



REGIONE SICILIANA

COMUNE DI RAGUSA

**Istanza di Permesso di Ricerca di Idrocarburi liquidi e gassosi
denominato “Case La Rocca”. Perforazione dei due pozzi esplorativi in
C.da Carnesala in territorio del Comune di Ragusa**

Procedura di V.I.A. ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs 152/2006

INTEGRAZIONI ALLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

ALLEGATO n. 08

**PROPOSTA DI PIANO DI MONITORAGGIO MICROSISMICO E
GEODETICO**



Sommario

1.	INTRODUZIONE.....	3
2.	GEOLOGIA E MACROSISMICITA' DELLA SICILIA E DELL'AVAMPAESE IBLEO.....	4
2.1	GEOLOGIA E SISMICITA' DELL'AVAMPAESE IBLEO	8
2.2	GEOLOGIA DI SUPERFICIE DELL'AREA IBLEA RAGUSANA.....	11
3.	STORIA SISMICA DELLA SICILIA SUD-ORIENTALE E VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA DI RAGUSA	12
3.1	SISMICITA' STORICA AREA DI RAGUSA (ANNO 1000 - 2015)	15
3.2	SISMICITA' STRUMENTALE DELL' AREA RAGUSANA	19
3.3	FAGLIE SISMOGENETICHE E CAPACI DATI DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)	21
4.	STRUTTURA DELLA RETE DI MONITORAGGIO SISMICO.....	24
4.1	SCOPO E GEOMETRIA	24
4.2	STRUMENTAZIONE.....	26
5.	MONITORAGGIO GEODETICO (INTERFEROMETRIA SAR)	30
6.	CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI	33
	BIBLIOGRAFIA	34

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito della procedura di VIA in corso relativa al progetto "Istanza di Permesso di ricerca di idrocarburi liquidi e gassosi denominato "Case La Rocca". Perforazione di due pozzi esplorativi in C.da Carnesala nel territorio comunale di Ragusa", Il Ministero dell'Ambiente e delle Tutela del Territorio e del Mare (di seguito MATTM), ha chiesto alla Società Irminio S.r.l. alcuni chiarimenti e integrazioni di studi che riguardano vari argomenti di tutela ambientale.

Questa relazione prevede di rispondere al punto n°8 (Suolo e Sottosuolo), del documento di richiesta di integrazioni del MATTM, dove è chiesto di definire un progetto di massima relativo allo studio geodetico, sismicità e microsismicità.

Tale relazione vuole quindi impostare una prima bozza di progetto per la definizione di un piano di monitoraggio microsismico e geodetico

Nel permesso di ricerca "Case la Rocca" è prevista la perforazione di due pozzi esplorativi devianti da postazione superficiale singola, allo scopo di raggiungere la Formazione Sciacca a profondità compresa tra i 1700 m TVD SSL e 2100 m TVD SSL (TVD = profondità verticale).

Questo studio si prefigge di definire in via preliminare la realizzazione di una rete di monitoraggio sismico, inquadrandola nel contesto geologico, tettonico e sismologico della regione iblea, dove si trova ubicato il sito di perforazione.

Questo studio è stato eseguito in accordo con le linee guida e le indicazioni del documento "Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" emesso il 24 Novembre 2014 dal Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE)

Ai fini dello studio è importante considerare che i pozzi Case la Rocca sono dei pozzi puramente esplorativi, hanno lo scopo di "esplorare" e testare 2 alti strutturali caratterizzati litologicamente dalle dolomie della Formazione Sciacca, risultate essere mineralizzate nel campo vicino di Tesauro. Tuttavia, come tutti i pozzi esplorativi, il successo minerario non è certo.

Infatti, solo dopo avere acquisito i dati di sottosuolo durante la perforazione e ridefinito l'assetto del giacimento, a seguito di una eventuale scoperta è possibile configurare una geometria ottimale di una rete di monitoraggio microsismico e geodetico.

Al momento è possibile solo definire una "bozza" di piano di monitoraggio microsismico.

Infatti dopo la perforazione e i test in reservoir è possibile progettare un piano di monitoraggio mirato. Infatti i dati di velocità in pozzo VSP (Vertical Seismic Profile) permettono di avere un modello ottimale di velocità del sottosuolo, con queste informazioni è possibile migliorare e progettare al meglio la configurazione geometrica e strumentale della rete microsismica da adottare per il piano di monitoraggio.

2. GEOLOGIA E MACROSISMICITA' DELLA SICILIA E DELL'AVAMPAESE IBLEO

La Sicilia presenta una notevole complessità geologica a causa della sua posizione strutturale all'interno dell'Arco Calabro e della catena Appenninico-Magrebide, essa infatti presenta una deformazione notevole di scaglie alloctone che vanno a sovrascorrere al di sopra di scaglie embricate di piattaforma carbonatica che diventa via via meno deformata passando verso i settori della zona dell' Avampaese (blocco Ibelo-Pelagiano).

la Sicilia è situata all'interno di un contesto geodinamico molto complesso dell'area Mediterranea infatti si riconoscono 5 elementi geodinamici principali:

- L'Arco Calabro;
- Il massiccio Ibelo (HP);
- Le unità di catena Magrebidi (SCZ- Sicilian Collision Zone);
- Il canale di Sicilia e l'Avampaese Pelagiano;
- La Faglia Ibelo Maltese;
- Complesso vulcanico dell' Etna; che presenta una sismicità localizzata.

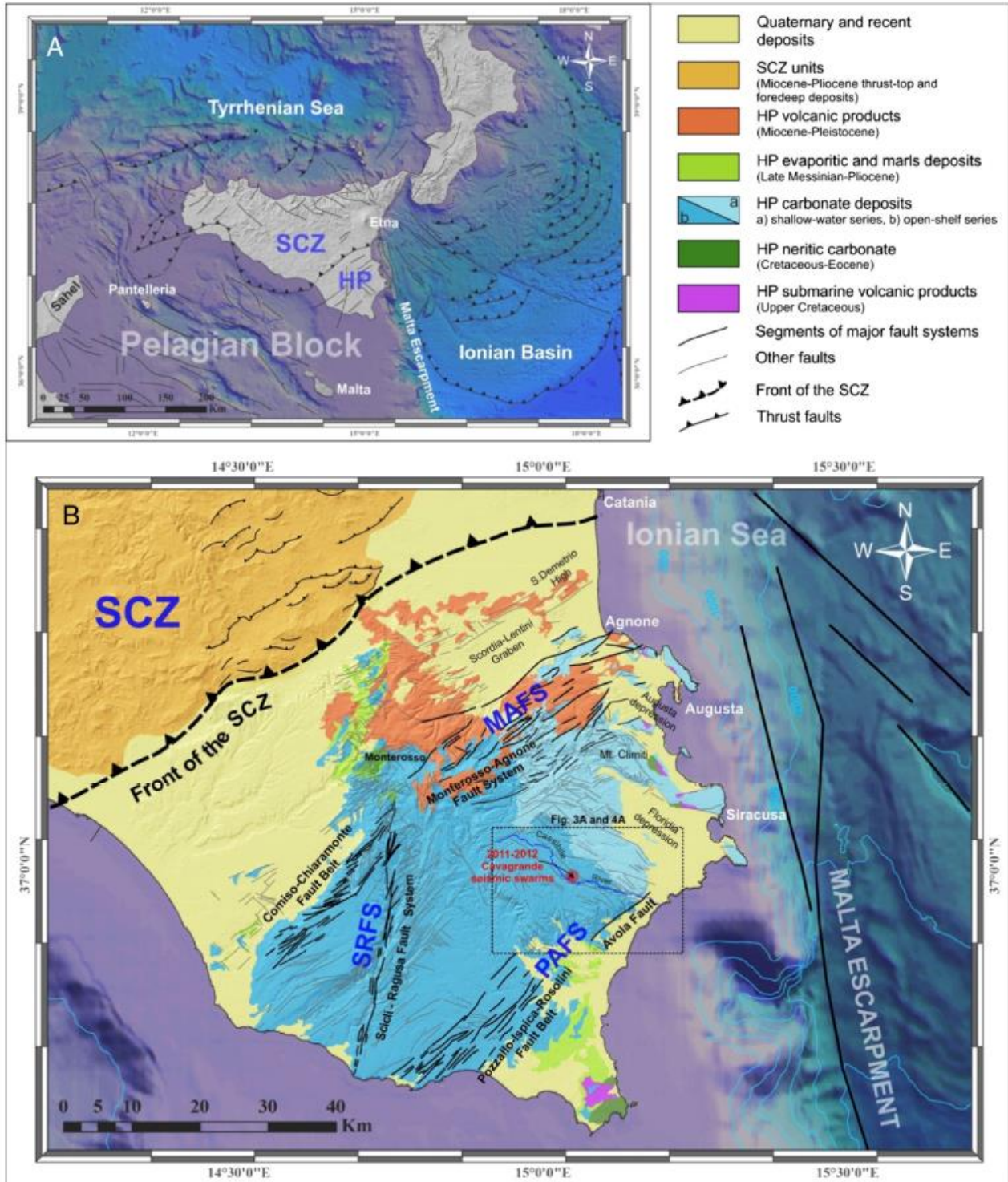


Figura 1 - Schema tettonico semplificato della Sicilia con i maggiori lineamenti tettonici dell'area Iblea – F. Cultrera 2015

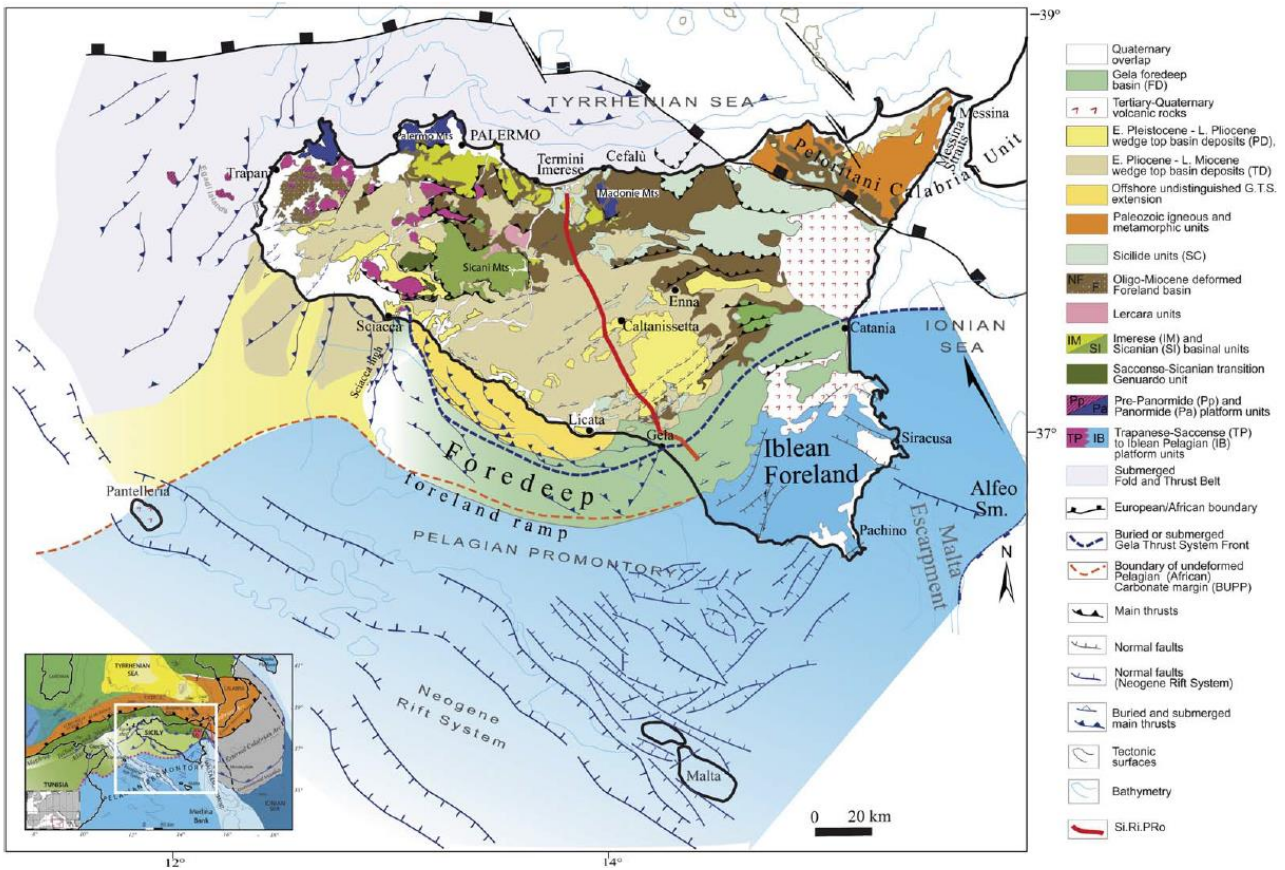


Figura 2 - Mappa strutturale della Sicilia (Catalano d'Argenio 1982)

Tutti questi sistemi strutturali e geodinamici derivano dalla continua deformazione delle placche Africana e Euroasiatica e sono da ritenersi tettonicamente attivi ad eccezione della falda di Gela che non evidenzia più deformazione compressiva a partire dal Pleistocene medio-Superiore.

La Sicilia presenta sismicità in gran parte del suo territorio soprattutto nella sua parte Settentrionale, infatti a partire dalle isole Eolie verso W, è rilevata una attività sismica con deformazione compressiva nella zona Offshore (lungo un trend Est-Ovest) con profondità ipocentrali > 15 km e una forte attività trascorrente nella zona orientale lungo la scarpata ibelo-maltese con meccanismi deformativi di tipo trascorrenti, mentre nella zona del bacino di Caltanissetta la deformazione fragile si esplica con terremoti estensionali e transtensivi.

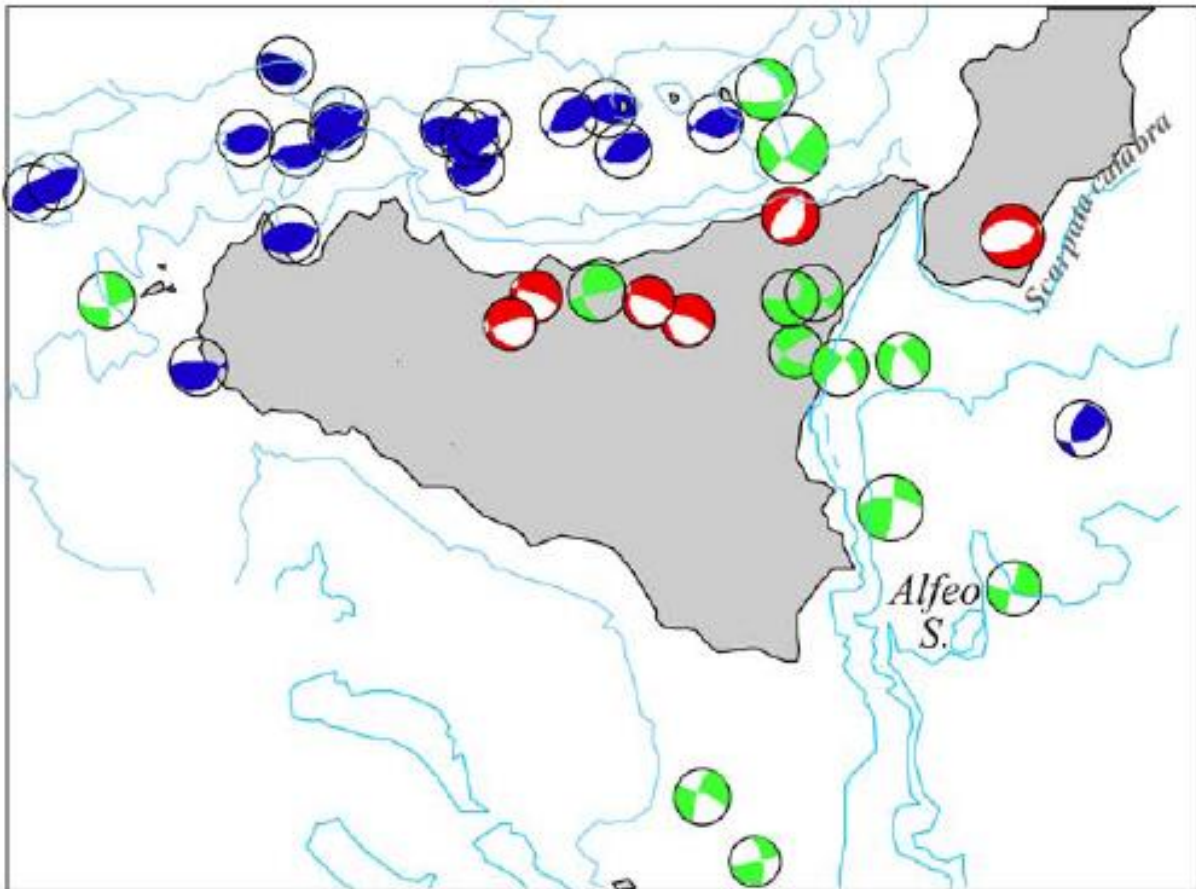


Figura 3 - CMT map (1977-2003) Meccanismi focali dei terremoti maggiori, terremoti con profondità ipocentrali <50km e Magnitudo >5 Meccanismi compressive in (Blu) , Strike Slipe (Verde) , meccanismi distensivi (Rosso)

Dalla mappa si evidenzia come la parte offshore settentrionale della Sicilia, lungo un trend E-W a partire dalle Isole Eolie la sismicità si manifesta con attività compressiva ancora attiva, generata dalla deformazione compressiva di piani di *thrust* a basso angolo, segno di una migrazione del sistema compressivo magrebide.

Tale sistema deformativo compressivo termina in prossimità delle isole Eolie dove si genera un *step over* tettonico dato dalle strutture di trascorrenza joniche in particolare modo dalla scarpata di Malta.

Lungo tale struttura si hanno terremoti prevalentemente trascorrenti causati dalla non coassialità degli stress deformativi compressivi lungo il margine africano, questa area risulta essere particolarmente pericolosa da punto di vista sismico infatti è noto il terremoto di Messina del 1908.

La zone Iblea è caratterizzata da terremoti prevalentemente di tipo trascorrente e distensivi che si possono localizzare lungo delle strutture di taglio trascorrenti come la Linea di Scicli-Ragusa , Pozzallo-Ispica e la Scordia- Lentini.

2.1 GEOLOGIA E SISMICITA' DELL'AVAMPAESE IBLEO

Il massiccio Ibleo rappresenta uno dei settori emersi del blocco Pelagiano, delimitato a NW da un sistema distensivo con faglie normali con notevole rigetto orientate NE-SW, che danno origine all'Avanfossa di Gela-Catania, un bacino molto depresso riempito da unità alloctone associate al cuneo frontale della catena Appenninico-Magrebide, sovrascorse al di sopra dell'Avampaese Ibleo.

L'altipiano Ibleo rappresenta un *bulge* flissurale della fossa di Caltanissetta, esso è bordato ad Est da strutture distensive associate alla Scarpata di Malta che dislocano le unità calcaree del blocco pelagiano verso E generando dei contatti tettonici con la crosta oceanica.

La successione sedimentaria Iblea è rappresentata da una spessa sequenza calcarea, che parte dal Triassico inf fino al Miocene medio superiore. Gran parte di questa successione deposizionale è stata attraversata dal Pozzo Vizzini 1 per uno spessore poco superiore a 5500m, tuttavia il basamento della sequenza calcarea non è stato mai raggiunto.

All' interno della sequenza calcarea ci sono intervalli molto spessi di natura Argillosa e calcareo marnosa come la Fm Hybla, Buccheri, Streppenosa e intervalli vulcanici presenti soprattutto all' interno della Formazione Buccheri e Streppenosa, tali livelli argillosi indicano che tutta la piattaforma carbonatica ha subito a partire dal Giurassico notevoli variazioni batimetriche sinsedimentarie.

A partire dal Trias fino al Pleistocene inf. il Plateau Ibleo è stato interessato da svariate fasi di attività vulcanica intermittente, infatti si rilevano vulcaniti del Cretacico medio Superiore coperte da Rudiste nell'area di Pachino e Capo Passero, mentre le vulcaniti più antiche Giurassiche (Toarciano ?) non sono in affioramento ma sono state ritrovate solo grazie ai pozzi petroliferi.

Il settore Ibleo meridionale presenta una progradazione graduale verso il mare passando dall'altopiano di Ragusa fino alla zona costiera, le unità calcaree Iblee sono deformate tramite sistemi di taglio distensivi e transtensivi che ribassano le unità calcaree verso Sud.

Il sistema di faglie che si trova nella zona ragusana è molto complesso, esso è caratterizzato da un sistema prevalentemente transtensivo con faglie sintetiche distensive che generano delle depressioni come il *graben* di Marina di Ragusa e Lentini.

Le strutture che maggiormente interessano questo settore sono associate alla deformazione della Linea di Scicli, essa è una struttura trascorrente ad alto angolo tipo *flower* positiva con direzione N-S che ha avuto varie inversioni laterali di movimento sia destro che sinistro a Partire dal Miocene fino al Pleistocene medio superiore.

Lungo la linea di Scicli-Ragusa e lungo i piani distensivi associati, si evidenzia la presenza di terremoti con una profondità ipocentrale compresa tra i 10 e 20 km e con eventi recenti anche con $M > 4$, mentre in tempi storici sono stati registrati terremoti con risentimenti macrosismici maggiori (anno 1169-1693-1542-1818 ecc)

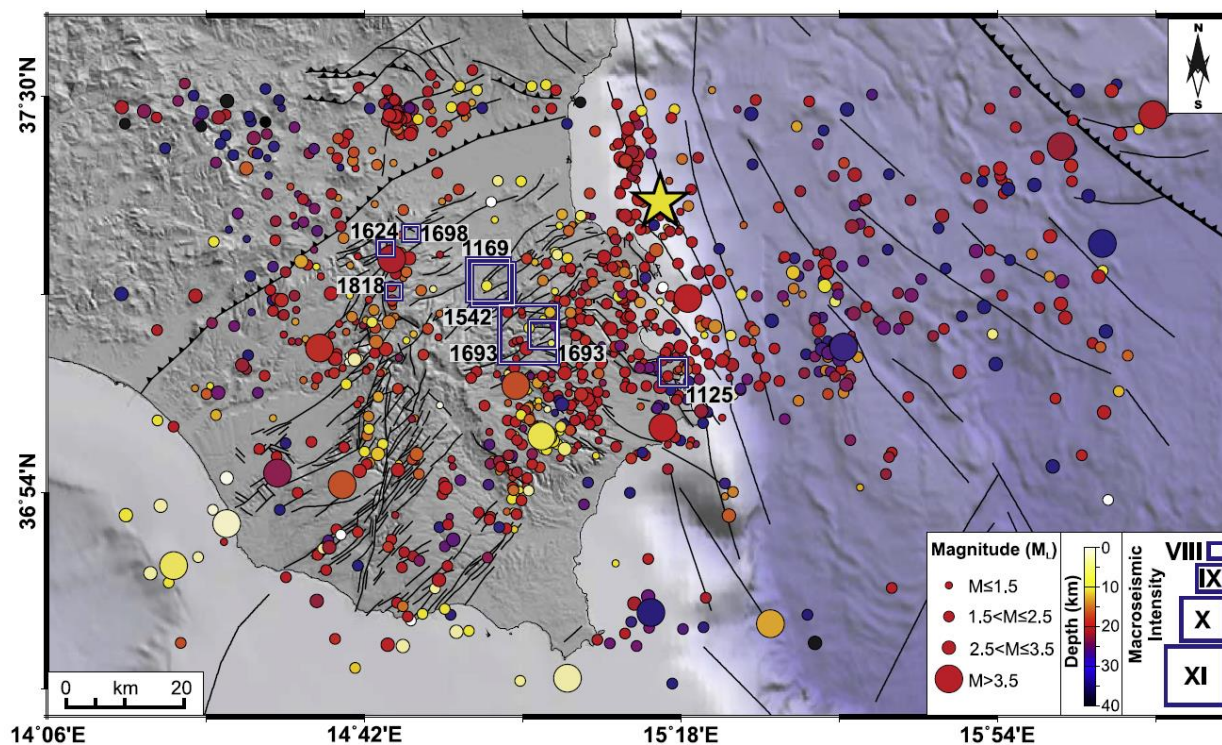


Figura 4 - Mappa dei terremoti registrati dal 1994 a 2013 (Musumeci et alii 2014) e posizione dei terremoti storici, la stella gialla mostra la posizione del terremoto del 1990 ML 5.4 (Terremoti storici da Giudoboni e al 2007)

Come si evidenzia dalla mappa della figura 4 l'area iblea presenta una macrosismicità molto diffusa e in particolare gli ipocentri sono allineati in cluster sismici associati alle principali strutture tettoniche come la Linea di Scicli-Ragusa, la Scarpata Ibleo Maltese, la linea di Tellaro ecc ecc. Le profondità ipocentrali sono comprese tra i 10- 20 km di profondità in buona correlazione con i profili reologici che mostrano la transizione fragile duttile a circa 25 km.

Le sezioni sismotettoniche mostrano infatti che il maggiore numero di eventi sismici nella zona Iblea si trova a profondità che vanno da 8 km fino a 25 km. (Fig 5)

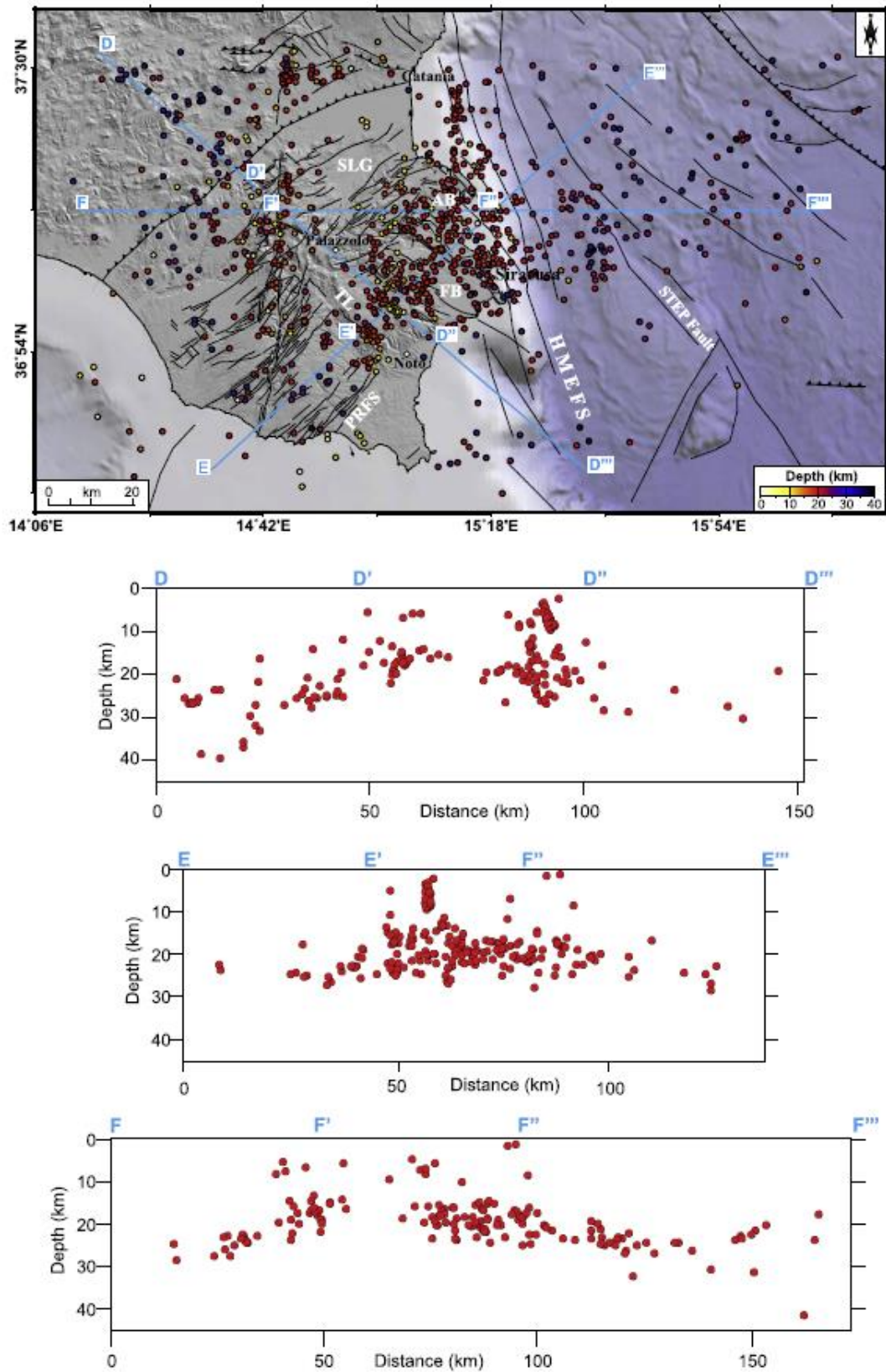


Figura 5 - Sezioni verticali delle profondità ipocentrali e posizione in mappa nella zona iblea (Musumeci 2014)

2.2 GEOLOGIA DI SUPERFICIE DELL'AREA IBLEA RAGUSANA

Nell'area ragusana-iblea affiorano litotipi calcarei e calcareo argillosi di età Oligo-miocenica come è rappresentato dalla Fm Ragusa.

I termini stratigrafici Mesozoici e Paleogenici non affiorano nell'area a causa dei bassi tassi di deformazione: infatti nell'area si ha un assetto degli strati prevalentemente monoclinale e dai rilevamenti di superficie è possibile studiare solo i termini più recenti della sequenza carbonatica, quali la Fm. Ragusa.

La stratigrafia profonda di questa area è stata definita esclusivamente tramite lo studio dei pozzi petroliferi, grazie ai quali è stata riconosciuta la formazione Streppenosa e la Fm Noto entrambi roccia madre che non affiorano in Sicilia.

Al di sopra delle unità calcaree alto mioceniche poggiano in discordanza erosiva i depositi marini e continentali quaternari le cui origini sono varie: nella zona di Marina di Ragusa, Marina di Scicli, fino alla zona di Ispica Pozzallo si rileva la presenza di una fascia di depositi quaternari di natura sabbiosa ascrivibili a terrazzi marini; mentre in direzione Nord nelle zone interne dei Monti Iblei si rileva la presenza di depositi quaternari terrigeni come depositi localizzati fluvio-lacustri e riempimenti di terre rosse nelle piccole conche endoreiche di origine carsica.

Nell'area del permesso Case la Rocca le litologie affioranti sono quelle afferenti alla formazione Ragusa, con litologie prevalentemente calcaree e calcarenitiche di età Miocene medio e medio Superiore, nelle zone maggiormente depresse e modellate dai fenomeni carsici sono rilevabili depositi alluvionali e di degradazione di versante, sedimentazione fluviale e depositi fersiallitici generati dal processo di degradazione carsico.

Ai fini della posa in opera di una rete di monitoraggio microsismico, tale costituzione geomorfologica e geologica è di aiuto ai fini della riduzione del rumore sismico a causa dello scarso spessore di coltre superficiale quaternaria che risponde male alle sollecitazioni meccaniche e che genera problemi di Noise Ground Roll, infatti se si ha una riduzione del rumore superficiale già in fase di acquisizione, non si devono applicare filtri al segnale e quindi si ha un incremento dell'accuratezza dei dati derivanti dai segnali sismici.

3. STORIA SISMICA DELLA SICILIA SUD-ORIENTALE E VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA DI RAGUSA

L'area iblea è stata interessata nel passato da molti terremoti storici anche di notevole intensità, infatti dai database CPTI 15 – DBMI 15 (fig 6) dei terremoti storici e di macrosismicità dell'INGV si riconoscono un centinaio di terremoti avvenuti nella zona Iblea a partire dall'anno 1000 fino al 2015 che hanno avuto notevoli risentimenti macrosismici in epoca storica con valori di intensità MCS da 4° a 11°-12°.

La disposizione degli eventi storici evidenzia che il territorio della Sicilia sud orientale presenta una pericolosità sismica marcata e molto simile ad altre aree del centro Appennino.

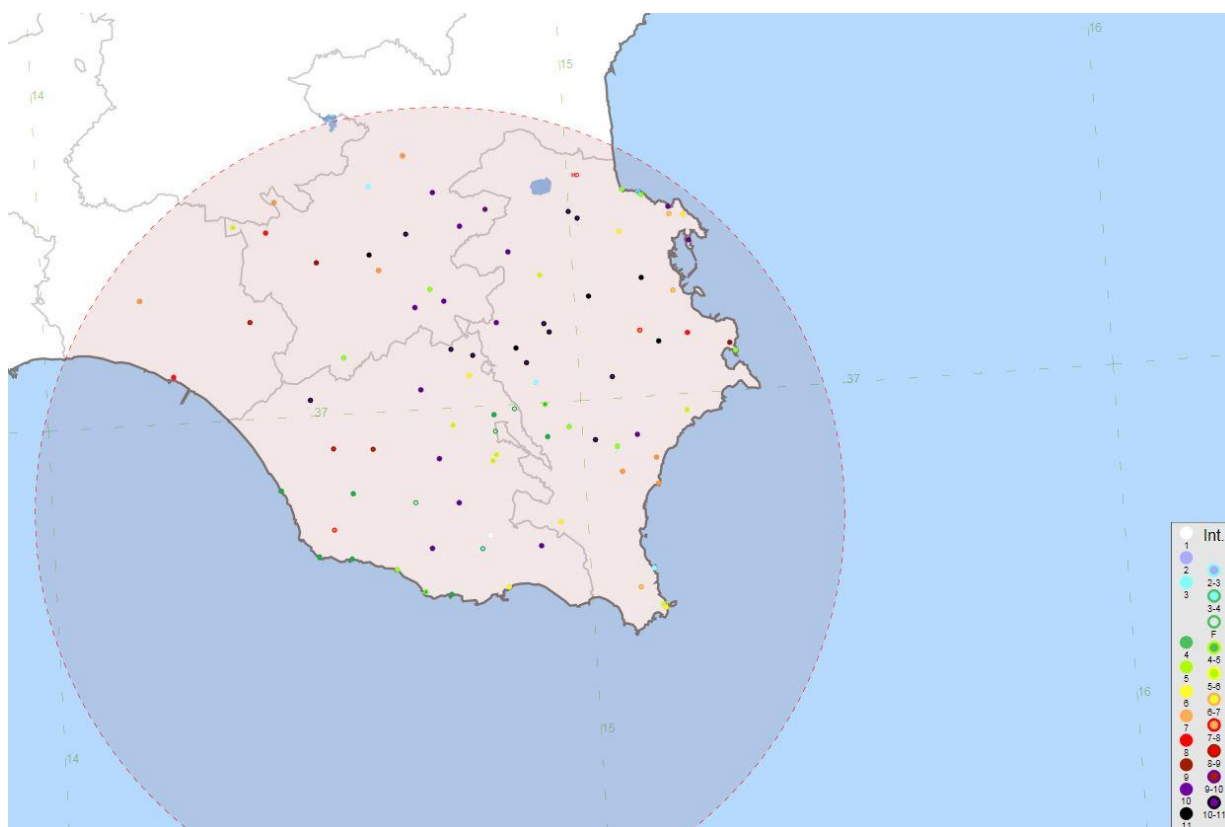


Figura 6 - Estrapolazione dei terremoti storici dell'area ibleo-ragusana da CPTI 2018- DBMI -2015 INGV
http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/

PlaceID	Place Name	Prov	Imax	EQs
IT_67984	Acate [Biscari]	RG	10-11	12
IT_68035	Agnone Bagni	SR	5	2
IT_71543	Agnone Punta Castelluccio	SR	2-3	1
IT_68043	Augusta	SR	10	31

IT_68055	Avola	SR	7	19
IT_71545	Avola Antica	SR	10	4
IT_68100	Belvedere	SR	8	6
IT_67867	Borgo Pietro Lupo	CT	3	1
IT_68049	Brucoli	SR	10	6
IT_68056	Buccheri	SR	10	20
IT_68058	Buscemi	SR	11	13
IT_67589	Butera	CL	7	12
IT_68077	Calabernardo	SR	7	1
IT_67776	Caltagirone	CT	9	45
IT_68059	Canicattini Bagni	SR	10-11	22
IT_68060	Carlentini	SR	10-11	25
IT_71541	Case Aguglia	RG	NF	1
IT_71540	Case Montesano	RG	F	1
IT_68062	Cassaro	SR	10-11	17
IT_68102	Cassibile	SR	5-6	2
IT_68050	Castelluccio	SR	5	1
IT_68086	Castelluccio	SR	4	1
IT_68027	Cava d'Aliga	RG	4-5	1
IT_67985	Chiaromonte Gulfi	RG	10	24
IT_67987	Comiso	RG	8-9	21
IT_71547	Contrada Bellocozzo	RG	F	1
IT_72179	Cozzo Spadaro [faro]	SR	SD	1
IT_68016	Donnafugata	RG	4	1
IT_68029	Donnalucata	RG	5	2
IT_68063	Ferla	SR	10-11	20
IT_68064	Floridia	SR	11	28
IT_68066	Francofonte	SR	10	23
IT_67996	Frigintini	RG	5-6	2
IT_67617	Gela [Terranova]	CL	8	21
IT_67994	Gianforma	RG	5-6	1
IT_67990	Giarratana	RG	6	26
IT_71539	Giarratana [vecchia]	RG	10-11	2
IT_67833	Grammichele	CT	7	21
IT_67992	Ispica [Spaccaforno]	RG	10	22
IT_68070	Lentini	SR	10-11	37
IT_67838	Licodia Eubea	CT	10	26
IT_71832	Madonna dei Malati	SR	HD	1
IT_68017	Marina di Ragusa [Mazzarelli]	RG	4	1
IT_68089	Marzamemi	SR	3	2

IT_67778	Mazzarrone	CT	5	8
IT_68074	Melilli	SR	11	29
IT_67861	Militello in Val di Catania	CT	10	27
IT_67868	Mineo	CT	10-11	68
IT_67869	Mirabella Imbaccari	CT	7	14
IT_68001	Modica	RG	10	34
IT_71544	Monte Tauro	SR	6	1
IT_68012	Monterosso Almo	RG	10-11	15
IT_67637	Niscemi	CL	8-9	23
IT_68079	Noto	SR	7	34
IT_71546	Noto Antica	SR	10-11	5
IT_71458	Occhiolà	CT	11	4
IT_68091	Pachino	SR	6-7	18
IT_67879	Palagonia	CT	10	27
IT_68095	Palazzolo Acreide	SR	10-11	30
IT_68061	Pedagaggi	SR	5-6	1
IT_72383	Pizzillo	RG	F	1
IT_68092	Portopalo di Capo Passero	SR	6	7
IT_68013	Pozzallo	RG	6	13
IT_68103	Priolo Gargallo	SR	6-7	13
IT_68023	Punta Secca	RG	4	2
IT_68019	Ragusa	RG	10	33
IT_67901	Ramacca	CT	7	27
IT_68080	Rigolizia	SR	4-5	1
IT_68097	Rosolini	SR	6	18
IT_68030	Sampieri	RG	4	3
IT_67919	San Cono	CT	5-6	7
IT_68082	San Corrado di Fuori	SR	5	3
IT_68021	San Giacomo	RG	4	1
IT_67934	San Michele di Ganzaria	CT	8	10
IT_68026	Santa Croce Camerina	RG	7-8	10
IT_68081	Santa Lucia	SR	3	1
IT_71542	Santa Rosalia	RG	5-6	1
IT_68032	Scicli	RG	10	24
IT_68033	Scoglitti	RG	4	2
IT_67950	Scordia	CT	9-10	32
IT_68105	Siracusa	SR	9	65
IT_71548	Siracusa Vecchia [Ortigia]	SR	5	1
IT_68108	Solarino	SR	7-8	14
IT_68109	Sortino	SR	11	32

IT_68051	Stazione di Brucoli	SR	6-7	1
IT_67972	Stazione di Vizzini-Licodia	CT	5	1
IT_68088	Testa dell'Acqua	SR	5	6
IT_68075	Villasmundo	SR	6	2
IT_68034	Vittoria	RG	8-9	22
IT_67973	Vizzini	CT	10	32
IT_68000	Zappulla	RG	3-4	1

Figura 7 - Tabella riassuntiva degli eventi riportati in mappa nella fig 6 (estrazione da database INGV)

3.1 SISMICITA' STORICA AREA DI RAGUSA (ANNO 1000 - 2015)

Tutte le informazioni relative alla sismicità storica in Italia sono a partire dall' anno 1000 fino all'ultimo catalogo parametrico del 2015 sono disponibili sul database dell'INGV CPT-15 (Gruppo di lavoro CPTI – 2015).

In questi cataloghi è possibile individuare la posizione e l'intensità di sismi con $I_{max} > 5-6$ e $M_w > 4.5$.

Le informazioni dei cataloghi sono di tipo macrosismico fino al 1963 ovvero sono dati basati solo sui danni subiti dai manufatti ed edifici, da 1963 fino al 1980 si hanno dati misti sia di tipo macrosismico che strumentali, solo a partire dal 1980 con l'ampliarsi della rete sismometrica nazionale si hanno maggiori informazioni di tipo strumentale.

Dai cataloghi gli epicentri più vicini alla città di Ragusa (anno 1693, 1949, 1980, 2004) presentano una intensità MCS $5^{\circ}-7^{\circ}$ (scosse forti – fortissime), mentre vengono riportati tre eventi del 1693 essendo delle repliche del terremoto con $I = 11$ localizzato a NE di Ragusa

Entro 30km di raggio da Ragusa sono presenti altri epicentri, con intensità MCS $6^{\circ}-8^{\circ}$ (scosse molto forti anno 1696,1727,1903,1896) inoltre si individuano altri terremoti vicino ai paesi di Mineo e Vizzini con i terremoti del 1624,1698,1895.

All'interno di un cerchio di 50 km (fig 8) di raggio dal centro di Ragusa, nell'Area Nord Occidentale ricadono i terremoti più forti della zona iblea con intensità MCS $9^{\circ}-11^{\circ}$ (scosse disastrose-catastrofiche) con gli eventi del 1169,1542, 9/11 Gennaio 1693) la distribuzione dei danni per questi sismi presenta una difficile ricostruzione storica tuttavia la sorgente sismogenetica è comune, infatti in correlazione a questi eventi sono riportati fenomeni di tsunami e le isolinee di intensità non si chiudono sulla costa, molto probabilmente sono terremoti associati alle strutture distensive lungo il margine ibleo orientale con strutture sismogenetiche situate in mare.

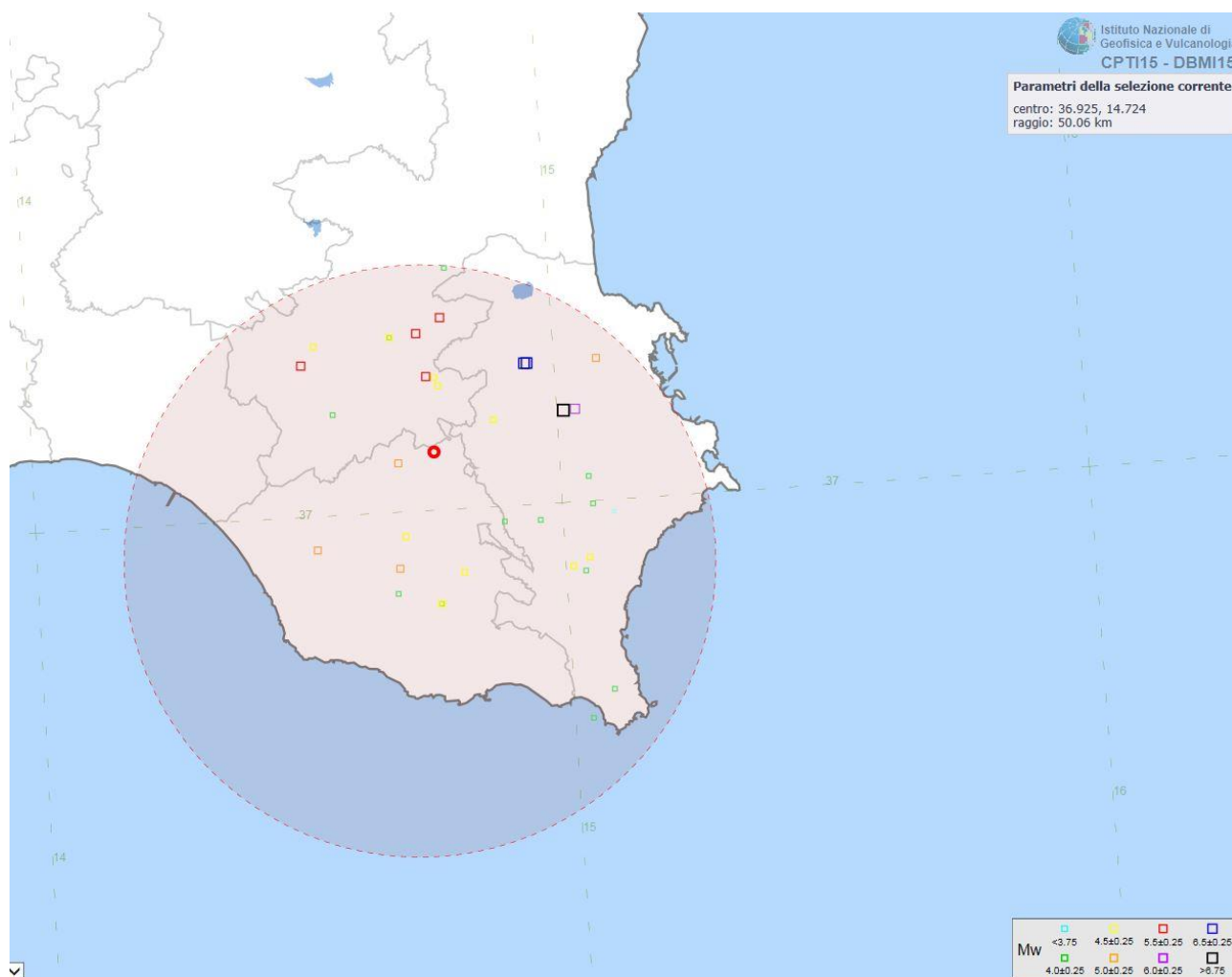


Figura 8 - CPT 15 Terremoti storici area ragusana – centro cerchio posizionato in prossimità della città di Ragusa raggio 50km
http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/

Year	EpicentralArea	MwDef	I _{max}
1169	Sicilia sud-orientale	6,5	10
1542	Sicilia sud-orientale	4,16	SD
1542	Sicilia sud-orientale	6,68	10
1624	Monti Iblei settentrionali	5,56	9
1693	Sicilia sud-orientale	6,07	8-9
1693	Sicilia sud-orientale	7,32	11
1693	Modica	4,63	6
1693	Sicilia sud-orientale	4,16	D
1693	Modica	4,63	7
1693	Sicilia sud-orientale	4,93	6
1696	Sicilia sud-orientale	4,4	6-7

1698	Monti Iblei settentrionali	5,66	7-8
1717	Ragusano	4,86	6-7
1727	Val di Noto	4,64	7-8
1818	Monti Iblei	5,57	7-8
1820	Mineo	4,4	5-6
1878	Mineo	4,29	6-7
1892	Monti Iblei	4,41	5
1895	Monti Iblei ?	4,82	6-7
1896	Stretto di Sicilia	3,99	5
1898	Calatino	4,51	6
1903	Sicilia sud-orientale	4,32	6
1903	Calatino	4,14	5-6
1909	Caltagirone	5,33	7-8
1911	Mineo	4,16	5
1924	Monti Iblei	4,74	5-6
1937	Monti Iblei	4,49	6
1949	Sicilia sud-orientale	5,1	7
1964	Monti Iblei	4,2	5-6
1980	Monti Iblei	4,39	5-6
1997	Monti Iblei	4,45	5
1999	Monti Iblei	4,18	
2004	Monti Iblei	3,82	4
2006	Siracusano	4,05	4
2011	Monti Iblei	3,47	5
2012	Monti Iblei	3,9	5
2013	Capo Passero	4,1	
2013	Capo Passero	4,12	

Figura - 9 tabella dei terremoti storici relativi alla mappa in (fig 9) raggio 50 km centro in prossimità della Città di Ragusa

Come è evidente dai modelli sismotettonici in Sicilia la sismicità è distribuita principalmente in 2 settori lungo la costa ionica, dove gli eventi raggiungono magnitudo circa 7.0; mentre nell' area interna si hanno terremoti con $M \leq 5.5$.

Azzaro e Barbano in un lavoro del 2000 propongono una carta strutturale e un modello sismogenetico con i dei terremoti che possono avere attivato i singoli segmenti di faglia.

In questo modello si evidenzia come la Linea di Sicli, la struttura di Carlentini, la struttura di Scordia-Lentini e i lineamenti normali associati alla scarpata Ibleo Maltese sono strutture sismicamente attive e hanno generato i principali terremoti in epoca storia nella zona Ragusana Iblea (fig 10).

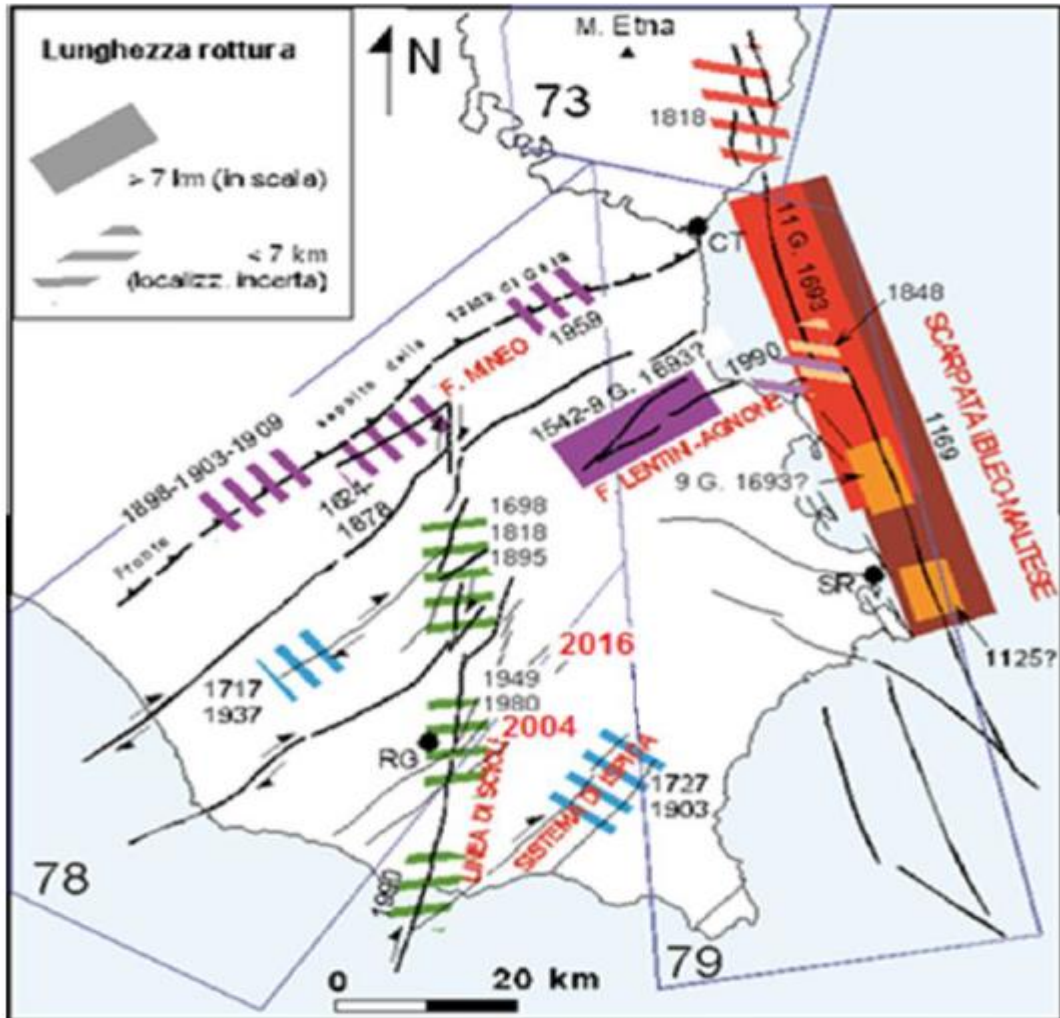


Figura 10 - modello e mappa delle strutture sismogenetiche dell'area ragusana Iblea (Azzaro – Barbano 2000)

Dal modello si ricostruisce che il maggiore potenziale sismogenetico deriva dalle strutture normali associate alla distensione della scarpata ibleo maltese con grandi terremoti che hanno colpito la regione come quelli del (1169,1693,1818)

Per quanto riguarda invece il settore interno del Plateau Ibleo, la Linea di Sicli presenta uno dei potenziali sismogenetici maggiori, infatti essa è una linea di trascorrenza che si sviluppa per circa 100 km in direzione NS, per la linea di Scicli tuttavia non si osservano fenomeni di fagliazione successivi al

Pleistocene medio, ma la distribuzione dei terremoti indica che esistono delle strutture ad essa associate che hanno un potenziale sismogenetico quaternario (Azzaro et Alii 2000)

Si evidenziano nella area costiera altre strutture sismogenetiche minori, nella piana di Vittoria dove si sviluppano faglie cieche responsabili degli eventi del (1717 1937) e nel sistema di Ispica dove è documentata una deformazione con attività tardo quaternaria-olocenica (terremoti del 1727 – 1903) Azzaro et alii 2000.

3.2 SISMICITA' STRUMENTALE DELL' AREA RAGUSANA

La sismicità strumentale registrata dai cataloghi dell'INGV a partire dal 1981 (ISIDE) è definita dalla mappa (fig 11).

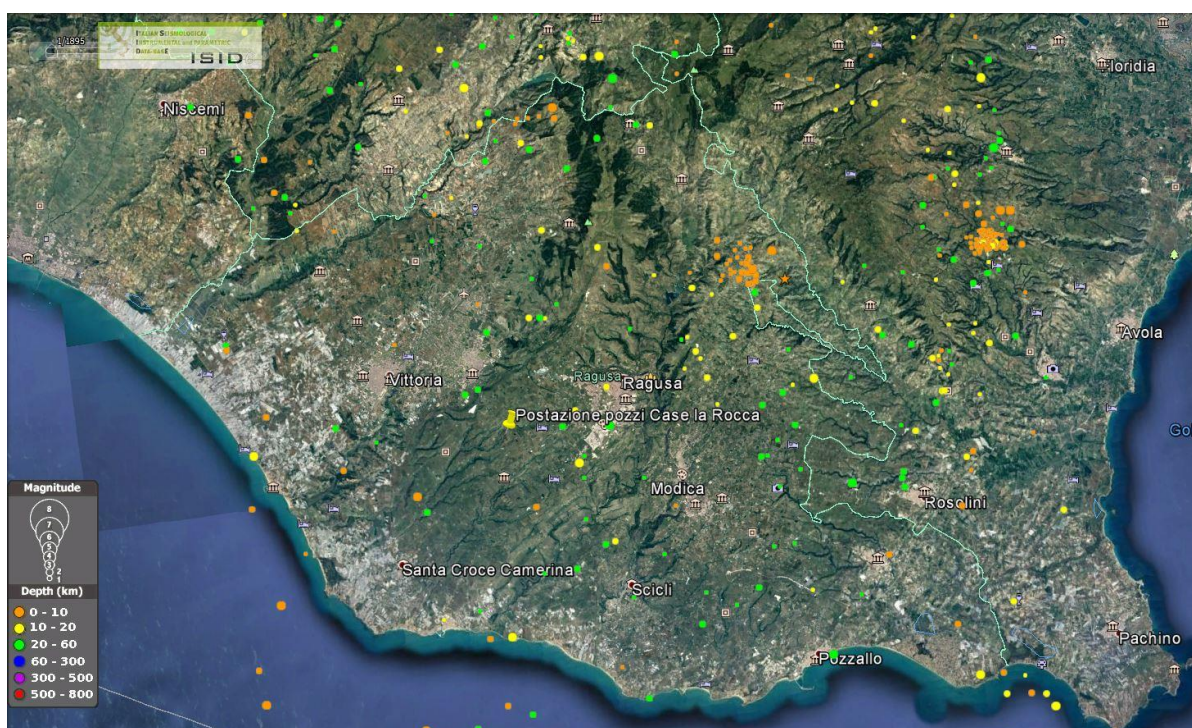


Figura 11 - Mappa della sismicità strumentale registrata a partire dal 1981 derivante dal database ISIDE dell'INGV , con la posizione tramite segnaposto georeferenziato della postazione sonda per i pozzi Case la Rocca.

Come è evidenziato dalla mappa plottando tutti i terremoti strumentali da 1981 fino al 2016 si evidenzia che gran parte della sismicità è spostata nei settori più a Nord nelle aree vicino a Chiamonte e a E verso Noto , mentre nelle aree più vicine a Ragusa si evidenziano eventi sparsi che non seguono pattern di deformazione ben definite, questo deriva dalla complessa struttura di deformazione presente nell'area di Ragusa che vede la presenza di numerose strutture cieche associate alla struttura di Scicli e al graben di Marina di Ragusa.

I terremoti strumentali nell'area ragusana presentano una profondità ipocentrale di circa 20 km e valori di Magnitudo tra i 4 e 5.

In prossimità della postazione per la perforazione dei pozzi Case la Rocca non sono stati localizzati terremoti, alcuni ipocentri si localizzano a circa 4 km in direzione NNW verso Vittoria e in direzione SSE in direzione Ragusa-Scicli.

Dai cataloghi parametrici della sismicità strumentale è possibile estrapolare i dati della sismicità e delle magnitudo a partire dai primi anni 80, in (fig 12) è riportata la distribuzione nel tempo dei sismi nell'area di Ragusa in un raggio di 30 km, come da analisi grafica si evidenzia che la Magnitudo resta costante fino a 2005 per poi diminuire ed aumentare il numero di eventi registrati a causa dell'incremento del numero di stazioni sismiche della rete sismometrica nazionale (RSN)

La distribuzione delle Magnitudo nell'area di Ragusa vede dei terremoti con una magnitudo massima di 4.3-4.4 dagli anni 80 fino ad oggi, mentre in numero di eventi maggiore presente una magnitudo tra 1.5 e 3 (con scarso risentimento macrosismico).

Resta inoltre da considerare che gli eventi con magnitudo ≤ 1.8 hanno una scarsa risoluzione a causa della soglia di Magnitudo di completezza (MC) posta a 1.8, tutti gli eventi che hanno un magnitudo inferiore alla MC hanno dati e informazioni sismiche al limite del margine di errore .

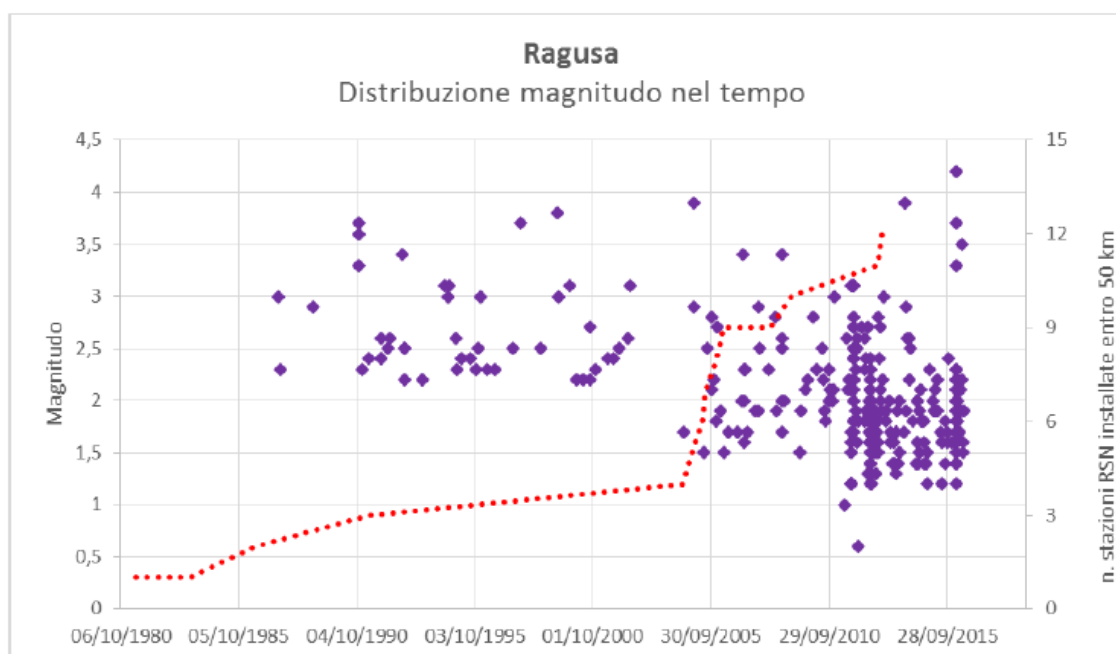


Figura 12 - Distribuzione della Magnitudo nel tempo, la linea rossa rappresenta la progressione del numero delle stazioni della rete sismica nazionale.

3.3 FAGLIE SISMOGENETICHE E CAPACI DATI DISS (DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES)

Lo studio pregresso dei terremoti storici, le analisi geologiche e geomorfologiche di terreno, l'interpretazione geologica dei dati di sottosuolo permettono di individuare le strutture sismogenetiche, ovvero le strutture geologiche che sono in grado di generare un terremoto.

Per tutto il territorio italiano grazie al lavoro dell'INGV sono state catalogate tali sorgenti, in un database DB-DISS** (Individual Database Seismogenic Sources), tale database rappresenta un documento importante per la valutazione del rischio sismico per tutto il territorio Italiano e permette di ottimizzare tutte le procedure e le operazioni per la mitigazione del rischio sismico.

Da tale database sono state estratte le principali sorgenti sismogenetiche che interessano la zona iblea e in particolare l'area ragusana (Fig 13).

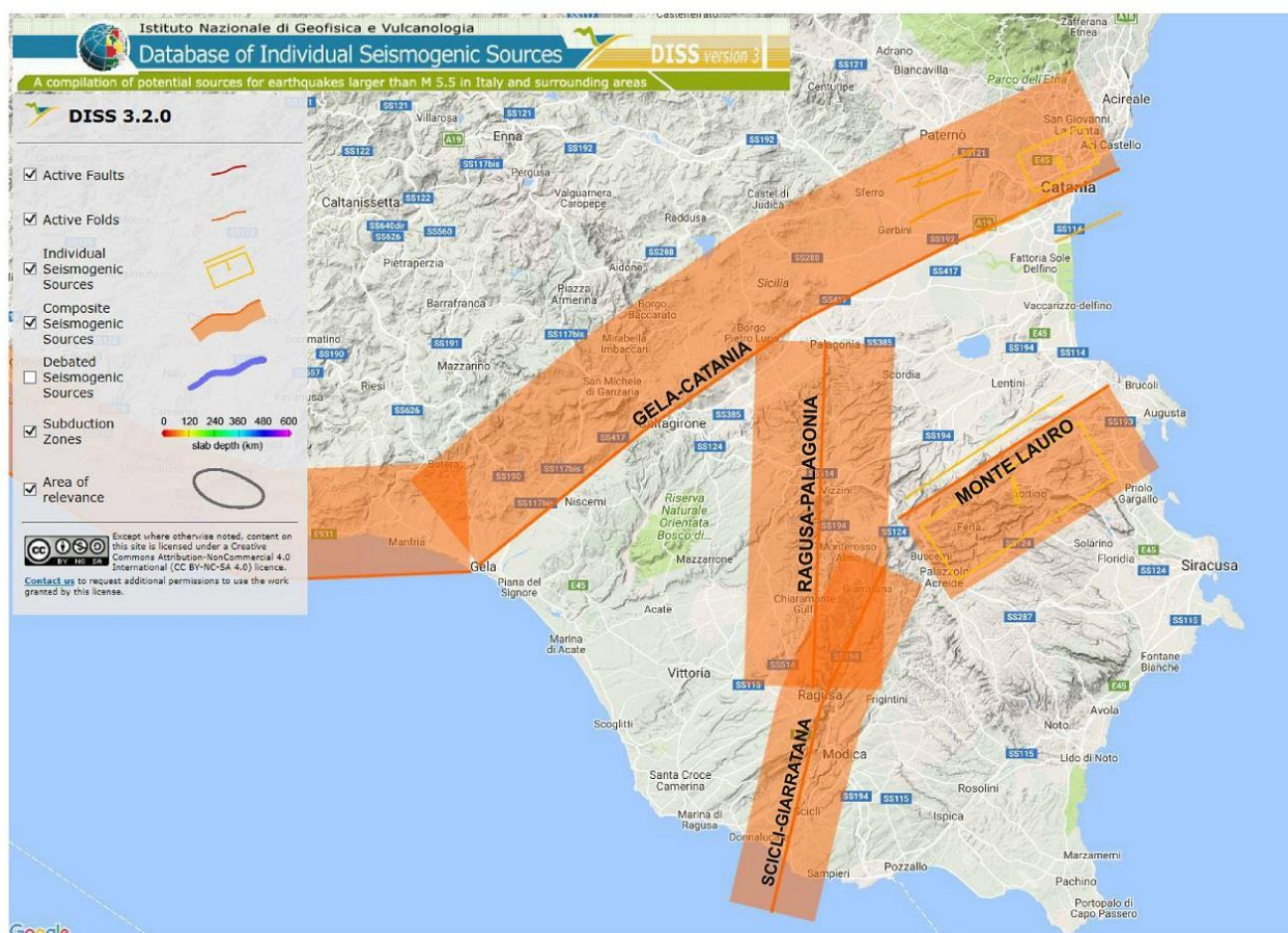


Figura 13 - Mappa delle DISS dell'area di Ragusa (<http://diss.rm.ingv.it/dissGM/>)

** Nota: il DISS viene continuamente aggiornato e ottimizzato sulla base dei nuovi terremoti e lo studio delle sequenze sismiche che si verificano sul territorio italiano, spesso le geometrie delle sorgenti possono subire delle piccole variazioni a seguito dell'analisi dei dati e studi di sismotettonica.

- **GELA-CATANIA:** La sorgente di Gela-Catania è il lineamento associato alle strutture compressive Appenninico-Magrebidi in affioramento lungo il lineamento Gela-Catania, tale sorgente sismogenetica, dai dati storici, ha una magnitudo attesa $M_w=6$, i dati storici e strumentali (Boschi 2000, CPTI 2004) mostrano un'attività sismica significativa associata a tale struttura con i terremoti storici dell'11 Gennaio 1639 e del 20 Febbraio 1818.

- **RAGUSA-PALAGONIA:** Questa struttura si trova nella porzione a N della linea di Scicli, presenta una geometria ad alto angolo in direzione N-S e un meccanismo di tipo trascorrente. Questa struttura sismogenetica ha una max magnitudo attesa di 5.6.

Lungo la sorgente di RAGUSA-PALAGONIA si evidenziano anche delle deformazioni del reticolo fluviale (Catalano 2008) con evidenze di movimento destro. I recenti dati di deformazione GPS mettono in evidenza che questa area si sposta in direzione NNW.

I cataloghi storici (Boschi 2000, CPTI 2004 et alii) descrivono una attività sismica nella zona a N del Plateau Ibleo con terremoti molto forti: 4 febbraio 1169 ($M_w=6.6$), 10 Dicembre 1542 ($M_w=6.6$), 11 Gennaio 1693 ($M_w=7.4$).

- **SCICLI-GIARRATANA:** Rappresenta il sistema sismogenetico principale dell'area di Ragusa e nella zona Ibleo ragusana, la linea di Scicli Giarratana è una struttura trascorrente ad alto angolo con una direzione N-S lunga circa 70 km, si estende per gran parte dell'Avampese Ibleo. I dati storici riportano forti terremoti storici come quelli del 4 Febbraio 1169, 10 Dicembre 1542 ($M_w=6.6$) e il terremoto più forte riportato, ovvero l'evento del 11 Gennaio 1693 ($M_w=7.4$)

MONTE LAURO: Tale struttura sismogenetica è data da una struttura inversa ad alto angolo lungo il bordo Nord orientale del Plateau Ibleo, presenta una $M_w=6.6$, la geometria della box sismogenetica è stata costruita tramite i rilevamenti di superficie evidenti lungo la dorsale del Monte Lauro.

I dati bibliografici e i lavori di rilevamento indicano che il margine settentrionale del Plateau Ibleo è caratterizzato da strutture con deformazione compressiva e sistemi ad essa associata che si evidenziano fino alla piana di Catania.

Anche per questa sorgente sismogenetica i cataloghi storici (Boschi 2000, CPTI 2004 et alii) descrivono una attività sismica nella zona a N del Plateau Ibleo con terremoti molto forti: 4 Febbraio 1169 ($M_w=6.6$), 10 Dicembre 1542 ($M_w=6.6$), 11 Gennaio 1693 ($M_w=7.4$).

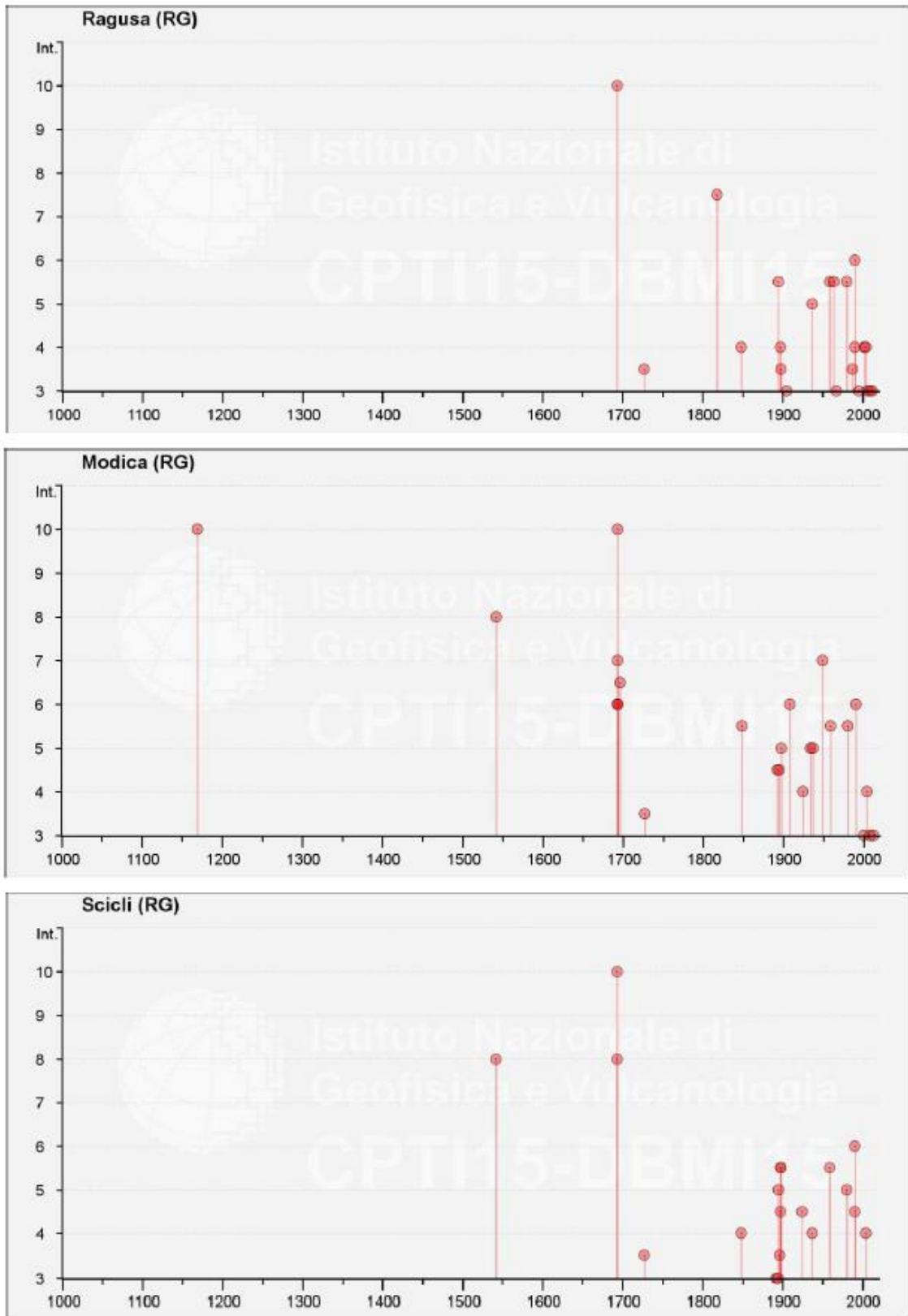


Figura 14 - Risentimenti riferiti a Intensità > 3 avvertiti a Ragusa Modica e Sicli dall'Anno 1000 fino al 2015 (Fonte INGV DBMI15)

4. STRUTTURA DELLA RETE DI MONITORAGGIO SISMICO

4.1 SCOPO E GEOMETRIA

Lo scopo del monitoraggio sismico è di rilevare localizzare e determinare i principali parametri di sorgente della sismicità e microsismicità verificatasi nei domini volumetrici di rilevazione, inoltre serve a migliorare a scala locale il livello di magnitudo di completezza delle rilevazioni nei domini di rilevazione infine permette di incrementare l'accuratezza dei dati accelerometrici del suolo.

I dati rilevati serviranno a costruire un catalogo di eventi sismici che possa essere utilizzato per monitorare l'evoluzione nel dominio spazio-tempo-magnitudo della sismicità nei domini di rilevazione.

Per la definizione geometrica e la costruzione di una rete di monitoraggio sismico è utile definire i volumi di interesse per il monitoraggio sismico, a tale scopo è stato utilizzato il documento del ministero dell'Ambiente *“Indirizzi e linee guida (ILG) per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche”*.

Come riportato dal capitolo 5 del documento del 24 novembre 2014 «Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche», il piano di monitoraggio è previsto in un'area denominata “Dominio Interno di Rilevazione (DI) specificato:

- **Per le attività di estrazione di olio/gas da giacimento;**
- **Per le attività di stoccaggio;**
- **Nel caso di reiniezione di fluidi all'esterno del giacimento.**

Nel caso quindi di istanza di permesso di ricerca non ci sono linee guida specificate poiché non è prevista una delle tre azioni di cui sopra. Quello che la Società proponente può fare ante operam e per seguire le richieste dell'integrazione, è l'installazione di una stazione sismometrica nell'ordine di avere una situazione da integrare con la rete sismometrica nazionale.

In questo documento vengono definite, in maniera preventiva, le linee guida da utilizzare per una corretta progettazione della rete di monitoraggio nel caso in cui una volta definita la scoperta dei prospect e quindi del campo, si passasse all'istanza di Concessione. Ovviamente data la non scoperta del/dei campi al momento della redazione del documento stesso, il piano che si va a presentare è un piano di massima modificabile in corso d'opera e nel momento in cui si procederà all'istanza di Concessione.

Si definiscono anche i volumi di interesse per il monitoraggio sismico. Vengono definiti 2 volumi (come da documento ILG):

- DOMINIO INTERNO DI RILEVAZIONE (DI): per le attività di estrazione degli idrocarburi è il volume che si estende fino in superficie comprendendo la zona mineralizzata (giacimento) come ricostruito dallo studio geologico preliminare e una ulteriore fascia che si estende per 3 km dal bordo del giacimento stesso
- DOMINIO ESTERNO DI RILEVAZIONE (DE): è il volume circostante il dominio interno di rilevazione che comprende una porzione maggiore di crosta terrestre, al fine di definire e contestualizzare al meglio i fenomeni monitorati. Si suggerisce di estendere oltre il dominio interno di rilevazione per una fascia di ampiezza di ulteriori 5-10 km tenendo conto delle dimensioni del giacimento e tipologia di attività.

All'interno dei domini sopra indicati le stazioni della rete andranno ubicate in modo da soddisfare le indicazioni geometriche nelle ILG.

A questo proposito si sottolinea che l'idoneità della rete agli ILG sarà valutata non sulla base di parametri geometrici o strumentali ma, dai soli 4 requisiti prestazionali seguenti

- I. Rilevare e localizzare nel DI terremoti a partire da magnitudo locale inferiore a 1 ed incertezza di localizzazione dell'Ipocentro di alcune centinaia di metri;
- II. Nel DE migliorare di circa 1 unità la magnitudo di completezza (M_c) delle reti nazionali, con incertezza di localizzazione dell'Ipocentro di 1 km;
- III. Determinare l'accelerazione e la velocità del suolo presso i punti di misura;
- IV. Integrarsi opportunamente con le reti di monitoraggio esistenti.

Sulla base di tali caratteristiche e delle indicazioni degli ILG sono individuati i seguenti parametri significativi ai fini della progettazione (profondità livello mare)

- Profondità massima stimata del giacimento = 2100 m;
- Estensione DI oltre il giacimento = 3 km;
- Estensione DE oltre DI = 5 Km;
- Interdistanza stazioni DI \leq 3 Km;
- Interdistanza stazioni DE \geq 3 Km;

- $M_c < 1.5$.

La M_c (Magnitudo di completezza) è determinata su basi geometriche e strumentali della configurazione della rete sismometrica nazionale, la M_c della Rete Sismica Nazionale per la Regione Iblea è non inferiore a 2.5.

Nella Fig. 15 è riportata un'immagine da satellite su cui sono indicati il campo di Ragusa e i limiti del DI e del DE calcolati secondo i dati sopra riportati. Le dimensioni massime dell'area di monitoraggio sono 18x19 km.

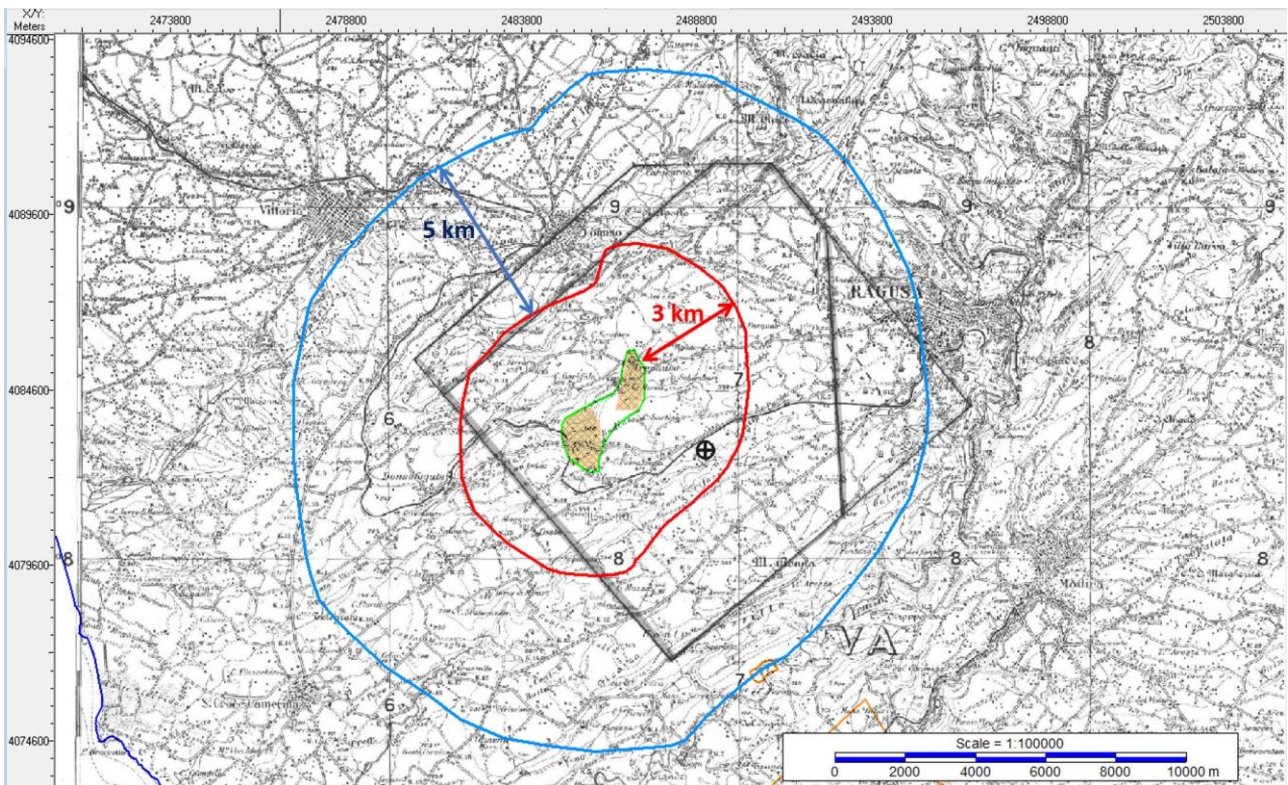


Fig.15 - immagine topografica del prospect di Case La Rocca (verde) con indicato in rosso il limite del DI e in blue il limite del DE.

Le possibili zone d'ubicazione delle stazioni sismometriche cadranno all'interno del DI e del DE, con una distribuzione che sarà in funzione della definizione del campo qualora fosse scoperto, con orientativamente 4 stazioni all'interno della DI e 4 stazioni comprese tra la DI e la DE.

4.2 STRUMENTAZIONE

Seguendo le indicazioni degli ILG, le stazioni saranno equipaggiate nel seguente modo:

- Accelerometri a 3 componenti su tutte le stazioni;

-
- Sismometri a 3 componenti a corto periodo naturale ≥ 1 sec su 7 stazioni;
 - Sismometro a 3 componenti a larga banda con periodo naturale ≥ 20 sec su una delle stazioni nel DI, centrale nella rete;
 - Acquisitore a 6 canali con conversione analogico-digitale a 24 bit;
 - Frequenza di campionamento ≥ 200 Hz per sismometri, ≥ 100 Hz per gli accelerometri;
 - Registrazione in continuo H24;
 - Trasmissione in continuo dei dati H24 tramite connessione di telefonia mobile UMTS;
 - Sincronizzazione temporale dei dati tramite segnale GPS.

Per quanto riguarda l'alimentazione della strumentazione, sarà in tensione con un voltaggio di 12 V tramite una linea elettrica o con pannello solare e batteria per le ore notturne.

I sensori saranno installati in un pozzetto superficiale in cemento con dimensioni indicative di 1.5x1.5x1.5 m, all'interno del quale si trova un plinto in cemento di dimensioni 60x60cm sulla quale saranno vincolati gli strumenti (Fig. 16).

La restante strumentazione sarà contenuta all'interno di armadietti stagni, questi armadietti potranno essere installati all'aperto oppure in scantinati o garage a seconda delle disponibilità logistiche e di proprietari esterni. (Fig. 17, 18)



Figura 156 - Esempio di stazione microsismica installata in zone remote con alimentazione con pannello fotovoltaico



Figura 16 - Esempio di alloggiamento della strumentazione nell'armadietto e del sensore all'interno del pozzetto.



Figura 17 - Armadietto con la strumentazione installato sul retro di un garage e pozzetto del sensore.

Le stazioni remote trasmetteranno tutti i dati RAW in modo continuo e in near-real time (con ritardi compresi di 1 minuto), tutti i dati verranno salvati e analizzati e opportunamente processati tramite software specifici.

Sulla stazione centrale sarà installato un software di elaborazione automatica per l'elaborazione in continuo dei dati RAW in modo autonomo, in modo tale da applicare i filtri ai segnali necessari per avere un processing ottimale dei dati.

5. MONITORAGGIO GEODETICO (INTERFEROMETRIA SAR)

Per quanto riguarda il controllo e analisi geodetica, è possibile fare questo tipo di analisi tramite le moderne tecniche di Interferometria satellitare (SAR) è una tecnica che permette di misurare gli spostamenti superficiali del terreno, attraverso le immagini RADAR (Fig 19) acquisite da un satellite.

Tramite l'analisi temporale di dati satellitari sulla stessa area di indagine è possibile definire spostamenti anche millimetrici del terreno.

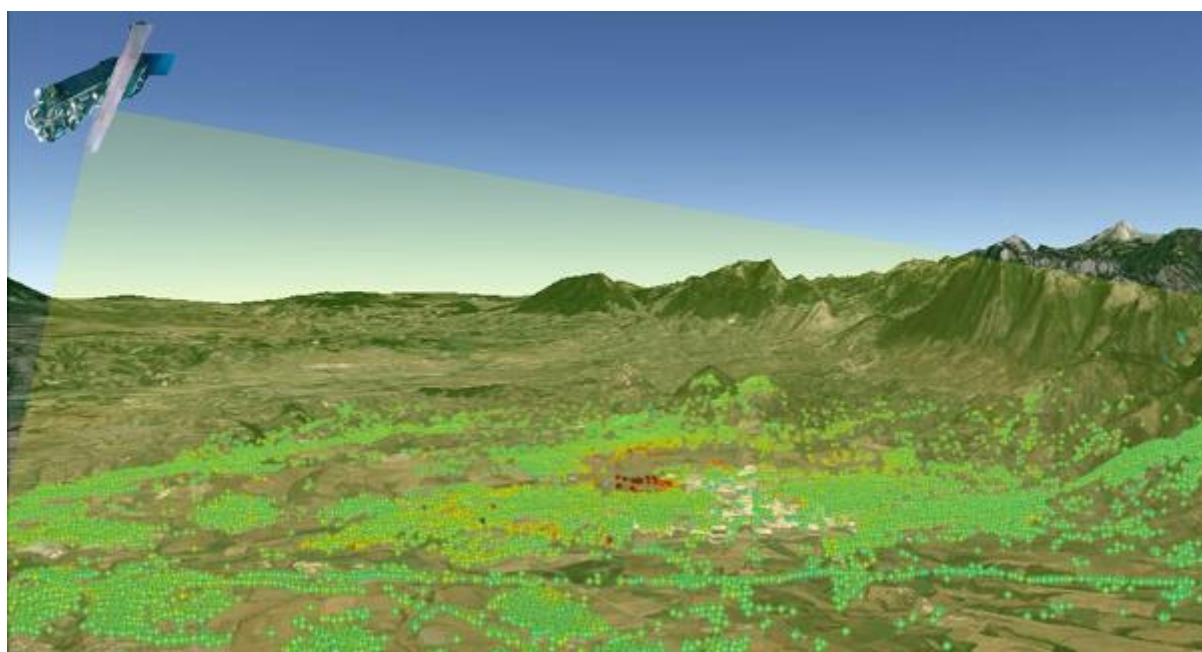


Figura 18 - immagine divulgativa della tecnica di analisi SAR , il satellite essendo in orbita geostazionaria a distanza costante tramite un analisi multiparametrica temporale di dati di riflessione RADAR permette di monitorare lo spostamento del terreno.

Tale tecnica si è sviluppata negli ultimi anni con le nuove tecnologie satellitari e i nuovi sistemi di acquisizione RADAR satellitari, questa tecnica di rilevamento geospaziale è molto utilizzata in ambito del monitoraggio ambientale, delle opere civili, dei dissesti idrogeologici e di frana e ultimamente è utilizzata anche per analisi di subsidenza nei grandi campi di produzione di idrocarburi.

Permette di avere una accuratezza dei dati molto elevata e di fare analisi multitemporali con notevole efficienza e tempi ridotti.

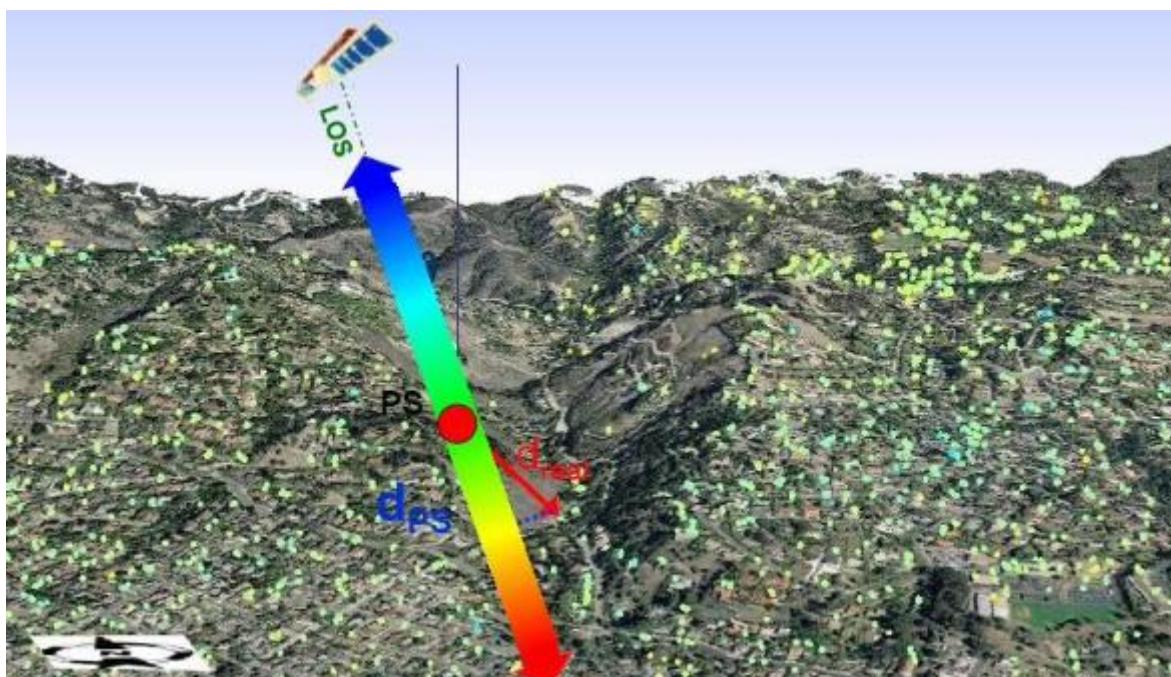


Figura 20 - Immagine semplificativa dell'analisi di distanza tramite satellite

Il satellite grazie all'emissione di segnali elettromagnetici RADAR emette delle frequenze di onde elettromagnetiche specifiche sulla superficie terrestre che vengono riflesse, con altre rispettive frequenze e tempi di riflessione correlati alla distanza satellite-terreno e capacità di riflessione del terreno.

Si genera quindi un pacchetto di dati che contiene dati di distanza satellite-terreno, indici di riflessione, lunghezze d'onda riflesse che opportunamente analizzate permettono di avere diverse analisi del terreno.

Dal punto di vista di analisi geodetica nel campo degli idrocarburi è possibile utilizzare le tecniche di interferometria RADAR multiparametrica temporale per analizzare i fenomeni di subsidenza dopo lunghi periodi di produzione.

L'analisi multitemporale permette di confrontare i dati satellitari nel corso degli anni a partire dal 1992, sovrapponendo tra di loro i dati di interferometria satellitare di anni diversi è possibile monitorare le aree della superficie terrestre che possono subire delle piccolissime deformazioni del suolo (fig 22).

In questo modo è possibile monitorare l'evoluzione altimetrica anche millimetrica di determinate aree geologiche e campi petroliferi, questa tecnica è anche utilizzata per la valutazione e la misurazione della naturale deformazione tettonica del suolo, di recente infatti è applicata alla misurazione altimetrica delle catene montuose, come Alpi, Appennino, Himalaya ecc cc.

È una tecnica non invasiva sul terreno e ha tempi di processing abbastanza ridotti, permette di avere una precisione millimetrica degli spostamenti del terreno.

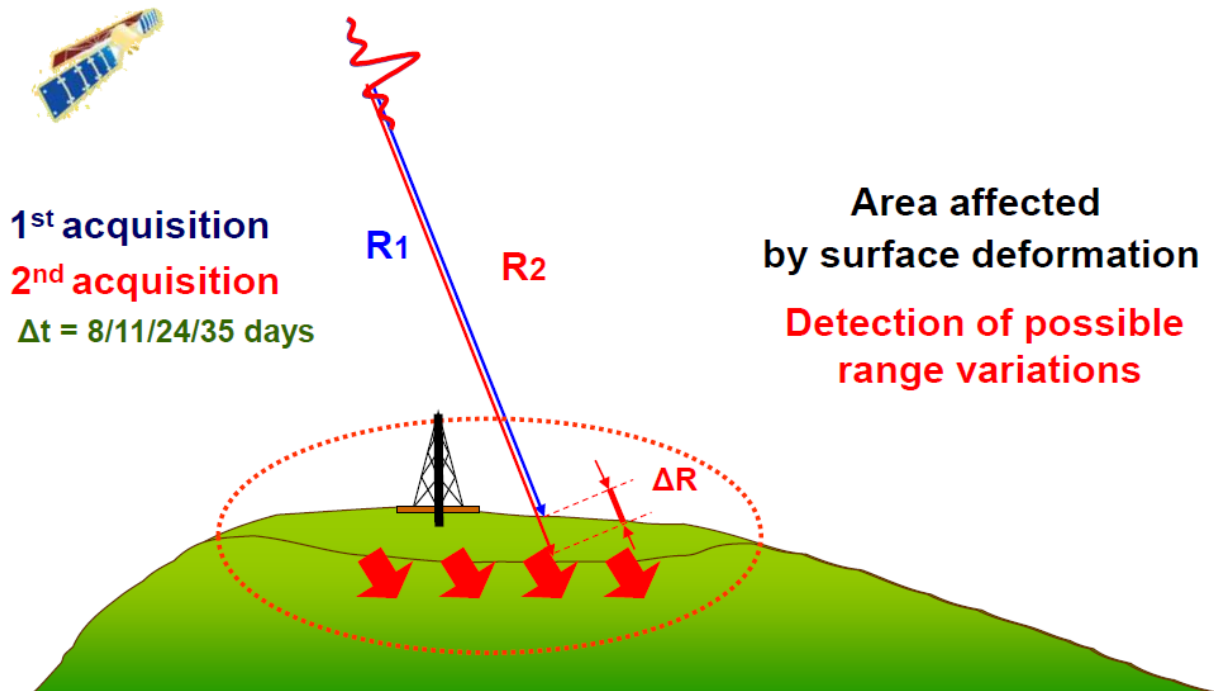


Figura 21 - Tecnica di analisi SAR per lo studio della deformazione del terreno.

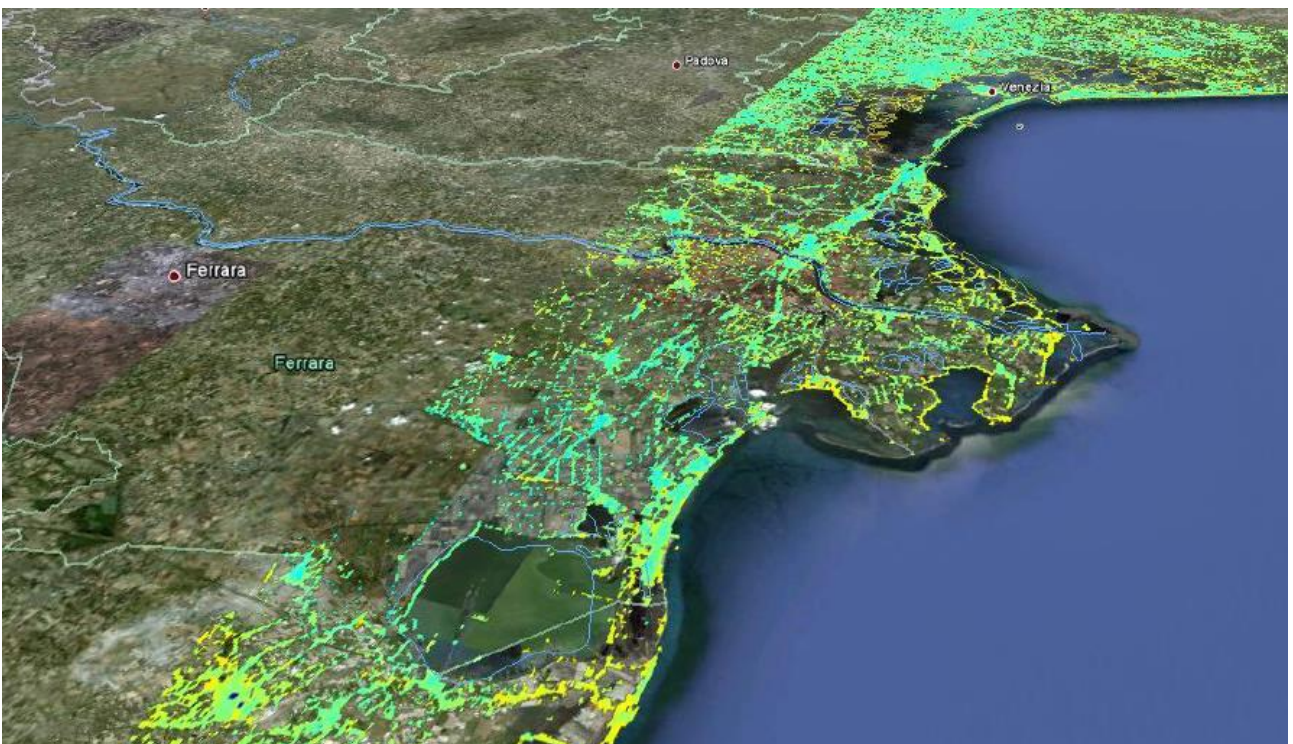


Figura 22 - immagine di analisi SAR relativa alla subsidenza

Questa tecnologia ha dei costi di applicazione ancora alti a causa del costo dei dati che rilasciano le agenzie spaziali, tuttavia di recente esiste la possibilità di utilizzare dei dati free e quindi si può ottenere una riduzione del costo complessivo dell'analisi SAR.

Per quanto riguarda il progetto Case la Rocca è possibile utilizzare i dati satellitari disponibili, e tramite l'analisi multitemporale è possibile studiare il comportamento altimetrico del suolo durante una futura ed eventuale produzione di idrocarburi nel tempo. Anche ciò quindi è vincolato ad una scoperta e futuro sviluppo del campo. Al momento è possibile effettuare soltanto uno stato ante-operam della situazione.

6. CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

Il presente documento vuole rispondere come progetto di “massima-preliminare” alle richieste del Ministero dell'Ambiente, per *“un progetto di massima [...] per quanto riguarda la sismicità o microsismicità”* relativa ai pozzi del permesso di ricerca Case la Rocca nell'ambito della procedura di Impatto Ambientale. Come richiesto nelle integrazioni, questo documento dà anche un quadro sull'attuale stato della sismicità e microsismicità dell'area.

Solo dopo avere eseguito la perforazione, eseguito i relativi test di mineralizzazione dei pozzi e ricostruito tramite i dati di pozzo l'estensione del giacimento è possibile ottimizzare la geometria della rete microsismica ed avere una configurazione ottimale finale della stessa.

Resta da rimarcare che i pozzi Case la Rocca sono dei pozzi esplorativi, ovvero vanno ad investigare il sottosuolo e a testare il target minerario interpretato preliminarmente, tuttavia per la loro natura esplorativa non è assicurato un esito positivo di mineralizzazione e di produttività del giacimento.

Per quanto riguarda invece gli studi geodetici è possibile eseguire le analisi prima e dopo la perforazione perché le immagini a disposizione partono a partire da 1992 e sono in costante aggiornamento.

BIBLIOGRAFIA

- Barreca, G. et al. (2013) – *Geodetic, geological and geophysical evidence of active tectonics in south western Sicily and off-shore*. In: *Rend. Online Soc.Geol.It* vol 29 , pp 5-8
- Bonforte et al. (2015)- *Geologiccal and geodetic constrains on the active deformation along the northern margin of the Hyblean Plateau (SE Sicily)*. In: *Tectonophysics* n. 640-641,pp 80-89.
- Bello M. et al (2000) - *Structural model of Estern Sicily – in Mem. Soc Geol. It.,55, pp 61-70.*
- Catalano et al. (2008) *Active faultings and seismicity along the Siculo-Calabrian Rift Zone (Southern Italy)*.in: *Tectonophysics* .453, pp 177-192.
- Catalano, R. et al. (2011) - *Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt. (AAPG International Conference & Exhibition - Milan 2011)*. In: *ISPRA – Periodici Tecnici – Geological Field Trips* 5(2.3)2013.
- C. Musumeci., L. Scarpi Foreland, M.Palano, D.Patanè 2014: *Segmentation along an active convergent margin: new constraints in southern Sicily (Italy) from seismic and geodetic observation*. *Tectonophysics* 2014
- Carta geologica di Italia, Scala 1:100000 - F°272 e relative Note Illustrative
- Carbone, S at al. (1982) – *Elementi per una prima valutazione dei caratteri sismotettonici dell’Avampaese Ibleo (Sicilia sud orientale)*. In: *Mem.Soc Geol.it.* n 24 , pp 507-520
- Catalano et al (2012)- *Geological and geodetic deformation rates along the active northern, margin of the Hyblean Pleateau (SE Siciliy): new constrains for assessing the seismogenic potential of the region*. In: *GNGTS Abstracts* 2012
- Finetti I. et alii 1996 - *Il sistema Appenninico Meridionale – Arco Calabro- Sicilia nel Mediterraneo Centrale: studio geologico e geofisico* in: *Boll. SGI* 115 (1996) fasc. 3 529-559.12 ff.
- Ghisetti, F, Vezzani, I (1980) - *The structural features of the iblean Plateau and the Mount Judica area (Southeastern Sicily): a microtectonic contribution to deformation history of the Calabrian Arc*. In: *Boll. Soc Geol. It,* n 99, pp 57-102.
- Grosso, M, La Manna, F (1993) – *Lineamenti stratigrafico e strutturali del fronte della Falda di Gela affiorante a NW del Plateau Ibleo (Sicilia Sud-Orientale)*. In: *Geologica Romana*, 29,55-72.
- ISPRA – Università degli studi di Catania – INGV (2014) – *Carta Geologica della Sicilia*. Ed. Selca
- Lentini, F, Carbone, S, (2014) – *Geologia della Sicilia. Il dominio di Avampaese*. In: *Memorie descrittive della Carta Geologica d’Italia*, vol. XCV, Ed. Servizio Geologico d’Italia – ISPRA
- Macchiavelli, C et al. (2013) – *Oilgo Quaternary kinematic evolution of the Sicilian-Magrebian Chain*. In: *Rend. SGI*, vol. 29
- Morelli, C (2000) – *The themes of crustal research in Italy and the role of DSS-WA seismic*. In: *Boll.Soc Geol. It.* 119,141-148
- Romagnoli, G. et al (2008)- *Tettonica estensionale quaternaria del Plateau Ibleo*. In: *Rend. Online SGI, Note Brevi*, pp 148-152.
- Azzaro R . Barbano M.S.(2000) *Analysis of seismicity of Southeastern Sicily: proposal of a tectonic interpretation*. In : *Ann. Geofis.,* 4(1). 171-188.
- Azzaro, R. Barbano M.S. Rignano e B . Antichi., 2000. *Contributo alla revisione delle zone sismogenetiche della Sicilia*, in, in F. Galadini, C. Meletti & A.Rebez., *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica* , CNR-GNDT, Roma 397 pp 31-38.
- Barbano M.S. Cosentino M. Lombardo G., Patanè G (1980). *Isoseismal maps of Calabria and Sicily earthquakes (Southern Italy)*. In : *CNR, Prog Fin. Geodinamica, Pubbl* 341,Catania
- Boschi, E., Giudoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, G.Valensise and P. Gasperini (2000). *Catalogue of Strong Italian Earthquakes, 461 b.C to 1997*. In: *Ann. Geofis.,*43, 609-868.



DISS Working group, 2010. *Database of individual Seismogenetic Sources (DISS), Version 3.1.1:A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas.* <http://dis.rm.ingv.it/diss>

Gruppo di lavoro CPTI, 2004. *Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani, versione 2004 (CPTI04) INGV Bologna*

Meletti C, Montaldo V., 2007. *Stime di pericolosità sismica per le diverse probabilità di superamento in 50 anni:valori di PGA. Progetto DPC-INGV S1, deliverable D2.*

Ministero dello Sviluppo Economico, 2014. *Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche, 24 Novembre 2014.*

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds) 2016. *CPTI 15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.*