

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

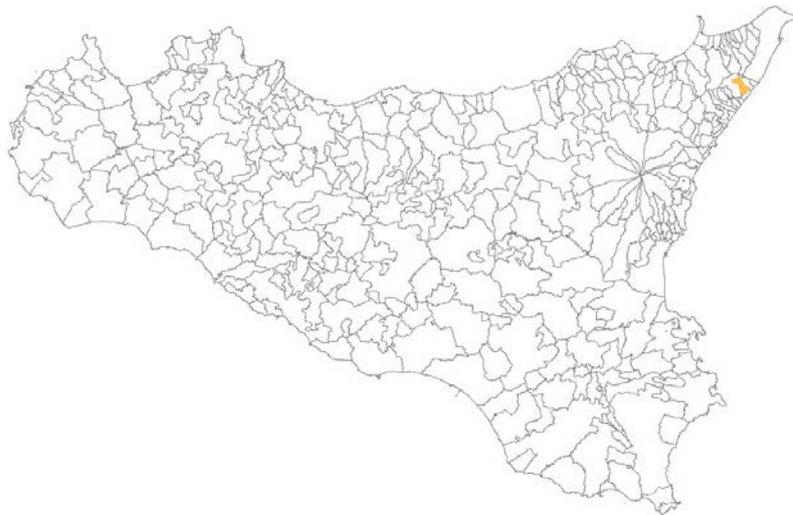
MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di Alì



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: Novembre 2012</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

Sommario

1	INTRODUZIONE	5
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	11
3	CENSIMENTO DATI	13
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	14
4.1	Analisi Morfologica e Altimetrica	14
4.2	Idrografia	17
4.3	Inquadramento geologico strutturale regionale	17
4.4	Assetto geologico strutturale dell'area esaminata	24
4.5	Stratigrafia dell'area esaminata	25
4.6	Analisi geomorfologica ed assetto dei versanti	28
4.7	Classificazione litologica dei terreni affioranti	30
5	SISMICITÀ E ZONE SISMOGENETICHE	35
5.1	Storia sismica e pericolosità dell'area	37
6	METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DELLE INDAGINI	43
7	ELABORATI CARTOGRAFICI	47
8	GEOGNOSTICA E GEOFISICA	55
8.1	Strumentazione utilizzata	55
8.2	Processing dei dati	56



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

8.3	Il Rumore sismico	57
8.4	Teoria sull'analisi del Rumore Sismico.....	59
8.5	Aree Interessate dalle indagini di MS	61
8.6	Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti	63
8.7	Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico	65
8.8	Considerazioni sui risultati ottenuti	71
9	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	72
9.1	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	76
9.2	Zone suscettibili di instabilità	81
10	INDICAZIONI CONCLUSIVE	84
11	BIBLIOGRAFIA.....	85
12	ALLEGATI.....	93

Indice delle Figure

Figura 1 – Individuazione geografica dell'area	6
Figura 2 - Corografia dell'area.....	12
Figura 3 - Suddivisione del territorio in fasce altimetriche	16
Figura 4 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici.....	29
Figura 5 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: substrato rigido o non rigido.....	31
Figura 6 - Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: terreni di copertura.....	32



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 7 - Carta geologico tecnica.....	34
Figura 8 - Catalogo parametrico dei terremoti (Gruppo di lavoro CPTI, 1999): epicentri dei maggiori terremoti della Sicilia e Calabria nel periodo 1125-1990. I poligoni rappresentano le Zone Sismogenetiche riconosciute (Meletti et alii, 2000).....	35
Figura 9 - Storia sismica di Alì estratta dal Database Macrosismico Italiano (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; I0 è l'intensità macrosismica dell'epicentro (MCS); MW è la magnitudo momento dell'evento con accanto il grado d'incertezza della stima.	38
Figura 10 - Schema tettonico della Sicilia orientale e della Calabria meridionale. In legenda i forti terremoti estratti dal catalogo CPTI (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani) (CPTI Working Group 2004, 2011).	42
Figura 11 - Comune di Alì: delimitazione dell'area indagata.	62
Figura 12 - Carta delle frequenze nel Comune di Alì Superiore	64
Figura 13 - Profilo A-A'	65
Figura 14 - Profilo B-B'	66
Figura 15 - Rappresentazione schematica di manifestazioni sorgentizie nelle successioni metamorfiche dei Monti Peloritani (da Ferrara, 1999 modificato).....	68
Figura 16 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica.....	74
Figura 17 – Schema delle zone suscettibili di instabilità	75

Indice delle Tabelle

Tabella 1 - Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati.....	30
Tabella 2 - Trasposizione analitica della aree in dissesto individuate (PAI)	30



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 - Storia sismica di Alì	38
Tabella 4 - Sorgenti del rumore sismico	58
Tabella 5 - Sigle dei siti di selezionati con relativa data di registrazione ed indicazione dell'uso del suolo.	63
Tabella 6 - 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.....	63
Tabella 7 - Risultati dei rilievi HVSR in relazione alla geologia ed all'altimetria.	70
Tabella 8 - Compendio dei dati geognostici diretti disponibili per la Zona 0.	77
Tabella 9 - Compendio dei dissesti presenti nella selezione areale considerata per il Comune di Alì (fonte PAI).....	82



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 Alì in Provincia di Messina (Figura 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

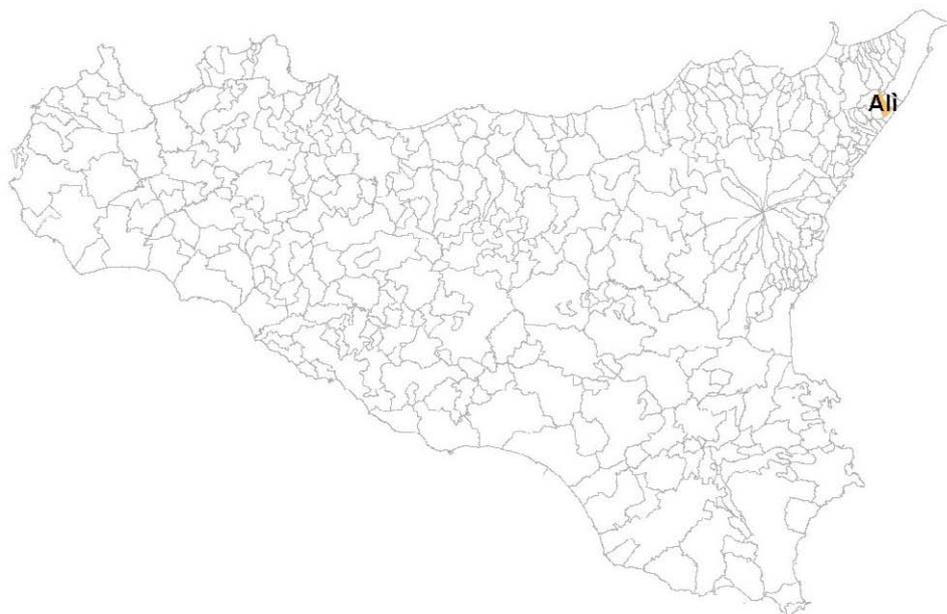


Figura 1 – Individuazione geografica dell'area

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 Alì in Provincia di Messina.

Il territorio comunale di Alì è ubicato nella parte nord-orientale dei Monti Peloritani, sul versante ionico della Provincia di Messina, occupa un'estensione di circa 15,82 Km² (Figura 2) e ricade, nella cartografia ufficiale in scala 1: 25.000 edita dall'I.G.M., nella tavoletta "Alì terme° 253 II SO.

I limiti dell'area investigata corrispondono ad Ovest con il Torrente Alì, ad Est e a Nord-Ovest con i rilievi della catena Peloritana e a Sud-Est con il mar Ionio.

Amministrativamente è caratterizzato dal centro abitato di Alì, dove risiede la maggior parte della popolazione ed è sede Municipale. Gli abitanti censiti sono circa 1000.

La zona di studio comprende una zona collinare e montana (da 600 fino a circa 1250 m s.l.m), entro cui ricade la parte più settentrionale del territorio comunale che è caratterizzata da rilievi con pendii molto acclivi, e una zona sub collinare (da 100 fino a circa 600 m s.l.m.), situata interamente nella parte meridionale 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

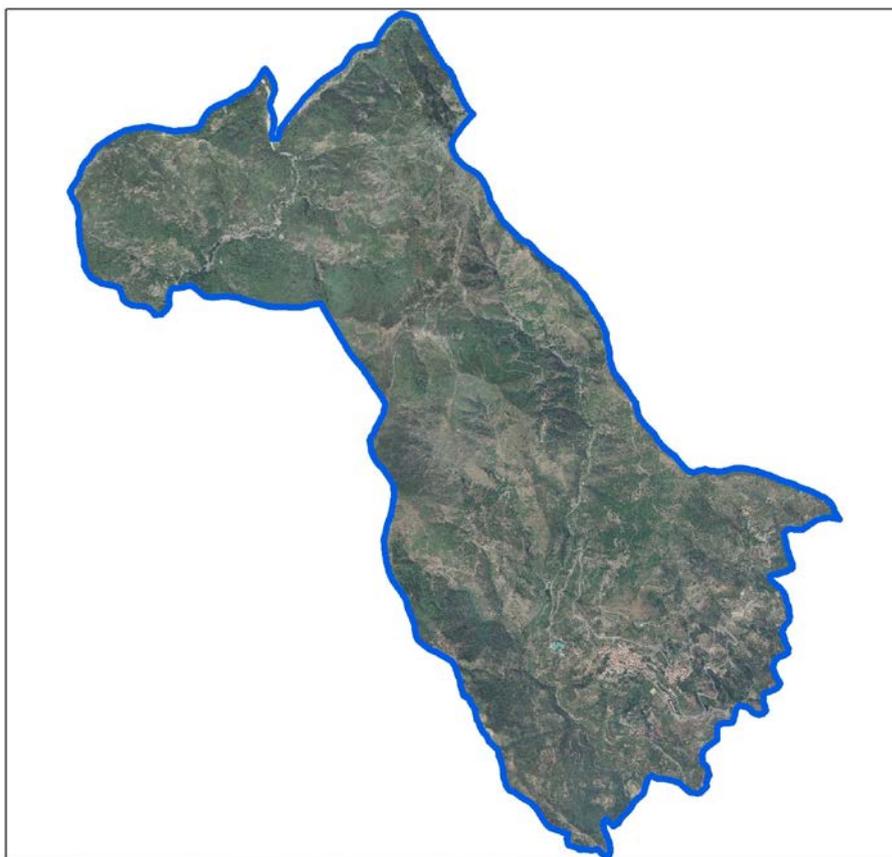


Figura 2 - Corografia dell'area



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 degli 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 di supporto alla redazione del P.R.G. (22.04.1989 data protocollo Genio Civile)
- Studio Geologico relativo al progetto per i Lavori di costruzione di n. 30 alloggi per edilizia economica e popolare e delle relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie (Novembre 1990 data nel documento)
- Studio Geologico di supporto per il progetto del Mercato destinato al commercio ambulante (Luglio 1993 data nel documento)
- Studio Geologico del Piano Particolareggiato dell'area destinata al commercio ambulante (senza data)



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

- Studio Geologico a supporto del progetto dei lavori di consolidamento e sistemazione idraulico territoriale a monte e a valle del centro abitato del comune di Alì (ME) (2009 data nel documento)
- Relazione e banca dati dei dissesti geomorfologici del PAI.

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 del Comune di Alì, ricadente nella Provincia di Messina, ha una superficie complessiva di circa 15,82 Km² e confina ad Ovest ed a Nord con il comune di Fiumedinisi, ad Est con il comune di Itala a Sud Est e Sud con il comune di Alì Terme.



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 territorio in esame rientra nel settore nordorientale della Sicilia e ricade nel versante orientale del sistema montuoso dei Monti Peloritani. Qui il paesaggio presenta una morfologia decisamente aspra con versanti scoscesi e accidentati, valli strette profondamente incise da torrenti e valloni dal bacino modesto e notevole pendenza, alternati a rilievi che raggiungono quote superiori ai 1200 metri s.l.m., e modeste aree pianeggianti in corrispondenza delle zone costiere e lungo i fondovalle alluvionali.

Dal punto di vista altimetrico è possibile distinguere, nell'area oggetto di studio, due zone:

- zona collinare e montana (da 600 fino a circa 1250 m s.l.m.), entro cui ricade la parte più settentrionale del territorio comunale e che raggiunge la maggiore elevazione in corrispondenza di Monte Scuderi (1252 m s.l.m.), che esibisce un paesaggio tipicamente rappresentato da rilievi con pendii molto acclivi e denudati ed incisioni strette e profonde;
- zona sub collinare (da 100 fino a circa 600 m s.l.m.), situata interamente nella parte meridionale del territorio comunale, si contraddistingue per la presenza di una prima fascia di rilievi subcollinari in cui lo stile orografico appare, localmente interrotto da zone subpianeggianti o poco acclivi, corrispondenti a rare superfici naturali e, più frequenti, opere di spianamento e/o terrazzamento antropico.

La figura di seguito proposta (Figura 3) rappresenta l'andamento altimetrico del territorio comunale suddiviso nei seguenti intervalli: 9-50 m; 50-100 m; 100-200 m; 200-600 m; 600-1278 m.

Sempre in Figura 3 è riportata l'area oggetto delle indagini eseguite (poligono di colore fucsia) che, in assenza di precise indicazioni dell'Amministrazione Comunale, è stata circoscritta al nucleo urbanizzato di Ali e dalla quale si evince che l'area considerata nel presente studio ricade interamente nella fascia compresa tra 200 e 600 m s.l.m.



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

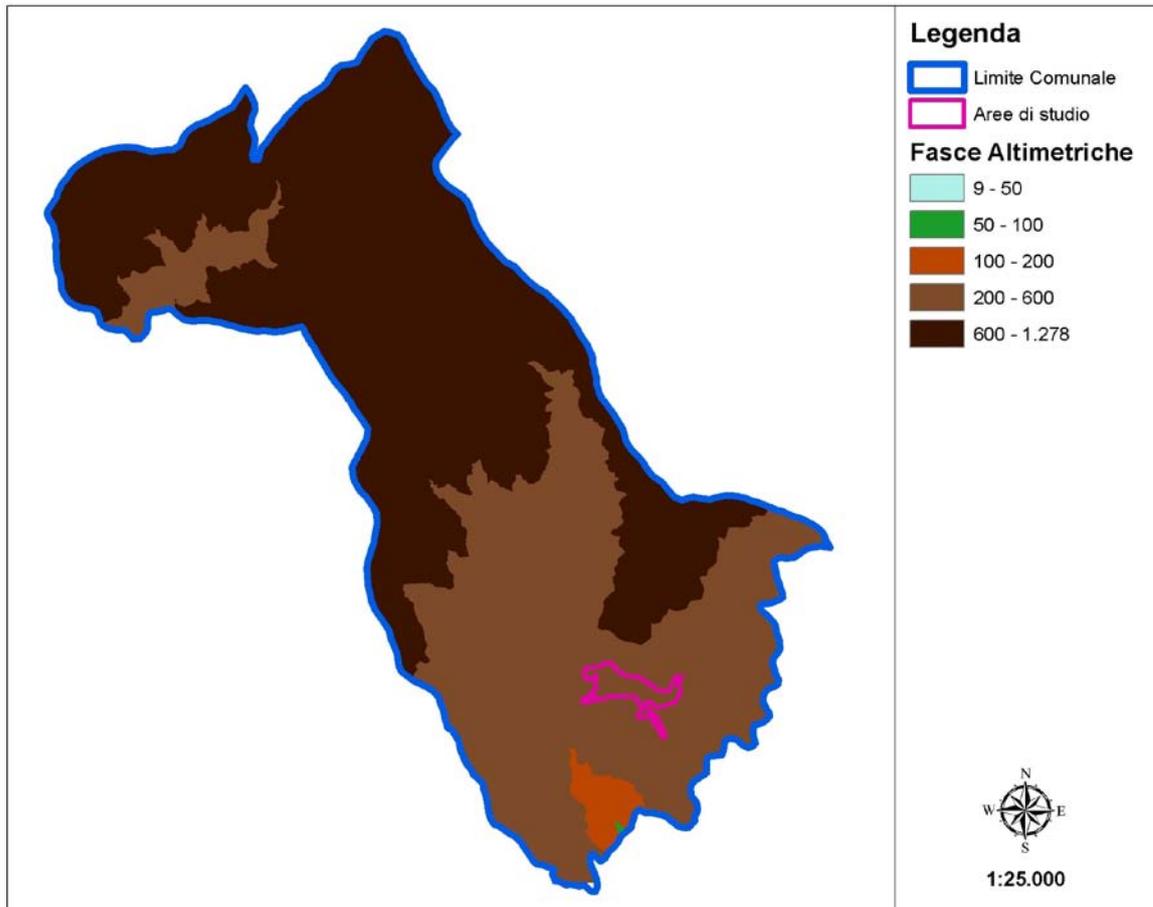


Figura 3 - Suddivisione del territorio in fasce altimetriche



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

4.2 Idrografia

Nel quadro morfologico dei Monti Peloritani si sviluppano elementi idrografici particolari, tipici dell'arco Calabro Peloritano, denominati "fiumare" e caratterizzati da un regime idrologico tipicamente torrentizio, fortemente influenzato dalle precipitazioni stagionali.

Le fiumare hanno uno sviluppo complessivo che può essere suddiviso in due parti e precisamente:

- tratto montano - collinare: in questo settore i corsi d'acqua si contraddistinguono per una ridotta lunghezza ed elevata pendenza e, in particolare, nei tratti principali delle aste fluviali l'elevato trasporto solido assume caratteri di debris flow;

- tratto vallivo: caratterizzato da minori pendenze e ampi letti fluviali, spesso sovralluvionati, a testimonianza delle impetuosità delle portate di piena.

Dal punto di vista idrografico nel territorio comunale di Alì ricade lo spartiacque dell'alto bacino del Torrente Fiumedinisi e del Torrente Alì ad Ovest e lo spartiacque del Torrente Alì ed il Torrente Itala ad est.

Nel parte settentrionale del territorio comunale, nelle zone di testata del torrente Alì il reticolo appare in fase giovanile ed è caratterizzato da un percorso breve e rettilineo delle linee d'impluvio che sono scarsamente ramificate con elevata acclività dei versanti (maggiore del 50%) che nel complesso formano un sistema di valli strette e profonde.

Nel settore meridionale, tratto vallivo, il profilo trasversale delle aste fluviali principali tende ad ampliarsi e le pendenze dei versanti a ridursi senza comunque perdere completamente la tipica immaturità fisiografica.

4.3 Inquadramento geologico strutturale regionale

La condizione geostrutturale di una zona di modesta estensione, come il territorio del Comune di Alì, può essere correttamente definita solo in riferimento all'assetto generale di un territorio più vasto.



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

Nel caso particolare occorre riferirsi alle condizioni del settore nordorientale della Sicilia e, in particolare, alla zona del versante orientale dei monti Peloritani, nell'ambito della quale ricade il suddetto comune.

Cartografia geologica disponibile:

- FOGLIO 601 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1:50.000) E LE RELATIVE NOTE ILLUSTRATIVE;
- FOGLIO 613 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1:50.000) E LE RELATIVE NOTE ILLUSTRATIVE;
- CARTA GEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI MESSINA (1:50.000);
- CARTA GEOLOGICO-MORFOLOGICA DELL'AREA DI TAORMINA (1:5.000);
- CARTA GEOLOGICA DEI MONTI DI TAORMINA (1:25.000);
- CARTA GEOLOGICA DEL GOLFO DI PATTI (1:50.000);
- SCHEMA GEOLOGICO DELLA SICILIA NORD ORIENTALE (1:200.000)

I primi dati geologici significativi relativi a questa zona derivano da rilevamenti effettuati alla fine dello scorso secolo da SEGUENZA (1869), da CORTESE (carta geologica del foglio n. 254, Messina, 1882) e da BALDACCI (1886).

Si tratta di lavori di base di notevole interesse in quanto rappresentano una sintesi delle precedenti conoscenze settoriali, Particolare importanza per la conoscenza della struttura geologica della Catena Peloritana rivestono la carta geologica alla scala 1:100.000 del Servizio Geologico d'Italia elaborata da BALDACCI (1886) e la relativa "Descrizione geologica dell'isola di Sicilia".

Il lavoro espone una descrizione piuttosto dettagliata delle formazioni geologiche esistenti, basata su una concezione statica dei terreni, ma lontana dalle concezioni successivamente maturate, soprattutto per merito delle intuizioni, delle interpretazioni e degli studi, successivamente elaborati da LUGEON ed ARGAND (1906) e da QUITZOW (1935).

Questi autori anticipano, nelle linee generali, le attuali concezioni sull'assetto tettonico della Sicilia nordorientale, attribuendo le inversioni dell'ordine stratigrafico, osservato per talune successioni litologiche, a fenomeni di trasporto orogenico e avanzando la teoria dei grandi "carreggiamenti", successivamente ripresa e documentata, per altre zone della Sicilia, da FABIANI e TREVISAN (1940), BENEIO (1949, 1950), SCHMIDT DI FRIEDBERG (1959).



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

Un notevole contributo alla conoscenza degli aspetti petrografici e strutturali dei Peloritani deriva anche dagli studi eseguiti da ANDREATTA (1941).

Nel 1960 viene pubblicato da OGNIBEN lo “Schema geologico della Sicilia nordorientale” che rappresenta una sintesi dei dati stratigrafici, petrografici e tettonici precedenti e costituisce un fondamentale ed originale contributo alla conoscenza delle condizioni geostrutturali della regione.

In sintesi OGNIBEN riconosce l'esistenza di una successione geologica basale (“Complesso basale”) cui si sovrappongono tettonicamente vari “complessi” di terreni costituiti da singole successioni, suddivise in una o più “falde di trasporto”, a loro volta ricoperte da terreni postorogeni (“Complesso neoautoctono”).

Lo schema proposto da OGNIBEN viene, negli anni successivi, avvalorato e parzialmente adeguato sia in base alle indagini di dettaglio eseguite dallo Stesso (1970, 1971) sia da numerosi altri studiosi tra i quali, per brevità, si citano TRUILLET (1968), DUEE (1969), ATZORI (1970, 1972), ATZORI et alii (1974), LENTINI e VEZZANI (1975, 1978), AMODIO MORELLI et alii (1976), GHISSETTI e VEZZANI (1978), BONARDI (1980), GIUNTA et alii (1980), NIGRO e SIDOTI (1993), CARBONE et alii (2007).

Per quanto riguarda specificatamente la zona considerata un quadro geostrutturale aggiornato viene rappresentato sulla “Carta geologica dei monti di Taormina” alla scala 1:25.000 (1994) curata da CARBONE et alii dell'Istituto di Geologia dell'Università di Catania e nella “Carta geologica della Provincia di Messina” alla scala 1:50.000 a cura di LENTINI et alii, (2.000).

Allo stato attuale delle conoscenze i lineamenti geostrutturali della Sicilia nordorientale possono essere sintetizzati nello schema descritto di seguito, tratto dai lavori a larga scala estesi a tutta la catena peloritana-nebroidea. Per semplicità non si fa riferimento ad altri significativi studi, non sempre concordanti con quanto di seguito descritto, non sempre sufficientemente estesi e dettagliati.

L'unità stratigrafica più bassa, nota con la denominazione di "Flysch Numidico", è costituita da una potente successione di argille brune con intervalli di quarzareniti. La formazione affiora in vasta zona, nel settore occidentale del territorio della provincia di Messina, ad O-SO del torrente Furiano, fino a Mistretta, Castel di Lucio e Tusa.



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 sovrapposizione tettonica al Flysch Numidico si sovrappongono varie unità raggruppate nel "Complesso Sicilide

L'unità di base è costituita dalla Formazione delle "Argille scagliose", costituita da prevalenti argille varicolori caoticizzate inglobanti lenti litoidi eterogenee. Questi terreni affiorano nel bacino del torrente Furiano, in una fascia che si estende in modo frastagliato, da S. Fratello a Cesarò, nonché, in placche discontinue, nei territori di Capizzi, Caronia, Mistretta e Tusa.

Le argille scagliose passano superiormente ad un'alternanza calcareo-marnosa con calciliti biancastre e rari livelli calcarenitici riferibili alla "Formazione di Polizzi".

Segue un intervallo di "Argille varicolori" e quindi un'alternanza di marne, calcari marnosi e arenarie tufitiche appartenenti alla unità del "Flysch di Troina-Tusa", affiorante nelle zone di S. Teodoro, Mistretta e Tusa.

Il vasto territorio nebroideo compreso tra Acquedolci, Cesarò e S. Domenica di Vittoria, è costituito da un'altra unità alloctona in facies di flysch denominata "Flysch di M. Soro" e riferita ad un'età cretaceo-eocenica.

Nell'ambito di questa formazione vengono distinti vari intervalli (o "membri") di cui uno, inferiore, a composizione argilloso-calcareo, uno intermedio a composizione argilloso-arenacea e una parte sommitale prevalentemente quarzarenitica.

Il complesso dei terreni sicilidi si chiude con un'alternanza argilloso-arenaceo-conglomeratica denominata "Flysch di Reitano" le cui aree di affioramento sono localizzate nei Nebrodi occidentali e, nella zona a SSE del comprensorio di Taormina, sul fianco destro del fiume Alcantara, con la "Formazione di Piedimonte" costituita da una successione argilloso-arenacea oligocenica.

In sovrapposizione tettonica sui terreni del Complesso Sicilide, e in particolare sul Flysch di M. Soro, si accavalla, lungo l'allineamento S. Fratello-Sant'Agata di Militello-Roccella Valdemone-Taormina, un'altra successione di terreni alloctoni che, nel loro insieme, formano il "Complesso Calabride", che si estende nel settore nebroideo orientale e nella catena peloritana.

Questo è formato da varie falde di ricoprimento costituite da terreni di origine metamorfica con placche discontinue di una copertura sedimentaria prevalentemente carbonatica.



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 posizione strutturale delle falde è chiaramente indicativa di un'inversione dell'originaria successione stratigrafica in quanto le varie unità sono in atto accavallate in ordine di metamorfismo crescente.

In pratica, in ordine di sovrapposizione dal basso verso l'alto, si riscontrano le seguenti successioni litologiche.

In corrispondenza della fascia di sovrapposizione con i terreni sicilidi, e cioè lungo l'allineamento sopra indicato, vengono distinte tre unità strutturalmente molto simili denominate rispettivamente "Unità di Capo S. Andrea", "Unità di Longi-Taormina", "Unità di S. Marco D'Alunzio".

Si tratta di tre successioni costituite da un intervallo basale di metamorfiti di basso grado, a prevalenti semiscisti clorico-sericitici grigio-nerastri e filladi, e da una sovrastante successione sedimentaria, talora lacunosa e condensata, comprendente un livello di arenarie e conglomerati rossi e una serie carbonatica a calcari, dolomie, calcari marnosi e marne in facies di "scaglia".

Ancora piuttosto simile alle precedenti risulta la "Unità di Rocca Novara" affiorante nella zona di Novara di Sicilia, anch'essa costituita di metamorfiti di basso grado e da lembi residui di una copertura carbonatica.

Seguendo l'ordine di sovrapposizione tettonica si passa ad una unità a prevalenti filladi con discontinui lembi di calcari e calcari marnosi, denominata "Unità di Mandanici".

Il Complesso Calabride si chiude con la "Falda dell'Aspromonte", costituita da metamorfiti di medio-alto grado a prevalenti micascisti, gneiss biotitici e occhiadini con intrusioni aplitico-pegmatitiche.

Questa unità forma l'ossatura dei Peloritani orientali, da Messina a Castoreale, affiorando in modo discontinuo fino a Capo Calavà e a Capo d'Orlando.

Le Unità calabridi vengono ricoperte, in discordanza, dal "Flysch di Capo d'Orlando", di età compresa tra l'Oligocene ed il Miocene inferiore, formato da un intervallo basale conglomeratico, in lenti talora piuttosto potenti, e da una successione di prevalenti arenarie grigio-giallastre con subordinati livelli o interstrati argillitico-siltosi.



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

Questa formazione risulta molto estesa nella fascia di passaggio tra i Peloritani e i Nebrodi, e si rinviene anche in placche discontinue sovrapposte alle metamorfite nel settore SE dei Peloritani fino alle aree di Limina e S. Alessio Siculo.

Dall'analisi dell'assetto strutturale del flysch emergono chiare evidenze indicative di un parziale coinvolgimento dello stesso nei movimenti tettonici che hanno coinvolto la successione delle unità metamorfiche.

In ricoprimento tettonico sul Flysch di Capo d'Orlando, e sulle unità calabridi, si rinvencono, più diffusamente sul versante tirrenico della dorsale peloritana, ad Est dell'allineamento Brolo-Floresta e fino a S. Lucia del Mela, numerose placche di argille caotiche variegata che nella letteratura specializzata vengono individuate con la denominazione di "Complesso Sud-Liguride" o "Argille Scagliose Antisicilidi".

Su questa unità poggiano in discordanza tettonica delle arenarie glauconitiche piuttosto smembrate note con la denominazione di "Calcareniti di Floresta", corrispondenti al "Complesso Post-sudliguride" di OGNIBEN (1960).

Le formazioni geologiche già descritte, tutte collegate alla dinamica dell'orogenesi alpina, vengono localmente ricoperte da una successione di terreni postorogeni autoctoni essenzialmente costituita da:

- una formazione basale conglomeratico-arenacea-sabbiosa o marnosa datata al Miocene superiore, affiorante lungo le fasce pedemontane del settore NE del territorio provinciale di Messina;
- livelli, piuttosto limitati, di depositi di facies evaporitica (Serie Gessoso-Solfifera) con lenti di calcari bianchi, spesso brecciati, gessi, gessareniti e livelletti di argille gessose, passanti verso l'alto a marne e calcari marnosi bianchi a foraminiferi (Trubi). Questi terreni si rinvencono in numerose placche piuttosto scompagnate dalla periferia di Messina (zona di Annunziata e Giostra e nell'area di Castanea-Gesso) fino a Villafranca Tirrena - Rometta, Venetico, Roccavaldina e Pace del Mela, ed altri piccoli affioramenti nella zona ad Ovest, fino a Patti;
- una successione di marne e argille azzurre passanti a facies sabbioso-calcarenitiche, di età plio-pleistocenica, presente lungo l'immediato entroterra costiero da Villafranca a Furnari (facies argilloso-sabbiose) nonché, in placche isolate, in altre località, come a Naso e Rometta;



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 formazione pleistocenica delle “sabbie e ghiaie di Messina” costituita da depositi di sabbie, ghiaie e conglomerati di origine fluvio-deltizia, affiorante in placche con spessore fino ad oltre 200 metri, sulle propaggini collinari prospicienti la linea di costa, nella fasce costiere tra S. Alessio e Nizza di Sicilia e a Nord di Messina. Relativamente alla loro genesi le Ghiaie di Messina sono oggetto di differenti interpretazioni infatti secondo alcuni autori sono considerate trasgressive su tutti i termini sottostanti (LOMBARDO, 1980; GHISSETTI, 1981; ATZORI et alii, 1983) mentre, BARRIER (1987) considera questi corpi come una facies deltizia diacrona, regressiva a progradazione centripeta diretta verso il centro dello Stretto, in seguito al brusco sollevamento dei retrostanti terreni cristallini. In ogni caso tutti concordano nel definire le Ghiaie di Messina come una successione sedimentaria di ambiente transizionale dove è possibile distinguere una porzione basale tipicamente marina e una porzione superiore tipica degli ambienti transizionali costieri;
- i depositi alluvionali di origine fluviale, terrazzati, recenti o attuali, a composizione sabbiosa ghiaiosa che, lungo le fasce costiere e i fondovalle dei corsi d'acqua principali, ricoprono le unità precedentemente descritte, con spessori talora piuttosto consistenti.

Gli studi più recenti tendono ad inquadrare la situazione strutturale della zona nell'ambito del quadro tettonico legato all'orogene appenninico-maghrebide (Africa settentrionale). In tale ottica nel settore NE della Sicilia s'individuerebbero due elementi strutturali principali tettonicamente sovrapposti e denominati: “Catena Kabilo-Calabride” e “Catena Appenninico-Maghrebide” (LENTINI et alii, 1995). La Catena Kabilo-Calabride comprende le falde di ricoprimento con basamento metamorfico, con le relative coperture mesocenozoiche e costituisce l'ossatura dei Peloritani. Essa si sovrappone, lungo un fronte compreso tra S. Agata di Militello e Taormina, alla Catena Appenninico-Maghrebide, prevalentemente costituita terreni sedimentari in parte riferibili al “Complesso Sicilide” di OGNIBEN, (Argille scagliose, Flysch di M. Soro, FLysch Numidico).

In riferimento agli schemi strutturali sopra citati, in letteratura si rinvengono numerosi altri lavori tendenti a definire le caratteristiche tettoniche, litologiche 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

stratigrafiche delle varie unità o a proporre modelli cinematici o tettonico-strutturali spesso in netto contrasto tra di loro.

I temi trattati nei suddetti lavori, pur se interessanti dal punto di vista del perfezionamento del modello geologico strutturale regionale, risultano poco rilevanti ai fini dell'analisi della geologia di ambito comunale, in relazione agli scopi degli odierni studi.

4.4 Assetto geologico strutturale dell'area esaminata

Le caratteristiche geologiche e stratigrafiche del territorio comunale di Alì sono state individuate 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 e sono state limitate ad un intorno sufficientemente rappresentativo dei terreni su cui ricade il centro abitato.

L'areale delimitato ricade nell'ambito del settore orientale dei Monti Peloritani che, dal punto di vista geologico strutturale, costituisce il lembo meridionale dell'Arco Calabro Peloritano che raccorda la Catena Appenninica Meridionale alla Catena Siculo-Maghrebide.

I terreni affioranti, di natura quasi esclusivamente metamorfica, sono rappresentati dalle Unità Kabilo - Calabridi strutturalmente più elevate, i cui rapporti di giacitura si sono determinati a seguito di complesse azioni tettoniche (a "falde di ricoprimento") derivate dalle grandi dislocazioni avvenute nel corso dell'orogenesi alpina-appenninica e, successivamente, dai movimenti epirogenetici che hanno portato al sollevamento della dorsale settentrionale della Sicilia.

Nel dettaglio si riconoscono le seguenti unità tettoniche, ricoperte, in corrispondenza dell'alveo delle aste fluviali principali, dai terreni alluvionali recenti ed attuali a composizione prevalentemente sabbioso ghiaiosa:

- Unità di Alì;
- Unità di Mandanici.



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

La prima è una successione di varie formazioni sedimentarie mesozoiche, in apparente continuità stratigrafica, interessate da metamorfismo alpino di anchizona poggiate su un basamento metamorfico di epoca paleozoica. Non è possibile stabilire lo spessore complessivo di questa Unità a causa dell'intensa deformazione tettonica. La potenza stimabile in affioramento è di circa 550 m.

La seconda è una Unità tettonica costituita da un prevalente intervallo basale di epimetamorfiti con discontinue intercalazioni di calcescisti filladici e quarziti sormontate da una serie di terreni carbonatici in placche discontinue e piuttosto scompagnate.

Nell'ambito del quadro tettonico - strutturale va segnalata l'esistenza di modeste dislocazioni per faglia diretta, a sviluppo essenzialmente locale e molto limitato, probabilmente legate ai movimenti di assestamento, in fase epirogenetica, dei volumi più superficiali dell'ammasso roccioso, e di un fitto reticolo di diffusa microfessurazione, derivato dal susseguirsi degli stress tettonici.

4.5 Stratigrafia dell'area esaminata

Nel dettaglio la successione stratigrafica è costituita da :

- Coltre eluvio-detritica superficiale;
- Alluvioni attuali e recenti (Olocene);
- Metamorfiti dell'Unità di Mandanici: Filladi (Paleozoico);
- Metamorfiti dell'Unità di Ali: Alternanza argilloso arenacea (Triassico medio?).

Inoltre sono stati evidenziati i seguenti elementi:

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

Seguendo l'ordine di sovrapposizione litologica, dal basso verso l'alto, le caratteristiche litologiche sono le seguenti:

Unità di Ali

Affiora, in un limitato lembo a sud est della selezione areale considerata nel



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

presente studio, la successione basale della sequenza mesozoica di questa Unità tettonica, qui costituita da una facies arenaceo-argilloso-conglomeratica, ben stratificata, entro cui prevalgono le arenarie siltose compatte di colore violaceo o rossastro alternate a livelli argillitici varicolori, evolve verso l'alto ad una facies conglomeratica ad elementi ben cementati. Tale passaggio di facies si osserva anche orizzontalmente talvolta con rapporti di tipo eteropico. La potenza della successione è di circa 200 m.

Unità di Mandanici

Si tratta di metamorfiti di basso grado a prevalenti filladi muscovitiche e sericitiche con lenti e noduli di quarzo, differenziabili, rispetto al basamento dell'unità sopra descritta, per un più elevato grado di metamorfismo.

L'ammasso si presenta eterogeneo, ad elevata scistosità, intensamente tettonizzato e contraddistinto da un fitto sistema di pieghe e convoluzioni. Si suddividono in scaglie irregolari, con caratteristica lucentezza delle superfici di scistosità. In affioramento assumono colorazione grigiastra con differente sfumatura in funzione della composizione mineralogica, dal grigio – verde (filladi a clorite) fino a grigio scure (filladi-grafitiche). La scistosità è sempre apprezzabile ad occhio nudo e si presenta sia di tipo planare sia ondulato spesso con termini variamente arricciati e pieghettati. Nei livelli più alterati e milonitizzati le filladi mostrano una tessitura a piccole scaglie talora argillificata. Nello studio geologico del PRG sono segnalati intensi processi fratturazione, distribuiti a variabile profondità, ritenuti responsabili dell'allentamento della porzione superficiale.

Depositi alluvionali recenti ed attuali

Si tratta di materiali provenienti dall'erosione dei fianchi dei canali delle linee d'impluvio trasportate verso valle durante l'attivazione dei torrenti. Si rinvencono esclusivamente nelle aree di fondovalle e dal punto di vista litologico sono costituite da elementi lapidei di gneis, filladi, quarzo, micascisti e di più rari calcari.

Dal punto di vista granulometrico, prevalgono le associazioni di sabbie con ghiaie e ciottoli, con ciottoli, anche di cospicue dimensioni, ma sempre dispersi



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

irregolarmente nel deposito, e ghiaie con sabbia; la frazione limosa, quasi sempre subordinata od assente, soprattutto per le alluvioni recenti, si rinviene essenzialmente sotto forma di lenti.

L'assetto giaciturale è irregolare con frequenti discordanze ed eteropie.

Le alluvioni recenti si distinguono da quelle attuali per essere terrazzate e ricoperte da un orizzonte pedologico in via di sviluppo, nel complesso possono essere considerate più addensate delle precedenti.

La potenza si presenta estremamente, e tipicamente, variabile e sulla base di considerazioni altimetriche può essere stimata in circa 20 m.

Coltri detritiche

Tutte le unità litologiche descritte vengono ricoperte da una diffusa, anche se discontinua, coltre di materiali detritici derivanti dalla degradazione del substrato o da movimenti gravitativi, o dall'azione di erosione – trasporto - deposizione operata dalle acque meteoriche.

Localmente le coltri detritiche assumono una rilevante consistenza areale con spessori discontinui che, sulla base dei dati ricavati dallo studio geologico di P.R.G., raggiungono potenze di qualche metro e rivestono particolare importanza anche dal punto di vista della stabilità dei versanti.

Sulla base delle caratteristiche litologiche e granulometriche nello studio citato sono distinte in *Copertura detritica di natura prevalentemente filladica* e *Copertura detritica di natura calcarea*, con chiaro riferimento all'affioramento da cui derivano.

Nell'allegata Carta geologico tecnica tale distinzione, in funzione degli scopi del presente studio, è stata omessa.

Corpi di frane recenti e storiche



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

Sulla carta geologica allegata al P.R.G. vengono evidenziate le aree interessate da movimenti franosi recenti, e da dissesti morfologici attivi.

La maggiore incidenza di superfici in dissesto è rilevabile sulle formazioni metamorfiche.

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 ed 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 geomorfologia agli agenti morfoevolutivi; è infatti possibile osservare che il territorio qui esaminato presenta una fisiografia aspra ed irregolare totalmente condizionata dalle rocce cristalline che affiorano nella quasi totalità dell'areale considerato.

Dall'esame degli elaborati dello studio geologico di PRG e della cartografia del PAI Sicilia e di quanto disponibile in bibliografia è stato possibile derivare, per tutto il territorio comunale di Ali, 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 4) 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 PRG, PAI, CARG);

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 4) e di tabelle riepilogative quantitative degli elementi geomorfologici individuati (Tabella 1).

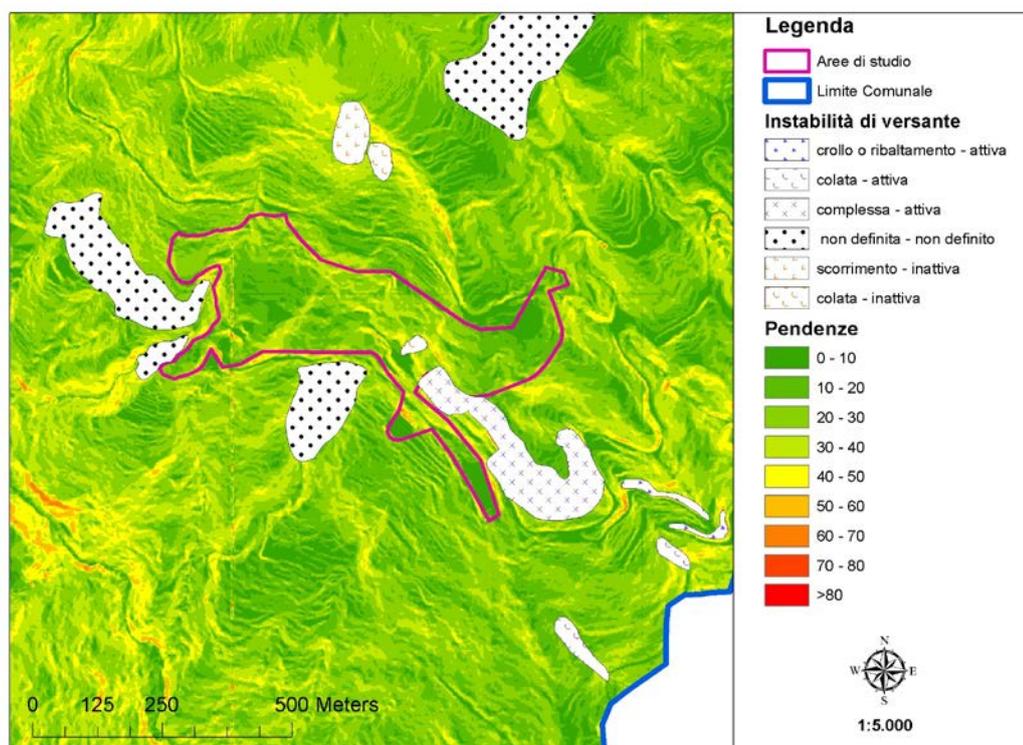


Figura 4 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici



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

Descrizione	Numero
Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	6
Picchi isolati	1

Tabella 1 - Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati

Per la selezione areale di Alì, sono stati censiti 12 dissesti: gli eventi più frequenti risultano quelli conseguenti a colamento rapido (4) seguiti da eventi provocati da deformazione superficiale lenta (3) e crolli e ribaltamenti (2).

La tabella seguente (Tabella 2) esibisce i dati raccolti raggruppati per tipologia di dissesto.

Tipo dissesto	N° totale	Superficie Totale (mq)
Crollo o ribaltamento	2	4190,3
Colamento rapido	4	9932,8
Scorrimento	1	6974,5
Frana complessa	1	34175,75
Deformazione superficiale lenta	3	95385,6
Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	1	19315

Tabella 2 - Trasposizione analitica della 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

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

- Terreni di copertura

Nelle figure di seguito proposte (tratte da Microzonazione Sismica – standard di rappresentazione e archiviazione informatica, Figura 5, Figura 6) 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.

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

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

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

Secondo tali indicazioni i terreni riconosciuti nel comprensorio comunale di Ali sono stati classificati nel modo seguente.

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

- *Unità di Mandanici* - Facies metamorfica di basso grado a filladi e filladi quarzifere prevalenti con calcari cristallini associati e più rari scisti verdi. La formazione si presenta intensamente fratturata.

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



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 di Ali* - Facies arenacea compatta irregolarmente alternata a livelli argillosi varicolori con passaggio, verso l'alto, a conglomerati ad elementi ben cementati. La formazione si presenta intensamente fratturata.

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

- Alluvioni recenti ed attuali - materiali ghiaioso sabbiosi, ciottoli e blocchi levigati le prime, con una componente più sabbiosa le seconde; complessiva giacitura lenticolare e/o stratificazione incrociata. Grado di addensamento variabile in modo irregolare.

La precedente classificazione è compendiate nella seguente tabella e restituita nell'allegata Carta geologico-tecnica (Figura 7).

Categorie	Sottocategorie	Litotipi
Substrato rigido o non rigido	Lapideo	Filladi
		Quarziti
		Calcari cristallini
	Alternanza di litotipi, stratificato	Alternanza arenaceo-argilloso-conglomeratica
Terreni di copertura	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	Alluvioni attuali e recenti

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

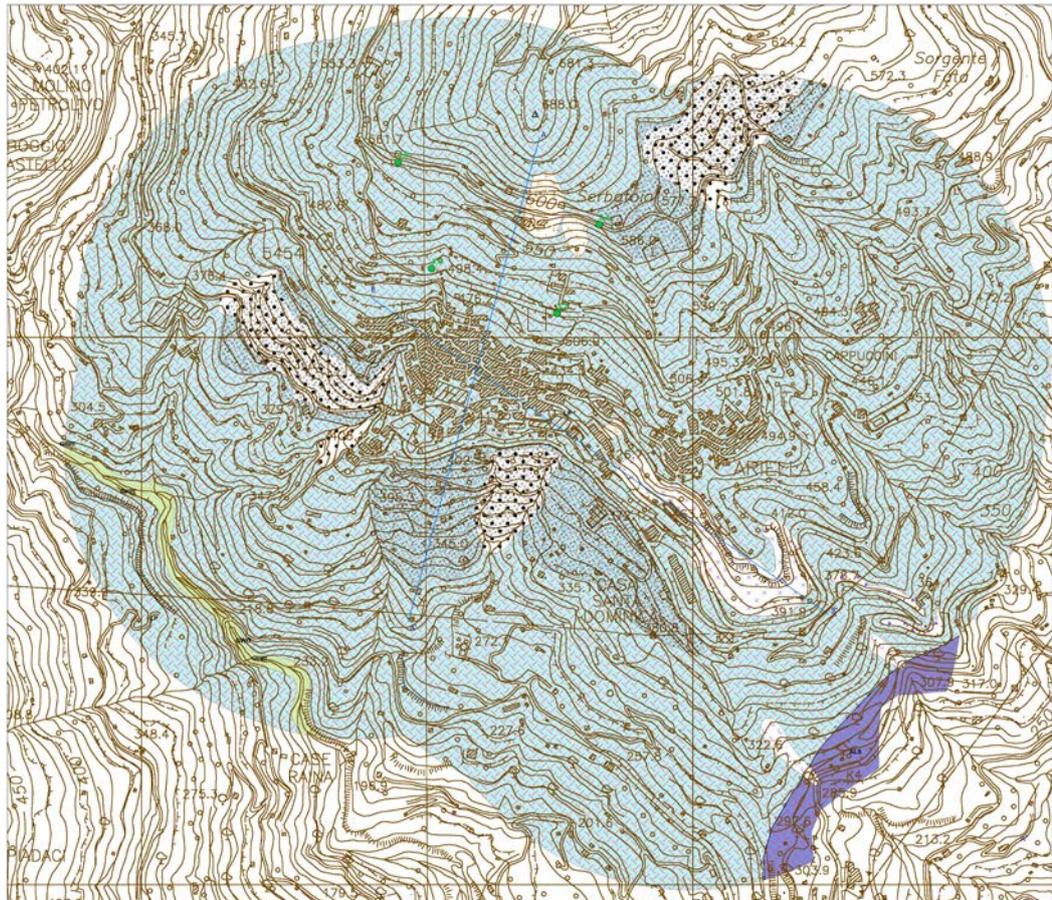


Figura 7 - Carta geologico tecnica

5 SISMICITÀ E ZONE SISMOGENETICHE

L'area della Catena dei Peloritani ricade entro un esteso comparto del territorio italiano in cui si localizza la più alta pericolosità della nazione essendo stata colpita nel passato da molti terremoti distruttivi (magnitudo $M = 6.4-7.3$).

L'influenza dei terremoti capaci di dare un contributo significativo alla pericolosità sismica del settore in studio, ricadono pertanto in un ambito più esteso di quello regionale e sono riferibili a zone sismogenetiche situate nella Sicilia Orientale e Settentrionale e la Calabria. In questo contesto sono state individuate diverse zone sismogenetiche (ZS) caratterizzate da sismicità omogenea (MELETTI et alii, 2000a) (Figura 8).

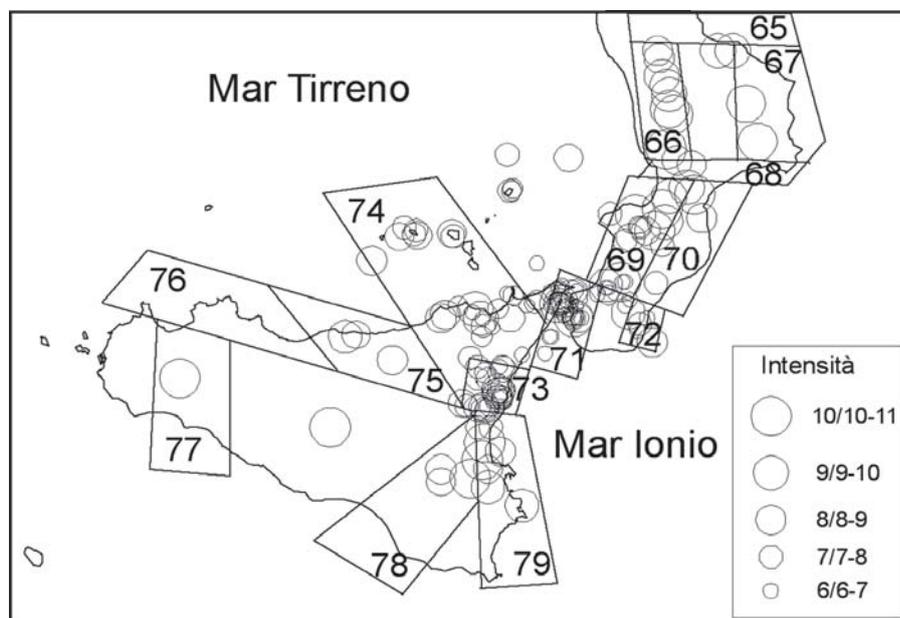


Figura 8 - Catalogo parametrico dei terremoti (Gruppo di lavoro CPTI, 1999): epicentri dei maggiori terremoti della Sicilia e Calabria nel periodo 1125-1990. I poligoni rappresentano le Zone Sismogenetiche riconosciute (Meletti et alii, 2000)



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 Sicilia orientale la sismicità è distribuita soprattutto lungo la costa ionica, con eventi che hanno raggiunto $M \approx 7.0$ (Azzaro & Barbano, 2000) caratterizzati da lunghi periodi di ritorno. Le strutture più importanti, alla cui attività possono essere ascritti i terremoti più forti occorsi in quest'area (1169, $I_{max} = X$ MCS; 1693, $I_{max} = XI$) sono rappresentate da una cintura di faglie dirette che si estende per 370 km dalla Scarpata Ibleo-Maltese, nel settore sud orientale della Sicilia (ZS 79 Figura 8), fino alla Valle del Crati nella Calabria tirrenica (ZS 69 Figura 8). Tale sistema è stato geodinamicamente interpretato come una zona di rift, denominata appunto rift siculo-calabro (MONACO et alii, 1997; MONACO & TORTORICI, 2000) che espleta una costante deformazione estensionale lungo l'asse orientato ONO-ESE con velocità, stimata da misure VLBI (Very Long Baseline Interferometry), di circa 4,9 mm/a (WARD, 1994).

La ZS73 delimita il distretto vulcanico etneo che si contraddistingue per un'attività sismica caratterizzata da frequenti terremoti di bassa magnitudo e più rari eventi di maggiore intensità (1911, $I_{max} = X$ MCS) ma con profondità ipocentrale superficiale (Figura 10) (MONACO et alii, 1995, 1997; GRESTA et alii, 1997). Le conseguenze dei più rari sismi ad elevata intensità, pertanto, non producono effetti distruttivi ma sono appena avvertiti al di fuori dell'area stessa.

Al confine tra i Nebrodi e i Peloritani occidentali l'attività sismica (SZ 74) è individuabile lungo il versante tirrenico, in particolare lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina (AZZARO et alii, 2000).

Questa sismicità è associabile alle strutture trascorrenti destre NO-SE presenti nell'area (terremoto di Patti del 1978, BARBANO et alii, 1979). Altre strutture presenti nell'area sono quelle connesse ai terremoti di Naso, i quali potrebbero essere causati dall'attivazione di faglie normali orientate NE-SO responsabili del sollevamento della Catena. Le strutture peri-tirreniche (circa E-O) presenti in mare potrebbero costituire la sorgente del terremoto del 1823 ($M = 5.9$) (AZZARO et alii, 2000).

La ZS 71 comprende il territorio comunale oggetto di questo studio. Questo settore come i precedenti ZS 79 e ZS 69 è interessato dal passaggio del rift siculo-calabro nelle porzioni di mare prospicienti le coste. In particolare vari Autori hanno teorizzato la presenza di un segmento di faglia diretta lungo circa 40 km, denominato faglia di Taormina, che correndo parallelamente alla costa compresa tra Giardini



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

Naxos a sud e Gabria a nord, deforma verticalmente l'area sin dal tardo Quaternario con un'alternanza di periodi intersismici e di repentini forti eventi cosismici.

Tuttavia in questo settore l'unico terremoto storico che può dare informazioni di carattere sismogenetico è il terremoto del 28 dicembre 1908 ($M \approx 7.1$; $I_{max} = XI$, MCS) (GHISSETTI & GRESTA, 1990), ampiamente descritto da BARATTA (1910).

Trattandosi di un terremoto del primo decennio del secolo scorso i dati strumentali non sono molto precisi ed al contempo nelle cronache sono assenti precisi riferimenti alle evidenze di fagliazione superficiale. Per cui collocazione spaziale, geometria e dimensione del volume sismogenetico sono stati ricostruiti in modo diverso dai vari Autori che hanno proposto vari modelli al riguardo (GHISSETTI, 1992; VALENSISE & PANTOSTI, 1992, 2001).

5.1 Storia sismica e pericolosità dell'area

La storia sismica di un sito costituisce elenco cronologico degli effetti causati dai terremoti vicini e lontani espressi in intensità macrosismica, e rappresenta la base essenziale per considerare i possibili impatti del terremoto con il territorio nel tempo.

Attraverso la ricostruzione della storia sismica, pertanto, si può riuscire a valutare la pericolosità al sito mediante l'utilizzo di metodi analitici di recente sviluppo (MAGRI et alii, 1994).

Per la ricostruzione delle storie sismiche del territorio in studio si può fare riferimento ai dati disponibili in letteratura, quali il database GNDT DOM4.1 (MONACHESI & STUCCHI, 1997), il Catalogo dei Forti Terremoti Italiani 150 (BOSCHI et alii, 1997; 2000), il Database Macrosismico Italiano (DBMI11, LOCATI et alii, 2011). La revisione delle fonti storiche utilizzate in questi ultimi cataloghi ha permesso l'aggiornamento delle analisi eseguite di migliorare e/o di aggiungere nuovi dati che si rivelano particolarmente preziosi nella valutazione dei terremoti più forti che hanno provocato i maggiori danni.

Per quanto riguarda la storia sismica del territorio comunale di Alì si può fare utilmente riferimento al Database Macrosismico Italiano (DBMI11, LOCATI et alii, 2011) disponibile sul sito INGV (Tabella 3; Figura 9).



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

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
5	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9	6.07 ±0.10
8	1908 12 28 04:2	Calabria meridionale- Messina	800	11	7.10 ±0.15
5	1978 03 11 19:2	Calabria meridionale	126	8	5.24 ±0.09

Tabella 3 - Storia sismica di Alì

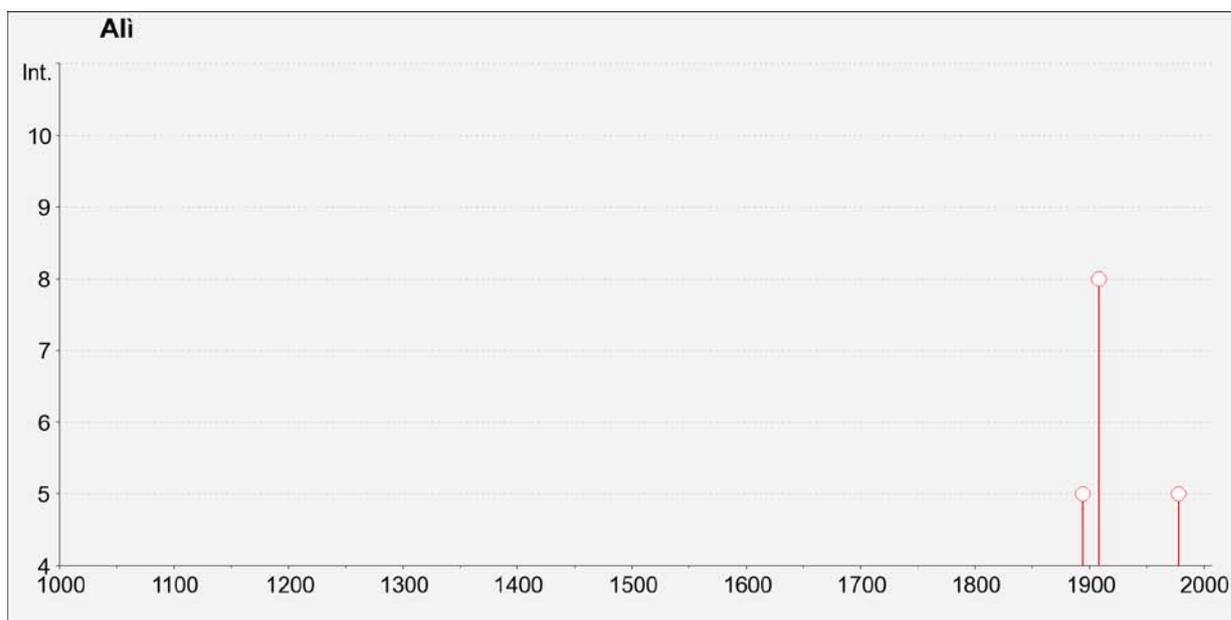


Figura 9 - Storia sismica di Alì estratta dal Database Macrosismico Italiano (DBMI11, Locati et al., 2011); Is è l'intensità macrosismica risentita (MCS); Ax l'area epicentrale; Np è il numero di località in cui è disponibile il dato macrosimico; Io è l'intensità macrosismica dell'epicentro (MCS); MW è la magnitudo momento dell'evento con accanto il grado d'incertezza della stima.



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 catalogo di sito così ricostruito può essere usato per il calcolo del periodo di ritorno medio delle intensità calcolate mediante il metodo di MAGRI et alii (1994). A questo scopo la procedura prevede l'utilizzo di una funzione di distribuzione discreta che, per ogni terremoto, descrive la probabilità che gli effetti macrosismici siano più grandi o uguali a ciascun valore d'intensità della scala adottata. La probabilità è calcolata a partire dai valori osservati al sito. Per ogni classe d'intensità, trattata indipendentemente dalle altre, si calcola inoltre la soglia di completezza.

D'altro canto, l'analisi della storia sismica mette in evidenza che i terremoti di magnitudo più elevata che hanno colpito le località in studio sono stati i medesimi (1783, 1908): i siti più vicini alle sorgenti di tali eventi sono stati distrutti totalmente, gli altri, più lontani, solo gravemente danneggiati.

Confrontando inoltre le storie sismiche dei principali centri abitati dell'area con i dati relativi ad alcune località della Sicilia sud-orientale (BARBANO & RIGANO, 2001), risulta che le città di Messina e di Reggio di Calabria presentano pericolosità sismica maggiore, data la notevole frequenza di eventi di media intensità.

Infatti, l'analisi della sismicità di località quali Lentini e Siracusa ad esempio, compiuta utilizzando il metodo MAGRI et alii (1998), ha condotto ai seguenti risultati: effetti di intensità VII hanno un periodo di ritorno medio di 70 anni e quelli di intensità VIII di 115 anni.

La maggior parte delle località analizzate hanno periodi di ritorno confrontabili con quelli di Catania per valori di intensità IX e X (BARBANO & RIGANO, 2001). Le stime di pericolosità eseguite in ambito GNDT (MELETTI et alii, 2000b) evidenziano, invece, valori di pericolosità più alti per l'area dello Stretto di Messina rispetto a quelli ottenuti per l'area catanese.

Infine, i periodi di ritorno medi ottenuti per le località in studio tramite il metodo MAGRI et alii (1994) sono più brevi rispetto ai valori ricavati da SLEJKO et alii (1998) utilizzando il metodo Cornell, con il quale per esempio risulta che la massima intensità attesa nella zona dello Stretto di Messina e nella Calabria meridionale (intensità IX) corrisponde ad un periodo di ritorno di 475 anni. Queste diverse valutazioni possono essere spiegate considerando che il metodo di Cornell assume zone sismogenetiche estese caratterizzate da tasso di sismicità omogeneo.



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

I principali risultati di questo studio possono essere così sintetizzati: i cataloghi di sito mostrano che solo il terremoto del 1908 ha provocato effetti distruttivi nelle località oggetto di studio, mentre invece sono molto frequenti i terremoti che hanno provocato danni gravi.

Oltre a questo approccio di analisi statistica dei dati ricavati dai database e dai cataloghi, una approfondita analisi della storia sismica e della pericolosità del sito in oggetto di studio, ha richiesto l'esame di vari altri lavori di morfotettonica costiera e geofisica marina, effettuati da vari Autori nell'ultimo decennio, che hanno contribuito ad incrementare l'accuratezza e la completezza del quadro in esame.

La serie di terrazzi marini affioranti tra Capo Taormina e Capo Peloro ha permesso di definire un tasso di deformazione verticale dell'area compreso tra 1,7 mm/a e 1,1mm/a (CATALANO & DE GUIDI, 2003; ANTONIOLI et alii, 2006) suggerendo la presenza di una faglia diretta, denominata faglia di Taormina, localizzata nell'area antistante le coste comprese tra Giardini Naxos e Briga e responsabile delle deformazioni dell'area in esame (Figura 100).

Tale struttura che corre parallelamente alla costa con orientazione NNE-SSO, sarebbe ancor più importante se inquadrata all'interno del contesto geodinamico del Rift Siculo-Calabro (MONACO & TORTORICI, 2000, CATALANO et alii, 2008), in quanto rappresenterebbe un' importante elemento di continuità della cintura di faglie che dalla Sicilia sud-orientale corre fino alla Calabria tirrenica (Figura 10).

Lungo quest'area, inoltre, sono stati segnalati numerosi indicatori morfologici e biologici (solchi di battente, fasce di balanidi e dendropoma, rim algali etc.) dislocati da importanti eventi cosismici. Analisi radiometriche ^{14}C e stratigrafiche hanno consentito di individuare cronologicamente 3 eventi sismici che hanno dislocato le aree costiere oggetto di studio sin da circa 5000 anni fa, testimoniando l'attività della faglia di Taormina anche durante l'Olocene (STEWART et alii 1997; RUST and KERSHAW, 2000; DE GUIDI et alii 2003; SPAMPINATO et alii, 2012). La coesistenza di evidenze di deformazione verticale lenta e costante con deformazioni rapide e repentine ha indotto vari autori ad ipotizzare che la faglia di Taormina espleti una continua deformazione verticale, sin dal tardo Quaternario, attraverso periodi di lento e costante sollevamento intersismico intervallati da importanti eventi cosismici capaci di dislocare repentinamente intere porzioni di aree 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

Diversi autori analizzando il catalogo CPTI (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani) (CPTI Working Group 2004, 2011) hanno evidenziato come questo settore del Rift Siculo–Calabro, al contrario delle porzioni meridionali e settentrionali che hanno registrato in epoca storica forti eventi sismici, non presenta avere le stesse caratteristiche e gli eventi sismici di cui si registra cronaca sono scarsi se non inesistenti per quanto riguarda sismi a $M \geq 7$. Tale analisi, incrociata con le evidenze morfotettoniche che testimoniano per l'area diversi eventi sismici negli ultimi 5000 a, è stata interpretata ipotizzando che la faglia di Taormina si trovi in quella in fase di quiescenza sismica (Figura 10) (NERI et alii, 2006).

Se questa teoria trovasse conferma, quest'area rappresenterebbe la più estesa di tutto il territorio italiano in quiescenza sismica, costituendo proprio in considerazione di ciò un sito ad alta pericolosità che potrebbe essere interessato da forti eventi in futuro (STEWART et alii, 1997).

Una recente campagna oceanografica (TAORMINA 2006) condotta lungo le coste dello Ionio comprese tra la Sicilia nord – orientale e la Calabria meridionale non ha evidenziato la presenza di nessuna struttura assimilabile alla faglia di Taormina (ARGNANI et alii, 2009), tuttavia va considerato che tale campagna non ha raggiunto le parti più prospicienti le coste, potendosi arrestare per motivi di sicurezza della nave a circa 1000 m da esse.

Queste considerazioni implicano che l'esistenza e la localizzazione della faglia di Taormina resta un problema aperto che inficia in maniera rilevante le stime di pericolosità sismica dell'area in esame. La sola analisi statistica degli eventi sismici occorsi nell'area, infatti, tenderebbe a sottostimare la pericolosità di una zona che potrebbe essere soggetta a quiescenza sismica ancor più se contestualizzata geodinamicamente all'interno di un sistema di cintura di faglie dirette che in zone prospicienti hanno manifestato forte attività sismica.

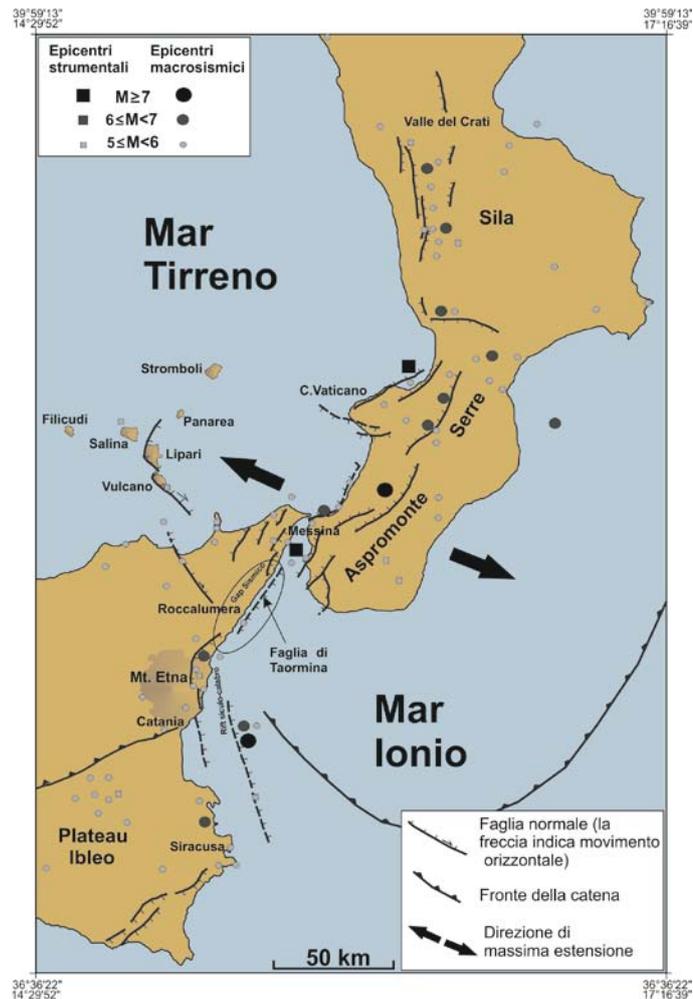


Figura 10 - Schema tettonico della Sicilia orientale e della Calabria meridionale. In legenda i forti terremoti estratti dal catalogo CPTI (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani) (CPTI Working Group 2004, 2011).



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

6 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 Alì 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 Alì ha provveduto a fornire i seguenti elaborati tecnici:

Nome documento	Descrizione	Data
Relazione Geologico-Tecnica	Progetto per i lavori di costruzione di 30 alloggi per edilizia economica popolare e delle relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie	Novembre 1990
Relazione Geologico-Tecnica	Progetto dei lavori di consolidamento e sistemazione idraulico territoriale a monte e a valle del centro abitato del Comune di Alì (Me)	-----

Tutte le relazioni prevedevano l'esecuzione di indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio così distribuite:



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

Descrizione documento	Ind. Geofisica	Ind. Geognostica	Prove di Laboratorio
Progetto per i lavori di costruzione di 30 alloggi per edilizia economica popolare e delle relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie	-	Prova penetrometrica dinamica leggera	-
Progetto dei lavori di consolidamento e sistemazione idraulico territoriale a monte e a valle del centro abitato del Comune di Ali (Me)		Sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche dinamiche	

Si è inoltre provveduto a realizzare una nuova campagna indagini caratterizzata da 8 misure di microtremore a stazione singola, di queste tre sono state scartate.

Sulla base delle indagini di nuova realizzazione e di quelle presenti nella documentazione geologica fornita 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 nella documentazione sotto forma di elaborato cartografico ed al confronto con le basi cartografiche fornite dalla Regione Siciliana (CTRN alle scale 1:10.000 e 1:2.000; ortofoto 2008).

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:



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

Indagini Puntuali			
Classe Indagine	Tipo Indagine	Parametro	Numero
GF	HVSR	FR	5
GG	SS	L	7
GS	DL	F1	8
GS	SPT	PT	7

Per il comune in oggetto si è quindi provveduto al caricamento di 20 siti di indagine, caratterizzati da un totale di 27 indagini e 46 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

Si è provveduto a popolare il campo *note_sito* con la dicitura dell'oggetto della relativa relazione geologica. I valori di quota del campo *quota_sml* 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 *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. "Contrada Fontana"). 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

Non sempre nella documentazione analizzata è stato possibile risalire alla data dell'indagine, vuoi perché non presente, vuoi perché illeggibile; 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

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).

Il campo *note_ind* è stato utilizzato per illustrare l'eventuale presenza di particolari situazioni.

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. Per quanto concerne invece l'inserimento della stratigrafia dei sondaggi e, quindi, durante le fasi di popolamento del parametro "L", il campo *attend_mis* è sempre stato valorizzato con "2", a causa della difficoltà di interpretazione e/o dello scarso allineamento fra la descrizione fornita nella relazione geologica e la *tabella di classificazione terreni e substrato* presente nelle specifiche di archiviazione (versione 2.0). Anche per questa tabella il campo *note_par* è stato utilizzato per descrivere situazioni particolari.

Tabella Curve

La tabella non è stata popolata a causa dell'assenza di dati tabellari nella documentazione fornita dal Comune di Alì.



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 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 l'area oggetto di studio è stata definita su un intorno di 500 m a partire dalle aree di studio comunicate dall'Amministrazione Comunale, pertanto 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:



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
Alluvioni attuali - costituite da elementi lapidei di gneiss, filladi, quarzo, calcari e micascisti. Dal punto di vista granulometrico le associazioni più frequenti sono le "sabbie con ghiaie e ciottoli" e le "ghiaie con sabbia"; gli elementi più grossolani si rinvengono prevalentemente in forma dispersa nell'ambito dei sedimenti a granulometria più fine. Frequenti sono le lenti di limo sabbioso all'interno delle alluvioni, dove i contatti eteropici tra le varie associazioni granulometriche rendono difficile una correlazione tra livelli ad analoga litologia.	GW – Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia	14	tf
Alluvioni recenti - hanno composizione litologica del tutto analoga alle alluvioni attuali, dalle quali si distinguono per essere terrazzate e ricoperte da terreno vegetale. Nel complesso possono giudicarsi più addensate delle precedenti.	GW – Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia	12	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:



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
Unità di Alì – alternanza irregolare di livelli a litologia differente, tra cui sono preponderanti le arenarie siltose compatte di colore violaceo o rossastro alternate a livelli argillosi varicolori; verso l'alto questa alternanza passa ad una facies conglomeratica ad elementi ben cementati.	ALS – Alternanza di litotipi, stratificato	31
Unità di Mandanici - Rocce di basso grado metamorfico costituita da filladi e quarziti filladiche di origine pelitica o pelitica-arenacea contenenti intercalazioni carbonatiche e più rari scisti verdi riferibili a livelli tufacei basici. Intercalati nelle filladi si rinvencono banconi e/o placche di: calcari cristallini associati alle rocce filladiche di aspetto generalmente massiccio di colore bianco-grigiastro con locali fenomeni di dolomitizzazione (sono alquanto fratturati e diaclasati); quarziti a grana medio-fine associati ai semiscisti (sono interessati da un evidente sistema di fratturazione)	LP – Lapideo	31

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, 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, puntano ad illustrare l'attuale stato della conoscenza mediante la produzione della Carta delle indagini, della Carta geologico - tecnica, della Carta 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 di Alì, 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



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

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 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.

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



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

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
GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia	14	Sciolto	tf	Terrazzo fluviale	2
GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia	12	Moderatamente addensato	tf	Terrazzo fluviale	2
Substrato rigido / non rigido						
Tipo_gt	Descrizione	Stato	Descrizione	Gen	Descrizione	Numero
LP	Lapideo	31	Molto fratturato	-	-	2
ALS	Alternanza di litotipi, stratificato	31	Molto fratturato	-	-	1

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), 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



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

dell'area a partire dal DTM ed alla successiva selezione delle geometrie 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
7021	Faglia inversa – tratto accertato	1
Altri elementi lineari		
Tipo_el	Descrizione	Numero
5041	Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	6

Per quanto concerne l'identificazione dei picchi isolati, che come previsto dalle specifiche di riferimento rientrano all'interno della feature E puntuali, 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". Di seguito si riporta la tabella riepilogativa degli elementi morfologici puntuali riconosciuti.

Elementi morfologici puntuali		
Tipo_ep	Descrizione	Numero
6010	Picco Isolato	1

Gli elementi morfologici relativi alle forme di superficie e sepolti sono state ricavate attraverso l'analisi e l'integrazione di diverse fonti dati, quali la base cartografica CTRN scala 1:10.000, le carte geomorfologiche consegnate dal Comune di Alì e le carte geomorfologiche presenti in letteratura. Gli elementi così individuati sono stati cartografati e archiviati nella feature *Forme* secondo la seguente classificazione:

Forme di superficie e sepolti		
Tipo_f	Descrizione	Numero
4020	Falda detritica	3



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 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	2
3013	Colata – attiva	2
3014	Complessa – attiva	1
3015	Non definito – attiva	4
3032	Scorrimento – inattiva	1
3033	Colata – inattiva	2

Infine, per quanto riguarda l'archiviazione e rappresentazione cartografica degli elementi geologici e idrogeologici, questi sono stati acquisiti dai rilievi geologici effettuati per la redazione del PRG comunale (per le giaciture degli strati) e dal database delle indagini *Cdl_tabelle.mdb* (per l'ubicazione dei sondaggi).

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

Elementi geologici e idrogeologici		
Tipo_gi	Descrizione	Numero
21	Profondità (m) substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo	4

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



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

microzone omogenee. Rispetto a quanto previsto dalla specifiche si è provveduto ad inserire il layer “Aree di Studio”, in modo da agevolare l’individuazione delle aree di interesse individuate dal Comune.

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 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

8 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 Alì a professionisti e ditte specializzate, allo scopo di supportare il progetto di redazione del P.R.G., le P.E. (Piano Particolareggiato di zone di espansione per il soddisfacimento del fabbisogno residenziale pubblico e privato) e studi geologici di salvaguardia del territorio comunale. 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



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

potenzialmente in grado di introdurre rumori meccanici od elettronici nel processo di acquisizione.

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.



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 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 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



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

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).

Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è noto (GUTENBERG, 1958; ASTEN, 1978, 1984) che le sorgenti dei microsismi sono molteplici (Tabella 4): 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 4 - 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 e 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 e 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



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 terrestre lo spettro delle onde sismiche può però modificarsi, più o meno 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 alii, 1988) e Los Angeles (YAMANAKA et alii, 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 alii, 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 alii, 1992; FIELD & JACOB, 1993; LERMO e CHAVEZ-GARCIA, 1994; LACHET & BARD, 1995; FAH et alii, 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 alii, 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 Alì 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 al solo centro urbano (Figura 11).



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

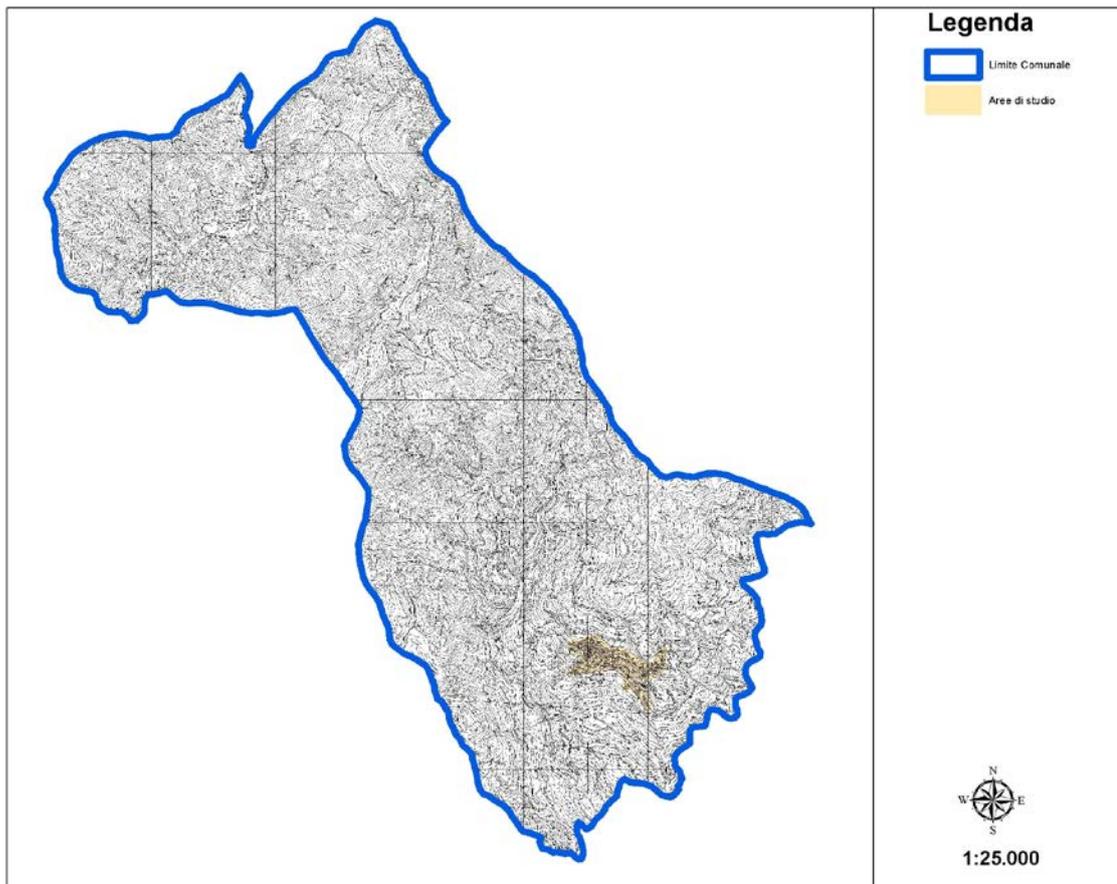


Figura 11 - Comune di Ali: delimitazione dell'area indagata.

L'area indagata è stato coperta con 6 punti di registrazione di rumore sismico e nelle tabelle seguenti (Tabella 5, Tabella 6), sono riassunte: 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

IDENTIFICATIVO	DATA	SITO DI REGISTRAZIONE
HVSR - ALI' 2 - 2012	02/10/2012	TERRENO INCOLTO
HVSR - ALI' 3 - 2012	02/10/2012	VIGNETO
HVSR - ALI' 4 - 2012	02/10/2012	ULIVETO
HVSR - ALI' 5 - 2012	02/10/2012	ULIVETO E FRUTTETO INCOLTI
HVSR - ALI' 6 - 2012	02/10/2012	ORTO

Tabella 5 - 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.	f ₀	H/V	f ₁	H/V
HVSR - ALI' 2 - 2012	083002P17	38° 1' 30,795" N	15° 25' 3,728" E	423.0	2	1.75	6.69	1.82
HVSR - ALI' 3 - 2012	083002P18	38° 1' 34,867" N	15° 25' 12,918" E	416.0	2.47	2		
HVSR - ALI' 4 - 2012	083002P19	38° 1' 33,283" N	15° 25' 23,339" E	384.0	3.78	1.97		
HVSR - ALI' 5 - 2012	083002P20	38° 1' 39,009" N	15° 24' 51,351" E	490.0	2.4	1.8	10.3	1.85
HVSR - ALI' 6 - 2012	083002P21	38° 1' 36,904" N	15° 25' 3,532" E	479.0	1.8	1.99		

Tabella 6 - 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).

8.6 Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti

I valori di frequenza ottenuti dal processing dei dati acquisiti (Tabella 7), sono stati esibiti nel relativo elaborato (Carta delle frequenze) a fianco del simbolo, che individua il sito di registrazione, con i seguenti criteri (Figura 12):

- 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.



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

Nei i 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).

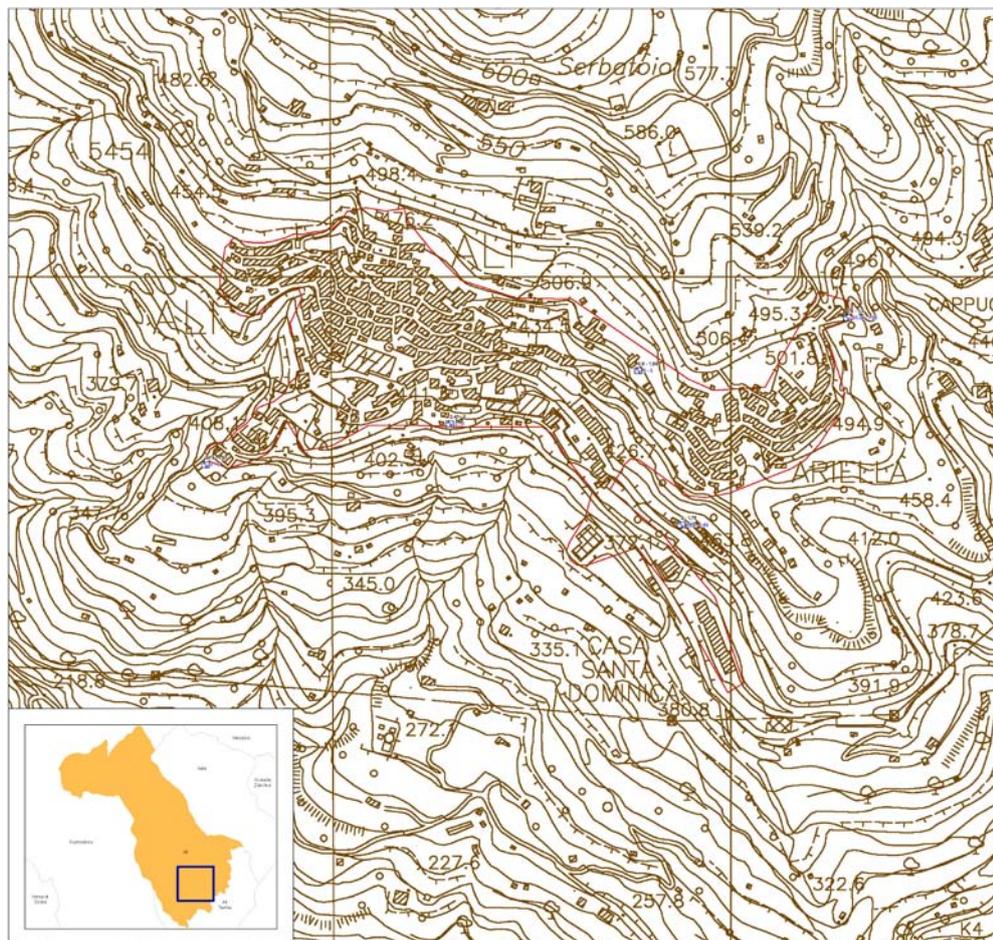


Figura 12 - Carta delle frequenze nel Comune di Ali Superiore



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

8.7 Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico

In riferimento 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.

Tale rappresentazione è stata compendiate nelle sezioni che corredano la Carta geologico – tecnica (Figura 13, Figura 14).

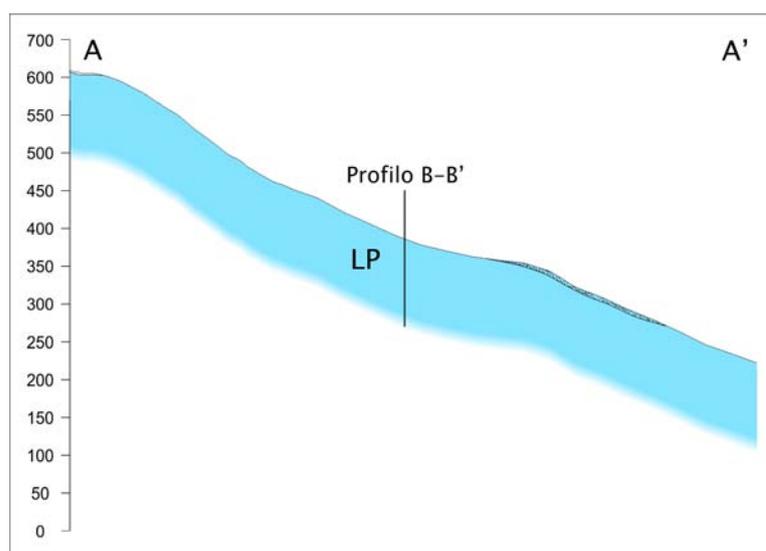


Figura 13 - Profilo A-A'

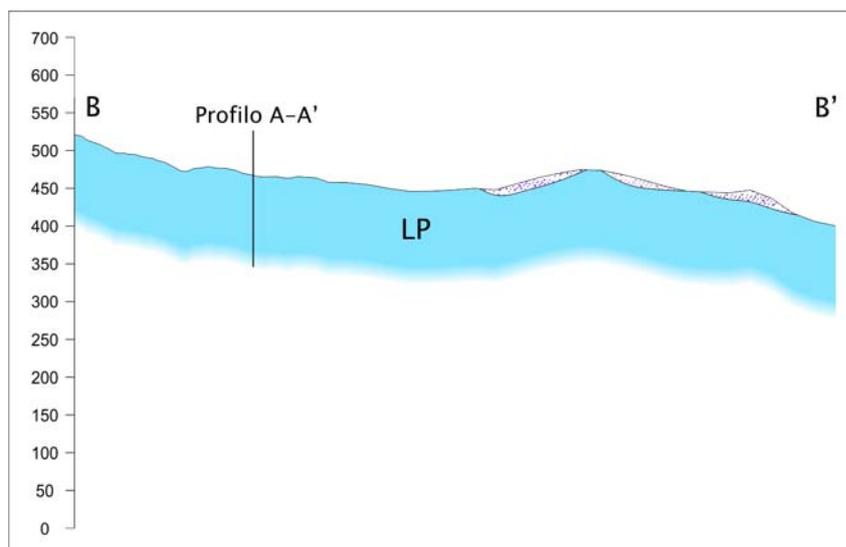


Figura 14 - Profilo B-B'

Nell'area studiata, al centro della quale ricade l'abitato di Alì, affiorano terreni metamorfici dell'Unità tettonica di Mandanici, in facies di filladi serciticche con subordinate discontinue intercalazioni di calcari e quarziti, ed un alternanza arenaceo argillosa, riferibile a facies dell'Unità di Alì, che nell'insieme costituiscono il substrato geologico irregolarmente ricoperto da terreni detritici ed alluvionali.

Tutte le formazioni che costituiscono il substrato presentano una struttura lapidea marcatamente scistosa, fratturata, a seguito degli stress tettonici, e degradata per effetto delle azioni delle acque dilavanti. Il risultato è la produzione di una coltre detritica che, nelle aree a minore acclività, tende ad accumularsi fino a raggiungere grandi spessori, denudando gli affioramenti più integri che nelle adatte condizioni giacitureali possono mantenere fronti di arretramento pressoché verticali (Foto 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

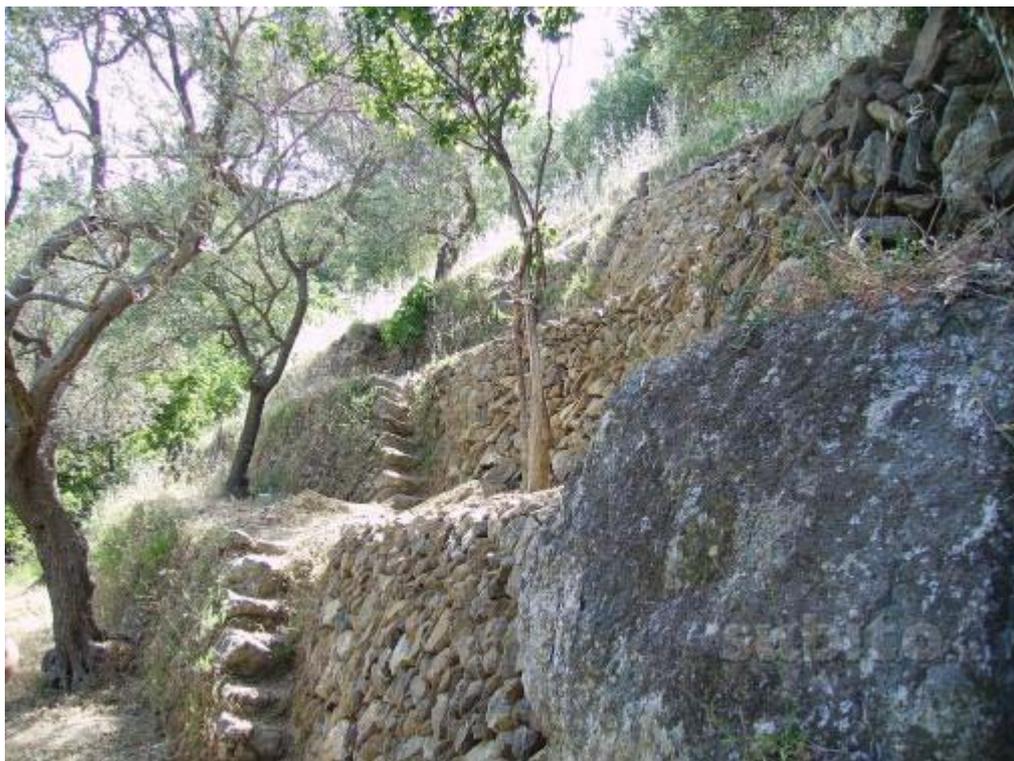


Foto 1 - Affioramento di Filladi in corrispondenza della periferia dell'abitato di Ali - Il detrito prodotto dal fronte dell'affioramento, parzialmente visibile sulla destra, è stato contenuto con muretti a secco gradonati.

Questo schema strutturale degli ammassi rocciosi, trova riscontro anche nel modello di circolazione idrodinamica delle acque meteoriche che si infiltrano prima entro la copertura detritica e subito dopo nella parte superficiale alterata e decompressa dei terreni del substrato dove, pertanto, la permeabilità è più alta, mentre la roccia sottostante, più integra sebbene deformata, presenta permeabilità bassa e sostiene il moto suborizzontale dei volumi infiltrati generando le diffuse manifestazioni sorgentizie rilevabili nell'area (Figura 15).

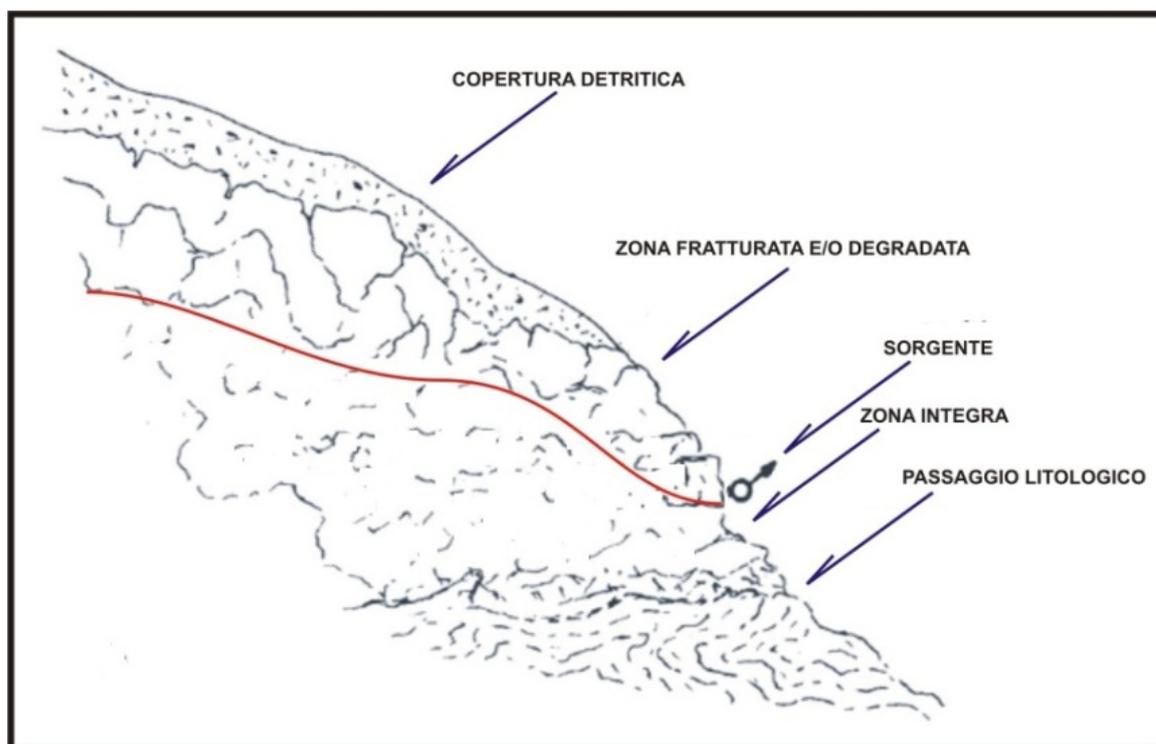


Figura 15 - Rappresentazione schematica di manifestazioni sorgentizie nelle successioni metamorfiche dei Monti Peloritani (da Ferrara, 1999 modificato).

La copertura detritica colluviale nei punti di maggior accumulo tende, verso il fondo valle, a sovrapporsi, gradualmente, e quasi senza soluzione di continuità, ai terreni alluvionali dell'alveo di piena. Su ambedue i depositi si formano suoli, anche di notevole spessore, realizzando le condizioni ottimali per le colonizzazioni antropiche.

I dati stratigrafici, derivati dagli unici quattro sondaggi geognostici, disponibili per la caratterizzazione della selezione areale considerata ed eseguiti a nord del centro urbano (pendici del monte S. Lena), indicano una potenza massima della copertura detritica di 3,6 metri (Sondaggio **083002P11SS11**).

Sulla base però dei complessivi dati geologici, topografici contenuti dallo studio geologico del P.R.G. e dalle complessive deduzioni che possono scaturire dalla considerazione di tutti i dati fin qui raccolti, tale valore deve essere ritenuto



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

rappresentativo solo del settore delle pendici del rilievo di monte S. Lena. Qui infatti l'accentuata acclività favorisce lo scivolamento verso il basso della coltre eluvio-colluviale assottigliandone lo spessore.

Il substrato geologico, pertanto, si può trovare anche a maggiori profondità, segnatamente, in corrispondenza del centro urbano, che giace in un ampio areale di flesso morfologico, e nella sua immediata periferia meridionale.

Sulla base delle precedenti considerazioni, pertanto, il modello del sottosuolo complessivamente deducibile, ai fini del proseguo degli studi e degli obiettivi di Microzonazione Sismica del centro urbano di Alì, è assimilabile ad un substrato di terreni rigidi, costituito principalmente dalle metamorfite dell'Unità di Mandanici e secondariamente dai terreni dell'Unità di Alì, che presentano condizioni di irregolare alterazione e fratturazione nella parte apicale, modellato dalla morfogenesi e sormontato da una copertura di detriti eterogenei essenzialmente incoerenti.

I primi culminano nel rilievo di monte S. Lena che costituisce un elemento dello spartiacque tra il torrente Itala ed il torrente Alì, ed alle cui pendici giace il centro urbano di Alì (Foto 2).

La considerazione più rilevante, ai fini degli odierni studi, che si trae dalle precedenti osservazioni è che il bedrock geofisico, ossia il comparto più tenace dell'ammasso roccioso, si localizza entro i volumi più interni del substrato geologico dove sia per le minori condizioni di fratturazione e/o per il carico litostatico, può offrire maggiori prestazioni in termini di resistenza geomeccanica.



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



Foto 2 - Vista dell'abitato di Ali dalle pendici meridionali del Monte S. Lena.

Per questo modello di sottosuolo, pertanto, le condizioni superficiali degli ammassi rocciosi costituenti sono tali da non raggiungere i requisiti necessari per assimilare questo al bedrock geofisico ($V_s > 800$ m/s) che si colloca a profondità maggiori del tetto del substrato geologico.

Nella seguente tabella sono riportati risultati derivati dal processing dei dati derivati dalle misure di rumore sismico eseguite associate alla litologia del sito di registrazione.

IDENTIFICATIVO	LITOLOGIA	QUOTA s.l.m.	f_0
HVSR - ALI' 2 - 2012	FILLADI U.M.	423	2
HVSR - ALI' 3 - 2012	FILLADI U.M.	416	2.47
HVSR - ALI' 4 - 2012	CALCESCISTI U.M.	384	3.78
HVSR - ALI' 5 - 2012	FILLADI U.M.	490	2.4
HVSR - ALI' 6 - 2012	FILLADI U.M.	479	1.8

Tabella 7 - Risultati dei rilievi HVSR in relazione alla geologia ed all'altimetria.



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 riconoscono valori di frequenza, in corrispondenza dei terreni del substrato, che mettono in evidenza la presenza della copertura detritica e della fascia superficiale decompressa di quest'ultimo.

Stimando congruamente le velocità delle onde di taglio per la copertura detritica e sulla base della relazione tra questa ed i valori di autofrequenza (AKI, 1964; WATHELET et alii, 2004) si ottengono valori di profondità del bedrock geofisico compresi tra 15 e 30 metri.

8.8 Considerazioni sui risultati ottenuti

Sulla base dei dati complessivamente acquisiti è stato possibile definire un modello geologico tecnico qualitativo del sottosuolo del Comune di Alì, che è stato confrontato con i dati derivati dall'elaborazione di originali registrazioni 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 necessario la disponibilità di dati geognostici integrativi, rispetto anche a quelli preesistenti, in grado di valutare con maggiore affidabilità sia le caratteristiche delle coperture (litologia e rigidità sismica) sia la definizione dell'assetto litostratigrafico con maggior risoluzione soprattutto negli areali indiziati di assetti litostratigrafici complessi (strutture 2D e 3D).

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.



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

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 sinistabili, liquefazioni, densificazioni, cedimenti differenziali).

Nell'area di Alì non sono presenti Zone stabili, quindi di seguito vengono individuate quelle appartenenti alle altre due categorie.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (da qui in poi MOPS) realizzata per il Comune di Alì ha una superficie di circa 2,2 Km² 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

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 per le seguenti ragioni:

- condizioni topografiche: pendii con inclinazioni superiori ai 15° e dislivelli superiori a 30 m
- la 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 3 m

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 2 zone suscettibili di amplificazione (Figura 16) e 7 zone suscettibili di instabilità (Figura 17) che verranno di seguito descritte.



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

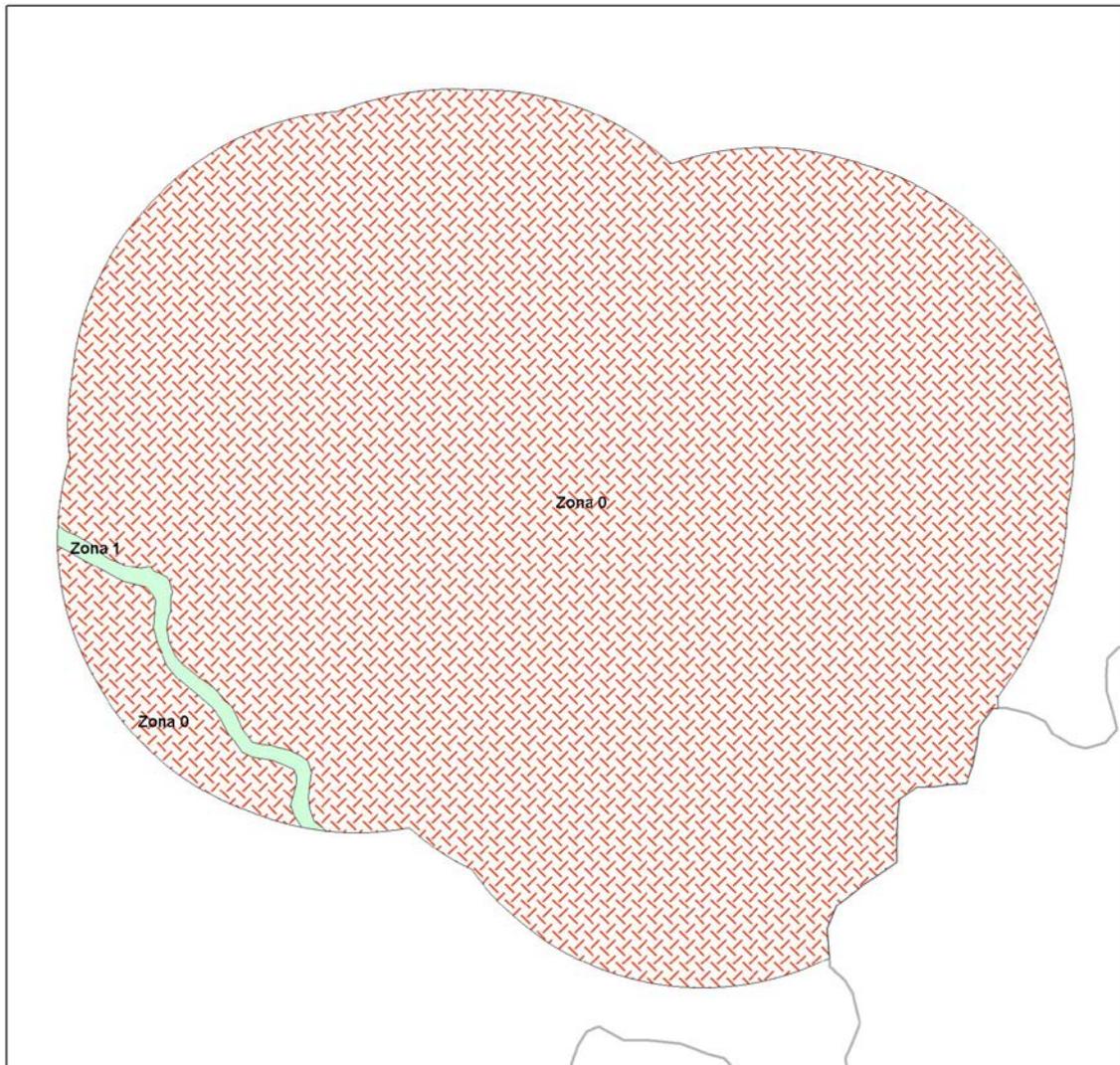


Figura 16 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica



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

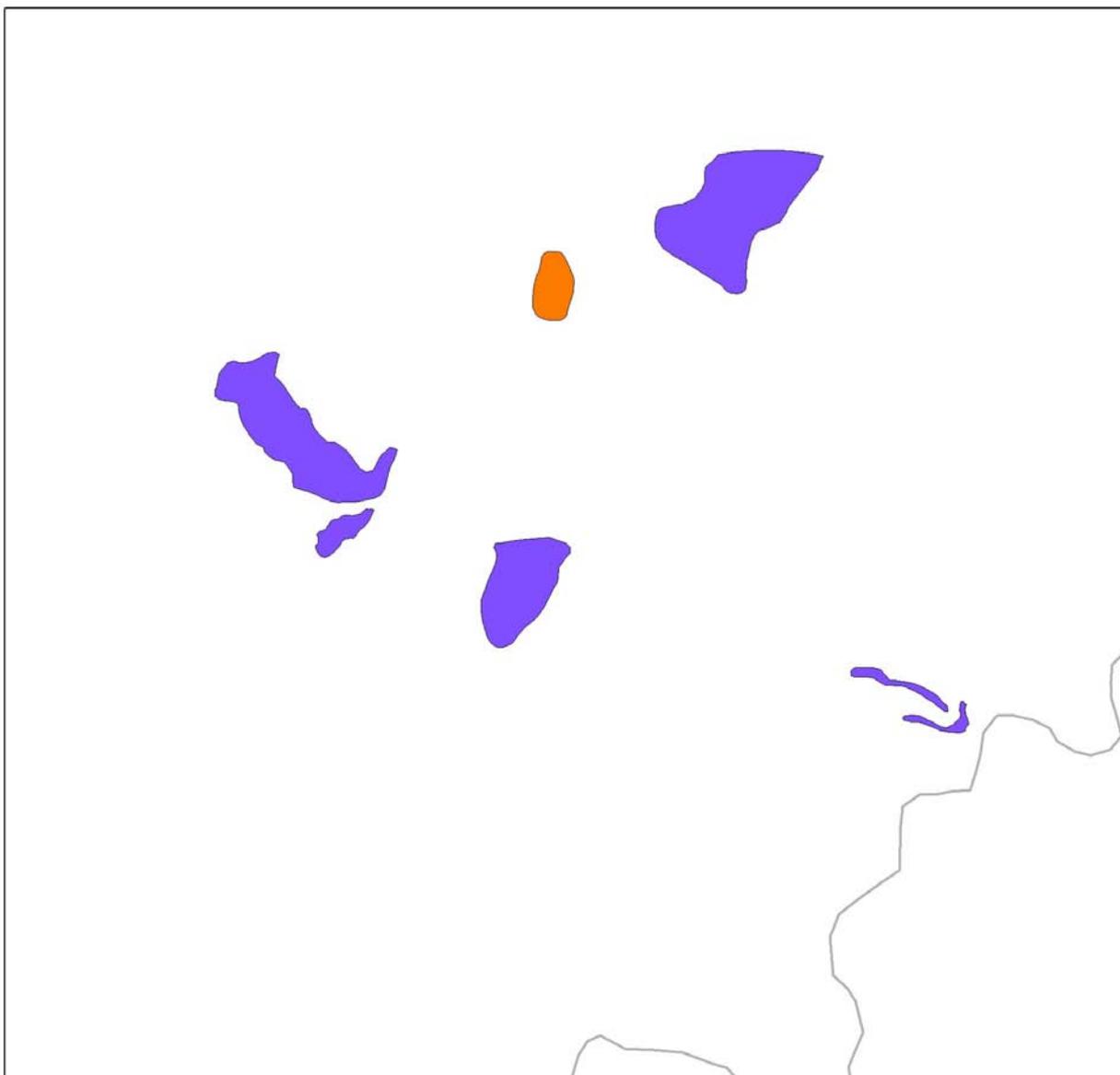


Figura 17 – Schema delle zone suscettibili di instabilità



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

In questa zona, che comprende praticamente tutta la selezione areale qui considerata, affiorano quasi esclusivamente terreni appartenenti a potenti formazioni metamorfiche di epizona riferibili al substrato geologico affiorante. La classificazione in zona stabile, ma suscettibile di amplificazioni, locali è data dalle condizioni di acclività (frequenti pendii con inclinazioni superiori ai 15° e dislivelli superiori a 30 m).

Tali formazioni appaiono interessate, nelle parti apicali, da un esteso sistema di fratture che determina frequenti soluzioni di continuità dell'ammasso roccioso che pertanto risulta disarticolato ed allentato. In conseguenza di queste condizioni strutturali il tetto del bedrock geofisico va collocato a profondità maggiori di quelle del tetto del substrato geologico. I dati derivati dai rilievi HVSR indicano profondità maggiori di 15 metri.

Superiormente è presente una copertura detritica incoerente il cui spessore, discontinuamente variabile, in assenza di dati puntuali, è stimabile nell'ordine di alcuni metri. In corrispondenza, al contrario, di zone meno acclivi e/o interessate da maggiore fratturazione (fasce milonitiche e/o cataclastiche), tale strato di copertura può raggiungere spessori dell'ordine delle decine di metri. Tale valutazione sembra trovare conferma nei dati derivati dai rilievi HVSR (**083002P17**, **083002P20**) che evidenziano un secondo gruppo di frequenze compatibili con uno strato superficiale di potenza anche superiore ai 10 metri.

Non si ritiene utile, pertanto, attribuire alla copertura detritica potenze pari od inferiori ai 3 m che ne imporrebbero, ingiustificatamente, la classificazione in area stabile.

Indicazione quantitativa, sebbene puntuale, a supporto di queste valutazioni, proviene dai quattro sondaggi geognostici, disponibili per questi terreni (**083002P11SS11**, **083002P12SS12**, **083002P13SS13**, **083002P14SS14**), localizzati in un settore della periferia nord del centro urbano, che ricade sulle pendici del monte S. Lena, con profondità variabile tra i 10 e 20 metri ed il cui quadro riassuntivo è restituito nella Tabella 8.

Codice	Profondità sondaggio (m)	Codice litologia	Descrizione litologia	Spessore dello strato (m)
083002P11SS11	20	GW	Coltre detritica-colluviale costituita da ghiaia medio grossa debolmente limosa con rari ciottoli (max 8-10 cm)	3,6
	20	SF	Filladi grigio argentee sericitiche da intensamente fratturate a fratturate ed a tessitura minutamente scistosa a struttura essenzialmente scagliettata con locali livelli, lenti, letti e ghiandole di quarzo	16,4
083002P12SS12	10	GW	Coltre detritica-colluviale costituita da ghiaia medio grossa debolmente limosa con rari ciottoli (max 8-10 cm)	3,2
	10	SF	Filladi grigio argentee sericitiche da intensamente fratturate a fratturate ed a tessitura minutamente scistosa a struttura essenzialmente scagliettata con locali livelli, lenti, letti e ghiandole di quarzo	6,8
083002P13SS13	15	GW	Coltre detritica-colluviale costituita da ghiaia medio grossa debolmente limosa con rari ciottoli (max 8-10 cm)	3,2
	15	SF	Filladi grigio argentee sericitiche da intensamente fratturate a fratturate ed a tessitura minutamente scistosa a struttura essenzialmente scagliettata con locali livelli, lenti, letti e ghiandole di quarzo	6,8
083002P14SS14	10	GW	Coltre detritica-colluviale costituita da ghiaia medio grossa debolmente limosa con rari ciottoli (max 8-10 cm)	1,8
	10	SF	Filladi grigio argentee sericitiche da intensamente fratturate a fratturate ed a tessitura minutamente scistosa a struttura essenzialmente scagliettata con locali livelli, lenti, letti e ghiandole di quarzo	8,2

Tabella 8 - Compendio dei dati geognostici diretti disponibili per la Zona 0.

La stratigrafia attraversata, dopo uno strato detritico superficiale molto allentato con spessore variabile da 3,2 a 3,6 m è costituita da una successione di filladi grigio



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

argentee estremamente fessili reperite in condizioni di intensa fratturazione fino alla massima profondità raggiunta dall'esplorazione geognostica.





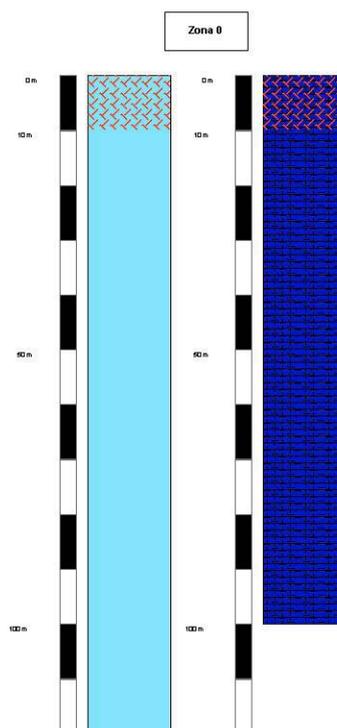
PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



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



Zona 1

E' un'esigua zona, circoscritta allo stretto ambito dell'attività fluviale del Rio Castello, enucleata dalla precedente esclusivamente per la presenza di depositi alluvionali che per i complessivi caratteri topografici, deposizionali e litostratigrafici devono essere necessariamente distinti dalla copertura detritica superficiale.

La stratigrafia è data dal substrato precedentemente descritto ricoperto da un deposito di ghiaie e sabbie da sciolte a moderatamente addensate a potenza discontinua. Considerazioni stratimetriche e topografiche indicherebbero per tali depositi spessori variabili da qualche metro fino a 15 metri.



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





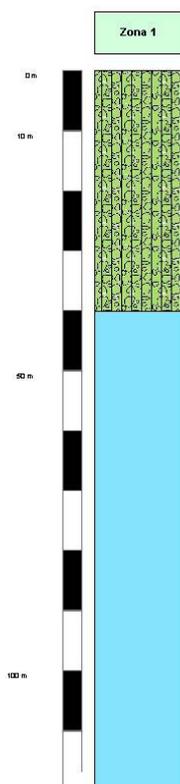
PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



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



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 capitolo 3 e nel paragrafo 4.3 per la definizione di queste zone sono state analizzate ed elaborate le informazioni acquisite dal PAI. Questo piano ad oggi costituisce, a livello regionale, lo strumento tecnico-scientifico con valenza amministrativa che meglio rappresenta lo stato conoscitivo del territorio in 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.



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

Nell'ambito del presente progetto e della costituita banca dati sono stati inseriti i dissesti ricadenti all'interno dell'area oggetto di studio, a tal proposito nella tabella di seguito proposta si riporta l'elenco completo dei 12 dissesti individuati (Figura 17).

Comune	Ali (ME)				
Bacino Idrografico (P.A.I.)	Bacini minori fra Ali e Capo Peloro				
LOCALITA	SIGLA	COD_TIP	COD_ATT	PERICOLO	Superficie
<i>Ovest Abitato</i>	102-5AL-018	9	1	2	32293,04965
<i>Sud-Ovest Abitato</i>	102-5AL-019	9	1	1	3952,529115
<i>M. SANTA LENA</i>	102-5AL-021	9	1	2	59140,05149
<i>MONTE SANTA LENA</i>	102-5AL-022	4	2	1	6974,500944
<i>C/DA SANTA DOMINICA – CIRCONVALL</i>	102-5AL-023	11	1	2	19315,0476
<i>C/DA SANTA DOMINICA – CIRCONVALLAZIONE</i>	102-5AL-024	5	1	3	34175,7526
<i>C/DA FORZA</i>	102-5AL-025	1	1	n.c.	2513,791675
<i>C/DA FORZA</i>	102-5AL-026	1	1	n.c.	1676,494212
<i>C.da Forza</i>	102-5AL-027	2	1	3	2031,823498
<i>Sud abitato</i>	102-5AL-028	2	1	3	4056,773948
<i>MONTE SANTA LENA</i>	102-5AL-030	2	2	2	2638,964794
<i>CENTRO ABITATO</i>	102-5AL-031	2	2	2	1205,270918

Tabella 9 - Compendio dei dissesti presenti nella selezione areale considerata per il Comune di Ali (fonte PAI).

Nella tabella sopra riportata (Tabella 9) 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 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 una significativa carenza dei dati di base che rende molto utili opportune integrazioni.

Le indagini che si sono rese disponibili, sia di tipo dirette sia indirette, non possiedono distribuzione, profondità ed omogeneità tale da permettere la realizzazione di un complessivo quadro geologico tecnico soddisfacente.

Ai risultati conseguiti deve pertanto ascriversi una componente qualitativa che potrà essere risolta in senso quantitativo in sede di successivi e finalizzati approfondimenti.

In questa fase si suggeriscono le seguenti indicazioni:

1) MODELLO TRIDIMENSIONALE DEL SOTTOSUOLO.

Nel territorio in esame appare di grande utilità la ricostruzione della morfologia del substrato geologico sia ai fini del dettaglio dello spessore delle coperture e sia ai fini della individuazione di eventuali strutture 2D, derivate dalla presenza di strutture tettoniche o giustapposizioni tra corpi a differente litologia nell'abito della successione metamorfica che ne potrebbero 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 coperture e profondità del substrato;
- B) Dettaglio delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche 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

Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust. *Geophysics* 29, 665-666

Amodio Morelli G., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin Lorenzoni E. & Zuppetta A., 1976. L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene Appenninico- Maghrebide. *Mem. Soc. Geol. It.*, 17: 1-60.

Andreatta C., 1941. Studi geologici e petrografici sul cristallino dei Monti Peloritani. *Boll. R. Uff. Geol. It.*, 46: 1-91.

Antonioli, F., Ferranti, L., Lambeck, K., Kershaw, S., Verrubbi, V., Dai Pra, G., 2006a. Late Pleistocene to Holocene record of changing uplift rates in southern Calabria and northeastern Sicily (southern Italy, Central Mediterranean Sea). *Tectonophysics* 422, 23–40.

APAT, 2008. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 601 Messina - Reggio di Calabria. Coord. scientifico F. Lentini. S.EL.CA. Firenze.

Argnani, A., Brancolini, G., Bonazzi, C., Rovere, M., Accaino, F., Zgur, F., Lodolo, E., 2009. The results of the Taormina 2006 seismic survey: possible implications for active tectonics in the Messina Straits. *Tectonophysics* 476, 159–169.



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

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.

Atzori P., 1970a. Contributo alla conoscenza degli scisti epizonali dei Monti Peloritani (Sicilia). *Riv. Min. Sic.*, 21 (124-126): 1-21.

Atzori P., 1970b. Caratteri petrografici e petrochimici di un metadiabase dei Peloritani occidentali. *Rend. Soc. It. Min. Petr.*, 26: 411-426.

Atzori P., 1972. Le anfiboliti della zona tra Mandanici e Altolia (Peloritani). *Per. Miner.*, 41: 511-538.

Atzori P., Maccarrone E., Messina A. & Puglisi G., 1974. Le muscoviti delle metamorfiti di Milazzo e di alcune plutoniti calabro-peloritane - *Atti Acc. Pel. Per. Sci. F.M.N.*, 54: 189-211.

Atzori P., Ghisetti F., Pezzino A. & Vezzani L., 1983. Carta geologica del bordo occidentale dell'Aspromonte. Scala 1:50.000, S.EL.CA., Firenze.

Atzori P., Cirrincione R., Del Moro A. & Pezzino A., 1994. Structural, metamorphic and geochronologic features of the Alpine event in south-eastern sector of the Peloritani Mountains (Sicily). *Period. Miner.*, 63: 113-125.

Azzaro R. & Barbano M.S., 2000. Analysis of seismicity of Southeastern Sicily: proposal of a tectonic interpretation. *Annali Geofisica*, 43 (1): 1-18.

Azzaro R., Barbano M.S., Rigano R. & Antichi B., 2000. Contributo alla revisione delle zone sismogenetiche della Sicilia. In: *Le ricerche del GNDDT nel campo della pericolosità sismica (1996-99)*. F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez (Eds.). CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa Terremoti, Roma, 31-38.

Baldacci I., 1886. Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia. *Mem. Descr. della Carta Geol. d'It.*, 1 vol. 408 pp.

Baratta M., 1910. La catastrofe sismica Calabro-Messinese (28 dicembre 1908), *Società Geografica Italiana*, Roma.

Barbano M.S. & Rigano R., 2001. Earthquake sources and seismic hazard in Southeastern Sicily. *Annali Geofisica*, 44 (4): 723-738.



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

Barbano S.M., Bottari A., Carveni P., Cosentino M., Ffederico B., Fonte G., Lo Giudice E., Lombardo G., Patané G., 1979. Macroseismic study of the Gulf of Patti earthquake in the geostructural frame of northeastern Sicily. "Boll. Soc. Geol. Ital.", 98, 155-174.

Barrier P., 1987. Stratigraphie des dépôts pliocènes et quaternaires du Detroit de Messine (Italie). Doc. et Trav. IGAL, 11: 59-81

Beneo E., 1949b. Tentativo di sintesi tettonica dell'Italia peninsulare e insulare. Boll. Soc. Geol. It., 68, 66-80.

Beneo E., 1950 Appunti sulla elaborazione di una diagnosi strutturale della Sicilia. Boll. Serv. Geol. d'It., 73, 409-438.

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

Bonardi G., Giunta G., Perrone V., Russo M., Zuppatta A. e Ciampo G., 1980. Osservazioni sulla evoluzione dell'Arco calabro – Peloritano nel Miocene inferiore: la Formazione di stilo capo d'Orlando. Boll. Soc. geol. It., 99 (4), 365-393.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P., 1997. Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 (vol.2). Istituto Nazionale di Geofisica e SGA storia geofisica ambiente.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise G., 2000. Catalogue of Strong Italian Earthquakes. Annali di Geofisica, 43, 4, 268, with full database on CD-ROM.

Carbone S., Catalano S., Lentini F. Vinci G., 1994. Carta geologica dei Monti di Taormina (Monti Peloritani, Sicilia nord – orientale), scala 1:25.000, S.EL.Ca., Firenze.

Carbone S., Messina A., Lentini F., 2007. Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. F° 601, Messina-Reggio Calabria. Servizio Geologico d'Italia.

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., 2003. Late Quaternary uplift of northeastern Sicily: relation with the active normal faulting. Journal of Geodynamics 36, 445–467.



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

Catalano, S., De Guidi, G., Monaco, C., Tortorici, G., Tortorici, L., 2008. Active faulting and seismicity along the Siculo–Calabrian Rift Zone (Southern Italy). *Tectonophysics* 453 (2008) 177–192.

Cortese E. (1882) – Brevi cenni sulla geologia della parte NE della Sicilia.- *Boll. Com. Geol. D'Italia*, vol. XIII, Roma

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>.

De Guidi, G., Catalano, S., Monaco, C., Tortorici, L., 2003. Morphological evidences of Holocene coseismic deformation in the Taormina area (NE Sicily). *Journal of Geodynamics* 36, 193–211.

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.

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

Dueé G., 1969. *Etude géologique des Monts Nebrodi (Sicile)*. Thèse Fac. Sci., 2 vol. 221+169 pp., Paris.

Fabiani R. e Trevisan L., (1940). Prove dell'esistenza di uno stile tettonico a falde di ricoprimento nei Monti di Palermo. *Atti R. Acc. D' Italia*, vol. 11, 453-448.

Fäh, D., F. 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. 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.

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



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

Ghisetti F., 1981. L'evoluzione strutturale del bacino plio-pleistocenico di Reggio Calabria nel quadro geodinamico dell'arco calabro. Boll. Soc. Geol. It., 100: 433-466.

Ghisetti F., 1992. Fault parameters in the Messina Straits (southern Italy) and relations with the seismogenetic sources. Tectonophysics, 210: 117-133.

Ghisetti F. & Vezzani L., 1978. Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 252 (Naso), 253 (castro reale), 254 (Messina Reggio C.), 261 (Bronte) e 262 (M. Etna). In contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia. Pubbl. n. 155 del P.F. Geodinamica CNR, 247-260,6.

Ghisetti F. & Gresta S., 1990. Parametri geologici e sismologici a confronto nell'area dello stretto di Messina. Atti 9° Conv. G.N.G.T.S., 39-43, Roma.

Gresta S., Bella D., Musumeci C., Carveni P., 1997. Some efforts on active faulting processes (earthquakes and aseismic creep) acting on the eastern flank of Mt. Etna", Acta Vulcanol., 9: 101-108.

Giunta G. & Somma R., 1996. Nuove osservazioni sulla struttura dell'Unità di Alì (Monti Peloritani, Sicilia). Boll. Soc. Geol. It., 115: 489-500.

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.

ISPRA, 2010. Foglio 613 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 . Coord. scientifico F.Lentini.

ISPRA, 2010. Note illustrative della Carta Geologica D'Italia (scala 1:50.000) Foglio 613. A cura di S. Catalano.

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.



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. & Vezzani L., 1975. Le unità meso-cenozoiche della copertura sedimentaria del basamento cristallino peloritano (Sicilia nord-orientale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 94: 537-554.

Lentini F. & Vezzani L., 1978. Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia orientale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 19: 495-500.

Lentini F., Carbone S., Catalano S., Di Stefano A., Gargano C., Romeo M., Strazzulla S. & Vinci G., 1995. Sedimentary evolution of basins in mobile belts: examples from tertiary terrigenous sequences of the Peloritani Mts (NE Sicily). *Terra Nova*, 7 (2): 161-170.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Grasso M., 1995b. Principali lineamenti strutturali della Sicilia nord-orientale. *Studi Geol. Camerti (1995/2)*: 319-329.

Lentini F., Carbone S., Grasso M., Di Stefano A., Romeo M. & Messina A., 2000a. Carta Geologica della Provincia di Messina. Scala 1:50.000, 3 fogli. S.EL.CA., Firenze.

Lentini F., Catalano S. & Carbone S., 2000. Note illustrative della carta geologica della Provincia 174 di Messina. Scala 1: 50.000. S.EL.CA., Firenze.

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.

Lombardo G., 1980, Stratigrafia dei depositi pleistocenici della Sicilia nord-orientale. *Atti Acc.Gioenia Sc. Nat. Catania*, 12: 84-113.



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

Lugeon M. & Argand E., 1906. La racine de la nappe sicilienne et l'arc de charriage de la Calabre. C. R. Acad. Sc. Paris, 142: 1107-1109.

Lugeon M., Argand E (1906a) - Sur de grandes phenomenes de charriage en Sicile. - C.R. Acad. Sciences, 142, 13 p

Magri L., Mucciarelli M. & Albarello D., 1994, Estimates of site seismicity rates using illdefined macroseismic data. Pageoph, 143 (4): 617-632.

Meletti C., Patacca E. & Scandone P., 2000a. Constuction of a seismo-tectonic model: The case of Italy. Pure Appl. Geophys. 157 (1-2): 11-35.

Monachesi G. & Stucchi M. (eds.), 1997. DOM4.1: an intensity database of damaging earthquakes in the Italian area. GNDT-CNR open file rep., 2 vv., Milano, 1052 pp. Web site: <http://emidius.itim.mi.cnr.it/DOM/home.html>.

Monaco, C., Tortorici, L., 2000. Active faulting in the Calabrian arc and eastern Sicily. Journal of Geodynamics 29, 407–424.

Monaco C., Petronio L. & Romanelli M., 1995. Tettonica estensionale nel settore orientale del Monte Etna (Sicilia): dati morfotettonici e sismici. Studi Geol. Camerti, v. spec. 2: 363-374.

Monaco C., Tapponnier P., Tortorici L., Gillot P.Y., 1997. Late Quaternary slip rates on the Acireale-Piedimonte normal faults and tectonic origin of Mt. Etna (Sicily). Earth Planetary Science Letters 147, 125–139.

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

Neri, G., Oliva G. Orecchio, B., Presti, D., 2006. A possible seismic gap within a highly seismogenic belt crossing Calabria and eastern Sicily, Italy. Bulletin of the Seismological Society of America 96, 1321–1331.

Nigro e Sidoti, 1993. L'area di Longi (Monti Nebrodi, Sicilia NE): un geotopo da valorizzare. SIGEA !/2, 9-11.

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

Ogniben L., 1960. Schemi paleotettonici anzichè paleogeografici in regioni di corrugamento:l'esempio della Sicilia. Mem. Soc. Geol. It., 9: 793-816.

Ogniben L., 1971. Tettonica della Sicilia e della Calabria.- Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania s.4, n. 11.



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

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

Provincia Regionale di Messina, 1993. Carta Geologica del Golfo di Patti. S.EL.CA., Firenze

Quitow H.W., 1935. Der Deckenbau des Kalabrischen Massivs und seiner Randgebiete. Abh. Ges.Wiss. Gottingen. Mat. Phys. Kl., 3 Folge, 13: 63-179.

Rust, D., Kershaw, S., 2000. Holocene tectonic uplift patterns in northeastern Sicily: evidence from marine notches in coastal outcrops. Marine Geology 167, 105–126.

Schmidt di Friedberg, 1959. La geologia del gruppo montuoso delle Madonie nel quadro delle possibilità petrolifere della Sicilia centro settentrionale. Atti 2° Convegno Inter.Studi "Petr. Sicilia, 130-136

Seguenza G., 1869. Stratigrafia della Provincia di Messina. – Atti Soc. Ital. Di Sc. nat., vol. XII – Milano.

Servizio Geologico D'Italia, 2008. Carta geologica d'Italia scala 1.50.000, F° 601 Messina-Reggio Calabria

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

Slejko D., Peruzza L. & Rebez A., 1998. Seismic hazard maps of Italy. Annali Geofisica, 41 (2): 183-214.

Spampinato C.R, Scicchitano G., Ferranti L., Monaco C., 2012. Raised Holocene paleo-shorelines along the Capo Schisò coast, Taormina: New evidence of recent co-seismic deformation in northeastern Sicily (Italy). Journal of Geodynamics 55, 18-31

Stewart I., Cundy A., Kershaw S., Firth C., 1997. Holocene coastal uplift in the Taormina area, north-eastern Sicily: implications for the southern prolongation of the Calabrian seismogenic belt. Journal of Geodynamics 24, 37–50.

Truillet R. ,1968. Etude géologique des Péloritains orientaux (Sicile). Thèse Fac. Sci., 2 voll., 547 pp., Paris.

Valensise G. & Pantosti D., 1992. A 125 Kyr-long geological record of seismic source repetability: in the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake. Terra Nova, 44: 472-483.



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

Valensise G. & Pantosti D., 2001. The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review. *Jour. Seismology*, 5: 287-306

Ward S.N., 1994. Constraints on the seismotectonics of the central Mediterranean from Very Long Baseline Interferometry. *Geophys. J. Int* 117, 441±452.

Wathelet M, Jongmans D, Ohrnberger M., 2004. Surface wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements. *Near Surf Geophys* 2004:211–221

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)



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

ALLEGATO A

INDAGINI PRECEDENTI

- 1) Indagini a supporto dello studio geologico relativo al progetto per i Lavori di costruzione di n. 30 alloggi per edilizia economica e popolare e delle relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie (Novembre 1990 data nel documento)
- 2) Indagini a supporto dello studio geologico relativo al progetto dei lavori di consolidamento e sistemazione idraulico territoriale a monte e a valle del centro abitato del comune di Alì (ME) (2009 data nel documento)

Indagini dirette

- 1) Indagini a supporto dello studio geologico relativo al progetto per i Lavori di costruzione di n. 30 alloggi per edilizia economica e popolare e delle relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie (Novembre 1990 data nel documento)
 - A) Sono state eseguite otto prove penetrometriche dinamiche continue contrassegnate da numerazione progressiva da 1 a 8;
Attrezzatura: Penetrometro leggero Sunda DL030;
Profondità raggiunta: - 5 m dal p.c. (prove 4 e 5)
Indicazioni sulla profondità delle falda: nessuna;
Schede tecniche: fornite;
Documentazione fotografica: non fornita;
Note: il rapporto tecnico commenta le risultanze stratigrafiche e propone associazioni litologiche all'andamento del diagramma.
Valutazione complessiva: L'indagine consente una stima abbastanza precisa dello spessore della copertura detritica e delle sue caratteristiche di addensamento che restano limitate all'area di stretta pertinenza dell'indagine.
- 2) Indagini a supporto dello studio geologico relativo al progetto dei lavori di consolidamento e sistemazione idraulico territoriale a monte e a valle del centro abitato del comune di Alì (ME) (2009 data nel documento)



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) Sono state eseguite sette perforazioni geognostiche contrassegnate con i numeri da 1 a 7: quattro di queste rientrano nella selezione areale considerata.

Attrezzatura di perforazione: si dichiara una generica attrezzatura idraulica a rotazione montata su cingoli;

Tecnica di avanzamento: carotaggio continuo a sezione costante con carotiere semplice, avanzamento con fluido di perforazione costituito da acqua;

Tecnica di perforazione: non dichiarata;

Diametro di perforazione: 101 mm;

Profondità raggiunta: - 20 m dal p.c.

Prove in foro: 7 prove SPT standard a varie profondità;

Prelievo campioni: nessuno;

Indicazioni sulla profondità delle falda: è riportata l'assenza di attraversamenti acquiferi;

Scheda stratigrafica: fornita;

Documentazione fotografica: fornita solo parzialmente;

Note: il rapporto tecnico commenta le risultanze stratigrafiche.

Valutazione complessiva: la limitata profondità raggiunta dall'indagine, che è stata indirizzata alla caratterizzazione della facies filladica del complesso metamorfico, insieme all'essenzialità dei risultati esibiti, permettono una stima precisa dello spessore della copertura detritica e delle caratteristiche litologiche della parte apicale del complesso metamorfico, che però restano limitate all'area di stretta pertinenza dell'indagine.

Indagini Geofisiche - Sismica di superficie di rifrazione

1) Indagini a supporto dello studio geologico relativo al progetto per i Lavori di costruzione di n. 30 alloggi per edilizia economica e popolare e delle relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie (Novembre 1990 data nel documento)

E' stato eseguito in superficie un rilievo sismico di rifrazione. Sezioni per la misura delle onde P numero 6 (sigle Base N°1, N°2, N°3, N°4, N°5, N°6),
Strumentazione utilizzata: Registratore multicanale SUNDA mod. ECHOSEI a sei canali e sensibilità strumentale di 1 ms ;

Geofoni: Verticali ed Orizzontali a corto periodo (>10 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

Energizzazione: massa battente da kg 5 e piastra in lega d'alluminio (onde P);
Starter: sensore a scuotimento solidale con la massa battente;
Numero geofoni: 6 (dedotto dai tabulati prodotti);
Lay out: base distante in linea (dedotto dai tabulati prodotti);
Distanza intergeofonica: 5 m (dedotto dai tabulati prodotti);
Numero di tiri di energizzazione: 2 (ricavato dai tabulati prodotti);
Offset esterno: da 4 a 6 m (ricavato dai tabulati prodotti);
Distanza intergeofonica: da 4 a 10 m (ricavata dai tabulati prodotti);
Profondità massima raggiunta: - 9,62 m;
Registrazione dei segnali: non fornita;
Tecnica del picking: non indicata;
Processing utilizzato: intercept time (dedotta dai tabulati prodotti);
Software utilizzato: non dichiarato;
Tabulati di calcolo: forniti;
Grafici forniti: Dromocrone con rette di regressione, Sezione velocità, Sezione profondità;
Range di velocità ottenuto: onde P: 302 - 3491 m/s;

Note: è riportata un'interpretazione litologica dei risultati derivati dalla elaborazione dei dati acquisiti in campagna. Le velocità delle onde P osservate possono, complessivamente, ritenersi congrue con la litologia superficiale, ad eccezione di quelle del rifrattore che sembrano sovrastimate. Valutazione complessiva: Il risultati sembrano sottostimare la potenza dello strato allentato delle formazioni del substrato e risolvono poco il contrasto tra copertura detritica e strato decompresso del rifrattore.

2) Indagini a supporto dello studio geologico relativo al progetto dei lavori di consolidamento e sistemazione idraulico territoriale a monte e a valle del centro abitato del comune di Alì (ME) (2009 data nel documento)

E' stato eseguito in superficie un rilievo sismico di rifrazione. Sezioni per la misura delle onde P numero 15 (sigle da T1 a T15);
Strumentazione utilizzata: Registratore multicanale PASI S16S a dodici canali;
Geofoni: Verticali con frequenza > 10 Hz non ulteriormente specificati;
Energizzazione: massa battente non ulteriormente specificata;
Starter: non specificato;



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

Numero geofoni: 12;
Lay out: base distante in linea;
Distanza intergeofonica: 2 m;
Numero di tiri di energizzazione: 3;
Offset esterno: non specificato;
Profondità massima raggiunta: - 3,5 m;
Registrazione dei segnali: non fornita;
Tecnica del picking: non indicata;
Processing utilizzato: GRM;
Software utilizzato: Win Sism ver. 8.0;
Tabulati di calcolo: non forniti;
Grafici forniti: Sezioni profondità;
Range di velocità ottenuto: onde P: 325 - 2085 m/s;

Note: è riportato un breve commento sui risultati derivati dalla elaborazione dei dati acquisiti in campagna ed una stima dei parametri elastici stante l'assenza di dati di velocità delle onde trasversali che non sono stati acquisiti. Le velocità delle onde P osservate per i terreni di coperture possono, complessivamente, ritenersi congrue con la corrispondente litologia e spessore, derivata dalle indagini geognostiche, mentre quelle osservate entro il rifrattore, riferibile al substrato geologico, non ne riflettono congruamente lo stato di fratturazione in questo rilevato.

Valutazione complessiva: Il lay out descritto non è adatto all'utilizzo ottimale della tecnica d'inversione GRM inoltre la ridotta profondità raggiunta e l'impossibilità di confrontare i risultati prodotti con i dati sperimentali acquisiti suggerisce di considerare limitata l'attendibilità di questa indagine ai fini della caratterizzazione del substrato geologico.