

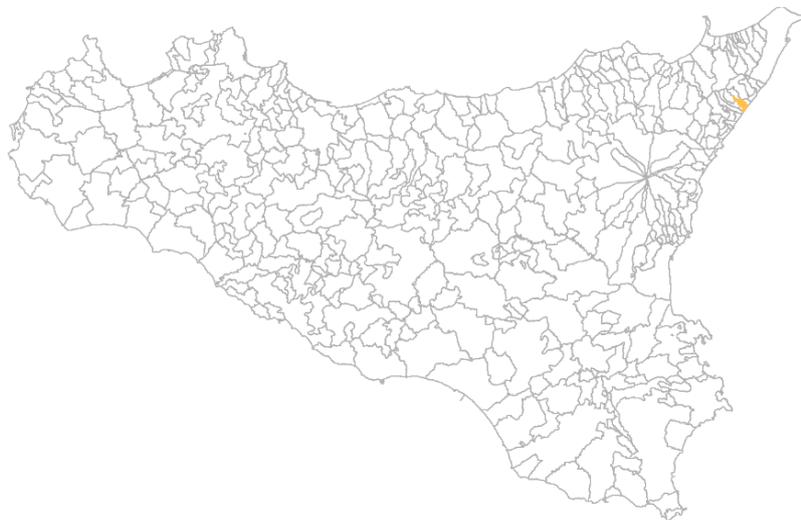
Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia Comune di Siracusa



Convenzione in data 20/12/2011 tra il Dipartimento Regionale della Protezione Civile e
l'Università degli Studi di Messina: *Indagini di Microzonazione sismica di Livello I in
diversi Comuni della Regione Sicilia ai sensi dell'OPCM 3907/2010*

<p>Contraente: Regione Siciliana – Presidenza Dipartimento della Protezione Civile</p> 	<p>Soggetto realizzatore: Università degli Studi di Messina C.A.R.E.C.I. – Centro Attrazione Risorse Esterne e Creazione d'Impresa</p> 	<p>Data: Gennaio 2013</p>
--	--	-------------------------------



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Sommario

1	INTRODUZIONE	7
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	13
3	CENSIMENTO DATI	15
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	16
4.1	Analisi Morfologica e Altimetrica	16
4.2	Idrografia	21
4.3	Inquadramento geologico strutturale regionale	24
4.4	Assetto geologico strutturale dell'area esaminata	31
4.5	Stratigrafia dell'area esaminata	31
4.6	Analisi geomorfologica ed assetto dei versanti	37
4.7	Classificazione litologica dei terreni affioranti	41
5	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO	51
5.1	Sismicità storica della Sicilia orientale e Calabria meridionale	52
5.2	Strutture sismogenetiche e faglie attive	65
5.3	Sismicità storica del comune di Siracusa	68
5	METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DELLE INDAGINI	76
6	ELABORATI CARTOGRAFICI	81



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

7	GEOGNOSTICA E GEOFISICA	91
8.1	Strumentazione utilizzata	91
8.2	Processing dei dati	92
8.3	Il Rumore sismico	93
8.4	Teoria sull'analisi del Rumore Sismico.....	95
8.5	Aree Interessate dalle indagini di MS.....	97
8.6	Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti	104
8.7	Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico	107
8.8	Considerazioni sui risultati ottenuti	111
9	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) ..	112
9.1	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	118
9.2	Zone suscettibili di instabilità	130
10	INDICAZIONI CONCLUSIVE	133
11	BIBLIOGRAFIA.....	134
12	ALLEGATI.....	139

Indice delle Figure

Figura 1 – Individuazione geografica dell'area	8
Figura 2 - Corografia dell'area.....	14
Figura 3 - Suddivisione del territorio in fasce altimetriche	19
Figura 4 - Schema stratigrafico strutturale dell'Avampese Ibleo (da Lentini et al., 1984)	25



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Figura 5 – Schema della distribuzione delle facies cretacic quaternarie attraverso il Plateau Ibleo dal Settore ionico all’Altopiano calcareo s.s. (Carbone et al., 1986, modificato).....	29
Figura 6 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici.....	40
Figura 7 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: substrato rigido o non rigido.....	42
Figura 8 - Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: terreni di copertura.....	43
Figura 9 - Carta geologico tecnica: Settore settentrionale (1 – Siracusa Città, Località Contrada Faro Carrozzeri e Isola; 2 - Belvedere).....	49
Figura 10 - Carta geologico tecnica: Settore meridionale (1 – Terrauzza, Fanusa, Arenella, Ognina; 2 - Cassibile, Fontane Bianche,).....	50
Figura 11 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1000-1899 (CPTI11, Rovida <i>et al.</i> , 2011)	53
Figura 12 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1900-2006 (CPTI11, Rovida <i>et al.</i> , 2011)	54
Figura 13 - Massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale (DBMI11, Locati <i>et al.</i> , 2011)	55
Figura 14 - Campo macrosismico del terremoto del 11/01/1693 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of italian Earthquakes, Bologna 1985).....	57
Figura 15 - Campo macrosismico del terremoto del 06/02/1783 (Tiberti <i>et al.</i> , 2006)	59
Figura 16 - Campo macrosismico del terremoto del 07/02/1783 (Tiberti <i>et al.</i> , 2006).	60
Figura 17 - Campo macrosismico del terremoto del 28/03/1783 (Tiberti <i>et al.</i> , 2006).	60
Figura 18 - Campo macrosismico del terremoto del 20/02/1818 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of italian Earthquakes, Bologna 1985).....	62
Figura 19 - Campo macrosismico del terremoto del 28/12/1908 (Bottari <i>et al.</i> , 1984).....	65



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Figura 20 - Mappa delle principali strutture sismogenetiche. Database of IndividualSeismogenicSources (Basili <i>et al.</i> , 2008)	66
Figura 21 – Mappa della distribuzione degli epicentri dei terremoti strumentali localizzati dall'INGV tra il 1981 e il 2011. Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011).....	67
Figura 22 - Grafico della storia sismica di Siracusa (DBMI11, Locati <i>et al.</i> , 2011).....	70
Figura 23 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.	71
Figura 24 - Distribuzione dei siti di stima del valore di PGA entro il territorio del comune di Siracusa.	72
Figura 25 - Comune di Siracusa: delimitazione delle aree indagate (contorno rosso).....	98
Figura 26 – Distribuzione delle indagini HVSR in relazione alle aree studiate nel Comune di Siracusa	104
Figura 27 - Carta delle frequenze nel Comune di Siracusa.....	106
Figura 28 - Carta delle frequenze nel Comune di Siracusa.....	107
Figura 29 – Profilo A-A'	110
Figura 30 – Profilo B-B'	110
Figura 31 - Profilo C-C'	110
Figura 32 - Profilo D-D'	110
Figura 33 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica: 1) Siracusa, Pantanelli, Faro Carrozzieri, Isola; 2) Belvedere	114
Figura 34 - Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica: 1) Terrauzza, Fanusa, Arenella e Ognina; 2) Cassibile, Fontane Bianche.....	115



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Figura 35 – Schema delle zone suscettibili di instabilità: 1) Siracusa, Pantanelli, Faro Carrozzieri, Isola; 2) Belvedere	116
Figura 36 – Schema delle zone suscettibili di instabilità: 1) Terrauzza, Fanusa, Arenella e Ognina; 2) Cassibile, Fontane Bianche	117
Figura 37 – 1) Siracusa, Pantanelli, Faro Carrozzieri, Isola; 2) Belvedere	118
Figura 38 – 1) Terrauzza, Fanusa, Arenella e Ognina; 2) Cassibile, Fontane Bianche.....	119
Figura 39 – Sezioni litostratigrafiche	120
Figura 40 – 1) Via Antonello da Messina – Via Italia; 2) Masseria Armenia.....	121
Figura 41 - Sezione litostratigrafica Via Antonello da Messina-Via Italia	122
Figura 42 – 1) Ognina; 2) Cassibile, Fontane Bianche.....	123
Figura 43 – Sezione litostratigrafica	124
Figura 44 – Località Pantanelli, Anapo, Ciane.....	125
Figura 45 – 1) Ognina; 2) Fontane Bianche	126
Figura 46 - Località Pantanelli, Anapo, Ciane.....	127
Figura 47 – Località Stadio “Nicola De Simone”.....	128
Figura 48 - Sezione litostratigrafica	129
Figura 49 – Località Viale Paolo Orsi.....	130

Indice delle Tabelle

Tabella 1 - Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati.....	40
Tabella 2 - Trasposizione analitica delle aree in dissesto individuate (PAI).	41



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Tabella 3 - Compendio della classificazione litologica	48
Tabella 4 - Storia sismica del comune di Siracusa (DBMI11 Locati <i>et al.</i> , 2011); I_s è l'intensità macrosismica risentita (MCS); A_x l'area epicentrale; N_p è il numero di località in cui è disponibile il dato macrosimico; I_0 è l'intensità macrosismica dell'epicentro (MCS); M_w è la magnitudo momento dell'evento con accanto il grado d'incertezza della stima.	69
Tabella 5 Valori di PGA stimati per il comune di Siracusa per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o equivalentemente differenti periodi di ritorno, e per diverso percentile. I dati sono stati derivati dalla mappa digitale della pericolosità sismica sul sito INGV e risultano riferiti a suoli rigidi.....	76
Tabella 6 - Sorgenti del rumore sismico	94
Tabella 7 - Sigle dei siti di selezionati con relativa data di registrazione ed indicazione dell'uso del suolo.	101
Tabella 8 - Quadro riassuntivo dei siti di registrazione con esibizione dei dati di frequenza elaborati (per tutti i siti l'accoppiamento suolo/sensore è diretto ed orientato verso Nord; tutti i rilievi sono stati eseguiti in condizioni di bel tempo.....	103



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito dell'attuazione dell'Art. 11 del Decreto Legge 28/04/2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla Legge 24/06/2009 n. 77 - Interventi di prevenzione del rischio sismico – Finanziamenti per indagini di Microzonazione Sismica, il Dipartimento Regionale della Protezione Civile ha sottoscritto tre distinte convenzioni, identiche nella sostanza, con le Università Siciliane.

La finalità delle convenzioni è lo svolgimento delle INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 IN DIVERSI COMUNI DELLA REGIONE SICILIA, SECONDO LE SPECIFICHE E LE CONDIZIONI STABILITE DALL'OPCM N. 3907/2010

Le Università Siciliane, in questa prima fase di lavoro dovranno curare la micro zonazione sismica di 58 comuni individuati dal DRPC. Nello specifico l'Università degli Studi di Messina deve curare la micro zonazione sismica dei comuni elencati nell'Allegato A dell'ART. 1 della Convenzione.

La presente relazione illustrativa riguarda il territorio comunale di Siracusa nell'omonima Provincia (Figura 1 – Individuazione geografica dell'area).



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

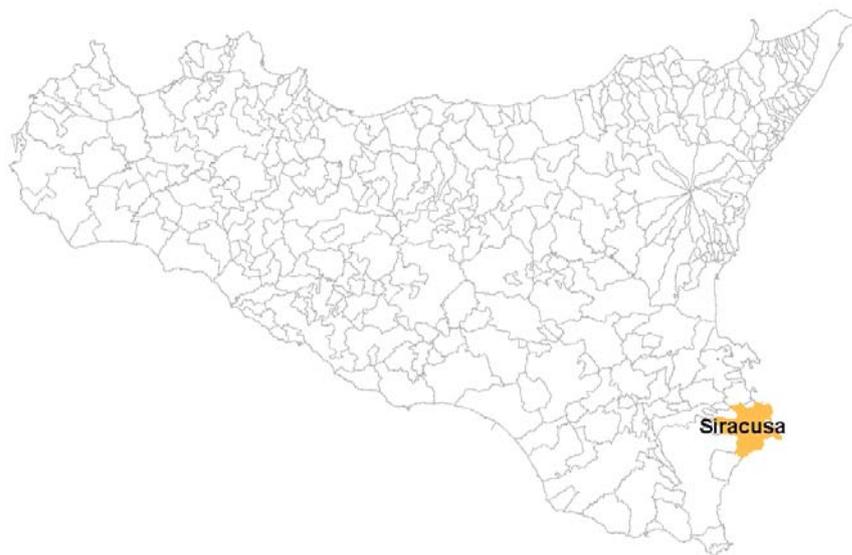


Figura 1 – Individuazione geografica dell'area

Il programma delle attività di cui alla convenzione è riportato nell' ART. 2 - PROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ ed articolato secondo quanto descritto nell' Allegato B nel quale, fra l'altro, sono riportati gli obiettivi da perseguire e gli elaborati finali che dovranno essere prodotti per ciascun Comune.

L'ALLEGATO B nello specifico recita:

"Studio geologico - tecnico ai fini della microzonazione sismica di livello 1 secondo le specifiche e le condizioni stabilite dall'OPCM 3907/2010" - PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO OGGETTO DELLA PRESENTE CONVENZIONE.

Finalità:

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- Definire il tipo di effetti attesi;



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- Definire il modello geologico, in termini di caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo che costituirà la base per la microzonazione sismica.

Elaborati da produrre per ciascun Comune oggetto di studio, al momento della consegna dei risultati:

- 1) *Carta delle indagini*: in questo elaborato, a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio) dovranno essere chiaramente indicate le prove pregresse raccolte e le aree dove si ritiene importante o indispensabile che vengano effettuate ulteriori indagini (si segnalano in questo modo le aree in cui le incertezze sui risultati di questo livello di approfondimento sono maggiori). Tutte le prove dovranno essere classificate in base al tipo ed alla profondità raggiunta.
- 2) *Carta geologica - geomorfologica*: derivata dalla revisione a scala dettagliata (1:10.000 - 1:5.000) dei rilievi geologici e morfologici disponibili. In questa cartografia dovranno essere rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie. Dovranno essere chiaramente perimetrare le coperture detritiche, le aree instabili e quelle potenzialmente soggette a dissesti. Questa cartografia dovrà essere corredata da sezioni geologiche significative, in numero adeguato, orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi geologici (strutture tettoniche e assi dei bacini) e dovrà riguardare un'area con estensione significativa per la realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.
- 3) *Carta delle frequenze naturali dei terreni (f)*, a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio), derivate da indagini speditive di sismica passiva (HVSr sulle vibrazioni ambientali) o, se disponibili, SSR da registrazioni di terremoti. In questa carta dovranno essere riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di f_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

di altri picchi significativi a più alta frequenza o indicazione dell'assenza di picchi). Ove possibile, il territorio indagato sarà suddiviso in base a classi di frequenza allo scopo di distinguere aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni HVSR o SSR nell'intervallo 0.1 - 20 Hz) o da presenza di fenomeni di risonanza.

- 4) *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*: è il documento fondamentale di questo livello di approfondimento. In questa cartografia dovranno essere chiaramente indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari. Nelle aree di pianura dovrà essere realizzata anche la carta dei depositi di sottosuolo che possono influenzare il moto in superficie (es.: isobate del tetto dei depositi grossolani tipo ghiaie di conoide, isobate del tetto dei corpi sabbiosi presenti nei primi 20 m di profondità, isobate del tetto della falda, isobate della base dei depositi continentali, isobate di discontinuità stratigrafiche importanti, ...).

Le microzone della carta saranno classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche laterali poco significative (zone di pianura, valli ampie) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello; nelle zone in cui la stratigrafia presenta variazioni laterali significative e il modello geologico non è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale, come valli strette, conche intramontane e fasce pedemontane o zone prossime a strutture tettoniche sepolte (in prima approssimazione: zone con coefficiente di



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

forma $C > 0.25$ dove $C = H/L$, H = spessore della coltre alluvionale, L = semiampiezza della valle), sono richiesti approfondimenti di terzo livello;

- c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili, liquefazioni, densificazioni, cedimenti differenziali).

- 5) *Relazione illustrativa* in cui dovranno essere descritti tutti gli elementi caratterizzanti i documenti sopra indicati e le aree in cui effettuare indagini, con indicazione del tipo di prove da realizzare. Poiché una delle finalità fondamentali di questo livello di approfondimento è la definizione del modello geologico del sottosuolo che costituirà la base per la microzonazione sismica, dovrà essere accuratamente descritta la stratigrafia e fornita una stima indicativa, su basi geologiche, della profondità dell'orizzonte ipotizzato essere il substrato rigido. La definizione del substrato rigido è uno degli obiettivi degli approfondimenti successivi.

Nella successiva tabella (*Tabella 2 della convenzione*) che segue viene riepilogato il quadro conoscitivo minimo che deve essere raggiunto per ciascun Comune, al termine delle attività previste dalla convenzione:

INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	<p>Raccolta dei dati pregressi ritenuti utili ai fini degli studi tra quelli resi disponibili da Amministrazioni pubbliche e/o private: es. rilievi geologici, geomorfologici, geologico – tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi, etc. ;</p> <p>Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;</p> <p>Eventuali nuove indagini: esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geologico - tecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1;</p> <p>Misure passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.</p>
ANALISI ED ELABORAZIONI	Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili;



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

	Rilettura, sintesi dei dati.
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	<p>Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione);</p> <ul style="list-style-type: none">• Carta geologica – geomorfologica, almeno a scala 1:5.000 – 1:10.000, di un'area con estensione significativa per la realizzazione della carta delle Microzone;• Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica almeno a scala 1:5.000 – 1:10.000;• Carta delle Frequenze di un'area con estensione significativa per la realizzazione della carta delle Microzone; <p>Relazione tecnica illustrativa.</p>



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

La presente relazione illustrativa è stata redatta per il territorio comunale di Siracusa nell'omonima Provincia.

Il territorio comunale di Siracusa è ubicato nella Sicilia sud orientale, nel settore orientale dell'Altopiano Ibleo e comprende un'ampia zona che dalla costa ionica si protrae verso occidente fino al bordo superiore della paleo-falesia di Cassibile-Spinagallo-Grotta Perciata-Monasteri di Sopra-C.Serra (Figura 2 - Corografia dell'area).

Nella cartografia ufficiale in scala 1:25.000 edita dall'I.G.M., ricade nelle tavolette "Siracusa" (F.274 II SO), "Floridia" (F.274 III SE), "Solarino" (F.274 III NE), "Belvedere" (F.274 II NO), "Fontane Bianche" (F.277 I NO), "Cassibile" (F.277 IV NE).

Amministrativamente è caratterizzato dal centro abitato di Siracusa, ove risiede la maggior parte della popolazione ed è sede Municipale, e da alcuni centri abitati secondari: Arenella, Belvedere, Cassibile, Fontane Bianche, Isola, Plemmirio, Terrauzza, Ognina, Targia. Gli abitanti censiti sono circa 123.510.

L'area indagata presenta una morfologia prevalentemente tabulare, la cui continuità è localmente interrotta da elementi morfologici più accidentati che generalmente si presentano in corrispondenza dei principali elementi strutturali.

L'andamento altimetrico del territorio è compreso tra 0 m s.l.m. e un massimo di 350 m s.l.m., in prossimità di C.da Bibbia, al confine Ovest con il territorio di Canicattini Bagni, Noto e Palazzolo Acreide.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 2 - Corografia dell'area



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

3 CENSIMENTO DATI

La microzonazione sismica (MS) è uno strumento di supporto per la governance del territorio nonché per la progettazione e la pianificazione delle emergenze di protezione civile pertanto, scopo della MS è individuare ad una scala sufficientemente grande (scala comunale) le condizioni locali che possono indurre a sensibili modifiche del moto sismico atteso e/o a deformazioni permanenti sul territorio, sulle costruzioni ed alle infrastrutture. La qualità dello studio di MS è funzione del livello di approfondimento degli studi condotti nell'area oggetto di studio ed è fortemente condizionato dai budget messi a disposizione da chi redige lo studio.

Visto il forte impatto che la MS ha sulla pianificazione territoriale si è ritenuto opportuno dare priorità al censimento agli studi geologici prodotti a supporto dei Piani Regolatori Generali Comunali al fine di analizzare lo stato conoscitivo in termini di modelli geologici, geotecnici, geomorfologici (dissesti e alluvioni) e sismicità su cui si è pianificato lo sviluppo urbano del territorio. Solo nel caso in cui non è stato possibile acquisire la documentazione geologica a supporto del PRG si è proceduto al recupero di informazioni provenienti da altri studi geologici realizzati in occasione di lavori pubblici. Si è inoltre ritenuto opportuno censire ed acquisire i dati relativi ai dissesti geomorfologici prodotti dal PAI al fine di avere un quadro completo dello stato conoscitivo dei due strumenti di pianificazione (PRG e PAI) che hanno maggior impatto sulla governance del territorio.

Per questo studio di I livello è stato possibile acquisire la seguente documentazione tecnica:

- Studio Geologico generale per la revisione del P.R.G.;
- Relazione e banca dati dei dissesti geomorfologici del PAI.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Quanto riportato in questo capitolo è il risultato di un'attenta analisi e revisione degli elaborati tecnici acquisiti (*tabella 2 della convenzione*) dall'Amministrazione Comunale e della consultazione e sintesi di quanto disponibile nella bibliografia specializzata.

Particolare attenzione è stata rivolta all'esame delle caratteristiche morfologiche, altimetriche, litologiche e geomorfologiche dei versanti, elementi di estrema rilevanza per la definizione della "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica".

Le analisi eseguite sono riportate nei sottoparagrafi di seguito elencati:

- Analisi Morfologica e Altimetrica
- Idrografia
- Inquadramento geologico strutturale regionale
- Assetto geologico strutturale e stratigrafico dell'area esaminata
- Analisi geomorfologica e assetto dei versanti
- Classificazione litologica dei terreni affioranti

4.1 Analisi Morfologica e Altimetrica

Il territorio comunale di Siracusa ricade nel settore sudorientale della Sicilia, che rappresenta dal punto di vista geologico strutturale un settore di avampaese, l'Altopiano Ibleo, costituito da una potente successione carbonatica prevalentemente mesozoico-terziaria, interessata da ripetute intercalazioni vulcaniche.

L'area in esame si estende per una superficie complessiva di circa 220 kmq, limitata a Nord dal confine con il territorio del Comune di Priolo, del Comune di Melilli e con il Mar Ionio, ad Est ed a Sud dal Mar Ionio, e ad Ovest dai territori dei Comuni di Avola, Noto, Canicattini Bagni, Palazzolo Acreide, Floridia e Solarino.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

L'assetto morfologico è prevalentemente tabulare e solo localmente interrotto da elementi morfologicamente più accidentati; sono presenti ampie superfici tabulari, per la maggior parte terrazzate, che nel settore occidentale, al confine con i territori comunali di Canicattini Bagni, Palazzolo Acreide e Floridia, sono bruscamente interrotte da marcate incisioni vallive, con pareti sub verticali.

Il territorio in esame è caratterizzato dal susseguirsi di altipiani generalmente corrispondenti ad horst tettonici e pianori corrispondenti a graben. Tale monotonia morfologica è localmente segnata da scarpate morfologiche, testimonianza degli eventi tettonici e dei fenomeni di sollevamento che hanno interessato quest'area, e localmente denominate "balze".

Più a Sud elemento diversificatorio può considerarsi la piana alluvionale del Fiume Anapo, compresa verso mare tra l'Isola di Ortigia a Nord e la Penisola della Maddalena a Sud, quest'ultima costituita da un esteso promontorio che da quota 50 m circa, in prossimità di Contrada C.se Nicastro, digrada progressivamente verso mare. L'immediato entroterra si caratterizza ancora per la morfologia tabulare, interrotta verso occidente, al confine con i territori comunali di Canicattini Bagni, Palazzolo Acreide e Floridia, da ripide pareti sub-verticali che delimitano le profonde e incassate incisioni vallive, caratteristiche di questo settore di territorio.

Questo andamento morfologico da pianeggiante a tabulare si ripete nel settore sud orientale del territorio lasciando il posto ad una configurazione territoriale più accidentata solo ad occidente dell'abitato di Cassibile, in corrispondenza dei rilievi di Cugno Spinella, Cugno Nave, Cugno Mola, al confine con il territorio comunale di Noto.

Dal punto di vista altimetrico è possibile distinguere: una fascia costiera con andamento pianeggiante, che aumenta di quota progressivamente procedendo da Sud a Nord ed è composta da insenature sabbiose (Fontane Bianche, Arenella, Fanusa) alternate a coste alte (Penisola della Maddalena, Acradina), una seconda fascia a contorno di quella costiera, caratterizzata da ampie superfici terrazzate, testimonianza degli avanzamenti ed arretramenti della linea di costa a seguito dei successivi movimenti marini, con andamento tipicamente tabulare e in alcuni punti incisa profondamente dai corsi d'acqua.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

La figura di seguito proposta (Figura 3 - Suddivisione del territorio in fasce altimetriche) rappresenta l'andamento altimetrico del territorio comunale suddiviso nei seguenti intervalli: 0 – 50; 50-100 m; 100-200 m; >200m.

Ancora, in figura 3, sono rappresentate le aree oggetto delle indagini eseguite (poligono colorato) che, in assenza di precise indicazioni dell'Amministrazione Comunale, sono state circoscritte al centro abitato di Siracusa (ove risiede la maggior parte della popolazione ed è sede Municipale), ai centri abitati di Belvedere e Cassibile, e alle zone residenziali prevalentemente stagionali di Arenella, Fontane Bianche, Isola, Plemmirio, Terrauzza, Fanusa, Ognina e Targia.

Dalla figura si evince che la quasi totalità dell'area di studio ricade nella fascia compresa tra 0 e 50 m s.l.m..

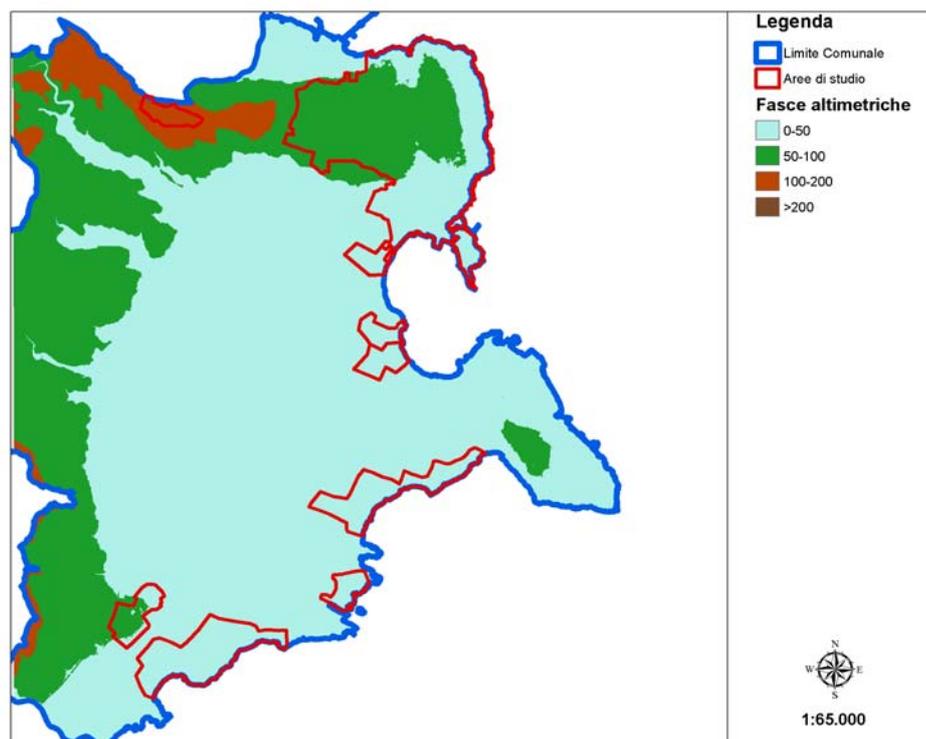


Figura 3 - Suddivisione del territorio in fasce altimetriche

4.1.1 La Baia di Siracusa

L'area costiera di Siracusa è caratterizzata dalla Baia di Siracusa s.s. che è limitata a Nord dall'Isola di Ortigia ed ha la chiusura settentrionale nella Punta di Castello Maniace, mentre a Sud è limitata dalla Penisola della Maddalena compresa tra Punta Castelluccio a Nord e Capo Murro di Porco a Sud. A Nord di questo sistema "esiste un caratteristico imbaiamento ad imbuto svasato, che ha il suo culmine interno e toponimo dominante nel Porto Marmoreo, e che in senso stretto, cioè per la parte strettamente relativa all'area più interna, risulta limitato a Nord dallo Scoglio Pizzo e dal sistema di scogli minori che lo circondano, mentre a Sud è chiuso



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

da Punta Scogliera e dalla struttura ivi presente. L'area svasata, al centro della quale c'è il Porto Marmoreo, è limitata a Nord da Punta Spuntone e a Sud dalla Punta di Castello Maniace.

L'Isola di Ortigia, che si protende in direzione circa Nord – Sud, divide due aree dove a Nord trova posto il Porto Marmoreo ed a Sud la Baia di Siracusa, il cui settore settentrionale è occupato dal Porto Grande. La costa rocciosa è modificata dalle opere portuali e dalle antiche mura spagnole.

Il settore settentrionale dell'area costiera di Siracusa è caratterizzato, per l'intero tratto, da coste alte e rocciose, esclusivamente carbonatiche. Le falesie sono caratterizzate dalla successione orizzontale di strati bianchi, bianco – grigi – nerastri (in superficie esterna) e gialli, con intensi sistemi di fatturazione e profondi ingrottamenti.

All'incirca al centro del tratto si apre il Porto marmoreo che si intrude violentemente verso l'interno, penetrando nel tessuto urbano della città di Siracusa che comunque borda l'intero paraggio.

All'interno del Porto Marmoreo si apre un canale che, ha forma di “grado militare” proteso verso Est, e mette in contatto il Porto Marmoreo con il Porto Grande della Baia di Siracusa.

La Baia s.s. di Siracusa a Nord è occupata dall'insediamento urbano dell'omonima città, mentre a SO è limitata dall'apparato fociale del Ciane e dell'Anapo ed è presente una linea di costa piuttosto articolata, lungo la quale si estendono spiagge, e coste rocciose più o meno elevate sul mare.

Nel tratto di litorale settentrionale della Baia è presente il Porto Grande che si estende lungo il lato meridionale dell'isola di Ortigia e continua lungo la fascia costiera “continentale” di contrada Tre Ponti.

Dal molo S. Antonio, proseguendo verso Ovest sino alla Banchina pescherecci la linea di riva è costituita da una serie di banchine ed opere portuali che hanno ricoperto la preesistente spiaggia.

Proseguendo dalla banchina pescherecci verso Sud il fondale è basso e sabbioso, bordato dagli stagni dei Pantanelli, che sono riserva naturale.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Si segnala inoltre la presenza a monte di un'ampia zona acquitrinosa denominata “paludi Lisimele” soggetta nel tempo a interventi di bonifica.

Tra la foce dei fiumi Ciane e Anapo e Punta Calderini si trova inoltre l'area delle saline, un'Area Protetta Orientata alla conservazione dei valori ambientali delle zone umide. Le saline si estendono su circa 50-60 ettari, delimitate verso il mare da un cordone litoraneo sabbioso ed una bassa scogliera e verso Nord dal canale Mammaiabica, che sbocca nella foce di Ciane e Anapo.

Proseguendo verso Sud la costa forma un'alternanza di piccole insenature, con spiagge di ampiezza limitata e falesie.

4.2 Idrografia

Nel quadro morfologico dei Monti Climiti si sviluppano elementi idrografici tipici dei paesaggi carsici, localmente denominati “cave” e caratterizzati da valli fluviali profondamente incassate nelle rocce, con pareti subverticali e con alternanza di gomiti e tratti rettilinei; l'alveo è generalmente confinato dalle pareti rocciose e piuttosto stretto, con depositi di fondo esigui e prevalentemente costituiti da ciottoli e massi. I corsi d'acqua tendono a scorrere per lunghi tratti in facies sotterranea, scomparendo in presenza di inghiottitoi e riemergendo in coincidenza di sorgenti d'alveo.

Tali morfologie spesso conosciute come *Gravine* sono generate dall'interazione dei fenomeni di sollevamento tettonico con i processi di dissoluzione carsica ed i processi di erosione fluviale.

La loro genesi è legata allo scavamento di tratti ipogei e il crollo dei livelli soprastanti; tale evoluzione è confermata in affioramento dalla giacitura suborizzontale e dalla resistenza differenziale degli strati calcarei, sia al fatto che la gran parte dell'alimentazione idrica, proveniente dalle zone laterali, avviene attraverso flussi sotterranei ubicati sul fondo delle incisioni.

Nel territorio in esame possiamo distinguere due bacini idrografici: il primo, costituito da tutti i corpi idrici che convogliano le acque nel Porto Grande di Siracusa, il secondo, più a S, è costituito dal Torrente Mortellaro e dal Fiume Cassibile.

Tutti i corpi idrici traggono origine dalle alture poste al di fuori del territorio comunale e si immettono nel territorio di Siracusa con andamento torrentizio. I fiumi sono caratterizzati infatti da elevate e spesso intermittenti portate nel periodo



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

autunno–inverno, mentre riducono la portata a valori irrisori o addirittura nulli nel periodo estivo.

I reticoli idrografici, prevalentemente di tipo sub-dendritico, sono generalmente caratterizzati da valli fluviali strette e incassate con pareti sub-verticali. Il sistema idrografico che si sviluppa in quest'area è caratterizzato, in generale, da corsi d'acqua impostati lungo linee di faglia seguendone rigorosamente le direzioni.

Tra le principali incisioni c'è il fiume Anapo che si origina alle pendici del Monte Lauro, e da lì, scorrendo verso oriente, attraverso le campagne di Floridia, scende per la pianura siracusana recapitando le proprie acque nel Porto Grande di Siracusa. Lungo il suo sviluppo attraversa i Comuni di Buccheri, Buscemi, Palazzolo Acreide, Cassaro, Ferla, Sortino, Solarino, Floridia e Siracusa.

Il bacino dell'Anapo è caratterizzato da un reticolo idrografico di tipo subdendritico, a forma arborea con un canale principale ed altri secondari con andamento più o meno parallelo al corso d'acqua principale.

Gli alvei delle cave, dei valloni e l'alveo dell'Anapo presentano una orientazione geografica ben definibile. Nella parte nord orientale del bacino si ha una prevalente direzione Nord Est – Sud Ovest, mentre nel settore nord-occidentale si osserva una direzione opposta con orientamento Nord Ovest – Sud Est. Questo tipo di configurazione indica che lo sviluppo idrografico è influenzato da una serie di fratture più o meno parallele che seguono importanti direttrici tettoniche regionali.

Sia l'Anapo che i suoi affluenti erodendo prevalentemente terreni di natura carbonatica, danno origine, soprattutto nella parte montana e intermedia, a valli a V profonde e incassate, la cui erosione in profondità è tipica dello stadio giovanile dei torrenti.

Nella parte valliva l'Anapo attraversa il Pantano Grande, oggi bonificato e sfocia all'interno del Porto di Siracusa. Nello stesso punto convergono le acque di altri due corsi d'acqua che, nella parte terminale, scorrono parallelamente all' Anapo: il Ciane e il Mammaiabica.

Il Ciane è un breve fiume che nasce dalle sorgenti di "Testa Pisima", la principale e "Testa Pisimotta", la più piccola, poste a circa 6 m s.l.m., e dopo un percorso di circa 8 Km, sfocia nel Porto Grande di Siracusa.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Le acque fluiscono attraverso una vasta area pianeggiante in un alveo incassato, ma a poco più di un chilometro dalla foce si ha la confluenza del torrente Fontana Mortella, quindi da questo tratto in poi il corso d'acqua prosegue all'interno di un alveo delimitato da argini artificiali.

Le sorgenti del Ciane traggono alimento dalle acque sotterranee di due falde: quella dei rilievi Calcarei miocenici, carsificati, e quella confinata delle Calcareniti sottostanti le Argille grigio-azzurre. Le sorgenti e il corso del Ciane hanno subito, durante l'Olocene, una continua evoluzione legata a quella della pianura circostante.

Il canale Mammaiabica, che corre parallelamente al tratto finale del fiume Ciane sino alla foce comune, costituisce il tratto vallivo, arginato artificialmente, del Vallone Cavadonna, che nasce dal M. Cardinale a 560 m s.l.m. Il bacino totale drenato dal canale si estende su di una superficie complessiva di 135 kmq.

Una serie di canali antropici, costruiti negli anni '30 per la bonifica della zona Pantanelli (Cavadonna, Cefalino), interessano la zona terminale dell'Anapo poco prima del suo sbocco a mare. In particolare il torrente Cefalino scorre per un primo tratto nel Vallone omonimo e successivamente nel Vallone Fontanelle e quindi nel Canale Scandurra dal quale le acque si versano nel Fiume Anapo in contrada Pantano. Il torrente Cavadonna proviene dalle colline poste ad Ovest, al confine con i Comuni di Palazzolo, Noto e Canicattini Bagni, riceve le acque dal Vallone Spinagallo e dal Vallone Fontana Mortilla e si versa nel Canale Mammaiabica, e quindi nel Porto Grande di Siracusa.

La porzione meridionale del territorio comunale è caratterizzata dal punto di vista idrografico dalla presenza del torrente Mortellaro e del fiume Cassibile.

Il torrente Mortellaro nasce in territorio comunale di Noto, ed è caratterizzato nella parte a monte (Cava della Contessa, Cava Giorgia) da un reticolo idrografico con valli fluviali strette e incassate nelle rocce, pareti subverticali con frequenti gomiti, quindi attraversa i terreni posti a Nord di Cassibile e sfocia in Contrada Arenella.

Il fiume Cassibile, il cui bacino è interessato soprattutto nella parte montana da una serie di incisioni fluviali discretamente sviluppata a decorso prevalentemente



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

rettilineo, interessa solo marginalmente il territorio di Siracusa e rappresenta il confine Sud del territorio comunale siracusano.

4.3 Inquadramento geologico strutturale regionale

Per una più compiuta definizione dell'assetto geologico del territorio del Comune di Siracusa si è utilmente fatto riferimento alla geologia del settore sud orientale della Sicilia nell'ambito del quale questo ricade.

E' stata consultata la seguente cartografia geologica:

- CARTA GEOLOGICA DELLA SICILIA SUD-ORIENTALE(1:100.000)
- CARTA GEOLOGICA DEL SETTORE NORD-ORIENTALE IBLEO (1:50.000)
- FOGLIO 274 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1:100.000) E LE RELATIVE NOTE ILLUSTRATIVE;
- SCHEMA GEOLOGICO DELLA SICILIA NORD ORIENTALE (1:200.000)

L'area iblea rappresenta un'area di avampaese interessata da vistose discontinuità tettoniche recenti che la delimitano sia verso Ovest che verso Est, differenziandola da tutte le altre unità strutturali dell'orogene siculo-maghrebide (CARBONE, 2011).

L'Avampaese Ibleo", che insieme alla Catena Appennino - Maghrebide e all'Avanfossa Gela - Catania rappresenta uno dei principali elementi strutturali della Sicilia orientale, appartiene al blocco Pelagiano, che si estende dalla Scarpata Ibleo - Maltese fino alla Tunisia, ed emerge proprio in corrispondenza della Sicilia sud-orientale formando quello che viene definito in letteratura geologica il Plateau ibleo che rappresenta il promontorio più settentrionale della litosfera africana.

L'Avampaese Ibleo costituisce un plateau prevalentemente carbonatico, la cui successione stratigrafica in affioramento si ha solo a partire da orizzonti del Cretaceo inferiore; mentre i livelli triassici, giurassici e in alcune zone anche cretacei sono conosciuti solo grazie ai dati di sottosuolo legati all'intensa attività di ricerca



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

petrolifera di cui l'area è stata sede (KAFKA e KIRKBRIDE, 1959; RIGO e BARBIERI, 1959; RIGO e CORTESINI, 1961; PATACCA *et al.*, 1979).

La configurazione paleogeografica e paleotettonica dell'area iblea, già nota nella letteratura geologica all'epoca delle ricerche petrolifere (RIGO & BARBIERI, 1958; RIGO & CORTESINI, 1961), è stata perfezionata da PATACCA *et al.* (1979) per l'intervallo non affiorante triassico-cretacico, e completata da GRASSO *et al.* (1979), PEDLEY (1981), CARBONE *et al.* (1982c) e GRASSO & LENTINI (1982) per quello affiorante cretacico quaternario affiorante che è costituito da carbonati di piattaforma e di bacino, e da vulcaniti basiche la cui distribuzione è legata alla tettonica estensionale (PATACCA *et al.*, 1979; LENTINI *et al.*, 1987).

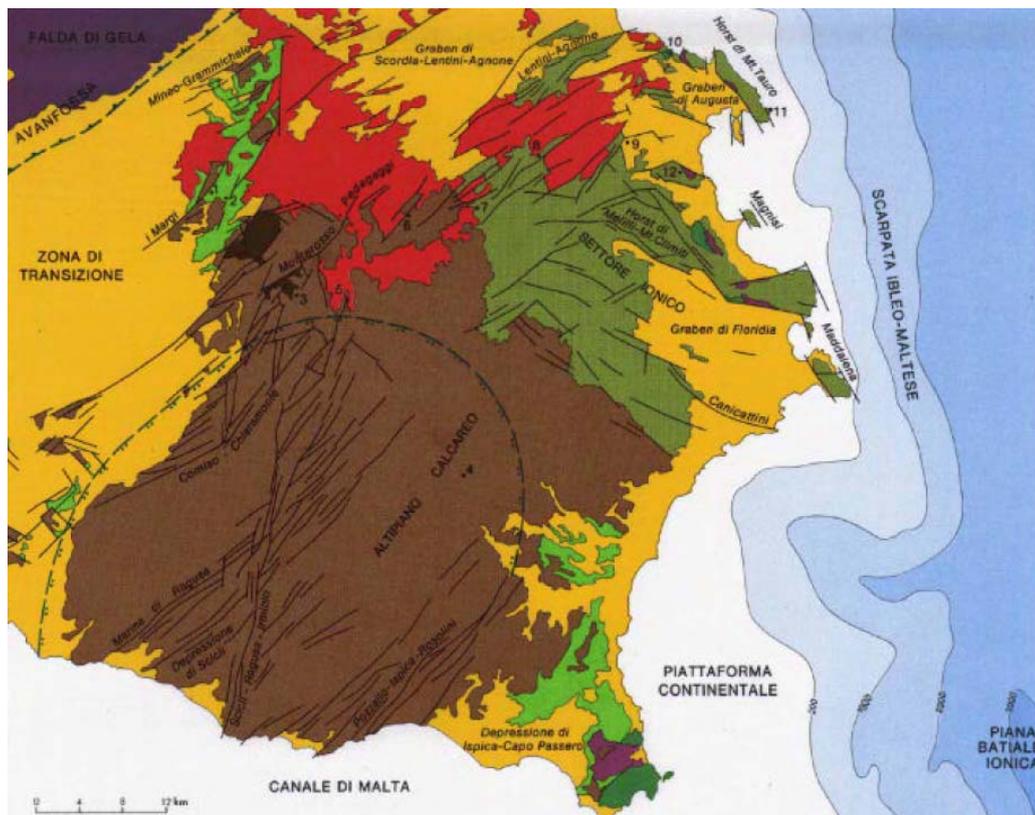


Figura 4 - Schema stratigrafico strutturale dell'Avampese Ibleo (da Lentini *et al.*, 1984)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Infatti nell'area iblea vengono distinti due settori: quello orientale, caratterizzato da una sequenza di ambiente marino poco profondo e quello occidentale contraddistinto da sedimenti carbonatici di mare aperto.

Già nell'intervallo Trias superiore Lias medio (PATACCA *et al.*, 1979) si evidenzia la presenza di due domini contigui che persiste anche nel Terziario (GRASSO *et al.*, 1979, 1982; LENTINI & CARBONE, 1981a; CARBONE *et al.*, 1982c; GRASSO & LENTINI 1982). Il quadro paleogeografico della regione Iblea subisce un profondo cambiamento a partire dal Messiniano, quando termina il ruolo di "Alto" strutturale giocato dal Settore Orientale rispetto a quello Occidentale.

Dopo la fase di rifting hettangiana si individuano due paleo domini il primo costituisce un "alto", il secondo un bacino profondo a forti tassi di sedimentazione (Formazione Streppenosa). Tale suddivisione si mantiene fino al Domeriano superiore quando per effetto della tettonica sinsedimentaria che progressivamente fa annegare l'alto siracusano, la sedimentazione tende ad omogeneizzarsi su tutta l'area. Alla fine del Dogger si ha la ripresa dell'attività eruttiva submarina in condizioni pelagiche, seguita da un ulteriore periodo di quiescenza che perdura sino al Cretaceo superiore, quando si sviluppano i sistemi di faglie ad andamento NE-SO e ONO-ENE, cui si associano grossi volumi di vulcaniti, soprattutto nella regione ionica.

Durante il Terziario si mantiene la persistenza dei due domini contigui quello orientale, caratterizzato da una sequenza di ambiente marino poco profondo, condizionato dallo sviluppo di prodotti vulcanici e quello occidentale contrassegnato da sedimenti carbonatici di mare aperto che includono cospicui risedimenti provenienti dalle aree orientali.

Nel settore orientale affiora una successione stratigrafica spesso lacunosa e caratterizzata da facies marine di acque basse, di età compresa tra il Cretaceo e il Miocene superiore, alla quale si intercalano due orizzonti di vulcaniti basiche.

Al di sopra dei termini cretacei si estende una copertura oligo - miocenica costituita dalla Formazione dei Monti Climiti, suddivisa nei Membri di Melilli in basso e dei Calcari di Siracusa in alto, formati rispettivamente da calcareniti pulverulente biancastre e biotiti algali con rodoliti e coralli. Si passa alla Formazione di Carlentini (Tortoniano) caratterizzata da una sequenza di vulcanoclastiti con abbondante



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

frazione sedimentaria generatasi per esplosioni freatomagmatiche in ambiente marino di acque basse o subaerea. La Formazione Carruba costituita da calcari teneri e da lumachelle inframessiniane chiude in alto la successione con significato di deposito preevaporitico.

Nel settore occidentale le facies supracretacee-mioceniche del settore centrale e occidentale del plateau ibleo consistono invece di sedimenti carbonatici di ambiente pelagico. Gli affioramenti più antichi sono dati da calcari marnosi del Cretaceo inferiore, cui seguono calcari marnosi con selce di età Cretaceo - Eocenica.

Seguono successioni carbonatiche di ambiente da neritico a pelagico, conosciute come Formazione Ragusa che è suddivisa in due parti: Membro Leonardo, caratterizzato da calcilutiti e marne di età Oligocenica, e Membro Irminio, costituito da calcareniti e marne di età inframiocenica. Questa Formazione passa gradualmente alle marne della Formazione Tellaro di età medio miocenica con intercalazioni calcarenitico marnose. Superiormente e lateralmente alla Formazione Tellaro si passa alle calcareniti tortoniane della Formazione Palazzolo in parte coeve alle calcareniti della Formazione dei Monti Climiti.

Il quadro paleogeografico del Messiniano inferiore è in parte ereditato dal Tortoniano (GRASSO *et al.*, 1982; CARBONE & LENTINI, 1981b). La distribuzione delle facies suggerisce che un'area emersa doveva trovarsi in corrispondenza dell'odierno tratto di costa fra Agnone e Monte Tauro e si estendeva anche verso l'attuale margine settentrionale ibleo fino all'avanfossa (LENTINI *et al.*, 1987; BUTLER *et al.*, 1997)

Nel Messiniano superiore il generale abbassamento del livello marino ha determinato l'emersione di quella parte del plateau occupata da sedimenti lagunari e/o di transizione (Formazione Monte Carrubba) mentre nelle aree sommerse inizia la deposizione delle evaporiti. Con la suddetta emersione si modifica profondamente il quadro paleogeografico e termina la configurazione area orientale area occidentale, che si era protratta per tutto l'intervallo cretaceo miocene.

Dalla distribuzione dei depositi del Pliocene inferiore prevalentemente trubi e talora brecce o calcareniti, si deduce che dopo l'emersione messiniana si è avuta una moderata ingressione marina che non ha modificato sostanzialmente la



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

distribuzione delle aree emerse. I sedimenti pliocenici sono distribuiti in maniera discontinua lungo i bordi dell'altopiano ibleo.

I depositi quaternari appartengono a due principali cicli sedimentari di età infra e medio pleistocenica. I terreni del pleistocene inferiore formano una cintura continua attorno all'altopiano calcareo raggiungendo spessori notevoli lungo i bordi settentrionale e occidentale. I litotipi sono dati da biocalcareniti tenere giallastre discordanti sul substrato miocenico o sulle vulcaniti plioceniche. Le calcareniti passano verso l'alto e lateralmente ad argille grigio azzurre raggiungendo spessori considerevoli in corrispondenza di strutture più depresse. Il secondo ciclo è rappresentato dalla cosiddetta panchina crotoniana che ricopre in discordanza termini di varia età. Sul bordo occidentale ibleo lungo l'estesa piana tra Caltagirone e Vittoria la sedimentazione infrapleistocenica è chiusa da una potente serie sabbiosa regressiva che ricopre e sutura la Falda di Gela.

Nell'area iblea a tutte le fasi tettoniche più incisive sono associate manifestazioni basaltiche e rapidi cambiamenti del regime sedimentario.

Una copiosa letteratura geologica ha cercato di chiarire i rapporti di giacitura tra sedimenti e le vulcaniti giungendo così ad individuare i vari complessi eruttivi mediante la datazione delle formazioni sedimentarie ad essi associate (DI GRANDE, 1967, 1968, 1972; GRASSO *et al.*, 1981; PEDLEY, 1981; COSTA *et al.*, 1993).

Un primo ciclo eruttivo di età supramiocenica caratterizza la porzione di territorio compresa tra Melilli, Sortino e Carlentini. Si tratta di prodotti vulcanoclastici appartenenti alla Formazione Carlentini stratigraficamente compresi tra i sedimenti calcarei di età Miocene inferiore (Formazione Monti Climiti) ed l'alternanza calcareo marnosa del Messiniano (Formazione Monte Carruba).

Un secondo ciclo eruttivo del Pliocene inferiore e medio, i cui prodotti giacciono al di sotto delle Calcareniti del Pliocene superiore, è stato riconosciuto nell'area Buccheri- Vizzini - Militello.

Un terzo ciclo eruttivo plio-pleistocenico, costituito da lave e prodotti vulcanoclastici, è infine compreso tra i sedimenti calcareo-marnosi (Trubi) pliocenici o, in loro assenza, tra i sedimenti miocenici in genere e le calcareniti del Calabriano con le quali spesso si trova in rapporti di eteropia.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

trasversalmente dalla linea del Tellaro con cinematica transtensiva sinistra (CATALANO *et al.*, 2008a).

L'altopiano ragusano, la parte più elevata del tavolato calcareo, è delimitata dai sistemi di Comiso - Chiaramonte ad Ovest, e di Pozzallo – Ispica - Rosolini ad Est (LENTINI *et al.*, 1984); nella sua parte mediana è attraversato dalla zona di taglio destro pleistocenica N10 Scicli Ragusa Irminio (GHISSETTI & VEZZANI, 1980). Ad eccezione delle sue aree periferiche nel suo insieme l'altopiano calcareo non è mai stato ricoperto da sedimenti quaternari e l'assenza di evaporiti messiniane è connessa ad un'emersione post Messiniano inferiore (GRASSO & LENTINI, 1982).

Il settore siracusano dell'altopiano fino al Pliocene ha seguito la stessa evoluzione tettono sedimentaria e modificazioni dell'altopiano ragusano, distaccandosene nettamente nel Plio-Pleistocene. In questo settore mancano infatti i depositi pliocenici e quelli quaternari tendono a colmare delle depressioni strutturali ricoperti solo a tratti dai livelli apicali della successione quaternaria. L'altopiano siracusano è disseccato da due principali depressioni controllate da faglie normali: il Graben di Augusta, collocato sulla terminazione settentrionale dei Monti Climiti e delimitato verso mare dalle penisole di Monte Tauro e di Magnisi, e il Graben dell'Anapo posto tra i Monti Climiti orientali e i promontori di Belvedere e della Penisola della Maddalena.

La porzione nord-orientale dei Monti Iblei è costituita dai Monti Climiti che si sviluppano parallelamente alla costa da Melilli fino a Siracusa. In particolare, in questa fascia di territorio si possono distinguere due zone strutturalmente distinte: l'Horst dei Monti Climiti e il bacino costiero orientale tra Augusta e Priolo.

L'Horst dei Monti Climiti, rialzato per effetto di due importanti sistemi di faglie a direzione NO-SE e NE-SO, è caratterizzato dalla presenza della successione carbonatica "Formazione dei Monti Climiti".

Il bacino costiero orientale di Augusta- Priolo, presenta un andamento morfologico suborizzontale, con debole pendenza verso il mare Ionio. Quest'area corrisponde ad un ampio graben formatosi tra la fine del Pliocene e l'inizio del Pleistocene inferiore-medio, delimitato ad O dall' Horst dei Monti Climiti, ad E dagli Horst di Monte Tauro e di Magnisi ed a S dall'Horst di Santa Panagia. In particolare



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

all'interno di questo lungo graben si possono individuare due strutture minori denominate Horst di Petrarò e Horst di Costa Gigia; esse determinano un'ulteriore suddivisione strutturale in Graben di Augusta, Graben del Fiume Marcellino e Graben di Priolo. Durante il Pleistocene, nelle depressioni di quest'ultimo settore Graben di Priolo), si sono depositati sedimenti carbonatici, sabbiosi e argillosi, legati ad un'estesa fase trasgressiva.

4.4 Assetto geologico strutturale dell'area esaminata

I lineamenti geologici dell'area in studio riflettono quelli della fascia orientale dell'altopiano ibleo, caratterizzata in prevalenza da una successione carbonatica che abbraccia con relativa continuità un intervallo cronologico compreso tra il Cretaceo e il Quaternario.

Le caratteristiche geologiche e stratigrafiche del territorio comunale di Siracusa sono state definite attraverso l'analisi dei dati derivabili dalla documentazione fornita dall'Amministrazione Comunale, descritta in dettaglio nel cap. 3 delle presenti note, integrati con quelli disponibili nella bibliografia consultata.

La successione litostratigrafica affiorante è costituita da terreni di natura sedimentaria di età compresa tra il Cretaceo ed il Quaternario.

4.5 Stratigrafia dell'area esaminata

Nel dettaglio la successione stratigrafica è costituita:

Materiale di riporto eterogeneo

Spiagge attuali e saline costiere (Olocene)

Depositi alluvionali attuali e recenti (Olocene)

Depositi alluvionali terrazzati (Olocene)

Conglomerati (Pleistocene)

Calcareniti "Panchina" (Pleistocene medio)

Complesso argilloso sabbioso (Pleistocene inferiore)

Calcareniti (Pleistocene inferiore)

Calcareniti (Pliocene)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Trubi (Pliocene inferiore)

Formazione Palazzolo (Serravalliano - Messiniano)

Formazione Tellaro (Langhiano inferiore - Messiniano)

Formazione Monte Carrubba (Tortoniano superiore - Messiniano inferiore)

Formazione dei Monti Climiti (Miocene inferiore medio):

Membro dei Calcari di Siracusa - Calcareniti e calciruditi algali

Membro di Melilli - Calcareniti biancastre

Complesso Vulcanico (Cretaceo)

Inoltre sono stati evidenziati i seguenti elementi:

- contatti tettonici generici (probabili linee di frattura, lineazioni morfologiche desunte da aerofoto-interpretazione).
- linee di ricoprimento tettonico.

Materiale di riporto eterogeneo

Si tratta di materiale di risulta, costituito essenzialmente da materiali lapidei in matrice sabbioso-limosa con elementi a pezzatura eterometrica di diversa natura e provenienza, frammisti a laterizi di origine antropica: Si presentano scarsamente addensati, di colore bruno e con scadenti caratteristiche meccaniche.

Nella zona compresa tra Piazza S. Lucia e la ferrovia, la copertura calcarenitica spesso non è uniforme per la presenza di aree localizzate riempite con materiale detritico sia di natura alluvionale sia di natura antropica.

Spiagge attuali e saline costiere

Depositi di natura sabbiosa si riscontrano allo sbocco dei principali fiumi e lungo il litorale delle località Pantanelli, Sacramento e Fontane Bianche.

Le saline costiere sono ubicate in corrispondenza della foce del fiume Ciane impostate su depositi alluvionali permeabili.

Depositi alluvionali attuali e recenti (Olocene)

Si tratta di depositi incoerenti granulometricamente eterogenei, costituiti da ghiaia e sabbia. In località Pantanelli e presso il circolo sportivo Farina sono rappresentate da



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

limi sabbiosi debolmente argillosi di colore bruno, compressibili con a tratti livelli torbosi organici scuri.

Depositi alluvionali terrazzati

Si tratta di depositi incoerenti, costituiti da ghiaia, sabbie e conglomerati in prevalenza carbonatici. Sono principalmente rappresentate lungo le valli dell'Anapo, del Cefalino e del Cavadonna, distribuite su una serie di terrazzi che seguono il reticolo idrografico superficiale e che testimoniano un ringiovanimento in epoca pleistocenica del reticolo stesso.

Conglomerati (Pleistocene)

Sono costituiti da ciottoli e ghiaie incoerenti di natura carbonatica, più o meno cementati, e di modesto spessore. Rappresentano il prodotto di smantellamento delle calcareniti.

Calcareniti "Panchina" (Pleistocene medio)

Calcareniti organogene prevalentemente grossolane a stratificazione incrociata, di colore giallastro, da mediamente a tenacemente cementate.

Sono caratterizzate da intensa fratturazione a causa di movimenti dislocativi a carattere regionale e locale. Le fratture e le diaclasi smembrano la roccia in una serie contigua di romboedri irregolari di varie dimensioni.

Ad Ovest (Monasteri di Sopra) le calcareniti passano eteropicamente a conglomerati poligenici in matrice sabbiosa giallastra indicanti il passaggio verso condizioni di deposito continentale.

Complesso argilloso sabbioso (Pleistocene inferiore)

Si tratta di un complesso limoso-sabbioso costituito talvolta da argille grigio-azzurre inglobanti sporadici elementi calcarei, talvolta da sabbie limose bruno-chiare passanti ad argille, a volte da limi sabbiosi a tratti argillosi con elementi calcarei o, infine, da sabbie limose bruno chiare.

Affiorano nel settore centrale del territorio, lungo le incisioni del Fiume Anapo, del Fiume Cefalino, del Torrente Cavadonna e, nel substrato, in continuità al di sotto delle calcareniti del Pleistocene superiore.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Calcareniti (Pleistocene inferiore)

Calcareniti organogene bianco-giallastre, tenere con livelli di sabbia passanti verso l'alto a ghiaie e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa poco limosa, giallastra con trovanti sia calcari che vulcanici.

Il passaggio al sovrastante complesso argilloso-sabbioso è concordante.

Affiorano in ridotti lembi lungo il tratto terminale della Valle dell'Anapo, con spessore superiore ai dieci metri.

Calcareniti (Pliocene)

Si tratta di calcareniti di colore giallastro a stratificazione parallela, talvolta incrociata verso l'alto, indicanti condizioni di deposizioni ambientali meno profonde di quelle dei sottostanti Trubi.

Si trovano in rapporti di sovrapposizione stratigrafica sui Trubi o di parziale eteropia con gli stessi.

Un affioramento è presente nella parte settentrionale della Penisola Maddalena.

Trubi (Pliocene inferiore)

Si tratta di marne e calcari marnosi bianchi, con stratificazione poco marcata, interessati da fratturazione intensa secondo piani normali tra di loro. Si riscontrano microfaune a foraminiferi planctonici che denotano un ambiente di mare aperto, instauratosi alla fine della crisi evaporitica messiniana.

Affiorano alla Penisola Maddalena e a Fontane Bianche; l'affioramento della Maddalena verso l'alto diventa marnoso-sabbioso di colore giallastro.

Formazione Palazzolo (Serravalliano - Messiniano)

Successione calcarenitica, nella quale è possibile distinguere due litofacies: una costituita da un'alternanza di calcari grigi e calcari marnosi teneri in strati di 20-40 cm deformati da slumping, l'altra formata da calcareniti bianco-giallastre tenere, con all'interno noduli e/o lenti di natura argillosa, generalmente stratificati a banchi che possono raggiungere potenze notevoli.

I calcari grigi e calcari marnosi affiorano nella zona di Cugno Croce ad Ovest dell'abitato di Cassibile. Le calcareniti affiorano tra Fontane Bianche e Cassibile.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Formazione Tellaro (Langhiano inferiore - Messiniano)

Costituita da marne grigio-azzurre a frattura subconcoide, contenenti sporadici livelli di un'alternanza calcarenitico-marnosa, di colore bianco-crema. Nella parte alta di questa formazione sono presenti grosse lenti di breccie vulcanoclastiche o sporadici corpi lavici submarini basici.

Tale formazione affiora ad Ovest di località Fontane Bianche, dove è visibile l'alternanza calcarenitico-marnosa di colore bianco crema con elementi vulcanoclastici.

Formazione Monte Carrubba (Tortoniano superiore – Messiniano inferiore)

Si tratta di una successione carbonatica costituita da un intervallo inferiore di calcareniti friabili, bianco giallastre, di ambiente infralitorale e da un intervallo superiore di calcareniti tenere, laminate e marne calcaree passanti a "lumachelle". Dal punto di vista litologico e faunistico questi calcari presentano un'estrema variabilità legata alle variazioni degli ambienti deposizionali e alle modalità di deposizione.

I calcari della formazione Monte Carrubba affiorano nella Penisola della Maddalena, nell'isola di Ortigia, a Sud del Monumento ai Caduti, a Sud di Capo Santa Panagia e a Nord dello Scoglio Due Fratelli.

Gli affioramenti a Sud di Capo Santa Panagia e a Nord dello Scoglio Due Fratelli sono caratterizzati dalla presenza di livelli basali di argille verdastre, formati probabilmente per alterazione ed erosione degli orizzonti vulcanici della miocenica Formazione Carlentini. A Sud del Monumento ai Caduti la Formazione Monte Carrubba passa a calcareniti tenere bianco-crema. Affioramenti di calcari a lumachelle sono tipici dell'isola di Ortigia. Nella zona di Capo Murro di Porco, invece, affiorano calcareniti e calciruditi brecciate.

Formazione Monte Climiti (Miocene superiore)

Questa formazione rappresenta una facies marina di acque basse, di età compresa tra il Miocene inferiore e medio poggiante sulle vulcaniti cretacee.



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Dal punto di vista litologico è rappresentata da termini carbonatici grossolani, a notevole componente organogena, tipici di un ambiente di scogliera.

La Formazione è stata suddivisa in due Membri parzialmente eteropici tra loro: Membro di Melilli in basso, e Membro dei Calcari di Siracusa in alto.

Membro dei Calcari di Siracusa

Si tratta di una successione di banchi e strati di calcari, separati da sottili partimenti più teneri. Nell'ambito dei singoli banchi è sovente una sottile laminazione centimetrica localmente evidenziata dall'erosione selettiva.

Presentano una certa variabilità granulometrica con passaggi da calcareniti a calciruditi algali. Si riscontra una macrofauna costituita da gusci di bivalvi e gasteropodi. Di colore bianco grigiastro si presentano irregolarmente stratificati e spesso notevolmente carsificati. Nella parte superficiale fino a qualche metro di profondità presentano una fratturazione da moderata a diffusa.

Stratigraficamente risultano in continuità di sedimentazione con le calcareniti sottostanti mostrando entrambi un rapporto di eteropia con le calcareniti della Formazione Palazzolo.

Affiorano diffusamente nell'area siracusana, definendo l'horst di Belvedere-Siracusa.

Membro di Melilli

Sono costituite da calcareniti e calciruditi marnose a tratti friabili in strati di spessore 1,5 – 2 metri, interrotti dalla presenza di livelli marnosi più teneri in spessore decimetrico. La giacitura degli strati è sub orizzontale o lievemente inclinata.

Un particolare sviluppo di bioliti a coralli affiora nel tratto compreso tra lo Scoglio Due Fratelli e Capo Santa Panagia a Nord di Siracusa, mentre nella zona Sud sono stati riscontrati lungo la Costa Bianca del Plemmirio.

Complesso vulcanico (Cretaceo)

Vulcanoclastiti a grana arenitico-ruditico di colore bruno giallastro localmente più o meno scure. Sono anche presenti lave basiche piuttosto alterate, breccie vulcanoclastiche probabilmente d'esplosione ad elementi lavici molto alterati.

I basalti cretacei e i termini lapidei cretacei sono spesso associati e variamente frammisti secondo giaciture complesse e non facilmente rilevabili né in superficie né in profondità ai depositi vulcanoclastitici argillificati di prevalente colore rosso o



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

bruno. Queste terre sono dal punto di vista cartografico non distinguibili dai basalti in quanto si possono trovare in qualsiasi punto degli affioramenti.

Tale complesso affiora in località Targia fino al mare e in località Tremilia. In località Acque Colombe alla periferia settentrionale di Siracusa affiorano ialoclastiti a grana fine con rari frammenti di pillows nelle quali sono incassati dicchi afirici a composizione alcali-basaltica.

L'attribuzione cronologica al Cretaceo superiore è confermata dalla loro giacitura sottostante a litotipi contenenti microfaune di questo periodo.

4.6 Analisi geomorfologica ed assetto dei versanti

L'analisi geomorfologica dei versanti e del territorio, più in generale, permette la ricostruzione morfodinamica ed il riconoscimento delle azioni morfogenetiche, per l'individuazione di tutti i fattori essenziali allo sviluppo dello studio di MS secondo i criteri dettati dagli ICMS.

L'evoluzione morfologica progredisce in funzione della naturale opera di erosione dei rilievi che, successivamente si depositano nelle depressioni. La velocità del processo è modulata dall' "energia del rilievo", dove la conformazione orografica e lito - strutturale esalta le azioni gravitative, dai fattori climatici e dall'uso del suolo.

Fattori stabilizzanti quali forestazioni, opere di sistemazione dei pendii e di regolazione del deflusso idraulico, lungo gli alvei interessati da erosione, contribuiscono, al contrario, a rallentare le azioni morfodinamiche.

In generale la fisiografia è condizionata dalle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti che determinano la risposta geomorfologica agli agenti morfoevolutivi.

L'areale analizzato è rappresentato dal punto di vista morfologico da ampie superfici tabulari, per la maggior parte terrazzate, che nel settore occidentale, sono bruscamente interrotte da marcate incisioni vallive, con pareti sub verticali.

In corrispondenza delle principali incisioni sono riscontrabili fenomeni di ruscellamento diffuso che si manifesta prevalentemente lungo i litotipi argillosi presenti nelle zone centro-settentrionali e nord-orientali del territorio comunale,



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

erosione lineare caratterizzata da fossi, solchi e calanchi che tendono ad allungarsi e ramificarsi. Associate a questi fenomeni si riscontrano le scarpate di erosione fluvio-torrentizie.

All'azione erosiva dell'acqua si associa spesso quella destabilizzante della gravità che esercita la sua azione prevalentemente in corrispondenza di ammassi rocciosi altamente fratturati, in particolar modo se questi ultimi sono localizzati in corrispondenza di scarpate o zone di ciglio caratterizzate da acclività sfavorevoli, danno luogo a fenomeni di crollo.

Ai piedi delle scarpate interessate da crolli e in corrispondenza delle principali incisioni sono riscontrabili forme di accumulo, rappresentate nel primo caso da materiale fortemente eterogeneo e costituito da elementi spigolosi, nel secondo caso da depositi alluvionali con elementi più arrotondati e meno eterogenei dal punto di vista della pezzatura.

Un altro elemento che caratterizza la morfologia del territorio è la presenza di fenomeni carsici dovuti a fenomeni di dissoluzione sia superficiali che sotterranei che danno luogo a grotte, doline, cavità di varie forme e dimensioni, nonché forme carsiche epigee minori che costituiscono il processo di dissoluzione avvenuto nella roccia, variamente distribuite all'interno del territorio esaminato.

Le ampie superfici tabulari che caratterizzano il territorio comunale sono interessate da un reticolo idrografico superficiale che risulta molto articolato in conseguenza dei numerosi interventi antropici, come la realizzazione dei numerosi canali artificiali costruiti negli anni '30 per la bonifica della zona Pantanelli, area di recente formazione geologica, costituita da una bassa pianura alluvionale formata da una successione di depositi sabbiosi e limoso-sabbiosi caratterizzata dalla presenza di una falda idrica sub-superficiale.

Dall'esame degli elaborati dello studio geologico di revisione del PRG, e della cartografia del PAI Sicilia e di quanto disponibile in bibliografia è stato possibile derivare, per tutto il territorio comunale di Siracusa, le principali evidenze geomorfologiche, riportate nell'allegata carta geologico - tecnica.

Mediante la classificazione e la ridisposizione di tali dati è stato realizzato un modello territoriale quantitativo (Figura 6 – Carta delle pendenze e dei dissesti



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

geomorfologici) in cui le aree, caratterizzate dai vari livelli di instabilità, sono sovrapposte alla distribuzione clivometrica.

La procedura seguita può essere così schematizzata:

1. Analisi della cartografia acquisita (Studio Geologico di revisione del PRG, PAI);
2. Acquisizione dei dati coerenti con gli standard ICMS;
3. Elaborazione numerica e digitale per l'individuazione e classificazione di:
 - a. Scarpate morfologiche tra 10 e 20 m e superiori ai 20 m
 - b. Creste
 - c. Picchi isolati
 - d. Orlo di terrazzi fluviali tra 10 e 20 m e superiori ai 20 m
 - e. Perimetrazione dei dissesti;
4. Classificazione e popolamento degli elementi individuati secondo gli standard 2.0_Betall.

Di seguito viene restituito il risultato sotto forma di elaborato cartografico (Figura 6) e di tabelle riepilogative quantitative degli elementi geomorfologici individuati (Tabella 1).

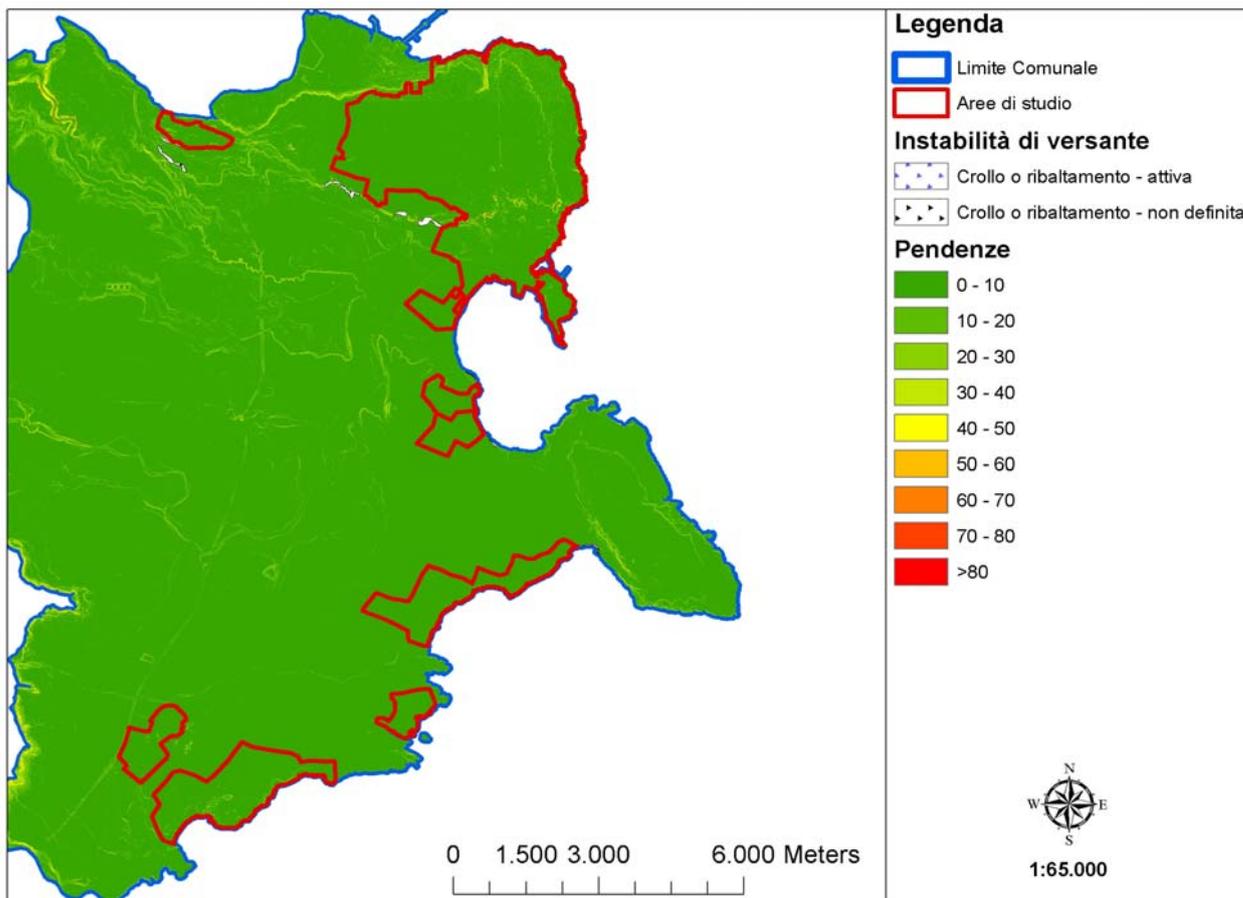


Figura 6 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici

Descrizione	Numero
Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	20

Tabella 1 - Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati.

Per la selezione areale di Siracusa, qui in esame, sono stati censiti 11 dissesti di crollo o ribaltamento. La tabella seguente (Tabella 2) mostra i dati raccolti raggruppati per tipologia di dissesto.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Tipo dissesto	N° totale	Superficie Totale (mq)
Crollo o ribaltamento	11	228752

Tabella 2 - Trasposizione analitica delle aree in dissesto individuate (PAI).

I dissesti censiti sono stati cartografati, classificati (per tipologia e per stato di attività) e sono riportati, ove previsto, negli elaborati cartografici prodotti dal presente studio.

4.7 Classificazione litologica dei terreni affioranti

Per quanto concerne la realizzazione della carta Geologico – Tecnica le indicazioni riportate negli ICMS prevedono la classificazione preliminare delle formazioni geologiche, attenendosi ai criteri dell'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985), in due categorie:

- Substrato geologico
- Terreni di copertura

Nelle figure di seguito proposte (tratte da Microzonazione Sismica – standard di rappresentazione e archiviazione informatica, Figura 7, Figura 8) sono riportate tutte le sottocategorie, definite negli ICMS, in cui sia il substrato geologico rigido e non rigido sia i terreni di copertura, sono ulteriormente suddivisi in funzione delle loro essenziali caratteristiche geomeccaniche e geotecniche.

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

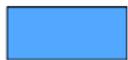
Substrato geologico rigido o non rigido		
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	NR	Substrato geologico non rigido
	SF	Substrato geologico rigido molto fratturato
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	NRS	Substrato geologico non rigido, stratificato

Figura 7 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: substrato rigido o non rigido.

Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse	
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

Figura 8 - Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: terreni di copertura

Secondo tali indicazioni i terreni riconosciuti nel comprensorio comunale di Siracusa sono stati classificati nel modo seguente:

A) Substrato geologico di tipo “Granulare cementato” (GR) - sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Complesso vulcanico (Cretaceo) - vulcanoclastiti a grana arenitico-ruditica di colore bruno. Sono anche presenti lave basiche piuttosto alterate, breccie vulcanoclastiche probabilmente d'esplosione ad elementi lavici molto alterati. I basalti cretacei e i termini lapidei cretacei sono spesso associati e variamente frammisti secondo giaciture complesse e non facilmente rilevabili né in



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

superficie né in profondità ai depositi vulcanoclastitici argillificati di prevalente colore rosso o bruno.

B) Substrato geologico di tipo “Lapideo stratificato” (LPS) - sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Formazione Monte Carrubba (Tortoniano superiore – Messiniano inferiore) - successione carbonatica costituita da un intervallo inferiore di calcareniti friabili bianco giallastre di ambiente infralitorale e da un intervallo superiore di calcareniti tenere laminate e marne calcaree passanti a “lumachelle”;

Formazione dei Monti Climiti (Miocene medio inferiore):

Membro dei calcari di Siracusa - successione di banchi e strati di calcari, separati da sottili partimenti più teneri. Presentano una certa variabilità granulometrica con passaggi da calcareniti a calciruditi algali. Nella parte superficiale fino a qualche metro di profondità presentano una fratturazione da moderata a diffusa;

Membro di Melilli - calcareniti e calciruditi marnose a tratti friabili in strati si spessore 1,5 – 2 metri, interrotti dalla presenza di livelli marnosi più teneri in spessore decimetrico.

C) Substrato geologico di tipo “Alternanza di litotipi stratificato” (ALS) - sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Calcareniti “Panchina” (Pleistocene medio) - calcareniti organogene prevalentemente grossolane a stratificazione incrociata, di colore giallastro, da mediamente a tenacemente cementate. Sono caratterizzate da intensa fratturazione a causa di movimenti dislocativi a carattere regionale e locale. Le fratture e le diaclasi smembrano la roccia in una serie contigua di romboedri irregolari di varie dimensioni;

Calcareniti (Pleistocene inferiore) - calcareniti bianco-giallastre organogene, tenere con livelli di sabbia passanti verso l'alto a ghiaie e ciottoli in abbondante



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

matrice sabbiosa poco limosa, giallastra con trovanti sia calcari che vulcanici. Lo spessore è superiore ai dieci metri;

Calcareniti (Pliocene) - calcareniti di colore giallastro a stratificazione parallela, talvolta incrociata verso l'alto, indicanti condizioni di deposizioni ambientali meno profonde di quelle individuate dai Trubi;

Trubi (Pliocene inf.) - marne e calcari marnosi bianchi, con stratificazione poco marcata, interessati da fratturazione intensa secondo piani normali tra di loro; l'affioramento della Maddalena verso l'alto diventa marnoso-sabbioso con tinte giallastre;

Formazione Palazzolo (Miocene inferiore medio) - successione calcarenitica, nella quale è possibile distinguere due litofacies: una costituita da un'alternanza di calcari grigi e calcari marnosi teneri in strati di 20-40 cm deformati da slumping, l'altra formata da calcareniti bianco-giallastre tenere, con all'interno noduli e/o lenti di natura argillosa, generalmente stratificati a banchi che possono raggiungere potenze notevoli;

Formazione Tellaro (Langhiano inferiore - Messiniano) - costituita da marne grigio-azzurre a frattura subconcoide, contenenti sporadici livelli di un'alternanza calcarenitico-marnosa, di colore bianco-crema. Nella parte alta di questa formazione sono presenti grosse lenti di breccie vulcanoclastiche o sporadici corpi lavici submarini basici.

D) Substrato geologico di tipo “Non rigido” (NR) - sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Complesso argilloso sabbioso (Pleistocene inferiore) - costituito talvolta da argille grigio-azzurre inglobanti sporadici elementi calcarei, talvolta da sabbie limose bruno-chiare passanti ad argille, a volte da limi sabbiosi a tratti argillosi con elementi calcarei o, infine, da sabbie limose bruno chiare.

E) Terreni di copertura classificati come “Terreni contenenti resti di attività antropica” (RI) sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Materiale di riporto eterogeneo - materiale di risulta costituito essenzialmente da materiali lapidei in matrice sabbioso-limosa con elementi a pezzatura



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

eterometrica, di diversa natura e provenienza, frammisti a laterizi di origine antropica; si presentano scarsamente addensati, di colore bruno e con scadenti caratteristiche meccaniche.

F) Terreni di copertura classificati come “Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie” (GW) sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Depositi alluvionali terrazzati - depositi incoerenti, costituiti da ghiaia, sabbie e conglomerati in prevalenza carbonatici.

G) Terreni di copertura classificati come “Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla” (GC) sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Conglomerati (Pleistocene)- ciottoli e ghiaie incoerenti di natura carbonatica, più o meno cementati, e di modesto spessore.

H) Terreni di copertura classificati come “Sabbie pulite con granulometria poco assortita” (SP) sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Spiagge attuali e saline costiere - depositi di natura sabbiosa si riscontrano allo sbocco dei fiumi principali e lungo il litorale delle località Pantanelli, Sacramento e Fontane Bianche.

I) Terreni di copertura classificati come “Sabbie limose, miscela di sabbia e limo” (SM) sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Depositi alluvionali attuali e recenti - depositi di natura ghiaiosa e sabbiosa granulometricamente eterogenee. In località Pantanelli e presso il circolo sportivo Farina esse sono rappresentate da limi sabbiosi debolmente argillosi di colore bruno, compressibili con a tratti livelli torbosi organici scuri.

La precedente classificazione è compendiate nella seguente tabella (Tabella 3) e restituita nell'allegata Carta geologico-tecnica (Figura 9, Figura 10).

Categorie	Sottocategorie	Litotipi
Substrato rigido o non rigido	Substrato "Granulare cementato" (GR)	Complesso vulcanico (Cretaceo)
	Substrato Lapideo stratificato (LPS)	Formazione Monte Carrubba (Tortoniano superiore - Messiniano inferiore)
		Formazione dei Monti Climiti - Membro dei Calcari di Siracusa - (Miocene medio inferiore)
		Formazione dei Monti Climiti – Membro di Melilli - (Miocene medio inferiore)
	Substrato "Alternanza di litotipi stratificato" (ALS)	Calcareniti "Panchina" (Pleistocene medio)
		Calcareniti (Pleistocene inferiore)
		Calcareniti (Pliocene)
		Trubi (Pliocene inferiore)
		Formazione Palazzolo (Serravalliano-Messiniano)
		Formazione Tellaro (Langhiano inferiore - Messiniano)
Substrato "Non rigido" (NR)	Complesso argilloso sabbioso (Pleistocene inferiore)	
Terreni di copertura	Terreni contenenti resti di attività antropica (RI)	Materiale di riporto eterogeneo
	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie (GW)	Depositi alluvionali terrazzati
	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (GC)	Conglomerati (Pleistocene)
	Sabbie pulite a granulometria poco assortita (SP)	Spiagge attuali e saline costiere



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Categorie	Sottocategorie	Litotipi
	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SM)	Depositi alluvionali attuali e recenti

Tabella 3 - Compendio della classificazione litologica

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

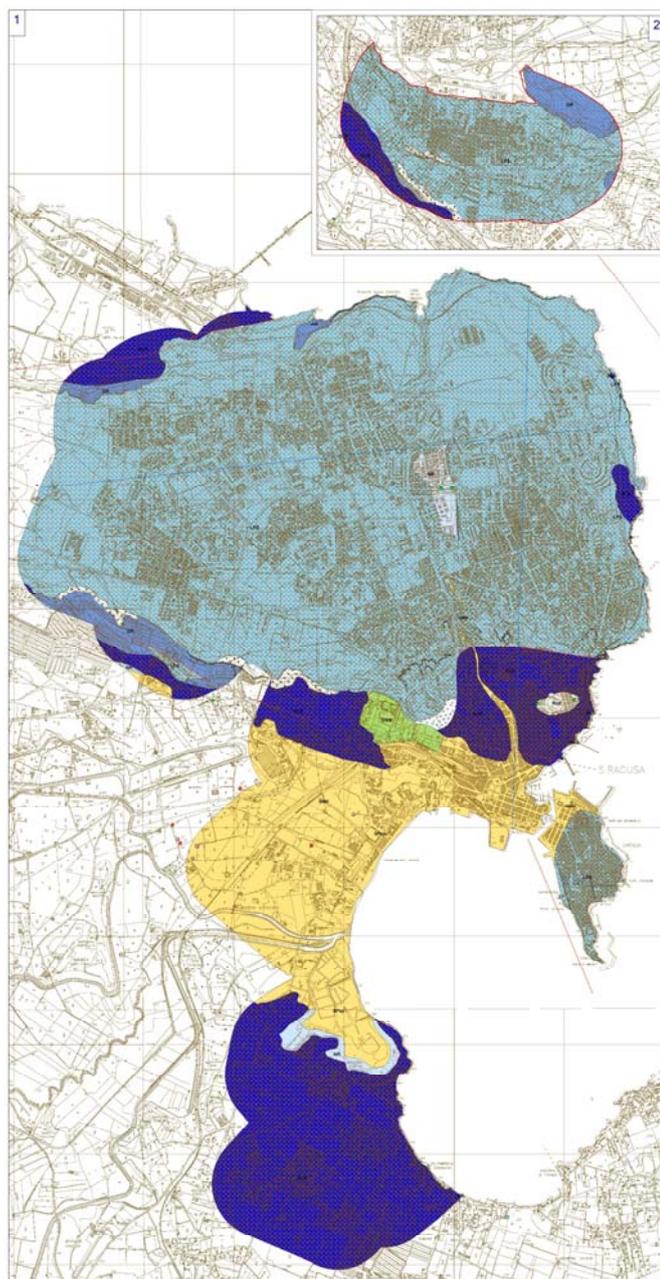


Figura 9 - Carta geologico tecnica: Settore settentrionale (1 – Siracusa Città, Località Contrada Faro Carrozzeri e Isola; 2 - Belvedere)

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

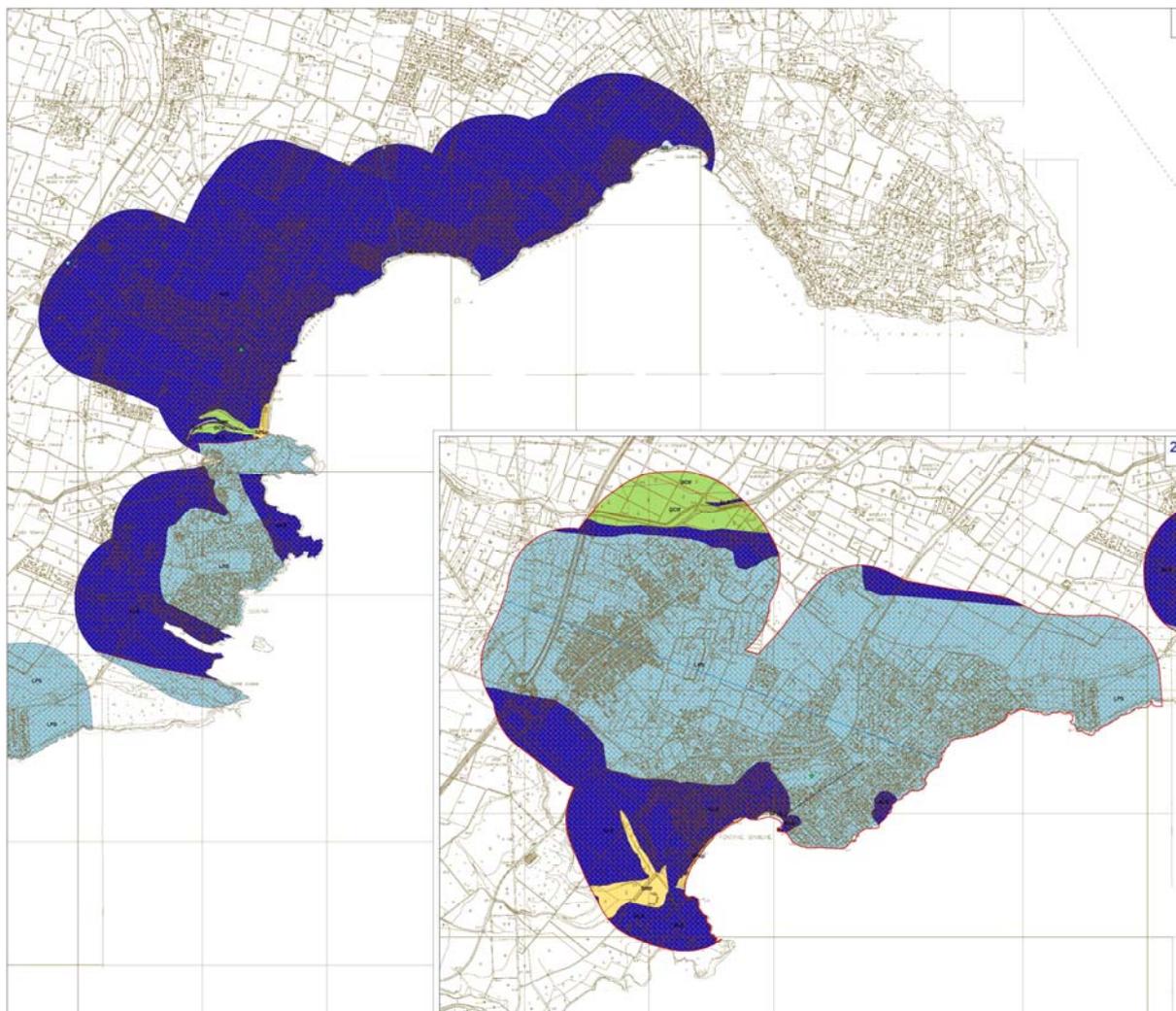


Figura 10 - Carta geologico tecnica: Settore meridionale (1 – Terrauzza, Fanusa, Arenella, Ognina; 2 - Cassibile, Fontane Bianche,)



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

5 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

La “pericolosità sismica di base”, più generalmente indicata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche attese.

La pericolosità sismica di un generico sito deve essere descritta con un sufficiente livello di dettaglio, in termini sia spaziali sia temporali. I relativi risultati sono forniti, in corrispondenza dell'area considerata, come valori di accelerazione orizzontale massima a_g , riferita ad un sito rigido orizzontale ($V_s > 800$ m/s), e per diverse probabilità di superamento e/o diversi periodi di ritorno.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo e dalla morfologia della superficie topografica. Tali modifiche riguardano gli studi di risposta sismica locale.

La valutazione della pericolosità sismica deve derivare da studi estesi a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure e metodologie validate che devono essere rese pubbliche in modo da consentire la riproduzione dell'intero processo.

Dal catalogo CFTI04MED sono stati considerati gli eventi sismici storici sotto descritti, ricostruiti dalle fonti con sufficiente attendibilità, ritenuti rappresentativi dello stile sismico dell'area in studio (GUIDOBONI *et al.*, 2007).

In Italia i risultati ufficialmente accreditati, relativamente ai più recenti studi di pericolosità sismica sono quelli disponibili nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI 11 di ROVIDA *et al.*, 2011) che fa uso delle tecniche di ricerca ed analisi dei dati di base più avanzati e utilizza i dati derivati dal Data Base Macrosismico Italiano 11 (DBMI11 di LOCATI *et al.*, 2011) che oggi è già alla sua terza versione pubblica.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

5.1 Sismicità storica della Sicilia orientale e Calabria meridionale

Il quadro della sismicità che in epoca storica ha interessato la Sicilia Orientale e Calabria meridionale, aree di riferimento per il presente studio, si può utilmente derivare dai cataloghi sismici:

- CFTI04MED (GUIDOBONI *et al.*, 2007);
- DBMI11 (LOCATI *et al.* 2011);
- CPTI11 (ROVIDA *et al.* 2011).

Nelle Figura 11 e Figura 12, estratte dal CPTI11, è mostrata la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area considerata nell'intervallo temporale 1000-1899 (Figura 11) e 1900-2006 (Figura 12) con un' indicazione della classe di magnitudo M_w (Magnitudo momento).

In Figura 13 sono riportate le massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale estratte dal catalogo DBMI11 che contiene 86071 MDP (Macroseismic Data Points) relativi a 1684 terremoti avvenuti dopo il 1000.

I dati sono riferiti a 15416 località e ad ogni punto riportato in figura è associata la massima intensità risentita.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

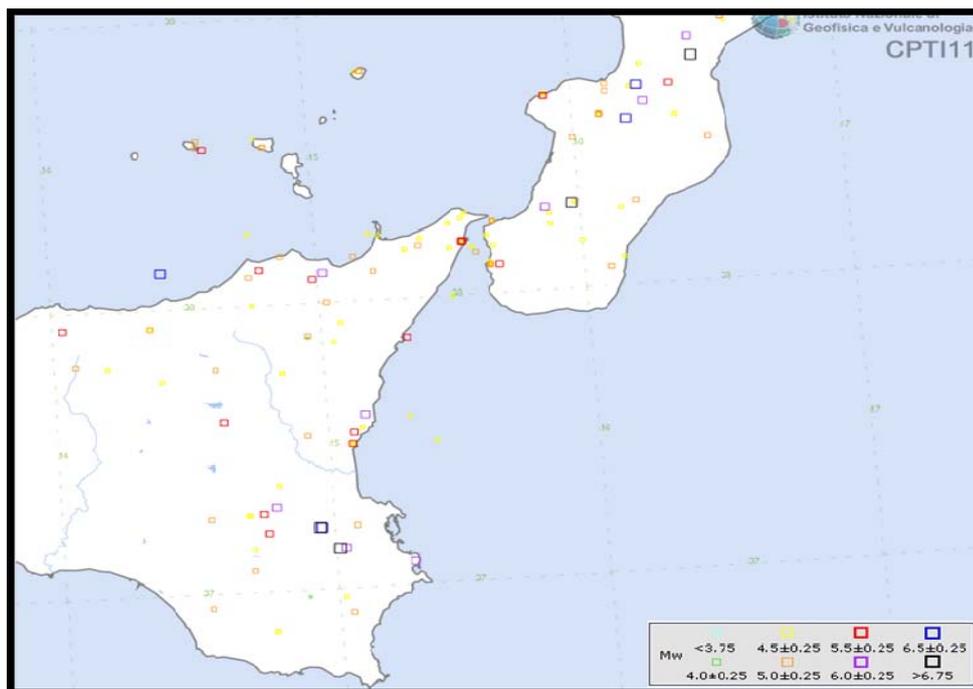


Figura 11 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1000-1899 (CPTI11, Rovida *et al.*, 2011)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

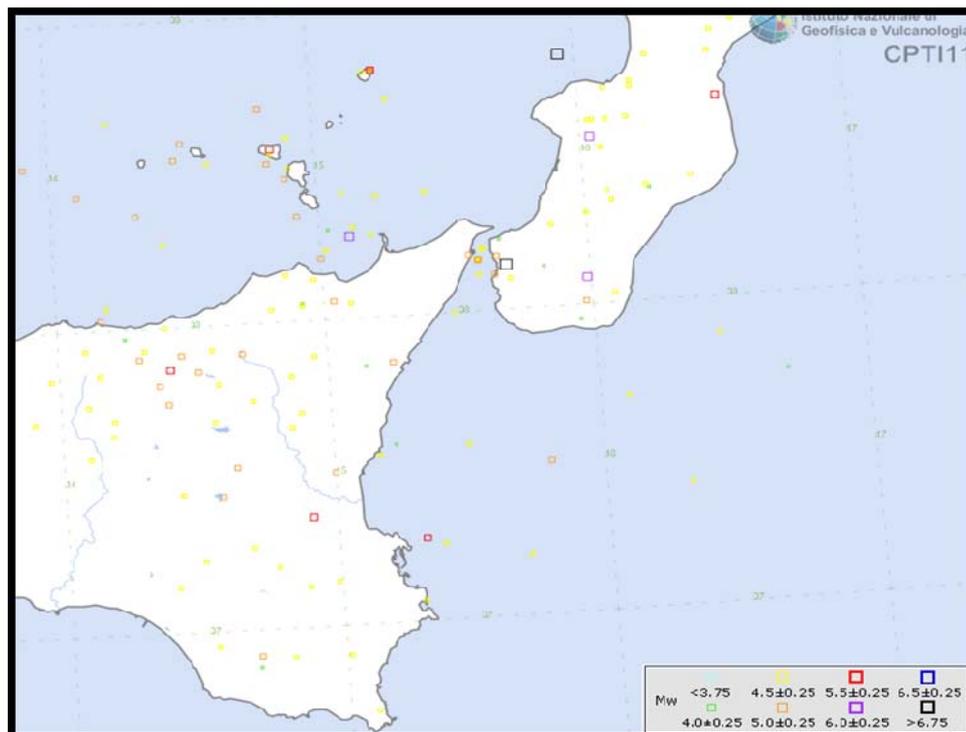


Figura 12 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1900-2006 (CPT11, Rovida *et al.*, 2011)

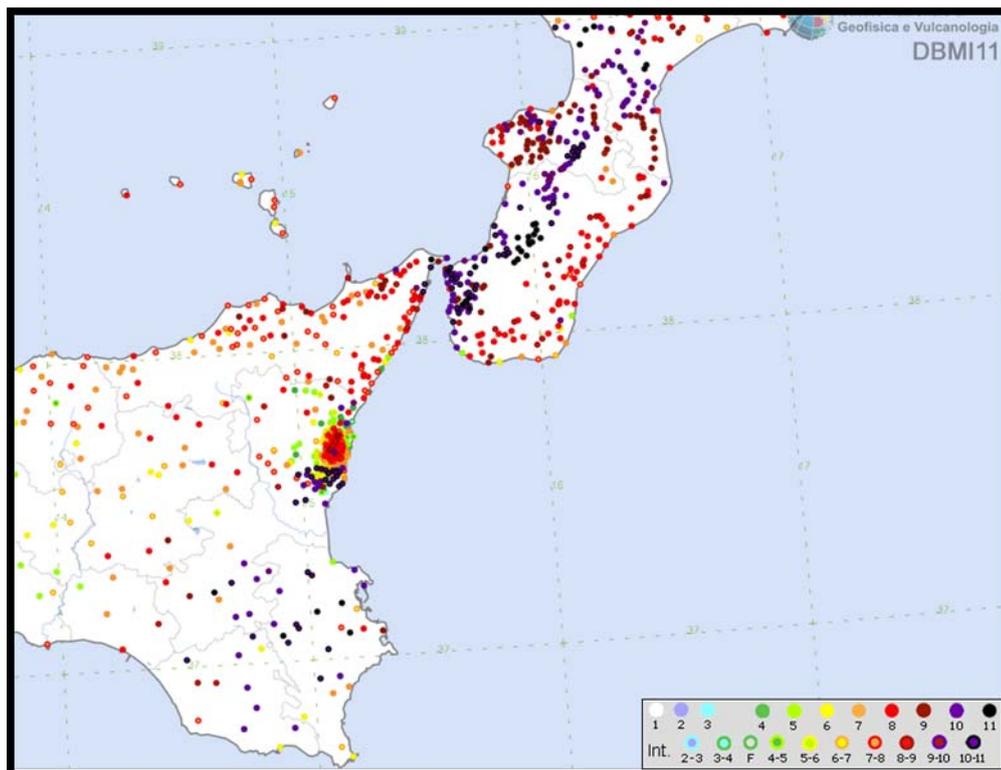


Figura 13 - Massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale (DBMI11, Locati *et al.*, 2011)

Dei numerosi terremoti che hanno colpito la Sicilia orientale prima del XVI secolo, si hanno informazioni lacunose ed insufficienti alla ricostruzione del campo macrosismico e degli effetti del sisma sull'ambiente. Dal catalogo CFTI04MED si sono considerati gli eventi sismici storici sotto descritti, ricostruiti dalle fonti con sufficiente attendibilità, ritenuti rappresentativi dello stile sismico dell'area in studio.

Sono terremoti che è possibile mettere in relazione alle strutture sismogenetiche presenti nella Sicilia orientale e che hanno avuto effetti macrosismici significativi nelle aree colpite. La magnitudo macrosismica equivalente M_e (GASPERINI e FERRARI, 1995, 1997), riportata nel citato catalogo, è stata calcolata attraverso il metodo delle aree di risentimento che si basa su un adeguato



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

campionamento del campo macrosismico, pertanto, in relazione a questi eventi può essere ritenuta sufficientemente attendibile.

Terremoto del 10.12.1542, ore 15:15, lat=37.23, lon=14.92, $I_{max}=10$, $M_e=6.9$: il terremoto fu avvertito in tutta la Sicilia e colpì in particolare l'entroterra collinare e montuoso degli Iblei. I danni maggiori si rilevano in un'area di circa 6000 kmq, comprendente Melilli, Occhiolà, Lentini, Sortino, Avola, Buccheri, Ferla, Giarratana, Monterosso Almo, Palazzolo Acreide e Vizzini, dove molti edifici crollarono o divennero completamente inagibili. Le massicce distruzioni furono favorite dalle morfologie urbanistiche, che avevano come comune denominatore la discontinuità altimetrica, e l'irregolarità delle murature degli edifici costruiti in varie fasi. In alcuni paesi, in particolare a Sortino e a Lentini, i danni furono aggravati da frane e scoscendimenti e dal cedimento dei terreni di fondazione. Danni di notevole entità si ebbero anche a Siracusa, per la quale è stato possibile localizzare le aree urbane più danneggiate, e a Catania; danni più leggeri si verificarono ad Agrigento. La scossa fu sentita a Messina, a Trapani e, fortemente, a Palermo.

Terremoto del 25.08.1613, ore 05:00, lat=38.117, lon=14.783, $I_{max}=9$, $M_e=5.6$: il terremoto avvenne all'alba del 25 agosto (alla latitudine della Sicilia settentrionale, all'incirca le ore 5:00 GMT). Gli effetti più gravi risultarono concentrati nella città di Naso, dove crollarono oltre 200 abitazioni e tutte le altre furono gravemente danneggiate. I morti furono 103 (53 persone morirono nel crollo della chiesa di S. Pietro dei Latini); numerosi i feriti. A Messina la scossa fu sentita violentemente e con grande panico, e causò qualche leggero danno.

Terremoto del 11.01.1693, ore 13:30, lat=37.42, lon=15.05, $I_{max}=11$, $M_e=7.5$: il terremoto del gennaio 1693 colpì un territorio vastissimo, in due riprese, a distanza di due giorni. La prima scossa avvenne il 9 gennaio alle ore 4:30 italiane (21:00 GMT ca.). Nonostante le difficoltà incontrate nel distinguere gli effetti di questo primo evento da quelli del terremoto successivo, è stato possibile delineare, in maniera soddisfacente, il quadro complessivo degli effetti. La seconda scossa avvenne l'11 gennaio alle ore 21 italiane (13:30 GMT ca.). Gli effetti furono catastrofici anche perché si sovrapposero in parte a quelli della scossa precedente. L'area colpita fu tuttavia molto più vasta: un intero territorio di oltre 14000 kmq, considerando solo l'area dei danni maggiori, fu sconvolto; complessivamente danni di rilievo sono stati riscontrati in un'area che va dalla Calabria meridionale a Palermo e all'arcipelago maltese. Ovviamente l'ampiezza totale dell'area di risentimento è sconosciuta perché il mare



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

limita il riscontro degli effetti osservabili; tuttavia, sembra accertato che la scossa fu avvertita sensibilmente nella Calabria settentrionale e sulla costa tunisina. Tutte le città più importanti della Sicilia sud orientale furono sconvolte. Catania fu quasi interamente distrutta, così come Acireale e tutti i piccoli insediamenti sparsi sul versante orientale dell'Etna. Distruzioni vastissime si verificarono in tutti i centri della Val di Noto: Vizzini, Sortino, Scicli, Ragusa, Palazzolo Acreide, Modica, Melilli, Lentini, Ispica, Occhiolà, Carlentini, Avola, Augusta, Noto. Crolli molto estesi subirono Siracusa, Caltagirone, Vittoria, Comiso. In complesso sono 70 i centri nei quali si verificarono danni uguali o maggiori al IX grado MCS. Crolli e danni gravi subirono anche Messina e alcuni centri della costa nord-orientale, fra cui Patti e Naso; lesioni e crolli parziali si ebbero a Palermo, Agrigento, Reggio Calabria e, più gravi, a Malta; danni più leggeri, si ebbero in alcuni centri della Calabria meridionale.

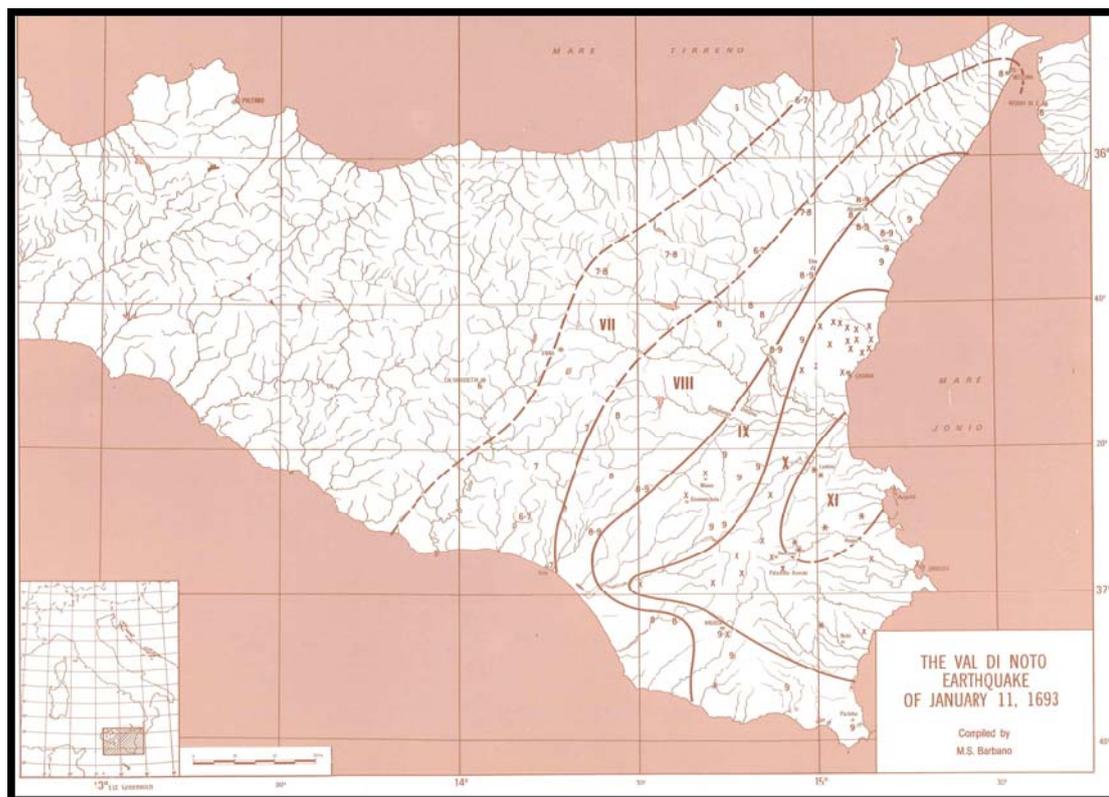


Figura 14 - Campo macrosismico del terremoto del 11/01/1693 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoleismic maps of Italian Earthquakes, Bologna 1985)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Terremoti del 1783, $I_{max}=9.5$, $M_e=6.2$: il 5 febbraio 1783 iniziò un periodo sismico, protrattosi per più di tre anni, che presentò 5 massimi di attività: 5 febbraio, 6 febbraio, 7 febbraio, 1 marzo e 28 marzo 1783, e varie centinaia di scosse minori, che ebbero effetti cumulativi devastanti su un territorio di varie migliaia di kmq. In meno di due mesi, a partire dal 5 febbraio fino al 28 marzo, gli epicentri delle scosse principali si spostarono dalla regione dell'Aspromonte all'istmo tra il golfo di Sant'Eufemia e il golfo di Squillace. La scossa del 5 febbraio 1783 ebbe un'area di risentimento estesa a tutta la Sicilia e a gran parte dell'Italia meridionale, dalla costa amalfitana al Salento. L'area dei maggiori effetti si situa nel versante tirrenico dell'Appennino calabrese, in una regione corrispondente ai Piani d'Aspromonte e alla Piana di Gioia Tauro, delimitata a sud dal massiccio aspromontano e a nord dalla catena delle Serre. Il terremoto ebbe effetti devastanti in 25 paesi; in altri 23 ci furono crolli estesissimi; in 49 località vi furono crolli gravi diffusi; altre 117 località subirono effetti distruttivi. La scossa del 6 febbraio 1783 causò danni gravissimi a Scilla e a Messina; la scossa del giorno successivo, 7 febbraio, fu avvertita in una vasta area compresa tra Messina e Matera e causò nuove distruzioni nei centri dei Piani d'Aspromonte e della Piana di Gioia Tauro, già gravemente danneggiati dalla scossa del 5 febbraio. L'area epicentrale di questa scossa si spostò in direzione nord – est rispetto a quelle dei terremoti precedenti, verso le valli del Mesima e del Marepotamo, sul versante tirrenico della catena delle Serre. Il terremoto fu completamente distruttivo in 20 località; altre 28 subirono crolli gravi diffusi; in 47 località causò effetti distruttivi diffusi. La scossa dell'1 marzo 1783 fu avvertita in un'ampia regione compresa tra Messina e Scalea e, rispetto ai precedenti eventi sismici, ebbe l'area dei massimi effetti spostata ancora più a nord, lungo la dorsale appenninica. A causa di questa scossa si ebbero effetti distruttivi a Polia e a Poliolo e danni molto gravi a Castelmonardo e Francavilla Angitola, centri del bacino dell'Angitola. La scossa del 28 marzo fu sentita in tutta l'Italia meridionale, dalla Sicilia a Napoli, alla Puglia meridionale. L'area dei massimi effetti è collocata nella regione istmica a sud di Catanzaro, sia sul versante ionico che su quello tirrenico: rappresenta la localizzazione più settentrionale tra le aree di maggiore danneggiamento dell'intero periodo sismico. La scossa ebbe effetti catastrofici in 12 località; altre 25 subirono effetti distruttivi; gravi danni si registrarono in 71 paesi. La scossa del 26 aprile 1783, in precedenza classificata di VIII – IX grado MCS, causò danni soltanto a Milazzo e fu sentita fortemente a Messina; si tratta perciò di un evento piuttosto marginale e notevolmente sovrastimato. La successione delle violentissime scosse avvenute tra il 5 febbraio e il 28 marzo 1783, caratterizzata da una migrazione degli epicentri lungo la catena appenninica in direzione nord – est, diede luogo ad ampie aree di



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

sovrapposizione degli effetti distruttivi. Il quadro degli effetti che si è delineato è quindi, per alcune località, il risultato dell'azione cumulativa di più scosse. Quando la documentazione lo ha consentito, sono stati distinti gli effetti di danno relativi ai singoli eventi sismici. Rimane tuttavia aperta la questione relativa alla eventuale sovrastima dei danni, non quantificabile, indotta dalla vulnerabilità di un patrimonio edilizio fortemente indebolito da numerosissime e ravvicinate scosse e già di per sé di cattiva qualità.

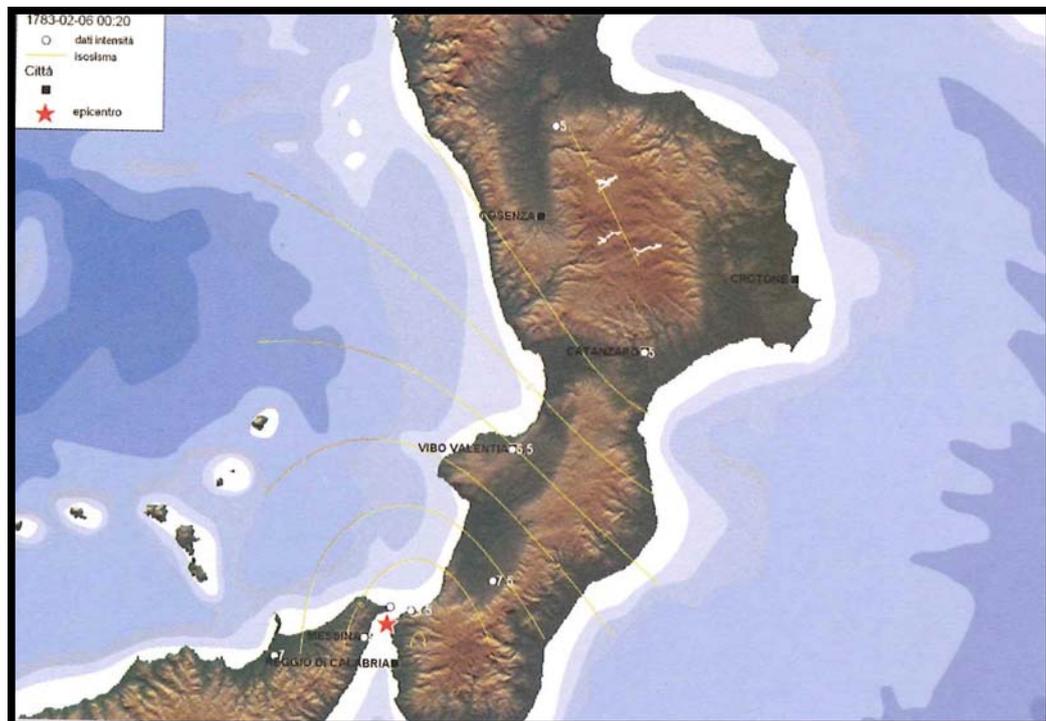


Figura 15 - Campo macrosismico del terremoto del 06/02/1783 (Tiberti *et al.*, 2006)

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

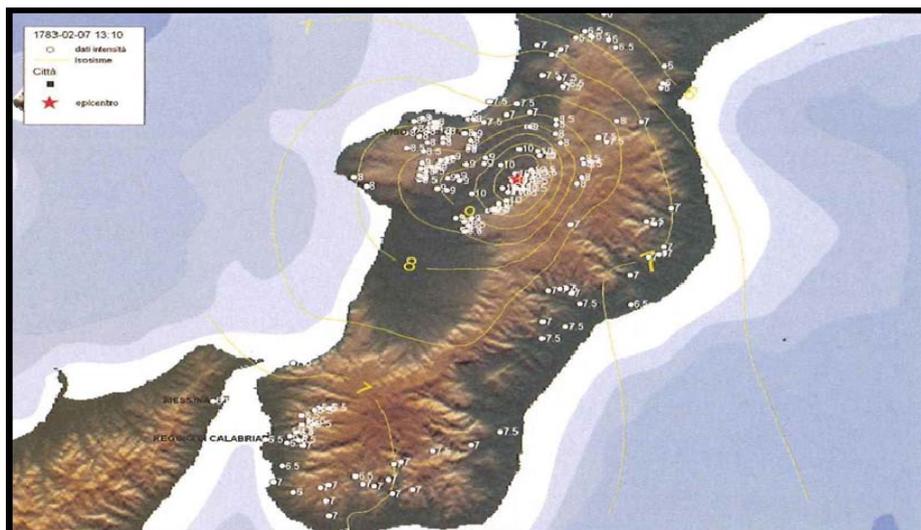


Figura 16 - Campo macrosismico del terremoto del 07/02/1783 (Tiberti *et al.*, 2006).



Figura 17 - Campo macrosismico del terremoto del 28/03/1783 (Tiberti *et al.*, 2006).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Terremoto del 10.03.1786, ore 14:10, lat=38.1, lon=15.017, $I_{max}=9$, $M_e=6.2$: la scossa avvenne alle ore 20:45 italiane (14:10 GMT ca.) del 10 marzo e colpì soprattutto le località della Sicilia settentrionale affacciate sul golfo di Patti. Gravi distruzioni si ebbero, in particolare, a Oliveri, San Piero Patti e Scala; crolli e gravi dissesti a Milazzo e a Patti. A Naso furono notevolmente danneggiate 72 case e vari edifici religiosi; a Messina caddero alcuni muri degli edifici in ricostruzione dopo i terremoti del 1783.

Terremoto del 20.02.1818, ore 18:15, lat=37.60, lon=15.12, $I_{max}=9.5$, $M_e=6.2$: la scossa del 20 febbraio avvenne alle ore 1:10 italiane (18:15 GMT ca.); interessò la regione etnea e fu avvertita fortemente in tutta la Sicilia e, più leggermente, nella Calabria meridionale e a Malta. Gli effetti più gravi riguardarono l'immediato entroterra di Acireale: le borgate di Aci Consolazione e Aci Santa Lucia furono pressochè completamente distrutte; crolli estesi a gran parte dell'abitato si verificarono ad Aci Catena, Aci Platani, Aci San Filippo e Aci Sant'Antonio. Complessivamente quasi 60 centri subirono crolli di edifici o danni generalizzati al patrimonio edilizio, compresi alcuni paesi dei versanti settentrionale e occidentale dell'Etna; in altre 40 località circa avvennero danni più leggeri. In generale, la presenza di scadenti tipologie edilizie amplificò dovunque gli effetti del terremoto. A Catania, in base ai rilievi condotti dall'Intendenza, 1768 case risultarono danneggiate, di queste oltre il 35% furono dichiarate cadenti e dovettero essere puntellate o demolite. La città era stata interamente ricostruita dopo il terremoto del 1693, era quindi "nuova" dal punto di vista dello stato di conservazione del patrimonio edilizio. Le perizie attestano che il terremoto danneggiò edifici caratterizzati da evidenti e gravi difetti di costruzione: molte case non erano dotate di fondamenta sufficientemente solide, altre erano state innalzate o ampliate in un secondo momento, causando uno squilibrio tra la mole delle costruzioni e le fondazioni. L'1 marzo, alle ore 9:30 italiane (2:45 GMT ca.), una seconda violenta scossa colpì la Sicilia orientale, in particolare la regione Iblea, danneggiando gravemente Militello in Val di Catania, Mineo, Ragusa, Vizzini e numerosi altri centri. La scossa causò ulteriori leggeri danni a Catania e fu sentita fortemente nell'acese.

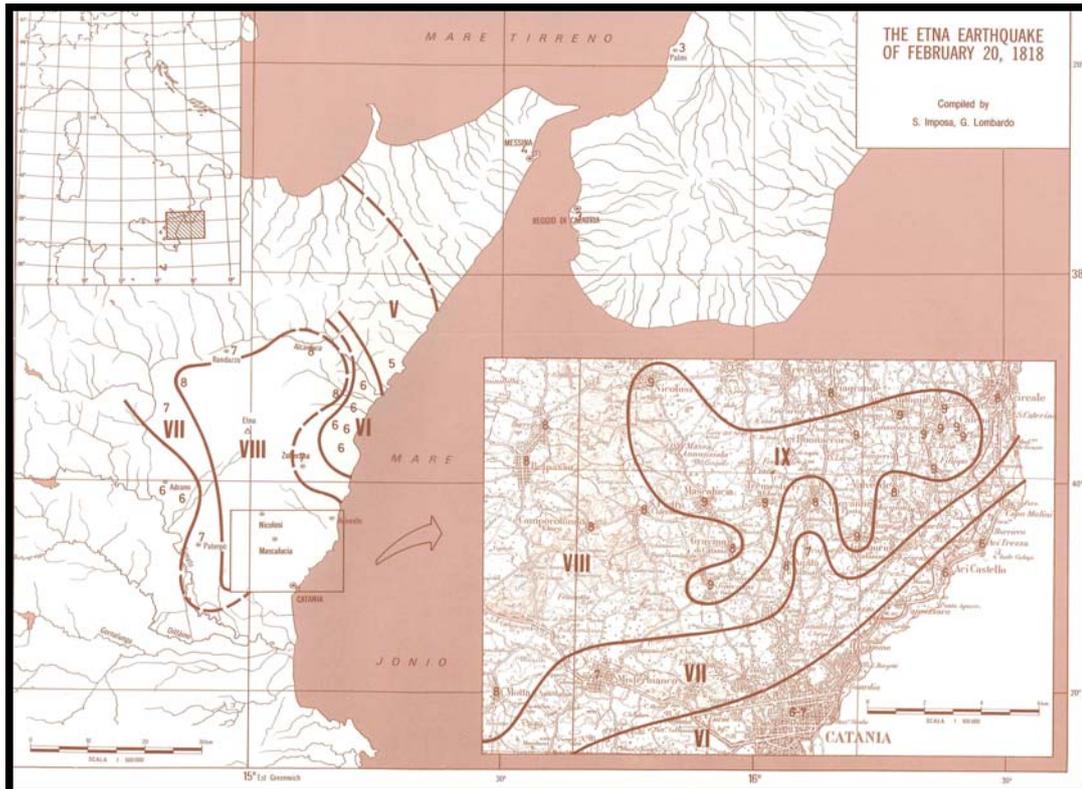


Figura 18 - Campo macrosismico del terremoto del 20/02/1818 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of Italian Earthquakes, Bologna 1985).

Terremoto del 08.08.1894, ore 05:16, lat=37.65, lon=15.12, $I_{max}=9.5$, $M_e=5.1$: la scossa principale avvenne alle ore 5:16 GMT e causò effetti distruttivi in un'area ristretta (14 kmq ca.) del versante sud-orientale dell'Etna. Le località più colpite furono alcune borgate e contrade dei comuni di Zafferana Etnea e Acireale (Mazzasette, Pisano, Scacchieri, Fleri, Zerbate) dove gran parte delle abitazioni crollarono o divennero inabitabili. Crolli e gravi lesioni si verificarono in altre 15 località circa. Ad Acireale il terremoto causò leggeri danni in alcuni edifici civili e religiosi; a Catania e in molti centri della provincia fu avvertito fortemente, ma senza danni.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Terremoto del 08.09.1905, ore 01:43, lat=38.67, lon=16.05, $I_{max}=10.5$, $M_e=6.9$: il terremoto si manifestò con maggiore violenza nell'area compresa fra Aiello, in provincia di Cosenza, fino al massiccio del monte Poro, su cui sono situati Monteleone (l'odierna Vibo Valentia), Triparni, Cessaniti, Piscopio, San Gregorio, Zammarò, Pargheliae Zungri. In 37 paesi i crolli interessarono la grande maggioranza degli edifici, quando non la loro totalità. A Pizzo, molti edifici divennero inabitabili e a Vibo Valentia fu danneggiata soprattutto la parte bassa della città, tanto che le strade furono descritte come un cumulo di macerie. I paesi maggiormente colpiti furono quelli verso la costa tirrenica, fra i capi Suvero e Vaticano; i meno colpiti furono quelli compresi nell'estremità meridionale della Calabria. Danni si verificarono anche alle isole Eolie e in circa 30 comuni della provincia di Messina. Il terremoto fu avvertito distintamente in tutta l'Italia meridionale e nella Sicilia orientale: la scossa fu sentita in modo molto sensibile a Catania, nella zona etnea, ad Augusta e a Siracusa, in modo più leggero fino a Palermo. In Basilicata il terremoto fu avvertito sensibilmente a Rionero in Vulture e a Nova Siri e causò qualche danno a Colobraro; si sentì una forte scossa a Taranto e ad Andria, più leggera a Lecce. La scossa fu avvertita anche a Napoli.

Terremoto del 28.12.1908, ore 04:20:27, lat=38.15, lon=15.683, $I_{max}=11$, $M_e=7.1$: il terremoto del 28 dicembre 1908 è considerato uno degli eventi di più elevata magnitudo della storia sismica italiana e, dal punto di vista degli effetti, rappresentò una autentica catastrofe, sia per l'altissimo numero di morti, sia perché distrusse due città importanti come Messina e Reggio Calabria. La ricostruzione del quadro complessivo di un disastro di tale portata è influenzata da alcuni fattori preesistenti. Per comprendere adeguatamente l'impatto di questo evento sismico è infatti necessario ricordare che, se si escludono le due città dello Stretto e poche altre zone più sviluppate, la regione su cui si abbatté il terremoto era un'area caratterizzata da un'economia molto povera. Questo inevitabilmente si ripercuoteva sulla qualità dell'edilizia: i materiali impiegati erano scadenti e le tecniche costruttive molto vulnerabili dal punto di vista sismico; l'età e il degrado dei manufatti erano elevati; la manutenzione scarsa o inesistente. Inoltre, in molte località calabresi, gli effetti di questo terremoto si sovrapposero ai danni, non adeguatamente riparati, dei terremoti degli anni precedenti (1894, 1905 e 1907) aumentando l'entità delle distruzioni. La scossa avvenne alle ore 4:20 GMT e, per quanto riguarda i danni più gravi, colpì un'area di circa 6000 km². In circa 80 località delle province di Messina e Reggio Calabria gli effetti furono devastanti, con distruzioni estese dal 70 al 100% delle costruzioni. Nel Messinese l'area delle distruzioni pressoché totali fu ristretta e comprese, oltre a Messina, 13 località dell'immediato entroterra della città e delle estreme propaggini settentrionali dei monti Peloritani, fino alla costa



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

tirrenica. Per quanto riguarda la città di Messina, il terremoto, con il maremoto e gli incendi che lo seguirono, distrusse completamente il tessuto urbano (abitazioni, edifici pubblici civili ed ecclesiastici, infrastrutture). Le costruzioni che resistettero furono incredibilmente poche: secondo le statistiche ufficiali del Ministero dei Lavori pubblici, soltanto due case risultarono illese. Tutti gli altri fabbricati furono o distrutti totalmente o completamente sventrati: ne rimasero in piedi solo le pareti esterne, mentre collassarono tetti, solai, muri divisorii, scale. In Calabria il terremoto ebbe effetti distruttivi in una regione molto più estesa, comprendente tutto il versante occidentale del massiccio dell'Aspromonte. A Reggio le distruzioni furono di entità leggermente inferiore rispetto a Messina; tuttavia nei rioni più popolari della città i crolli totali furono estesissimi e in molti edifici sprofondarono tutte le strutture interne. Il terremoto fu quasi totalmente distruttivo in diversi centri abitati importanti come Calanna, Sant'Alessio e Sant'Eufemia in Aspromonte, Villa San Giovanni, e in tutte le località della riviera sia a nord che a sud di Reggio, che furono devastate anche dal grande tsunami che seguì la scossa. Distruzioni estese fino a circa il 50% degli edifici furono riscontrate in 35 località, fra cui, in Calabria, alcuni paesi posti sul versante ionico dell'Aspromonte. L'area all'interno della quale gli effetti del terremoto furono gravi, con crolli totali limitati, ma molti edifici gravemente lesionati e resi inabitabili, fu molto vasta e comprese oltre 170 località. Tale area include, in Calabria, la piana di Gioia Tauro, la Grecanica, la Locride e arriva fino alla penisola di capo Vaticano e alle località dell'istmo di Marcellinara, in provincia di Catanzaro; in Sicilia, comprende tutto il versante ionico dei Peloritani fino alle pendici nordorientali dell'Etna. Secondo i dati statistici rilevati dal Ministero dei Lavori pubblici, approssimati per difetto, nelle tre province di Messina, Reggio Calabria e Catanzaro (che all'epoca comprendeva anche l'attuale provincia di Vibo Valentia), le case distrutte o demolite furono oltre 40.000; quelle gravemente danneggiate e rese totalmente o parzialmente inabitabili circa 33.000; quelle lesionate circa 68.000. La popolazione rimasta senza tetto fu certamente superiore a 120.000 persone. Danni più leggeri, con lesioni in genere non gravi e in un numero complessivamente limitato di case o edifici pubblici, furono rilevati in oltre 350 centri abitati sparsi su un'area estesa a nord fino alle province di Crotone e Cosenza; in Sicilia fino ad alcune località delle province di Enna, Caltanissetta, Agrigento e Ragusa. La scossa fu sentita dalle persone in un'area vastissima: in direzione nord fino all'isola d'Ischia e alla provincia di Campobasso; verso est fino al Montenegro, all'Albania e alle isole Ionie della Grecia; verso sud fu sensibile fino all'arcipelago maltese; a ovest fino a Ustica.

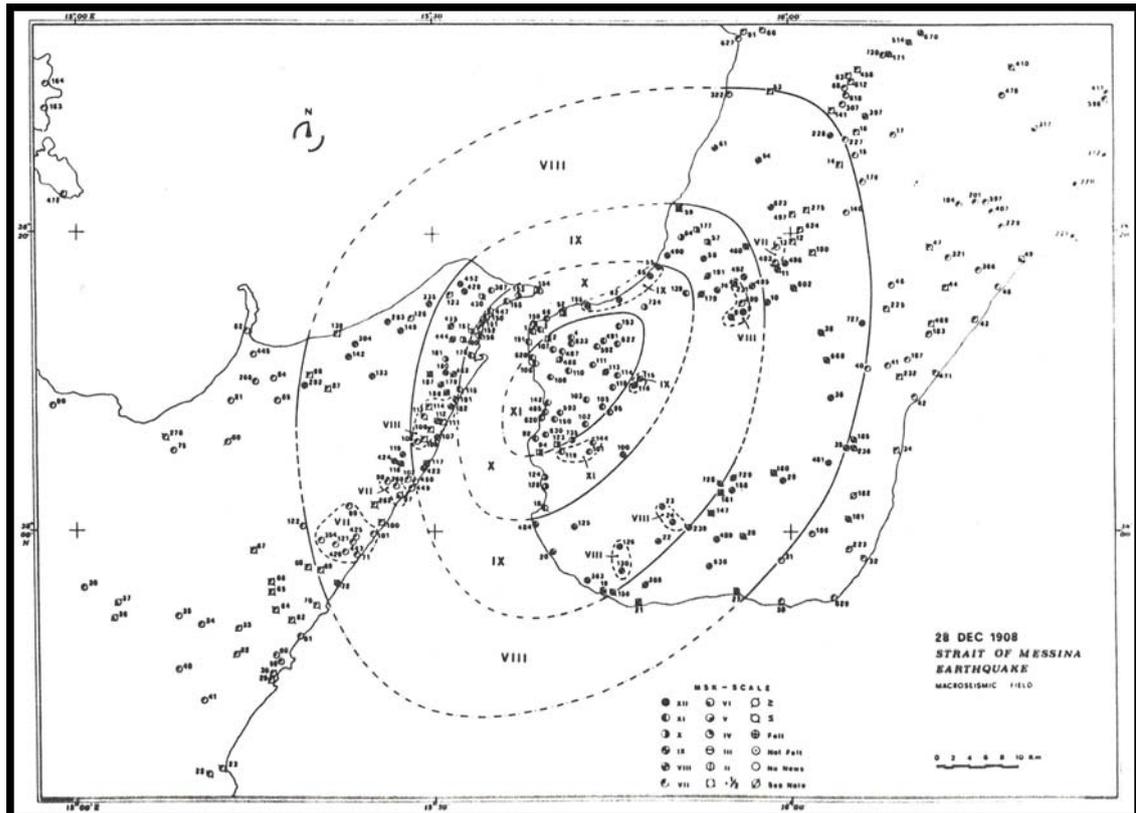


Figura 19 - Campo macrosismico del terremoto del 28/12/1908 (Bottari *et al.*, 1984)

5.2 Strutture sismogenetiche e faglie attive

Il riferimento di base per la ricostruzione del quadro della sismogenesi è costituito dal Database delle strutture sismogenetiche disponibile per il territorio italiano, rappresentato in Figura 20 (DISS, Database of Individual Seismogenic Sources, BASILI *et al.*, 2008).

In particolare le aree sismogenetiche in questo rappresentate, più significative ai fini della presente trattazione ed a cui possono essere riferiti gli eventi sopradescritti sono:

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

A) Strutture dei graben della Catena Costiera Calabra, dove si può localizzare la crisi sismica del 1783.

B) Strutture dello stretto di Messina a cui possono essere ascritti gli eventi del 1905 e del 1908.

C) Struttura sismogenetica Patti - Isole Eolie.

D) Strutture dell'area etnea in cui, generalmente, si registra una sismicità di tipo superficiale che limita gli effetti più gravi a circoscritti ambiti del distretto etneo.

E) Strutture del Plateau Ibleo -Avanfossa.

F) Sistema Ibleo Maltese, a cui possono essere attribuiti, anche se con qualche incertezza, i sismi del 1169, del 1542 e del 1693.

G) Sistema trascorrente Scicli-Ragusa-Monte Lauro.

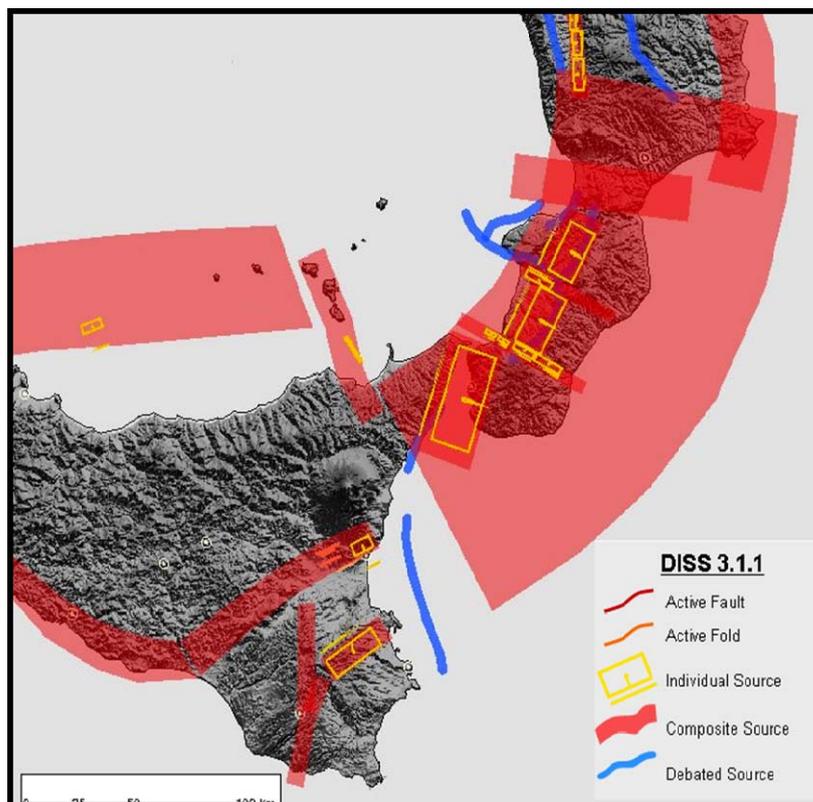


Figura 20 - Mappa delle principali strutture sismogenetiche. Database of IndividualSeismogenicSources (Basili et al., 2008)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Nella Figura 21, estratta dal catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011) è mostrata, ai fini di un utile confronto, la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area di studio tra il 1981 e il 2011 con una indicazione della classe di magnitudo.

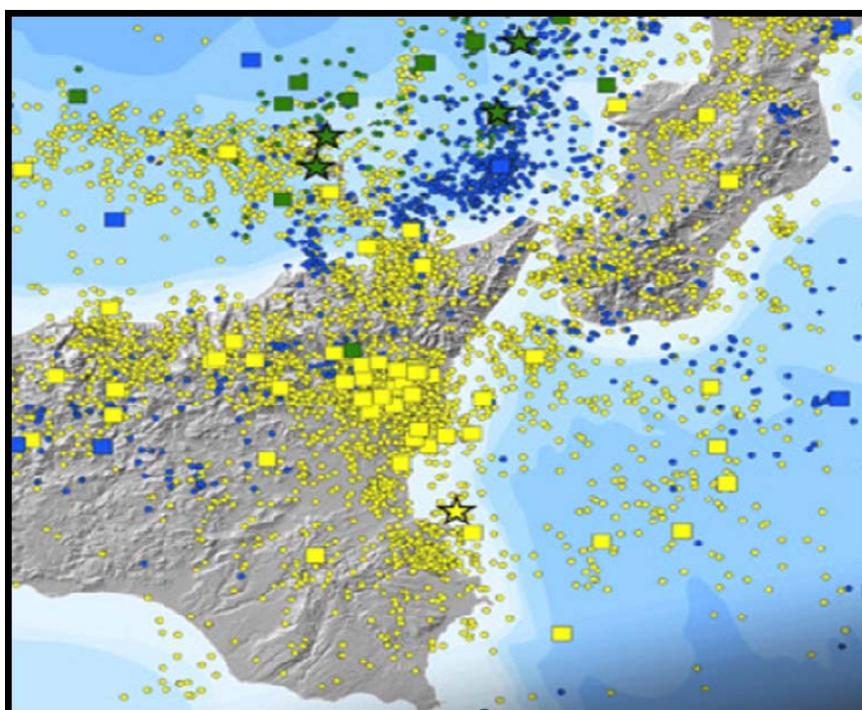


Figura 21 – Mappa della distribuzione degli epicentri dei terremoti strumentali localizzati dall'INGV tra il 1981 e il 2011. Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

5.3 Sismicità storica del comune di Siracusa

Il territorio comunale di Siracusa ricade in un comparto compreso tra il Sistema Ibleo Maltese e la struttura sismogenetica Scicli-Ragusa-Monte Lauro, essendo più prossimo a quest'ultima. Dal punto di vista sismico si tratta del distretto più attivo dell'intera Sicilia sud orientale.

Nella tabella 4 è riportata la storia sismica estraibile dal DBMI11 (LOCATI *et al.* 2011) dal quale si evince che, nel centro urbano principale, la maggiore intensità macrosismica ($I = IX$ MCS) è stata risentita in corrispondenza dei terremoti del 4.02.1169 ($I = X$ MCS, M_w 6,41) e del 11.01.1693 ($I = XI$ MCS, M_w 7,41). Per il primo evento i dati derivabili dalle fonti storiche, spesso generici e contraddittori, inducono a considerare con cautela le conclusioni macrosismiche, mentre il secondo, estesamente documentato, può essere considerato l'evento di riferimento per l'area in esame.

Modesti appaiono gli effetti della sismicità dell'area etnea, caratterizzata da sismicità poco profonda e rilasci energetici che, conseguentemente, si attenuano rapidamente.

L'evento di riferimento può essere individuato nel sisma del 20.02.1818 ($I = IX - X$ MCS, M_w 6,23), che a Siracusa ha prodotto effetti di V MCS anche se negli studi più recenti questo terremoto, più che all'attività sismica etnea, viene riferito all'attività del segmento terrestre della faglia ibleo maltese che si ritroverebbe sepolto dai prodotti del distretto vulcanico.

Effetti di VI MCS sono stati risentiti in occasione del sisma del 28.12.1908 ($I = XI$ MCS, M_w 7,10) riferibile alle strutture sismogenetiche dello stretto di Messina.

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Storia sismica di Siracusa [37.082, 15.285]					
Numero di eventi: 41					
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
8-9	1125 06 07 11:00	Siracusa	1	8-9	5.78 ±0.34
9	1169 02 04 07:00	Sicilia orientale	10	10	6.41 ±0.34
8	1542 12 10 15:15	Siracusano	32	10	6.77 ±0.32
7	1693 01 09 21:00	Val di Noto	30	8-9	6.21 ±0.31
4	1693 01 11 08:00	Val di Noto	8		
9	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	185	11	7.41 ±0.15
6	1693 04 01 07:50	Sicilia orientale	4		4.72 ±0.34
5	1693 07 08 17:50	Monti Iblei	7		6.49 ±0.64
4-5	1694 05 16	Acireale	7	5-6	4.51 ±0.34
5	1696 04 20 12:00	Modica	2	5-6	4.51 ±0.34
5-6	1717 06 15	SIRACUSA	2		
3-4	1727 01 07	NOTO	14	6-7	4.83 ±0.35
3-4	1777 06 06 16:15	CALABRIA	9		
5	1780 03 28 22:15	Taormina	8	7-8	5.55 ±0.64
4-5	1783 02 05 12:00	Calabria	356	11	7.02 ±0.08
5	1818 02 20 18:15	Catanese	128	9-10	6.23 ±0.12
3	1823 03 05 16:37	Sicilia settentrionale	107		6.47 ±0.15
4	1846 04 22 19:45	Catanese	9		6.50 ±0.62
7	1848 01 11 12:00	Golfo di Catania	41	7-8	5.45 ±0.39
4	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9	6.07 ±0.10
3	1895 04 13 15:01	Vizzini	32	6-7	4.89 ±0.45
3-4	1903 02 10 08:04	NOTO	10	5-6	4.58 ±0.62
4	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
2	1907 10 23 20:28	Calabria meridionale	274	8-9	5.87 ±0.25
6	1908 12 28 04:2	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15
4	1924 08 17 21:40	MONTI IBLEI	22		5.47 ±0.24
3	1928 03 07 10:5	CAPO VATICANO	30	7-8	5.83 ±0.26
3	1932 05 22 17:01	MESSINA	11		5.15 ±0.07
5	1934 09 11 01:1	MADONIE	28	5-6	4.95 ±0.24
NF	1947 05 11 06:3	Calabria centrale	254		8.57 ±0.13
4	1959 12 23 09:29	PIANA DI CATANIA	108	6-7	5.29 ±0.20
F	1967 10 31 21:0	Monti Nebrodi	60		8.54 ±0.19
F	1978 04 15 23:3	Golfo di Patti	332		6.06 ±0.09
3-4	1980 01 23 21:2	MODICA	122	5-6	4.58 ±0.14
2-3	1980 11 23 18:3	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
6-7	1990 12 13 00:2	Sicilia sud-orientale	304		7.56 ±0.09
3	1997 12 24 09:40	VERSANTE MERIDIONALE	11	5-6	3.49 ±0.26
3	1999 02 14 11:4	Patti	101		4.69 ±0.09
2-3	2001 01 09 02:51	ZAFFERANA ETNEA	104		6.37 ±0.26
3-4	2002 09 06 01:2	PALERMO	132		5.94 ±0.09
3-4	2004 12 30 04:0	Monti Iblei	49		5.41 ±0.17

Tabella 4 - Storia sismica del comune di Siracusa (DBMI11 Locati *et al.*, 2011); Is è l'intensità macrosismica risentita (MCS); Ax l'area epicentrale; Np è il numero di località in cui è disponibile il dato macrosimico; Io è l'intensità macrosismica dell'epicentro (MCS); Mw è la magnitudo momento dell'evento con accanto il grado d'incertezza della stima.

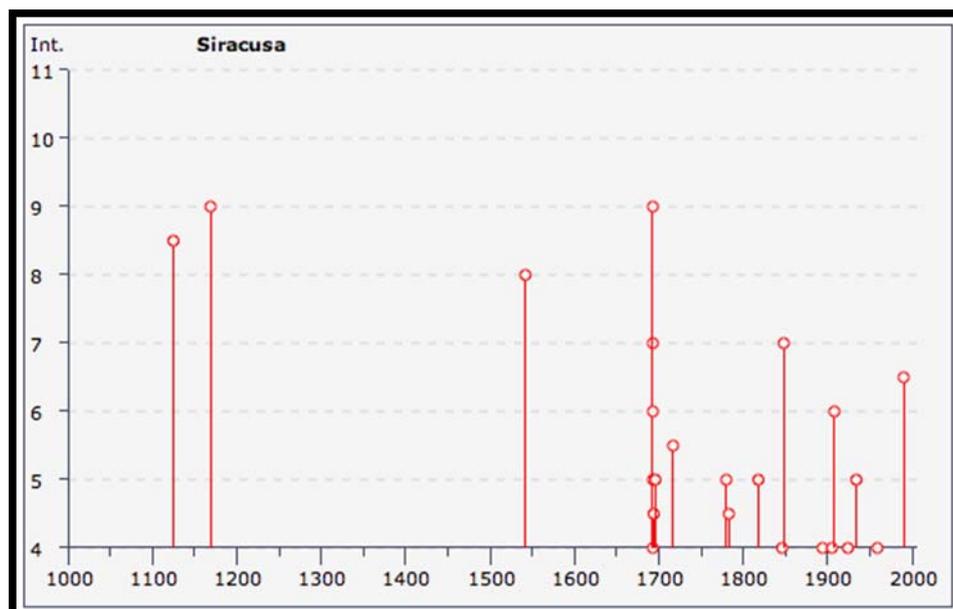


Figura 22 - Grafico della storia sismica di Siracusa (DBMI11, Locati *et al.*, 2011)

Per la definizione quantitativa della pericolosità sismica di base, si può fare riferimento ai valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo (Figura 23) con probabilità di eccedenza del 2, 5, 10, 22, 30% in 50 anni riferita a suoli rigidi (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>).

Le stime del Parametro di scuotimento (PGA) sono state determinate con la tecnica di analisi statistica degli effetti valutati sulla base dei dati contenuti nei cataloghi sismici, proposta da CORNELL (1968), da BENDER & PERKINS (1987) e dal Gruppo di Lavoro MPS (2004); la loro incertezza è espressa mediante percentili, nell'assunto che il catalogo sia un campione rappresentativo dell'intera popolazione di eventi possibili con effetti significativi nel sito considerato.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

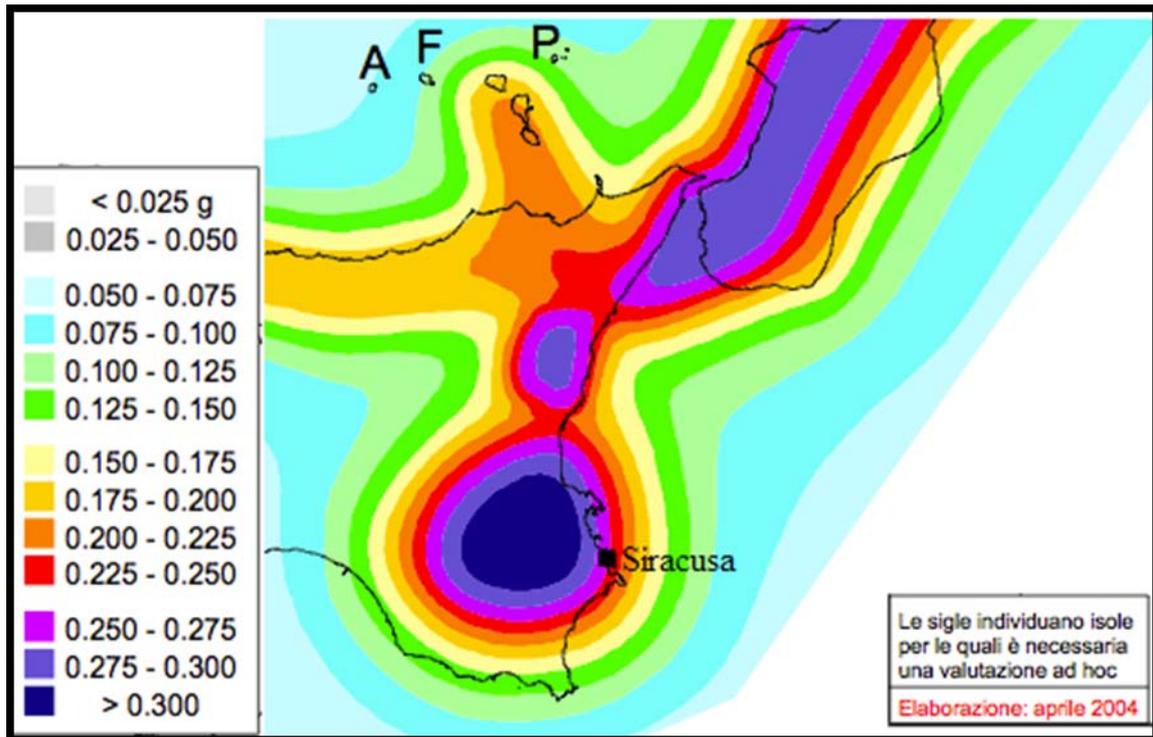


Figura 23 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.

I valori di PGA pubblicati sul sito INGV, risultano riferiti a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s) e sono restituiti in una mappa di pericolosità sismica generata da una griglia di valori con maglia di $3,5 \times 3,5$ km. Per un generico sito il calcolo è eseguito mediante la media pesata della distanza del sito considerato dai quattro vertici della griglia dei valori di accelerazione, entro cui questo ricade:



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

In considerazione dell'estensione del territorio comunale di Siracusa si è reso necessario individuare un criterio di stima dei valori di PGA congruo, entro questo, con la distribuzione ed il numero delle aree di prescrizione oggetto del presente studio (Figura 24).

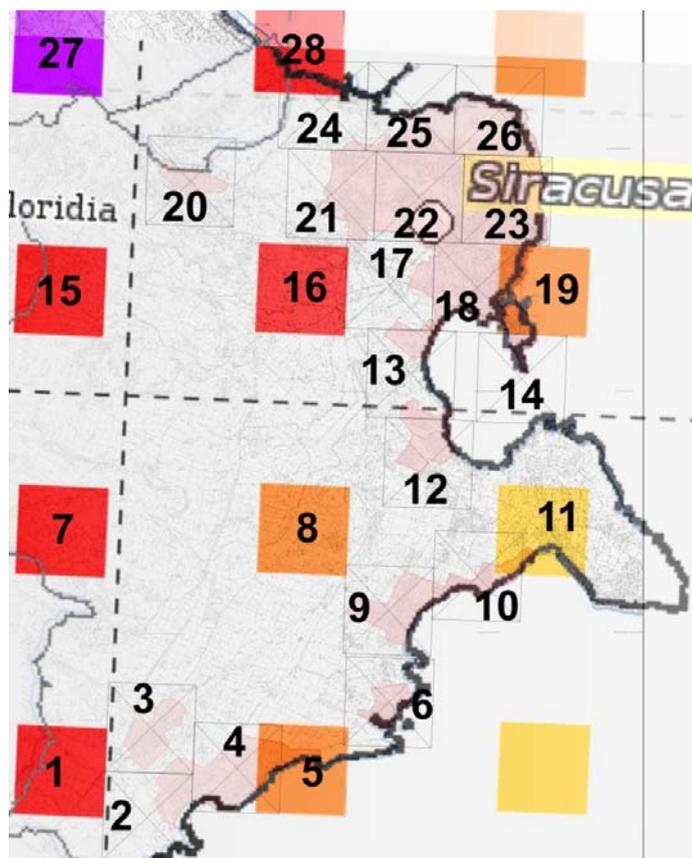


Figura 24 - Distribuzione dei siti di stima del valore di PGA entro il territorio del comune di Siracusa.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

La stima è stata eseguita al centro di quadrati equivalenti a quelli dei nodi della carta di pericolosità materializzati in modo da includere, rappresentativamente, le aree indagate senza interferire, per quanto possibile, con nodi "primari".

Nella seguente tabella vengono esibiti i risultati ottenuti con il procedimento illustrato, la numerazione progressiva adottata è arbitraria ed include anche i nodi della griglia di pericolosità utilizzati per il calcolo. I siti di stima sono stati identificati con il toponimo locale più caratteristico.

I valori di PGA sono riportati per differenti livelli di probabilità di superamento in 50 anni o, in modo equivalente, per differenti periodi di ritorno.

	Parametro di scuotimento	PGA (g)	Probabilità in 50 anni/Periodo di ritorno				
			Percentile	2% 2475a	5% 975a	10% 475a	22% 201a
SITO 2	16		0.3710	0.2409	0.1673	0.1057	0.0862
CASSIBILE	50		0.4803	0.3004	0.2112	0.1296	0.1014
C.DA 22	84		0.5774	0.3714	0.2484	0.1495	0.1205
SITO 3	16		0.3900	0.2546	0.1766	0.1114	0.0908
CASSIBILE	50		0.5037	0.3156	0.2229	0.1371	0.1078
CENTRO ABITATO	84		0.6030	0.3911	0.2618	0.1574	0.1269
SITO 4	16		0.3808	0.2479	0.1721	0.1086	0.0886
FONTANE	50		0.4918	0.3081	0.2173	0.1335	0.1045
BIANCHE	84		0.5902	0.3810	0.2550	0.1535	0.1237

SITO 5 C.DA CUBA	16	0.3663	0.2375	0.165	0.1041	0.085
	50	0.4729	0.2963	0.2085	0.1277	0.0993
	84	0.5701	0.3651	0.2444	0.1474	0.1186
SITO 6 OGNINA	16	0.3588	0.2322	0.1615	0.1022	0.0835
	50	0.4643	0.2904	0.2036	0.1249	0.0972
	84	0.5600	0.3581	0.2395	0.1446	0.1165
SITO 9 ARENELLA	16	0.3626	0.2349	0.1634	0.1033	0.0844
	50	0.4692	0.2935	0.2060	0.1264	0.0986
	84	0.5653	0.3622	0.2423	0.1462	0.1179
SITO 10 C.DA FANUSA PUNTA MILOCCA	16	0.3555	0.2298	0.1600	0.1013	0.0828
	50	0.4608	0.2878	0.2015	0.1238	0.0963
	84	0.5559	0.3552	0.2375	0.1434	0.1156
SITO 11 TERRAUZZA	16	0.348	0.2244	0.1564	0.0991	0.0811
	50	0.4525	0.2819	0.1969	0.1211	0.0941
	84	0.5464	0.3482	0.2328	0.1405	0.1134
SITO 12 C.DA SACRAMENTO TRAV. CASE ABELA	16	0.3707	0.2406	0.1674	0.1060	0.0867
	50	0.4810	0.3007	0.2113	0.1301	0.1019
	84	0.5780	0.3726	0.2492	0.1500	0.1211
SITO 13 SALINE C.DA PANTANELLI	16	0.3741	0.2431	0.1691	0.1071	0.0877
	50	0.4858	0.3038	0.2135	0.1315	0.1032
	84	0.5831	0.3768	0.2520	0.1516	0.1224
SITO 14 ORTIGIA CASTELLO MANIACE	16	0.3657	0.2371	0.1651	0.1047	0.0857
	50	0.4753	0.2972	0.2083	0.1284	0.1004
	84	0.5719	0.3683	0.2461	0.1482	0.1197

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

SITO 17	16	0.3817	0.2486	0.1730	0.1099	0.0900
SIRACUSA	50	0.4967	0.3116	0.2187	0.1351	0.1063
CITTA' C.DA FUSCO	84	0.5953	0.3872	0.2588	0.1554	0.1256
SITO 18	16	0.3701	0.2402	0.1673	0.1064	0.0873
SIRACUSA	50	0.4817	0.3024	0.2115	0.1307	0.1024
CITTA' CORSO GELONE	84	0.5796	0.3752	0.2506	0.1506	0.1217
SITO 19	16	0.3562	0.2302	0.1605	0.1021	0.0839
SIRACUSA	50	0.4639	0.2905	0.2027	0.1252	0.0976
CITTA' PORTO PICCOLO	84	0.5604	0.36	0.2403	0.1448	0.1169
SITO 20	16	0.4143	0.2723	0.1892	0.1198	0.0978
SIRACUSA	50	0.5394	0.3390	0.2387	0.1481	0.1175
CITTA' QUARTIERE BELVEDERE	84	0.6391	0.4225	0.2827	0.1691	0.1367
SITO 21	16	0.3848	0.2507	0.1746	0.1108	0.0908
SIRACUSA	50	0.5009	0.3145	0.2207	0.1363	0.1075
CITTA' VILLAGGIO MIANO	84	0.5997	0.3908	0.2612	0.1567	0.1267
SITO 22	16	0.3778	0.2457	0.1712	0.1088	0.0892
SIRACUSA	50	0.4917	0.3091	0.2164	0.1337	0.1052
CITTA' VL. SCALA GRECA ANG. V. MODICA	84	0.5904	0.3838	0.2564	0.1539	0.1244
SITO 23	16	0.3732	0.2424	0.1690	0.1075	0.0882
SIRACUSA	50	0.4856	0.3057	0.2136	0.1320	0.1037
CITTA' QUARTIERE GROTTA SANTA	84	0.5845	0.3793	0.2533	0.1521	0.1229

SITO 24	16	0.3880	0.2531	0.1762	0.1120	0.0918
C.DA TARGIA	50	0.5061	0.3180	0.2230	0.1378	0.1088
	84	0.6047	0.3952	0.2641	0.1583	0.1280
SITO 25	16	0.3791	0.2467	0.1719	0.1093	0.0897
C.DA PANAGIA	50	0.4938	0.3109	0.2174	0.1344	0.1058
	84	0.5928	0.3859	0.2578	0.1547	0.1250
SITO 26	16	0.3700	0.2402	0.1675	0.1067	0.0877
SIRACUSA CITTA'	50	0.4811	0.3039	0.2118	0.1311	0.1028
	84	0.5809	0.3768	0.2516	0.1511	0.1221
QUARTIERE SANTA LUCIA						

Tabella 5 Valori di PGA stimati per il comune di Siracusa per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o equivalentemente differenti periodi di ritorno, e per diverso percentile. I dati sono stati derivati dalla mappa digitale della pericolosità sismica sul sito INGV e risultano riferiti a suoli rigidi.

5 METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DELLE INDAGINI

Nel presente capitolo viene esplicitata la procedura informatica seguita per l'inserimento dei dati nel database del progetto che di fatto è la base per la redazione della presente nota illustrativa.

In merito all'acquisizione informatica delle indagini fornite dal Comune di Siracusa si è proceduto al caricamento delle stesse all'interno delle più recenti strutture dati fornite dalla Protezione Civile, rappresentate cioè dai database MS Access *Cdl_tabelle.mdb* e *Indagini.mdb*, nella versione 2.0.

Nello specifico, il Comune di Siracusa ha provveduto a fornire i seguenti elaborati tecnici:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Nome documento	Descrizione	Data
Relazione Geologica	Studio geologico generale per la revisione dello strumento urbanistico	Dicembre 2002
Relazione Geomorfologica	Studio geologico generale per la revisione dello strumento urbanistico	Dicembre 2002
Relazione idrogeologica	Studio geologico generale per la revisione dello strumento urbanistico	Dicembre 2002
Relazione litotecnica	Studio geologico generale per la revisione dello strumento urbanistico	Dicembre 2002
Relazione delle pericolosità geologiche	Studio geologico generale per la revisione dello strumento urbanistico	Dicembre 2002
Relazione prescrizioni di massima per indagini geognostiche	Studio geologico generale per la revisione dello strumento urbanistico	Dicembre 2002
Relazione zone a maggior pericolosità sismica locale	Studio geologico generale per la revisione dello strumento urbanistico	Dicembre 2002
Relazione Indagini Geofisiche e Geognostiche	Studio geologico generale per la revisione dello strumento urbanistico – Prima Fase	Dicembre 1998
Relazione Indagini Geofisiche e Geognostiche	Studio geologico generale per la revisione dello strumento urbanistico – Seconda Fase	Dicembre 2002

Le indagini condotte in occorrenza della revisione del P.R.G. sono relazionate nel documento “Relazione sulle Indagini” che fa parte integrante dello studio



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

geologico sopra citato. Si è inoltre provveduto a realizzare una nuova campagna indagini caratterizzata da 66 misure di microtremore a stazione singola.

Sulla base delle indagini pregresse e di nuova acquisizione si è proceduto pertanto al popolamento delle tabelle presenti nel database *Cdl_tabelle.mdb* ed alla contemporanea localizzazione delle indagini all'interno delle features puntuale e lineare presenti nel GeoDB *Indagini.mdb*. L'editing delle indagini è stato effettuato a partire dalla localizzazione presente nell'elaborato cartografico raster (CTRN alle scale 1:10.000 e 1:2.000; ortofoto 2008) fornito dal gruppo di lavoro che si è occupato di svolgere le indagini.

L'attività di popolamento del database *Cdl_tabelle.mdb* ha portato all'inserimento delle seguenti indagini e relativi parametri, raggruppati per classe e tipologia di indagine, e distinti fra indagini puntuali e indagini lineari:

Indagini Puntuali			
Classe Indagine	Tipo Indagine	Parametro	Numero
GF	HVSR	FR	66
GG	S	L	44
GG	SC	CAM	29
GG	SS	L	63
GL	ELL	CU	11
GL	SM	AL	1
GL	SM	AR	18
GL	SM	E	11
GL	SM	E1	1
GL	SM	GH	2
GL	SM	LM	21
GL	SM	PV	25
GL	SM	SA	18
GL	SM	W	25
GL	TD	C	15
GL	TD	F1	15
IG	SP	SG	6
Indagini Lineari			
Classe Indagine	Tipo Indagine	Parametro	Numero
GF	SEV	-	-
GF	SR	-	-



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Per il comune in oggetto si è quindi provveduto al caricamento di 28 siti di indagine 106, caratterizzati da un totale di 184 indagini e 371 parametri.

Durante le attività di popolamento del database *Cdl_tabelle.mdb* si è provveduto inoltre, per le tipologie di dati che prevedevano un intervento interpretativo, a definire ed attuare alcune convenzioni. Le convenzioni utilizzate vengono riportate di seguito e descritte per singola tabella.

Tabella Sito Puntuale

I valori di quota del campo *quota_sml* sono stati ricavati direttamente dal DTM fornito dalla Regione Siciliana tramite servizio WMS e, quando il dato non era ancora disponibile, dalla CTRN alla scala 1:10.000 sempre fornita dalla Regione. Le coordinate inserite nei campi *coord_x* e *coord_y* sono state prelevate mediante strumenti software dalla base cartografica CTRN alla scala 1:10.000 della Regione Siciliana. Per quanto concerne gli indirizzi del campo *indirizzo* questi sono stati estrapolati confrontando l'ubicazione del sito di indagine presente in relazione con lo stradario, prendendo in considerazione la via più vicina. Nei casi in cui non fossero presenti tratti stradali per un determinato sito si è provveduto ad indicare il nome della località o di un manufatto nelle immediate vicinanze (es. “nei pressi dello svincolo autostradale”). Il valore del campo *data_sito* è stato ottenuto impostando il valore predefinito “now” che fornisce automaticamente la data del sistema al momento dell’inserimento del dato.

Tabella Indagini Puntuali

Il campo *id_indpuex*, quando non è stato possibile popolarlo secondo quanto previsto dalle specifiche, è stato valorizzato con una codifica che ne semplificasse la lettura e che riconducesse facilmente alla tipologia di indagine (es. S1SPT3: indagine SPT n. 3 del sondaggio 1).

Tabella Parametri Puntuali

La valorizzazione del campo *attend_mis* è stata eseguita inserendo sempre il valore “1” quando in relazione il relativo dato è risultato leggibile e frutto di una misurazione strumentale.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Tabella Sito Lineare

Si è provveduto a popolare il campo *note_sito* con la dicitura dell'oggetto della relativa relazione geologica. I valori di quota del campo *Aquota* e *Bquota* sono stati prelevati direttamente dal DTM fornito dalla Regione Siciliana tramite servizio WMS e, quando il dato non era ancora disponibile, dalla CTRN alla scala 1:10.000 sempre fornita dalla Regione. Le coordinate inserite nei campi *Acoord_x*, *Acoord_y*, *Bcoord_x* e *Bcoord_y* sono state estrapolate mediante strumenti software dalla base cartografica CTRN alla scala 1:10.000 della Regione Siciliana. Il valore del campo *data_sito* è stato ottenuto impostando il valore predefinito "now()" che fornisce automaticamente la data del sistema al momento dell'inserimento del dato.

Tabella Indagini Lineari

Il campo *id_indpuex*, quando non è stato possibile popolarlo secondo quanto previsto dalle specifiche, è stato valorizzato con una codifica che ne semplificasse la lettura e che riconducesse facilmente alla tipologia di indagine. Non sempre nella documentazione analizzata è stato possibile risalire alla data dell'indagine, vuoi perché non presente, vuoi perché illeggibile; in particolare vengono spesso riportati i risultati di indagini delle quali si conosce soltanto l'anno di esecuzione. In tali casi si è provveduto ad inserire nel campo *data_ind* il primo giorno del primo mese dell'anno di riferimento (es. indagine eseguita nel 2001, *data_ind*: 01/01/2001).

Tabella Parametri Lineari e Tabella Curve

Le tabelle non sono state popolate nel primo caso perché, per le indagini inserite, le specifiche non prevedono il caricamento di parametri e nel secondo a causa dell'assenza di dati tabellari nella documentazione fornita dal Comune di Siracusa.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

6 ELABORATI CARTOGRAFICI

Sulla base di quanto precedentemente esposto, integrato con le informazioni di carattere geologico - tecnico (indagini geognostiche, prove di laboratorio, indagini geofisiche) acquisite durante la fase di censimento dati è stato possibile suddividere le diverse unità stratigrafiche secondo i criteri geologico - tecnici definiti nell'ICMS ai fini della Microzonazione Sismica. E' opportuno precisare che il livello conoscitivo derivante dall'analisi degli studi geologico tecnici condotti nell'area risultano fortemente condizionati sia nel numero sia nella distribuzione areale dei dati necessari per condurre uno studio di Microzonazione Sismica. È pertanto necessario prevedere per la successiva fase un approfondimento sia in termini di rilevamento geologico - tecnico sia in termini di indagini geognostiche e di laboratorio, per colmare le lacune conoscitive relative alla caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi e dei terreni e di conseguenza aggiornare la carta geologico - tecnica.

In accordo con le specifiche riportate negli ICMS le unità litostratigrafiche affioranti nell'area sono state suddivise nelle due classi previste e precisamente:

- terreni di copertura – all'interno di questa categoria sono state inserite le unità geologiche di copertura aggregate in funzione della litologia, dello stato di addensamento o consistenza e dell'ambiente genetico e deposizionale. Pertanto nella tabella di seguito proposta si riportano le unità litostratigrafiche e la relativa classificazione a standard ICMS e 2.0 Beta II:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Unità Litostratigrafica	Tipo_gt	Stato	Gen
Materiale di riporto eterogeneo - materiale di risulta costituito essenzialmente da materiali lapidei in matrice sabbioso-limosa con elementi a pezzatura eterometrica, di diversa natura e provenienza, frammisti a laterizi di origine antropica; si presentano scarsamente addensati, di colore bruno e con scadenti caratteristiche meccaniche.	RI – Terreni contenenti resti di attività antropica	14	zz
Depositi alluvionali terrazzati - depositi incoerenti, costituiti da ghiaia, sabbie e conglomerati in prevalenza carbonatici.	GW – Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	13	tf
Conglomerati (Pleistocene) - ciottoli e ghiaie incoerenti di natura carbonatica, più o meno cementati, e di modesto spessore.	GC - Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla	24	tf
Spiagge attuali e saline costiere - depositi di natura sabbiosa si riscontrano allo sbocco dei fiumi principali e lungo il litorale delle località Pantanelli, Sacramento e Fontane Bianche.	SP – Sabbie pulite con granulometria poco assortita	14	sp
Depositi alluvionali attuali e recenti - depositi di natura ghiaiosa e sabbiosa granulometricamente eterogenee. In alcune località sono rappresentate da limi sabbiosi debolmente argillosi di colore bruno, compressibili con a tratti livelli torbosi organici scuri.	SM - Sabbie limose, miscela di sabbia e limo	14	tf

- substrato geologico rigido o non rigido – all'interno di questa categoria sono state inserite le unità geologiche del substrato aggregate in funzione della litologia, dello stato di coesione. Pertanto nella tabella di seguito proposta si riportano le unità litostratigrafiche e la relativa classificazione a standard ICMS e 2.0 Beta II:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Unità Litostratigrafica	Tipo_gt	Stato
Complesso vulcanico (Cretaceo) - vulcanoclastiti a grana arenitico-ruditico di colore bruno giallastro localmente più o meno scure. Sono anche presenti lave basiche piuttosto alterate, brecce vulcanoclastiche probabilmente d'esplosione ad elementi lavici molto alterati. I basalti cretacei e i termini lapidei cretacei sono spesso associati e variamente frammisti secondo giaciture complesse e non facilmente rilevabili né in superficie né in profondità ai depositi vulcanoclastitici argillificati di prevalente colore rosso o bruno.	GR	31
Formazione Monte Carrubba (Tortoniano superiore – Messiniano inferiore) - successione carbonatica costituita da un intervallo inferiore di calcareniti friabili bianco giallastre di ambiente infralitorale e da un intervallo superiore di calcareniti tenere laminate e marne calcaree passanti a "lumachelle".	LPS	31
Formazione dei Monti Climiti - Membro dei calcari di Siracusa (Miocene medio inferiore) - successione di banchi e strati di calcari, separati da sottili partimenti più teneri. Presentano una certa variabilità granulometrica con passaggi da calcareniti a calciruditi algali. Nella parte superficiale fino a qualche metro di profondità presentano una fratturazione da moderata a diffusa		
Formazione dei Monti Climiti – Membro di Melilli (Miocene medio inferiore) - calcareniti e calciruditi marnose a tratti friabili in strati si spessore 1,5 – 2 metri, interrotti dalla presenza di livelli marnosi più teneri in spessore decimetrico.		
Calcareniti "Panchina" (Pleistocene medio) - calcareniti organogene prevalentemente grossolane a stratificazione incrociata, di colore giallastro, da mediamente a tenacemente cementate. Sono caratterizzate da intensa fratturazione a causa di movimenti dislocativi a carattere regionale e locale. Le fratture e le diaclasi smembrano la roccia in una serie contigua di romboedri irregolari di varie dimensioni.	ALS	31
Calcareniti (Pleistocene inferiore) - calcareniti bianco-giallastre organogene, tenere con livelli di sabbia passanti verso l'alto a ghiaie e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa poco limosa, con trovanti sia calcari che vulcanici. Lo spessore è superiore ai dieci metri.		



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Unità Litostratigrafica	Tipo_gt	Stato
Calcareniti (Pliocene) - calcareniti di colore giallastro a stratificazione parallela, talvolta incrociata verso l'alto.		
Trubi (Pliocene inferiore) - marne e calcari marnosi bianchi, con stratificazione poco marcata, interessati da fratturazione intensa secondo piani normali tra di loro; l'affioramento della Maddalena verso l'alto diventa marnoso-sabbioso con tinte giallastre.		
Formazione Palazzolo (Miocene inferiore medio) - successione calcarenitica, nella quale è possibile distinguere due litofacies: una costituita da un'alternanza di calcari grigi e calcari marnosi teneri in strati di 20-40 cm deformati da slumping, l'altra formata da calcareniti bianco-giallastre tenere, con all'interno noduli e/o lenti di natura argillosa, generalmente stratificati a banchi che possono raggiungere potenze notevoli.	ALS	31
Formazione Tellaro (Langhiano inferiore - Messiniano) - costituita da marne grigio-azzurre a frattura subconcoide, contenenti sporadici livelli di un'alternanza calcarenitico-marnosa, di colore bianco-crema. Nella parte alta di questa formazione sono presenti grosse lenti di breccie vulcanoclastiche o sporadici corpi lavici submarini basici.		
Complesso argilloso sabbioso (Pleistocene inferiore) - costituito talvolta da argille grigio-azzurre inglobanti sporadici elementi calcarei, talvolta da sabbie limose bruno-chiare passanti ad argille, a volte da limi sabbiosi a tratti argillosi con elementi calcarei o, infine, da sabbie limose bruno chiare.	NR	24

Da un punto di vista squisitamente informatico gli elaborati cartografici per gli studi di Livello 1 previsti dalla più recente versione delle specifiche di rappresentazione e archiviazione informatica (2.0 beta II, al momento della stesura della presente relazione), unitamente a quanto indicato nella convenzione fra il Dipartimento Regionale di Protezione Civile e la scrivente Università degli Studi di Messina, puntano ad illustrare l'attuale stato della conoscenza mediante la produzione della Carta delle indagini, della Carta geologico - tecnica, della Carta



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) e della Carta delle frequenze.

Gli elaborati prodotti contengono la raccolta di tutte le informazioni fornite dal Comune Siracusa, integrate con la bibliografia scientifica di maggior rilievo, ed includono inoltre informazioni di recente acquisizione frutto delle indagini geofisiche realizzate ex novo, nonché dati provenienti da rielaborazioni informatiche effettuate su quanto già acquisito. Per una migliore comprensione di come si è operato per ottenere gli output cartografici finali oggetto della convenzione si procederà a descriverli uno per uno, ponendo l'accento non sulle modalità di archiviazione e rappresentazione, basate sulla scrupolosa analisi della documentazione tecnica fornita dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica, ma bensì sugli aspetti relativi alle modalità di aggregazione e rielaborazione dei dati di origine.

Carta delle Indagini

Questo elaborato è il frutto della rappresentazione cartografica a standard 2.0 beta II dei siti puntuali e lineari di indagine già caricati all'interno della banca dati *Cdl_tabelle.mdb*. Le scelte effettuate dal gruppo di lavoro riguardano unicamente due aspetti non dettagliati nella documentazione tecnica di riferimento e sono relativi alla scelta della colorazione della base cartografica ed alla impostazione degli elementi inseriti in legenda. In particolare la base cartografica è stata impostata sostituendo al colore nero il colore marrone (RGB 115, 70, 0) al fine di agevolare notevolmente la lettura sia dei simboli che delle relative etichette associate, mentre per la legenda si è scelto di inserire tutti i simboli relativi alle indagini, così come forniti dalla succitata Commissione tecnica, in modo tale da semplificare e velocizzare le attività di allestimento per la stampa.

All'interno della carta in oggetto sono state inoltre inserite le indagini HVSR di nuova realizzazione.

Carta geologico - tecnica

L'elaborato in questione costituisce l'aggregazione delle informazioni di natura geologica effettuate dal gruppo di lavoro a partire dalla geologia e geomorfologia di base, integrata con le indagini geognostiche già implementate nella banca dati.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Per quanto concerne la rappresentazione delle unità geologico tecniche, suddivise in “Terreni di copertura” e “Substrato geologico rigido”, archiviate all'interno della feature *Geotec*, si è proceduto mediante collezione, analisi, aggregazione e sintesi dei rilievi geologici provenienti da varie fonti, quali i rilievi geologici effettuati per il PRG comunale, la letteratura scientifica più recente e verifiche speditive di campagna. Per le unità geologiche così individuate, l'archiviazione informatica e la relativa rappresentazione cartografica è passata attraverso l'assegnazione dei codici sulla tipologia, sullo stato e sull'ambiente genetico-deposizionale, effettuata confrontando e normalizzando i dati di letteratura con i risultati delle indagini geofisiche, geognostiche e di laboratorio. La fase di aggregazione dei dati è stata invece effettuata aggregando affioramenti adiacenti con il medesimo codice *Tipo_gt*, ma differenziandoli sulla base dei campi *Stato* e *Gen*. In questo modo è stato possibile cartografare le seguenti unità geologico - tecniche:

Terreni di copertura						
Tipo_gt	Descrizione	Stato	Descrizione	Gen	Descrizione	Numero
RI	Riporto	14	Sciolto	zz	Altro	1
GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla	24	Coesivo moderatamente consistente	tf	Terrazzo fluviale	4
GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	13	Poco addensato	tf	Terrazzo fluviale	1
SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo	14	Sciolto	tf	Terrazzo fluviale	5
SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita	14	Sciolto	sp	Spiaggia	5
Substrato rigido / non rigido						
Tipo_gt	Descrizione	Stato	Descrizione	Gen	Descrizione	Numero
ALS	Alternanza di litotipi, stratificato	31	Substrato geologico rigido molto fratturato	-	-	20
GR	Granulare cementato	31	Substrato geologico rigido molto fratturato	-	-	4
LPS	Lapideo stratificato	31	Substrato geologico rigido molto fratturato	-	-	8
NR	Substrato non rigido	24	Substrato geologico rigido molto fratturato	-	-	7

Le medesime modalità di intervento sono state effettuate per gli elementi tettonico strutturali, frutto cioè della sintesi ed adeguamento a standard di diverse fonti. Per quanto riguarda invece le forme di superficie ed in particolare per gli orli di scarpata, per la loro individuazione si è operato mediante procedure informatiche che, nel dettaglio, hanno previsto la realizzazione un elaborato digitale che mostrasse, a partire dai valori delle singole celle del DTM, i dislivelli di quota in un intorno di circa 5m. Filtrando i risultati ottenuti per un range di valori compreso fra “10 – 20m” e > “20m” si è poi provveduto ad una verifica speditiva mediante DTM (2m),



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

CTRN (agg. 2008) e Ortofoto (2008) ed infine all'editing delle geometrie relative agli orli di scarpata, suddivisi nelle due classi previste dalle specifiche di riferimento. Anche per l'individuazione delle creste si è ricorso ad una elaborazione numerica mediante GIS, sempre affiancata alle analisi di dettaglio della CTRN e delle Ortofoto, mediante la quale si è provveduto all'individuazione di tutti i bacini idrografici dell'area a partire dal DTM ed alla successiva selezione delle forme di interesse. Di seguito la sintesi delle strutture tettoniche e delle forme di superficie cartografate, archiviate all'interno della feature *Elineari*:

Faglia non attiva / frattura vulcanica cosismica		
Tipo_el	Descrizione	Numero
5011	Faglia diretta attiva - tratto accertato	9
5012	Faglia diretta attiva - tratto presunto	6
7011	Faglia diretta non attiva – tratto accertato	11
Altri elementi lineari		
Tipo_el	Descrizione	Numero
5041	Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	20

Per quanto concerne l'identificazione dei picchi isolati, che come previsto dalle specifiche di riferimento rientrano all'interno della feature Epuntuali, si è proceduto attraverso la selezione dei punti quotati e delle curve di livello della CTRN 1:10.000 e successivamente all'identificazione dei punti quota che ricadevano all'interno del contesto morfologico "picco isolato", dall'analisi così eseguita nell'area oggetto di studio non sono state individuate entità morfologiche ascrivibili alla classe Epuntuali.

Dalla disamina della documentazione censita e delle fonti bibliografiche è stato possibile individuare e perimetrare elementi morfologici superficiali e sepolti, che come previsto dalle specifiche di riferimento rientrano all'interno della feature Forme. Di seguito si riporta la tabella riepilogativa degli elementi morfologici puntuali riconosciuti.

Forme di superficie e sepolti		
Tipo_f	Descrizione	Numero
4020	Falda detritica	1



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

4030	Area con cavità sepolte	4
------	-------------------------	---

Le stesse fonti dati, ulteriormente integrate con gli elementi di dissesto geomorfologico presenti nel PAI, sono state utilizzate per l'individuazione, la definizione e l'archiviazione delle zone suscettibili di instabilità. In particolare la metodologia di rappresentazione cartografica, nelle aree in cui si verificava la sovrapposizione di dissesti presenti in diverse fonti dati, ha puntato alla perimetrazione dell'area di ingombro complessiva. Di seguito gli elementi di instabilità, archiviati all'interno della feature *Instab*:

Instabilità di versante		
Tipo_i	Descrizione	Numero
3011	Crollo o ribaltamento – attiva	5
3041	Crollo o ribaltamento – non definita	6

Infine, per quanto riguarda l'archiviazione e rappresentazione cartografica degli elementi geologici sono stati acquisiti dai rilievi effettuati per la redazione del PRG comunale (per le giaciture degli strati).

Di seguito la sintesi degli elementi geologici e idrogeologici archiviati nella feature *Geodr*:

Elementi geologici e idrogeologici		
Tipo_gi	Descrizione	Numero
11	Giacitura strati	4
21	Profondità (m) substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo	13
22	Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido	8
31	Profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie	6

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)

La realizzazione dell'elaborato da un punto di vista informatico ha previsto la semplice rappresentazione delle informazioni precedentemente elaborate e descritte nel capitolo dedicato alla descrizione della metodologia di individuazione delle microzone omogenee. A causa della scelta di rappresentare una più vasta porzione



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

di territorio, anziché limitarsi alle sole aree di prescrizione, rispetto a quanto previsto dalla specifiche si è provveduto ad inserire il layer di tali aree, in modo da agevolare l'individuazione delle aree di interesse.

Carta delle frequenze

L'elaborato in questione è stato realizzato perché previsto dalla convenzione fra il DRPC e l'Università e prevede la rappresentazione delle indagini HVSR di nuova realizzazione. In particolare si è provveduto ad evidenziare per ciascun punto di misura i valori di frequenze e le relative amplificazioni secondo la seguente convenzione:

- in nero l'indicazione del valore della frequenza fondamentale e relativa amplificazione
- in blu l'indicazione del secondo valore di frequenza e relativa amplificazione
- n.a. nessuna amplificazione

Poiché le specifiche non prevedono degli standard di rappresentazione per la carta in oggetto si è provveduto a realizzare un layout ad hoc per l'inserimento nella presente relazione, per quanto concerne invece la metodologia di acquisizione si rimanda al capitolo dedicato.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

7 GEOGNOSTICA E GEOFISICA

L'analisi geognostico – geofisica è stata basata su due set di dati, il primo costituito da tutti i dati disponibili e potenzialmente utilizzabili per gli scopi del presente studio, derivati dagli studi commissionati dall'Amministrazione Comunale di Siracusa a professionisti e ditte specializzate, allo scopo di supportare il progetto di revisione del P.R.G. Il secondo gruppo di dati è basato su misure di vibrazione del sottosuolo, eseguite, specificatamente per questo I Livello di Microzonazione Sismica, mediante uso del TROMINO®

8.1 Strumentazione utilizzata

Per le registrazioni dei dati di campagna è stato usato un tromometro (misuratore di vibrazioni) digitale di ultima generazione concettualmente derivato da quello concepito nel 1870 da Timoteo Bertelli.

Tale strumentazione, commercializzata con la denominazione TROMINO®, è prodotta e brevettata da Micromed S.p.a. e possiede i vantaggi di essere estremamente compatta, leggera e dotata di una grande semplicità di utilizzo: Queste caratteristiche ne permettono il posizionamento e l'attivazione della registrazione quasi ovunque in pochi minuti.

La versione utilizzata per le acquisizioni di questa indagine è dotata di tre canali velocimetrici elettrodinamici, ad alta risoluzione, disposti secondo tre direzioni tra di loro ortogonali e smorzati criticamente.

Il segnale del microtremore, rilevato dai velocimetri, è inviato ad un convertitore integrato A/D a 24 bit, equivalenti a 128 Hz, e registrato in una scheda di memoria interna da 1 Gb: in questo modo sono stati evitati cavi di connessione potenzialmente in grado di introdurre rumori meccanici od elettronici nel processo di acquisizione.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Il costruttore dichiara un'operatività del sistema nell'intervallo di frequenze 0,1 - 1024 Hz su tutti i canali, che può estendersi fino a 32 kHz limitando le registrazioni a due canali, garantendo la visibilità di microtremori fino a ± 1.5 mm/s con un'accuratezza, al di sopra di 0,1 Hz, maggiore di 10^{-4} .

8.2 Processing dei dati

Il processing dei dati acquisiti in campagna è stato effettuato con il software GRILLA realizzato dalla stessa Micromed S.p.a., che costituisce il logico completamento della strumentazione realizzata.

L'attuale versione del software permette l'equalizzazione dei dati acquisiti solo a 128 e 512 Hz, semplici considerazioni analitiche indicano che una frequenza di campionamento a 128 Hz è ampiamente sufficiente alla ricostruzione dei segnali imputabili alle frequenze di interesse stratigrafico (< di 40 Hz), mentre l'adozione della frequenza di campionamento a 512 Hz è stata prevista per lo studio di vibrazioni fino a 100 Hz derivate dalle attività antropiche, in accordo alle norme UNI 9916 e DIN 4150, pertanto l'utilizzo di campionamenti a frequenze diverse deve necessariamente essere ricondotto a quelle di base utilizzando una apposita funzione del database di Grilla (*File>Desampling*).

Il software consente la scelta delle finestre temporali (in numero e durata) in seguito all'analisi dei grafici della variazione temporale ed azimutale dello spettro H/V e che devono essere selezionate secondo criteri di stabilità delle frequenze d'interesse eliminando eventuali transienti.

Le serie temporali registrate, nelle tre componenti del moto, vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (tipicamente FFT) fino alla produzione delle curve H/V, dove la componente H è restituita come media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali.

Il software permette, inoltre, l'applicazione del test di significatività H/V proposto da SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations) nel 2005.

Si tratta di due gruppi di condizioni: 3 il primo gruppo e 6 il secondo. I primi tre criteri valutano la durata della registrazione e la durata delle finestre di analisi verificando la loro adeguatezza alla frequenza analizzata; i successivi sei criteri sono



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

di significatività della distribuzione statistica e valutano la convergenza del picco individuato ad una gaussiana e la deviazione standard della frequenza ed ampiezza del picco: in pratica indicano semplicemente se la forma del picco possiede una struttura ben definita.

E' utile osservare che la rigida applicazione di questi criteri non è desiderabile per diverse situazioni specifiche: per esempio, in siti dove affiora il bedrock o dove i contrasti di velocità sono molto deboli, per esempio a causa della graduale transizione di velocità verso il basso, i criteri SESAME non vengono superati. Questo non implica necessariamente la mancata o l'errata acquisizione di risonanze importanti: si tratta nel primo caso di un sito privo di amplificazione e questa è comunque un'informazione stratigrafica, mentre, nel secondo caso, che il picco, o i picchi, di frequenza non sono chiaramente definibili, ed anche questa, se ben interpretata, può costituire un'interpretazione stratigrafica.

Ulteriore, e relativamente comune, caso di non superamento dei criteri SESAME è costituito da quei siti in cui sono presenti inversioni di velocità causate da strati lenti (Low Velocity Layer), non rilevabili in superficie, cavità e/o strutture artificiali superficiali od a piccola profondità (pavimentazioni, lastricati, fondazioni asimmetriche, paratie, platee di fondazione). In queste situazioni sono state riscontrate pesanti alterazioni della componente spettrale orizzontale che non interessano quella verticale (CASTELLARO E MULARGIA, 2009) che producono rapporti H/V con ampiezza inferiori a 1 (non rispetto del criterio 3 del secondo gruppo SESAME) per larghi intervalli di frequenze, ostacolando l'individuazione dell'autofrequenza del sito. E' comunque possibile rilevare ugualmente l'autofrequenza dall'analisi degli spettri delle singole componenti.

8.3 Il Rumore sismico

Le vibrazioni sismiche ambientali (o rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (OKADA, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico può essere classificato come microtremore se contiene alte frequenze (> di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze (< di 0.5 Hz).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è noto (GUTEMBERG, 1958; ASTEN, 1978, 1984) che le sorgenti dei microsismi sono molteplici (Tabella 6 - Sorgenti del rumore sismico): le perturbazioni atmosferiche sugli oceani, che si propagano come onde superficiali sui continenti, l'impatto di fulmini sul terreno, i movimenti isostatici, i fenomeni di microfratturazione crostale, mentre le sorgenti dei microtremori sono essenzialmente le attività antropiche come il traffico veicolare e le attività industriali.

Sorgenti microsismiche	Gutenberg (1958)	Asten (1978, 1984)
Onde oceaniche contro le coste	0.05 - 1 Hz	0.5 - 1.2 Hz
Perturbazioni metereologiche a grande scala	0.1 - 0.25 Hz	0.16 - 0.5 Hz
Cicloni oceanici	0.3 - 1 Hz	0.5 - 3 Hz
Condizioni metereologiche locali	1.4 - 5 Hz	
Tremore vulcanico	2 - 10 Hz	
Attività antropiche e veicolari	1 - 100 Hz	1.4 - 30 Hz

Tabella 6 - Sorgenti del rumore sismico

E' opinione diffusa, anche se non unanime, che il rumore sismico ambientale si propaga come onde superficiali, in ogni caso queste rivestono un ruolo fondamentale perché possiedono una velocità prossima a quella delle onde S (LACHET & BARD, 1994).

Inoltre il rumore sismico, in virtù della sua ubiquità, della sua natura stocastica e del contenuto in frequenze di interesse ingegneristico, si dimostra utile per la stima degli effetti di sito (BEN - MENAHEM & SINGH, 1981). E' stata, infatti, ampiamente riconosciuta, da tempo, la dipendenza dell'andamento dello spettro del rumore di fondo dalle condizioni topografiche e litostratigrafiche locali.

Nel moto di propagazione dello scuotimento sismico entro il bedrock le onde sismiche subiscono il fenomeno dell'attenuazione geometrica che sostanzialmente ne lascia inalterato il contenuto spettrale. Nel percorso di emersione verso la superficie terrestre lo spettro delle onde sismiche può però modificarsi, più o meno



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

intensamente, in dipendenza delle caratteristiche fisiche dei terreni attraversati e che sovrastano il bedrock. Gli effetti possibili sono di amplificazione e/o di attenuazione selettiva del contenuto in frequenza, in questo caso la colonna di sedimenti sovrapposta al bedrock agisce come un filtro, o di nessuna variazione del contenuto spettrale, caso generalmente riferibile al bedrock affiorante.

8.4 Teoria sull'analisi del Rumore Sismico

I primi tentativi di ricavare dati stratigrafici dall'analisi del rumore sismico risalgono agli anni '60 del secolo scorso. Dai primi lavori di KANAI (1954, 1957) e DOUZE (1964), che classificarono i tremori ambientali come onde di volume, si svilupparono studi basati sull'assunto che lo spettro del rumore sismico è correlabile, nel dominio della frequenza, a quello di eventi sismici avvenuti nella stessa area (KANAI & TANAKA, 1961).

Sotto questa ipotesi i microtremori sono onde S che incidono verticalmente e lo spettro del moto, che abbandona l'interfaccia bedrock/suolo, è bianco. Lo spettro del microtremore, pertanto, è rappresentativo della funzione di amplificazione sismica dei depositi incoerenti sovrapposti al bedrock. Sebbene esiste un'innegabile, anche se grossolana, correlazione tra caratteristiche geologiche del sito e frequenza del picco massimo degli spettri, che indurrebbe a interpretarla come la frequenza di risonanza del moto fondamentale, questa pratica ha trovato riscontro, solo per frequenze di picco basse ($f_0 < 1$ Hz), in diversi siti del Giappone (spiegando quindi il motivo della diffusione in quel paese), a Città del Messico (LERMO *et al.*, 1988) e Los Angeles (YAMANAKA *et al.*, 1993). Per tali motivi si tende a considerare tale tecnica poco affidabile.

Il perfezionamento del metodo avviene con l'utilizzo dei rapporti spettrali, calcolando cioè i rapporti degli spettri di Fourier delle stesse componenti registrate simultaneamente su siti di terreni incoerenti e su un sito roccioso vicino. In questo caso si presuppone che il moto, registrato su roccia sia rappresentativo di quello che arriva sull'interfaccia roccia/terreno, sotto il sito di terreni incoerenti. I risultati ottenuti si mostrano apprezzabili ed in accordo con quelli ottenuti da registrazioni di terremoti solo a basse frequenze dove l'origine del rumore è la stessa per tutti i siti indagati



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

(YAMANAKA *et al.*, 1993). Risultati controversi sono stati invece ottenuti a frequenze più alte (GUTIERREZ and SINGH, 1992).

Negli anni '70 del secolo scorso NOGOSHI & IGARASHI (1971) e SHIONO (1979) nell'ambito di studi sul significato fisico del rapporto tra le componenti orizzontali e verticali (H/V) del rumore ambientale mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh e conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura sovrastante il bedrock.

Successivamente NAKAMURA (1989), osservando empiricamente che la componente verticale del rumore sismico non è influenzata dalla presenza degli strati superficiali, propone di utilizzare il rapporto H/V come stimatore affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. L'ipotesi avanzata è che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, che non eccitano il tetto del bedrock, e che siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio.

In lavori più recenti si è avuta parziale giustificazione dei risultati ottenuti da Nakamura con considerazioni teoriche (FIELD *et al.*, 1992; FIELD & JACOB, 1993; LERMO & CHAVEZ-GARCIA, 1994; LACHET & BARD, 1995; MONACHESI *et al.*, 2001) le cui conclusioni dimostrano come la frequenza del picco massimo del rapporto H/V è correlabile con l'ellitticità, in superficie, del modo fondamentale delle onde di Rayleigh: alla frequenza di risonanza l'ellisse dello spostamento di Rayleigh cambia segno ed il rapporto H/V tende teoricamente all'infinito.

La maggiore attendibilità dei risultati è stata però verificata in condizioni geologiche semplici e con forti contrasti di velocità (DELGATO *et al.*, 2000). I migliori risultati, per la predizione degli effetti di sito con le misure del rapporto H/V, del rumore sismico, riguardano solo la frequenza di risonanza del modo fondamentale dello strato di sedimenti, quando non ci sono effetti laterali 2D o 3D.

Successivamente in America e poi in Europa la tecnica H/V ha trovato importanti applicazioni in ambito sismico. Con la realizzazione di un progetto denominato SESAME (2005) (Site EffectS Assessment using AMBient Excitations), che si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

di microtremore ambientale in stazione singola ed array, si è certificata l'affidabilità delle misure spettrali per la ricostruzione sismica del sottosuolo.

Permangono comunque incertezze sulla completa affidabilità del metodo di Nakamura a causa dei bassi livelli di ampiezza coinvolti che in assenza di forti contrasti di velocità contribuiscono a rendere poco definibili i picchi della funzione H/V.

8.5 Aree Interessate dalle indagini di MS

In riferimento alla delimitazione delle aree del Comune di Siracusa da sottoporre agli studi di MS di primo livello, in assenza di indicazioni da parte del Comune, è stato stabilito, su indicazione del Dipartimento Regionale della Protezione Civile, di estendere le indagini all'area urbana. (Figura 25 - Comune di Siracusa: delimitazione delle aree indagate (contorno rosso)).

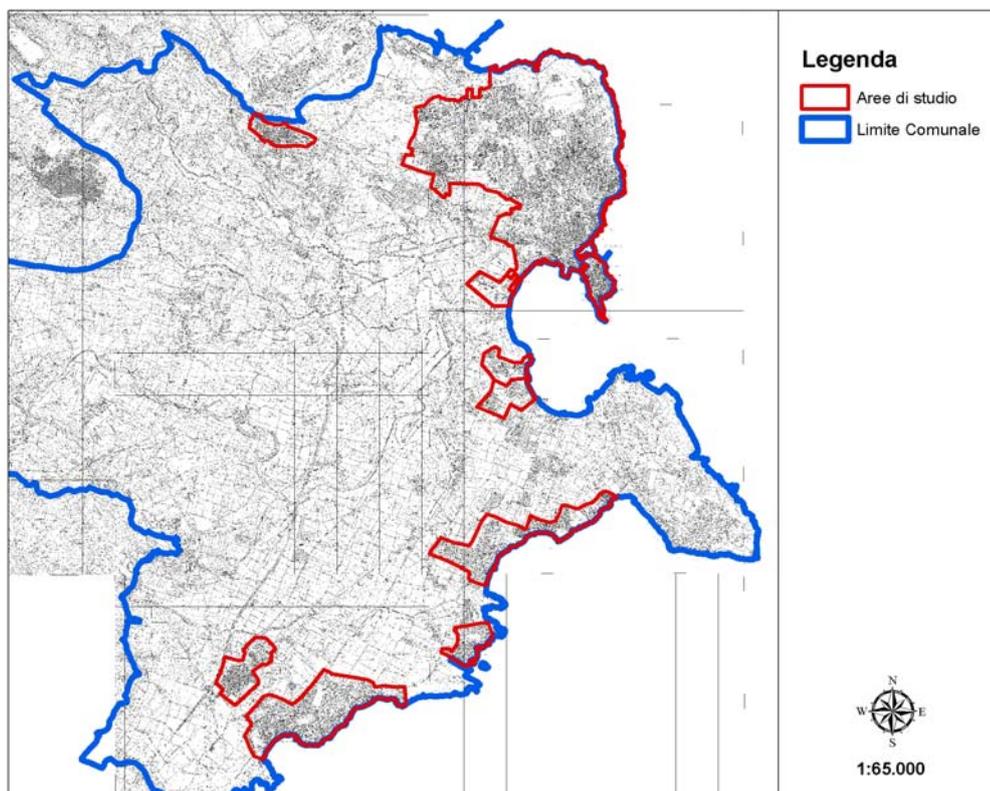


Figura 25 - Comune di Siracusa: delimitazione delle aree indagate (contorno rosso)

L'area indagata è stata pertanto coperta con 66 punti complessivi di registrazione di rumore sismico così distribuiti: 34 nel centro urbano e 32 esterni all'area delimitata e ricadenti all'interno dei centri abitati minori: 3 in località Arenella, 5 all'interno dell'aggregato urbano di Cassibile, 6 all'interno dell'aggregato urbano di Belvedere, 4 nell'area di Fontane Bianche, 5 in contrada Faro Carrozzeri, 4 nella frazione Milocca, 3 in località Ognina e 2 all'interno dell'isola di Ortigia (Figura 26 – Distribuzione delle indagini HVSR in relazione alle aree studiate nel Comune di Siracusa).

Nelle tabelle seguenti (Tabella 7, Tabella 8), sono riassunti: sigla identificativa, coordinate geografiche, quota dei siti di registrazione e risultati ottenuti.

Regione Siciliana – Presidenza
 Dipartimento della Protezione
 Civile

Università degli Studi di Messina
 C.A.R.E.C.I
 Centro Attrazione Risorse
 Esterne e Creazione d'Impresa

NOME	DATA	Geologia
SR_01	05/12/2012	SM
SR_03	05/12/2012	LPS
SR_04	05/12/2012	LPS
SR_05	05/12/2012	LPS
SR_06	05/12/2012	LPS
SR_07	05/12/2012	LPS
SR_08	05/12/2012	LPS
SR_09	05/12/2012	LPS
SR_10	05/12/2012	LPS
SR_11	05/12/2012	LPS
SR_12	05/12/2012	LPS
SR_13	05/12/2012	LPS
SR_14	05/12/2012	LPS
SR_16	05/12/2012	LPS
SR_17	05/12/2012	LPS
SR_18	05/12/2012	LPS
SR_19	05/12/2012	LPS
SR_20	05/12/2012	LPS
SR_22	05/12/2012	LPS
SR_23	05/12/2012	LPS
SR_24	04/12/2012	LPS
SR_26	04/12/2012	LPS
SR_27	04/12/2012	ALS
SR_28	04/12/2012	ALS
SR_29	04/12/2012	ALS
SR_30	05/12/2012	ALS
SR_31	04/12/2012	GW
SR_32	04/12/2012	ALS
SR_33	04/12/2012	SM
SR_34	05/12/2012	SP

Regione Siciliana – Presidenza
 Dipartimento della Protezione
 Civile

Università degli Studi di Messina
 C.A.R.E.C.I
 Centro Attrazione Risorse
 Esterne e Creazione d'Impresa

NOME	DATA	Geologia
SR_35	04/12/2012	SM
SR_38	05/12/2012	SM
SR_39	05/12/2012	SM
SR_ARN_01	04/12/2012	ALS
SR_ARN_02	04/12/2012	ALS
SR_ARN_03	04/12/2012	ALS
SR_BLV_01	04/12/2012	LPS
SR_BLV_02	04/12/2012	LPS
SR_BLV_03	04/12/2012	LPS
SR_BLV_04	04/12/2012	LPS
SR_BLV_05	04/12/2012	LPS
SR_BLV_06	04/12/2012	LPS
SR_CSB_01	04/12/2012	LPS
SR_CSB_02	04/12/2012	LPS
SR_CSB_03	04/12/2012	LPS
SR_CSB_04	04/12/2012	LPS
SR_CSB_05	04/12/2012	LPS
SR_FBH_01	04/12/2012	LPS
SR_FBH_02	04/12/2012	LPS
SR_FBH_03	04/12/2012	LPS
SR_FCZ_01	04/12/2012	ALS
SR_FCZ_02	04/12/2012	ALS
SR_FCZ_03	04/12/2012	ALS
SR_FCZ_04	06/12/2012	ALS
SR_FCZ_05	04/12/2012	ALS
SR_FCZ_06	04/12/2012	ALS
SR_MLC_01	04/12/2012	ALS
SR_MLC_02	04/12/2012	ALS
SR_MLC_03	04/12/2012	ALS
SR_MLC_04	04/12/2012	ALS
SR_OGN_01	04/12/2012	LPS
SR_OGN_02	04/12/2012	LPS

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

NOME	DATA	Geologia
SR_OGN_03	04/12/2012	ALS
SR_OR_T_01	04/12/2012	LPS
SR_OR_T_02	05/12/2012	LPS

Tabella 7 - Sigle dei siti di selezionati con relativa data di registrazione ed indicazione dell'uso del suolo.

IDENTIFICATIVO	ID_SPU	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA s.l.m.	f0	H/V	f1	H/V	f2	H/V
SR_01	089017P22	15,25368	37,10929	6,497678	4,94	6,3	-	-	-	-
SR_03	089017P23	15,26884	37,10176	54	4,24	1,53	-	-	-	-
SR_04	089017P24	15,27544	37,10042	50	4,9	1,31	-	-	-	-
SR_05	089017P25	15,25027	37,09949	73	4,8	1,68	-	-	-	-
SR_06	089017P26	15,27066	37,09821	55,40254	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_07	089017P27	15,25794	37,09814	72,05139	3,96	2,17	-	-	-	-
SR_08	089017P28	15,24571	37,09769	83,37775	3,68	1,81	-	-	-	-
SR_09	089017P29	15,29588	37,09636	24,38374	2,87	1,21	-	-	-	-
SR_10	089017P30	15,25267	37,09537	79,43343	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_11	089017P31	15,28239	37,09332	63,18424	3,81	1,92	-	-	-	-
SR_12	089017P32	15,27225	37,09232	60,63832	4	1,52	-	-	-	-
SR_13	089017P33	15,24673	37,0923	86,5946	3,27	1,5	-	-	-	-
SR_14	089017P34	15,26137	37,09215	72,89621	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_16	089017P35	15,25164	37,08882	80,74085	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_17	089017P36	15,28281	37,08771	62,5193	21,49	4,9	-	-	-	-
SR_18	089017P37	15,27364	37,08745	62,71687	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_19	089017P38	15,29375	37,08659	37,07532	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_20	089017P39	15,24348	37,08652	81,56065	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_22	089017P40	15,2545	37,08437	73,23148	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_23	089017P41	15,28586	37,08235	52,35384	17,7	3,6	-	-	-	-
SR_24	089017P42	15,27084	37,08135	65,02879	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_26	089017P43	15,29363	37,08012	48,10166	3	1,64	-	-	-	-
SR_27	089017P44	15,28536	37,07843	23,28065	1,78	2,75	-	-	-	-
SR_28	089017P45	15,29363	37,07712	24,40864	1,79	1,65	-	-	-	-
SR_29	089017P46	15,28478	37,07381	13,71199	2,69	1,68	-	-	-	-

IDENTIFICATIVO	ID_SPU	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA s.l.m.	f0	H/V	f1	H/V	f2	H/V
SR_30	089017P47	15,26616	37,07296	14,23386	1,88	3,89	-	-	-	-
SR_31	089017P48	15,27795	37,07249	6,03939	1,63	3,7	-	-	-	-
SR_32	089017P49	15,29116	37,0719	7,501029	1,69	2,2	-	-	-	-
SR_33	089017P50	15,28184	37,07109	8,515096	1,98	2,8	-	-	-	-
SR_34	089017P51	15,27722	37,06743	2,008404	1,22	6,6	-	-	-	-
SR_35	089017P52	15,28826	37,06663	1,68272	1,38	8,38	-	-	-	-
SR_37	089017P53	15,25747	37,06579	2,217428	2,22	9,54	-	-	-	-
SR_38	089017P54	15,27024	37,06381	0,940099	1,03	7,39	-	-	-	-
SR_39	089017P55	15,26185	37,06067	1,027679	1,44	6,58	-	-	-	-
SR_ARN_01	089017P56	15,26745	37,00574	10,16726	1,81	8,15	-	-	-	-
SR_ARN_02	089017P57	15,25924	37,00251	10,91397	1,61	1,42	-	-	-	-
SR_ARN_03	089017P58	15,26294	36,9972	6,047402	2,28	3,86	-	-	-	-
SR_BLV_01	089017P59	15,20471	37,09675	131,596	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_BLV_02	089017P60	15,20964	37,09429	143,7459	7,39	2,48	-	-	-	-
SR_BLV_03	089017P61	15,20378	37,0933	161,4897	3,81	1,53	-	-	-	-
SR_BLV_04	089017P62	15,2141	37,09281	149,1015	3,46	1,54	-	-	-	-
SR_BLV_05	089017P63	15,21849	37,09168	145,5572	7,13	2,59	-	-	-	-
SR_BLV_06	089017P64	15,20765	37,09008	124,734	3,94	1,51	-	-	-	-
SR_CSB_01	089017P65	15,20561	36,98468	38,70105	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_CSB_02	089017P66	15,20508	36,97992	47,26852	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_CSB_03	089017P67	15,19628	36,9794	51,95469	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_CSB_04	089017P68	15,20011	36,97428	49,93254	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_CSB_05	089017P69	15,19342	36,97389	52,27057	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_FBH_01	089017P70	15,22969	36,97346	15,771	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_FBH_02	089017P71	15,22232	36,9687	25,09595	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_FBH_03	089017P72	15,21432	36,9671	15,12162	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_FCZ_01	089017P73	15,26464	37,04478	12,09854	1,56	5,23	-	-	-	-
SR_FCZ_02	089017P74	15,27105	37,04357	8,332282	1,59	7,45	-	-	-	-
SR_FCZ_03	089017P75	15,27429	37,03976	7,517824	1,66	6,82	-	-	-	-
SR_FCZ_04	089017P76	15,26651	37,03891	13,2367	1,87	2,7	-	-	-	-
SR_FCZ_05	089017P77	15,27354	37,03603	8,968386	1,41	5,9	-	-	-	-
SR_FCZ_06	089017P78	15,26718	37,03488	15,07265	1,84	6,31	-	-	-	-



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

IDENTIFICATIVO	ID_SPU	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA s.l.m.	f0	H/V	f1	H/V	f2	H/V
SR_MLC_01	089017P79	15,29453	37,01545	9,554809	1,72	8,59	-	-	-	-
SR_MLC_02	089017P80	15,28879	37,01219	9,018266	2,03	5,61	-	-	-	-
SR_MLC_03	089017P81	15,27238	37,00898	10,04018	1,88	6,14	-	-	-	-
SR_MLC_04	089017P82	15,28291	37,00729	6,766428	1,94	1,77	-	-	-	-
SR_OGN_01	089017P83	15,26195	36,98812	6,995182	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_OGN_02	089017P84	15,26152	36,98457	6,97	N-A	N-A	-	-	-	-
SR_OGN_03	089017P85	15,25929	36,97957	3,087738	1,44	1,47	-	-	-	-
SR_OR_T_01	089017P86	15,29319	37,06412	1,213513	1,88	2,7	-	-	-	-
SR_OR_T_02	089017P87	15,29248	37,05808	0,96096	1,53	3,48	-	-	-	-

Tabella 8 - Quadro riassuntivo dei siti di registrazione con esibizione dei dati di frequenza elaborati (per tutti i siti l'accoppiamento suolo/sensore è diretto ed orientato verso Nord; tutti i rilievi sono stati eseguiti in condizioni di bel tempo.

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

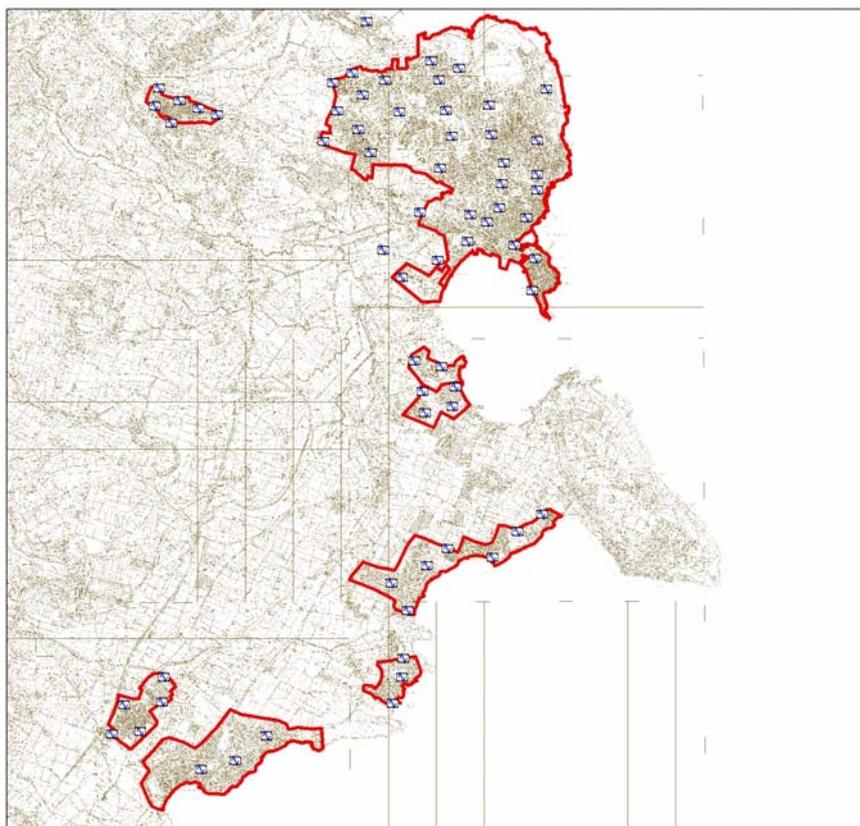


Figura 26 – Distribuzione delle indagini HVSR in relazione alle aree studiate nel Comune di Siracusa

8.6 Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti

I valori di frequenza ottenuti dal processing dei dati acquisiti (Tabella 8) sono stati esibiti nel relativo elaborato (Carta delle frequenze) a fianco del simbolo, che individua il sito di registrazione, con i seguenti criteri (Figura 27 - Carta delle frequenze nel Comune di Siracusa; Figura 28 - Carta delle frequenze nel Comune di Siracusa):



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

- in alto il valore della frequenza fondamentale e della relativa amplificazione;
- a destra il valore della seconda frequenza e della relativa amplificazione;
- in basso il valore della terza frequenza e della relativa amplificazione.

Il primo gruppo (es: 1,5/2) in alto, indicherà il valore dell'autofrequenza, insieme a quello della corrispondente amplificazione, in legenda sono specificate le relative attribuzioni.

Nei siti, dove è stato rilevato un unico picco di frequenza è, ovviamente, visibile un'unica etichetta.

Nel caso di siti privi di amplificazioni (bedrock affiorante): l'etichetta riportata sarà semplicemente la sigla n.a. (nessuna amplificazione).

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 27 - Carta delle frequenze nel Comune di Siracusa

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 28 - Carta delle frequenze nel Comune di Siracusa

8.7 Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico

In relazione alla classificazione, illustrata al paragrafo 7 del capitolo 4 delle presenti note, è possibile derivare una rappresentazione schematica preliminare, della distribuzione dei gruppi litologici in profondità, da impiegare come base per la programmazione delle indagini, indirizzate alla precisazione dei rapporti giaciturali ed alle definizioni quantitative delle caratteristiche geotecniche, proprie dei livelli di studio successivi.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Nella sezione areale studiata affiora una potente successione di litotipi sedimentari prevalentemente carbonatica (Formazione Monti Climiti, Formazione Palazzolo, Formazione Tellaro, Formazione Monte Carruba, Trubi e Calacareniti quaternarie), che nel complesso costituiscono il substrato geologico, e terreni di copertura (depositi alluvionali, falde detritiche e materiale di riporto).

Dal punto di vista geologico l'area in esame è caratterizzata a Nord e a Sud da terreni del substrato geologico mentre nel settore centrale (Baia del Porto Grande) affiorano prevalentemente i depositi alluvionali del Fiume Anapo e del Fiume Ciane.

L'abitato di Belvedere e, in buona parte, il centro urbano di Siracusa si sviluppano nel settore settentrionale dell'area studiata in corrispondenza di un importante elemento morfologico-strutturale noto in letteratura come Horst di Belvedere, dove affiorano oltre ai termini sedimentari miocenici anche le vulcanoclastiti cretacee. L'horst di Belvedere dal punto di vista morfologico costituisce un esteso promontorio caratterizzato da ampie superfici terrazzate progradanti, da Est verso Ovest, fino alla zona costiera dove, a differenza delle zone centrali e meridionali dell'area studiata, si sviluppano importanti falesie.

Le sezioni geologiche di seguito proposte (Figura 29 – Profilo A-A'; Figura 30 – Profilo B-B'), tratte dalla Carta Geologico-Tecnica redatta in occasione del presente studio, mostrano il modello geologico generale del settore settentrionale.

Le indagini geognostiche e le traverse sismiche a rifrazione realizzate in occasione della fase di revisione del Piano Regolatore Generale, ricadenti all'interno di questa zona, hanno evidenziato un assetto stratigrafico generale rappresentato da:

- un orizzonte superficiale costituito da terreno agrario e/o riporto e dalla zona di areato superficiale spessore di circa 5-6 m;
- un secondo orizzonte costituito dal substrato geologico costituito dalla Formazione Monti Climiti.

Risulta estremamente complesso definire l'andamento del bedrock geofisico nel settore settentrionale poiché la distribuzione delle indagini non consente di individuare e definire in maniera discreta le aree in cui si verificano variazioni significative dello stato di fratturazione dell'orizzonte lapideo nonché, vista la



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

composizione carbonatica, la presenza di cavità carsiche di dimensioni significative, condizioni queste che possono portare a variazioni sugli effetti di amplificazione sismica locale, come confermato dalle indagini HVSR che hanno evidenziato delle zone dove si possono verificare fenomeni di amplificazione con valori generalmente inferiori a 2.

Il settore meridionale dal punto di vista dell'assetto stratigrafico comprende oltre ai termini carbonatici miocenici anche i depositi quaternari rappresentati dal complesso argilloso-sabbioso (depositi terrigeni dotati di coesione) e dall'alternanza calcarenitico sabbioso conglomeratica. In particolare analizzando la geologia di superficie e le indagini a disposizione, per il settore meridionale studiato è possibile distinguere due assetti geologico stratigrafici, la cui sintesi è rappresentata nei profili geologici (Figura 31 - Profilo C-C' e Figura 32 - Profilo D-D', da cui si evince:

- Profilo C-C' (Località di Terrauzza, Fanusa, Arenella):
 - un orizzonte superficiale caratterizzato da suolo agrario e dalla zona di areato superficiale (spessore di circa 3 m);
 - un secondo orizzonte costituito dall'alternanza calcarenitico sabbiosa, in cui i termini calcarenitici risultano intensamente fratturati (spessore medio 10 circa);
 - un terzo orizzonte costituito dal complesso argilloso-sabbioso.
- Profilo D-D' (Località Cassibile, Fontane Bianche):
 - un orizzonte superficiale caratterizzato da suolo agrario e dalla zona di areato superficiale (spessore di circa 3-4 m);
 - un secondo orizzonte rappresentato dal substrato lapideo dei termini carbonatici miocenici.

Il numero di indagini sia geognostiche che geofisiche non consente di definire per i due assetti sopra descritti l'andamento del bedrock geofisico né di stimarne la profondità, è tuttavia significativo evidenziare che le indagini HVSR nelle località di Terrauzza, Fanusa e Arenella possono verificare fenomeni di amplificazione con valori generalmente inferiori a 2.



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 29 – Profilo A-A'



Figura 30 – Profilo B-B'

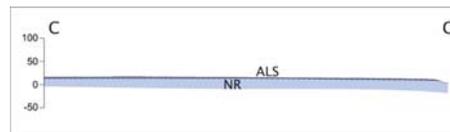


Figura 31 - Profilo C-C'



Figura 32 - Profilo D-D'



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Il settore centrale è interessato quasi interamente da terreni di copertura costituiti dai depositi alluvionali del Fiume Anapo e del Fiume Ciane e, in corrispondenza della zona costiera da depositi di spiaggia. I dati geognostici (eseguiti in occorrenza della revisione del PRG) ricadenti all'interno di quest'area e che si spingono fino ad una profondità massima di 20 m non intercettano il substrato geologico, così come, la velocità delle onde S desunta dalle traverse di sismica a rifrazione dei depositi alluvionali è generalmente inferiore ai 300 m/s, sono inoltre significativi i valori di amplificazione registrati mediante indagini HVSR, che in alcuni casi sono risultati superiori a 7.

8.8 Considerazioni sui risultati ottenuti

Sulla base dei dati complessivamente acquisiti è stato possibile definire un modello geologico tecnico qualitativo del sottosuolo delle aree del Comune di Siracusa, supportato unicamente dai dati derivati dalla registrazione di rumore sismico, mediante la tecnica di Nakamura.

I risultati ottenuti indicano che la tecnica impiegata, segnatamente per il contesto geologico del territorio comunale, permette l'acquisizione, in modo agevole ed in tempi relativamente brevi, di dati potenzialmente in grado di trasportare ad un ambito quantitativo il modello elaborato, condizione questa essenziale per gli obiettivi degli studi di MS di livello superiore.

A questo scopo è però indispensabile, nel caso in esame, la disponibilità di dati geognostici del sottosuolo in grado di valutare con maggiore affidabilità le caratteristiche delle formazioni d'interesse (litologia e rigidità sismica).

Sarà pertanto necessario approntare un programma di indagini geofisiche e geognostiche orientato dai risultati fin qui conseguiti e dalle indicazioni derivabili dal rilievo geologico - geomorfologico.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

9 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Sulla base di quanto previsto dall'ICMS le aree comunali, interessate dalle indagini, sono state suddivise in tre classi di suscettibilità:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche laterali poco significative (zone di pianura, valli ampie) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello; nelle zone in cui la stratigrafia presenta variazioni laterali significative e il modello geologico non è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale, come valli strette, conche intramontane e fasce pedemontane o zone prossime a strutture tettoniche sepolte (in prima approssimazione: zone con coefficiente di forma $C > 0.25$ dove $C = H/L$, H = spessore della coltre alluvionale, L = semiampiezza della valle), sono richiesti approfondimenti di terzo livello;
- c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili, liquefazioni, densificazioni, cedimenti differenziali).

Nelle selezioni areali considerate per il Comune di Siracusa non sono presenti zone stabili, quindi di seguito sono state individuate solo quelle appartenenti alle altre due categorie.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (da qui in poi MOPS) realizzata per il Comune di Siracusa ha una superficie di circa 50 Km² e comprende una zona di estensione più ampia rispetto a quella dell'area interessata dai rilievi di rumore sismico.

Nonostante nell'area oggetto di studio affiorino estesamente terreni di natura litoide costituenti il substrato geologico questi non costituiscono in ogni caso zone stabili a causa della presenza di uno strato di alterazione che generalmente interessa i primi metri delle formazioni, il cui spessore, sulla base dei dati ad oggi disponibili, può raggiungere valori superiori ai 5 m. Sono inoltre presenti aree con cavità sepolte di natura carsica e antropica.

Per quanto concerne i terreni di copertura questi sono stati classificati come zone suscettibili di amplificazioni locali a partire dalle indicazioni degli ICMS e, quindi, sulla base di fattori topografici e morfologici locali nonché fattori di carattere litostratigrafico ($V_s < 800$ m/s, spessori > 5 m).

Nella selezione areale studiata sono state individuate 7 zone suscettibili di amplificazione (Figura 33, Figura 34) e 11 zone suscettibili di instabilità (Figura 35, Figura 36) che verranno di seguito descritte.

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

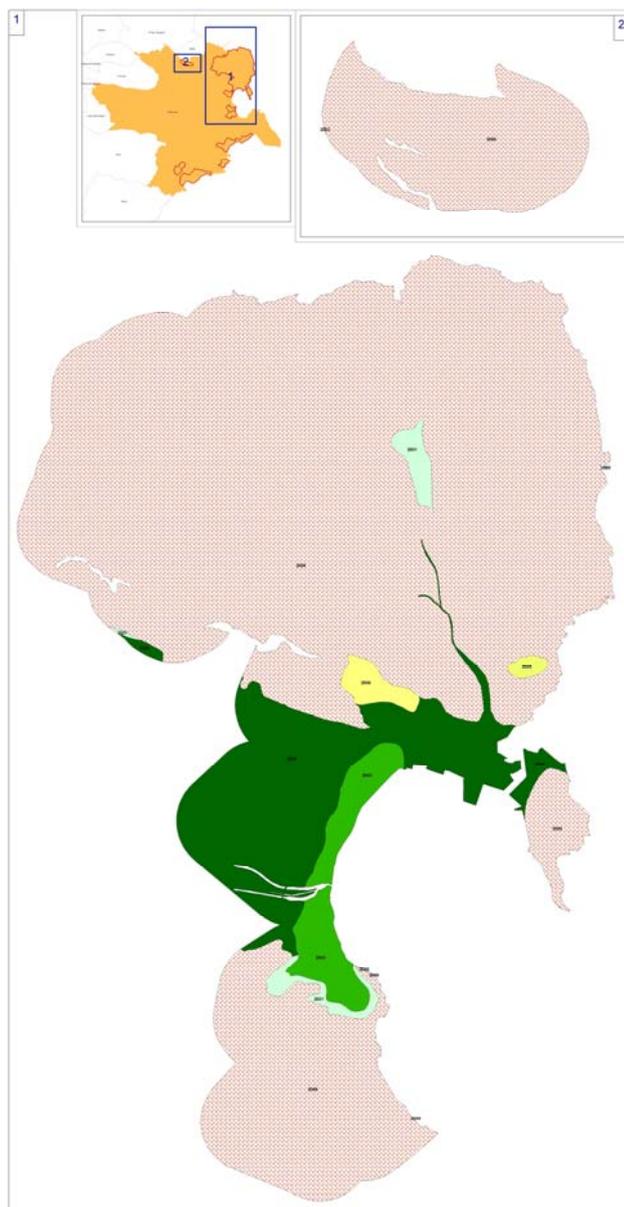


Figura 33 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica: 1) Siracusa, Pantanelli, Faro Carrozzeri, Isola; 2) Belvedere

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 34 - Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica: 1) Terrauzza, Fanusa, Arenella e Ognina; 2) Cassibile, Fontane Bianche



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

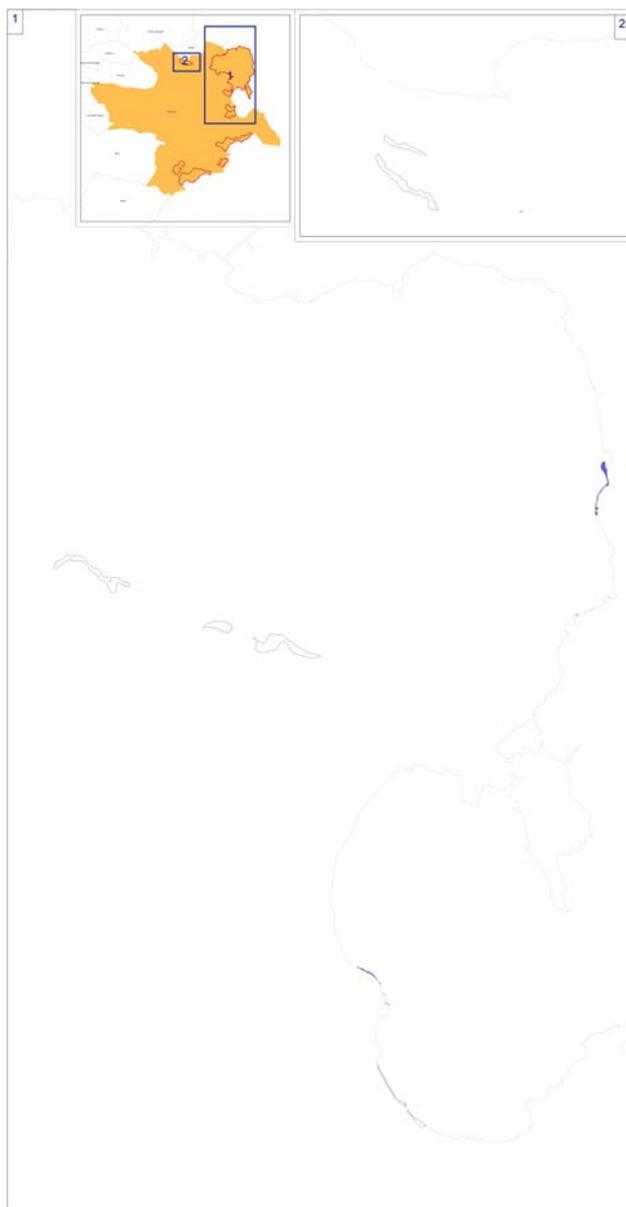


Figura 35 – Schema delle zone suscettibili di instabilità: 1) Siracusa, Pantanelli, Faro Carrozzeri, Isola; 2) Belvedere



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

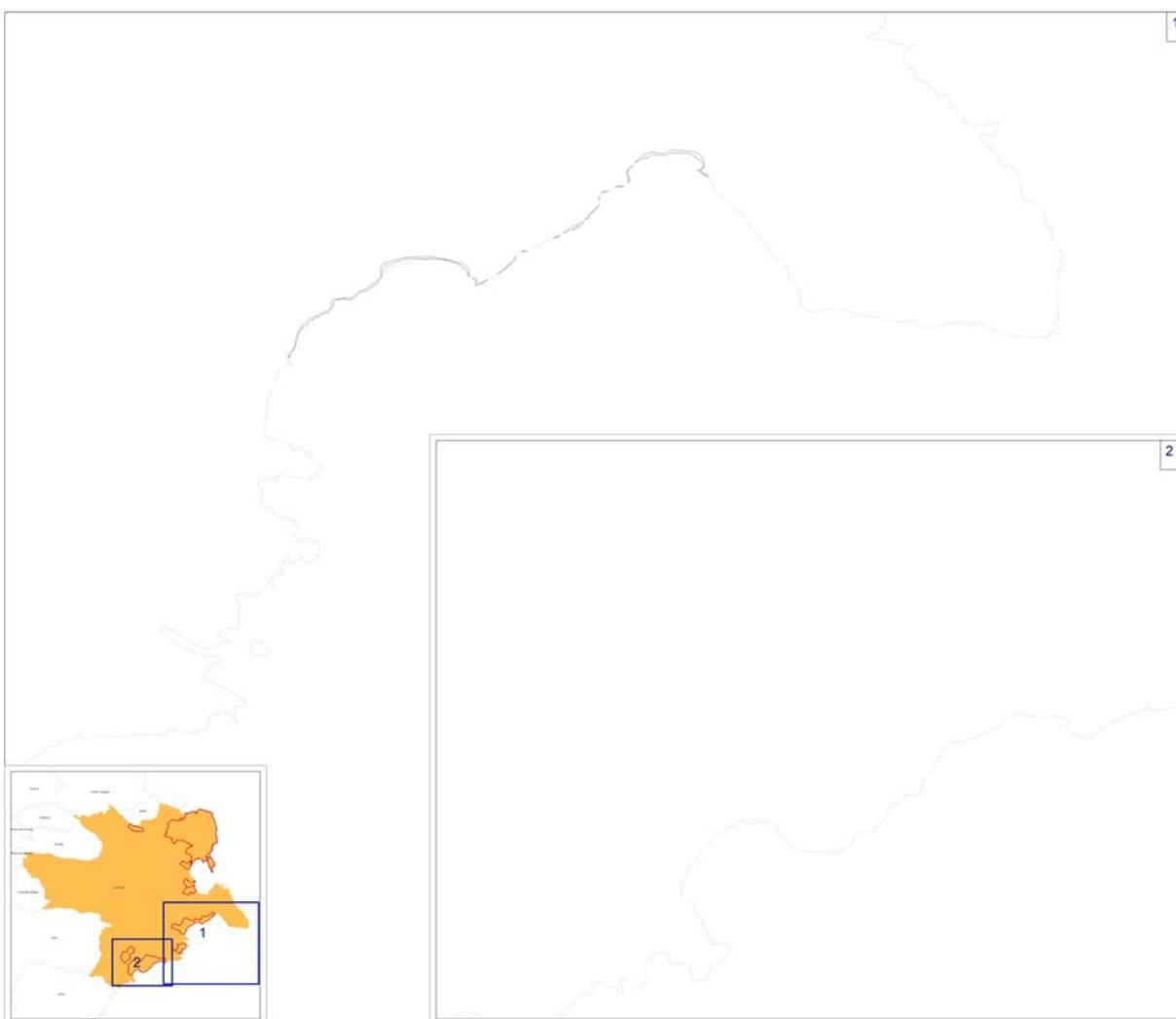


Figura 36 – Schema delle zone suscettibili di instabilità: 1) Terrauzza, Fanusa, Arenella e Ognina; 2) Cassibile, Fontane Bianche



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

9.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Zona 0

Questa zona, che si estende per quasi tutta la selezione areale considerata (Figura 37; Figura 38) e comprende i terreni appartenenti alle seguenti formazioni: Monti Climiti, Monte Carruba, Tellaro, Vulcaniti cretacee, Trubi e alternanze calcarenitico sabbiose quaternarie.



Figura 37 – 1) Siracusa, Pantanelli, Faro Carrozzeri, Isola; 2) Belvedere



Figura 38 – 1) Terrauzza, Fanusa, Arenella e Ognina; 2) Cassibile, Fontane Bianche

Tali formazioni appaiono interessate da un esteso sistema di fratture che rende gli ammassi rocciosi disarticolati. E' presente, a luoghi una copertura detritica incoerente il cui spessore, in corrispondenza di zone poco acclivi, è dell'ordine di diversi metri. Non si dispone di un numero sufficiente di dati geognostici diretti per caratterizzazioni di dettaglio, è stato tuttavia possibile sulla base dei dati geologici di superficie indicare all'interno dell'areale studiato i differenti assetti litostratigrafici che vengono riportati nella figura di seguito proposta (Figura 39). I tre assetti stratigrafici rappresentati si riferiscono, procedendo da destra verso sinistra, rispettivamente alle località di: Belvedere, Epipoli, Scala Greca, S. Panagia e Mazzarrona; Ognina e Fontane Bianche; Terrauzza, Fanusa e Arenella.

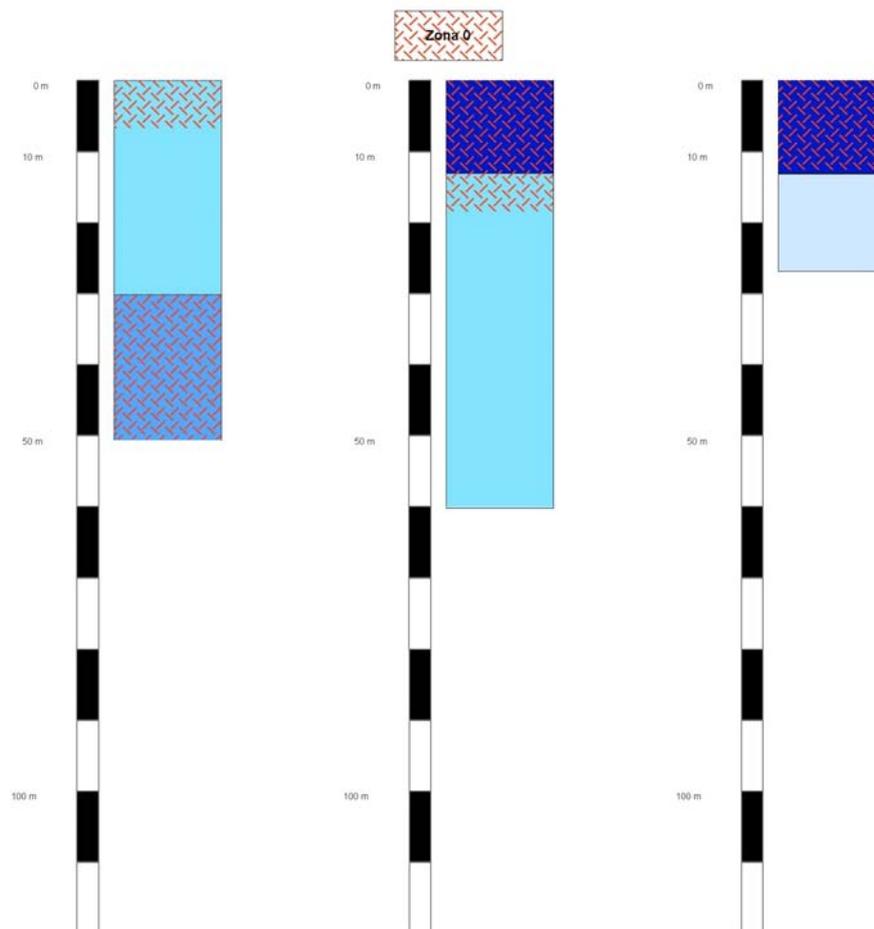


Figura 39 – Sezioni litostratigrafiche

Zona 1

È caratterizzata dalle zone dove si rinviene in affioramento il complesso argilloso-sabbioso e, nel caso dell'areale studiato è circoscritto alle zone di Via Antonello da Messina – Via Italia (Figura 40), dove ricadono due sondaggi

geognostici, e nei pressi di Masseria Armenia (Figura 40). Integrando i dati geognostici con la geologia di superficie è stato possibile definire la sezione stratigrafica schematizzata in Figura 41 e che risulta essere ben rappresentativa della zona indicata con 1 in Figura 40; viceversa per la zona indicata con 2 in Figura 40 non si dispone di dati sufficienti per definire un assetto stratigrafico rappresentativo del modello geologico del sottosuolo.

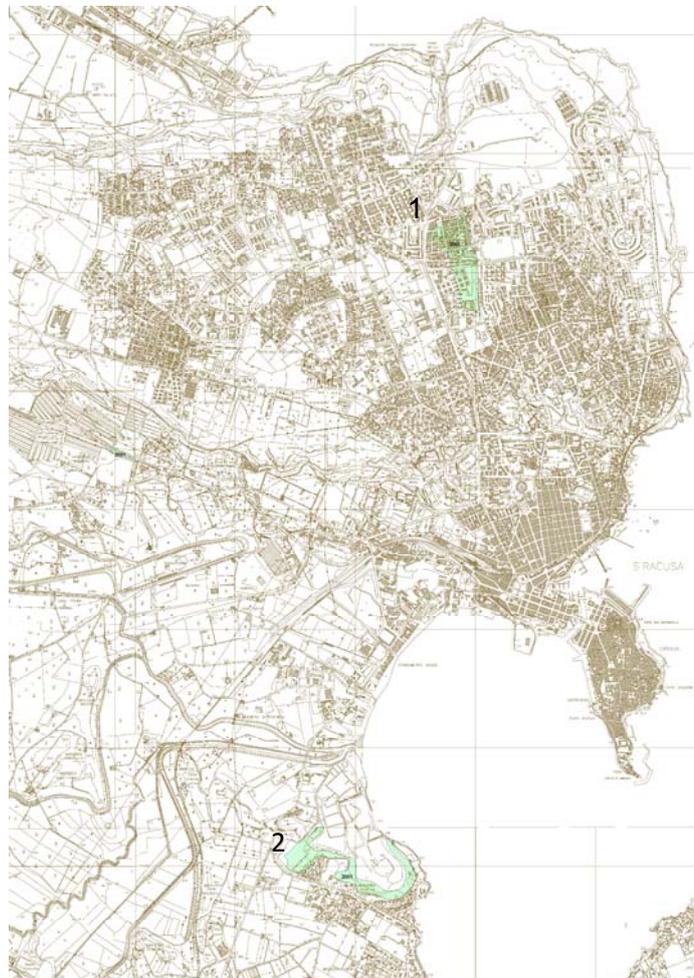


Figura 40 – 1) Via Antonello da Messina – Via Italia; 2) Masseria Armenia



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

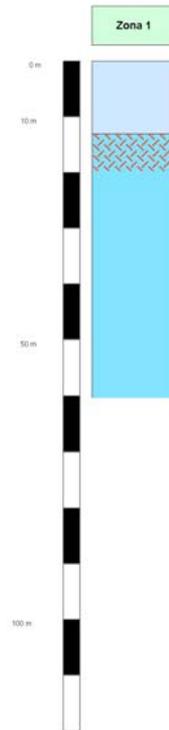


Figura 41 - Sezione litostratigrafica Via Antonello da Messina-Via Italia

Zona 2

Questa zona è caratterizzata da un assetto stratigrafico costituito da terreni di copertura (depositi alluvionali recenti, poco addensati) poggianti su terreni del substrato generalmente di tipo lapideo stratificato. E' presente nelle zone meridionali dell'area studiata (Figura 42) nelle località di Ognina, Cassibile e Fontane Bianche.

Non si dispone di indagini dirette, pertanto l'assetto stratigrafico proposto è desunto dalla geologia di superficie dalla quale si evince che lo spessore dei terreni di copertura non è superiore ai 10 m (Figura 43).

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 42 – 1) Ognina; 2) Cassibile, Fontane Bianche



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 43 – Sezione litostratigrafica

Zona 3

Questa zona è caratterizzata dai depositi di spiaggia affioranti nei settori centrali (Figura 44) e meridionali (Figura 45) dell'area studiata, l'assenza di dati geognostici non consente di caratterizzare nel dettaglio gli spessori di questi depositi così come la litologia e la profondità del substrato geologico.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

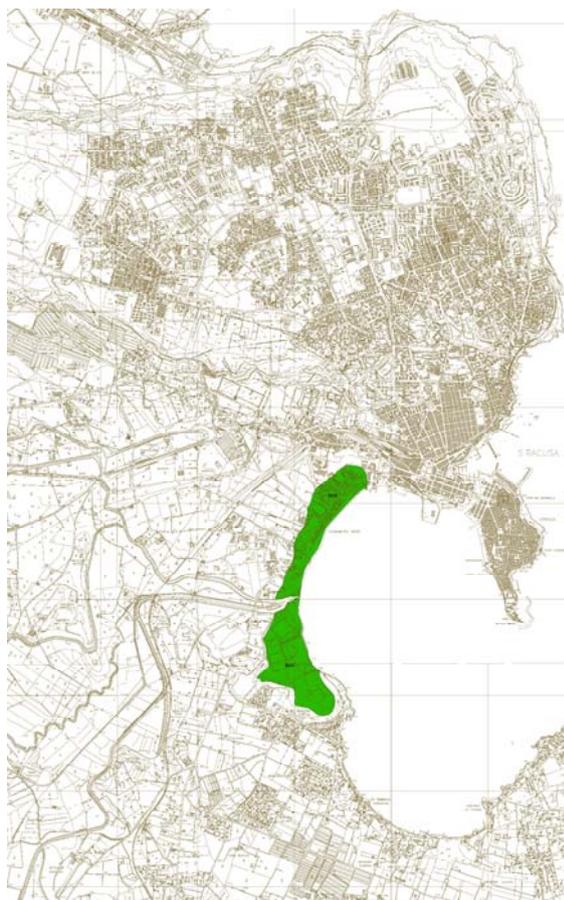


Figura 44 – Località Pantanelli, Anapo, Ciane

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 45 – 1) Ognina; 2) Fontane Bianche

Zona 4

Questa zona comprende i depositi alluvionali del Fiume Anapo e del Fiume Ciane che affiorano estesamente nel settore centrale dell'area studiata (Figura 46), le indagini geognostiche ricadenti in questa zona, che si spingono fino ad una profondità massima di 20 m, non intercettano il substrato geologico. L'assenza di indagini dirette che intercettano il substrato non consente di definire con sufficiente accuratezza lo spessore dei terreni di copertura, così come non è possibile ricostruire l'andamento del tetto del substrato geologico.



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

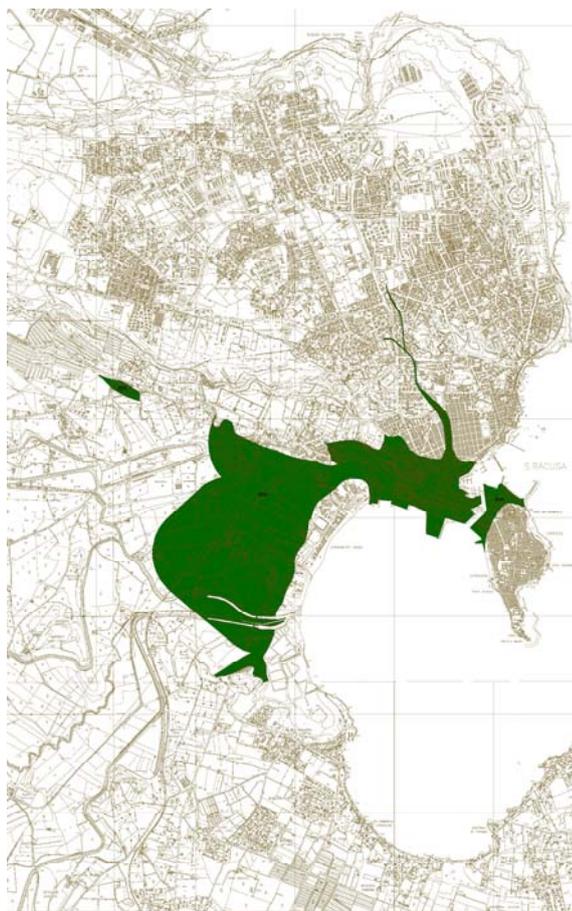


Figura 46 - Località Pantanelli, Anapo, Ciane

Zona 5

Questa zona è circoscritta alle zone nelle immediate vicinanze dello stadio Comunale “Nicola De Simone”, dove è presente una coltre di terreni di riporto (Figura 47). I due sondaggi geognostici ricadenti all’interno di questa zona hanno evidenziato che lo spessore del materiale di riporto è variabile da pochi centimetri fino a circa 6 m, al disotto del quale si rinvenivano i terreni del substrato lapideo stratificato (Figura



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

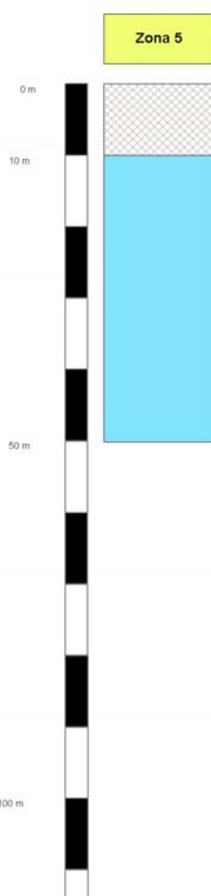


Figura 48 - Sezione litostratigrafica

Zona 6

È costituita da terreni di copertura a granulometria ghiaiosa affioranti nei pressi di Viale Paolo Orsi. La mancanza di indagini geognostiche non ha consentito di caratterizzare nel dettaglio le caratteristiche litotecniche di questi depositi, così come non sono noti gli spessori e i rapporti stratigrafici con i terreni del substrato.

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 49 – Località Viale Paolo Orsi

9.2 Zone suscettibili di instabilità

Sulla base delle informazioni disponibili è stato possibile ascrivere a questa categoria tutti quei fenomeni legati ai processi morfogenetici che innescano, o hanno indotto, deformazioni permanenti sul territorio. Come descritto nel paragrafo 4.1 per la definizione di queste zone sono state analizzate ed elaborate le informazioni acquisite dal PAI integrate con quelle provenienti dal Piano Regolatore Generale. Il PAI ad oggi rappresenta, a livello regionale, lo strumento tecnico-scientifico con valenza amministrativa che meglio rappresenta lo stato conoscitivo del territorio in



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

termini di dissesti geomorfologici e più in generale idro-geomorfologici. Va precisato che, pur essendo un valido strumento con elevata valenza amministrativa e governo della pianificazione territoriale, il PAI si riferisce ad uno stato dei luoghi e dei fenomeni funzione della data di esecuzione dei rilievi.

Per la realizzazione della carta delle MOPS, così come per la redazione della carta Geologico-Tecnica, sono state individuate e classificate, come zone suscettibili di instabilità, solo quelle ricadenti all'interno delle aree interessate dai piani di espansione urbanistica così come vengono definite nel P.R.G.

Ciò premesso nella tabella di seguito proposta è riportato l'elenco completo dei 6 dissesti censiti nel PAI e presenti nell'area oggetto di studio, ma non vengono riportati i 5 dissesti censiti dal PRG poiché per questi non vengono definite gli stati di attività e pericolosità.

Comune	Siracusa (SR)				
Bacino Idrografico (P.A.I.)	Area tra F. Cassibile e F. Anapo; Area tra F. Anapo e F. S. Leonardo (Lentini)				
LOCALITA	SIGLA	COD_TIP	COD_ATT	PERICOLO	Superficie
PUNTA CALDERINI	090-8SI-001	1	1	n.c.	4956,227
C/DA CAPPUCCINI	092-8SI-001	1	1	n.c.	2063,741
C/DA MAZZARONA	092-8SI-002	6	1	1	5325,131
C/DA MAZZARONA	092-8SI-003	1	1	n.c.	10068,86
C/DA MAZZARONA	092-8SI-004	1	1	n.c.	1710,07
C/DA MAZZARONA	092-8SI-009	6	1	1	217,751
C/DA MAZZARONA	092-8SI-010	6	1	1	211,7319

Nella tabella sopra riportata ad ogni valore numerico inserito nelle colonne COD_TIP, COD_ATT, Pericolo corrisponde un preciso significato in termini di tipo dissesto, codice attività e Pericolo. La tabella di seguito proposta, consente la decodifica in linguaggio formale del tipo di dissesto, del suo stato di attività e del suo grado di pericolosità così come definito nel DB del PAI.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Dissesti	COD_TIP
Crollo e/o ribaltamento	1
Colamento rapido	2
Sprofondamento	3
Scorrimento	4
Frana complessa	5
Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)	6
Colamento lento	7
Area a franosità diffusa	8
Deformazione superficiale lenta	9
Calanco	10
Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	11
Stato di attività	COD_ATT
Attivo	1
Inattivo	2
Quiescente	3
Stabilizzato artificialmente o naturalmente	4
Pericolosità	
P0 basso	1
P1 moderato	2
P2 medio	3
P3 elevato	4
P4 molto elevato	5



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

10 INDICAZIONI CONCLUSIVE

I rilievi geologici e geomorfologici acquisiti per il territorio comunale esaminato sono stati utili alla ricostruzione di un modello geologico preliminare del sottosuolo ed alla successiva classificazione delle formazioni presenti, in affioramento ed in profondità, finalizzata alla delimitazione di Microzone Omogenee. E' però necessario segnalare che l'analisi delle informazioni geologiche di base, propedeutica alla realizzazione degli elaborati prodotti, ha messo in evidenza per questo ambito territoriale la completa mancanza di dati geognostici che rende indispensabili opportune integrazioni.

I risultati conseguiti sono, pertanto da considerare preliminari e potranno essere perfezionati solo in sede di successivi approfondimenti.

In questa fase si possono suggeriscono le seguenti indicazioni:

1) MODELLO TRIDIMENSIONALE DEL SOTTOSUOLO.

Nel territorio in esame, segnatamente per l'area costiera, appare di grande utilità la ricostruzione della morfologia del substrato geologico, al di sotto delle coperture dei terrazzi fluvio marini e dei depositi di spiaggia, ai fini del dettaglio dello spessore delle coperture, allo scopo di individuare eventuali giaciture complesse, derivate anche dalla presenza di strutture tettoniche sepolte o giustapposizioni tra corpi a differente litologia che possono differenziare notevolmente la risposta sismica locale.

L'eventuale progetto del programma d'indagini necessario dovrà essere fortemente vincolato alle informazioni geologiche di superficie ed in grado di definire:

- A) Spessore dei terreni di copertura e profondità del substrato;
- B) Dettaglio delle caratteristiche litologiche e stratimetriche dei terreni di copertura;
- C) Caratterizzazione sismica e geotecnica dei terreni di copertura.

2) ANDAMENTO DEL BEDROCK GEOFISICO.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

La ricostruzione dell'andamento del bedrock geofisico che, come è stato messo in evidenza dai risultati qui conseguiti, non coincide con il tetto del substrato geologico, presenta maggiori difficoltà a causa della caotica distribuzione dei volumi fratturati dagli stress tettonici che lo pongono entro le formazioni del substrato a profondità che variano in modo irregolare.

La precisione di una tale ricostruzione, dunque, dipende dalla densità dei dati acquisiti. Sarebbe quindi utile la realizzazione di una pianificazione delle indagini dirette necessarie a fornire dati quantitativi su caratteristiche litologiche e sismiche dei terreni attraversati.

11 BIBLIOGRAFIA

Asten M. W., 1978. Geological control of the three-component spectra of Rayleigh-wave microseisms. *Bulletin of the Seismological Society of America* 68 (6), 1623–1636.

Asten M. W., Henstridge J. D., 1984. Arrays estimators and the use of microseisms for reconnaissance of sedimentary basins. *Geophysics* 49 (11), 1828–1837.

Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E., 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.

Bender B., Perkins D.M., 1987. SEISRISK III: a computer program for seismichazardestimation. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 1772, 48.

Ben-Menahem, A. & S.J. Singh, 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.

Bottari A., Carapezza E., Carapezza M., Carveni P., Cefali F., Lo Giudice E., Pandolfo C., 1984. The Messina Strait Earthquake in the regional geostructural framework. *Act of XXVII International Geological Congress*, C 08 section, Moscow.

Butler R.W.H., Grasso M., Gardiner W. & Sedgely, 1997. Depositional patterns and their tectonic controls within the Plio-Quaternary carbonate sands and muds of



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

onshore and offshore SE Sicily (Italy). *Marine and Petroleum Geology*, 14 (7-8), 879-892.

Carbone S. & Lentini F., 1981a. Caratteri deposizionali delle vulcaniti del Miocene superiore negli Iblei (Sicilia sud orientale). *Geologia. Romana*, 20, 79-101.

Carbone S. & Lentini F., 1981b. Rapporti tra il vulcanesimo miocenico e tettonica nel settore orientale dei Monti Iblei (Sicilia sud orientale) *Rend. Soc. Geol. It.*, 4, 245-248.

Carbone S., Grasso M., Lentini F., 1982c. Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud-orientale dal cretaceo al Quaternario. *Mem. Soc. Geol. It.*, 24, 362-386.

Carbone S., Grasso M. e Lentini F., 1986. *Carta Geologica del Settore Nord-Orientale Ibleo (Sicilia SE) scala 1:50.000*. S.EL.CA Ed., Firenze.

Carbone S., 2011. *Note illustrative della Carta geologica D'Italia, scala 1:50.000, Foglio 241 Augusta*. S.EL.CA Ed., Firenze.

Castellaro S. e Mulargia F., 2009b. The effect of velocity inversions on H/V. *Pure Appl. Geophys.* 166, 567-592.

Catalano S., De Guidi G., Romagnoli G., Torrisi S., Tortorici G. & Tortorici L., 2008°. Evidence of a late Quaternary tectonic inversion along the Scicli Line: omplication for the sismotectonics of SE Sicily. *5° Convegno GNGT Roma, 2006*, 286-289.

Cornell C. A., 1968. Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58, 1583-1606.

Costa M., Di Grande A., Maniscalco R., Musumeci C., 1993. Assetto stratigrafico delle ultime manifestazioni eruttive iblee. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania*, 20, 425-443.

CPTI Working Group, 2004. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*, INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04>.

CPTI Working Group, 2011. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11)*, INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11>.

Delgado J., Lopez Casado C., Giner J., Estevez A., Cuenca A. e Molina, S., 2000. Microtremors as a geophysical exploration tool: applications and limitations. *Pure Appl. Geophys.*, 157, 1445–1462.



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Di Grande A., 1967. I sedimenti pleistocenici del margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., 1,1,83-97

Di Grande A., 1968. L'alternanza neogenico quaternaria di vulcaniti e sedimenti al margine nord occidentale dell'Altopiano Ibleo. Atti Acc. Gioenia Sci. Nat., 1, 99-125.

Di Grande A., 1972. Geologia dell'area a nord di Augusta Francofonte (Sicilia SE). Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., 7, 1,91-125.

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.

Douze E. J., 1964. Rayleigh waves in short-period seismic noise. Bulletin of the Seismological Society of America, 54-4, 1197-1212.

Fäh, D., Kind, D. Giardini, 2001. A theoretical investigation of average H/V ratios. Geophys. J. Int. 145, 535-549.

Fäh D., Kind F. and Giardini D., 2003. Inversion of local S-wave velocity structures from average H/V ratios, and their use for the estimation of site-effects. J. Seismol., 7, 449–467.

Field E. and Jacob K., (1993). The theoretical response of sedimentary layers to ambient seismic noise, Geophys. Res. Lett. 20, 2925-2928.

Field E. H., Jacobs K.H. and Hough S.H., 1992. Earthquake site response estimations: a weak-motion case study. Bull. Seism. Soc. Am. 82, pp. 2283- 2307.

Gasperini P. e Ferrari G., 1995. Stima dei parametri sintetici, in: Boschi E. (a cura di), Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980, ING e SGA, Bologna, 96-111.

Gasperini P. e Ferrari G., 1997. Stima dei parametri sintetici: nuove elaborazioni, in: Boschi E. (a cura di), Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990, ING e SGA, Bologna, 56-64.

Gemmellaro G.C, 1885. Foglio 274 della Carta Geologica d'Italia (1:100.000) e le relative note illustrative.

Ghissetti F. & Vezzani L., 1980. The structural features of the Iblean Plateau and the Mont Judica area (South Eastern Sicily): a microtectonic contribution to the deformational history of the Calabrian Arc. Boll. Soc. Geol. It., 99, 57-102.



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Grasso M. & Lentini F., 1982. Sedimentary and tectonic evolution of the eastern Hyblean Plateau (Southeastern Sicily) during Late Cretaceous to Quaternary time. *Palaeog. Palaeocl. Palaeoecol.*, 39, 261-280.

Grasso M., Lentini F., Lombardo G. & Scamarda G., 1979. Distribuzione delle facies cretaceo-mioceniche lungo l'allineamento Augusta – Monte Lauro (Sicilia Sud Orientale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 98. 175-188.

Grasso M., Lentini F. & Pedley H.M., 1981. Late Tortonian Messinian (Miocene) palaeogeography of SE Sicily, information from two new formations of the Sortino group. *Sedimentary Geology*, 32, 279-300.

Grasso M., Lentini F., Carbone S., 1987., Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia S.E.): presentazione delle carte geologiche della Sicilia sud – orientale. *Memorie della Società Geologica Italiana* vol. XXXVIII, fasc. unico.

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G., 2007. CFTI04MED, Catalogo dei forti terremoti in Italia e nell'area mediterranea. INGV-SGA.

Gruppo di Lavoro MPS, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione civile, INGV, Milano-Roma, Aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

Gutenberg B., 1958. Microseisms. *Advan. Geophys.*, 5, 53-92.

Gutierrez C. and Singh S. K., 1992. A site effect study in Acapulco, Guerrero, Mexico: comparison of results from strong-motion and microtremor data, *Bull. Seism. Soc. Am.* 82, 642-659.

Kafka F.T. & Kirkbride R.K., 1959. The Ragusa oil field (Sicily). V. *World Petr. Congr., Proc. Geol. Sect.*, 1, New York.

Kanai K., 1954. Measurements of Microtremors. *Bulletin of earthquake research institute, Tokyo University*, 32, 199-210

Kanai, K., 1957. The requisite condition for the predominant vibration of ground. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 35, 457-471

Kanai K. and Tanaka T., 1961. On microtremors, VIII, *Earthquake Res. Inst. Tokyo* 39, 97-114.



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Lachet C., & Bard P.Y., 1994. Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of the Nakamura's technique. *J. Physics of the Earth*, 42-4, 377-397.

Lachet C. & Bard P. Y., 1995. Theoretical investigation of the Nakamura's technique. *Proceedings of the 3rd international conference on recent advances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics*, 2, 617-675.

Lentini F., Carbone S. & Grasso M., 1984. Carta geologica della Sicilia sud orientale, scala 1:100.000. S.EL.CA., Firenze.

Lentini F., Grasso M. & Carbone S., 1987. Introduzione alla geologia della Sicilia e guida all'escursione. In F. Lentini, M. Grasso & S. Carbone (Eds): "Sistemi avanfossa avampaese lungo la Catena appenninico Maghrebide". *Conv. Soc. Geol. It.*, 1987, 60pp.

Lermo, J., F. J. Chavez-Garcia, 1994. Are microtremors useful in site response evaluation? *Bulletin of Seismological Society of America* 84, 1350-1364.

Lermo J., M. Rodriguez and S.K. Singh, 1988. Natural periods of sites in the valley of Mexico from microtremors measurements and strong motion data. *Earthquake Spectra*. 4(4), 805-814.

Locati M., Camassi R. e Stucchi M. (eds.), 2011. DBMI11, the 2011 version of the Italian.

Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI* 30, p. 25-30.

Nogoshi M., and T. Igarashi, 1970. On the amplitude characteristics of microtremors, *J. Seism. Soc. Jpn* 23, 264-280.

Ogniben L., 1960. Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale. *Riv. Min. Sic.*, 64-65, 183-212.

Okada H., 2003. *The Microtremor Survey Method* (translated by Koya Suto): Geophysical Monograph Series, No.12, Society of Exploration Geophysicists.

Patacca E., Scandone P., Giunta G. & Liguori V., 1979. Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (southern Sicily). *Geologica romana*, 18, 331-369.

Pedley H.M., 1981. Sedimentology and paleoenvironment of the southeast Sicilian Tertiary platform carbonates. *Sedimentary Geology*, 28, 273-291.

Postpischl D., 1985. Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes - Progetto P.F.G..



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Rigo M. & Barbieri F., 1959. Stratigrafia pratica applicata in Sicilia. Boll. Serv. Geol. D'It., 80, 351-441.

Rigo M. & Cortesini A., 1961. Contributo alla conoscenza strutturale della Sicilia sud-orientale. Boll. Soc. geol. It., 81. 349-369.

Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M., 2011. CPTI11, versione 2011 del Catalogo parametrico dei terremoti italiani.

SESAME Project: "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations", 2005.

Shiono, K., Y. Ohta and K. Kudo, 1979. Observation of 1 to 5 sec microtremors and their applications to earthquake engineering. Part VI: existence of Rayleigh wave components. Journal of Seismological Society of Japan, 32, 115-124.

Tiberti M. M., Fracassi U., Valensise G., 2006. Il quadro sismotettonico del grande terremoto del 1905, In "8 settembre 1905 Terremoto in Calabria" a cura di Ignazio Guerra e Antonello Savaglio, Volume edito dalla Regione Calabria Assessorato alla Cultura, Università della Calabria, Dipartimento di Fisica, Deputazione di Storia Patria per la Calabria. AGM S.r.l. Castrovillari (CS).

Yamanaka H., M. Dravinski and H. Kagami, 1993. Continuous measurements of microtremors on sediments and basement in Los Angeles, California. Bull. Seism. Soc. Am, 83(5), 1595-1609.

12 ALLEGATI

Elaborati Cartografici

Carta delle indagini

Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

Carta delle frequenze

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1)