita tra 5-10 km verso Sud.

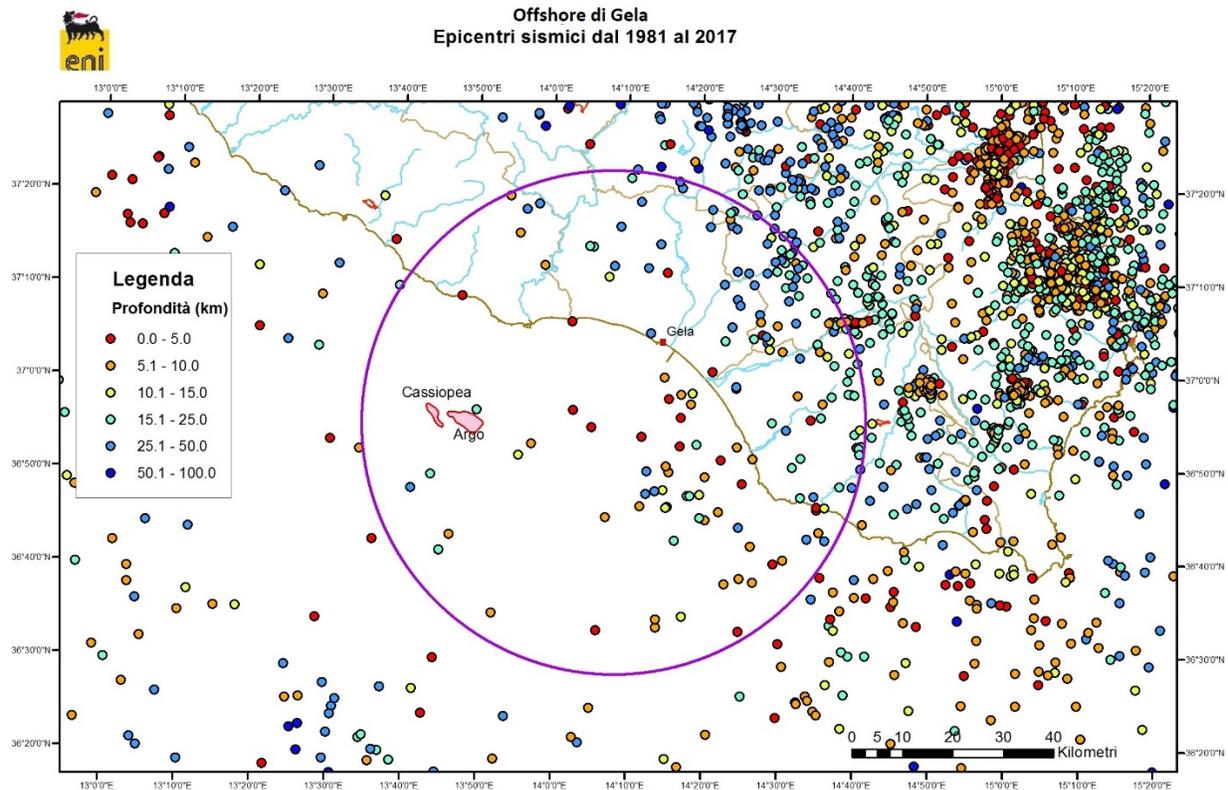


Fig. 5: mappa della sismicità strumentale nella Sicilia Meridionale in funzione della profondità degli ipocentri.

2.2. Faglie Sismogenetiche e Faglie Capaci

Gli epicentri osservati nelle figure precedenti sono visibili anche in Fig. 6, estratta dal sistema ARCGIS dell'INGV, in cui inoltre sono evidenziate le strutture presenti nell'area che sono considerate sismogenetiche, come riportate dal Catalogo Nazionale delle Strutture Sismogenetiche (DISS). In particolare, la Falda di Gela, fronte più esterno della catena Appennino – Maghrebide, viene divisa in 2 strutture: Sclacina – Gela (ITCS006) e Gela – Catania (ITCS029). Per entrambe queste strutture le profondità minima e massima è stata stimata rispettivamente in 3 km e 10 km, sulla base di considerazioni geometriche circa la profondità a cui il movimento risulta attivo.

Nella stessa figura sono anche evidenziati i principali allineamenti nella zona Iblea: Scicli-Giarratana (ITCS017), Ragusa-Palagonia (ITCS035) e Monte Lauro (ITCS036), che però non interessano il presente studio.

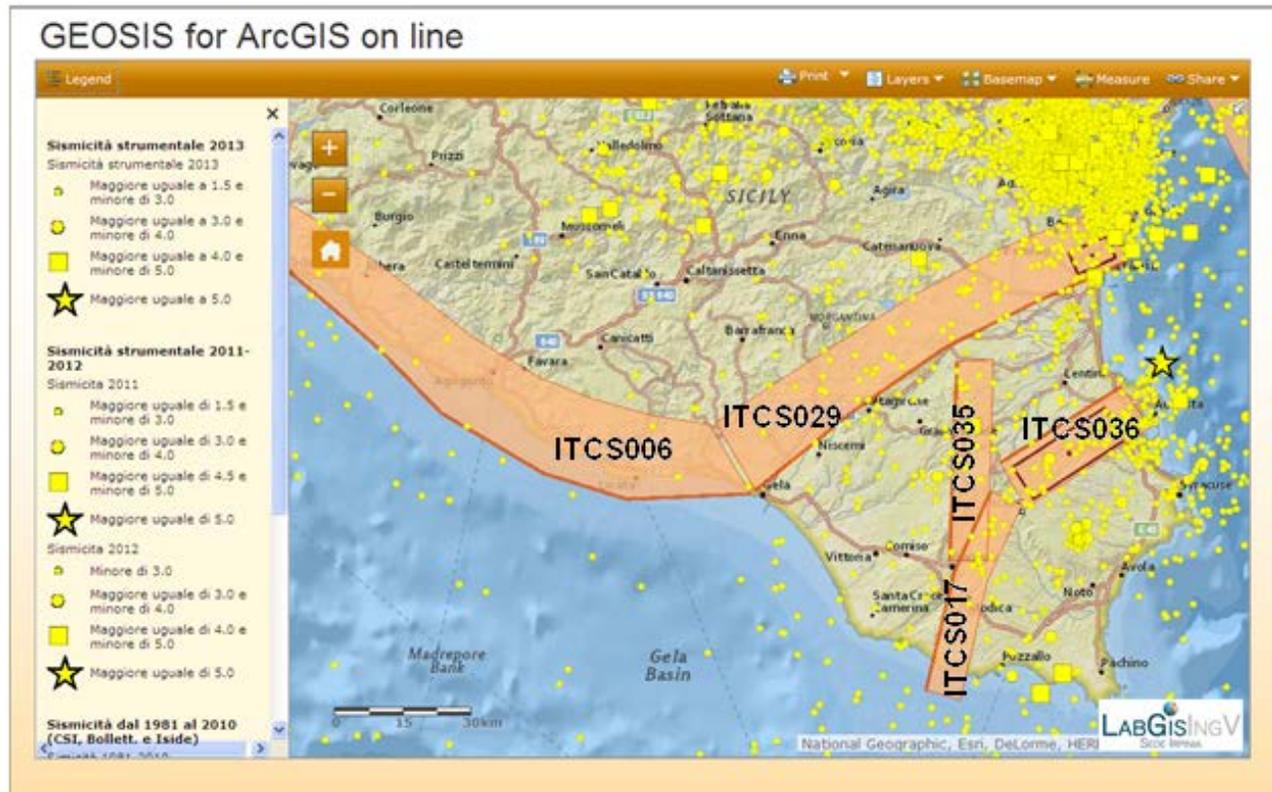


Fig. 6: strutture sismogenetiche della Sicilia meridionale, estratte da DISS-INGV.

Le informazioni disponibili per i terremoti storici, quelle di tipo paleosismologico e quelle geologico-strutturali di un'area permettono di individuare le cosiddette "Faglie Capaci", definite come "faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie".

Per completare il quadro delle informazioni disponibili a livello nazionale sulle aree potenzialmente attive dal punto di vista sismico, si riporta in Fig. 7 la mappa della zona in studio con la distribuzione di Faglie Capaci presenti nel DB ITHACA di ISPRA.

Come si osserva, nessuna Faglia Capace viene evidenziata in tutta l'area circostante Gela. Le Faglie Capaci più vicine si trovano in prossimità di Ragusa e di Licata, a conferma della stabilità della strutture geologiche della piana di Gela.

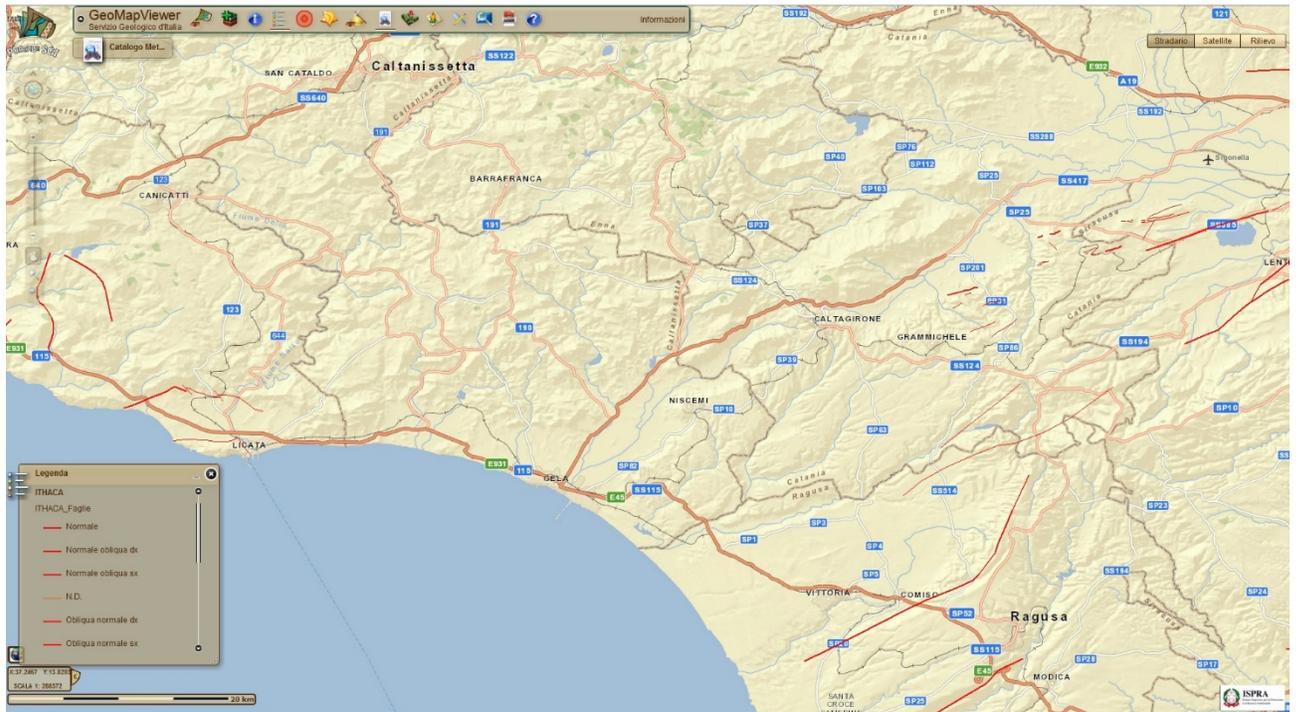


Fig. 7: distribuzione delle Faglie Capaci (in rosso) nell'area di Gela. Mappa estratta da "SGI GeoMapView" con dati del DB ITHACA di ISPRA.

 Eni S.p.A. Exploration			
	DOC. N. GEOM	REV. 00	PAG. 13 DI 21

3. Pericolosità sismica nel Golfo di Gela

3.1. Risentimenti Avvertiti nell'area di Gela - Licata

Prima di presentare gli aspetti della normativa sismica, che tiene conto di quanto l'area ha risentito nel passato di attività sismica vicina e lontana, viene presentato il quadro delle informazioni disponibili dal database DBMI15 dell'INGV sui risentimenti sismici sperimentati dall'anno 1000. Tali informazioni sono state raccolte da fonti coeve o successive, da memorie sui danni (quando ce ne sono state), in particolare da archivi parrocchiali (dopo il concilio di Trento), da archivi pubblici o privati. E' possibile che dati risultino incompleti nelle zone più isolate rispetto ai centri amministrativi principali e a quelli con scambi commerciali.

Le analisi fin qui compiute sui terremoti nell'area Centro Meridionale della Sicilia fanno prevedere che più volte a Gela e Licata siano stati avvertiti effetti di terremoti più o meno vicini, ma le informazioni disponibili per $Int > 4$ sono quelle visualizzabili in Fig. 8. Si deduce che alcune informazioni del passato sono andate perse.

Per avere un quadro più completo, almeno dal 1650 in poi, vengono riportate anche le informazioni relative al comune di Vittoria, posto ad Est di Gela.

L'episodio di maggiore intensità presente su tutti i grafici corrisponde ai terremoti del 1693 nella zona Nord-Orientale dei Monti Iblei. A Licata, Gela e Vittoria i risentimenti massimi di solito sono intorno a 5-6 (forti). In Tab 1 sono sintetizzati i dati di Gela, in cui, alla tabella originale del DBMI15, sono state inserite le distanze dagli epicentri, così da poter meglio discriminare la sismicità vicina da quella lontana.

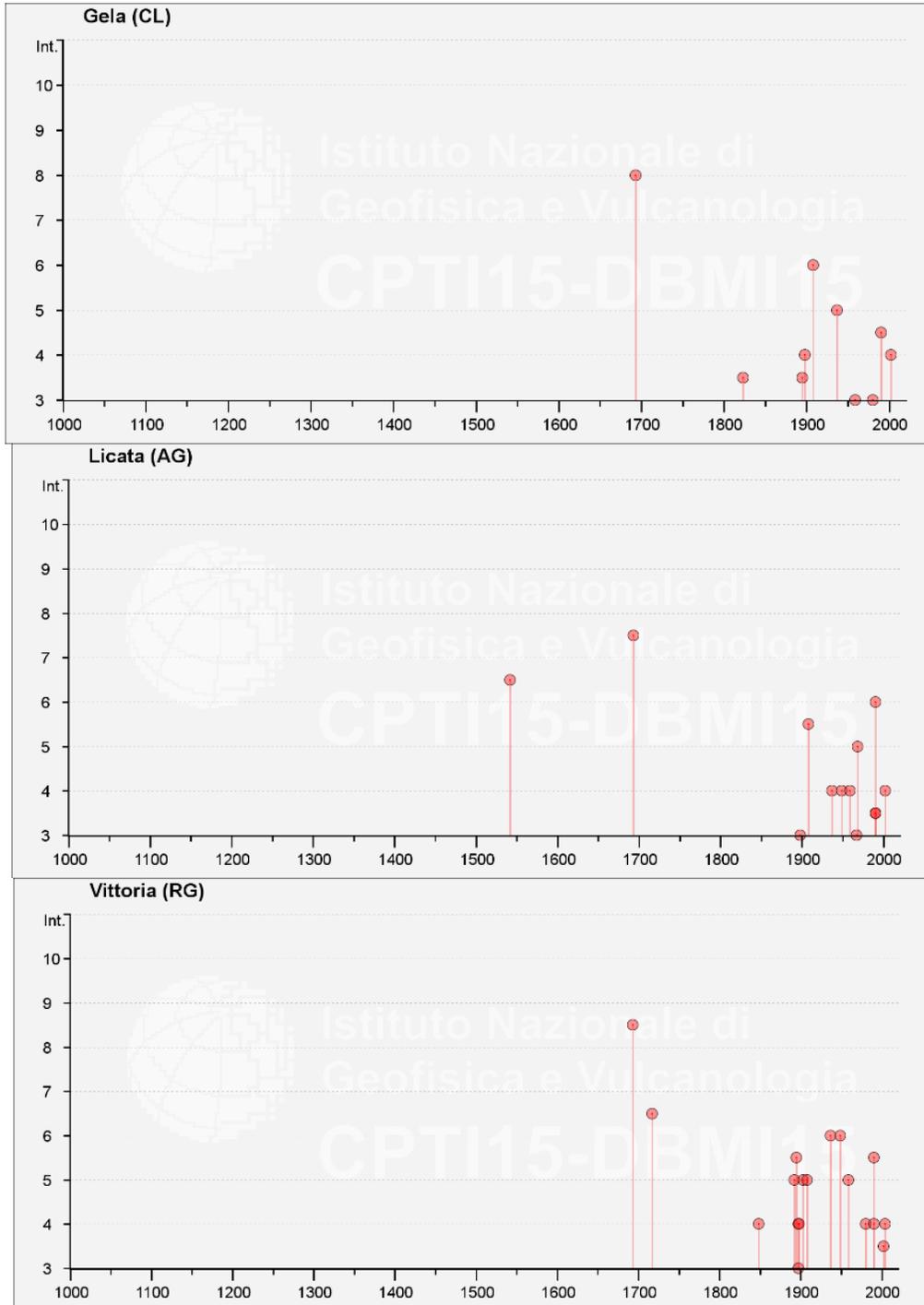


Fig. 8: risentimenti riferiti a Intensità > 3 avvertiti a Gela, Licata, Vittoria dall'anno 1000 (fonte INGV DBMI15).



Numero di Eventi: 21	Storia Sismica di Gela (Terranova) [37.071°N, 14.240°E]					
Effetti	In occasione del terremoto del					
Is	data	Area	Distanza (km)	Np	Io*	Mw
8	1693 01 11 13 30	Sicilia sud-orientale	70	179	11	7.32
F	1694 05 16	Sicilia orientale	100	7	5-6	4.4
3-4	1823 03 05 16 37	Sicilia settentrionale	120	107	8	5.81
3-4	1895 04 13 15 01	Monti Iblei ?	38	32	6-7	4.82
NF	1897 02 11 23 33 07.00	Ionio meridionale	184	96	5	5.03
NF	1897 05 15 13 42 30.00	Tirreno meridionale	170	85	5	4.52
4	1898 11 03 05 59	Calatino	32	48	5-6	4.51
2	1903 07 13 08 19	Calatino	16	46	5	4.14
NF	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	250	895	10-11	6.95
NF	1908 12 10 06 20	Monti Peloritani	130	64	7	5.11
6	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	170	772	11	7.1
2	1924 08 17 21 40	Monti Iblei	55	22	5	4.74
2	1934 09 11 01 19	Sicilia centro-settentrionale	50	28	5-6	4.84
5	1937 03 06 01 56	Monti Iblei	42	15	5	4.49
3	1959 12 23 09 29	Piana di Catania	65	108	6-7	5.11
2	1978 04 15 23 33 48.15	Golfo di Patti	155	330	8	6.03
3	1980 01 23 21	Monti Iblei	50	122	5-6	4.39
F	1980 05 28 19 51 20.04	Tirreno meridionale	160	44	5-6	5.66
4-5	1990 12 13 00 24 25.68	Sicilia sud-orientale	110	304		5.61
NF	1990 12 16 13 50 28.68	Ionio meridionale	115	105		4.38
4	2002 09 06 01 21 27.25	Tirreno meridionale	155	132	6	5.92

This file has been downloaded from INGV - DBMI15

*Per I terremoti con epicentro in mare manca il valore di intensità massimo

Tab 1: storia Sismica di Gela estratta da DBMI15.



3.2. Inquadramento amministrativo e normativa sismica

Poiché la Sealine collega i campi Argo e Cassiopea agli impianti sulle coste del comune di Gela, è opportuno fare riferimento alla normativa sismica relativa a tale comune.

In Fig. 9 viene riportata la classificazione delle zone sismiche in Sicilia come normato dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio 3274/03 e successive modifiche ed integrazioni e ratificato dalla Regione Sicilia con Delibera della Giunta regionale n.408 19/12/2003. Questa figura è messa a confronto con la mappa di pericolosità sismica (MPS04) elaborata da INGV (Ordinanza PCM 28/04/2006 n. 3519, All. 1b), espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Fig. 10).

Per determinare la classificazione della Sicilia sono state utilizzate le stesse informazioni riportate nel capitolo precedente (cataloghi storici macrosismici e strumentali e informazioni geologiche-strutturali): le aree a basso rischio sismico sono sulla costa centro-meridionale, contornate da zone, che hanno sperimentato in passato una sismicità medio-alta (l'area del Belice, quella dello stretto di Messina e la zona sud-orientale degli Iblei ed Etnea, che pur classificata come zona sismica 2, risulta zona 1 per la parte normativa degli edifici "strategici e rilevanti", zona puntinata rossa su fondo arancio).

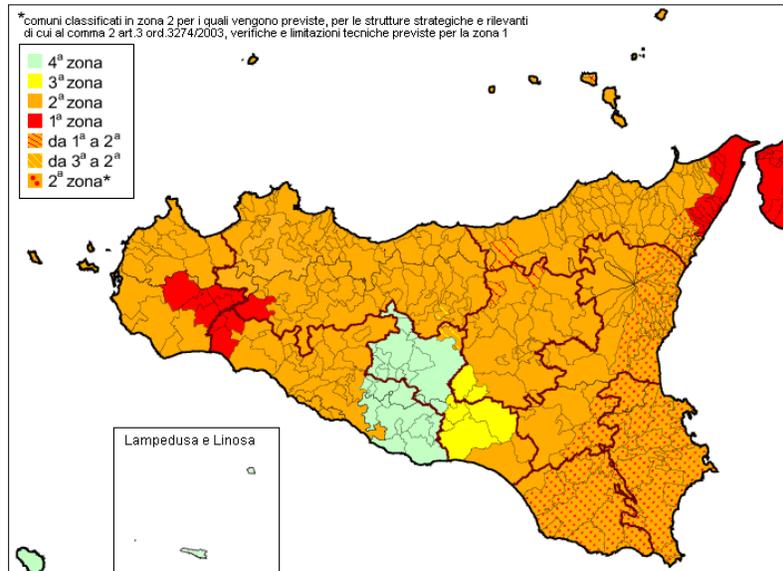


Fig. 9: classificazione sismica della Sicilia (classificazione 1°zona: ad altissimo rischio).

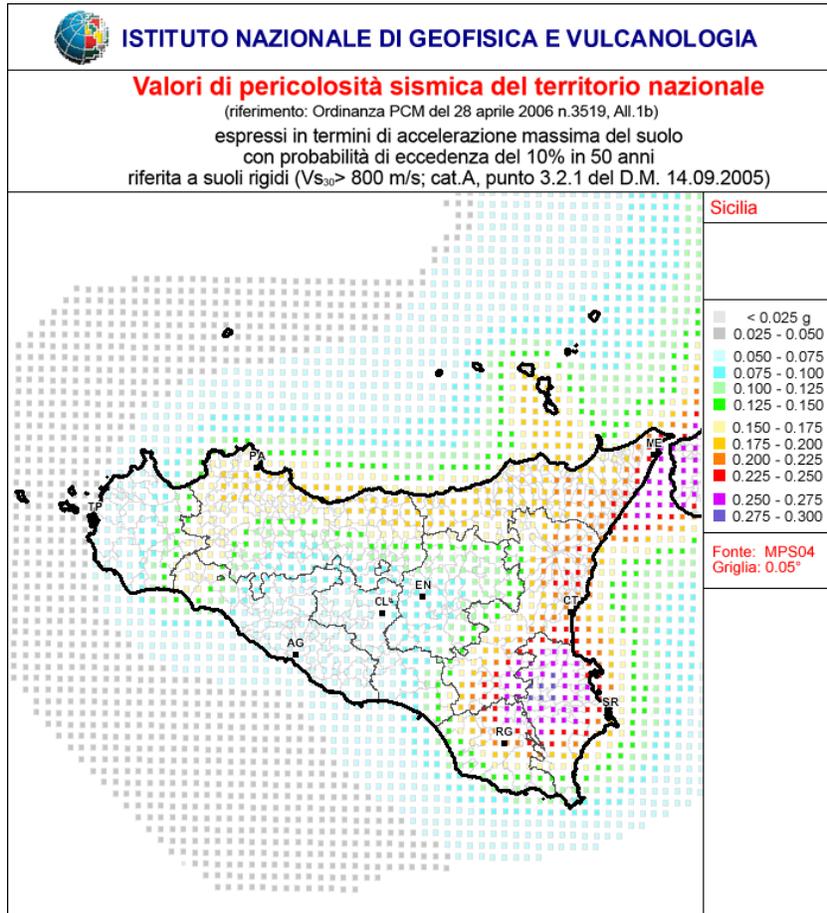


Fig. 10: valori di pericolosità sismica della Sicilia (MPS04) origine INGV.



In Fig. 11 è riportato il dettaglio dell'area di interesse: i comuni di Butera e Mazzarino sono stati inseriti nella classificazione solo nel 2003, come Zona sismica 3; i restanti comuni sono tutti classificati dal 1984 con Decreto Ministeriale del 29/02/1984.

Licata è classificato in zona 4, mentre Gela in zona 2.



Fig. 11: classificazione Sismica della Sicilia Meridionale in vigore a seguito della Ord. 3274/03. In Arancio la zona con classificazione 2, in giallo quella con classificazione 3, in verde classificazione 4.

3.3. Analisi statistiche

In Fig. 12 sono evidenziati i valori di pericolosità sismica per l'area del Golfo di Gela e la probabilità di un evento forte in zona. Dalla Fig. 12a si ricava che la risposta massima in accelerazione prevista, riferita a suoli rigidi e pianeggianti con probabilità di superamento di questo valore del 10% in 50 anni, è di 0.1g (colore azzurro forte, intervallo 0.075-0.1 g) vicino alla costa, mentre si attenua verso il mare (colore azzurro chiaro 0.05 – 0.075 g. Questa informazione indica quanto si può prevedere essere forte nel Golfo di Gela il risentimento causato da terremoti, indipendentemente che gli epicentri siano vicini o lontani.

Si vuol sottolineare che il calcolo è previsto per suoli rigidi (velocità delle onde S a 30 m di profondità = 800 m/s), ma che tali valori devono essere ulteriormente corretti per situazioni diverse (vedi il D.M. 17 Gennaio 2018). Infatti, la piana di Gela e il suo offshore sono costituiti da



sedimenti alluvionali continentali e marini prossimali, con comportamento molto differente da quello di suoli rigidi.

La Fig. 12b permette di valutare il contributo di diverse sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. In altre parole fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario), inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso (Spallarossa e Barani 2007). Per il Golfo di Gela il contributo più alto (7%) è per un terremoto di M=6 ad una distanza di 40 km: a tale distanza ritroviamo (vedi paragrafo 2.1.1) i terremoti di Mineo-Vizzini a Nord-Est e quelli di Ragusa ad Est, localizzati in corrispondenza del massiccio degli Iblei.

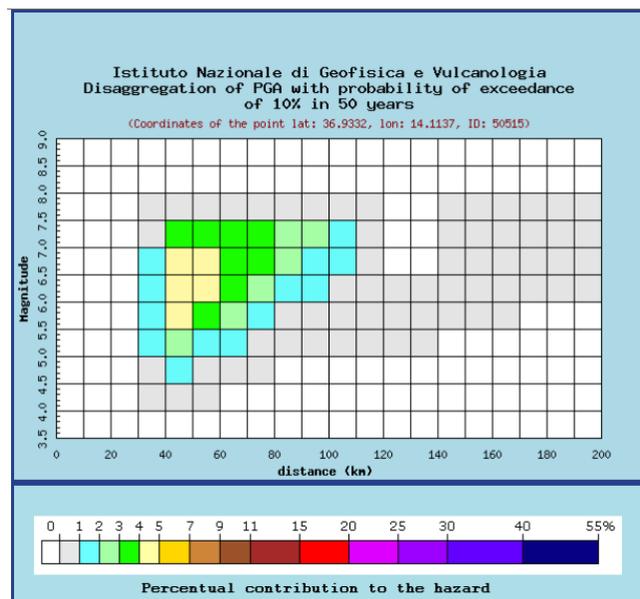
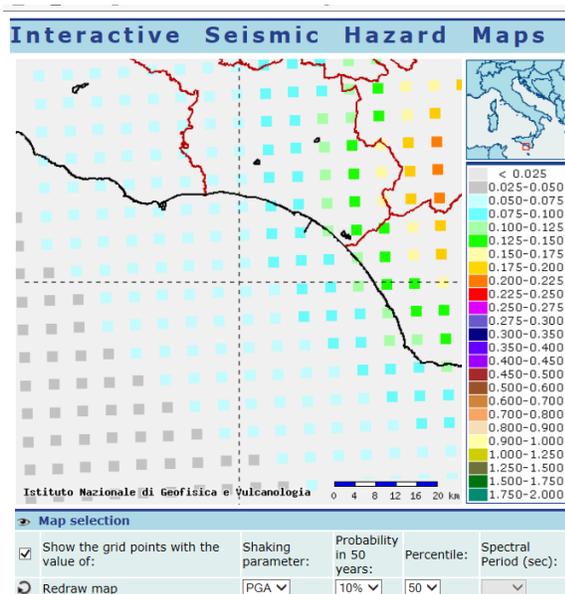


Fig. 12: a) pericolosità sismica nell'area del Golfo di Gela, b) contributo percentuale alla pericolosità. (da INGV: dati on-line della pericolosità sismica in Italia).

 Eni S.p.A. Exploration			
	DOC. N. GEOM	REV. 00	PAG. 20 DI 21

4. Conclusioni

Le analisi dei dati sismologici e quelle tettonico-strutturale dell'area del Golfo di Gela sono tra loro essenzialmente consistenti, con l'individuazione dei medesimi domini.

Quest'area corrisponde al fronte più esterno della catena Appenninico – Maghrebide, allineata in direzione grossomodo Ovest – Est ed interessata da ampi fenomeni di sovrascorrimento a vergenza SSE. Il fronte più esterno, che prende il nome di “Falda di Gela”, risulta non attivo fin dal Pleistocene medio – superiore, come evidenziato dai ricoprimenti sedimentari di tale età, non disturbati e dai relativi spessori.

La parte occidentale della struttura della “Falda di Gela” viene analizzata solo parzialmente dalle informazioni macrosismiche, a conferma della sostanziale mancanza di deformazione degli strati superficiali osservata dalla sismica attiva. L'area in cui sarà installata la sealine dovrebbe perciò essere caratterizzata da sismi di bassa intensità, con magnitudo massima intorno a 3, che rappresenta di solito il limite di percezione umana dei terremoti. Tale sintesi è confermata sostanzialmente nello studio del DISS-INGV relativo al tratto Sciacca–Gela (ITCS06). Si riporta parte delle loro conclusioni (originale in inglese):

“Noi crediamo che questo settore del sistema compressivo Appennino-Magrebino sia caratterizzato da terremoti poco frequenti e moderati generati da segmenti sepolti del sovrascorrimento.... La profondità ipocentrale è ricavata da considerazioni geometriche in relazione alla profondità in cui è radicata la struttura ... La magnitudo massima è stata assunta dai dati sismologici regionali”. (da DISS Working Group (2010)).

Il valore di magnitudo massima prevista, $MW=6.2$, indicato dal DISS, fa riferimento ai terremoti localizzati oltre 40 km a NNE di Gela, quindi fuori dall'area di interesse per il presente studio.

L'attività sismica più intensa risentita nell'area intorno a Gela è quella della zona Iblea, che pur corrispondendo all'avampaese dei thrust appenninici, è interessata da fenomeni di trascorrenza tuttora attivi ed è delimitata ad est dalla Scarpata di Malta con meccanismi focali di tipo distensivo. I terremoti più forti sono localizzati probabilmente lungo quest'ultima struttura (terremoti con $I > 6$) a distanza maggiore di 50 km da Gela. L'attività entro 50 km è minore, con Intensità comprese tra 4-6, ed è ancora corrispondente alle strutture trascorrenti Iblee.

 Eni S.p.A. Exploration			
	DOC. N. GEOM	REV. 00	PAG. 21 DI 21

5. Bibliografia

DISS Working Group (2010). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss>, © INGV 2010 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.1.1

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>

Spallarossa D., Barani S., 2007. Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-e. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14, <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>.

Tinti S., Maramai A., Graziani L. (2007). The Italian Tsunami Catalogue (ITC), Version 2.

5.1. *Bibliografia dei documenti amministrativi*

Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone":

Deliberazione Regione Sicilia del 19/12/ 2003 n. 408. "Regione Sicilia - Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 2003, n. 3274"

Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti. "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni". 17 Gennaio 2018.



Exploration

Via Emilia, 1 - 20097 San Donato Milanese (MI)

Tel. +39 02520.1

www.eni.it