

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia
Comune di Giarratana



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

Contraente: Regione Siciliana – Presidenza Dipartimento della Protezione Civile 	Soggetto realizzatore: Università degli Studi di Palermo 	Data: Novembre 2012
--	--	------------------------

INDICE

	Premessa	Pag. 4
1.	Introduzione	5
1.1	<i>Finalità degli studi</i>	5
1.2	<i>Descrizione generale dell'area</i>	6
1.3	<i>Definizione della cartografia di base</i>	7
1.4	<i>Elenco archivi consultati</i>	8
1.5	<i>Definizione dell'area da sottoporre a microzonazione</i>	8
2.	Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento	10
2.1	<i>Sismicità storica della Sicilia sud – orientale</i>	10
2.2	<i>Sismicità storica e pericolosità sismica nel comune di Giarratana</i>	14
2.3	<i>Faglie attive</i>	20
2.4	<i>Pericolosità geo-idrologica</i>	21
3.	Assetto geologico e geomorfologico	21
3.1	<i>Inquadramento geologico</i>	21
3.2	<i>Assetto Tettonico</i>	23
3.3	<i>Caratteri morfologici, stratigrafici e tettonici del territorio di Giarratana</i>	23
3.3.1	<i>Caratteri morfologici</i>	23
3.3.2	<i>Litostratigrafia</i>	28
3.3.2.1	<i>Formazione Ragusa</i>	29
3.3.2.2	<i>Formazione Tellaro</i>	29
3.3.2.3	<i>Coperture</i>	29
3.3.3	<i>Lineamenti tettonici di Giarratana</i>	31
4.	Dati geotecnici e geofisici	31
4.1	<i>Il database</i>	31
4.2	<i>Unità geologico – litotecnica</i>	33
4.3	<i>Indagini geofisiche precedenti</i>	34
4.4	<i>Il metodo HVSR</i>	34
4.5	<i>Indagini HVSR</i>	37
5.	Modello del sottosuolo	40
5.1	<i>Il modello e le sezioni rappresentative del sottosuolo</i>	40
5.2	<i>Stime della profondità del tetto del bedrock sismico ottenute da misure HVSR</i>	41
6.	Interpretazioni e incertezze	42
6.1	<i>Incertezze sul modello geologico tecnico del sottosuolo</i>	42
6.2	<i>Breve analisi dei vantaggi e svantaggi dei metodi d'indagine con microtremiti</i>	43
6.3	<i>Incertezze sulle stime della profondità del bedrock sismico</i>	44
7.	Metodologie di elaborazione e risultati	44
7.1	<i>Criteri per l'elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica</i>	44
7.2	<i>Standard di archiviazione informatica degli elementi morfologici</i>	46
7.3	<i>Elementi di amplificazione topografica</i>	47

7.4	<i>Criteri adottati per la costruzione della carta delle frequenze</i>	52
8.	Elaborati cartografici	53
8.1	<i>Carta delle indagini</i>	53
8.2	<i>Carta Geologico – tecnica</i>	54
8.2.1	<i>Il substrato geologico</i>	54
8.2.2	<i>I terreni di copertura</i>	54
8.2.3	<i>Dissesti</i>	55
8.3	<i>Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica</i>	58
8.3.1	<i>Profili topografici di dettaglio</i>	61
8.4	<i>Carta delle frequenze</i>	66
9.	Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	67
10.	Bibliografia	68
11.	Allegati	74

PREMESSA

La presente relazione sintetizza le attività di campo, di laboratorio, di acquisizione ed elaborazione dei dati acquisiti ed illustra i risultati relativi allo studio preliminare (livello 1) per la redazione di un'apposita cartografia rivolta alla costruzione ed alla elaborazione della *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica* del comune di Giarratana (Provincia Regionale di Ragusa) redatta sulla base di carte tematiche, indagini esistenti (carta geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, indagini geognostiche e geofisiche etc.) e sulla base di osservazioni, studi ed indagini condotte direttamente.

Lo studio, ai sensi dell'OPCM 3907/2010, è stato condotto nell'ambito della convenzione del 20/12/2011, stipulata tra le Università di Catania, Messina, Palermo e il Dipartimento Regionale della Protezione Civile (Servizio Regionale di Protezione Civile per la Provincia di Catania).

Lo studio è stato realizzato da ricercatori del Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM) che si sono avvalsi della collaborazione di personale a contratto:

Personale strutturato: P. Di Stefano, D. Luzio, R. Martorana, P. Renda, E. Rotigliano.

Personale a contratto: M. Alessandro, P. Capizzi, D. Costanzo, N. Messina, A. D'Alessandro, G. Napoli, M. Perricone, S. Todaro, G. Zarcone.

1. INTRODUZIONE

1.1. Finalità degli studi

La microzonazione sismica (MS), è una tecnica di analisi di un territorio che ha lo scopo di riconoscere, a una scala sufficientemente piccola (generalmente sub comunale), le condizioni geologiche e geomorfologiche locali che possono alterare sensibilmente le caratteristiche dello scuotimento sismico, generando sulle strutture presenti, sollecitazioni tali da produrre effetti permanenti e critici. In altri termini tale analisi ha l'obiettivo di prevedere e valutare eventuali effetti di sito a seguito di un sisma. La prima fase della MS consiste nella suddivisione dettagliata del territorio in aree omogenee rispetto al comportamento atteso dei terreni durante un evento sismico. La MS costituisce uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se utilizzato già in fase di pianificazione urbanistica. Risulta essere, quindi, un supporto fondamentale per indirizzare le scelte urbanistiche comunali verso le aree a minore pericolosità sismica.

Per minimizzare costi e tempi la MS deve essere prioritariamente realizzata nelle aree urbanizzate, in quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche e lungo le fasce a cavallo delle reti infrastrutturali. Le aree in cui realizzare la MS dovrebbero essere indicate dalle Amministrazioni Comunali prima della selezione dei soggetti realizzatori degli studi.

Il riferimento tecnico per la realizzazione di questi studi e per l'elaborazione e la redazione degli elaborati richiesti è costituito dal testo *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"* approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome il 13/11/2008. Nel citato *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"* sono definite le procedure e le metodologie di analisi finalizzate a individuare e caratterizzare: zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e zone suscettibili di instabilità.

Gli studi di MS possono essere condotti secondo tre livelli di approfondimento.

Il **Livello 1**, che costituisce uno studio propedeutico ed obbligatorio per poter affrontare i successivi livelli, ha per obiettivo la precisazione del quadro conoscitivo di un territorio, derivante, prevalentemente, dalla raccolta ed analisi dei dati preesistenti, integrata se necessario dall'esecuzione di indagini in situ. Questo Livello è finalizzato alla realizzazione della **Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica**, cioè all'individuazione di aree a comportamento sismico omogeneo;

Le finalità dello studio sono:

- Individuare le aree, suscettibili di effetti locali, in cui effettuare le successive indagini di MS;
- Definire il tipo di effetti attesi;
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- Definire il modello geologico che costituisce la base per la MS, in termini di caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo,.

L'analisi di **Livello 2** è richiesta nelle aree nelle quali sono attesi effetti di amplificazione dei parametri di scuotimento ed è ritenuta sufficiente se queste sono prive di particolari complicazioni geologiche e morfologiche,. Per uno studio di secondo livello sono richieste indagini geotecniche e geofisiche di tipo standard e la stima dei fattori di amplificazione può essere effettuata tramite tabelle e formule. E' importante sottolineare che la scelta e l'utilizzo delle tabelle richiedono un'attenta valutazione dei risultati delle indagini stratigrafiche e geofisiche.

Un'analisi più approfondita, di **Livello 3**, è invece richiesta nelle aree in cui sono presenti particolari condizioni di pericolosità locale (valli strette e zone pedemontane con spessori delle

coperture rapidamente variabili, terreni potenzialmente liquefacibili ad elevata compressibilità, pendii instabili o potenzialmente instabili) o laddove sono previsti opere ed edifici di rilevante interesse pubblico.

Per le specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici della MS di **Livello 1** e per l'allestimento della banca dati, si è tenuto conto anche degli aggiornamenti forniti dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di MS (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) e, nello specifico, della versione 2.0 (giugno, 2012) degli Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica.

Un'analisi più approfondita, di **Livello 3**, è invece richiesta nelle aree in cui sono presenti particolari condizioni di pericolosità locale (valli strette e zone pedemontane con spessori delle coperture rapidamente variabili, terreni potenzialmente liquefacibili ad elevata compressibilità, pendii instabili o potenzialmente instabili) o laddove sono previsti opere ed edifici di rilevante interesse pubblico.

Per le specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici della MS di **Livello 1** e per l'allestimento della banca dati, si è tenuto conto anche degli aggiornamenti forniti dalla Commissione Tecnica per il supporto e monitoraggio degli studi di microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) e, nello specifico, della versione 2.0 (giugno, 2012) degli Standard di Rappresentazione ed archiviazione informatica.

1.2. Descrizione generale dell'area

Il territorio del Comune di Giarratana (provincia regionale di Ragusa) è ubicato nel settore centrale dell'altipiano Ibleo, Sicilia sud-orientale (Fig.1.1). Il territorio è limitato a nord dal territorio comunale di Vizzini (CT) e Buccheri (SR) ad est dal territorio comunale di Buscemi (SR), a sud da quello di Ragusa e, ad ovest, da quello di Monterosso Almo e Licodia Eubea (CT).

Dal punto di vista idrografico il territorio comunale ricade per l' 82% all'interno del bacino idrografico del Fiume Irmínio, per una superficie totale di circa 35,63 kmq e per la restante parte, pari a circa 4,78 kmq, nel bacino idrografico del Fiume Acate.

Il centro urbano di Giarratana si trova confinata tra il torrente Tiracavalli, che divide il centro storico dalla nuova zona di espansione ad est ed il rio Cuccovio ad ovest- sud ovest. L'abitato si adagia su una collina, dove nella parte più alta sorge il nucleo antico e la parte più recente si adagia più a valle su un pianoro poco inclinato (Fig. 1.2). L'abitato ha un impianto urbanistico molto regolare con strade diritte disposte a 90° orientate circa N-S ed E-O.

Il comune di Giarratana non ha frazioni.

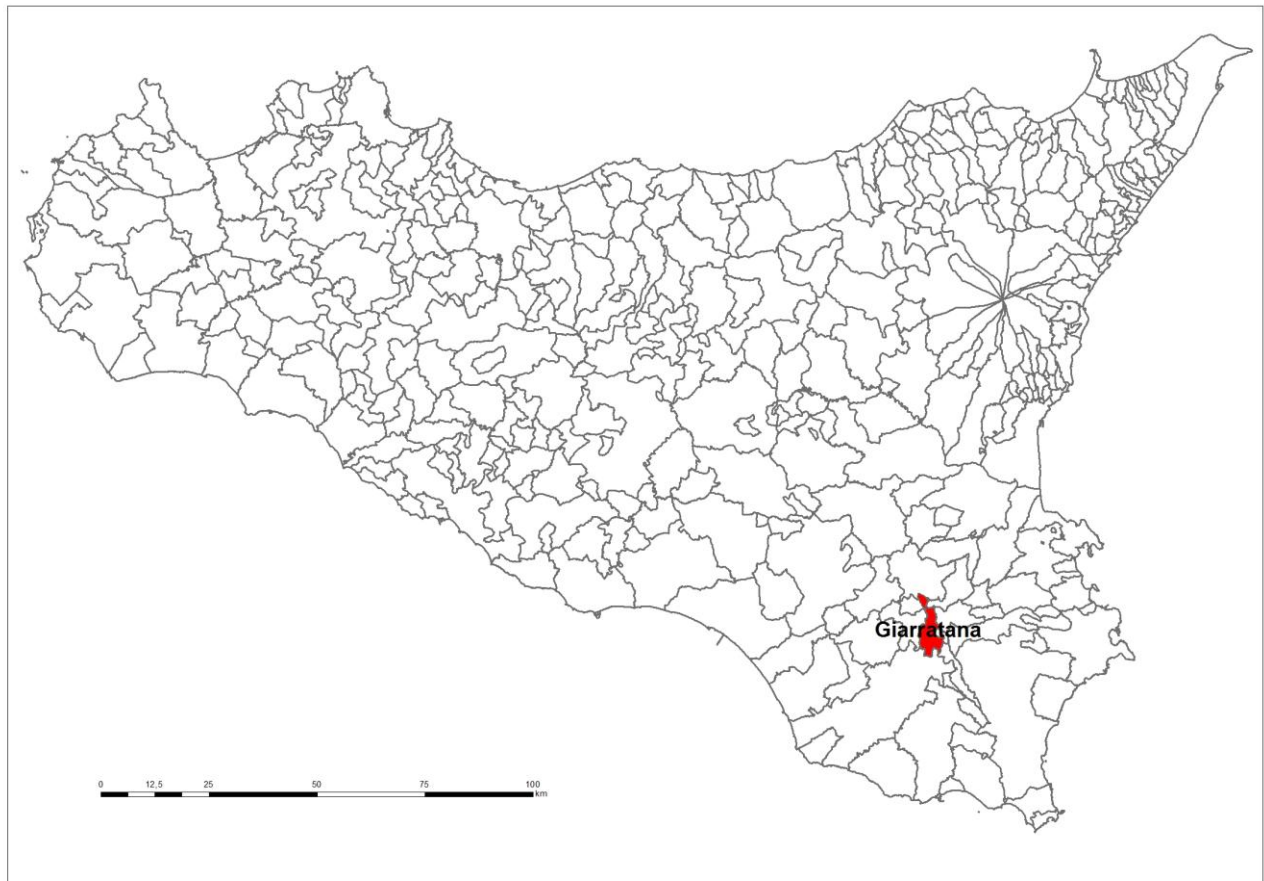


Fig. 1.1 - Ubicazione dell'area



Fig.1.2 – Veduta del centro urbano di Giarratana

1.3 Definizione della cartografia di base

La tabella di seguito riportata riassume il materiale cartografico utilizzato come base per lo studio

Copertura topografica	Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 – ediz. 2008 – Sezioni n. 645100 e 648140
	Foglio IGMI 1:50.000 n. 600 “Barcellona Pozzo di Gotto”
Cartografia geologica	Carta Geologica del settore centro – meridionale dell’altipiano Ibleo (Provincia di Ragusa, Sicilia sud-orientale) scala 1:50.000 – Grasso M. – SELCA Firenze 1997
	Carta Geologica della Sicilia sud – orientale scala 1:100.000 – Lentini F. – SELCA Firenze 1984
	Modello Strutturale d'Italia scala 1:500.000 AA.VV. 1990
Ortofoto	Ortofoto Regione Siciliana anno 2007 – 2008. Realizzazione ripresa aerea digitale pixel 0.25 m
DEM	Modello digitale del terreno passo 2 m derivato da dati LIDAR volo ATA 2007 – 2008

1.4 Elenco archivi consultati

ISPRA	Progetto CARG – Catalogo delle formazioni italiane
	ITHACA (ITaly HAZards from CAPable faults) – Catalogo delle faglie attive e capaci
	Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984)
ARTA SICILIA	Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) con aggiornamenti
	Siti di importanza comunitaria (SIC) presenti sul territorio della Regione Sicilia, aggiornati al 2011; zone di protezione speciale (ZPS)
INGV	Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI11)

1.5. Definizione dell’area da sottoporre a microzonazione

Per quanto riguarda la perimetrazione dell’area del Comune di Giarratana da sottoporre agli studi di microzonazione sismica di primo livello, in assenza di indicazioni da parte dell’amministrazione comunale, è stato stabilito nella riunione tecnica del 24/04/2012 fra il Dipartimento Regionale della Protezione Civile e l’Università degli Studi di Palermo di procedere alla MS del centro urbano principale e degli immediati dintorni (Fig. 1.3).

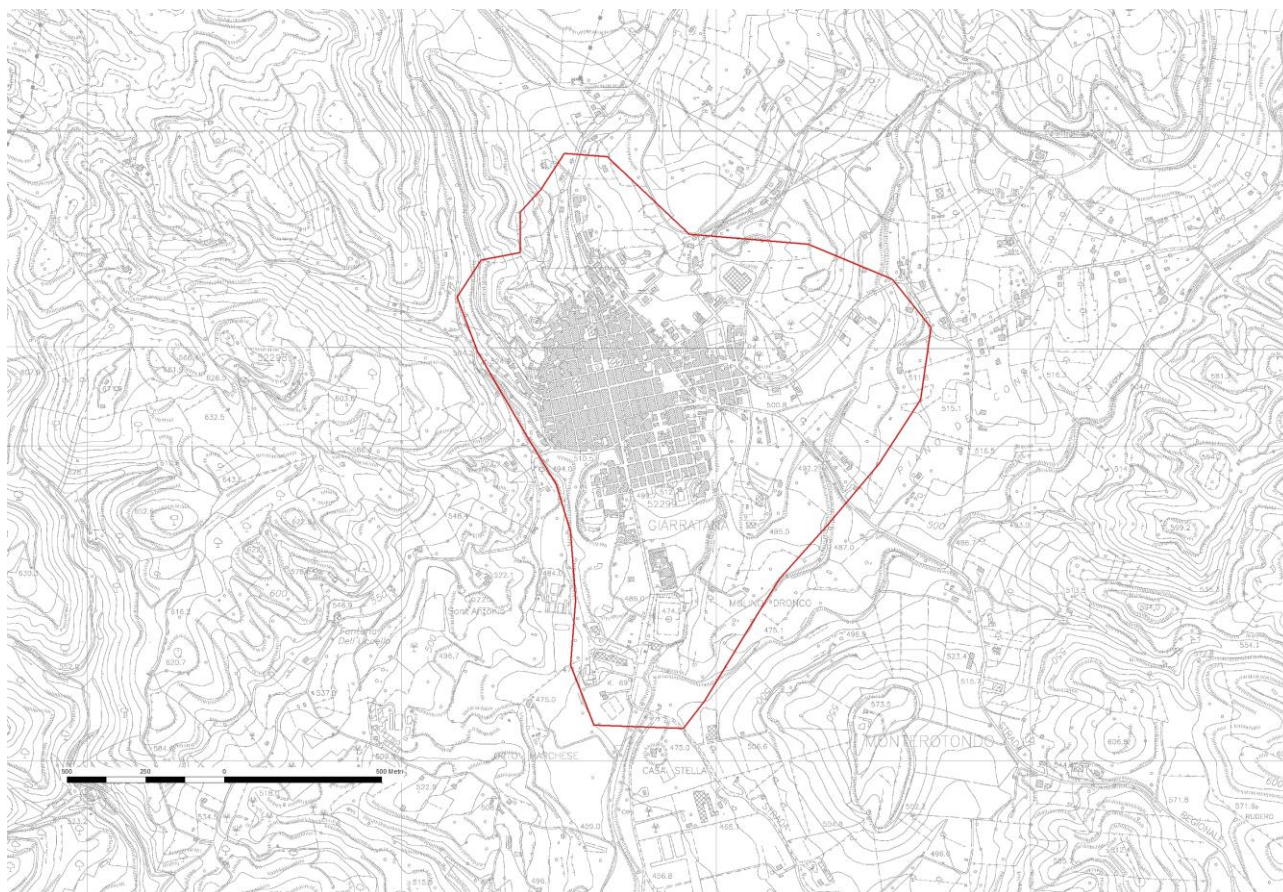


Fig. 1.3 – Comune di Giarratana: delimitazione dell'area sottoposta a MS.

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Sismicità storica della Sicilia Sud-Orientale.

Relativamente agli eventi sismici, la pericolosità generalizzata della provincia di Ragusa (probabilità che un certo fenomeno avvenga in un determinato intervallo di tempo) si traduce sovente in un altrettanto generalizzato rischio elevato (probabilità che le conseguenze economiche e sociali di un certo fenomeno di pericolosità superino una determinata soglia) a causa anche dell'articolazione urbanistica del territorio, nonché dalla carenza di piani di difese da catastrofi naturali. Tale rischio è amplificato dal fattore perdita di vite umane, come dimostrano gli eventi calamitosi avvenuti in queste aree nei secoli scorsi.

La Provincia di Ragusa in particolare è soggetta ad un'attività sismica medio-alta, indotta da frequenti terremoti con epicentri ricadenti all'interno del territorio provinciale, e da terremoti più intensi i cui epicentri sono localizzati nelle aree limitrofe specialmente lungo la costa ionica. La mappa di Fig. 2.1 mostra la distribuzione degli epicentri dei forti terremoti (sinistra, Guidoboni et al., 2007) e le massime intensità macrosismiche risentite (Locati et al., 2011) nell'area iblea.

Anche se diversi terremoti hanno colpito la Sicilia Sud-Orientale prima del 1500, non vi sono informazioni sufficienti per ricostruire in maniera dettagliata gli effetti macrosismici risentiti. Tra questi sono comune degni di nota il terremoto del 04.02.1169 (ore 07:00, lat. 37.217, lon. 14.95, I_{max} 10, M_e 6.4) e il terremoto del 07.06.1125 (ore 11:00, lat. 37.083, lon. 15.283, I_{max} 8.5, M_e 5.8).

Vengono quindi di seguito descritti i principali terremoti storici che a partire dal 1500 hanno avuto effetti macrosismici significativi nella Sicilia Nord-Orientale. Le informazioni di seguito riportate sono state estratte dal catalogo dei forti terremoti CFTI (Guidoboni et al., 2007) al quale si rimanda per maggiori dettagli.

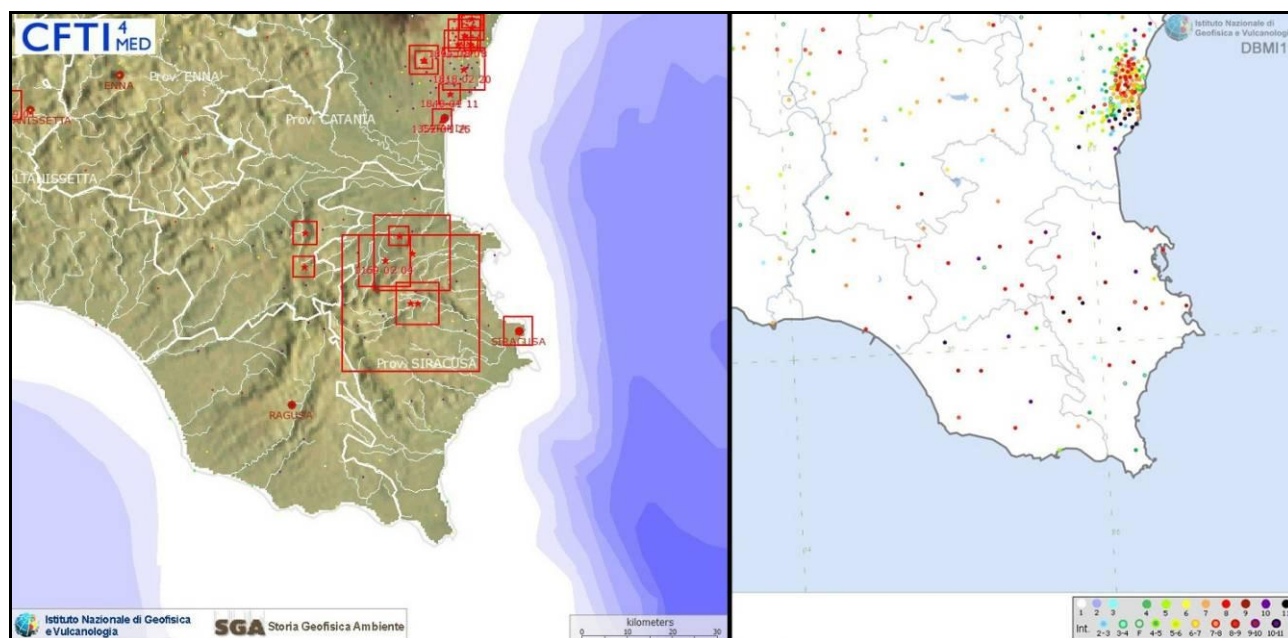


Fig. 2.1 - Epicentri dei forti terremoti (sinistra, Guidoboni et al., 2007) e massime intensità macrosismiche risentite (Locati et al., 2011) in Sicilia Sud-Orientale.

Terremoto del 10.12.1542, ore 15:15, lat=37.233°, lon=15.017°, I_{max} =10, M_e =6.8: la sequenza sismica iniziò il 30 novembre 1542 alle ore 18:40 GMT circa (tra le 2 e le 3 della notte in orario "all'italiana"); questa prima scossa fu sentita fortemente, ma senza danni, a Caltagirone e a

Catania. La scossa distruttiva avvenne il 10 dicembre alle ore 15:15 GMT circa (ore 23 italiane); colpì la Val di Noto e soprattutto l'entroterra collinare e montuoso degli Iblei. Le distruzioni più gravi si estesero su un'area di circa 6000 kmq: i paesi di Melilli e Occhiolà furono distrutti pressoché totalmente; a Lentini e Sortino molti edifici crollarono o divennero completamente inagibili; danni molto gravi ed estesi ci furono ad Avola, Buccheri, Ferla, Giarratana, Mineo, Monterosso Almo e Palazzolo Acreide. Le massicce distruzioni furono favorite dalle morfologie urbanistiche, che avevano come comune denominatore la discontinuità altimetrica, e l'irregolarità delle murature degli edifici costruiti in varie fasi. In alcuni paesi, in particolare a Sortino e a Lentini, i danni furono aggravati da frane e scoscendimenti e dal cedimento dei terreni di fondazione. Danni di notevole entità si ebbero anche ad Augusta, Catania, Siracusa e in tutti i centri della Sicilia sudorientale. L'area dei danni più leggeri si estese fino ad Agrigento e all'isola di Malta. La scossa fu sentita in tutta la Sicilia: fu forte, ma senza danni, a Messina e a Palermo. Dopo la scossa principale, per un altro mese circa, furono avvertite repliche molto frequenti ma leggere.

Terremoto del 03.10.1624, ore 17:00, lat=37.267°, lon=14.75°, $I_{max}=9$, Me=5.6: il terremoto colpì un'area limitata, al confine fra i monti Iblei e la piana di Catania. Furono gravemente danneggiati i paesi di Mineo e Militello in Val di Catania, dove numerosi edifici crollarono causando un numero imprecisato di morti e feriti. A Caltagirone la scossa danneggiò leggermente il monastero di S.Benedetto; non sono ricordati effetti in altri centri abitati.

Terremoto 09.01.1693, ore 21:00, lat=37.133°, lon=15.033°, $I_{max}=8.5$, Me=6.2: il terremoto del gennaio 1693 colpì un territorio vastissimo, in due riprese, a distanza di 2 giorni. La prima scossa avvenne il 9 gennaio alle ore 21:00 GMT circa (le ore 4 e mezza in orario "all'italiana"). Nonostante le difficoltà incontrate nel distinguere gli effetti di questo primo evento da quelli del terremoto successivo, è stato possibile attribuire un valore d'intensità a 30 località e delineare, in maniera soddisfacente, il quadro complessivo degli effetti. I danni furono gravissimi soprattutto ad Augusta, dove crollarono poco meno della metà delle abitazioni e si ebbero 200 morti; ad Avola due quartieri furono quasi interamente distrutti; a Noto molti edifici crollarono e ci furono oltre 200 vittime. Danni analoghi si verificarono anche a Floridia, Lentini, Melilli. Crolli totali e vittime si ebbero a Catania, Vizzini, Sortino; lesioni e crolli parziali a Siracusa e a Militello in Val di Catania. La scossa fu sentita senza danni a Messina, Palermo e Agrigento; i limiti dell'area di risentimento sono segnati a nord da Monteleone (l'attuale Vibo Valentia) e a sud dall'isola di Malta. La seconda scossa avvenne l'11 gennaio alle ore 13:30 GMT circa (ore 21 italiane). Gli effetti furono catastrofici anche perché si sovrapposero in parte a quelli della scossa precedente. L'area colpita fu tuttavia molto più vasta: un intero territorio di oltre 14.000 kmq, considerando solo l'area dei danni maggiori, fu sconvolto; complessivamente danni di rilievo sono stati riscontrati in un'area che va dalla Calabria meridionale a Palermo e all'arcipelago maltese. Ovviamente l'ampiezza totale dell'area di risentimento è sconosciuta perché il mare limita il riscontro degli effetti osservabili; tuttavia, sembra accertato che la scossa fu avvertita sensibilmente nella Calabria settentrionale e sulla costa tunisina. Tutte le città più importanti della Sicilia sud orientale furono sconvolte. Catania fu quasi interamente distrutta, così come Acireale e tutti i piccoli insediamenti sparsi sul versante orientale dell'Etna. Distruzioni vastissime si verificarono in tutti i centri della Val di Noto: Vizzini, Sortino, Scicli, Ragusa, Palazzolo Acreide, Modica, Melilli, Lentini, Ispica, Occhiolà, Carlentini, Avola, Augusta, Noto. Crolli molto estesi subirono Siracusa, Caltagirone, Vittoria, Comiso. In complesso sono 70 i centri nei quali si verificarono danni uguali o maggiori al IX grado MCS. Crolli e danni gravi subirono anche Messina e alcuni centri della costa nord-orientale, fra cui Patti e Naso; lesioni e crolli parziali si ebbero a Palermo, Agrigento, Reggio Calabria e, più gravi, a Malta; danni più leggeri ci furono in alcuni centri della Calabria meridionale.

Terremoto del 11.01.1693, ore 13:30, lat=37.133°, lon=15.017°, $I_{max}=11$, Me=7.4: il terremoto del gennaio 1693 colpì un territorio vastissimo, in due riprese, a distanza di 2 giorni. La prima scossa avvenne il 9 gennaio alle ore 21:00 GMT circa (le ore 4 e mezza in orario "all'italiana"). Nonostante le difficoltà incontrate nel distinguere gli effetti di questo primo evento da quelli del terremoto successivo, è stato possibile attribuire un valore d'intensità a 30 località e delineare, in maniera soddisfacente, il quadro complessivo degli effetti. I danni furono gravissimi soprattutto ad Augusta, dove crollarono poco meno della metà delle abitazioni e si ebbero 200 morti; ad Avola due quartieri furono quasi interamente distrutti; a Noto molti edifici crollarono e ci furono oltre 200 vittime. Danni analoghi si verificarono anche a Floridia, Lentini, Melilli. Crolli totali e vittime si ebbero a Catania, Vizzini, Sortino; lesioni e crolli parziali a Siracusa e a Militello in Val di Catania. La scossa fu sentita senza danni a Messina, Palermo e Agrigento; i limiti dell'area di risentimento sono segnati a nord da Monteleone (l'attuale Vibo Valentia) e a sud dall'isola di Malta. La seconda scossa avvenne l'11 gennaio alle ore 13:30 GMT circa (ore 21 italiane). Gli effetti furono catastrofici anche perché si sovrapposero in parte a quelli della scossa precedente. L'area colpita fu tuttavia molto più vasta: un intero territorio di oltre 14.000 kmq, considerando solo l'area dei danni maggiori, fu sconvolto; complessivamente danni di rilievo sono stati riscontrati in un'area che va dalla Calabria meridionale a Palermo e all'arcipelago maltese. Ovviamente l'ampiezza totale dell'area di risentimento è sconosciuta perché il mare limita il riscontro degli effetti osservabili; tuttavia, sembra accertato che la scossa fu avvertita sensibilmente nella Calabria settentrionale e sulla costa tunisina. Tutte le città più importanti della Sicilia sud orientale furono sconvolte. Catania fu quasi interamente distrutta, così come Acireale e tutti i piccoli insediamenti sparsi sul versante orientale dell'Etna. Distruzioni vastissime si verificarono in tutti i centri della Val di Noto: Vizzini, Sortino, Scicli, Ragusa, Palazzolo Acreide, Modica, Melilli, Lentini, Ispica, Occhiola, Carlentini, Avola, Augusta, Noto. Crolli molto estesi subirono Siracusa, Caltagirone, Vittoria, Comiso. In complesso sono 70 i centri nei quali si verificarono danni uguali o maggiori al IX grado MCS. Crolli e danni gravi subirono anche Messina e alcuni centri della costa nord-orientale, fra cui Patti e Naso; lesioni e crolli parziali si ebbero a Palermo, Agrigento, Reggio Calabria e, più gravi, a Malta; danni più leggeri ci furono in alcuni centri della Calabria meridionale.

Terremoto del 01.03.1818, ore 02:45, lat=37.2°, lon=14.75°, $I_{max}=7.5$, Me=5.5: La scossa del 20 febbraio avvenne alle ore 1:10 italiane (18:15 GMT ca.); interessò la regione etnea e fu avvertita fortemente in tutta la Sicilia e, più leggermente, nella Calabria meridionale e a Malta. Gli effetti più gravi riguardarono l'immediato entroterra di Acireale: le borgate di Acì Consolazione e Acì Santa Lucia furono pressoché completamente distrutte; crolli estesi a gran parte dell'abitato si verificarono ad Acì Catena, Acì Platani, Acì San Filippo e Acì Sant'Antonio. Complessivamente quasi 60 centri subirono crolli di edifici o danni generalizzati al patrimonio edilizio, compresi alcuni paesi dei versanti settentrionale e occidentale dell'Etna; in altre 40 località circa avvennero danni più leggeri. In generale, la presenza di scadenti tipologie edilizie amplificò dovunque gli effetti del terremoto. A Catania, in base ai rilievi condotti dall'Intendenza, 1.768 case risultarono danneggiate, di queste oltre il 35% furono dichiarate cadenti e dovettero essere puntellate o demolite. La città era stata interamente ricostruita dopo il terremoto del 1693, era quindi "nuova" dal punto di vista dello stato di conservazione del patrimonio edilizio. Le perizie attestano che il terremoto danneggiò edifici caratterizzati da evidenti e gravi difetti di costruzione: molte case non erano dotate di fondamenta sufficientemente solide, altre erano state innalzate o ampliate in un secondo momento, causando uno squilibrio tra la mole delle costruzioni e le fondazioni. L'1 marzo, alle ore 9:30 italiane (2:45 GMT ca.), una seconda violenta scossa colpì la Sicilia orientale, in particolare la regione iblea, danneggiando gravemente Militello in Val di Catania, Mineo, Ragusa,

Vizzini e numerosi altri centri. La scossa causò ulteriori leggeri danni a Catania e fu sentita fortemente nell'acese.

Terremoto del 13.12.1990, ore 00:24:00, lat=37.267°, lon=14.983°, $I_{max}=7.5$, $M_e=5.4$: La scossa principale avvenne il 13 dicembre 1990 alle ore 0:24 GMT; seguirono numerose repliche, la più forte delle quali avvenne il 16 dicembre alle ore 13:50 GMT. La scossa del 13 dicembre delle ore 0:24 GMT interessò circa 250 località situate in provincia di Siracusa e di Catania e fu risentita anche in alcune località situate in provincia di Reggio di Calabria. I paesi più colpiti furono erano tutti situati o sulla costa o nell'immediato entroterra ionico: si tratta di Carlentini, Augusta, Lentini, Melilli, Militello in Val di Catania, Priolo Gargallo. Furono riscontrati danni leggeri anche a Mineo, Scordia, Palagonia, Siracusa. Subirono alcuni leggeri danni anche Caltagirone, Catania e Noto. Furono dichiarati inagibili 6.830 edifici privati, 220 edifici pubblici e 54 scuole, per un numero complessivo di 7.104 edifici. Nelle località più gravemente colpite furono rilevate gravissime carenze edilizie e altrettanto gravi negligenze nella valutazione delle caratteristiche dei terreni di fondazione. Fu osservato che le strutture di molti edifici erano fatiscenti e prive di manutenzione (anche di quella ordinaria), che, soprattutto nel centro storico di Catania, molti edifici erano stati ristrutturati al loro interno senza tener conto di criteri statici e antisismici. Quanto ai terreni di fondazione, fu rilevato che le caratteristiche di molti di questi avevano esaltato gli effetti del terremoto, che i sistemi di fondazione erano stati spesso scelti senza tenere conto dei terreni di imposta. Ad Augusta, furono rilevati danni gravi nelle nuove strutture edilizie in cemento armato del Rione "Borgata", edificato sui terreni prosciugati di vecchie saline; danni più lievi furono riscontrati nella cosiddetta "isola", caratterizzata da terreni più coerenti. Gli edifici pubblici totalmente inagibili furono 22; gli edifici privati inabitabili furono 368. Le scuole danneggiate furono 19, delle quali 13 furono dichiarate inagibili. A tre giorni dalla scossa principale, fu riscontrato che ad Augusta era stato danneggiato il 30% del patrimonio edilizio abitativo e il 50% di quello scolastico.

A Carlentini furono complessivamente danneggiati 1.595 edifici: 16 edifici pubblici, 4 scuole e 1.575 edifici privati; i danni più gravi furono riscontrati nelle aree in pendio, a nord e a sud dell'abitato. A Lentini la sede della caserma dei Carabinieri fu giudicata inagibile; furono riscontrati danni alla stazione ferroviaria, ai magazzini e ai capannoni adibiti allo stoccaggio e alla lavorazione degli agrumi. Le abitazioni danneggiate nella "Zona 167" erano abitate da 36 famiglie; vi furono oltre 200 ordinanze di sgombero. Secondo una perizia effettuata all'inizio di gennaio dalla Protezione civile furono complessivamente danneggiati 579 edifici: 15 edifici pubblici, 550 edifici privati e 14 scuole. A Melilli il terremoto rese inagibili le scuole, il Municipio, alcuni edifici comunali, metà della caserma dei Carabinieri, il convento dei frati Cappuccini, le chiese barocche; il centro storico fu chiuso. A Militello in Val di Catania il terremoto causò danni soltanto negli edifici più vecchi del centro storico. Le case inabitabili furono 80. L'ala settentrionale del Municipio fu dichiarata inagibile. Su 20 chiese, 7 furono giudicate inagibili: la chiesa di S.Nicola, fatta eccezione del transetto; la Madonna della Stella (totalmente inagibile); S.Sebastiano; S.Giovanni; S.Agata; S.Francesco di Paola e la chiesa dell'ex convento dei Cappuccini. La facciata della chiesa del Circolo fu giudicata pericolante; i resti del convento di S.Leonardo furono giudicati da demolire. Nei quartieri bassi, furono seriamente danneggiati Palazzo Maiorana, la torre del castello Barresi, Palazzo dei Re Burdone e Palazzo Niceforo. In numerose località subirono gravi danni le strutture architettoniche delle chiese. In larga parte della Sicilia sud-orientale, in particolare a Catania e a Noto, sono presenti edifici ecclesiastici di tipologia barocca, ricca di elementi decorativi non strutturali come stucchi, cornicioni sporgenti, balconi, elementi d'angolo, etc.: tali elementi fragili e dalla stabilità assai critica rivelarono una grande vulnerabilità.

La replica del 16 dicembre delle ore 13:50 GMT, localizzata approssimativamente nella stessa area della scossa principale, aggravò i danni causati dalla scossa del giorno 13: furono rilevati crolli di cornicioni, crolli in abitazioni già danneggiate dalla scossa principale, lesioni.

2.2 Sismicità storica e pericolosità sismica del comune di Giarratana

Il comune di Giarratana è situato nella parte meridionale della Sicilia orientale, un'area caratterizzata da un'intensa attività sismica e dalla presenza di numerose faglie sismogenetiche. La Fig. 2.2 mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti localizzati dalla Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia tra il 1981 e il 2011. La mappa mostra come numerosi eventi di piccola e media magnitudo siano stati localizzati in prossimità del comune di Giarratana. La sismicità strumentale recente è caratterizzata perlopiù da eventi poco profondi di piccola magnitudo.

Gli studi di sismicità storica hanno permesso di individuare diversi forti terremoti che hanno avuto a Giarratana effetti macrosismici di notevole intensità.

Fig. 2.3 mostra la distribuzione degli epicentri di eventi sismici storici, con epicentro prossimo a Giarratana e magnitudo momento maggiore di 5.5, estratta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI11, Rovida et al., 2011).

Per molti degli eventi i cui risentimenti potrebbero avere superato a Giarratana la soglia del danno mancano comunque documentazioni che consentano di effettuare attendibili stime di intensità macrosismica relative all'attuale ubicazione del centro urbano e pertanto saranno trascurati nella descrizione seguente.

In Fig. 2.4 è riportata la storia sismica del comune di Giarratana estratta dal Database Macrosismico Italiano (DBMI11, Locati et al., 2011). Questa lista è chiaramente incompleta di molti terremoti in particolare del terremoto della Val di Noto dell'11 gennaio 1693 e di quelli ad esso precedenti. Prima di tale catastrofico evento, il comune prendeva nome di Terravecchia. L'evento del 1693 distrusse totalmente l'abitato di Terravecchia, che fu successivamente ricostruita a pochi chilometri di distanza prendendo il nome attuale di Giarratana. Non vi sono documentazioni sufficienti a ricostruire gli effetti macrosismici risentiti nel comune di Giarratana a seguito dei principali eventi occorsi in Sicilia orientale prima del 1693 come quello della Val di Noto del 10 dicembre 1542.

Il primo evento storico di cui si conosca risentimento significativo nel comune di Giarratana (VI grado MCS) è il terremoto del 28 dicembre 1908 ($M_w=7.10$). In epoca recente il comune di Giarratana ha risentito il terremoto del 23 gennaio 1980 ($M_w=4.58$, V-VI grado MCS) ed in particolare il terremoto del 13 dicembre 1990 ($M_w=5.64$, VI grado MCS) che portarono a diversi crolli in particolare negli edifici e chiese più antiche. La Fig. 2.5 mostra la mappa delle intensità macrosismiche risentite a seguito dell'evento del 1990.

Il comune di Giarratana sorge a ridosso di due importanti strutture sismogenetiche quali quella di Ragusa-Palagonia e Scicli-Giarratana e in prossimità della struttura sismogenetica Gela-Catania e di quella di Monte Lauro (Fig. 2.6, DISS, Basili et al., 2008).

In Fig. 2.7 è riportata la mappa della pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m), come previsto dall'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b, estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>. I valori di PGA sono stati stimati con la tecnica proposta da Cornell (Cornell, 1968; Bender and Perkins, 1987; Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

La mappa mostra come il comune di Giarratana ricada in un'area con pericolosità sismica, espressa in termini di PGA, paria a 0.250-0.275 g. La Tab. 2.1 riporta i valori di PGA determinati per il comune di Giarratana per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o differenti periodi di ritorno, e

percentile. Vista l'elevata pericolosità sismica, il comune di Giarratana risulta inserito in Zona Sismica 2 (Fig. 2.8).



Fig. 2.2 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti strumentali localizzati dalla INGV tra il 1981 e il 2011.

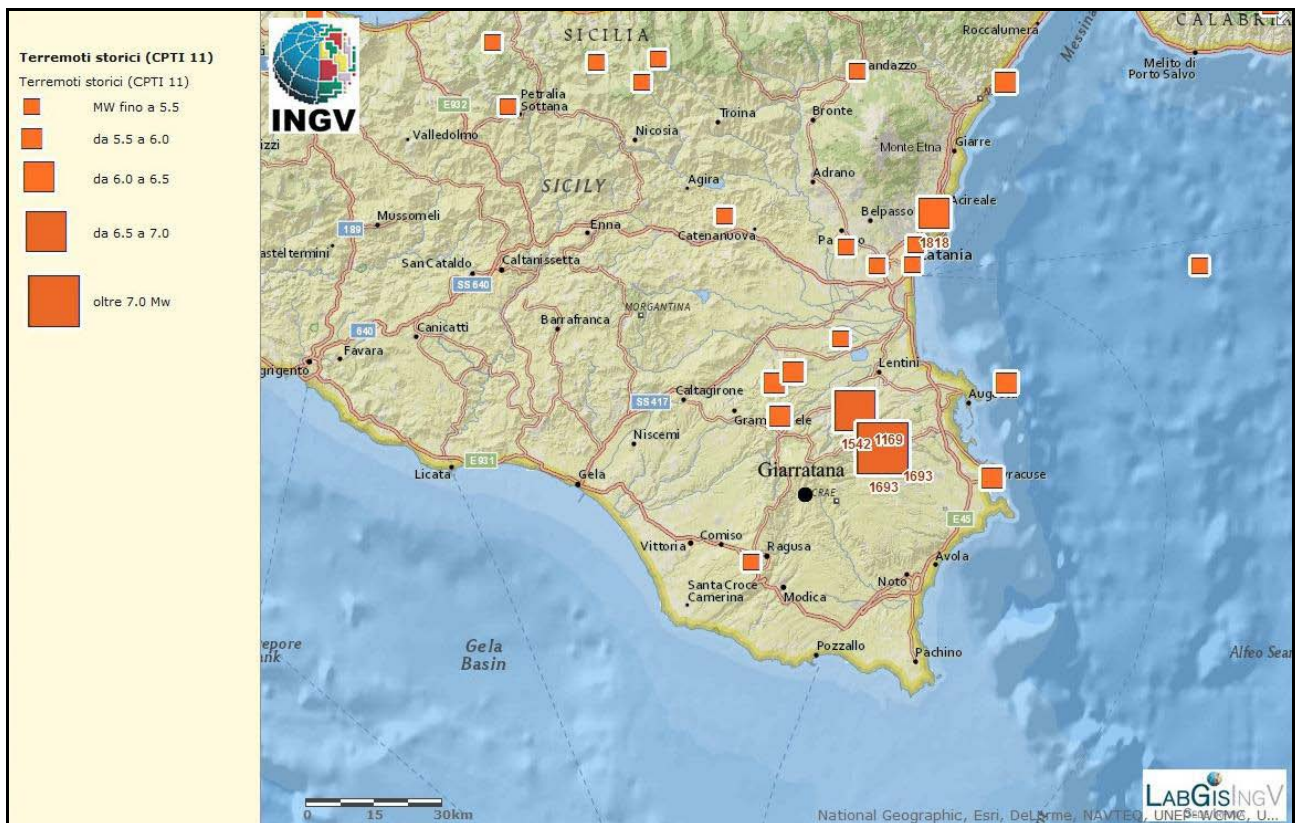


Fig. 2.3 Mappa della distribuzione degli epicentri degli eventi sismici storici estratta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI11, Rovida et al., 2011).

Storia sismica di Giarratana [37.048, 14.794]

Numero di eventi: 14

Effetti

In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
4-5	1895 04 13 15:01	Vizzini	32	6-7	4.89 ±0.45
4	1896 07 02 00:30	CANALE DI SICILIA	10	4	4.21 ±0.56
4	1898 11 03 05:59	Caltagirone	48	5-6	4.80 ±0.30
3-4	1903 02 10 08:04	NOTO	10	5-6	4.58 ±0.62
6	1908 12 28 04:2	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15
5	1924 08 17 21:40	MONTI IBLEI	22	5	4.73 ±0.24
3	1928 03 07 10:5	CAPO VATICANO	30	7-8	5.83 ±0.26
5	1934 09 11 01:1	MADONIE	28	5-6	4.95 ±0.24
3	1949 10 08 03:0	NOTO	32	7	5.20 ±0.27
4	1959 12 23 09:29	PIANA DI CATANIA	108	6-7	5.29 ±0.20
2	1978 04 15 23:3	Golfo di Patti	332		6.06 ±0.09
5-6	1980 01 23 21:2	MODICA	122	5-6	4.58 ±0.14
6	1990 12 13 00:2	Sicilia sud-orientale	304	7	5.64 ±0.09
4	2004 12 30 04:0	Monti Iblei	49	5	4.17 ±0.17

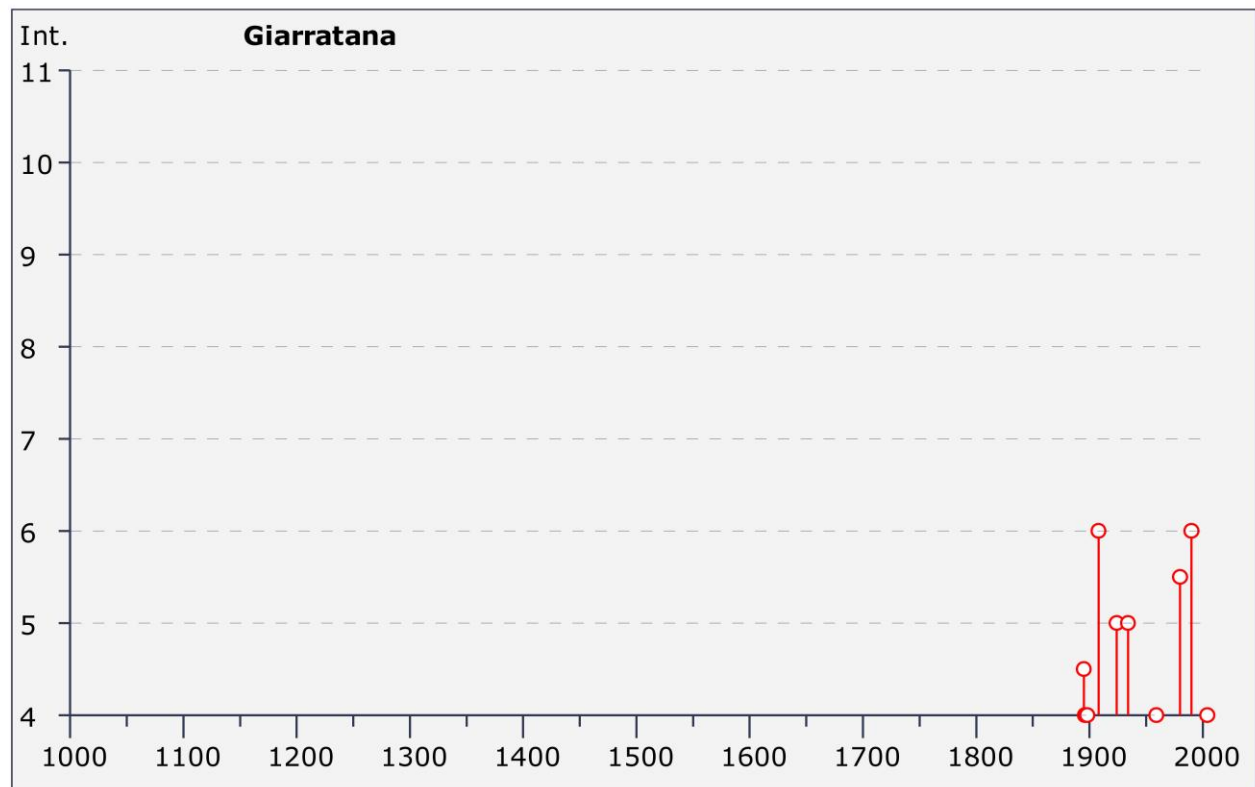


Fig. 2.4 - Storia sismica di Giarratana estratta dal Database Macrosismico Italiano (DBMI11, Locati et al., 2011); I_s è l'intensità macrosismica risentita (MCS); I_o è l'intensità macrosismica massima (MCS); M_w è la magnitudo momento dell'evento; A_x indica l'area epicentrale, N_p è il numero di località che hanno risentito il terremoto.

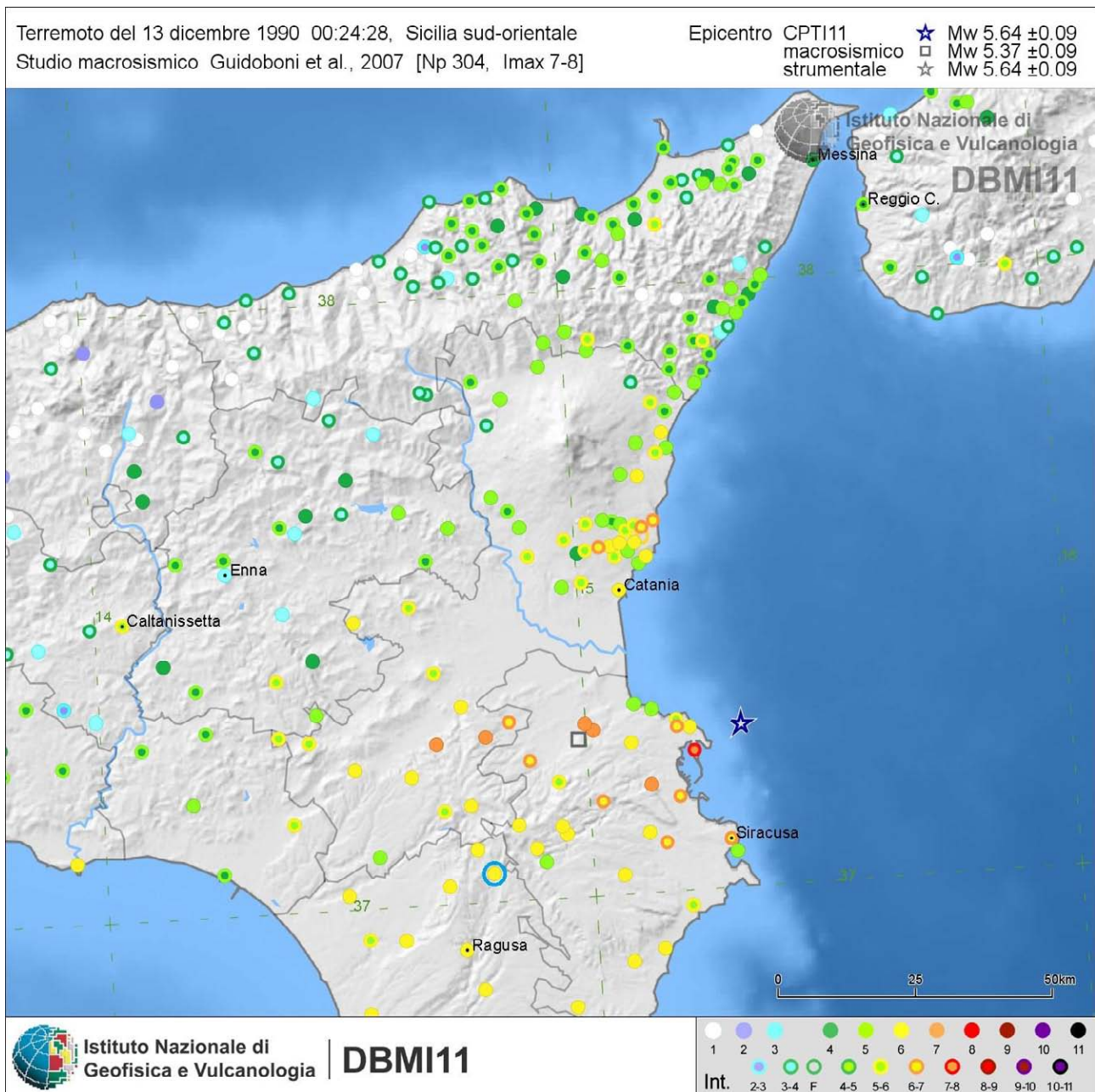


Fig. 2.5 - Mappa delle intensità macrosismiche risentite a seguito dell'evento del 1990, estratta dal catalogo Database Macrosismico Italiano (DBMI11, Locati et al., 2011). Il cerchio azzurro indica il comune di Giarratana.

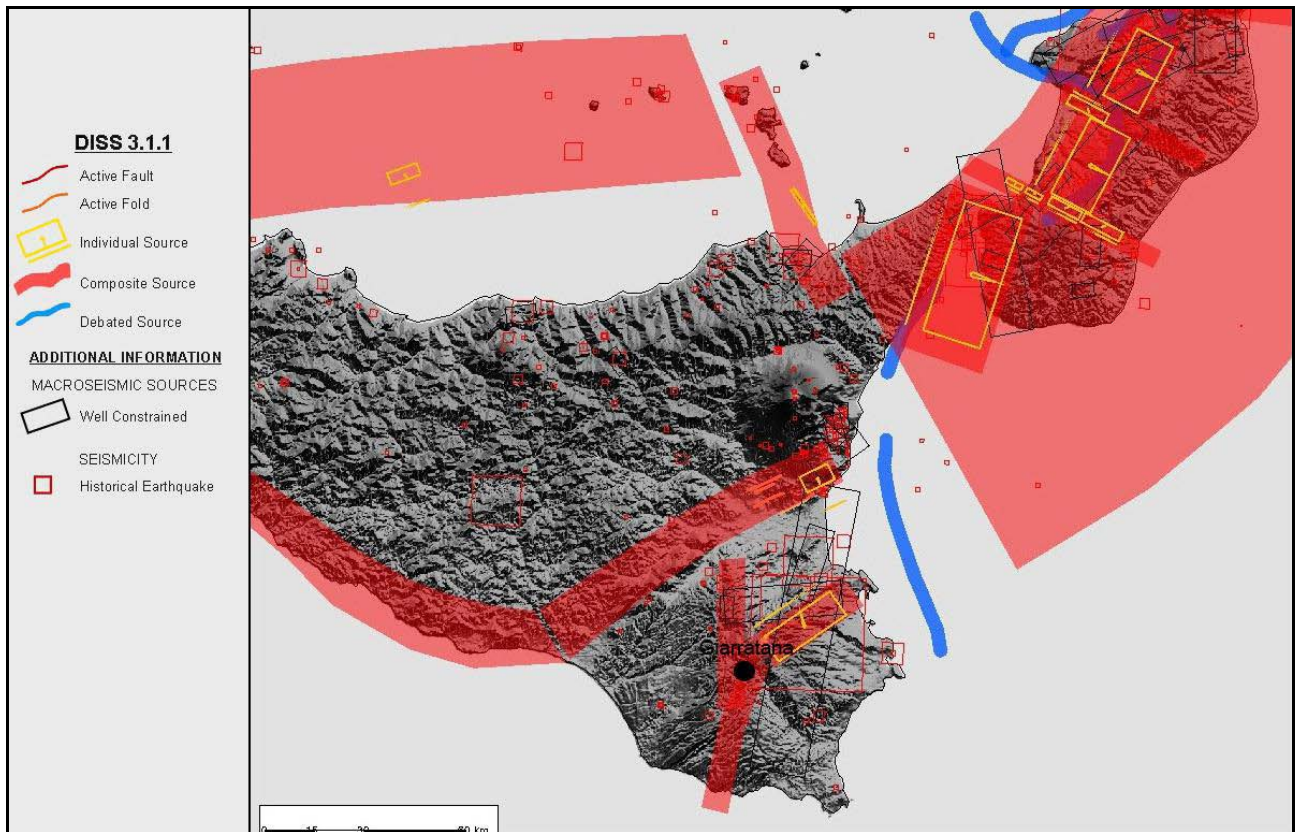


Fig. 2.6 - Mappa delle strutture sismogenetiche estratte dal Database of Individual Seismogenic Sources (Basili et al., 2008).

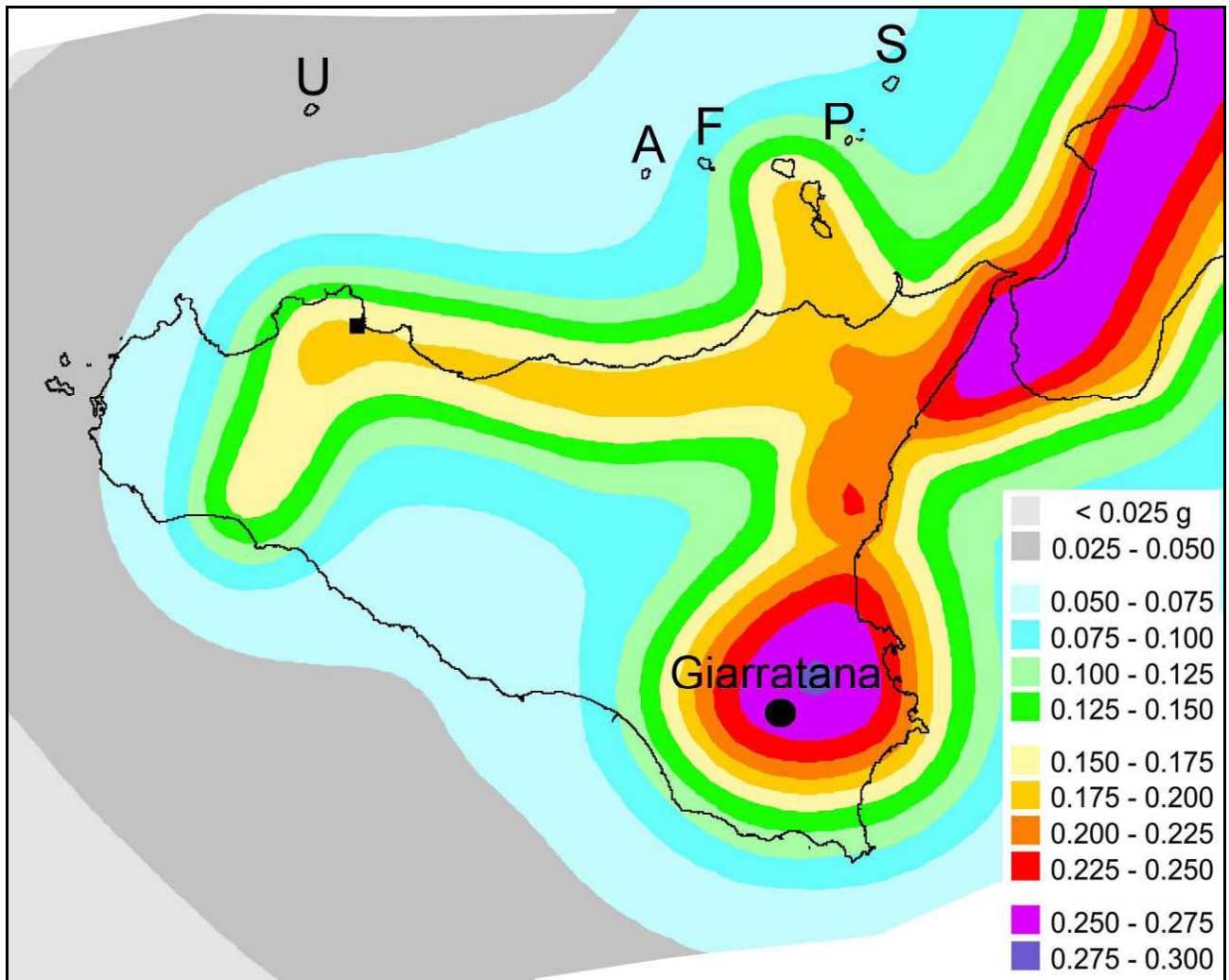


Fig. 2.7 - Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b; estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>.



Fig. 2.8 - Classificazione sismica comunale 2010, Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 408 del 19.12.2003.

Parametro di scuotimento PGA (g)		Probabilità in 50 anni/Periodo di ritorno				
		2%	5%	10%	22%	30%
		2475a	975a	475a	201a	140a
Percentile	16	0.4254	0.2802	0.2032	0.1224	0.0994
	50	0.5534	0.3480	0.2551	0.1523	0.1207
	84	0.6541	0.4344	0.3030	0.1733	0.1397

Tab. 2.1 - Valori di PGA stimati per il comune di Giarratana per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o differenti periodi di ritorno, e percentile. I dati sono stati estratti dalla mappa digitale della pericolosità sismica presente al sito <http://esse1.mi.ingv.it/> e risultano riferiti a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s).

2.3 Faglie attive

Rispetto al pericolo derivante dalla presenza di faglie attive e capaci si è fatto riferimento al database on-line predisposto dall'ISPRA. Il progetto **ITHACA** (ITaly **H**Azard from **C**APable faults), prevede un database per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione cosismica permanente in superficie. Molte faglie sono state nuovamente analizzate e, rispetto alla versione precedente del database, alcune strutture sono state eliminate ed altre aggiunte. Un miglioramento significativo al database si ha avuto per le regioni Calabria e Sicilia, per le quali sono state aggiunte alcune strutture a mare (Mar Ionio e Canale di Sicilia) che, nonostante le modeste conoscenze, sono

certamente attive e capaci di produrre significativi effetti sulle aree costiere circostanti, compresi gli tsunami.

Secondo tale catalogo, l'abitato di Giarratana non è attraversato da faglie attive. Nessuna informazione è fornita riguardo le due faglie, che attraversano il centro abitato, riportate da Grasso (1997) nella carta geologica al 50.000, che fanno parte del sistema di taglio Scicli-Ragusa ritenuto attivo nella letteratura geologica.

Le faglie che interessano il centro abitato e le immediate vicinanze sono poco esposte per cui non è stato possibile individuare evidenze deformazionali, o indizi morfostrutturali di movimenti recenti.

Sulla base dei dati disponibili non è stato possibile ricostruire l'entità dei rigetti e l'età della dislocazione. Pertanto in base alla mancanza di informazioni puntuali e ad effetti riscontabili sul campo, non è stato possibile definirne geometria e cinematica.

2.4 Pericolosità geo-idrologica

Per quanto riguarda la pericolosità derivante da fattori geo-idrologici si è tenuto conto del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) elaborato ed aggiornato nel corso di questi anni dalla Regione Sicilia. Come previsto dall'OPCM 3907/2010 art. 5 comma 4, sono da escludere dalla MS le aree classificate come soggette a rischio idrogeologico molto elevato (R4), qualora non ricadano all'interno di centri urbani. Al fine di ricostruire in modo completo il quadro dei dissesti eventualmente presenti nelle aree studiate, sono state inoltre acquisite tutte le ulteriori informazioni aggiuntive eventualmente disponibili all'interno di altri elaborati tecnici quali ad esempio le relazioni geologiche allegate ai piani regolatori dei Comuni.

L'abitato di Giarratana sorge su un'area collinare debolmente inclinata che presenta fenomeni di dissesto dunque modesti e limitati ai settori di affioramento della marne argillose della Formazione Tellaro. Si tratta di fenomeni superficiali di tipo colamento (al limite del soliflusso), con pericolosità da P1 a P2, che riguardano per lo più versanti convergenti verso le aste fluviali di primo ordine. Ciò nondimeno, in corrispondenza delle intersezioni con alcune strutture vulnerabili, si determinano comunque settori a rischio R3 e R4.

Una disamina puntuale dei piccoli dissesti censiti, viene comunque svolta al cap. 8.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 Inquadramento geologico

Il territorio comunale di Giarratana si estende nel settore centrale dell'area Iblea. Gli Iblei insieme alle aree sommerse del Canale di Sicilia costituiscono un settore dell'avampaese africano. ("Blocco Pelagiano", Burollet et al., 1978) una zona stabile a crosta continentale africana spessa circa 30Km che dalla scarpata Ibleo-maltese si estende attraverso il Canale di Sicilia fino in Tunisia ed in Libia.

Il Blocco Ibleo-Pelagiano è costituito da una spessa sequenza carbonatica, clastico carbonatica, calcareo-marnosa e marnosa meso-cenozoica con intercalazioni di vulcaniti basiche a vari livelli stratigrafici. Sul substrato pre-triassico, si hanno poche informazioni, dai dati provenienti dalla geofisica è possibile ipotizzare la presenza di un intervallo carbonatico del Trias medio che poggerebbe su una successione clastica Permo-Triassica (Fig.3.1).

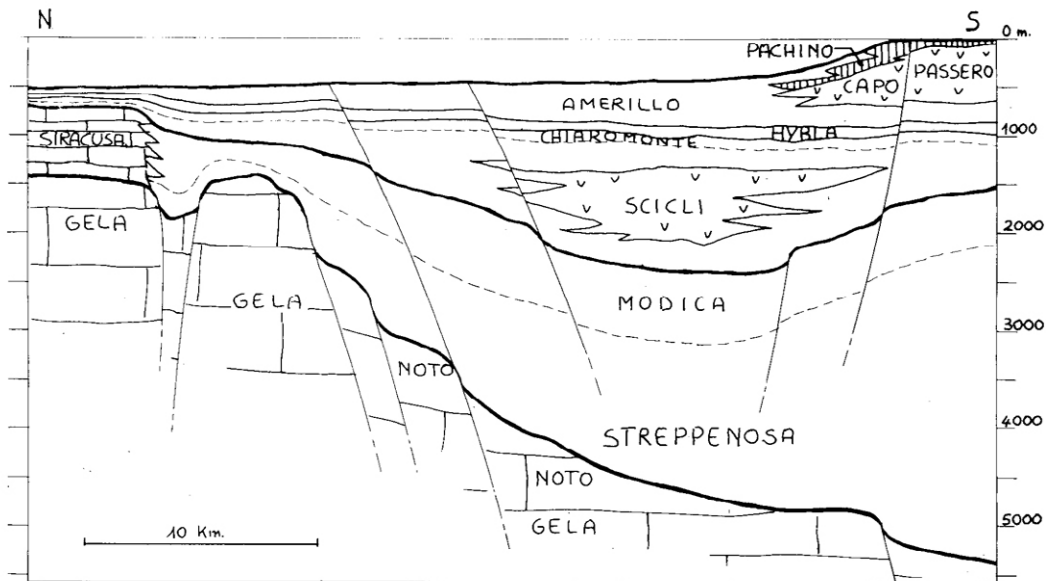


Fig. 3.1 - Schema dei rapporti stratigrafici e strutturali dell'area iblea durante il mesozoico (da Catalano & D'Argenio, 1982)

Gli Iblei costituiscono l'avampaese dell'orogene siciliano e verso Nord e Nord-Ovest si inflettono nel sottosuolo al di sotto delle coltri della falda di Gela che rappresenta il fronte più esterno della catena Maghrebide (Bianchi et al., 1987) dando luogo ad una depressione nota come avanfossa Gela-Catania (Fig.3.2)

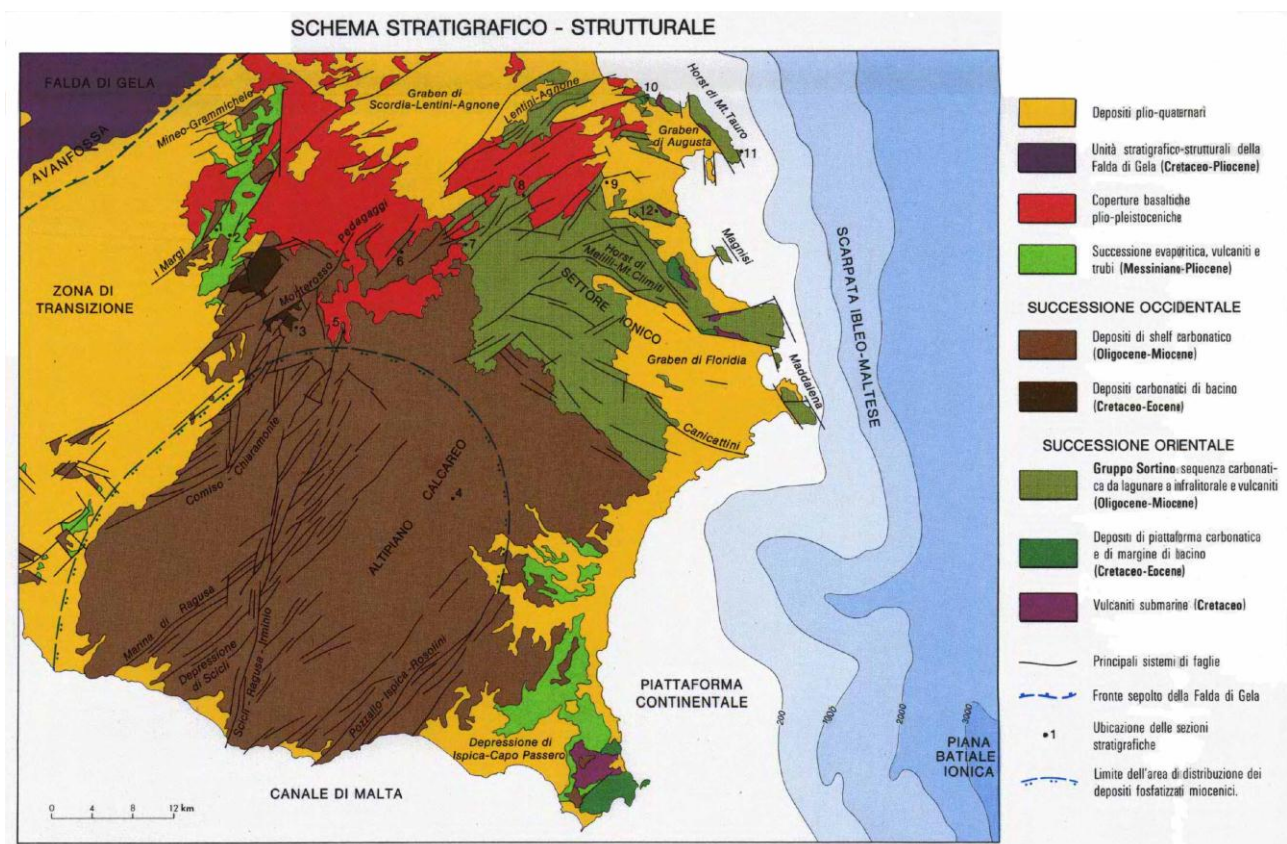


Fig. 3.2 - Schema geologico della Sicilia sud-orientale (da Lentini et al 1984)

3.2 Assetto tettonico

I depositi prevalentemente carbonatici mostrano una giacitura sub orizzontale o inclinata di pochi gradi che dà luogo ad estese monoclinali.

Le successioni presenti nell'area di Giarratana hanno avuto un comportamento prevalentemente fragile in risposta alle sollecitazioni tettoniche che hanno interessato la zona, con la conseguente formazione di fratture, joint e faglie estensionali e/o transtensionali ad alto angolo.

Le deformazioni tettoniche cartografate e riportate nella carta geologico-tecnica mostrano un andamento compatibile con i sistemi di faglie che caratterizzano il plateau Ibleo.

Le faglie rilevate sono prevalentemente orientate in senso NE-SO ed in minor misura NNO-SSE e N-S. In generale si tratta di dislocazioni estensionali e/o transtensionali che danno luogo ad una sequenza di alti e bassi strutturali (horst e graben), che tra l'altro hanno influenzato in maniera significativa l'evoluzione del reticolo idrografico dell'area.

3.3. Caratteri morfologici, stratigrafici e tettonici del territorio di Giarratana

3.3.1. Caratteri morfologici

Il territorio comunale di Giarratana ricade nel settore centro settentrionale dei Monti Iblei. I Monti Iblei costituiscono il settore sud-orientale della Sicilia, delimitato a Sud dal Mare Mediterraneo (Canale di Sicilia), a Est dal Mare Ionio, a Nord dalla piana di Catania e a Ovest dalla piana di Gela. Essi formano un altipiano che dal settore settentrionale, (Monte Lauro 986 metri s.l.m.) degrada verso sud e verso Est fino al livello del mare, a tratti interrotto da valli e scarpate abbastanza ripide. L'altipiano, prevalentemente carbonatico, è interessato da una rete di valli molto incise disposte, nei settori occidentali, all'incirca in senso meridiano che drenano ed incanalano il deflusso superficiale verso sud sfociando nel canale di Sicilia, mentre nel settore settentrionale e orientale si sviluppano principalmente in senso Ovest-Est con recapito nel mare Ionio.

Aree pianeggianti si sviluppano localmente nel settore occidentale piana di Comiso-Vittoria, nel settore sud-occidentale dintorni dell'abitato di Pachino e lungo la costa del settore orientale.

Dal punto di vista idrografico l'area presenta un buon sviluppo della idrologia superficiale con la presenza di diversi corsi d'acqua, talvolta perenni, che incidono profondi *canyon* (localmente denominati "cave") nei depositi carbonatici a giacitura prevalentemente tabulare.

Lo sviluppo di alcuni di questi corsi d'acqua, in particolare nella zona settentrionale dell'altipiano, suggerisce una genesi dovuta a controllo strutturale visto il parallelismo esistente tra le valli ed il lineamento tettonico (Scicli-Ragusa) di direzione NNE-SSO e nella porzione sud-occidentale con le faglie ad essa coniugate orientate NE-SO (Fig. 3.3).

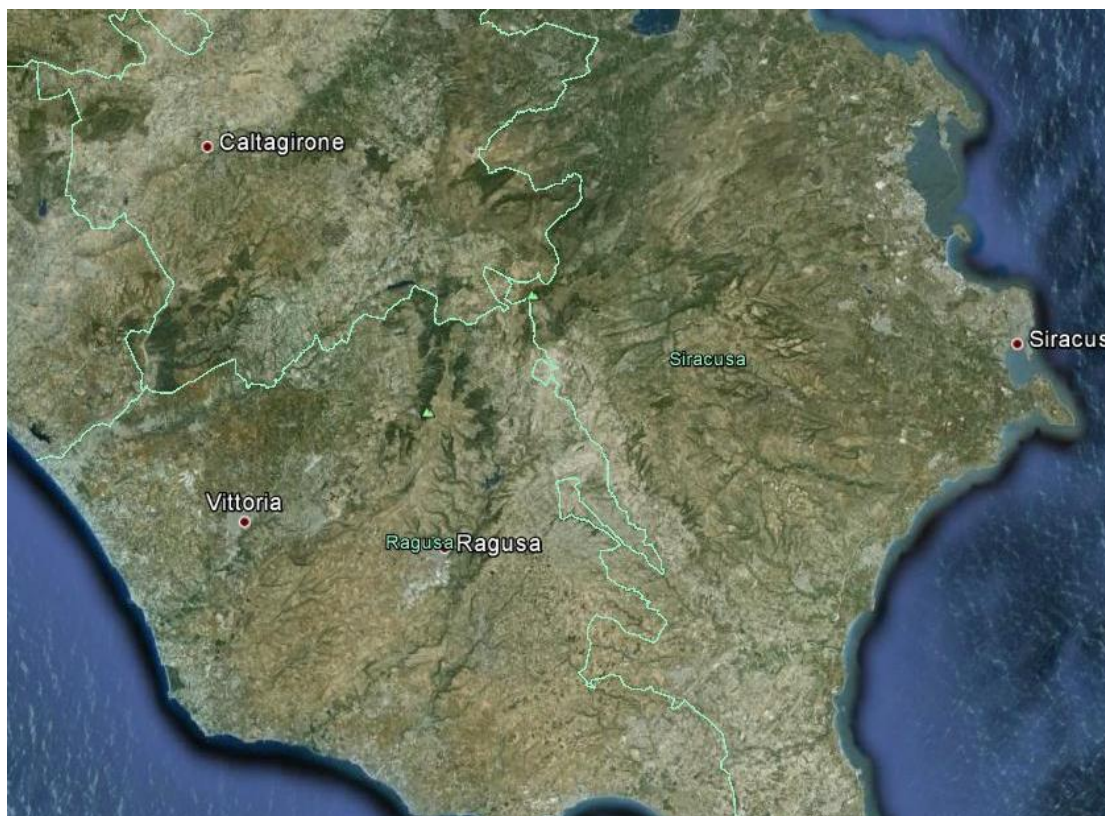


Fig. 3.3 - Foto da satellite del settore Ibleo-ragusano che evidenzia le principali direttrici morfologiche che per lo più coincidono con i principali lineamenti tettonici

La natura prevalentemente carbonatica degli Iblei e l'abbondante circolazione idrica sia superficiale che sotterranea ha determinato lo sviluppo di numerosi processi carsici testimoniati sia da diffuse forme superficiali (*karren*, vaschette di dissoluzione, solchi, forre etc.), che ipogee (grotte, condotti carsici, a volte fossili, a vari livelli stratigrafici).

A luoghi sui fondovalle sono presenti inghiottitoi, sovente sepolti al di sotto di coltri alluvionali, dove spesso sono presenti sorgenti che alimentano il deflusso superficiale, emergenti in corrispondenza dei punti di affioramento dei locali livelli piezometrici, oppure attraverso polle ubicate in corrispondenza di fratture lungo il subalveo.

Il carsismo inizia nel Miocene superiore e continua per tutto il Pliocene fino al Quaternario generando un complesso sistema carsico con condotti e gallerie interconnessi, probabilmente controllato dall'attività tettonica e dalle fluttuazioni glacio-eustatiche plio-pleistoceniche. (Grasso et al., 2000).

Il centro abitato di Giarratana (Rg) sorge (Fig. 3.4) su un'area collinare debolmente inclinata (grossomodo compresa tra le quote 470m e 570m s.l.m.) allungata in senso NNO-SSE e delimitata dal Fiume Irminio, verso Ovest e dal Torrente Tiracavalli, verso Est. I due elementi idrografici convergono tra Monte Rotondo e Poggio Giallupo, a limitare il territorio comunale verso Sud (Fig. 3.5).

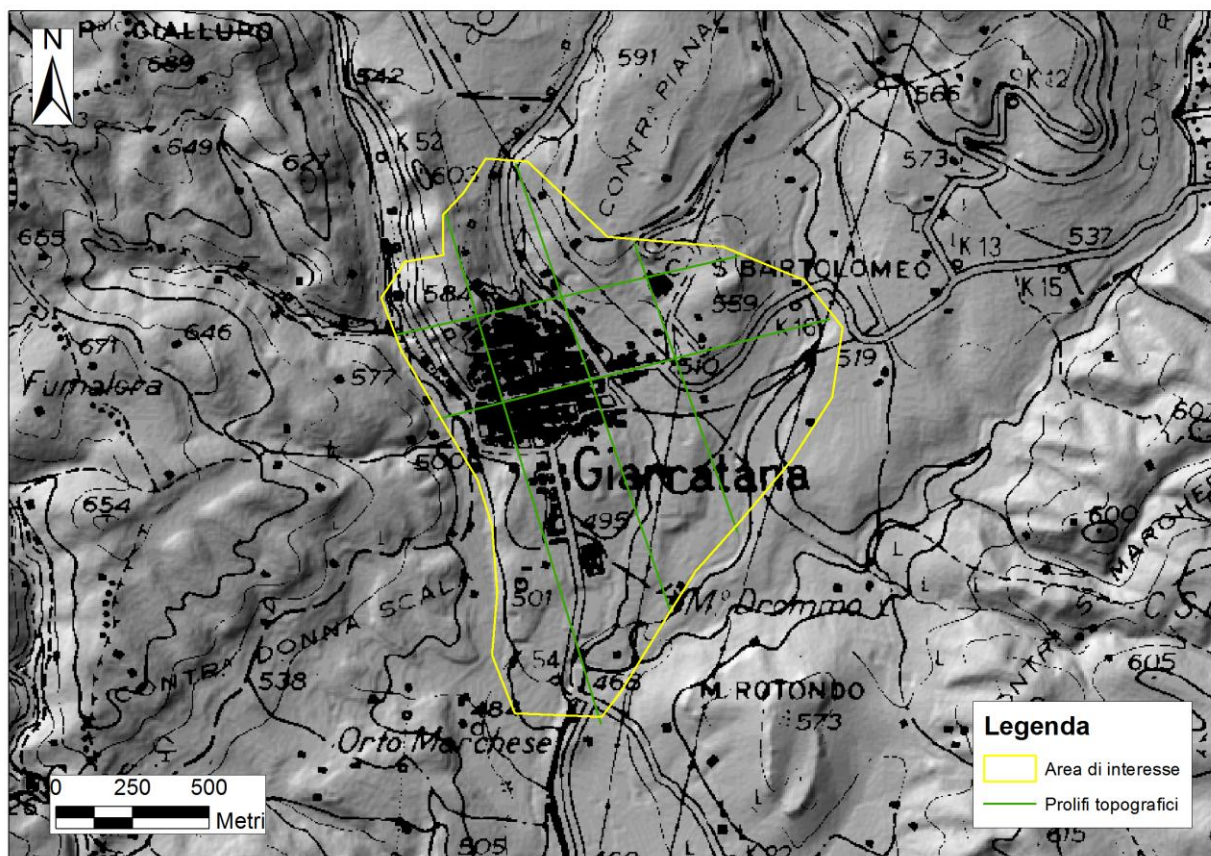


Fig. 3.4 – Stralcio del Foglio 1:50.000 n. 645. In verde vengono riportate le tracce dei profili topografici di inquadramento, in giallo i limiti dell'area studiata.

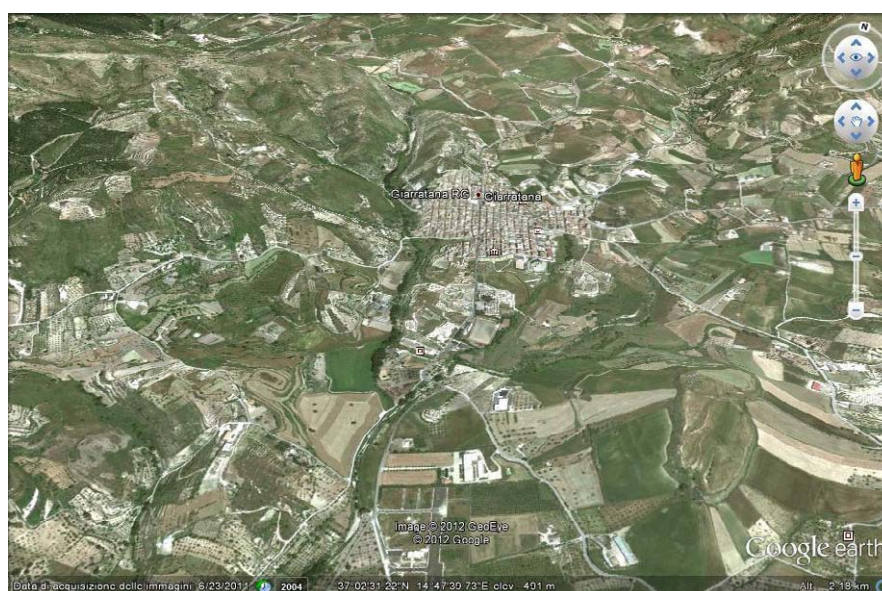


Fig. 3.5 – Immagine Google Earth™ del centro abitato di Giarratana.

Profili topografici di inquadramento

Al fine di mettere in evidenza le caratteristiche morfologiche dell'area, sono stati realizzati cinque profili topografici di inquadramento (Fig. 3.6). I profili da 1 a 3, si sviluppano parallelamente all'asse

principale del rilievo su cui sorge l'abitato, in direzione SSE-NNO, mentre i profili da 4 e 5 sono stati tacciati ortogonalmente a tale direttrice.



Fig. 3.6 – Inquadramento del centro abitato di Giarratana e collocazione dei profili topografici in un'immagine di Google EarthTM.

I profili topografici in asse al rilievo di Giarratana (Fig. 3.7), ne mettono in evidenza l'andamento collinare, caratterizzato da deboli pendenze e dalla assenza di marcate variazioni di pendenza. Alcuni elementi topografici di possibile interesse si individuano all'estremità settentrionale del rilievo, laddove questo si raccorda con la struttura di Poggio Giallupo (Giarratana 1) o all'estremità meridionale, in corrispondenza del Fiume Irminio (Giarratana 3).

Anche i profili a sviluppo ortogonale all'asse NNO-SSE (Fig. 3.8) non individuano elementi morfologici di tipo significativo, risultando modificati rispetto ad un andamento monotono sub-pianeggiante, dalla presenza delle valli del Fiume Irminio (marcatamente più accentuata) nell'estremità orientale dei profili, e del suo affluente di sinistra, nel tratto intermedio.

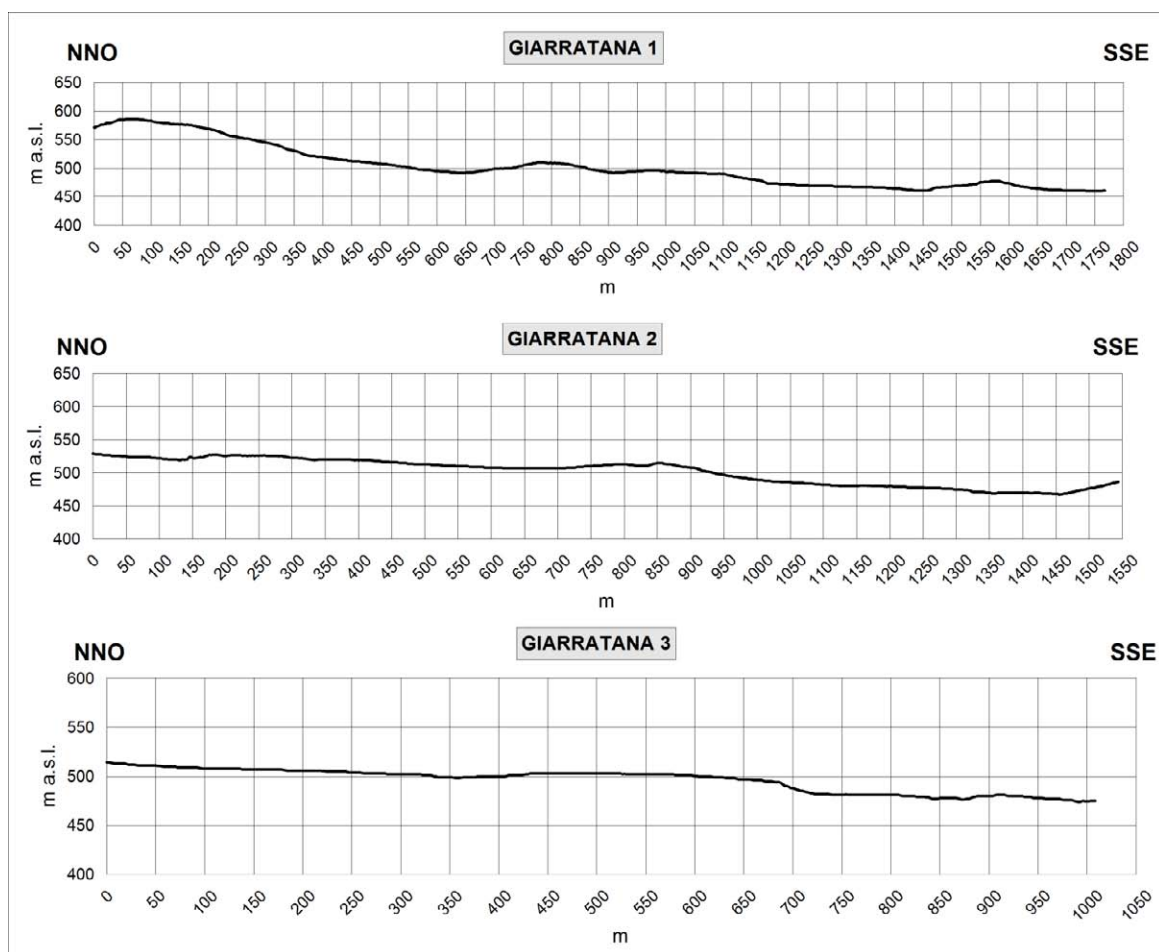


Fig. 3.7 – Profili topografici di inquadramento Giarratana 1-3.

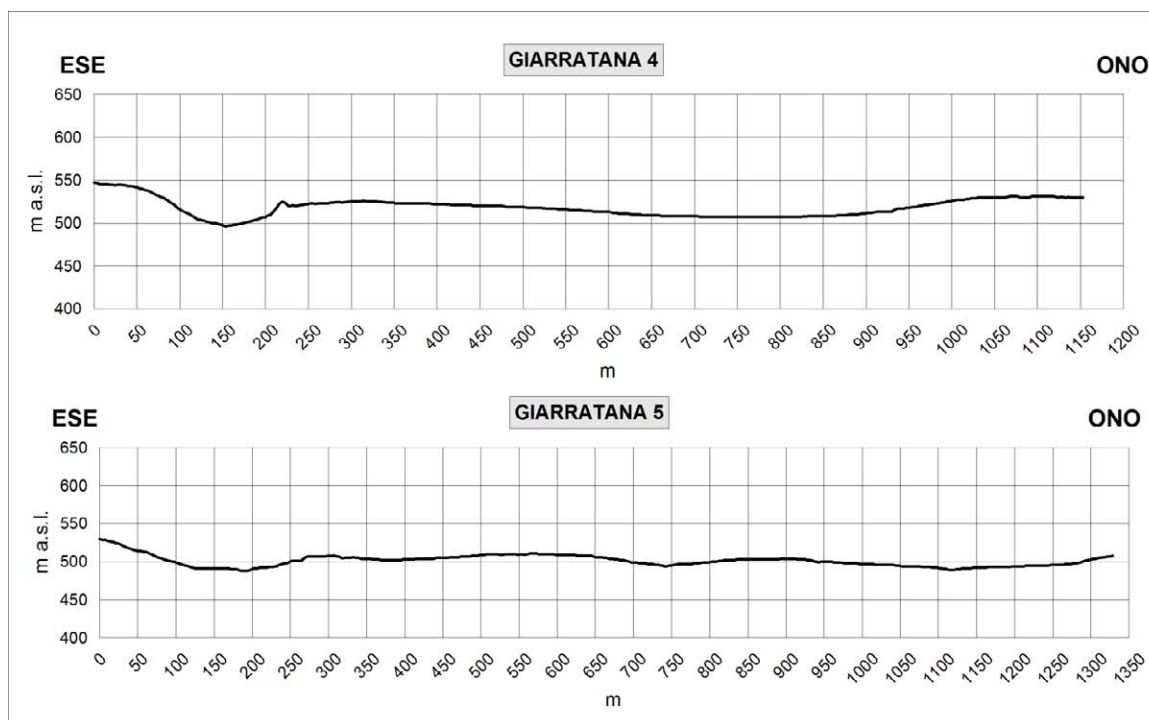
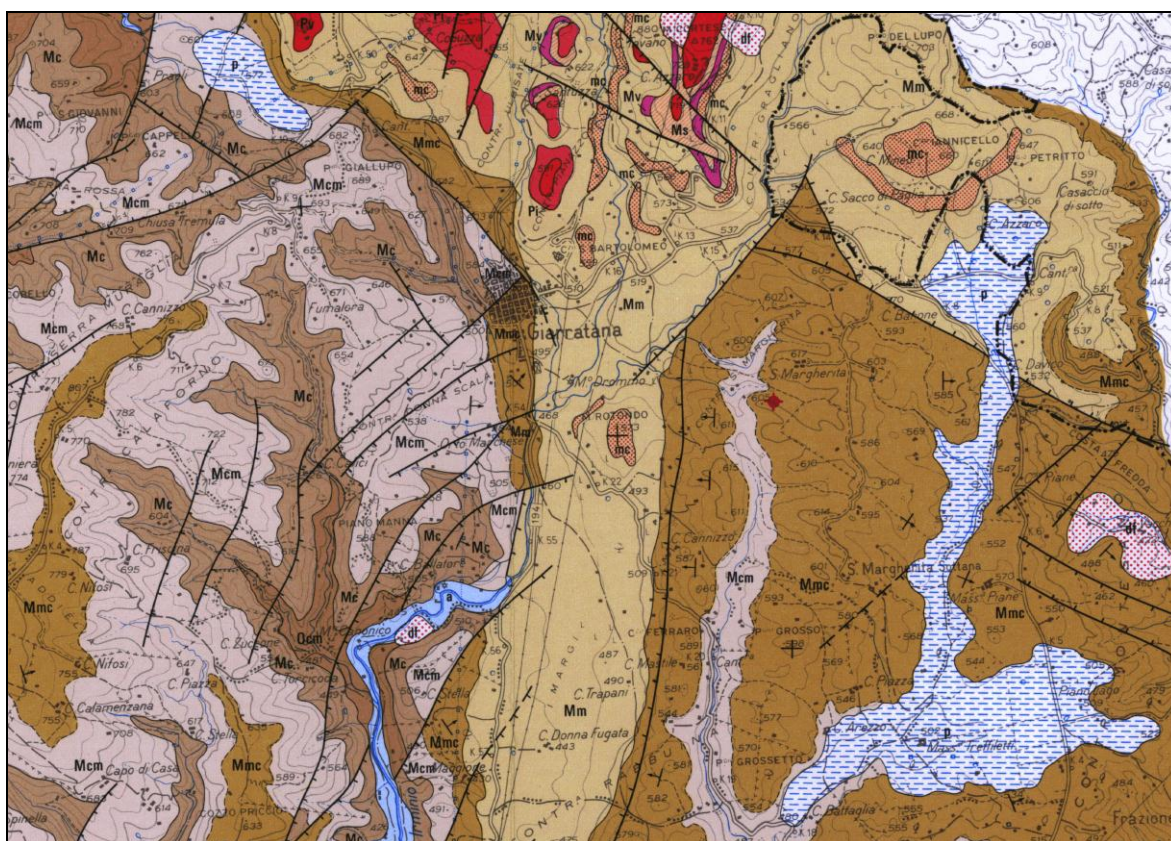


Fig. 3.8 – Profili topografici di inquadramento Giarratana 4-5.

3.3.2. Litostratigrafia

Nell'area interessata affiorano successioni cenozoiche prevalentemente carbonatico-marnose Oligo-Mioceniche riferibili alla formazione Ragusa (carta geologica Grasso, 1997, Fig. 3.9) e depositi più francamente marnosi con rare intercalazioni di calcareniti e calcareniti marnose di età Miocene medio e superiore (formazione Tellaro). Un affioramento di lave basaltiche subaeree e ialoclasti (Pliocene superiore?) di spessore metrico, affiorante all'interno del centro abitato, viene segnalato nella carta geologica redatta per il piano regolatore. Tale affioramento non è stato riscontrato durante i rilievi da noi condotti, tuttavia è stata osservata la presenza di blocchi di lave basaltiche nel detrito di falda.



Legenda:

- f) frane di crollo; df) detrito di falda – Pleistocene medio-superiore
- p) depositi palustri antichi – Pleistocene superiore
- Pv) lave subaeree; Pi) vulcaniti basiche submarine – Pliocene superiore
- Ms) alternanza di calcari marnosi e marne giallastre – Messiniano inferiore
- Mv) vulcanoclastiti, pillow-breccia e colate laviche submarine – Tortoniano superiore
- Mm) marne grigio azzurre a frattura subconcoide; mc) alternanze calcareo-marnose – *Formazione Tellaro* -Serravalliano-Tortoniano superiore
- Mmc) *Formazione Ragusa* – Mb. *Irminio superiore* – Langhiano
- Mcm) *Formazione Ragusa* – Mb. *Irminio medio* – Burdigaliano superiore-Langhiano inferiore
- Mc) *Formazione Ragusa* – Mb. *Irminio inferiore* – Aquitaniano-Burdigaliano inferiore
- Ocm) *Formazione Ragusa* – Mb. *Leonardo* – Oligocene superiore

Fig. 3.9 – Carta geologica dell'area di Giarratana. Stralcio della "Carta geologica del settore centro-meridionale dell'altipiano ibleo" scala 1:50.000 – M. Grasso - SELCA Firenze (1997).

La successione litostratigrafica affiorante nel territorio di Monterosso è costituita da:

3.3.2.1 Formazione Ragusa

La successione che caratterizza questa formazione nella letteratura geologica viene suddivisa in due intervalli: uno inferiore (Membro Leonardo) costituita prevalentemente da calcilutiti e marne di età Oligocene sup., ed una superiore (Membro Irminio) costituita da calcareniti e marne di età Miocene inferiore.

- **Mb. Leonardo** : è data dall'alternanza di calcisiltiti e calcilutiti biancastre in strati potenti 30-100 cm e di marne e calcari marnosi biancastri di 5-20 cm di spessore. L'intervallo basale è caratterizzato da estesi fenomeni di *slumping*.

Lo spessore medio complessivo affiorante è di circa 100 m.

Le associazioni faunistiche a foraminiferi planctonici sono indicative dell'Oligocene sup.

- **Mb. Irminio**: la parte inferiore di questo membro è costituito da calcareniti e calciruditi bianco-grigiastre o bianco-giallastre di media durezza, in banchi di spessore variabile talvolta fino a 10 m, separati da sottili livelli marnoso-sabbiosi. Localmente presenta stratificazione incrociata con struttura a spina di pesce o *hummocky*. A luoghi contiene, nella parte alta, un *hardground* fosfatifero di spessore da pochi centimetri fino a qualche decimetro di colore giallo-brunastro. Microfaune scarse e non determinabili ad eccezione di *Miogypsina sp.* e *Amphistegina sp.* e rari echinoidi.

La parte mediana è costituita da strati di calcareniti grigiastre spesse in media da 30 a 60 cm alternati a strati calcareo-marnosi di uguale spessore. Gli strati calcareo-marnosi contengono faune planctoniche a *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerinoides trilobus*, *Praeorbulina sicana*.

La parte apicale è costituita da marne biancastre a frattura concoide in strati di spessore metrico, alternate a strati calcareo-marnosi grigiastri di spessore medio di 50-60 cm. Contengono una ricca fauna a foraminiferi planctonici indicativi di un'età Langhiana.

Lo spessore dell'intera formazione è di circa 300 metri e, in accordo con i dati di letteratura, è riferibile all'intervallo Oligocene sup-Langhiano.

3.3.2.2 Formazione Tellaro

Questa formazione è costituita da marne grigio-azzurre fittamente stratificate a frattura sub-concoide. Poggiano in concordanza sul membro Irminio della formazione Ragusa ed a luoghi è possibile individuarne il passaggio graduale.

La porzione superiore è costituita da una alternanza di calcari marnosi e marne giallastre ben stratificate che contengono una ricca fauna a foraminiferi planctonici. A luoghi si rinvencono intercalazioni metriche (spesso circa 30 metri) di vulcaniti alcaline costituite da brecce e colate sottomarine.

L'età della formazione Tellaro è riferibile all'intervallo Serravalliano-Tortoniano superiore. Lo spessore dell'intera formazione affiorante varia da poche decine di metri ad alcune centinaia di metri nelle aree più settentrionali (alto bacino del Fiume Irminio).

3.3.2.3 Coperture

Sono costituite prevalentemente da depositi alluvionali. Si tratta di una alternanza irregolare di argille, argille ghiaiose o sabbiose e argille limose con a luoghi brecce e ciottoli di natura carbonatico-marnosa e/o vulcanica di dimensioni da centimetriche a decimetriche, depositi nelle

aree di fondovalle ed in particolare nelle aree depresse presenti a sud del centro abitato alla confluenza del torrente Tiracavalli e del rio Cuccovio. In questa area i depositi alluvionali hanno spessore variabile dal metro fino a circa dieci metri.

In alcuni versanti, soprattutto nell'estremità settentrionale del centro abitato le successioni descritte, sono ricoperte da detriti di falda costituiti prevalentemente da brecce e ciottoli calcarei immersi in una matrice sabbiosa raramente limosa. A luoghi è presente un certo grado di cementazione che varia da punto a punto. Gli spessori generalmente sono esigui (minori di tre metri), solo in rari casi diventano apprezzabili superando i tre metri di spessore. Il materiale di alterazione ed i suoli coprono in maniera quasi uniforme tutto il territorio, comunque raramente raggiungono o superano il metro di spessore.

	Unità litostratigrafica	età	litologia	spessore
	depositi di versante e terreni di alterazione	Attuale	Ghiaie, ghiaie e sabbie	< 3 m.
	Depositi alluvionali	recenti	argille, argille ghiaiose o sabbiose e argille limose con a luoghi brecce e ciottoli di natura carbonatico-marnosa e/o vulcanica	2-10 m
	Formazione Tellaro	Miocene superiore	Prevalenti marne, ed argille marnose con intercalazioni di calcareniti e calcari marnosi in strati da centimetrici a decimetrici. A luoghi intercalazioni di vulcaniti basiche.	40-200 m.
contatto stratigrafico				
	Membro Irminio Formazione Ragusa Membro Leonardo	Oligocene superiore – Miocene inferiore	prevalenti calcari e calcari marnosi in strati da decimetrici a metrici con intercalazioni di marne calcaree in strati da centimetrici a decimetrici.	50-200 m

Tab. 3.1- Rappresentazione schematica della successione litostratigrafica dell'area di Giarratana.

3.3.3. Lineamenti tettonici nell'area di studio

La successione del centro urbano di Giarratana mostra una giacitura monoclinale debolmente immergente verso est e nord-est, con valori di inclinazione che oscillano tra 5° e i 15°.

Questa variazione di pendenza può essere dovuta alla presenza di tre faglie estensionali ad alto angolo, orientate circa NE-SO. La prima di queste faglie intercetta le quote più elevate del centro abitato e produce una debole dislocazione all'interno dei carbonati della formazione Ragusa. La seconda faglia ubicata in prossimità del cimitero comunale ribassa la Fm. Ragusa verso sud-est, ed il suo rigetto non è quantificabile. La terza faglia decorre in prossimità della località pozzo S. Mauro e produce una debole dislocazione all'interno della formazione Tellaro.

Un altro lineamento di dimensioni rilevanti, orientato circa NO-SE, borda la periferia nord-est dell'abitato, interessando i terreni della Fm Ragusa.

Non ci sono evidenze tali da far considerare tali faglie come attive e capaci.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 Il database

I dati geotecnici e geofisici di base utilizzati per lo studio consistono di:

- 1) Dati pregressi ritenuti utili ai fini degli studi tra quelli resi disponibili da Amministrazioni pubbliche (Tabb. 4.1 e 4.2);
- 2) Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;
- 3) Misure passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

I dati geotecnici raccolti ai fini dello studio derivano da:

- a) Comune di Giarratana

Studio geologico allegato al PRG del 1988 redatto dal geologo Giuseppe Alfano;

- b) Comune di Giarratana – Lavori di ristrutturazione e restauro del Palazzo municipale sito nel corso XX settembre n° 84 Giarratana (Rg). Redatta dal geologo Francesco Vittoria;

- c) Dipartimento Protezione Civile – Servizio Sicilia Orientale- U.O.B. XVIII

Studio geologico-tecnico esecutivo relativo al progetto per la sistemazione dell'ex campo Boario ai fini di protezione civile. Redatto dal geologo Salvatore Vinci;

- d) Dipartimento Protezione Civile – Servizio Sicilia Orientale - U.O.B. XVIII

Lavori di consolidamento del Cimitero comunale e della chiesa cimiteriale. Redatto dal geologo Rosalba Maugeri;

- e) Dipartimento Protezione Civile – Servizio Sicilia Orientale - U.O.B. XVIII

Relazione geologica esecutiva relativa alla progettazione di una via di fuga nel Comune di Giarratana Legge 433/91 del 2003. Redatta dal geologo Gianluca Leggio;

- f) Dipartimento Protezione Civile – Servizio Sicilia Orientale - U.O.B. XVIII

Relazione geologica esecutiva a supporto del progetto degli interventi di cui all'art. 1 lett. A della legge 31 dicembre 1991 n° 433- Recupero e conservazione dell'immobile denominato Centro Giovanile – ex mattatoio sito in Giarratana (RG). Redatta dal geologo Leonardo Mauceri.

- g) Provincia Regionale di Ragusa – 19° Settore

Lavori di completamento e messa in funzione dei campi da tennis di Giarratana

- h) Provincia Regionale di Ragusa – 19° Settore

Realizzazione di un campo di calcetto nel Comune di Giarratana

Indagini Giarratana	QUANTITA'
PRG	
Prove penetrometriche leggere	5
Prelievo campioni nei sondaggi	1
Analisi di laboratorio (analisi granulometriche ed indagini geotecniche)	2
Vane Test	5
SEV	15
Lavori commissionati dalla Provincia	
Sondaggi a carotaggio continuo	5
Prelievo campioni nei sondaggi	5
Prove penetrometriche del tipo SPT	14
Indagini sismiche di tipo Down Hole	2
Lavori commissionati dalla Protezione Civile	
Sondaggi a carotaggio continuo	17
Prelievo campioni nei sondaggi	11
Prove di permeabilità	4
Prove penetrometriche del tipo SPT	8
Analisi di laboratorio (analisi granulometriche ed indagini geotecniche)	16
Profili sismici a rifrazione	12
SEV	2
Lavori commissionati dal Comune	
Sondaggi a carotaggio continuo	1
Prelievo campioni nei sondaggi	2
Analisi di laboratorio (analisi granulometriche ed indagini geotecniche)	4
Microtremori a stazione singola (HVSR) Unipa	
Indagini sismiche di tipo HVSR	10

Tab. 4.1 - Prove geognostiche, geofisiche e di laboratorio disponibili e di nuova acquisizione che riguardano il territorio comunale di Giarratana con indicazione della provenienza dei dati.

TOTALE PROVE: Giarratana	QUANTITA'
Sondaggi a carotaggio continuo	23
Prelievo campioni nei sondaggi	19
Analisi di laboratorio (analisi granulometriche ed indagini geotecniche)	22
Prove penetrometriche del tipo SPT	22
Prove penetrometriche leggere	5
Prove di permeabilità	4
Profili sismici a rifrazione	12
Vane Test	5
SEV	15
Indagini sismiche di tipo Down Hole	2
Indagini sismiche di Microtremori stazione singola (HVSR)	10

Tab. 4.2 - Sintesi delle prove geognostiche, geofisiche e di laboratorio che riguardano il territorio comunale di Giarratana

4.2. Unità geologico-litotecniche

Sulla base delle caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti, dei dati di sottosuolo, delle caratteristiche meccaniche sono state distinte le unità geologico-litotecniche presenti nel territorio di Giarratana.

Le unità geologico-litotecniche sono state differenziate tra terreni di copertura e substrato geologico.

I terreni del substrato, in base a le loro caratteristiche meccaniche ricavate dai dati preesistenti, e in considerazione dei dati geofisici raccolti e interpretati in questa prima fase di studio (cfr. Par.5.1), sono stati distinti in due differenti tipologie:

- alternanza litologica stratificata (ALS), a questa classe sono stati attribuiti i terreni calcareo e calcareo-marnosi della Formazione Ragusa.
- substrato geologico non rigido stratificato (NRS), costituito dalle porzioni di alterazione superficiale e/o di intensa fratturazione dei litotipi calcareo e calcareo marnosi della Formazione Ragusa e dai litotipi marnosi e calcareo-marnosi della Formazione Tellaro (Tab. 4.3).

Per le coperture è stato considerato uno spessore minimo di 3 m. Per descrivere la litologia dei terreni è stato utilizzato l'*Unified Soil Classification System* (leggermente modificato, ASTM, 1985), un sistema di classificazione dei suoli, utilizzato sia in ingegneria che in geologia, che può essere applicato alla maggioranza dei materiali non consolidati ed è composto da una sigla formata da 2 lettere.

Nell'area studiata sono state distinte due differenti tipologie di coperture in funzione delle caratteristiche granulometriche e della loro genesi: "Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre" (CL) e "terreni contenenti resti di attività antropica" (RI). (Tab. 4.4).

Terreni di substrato

Unità litostratigrafica	Tipologia di substrato	Sigla	stratificazione	Grado di fratturazione
Porzione superficiale dei calcari marnosi e marne della Formazione Ragusa e marne e calcari marnosi della Formazione Tellaro.	Substrato geologico non rigido	NRS	stratificato	Medio-basso
Calcari, calcari marnosi e marne della Formazione Ragusa	Alternanza di litotipi	ALS	stratificato	Medio-basso

Tab. 4.3 – Classificazione dei terreni di substrato

Terreni di copertura

Depositi alluvionali attuali	CL – Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
Depositi di alterazione, riporto, suoli etc..	RI – Depositi con resti di attività antropica

Tab. 4.4 – Classificazione dei terreni di copertura

4.3 Indagini geofisiche precedenti

Nella relazione sulle indagini relativa al progetto per “Realizzazione di un campo di calcetto nel Comune di Giarratana” sono riportati i risultati di un’indagine sismica verticale di tipo Down Hole denominato 088004P19-DH71. I risultati di un altro Down Hole 088004P19-DH89 sono riportati nella relazione sulle indagini relativa al progetto “Lavori di completamento e messa in funzione dei campi da tennis di Giarratana”.

In entrambi i casi, una valutazione dei risultati richiederebbe l’analisi dei dati sperimentali che non sono riportati in relazione. Questo limita a priori l’attendibilità del risultato.

Nella relazione relativa alle indagini per il progetto “Lavori di consolidamento del Cimitero comunale e della chiesa cimiteriale” sono riportati risultati di n°14 profili sismici a rifrazione. Tutti i sondaggi sembrano acquisiti con n°8 geofoni e sono state eseguite solo due energizzazioni agli estremi degli stendimenti. I modelli interpretativi mostrano forti limiti e incongruenze. Infine non sono riportati gli scarti tra i dati sperimentali e le risposte dei modelli, non permettendo una corretta valutazione dell’attendibilità dei modelli interpretativi.

Nella relazione per lo Studio Geologico per la realizzazione del Piano Regolare Generale sono riportati n°15 sondaggi elettrici verticali. Le schede relative ai sondaggi riportano soltanto le curve interpolate di resistività apparente - semilunghezza dello stendimento. Non viene specificato il passo di campionamento né le tecniche di interpolazioni adottate.

I sondaggi 088004P19-SEV1 e 088004P19-SEV2 eseguiti a supporto della relazione per il progetto “Recupero e conservazione dell’immobile denominato Centro Giovanile – ex mattatoio sito in Giarratana (RG)” riportano invece i dati, i modelli interpretativi ottenuti con lo scaro medio in percentuale. I modelli interpretativi mostrano una buona compatibilità con i dati sperimentali.

4.4. Il metodo HVSr

Il rumore sismico naturale è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più di vibrazioni del suolo prodotte dall’interferenza di onde di volume e di superficie, prodotte da sorgenti che si ipotizza siano distribuite con caratteristiche di relativa omogeneità e isotropia sulla superficie del suolo e nel sottosuolo. Le sorgenti principali del rumore sismico consistono in fenomeni atmosferici, idrodinamici e processi di circolazione di fluidi e micro-fratturazione nel sottosuolo. Esistono anche sorgenti di natura antropica che producono localmente rumore sismico generalmente a frequenze relativamente alte rispetto a quelle del rumore di origine naturale (superiori in genere a 10 Hz).

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e nel caso in cui il basamento roccioso sia affiorante o superficiale, un’analisi statistica degli spettri di potenza dei segnali accelerometrici osservati per tempi di registrazione molto lunghi, ha permesso di definire le curve limite (Peterson, 1993) mostrate in Fig. 4.1. La curva blu rappresenta il rumore di fondo “minimo” di riferimento secondo il Servizio Geologico Statunitense (USGS) mentre la curva verde rappresenta il “massimo” di tale rumore.

L’andamento dello spettro del rumore di fondo è certamente influenzato dalle caratteristiche delle sorgenti e dal loro peso relativo, ma è anche influenzato da effetti di amplificazione che in certi intervalli di frequenze possono essere prodotti da eterogeneità della distribuzione dei parametri meccanici nel sottosuolo e da complessità della morfologia della superficie del suolo.

Si può dimostrare che in corrispondenza alle frequenze di risonanza di una sequenza di strati, il rapporto tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale delle vibrazioni del suolo prodotte da sorgenti naturali, che viene indagato nel metodo HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) presenta dei picchi generalmente indicativi delle frequenze di risonanza (Fig. 4.2). Ma è ovvio che

non necessariamente un picco del segnale HVSR debba essere attribuito ad una frequenza di risonanza di strutture sepolte. Esso potrebbe dipendere da caratteristiche delle sorgenti del rumore o da complessi fenomeni interferenza e focalizzazione di onde P ed S. Opportune tecniche di analisi dei dati permettono, comunque, di discriminare con buona frequenza di successo i picchi spettrali da attribuire alla propagazione ondosa dagli effetti di sorgente.

È comunemente accettato che le caratteristiche dello scuotimento prodotto dalle onde generate da un terremoto sono quasi uniformi al tetto del basamento sismico (*bedrock*) in un'area con dimensioni lineari molto minori della distanza epicentrale. Queste caratteristiche possono essere notevolmente alterate dallo strato di sedimenti che ricopre il *bedrock*, con possibili effetti di amplificazione delle vibrazioni, che assumono valori particolarmente grandi a frequenze prossime alle principali frequenze proprie degli strati di copertura, detti effetti di sito (Ben-Menahem e Singh, 1981; Yuncha e Luzon, 2000). Il metodo dei rapporti spettrali si basa sull'idea che se si individuasse un sito di riferimento, presumibilmente privo di effetti di sito rilevanti, si potrebbero stimare le amplificazioni prodotte da differenti coperture sedimentarie confrontando, per ogni componente del moto, gli spettri del rumore sismico misurato nel sito indagato e in quello di riferimento. Nakamura (1989) propose una tecnica per l'analisi dei microtremori che permette stime attendibili di effetti di amplificazione di sito o almeno delle loro frequenze principali senza l'utilizzo di una stazione di riferimento, permettendo così di operare in campagna con una sola stazione sismica. Nakamura (1989) interpreta i microtremori come il risultato dalla sovrapposizione di onde sismiche superficiali e di volume, considerando che l'effetto di sito sia causato dalla presenza di uno strato sedimentario giacente su di un semispazio rigido (Fig. 4.3).

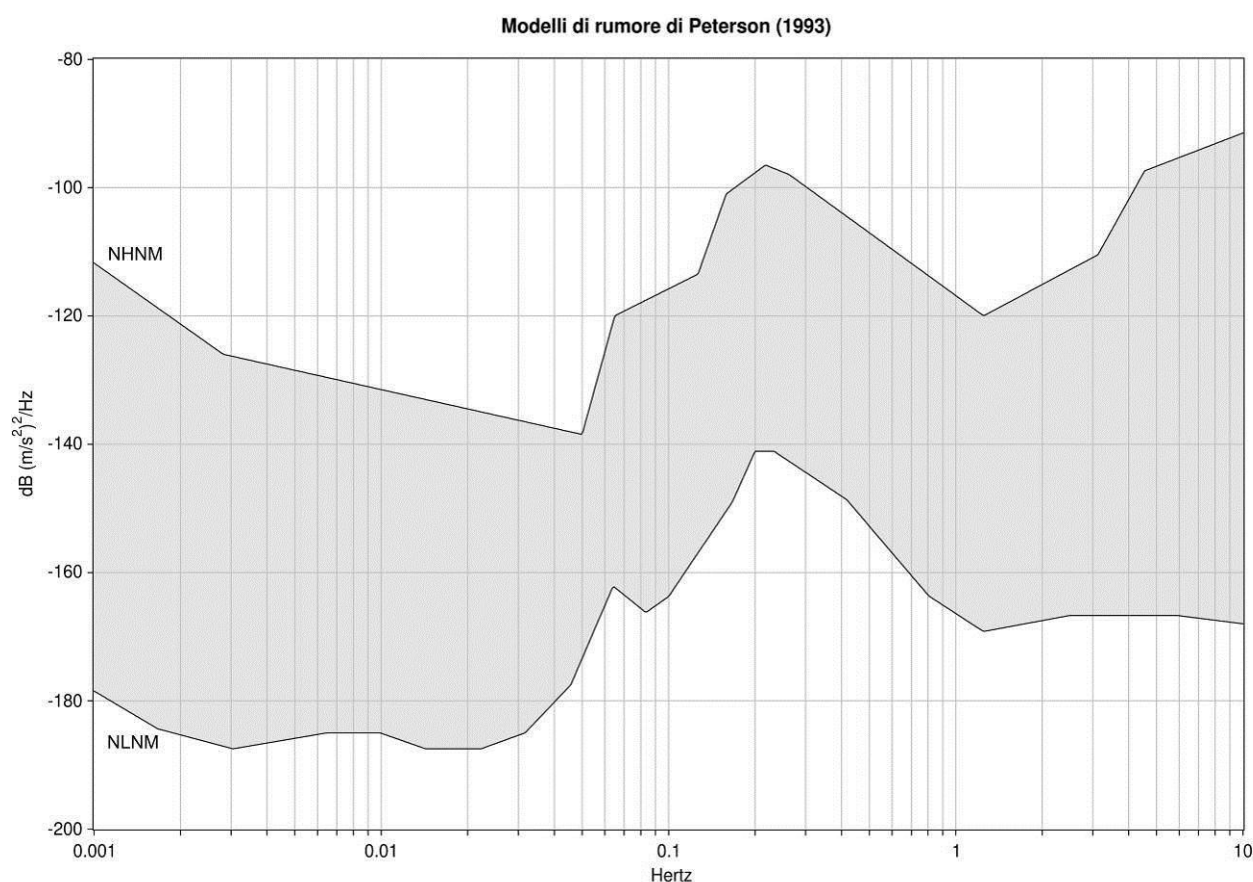


Fig. 4.1 – Minimo e massimo spettro della componente verticale della velocità rumore sismico

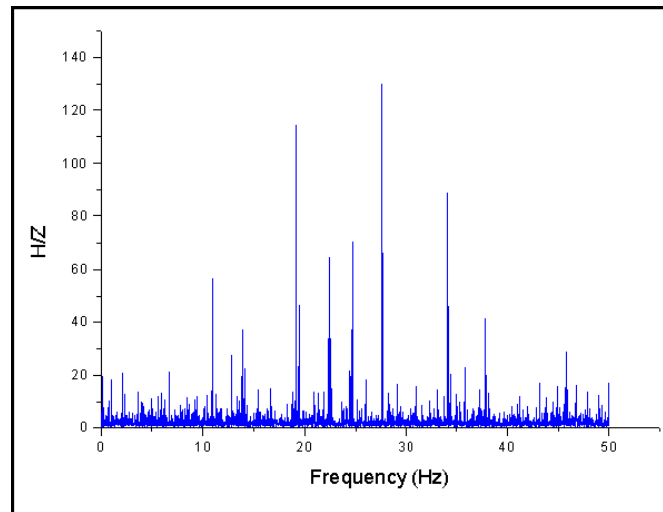


Fig. 4.2 – Esempio di spettro di ampiezza del rapporto H/Z di uno specifico sito

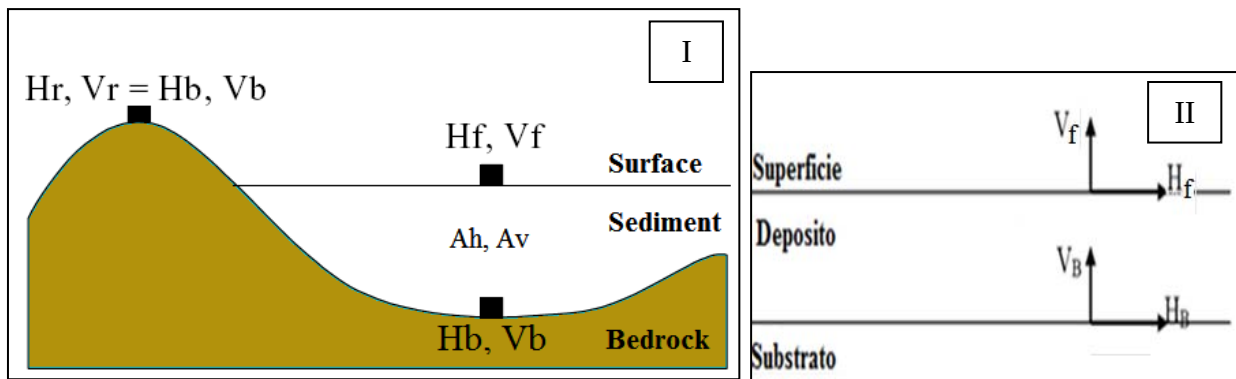


Fig. 4.3 – Schema del modello considerato da Nakamura (1989)

In queste condizioni si possono definire due spettri relativi alle misure delle vibrazioni superficiali orizzontale (H_f) e verticale (V_f) (Fig. 4.3); tali spettri sono legati agli spettri delle onde di volume e di quelle di superficie dalle seguenti formule:

$$\begin{cases} H_f = A_h * H_b + H_s \\ V_f = A_v * V_b + V_s \end{cases}$$

dove A_h ed A_v sono i fattori di amplificazione del moto orizzontale e verticale delle onde di volume; H_b e V_b sono gli spettri orizzontale e verticale del moto nel *bedrock* e H_s e V_s sono gli spettri del moto orizzontale e verticale delle onde di superficie.

Nakamura al fine di rimuovere l'effetto della sorgente nella stima della funzione di amplificazione propose la stima di un *QTS* (Quasi Transfer Spectrum) dall'analisi del rapporto spettrale.

Nel caso in cui il contributo delle onde di Rayleigh sia preponderante, si ha apparentemente: $QTS \approx H_s / V_s$.

Nel caso in cui il contributo delle onde di volume sia pari a quello delle onde superficiali si ha:

$$QTS = \frac{H_f}{V_f} = \frac{A_h * H_b + H_s}{A_v * V_b + V_s} = \frac{H_b}{V_b} \cdot \frac{\left[A_h + \frac{H_s}{H_b} \right]}{\left[A_v + \frac{V_s}{V_b} \right]}$$

Tenendo conto del fatto che l'ampiezza della componente verticale delle onde di volume non risente di effetti di amplificazione locale, che il rapporto H/V al tetto del basamento è ≈ 1 e che le ampiezze delle componenti orizzontali e verticali delle onde di Rayleigh diminuiscono bruscamente in corrispondenza alla frequenza fondamentale di risonanza delle onde SH nello strato superficiale, si ottiene: $QTS \approx A_h$.

La tecnica sismica HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo. Se è nota la velocità delle onde elastiche nei diversi strati di copertura, le frequenze di risonanza possono essere convertite nello spessore degli strati e quindi in un modello stratigrafico

4.5 Indagini HVSR

La scelta dell'ubicazione dei punti di misura HVSR è stata eseguita secondo quanto specificato nel "Documento Tecnico per l'elaborazione delle indagini e degli studi di microzonazione sismica" secondo le specifiche e le condizioni stabilite dall'OPCM 3907/2010. Considerando l'estensione e la topografia dell'area soggetta alle indagini, sono stati ubicati 10 punti di misura HVSR, come riportato nella carta delle indagini.

Tutte le misure sono state eseguite utilizzando il rilevatore digitale TROMINO® della Micromed s.p.a., che ottimizza le misure di rumore sismico nell'intervallo di frequenze comprese tra 0.1 e 200 Hz. I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. L'accuratezza relativa sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz è dichiarata dal costruttore maggiore di 10^{-4} .

Per ogni punto di misura sono state eseguite registrazioni di noise della durata complessiva di 46 minuti, con una frequenza di campionamento pari a 256 Hz. I dati di rumore sismico sono stati elaborati con il software GRILLA della Micromed s.p.a., che consente di eseguire l'analisi HVSR delle tracce acquisite. La trasformata di Fourier viene calcolata su ogni singola traccia suddivisa in finestre temporali non sovrapponibili. Per ogni segnale registrato la scelta delle finestre temporali da analizzare, di durata di 50 secondi ciascuna, è stata effettuata manualmente, analizzando i grafici della variazione temporale e di quella azimutale dello spettro H/V e scegliendo soltanto quelle finestre di noise caratterizzate da frequenze stabili temporalmente ed azimutalmente. La scelta di estendere la durata della registrazione a 46 minuti, è stata fatta in modo da ottenere un segnale utile, generalmente non inferiore a 30 minuti, (Sesame, 2004). I dati nel dominio della frequenza sono stati filtrati con finestra triangolare per ottenere uno smussamento del 10%. Un esempio di elaborazione di dati è riportato nella Fig. 4.4.

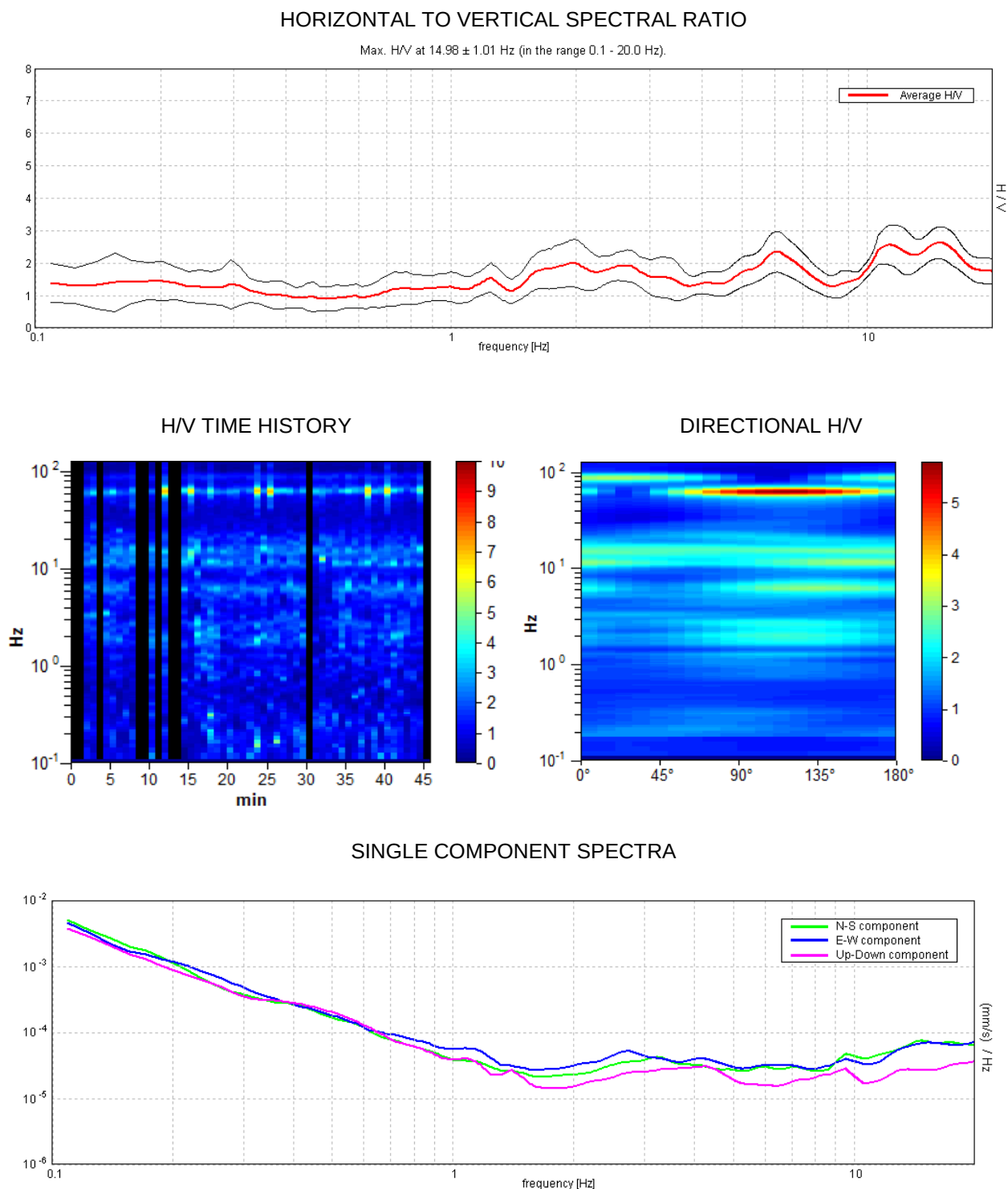


Fig. 4.4 – Analisi dei dati relativi al punto di misura 088004P35-HVSR109.

Le misure HVSR acquisite nel territorio comunale di Giarratana hanno messo in evidenza la presenza di possibili fenomeni di amplificazione del moto del suolo dovute a fenomeni di risonanza su gran parte del territorio, ad esclusione dei punti di misura 088004P29-HVSR103, 088004P34-HVSR108 e 088004P38-HVSR112 (Fig. 4.5). In considerazione delle informazioni geologiche disponibili, alcune delle misure effettuate sono state invertite per stimare la profondità del bedrock sismico, riportata in Tab. 4.5. Dopo avere attribuito ad ogni punto di misura uno o più vettori a 4 componenti contenenti: frequenza del picco, ampiezza dello stesso e coordinate del punto di misura, si è proceduto ad individuare nell'insieme totale di vettori eventuali cluster

relativi a insiemi di punti che ricoprissero porzioni significative dell'area totale indagata (Fig. 4.6). Nel caso specifico si è ritenuto di potere discriminare due cluster.

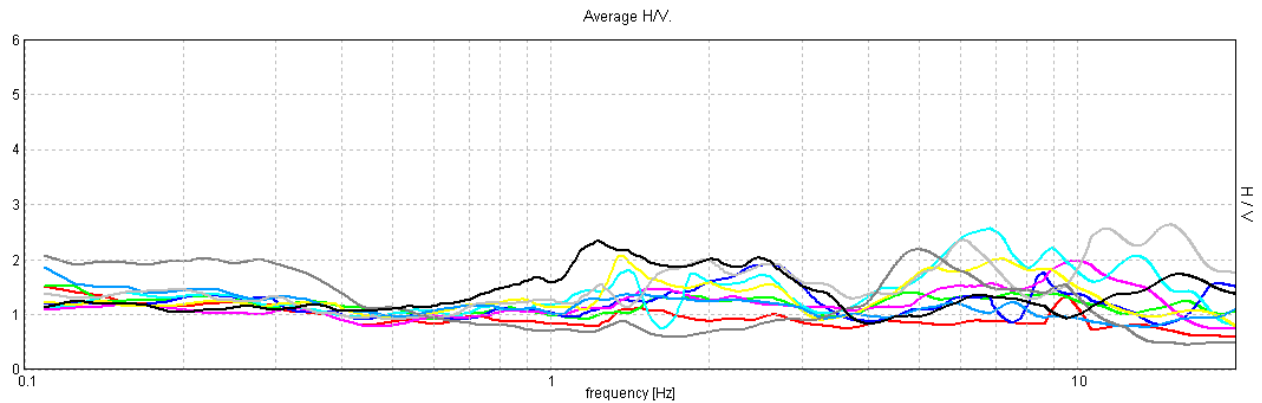


Fig. 4.5 – Segnali HVSR registrati dalle 10 stazioni singole.

	F_0	H/V di F_0	F_1	H/V di F_1	F_2	H/V di F_2	F_3	H/V di F_3	Profondità bedrock sismico
088004P29-HVSR103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
088004P30-HVSR104	2.59	2	6.5	1.4	8.5	1.8	-	-	7
088004P31-HVSR105	1.6	1.5	9.92	2	-	-	-	-	8.5
088004P32-HVSR106	6.8	2.5	13	2.1	-	-	-	-	11
088004P33-HVSR107	1.36	2	7	2	-	-	-	-	10
088004P34-HVSR108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
088004P35-HVSR109	6	2.4	11	2.6	15	2.7	-	-	11.5
088004P36-HVSR110	5	2.2	-	-	-	-	-	-	14
088004P37-HVSR111	1.23	2.3	2.4	2	7	1.5	17	1.8	11
088004P38-HVSR112	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 4.5 – Coordinate dei punti di misura, frequenza e rapporto H/V dei picchi significativi individuati.

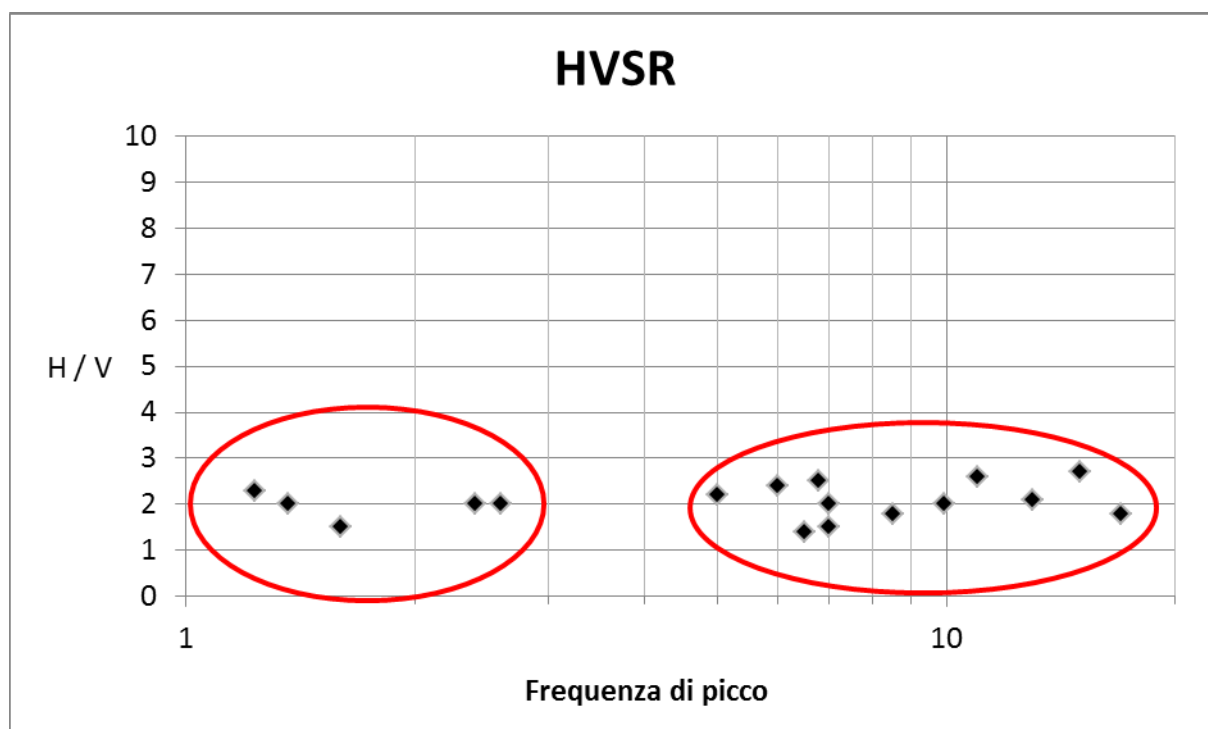


Fig. 4.6 – Frequenze di picco registrate e indicazione dei cluster individuati.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

5.1 Il modello e le sezioni rappresentative del sottosuolo

L'integrazione di tutte le informazioni tratte dalla geologia di superficie e dai dati di sottosuolo provenienti dai sondaggi e dalle indagini HVSR realizzate nell'ambito del presente studio hanno permesso la ricostruzione di un modello geologico-tecnico del sottosuolo presente al di sotto del centro urbano di Giarratana. Il modello è da ritenersi preliminare e la distribuzione e le caratteristiche geotecniche dei corpi rocciosi presenti nel sottosuolo sono da approfondire mediante indagini dirette nei livelli di studio di successivi.

Tale modello è rappresentato da 2 sezioni litotecniche. Le tracce delle sezioni sono riportate nella carta Geologico-Tecnica, mentre nella Fig.5.1 sono riportate le sezioni stesse.

Le sezioni evidenziano la presenza di un substrato rigido affiorante, costituito dall'alternanza di litotipi della formazione Ragusa (settore occidentale e nord-occidentale del centro abitato) che, localmente, in base alle indagini HVSR mostra un discreto grado di alterazione, per spessori che superano i tre metri. Tale tipologia di substrato è definibile come substrato geologico non rigido stratificato. Anche nel settore orientale e centrale dell'abitato è presente un substrato geologico non rigido, costituito dalla successione marnosa e marnoso carbonatica della formazione Tellaro.

Il substrato a tratti è ricoperto da depositi alluvionali costituiti da argille, argille limose e ghiaiose, con elementi carbonatici e/o vulcanici di dimensioni da centimetriche a decimetriche, o più raramente da coltri detritiche o di riporto di composizione eterogenea.

I depositi alluvionali occupano il settore più meridionale dell'area di studio e i fondovalle dei due torrenti che attraversano il centro abitato.

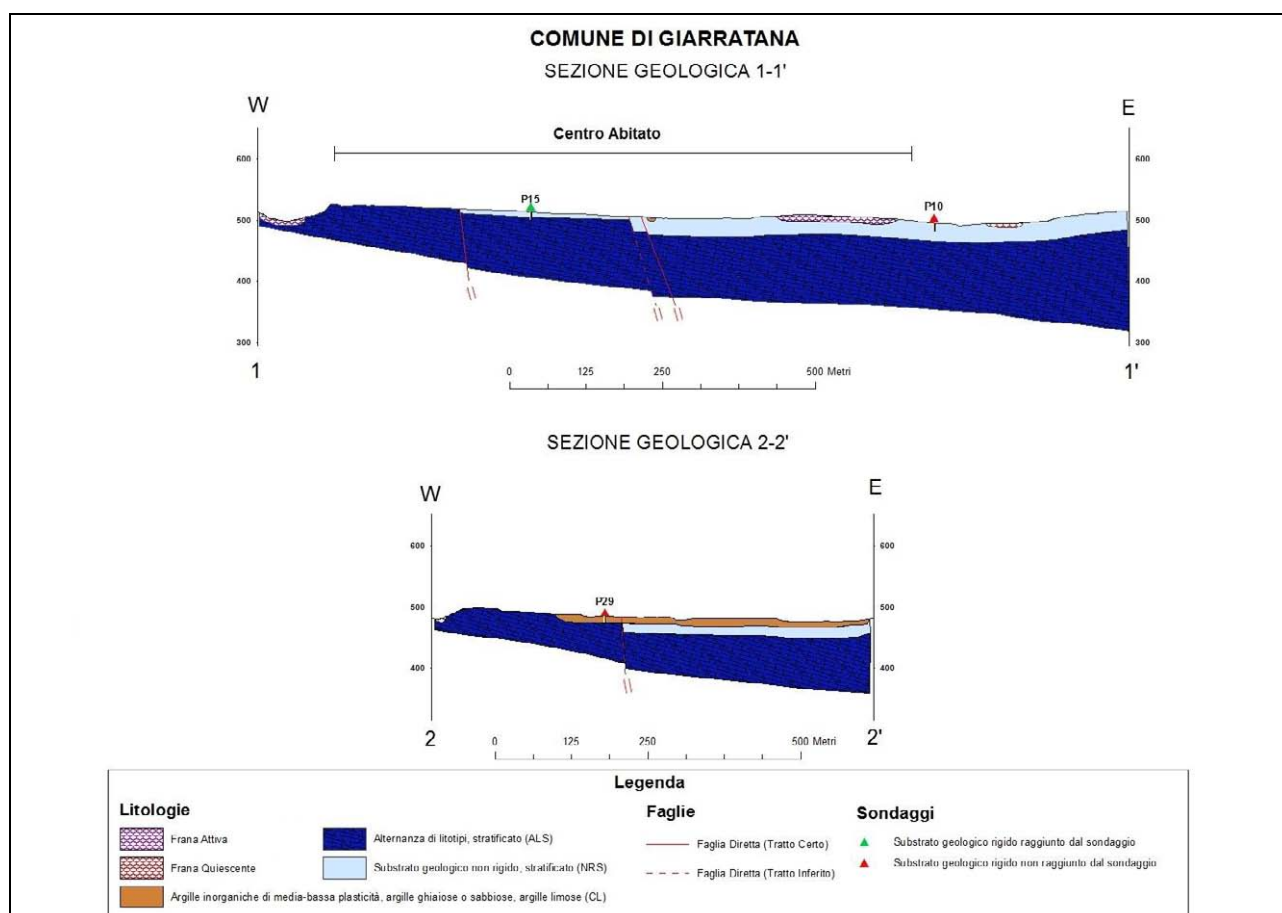


Fig. 5.1 – Sezioni geologiche interpretative

5.2 Stime della profondità del tetto del bedrock sismico ottenute da misure HVSR

Sulla base di dati pregressi relativi alla configurazione geologica del sottosuolo è stato possibile tentare una prima identificazione e modellazione dell'interfaccia geologica responsabile dei fenomeni di risonanza che hanno generato i picchi osservati nel segnale HVSR.

Il problema inverso per stimare i parametri geometrici delle strutture del sottosuolo e la loro velocità di propagazione delle onde S dalle curve HVSR è ampiamente sotto determinato, anche se si ipotizza un sottosuolo rappresentabile mediante strati orizzontali perfettamente elastici, omogenei ed isotropi. E' quindi necessario integrare l'insieme di equazioni di osservazione con equazioni vincolari provenienti da altri tipi di indagine o da ragionevoli ipotesi geologiche e/o fisiche.

Per le motivazioni indicate nel par. 4.4, per l'inversione delle curve si è preferito non prendere in considerazione i valori di velocità delle onde S dedotti dalle indagini Down Hole.

La ricostruzione lungo determinati profili della profondità dal piano campagna del bedrock sismico è stata eseguita avvalendosi anche delle informazioni ottenute dall'inversione di alcuni sondaggi HVSR (Tab. 4.5, Fig. 5.2) vicini ai profili, grazie alla relazione che lega i valori della frequenza fondamentale di risonanza alla profondità del bedrock sismico (Aki, 1964; Fäh et al., 2002; Wathélet et al., 2004) e ipotizzando una trascurabile variabilità della velocità delle onde S all'interno di ogni strato. Le inversioni dei dati HVSR hanno tenuto in considerazione tutti i picchi significativi individuati (Fig. 4.6).

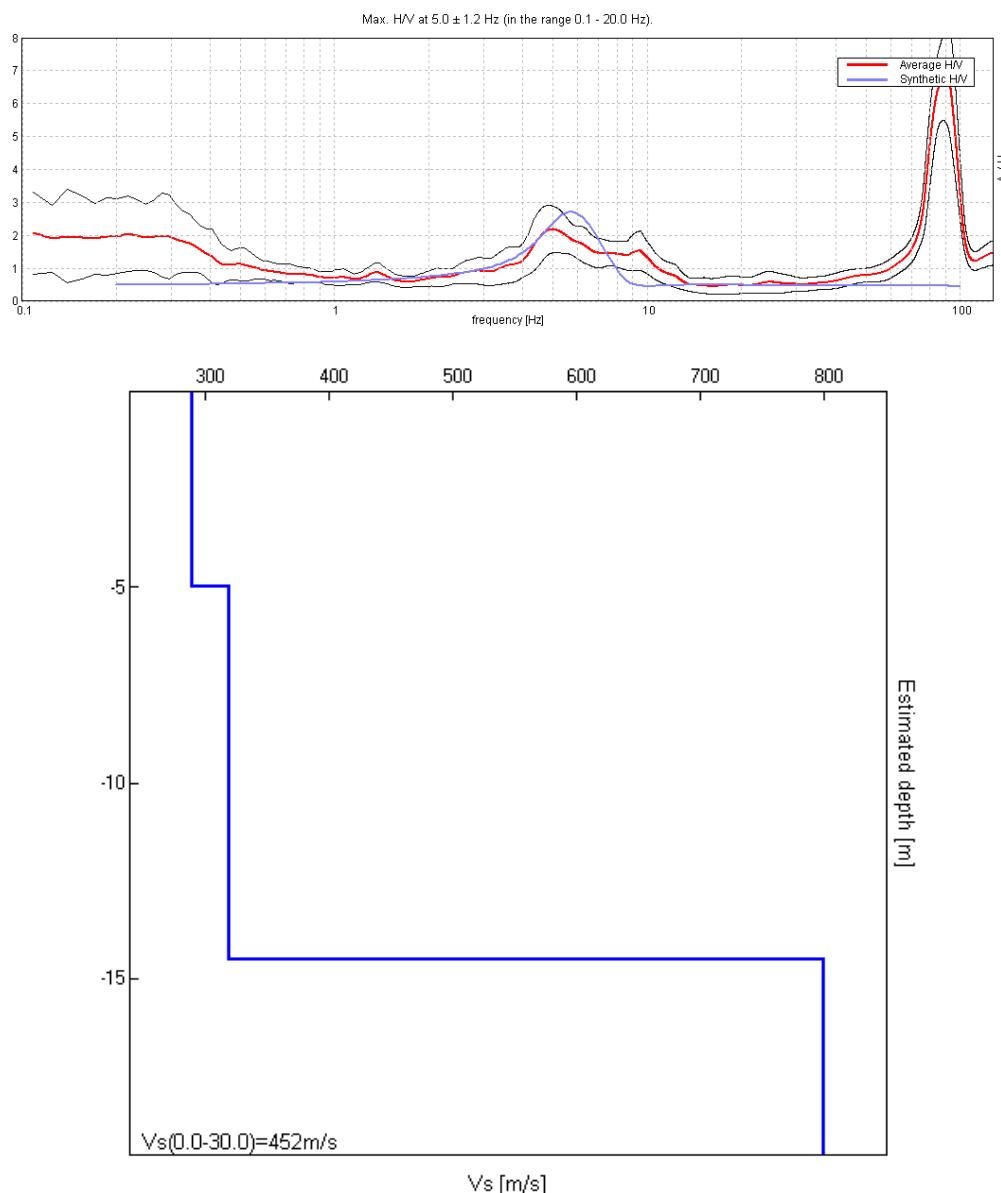


Fig. 5.2 – Esempio di modello monodimensionale a strati della velocità delle onde di taglio (in basso) ottenuta dall'inversione del sondaggio 088004P36-HVSR110 (in alto)

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

6.1 Incertezze sul modello geologico tecnico del sottosuolo

Le indagini HVSR realizzate e alcune delle indagini già esistenti (carotaggi e prove sismiche Down-Hole) evidenziano la presenza del *bedrock* sismico a profondità variabili da 0 m fino a circa 26 m nelle aree a Nord del cimitero comunale.

Questo orizzonte non è da intendersi come un livello litologico bensì come una superficie di variazione della velocità delle onde di taglio, supposta in base alle misure HVSR (cfr. Par. 5.1 e 6.3) e sulla base dei pochi altri dati a disposizione.

Fra gli elementi di incertezza si segnalano:

- Caratteristiche geotecniche e spessore dei depositi;
- Litologia e geometria dei corpi rocciosi al di sotto della coltri di copertura;

- c) Localizzazione di eventuali discontinuità tettoniche nel sottosuolo e quantificazione dei rigetti.

E' evidente come le sezioni geologiche elaborate sulla base dei dati disponibili e con distribuzione irregolare, possano essere considerate soltanto come una prima approssimazione alla definizione di un modello geologico-tecnico di sottosuolo di Giarratana.

Sarà opportuno pertanto definire per il secondo livello di indagini di microzonazione un piano di indagini geofisiche e geotecniche in grado di integrare ed estendere le informazioni acquisite nella fase precedente, al fine di giungere ad una caratterizzazione geometrica e fisico-meccanica del sottosuolo.

Un primo passo nella programmazione delle indagini di esplorazione multidisciplinare del sottosuolo sarà quello di programmare indagini sismiche a rifrazione in onde P ed SH, in grado di:

- a) definire particolari geometrie sepolte potenzialmente amplificanti, attraverso una capacità di definizione bidimensionale degli elementi sepolti;
- b) giungere a profondità d'indagine sufficiente al computo delle Vs30 (tramite misure dirette in termini di Vsh) e relative Categorie di suolo di fondazione.

6.2 Breve analisi dei vantaggi e svantaggi dei metodi d'indagine con microtremori

Il microtremore o rumore sismico naturale è il risultato della sovrapposizione di diverse fasi di onde di volume P ed S e di diversi modi di onde di superficie di Rayleigh e di Love generate da sorgenti distribuite in modo continuo e imprevedibile nel mezzo di propagazione. Malgrado ciò alcune sue caratteristiche spettrali e di correlazione spaziale possono fornire informazioni su caratteristiche medie della sorgente, sulla distribuzione della velocità delle onde P ed S nel sottosuolo, indagato con opportuni *array* di sismografi a 3 componenti, e sulla funzione di trasferimento di strutture anomale sepolte e topografiche locali. I metodi di indagine che utilizzano i microtremori sono molteplici e tutti presentano alcuni vantaggi rispetto ai metodi sismici attivi:

- 1) sono applicabili ovunque, data l'ubiquità del rumore microsismico;
- 2) hanno impatto ambientale nullo perché non è necessario generare campi d'onda caratterizzati da ampiezze delle fasi principali molto maggiori di quelle tipiche del rumore, almeno fino a offset di alcune centinaia di metri;
- 3) il loro uso ha costi molto bassi per quanto appena detto e perché necessitano di strumentazioni relativamente semplici;
- 4) consentono di stimare l'andamento di parametri come la velocità delle onde S, fondamentale per la stima degli effetti sismici di sito, anche in presenza di inversioni di velocità a differenza dei metodi sismici cinematici a grande angolo con sorgenti e stazioni in superficie;

Fra i metodi basati sull'analisi del rumore sismico il metodo HVSR basato sull'analisi del rapporto spettrale H/V è in assoluto il più economico e speditivo, e ciò è alla base della sua crescente diffusione. Questa tecnica, sebbene non consenta di determinare un modello esaustivo del sottosuolo e della risposta sismica locale, fornisce un'informazione diretta sulle frequenze alle quali sono attesi effetti di amplificazione di sito.

Il limite principale di questo metodo, ma che in parte caratterizza anche gli altri metodi basati sull'analisi del microtremore è legato all'aleatorietà della distribuzione spaziale delle sorgenti ed all'incertezza relativa alla composizione del rumore microsismico in termini di onde di superficie e di volume. Tali caratteristiche del rumore microsismico, che rendono necessarie alcune ipotesi sulla stazionarietà nel tempo e nello spazio del segnale, impongono un approccio statistico, oltre che nella fase della sua caratterizzazione anche in quella dell'interpretazione mediante risoluzione

di opportuni problemi inversi. Questi comunque in generale risultano sotto determinati rispetto a qualche parametro incognito e piuttosto instabili.

6.3 Incertezze sulle stime della profondità del bedrock sismico

Sebbene il rapporto spettrale H/V dipenda dalla distribuzione verticale delle medie orizzontali dei principali parametri meccanici delle strutture geologiche ed in modo particolare da quella della velocità delle onde di taglio, una attendibile interpretazione stratigrafica è possibile solo quando dati stratigrafici relativi ad qualche perforazione vicina al punto di misura e, possibilmente, risultati di misure sismiche in foro permettono di vincolare le stime di un certo numero di parametri incogniti.

La limitata disponibilità di dati geofisici nell'area di Giarratana non ha consentito una sufficiente taratura delle stime effettuate. Si è assunta una struttura stratificata del sottosuolo, con strati omogenei separati da interfacce ondulate. I valori di velocità utilizzati sono comunque risultati prossimi a quelli caratteristici dei litotipi presenti nell'area.

Nella valutazione dell'attendibilità della stima della profondità del bedrock sismico (interfaccia litostratigrafica caratterizzata dal passaggio da una velocità delle onde di taglio minore di 800 m/s ad una maggiore), bisogna considerare che gli andamenti rappresentati sono fortemente condizionati dal processo di interpolazione tra i punti di misura HVSr. I valori tra i punti di misura sono infatti da considerarsi solo delle possibili stime nell'ipotesi di minime variazioni laterali. Per evitare interpolazioni tra profondità di interfacce dovute a strutture di diversa natura geologica e stratigrafica, si è deciso di raggruppare e correlare frequenze relative ad uno stesso cluster (Fig. 4.6). Tuttavia non è possibile escludere che anche frequenze appartenenti allo stesso cluster siano dovute a strutture differenti o viceversa.

Nei grafici dei rapporti spettrali HVSr relativi a ogni punto di misura sono stati individuati tutti i picchi significativi. Questi sono stati caratterizzati mediante la loro frequenza centrale e ampiezza. L'insieme delle coppie frequenza di picco/ampiezza HVSr, relative a tutte le misure di microtremore eseguite, è stato rappresentato in un grafico a dispersione per individuare, se possibile in modo puramente visivo, clusters di punti con probabile omogeneità del fenomeno generatore e pertanto interpolabili in una singola mappa, nell'ipotesi di lievi variazioni continue dei parametri meccanici del mezzo di propagazione. Nell'analisi effettuata ci si è limitati ad individuare non più di tre cluster significativi. Nel grafico frequenza di picco/ampiezza possono essere altresì individuati punti anomali, attribuibili a effetti topografici o alla predominanza di sorgenti antropiche, che non vengono considerati per la costruzione delle carte.

È bene infine precisare che, a causa di variazioni laterali di parametri fisico – meccanici (porosità, contenuto d'acqua, grado di fratturazione, ecc.), non sempre gli spessori determinati attraverso questa tecnica interpretativa, coincidono con gli spessori litologici.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1. Criteri per l'elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

La metodologia adottata per l'elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica si basa sugli *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica* Parti I, II e III a cura di Bramerini *et al.* (2008).

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva sismica di Livello 1 costituisce il livello propedeutico per affrontare i successivi livelli di approfondimento. Pertanto la raccolta ed elaborazione dei dati non possono essere considerati esaustivi e definitivi.

Al fine di individuare le microzone soggette a comportamento omogeneo, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche e geofisiche disponibili sulla base di dati pregressi, tali da produrre diversi effetti all'azione sismica, si è proceduto ad individuare tre differenti categorie di zone: a) Zone stabili; b) Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali; c) Zone suscettibili di instabilità.

Le informazioni utilizzabili per la loro identificazione sono state ricavate da:

- morfologia di superficie, ricavata dalla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000 aggiornata al 2008 e dal modello digitale del terreno (DEM) passo 2 m, ricavato dal volo LIDAR effettuato nel 2007-2008;
- litostratigrafia dell'area ricavata dalle carte geologiche fin qui prodotte (CARG, Carta geologica della Provincia di Ragusa) e dai sondaggi messi a disposizione;
- profondità e morfologia del bedrock sismico ricavato dalle indagini HVSR effettuate e calibrate dai dati di sottosuolo a disposizione;
- distribuzione delle aree interessate da frane attive, inattive e quiescenti così come indicate nella cartografia geologica e geomorfologica ad oggi presente,

I criteri adottati per identificare le **zone stabili**, per le quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura, si sono basati sulla presenza in affioramento del substrato geologico con morfologia pianeggiante o con inclinazione inferiore ai 15° e con litologie caratterizzate da $V_s > 800$ m/s.

A tal fine si è ricavata, attraverso l'estrazione dal DEM con l'utilizzo di procedure di analisi spaziale GIS, la carta delle acclività di versante. Per ogni cella, è stata calcolata la massima variazione di valore tra la cella centrale e le otto presenti al suo intorno utilizzando la tecnica di media massima (Burrough & McDonell, 1998).

Successivamente, è stata riclassificata la carta delle acclività in due classi di valori ($< 15^\circ$ e $> 15^\circ$) e la si è incrociata con la carta geologico tecnica. L'intersezione tra le aree con acclività minore di 15° e i substrati affioranti caratterizzati da $V_s > 800$ m/s fornisce le aree da considerare stabili a meno di condizioni di alterazione superficiale e/o fratturazione particolarmente pervasive.

Al fine di individuare le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** si è tenuto conto dell'assetto stratigrafico e della morfologia locale.

I criteri adottati per individuare le zone soggette ad **amplificazione stratigrafica** si sono basati su l'individuazione dei terreni di copertura con spessori superiori ai 3 metri e dei substrati affioranti caratterizzati da velocità di propagazione delle onde di taglio < 800 m/s, a causa delle loro caratteristiche litologiche o dello stato di alterazione e/o fratturazione.

Le **discontinuità morfologiche** in grado di determinare l'amplificazione del moto del suolo in seguito a meccanismi di focalizzazione delle onde sismiche, sono state individuate attraverso diverse fasi di lavoro. In una prima fase è stato acquisito ed elaborato il modello digitale di terreno con cella 2 m (A.R.T.A. 2007/2008), allo scopo di ottenere per le aree studiate la carta delle acclività. A partire da quest'ultima è stato possibile, utilizzando semplici strumenti di analisi spaziale e 3D, individuare le rotture di pendenza significative, in corrispondenza delle quali sono stati delimitati gli eventuali elementi di amplificazione quali linee di scarpata, creste, selle e cime isolate. A questa prima fase di analisi remota della topografia dell'area, è seguita una fase di verifica diretta sul campo e/o remota, in quest'ultimo caso utilizzando strumenti di visualizzazione quali Google EarthTM. Infine, sono state verificate le informazioni ottenute, mediante

sovrapposizione degli elementi individuati sulle foto aeree e delle informazioni litologiche, in particolare verificando:

- la congruenza tra le forme individuate e le tipologie e geometrie dei depositi presenti;
- la significatività degli elementi individuati nel contesto urbano;
- la consistenza degli elementi cartografati sulla base delle foto aeree, così da escludere eventuali morfologie legate alla presenza di forme antropiche.

7.2 Standard di archiviazione informatica degli elementi morfologici

La tipologia di elementi morfologici mappati fa riferimento alle specifiche tecniche, descritte negli *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*, definiti dal Gruppo di lavoro Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile (di seguito, ICMS). Tutti gli elementi sono stati cartografati su sistemi GIS in formato vettoriale (shape file), utilizzando quale struttura di archiviazione, quella indicata negli *Standard dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica* (di seguito, SCTMS).

A ciascun elemento mappato è dunque associato un record all'interno di una tabella delle proprietà degli elementi, che vengono differenziate a seconda che si tratti di elementi lineari (Tabb. 7.1a-b) o puntuali (Tabb. 7.2a-b).

Nome del campo	Tipo	Note
ID_el	numero intero	Descrizione: identificativo univoco progressivo dell'elemento lineare
Tipo_el	numero intero	Tipo dell'elemento lineare

Tab. 7.1a – Tabella attributi degli elementi lineari (SCTMS).

Descrizione degli altri elementi lineari	Tipo_el
Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	5041
Orlo di scarpata morfologica (>20m)	5042
Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)	5051
Orlo di terrazzo fluviale (>20m)	5052
Cresta	5060
Scarpata sepolta	5070
Valle sepolta stretta ($C \geq 0.25$)*	5081
Valle sepolta larga ($C < 0.25$)*	5082

* $C=H/L/2$ con H profondità della valle e L semilarghezza della stessa

Tab. 7.1b – Descrizione per la tipologia degli elementi lineari (SCTMS).

Nome del campo	Tipo	Note
ID_ep	numero intero	Descrizione: identificativo univoco progressivo dell'elemento puntuale
Tipo_ep	numero intero	Tipo dell'elemento puntuale

Tab. 7.2a – Tabella attributi degli elementi puntuali (SCTMS).

Descrizione	Tipo_ep
Picco isolato	6010
Cavità sepolta isolata	6020

Tab. 7.2b – Descrizione per la tipologia degli elementi puntuali (SCTMS).

7.3. Elementi di amplificazione topografica

Secondo la definizione individuata negli ICMS, gli elementi di amplificazione topografica sono discontinuità morfologiche che possono comportare l'amplificazione del moto del suolo a seguito della focalizzazione delle onde sismiche, quali:

- pendii con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivello superiore a circa 30 m;
- bordi di terrazzo o zone di ciglio ($H > 10$ m);
- creste rocciose sottili (larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $> 30^\circ$).

Per quanto riguarda le creste (Fig. 7.1), il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale a un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), con angoli al piede dei due versanti che delimitano la cresta pari almeno a 10°

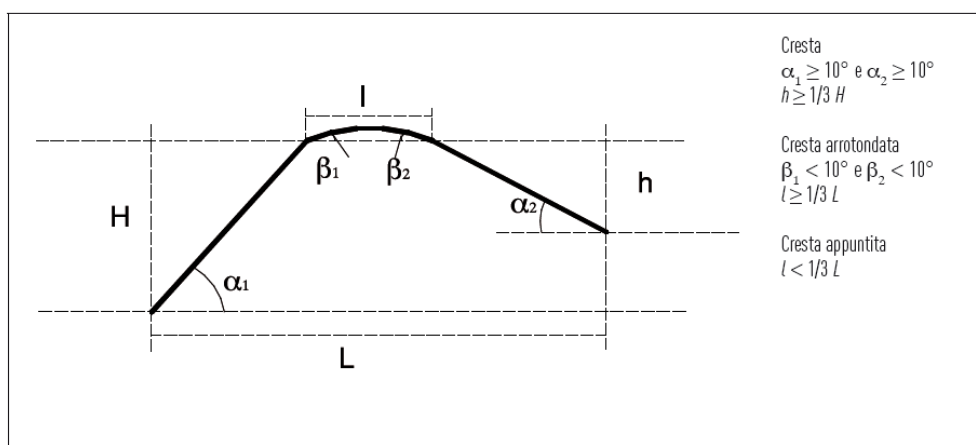


Fig. 7.1 - Schemi di riferimento per le creste e criteri di riconoscimento (ICMS).

Per quanto riguarda il riconoscimento delle scarpate, sono state considerare tali quelle situazioni che presentano (Fig. 7.2): un'altezza H , pari almeno a 10m; un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m; l'inclinazione (β) del fronte superiore, inferiore o uguale a un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per $\beta > \alpha / 5$ la situazione è da considerarsi pendio); il dislivello altimetrico minimo (h) minore di un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq H / 3$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita); un'inclinazione al piede del fronte principale α pari almeno a 10° .

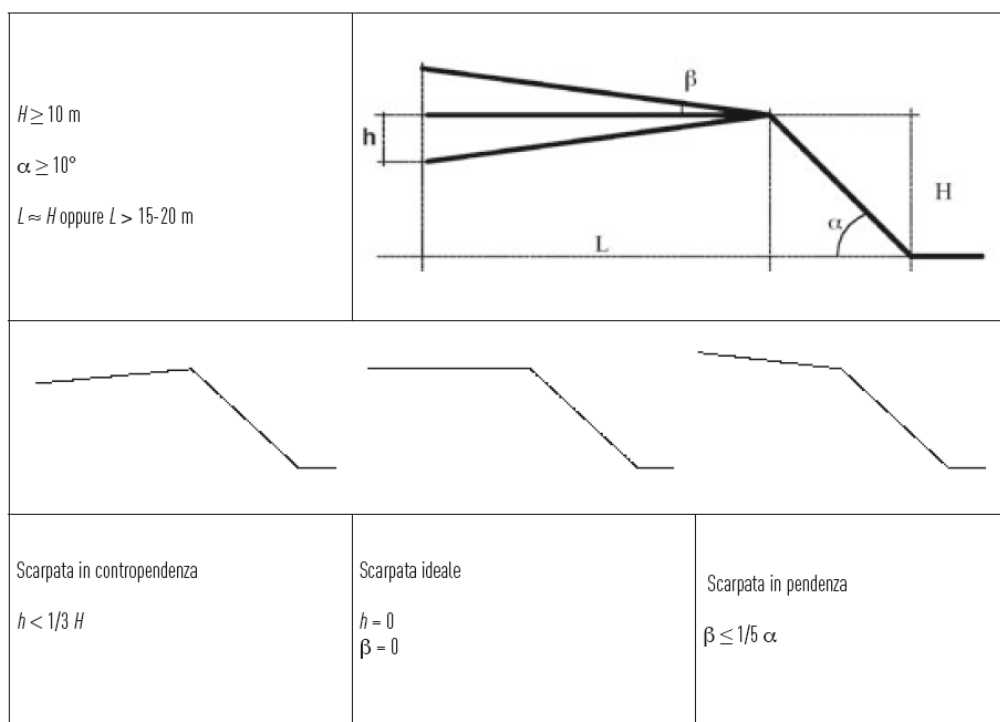


Fig. 7.2 - Schemi di riferimento per la scarpata e criteri di riconoscimento (ICMS).

I criteri morfometrici e le soglie che connotano gli elementi morfologici di interesse, in quanto potenzialmente in grado di determinare condizioni di amplificazione sismica, suggeriscono come i concetti di scarpata o cresta normalmente utilizzati in ambito geomorfologico, richiedano nelle applicazioni finalizzate alla microzonazione un adattamento. Infatti, in geomorfologia si intende per scarpata una porzione di versante ad elevata acclività. Non esistono standard assoluti di riferimento circa l'angolo di inclinazione minimo per poter classificare un versante o una sua porzione come scarpata, ma è ben evidente come i valori di riferimento siano nell'ordine delle diverse decine di gradi.

Per questa ragione, il simbolo utilizzato nelle carte geomorfologiche per indicare un elemento che in realtà ha una struttura topologica di tipo areale, è costituito da un elemento lineare, coincidente con l'orlo superiore o linea di scarpata, al quale è poi associato un simbolismo, in direzione di valle, specificativo della morfogenesi associata alla forma. La linea di scarpata può limitare superiormente un versante, che viene classificato in funzione del processo che controlla l'insieme morfogenetico scarpata-versante. Le elevate inclinazioni delle scarpate, d'altra parte, fanno sì che l'estensione areale (su carta) del versante acclive che in realtà rappresentano sia talmente limitata da rendere poco severa l'imprecisione cartografica derivata dall'uso di un elemento lineare nella rappresentazione di una forma areale.

Nel caso dei criteri definiti per la MS, il problema si amplifica, in ragione delle soglie minime sufficienti a definire le scarpate (10° di inclinazione al piede del fronte principale).

In questa sede, si è scelto dunque di seguire una procedura che individua le linee di scarpata, corrispondenti a brusche variazioni di inclinazione, spesso associate a tratti di versante costituenti scarpate "in senso classico" (in parete o con inclinazioni tra 45° e 90°), ancorché, frequentemente, con altezze anche inferiori ai 10 m, procedendo poi ad analizzare, mediante la realizzazione di sezioni topografiche di dettaglio, le caratteristiche morfometriche dei versanti, che vengono limitati superiormente dalle linee di scarpata riconosciute. Per ciascuna linea di scarpata, vengono realizzati uno o più profili, in modo da fornire un'indicazione della variabilità spaziale delle caratteristiche morfometriche; queste ultime dipendono infatti dall'assetto geomorfologico del

versante lungo cui si imposta la linea di scarpata, così come dalla morfodinamica del versante stesso

Analisi delle pendenze

Per l'individuazione degli elementi morfologici quali scarpate, creste e cime isolate sono stati realizzati degli elaborati intermedi, confrontando i quali è stato possibile pervenire ad una individuazione sistematica degli elementi di interesse, all'interno del perimetro del centro abitato. Un primo elaborato preso in considerazione è il modello digitale di terreno ad alta risoluzione. A partire da questo, sono stati realizzati, lungo le principali direttrici di sviluppo dei centri abitati analizzati, alcuni profili topografici di inquadramento, utili al riconoscimento dei principali motivi topografici caratterizzanti l'area indagata (creste, rilievi isolati, pendii, scarpate). Parallelamente, ricavando dal modello digitale di terreno la carta delle pendenze (Fig. 7.3) ed incrociandola con la base topografica in scala 1:10.000, è stato possibile individuare tutti gli allineamenti marcati da notevoli variazioni di pendenza in senso longitudinale. Le classi sono state individuate a partire dalla classe 0-15°, per incrementi successivi di 1/5 del valore soglia della classe precedente, cosicché ad ogni variazione di colore corrisponda una scarpata o pendio significativa in termini di pendenza (Fig. 7.4). Si è deciso di individuare le scarpate a partire dai 15° perché al di sotto dei 15° gli effetti litologici prevalgono sempre su quelli topografici (ICMS).

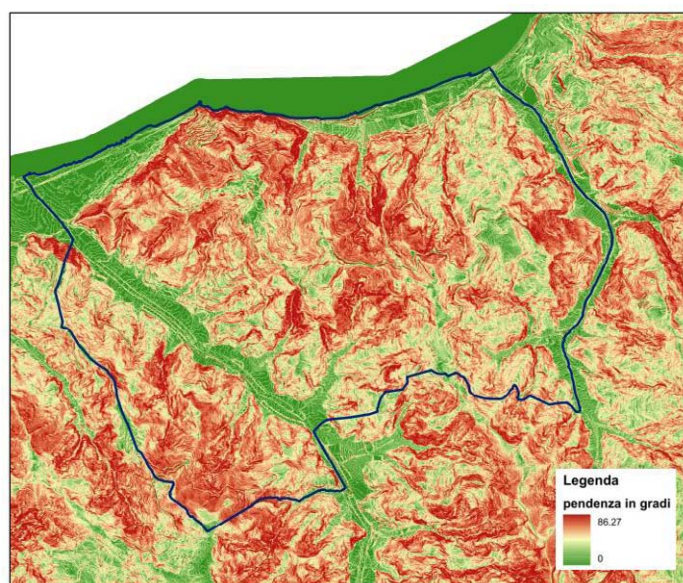


Fig. 7.3 – Esempio di carta della pendenza (esempio: Piraino, Me).

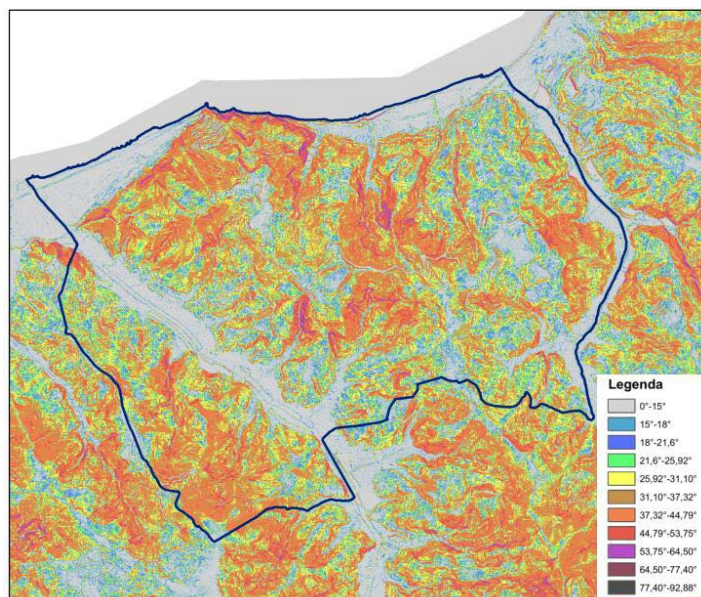


Fig. 7.4 – Esempio di riclassificazione della pendenza (esempio: Piraino, Me).

Individuazione degli elementi morfologici

Laddove, ad un'analisi aerofotografica e topografica, questi allineamenti sono risultati limitare superiormente versanti aventi caratteristiche morfometriche rientranti all'interno dei criteri di sopra descritti, si è dunque passati al tracciamento delle linea di scarpata o di cresta o all'indicazione del rilievo isolato (Fig. 7.5).

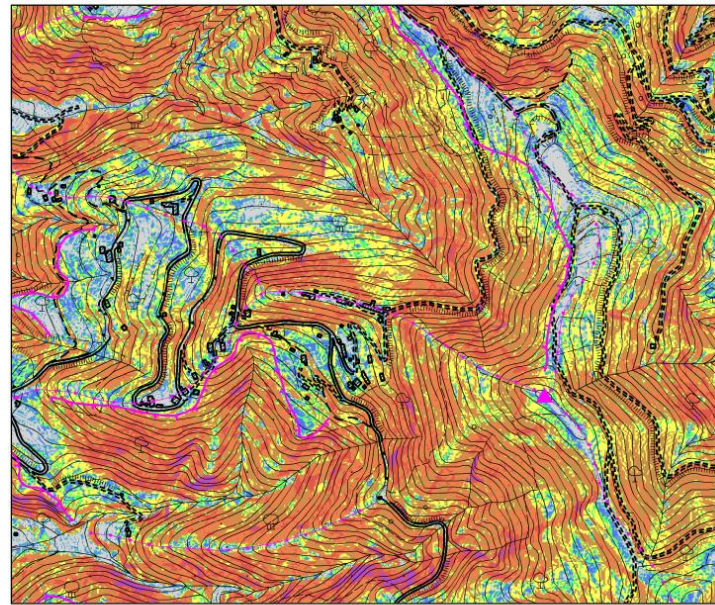
Infine, sono stati selezionati gli elementi antropici per verificare la coerenza tra gli elementi morfologici individuati ed i centri abitati. Quest'ultimo passaggio riguarda in particolare le scarpate, le quali infatti possono non intersecare case o strade, pur trovandosi nelle loro immediate vicinanze (Fig.7.6).

Le aree considerate come **zone suscettibili di instabilità** sono quelle in cui gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Le zone identificano quattro categorie di effetti deformativi:

- instabilità di versante, distinte per tipologia di frana (crollo/ribaltamento, scorrimento, colamento, frana complessa) ed attività (attiva, quiescente, inattiva);
- liquefazione, aree caratterizzate da terreni sabbiosi, sabbiosi – limosi, o sabbiosi – ghiaiosi con superficie della falda < di 15 m
- Faglie attive e capaci, distinte per tipologia (diretta, inversa, trascorrente) e individuazione (accertata, inferita):
- Cedimenti differenziali, aree di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccanica molto differenti;

Le instabilità di versante sono state ricavate dal PAI, dalle carte geologiche fin qui prodotte e dal PRG del comune e riclassificate secondo le tipologie adottate dagli standard di rappresentazione.



Legenda

0°-15°
15°-18°
18°-21,6°
21,6°-25,92°
25,92°-31,104°
31,10°-37,32°
37,32°-44,79°
44,79°-53,75°
53,75°-64,50°
64,50°-77,40°
77,40°-92,88°

Elementi morfologici

6010 - cime isolate
5041 - scarpate con altezza inferiore a 20 metri
5042 - scarpate con altezza superiore a 20 metri
5060 - creste

Fig. 7.5 – Individuazione di elementi morfologici di interesse (esempio: Sant'Angelo di Brolo, Me).

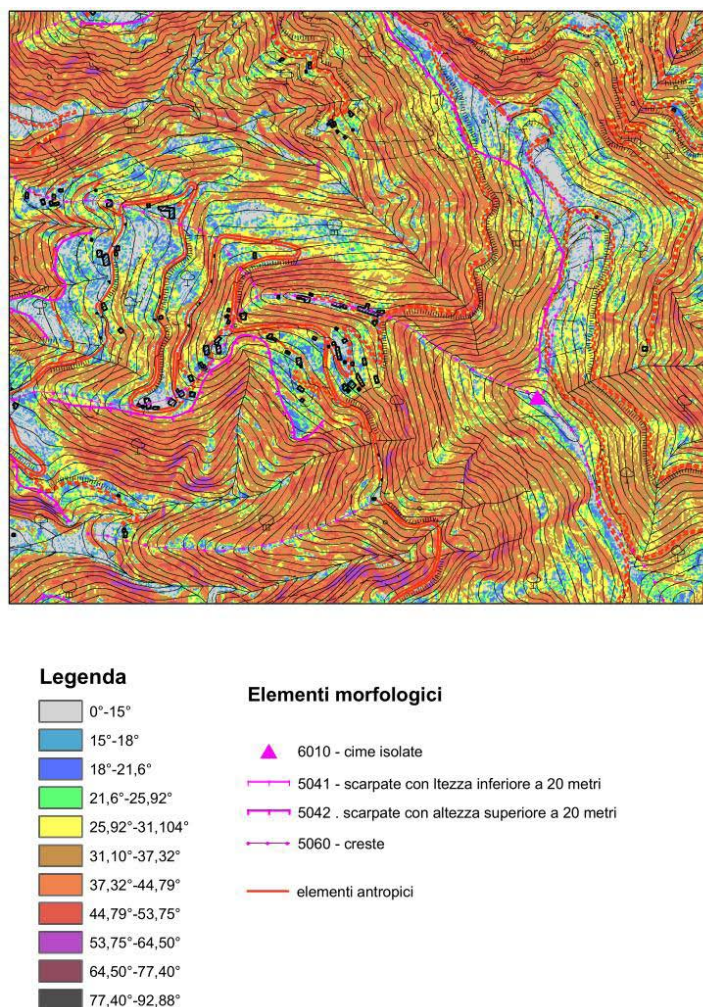


Fig. 7.6 – Sovrapposizione degli elementi antropici (esempio: Sant'Angelo di Brolo, Me).

7.4 Criteri adottati per la costruzione della carta delle frequenze

La costruzione delle carte delle frequenze di picco del segnale HVSR, redatte a partire dalle misure di microtremore sismico, tenendo conto della complessità dei fenomeni genetici e di propagazione e quindi della molteplicità delle possibili cause di amplificazione del rapporto H/V , è stata realizzata adottando criteri di analisi del segnale finalizzati a discriminare picchi causati da fenomeni di tipo differente (interfacce sismiche più o meno profonde, elevati gradienti topografici, cause antropiche,...) per trascurare quelli attribuibili al fenomeno sorgente e separare quelli attribuibili a diversi aspetti della propagazione ondosa. Per ogni comune indagato, è stata quindi elaborata, la carta delle frequenze, per rappresentare la distribuzione spaziale delle frequenze dei picchi del segnale HVSR. Per ogni punto di misura HVSR viene rappresentata sulla carta l'esatta ubicazione con simbologia definita da protocollo. Inoltre, se lo spettro di H/V presenta picchi significativi compresi nell'intervallo 0.6-20 Hz, per ogni picco la frequenza e l'ampiezza viene riportata numericamente immediatamente al di sopra dell'ubicazione.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1- Carta delle indagini

Le indagini presenti all'interno del territorio del Comune di Giarratana sono state ricavate da precedenti campagne di indagini, rese disponibili da pubbliche amministrazioni e da nuove acquisizioni effettuate per il presente studio (cfr. par. 4.1).

Per quanto riguarda la loro distribuzione (Fig.8.1), esse sono abbastanza ben distribuite all'interno dell'area da sottoporre a microzonazione, ad eccezione della parte centrale del centro abitato, dove è presente un solo sondaggio a carotaggio continuo (088004P5), nelle vicinanze della chiesa di San Bartolo. In questo sondaggio sono stati prelevati due campioni sui quali sono state eseguite indagini di laboratorio. Nella periferia nord dell'abitato si trovano quattro sondaggi a carotaggio continuo (088004P1, 088004P2, 088004P3 e 088004P4), una prova penetrometrica dinamica e una prova scissometrica (088004P28) e cinque sondaggi elettrici verticali (088004L1, 088004L2, 088004L15, 088004L16 e 088004L17). Nei quattro sondaggi sono stati prelevati dei campioni sui quali sono state eseguite indagini di laboratorio. Nel settore orientale dell'area studiata sono presenti: quattro sondaggi a carotaggio continuo (088004P9, 088004P10, 088004P11 e 088004P19), in uno dei quali (088004P19) sono stati prelevati tre campioni sui quali sono state eseguite delle prove di laboratorio e sono state realizzate anche una prova sismica Down Hole e tre prove penetrometriche standard (SPT); tre prove penetrometriche dinamiche e altrettante prove scissometriche (088004P24, 088004P25 e 088004P26); e cinque sondaggi elettrici verticali (088004L22, 088004L23, 088004L24, 088004L25 e 088004L26). La periferia meridionale è quella che presenta la maggiore concentrazione di indagini. Qui sono presenti: quattordici sondaggi a carotaggio continuo (088004P6, 088004P7, 088004P8, 088004P12, 088004P13, 088004P14, 088004P15, 088004P16, 088004P17, 088004P18, 088004P20, 088004P21, 088004P22 e 088004P23); sei sondaggi elettrici verticali (088004L18, 088004L19, 088004L20, 088004L27, 088004L28 e 088004L29); e, concentrati nella zona del cimitero, dodici stendimenti sismici a rifrazione (088004L3, 088004L4, 088004L5, 088004L6, 088004L7, 088004L8, 088004L9, 088004L10, 088004L11, 088004L12, 088004L13 e 088004L14). Nel sondaggio 088004P23 è stata realizzata una prova sismica DownHole, in otto di questi sondaggi sono state realizzate delle prove penetrometriche standard (088004P12, 088004P13, 088004P14, 088004P15, 088004P20, 088004P21, 088004P22 e 088004P23), mentre in altri otto sono stati prelevati dei campioni ed eseguite indagini di laboratorio (088004P20, 088004P16, 088004P17, 088004P18, 088004P12, 088004P13, 088004P14 e 088004P15).

I 10 siti dove sono stati eseguite le acquisizioni dei microtremiti a stazione singola (HVSr) si trovano distribuiti in modo piuttosto uniforme all'interno dell'area sottoposta a microzonazione.

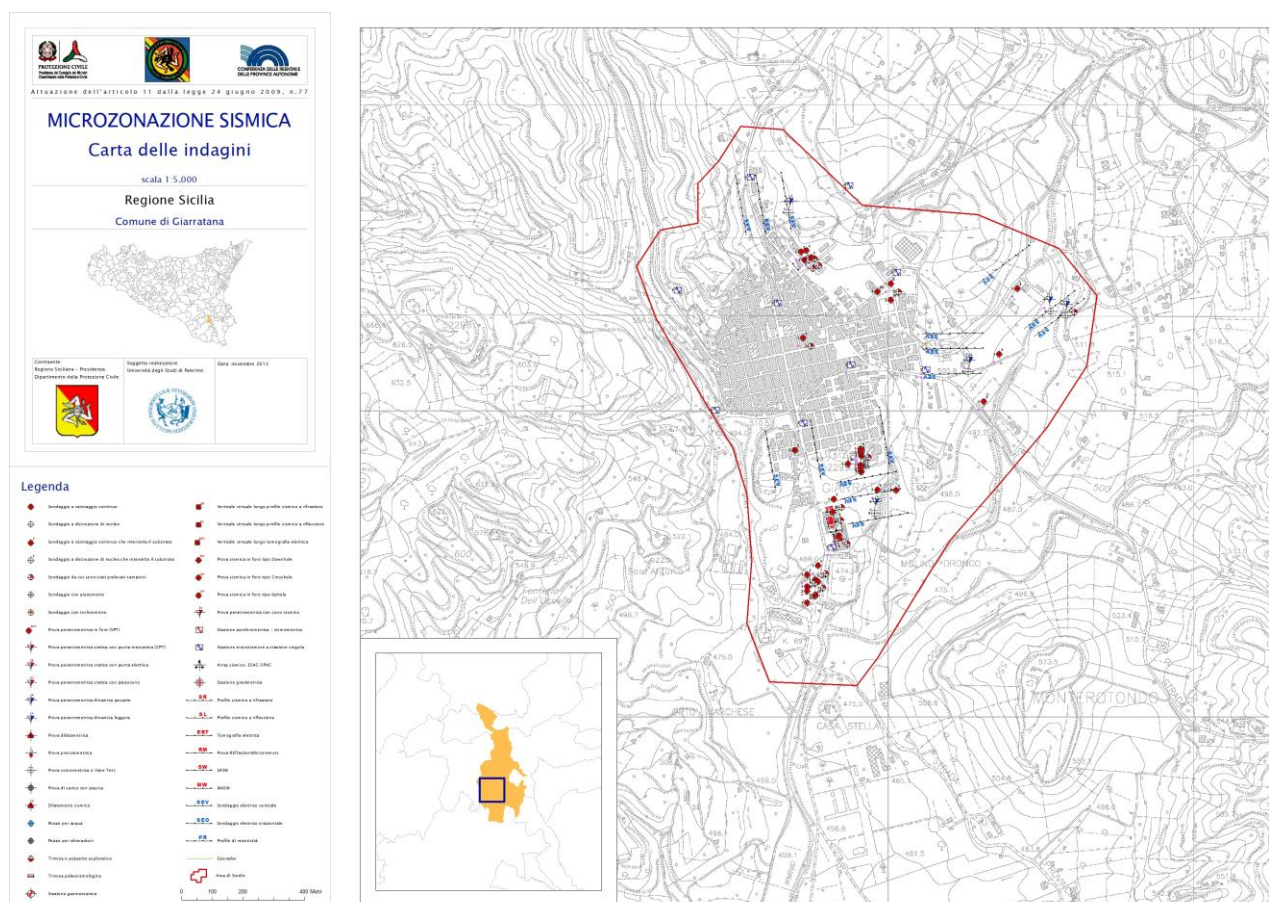


Fig. 8.1 – Riduzione della carta delle indagini del territorio di Giarratana (v. PDF cartella plot in banca dati).

8. 2 Carta Geologico tecnica

La caratterizzazione dei terreni nei dintorni del centro urbano di Giarratana unitamente ai dati di sottosuolo e geofisici ha permesso di cartografare la distribuzione degli affioramenti del substrato geologico rigido e non rigido e delle coperture oltre agli elementi tettonici e morfologici caratterizzanti l'area.

8.2.1 Il substrato geologico

Il substrato geologico rigido (ALS) è rappresentato dall'alternanza calcarea e calcareo-marnosa della Formazione Ragusa.

Affiora nelle porzioni nord-occidentale e sud-occidentale del centro abitato.

Queste due aree sono separate da un cuneo di substrato geologico non rigido (NRS), rappresentato dalla porzione superficiale alterata della Formazione Ragusa e dall'alternanza marnosa e calcareo marnosa della Formazione Tellaro, che occupa buona parte dell'area centrale dell'abitato e i settori più orientali dell'area studiata (Fig.8.2).

8.2.2 I terreni di copertura

L'area di espansione a sud-est del centro abitato è invece caratterizzata dalla presenza di spessori variabili di coperture alluvionali costituite prevalentemente da argille, argille ghiaiose o sabbiose e argille limose con a luoghi brecce e ciottoli di natura carbonatico-marnosa e/o vulcanica (CL).

Le suddette coperture occupano anche il fondo valle dei due piccoli torrenti che attraversano l'area indagata (Fig. 8.2).

Nella carta sono anche riportate le tracce delle sezioni geologiche e i sondaggi che intercettano il substrato.

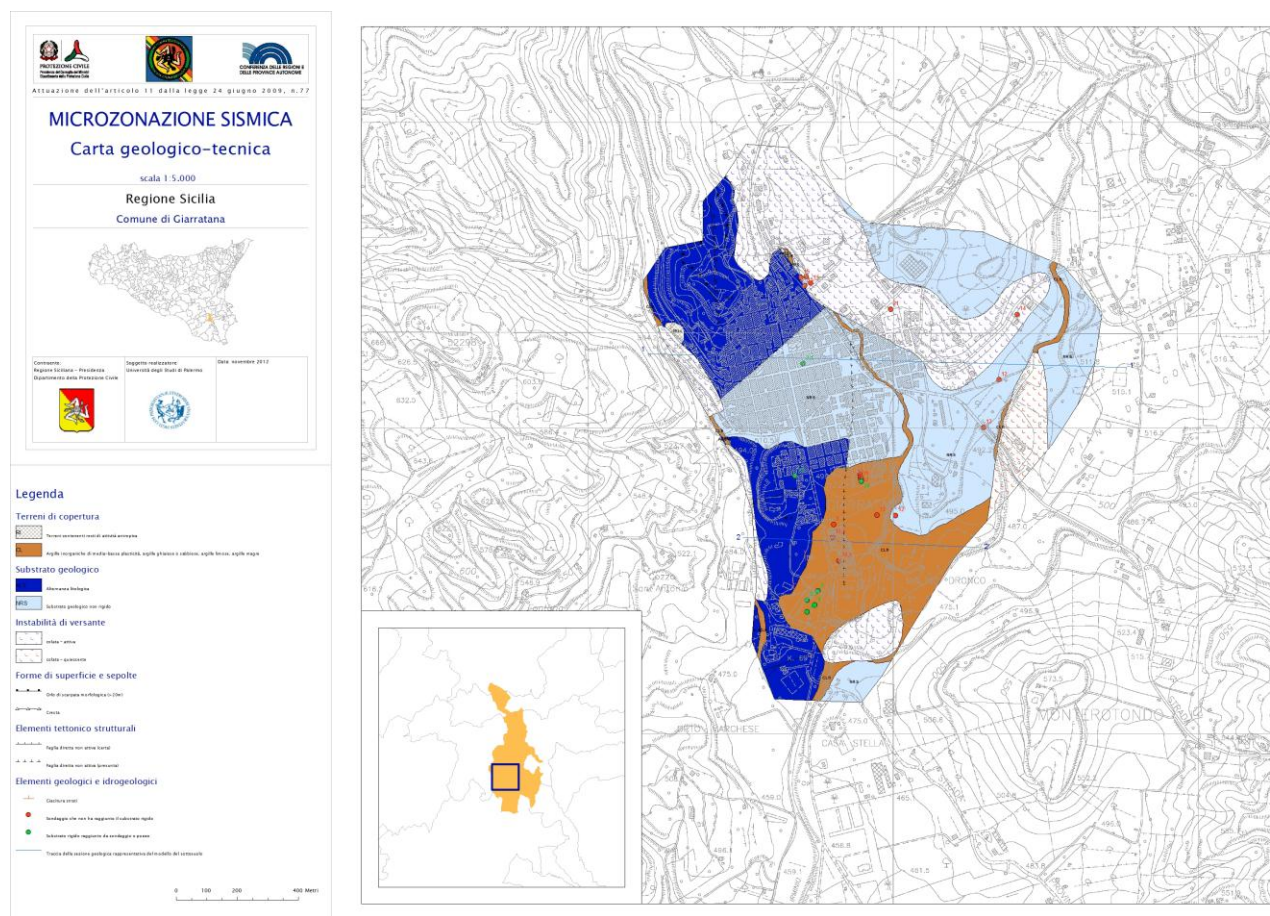


Fig.8.2 – Riduzione della carta Geologico-Tecnica delle aree perimetrate del territorio del Comune di Giarratana (v. PDF cartella plot in banca dati).

8.2.3 Dissesti

La conformazione morfologica del sito su cui si sviluppa il centro abitato, che, con l'eccezione dei versanti/scarpate che limitano la valle del Fiume Irminio, si caratterizza per valori di pendenza inferiori ai 15°, fa sì che il numero e la tipologia dei dissesti riscontrati nel P.A.I. siano di modesta entità e numero.

Si tratta infatti di fenomeni di colamento lento o soliflusso che coinvolgono alcuni settori di affioramento delle marne argillose della Formazione Tellaro in corrispondenza per lo più delle valli dei torrenti (Fig. 8.3).

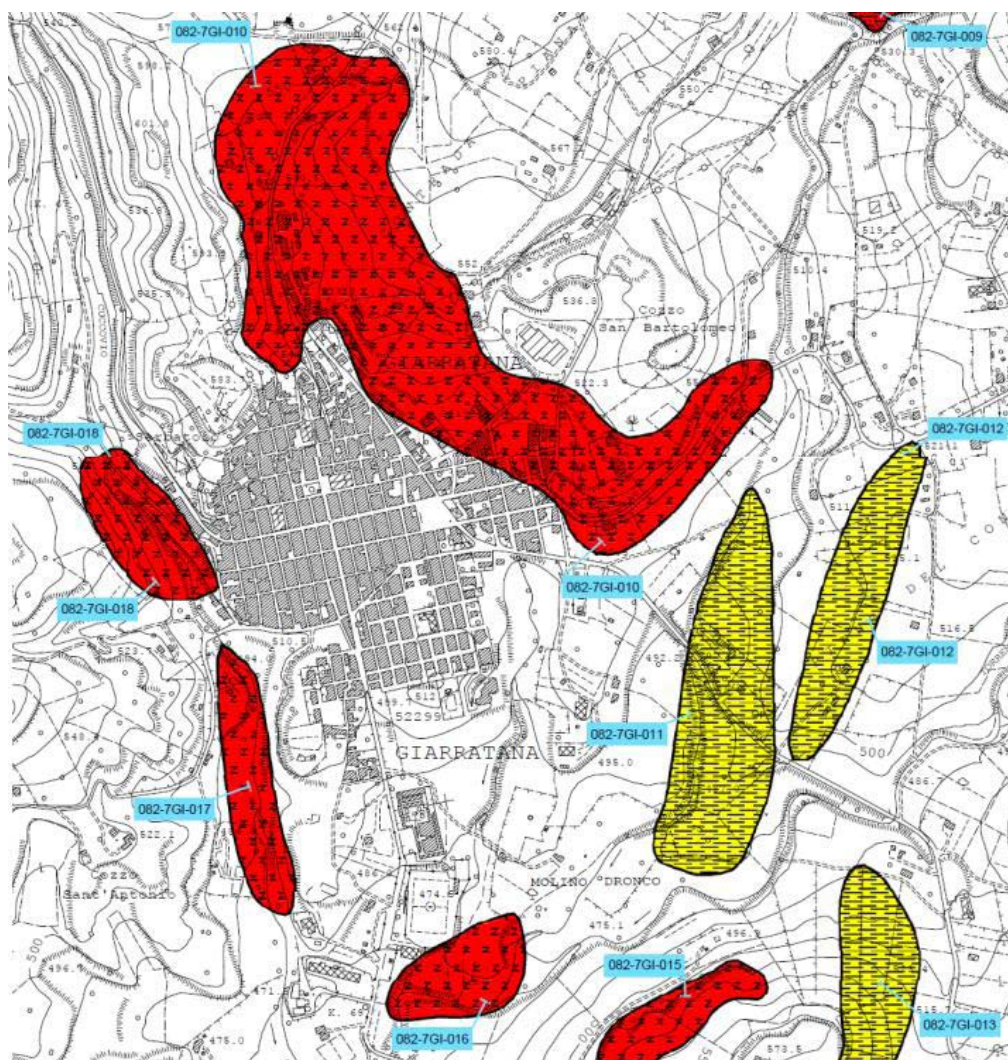


Fig. 8.3 – Stralcio delle sezioni 1:10.000 riportanti i dissesti censiti nel P.A.I. (vedi Tab.. 8.1 per la legenda).

In particolare, per quanto riguarda l'area di interesse, il PAI segnala i seguenti dissesti (Tab. 8.1): 082-7GI-010, 082-7GI-011, 082-7GI-012, 082-7GI-016, 082-7GI-017 e 082-7GI-018.

CODICE	LOCALITA'	TIPO DI MOVIMENTO	STATO DELLA FRANA
082 - 7GI - 010	Contrada Pianazzo	Deformazione superficiale lenta (creep o soliflusso)	Attiva o riattivata
082 - 7GI - 011	Piano del Conte	Colamento lento	Quiescente
082 - 7GI - 012	Piano del Conte	Colamento lento	Quiescente
082 - 7GI - 016	Molino Dronco	Deformazione superficiale lenta (creep o soliflusso)	Attiva o riattivata
082 - 7GI - 017	Cozzo Sant'Antonio	Deformazione superficiale lenta (creep o soliflusso)	Attiva o riattivata
082 - 7GI - 018	In prossimità del Torrente Cuccovio	Deformazione superficiale lenta (creep o soliflusso)	Attiva o riattivata

Tab.8.1 – Tabella riassuntiva dei dissesti segnalati dal PAI per il Comune di Giarratana.

Una analisi remota delle condizioni presentate dai versanti (Figg. 8.4-8.7) mette in evidenza come in realtà si tratti, piuttosto che di singoli fenomeni con una loro indipendenza ed omogeneità cinematico, di aree soggette a franosità diffusa di tipo superficiale, connessa con la stagionalità delle precipitazioni e delle condizioni di saturazione del suolo.

Si tratta dunque di fenomeni franosi di scarsa rilevanza dal punto di vista degli eventuali effetti di risposta sismica, dal momento che interessano volumi assai superficiali di sottosuolo.



Fig. 8.4 – Immagine Google EarthTM dei versanti interessati dal fenomeno 082-7GI-010.



Fig. 8.5 – Immagine Google EarthTM dei versanti interessati dai fenomeni 082-7GI-011 e 082-7GI-012.



Fig. 8.6 – Immagine Google EarthTM dei versanti interessati dal fenomeno 082-7GI-016.

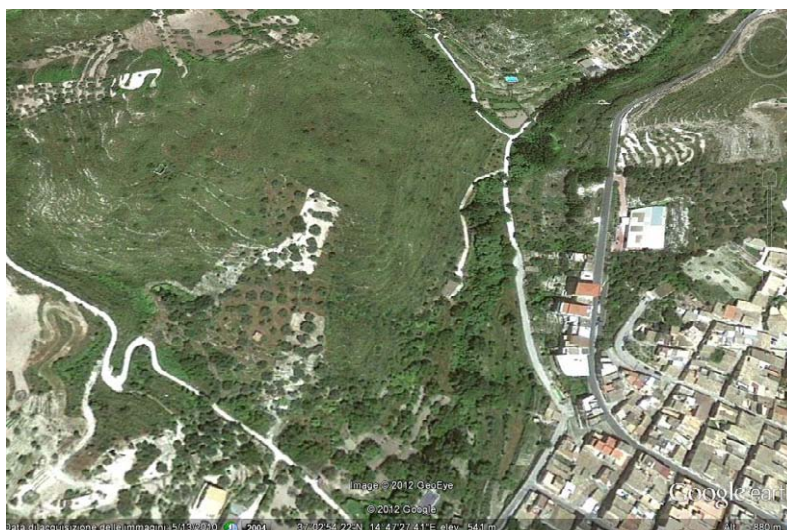


Fig. 8.7 – Immagine Google EarthTM dei versanti interessati dai fenomeni 082-7GI-016 e 082-7GI-017.

8.3 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

La carta delle microzone del comune di Giarratana, ha un estensione di circa 157 ettari (Fig. 8.9).

Non è stata individuata alcuna zona che può essere considerata stabile.

Sono state distinte otto zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

In Figura 8.8 sono state ricostruite otto colonne stratigrafiche esemplificative delle diverse condizioni di amplificazione locale presenti.

Sono state individuate tre tipologie di zone suscettibili di instabilità.

Due zone caratterizzate da instabilità di versante, mentre al contatto tra litotipi con differenti caratteristiche meccaniche è stata indicata una fascia di 30 m come area soggetta a cedimenti differenziali.

Nella tabella 8.2 vengono differenziate le tipologie di zone stabili suscettibili di amplificazione locali e le zone suscettibili di instabilità presenti nel territorio comunale di Giarratana. Sono indicati anche i potenziali effetti attesi e il livello di approfondimento richiesto per gli studi di MS.

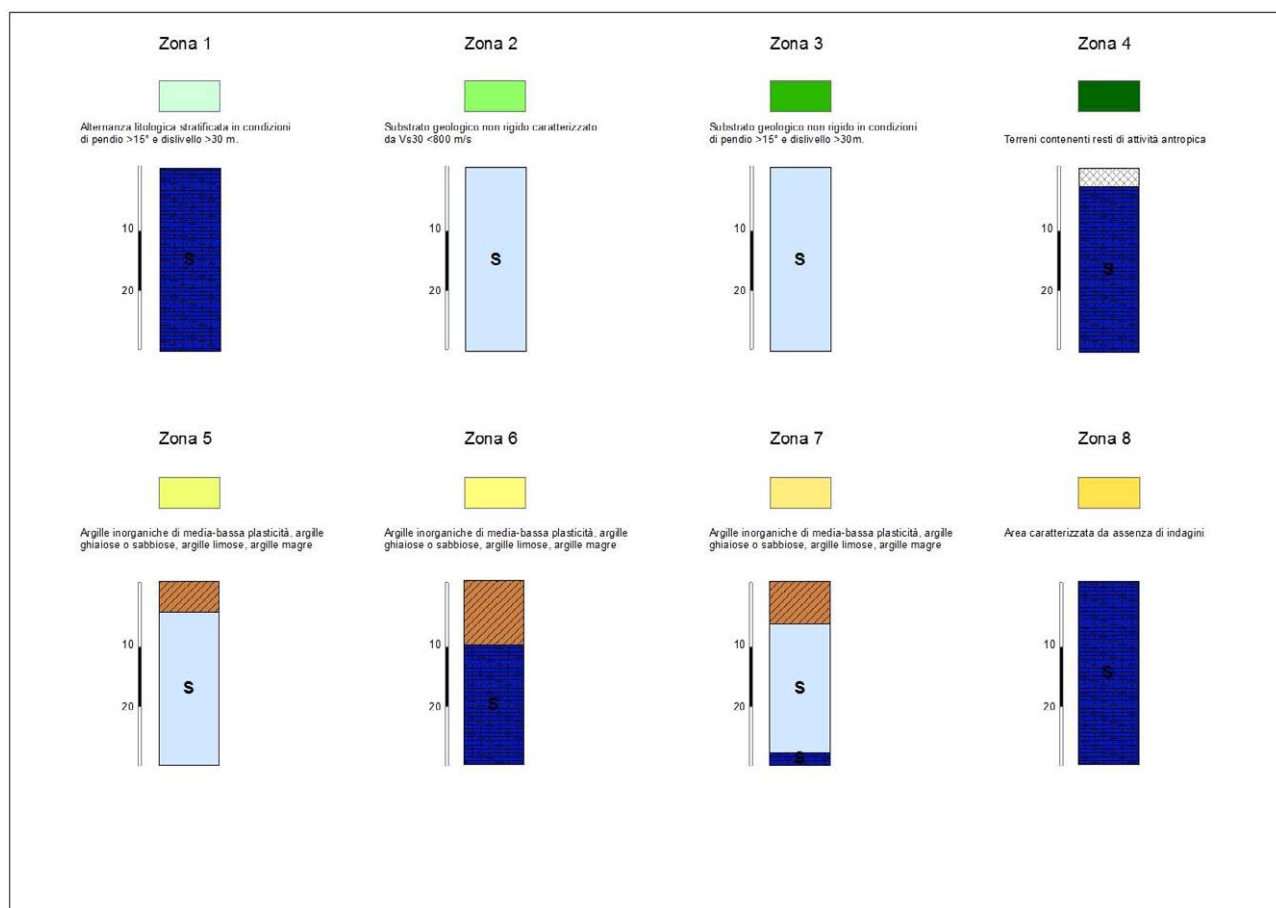


Fig. 8.8 – Colonne stratigrafiche esemplificative delle possibili condizioni di amplificazione locale presenti nel territorio di Giarratana.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI				
	Condizioni geologiche e geomorfologiche	Classe litologica	Effetti attesi	Livello di approfondimento
Zona 1	Alternanza litologica stratificata in condizioni di pendio > 15° e dislivello > 30 m.	ALS	Amplificazione topografica	Secondo livello ed eventuale terzo livello
Zona 2	Substrato geologico non rigido affiorante caratterizzato da $V_{s30} < 800$ m/s	NRS	Amplificazione stratigrafica	Secondo livello ed eventuale terzo livello
Zona 3	Substrato geologico non rigido affiorante in condizioni di pendio > 15° e dislivello > 30 m.	NRS	Amplificazione stratigrafica e topografica	Secondo livello ed eventuale terzo livello
Zona 4	Terreni contenenti resti di attività antropica > 3m	RI	Amplificazione stratigrafica	Secondo livello ed eventuale terzo livello
Zona 5	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre,	CL	Amplificazione stratigrafica	Secondo livello ed eventuale terzo livello

	argille magre > 3 m che poggiano su NRS			
Zona 6	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre > 3 m che poggiano su ALS	CL	Amplificazione topografica	Secondo livello ed eventuale terzo livello
Zona 7	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre > 3 m che poggiano su NRS e ALS	CL	Amplificazione topografica	Secondo livello ed eventuale terzo livello
Zona 8	Area caratterizzata da assenza di indagini	ALS		Secondo livello ed eventuale terzo livello

Codice	Condizioni geologiche	DESCRIZIONE	Livello di approfondimento
3013	Instabilità di versante	Colata attiva	terzo livello
3023	Instabilità di versante	Colata quiescente	terzo livello
3080	Aree soggette a cedimenti differenziali	Zone di contatto tra terreni con caratteristiche litotecniche differenti	terzo livello

Tabella 8.2 - Condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali nel territorio comunale di Giarratana. Sono indicati anche i potenziali effetti attesi e il livello di approfondimento richiesto per gli studi di microzonazione sismica

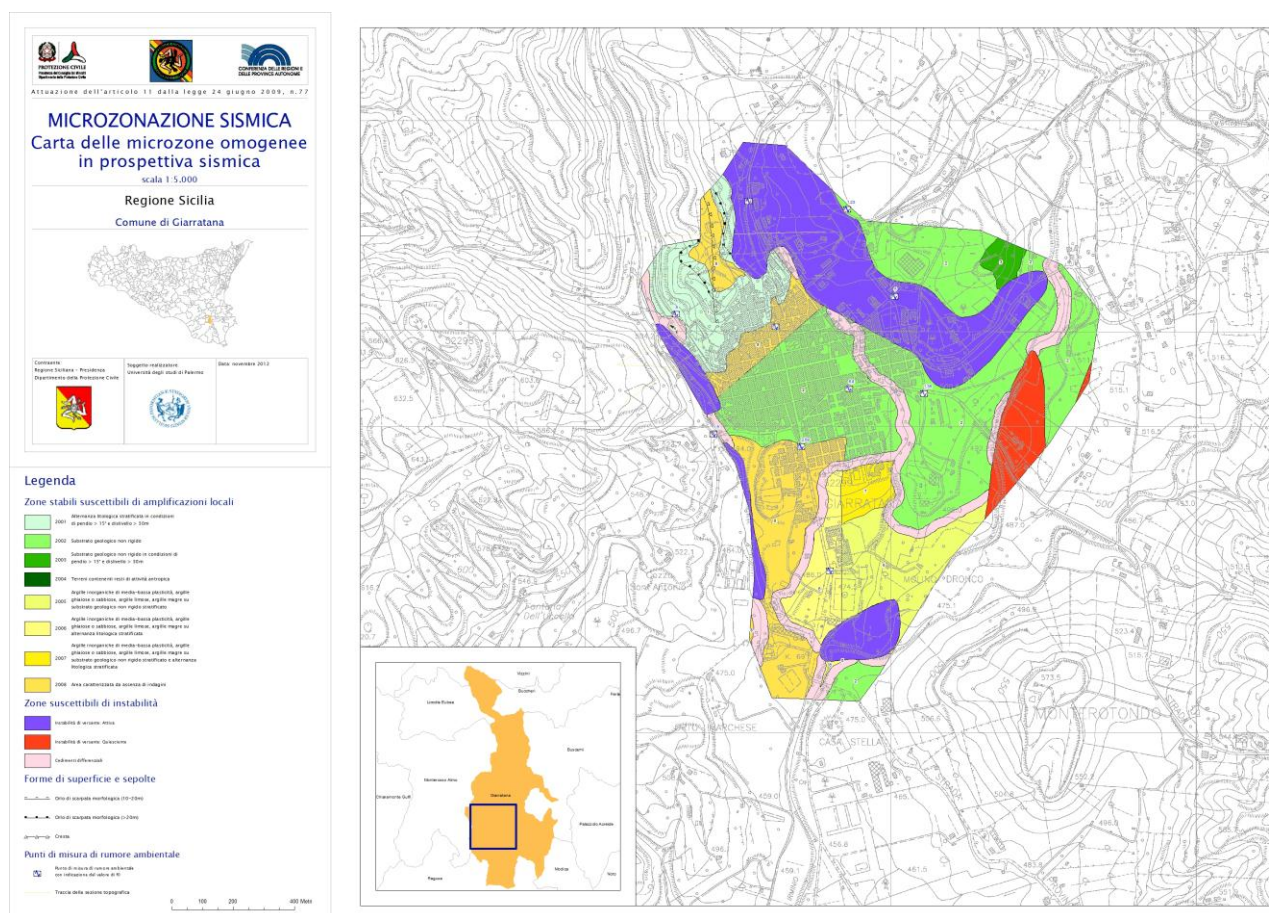


Fig. 8.9 – Riduzione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica delle aree perimetrate relative ai dei centri urbanizzati del Comune di Giarratana (v. PDF cartella plot in banca dati).

8.3.1 Profili topografici di dettaglio

L'individuazione degli assetti topografici in grado di condizionare la risposta sismica di sito richiede il riconoscimento di tutti gli elementi morfologici di attenzione (dorsali, creste, scarpate, selle, cime isolate), che intersechino le aree di interesse, e la successiva analisi e caratterizzazione morfometrica degli stessi.

L'approccio utilizzato nella predisposizione del presente elaborato (cfr. Cap. 7), si è dunque articolato in due fasi: una prima fase di riconoscimento sistematico degli elementi morfologici lineari e puntuali che intersechino le aree di interesse proposte dalle amministrazioni comunali; la successiva analisi degli assetti morfologici e delle caratteristiche morfometriche dei versanti delimitati al piede o in scarpata dagli elementi riconosciuti, condotta attraverso la analisi di profili topografici di dettaglio rappresentativi (Fig. 8.10).

Nell'area del centro abitato di Giarratana, gli unici elementi morfologici di interesse sono quelli che nascono dall'intersezione tra i limiti del centro abitato e le linee di scarpata che bordano la valle del Fiume Irminio, in particolare sul settore occidentale e nord-occidentale del rilievo, che guarda verso Poggio Giallupo (Fig. 8.11). Al fine di analizzare le caratteristiche morfometriche dei principali lineamenti individuati, sono stati realizzati alcuni profili topografici di dettaglio.

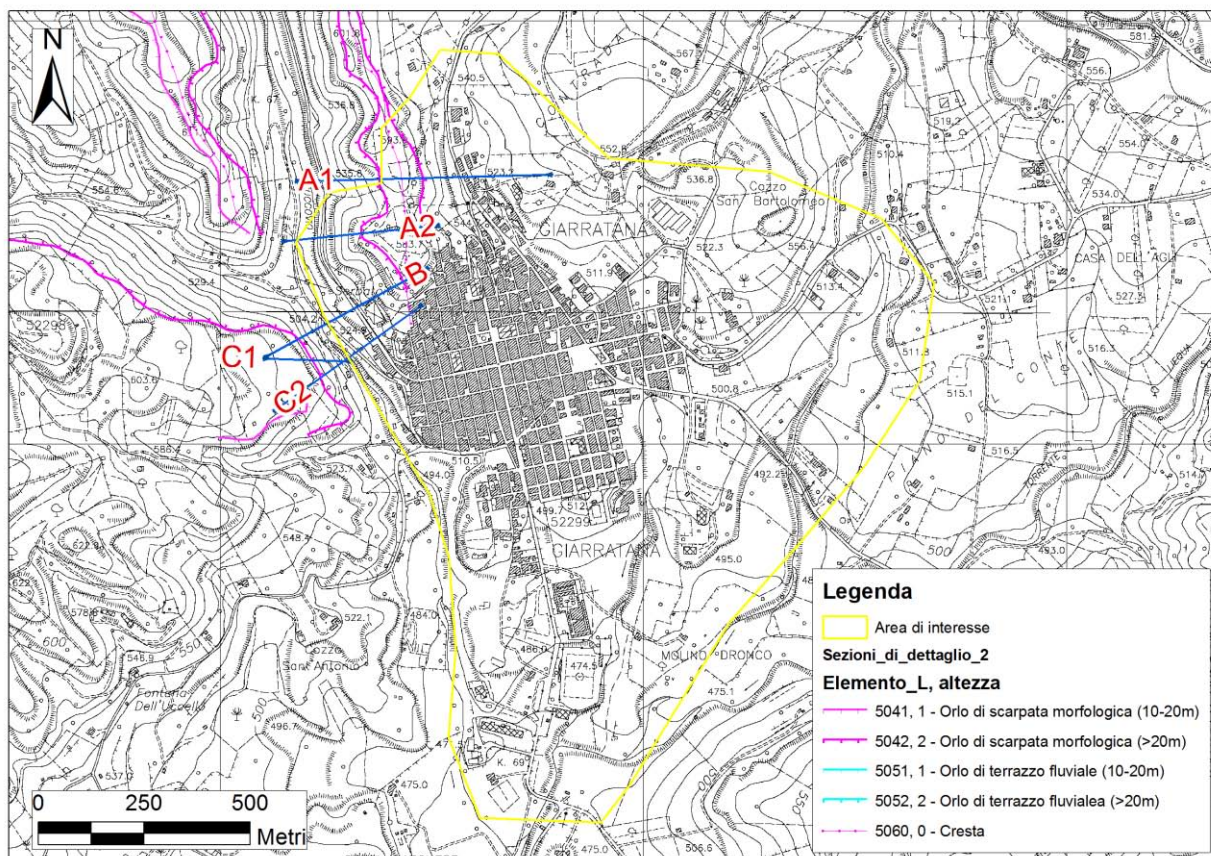


Fig. 8.10 – Carta degli elementi morfologici e tracce dei profili topografici di inquadramento e di dettaglio.

Di seguito si presenta una descrizione degli elementi intersecati, per ciascuno dei profili di dettaglio, fornendone anche i principali parametri morfometrici, indispensabili nella caratterizzazione microsismica.

Nella tabella sotto riportata viene indicata la corrispondenza fra profili topografici e codici identificativi in banca dati.

Profilo topografico	Codice identificativo in banca dati
A1	22
A2	23
B	24
C1	25
C2	26

Tab. 8.3 - corrispondenza fra profili topografici e codici identificativi in banca dati.



Fig. 8.11 – Immagine Google Earth™ dei versanti che limitano il centro abitato di Giarratana dalla valle del Fiume Irminio, lungo i quali, in sinistra, si individuano le scarpate A-B.

Scarpate A-B

Questo elemento costituisce un'unica linea di scarpata di erosione fluviale, che borda il settore nord-occidentale del rilievo di Giarratana, sviluppandosi in totale per circa 1 km, ad una quota di circa 560 m s.l.m. (Fig. 8.12). I profili di dettaglio A1 e A2 (Fig. 8.10) tagliano un tratto rettilineo a sviluppo N-S della scarpata, mentre il profilo B (Fig. 8.10) ne attraversa il tratto terminale, a sviluppo NNO-SSE.



Fig. 8.12– Immagine Street View (Google Earth™) della scarpata A (vista dal piede).

Il profilo A1 (Fig. 8.13) attraversa, da Ovest verso Est, il rilievo su cui sorge il centro abitato mettendo in evidenza due scarpate antitetiche, che condividono il fronte superiore ad una quota di 572 m s.l.m.: una occidentale, esposta ad Est, una orientale, esposta ad Ovest. La scarpata posta più a Ovest limita superiormente il versante in sinistra del Fiume Irminio presenta forma ideale, con un'altezza H di quasi 70 m ed un angolo al piede del fronte principale α di 18° . La scarpata che il profilo attraversa nel suo tratto orientale, presenta invece un'altezza H di 50 m ed un angolo al piede del fronte principale α di 23° .

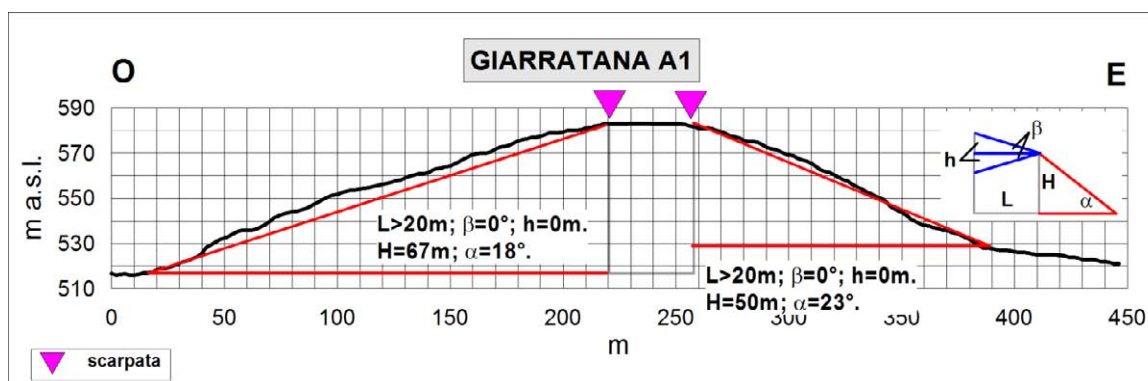


Fig. 8.13 – Profilo topografico di dettaglio della scarpata Giarratana A1.

Nel profilo A2 (Fig. 8.14) si individua invece la sola scarpata fluviale del Fiume Irminio, la quale qui presenta un'altezza H di 70 m, come nel profilo precedente, ma una angolo al piede maggiore ($\alpha=27^\circ$).

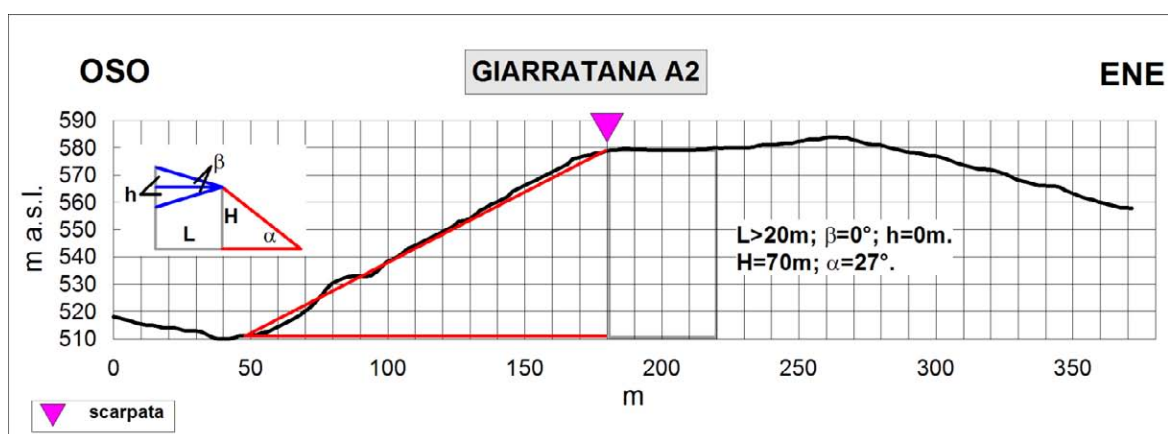


Fig. 8.14 – Profilo topografico di dettaglio della scarpata Giarratana A2.

Il profilo B (Fig. 8.15) presenta una forma più articolata, dal momento che attraversa la valle del Fiume Irminio, mettendone in evidenza le due scarpate fluviali che ne delimitano la valle.

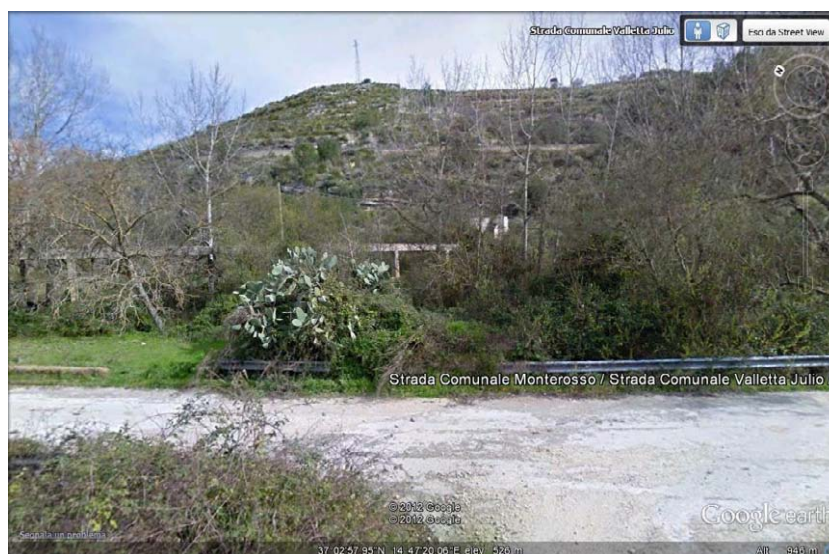


Fig. 8.15 – Immagine Street View (Google Earth™) della scarpata B (vista frontale).

In particolare la scarpata sud-occidentale (in destra idrografica) presenta forma ideale, con un'altezza H di 53 m ed un angolo al piede del fronte principale α di 29° , mentre la scarpata nord-orientale (in sinistra idrografica) risulta articolata in un sistema di due scarpate contigue (Fig. 8.16). La prima, che si sviluppa ad una quota di circa 530 m s.l.m., presenta un'altezza H di 22m ed un angolo al piede del fronte principale α di 29° ; la seconda, il cui piede si trova sul fronte superiore della precedente, presenta una linea superiore posizionata a quota 581 m s.l.m., un'altezza H pari a 51 m ed un angolo al piede α di 28° .

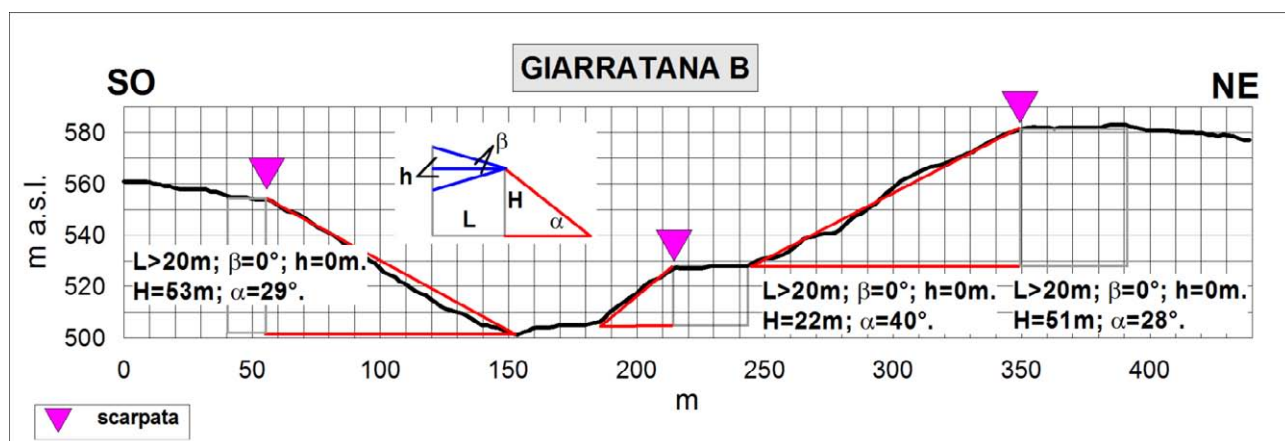


Fig. 8.16 – Profilo topografico di dettaglio della scarpata Giarratana B.

Scarpata C

La linea di scarpata C limita superiormente la scarpata di erosione fluviale in destra del Fiume Irminio, con uno sviluppo di 300m ad una quota di 550 m s.l.m (Fig. 8.17). In corrispondenza del tratto lineare a sviluppo NO-SE, sono stati realizzati due profili di dettaglio (C1 e C2), con direzioni convergenti verso il piede del versante. Il profilo C1 attraversa solamente la scarpata fluviale in destra idrografica del Fiume Irminio, mentre il profilo C2 risale anche la scarpata che limita la valle anche in sinistra idrografica (Fig. 8.10).



Fig. 8.17 – Immagine Street View (Google Earth™) della scarpata C (in sinistra, vista laterale).

Il profilo C1 (Fig. 8.18) mostra una scarpata ideale con altezza $H=56$ m ed un angolo al piede del fronte principale α di 25° .

Il profilo C2 (Fig. 8.19) mette invece in evidenza le due scarpate ideali che limitano la valle del Fiume Irminio. La scarpata in destra idrografica presenta caratteristiche analoghe a quelle riscontrate in C1 ($H=53$; $\alpha=27^\circ$), mentre la scarpata di NE, in sinistra idrografica, mostra un'altezza superiore del fronte superiore maggiore ($H=66$ m) ed un angolo al piede minore ($\alpha=21^\circ$).

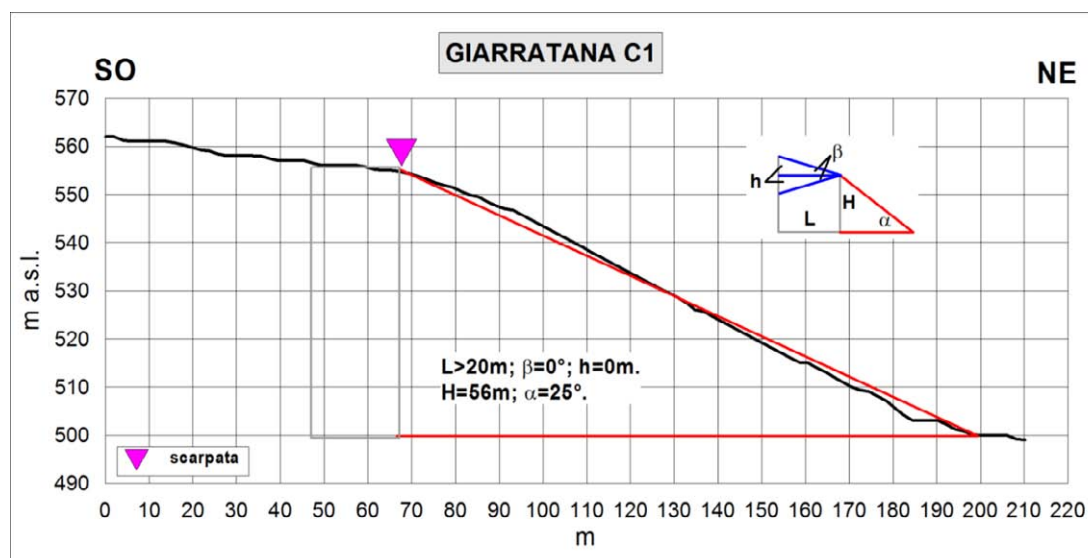


Fig. 8.18 – Profilo topografico di dettaglio della scarpata Giarratana C1.

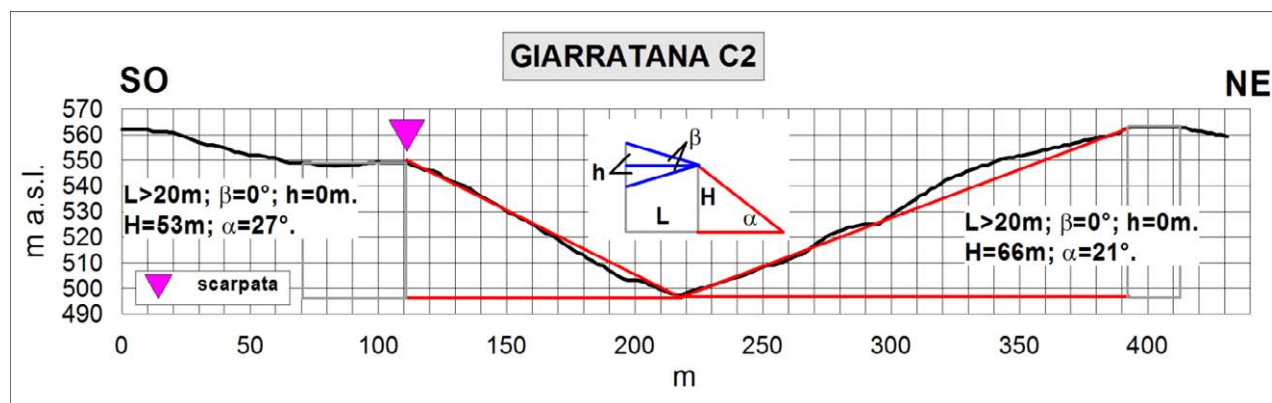


Fig. 8.19 – Profilo topografico di dettaglio della scarpata Giarratana C2.

8.4. Carta delle frequenze

La maggior parte dei punti di misura, ad esclusione dei punti 088004P29-HVSR103, 088004P34-HVSR108 e 088004P38-HVSR112, mostrano la presenza di fenomeni di possibile amplificazione del moto sismico del suolo in bassa frequenza (1 - 3 Hz) e a maggiore frequenza (5 - 20 Hz).

Tutte le frequenze riconosciute sono state riportare in una mappa delle frequenza di vibrazione misurate in sito attraverso l'esecuzione di prove HVSR (Fig. 8.20).

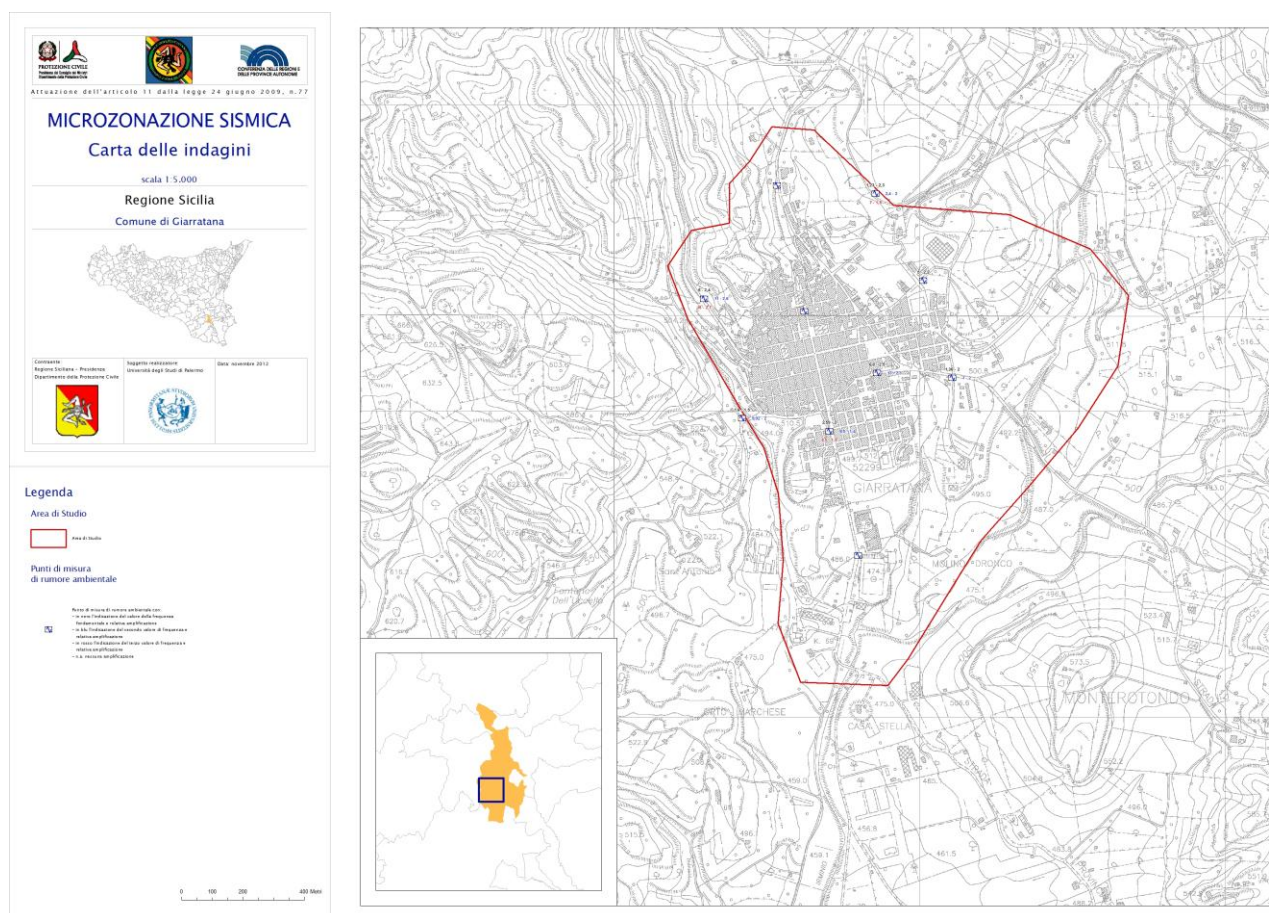


Fig. 8.20 – Riduzione della carta delle frequenze delle aree perimetrate relative ai dei centri urbanizzati del Comune di Giarratana (v. PDF cartella plot in banca dati).

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DI DANNI PER EVENTI PASSATI

L'11 gennaio del 1693 anche Giarratana fu colpita dal tremendo terremoto che distrusse la Sicilia orientale, vi furono circa 451 morti e solo pochi edifici resistettero. Il centro abitato fu interamente ricostruito circa 3 km più a sud della posizione originaria, alle falde della collina chiamata *Poju di li ddisi*, assumendo l'attuale assetto topografico.

Nell'area del territorio comunale di Giarratana non sono presenti dati macrosismici, con una densità spaziale sufficiente per distinguere aree con diversa risposta sismica locale.

10. 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.
- ALBARELLO D., CESI C., EULILLI V., GUERRINI F., LUNEDI E., PAOLUCCI E., PILEGGI D., PUZZILLI L.M. (2010) - *The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26th April 2009 l'Aquila (Italy) earthquake*. Boll. Geofis. Teor. Appl., Vol. 52, n.3, pp. 513-538.
- AMATO, A., AZZARA, R., BASILI, A., CHIARABBA, C., COCCO, M., DI BONA, M. & SELVAGGI, G., 1995: *Main shock and aftershocks of the December 13, 1990, Eastern Sicily earthquake*, Annali di Geofisica, 38 (2), 255-266.
- ANTONELLI M., FRANCIOSI R., PEZZI G., QUERCI A., RONCO G.P. & VEZZANI F. (1988) – *Paleogeographic evolution and structural setting of the northern side of the Sicily Channel*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 141-157, 5 ff., 3 tavv.
- AZZARO R. & BARBANO M.S. (2000a) – *Analysis of seismicity of southeastern Sicily: proposal of a tectonic interpretation*. Annali di geofisica, 43 (1), 171-188.
- AZZARO R. & BARBANO M.S. (2000b) – *Contributo alla compilazione della carta delle faglie attive della Sicilia*. Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-99), CNR – Gruppo Nazionale per la difesa dai Terremoti, Roma 227-235.
- AZZARO R. & BARBANO M.S. (2000c) – *Seismogenic features of SE Sicily and scenario earthquakes for Catania*. The Catania project: earthquake damage scenarios for high risk area in the Mediterranean, CNR – Gruppo Nazionale per la difesa dai Terremoti, Roma, 9-13.
- AZZARO R., BARBANO M.S., RIGANO R. & ANTICHI B. (2000) – *Contributo alla revisione delle zone sismogenetiche della Sicilia*. Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-99), CNR – Gruppo Nazionale per la difesa dai Terremoti, Roma.
- BARBANO M.S. & RIGANO R. (2001) – *Earthquake sources and seismic hazard in south-eastern Sicily*. Annali di geofisica, 44 (4), 723-738.
- BARNETT J.A.M., MORTIMER J., RIPPON J.H., WALSH J.J. & WATTERSON J. (1987) – *Displacement geometry in the volume containing a single normal fault*. A.A.P.G. Bulletin, Vol. 71-8, 925-937.
- BASILI R., G., VALENSISE, P., VANNOLI, P., BURRATO, U., FRACASSI, S., MARIANO, M.M., TIBERTI, E., BOSCHI (2008), *The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology*, Tectonophysics, doi: 10.1016/j.tecto.2007.04.014.
- BENDER B., AND PERKINS, D.M.,(1987). *SEISRISK III: a computer program for seismic hazard estimation*. U.S. Geological Survey Bulletin, 1772, 48 pp.
- BEN-MENACHEM A. E SINGH S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.

- BEN AVRAHAM Z. & GRASSO M. (1990) – *Collisional zone segmentation in Sicily and surrounding areas in the Central Mediterranean*. Annales Tectonicae, special issue – Vol. IV – n. 2: 131-139.
- BIANCA M., MONACO C., TORTORICI L. & CERNOBORI L. (1999) - *Quaternary normal faulting in southeastern Sicily (Italy). A seismic source for the 1693 large earthquake*. Geophys. J. Int., 139, 370-394.
- BIANCHI F., CARBONE S., GRASSO M., INVERNIZZI G., LENTINI F., LONGARETTI G., MERLINI S. & MOSTARDINI F. (1987) – *Sicilia orientale: profilo geologico Nebrodi-Iblei*. Mem. Soc. Geol. It., 38, 429-458, 8ff., 1 tav. f.t.
- BILLI A., PORRECA M., FACCENNA C. & MATTEI M. (2006) – *Evoluzione non-cilindrica del rialzo periferico dell'avampese Ibleo (Sicilia) da dati magnetici e strutturali*. Rend. Soc. Geol. It., 2, Nuova Serie, 82.
- BUROLLET P.F., MUGNIOT J.M. & SWEENEY P. (1978) – *The geology of the Pelagian block: the margin and basins off southern Tunisia and Tripolitania*. The ocean basins and margins. The western Mediterranean. Vol. 4/B, 330-359.
- CARBONE S. & LENTINI F. (1981) – *Rapporti tra vulcanesimo miocenico e tettonica nel settore orientale dei M. Iblei (Sicilia sud-orientale)*. Rend. Soc. Geol. It., 4, 245-248, 2 ff.
- CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G. & PATANÈ G. (1982) – *Elementi per una prima valutazione dei caratteri sismotettonici dell'avampese ibleo (Sicilia sud-orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., 24, 507-520, 6 ff.
- CARBONE S., GRASSO M., LENTINI F. & PEDLEY H. M. (1987) – *The distribution and palaeoenvironment of early Miocene phosphorites of southeast Sicily and their relationships with the maltese phosphorites*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 58: 35-53.
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1987) – *Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia S.E.)*. Presentazione delle carte geologiche. Mem. Soc. Geol. It., 38, 127-135.
- CASHMAN S. & CASHMAN K. (2000) - *Cataclasis and deformation band formation in unconsolidated marine terrace sand, Humboldt County, California*. Geology, 28, 111–114.
- CATALANO R. & D'ARGENIO B. (1982) - *Schema Geologico della Sicilia*. In CATALANO R & D'ARGENIO (eds) : “Guida alla Geologia della Sicilia Occidentale”, Guide geologiche Regionali, Mem. Soc. Geol. It. Suppl. A, 24, 9-41.
- CATALANO R., FRANCHINO A., MERLINI S. & SULLI A. (2000) – *Central western Sicily structural setting interpreted from seismic reflection profiles*. Mem. Soc. Geol. It., 55, 5-16, 8 ff., 1 tab., 2 tavv. f.t.
- CATALANO S., DE GUIDI G., LANZAFAME G., MONACO C., TORRISI S., TORTORICI G. & TORTORICI L. (2006) – *Inversione tettonica positiva tardo-quaternaria nel Plateau Ibleo (Sicilia SE)*. Rend. Soc. Geol. It., 2, Nuova Serie, 118-120, 1 f.

CATALANO S., ROMAGNOLI G., DE GUIDI G., TORRISI S., TORTORICI G. & TORTORICI L. (2007) – *Evoluzione neogenico-quadernaria della Linea del Tellaro: relazioni con la dinamica del Plateau Ibleo (Sicilia SE)*. Rend. Soc. Geol. It., 2, Nuova Serie, 118-120, 1 fig.

CATALANO S., ROMAGNOLI G., DE GUIDI G., TORRISI S., TORTORICI G. & TORTORICI L. (2008) – *The migration of plate boundaries in SE Sicily: influence on the large-scale kinematic model of the African promontory in southern Italy*. Tectonophysics 449, 41-62.

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

D'ADDEZIO G. & VALENSISE G. (1991) – *Metodologie per l'individuazione della struttura sismogenetica responsabile del terremoto del 13 dicembre 1990*. In: "Contributi allo Studio del Terremoto della Sicilia Orientale del 13 Dicembre 1990", edited by E. BOSCHI and A. BASILI, Publication of Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, No. 537, 115-125.

FÄH D., KIND F. AND GIARDINI D. (2002)- *Inversion of local S-wave velocity structures from average H/V ratios, and their use for the estimation of site effects*. Journal of Seismology, 7, 449-467.

FINETTI I.R. & DEL BEN A. (1996) – *Crustal tectono-stratigraphic setting of the Pelagian foreland from new CROP seismic data*. In: Finetti I.R. (Ed.), CROP PROJECT: Deep Seismic Exploration of the Central Mediterranean and Italy, pp. 581-595. Chapter 26.

GELI L., BARD P.Y., JULLIEN B. (1988). *The effect of topography on earthquake ground motion: a review and new result*. Bull. Seism. Soc. of America, Vol.78, No.1.

GHISETTI F. & VEZZANI L. (1980) – *The structural features of the Hyblean Plateau and the Mount Judica area (South-Eastern Sicily): a microtectonic contribution to the deformational history of the Calabrian Arc*. Boll. Soc. Geol. It., 99, 57-102.

GHISETTI F. & VEZZANI L. (1981) – *Contribution of structural analysis to understanding the geodynamic evolution of the Calabrian arc (Southern Italy)*. Journal Structural Geology, 3 (4), 371-381.

GRASSO M. (1997) - *Carta geologica del settore centro-meridionale dell'altopiano ibleo*. Università di Catania, Istituto di geologia e geofisica.

GRASSO M., PHILPS B., REUTHER C.D., GAROFALO P., STAMILLA R., ANFUSO G., DONZELLA G. & CULTRONE G. (2000) – *Pliocene-Pleistocene tectonics on the western margin of the Hyblean Plateau and Vittoria Plain (SE Sicily)*. Mem. Soc. Geol. It., 55, 35-44, 9 ff.

GRASSO M., PEDLEY H.M., MANISCALCO R. & RUGGIERI R. (2000) – *Geological context and explanatory notes of the «Carta Geologica del settore centro-meridionale dell'Altopiano Ibleo»*. Mem. Soc. Geol. It., 55, 45-52, 1 tav. f.t.

GRASSO M., REUTHER C.D., BAUMANN H. & BECKER A. (1986) – *Shallow crustal stress and neotectonic framework of the Malta Platform and the Southeastern Pantelleria Rift*. Geol. Romana, 25, 191-212.

GRASSO M. & REUTHER C.D. (1988) – *The western margin of the Hyblean Plateau: a neotectonic transform system on the S.E. Sicilian foreland*. Annales Tectonicae, 2, 107-120.

GRUPPO DI LAVORO MPS (2004)- Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

GRUPPO DI LAVORO MS (2008) *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome* – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Cdrom)

GUIDOBONI, E., FERRARI, G., MARIOTTI, D., COMASTRI, A., TARABUSI, G., VALENSISE, G. (2007), *Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (CFTI)*, 461 B.C. - 1997 and Mediterranean Area 760 B.C. - 1500, <http://storing.ingv.it/cfti4med/>.

KAFKA F.T. & KIRKBRIDE R.K. (1959) – *The Ragusa oil field, Sicily*. Fifth World Petr. Congr. Sect. 1/12. New York.

INGV, SEZIONE DI PALERMO (2004) - “*Piano di Tutela delle Acque della Regione Sicilia*” Palermo.

LENTINI F., DI GERONIMO I. GRASSO M., CARBONE S., SCIUTO F., SCAMARDA G., CUGNO G., IOZZIA S. ROMEO M. (1984) - *Carta geologica della Sicilia sud-orientale*. Scala 1:100.000. SELCA, Firenze

LOCATI, M., CAMASSI, R., E STUCCHI, M., (2011) - (a cura di), DBMI11, *la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

LONGARETTI G. & ROCCHI S. (1990) – *Il magmatismo dell'Avampaese Ibleo (Sicilia Orientale) tra il Trias e il Quaternario: dati stratigrafici e petrologici di sottosuolo*. Mem. Soc. Geol. It., 45, 911-925, 10 ff., 5 tabb. 1 tav.

MALINVERNO A. & RYAN W.B.F. (1986) – *Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as results of arc migration driven by sinking of the lithosphere*. Tectonics, 5, 227-245.

MONACO C., ALICATA A., DE GUIDI G. & NUCIFORA S. (2003) - *Tettonica trascorrente pleistocenica lungo il margine occidentale del Plateau Ibleo (Sicilia sud-orientale)*. Boll. Soc. Geol. It., 122, 355-364, 10 ff.

MUSUMECI C., PATANÈ D., SCARFI L. & GRESTA S. (2005) – *Stress directions and shear-wave anisotropy: observations from local earthquakes in Southeastern Sicily, Italy*. Bull. Seism. Soc. Amer. 95 (4), 1359-1374.

MYERS R. & AYDIN A. (2004) – *The evolution of faults by shearing across joint zones in sandstone*. Journal of Structural Geology 26, 947-966.

NAKAMURA, Y. (1989) - *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface*. Quarterly Report of RTRI, 30 (1), 25-33.

NIGRO F. & RENDA P. (2000) – *Un modello di evoluzione tettono-sedimentaria dell'avanfossa neogenica siciliana*. Boll. Soc. Geol. It., 119, 667-686.

- PATACCA E., SCANDONE P., GIUNTA G. & LIGUORI V. (1979) - *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (Southeastern Sicily)*. Geol. Romana, 18, 331-369.
- PATANÈ G. & IMPOSA S. (1987) – *Tentativo di applicazione di un modello reologico per l'Avampese Ibleo ed aree limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., 38, 341-359, 8 ff., 1 tab.
- PETERSON, J. (1993), *Observations and modeling of seismic background noise*, Open-File Report, 93-322, US Geological Survey, Albuquerque, NM.
- PIATANESI A. & TINTI S. (1998) – *A revision of 1693 Sicily earthquake and tsunamis*. J. Geophys. Res., 103 (B2), 2749-2758.
- REUTHER C.D., AVRAHAM Z.B. & GRASSO M. (1993) - *Origin and role of major strike-slip transfers during plate collision in the central Mediterranean*. Terra Nova, 5, 249-257.
- RIGO M. & BARBIERI R. (1959) – *Stratigrafia pratica applicata in Sicilia*. Boll. Serv. Geol. Ital., 80, 1-92.
- ROMAGNOLI G., CATALANO S., RIGANO A., TORRISI S., TORTORICI G. & TORTORICI L. (2008) – *Tettonica estensionale quaternaria del Plateau Ibleo*. Rend. online S.G.I., 1, Note Brevi, 148-152, 3 figg.
- ROVIDA, A., CAMASSI, R., GASPERINI, P., E STUCCHI, M. (2011) -(a cura di) *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>
- RUGGIERI R. (1997) – *Il Carsismo negli Iblei (Sicilia sud-orientale)*. Atti del Convegno “Il carsismo nell’area mediterranea”. Supplemento al n. 23 di Thalassia Salentina: 47-55.
- RUGGIERI R. (2000) - *Studio sulle risorse idriche disponibili della Provincia di Ragusa*. Regione Siciliana, Ufficio del Genio Civile di Ragusa
- RUGGIERI R. & GRASSO M., (2000) – *Caratteristiche stratigrafiche e strutturali dell’altipiano Ibleo ragusano e sue implicazioni sulla morfogenesi carsica*. Atti del 1° Seminario di Studi sul carsismo negli Iblei e nell’area sud Mediterranea. Speleologia Iblea, Vol. 8: 19-35.
- SCHEMBARI A. (.....) - *"Monterosso e S. Giovanni, sette secoli tra storia e devozione"*. Archivio Parrocchiale. Giarratana.
- SESAME Project (2004) - *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation*, WP12, deliverable no. D23.12, http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV_User_Guidelines.pdf.
- TORTORICI G., DE GUIDI G. & STURIALE G. (2006) – *Evoluzione tettonica quaternaria del margine settentrionale del Plateau Ibleo (Sicilia sud-orientale)*. Boll. Soc. Geol. It., 125, 21-37, 13 ff.
- YUNCHA, Z.A., LUZON, F. (2000) - *On the horizontal-to-vertical spectral ratio in sedimentary basins*. Bulletin of the Seismological Society of America. 90, 4, 1101-1106.

WATHELET M., JONGMANS D., OHRNBERGER M. (2004) *Surface-wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements*. Near Surface Geophysics, 2004, 211-221.

11. ALLEGATI