



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

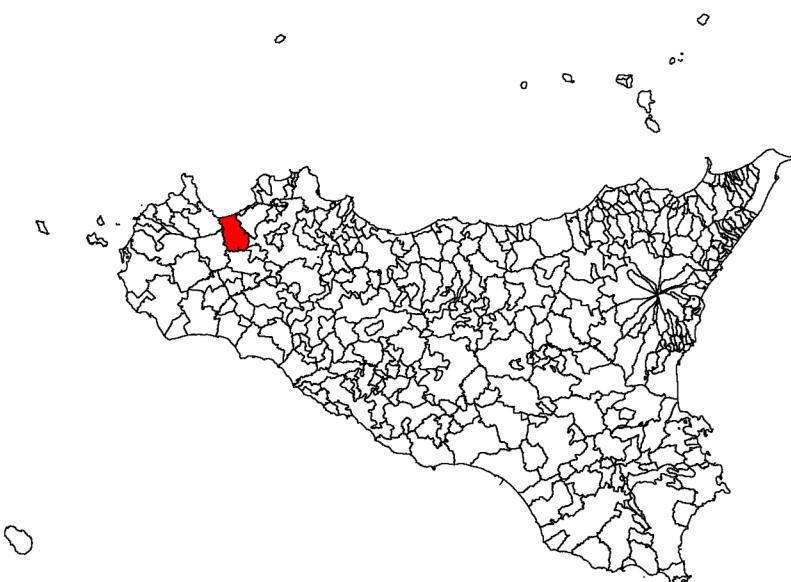
Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Sicilia

Comune di Alcamo



Regione	Soggetto realizzatore	Data
 Regione Siciliana Regione Siciliana – Presidenza Dipartimento della Protezione Civile UNIONE EUROPEA Fondo Europeo di Sviluppo Regionale FESR SICILIA 2014-2020 Repubblica Italiana PO FESR SICILIA 2014-2020 ASSE 5 – O.T. 5 – Azione 5.3.2	 CASCON ENGINEERING	Dicembre 2021 Geol. Antonio Mendolia

SOMMARIO

INTRODUZIONE	3
1.1 GENERALITÀ.....	3
1.2 GRUPPO DI LAVORO	3
1.3 FINALITÀ DEGLI STUDI	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	7
3.1 SISMICITÀ STORICA DELLA SICILIA CENTRO OCCIDENTALE.....	7
3.2 STRUTTURE SISMOGENETICHE E FAGLIE ATTIVE	12
3.3 FAGLIE ATTIVE E CAPACI.....	13
3.4 STORIA SISMICA DEL COMUNE DI ALCAMO.....	14
3.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO	17
4 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	24
4.1 GEOMORFOLOGIA	24
4.2 PROCESSI GEOMORFOLOGICI IN ATTO E POTENZIALI.....	26
4.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE	30
4.4 ASSETTO GEOLOGICO STRATIGRAFICO DELL'AREA IN ESAME	34
4.5 SERIE STRATIGRAFICA.....	35
4.6 ASSETTO IDROGEOLOGICO E CARATTERISTICHE DEL CORPO IDRICO	42
5 DATI GEOFISICI E GEOTECNICI	46
5.1 ARCHIVIAZIONE INFORMATICA (DATABASE)	46
5.2 INDAGINI PREGRESSE E DI NUOVA REALIZZAZIONE.....	46
5.3 INDAGINI HVSR	47
5.4 PROVE SISMICHE MASW	50
5.5 PROVE GEOTCNICHE DI LABORATORIO.....	59
6 MODELLO GEOLOGICO E GEOLOGICO-TECNICO, INTERPETAZIONI ED INCERTEZZE	60
6.1 STIMA DEL MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	60
6.2 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICO-TECNICHE	63
6.3 STIMA DEL BEDROCK SISMICO	73
7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	73
7.1 PORTALE WEBGIS DI GOVERNANCE	73
7.2 METODOLOGIA ADOTTATA PER L'ELABORAZIONE DELLE CARTE MOPS	78
8 ELABORATI CARTOGRAFICI	82
8.1 CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	82

8.2 CARTA DELLE INDAGINI	85
8.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA	87
8.3.1 Substrato geologico	87
8.3.2 Terreni di copertura	89
8.3.4 Instabilità di versante	90
8.3.5 Forme di superficie e sepolte	91
8.4 CARTA DELLE FREQUENZE	92
8.5 CARTA DELLE MOPS.....	96
9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	102
10. BIBLIOGRAFIA CARTOGRAFICA	103
11. BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA E PUBBLICAZIONI DI SETTORE	103

ALLEGATI:

- Allegato 1_colonnine litotecniche di riferimento;
- Allegato 2_sezioni geologiche;
- Allegato 3_sezioni geologico-tecniche,
- Allegato 4_sezioni topografiche,
- Allegato 5_schemi dei rapporti stratigrafici delle MOPS

1.1 GENERALITÀ

Il Dipartimento della Protezione Civile della Regione Siciliana – Servizio Rischio Sismico e Vulcanico S.3., con bando del 28 dicembre 2017 GU/S S248 e ai sensi dell'art. 60 del D.Lgs. 18 Aprile 2016 n. 50, modificato dal D.Lgs. 19 aprile 2017 n. 56, ha indetto una gara per l'aggiudicazione dei lavori di Microzonazione Sismica Livello 1 (MS1) e Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), nei Comuni della Regione Sicilia con $a_g > 0,125g$ non compresi nelle attività finanziate dall'OPCM 3907/2010 (compresi Gibellina, Salemi e Vita) e allineamento agli indirizzi e criteri nazionali degli studi di MS redatti ai sensi dell'OPCM 3278/2003 nei comuni interessati dagli eventi sismici – vulcanici etnei del 2002-2003 (Lotti A-B-C-D-E-F-G). A seguito delle procedure di gara conseguenti, la Rete Contratto MZS Sicilia, mandataria del raggruppamento temporaneo con altri soggetti economici (Consorzio LR, Geologis, Ingeam, Geologica Toscana, Technoside, Cascone Engineering) è risultata aggiudicataria per i servizi sopra indicati riguardanti i Lotti A, giusto decreto di aggiudicazione DDG/S3 n° 450 del 13 giugno 2019.

3

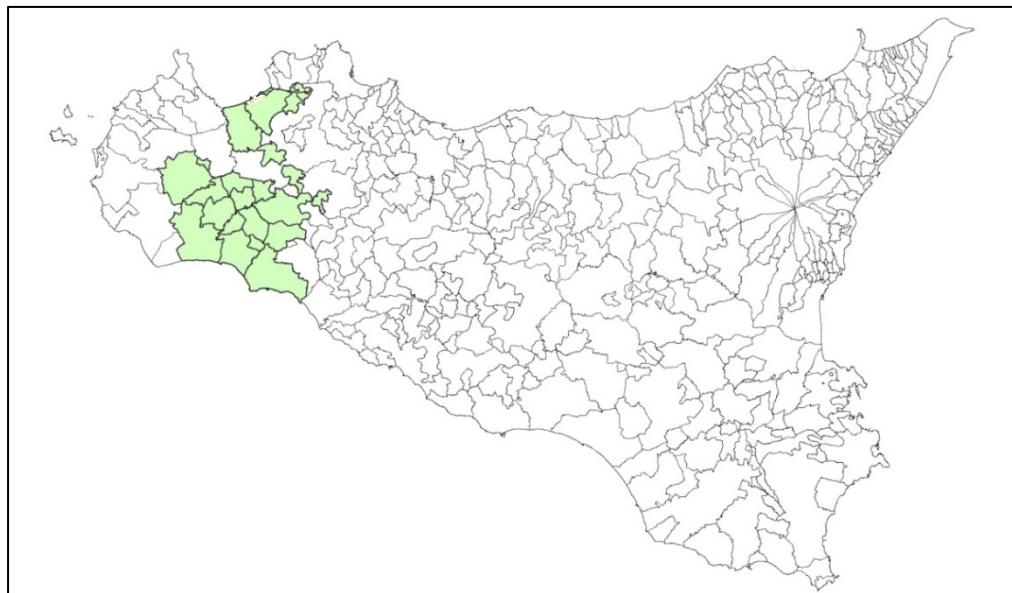


Figura 1.1 - Distribuzione geografica dei Comuni del Lotto A oggetto degli studi di MS1-MS3 – Estratto da Relazione Illustrativa nel Bando di Gara

1.2 GRUPPO DI LAVORO

La Rete di Professionisti “Mzs Sicilia” ha impegnato in questo lotto i seguenti Professionisti:

Capo Progetto - Geol. Filippo Cappotto;

Coordinatore di lotto – Geol. Nicola Messina;

Esperti Gis – geol. Salamone Getano, Geol. Costa Nunzio, Arch. Cuffaro Giuseppe, geol. Antonino Torre;

Referenti Comunali – Geol. Nicola Messina, Geol. Giuseppe Avellone, Geol. Vincenzo Capodici, Geol. Salvatore Talmi, Geol. Luigi Butticè, Geol. Eleonora Napoli, Geol. Mazzola Gioacchino, Geol. Nania Paolo, Geol. Calogero Pecoraro, Geol. Milazzo Giorgio, Geol. Antonio Mendolia, Geol. Antonino Ardagna, Geol. Giuseppe Sclafani.

Il lotto A così come è stato progettato dal DRPC Sicilia si compone di n. 24 Comuni ricadenti nelle provincie di Agrigento, Trapani e Palermo (figura 1.1), i cui territori si sviluppano, nell'ambito della Sicilia occidentale, su un ampia fascia di territorio che si estende dalla costa del mediterraneo a quella tirrenica.

Il Referente della rete professionale per l'espletamento delle attività del comune di Alcamo è il Geologo Antonio Mendolia.

1.3 FINALITÀ DEGLI STUDI

Lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 (MS1) è propedeutico ai veri e propri studi di MS e consiste nella raccolta di dati preesistenti, rielaborati al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee in termini di condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti al suolo;

Lo studio conduce all'individuazione di Zone stabili, in cui sono assenti effetti locali e gli scuotimenti attesi sono equiparabili a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base; di Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica, in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio e di Zone di attenzione per le instabilità, esposte ad attivazione di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazione, fagliazione superficiale, addensamenti indotti).

Le aree suscettibili di effetti locali individuate dallo studio di MS1, rappresenteranno le aree di studio di successivi livelli di approfondimento (Livello 2 e 3).

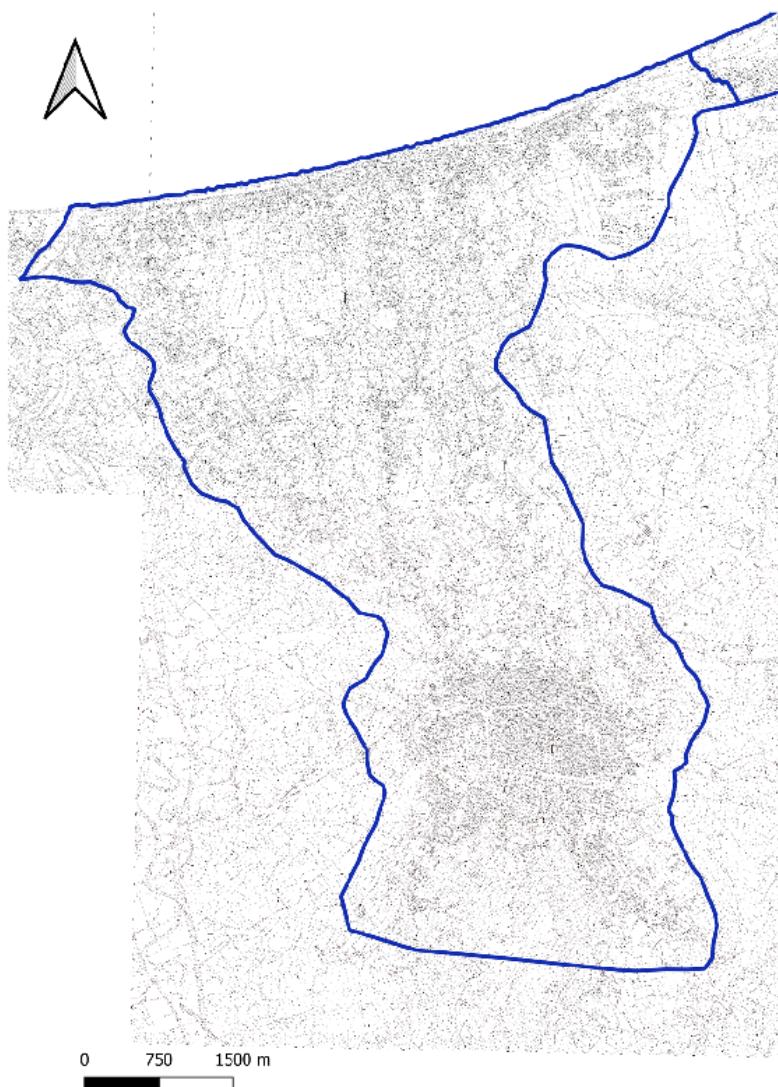
Gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome in data 13 novembre 2008, gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica e le Linee Guida per la gestione del territorio, nelle versioni più aggiornate (Vers. 4.1_Sicilia), rappresenteranno il riferimento

fondamentale per la stesura degli elaborati cartografici di consegna e della relazione tecnica illustrativa riguardo gli studi di MS1.

Nella presente relazione, si illustrano le procedure e le modalità di realizzazione degli studi di Microzonazione di Livello 1 (MS1) inerenti il comune di Alcamo (TP).

Il servizio viene svolto in conformità e coerenza con quanto indicato dal Capitolato Speciale Descrittivo e Prestazionale, dai riferimenti tecnici e normativi vigenti e tenendo sempre in considerazione le indicazioni suggerite dal Soggetto Validatore.

Sul territorio comunale è stata perimettrata l'area di studio (fig.re 1.2) ed approvata dal DRPC/SV



5

Figura 1.2 – Area di studio definita per il comune di Alcamo

Oltre agli elaborati obbligatori, la Rete Contratto MZS Sicilia ha predisposto anche i seguenti elaborati considerati premianti dalla Stazione Appaltante, così come proposto in sede di offerta di gara. Tali documenti sono considerati propedeutici a quelli obbligatori.

1) La Carta Geologica e Geomorfologica derivata dalla revisione a scala dettagliata (1:10.000) delle carte geologiche edite e disponibili. In questa cartografia sono stati rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie. Sono state perimetrate le coperture detritiche, le aree instabili e quelle potenzialmente soggette a dissesti.

Il prodotto finale è stato unificato e omogeneizzato secondo le convenzioni di classificazione della CIS (Commissione Italiana di Stratigrafia) e del progetto CARG dell'ISPRA. Per la parte geomorfologica oltre alle frane sono stati riportati tutti i dati geomorfologici e strutturali necessari per la derivazione della carta geologico-tecnica.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Alcamo è un comune italiano di 44 796 abitanti, si localizza nel versante settentrionale della Sicilia, e precisamente nella porzione territoriale Nord-occidentale dell'isola. Alcamo si trova al centro del Golfo di Castellammare, a 258 metri s.l.m. ed è situata alle pendici del Monte Bonifato, complesso calcareo che raggiunge gli 829 metri s.l.m., e che dai 514 metri s.l.m. ospita la riserva naturale Bosco di Alcamo e il santuario di Maria Santissima dell'Alto. All'interno del territorio alcamese si trova anche la frazione di Alcamo Marina, maggiormente frequentata nel periodo estivo come zona di villeggiatura (*Fonte Wikipedia*). 6

Il territorio comunale dal punto di vista morfologico è molto diversificato, infatti procedendo da Sud verso nord, si passa da un aspetto prettamente montuoso, al centro abitato impostato sui depositi travertinici ha un andamento leggermente acclive con pendenze non al 10%; dalla periferia nord del centro abitato fino alle porte di Alcamo Marina, vi è una morfologia collinare con rilievi addolciti, impostati su terreni argillosi; infine la zona di Alcamo marina costituita da depositi quaternari è costituita da ampie zone subpianeggianti prossimi al livello del mare e intervallata livelli terrazzati che possono raggiungere quote di 50 metri s.l.m.

L'area del lotto in studio un'estensione di circa 32 kmq. In cartografia l'area esaminata ricade all'interno della tavoletta I.G.M. alla scala 1:25.000 F.248,II,SE "Castellammare del Golfo" e F.257,I,NE "Segesta", sui CTR n. 593150-593160-606040 alla scala 1:10.000 e abbraccia la parte di territorio andando da Ovest verso Est tra la foce del Fiume San Bartolomeo, T.te Canalicchio e T.te Finocchio. Le coordinate medie comunali, espresse in gradi sessualiimali (WGS 84) sono: lat. **37.995193°**; long. **12.951982°**. Nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) il territorio di Trappeto fa parte del bacino idrografico del Fiume San Bartolomeo (045) ed area territoriale tra il bacino del Fiume San Bartolomeo e il bacino del fiume Iato (044).



Figura 2.1 - inquadramento geografico del comune di Alcamo

7

3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

3.1 SISMICITÀ STORICA DELLA SICILIA CENTRO OCCIDENTALE

Il quadro della sismicità, che in epoca storica ha interessato la Sicilia sud occidentale, area di riferimento per il presente studio, si può derivare dal catalogo dei forti terremoti italiani (461 a.c. ÷ 1997) e nel Mediteraneo (461 a.c. ÷ 1997) CFTI15Med (Guidoboni et al., 2018); dal database macroscismo italiano DBMI15 (release 3.0 - Locati et al., 2021) e dal catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI15 (release 3.0 - Rovida et al. 2021).

L'area in cui ricade il comune di Alcamo è situato nella parte meridionale delle Sicilia occidentale, un'area caratterizzata dalla presenza di numerose strutture sismogenetiche che in passato è stata interessata da numerosi terremoti (figura 3.1).

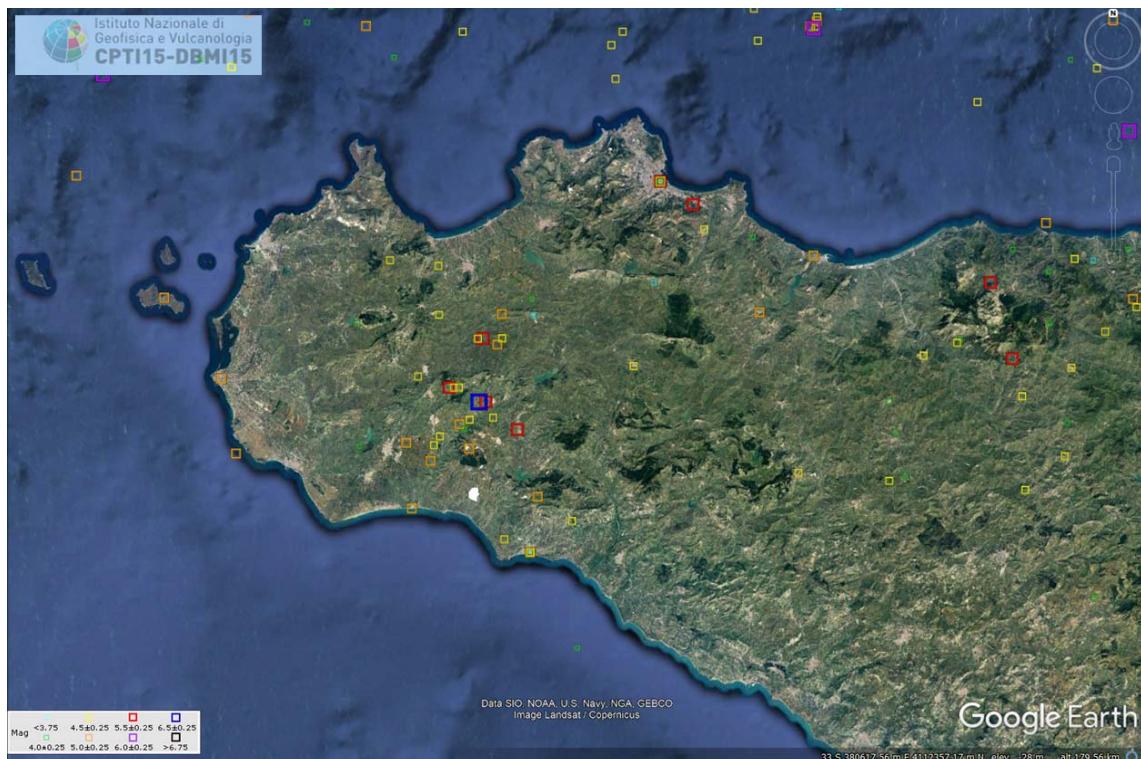


Fig. 3.1: Localizzazione degli epicentri dei terremoti della Sicilia sud-occidentale CPTI15 (release 3.0 - Rovida et al. 2021)

Alcuni dei terremoti riportati in figura 3.2 sono anche contenuti nel catalogo dei forti terremoti CFTI15Med (Guidoboni et al., 2018) riportato in figura 3.3, Dalla mappa è possibile individuare almeno quattro eventi con epicentro nella Sicilia occidentale che hanno avuto effetti macroseismici di notevole intensità e distruttivi nel territorio di Alcamo

8

- **TERREMOTO DEL 701, SELINUNTE (TP), IMAX=8.5, ME=5.8**
- **TERREMOTO DEL 400, SELINUNTE (TP), IMAX=7.5, ME=5.4**
- **TERREMOTO DEL 15.01.1968 ORE 01:33, V. VALLE DEL BELICE, IMAX=8, ME=5.6**
- **TERREMOTO DEL 15.01.1968 ORE 02:01, VALLE DEL BELICE, IMAX=10, ME=6.5**

Di seguito ne vengono riportate le informazioni storiche estratte dal catalogo dei forti terremoti CFTI15M ed al quale si rimanda per maggiori dettagli (<http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/#>).

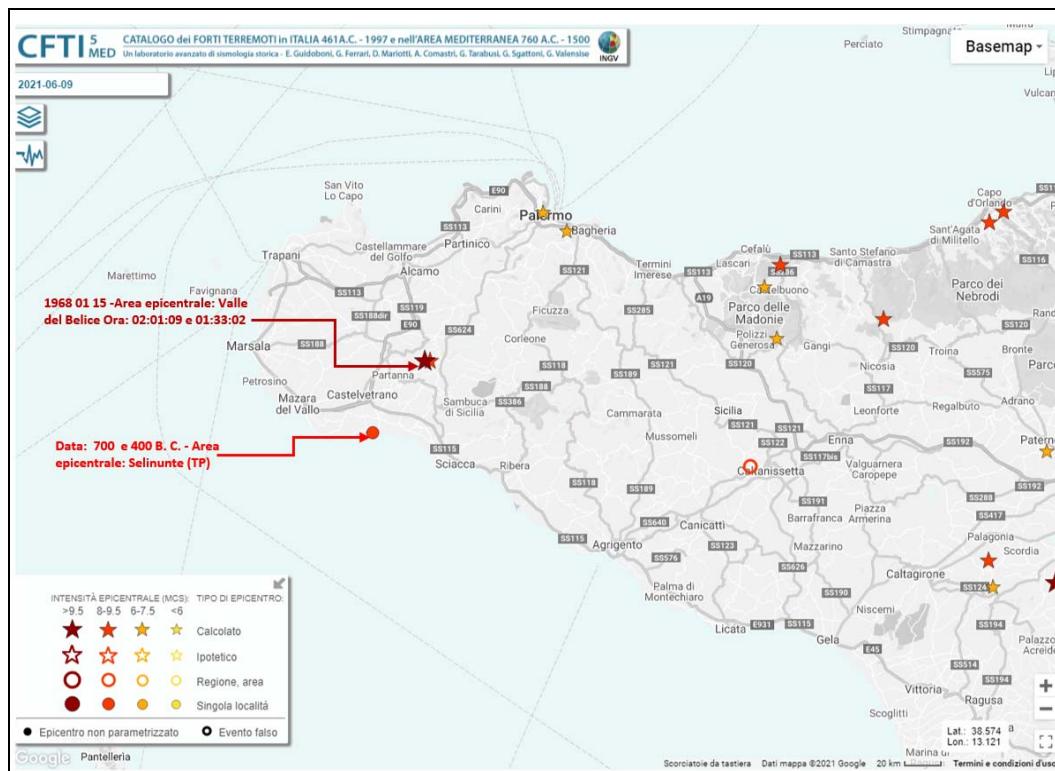


Figura 3.2: CFTI15M (Guidoboni et al., 2018) catalogo dei Forti Terremoti verificatisi in Italia

9

TERREMOTO DEL 701, SELINUNTE (TP), LAT.: 37.584 LON.: 12.825, IMAX=8.5, ME=5.8

Sulla base di dati archeologici, è stato ipotizzato che, in un periodo non precisabile, probabilmente compreso fra l'VIII e il XII secolo d.C., un forte terremoto abbia colpito l'area dell'antica colonia greca di "Selinus", che sorgeva nell'odierno sito archeologico di Selinunte, situato nella Sicilia sud-occidentale, nel comune di Castelvetrano (provincia di Trapani).

Questo terremoto, avvenuto in una fase di lungo abbandono e depredazione del sito, ebbe un effetto devastante: furono rovesciati in direzione nord ed est templi di dimensioni, alzato e volume considerevole, e fu quasi accartocciato su se stesso il grande tempio G, dalle spettacolari dimensioni.

I templi per i quali sono stati individuati dei crolli attribuibili a questo evento sismico sono i seguenti: i templi C e D, i templi A e O, in particolare il lato nord del tempio A (situati presso la fortezza bizantina) – questi quattro templi si trovano sull'acropoli – il tempio G sulla collina orientale, il tempio M situato sulla collina della Gaggera; possibili evidenze di difficile valutazione provengono anche dal tempio di Demetra e dal "témenos" di Zeus Meilichios, entrambi sulla collina della Gaggera.

TERREMOTO DEL 400, SELINUNTE (TP), LAT.: 37.584 LON.: 12.825, IMAX=7.5, ME=5.4

Questo terremoto è sconosciuto sia al Catalogo PFG (1985) sia ai cataloghi sismici in uso, L'esistenza di questo terremoto è stata ipotizzata su basi esclusivamente archeologiche.

Sulla base di dati archeologici, è stato ipotizzato che, tra il IV e il III secolo a.C., un forte terremoto abbia colpito l'area dell'antica colonia greca di "Selinus", che sorgeva nell'odierno sito archeologico di Selinunte, situato nella Sicilia sud-occidentale, nel comune di Castelvetrano (provincia di Trapani). Questo evento non causò l'abbandono totale dei siti interessati. I templi per i quali sono stati individuati dei crolli attribuibili a questo evento sismico sono i seguenti: il tempio A (situato sull'acropoli), con la caduta del colonnato coperto che circondava a sud e a est il tempio; il "témenos" di Zeus Meilichios (situato sulla collina della Gaggera), dove si riscontra un crollo di epoca post-punica – in entrambi i casi si tratta di un collasso parziale di strutture templari; il tempio E (situato sulla collina orientale) dove si individua un crollo parziale dell'alzato sopra i resti di un insediamento punico; l'"Heraion" di Triolo Nord (situato a sud-est della collina della Gaggera), dove si rileva un crollo totale del piccolo edificio templare intorno alla metà del IV secolo a.C., seguito dall'immediata ripresa della frequentazione cultuale sulle rovine del crollo; il tempio M (situato a nord-ovest della collina della Gaggera), dove si notano lesioni strutturali.

10

TERREMOTO DEL 15.01.1968 ORE 01:33, V. DEL BELICE, LAT: 37.76- LON: 13.00, IMAX=8, ME=5.6

TERREMOTO DEL 15.01.1968 ORE 02:01, V. DEL BELICE LAT: 37.76-LON: 12.98, IMAX=10, ME=6.5

Il periodo sismico della Sicilia occidentale iniziato nel pomeriggio del 14 gennaio 1968 fu caratterizzato da una serie di scosse molto violente che causarono estesi effetti macroscismici: 800 abitazioni danneggiate nelle località interessate, nella notte tra il 14 ed il 15 gennaio, dall'evento sismico di maggiore intensità. Tra la prima scossa e quella principale intercorsero circa 13 ore. La scossa principale fu seguita da una serie di repliche, alcune delle quali rovinose, che si protrassero sino al febbraio del 1969. Il periodo sismico, complessivamente, dopo la rapida successione delle scosse rovinose e dell'evento distruttivo, fu caratterizzato da periodi di diminuzione nella frequenza e nella intensità delle scosse (17 gennaio-24 gennaio; 13 febbraio-29 marzo) interrotti da repliche rovinose o molto forti. Si verificò anche un periodo di continua attività sismica di modesta intensità (25 gennaio- 11 febbraio) conclusosi con la forte replica del 12 febbraio; dal 7 al 22 maggio non si registrarono eventi sismici, le scosse ripresero il 29 maggio e il giorno 31 dello stesso mese si ebbe una forte replica. In seguito si verificarono solo rare scosse di lieve intensità.

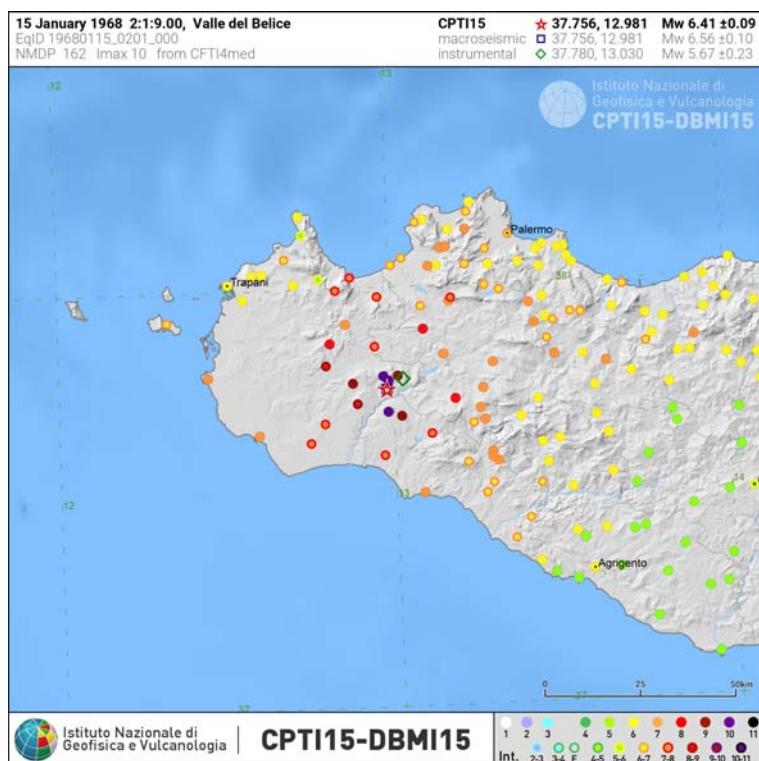
Complessivamente, a partire dal 14 gennaio 1968 sino al 10 giugno successivo, si registrarono strumentalmente 345 scosse. Nel periodo 14 gennaio 1968 - 1 settembre 1968 le scosse di magnitudo pari o superiore a 3 furono 81.

Quasi tutta la zona altimetrica di collina della Sicilia occidentale 6.200 kmq secondo la classificazione ISTAT fu interessata dal terremoto. L'area dei massimi effetti delle scosse più intense si localizzò nel medio e basso bacino del fiume Belice e comprese 14 centri abitati, per una superficie di 1.100 kmq e una popolazione residente al 31 gennaio 1967 di 96.951 abitanti. La successione ravvicinata di numerose scosse di portata distruttiva rende quasi impossibile la valutazione degli effetti dei singoli eventi, difficoltà accentuata dall'assenza di una indagine macrosismica, precedente la rovinosa replica del 25 gennaio. Le osservazioni scientifiche condotte nelle località interessate dal terremoto e i dati ufficiali comunicati dall'Ispettorato generale per le zone colpite dai terremoti del gennaio 1968 evidenziano che il quadro delle distruzioni rappresentò la somma degli effetti di varie scosse distruttive. A Gibellina e Salaparuta, le scosse che precedettero quella principale produssero lesioni e compromisero la stabilità degli edifici, la cui completa distruzione avvenne in seguito al succedersi delle scosse del pomeriggio del 14 gennaio, e soprattutto di quelle delle prime ore del 15. Diverso il quadro relativo a Alcamo, dove le scosse del 14 gennaio ebbero intensità minore, tale da non spingere la popolazione ad abbandonare il centro abitato e quindi maggiore fu il numero dei morti. La scossa delle ore 1:33 GMT del 15 gennaio causò il crollo di alcuni edifici a Poggioreale, Gibellina, Salaparuta, Salemi, Santa Margherita di Belice; fu avvertita in tutta la Sicilia occidentale e centrale e anche nell'isola di Pantelleria.

La scossa delle ore 2:01 GMT e le frequentissime, violente repliche successive, oltre alla quasi totale distruzione delle località di Gibellina, Salemi e Salaparuta, causarono danni, dissesti e crolli nelle costruzioni rurali e negli edifici di Alcamo, Campobello di Mazara, Campofiorito, Castelvetrano, Contessa Entellina, Corleone, Menfi, Partanna, Poggioreale, Salemi, Sambuca di Sicilia, San Giuseppe Jato, Santa Margherita di Belice, Santa Ninfa e Vita. Interruzioni delle linee ferroviarie furono rilevate tra Castelvetrano e Alcamo, e tra Castelvetrano e Salaparuta, dove al km 29 crollò parzialmente una galleria. All'epoca del terremoto, le regioni colpite non figuravano, sulla scorta dei parametri di regionalizzazione sismica allora adottati, tra quelle a elevato rischio sismico.

Le scosse della sequenza sismica iniziata il 14 gennaio 1968 attivarono movimenti franosi, l'apertura di fenditure nel terreno accompagnate da fuoriuscita di fango e, in taluni casi, esalazioni gassose e variazioni nel regime delle acque sotterranee. Gli effetti più rilevanti furono osservati nei territori comunali di Gibellina, Salemi, Partanna, Camporeale, Contessa Entellina. Le frane per crollo innescate direttamente dalle scosse, di portata limitata, furono rilevate in corrispondenza di

superfici di discordanza; altri modesti movimenti franosi si manifestarono, in forma di scoscendimenti, in aree già interessate da eventi analoghi o in versanti caratterizzati da un precario equilibrio statico preesistente. Nei terreni circostanti le Terme Segestane scaturirono nuove sorgenti di acqua calda. La forte replica delle del 16 gennaio (ore 16:43 GMT) fu avvertita anche in mare da un peschereccio di Sciacca, in navigazione nel Canale di Sicilia a 10 km dalla costa. I pescatori dichiararono che nel momento della scossa, per un movimento vorticoso delle acque del mare, era stato loro impossibile governare la barca.



12

Figura 3.3 –Massime intensità macrosismiche risentite a seguito del terremoto della valle Del Belice CPTI15 (release 3.0 - Rovida et al. 2021); e DBMI15 (release 3.0 - Locati et al., 2021)

3.2 STRUTTURE SISMOGENETICHE E FAGLIE ATTIVE

Per quanto concerne la verifica della presenza di faglie attive, intese come sorgenti sismogenetiche e della loro caratterizzazione in termini di scuotimento, è stato interrogato il database DISS – Database of Individual Seismogenic Sources, espressamente sviluppato dall'INGV, alla scala nazionale e locale, per applicazioni nell'ambito della valutazione della pericolosità sismica da scuotimento (ground shaking hazard).

In particolare, le strutture sismogenetiche rappresentate in questo database, più significative a cui possono essere riferiti gli eventi sismici che hanno interessato la Sicilia sud-occidentale ed il territorio di Alcamo, sono:

- A) Struttura Mazzara Del Vallo-Belice (DISS-ID ITCS021);
- B) Castelvetrano-Capo Granitola (DISS-ID ITCS118);
- C) Monte Magaggiaro-Pizzo Telegrafo (DISS-ID ITCS120);
- D) Campobello offshore (DISS-ID ITCS118).

Definite Sorgenti sismogenetiche composite, legate al sistema a thrust Siculo-Maghrebide, a cui vengono associate magnitudo massime attese (Mw) comprese tra 5.5 ÷ 5.6. Si rimanda al Database DSS ver. 3.2.1 – 2018 per maggiori dettagli (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>).

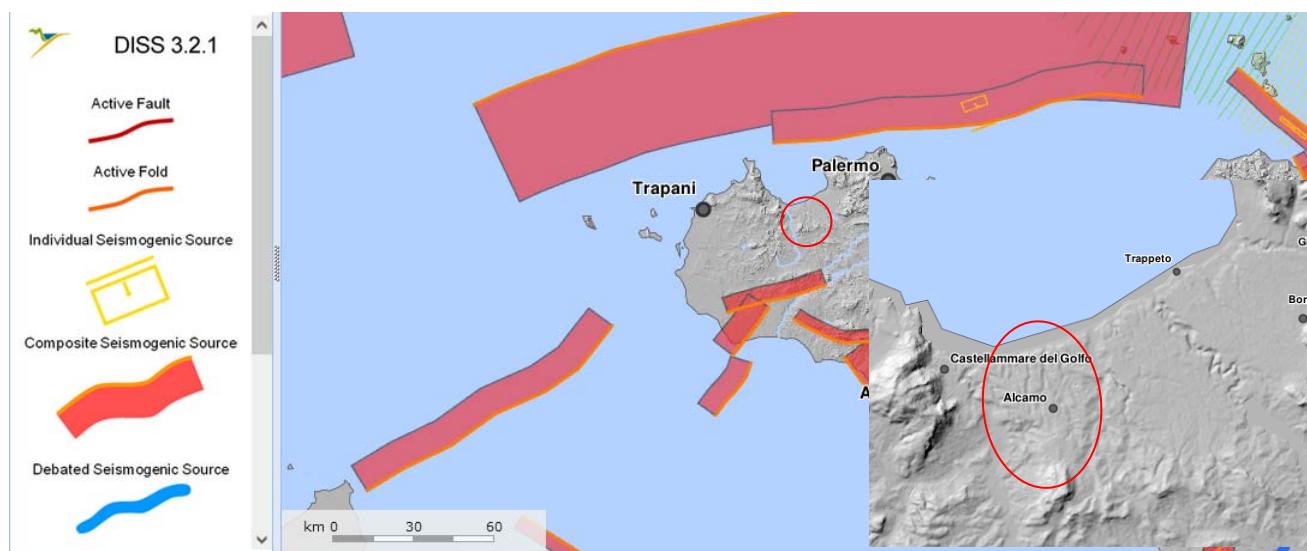


Figura 3.4 – Database of Individual Seismogenic Sources DSS ver. 3.2.1 – 2018 <http://diss.rm.ingv.it/diss/>

13

3.3 FAGLIE ATTIVE E CAPACI

Rispetto al pericolo derivante dalla presenza di faglie attive e capaci si è fatto riferimento CATALOGO ITHACA (Italy HAzard from CApable faults), 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 come le faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione cosismica permanente in superficie.

Dalla consultazione del catalogo ITHACA, di cui in figura 3.5 viene riportato uno stralcio relativo al territorio di Alcamo, è possibile osservare la presenza di faglia attiva e capace all'interno del centro abitato di Alcamo, area di riferimento per gli studi di MS1 e la relativa catalogazione (fig 3.6).

La faglia identificata con codice n. 12900, e denominata “Castellammare del Golfo”, è di tipo normale con una direzione di 225° N; l'immersione è NW, e il DIP non è definito. Secondo i criteri di Microzonazione sismica-STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA-

Versione 4.1_Sicilia la faglia nelle allegate carte, verrà classificata come “*Faglia con cinematismo non definito attiva e capace (certa)*”.

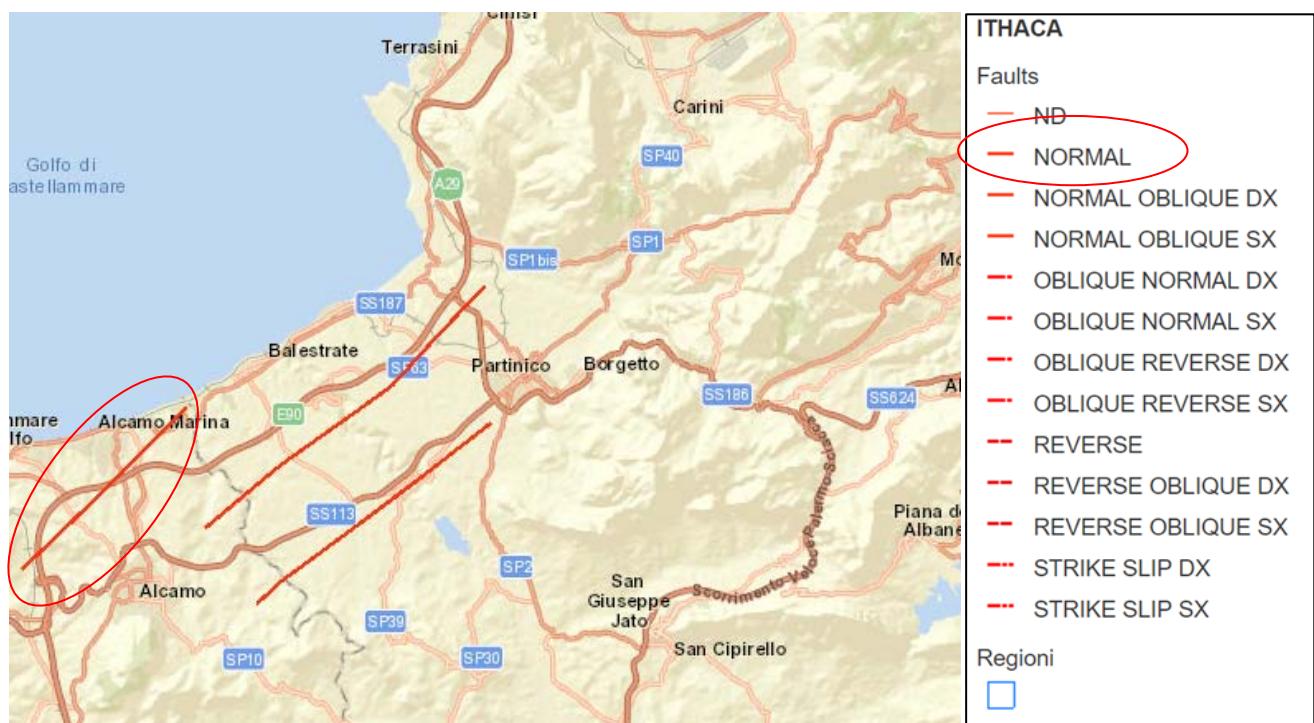


Figura 3.5 - Faglie capaci mappate nel catalogo ITHACA

Fault description	
GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	12900
Fault Name	Castellammare del Golfo
Region Name	Sicilia
Tectonic Environment	PLATE BOUNDARY
System Name	Castellammare del Golfo
Synopsis	
Rank	Primary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	225
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	NW
Fault Length (km)	8.4
Mapping Scale	1:0
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal
ACTIVITY	
Surface Evidence	ND
Last Activity	Pleistocene generic

14

Figura 3.6 – Descrizione e identificazione della Faglia attiva e capace mappate nel catalogo ITHACA

3.4 STORIA SISMICA DEL COMUNE DI ALCAMO

La rappresentazione delle principali strutture sismogenetiche, estratta dal Database DSS (Figura 3.4), evidenzia l’ambito geodinamico entro cui ricade il comune di Alcamo e l’intensità dell’attività sismica generata dalle sorgenti sismogenetiche presenti nel territorio circostante, confermata dalla

distribuzione degli epicentri di Figura 3.2 e dalle massime intensità macroismiche risentite di figura 3.3.

Dall'analisi della storia sismica di Alcamo (Tabella e Figura 3.5), estratta dal DBMI15, si evince i terremoti a più alta intensità macroismica, che hanno superato la soglia del danno, sono stati quelli relativi alla sequenza sismica della Valle Del Belice verificatisi dal 14 al 25 gennaio 1968 ($Io = 6 \div 10$ - $Mw = 4.84 \div 6.41$), che raggiunse la massima intensità durante l'evento 15 gennaio ore 02:01:09 ($Io = 10$ - $Mw = 6.41$) che a Alcamo ha prodotto effetti pari a VIII MCS.

Come riportato nei commenti storico-critici del catalogo dei Forti Terremoti verificatisi in Italia CFTI15M (Guidoboni et al., 2018), Gli effetti sul contesto antropico furono devastanti, infatti a Gibellina-Salaparuta-Poggiooreale, la scossa delle ore 1.33.02 causò il crollo di alcuni edifici, mentre la scossa delle ore 2.01.09 e le successive repliche distrussero il 99% delle unità immobiliari e danneggiarono gravemente l'1% rimanente, su un totale che, prima del terremoto, assommava a 1393 edifici.

Anche sull'ambiente naturale gli effetti del sisma furono rilevanti, le scosse attivarono movimenti franosi, l'apertura di fenditure nel terreno accompagnate da fuoriuscita di fango e, in taluni casi, esalazioni gassose e variazioni nel regime delle acque sotterranee. Le frane per crollo innescate direttamente dalle scosse, di portata limitata, furono rilevate in corrispondenza di superfici di discordanza; altri modesti movimenti franosi si manifestarono, in forma di scoscendimenti, in aree già interessate da eventi analoghi o in versanti caratterizzati da un precario equilibrio statico preesistente. Al margine settentrionale del pianoro su cui sorgeva l'antico abitato furono rilevati scoscendimenti associati all'apertura di fenditure e all'abbassamento del suolo.

15

	Sprofondamento, avallamento, voragine
	Rottura del terreno, fratturazione, fessure, spaccature
	Frana, smottamento, colata di fango, scoscendimento, scivolamento, crollo, distacco

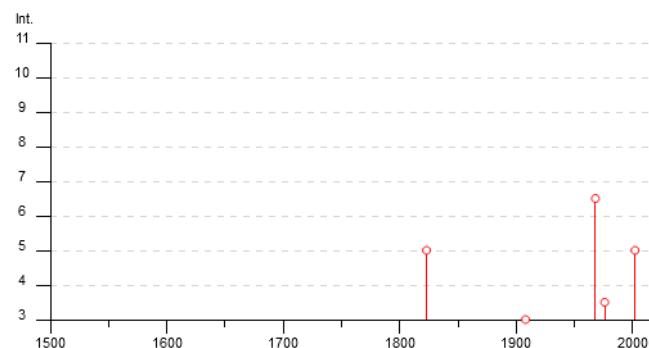
Figura 3.7:Effetti sull'ambiente naturale per le singole località

In occasione del terremoto del											
Effetti	Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
3	3	1908	12	28	04	20	27	Stretto di Messina	772	11	7.10
NF	NF	1909	12	03	11	50		Camporeale	15	4	3.70
NF	NF	1910	01	25	08	27		Tirreno meridionale	34	5	4.48
NF	NF	1910	02	17	13	27		Isola di Ustica	11	5	4.16
2	2	1954	11	20	05	35	24	Sicilia centro-occidentale	34	5-6	4.24
6-7	6-7	1968	01	15	02	01	09	Valle del Belice	162	10	6.41
3-4	3-4	1976	10	12	04	26	15	Valle del Belice	11	5	4.41
2	2	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
NF	NF	1998	01	17	12	32	4	Golfo di Castellammare	21		4.83
NF	NF	1999	12	30	18	34	3	Tirreno meridionale	29		4.83
5	5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56

Balestrate



PlaceID: IT_66408
 Coordinate (lat, lon): 38.051, 13.006
 Comune (ISTAT 2015): Balestrate
 Provincia: Palermo
 Regione: Sicilia
 Numero di eventi riportati: 14



16

Figura 3.7- Storia sismica del comune di Alcamo, estratta dal DBMI15 (release 3.0 - Locati et al., 2021); Is è l'intensità macroseismica risentita (MCS); Io è l'intensità macroseismica massima (MCS); MW e la magnitudo momento dell'evento; Np e il numero di località che hanno risentito il terremoto.

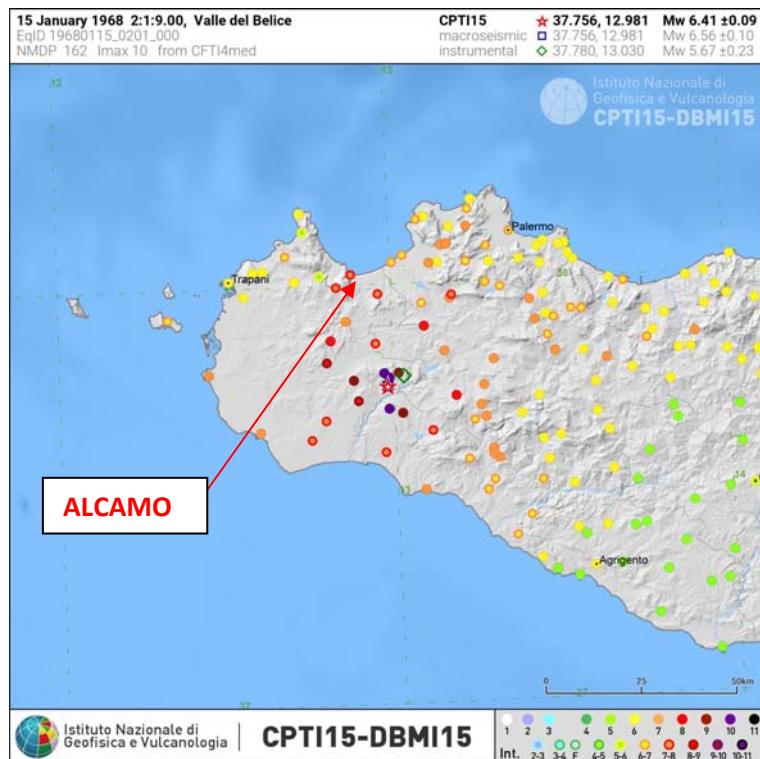


Figura 3.8 - Mappa delle intensità macroseismiche risentite a seguito dell'evento del 15/01/1968, estratta dal catalogo Database Macroscismico Italiano (DBMI11, Locati et al., 2011).

17

3.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

La pericolosità sismica di base di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito un parametro che descrive il moto sismico superi un valore prefissato.

Gli elementi fondamentali che concorrono ad una moderna valutazione della “Pericolosità sismica” sono pertanto da ricercare nelle caratteristiche storiche, sismologiche, sismogenetiche, geologiche, relative al territorio analizzato.

Per quanto riguarda la quantificazione della pericolosità si fa riferimento ad alcune grandezze, la prima è *l'intensità sismica*, misura della potenzialità distruttiva del terremoto che può essere valutata in modi diversi: sono infatti ben note le Scale Mercalli Modificata (MM), Medvedev-Sponhenar-Karnik (MSK) e Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) che si riferiscono a gradi macrosismici.

Un altro parametro utilizzato è il valore massimo dell'accelerazione prodotta al suolo a_g (P.G.A.: Peak Ground Acceleration), misurata come frazione dall'accelerazione di gravità ($g = 9,80 \text{ m/s}^2$), un valore di 0,1g è già capace di generare danni.

La magnitudo di un terremoto è l'energia totale scaricata dal sisma, un sisma di una certa magnitudo genera alla base di una costruzione una certa accelerazione sismica (espressa convenzionalmente come fattore dell'accelerazione di gravità) che può variare in relazione alla

distanza, alla conformazione degli strati rocciosi di fondazione, alla morfologia e alle caratteristiche dell'onda.

Magnitudo e accelerazione sono comunque in relazione, ma ai fini edificatori è più importante definire l'accelerazione sismica di progetto o PGA (Parametro di scuotimento sismico).

Con l'emanazione delle N.T.C 2008/2018, la pericolosità sismica del territorio nazionale viene definita convenzionalmente su sito di riferimento rigido (categoria di sottosuolo A della Tabella 3.2.II NTC) con superficie topografica orizzontale (categoria topografica T1 della Tabella 3.2.III NTC). Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata P_{VR} , sono espresse dall'accelerazione massima e dallo spettro di risposta elastico in accelerazione e sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle grandezze:

a_g = accelerazione massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale, sulla base delle quali sono compiutamente definite le relative forme spettrali.

Per la definizione quantitativa della pericolosità sismica di base, si può fare riferimento ai valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo (Figura 3.6) con probabilità di eccedenza del 2, 5, 10, 22, 30 % in 50 anni riferita a suoli rigidi (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>). 18

I valori dei parametri a_g , F_o , e T^*_c , sono riportati negli allegati A e B al decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008 n. 29 e negli eventuali successivi aggiornamenti. Di essi viene fornita la rappresentazione in termini di andamento medio in funzione del periodo di ritorno T_R . Le grandezze sono definite per 10751 punti del reticolo di riferimento, mentre per un qualunque altro punto del territorio nazionale non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri in argomento possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

In figura 3.8 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, pari ad un periodo di ritorno di 475 anni, riferita a suoli rigidi ($VS>800/m$), come previsto dall'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b. Per il territorio di Alcamo sono stati stimati valori di PGA compresi nell'intervallo 0.125-0.150 g.



Figura 3.9 - Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800/m$), O.P.C.M. n. 3274 20/03/2003.

Nella classificazione sismica del territorio italiano (O.P.C.M. n. 3274 20/03/2003, O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006, Delibera della Giunta regionale n.408 19/12/2003 e ss.mm.ii), che definisce quattro zone a diverso grado di sismicità (figura 2.7)., il comune di Alcamo è stato dichiarato sismico e classificato come zona sismica II° (figura 3.9) con associati valori di Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni a_g/g 0.15-0.25.



Figura 3.10 - Mappa della classificazione sismica dei comuni ricadenti nel territorio siciliano, O.P.C.M. n. 3274 20/03/2003, Delibera della Giunta regionale n.408 19/12/2003.

L'INGV, insieme al Dipartimento nazionale della Protezione Civile, ha sviluppato il Progetto S1 nell'ambito del quale è stata predisposta la mappa nazionale di pericolosità sismica dove vengono forniti, in una griglia regolare con passo 0,05°, i parametri di accelerazione al suolo in 'g' (accelerazione di gravità) con probabilità di superamento in 50 anni in funzione del periodo di

ritorno (81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2% rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, e 2475 anni).

I parametri significativi della pericolosità sismica sono disponibili, in forma interattiva, sul sito istituzionale del Progetto S1 dell'INGV.

Il sistema permette di ottenere anche, per ciascun nodo della griglia, il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (cioè il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del sito), nonché i valori medi di magnitudo.

La figura che segue e i dati tabellati sono stati integralmente scaricati dal sito per il comune di Alcamo.

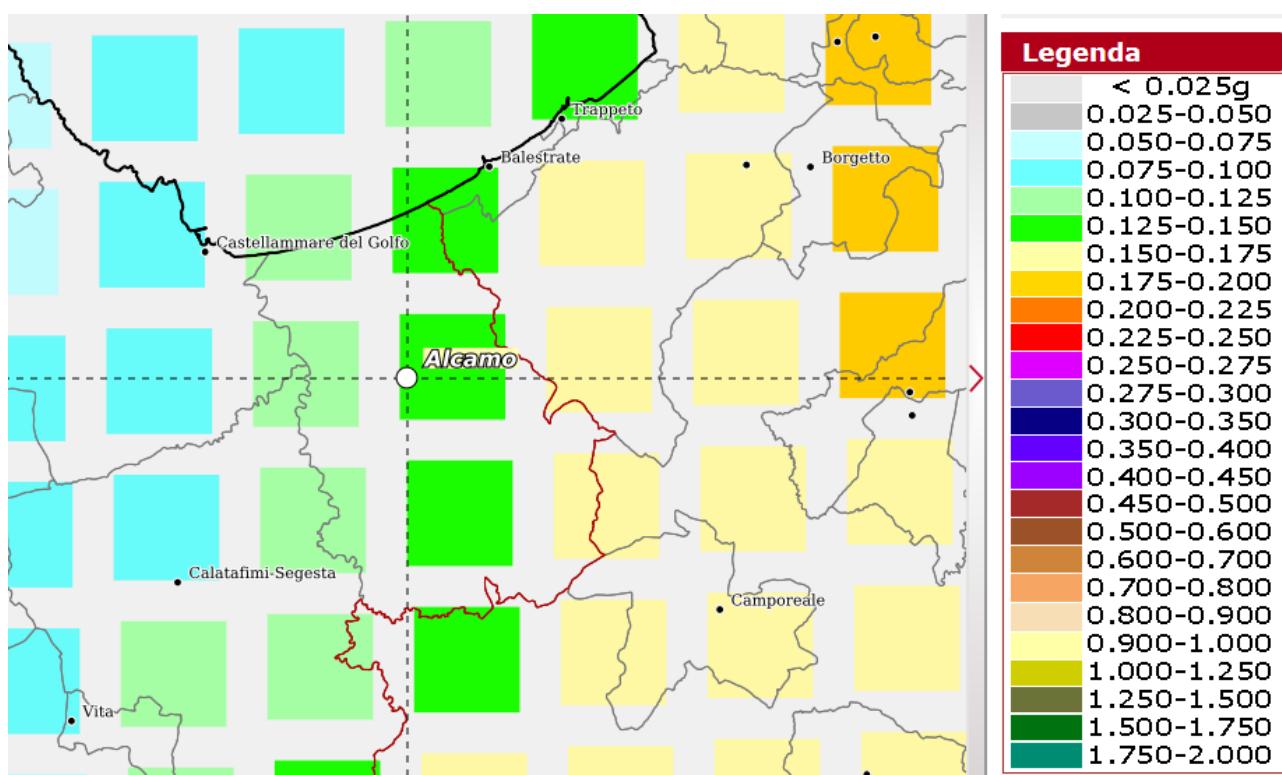


Figura 3.11– Griglia di pericolosità sismica per Alcamo, con probabilità in 50 anni al 10% e percentile al 50

Dal calcolo della disaggregazione della pericolosità, eseguita al fine di individuare il maggior contributo alla pericolosità sismica del comune di Alcamo in termini di magnitudo-distanza di un evento, il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> dell'INGV produce mappe interattive di pericolosità sismica dalle quali è possibile estrarre il grafico di figura 3.9, relativo al nodo della griglia su cui ricade il comune di Alcamo. I risultati della disaggregazione evidenziano che gli eventi che contribuiscono maggiormente alla pericolosità sismica locale di Alcamo sono caratterizzati da magnitudo M_w compresa tra 4,0 e 6,5 e relativamente vicini (R medio = entro 10-20 km).

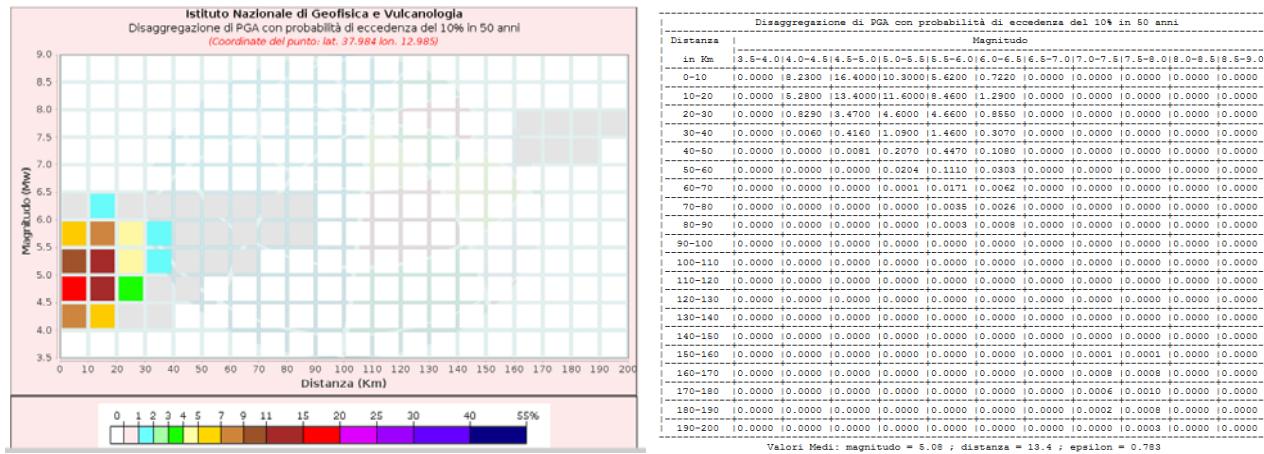


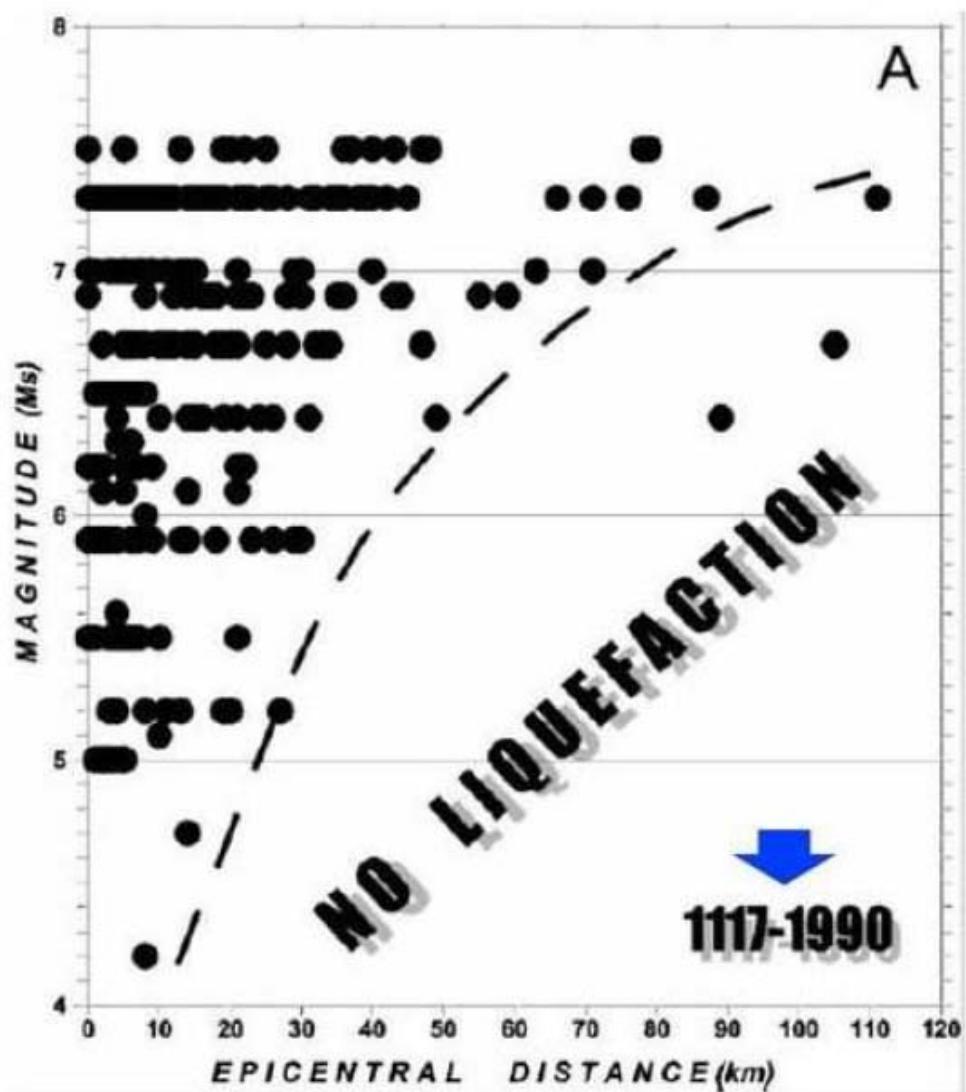
Figura 3.12: calcolo della disaggregazione della pericolosità sismica

VALORI MEDI	
Magnitudo	Distanza
5.08	13.4

La tabella che segue, estratta da: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, riporta i valori della pericolosità sismica relativi al comune di Alcamo, espressi in termini di accelerazione orizzontale massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 10 in 50 anni, su suoli rigidi ($VS>800$ m/s), come previsto dall'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b. Le stime di PGA vengono determinate con la tecnica di analisi statistica degli effetti stimati sulla base dei dati contenuti nei cataloghi sismici, proposta da Cornell (Cornell, 1968; Bender & Perkins, 1987; Gruppo di Lavoro MPS, 2004) e la loro incertezza è espressa mediante percentili, considerando il catalogo un campione rappresentativo dell'intera popolazione di eventi possibili con effetti significativi nel luogo.

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.984 lon. 12.985)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2065	0.2458	0.2838
0.0010	0.1461	0.1752	0.1915
0.0021	0.1076	0.1318	0.1436
0.0050	0.0703	0.0905	0.0980
0.0071	0.0572	0.0760	0.0820
0.0099	0.0472	0.0645	0.0696
0.0139	0.0376	0.0542	0.0578
0.0199	0.0294	0.0445	0.0474
0.0332	0.0182	0.0330	0.0345

Per quanto riguarda il fenomeno della liquefazione e del rischio a esso correlato, in conseguenza dell'applicazione di azioni sismiche generate terremoti di una certa Magnitudo nella figura che segue si riporta la relazione empirica tra la Magnitudo e la distanza epicentrale proposta da Galli (2000).



22

Figura 3.13 Relazioni magnitudo/distanza epicentrale per fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici nel periodo 1117 – 1990 (da Galli 2000)

Sulle caratteristiche sismogenetiche dell'area del Belice (racchiusa nella zona 934 che modifica la 77 di ZS4) non c'è omogeneità di risultati tra gli studi finora effettuati. La zona è caratterizzata da un'unica grande sequenza sismica, quella del gennaio 1968, ma le analisi geologiche svolte non forniscono dati conclusivi in merito alla geometria della sua sorgente (Michetti et al., 1995; Monaco et al., 1996). Infatti le interpretazioni che vedono nel Belice una zona dell'avampaese interessata da movimenti trascorrenti, che originano una struttura "a fiore", si contrappongono a quelle che

ipotizzano un thrust cieco con direzione EW e vergenza meridionale. Gli autori del rapporto conclusivo di zonazione sismogenetica de ZS9 (C. Meletti, G.Valensise et al., 2004) ritengono che la pericolosità calcolata in questa zona sia sottovalutata, ma al momento della stesura del rapporto non elementi per fare scelte di tipo diverso da quelle già fatte in ZS4.

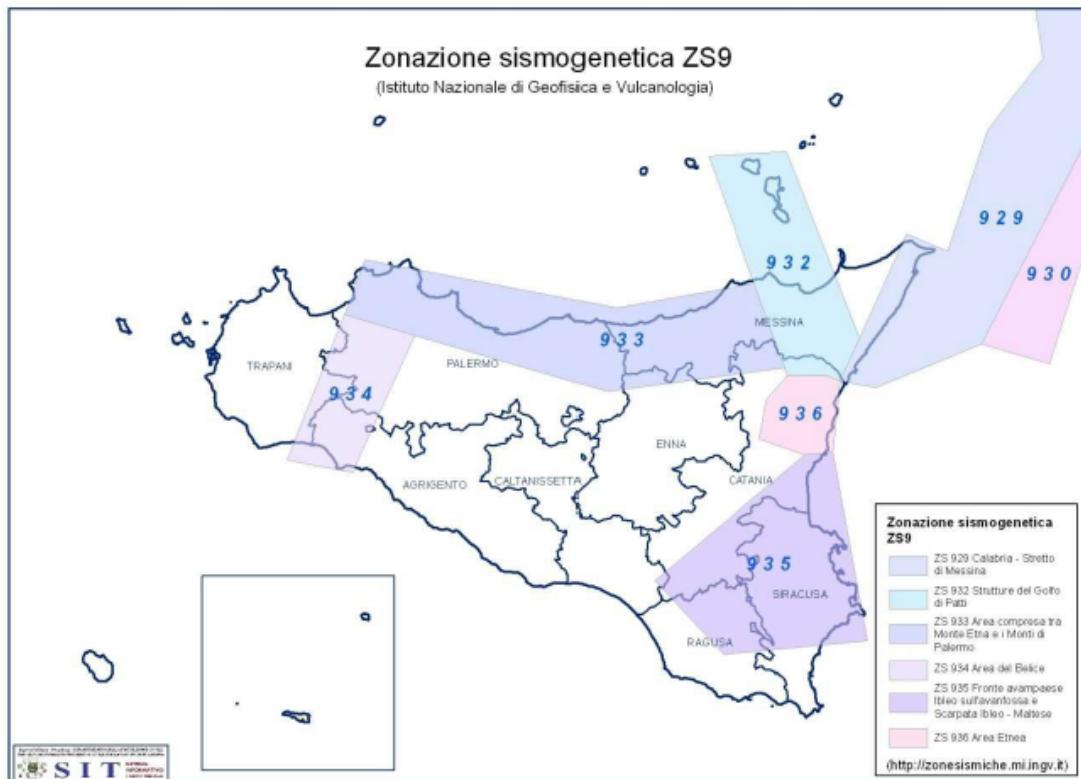


Figura 3.14 - Zonazione sismogenetica 2004 (C. Meletti, G.Valensise et al., 2004)

In ogni caso, possiamo concludere che Secondo la relazione proposta da Galli (2000) (Fig. 7.2.4), questi eventi sismici potrebbero determinare l'innesto di fenomeni di liquefazione visto il possibile verificarsi di eventi sismici di Magnitudo compresa tra 5 e 6 in zone abbastanza prossime all'area oggetto di studio in presenza di terreni sciolti (sabbie o ghiaie) e di falda superficiale. Nell'area di studio, questa tipologia granulometrica costituisce i depositi di spiaggia (G2) della frazione di Alcamo Marina.

Nella piana costiera non sono stati reperiti dati piezometrici diretti, ma da notizie acquisite riguardanti alcuni pozzi privati si ipotizza la falda a bassa profondità pertanto nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" tra le instabilità è stata inserita un'area potenzialmente soggetta a liquefazione estesa in tali depositi, rimandando ai successivi stadi di approfondimento la necessità di programmare indagini, sia dirette che geofisiche, al fine di verificare tale condizione su base litostratigrafica, sismostratigrafica e geotecnica.

4.1 GEOMORFOLOGIA

L'aspetto morfologico generale del territorio di Alcamo (Foto 1 e 2) dal punto di vista geomorfologico è molto diversificato, infatti procedendo da Sud verso nord, si passa da un aspetto prettamente montuoso di monte Bonifato, al centro abitato impostato sui depositi travertinici con un andamento leggermente acclive con pendenze non superiori al 10%; passando poi dalla periferia nord del centro abitato fino alle porte di Alcamo Marina, vi è una morfologia collinare con rilievi addolciti, impostati su terreni argillosi; infine la zona di Alcamo Marina costituita da depositi quaternari, è impostata su ampie zone subpianeggianti prossimi al livello del mare e intervallata da livelli terrazzati che possono raggiungere quote di 80 metri s.l.m (Foto 3).

I livelli terrazzati hanno un andamento generalmente appiattito e a pendenza poco elevata. Dette piane sono interrotte dalle ondulazioni provocate, a partire da ovest verso est, del Fiume San Bartolomeo, V.ne del Lupo, F.sso Canalotto, V.ne Molinella; del T.te Finocchio Calatubo che tagliano il territorio in senso trasversale, con sbocco a mare. Le pendenze medie dei valloni sono generalmente lievi, con andamento dolce ed ondulato, ad eccezione di alcune aree dove si notano pendenze più elevate e andamento più irregolare in terreni prevalentemente litoidi.

24



Foto 1. Assetto morfologico del Monte Bonifato



Foto 2. Alcamo ed in lontananza Alcamo Marina vista da Monte Bonifato

25



Foto 3. La spiaggia di Alcamo marina con dietro i livelli terrazzati

Per una migliore definizione dell'assetto morfologico del territorio e per indirizzare gli approfondimenti sull'amplificazione topografica previsti dagli studi di MS3, sono stati elaborati dei profili topografici nelle aree ritenute più rappresentative di contesti piano-altimetrici più gravosi (fig. 4.2 e 4.3). Dall'analisi dei profili e nella stragrande parte dell'area le inclinazioni sono comprese nei 15°; fanno eccezione alcune parti di Monte Bonifato, in cui si realizza la doppia condizione data da pendii con acclività > 15° e dislivelli > 30 m.

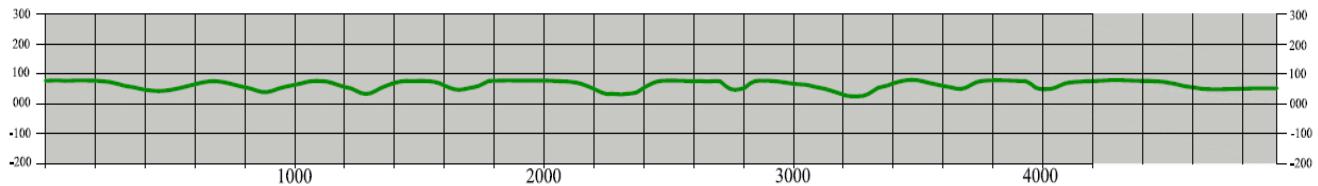


Fig. 4.2 – Profilo topografico A-A' del territorio di Alcamo Marina

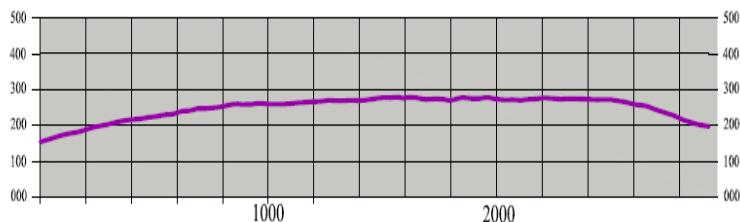


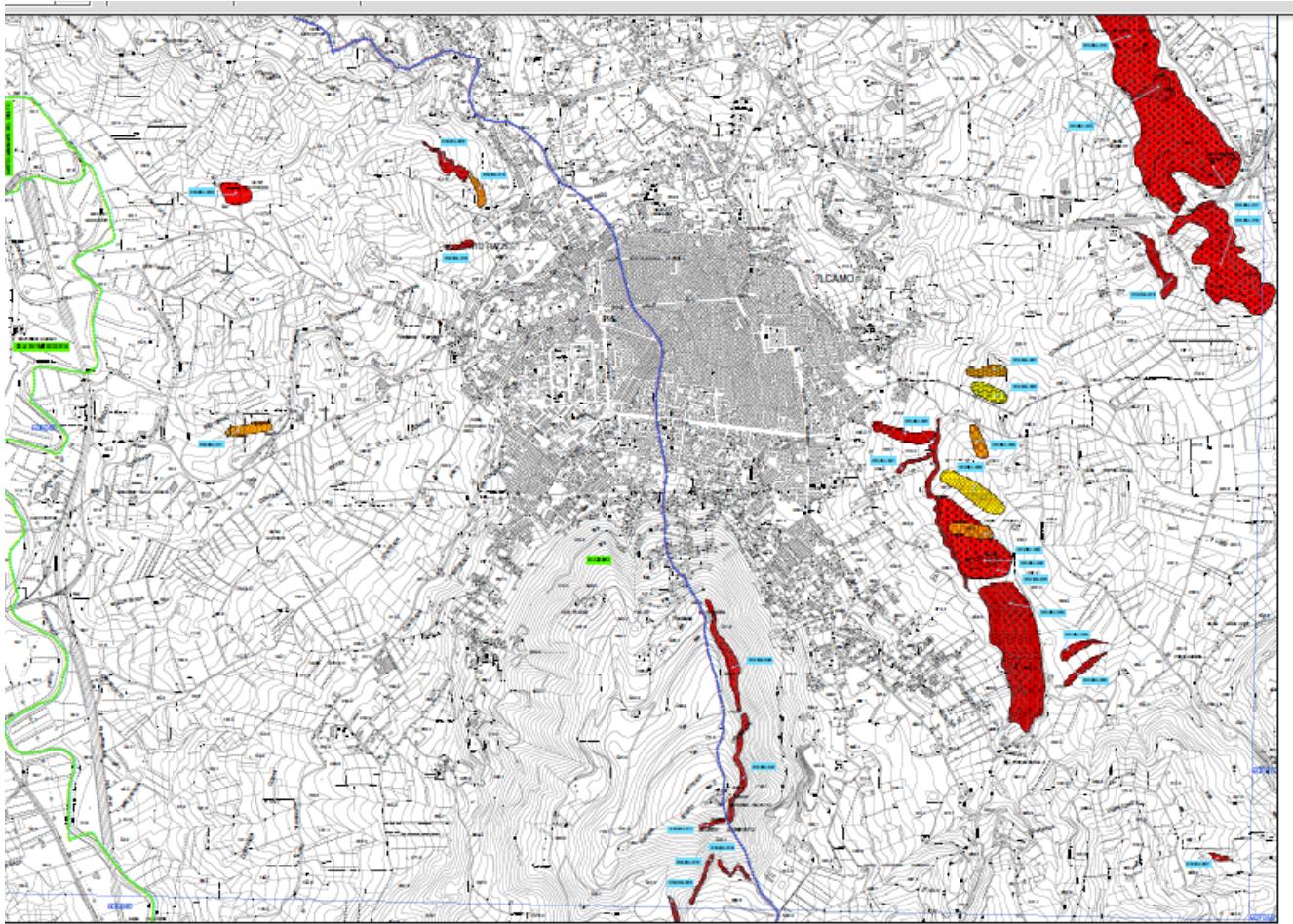
Fig. 4.3 – Profilo topografico B-B' del territorio di Alcamo

26

4.2 PROCESSI GEOMORFOLOGICI IN ATTO E POTENZIALI.

L'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio geomorfologico del territorio, dove si manifesta l'azione morfogenica per processi erosivi e/o fenomeni di crollo interessa la fascia ristretta settentrionale e orientale del Monte Bonifato. Processi erosivi della fenomenologia "Non Definita", "Complessa" e "Colata" vengono segnalate nella parte nord-occidentale dell'abitato di Alcamo. Nel territorio di Alcamo Marina non è stata cartografata nessuna frana.

Ai fini del presente studio, vengono esaminate la cartografie del P.A.I, relative al Bacino Idrografico del F. S. Bartolomeo (045); Area territoriale tra F. San Bartolomeo e F. Jato (044), Area territoriale tra F. San Bartolomeo e Punta di Solanto (046) redatte dall'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana per i Piani Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, con particolare riferimento al CTR 593150, 593160 e 606040, nel quale ricade il comune di Alcamo.



27

Fig. 4.4 – Carta dei dissesti n. 606040 del territorio si Alcamo aggiornamento del 2013 (D.P.R. n. 117

16/04/2014)

Dal punto di vista del rischio idraulico nell'Area territoriale tra F. San Bartolomeo e F. Jato (044), la zona in esame presenta particolari problemi di inondazione che sono relegati in prossimità del Fiume San Bartolomeo; essa, infatti, nella carta della Pericolosità Idraulica n.8 vengono classificate come sito di attenzione e Pericolosità Elevata P3; invece la carta di rischio idraulico n.8 vengono classificate come R2 e R4 (Figg 4.5 e 4.6). Nella carta di pericolosità idraulica n.9 il F.sso Canalotto ed il T.nte Finocchio presentano pure problemi di inondazione e vengono classificati rispettivamente in Pericolosità elevata P3 e Sito di attenzione (Fig 4.7); invece nelle carte del rischio idraulico n.9 il F.sso Canalotto e T.te Finocchio le aree vengono classificate in rischio R3 e R4 (Fig. 4.8).

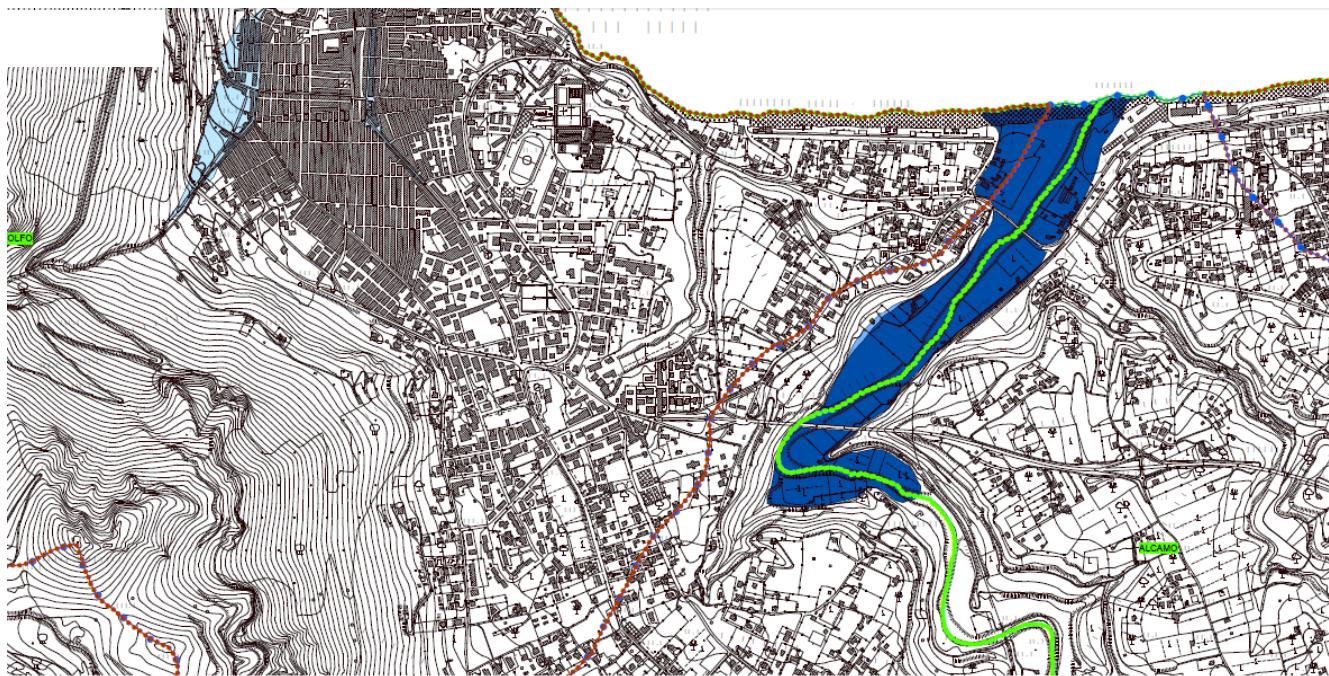


Fig.4.5 – Stralcio Carta delle Pericolosità Idraulica per Fenomeni di Inondazione n.8

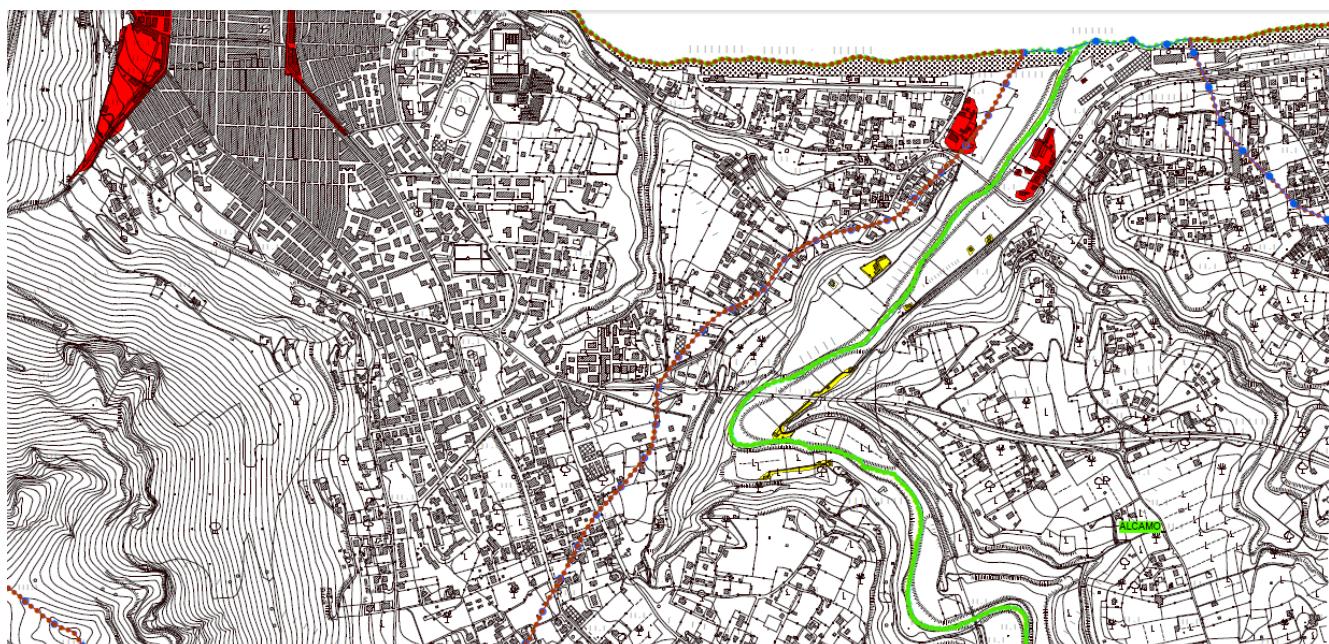


Fig.4.6 – Stralcio Carta del Rischio Idraulico per Fenomeni di Inondazione n.8



Fig.4.7 – Stralcio Carta delle Pericolosità Idraulica per Fenomeni di Inondazione n.9

29



Fig.4.8 – Stralcio Carta del Rischio Idraulico per Fenomeni di Inondazione n.8

4.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

La Sicilia ricade nel Mediterraneo centro-occidentale (Fig. 4.7) e costituisce una porzione di megasutura che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea. In quest'area, un segmento di catena collega le Maghrebidi africane con la Calabria e gli Appennini e si estende dalla Sardegna attraverso la Sicilia, fino alla piattaforma pelagiana.

Dopo la fase orogenica alpina paleogenica, i movimenti compressivi più importanti di questo settore del Mediterraneo sono dovuti alla rotazione antioraria oligo-miocenica del blocco sardo-corso, considerato da alcuni autori come un arco magmatico. La collisione del blocco sardo-corso con il margine continentale africano (Bellon et alii, 1977; Channell et alii, 1979; Dercourt et alii, 1986) è considerata comunemente come la causa primaria per la gran parte della deformazione compressiva nella catena sudappenninica-siciliana (Catalano et alii, 1996 con bibliografia).

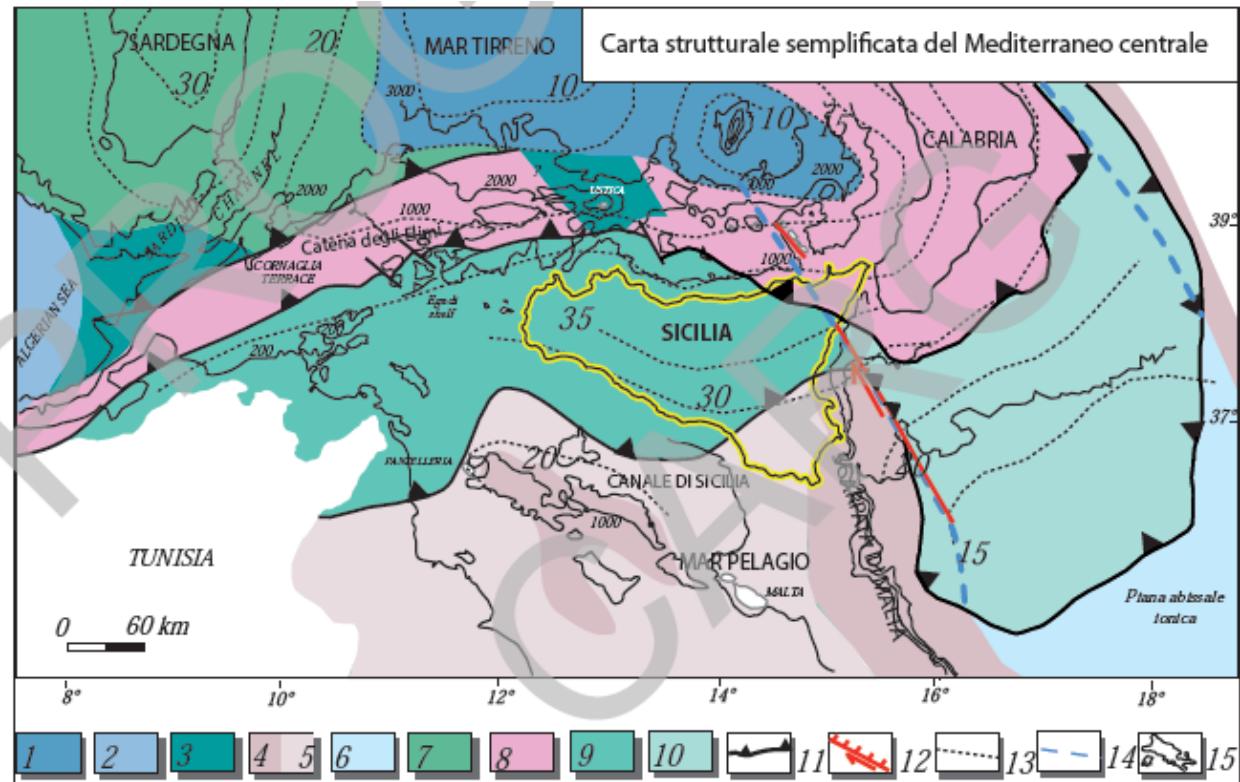
Tre elementi principali costituiscono il complesso collisionale della Sicilia e del suo prolungamento offshore:

- a) un'area di avampaese, affiorante nella Sicilia sud-orientale e presente nel Canale di Sicilia a sud di Sciacca;
- b) un'avanfossa recente, localizzata nell'offshore meridionale della Sicilia e nel Plateau Ibleo lungo il margine settentrionale dell'avampaese. Essa è in parte sepolta dal fronte della catena nella Sicilia meridionale e nel Bacino di Gela;
- c) una catena complessa, vergente verso E e SE, spessa a luoghi più di 15 km, costituita dalle Unità calabro-peloritane e dalle Unità appenniniche siciliane.

Le unità più settentrionali sono generalmente collassate con l'apertura del Tirreno centro-meridionale.

Recenti indagini (Catalano et alii, 1998 a, b; 2000 a, b) indicano che la catena siciliana (con esclusione dell'elemento calabro-peloritano) è caratterizzata da occidente ad oriente dalla sovrapposizione di corpi pellicolari derivanti dalla deformazione di originari domini meso-cenozoici di mare profondo (Sicilide, Imerese e Sicano) e delle loro coperture neogeniche, su un cuneo, spesso 8-9 km, di unità tettoniche derivanti dalla deformazione dell'originario dominio di piattaforma carbonatica (conosciuto localmente come Ibleo, Trapanese, Saccense, Panormide). Il cuneo tettonico, così formato, poggia a sua volta sull'avampaese non deformato che affiora nel Plateau Ibleo e si continua nel Canale di Sicilia (avampaese ibleo pelagiano).

Lo schema di inquadramento regionale (Fig. 4.9) illustra l'intero settore della Sicilia occidentale (tra la penisola di Capo San Vito e la Piana di Castelvetrano)



La carta illustra i differenti settori crostali della regione centrale del Mediterraneo (modif. da CATALANO et alii, 2002). Legenda: 1) crosta oceanica del Mar Tirreno (KASTENS et alii, 1987); 2) crosta oceanica del Bacino Algerino; 3) crosta continentale assottigliata kabilo e sarda; 4) crosta continentale (5 = assottigliata) africana; 6) crosta oceanica del Mar Ionio; 7) unità tetttoniche sarde; 8) unità kabilo-calabridi; 9) unità siciliane-maghrebidi; 10) prisma di accrescione ionico; 11) fronti di sovrascorrimento; 12) faglia con probabile componente transtensiva (ridisegnata da CHAMOOT-ROOKE et alii, 2005); 13) isobate (in km) della Moho; 14) limite margine passivo-oceano ionico secondo CATALANO et alii, 2001; 15) batimetria.

31

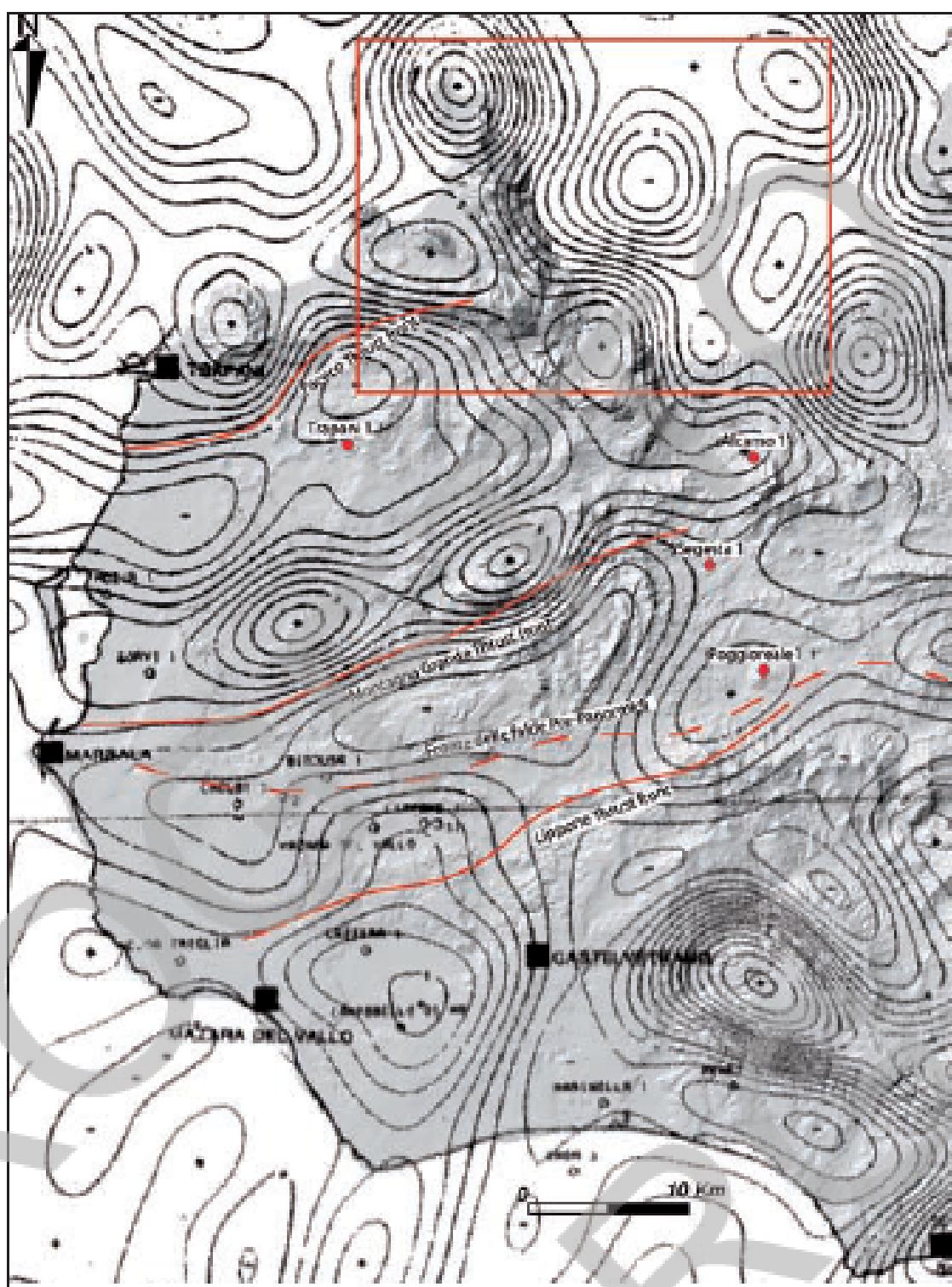
Figura 4.9 – Modello tettonico del mediterraneo centrale

Nell'area settentrionale la carta mostra la sovrapposizione tettonica delle Unità Panormidi e Prepanormidi sui terreni delle Unità Trapanesi (settore meridionale di Monte Inici). Queste ultime scompaiono nel sottosuolo verso sud e ovest-sudovest, riemergendo a sud-est (Montagna Grande ed allineamento Segesta-Inici) in seguito alla deformazione plio-pleistocenica che ha localmente invertito gli originari rapporti tettonici. Questo evento rideforma anche le unità Prepanormidi e le coperture sedimentarie mioplioceniche, nelle quali produce ripetute imbricazioni interne.

I dati magnetometrici e gravimetrici (Bornati et alii, 1997; Catalano et alii, 2002) utilizzati per estendere, almeno fino al basamento magnetico, l'interpretazione stratigrafico-strutturale del multistrato, indicano rispettivamente (Fig. 4.8):

L'interpretazione di una fitta rete di profili sismici a riflessione registrati da ENI-AGIP ha consentito di riconoscere l'assetto strutturale profondo dell'intera area della Sicilia occidentale e di confrontare le strutture superficiali con i lineamenti sepolti (Catalano et alii, 1989; Bornati et alii, 1997; Catalano et alii, 2002).

- l'esistenza di un basamento magnetico tra Capo San Vito (dove viene riconosciuto alla profondità di circa 12 km) e l'area di Castelvetrano-Capo San Marco, con una leggera culminazione poco a nord dell'allineamento Marsala- Montagna Grande;
- la presenza, ad una profondità tra 3 e 6 km, di tre pronunciati alti gravimetrici a direzione ENE, separati da due bassi strutturali.



32

Figura 4.10 – Schema geologico strutturale Lo schema di inquadramento regionale dell'intero settore della Sicilia occidentale

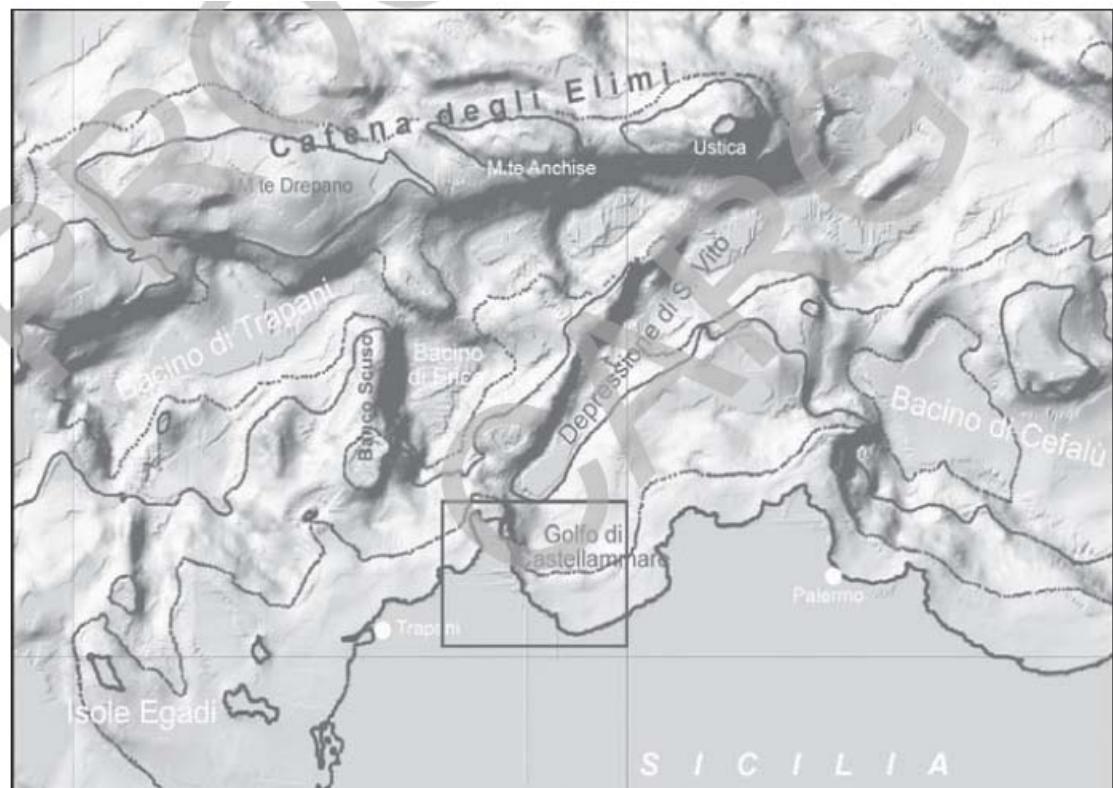


Fig. 4.11 – Carta morfo-batimetrica dei fondali mostrante i principali elementi morfostrutturali dell’offshore della Sicilia nord-occidentale. Il riquadro indica l’estensione del Foglio 593 “Castellammare del Golfo”.

33

Il Foglio “Castellammare del Golfo” ricade nella parte settentrionale della regione appena descritta. Le strutture geologiche che vi affiorano si prolungano nelle aree adiacenti o sono in parte sommerse nel settore marino del Golfo del Cofano e nel Golfo di Castellammare.

Il settore marino del Foglio “Castellammare del Golfo” rappresenta, dal punto di vista morfostrutturale (Figg. 4.11, 4.12), il margine meridionale di un bacino di intrascarpata (Bacino di Castellammare). Quest’ultimo, insieme al Bacino di Erice (Fig. 4.9), costituisce uno fra i maggiori bacini peritirrenici (*sensu* Selli, 1974) del margine nord-siciliano colmati da potenti depositi plio-pleistocenici (Savelli & Wezel, 1980; Agate et alii, 1993). I due bacini si sviluppano tra i rilievi presenti lungo la costa, le soglie morfostrutturali del Banco Scuso ad ovest ed il prolungamento offshore dei Monti di Palermo ad est (Fig. 4.11).

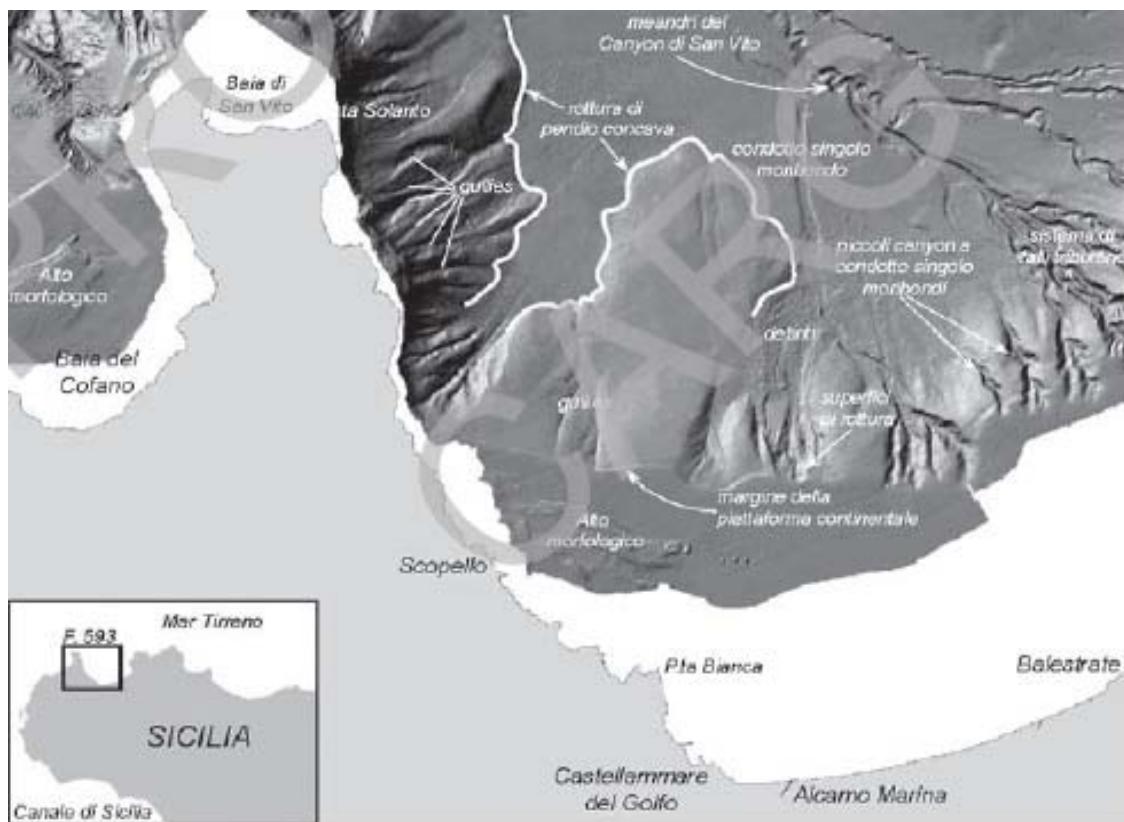


Fig. 4.12 – Rappresentazione tridimensionale dell’assetto fisiografico dei gulfetti di Castellammare e del Cofano e del Canyon di San Vito (in bianco le aree non coperte dal rilievo multibeam)..

34

4.4 ASSETTO GEOLOGICO STRATIGRAFICO DELL’AREA IN ESAME

Il territorio comunale di Alcamo è costituito principalmente da depositi quaternari. I depositi pleistocenici marini e continentali sono stati cartografati come unità a limiti inconformi. Questi depositi affiorano prevalentemente lungo la fascia costiera; sono indicativi di ambiente costiero e neritico, oltre che continentale.

I depositi pleistocenici poggiano sul clastico-terrigeno dell’avanfossa miocenica ed i depositi sintettonici pliocenici.

I terreni pliocenici sono caratterizzati da un ciclo di sedimentazione continuo che, senza interruzioni o lacune, si protrae fino al Pliocene sup. L’inizio di tale ciclo, caratterizzato alla sua base da una trasgressione, coincide con la deposizione dei calcari marnosi e marne (FM Trubi) del Pliocene inferiore, presentando nel suo insieme una evoluzione a carattere regressivo, con passaggio da sedimenti pelagici a depositi via via più sabbiosi della formazione “marnoso - arenacea torbiditica della Valle del Belice” del Pliocene medio - sup. che si estendono prevalentemente nella zona a sud - ovest dell’abitato di Alcamo.

4.5 SERIE STRATIGRAFICA

Alla luce delle cartografie analizzate, omogenizzando le sigle alle nomenclature geologiche ufficiali del progetto CARG è stata ricostruita dall'alto la seguente successione stratigrafica; di seguito si descrivono nel dettaglio le unità litologiche che caratterizzano il territorio di Alcamo dai terreni più recenti ai più antichi:

DEPOSITI QUATERNARI
▪ h – Deposito Antropico
▪ BB – Depositi Alluvionali Attuali
▪ G2 - Depositi di Spiaggia
▪ A3 – Detrito di Falda
▪ AFL_D – Deposito dunale
▪ RFR - Sintema di Raffo Rosso.
▪ SIT - Sintema di Barcarello
▪ SNP_01 - Subsistema della Piana di Sopra
▪ MRS_C - Sintema di Marsala _ sabbie di Castellammare
GRUPPO GESSOSO-SOLFIFERO
▪ TRV _Formazione Terravecchia _membro pelitico
▪ SIC – Formazione di Castellana Sicula
DEPOSITI DELLA SUCCESSIONE MESO-CENOZOICA
▪ LUO_a –Argille, calcari ed Arenarie Glauconitiche
▪ BCO_b – Unità di Monte Bosco_quarzareniti
▪ BCO – Unità di Monte Bosco_quarzareniti
▪ DAT – Calcilutiti di Dattilo
SUCCESSIONE DOMINIO TRAPANESE
▪ CIP –Marne San Cipirello
▪ AMM_a – Formazione Amerillo
▪ HYB – Formazione Hybla
▪ LTM – Formazione Lattimusa
▪ BCH – Formazione Buccheri
▪ BCH_beta – Formazione Buccheri_pillows
▪ INI – Formazione Inici

h – Deposito Antropico o materiale di riporto

Materiale di riporto costituito da un limo sabbioso scarsamente consistente con inclusi litici di natura poligenica, e soprattutto materiale di risulta che rappresentano i diversi scarti provenienti dalle lavorazioni edili murarie.

BB – Depositi Alluvionali

Depositi alluvionali attuali costituito da una miscela di ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi di natura poligenica in scarsa matrice limosa, costituenti gli attuali alvei dei corsi d'acqua; spessore fino a 20 m. *Olocene*

G2- Depositi di Spiaggia

Depositi di spiaggia e litoranei attuali Sabbie calcaree e, in subordine, quarzose, con frequenti livelli bioclastici. *Olocene*

36

A3 – Detrito di Falda

Materiale incoerente ad elementi lapidei eterogenei ed eterometrici spigolosi, in matrice sabbiosa più o meno scarsa, localmente a grossi blocchi. Spessore da 3 a 20 m. *Olocene*

AFL_D – Deposito dunale

Deposito eolico e dunale . Sabbie medio / fini quarzose di colore giallastro, ben cernite . Formano dune costiere e cordoni alti fino a 5 metri. *Olocene*

RFR - Sintema di Raffo Rosso.

Detriti stratificati e cementati ad elementi eterometrici spigolosi o angolosi, quarzareniti e calcareniti eoliche. L'unità compresa tra la superficie di non deposizione al tetto dei depositi del SIT o di erosione subaerea su termini più antichi. *Pleistocene Superiore*

SIT - Sintema di Barcarello

Depositi marini e continentali delimitati al letto da superfici di erosione marina (piattaforme di abrasione) o subaerea (scavate dalle acque dilavanti) e al tetto da superfici di non deposizione o di erosione subaerea talvolta pedogenizzate, spesso coincidenti con l'attuale piano topografico. Nelle aree costiere, i depositi continentali, solitamente di origine colluviale, si rinvengono con rapporti di transizione ed interdigitazione con i depositi di spiaggia. nelle aree più interne i depositi continentali si rinvengono a varie quote lungo i versanti. **Pleistocene Superiore**

SNP_01 - Subsistema della Piana di Sopra

Conglomerati ed arenarie di spiaggia e suoli rimaneggiati contenti ricca fauna a mammiferi (“complesso faunistico ad Elephas falconeri”) rinvenuti in solchi di battiglia, grotte marine, superfici di erosione marina (in basso) e di erosione subaerea (al tetto). **Pleistocene Medio**

MRS_C - Sintema di Marsala _ sabbie di Castellammare

Calcareni bioclastiche porose e ben cementate in livelli grossolani e fini ben assortiti, soprastanti, a luoghi, ad un livello conglomeratico grossolano spesso un paio di metri con laminazione sia parallela che incrociata **Pleistocene Inferiore (Emiliano-Siciliano)**

BLC– Formazione Marnoso Arenacea della Valle del Belice

Alternanza di sabbie ed argille siltose da azzurre a grigio-marrone, con intercalazioni sabbiose metriche che divengono più frequenti e potenti verso l'alto. Spessori massimi di 50 m circa.

Il limite inferiore è stratigrafico con i sottostanti Trubi, data la presenza di argille siltose grigio-marrone e calcari marnosi bianchi. Verso l'alto gli orizzonti sabbiosi di questa formazione sono troncati da una superficie di abrasione marina su cui poggia il sintema di Marsala (MRS).

Ambiente di sedimentazione riconducibile ad una piattaforma continentale aperta.

Contengono abbondante plancton calcareo in cui i foraminiferi presenti consentono l'attribuzione alle biozone MPI 4b-MPI 5 (Piacenziano-Gelasiano, Tab. I).

La successione mostra, verso l'alto, un aumento degli apporti terrigeni, verosimilmente dovuto ad un evento deformativo di età medio-pliocenica (Vitale, 1995). **Pliocene Medio - Pleistocene Inferiore (Piacenziano-Gelasiano)**

TRV – Formazione Terravecchia _membro pelitico

Argille e argille sabbiose, sabbie ed arenarie, e marne grigie con molluschi in frammenti, ostracodi e plancton calcareo. Questi depositi affiorano a nord dell'abitato fino alle porte di Alcamo Marina. Il limite inferiore è una superficie erosiva e discordante sulla formazione di Castellana Sicula o su CIP. Nei campioni argillosi sono presenti foraminiferi bentonici (Bolivina dentellata Tavani, Bulimina echinata Reuss) e planctonici, questi ultimi appartenenti alla biozona a Globorotalia suterae del Tortoniano superiore-Messiniano inferiore (parte basale). Ambiente sedimentario da costiero a deltizio. **Tortoniano Superiore -Messiniano inferiore**

SIC – Formazione di Castellana Sicula

Argille marnose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici (biozone a Paragloborotalia siakensis, Globigerinoides obliquus obliquus e Orbolina suturalis), cui si intercalano sabbie ed arenarie giallastre, talora bioclastiche con livelli microconglomeratici. **Serravalliano superiore-Tortoniano inferiore**

LUO_a–Argille, calcari ed Arenarie Glauconitiche

38

L'unità litostratigrafica è costituita da marne brune laminate e calcilutiti marnose biancastre con intercalazioni decimetriche di brecciole glauconitiche e di biocalcareniti, a base generalmente erosiva, contenenti frammenti di alghe, gusci di gasteropodi e lamellibranchi, cui seguono verso l'alto argille e marne a foraminiferi planctonici ed arenarie quarzose con calcareniti e calciruditi glauconitiche.

I depositi di questa successione sono interpretabili, nel loro insieme, come il prodotto della sedimentazione in un ambiente di scarpata e base di scarpata. **Oligocene inf.-Miocene medio (Langhiano)**

BCO– Unità di Monte Bosco_argille ed arenarie quarzose

L'Unità litostratigrafica si riconosce per la presenza di marne grigio-scure passanti verso l'alto a marne sabbiose brune ed argille siltose con intercalazioni di arenarie quarzose grigio-verdi debolmente glauconitiche. **Oligocene superiore- Miocene inferiore**

DAT – Calcilutiti di Dattilo

Calcilutiti e calcisiltiti con liste e/o noduli di selce, sottilmente stratificate, a volte marnose, di colore variabile dal rosso al bianco, al verdastro, alternate a marne rossastre in livelli decimetrici nelle quali si intercalano livelli di torbiditi calcaree biancastre passanti verso l'alto a calcilutiti e marne rossastre. Questi litotipi vengono qui inclusi in una nuova unità litostratigrafica, informalmente proposta con il termine di "calcilutiti di Dattilo".

L'ambiente deposizionale è quello di piattaforma pelagica o di transizione ad una scarpata sottomarina.

Cretaceo superiore-Eocene

CIP – Marne di San Cipirello

La formazione comprende argille, marne e marne argillose grigio-verdastre (grigio cenere, verdi o bluastre nella parte alta) e marne sabbiose con contenuto in CaCO₃ pari al 33% con scarsa sabbia quarzosa, contenenti una ricca microfauna prevalentemente planctonica. Verso l'alto, rarissime intercalazioni di livelli arenacei a composizione quarzosa e quarzoso-micacea. Le marne, spesso deformate, hanno spessori che, seppure difficilmente valutabili in superficie, non dovrebbero superare i 150 metri.

L'unità poggia con rapporti di continuità sulle calcareniti di Corleone affioranti nel settore sud-occidentale del Monte Inici. A luoghi è ricoperta in paraconcordanza dai depositi terrigeni della formazione Castellana Sicula o generalmente sovrastata, con contatto tettonico, dai terreni delle unità Panormidi in falda. *Langhiano sup- Tortoniano inf.*

39

AMM_a – Formazione Amerillo

Il monte Bonifato è prevalentemente costituito da banchi di calcilutiti bianche a foraminiferi planctonici nei quali si intercalano calcareniti risedimentate in livelli centimetrico-decimetrici che diventano, via via, verso l'alto, potenti litosomi clastico-carbonatici.

Nei corpi risedimentati sono stati individuati clasti e bioclasti, derivanti dallo smantellamento delle facies di piattaforma carbonatica cretacea rappresentate nella sottostante formazione Pellegrino. Il limite inferiore è una superficie di discordanza (onlap) sulla sottostante formazione Pellegrino.

I clasti della breccia o della matrice calcarenitica sono frammenti di rudistidi, alghe, coralli, briozoi, gasteropodi, crinoidi, foraminiferi bentonici (*Lenticulina* sp., *Spirillina* sp., *Textularia* sp.) e

macroforaminiferi (*Orbitolina lenticularis*, *O. trochus*). I termini calcilutitici della formazione sono stati riconosciuti come wackestone. Il contenuto fossilifero è costituito da foraminiferi planctonici, ricadenti nelle biozone a *Globotruncana ventricosa* e a *Globotruncanita* calcarata, che individuano il Cretacico superiore nella sua parte sommitale. L'ambiente di sedimentazione è di margine o di scarpata, comunque pelagico, prossimale ad una piattaforma in via di smantellamento e investito da flussi gravitativi di tipo grain flow. ***Cretaceo superiore-Eocene***

HYB – Formazione Hybla

La formazione consiste di calcilutiti grigastre selcifere sottilmente stratificate e a volte laminate, alternate regolarmente a marne verdastre o color tabacco in livelli centimetrico-decimetrici e solo a luoghi in livelli metrici. Il contenuto fossile è dato da aptici, belemniti, radiolari, foraminiferi planctonici, bentonici e nannoplancton calcareo. Il limite inferiore della formazione è continuo e graduale sulla sottostante Lattimusa ed è riconoscibile sulla base della diminuzione verso l'alto dei livelli selciosi e dall'incremento delle intercalazioni marnose verdi, cui corrisponde al microscopio la progressiva scomparsa delle calpionelle e la presenza di microfacies a radiolari. Il limite superiore della Formazione Hybla è un passaggio graduale verso i litotipi della formazione Amerillo, che a luoghi appaiono scollati.

Lo studio biostratigrafico ha riguardato i campioni, provenienti da questa formazione, contenenti associazioni a foraminiferi planctonici e a nannoplancton calcareo che si distribuiscono in più biozone. ***Hauteriviano-Albiano***

40

LTM – Formazione Lattimusa

Calcilutiti pseudonodulari rosate con rari noduli di selce, calcilutiti lattiginose bianche, verdastre, rosate e grigastre ben stratificate con liste e noduli di selce, alternate a marne calcaree, caratterizzate nel complesso dalla presenza di faune a calpionelle; il contenuto fossilifero è completato dalla presenza di abbondanti microrganismi, radiolari, foraminiferi (*Spirillina* sp.), *Globochaete* sp., *Saccocoma* sp. e nannoplancton e da frequenti macrofossili tra cui ammoniti, gusci di echinidi, belemniti, articoli di crinoidi, aptici, brachiopodi.

I limiti stratigrafici della formazione, sia quello inferiore che superiore, si presentano per lo più di natura transizionale. Al passaggio con la sottostante formazione Buccheri, la base della Lattimusa si riconosce per la caratteristica colorazione biancastra dei calcari, spesso nodulari, per l'aumento progressivo di noduli di selce nera (vedi anche successione di Monte Ramalloro). Il limite superiore

con la Formazione Hybla è generalmente indicato dalla presenza di alternanze di marne dal colore verdastro e calcilutiti bianco-grigiastre e verdastre.

L'ambiente deposizionale è riferito ad una piattaforma (plateau) pelagica.

Titoniano superiore-Valanginiano

BCH – Formazione Buccheri

Formazione Buccheri Depositi carbonatici condensati a geometria tabulare, ben stratificati, passanti verso l'alto a depositi con struttura nodulare. Il colore varia dal nocciola, al grigio, al rosso. Sono presenti hard grounds ferro-manganesiferi sotto forma di croste **Dogger-Malm**

Inferiore (Kimmeridgiano)

BCH_beta – Formazione Buccheri Pillows

Lave basaltiche a pillow a luoghi alterate (Monte Barbaro). ***Bajociano-Bathoniano***

INI – Formazione Inici

Calcaro bianco-grigiastri e calcari dolomitici compatti, calcari stromatolitici e loferitici, calcareniti oolitiche. Si presentano ben stratificati in spessori decimetrici e interessati da frequenti cavità neocarsiche riempite da alabastri calcarei e silt rossastro di origine continentale.

Affiorano chiaramente al Pizzo delle Neviere, Pizzo Agnello e alla cima del

Il contenuto fossilifero molto abbondante è rappresentato da alghe calcaree, ammoniti, gasteropodi, echinodermi, rari crinoidi.

L'organizzazione stratale della successione è rappresentata nella parte bassa da alternanze prevalenti tra le litofacies subtidali e infratidaliche, mentre nella porzione sommitale è più frequente l'alternanza tra le micriti di laguna e le calcareniti di barra sabbiosa (litofacies c).

Alla sommità della successione di piattaforma carbonatica liassica si osservano, solamente negli affioramenti sud-orientali, spalmature e livelli centimetrici di croste nerastre a composizione ferro-manganesifera che impregnano gli ultimi metri degli strati calcarei interessati tra l'altro da fratture e dislocazioni tettoniche sinsedimentarie. Questi livelli a luoghi mostrano al tetto una morfologia a pinnacoli a scala centimetrica che in Sicilia caratterizza quasi ubiquitariamente il tetto dei calcari della Formazione Inici.

Si osservano noduli di dimensione centimetrica composti da grainstone/packstone rossastri bioclastici, derivanti dai depositi soprastanti e interpretati come riempimento di cavità prodotti per azione biologica di molluschi.

41

Le sequenze di facies dell'intera successione liassica vengono interpretati come un trend di progradazione dei depositi di piattaforma carbonatica che subiscono un arresto di produttività alla fine del Lias inferiore, quando a causa di un evento tettonico distensivo sarebbe avvenuto lo smembramento della piattaforma carbonaticae il successivo "annegamento" (Wendt, 1969; Jenkyns, 1970 a, b; Catalano & D'Argenio, 1982), a luoghi anche legato a cause eustatiche. Tale processo sarebbe testimoniato, oltre che dalla brusca sovrapposizione stratigrafica di depositi pelagici (Rosso Ammonitico), anche dalla presenza di croste ferro-manganesifere nerastre interpretate come depositi di hardground, e la cui caratteristica morfologica a pinnacoli è stata riferita a probabili eventi anossici e successiva bioerosione (Di Stefano & Mindszenty, 2000).

Trias superiore-Lias inferiore

4.6 ASSETTO IDROGEOLOGICO E CARATTERISTICHE DEL CORPO IDRICO

Sulla base delle considerazioni di carattere geologico-strutturale, l'area in esame, può essere suddivisa, dal punto di vista idrogeologico, in tre complessi principali; infatti, la circolazione idrica sotterranea presenta aspetti e caratteristiche differenti in relazione soprattutto ai litotipi affioranti, ma anche al loro particolare assetto.

42

1) Rocce permeabili per porosità

Appartengono a questa categoria i depositi quaternari costituiti principalmente da sabbie e ghiaie con intercalazioni argillose, scarsamente addensate.

I terreni di tale complesso idrogeologico presentano una permeabilità variabile da medio-bassa ad alta, in funzione del prevalere della classe granulometrica più minuta su quella grossolana.

Generalmente i pori intergranulari dei depositi clastici aventi una scarsa matrice limosa tendono a saturarsi durante la circolazione delle acque di infiltrazione consentendo la formazione di un acquifero. Tuttavia, quando la componente pelitica prevale in percentuale su quella sabbio-ghiaiosa, la permeabilità tende a diminuire perché i pori si occludono rendendo difficoltosa la circolazione idrica.

2) Rocce permeabili per porosità e fratturazione

Appartengono a questa categoria le arenarie, le sabbie, le sabbie limose, i limi sabbiosi e i Conglomerati afferenti alla formazione . Appartengono inoltre i litotipi arenitici afferenti alla

Subsistema della Piana di Sopra e Subsistema di Tommaso Natale. e le calcareniti bioclastiche, i calcari organogeni e le sabbie e marne giallastre afferenti alla RFR; SIT; SNP_01; MRS_C, LUO_a. Le caratteristiche idrogeologiche dei termini presenti all'interno di tale formazione sono diversificate in funzione delle caratteristiche intrinseche del litotipo.

Possiamo così schematizzare in breve:

- dove prevale la componente sabbiosa, la permeabilità è del tipo primario e la porosità risulta essere medio-elevata, mentre si riduce a bassa con la prevalenza della frazione limosa e l'assenza di ghiaie;
- dove prevale la componente argillosa su quella sabbio-limosa si ha una permeabilità primaria con porosità estremamente ridotta;
- dove prevale la componente arenaceo-conglomeratica si ha una permeabilità primaria elevata per porosità cui si aggiunge talvolta un altrettanto elevata permeabilità secondaria per fatturazione;
- dove si ha commistione di facies, la permeabilità risulta di natura complessa per la forte eterogeneità dei termini litologici. I livelli argilosi contenuti nella coltre sabbio-limosa costituiscono soltanto dei limitati orizzonti impermeabili privi di continuità laterale e non sono quindi in grado di modificare il comportamento permeabile della formazione litologica. Al loro interno si possono verificare discreti accumuli idrici tamponati alla base dal complesso argilloso.

43

Così non è raro riscontrare nel territorio, soprattutto nel periodo invernale, modeste sorgenti di contatto poste lungo i versanti in prossimità del cambio litologico tra i conglomerati ed arenarie e i depositi ad alto contenuto in argille.

3) Rocce a permeabilità secondaria per fratturazione

Appartengono a questa categoria tutte rocce caratterizzate da reticolari di discontinuità (fratture) più o meno fitti. Tipici di rocce con moltissime micro- e macro-fratture che formano veri e propri canali comunicanti (Acquiferi carbonatici), in questo categoria rientrano tutte le formazioni litoidi della Successione Meso-Cenozoica (BCO_b; BCO; DAT) e del Dominio Trapanese (AMM_a; HYB; LTM; BCH ;INI) le arenarie, le sabbie, le sabbie limose, i limi sabbiosi e i Conglomerati afferenti alla formazione . Appartengono inoltre i litotipi arenitici afferenti alla Subsistema della Piana di Sopra e Subsistema di Tommaso Natale. e le calcareniti bioclastiche, i calcari organogeni e le sabbie e marne giallastre afferenti alla RFR; SIT; SNP_01; MRS_C. Le caratteristiche idrogeologiche dei termini presenti all'interno di tale formazione sono diversificate in funzione delle caratteristiche intrinseche del litotipo.

Possiamo così schematizzare in breve:

- dove prevale la componente sabbiosa, la permeabilità è del tipo primario e la porosità risulta essere medio-elevata, mentre si riduce a bassa con la prevalenza della frazione limosa e l'assenza di ghiaie;
- dove prevale la componente argillosa su quella sabbio-limosa si ha una permeabilità primaria con porosità estremamente ridotta;
- dove prevale la componente arenaceo-conglomeratica si ha una permeabilità primaria elevata per porosità cui si aggiunge talvolta un altrettanto elevata permeabilità secondaria per fatturazione;
- dove si ha commistione di facies, la permeabilità risulta di natura complessa per la forte eterogeneità dei termini litologici. I livelli argilosi contenuti nella coltre sabbio-limosa costituiscono soltanto dei limitati orizzonti impermeabili privi di continuità laterale e non sono quindi in grado di modificare il comportamento permeabile della formazione litologica. Al loro interno si possono verificare discreti accumuli idrici tamponati alla base dal complesso argilloso.

Così non è raro riscontrare nel territorio, soprattutto nel periodo invernale, modeste sorgenti di contatto poste lungo i versanti in prossimità del cambio litologico tra i conglomerati ed arenarie e i depositi ad alto contenuto in argille.

44

4) Rocce da poco permeabili ad impermeabili

Appartengono a questa categoria i depositi prevalentemente argilosi ed Argille marnose alla facies pelitica della Formazione Terravecchia e della Formazione di Castellana Sicula.

Tali litotipi presentano una permeabilità così bassa da essere, ai fini del presente studio, considerati impermeabili. Tuttavia, all'interno della coltre superficiale piuttosto alterata e degradata non è raro rinvenire modesti adunamenti idrici superficiali, così come all'interno dei rari livelli arenitici che essendo dotati di una elevata porosità possono essere sede di locali falde acquifere confinate.

L'indagine geognostica realizzata nell'ambito della microzonazione sismica, non ha riscontrato la presenza di falde idriche inferiori ai 30 metri. La stessa cosa dicasi per il sondaggio realizzato ad nord est dell'abitato, ai fini della ricerca idrica (*Fonte ISPRA-Archivio Nazionale delle Indagini nel Sottosuolo*) dove non ha riscontrato la presenza di falde idriche inferiori ai 31.50 metri.

Tuttavia sono presenti successioni calcareo-dolomitiche e carbonatico-silicoclastiche derivanti dalla deformazione di depositi di piattaforma carbonatica e carbonatico-pelagica dei domini Panormide e Trapanese. Tali successioni, costituite da complessi carbonatici e carbonatico-silicoclastici, fratturati e più o meno carsificati, sono sede di importanti acquiferi.

Gli unici studi di carattere generale sulle idrostrutture della Sicilia occidentale sono quelli di Bartolomei et alii (1983) e di Catalano et alii (1988). Recentemente, sono stati condotti studi idrogeologici di notevole dettaglio in alcuni settori significativi della Sicilia occidentale, ed in particolare nei Monti di Trapani-Castellammare del Golfo. Alcune porzioni di questi settori investigati ricadono all'interno del Foglio.

Tenendo conto dello studio idrogeologico di Cusimano et alii, (2002), nei monti di Trapani possono essere distinte tre grandi unità idrostrutturali, spesso a loro volta suddivisibili in sub-idrostrutture.

Dalla più bassa alla più alta nell'edificio idrostrutturale si riconoscono:

- Unità Monte Ramalloro-M. Inici, che deriva dalla deformazione di successioni del dominio Trapanese (suddividibile nelle idrostrutture di secondo ordine di Monte Inici, Pizzo Fegotto, M. Pispisa-M. Barbaro, Montagna Grande e Monte Bonifato);
- Unità Monte Monaco-Monte Sparagio che deriva dalla deformazione di successioni del dominio Panormide (suddividibile nelle idrostrutture di secondo ordine di Monte Monaco; Monte Acci, Monte Speziale-Monte Palatimone, Monte Sparagio-Monte Cofano e Monte Erice); - Unità Prepanormidi, che risultano di scarso interesse dal punto di vista idrogeologico.

La prima unità idrostrutturale ricade in parte nel Foglio "Castellammare del Golfo" (sub-unità Monte Inici) e nell'attiguo Foglio "Alcamo" (sub-unità M. Inici, M. Pispisa-M. Barbaro, Pizzo Fegotto e Montagna Grande). La seconda unità rientra in gran parte nel Foglio "Castellammare del Golfo" e nel contiguo Foglio "Trapani" (sub-unità Monte Erice). Gli affioramenti dei terreni tardorogeni, discordanti sulle unità costituenti l'ossatura dell'edificio tettonico dei Monti di Trapani-Castellammare del Golfo, ospitano nel loro seno diversi acquiferi (il più produttivo negli intervalli arenaceo-conglomeratici della formazione Terravecchia), separati da orizzonti impermeabili o semi-permeabili. Le evaporiti messiniane, invece, danno vita a sorgenti selenitose, utilizzate per uso irriguo. I depositi sabbioso-calcarenitici e conglomeratici plio-pleistocenici, dei dintorni di Castellammare del Golfo, sono caratterizzati dalla presenza d'acquiferi multifaialda, utilizzati principalmente tramite la captazione per pozzi. L'indiscriminato sfruttamento di tali acquiferi ha generato, specie nella fascia costiera, fenomeni di ingressione di acqua marina, con conseguente scadimento della qualità delle acque emunte. (RIF. NOTE ILLUSTRATIVE ISPRA DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000 FOGLIO 593 CASTELLAMMARE DEL GOLFO)

5 DATI GEOFISICI E GEOTECNICI

5.1 ARCHIVIAZIONE INFORMATICA (DATABASE)

I dati delle indagini geologiche e geofisiche pregressi, premianti e integrativi, funzionali allo studio di microzonazione sono stati catalogati in forma di DB (database) georeferenziato seguendo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica elaborati dalla Commissione Tecnica Nazionale per la Microzonazione sismica, nell’ultima versione 4.1, utilizzando il software specifico SoftMS.

Per tutte le indagini pregresse e di nuova realizzazione, puntuali e lineari, si procederà alla compilazione delle tabelle “Sito”, “Indagine” e “Parametri” tramite SoftMS. Contestualmente, ricavate le coordinate geografiche in ETRF89, verranno ubicati i punti di indagine editand o gli shapefile “Ind_Pu” e “Ind_In”. Per entrambi gli shapefile in Gis verrà compilato anche il campo “ID_SPU” e “ID_SLN” con il codice generato su SoftMS, che rappresenta il campo chiave per permettere il join con le tabelle compilate, contenenti tutte le informazioni archiviate per ogni sito di indagine.

Le indagini archiviate tramite il software SoftMS, ubicate cartograficamente in ambiente GIS rappresentano la base per la costruzione della Carta delle Indagini.

46

5.2 INDAGINI PREGRESSE E DI NUOVA REALIZZAZIONE

I dati geotecnici e geofisici di base utilizzati per il presente studio consistono in:

1. Dati pregressi ritenuti utili ai fini degli studi e selezionati tra quelli pubblicati sul catalogo ISPRA, resi disponibili, tramite DRPC, dall’Amministrazione Comunale e da altri Enti (Es. Ferrovie dello Stato, Genio Civile, ecc) e dati pregressi nella disponibilità dei professionisti componenti la rete MZS Sicilia e/o messi a disposizione da altri professionisti (Tabb.5.4.1 e 5.2);
2. Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;
3. Misure di rumore sismico ambientale eseguite a stazione singola con elaborazione H.V.S.R (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio)
4. Prove sismiche con tecnica attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

I dati utilizzati ricadenti nell’area di studio perimetrata per il comune di Alcamo se ritenuti utili ai fini del presente studio sono elencati nelle tabelle che seguono:

INDAGINI PREGRESSE		
Tipo	Provenienza	Quantità
Sondaggi a carotaggio continuo	Studi geologici eseguiti per la progettazione di opere pubbliche che private; sondaggi censiti (Fonte ISPRA)	20
Indagini HVSR	Studi geologici eseguiti per la progettazione di opere pubbliche che private	29
Tomografia Sismica	Studi geologici eseguiti per la progettazione di opere pubbliche che private	6

Tab. 5.1 – Sintesi delle prove geognostiche e geofisiche pregresse reperite per Alcamo

47

INDAGINI DI NUOVA REALIZZAZIONE		
Tipo	Quantità	
misure di rumore sismico ambientale eseguite a stazione singola con elaborazione HVSR	24	
Sondaggi a carotaggio continuo	1	
Sondaggio sismico DOWNHOLE	1	
Prove sismiche con tecnica attiva MASW	3	
Tomografia Sismica	1	
Tomografia Elettrica	1	

Tab. 5.2 – Sintesi delle prove geofisiche di nuova realizzazione eseguite a Alcamo

5.3 INDAGINI HVSR

Il metodo HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio technique*) (Nakamura, 1989) è una tra le tecniche più utilizzate ed affidabili per la stima delle frequenze principali di vibrazione di vibrazione (o frequenze di risonanza) del suolo, a partire da registrazioni di microtremore (noise) sismico eseguite attraverso una singola stazione singola posta in superficie.

Il microtremore sismico 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, generate 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, processi di circolazione di fluidi e micro-fratturazione nel sottosuolo. Esistono anche sorgenti di natura antropica che producono rumore sismico generalmente a carattere locale e frequenze superiori in genere a 20 Hz.

Il contrasto d'impedenza sismica tra gli strati di terreno a diversa rigidità causa effetti di amplificazione del moto sismico in superficie, in particolare, verificata l'ipotesi per cui la

componente verticale del moto sia esente da effetti di amplificazione, la funzione di amplificazione è determinabile come il rapporto tra le componenti spettrali orizzontali (H) e quella verticale (V) di una stessa registrazione in superficie. Tale funzione è propriamente indicata come curva H/V ed esprime la variazione dell'amplificazione del terreno in funzione della frequenza.

Nell'area d'indagine di Alcamo sono state reperite N° 29 indagini HVSR pregresse e sono state eseguite n° 24 nuove indagini, per un totale di n.53 indagini HVSR. L'ubicazione delle nuove indagini è stata ottimizzata in modo da ottenere una copertura finale omogenea su tutta l'area d'indagine e poter caratterizzare le principali microzone omogenee prevedibili.

Per la registrazione dei rumori sismici è stato utilizzato sia per le indagini pregresse che per le nuove

- **JEATROM DOLANG** dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, Signal/Noise 124db at 1KHz, conversion 24bit sigma-delta, Frequency response 0 - 800Hz, Sampling frequency 250Hz, 500Hz, Usb Power autonomy PC battery

Delle 29 misure HVSR reperite ed acquisite nel centro abitato di Alcamo, **tutte le indagini** hanno evidenziato la presenza di possibili fenomeni di amplificazione del moto del suolo dovute a fenomeni di risonanza (tabella 5.3), che testimoniano la presenza di contrasti significativi di rigidità all'interno del substrato affiorante.

48

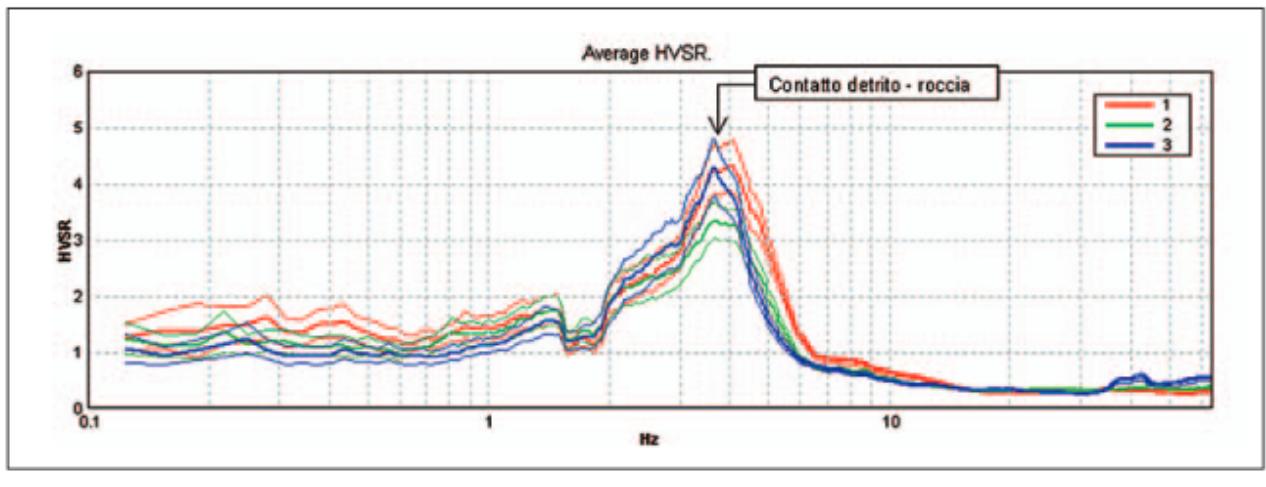


Fig 5.1 - Esempio frequenza di risonanza **f0** secondo criteri Sesame

Fi

ID_spu	F0 (Hz) Intervallo 0.1 ÷ 20 Hz	A0 Ampiezza H/V
081001P3	2.9	3.50
081001P2	--	--
081001P4	3.20	6
081001P5	3.50	2.10
081001P8	--	--
081001P6	3.5	5.05
081001P7	--	--
081001P9	3.1	5.1
081001P11	3.3	6.2
081001P10	--	--
081001P12	1.85	3.78
081001P13	7.5	6
081001P14	1.5	2.55
081001P16	--	--
081001P15	--	--
081001P17	6.20	2.01
081001P18	--	--
081001P19	--	--
081001P21	9.5	5.3
081001P23	3.8	4.2
081001P22	1.5	3.1
081001P24	1.8	4.1
081001P25	7.5	5
081001P27	3.7	6
081001P28	--	--
081001P29	5.1	3.8
081001P30	9	2.3
081001P31	--	--
081001P32	--	--
081001P76	--	--
081001P77	1.73/7.31	2.80/3.80
081001P78	1.06	2.22
081001P79	0.63	2.00

081001P80	0.41	2.06
081001P81	0.34	2.00
081001P82	11.03	3.20
081001P83	1.45	2.61
081001P84	1.81	2.41
081001P85	0.98	2.00
081001P86	3.10	4.50
081001P87	2.31	2.50
081001P88	1.41	2.70
081001P89	--	--
081001P90	--	--
081001P91	--	--
081001P92	13.31	2.80
081001P93	1.31	2.00
081001P94	2.25	2.00
081001P95	--	--
081001P96	--	--
081001P97	2.19	2.00
081001P98	2.06	2.70
081001P99	7.47	2.24

Tabella. 5.3 - frequenza e rapporto H/V dei picchi significativi individuati

5.4 PROVE SISMICHE MASW

Il metodo MASW

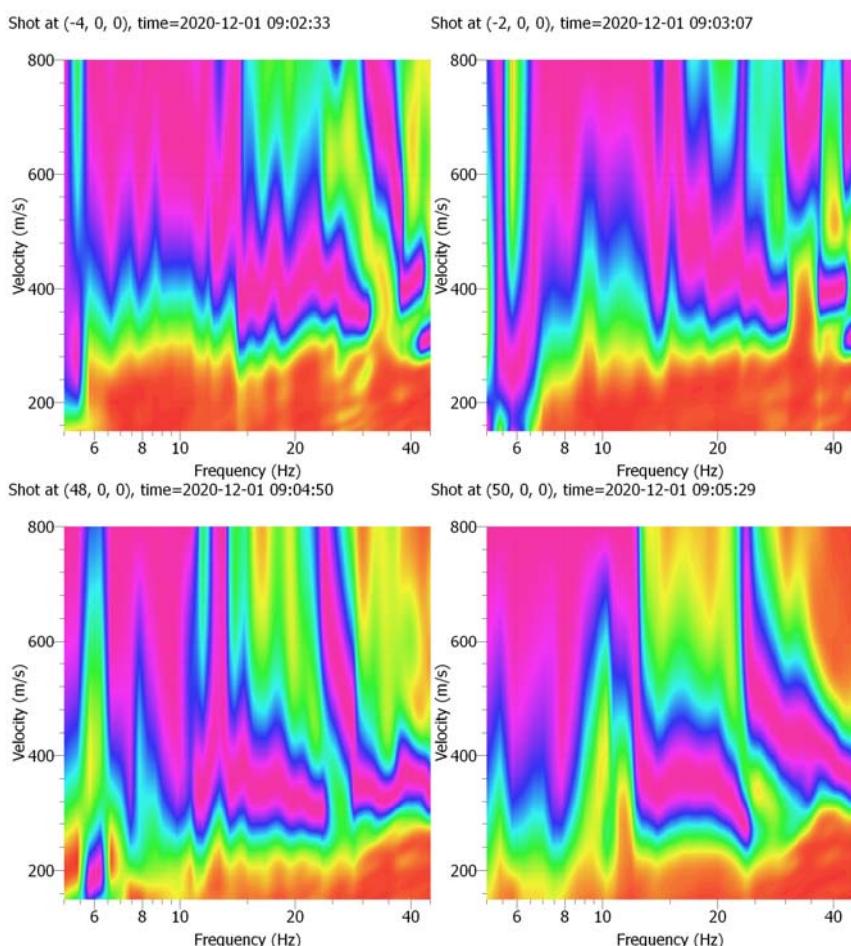
Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), messo a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999), è una tecnica di indagine non invasiva per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs studiando, attraverso un array lineari di sensori, le caratteristiche di propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh. Nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo P, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo Rayleigh.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda. Questa proprietà si chiama dispersione e può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali e ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s).

All'interno dell'area di studi di Alcamo sono stati eseguiti N° 3 profili MASW, per l'acquisizione dei dati sperimentali riportati in figura 3 è stato utilizzato un sismografo della AMBROGEO accoppiato a 24 geofoni verticali da 4,5 Hz, mentre per l'energizzazione è stata utilizzata una massa battente da 10 Kg con un piattello metallico per l'accoppiamento con il terreno.

MASW S1

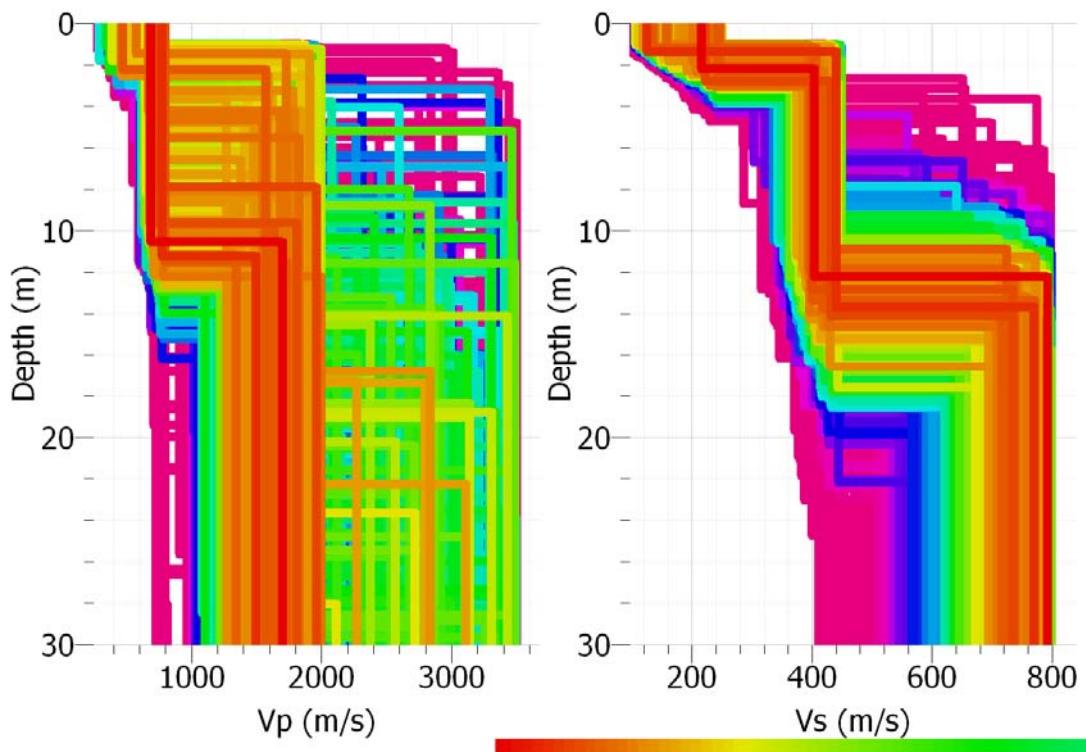
L'indagine MASW S1 è stata eseguita nella via Pietro Galati, dallo spettro di velocità normalizzato di figura 4, è stato effettuato il picking del modo fondamentale di propagazione delle onde di Rayleigh, dominante nell'intervallo di frequenza 6–40Hz, e di è stato possibile estrarre la relativa curva di dispersione sperimentale.



51

Figura 5.2 - Spettri di velocità normalizzato

Attraverso la procedura d'inversione delle curve di dispersione sperimentale, sono stati ottenuti i modello verticali di velocità delle onde S di figura 5.3.



52

Fig. 5.3- profilo verticale delle velocità ottenute dall'interpretazione delle curve di dispersione

PARAMETRI BEST MODEL		
Strato	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	2.6	204
2	11.00	434
3	indefinito	680

Tabella 5.4: Modello 1D verticale di velocità delle onde S

In Tabella 5.4 vengono riassunti i principali parametri fisici e geometrici del modello sintetico che presenta la minima deviazione standard tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione calcolata come risposta del modello stesso.

Il modello sismico monodimensionale ottenuto dall'elaborazione dell'indagine MASW, presenta una profondità H del substrato pari superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ viene definita quindi dal parametro $V_{S,eq}$ ottenuto ponendo $H=30$ m nell'espressione 3.2.1 definita al paragrafo 3.2.2 del D.M. 17.01.2018. Considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità, si ottiene.

$$V_{S,eq} = 482 \text{ m/s}$$

Che corrisponde ad una categoria di **sottosuolo di tipo B**

Categoria	Descrizione delle categorie di sottosuolo
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tabella 3.2.II (N.T.C. 2018) – Categorie di sottosuolo

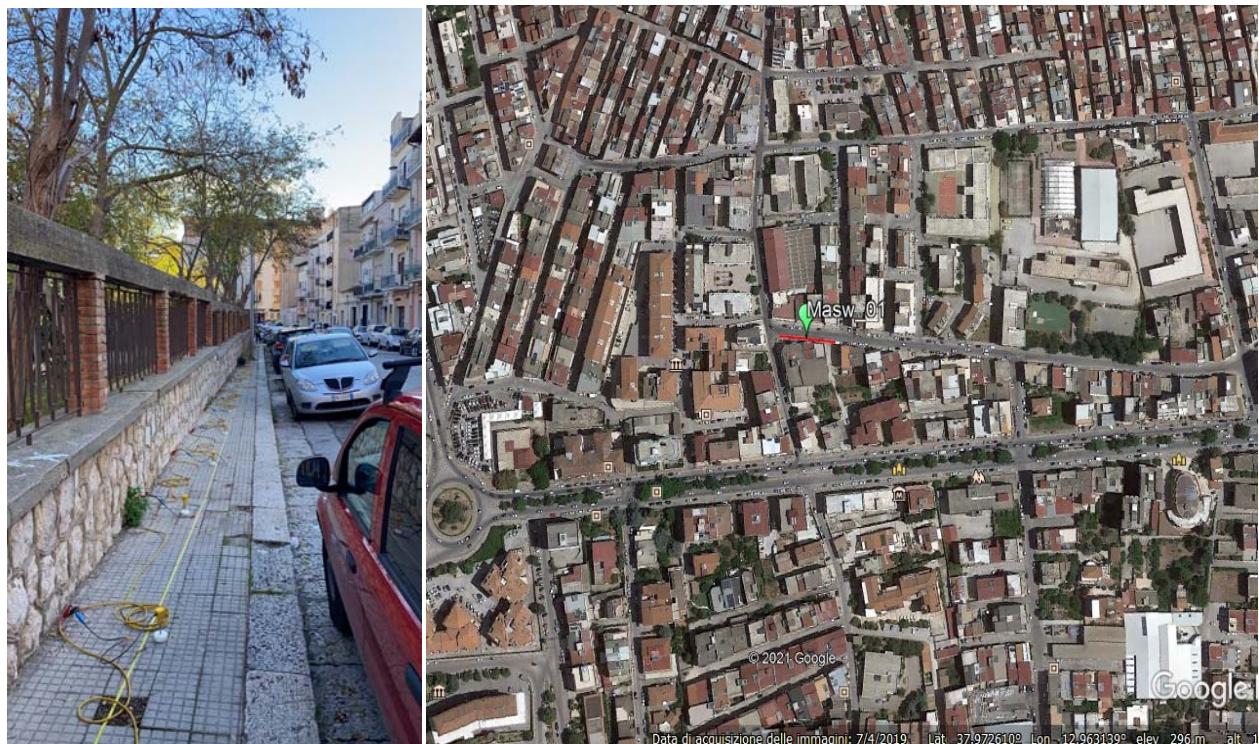
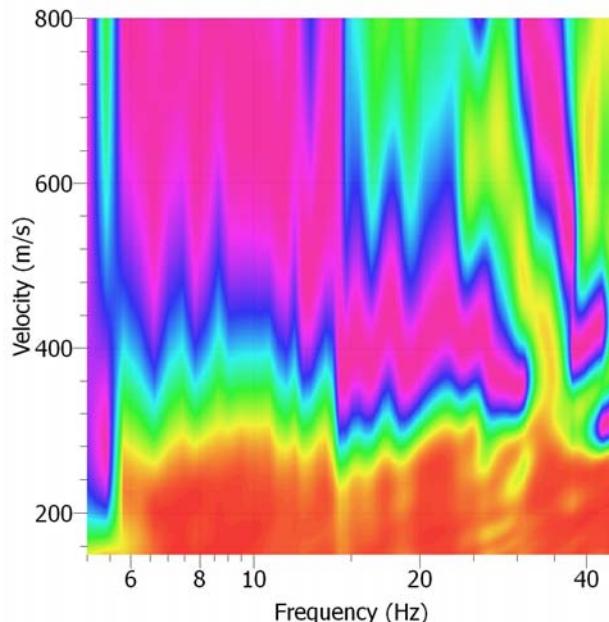


Figura 5.5 - Ubicazione e foto stendimento MASW 01

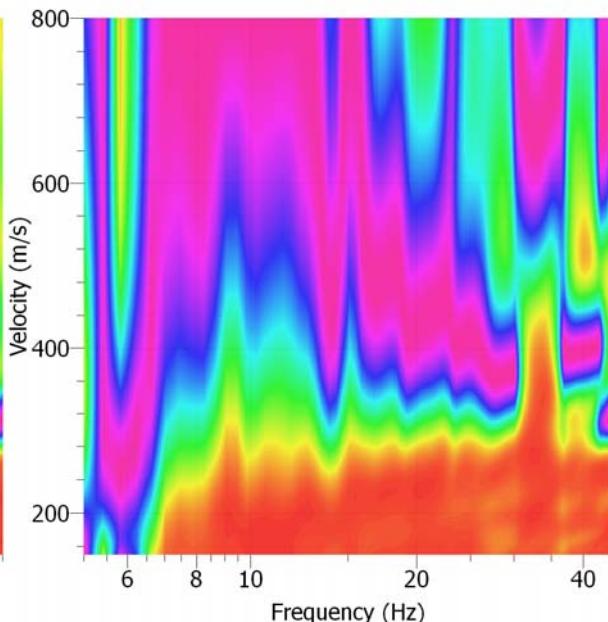
MASW S2

L'indagine MASW S2 è stata eseguita in PIAZZA DELLE REPUBBLICHE, dallo spettro di velocità normalizzato di figura 4 è stato effettuato il picking del modo fondamentale di propagazione delle onde di Rayleigh, dominante nell'intervallo di frequenza 6–40 Hz, ed è stato possibile estrarne la relativa curva di dispersione sperimentale.

Shot at (-4, 0, 0), time=2020-12-01 09:02:33

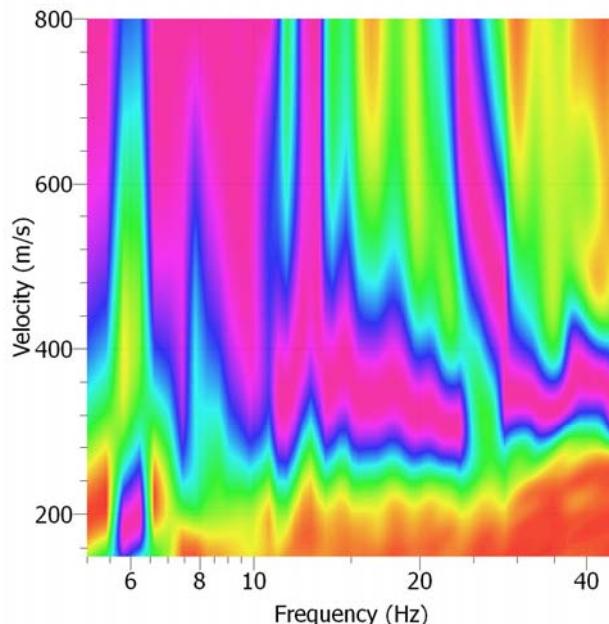


Shot at (-2, 0, 0), time=2020-12-01 09:03:07



54

Shot at (48, 0, 0), time=2020-12-01 09:04:50



Shot at (50, 0, 0), time=2020-12-01 09:05:29

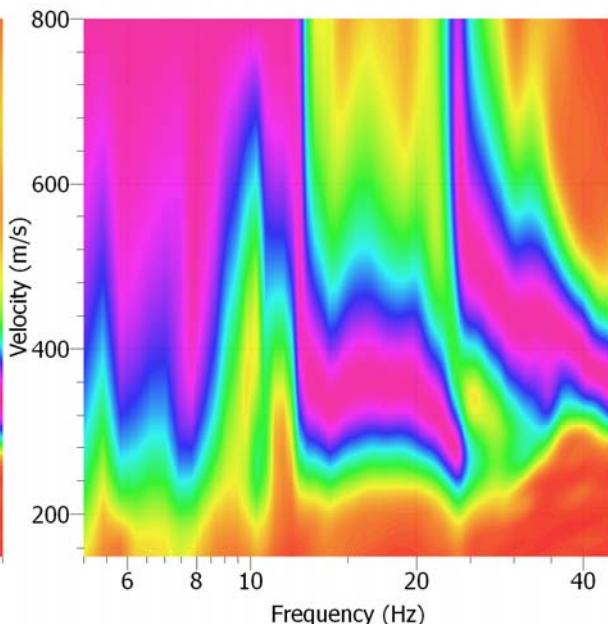


Figura 5.6 -Spettri di velocità normalizzato

Attraverso la procedura d'inversione delle curve di dispersione sperimentale, sono stati ottenuti i modello verticali di velocità delle onde S di figura 5.7.

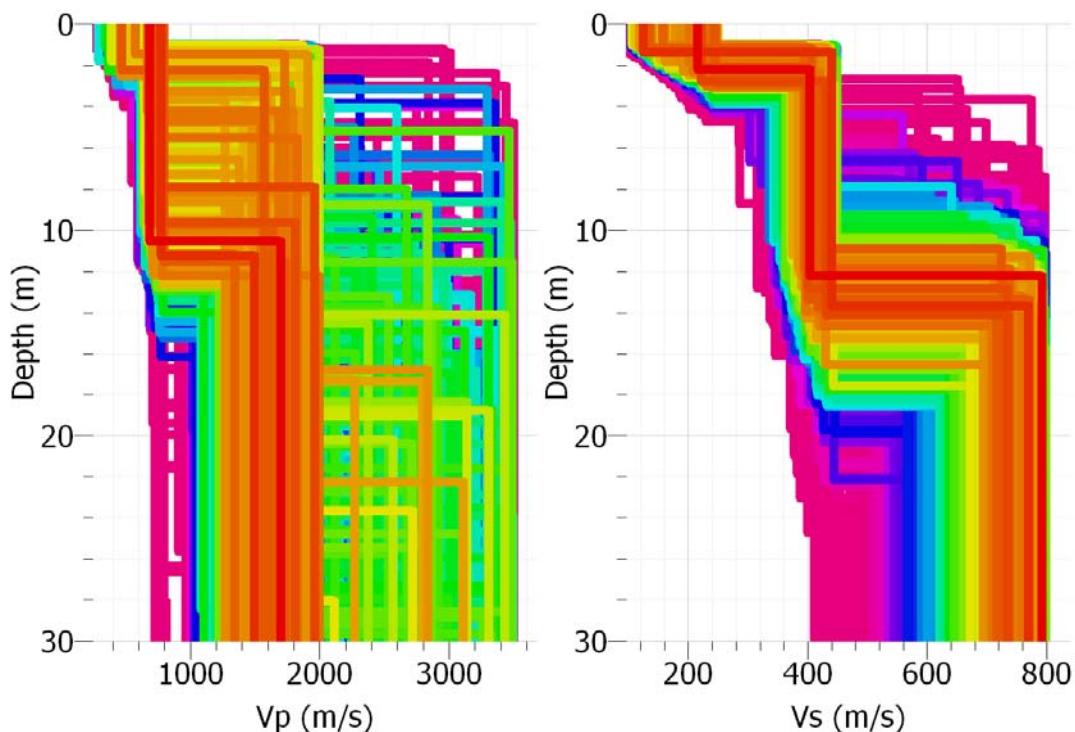


Fig. 5.7 -profilo verticale delle velocità ottenute dall'interpretazione delle curve di dispersione

55

PARAMETRI BEST MODEL		
Strato	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	1.2	226
2	4.2	525
3	indefinito	1038

Tabella 5.5 - Modello 1D verticale di velocità delle onde S.

In Tab. 5.5 vengono riassunti i principali parametri fisici e geometrici del modello sintetico che presenta la minima deviazione standard tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione calcolata come risposta del modello stesso.

Il modello sismico monodimensionale ottenuto dall'elaborazione dell'indagine MASW, presenta una profondità H del substrato pari superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ viene definita quindi dal parametro $V_{S,eq}$ ottenuto ponendo $H=30$ m nell'espressione 3.2.1 definita al paragrafo 3.2.2 del D.M. 17.01.2018. Considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità, si ottiene.

$$V_{S,eq} = 405 \text{ m/s}$$

Che corrisponde ad una categoria di **sottosuolo di tipo B**

Categoria	Descrizione delle categorie di sottosuolo
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tabella 3.2.II (N.T.C. 2018) – Categorie di sottosuolo

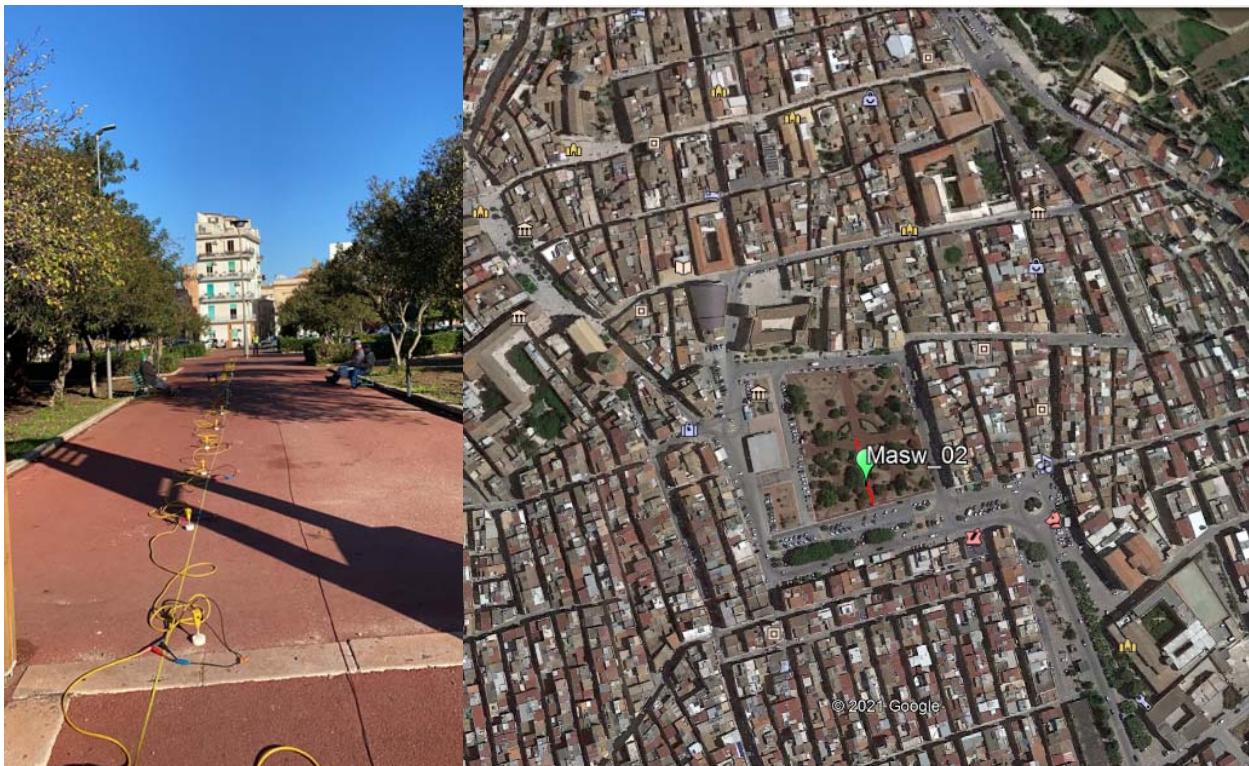
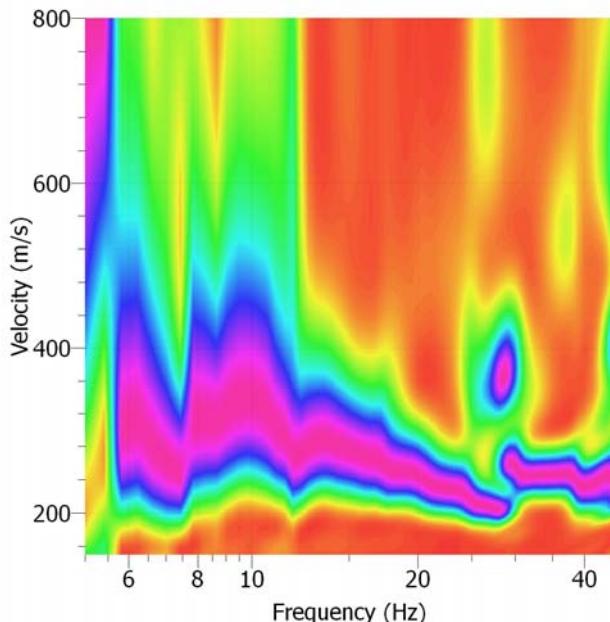


Figura 5.8 - Ubicazione stendimento MASW 2

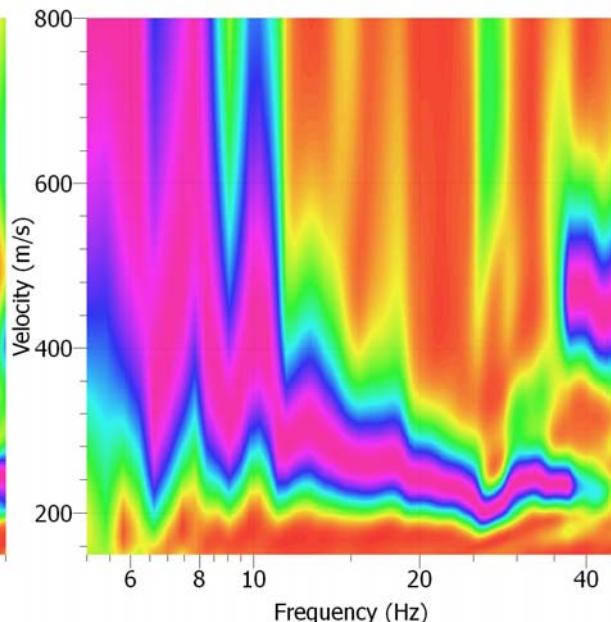
MASW S3

L'indagine MASW S2 è stata eseguita in ALCAMO MARINA SS 187, dallo spettro di velocità normalizzato di figura 4 è stato effettuato il picking del modo fondamentale di propagazione delle onde di Rayleigh, dominante nell'intervallo di frequenza 6–40 Hz, ed è stato possibile estrarne la relativa curva di dispersione sperimentale.

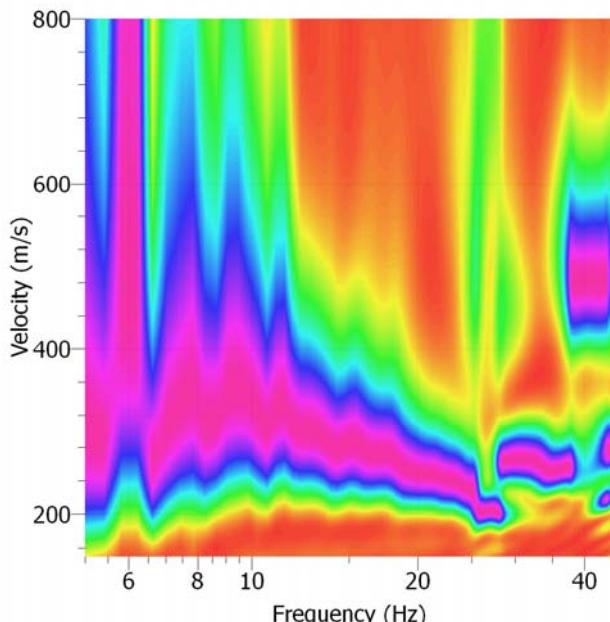
Shot at (-4, 0, 0), time=2020-11-25 11:21:28



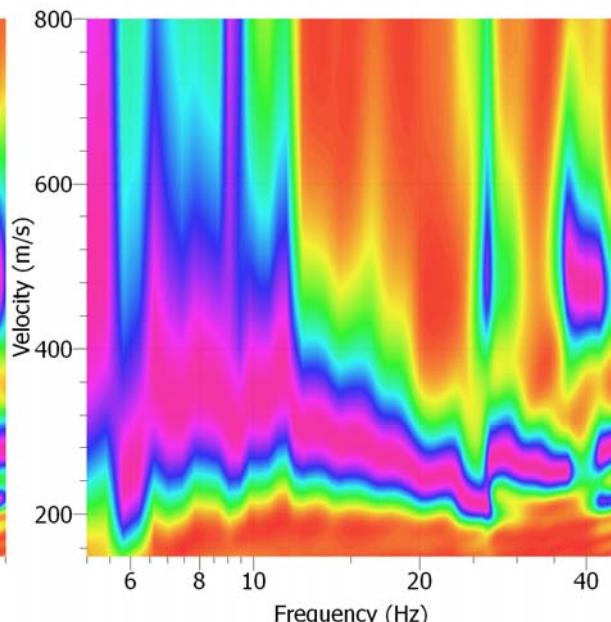
Shot at (-2, 0, 0), time=2020-11-25 11:22:49



Shot at (48, 0, 0), time=2020-11-25 11:24:27



Shot at (50, 0, 0), time=2020-11-25 11:25:12



57

Figura 5.9 -Spettri di velocità normalizzato

Attraverso la procedura d'inversione delle curve di dispersione sperimentale, sono stati ottenuti i modello verticali di velocità delle onde S di figura 5.10.

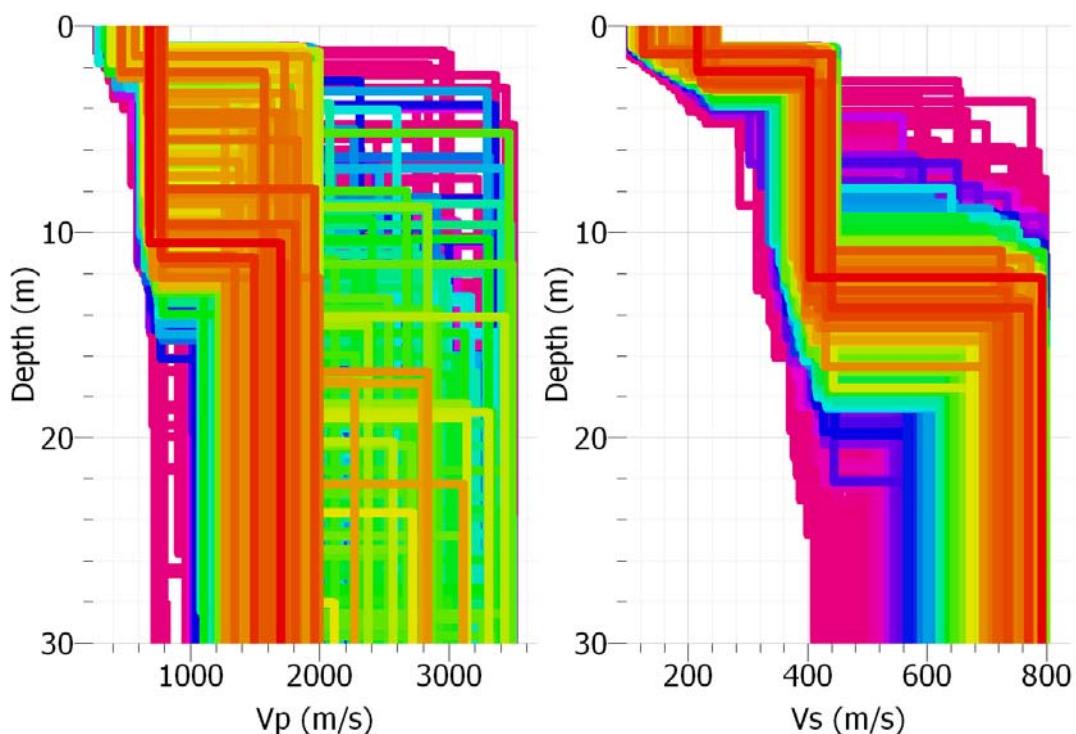


Fig. 5.10 -profilo verticale delle velocità ottenute dall'interpretazione delle curve di dispersione

58

PARAMETRI BEST MODEL		
Strato	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	7.9	244
2	20	394
3	indefinito	618

Tabella 5.6 - Modello 1D verticale di velocità delle onde S.

In Tab. 5.6 vengono riassunti i principali parametri fisici e geometrici del modello sintetico che presenta la minima deviazione standard tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione calcolata come risposta del modello stesso.

Il modello sismico monodimensionale ottenuto dall'elaborazione dell'indagine MASW, presenta una profondità H del substrato pari superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ viene definita quindi dal parametro $V_{S,eq}$ ottenuto ponendo $H=30$ m nell'espressione 3.2.1 definita al paragrafo 3.2.2 del D.M. 17.01.2018. Considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità, si ottiene.

$$V_{S,eq} = 379 \text{ m/s}$$

Che corrisponde ad una categoria di **sottosuolo di tipo B**

Categoria	Descrizione delle categorie di sottosuolo
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tabella 3.2.II (N.T.C. 2018) – Categorie di sottosuolo



59

Figura 5.8 - Ubicazione stendimento MASW 2

5.5 PROVE GEOTCNICHE DI LABORATORIO

Sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio su due campioni indisturbati, prelevati dal sondaggio geognostico di nuova realizzazione S1DH.

La profondità di prelievo del campioni è di 11.70/12.00, 25.70/26.00; e le principali prove effettuate vengono riassunte nella tabella seguente:

Verbale accettazione N.

501 del 09/07/2021

Committente:

Servizio Rischio Sismico e Vulcanico S3

Progetto / Lavoro: Studi di microzonazione sismica di livello 1 (MS1) e della condizione limite per l'emergenza (CLE) - LOTTO A
Località Prelievo Campione : Alcamo(TP)

Sond.	Camp.	prof. (m)	W (%)	γ (kN/m ³)	Taggio		TXUU ell	Descrizione visiva
					c'	ϕ'		
S1DH	CI1	11.70-12.00		23.72			27.07	Calcare organogeno con vacuoli centimetrici, di colore bianco crema
S1DH	CI2	25.70-26.00		23.51			33.84	Calcare organogeno massivo con presenza di giunti stitolitici

6.1 STIMA DEL MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

L'analisi critica e le verifiche in campo della cartografia geologica esistente unitamente ai dati di sottosuolo provenienti dalle indagini geologiche e geofisiche reperite e dalle acquisizioni di sismica passiva HVSR e attiva MASW realizzate nell'ambito del presente studio, hanno permesso una preliminare ricostruzione del modello geologico del centro urbano di Alcamo e delle periferie limitrofe all'abitato, perimetrata all'interno dell'area di studio.

Il modello geologico è propedeutico alla ricostruzione del modello geologico-tecnico preliminare per la microzonazione sismica di 1° livello (MS1).

In un secondo tempo, per la redazione degli studi di MS3, le caratteristiche geotecniche e la presenza delle eventuali discontinuità dei corpi rocciosi nel sottosuolo saranno integrate mediante indagini dirette e indirette aggiuntive e migliorative, secondo quanto proposto in sede di gara e dopo l'approvazione dello specifico piano delle indagini e con ulteriori indagini pregresse ancora reperibili.

60

L'assetto geologico del sottosuolo nei limiti dell'area di studio è stato ricostruito in sei profili geologici schematici rappresentativi di diversi settori del territorio studiato. Le tracce delle sezioni sono riportate nella carta Geologica e Geomorfologica redatta appositamente (criterio premiante) nell'ambito di questo progetto (Allegati Grafici - Tav. 1) e nella CGT.

PROFILO A-A'

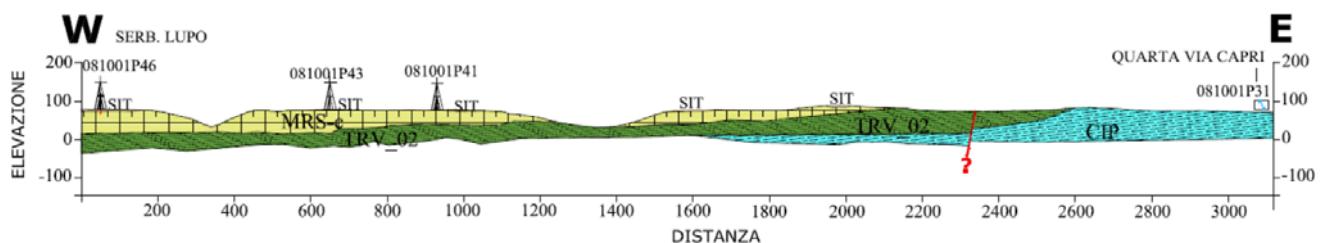


Fig. 6.1 – Sezione Geologico-Geomorfologica A-A'

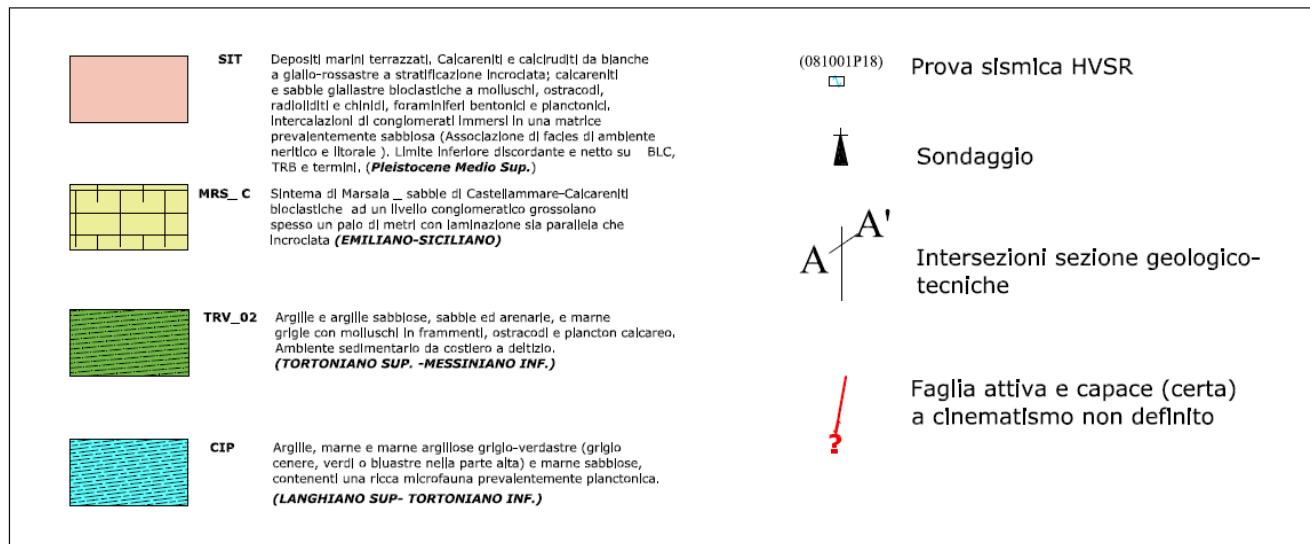


Fig. 6.2 – Legenda Geologico-Geomorfologica A-A'

La sezione A – A' (Fig.6.1) è posizionata parallelamente all'abitato di Alcamo Marina, in direzione W-E, ed ha una lunghezza di 3200 ml. La sezione lascia intravvedere un profilo altimetrico leggermente ondulato compreso tra le quote 40 m e 80 m. Litologicamente intercetta, a partire dal basso, i terreni marnoso argillosi riferibili alla formazione (TRV_02) e verso la progressiva 1700 ml le Marne di San Cipirello (C/P). Nella porzione più alta le biocalcarenti di Marsala(MRS_c), poggiano in continuità litologica-statografica i depositi Marini Terrazzati (S/T) costituiti calcareniti e calciruditi da bianche a giallo-rossastre a stratificazione incrociata; con intercalazioni di conglomerati immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa. Dal punto di vista strutturale come accennato nel *paragrafo 3.3 faglie attive e capaci*, in prossimità della Casa di Cascia, la sezione intercetta una faglia attiva e capace certa con cinematismo non definito vista nel Catalogo ITHACA. La faglia è di tipo distensivo con immersione NW e che dislocano le formazioni TRV_02 e CIP.

PROFILO B-B'

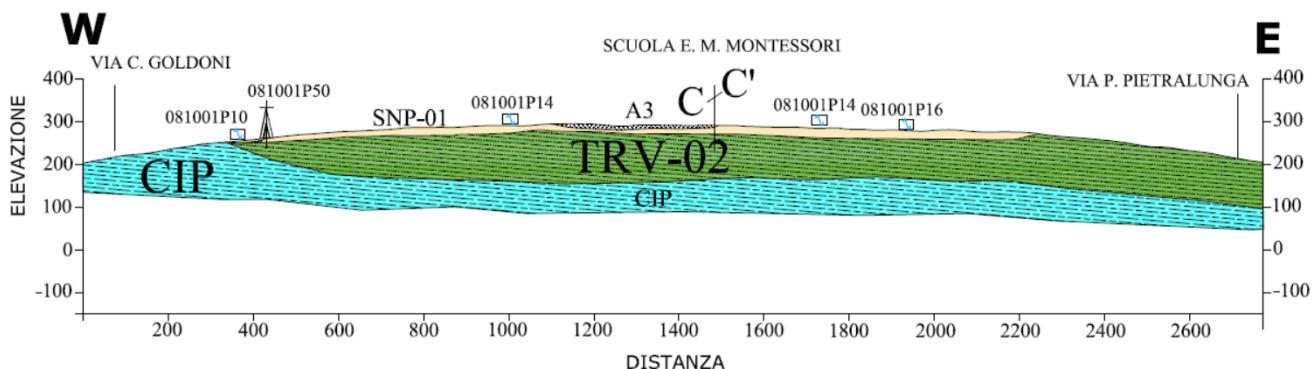


Fig. 6.3 – Sezione Geologico-Geomorfologica B-B'

	A3 Detrito di Falda -Materiale Incoerente ad elementi lapidei eterogeni ed eterometri spigolosi, In matrice sabbiosa più o meno scarsa, Spessore da 3 a 20 m. (OLOCENE)		CIP Argille, marne e marne argillose grigio-verdastre (grigio cenere, verdi e bluastre nella parte alta) e marne sabbiose, contenenti una ricca microfauna prevalentemente planctonica, (LANGHIANO SUP- TORTONIANO INF.)
	SIT Depositi marini terrazzati, Calcarei e calcaruditi da bianche a giallo-rossastre a stratificazione incrociata; calcareniti e sabbie giallastre bioclastiche a molluschi, ostracodi, radiolitidi e chitnidi, foraminiferi bentonici e planctonici. Intercalazioni di conglomerati immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa (Associazione di facies di ambiente neritico e litorale.). Limite Inferiore discordante netto su BLC, TRB e termini, (Pleistocene Medio Sup.)		AMM_a Banchi di calcaruditi bianchi a foraminiferi planctonici nei quali si intercalano calcareniti risicilmatate in livelli centimetrico-decmetrici che diventano, via via, verso l'alto, potenti litosmi clastico-carbonatici. I clasti della breccia e della matrice calcarenitica sono frammenti di rudistidi, alghe, coralli, briozoi, gasteropodi, crinoidi, foraminiferi bentonici e macroforaminiferi. I termini calcaruditi della formazione sono stati riconosciuti come wackestone. L'ambiente di sedimentazione è di margine e di scarpa, comunque pelagico, (CRETACEO SUPERIORE-EOCENE)
	SNP_02 Subsistema di Tommaso Natale- Sedimenti marino e continentali depositatisi su piattaforme di abrasione o conservatisi all'interno di grotte marine o cavità carlsiche, (PLEISTOCENE MEDIO)	(081001P18)	Prova sismica HVSR
	TRV_02 Argille e argille sabbiose, sabbie ed arenarie, e marne grigie con molluschi in frammenti, ostracodi e plancton calcareo. Ambiente sedimentario da costiero a deltaico, (TORTONIANO SUP. -MESSINIANO INF.)		
			<p>Sondaggio Intersezioni sezione geologico-tecniche</p>

Fig. 6.4 – Legenda Geologico-Geomorfologica B-B''

La sezione B – B'(fig.6.3) è posizionata in direzione ad andamento prevalente W-E, incrociando la sezione C-C' alla progressiva 1500 ml. Ha uno sviluppo di circa 2700 m. Il profilo, si sviluppa lungo il centro abitato di Alcamo; dal punto di vista altimetrico si parte da un'altitudine di 206 m s.l.m per raggiungere nella parte centrale della sezione i 300 m s.l.m, per poi riscendere a circa 200 m.

62

Dal punto di vista stratigrafico partendo dalla parte alta si trovano dai depositi del Subsistema di Piano di Sopra (SNP_01), ricoperte dai detriti di falda (A3). In contatto discordante, nella parte sottostante troviamo al membro pelitico della Formazione Terravecchia (TRV_02), poggiante in contatto litologico stratigrafico con le marne di San Cipirello (C/P)

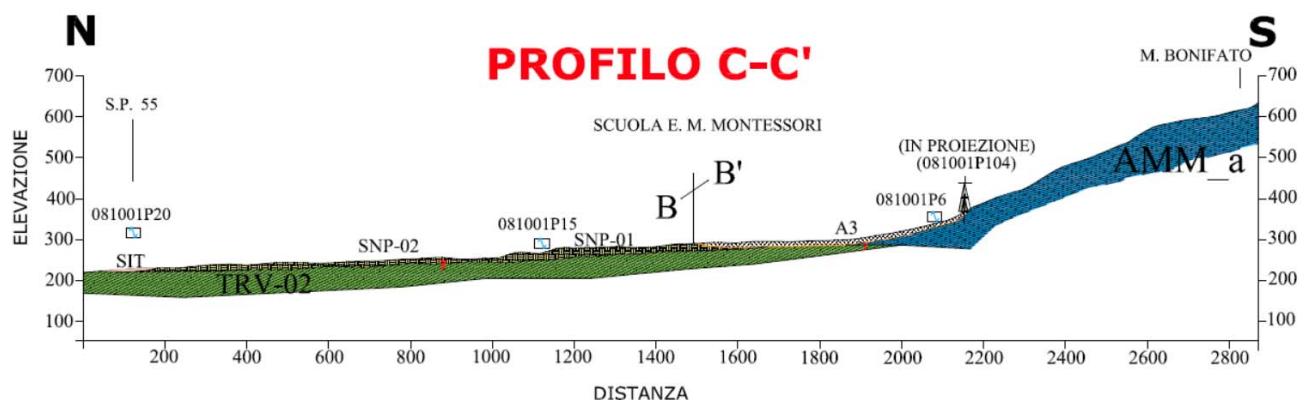


Fig. 6.5 – Sezione Geologico-Geomorfologica C-C'

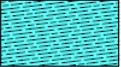
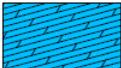
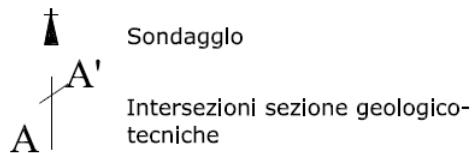
	A3 Detrito di Falda - Materiali incoerenti ad elementi lapidei e terrogeni ed eterometridi spogliosi, in matrice sabbiosa più o meno scarsa, Spessore da 3 a 20 m. (OLOCENE)		CIP Argille, marne e marne argillose grigio-verdastre (grigio cenere, verdi o bluastre nella parte alta) e marne sabbiose, contenenti una ricca microfauna prevalentemente planctonica, ((LANGHIANO SUP- TORTONIANO INF.))
	SIT Depositi marini terrazzati, Calcarenti e calciruditi da bianche a giallo-rossastre a stratificazione incrociata; calcarenti e sabbie giallastre bioclastiche a molluschi, ostracodi, radiolitidi e chilnidi, foraminiferi bentonici e planctonici. Intercalazioni di conglomerati immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa (Associazione di facies di ambiente neritico e litorale). Limite Inferiore discordante e netto su BLC, TRB e termini, (Pleistocene Medio Sup.)		AMM_a Banchi di calcilutiti bianche a foraminiferi planctonici nei quali si intercalano calcareniti risedimentate in livelli centimetrici che diventano, via via, verso l'alto, potenti litosmi clastico-carbonatici. I clasti della breccia della matrice calcarenitica sono frammenti di rudistidi, alghe, coralli, briozoi, gasteropodi, crinidi, foraminiferi bentonici e macroforaminiferi. I termini calcilutitici della formazione sono stati riconosciuti come wackestone. L'ambiente di sedimentazione è di margine e di scarpa, comunque pelagico, ((CRETACEO SUPERIORE-EOCENE))
	SNP_01 Subsistema di Tommaso Natale- Sedimenti marino e continentali depositatisi su piattaforme di abrasione e conservatisi all'interno di grotte marine e cavità carsiche, (PLEISTOCENE MEDIO)	(081001P18) Prova sismica HVSR	
	TRV_02 Argille e argille sabbiose, sabbie ed arenarie, e marne grigie con molluschi in frammenti, ostracodi e plancton calcareo. Ambiente sedimentario da costiero a dellizioso, ((TORTONIANO SUP. -MESSINIANO INF.))		

Fig. 6.6 – Legenda Geologico-Geomorfologica C-C''

La sezione C-C'(fig.6.3) è posizionata in direzione ha andamento prevalente N-S, incrociando la sezione B-B' alla progressiva 1500 ml. Ha uno lunghezza di circa 2900 m. Il profilo da sud verso nord, si sviluppa lungo il Monte Bonifato ad un'altitudine di 630 m s.l.m per raggiungere poi la periferia settentrionale i 220 m s.l.m.

63

Dal punto di vista stratigrafico la parte interessata del monte Bonifato è costituita prevalentemente dalla Formazione Amerillo (*AMM_a*) da banchi di calcilutiti bianche a foraminiferi planctonici nei quali si intercalano calcareniti risedimentate in livelli centimetrici. Scendendo verso il centro abitato, le *AMM_a* molto probabilmente poggiano con contatto tettonico sulla formazione Terravecchia (*TRV_02*). Alle pendici di Monte Bonifato troviamo il detrito di falda(*A3*), soprastanti ai depositi del Subsistema di Piano di Sopra (*SNP_01*). In contatto discordante, nella parte sottostante alle *SNP_01* troviamo al membro pelitico della Formazione Terravecchia (*TRV_02*), che a sua volta poggiano in contatto litologico stratigrafico con le marne di San Cipirello (*CIP*).



6.2 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICO-TECNICHE

Contestualmente all'archiviazione dei dati pregressi acquisiti, le unità geologiche affioranti nell'area da sottoporre a studi di microzonazione e/o presenti nel sottosuolo sono state convertite in unità geologico-litotecniche, differenziando i terreni di copertura (Fig. 6.7) dal substrato geologico (Fig. 6.8).

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

Figura 6.7- Legenda della CGT_MS: terreni di copertura

Substrato geologico		
IS	IS	Incoerente o poco consolidato
LP	LP	Lapideo
GR	GR	Granulare cementato
CO	CO	Coesivo sovraconsolidato
AL	AL	Alternanza di litotipi
ISS	ISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato
LPS	LPS	Lapideo, stratificato
GRS	GRS	Granulare cementato, stratificato
COS	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
ALS	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
SFIS	SFIS	Incoerente o poco consolidato fratturato / alterato
SFLP	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
SFGR	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
SFCO	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
SFAL	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
SFISS	SFISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato fratturato / alterato
SFLPS	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
SFGRS	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
SFCOS	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
SFALS	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

Figura 6.5- Legenda della CGT_MS: substrato geologico

Utile e talora fondamentale ai fini della idonea e funzionale discriminazione delle varie unità geologico-litotecniche è stata l'analisi della cartografia disponibile, anche a diverso tematismo (geomorfologica, geologica, idrogeologica e/o geologico-tecnica).

Per cartografare le coperture è stato considerato uno spessore minimo di 3 m e sono state

classificate utilizzando il sistema “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, classificazione recepita, con alcune modifiche, negli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”, in ultimo nella Versione 4.1_Sicilia (gennaio 2020), che prevede la suddivisione in sei gruppi principali a loro volta suddivisi in sottogruppi in relazione ad alcune proprietà indice.

Nella nuova versione, rispetto ai precedenti standard di archiviazione, sono stati introdotti nuovi codici relativi agli ambienti genetico-deposizionali e una nuova tipologia di terreni denominata “Litoide di Copertura” a cui viene associato il codice LC al fine di poter classificare all’interno dei terreni di copertura anche materiali consolidati e litoidi appartenenti a formazioni superficiali (Es. Lave). I codici, oltre che nella legenda sono riportati anche sulla singola area nella carta. Per cui ogni unità sarà identificata dal codice relativo al terreno di copertura e dal codice relativo all’ambiente genetico-deposizionale che aggiunge importanti indicazioni, soprattutto sulla geometria 2D dei corpi litologici. Le tabelle che seguono (Tab. 6.6 e Tab. 6.7) riportano le conversioni utilizzate per la classificazione nella CGT_MS1 delle unità litostratigrafiche riconosciute nell’area di Studio del comune di Alcamo.

66

TERRENI DI COPERTURA			
Unità Litostatografica		Unità Geologico-Litotecniche	
Unità	Descrizione	Unità	Descrizione
(H) Riporti Attuale	Terreni contenenti resti di attività antropica	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica (zz), costituiti da materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico costituito da ghiaia in matrice limo sabbioso debolmente addensato
(G2) Detrito di Spiaggia	Depositi di spiaggia e litoranei attuali Sabbie calcaree e, in subordine, quarzose, con frequenti livelli bioclastici	GW	Depositi spiaggia (sp) costituito da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo ben assortita
(SIT) Sistema di Barcarello	Depositi marini e continentali delimitati al letto da superfici di erosione marina (piattaforme di abrasione) o subaerea (scavate dalle acque dilavanti) e al tetto da superfici di non deposizione o di erosione subaerea talvolta pedogenizzate, spesso coincidenti con l’attuale piano topografico	GW	Terrazzi marini (tm) costituito da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (mediamente addensato)
(BB) Depositi Alluvionali	Miscela di ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi di natura poligenica in scarsa matrice limosa, costituenti gli attuali alvei dei corsi d’acqua. Spessore fino a 20 m.	GM	Depositi alluvionali (pi) costituito da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (da sciolto a poco addensato).
(A3) Detrito di falda	Materiale incoerente ad elementi lapidei eterogenei ed eterometrici spigolosi, in matrice sabbiosa più o meno scarsa, localmente a grossi	GM	Depositi di falda (fd) costituito da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (da sciolto a poco addensato).

	blocchi. Spessore da 3 a 20 m.		
(AFL_d) Depositi Dunali	Sabbie medio-finì quarzose di colore giallastro, ben cernite. Formano dune costiere e cordoni alti fino a 5 metri.	SP	Depositi dunali (de) costituito da sabbie pulite miscela di ghiaia, sabbia e limo poco assortita
(RFR) Sistema di Raffo Rosso	Detriti stratificati e cementati ad elementi eterometrici spigolosi o angolosi, quarzareniti e calcareniti eoliche.	LC	Depositi litoidi di copertura (fd) stratificati costituiti da elementi eterometrici spigolosi o angolosi, quarzareniti e calcareniti eoliche.

Tabella 6.6

SUBSTRATO GEOLOGICO			
Unità Litostratigrafica		Unità Geologico-Litotecniche	
Unità	Descrizione	Unità	Descrizione
(MRS) Sistema di Marsala	Alternanza di banchi o lenti di calcareniti e sabbie argillose di colore cangiante dal bianco, al giallo paglierino, al rossiccio. Fossili: Arctica islandica, Neptunea contraria, Pecten maximus. Formazione della Calcarenita di Marsala	SFGRS	Substrato granulare stratificato cementato fratturato o alterato di calcareniti bioclastiche intercalate a sabbie argillose
(MRS_c) Sistema di Marsala_sabbie di Castellammare	Calcareniti e sabbie di Castellammare (MRS-c) affioranti nella Piana di Castellammare.	SFGRS	Substrato granulare stratificato cementato fratturato o alterato di calcareniti bioclastiche intercalate a sabbie poco addensate
(SNP_01) Subsistema della Piana di Sopra	Conglomerati ed arenarie di spiaggia e suoli rimaneggiati contenti ricca fauna a mammiferi	SFGR	Substrato granulare cementato fratturato o alterato di conglomerati e sabbie addensate
(SNP_02) Subsistema di Tommaso Natale	Sedimenti marino-paralici e continentali depositatisi su piattaforme di abrasione o conservatisi all'interno di grotte marine o cavità carsiche.	SFGR	Substrato granulare cementato fratturato o alterato di conglomerati, calcareniti e sabbie addensate
(TRV-02) Formazione Terravecchia-membro pelítico	Argille e argille sabbiose, sabbie ed arenarie, e marne grigie con molluschi in frammenti, ostracodi e plancton calcareo. Ambiente sedimentario da costiero a deltizio.	SFCO	Substrato coesivo sovraconsolidato, fratturato o alterato costituito da argille e argille-sabbiose e con tenori variabili di marne argillose
(SIC) Formazione Castellana Sicula	Argille marnose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici cui si intercalano sabbie ed arenarie giallastre, talora bioclastiche con livelli microconglomeratici	SFCOS	Substrato coesivo sovraconsolidato stratificato fratturato o alterato costituito un'alternanza argille e marne argillose con tenori variabili in sabbie prevalentemente quarzose

(BLC) Formazione Marnoso arenacea del Belice	Argille, argille siltose, marne e marne sabbiose a foraminiferi planctonici Localmente note come ""argille azzurre"" hanno uno spessore di 10-50 m.	SFCOS	Substrato coesivo sovraconsolidato stratificato fratturato o alterato costituito un'alternanza argille siltose e marne argillose con tenori variabili in sabbie prevalentemente quarzose
--	---	-------	--

SUBSTRATO GEOLOGICO			
Unità Litostratigrafica		Unità Geologico-Litotecniche	
Unità	Descrizione	Unità	Descrizione
(LUO_a) Subsistema della Piana di Sopra	Argille, calcari ed Arenarie Glauconitiche Depositi terrigeni, a geometria cuneiforme, costituiti da calcareniti glauconitiche più o meno cementate, con alla base un conglomerato o breccia poligenica e noduli fosfatici ; passanti lateralmente e verso l'alto a marne, argille marmose	SFGRS	Substrato granulare cementato fratturato o alterato e stratificato di argille arenarie e depositi terrigeni
(BCO) Unità di Monte Bosco	Argille e marne argillo-sabbiose a foraminiferi planctonici	SFCOS	Substrato coesivo sovraconsolidato stratificato fratturato o alterato costituito un'alternanza argille e marne argillose con tenori variabili in sabbie prevalentemente quarzose
(DAT) Calchilutiti di Dattilo	Calchilutiti e calcisiltiti marnose rosse e verdastre a plancton calcareo e radiolari con intercalazioni di biocalcarenniti torbiditiche decimetri a bioclasti di mare basso. Spessore 80-120 m. Prismi di megabrecce carbonatiche (floatstone)	SFALS	Alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato di calchilutiti e calcisiltiti marnose
(AMM_A) Formazione Amerillo	Calchilutiti bianche e rossastre con liste e noduli di selce alternate a calchilutiti marnose e marne con foraminiferi. Rare intercalazioni di sottili livelli di calcareniti risedimentate.	SFALS	Alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato di calchilutiti e marne
(HYB) Formazione Hybla	Alternanze di marne ad aptici e calchilutiti selcifere con radiolari, foraminiferi, belemniti e rare ammoniti. Presenza di intercalazioni metriche di marne grigio scure ricche in sostanza organica.	SFALS	Alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato di calchilutiti e marne
(LTM) Formazione Lattimusa	Calchilutiti bianche a volte rosate, con liste e noduli di selce e sottili intercalazioni di marne grigio-verdastre contenenti radiolari e calzionelle. Spessore circa 50 m. Ambiente pelagico.	SFALS	Alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato di calchilutiti e marne
(BCH) Formazione Buccheri	Depositi carbonatici condensati a geometria tabulare, ben stratificati, passanti verso l'alto a depositi con struttura nodulare. Il colore varia dal nocciola, al grigio, al rosso. Sono presenti hard grounds ferromanganesiferi sotto forma di croste	SFALS	Alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato di calchilutiti e marne

(BCH_B) Formazione Buccheri_Pillows	Lave basaltiche a pillow a luoghi alterate	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato o alterato di lave a pillows
(INI) Formazione Inici	Depositi carbonatici grigio-chiaro a granulometria fine, di mare basso (mudstone-wackestone-packstone), a geometria tabulare, con spessori da decimetrici a metrici. Le associazioni faunistiche sono di mare sottile e a salinità normale	SFAL	Alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato di calcilutiti e marne

Tabella 6.7

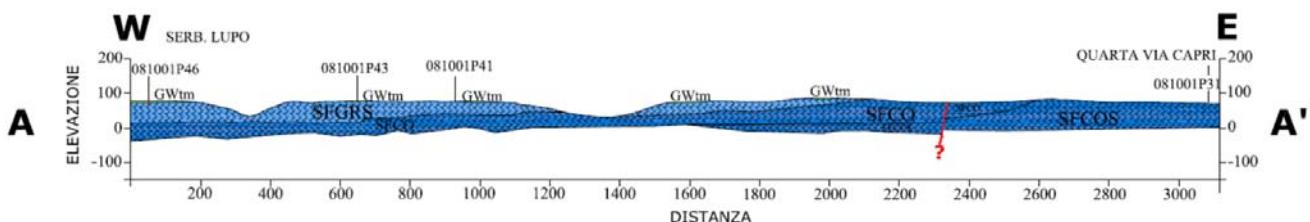
Definito il modello geologico rappresentato nelle sezioni geologiche elaborate si passa alla conversione nel modello geologico-tecnico di sintesi nel quale oltre alle caratteristiche litostratigrafiche saranno evidenziate anche tutte le altre caratteristiche in grado di influenzare lo scuotimento sismico come ad esempio l'assetto geomorfologico, strutturale, geotecnico e geofisico e, non ultimo, idrogeologico. Quindi il modello geologico e le sezioni geologiche sono state rivisitate in chiave geologico tecnica e le formazioni geologiche suddivise in unità litotecniche omogenee, accorpando quei terreni di copertura e quei substrati geologici che presentano tra loro caratteri similari.

69

La fase di accorpamento e semplificazione, laddove possibile, è stata utile per poter realizzare l'elaborato principe degli studi MS1, ovvero la carta delle MOPS.

Quindi il modello geologico e le sezioni geologiche sono state rivisitate in chiave geologico tecnica e le formazioni geologiche suddivise in unità litotecniche omogenee, accorpando quei terreni di copertura e quei substrati geologici che presentano tra loro caratteri similari (figura 6.8,6.9,6.10).

La fase di accorpamento e semplificazione, laddove possibile, è stata utile per poter realizzare l'elaborato principe degli studi MS1, ovvero la carta delle MOPS.



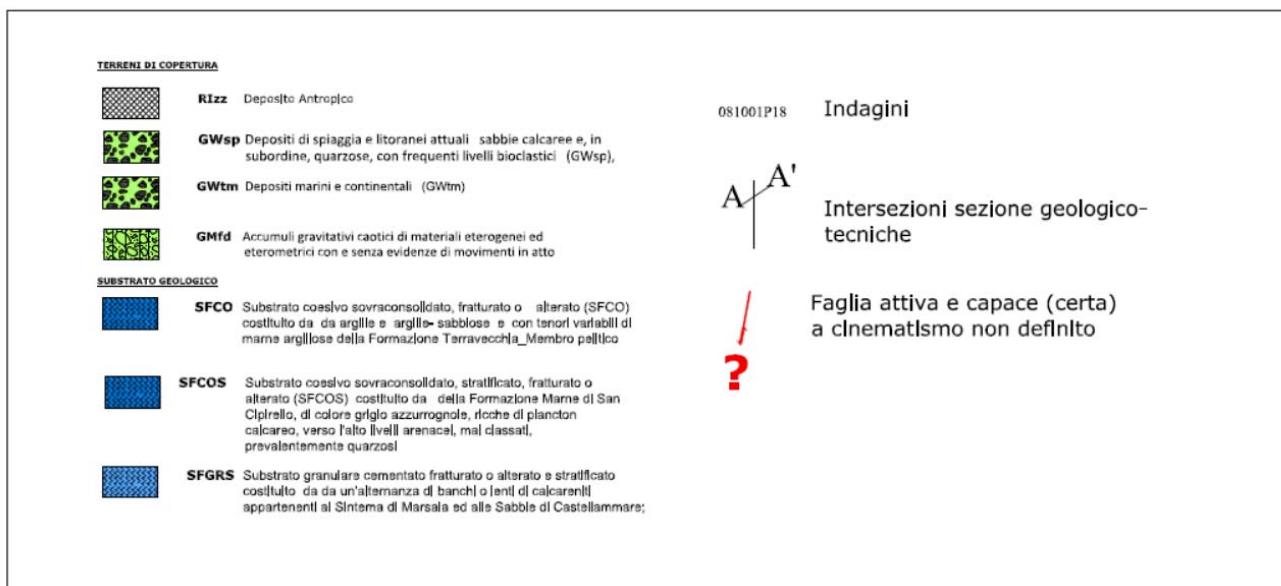


Fig. 6.8 –Sezione e Legenda Geologico-Tecnica A-A'

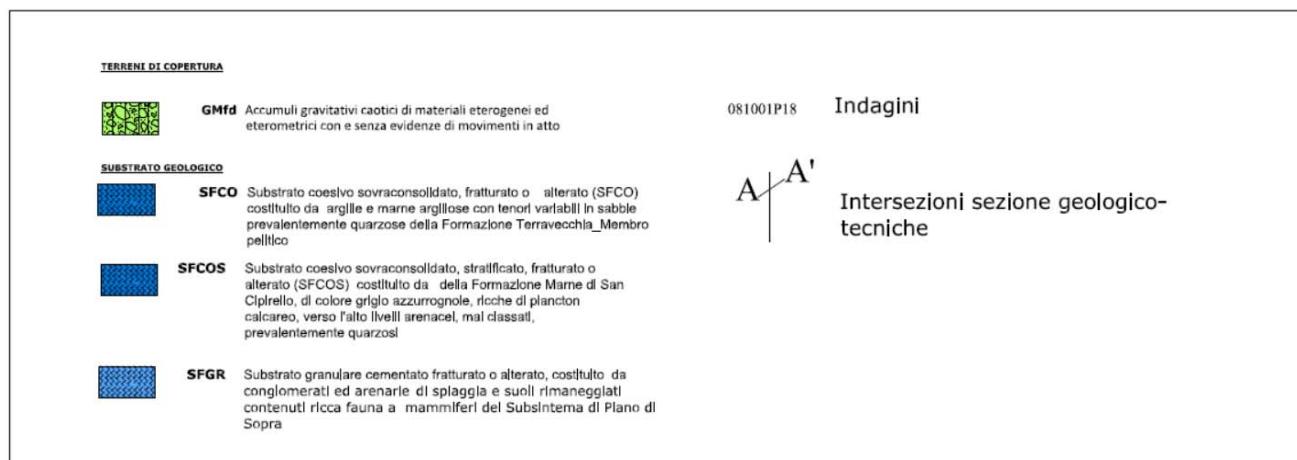
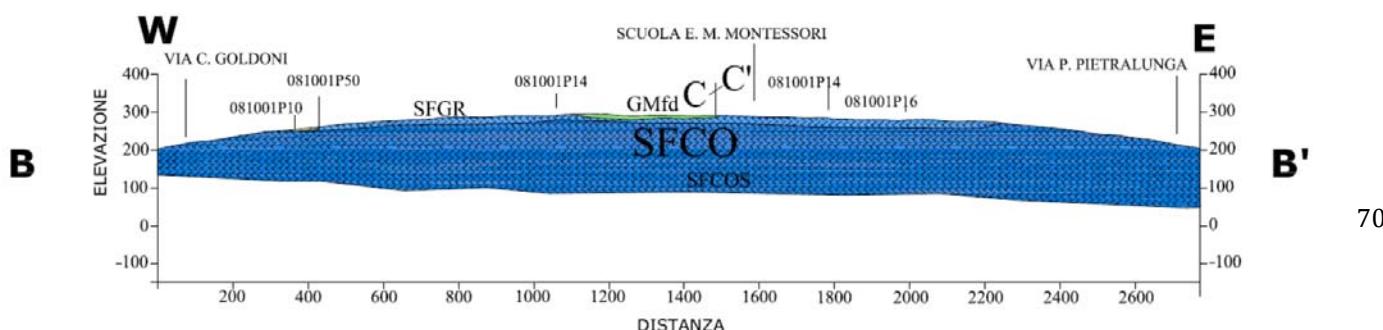


Fig. 6.9 –Sezione e Legenda Geologico-Tecnica B-B'

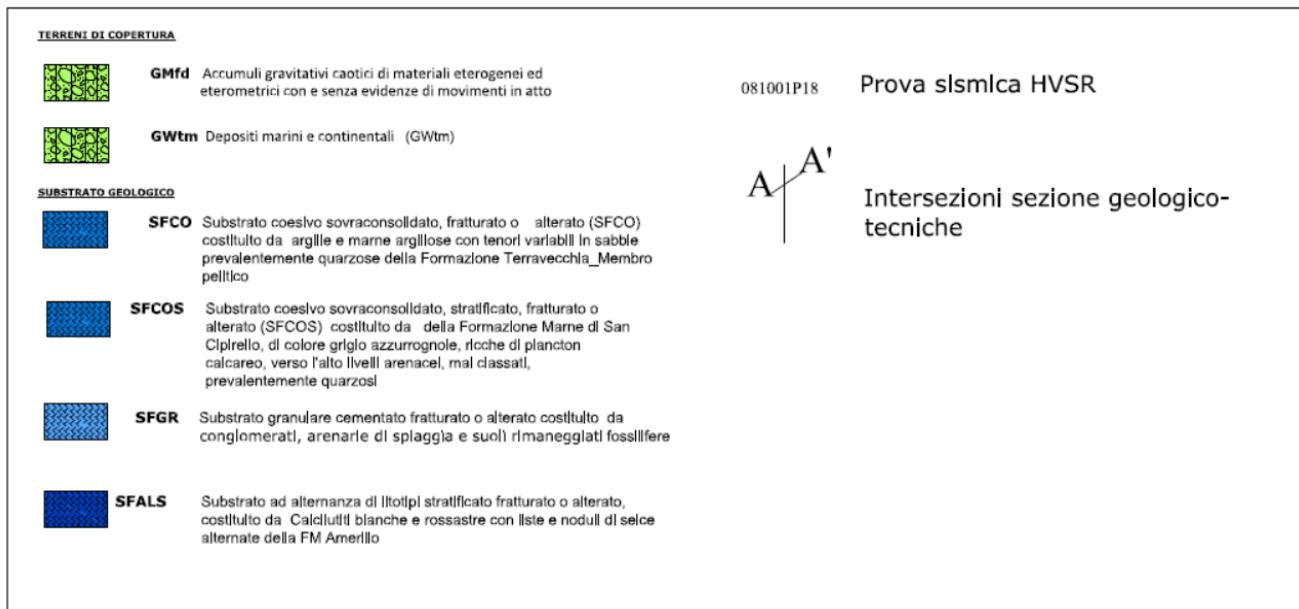
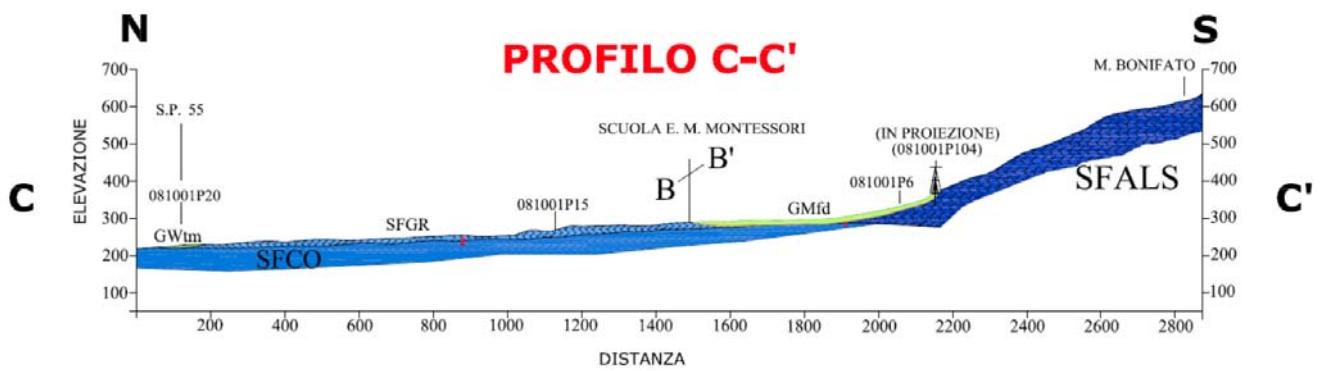


Fig. 6.10 –Sezione e Legenda Geologico-Tecnica C-C'

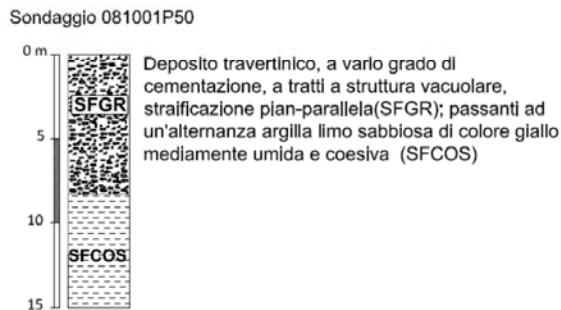
ALLEGATO 2 - COLONNE LITOSTRATIGRAFICHE SINTETICHE

SEZIONE A-A'



ALLEGATO 2 - COLONNE LITOSTRATIGRAFICHE SINTETICHE

SEZIONE B-B'



72

ALLEGATO 2 - COLONNE LITOSTRATIGRAFICHE SINTETICHE

SEZIONE C-C'

(IN PROIEZIONE)
Sondaggio 081001P104

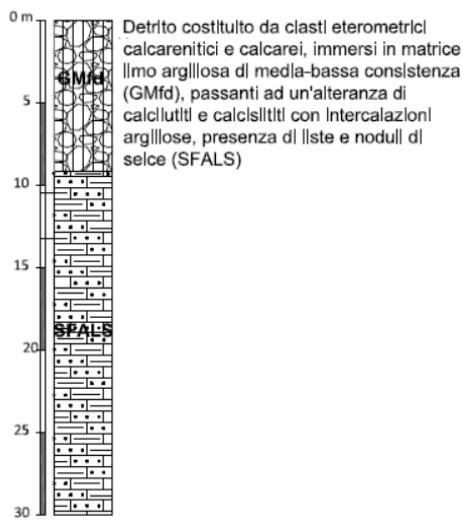


Fig. 6.9 – Colonne litotecniche di riferimento per le sezioni GGT

6.3 STIMA DEL BEDROCK SISMICO

Delle considerazioni descritte al capitolo 4, circa il quadro geologico strutturale del territorio esaminato, emerge che nel territorio di Alcamo ricadono i depositi quaternari, il gruppo Gesso-Solfifero; depositi delle successioni meso-cenozoiche ed infine le successioni del dominio trapanese.

I terreni sottostanti i depositi quaternari, possono rappresentare il bedrock sismico (formazione geologica caratterizzata da velocità delle onde di taglio $V_s \geq 800$ m/s), e ad eccezione di alcune formazioni del dominio trapanese (quali la Formazione Amerillo) presentano spessore cumulato totale inferiore a 200 m. Considerato la tipologia e la quantità di dati disponibili ed il livello preliminare del presente studio, si ritiene poco significativo tentare una modellazione della profondità del tetto del bedrock. Anche in considerazione del fatto che quest'interfaccia geologica dovrebbe essere responsabile di fenomeni di risonanza in grado di generare picchi ben evidenti a basse frequenze (0.1÷0.5 Hz), che sulle curve H/V dei segnali acquisiti con le misurazioni passive dei microtremori (HVSR) non sono stati riconosciuti.

Si ritiene quindi ragionevole, rimandare tale valutazione ad un livello di approfondimento successivo degli studi di microzonazione attraverso specifiche analisi di RSL.

73

7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1 PORTALE WEBGIS DI GOVERNANCE

Al fine di velocizzare e rendere omogenea la classificazione degli elementi di MS è stato adottato un portale Web Gis il cui accesso è stato consentito ad ogni singolo operatore autorizzato.

Il portale rappresenta uno strumento condiviso da tutti gli operatori del raggruppamento all'interno del quale sono univocamente rappresentate le informazioni di base (quali ad esempio la cartografia correttamente georeferenziata nel sistema 7792, l'altimetria ricavata da DTM, i limiti amministrativi e le sezioni ISTAT), le informazioni oggetto di censimento (indagini, elementi geologici e geotecnici) nonché eventuali altre informazioni ricavate da collegamenti in WMS e/o WMF da siti ufficiali (Geoportale nazionale / Dati Ispra / ecc). Questa caratteristica garantisce sulla uniformità

dell'informazione geografica gestita e, al contempo, consente un analisi "in continuo topografico" del territorio.

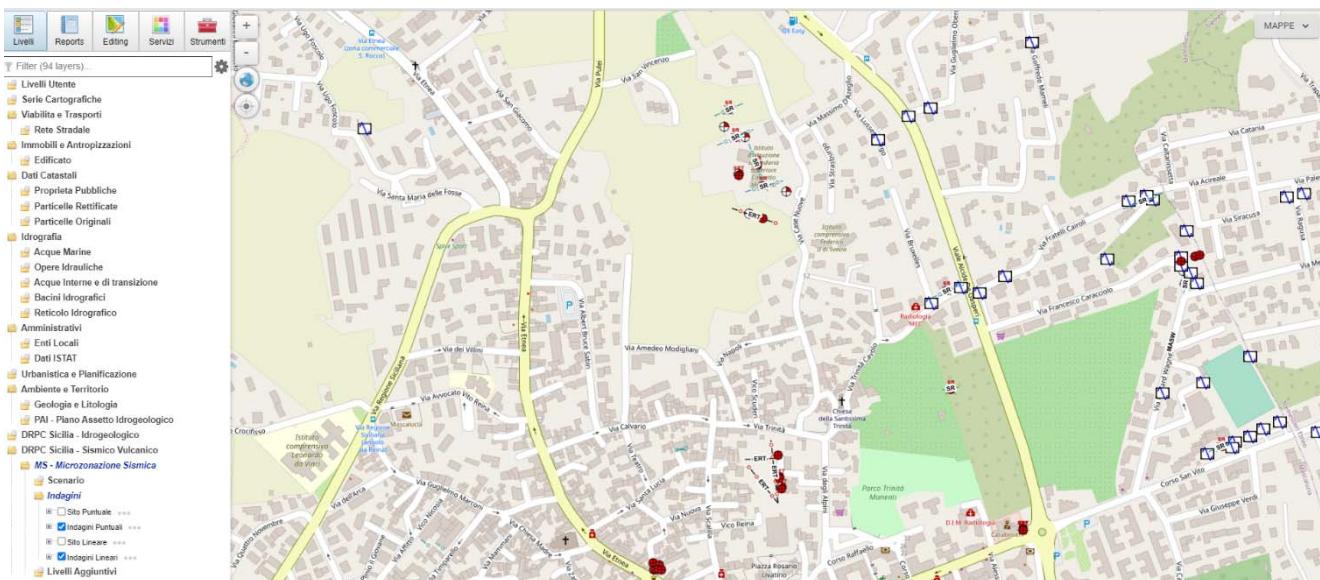
Sul portale sono state riprodotte fedelmente le maschere di caricamento sito, indagine e parametri del software MS. I Software popolano in automatico campi quali la quota (automaticamente ricavata dalle cartografie/dtm disponibili), il codice comunale (automaticamente ricavato dai limiti ISTAT), le coordinate del punto/i corrispondente/i al sito puntuale/lineare. Questa caratteristica garantisce sulla correttezza dell'informazione geografica di tutti i siti censiti nonché della consistenza dei codici alfanumerici associati ad ogni elemento.

Il Portale **Web Gis** poggia su un database Postgres sul quale è definita l'intera struttura dei dati geospaziali **utili agli studi di Microzonazione Sismica**. Tutte le feature spaziali del portale sono definite nel rispetto degli standard INSPIRE e, per gli oggetti che rientrano nella categoria di Oggetti Cartografici, nel rispetto dello standard definito dal Catalogo degli Oggetti Territoriali e, per alcune componenti specifiche, dagli standard imposti dal sistema cartografico regionale siciliano (SITR e direttive varie).

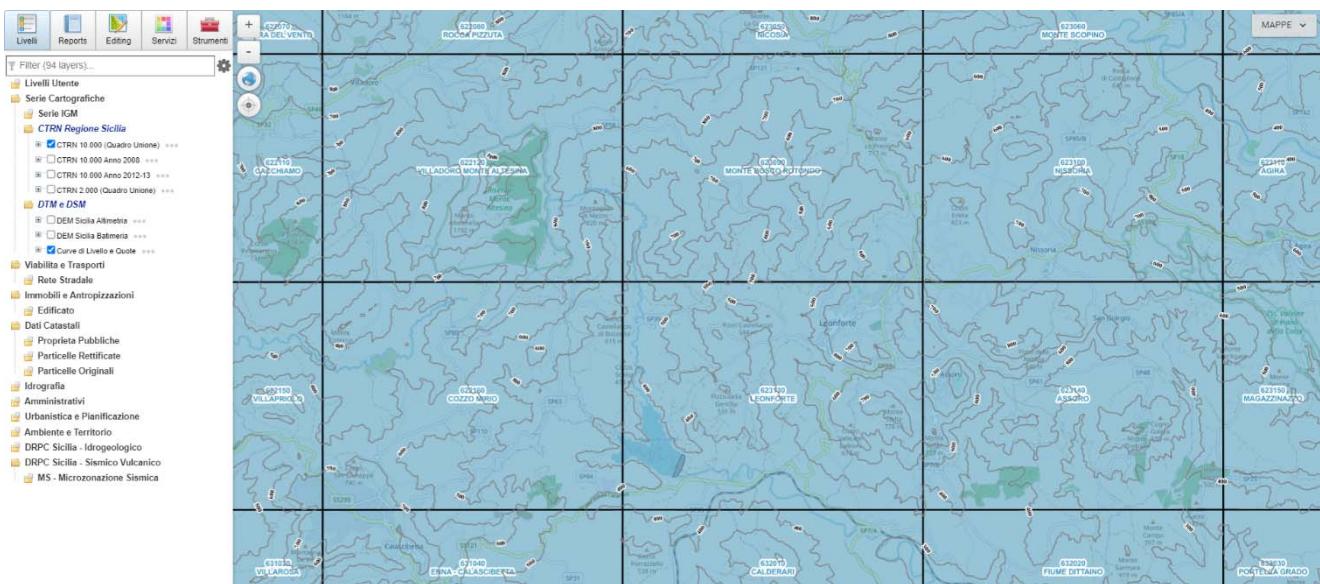
Le componenti specialistiche quali quelle del modulo MS sono invece strutturalmente identiche a quelle previste dal software SoftMS del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile. Questo garantisce che alla fine del popolamento, direttamente eseguibile via piattaforma WebGis, è stato possibile **popolare il file access di consegna** così come previsto da SoftMS, **ed estrarre gli shape file Ind_In e Ind_pu corrispondenti proprio alle indagini lineari e puntuali**. L'estrazione del file access e dei file shape avviene direttamente dal database Postgres e questo garantisce sulla corretta corrispondenza tra i codici degli shape e quelli delle tabelle corrispondenti in access.

Oltre ai servizi classici sono anche disponibili: un servizio di ortofoto colore alta risoluzione volo 2109 e un DTM direttamente ricavato da CTR ufficiale.

Per quanto invece attiene alle componenti vettoriali il Portale mette a disposizione una serie di informazioni di ausilio alle attività di censimento direttamente attivabili dall'utente attraverso la legenda alcune delle quali qui di seguito sinteticamente elencate:

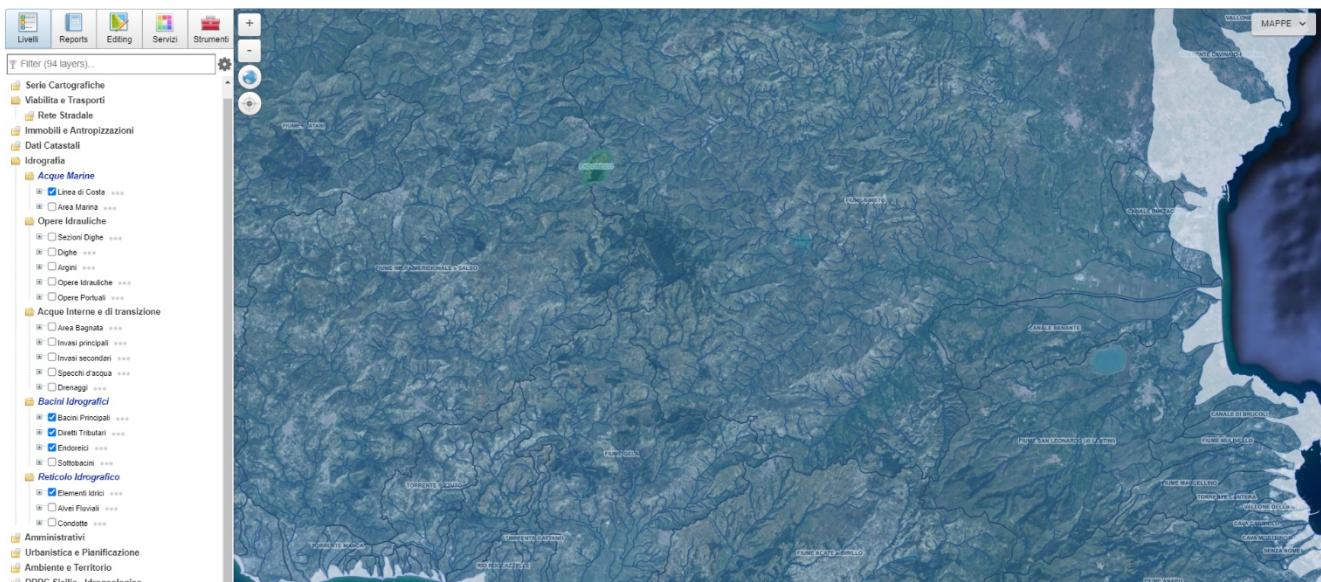


Strato 00: Info Geodetiche ed Aerofotogrammetriche (in particolar modo è disponibile un quadro unione di tutta la copertura cartografica disponibile – serie cartografiche regionali e fogli IGM scale 1:25.000; 1:50.000 e 1:100.000)



75

Strato 04: Idrografia: sono disponibili: Dighe; Invasi Principali e Secondari; Specchi d'acqua; Linea di Costa (riperimetrata su volo Agea 2019) Bacini Idrografici e Rete Idrografica gerarchizzata. I codici identificativi di bacini e/o Corsi d'acqua sono quelli del PAI e della codifica del Centro Funzionale Decentrato – Settore Idro del Dip. Regionale di Protezione Civile.

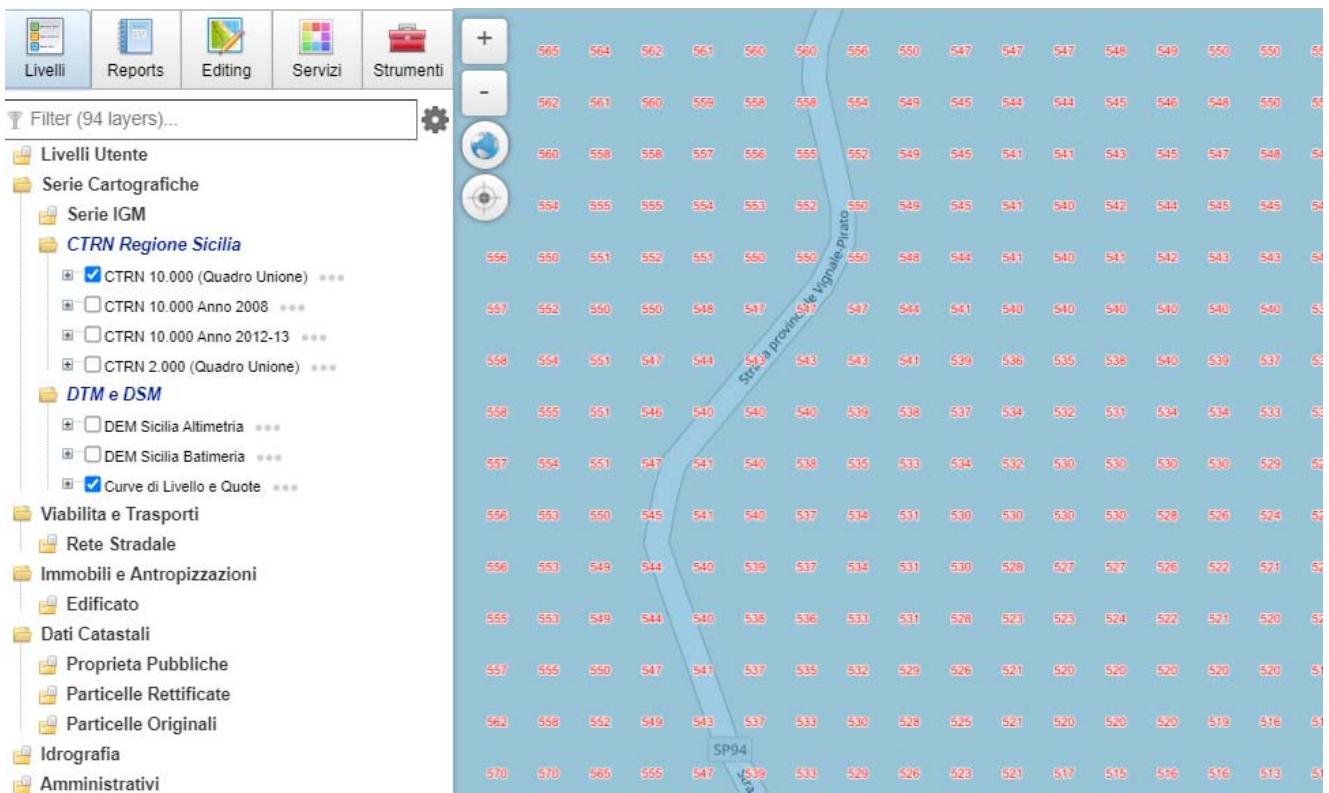


Strato 05: Orografia: sono disponibili Georaster DTM sull'intero territorio regionale (che consente l'acquisizione automatica della quota per ogni punto selezionato); Curve di livello Direttrici, Secondarie ed Ausiliarie, Punti Quotati e PFA.

Si fa presente che le curve di livello (Direttrici e Secondarie) sono quelle ufficialmente riportate in CTRN regionale (1:10.000 e 1:2.000) e da queste è stato ricavato il DTM che, quindi, risulta coerente con le stesse.

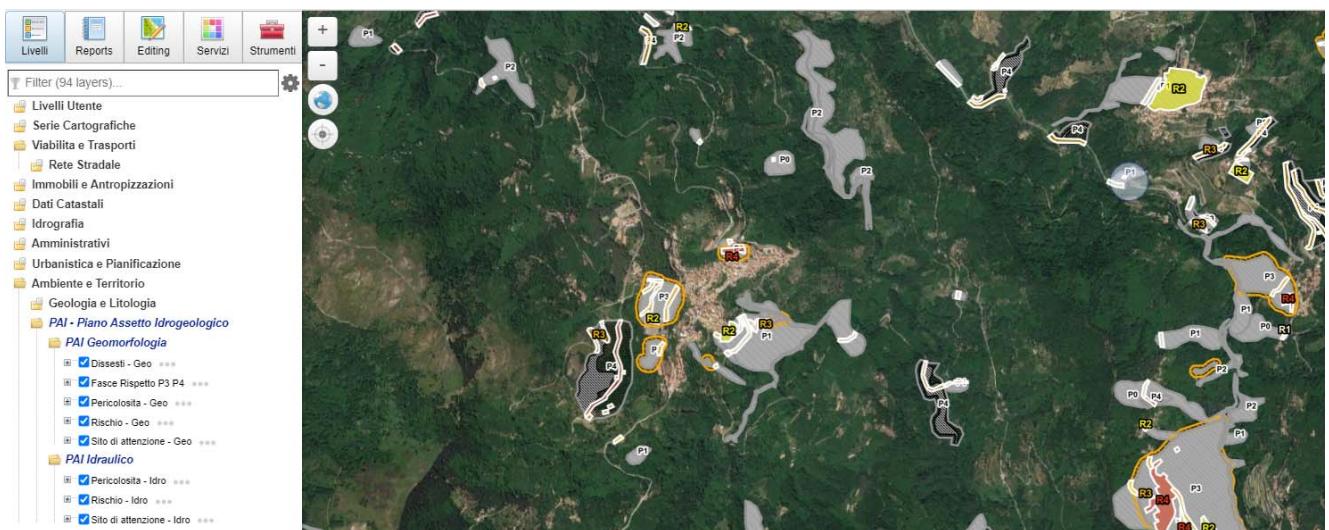
76

Ai fini del calcolo della quota è stata implementata una funzionalità che consente di ricavare direttamente da portale il valore di quota ricavato dal DTM memorizzato all'interno del Database Postgres. Questa funzionalità risulta visibile alle grandi scale sotto forma di grigliato a passo costante (e dipendente dal fattore di scala).



Strato 10: Ambiente e territorio: oltre ad una carta geologica a copertura dell'intero territorio regionale, il portale espone i dati PAI sia per quanto attiene la componente Geomorfologica che quella idrogeologica.

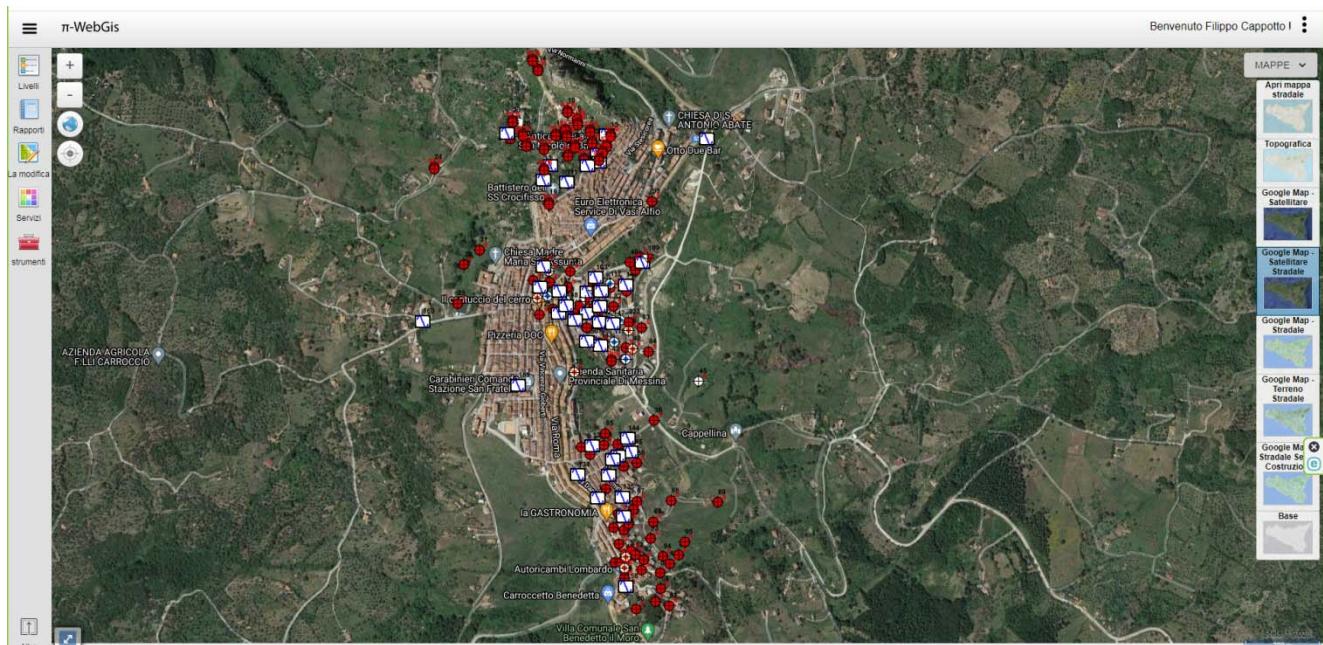
77



Le maschere sono predisposte per un loro utilizzo anche su dispositivi mobili (quali tablet e/o portatili connessi alla rete) e ciò per consentire anche un popolamento in campo dei valori previsti.

Il modulo consente di collegare direttamente il (i) documento(i) da agganciare così come previsto da direttiva.

Tutte le indagini popolate sono visualizzate dal portale in tempo reale per consentirne il successivo popolamento e, infine, la loro esportazione nelle strutture file previste in consegna (file access per singolo comune e shape file puntuali e lineari).



L'utilizzo del portale ha consentito di processare e verificare rapidamente una grande quantità di dati d'indagine

78

7.2 METODOLOGIA ADOTTATA PER L'ELABORAZIONE DELLE CARTE MOPS

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), sulle specifiche linee guide, comprese quelle messe a disposizione dal DPCR e dal soggetto Validatore, e, in particolare, seguendo le raccomandazioni dello standard di archiviazione versione 4.1_Sicilia.

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, si è proceduto ad individuare tre differenti tipologie di zone:

A) ZONE STABILI;

B) ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI;

C) ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ.

Le informazioni utilizzabili per la loro identificazione sono state ricavate dalle indagini puntuali pregresse, dalle indagini geofisiche passive realizzate ex-novo e dai rilievi di campagna confrontati con le cartografie tematiche ufficiali (CARG, IFFI, PAI, PRG), nello specifico:

- Morfologia di superficie, estratte dalla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000;
- Litostratigrafia dell'area ricavata dalle carte geologiche fin qui prodotte (CARG, carta piano regolatore
- Sondaggi geognostici e dati di pozzo a estratti dall'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) dall'ISPRA
- Indagini HVSR e MASW;
- Distribuzione delle aree interessate da frane attive, inattive e quiescenti così come indicate nella cartografia geologica e geomorfologica ad oggi presente (PAI-IFFI-PRG).

ZONE STABILI - I criteri adottati per identificare eventuali zone stabili, per le quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura, si basano 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. Nell'area in studio non sono state individuate zone stabili.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI - Al fine di individuare queste zone si è tenuto conto dell'assetto stratigrafico e della morfologia locale. I criteri adottati per individuare le zone soggette ad amplificazione stratigrafica si basano su l'individuazione dei terreni di copertura con spessori superiori a 3 m 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. Per inquadrare all'interno dell'area d'indagine le aree con condizioni topografiche potenzialmente in grado di produrre amplificazione topografica, quindi aree dove si verifica la doppia condizione di pendii con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivelli superiore a 30 m, sono state elaborate sia la carta delle classi di pendenza 0- 60° di figura 7.1 che e le sezioni topografiche di figura 4.2 e 4.3 evidenzia L'aspetto morfologico generale del territorio di Alcamo (Fig. 7.1) è caratterizzato da un aspetto geomorfologico molto diversificato, infatti procedendo da Sud verso nord, si passa da un aspetto prettamente montuoso di monte Bonifato; il centro abitato impostato sui depositi travertinici con un andamento leggermente acclive con pendenze non superiori al 10%; passando poi dalla periferia nord del centro abitato fino alle porte di Alcamo Marina, vi è una morfologia

collinare con rilievi addolciti, impostati su terreni argillosi; infine la zona di Alcamo Marina costituita da depositi quaternari, è impostata su ampie zone subpianeggianti prossimi al livello del mare e intervallata livelli terrazzati che possono raggiungere quote di 80 metri s.l.m.

I livelli terrazzati hanno un andamento generalmente appiattito e a pendenza poco elevata. Dette piane sono interrotte dalle ondulazioni provocate, a partire da ovest verso est, del Fiume San Bartolomeo, V.ne del Lupo, F.sso Canalotto, V.ne Molinella; del T.te Finocchio Calatubo che tagliano il territorio in senso trasversale, con sbocco a mare. Le pendenze medie dei valloni sono generalmente lievi, con andamento dolce ed ondulato, ad eccezione di alcune aree dove si notano pendenze più elevate e andamento più irregolare in terreni prevalentemente litoidi.

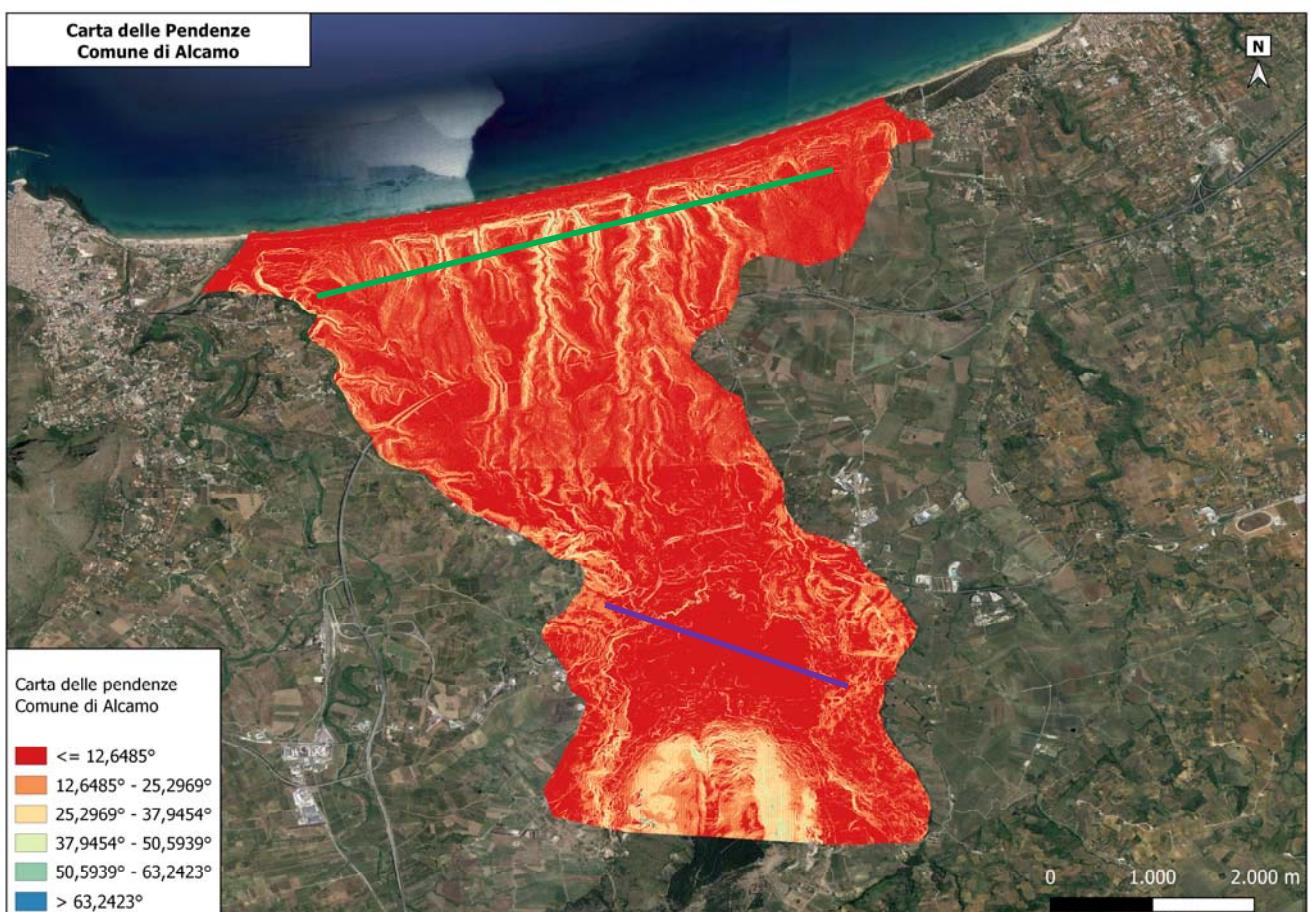


Fig. 7.1 – Carta delle pendenze . dell'Area di Studio MS1

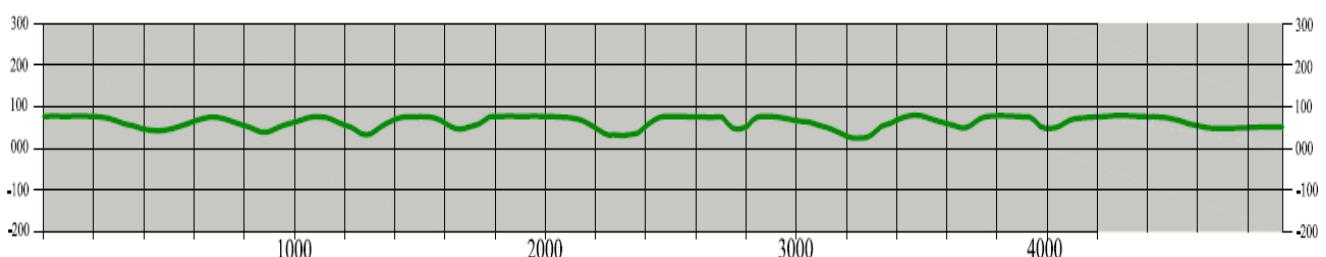


Fig. 7.2 – Profilo topografico A-A' del territorio di Alcamo

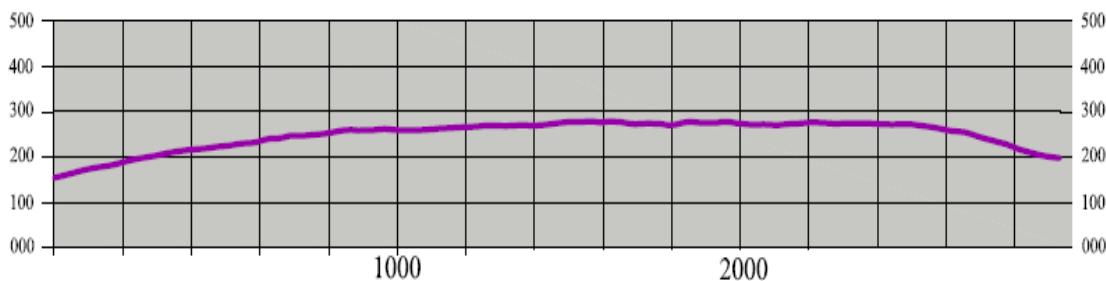


Fig. 7.3 – Profilo topografico B-B' del territorio di Alcamo

Questa conformazione è il risultato dell’assetto geologico-strutturale e delle caratteristiche delle litologie direttamente affioranti. Gli alti morfologici, infatti, comprendono successioni litologiche più recenti pleistoceniche, costituite prevalentemente da depositi, generalmente terrazzati, di natura sabbioso-ghiaiosa, talora detritica e/o alluvionale che conferiscono al territorio un aspetto quasi pianeggiante e/o leggermente acclive. Le ondulazioni, invece, riflettono litologie più erodibili, tipiche di terreni argillosi e/o argilloso sabbiosi.

A partire dai terrazzi alluvionali più vicini alla costa, che non superano generalmente 10 m di quota, si raggiungono localmente quote di circa 80 m s.l.m. in prossimità del Cozzo Leto, per aumentare gradualmente e lentamente nella parte più interna del territorio.

Per una migliore definizione dell’assetto morfologico del territorio e per indirizzare gli approfondimenti sull’amplificazione topografica previsti dagli studi di MS3, sono stati elaborati dei profili topografici nelle aree ritenute più rappresentative di contesti piano-altimetrici più gravosi (fig. 4.2 e 4.3). Dall’analisi dei profili (inclinazioni comprese tra 7-10°) e in generale di tutto il territorio comunale non si evidenziano aree, se non circoscritte e limitate (fanno eccezione la zona di Monte Bonifato), in cui si realizza la doppia condizione data da pendii con acclività > 15° e dislivelli > 30 m.

81

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ – in relazione alla definizione di zone di attenzione per le instabilità, cioè di aree esposte ad attivazione di fenomeni di deformazione permanente del terreno indotti o innescati dal sisma nell’area di studio sono state individuate “zone di attenzione per instabilità” **per fenomeni di fagliazione superficiale, per fenomeni di instabilità di versante.**

La zona di instabilità per fagliazione superficiale è stata descritta più volte nei paragrafi precedenti, ed rappresentata da una faglia diretta attiva e capace (certa) a cinematismo non definito, avente una direzione SSW-NNE che si immerge in direzione NW; in conseguenza di ciò, secondo i criteri Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica Versione 4.1_Sicilia, la zona viene definita

come Zona di Instabilità per faglia Attiva e Capace **Z_{A_{FAC}}** e verrà delimitato un Buffer simmetrico di 200 metri per lato, per tutta l'estensione della Faglia.

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

A corredo dello studio sono state elaborate per le aree di studio le seguenti carte in scala 1:10.000:

1. Carta geologica e geomorfologica;
2. Carta delle indagini;
3. Carta geologico-tecnica (CGT);
4. Carta delle frequenze;
5. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica)MOPS.

Le stesse saranno consegnate in formato cartaceo e digitale. In ogni elaborato sono riportati i dati e le simbologie, secondo quanto espresso nelle specifiche tecniche degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.1 Sicilia”.

82

8.1 CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Come elaborato premiante è stata realizzata la carta geologica e geomorfologica, fondamentale base per una più robusta definizione, nell'ambito degli studi di MS1, della Carta geologico-tecnica e della Carta delle MOPS.

In riferimento alle perimetrazioni degli ambiti comunali approvati dal DRPC/Validatore, la definizione e rappresentazione dell'assetto geologico/stratigrafico e tettonico, è stata uniformata agli standard formazionali previsti dall'ISPRA (Cartografia CARG della Regione Siciliana) e assi riferita. Quindi dove pubblicato è stato utilizzato come base il CARG che in relazione al dettaglio della cartografia 1:10.000 è stato aggiornato, verificato, riadattato e nelle zone scoperte integrato da adeguati rilievi di campo ex-novo mirati per ridefinire i contatti geologici.

Nella fase operativa particolare attenzione è stata posta alla definizione dei seguenti aspetti:

- mappatura dei depositi di copertura con particolare riferimento a quelli con spessore > 3 m;

- ricostruzione dettagliata di tutte le forme geomorfologiche e dei fenomeni gravitativi di versante;
- rilievo delle unità geo-litologiche affioranti;
- individuazione di linee tettonico-strutturali di dislocazione, quali faglie e sovrascorimenti.

Le formazioni geologiche sono state distinte su base litostratigrafica includendo qualora presenti le unità di ordine inferiore (membri, intercalazioni, ecc.), distinguibili all'interno della stessa, per caratteristiche litologiche, quindi passibili di potenziale differente risposta sismica, classificando tutte le formazioni geologiche, unità di copertura e unità di substrato e anche le sub-litofacies che le costituiscono.

Nella stesura della carta geologica e geomorfologica si è tenuto conto dei dati geognostici pregressi reperiti e di quelli geofisici di nuova acquisizione (es. sondaggi, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche). Per i depositi di copertura la distinzione è stata basata sulla base delle caratteristiche litologiche (corrispondenti a caratteristiche fisico-meccaniche differenti).

La cartografia geologica è stata corredata, da un numero adeguato di colonne stratigrafiche rappresentative della successione geo-litologica dell'area oggetto degli studi e da 6 sezioni geologiche, orientate in modo da illustrare il modello geologico ricostruito ed evidenziare quelle situazioni che possono essere pre-condizione di potenziali effetti locali.

Il rilievo geologico è stato strettamente correlato e coerente con quello geomorfologico. Oltre alle informazioni geologiche nella carta sono stati riportati i dati strutturali indicati nella carta geologica (faglie, sovrascorimenti, giaciture), le unità geologiche mappate, commutate in unità geologicotecniche secondo le classi predefinite negli ICMS (2008), ed eventuali lineazioni rilevate dall'analisi di foto aere e DEM.

Lo stato di attività dei fenomeni è stato dedotto, oltre che da osservazioni di campagna, prestando particolare attenzione alla presenza o meno di indizi di evoluzione, anche dal geo-database interferometrico dei dati pubblici disponibili. Le frane sono state classificate secondo lo stato di attività, considerando anche la tipologia di movimento secondo la classificazione di Cruden & Varnes (1996).

L'elaborato cartografico contiene i dati estratti dalla carta dei dissesti del PAI Sicilia e ai dissesti derivanti da altre fonti ufficiali (IFFI, SCAI, AVI, ecc.).

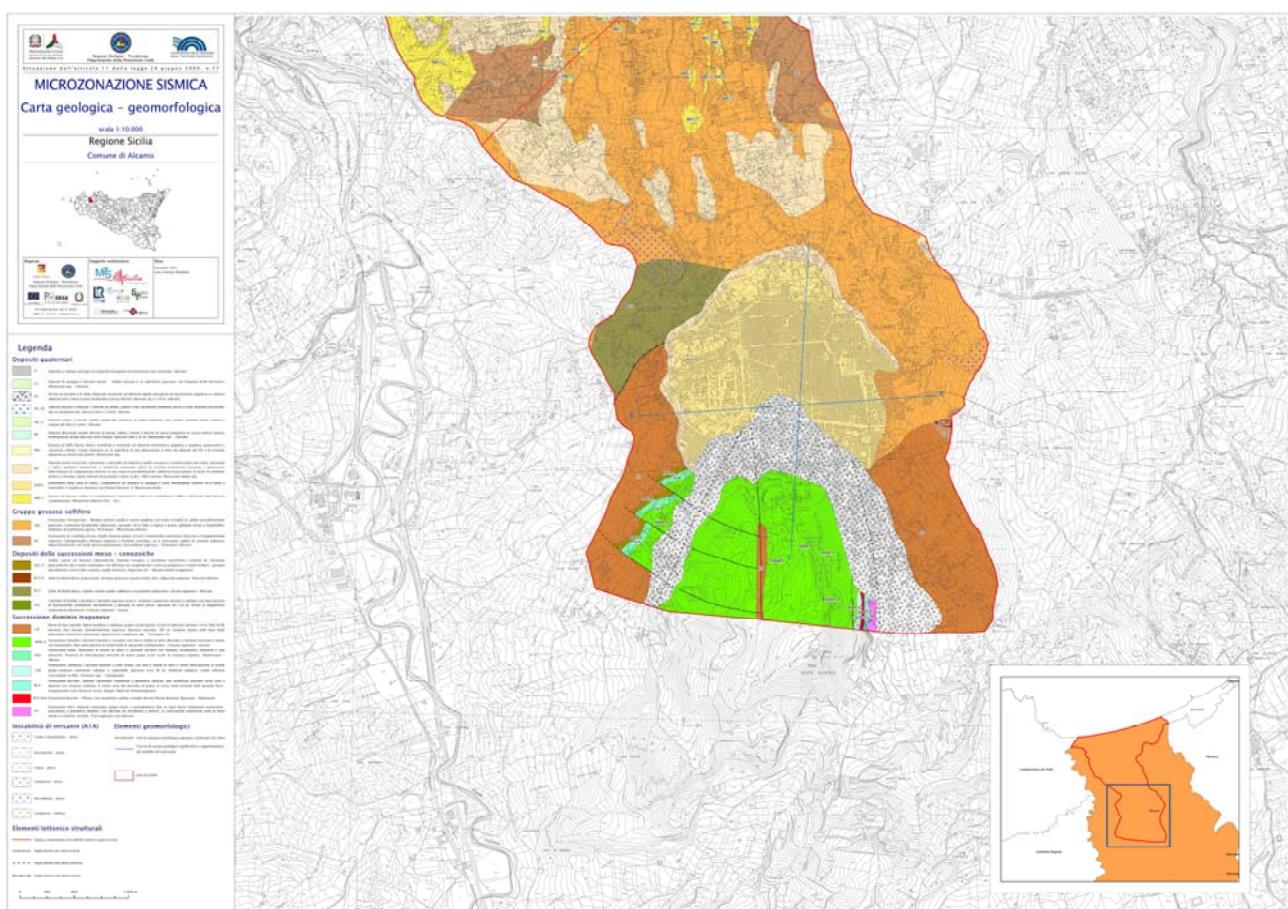
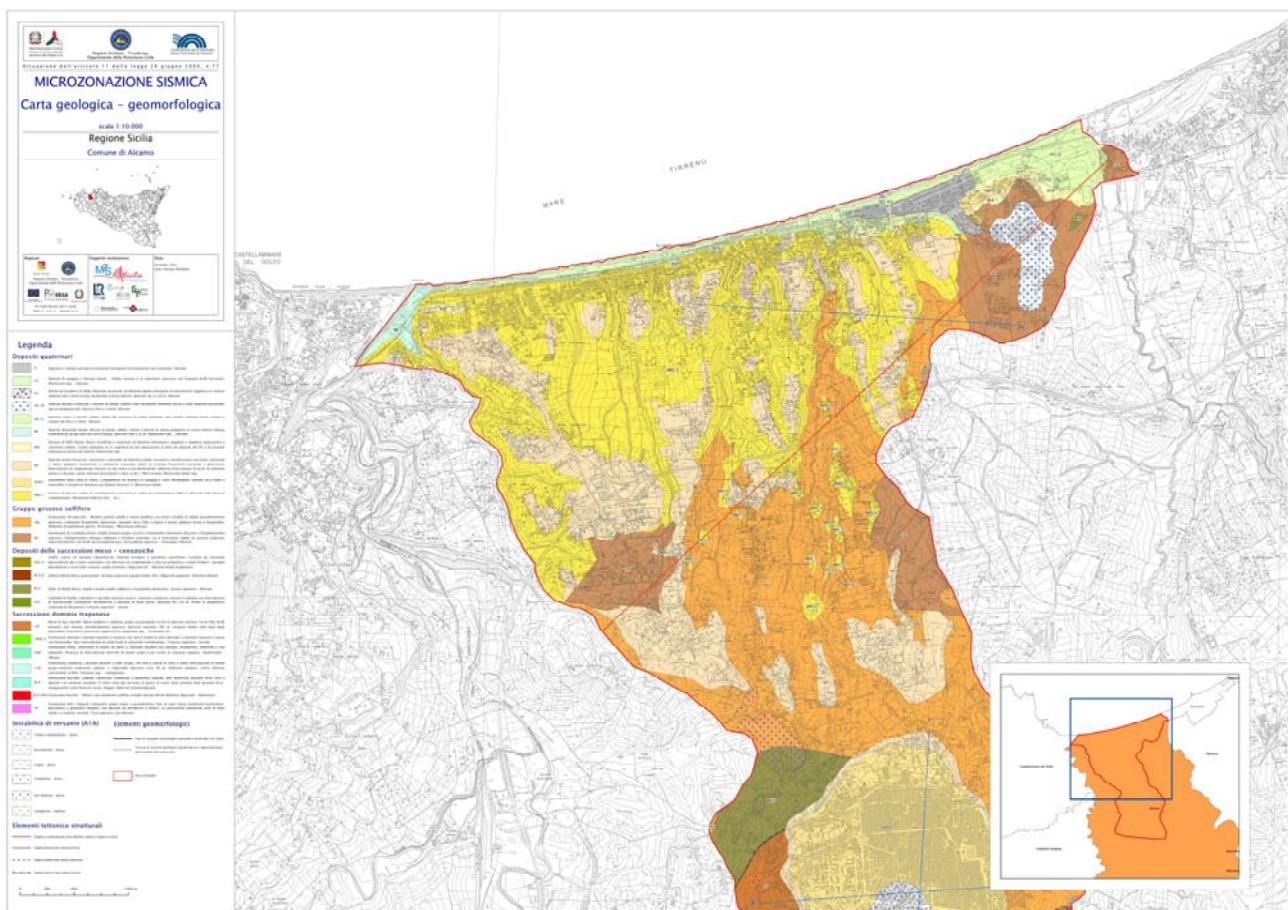


Figura 8.1 – Riduzione della carta geologica-geomorfologica A e B (PDF cartella plot in banca dati).

8.2 CARTA DELLE INDAGINI

Nella carta delle indagini sono riportate sia le indagini pregresse, ritenute utili ai fini degli studi di MS1 e selezionati tra tutte quelle reperite, sia quelle realizzate ex-novo.

Nel geodatabase compilato, utilizzando SoftMS, versione 4.1 Sicilia, software per la compilazione delle tabelle per la Carta delle Indagini, sono stati inseriti n. 49 siti puntuali pregressi, n.6 siti lineari pregressi, n. 26 siti puntuali di nuova acquisizione, n° 5 siti lineari di nuova acquisizione.

La tabella “indagini puntuali” collegata a quella dei siti puntuali e al relativo shapefile Ind_pu contiene n. 82 indagini, come di seguito specificato.

Per i dati esistenti si tratta di:

- ✓ n. 1 Pozzi per acqua
- ✓ n.19 Sondaggi a carotaggio continuo
- ✓ n. 29 acquisizioni di microtremore a stazione singola (HVSR)

Per i dati di nuova acquisizione si tratta di:

- ✓ n. 1 Sondaggio a carotaggio continuo
- ✓ n.1 Sondaggio Sismico Downhole
- ✓ n.2 prove geotecniche di laboratorio
- ✓ n. 24 prove HVSR

85

La tabella “indagini lineari” collegata a quella dei siti lineari e al relativo shapefile Ind_li contiene le seguenti indagini, come di seguito specificato.

- ✓ n.6 tomografie sismiche

Per i dati di nuova acquisizione si tratta di:

- ✓ n.3 Prove sismiche con tecnica attiva MASW
- ✓ n.1 Tomografia sismica
- ✓ n.1 Tomografia elettrica

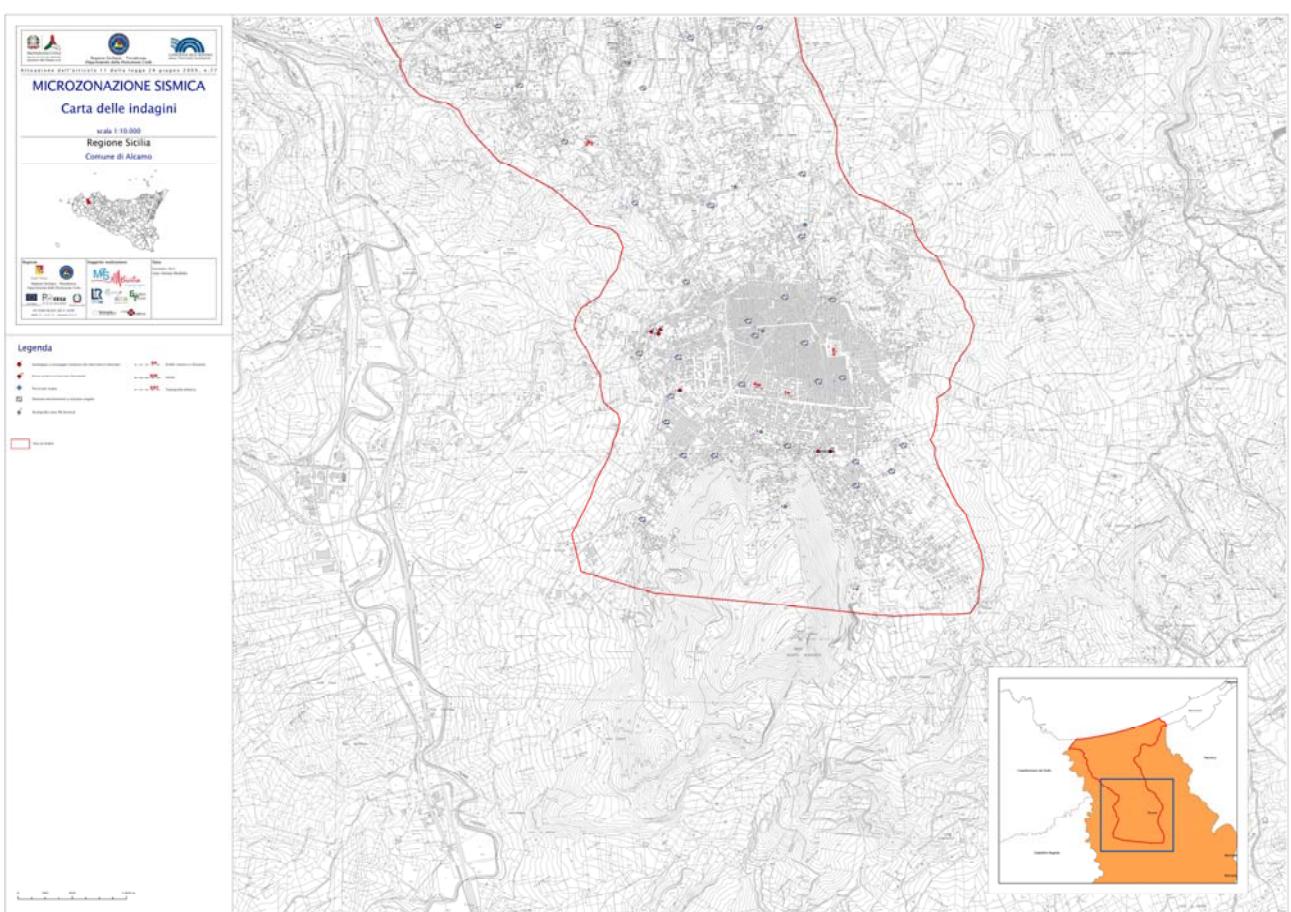
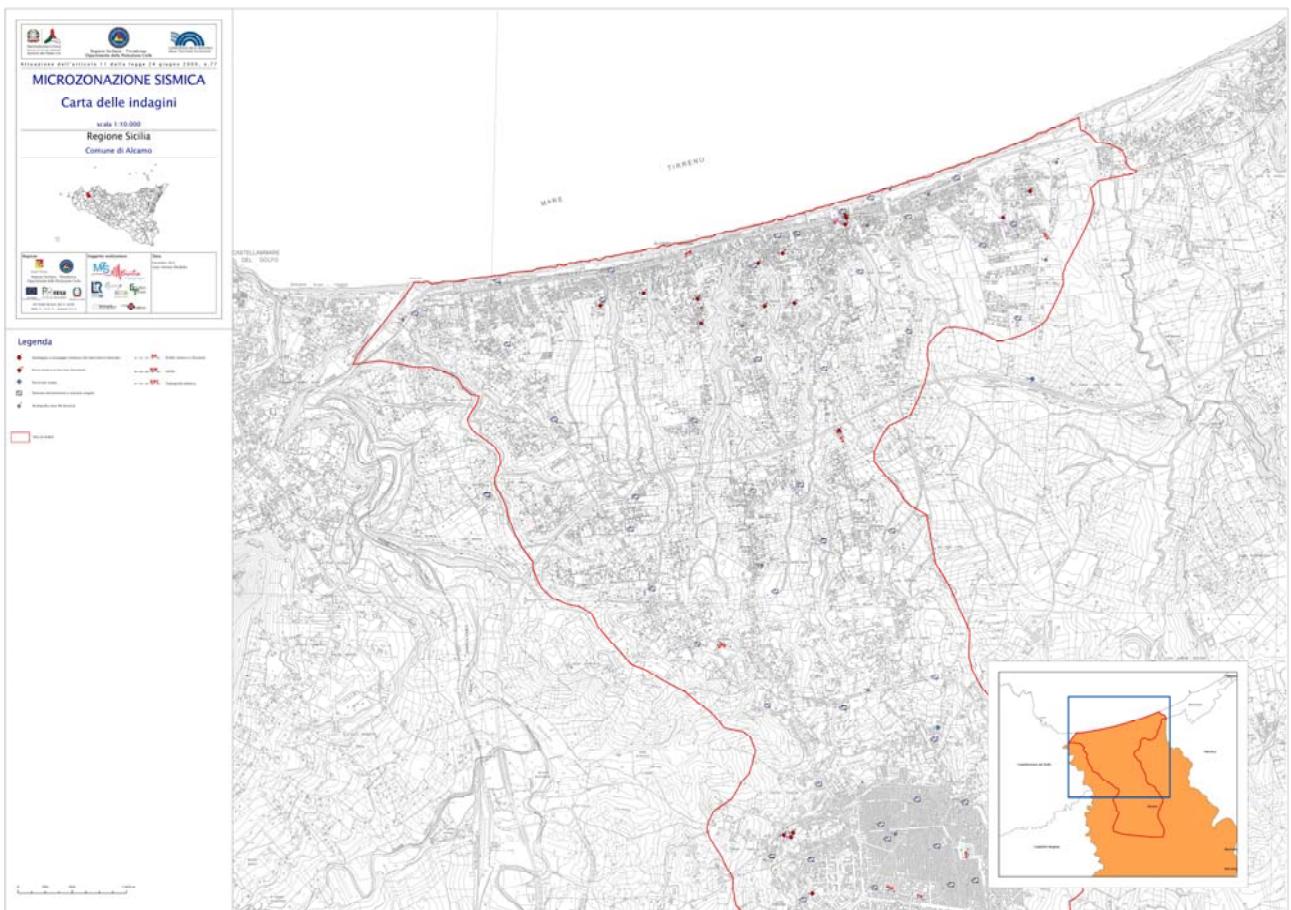


Figura 8.2 – Riduzione della carta delle indagini A e B (PDF cartella plot in banca dati).

8.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica è stata redatta sulla base di un'accurata analisi della documentazione esistente (dati stratigrafici, litotecnici e sismici esistenti e di nuova acquisizione) e di un dettagliato e indispensabile rilievo geologico di campagna, confrontato con la cartografia ufficiale esistente (Carta Geologica del progetto CARG, carte geologiche edite; PAI; progetto IFFI).

Nella carta sono rappresentati, se rilevati:

- Terreni di copertura – Sono stati cartografati per spessore ≥ 3 m e sono stati caratterizzati relativamente alla granulometria/tipologia e relativamente all'ambiente genetico deposizionale;
- Substrato – E' stato cartografato il substrato geologico affiorante e sub-affiorante (con eventuale copertura < 3 m);
- Elementi tettonico-strutturali, giaciture degli strati del substrato;
- Elementi geologici ed idrogeologici (profondità del substrato geologico quando raggiunto dal sondaggio, profondità dei sondaggi che non hanno raggiunto il substrato, profondità della falda nelle aree di piana costiera o fluviale);
- Instabilità di versante;
- Forme di superficie e sepolte che potrebbero generare la focalizzazione delle onde sismiche, fenomeno che sta alla base dell'amplificazione topografica, quali le discontinuità morfologiche più marcate, creste, orli di scarpata morfologica (> 20 m) e ($> 10 < 20$ m), picchi isolati;
- informazioni sulla giacitura degli strati del substrato geologico;
- traccia delle sezioni geologiche

87

Di seguito si descrivono gli elementi individuati nel territorio studiato e inseriti nella cartografia geologico-tecnica allegata.

8.3.1 Substrato geologico

SFALS – Substrato geologico stratificato fratturato e/o alterato costituito:

- Calcilutiti e calcisiltiti marnose rosse e verdastre a plancton calcareo e radiolari con intercalazioni di biocalcareniti torbiditiche decimetri a bioclasti di mare basso. Spessore 80-120 m. Prismi di megabrecce carbonatiche (floatstone) *Calcidutiti di Dattilo*

- Calcilutiti bianche e rossastre con liste e noduli di selce alternate a calcilutiti marnose e marne con foraminiferi. Rare intercalazioni di sottili livelli di calcareniti risedimentate.
- Formazione Amerillo*

- Alternanze di marne ad aptici e calcilutiti selcifere con radiolari, foraminiferi, belemniti e rare ammoniti. Presenza di intercalazioni metriche di marne grigio scure ricche in sostanza organica. *Formazione Hybla*
 - Calcilutiti bianche a volte rosate, con liste e noduli di selce e sottili intercalazioni di marne grigio-verdastre contenenti radiolari e calpionelle. Spessore circa 50 m. Ambiente pelagico.
- Formazione Lattimusa*

- Depositi carbonatici condensati a geometria tabulare, ben stratificati, passanti verso l'alto a depositi con struttura nodulare. Il colore varia dal nocciola, al grigio, al rosso. Sono presenti hard grounds ferro-manganesiferi sotto forma di croste. *Formazione Buccheri*
- Depositi carbonatici grigio-chiaro a granulometria fine, di mare basso (mudstone-wackestone-packstone), a geometria tabulare, con spessori da decimetri a metrici. Le associazioni faunistiche sono di mare sottile e a salinità normale. *Formazione Inici*

SFGR – Substrato granulare cementato fratturato:

88

- *Subsistema della Piana di Sopra* _ Conglomerati ed arenarie di spiaggia e suoli rimaneggiati contenti ricca fauna a mammiferi;
- *Subsistema di Tommaso Natale* _ Sedimenti marino-paralici e continentali depositatisi su piattaforme di abrasione o conservatisi all'interno di grotte marine o cavità carsiche. Sono compresi tra una superficie di erosione marina incisa su MRS o terreni più antichi;

SFGRS – Substrato granulare cementato fratturato stratificato:

- *Depositi marini terrazzati* _ Calcareni e calciruditi da bianche a giallo-rossastre a stratificazione incrociata; calcareniti e sabbie giallastre bioclastiche a molluschi, con intercalazioni di conglomerati immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa
- *Sistema di Marsala* _ Alternanza di banchi o lenti di calcareniti e sabbie argillose di colore cangiante dal bianco, al giallo paglierino, al rossiccio. Fossili: Arctica islandica, Neptunea contraria, Pecten maximus. Formazione della Calcarene di Marsala;
- *Sistema di Marsala_sabbie di Castellammare* Calcareni e sabbie di Castellammare (MRS-c) affioranti nella Piana di Castellammare.

SFGRS – Substrato granulare cementato fratturato :

- Conglomerati ed arenarie di spiaggia e suoli rimaneggiati contenti ricca fauna a mammiferi.
Subsistema della Piana di Sopra
- Sedimenti marino-paralici e continentali depositatisi su piattaforme di abrasione o conservatisi all'interno di grotte marine o cavità carsiche. *Subsistema di Tommaso Natale*

SFCOS – Substrato coesivo sovraconsolidato fratturato o alterato stratificato:

- *Formazione Marnoso arenacea del Belice*_Argille, argille siltose, marne e marne sabbiose a foraminiferi planctonici;
- *Formazione di Castellana Sicula*_Argille marnose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici, cui si intercalano sabbie ed arenarie giallastre, talora bioclastiche con livelli microconglomeratici.
- *Unità di Monte Bosco* _Argille e marne argillo-sabbiose a foraminiferi planctonici:

SFCO – Substrato coesivo sovraconsolidato fratturato o alterato:

89

- Argille e argille- sabbiose e con tenori variabili di marne argillose della *Formazione Terravecchia_Membro pelitico*

8.3.2 Terreni di copertura

RI zz

- Terreni contenenti resti di attività antropica costituiti da riporto eterogeneo ed eterometrico

GM fd

- *Detrito di versante e di falda*_Materiale incoerente ad elementi lapidei eterogenei ed eterometrici spigolosi, in matrice sabbiosa più o meno scarsa, localmente a grossi blocchi. Spessore da 3 a 20 m.

GM pi

- *Depositi alluvionali attuali*_Miscela di ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi di natura poligenica in scarsa matrice limosa, costituenti gli attuali alvei dei corsi d'acqua. Spessore fino a 20 m.

GW sp

- *Depositi di spiaggia e litoranei attuali* Sabbie calcaree e, in subordine, quarzose, con frequenti livelli bioclastici.

GW tm

- *Sistema di Barcarello* Depositi marini e continentali delimitati al letto da superfici di erosione marina (piattaforme di abrasione) o subaerea (scavate dalle acque dilavanti) e al tetto da superfici di non deposizione o di erosione subaerea talvolta pedogenizzate, spesso coincidenti con l'attuale piano topografico.

SP de

- *Deposito eolico e dunale* Sabbie medio-finì quarzose di colore giallastro, ben cernite. Formano dune costiere e cordoni alti fino a 5 metri.

LC

- *Sistema di Raffo Rosso* Detriti stratificati e cementati ad elementi eterometrici spigolosi o angolosi, quarzareniti e calcareniti eoliche. L'unità compresa tra la superficie di non deposizione al tetto dei depositi del SIT o di erosione subaerea su termini più antichi.

90

- **8.3.3 Profondità della falda**

I dati piezometrici rilevati nei sondaggi ISPRA, ricadente nella Calcareni e sabbie di Castellammare (MRS-c) affioranti nella Piana di Castellammare., segnalano che nel centro abitato di Alcamo Marina la falda freatica si attesta ad profondità variabile tra i 10-30 m circa dal p.c.

8.3.4 Instabilità di versante

In riferimento ai fenomeni di instabilità di versante, sono stati rilevati dissesti sia attivi, legati a processi in atto o ricorrenti a ciclo breve, che quiescenti, con possibilità che si riattivino nell'attuale sistema morfodinamico.

Si tratta soprattutto di frane di crollo nel primo caso e per scorrimento/complesse sia quiescenti che in stato di attività, le quali, in base ai dati reperiti, coinvolgono prevalentemente i terreni di copertura.

Le geometrie di tali dissesti, descritte precedentemente nel paragrafo 4.2 (*PROCESSI GEOMORFOLOGICI IN ATTO E POTENZIALI*) sono state ricavate prendendo in considerazione il P.A.I. (tabella 4.1), l'inventario delle frane I.F.F.I., ricontrrollati attraverso un'analisi di campagna. Nella

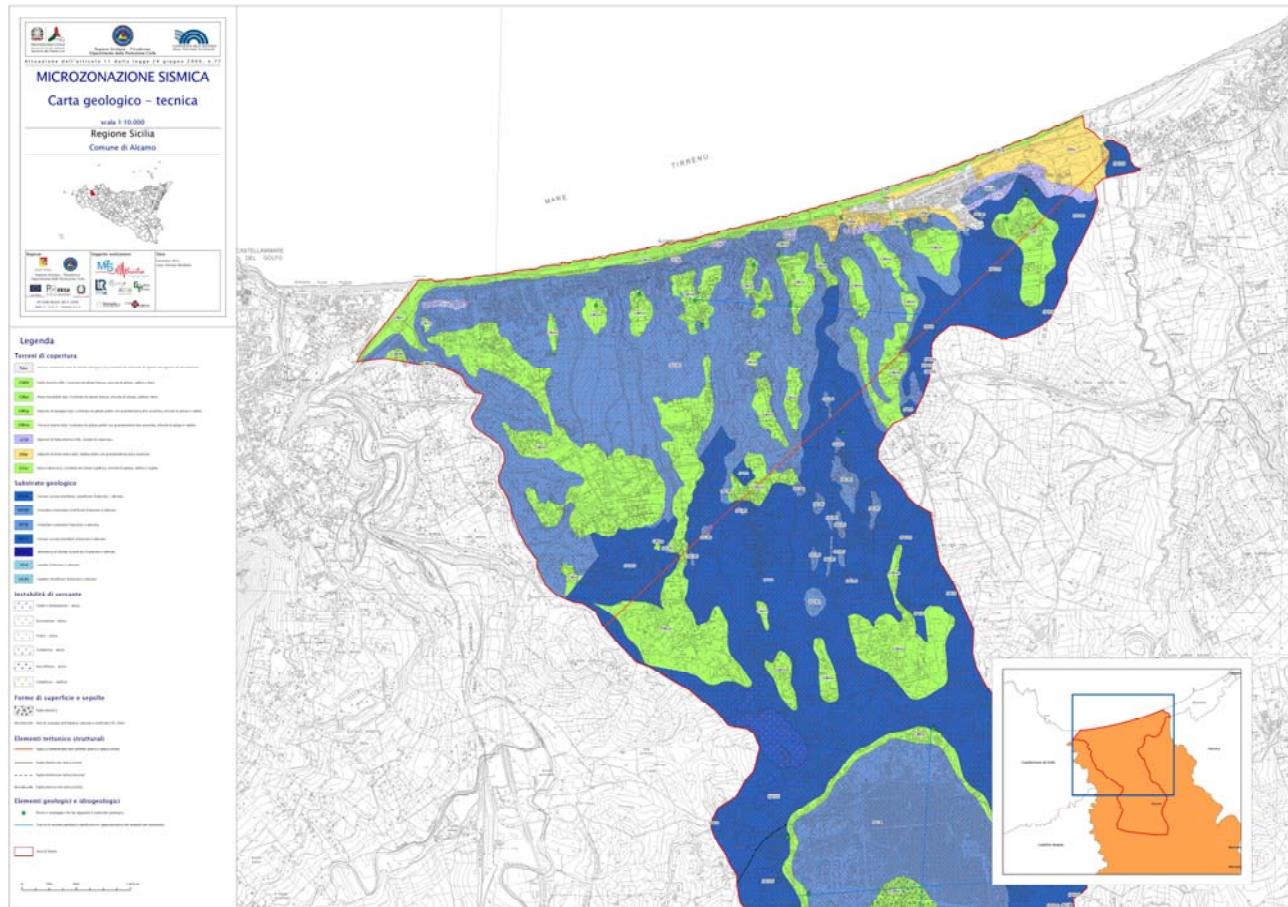
tabella seguente vengono riportate le frane ancora attive, e quelle già stabilizzate (aggiornamento 2014).

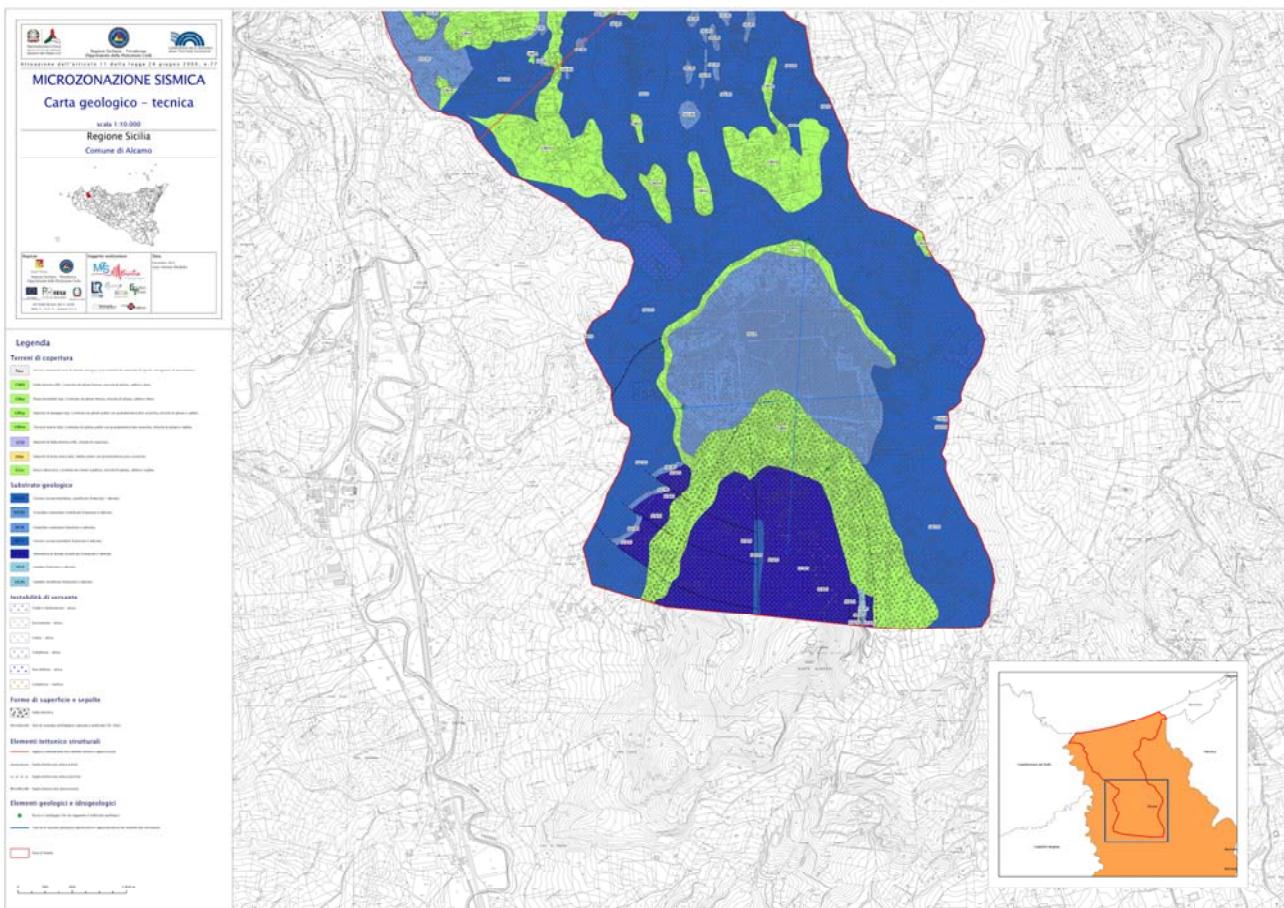
8.3.5 Forme di superficie e sepolte

In riferimento alle forme di superficie nell'area sono stati individuati i seguenti elementi:

- Dall'analisi dei profili 4.2 e 4.3 (con inclinazioni comprese tra 7-10°) e in generale di tutto il territorio comunale non si evidenziano aree, se non circoscritte e limitate, in cui si realizza la doppia condizione data da pendii con acclività > 15° e dislivelli > 30 m; ma allo stesso tempo gli orli di scarpata, che sono presenti in corrispondenza della fascia ristretta settentrionale e orientale del Monte Bonifato, affioramenti del substrato di litotipi stratificato fratturato SFALS. In relazione alla fratturazione/stratificazione ed esposizione, può dare luogo a potenziali cinematismi tipo ribaltamento e crollo, ma anche di scivolamento piano e a cuneo (Hoek & Bray, 1981; Goodman e Bray 1976), anche sotto l'azione di sollecitazioni sismiche.

91





92

Figura 8.3 – Riduzione della carta geologico-tecnica A e B (vedi PDF cartella plot in banca dati).

8.4 CARTA DELLE FREQUENZE

In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di **f0** del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di altri picchi significativi a più alta frequenza o indicazione dell'assenza di picchi).

Tutte le anali delle misure HVSR sono state svolte nell'intervallo di frequenza 0,1-20 Hz, considerata la finestra di interesse ingegneristico,

La carta è stata restituita sulla base C.T.R. 1:10.000 della Regione Sicilia, dove oltre alle frequenze, fino a un massimo di 3, sono state riportate in genere le amplificazioni della curva H/V.

Sulla carta sono stati riportati tutti i picchi ritenuti di origine stratigrafica con un rapporto H/V > 2 o di poco inferiore, se ritenuti affidabili e indicatori di possibili, seppur secondari, effetti di amplificazione locale.

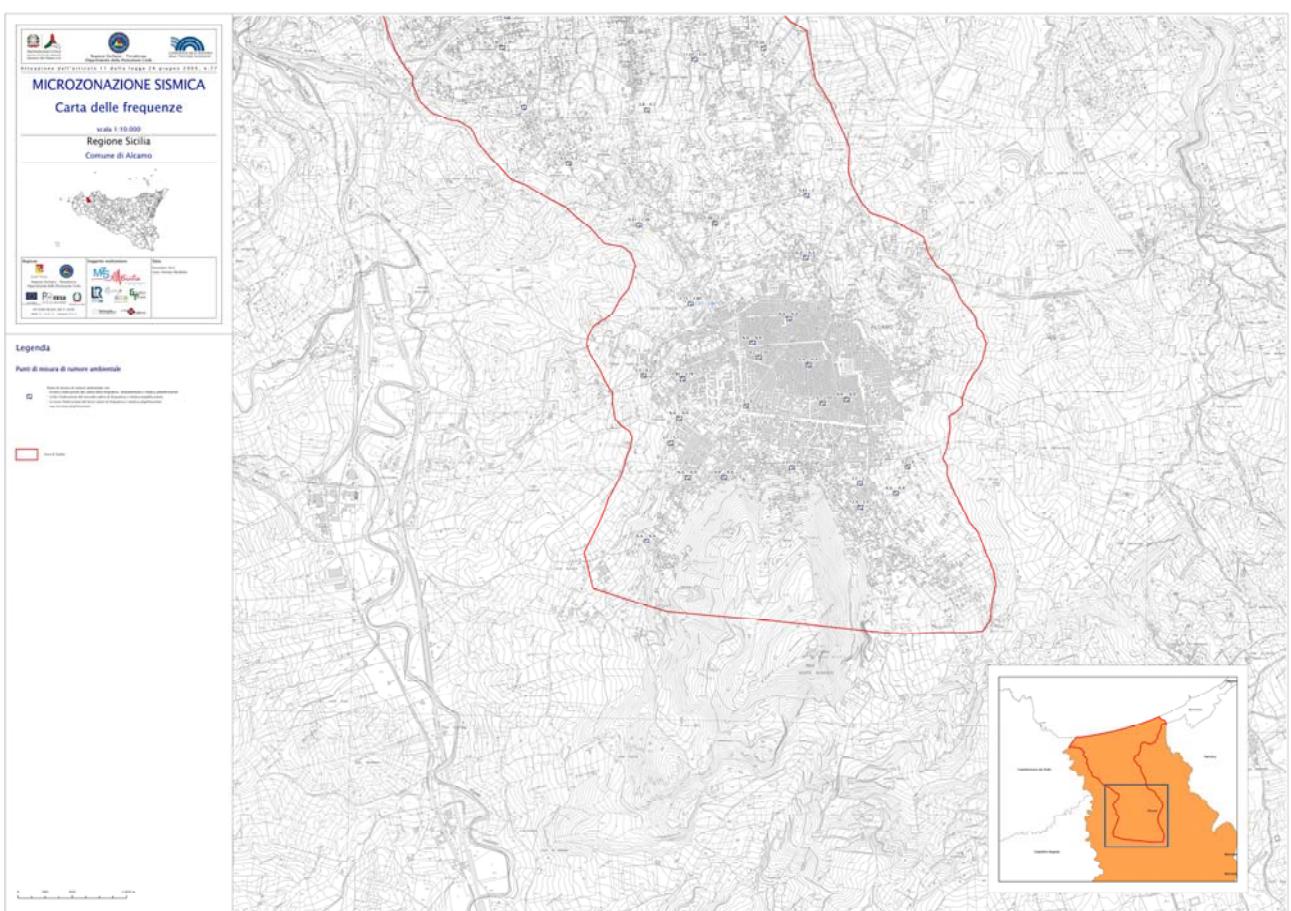
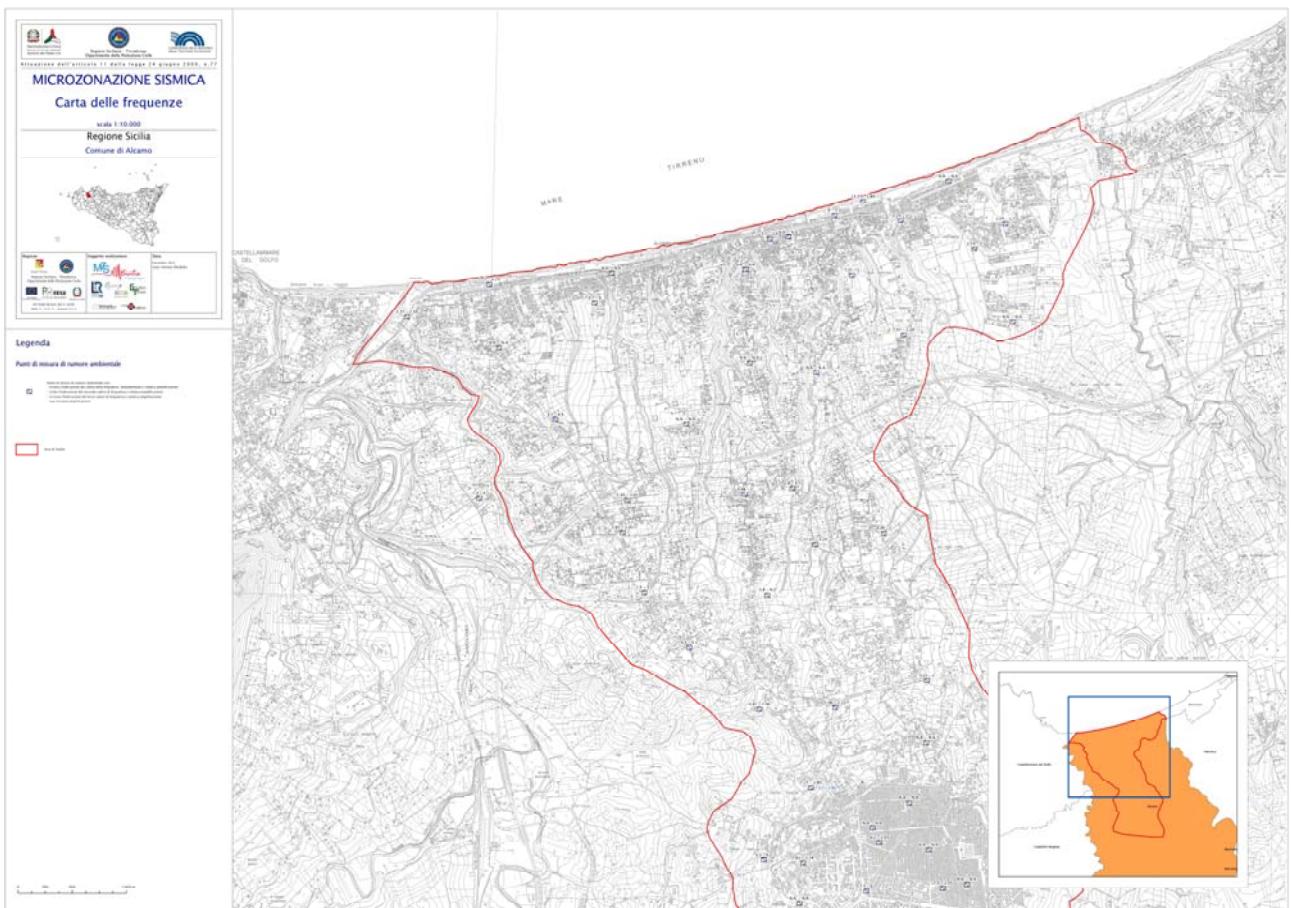


Figura 8.4 – Riduzione della carta delle frequenze A e B (vedi PDF cartella plot in banca dati).

ID_spu	SIGLA Substrato	F0 (Hz) Intervallo 0.1 ÷ 20 Hz	A0 Ampiezza H/V
081001P3	SFALS	2.9	3.50
081001P2	SFGR	--	--
081001P4	SFCOS	3.20	6
081001P5	SFALS	3.50	2.10
081001P8	SFALS	--	--
081001P6	SFALS	3.5	5.05
081001P7	SFALS	--	--
081001P9	SFGRS	3.1	5.1
081001P11	SFCO	3.3	6.2
081001P10	SFGR	--	--
081001P12	SFGR	1.85	3.78
081001P13	SFGR	7.5	6
081001P14	SFGR	1.5	2.55
081001P16	SFGR	--	--
081001P15	--	--	--
081001P17	SFGR	6.20	2.01
081001P18	--	--	--
081001P19	--	--	--
081001P21	SFCOS	9.5	5.3
081001P23	SFCO	3.8	4.2
081001P22	SFCOS	1.5	3.1
081001P24	SFGRS	1.8	4.1
081001P25	SFGRS	7.5	5
081001P27	SFGRS	3.7	6
081001P28	SFGRS	--	--
081001P29	SFGRS	5.1	3.8
081001P30	SFGRS	9	2.3
081001P31	SFCOS	--	--
081001P32	SFGRS	--	--
081001P76	SFALS	--	--
081001P77	SFCOS	1.73/7.31	2.80/3.80
081001P78	SFCO	1.06	2.22
081001P79	SFCO	0.63	2.00

081001P80	SFCOS	0.41	2.06
081001P81	SFCOS	0.34	2.00
081001P82	SFCO	11.03	3.20
081001P83	SFGRS	1.45	2.61
081001P84	SFCOS	1.81	2.41
081001P85	SFCO	0.98	2.00
081001P86	SFGRS	3.10	4.50
081001P87	SFGRS	2.31	2.50
081001P88	SFGRS	1.41	2.70
081001P89	SFGRS	--	--
081001P90	SFGRS	--	--
081001P91	SFGRS	--	--
081001P92	SFGRS	13.31	2.80
081001P93	SFGRS	1.31	2.00
081001P94	SFGRS	2.25	2.00
081001P95	SFGRS	--	--
081001P96	SFGRS	--	--
081001P97	SFCOS	2.19	2.00
081001P98	SFCOS	2.06	2.70
081001P99	SFGRS	7.47	2.24

Tabella. 5.3 - frequenza e rapporto H/V dei picchi significativi individuati

Le 53 misure HVSR reperite ed acquisite nel territorio di Alcamo, hanno evidenziato la presenza di possibili amplificazione del moto del suolo dovute a fenomeni di risonanza (tabella 5.3). I picchi ritenuti significativi nel range di frequenza considerato d'interesse ingegneristico (0,1÷20 Hz).

In particolare viene evidenziato che:

- n.6 HVSR ricadenti in aree con substrato SFALS, le frequenze di risonanza sono nell'intervallo di frequenza 2.90-3.50 Hz.
- n.21 HVSR ricadenti in aree con substrato SFGRS, le frequenze di risonanza sono abbastanza variabili e ricadono nell'intervallo di frequenza 1.80-13.30Hz.
- n.6 HVSR ricadenti in aree con substrato SFGR, le frequenze di risonanza sono abbastanza variabili e ricadono nell'intervallo di frequenza 1.50-7.50 Hz.
- n.16 HVSR ricadenti in aree con substrato SFCO e SGFCOS, le frequenze di risonanza vengono raggruppati nel range di frequenza 0.30-3.30 Hz, ad eccezione di tre indagini dove la frequenza di risonanza è di 7.30-11.03 Hz

Le restanti indagini non vengono prese in considerazione, in conseguenza del fatto che non vi sono delle frequenze di risonanza ed ampiezza di picco ben definito.

8.5 CARTA DELLE MOPS

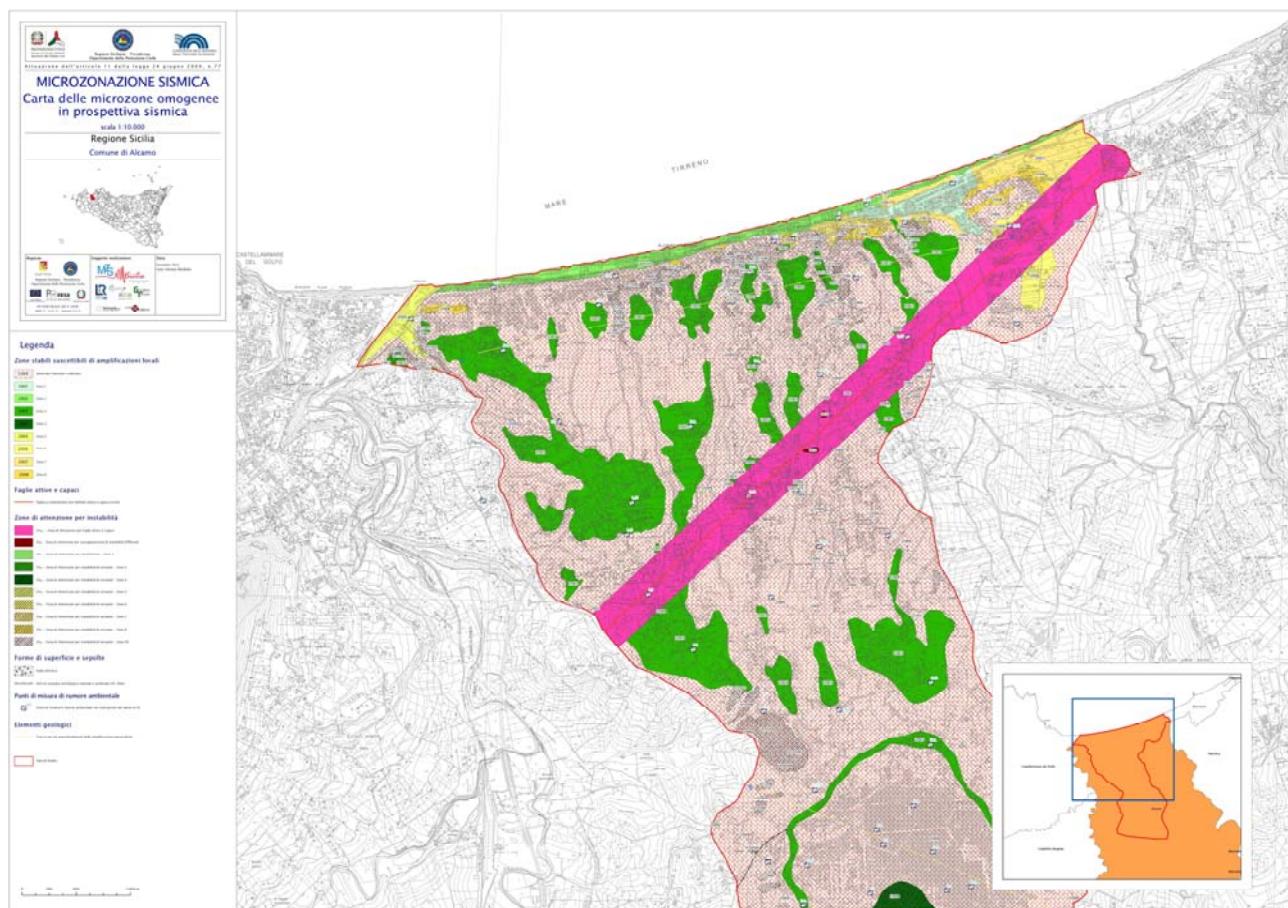
Nella Carta delle MOPS (Fig. 8.3) del livello 1, viene suddiviso il territorio in microzone qualitativamente omogenee, che in caso di eventi sismici possono avere analogo comportamento rispetto alla sollecitazione sismica.

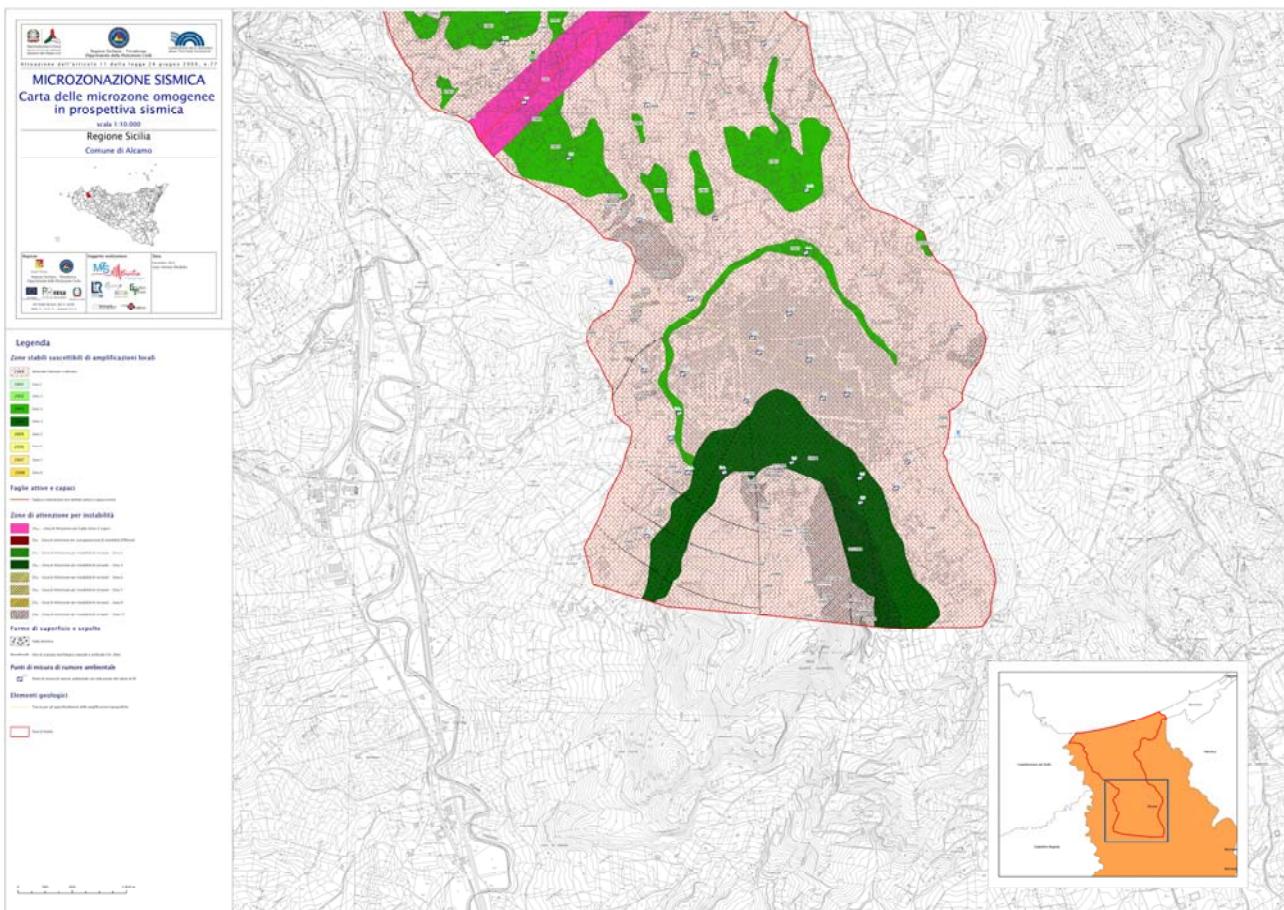
Sono state individuate le Zone di cui sotto.

- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e/o morfologica locale. Il territorio comunale viene considerato suscettibile di amplificazioni locali sia per condizione stratigrafica, sia topografica.
 1. Amplificazione stratigrafia. L'assetto geologico tecnico e strutturale del territorio di Alcamo esposto nei capitoli che precedono e rappresentato nelle carte CGM e CGT, evidenzia contatti e sovrapposizioni di formazioni rocciose con differenti caratteristiche di rigidità, talora discontinue anche all'interno di una singola unità geologico-tecnica, in relazione al differente grado di fratturazione e/o alterazione, per cui tale stato non può che condizionare l'amplificazione sismica del sito;
 2. Amplificazione topografica. Analogi ragionamenti sono stati fatti per l'amplificazione topografica, tendendo ad accorpare il più possibile superfici poco estese "francobolli" a quelle maggiori, anche se relative a classi di pendenza ed energia di rilievo differenti. Per tale fenomeno, in questa fase, come si è detto in precedenza sono stati individuati gli elementi predisponenti, al fine di rimandare i necessari approfondimenti agli studi di terzo livello con specifiche analisi di RSL. Si ritiene comunque che tutto il territorio collinare di Alcamo sia suscettibile di amplificazione sismica per effetto topografico con effetti legati all'interazione tra le onde sismiche e la morfologia superficiale.
- **Zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Si precisa che nel territorio investigato non sono state riscontrate situazioni da classificare come zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura, se non lo scuotimento funzione dell'energia e della distanza dell'evento.

Inoltre appare doveroso sottolineare che per la definizione delle MOPS è stato adottato un approccio tendente all'esemplificazione. E' stato cercato di accorpate piuttosto che suddividere litotipi e condizioni assimilabili dal punto di vista geologico-sismico, partendo dal presupposto che un estremo dettaglio nella definizione delle microzone, peraltro spazialmente non definibile in modo corretto, allontani il risultato dalla realtà fisica del territorio. Il substrato a esempio è stato accorpato in base alla conoscenza della litologia e caratteristiche meccaniche dello stesso e al relativo comportamento come ammasso roccioso o attritivo/coesivo; le coperture sono state accorpate prevalentemente attraverso una lettura delle forme e della genesi, che inevitabilmente si riflette sulla componente litologica e sul comportamento meccanico, evitando di suddividerle in numerose microzone magari per la presenza di qualche lente con composizione di poco differente.





98

Figura 8.5 – Riduzione della carta delle MOPS A e B (vedi PDF cartella plot in banca dati)

Di seguito si riporta la descrizione dettagliata per ciascuna microzona omogenea individuata.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 2099 – Substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato, fratturato o alterato (SFCOS) costituito da Marne argillose e sabbiose; da argille e marne argillo sabbiose a foraminiferi; da argille marnose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici intercalate a sabbie ed arenarie giallastre, hanno caratteristiche pressoché omogenee, un substrato di potenza stimata inferiore a 200 metri. Le misure delle MASW e degli HVSR nell'ambito della MS1 hanno restituito velocità delle onde di taglio $V_s \leq 800$ m/s, si esclude che in alcune aree possano raggiungere e superare gli 800 m/s. Le misure HVSR hanno evidenziato picchi di risonanza nel range di frequenza 1.1-3.5 Hz.

ZONA 2099 – Substrato granulare cementato fratturato o alterato (SFGR) costituito da arenarie quarzose a grana medio-fine; da sedimenti marino-paralici e continentali depositatisi; e Substrato granulare cementato stratificato, fratturato o alterato (SFGRS) costituiti da calcareniti glauconitiche più o meno cementate; costituiti da Calcareniti e calciruditi da stratificazione incrociata intercalata

a vari livelli da sabbie giallastre bioclastiche dei Depositi Marini Terrazzati. Le misure delle MASW e degli HVSR nell'ambito della MS1 hanno restituito velocità delle onde di taglio $V_s \leq 800$ m/s; le frequenze di risonanza sono abbastanza variabili e ricadono nell'intervallo di frequenza 1.50-9.00 Hz.

ZONA 2099 – Substrato ad alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato (SFALS), costituito da Calcilutiti e calcisiltiti marnose con intercalazioni di biocalcarenti. Spessore 80-120 m; Calcilutiti bianche e rossastre con liste e noduli di selce alternate; da alternanze di marne ad aptici e calcilutiti selcifere con radiolari della Fm Hybla; da Calcilutiti bianche a volte rosate, con liste e noduli di selce e sottili intercalazioni di marne grigio-verdastre della FM Lattimusa; Depositi carbonatici grigio-chiaro a granulometria fine. Le misure delle MASW e degli HVSR nell'ambito della MS1 hanno restituito velocità delle onde di taglio $V_s \leq 800$ m/s, si esclude che in alcune aree possano raggiungere e superare gli 800 m/s. Le misure HVSR hanno evidenziato che le frequenze di risonanza sono nell'intervallo di frequenza 1.96-4.35 Hz.

ZONA 1 – Depositi antropico costituito da una miscela di ghiaie, sabbie, ciottoli e materiale di risulta (Rlzz), poggiante su sabbie medio-fini quarzose di colore giallastro, ben cernite depositi eolico dunale (SPde); e su substrato granulare cementato fratturato o alterato (SFGR) costituito da Biocalcarenti ed arenarie quarzoso-glaucoclitiche con tenori variabili di bioclasti carbonatici, alternate a marne e marne sabbiose bruno-verdastre

ZONA 2 – Depositi di spiaggia e litoranei attuali di Sabbie calcaree e, in subordine, quarzose, con frequenti livelli bioclastici. (GWsp), poggiante su Substrato granulare cementato stratificato,fratturato o alterato (SFGRS) costituiti da Depositi Marini Terrazzati e da un'alternanza di banchi o lenti di calcareniti.

ZONA 3– Depositi marini e continentali delimitati al letto da superfici di erosione marina (piattaforme di abrasione) o subaerea (scavate dalle acque dilavanti) e al tetto da superfici di non deposizione o di erosione subaerea talvolta pedogenizzate (GWtm), poggiante sia su substrato coesivo sovraconsolidato, fratturato o alterato (SFCO) costituito da argille e marne argillose con tenori variabili in sabbie prevalentemente quarzose; su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, fratturato o alterato (SFCOS) costituito da Marne argillose e sabbiose, grigio-azzurrognole; e sia su substrato granulare cementato fratturato o alterato (SFGRS) costituiti da Depositi Marini Terrazzati e da un'alternanza di banchi o lenti di calcareniti.

ZONA 4 – Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici con e senza evidenze di movimenti in atto (GMfd), poggiante su e su su substrato granulare cementato fratturato o alterato (SFGR) costituito da Biocalcarenti ed arenarie quarzoso-glaucoclitiche con tenori variabili di bioclasti carbonatici, alternate a marne e marne sabbiose bruno-verdastre.

ZONA 5 – Depositi alluvionali attuali costituito da una miscela di ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi di natura poligenica in scarsa matrice limosa (GMpi); poggiante su Substrato granulare cementato stratificato,fratturato o alterato (SFGRS) costituiti da Depositi Marini Terrazzati; da un'alternanza di banchi o lenti di calcareniti.

ZONA 6 – Depositi eluviali e colluviali costituiti da ghiaie, sabbie e limi variamente frammati anche a clasti spigolosi grossolani, spesso pedogenizzati. Spessori fino a 5 metri. (GCec); poggiante su Substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato, fratturato o alterato (SFCOS) costituito da; da argille marnose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici intercalate a sabbie ed arenarie giallastre, della Formazione di Castellana Sicula.

ZONA 7 – Sabbie medio-finì quarzose di colore giallastro, ben cernite dei depositi eolico dunale (SPde); poggiante sia su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, fratturato o alterato (SFCOS) costituito costituito da Marne argillose e sabbiose, grigio-azzurrognole, sia su substrato granulare cementato fratturato o alterato (SFGRS) costituiti da Depositi Marini Terrazzati. 100

ZONA 8 – Detriti stratificati e cementati ad elementi eterometrici spigolosi o angolosi, quarzareniti e calcareniti eoliche (LCfd); poggiante sia su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato, fratturato o alterato (SFCOS) costituito costituito da Marne argillose e sabbiose, grigio-azzurrognole, sia su substrato granulare cementato fratturato o alterato (SFGRS) costituiti da Depositi Marini Terrazzati.

ZONE INSTABILI

ZA_{FR} – Zona di attenzione per instabilità di versante

Zone di attenzione relative alle numerose frane di crollo attive, classificate dal PAI sui versanti e modellati nei substrato SFALS della zona 2099.

ZA_{FAC} – Zona di attenzione per faglie attive e capaci

La zona di instabilità per fagliazione superficiale è rappresentata da una faglia diretta attiva e capace a cinematismo non definito (*CATALOGO ITHACA*), avente una direzione SSW-NNE che si immerge in direzione NW; in conseguenza di ciò, secondo i criteri Standard di Rappresentazione e

Archiviazione Informatica Versione 4.1_Sicilia, la zona viene definita come Zona di Instabilità per faglia Attiva e Capace **Z_{A_{FAC}}** e verrà delimitato un Buffer simmetrico di 200 metri per lato, per tutta l'estensione della Faglia.

ZALQ – Zone di attenzione per suscettività alla liquefazione

La zona di attenzione per liquefazione interessano i depositi di spiaggia (GWsp) per profondità della falda inferiore a 15 m.

FORME DI SUPERFICIE

Sono inoltre state segnalate, ai fini della presente microzonazione:

- orli di scarpate morfologica con altezza compresa tra 10 m e 20 m;
- orli di scarpate morfologica con altezza > di 20 m;
- linea di cresta che segnano i versanti maggiormente pronunciati evidenziati anche dalle sezioni topografiche elaborate;
- Picchi isolati.

9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

La storia sismica del territorio comunale di Alcamo è illustrata al capitolo 3, dove in figura 3.6 sono riportati i principali eventi sismici che lo hanno interessato. Dall'analisi della storia sismica di si evince che i terremoti a più alta intensità macroseismica sono stati quelli relativi alla sequenza sismica della Valle Del Belice verificatisi dal 14 al 25 gennaio 1968 che a Alcamo ha prodotto effetti pari a X MCS (figura 3.6).

Gli effetti di questi eventi sul contesto antropico furono devastanti, infatti a Alcamo la scossa delle ore 1.33.02 causò il crollo di alcuni edifici, mentre la scossa delle ore 2.01.09 e le successive repliche distrussero cospicue unità immobiliari. Anche sull'ambiente naturale gli effetti del sisma furono rilevanti, le scosse attivarono movimenti franosi, l'apertura di fenditure nel terreno accompagnate da fuoriuscita di fango e, in taluni casi, esalazioni gassose e variazioni nel regime delle acque sotterranee. Le frane per crollo innescate direttamente dalle scosse, di portata limitata, furono rilevate in corrispondenza di superfici di discordanza; altri modesti movimenti franosi si manifestarono, in forma di scoscendimenti, in aree già interessate da eventi analoghi o in versanti caratterizzati da un precario equilibrio statico preesistente.

I dati macroseismici rilevati dai cataloghi DBMI15, presentano un dettaglio ed una distribuzione spaziale tale da non permettere di distinguere aree a diversa risposta sismica locale, da confrontare con le microzone definite dal presente studio.

102

10. BIBLIOGRAFIA CARTOGRAFICA

- CARTA GEOLOGICA DI ALCAMO FOGLIO N°606 IN SCALA 1:50.000, AUTORI SALVATORE BOMMARITO ET ALII;
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO -1995.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA FOGLIO N°257 "CASTELVETRANO" IN SCALA 1:100.000, SERVIZIO GEOLOGICO
D'ITALIA ORGANO CARTOGRAFICO DELLO STATO (LEGGE 2/2/1960 N.68)

11. BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA E PUBBLICAZIONI DI SETTORE

- ARUTA L., BUCCHERI G., GRECO A. & SPROVIERI R. (1972) – *IL SICILIANO DELLA FOCE DEL BELICE (SICILIA MERIDIONALE)*. RIV. MIN. SIC., **136-138**: 234-239.
- ANTONELLI, M., FRANCIOSI, R., PEZZI, G., QUERCI, A., RONCO, G.P., VEZZANI, F., 1988. PALE-OGEOPGRAPHIC EVOLUTION AND STRUCTURAL SETTING OF THE NORTHERN SIDE OF THE SICILY CHANNEL. *MEMORIE SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA* 41, 141–157.
- AZZARO R., BARBANO M.S. (2000) – CONTRIBUTO ALLA COMPILAZIONE DELLA CARTA DELLE FAGLIE ATTIVE DELLA SICILIA. IN: LE RICERCHE DEL GNDT NEL CAMPO DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA (1996-99), CNR-GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI, ROMA (PP. 227–235).
- G. BARRECAA, V. BRUNOB, C. COCORULLOB, F. CULTRERAA,B, L. FERRANTIC,* , F. GUGLIELMINOB,L. GUZZETTAC, M. MATTIAB, C. MONACOA, F. PEPE, 2014. GEODETIC AND GEOLOGICAL EVIDENCE OF ACTIVE TECTONICS IN SOUTH-WESTERN SICILY (ITALY)
- CATALANO, R., FRANCHINO, A., MERLINI, S., SULLI, A., 2000A. GEOLOGIA DELLA SICILIA OCCIDENTALE. GUIDA ALLE ESCURSIONI, 79° CONGRESSO NAZIONALE. SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA1, 143–155.
- CATALANO R., DI STEFANO E., INFUSO S., SULLI A., VAIL P.R. & VITALE F. P. (1997) – SEQUENCE AND SYSTEMS TRACTS CALIBRATED BY HIGH-RESOLUTION BIO-CHRONOSTRATIGRAPHY: THE CENTRAL MEDITERRANEAN PLIO-PLEISTOCENE RECORD. IN R. CATALANO (ED.): TIME SCALES AND BASIN DYNAMICS. SICILY, THE ADJAMENT MEDITERRANEAN AND OTHER NATURAL LABORATORIES. FIELD WORKSHOP IN WESTERN SICILY, EUROBASIN EUROCONFERENCE, 109- 134, GUIDE BOOK, OFFSET PALERMO
- CATALANO, R., FRANCHINO, A., MERLINI, S., SULLI, A. (2000). CENTRAL WESTERN SICILY STRUCTURAL SETTING INTERPRETED FROM SEISMIC REFLECTION PROFILES. MEM. SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA, **55**: 5-16.
- CATALANO, R., VALENTI, V., ALBANESE, C., ACCAINO, F., SULLI, A., TINIVELLA, U., GASPARO MORTICELLI, M., ZANOLLA, C., GIUSTINIANI, M., 2013. SICILY'S FOLD-THRUST BELT AND SLAB ROLL-BACK: THE SI.RI.PRO. SEISMIC CRUSTAL TRANSECT. J. GEOL. SOC. LONDON 170 (3), 451-464.
- CIPRIANO DI MAGGIO, GIULIANA MADONIA, MARCO VATTANO, VALERIO AGNESI, SALVATORE MONTELEONE. (2017) GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION OF WESTERN SICILY, ITALY
- D'ANGELO U. & VERNUCCIO S. (1996) - I TERRAZZI MARINI QUATERNARI DELLA ESTREMITÀ OCCIDENTALE DELLA SICILIA. *MEMORIE SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA*, 51, 585-594.
- DE CELLES P.G. & GILES K.A. (1996) - FORELAND BASIN SYSTEMS. *Basin Research* **8**, 105–123.
- DI MAGGIO C., MADONIA G., VATTANO M., AGNESI V., MONTELEONE S. (2017) - GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION OF WESTERN SICILY, Italy. *Geol. Carpathica*, **68 (1)**: 80-93.
- DI STEFANO P. , VITALE F. ET AL. (1990) - THIRD DAY MAY 19, THE PLIO-PLEISTOCENE FOREDEEP AND THE EVOLUTION OF A PIGGYBACK BASIN (BELICE VALLEY, SOUTHERN-WESTERN SICILY). IN: CATALANO R. & D'ARGENIO B. Eds. (1990) - HAMMERING A SEISMIC SECTION. FIELD TRIP IN WESTERN SICILY, GUIDE BOOK. DIPARTIMENTO DI GEOLOGIA E GEODESIA UNIV. DI PALERMO, PP. 55-75.
- FERRANTI L., BURRATO P., SECHI D., ANDREUCCI S., PEPE F., PASCUCCI V. (2021) - LATE QUATERNARY COASTAL UPLIFT OF SOUTHWESTERN SICILY, CENTRAL MEDITERRANEAN SEA. *QUATERNARY SCIENCE REVIEWS*, 225, ELSEVIER, 26 PP. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.QUASCIREV.2021.106812](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.106812).
- MCKENZIE, D., 1972. ACTIVE TECTONICS OF THE MEDITERRANEAN REGION. *GEOPHYS. J. R. ASTRON. SOC.* 30, 109–185.

103

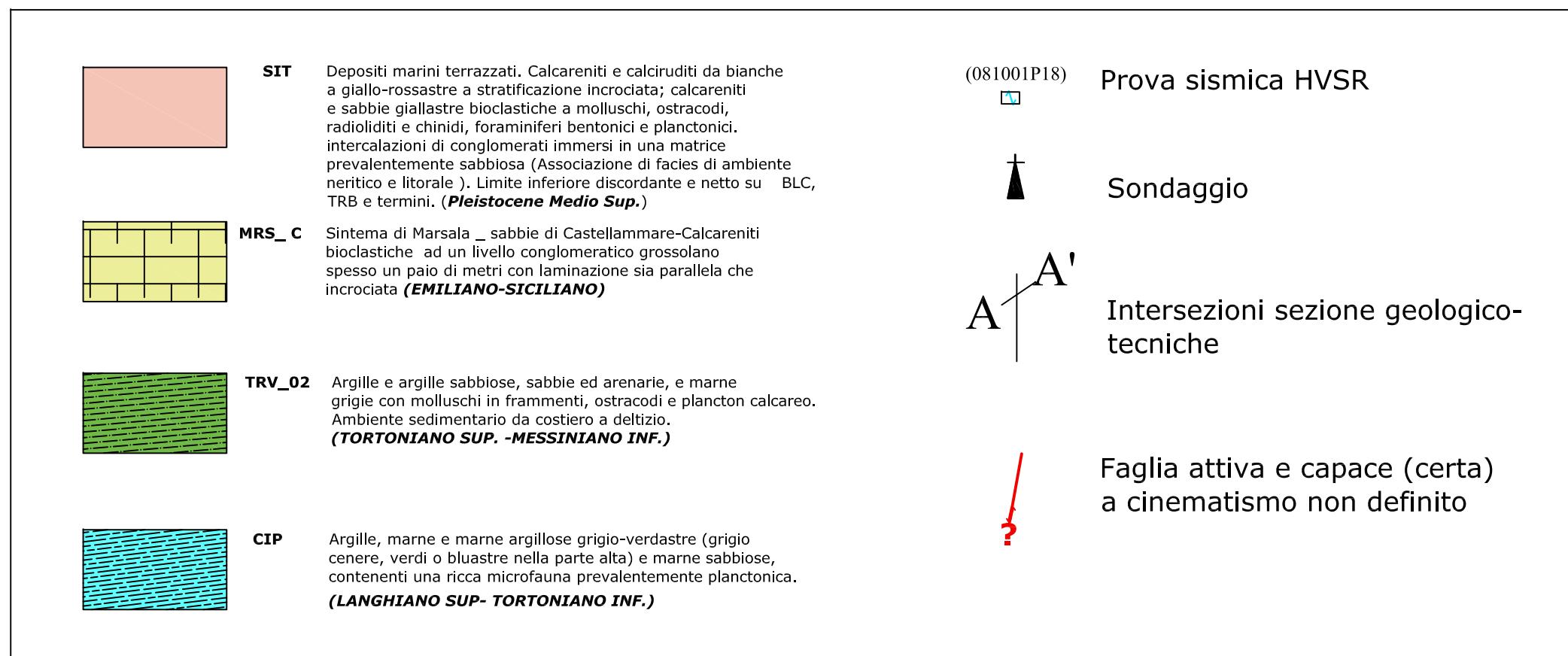
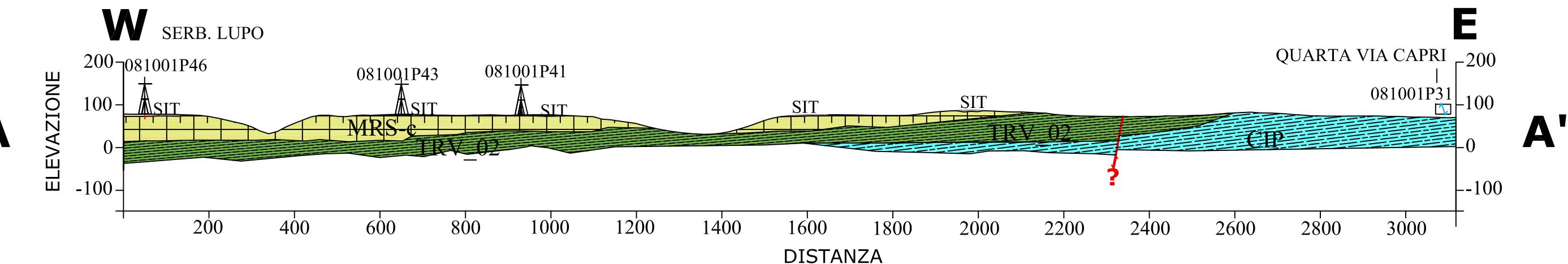
- MONACO, C., MAZZOLI, S., TORTORICI, L., 1996. ACTIVE THRUST TECTONICS IN WESTERN SICILY (SOUTHERN ITALY): THE 1968 BELICE EARTHQUAKES SEQUENCE. *TERRA NOVA* 8, 372–381
- RUGGERI G., UNTI A., UNTI M. & MORONI M.A. (1977) – LA CALCARENITE DI MARSALA ED I TERRENI CONTERMINI. *BOLL. SOC. GEOL.*, 94:1623-1657.
- SPROVIERI R E CUSENZA A. (1972) – LA SEZIONE DI ETÀ SICILIANA DI PORTO PALO (TRAPANI). *RIV. MIN. SIC.*, 136-138: 240-249
- VITALE F. P. (1995) – STACKING PATTERN AND TECTONICS: FIELD EVIDENCES AND CHRONOSTRATIGRAPHIC CONSTRAINTS FROM PLIOCENE GROWTH-FOLDS OF SICILY (CENTRAL MEDITERRANEAN). IN: DE GRACIANSKY ET AL. (EDS.): SEQUENCE STRATIGRAPHY OF EUROPEAN BASINS. S. E. P. M. SPECIAL VOLUME.
- LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCIOLI C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., CONTE S., ROCCHETTI E. (2016) – DATABASE MACROSISMICO ITALIANO (DBMI15). ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV), [HTTPS://DOI.ORG/10.6092/INGV.IT - DBMI15](https://doi.org/10.6092/INGV.IT - DBMI15).
- ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. (2016) – CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI (CPTI15). ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV), [HTTPS://DOI.ORG/10.6092/INGV.IT - CPTI15](https://doi.org/10.6092/INGV.IT - CPTI15).

104

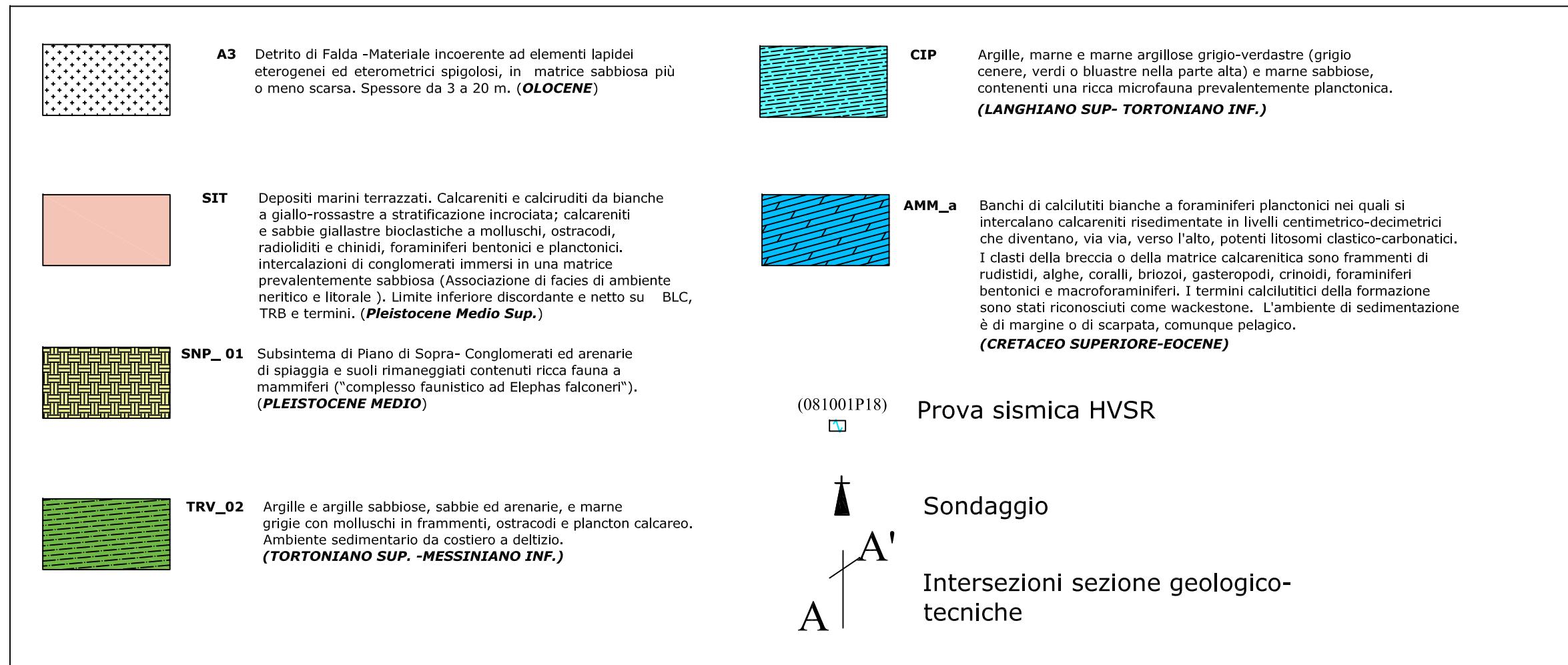
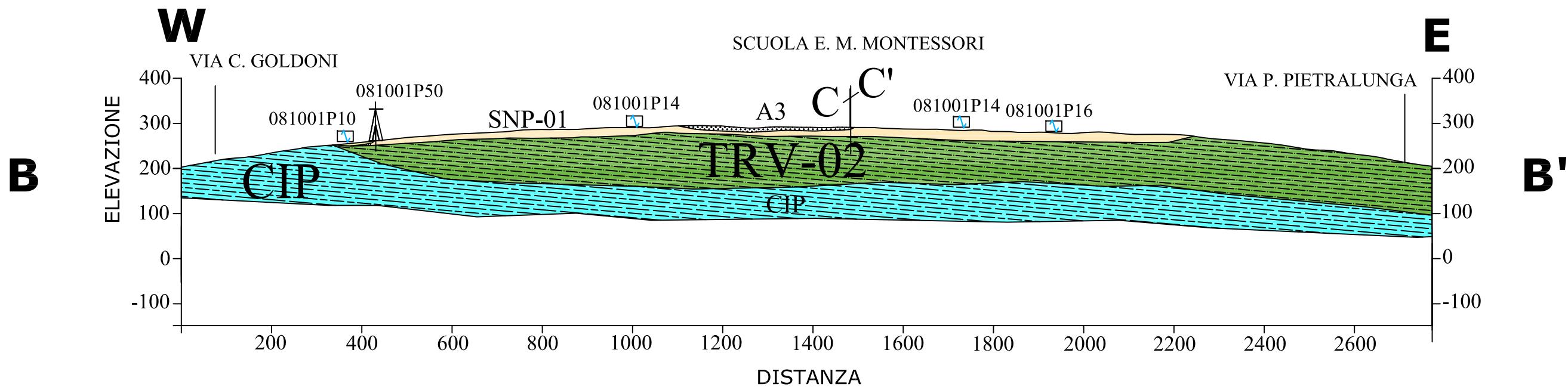
geol. Antonio Mendolia

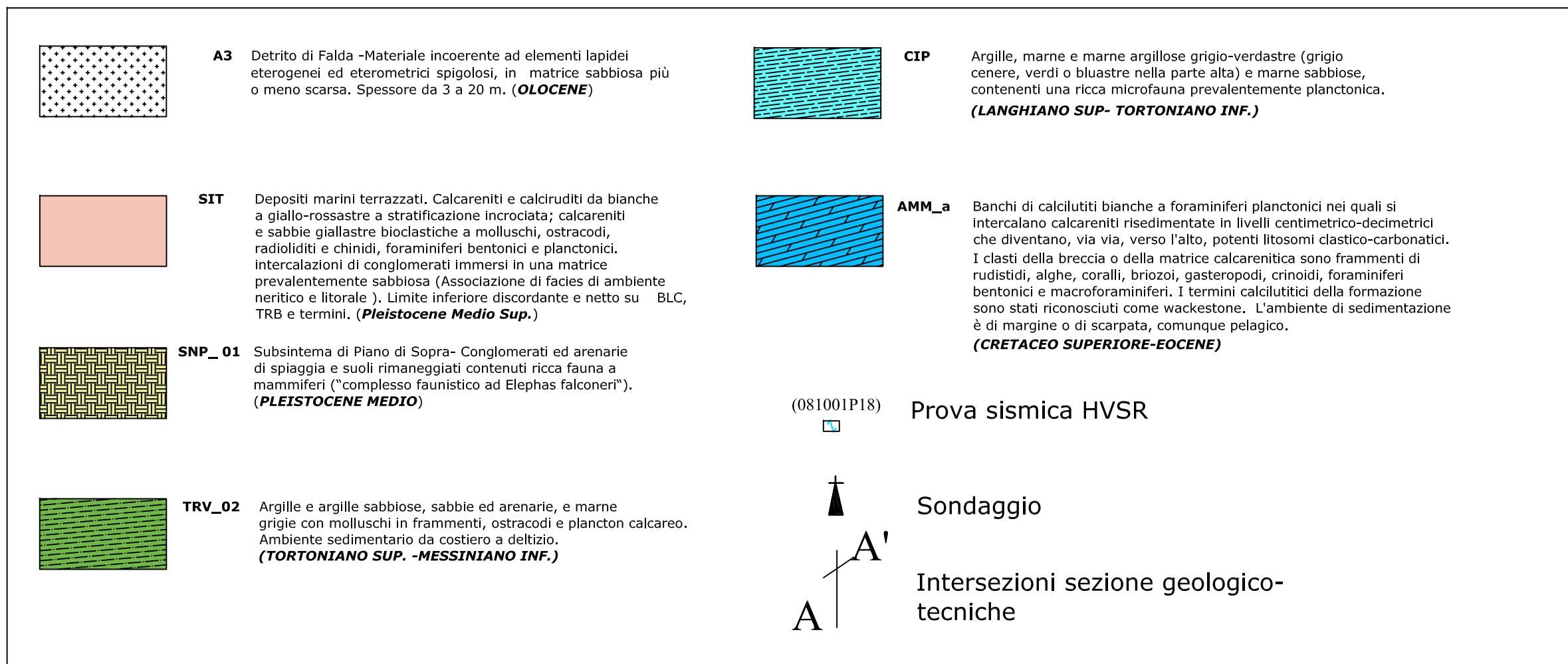
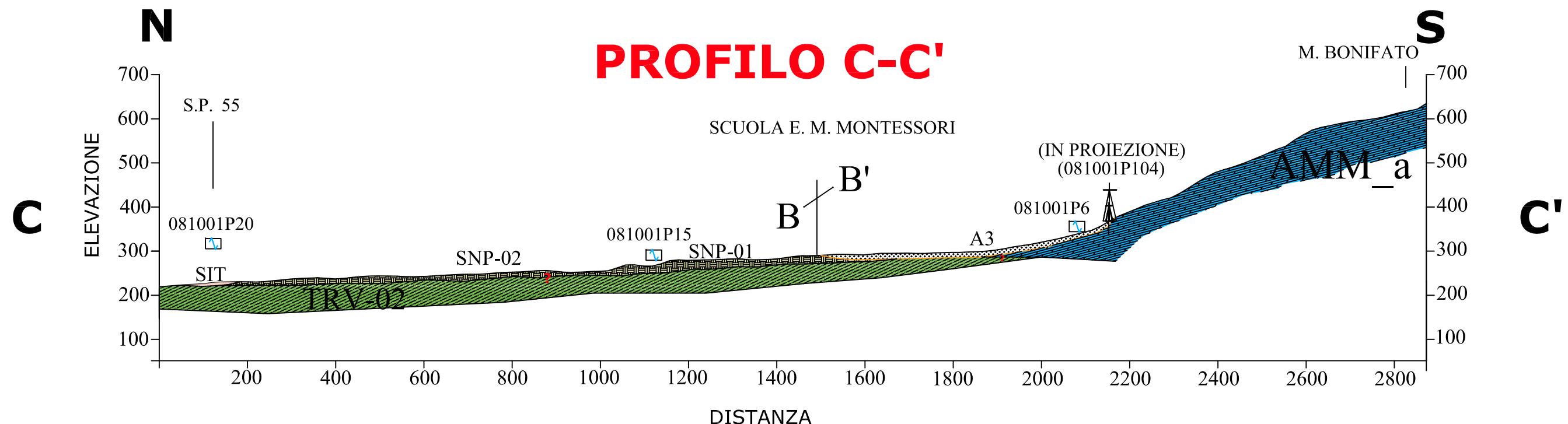
Firmato digitalmente

PROFILO A-A'



PROFILO B-B'

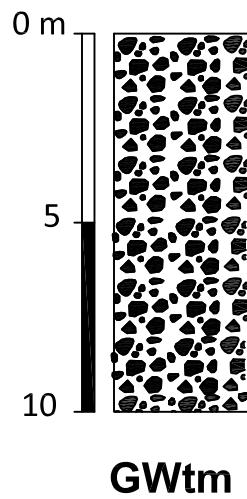




ALLEGATO 2 - COLONNE LITOSTRATIGRAFICHE SINTETICHE

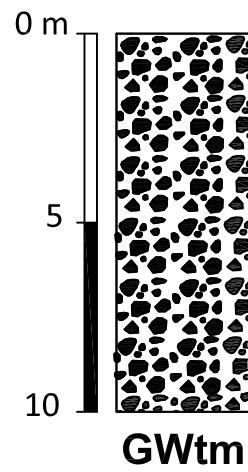
SEZIONE A-A'

Sondaggio 081001P46



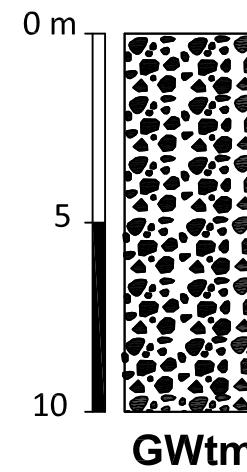
Miscela di clasti calcareniti, sabbia di taglia medio-fine di colore giallastra debolmente addensate, (GWtm)

Sondaggio 081001P43



Miscela di clasti calcareniti, sabbia di taglia medio-fine di colore giallastra debolmente addensate, (GWtm)

Sondaggio 081001P41

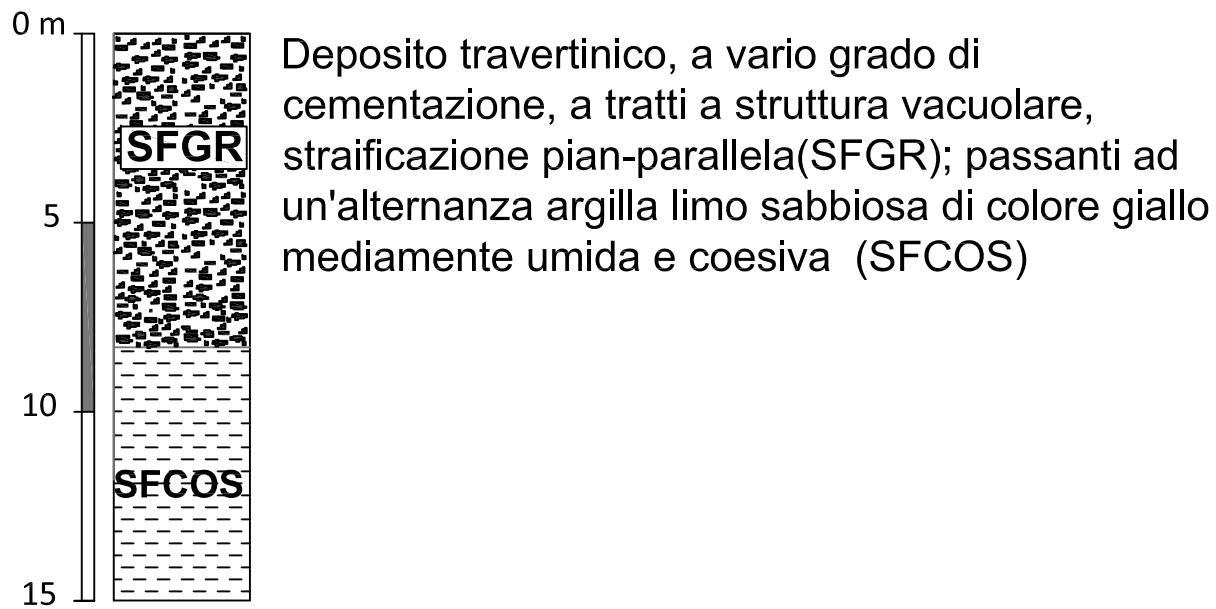


Miscela di ciottoli di natura carbonatica, limo sabbioso, passante a sabbia medio-fine di colore rossastro e con livelli debolmente cementati (GWtm)

ALLEGATO 2 - COLONNE LITOSTRATIGRAFICHE SINTETICHE

SEZIONE B-B'

Sondaggio 081001P50

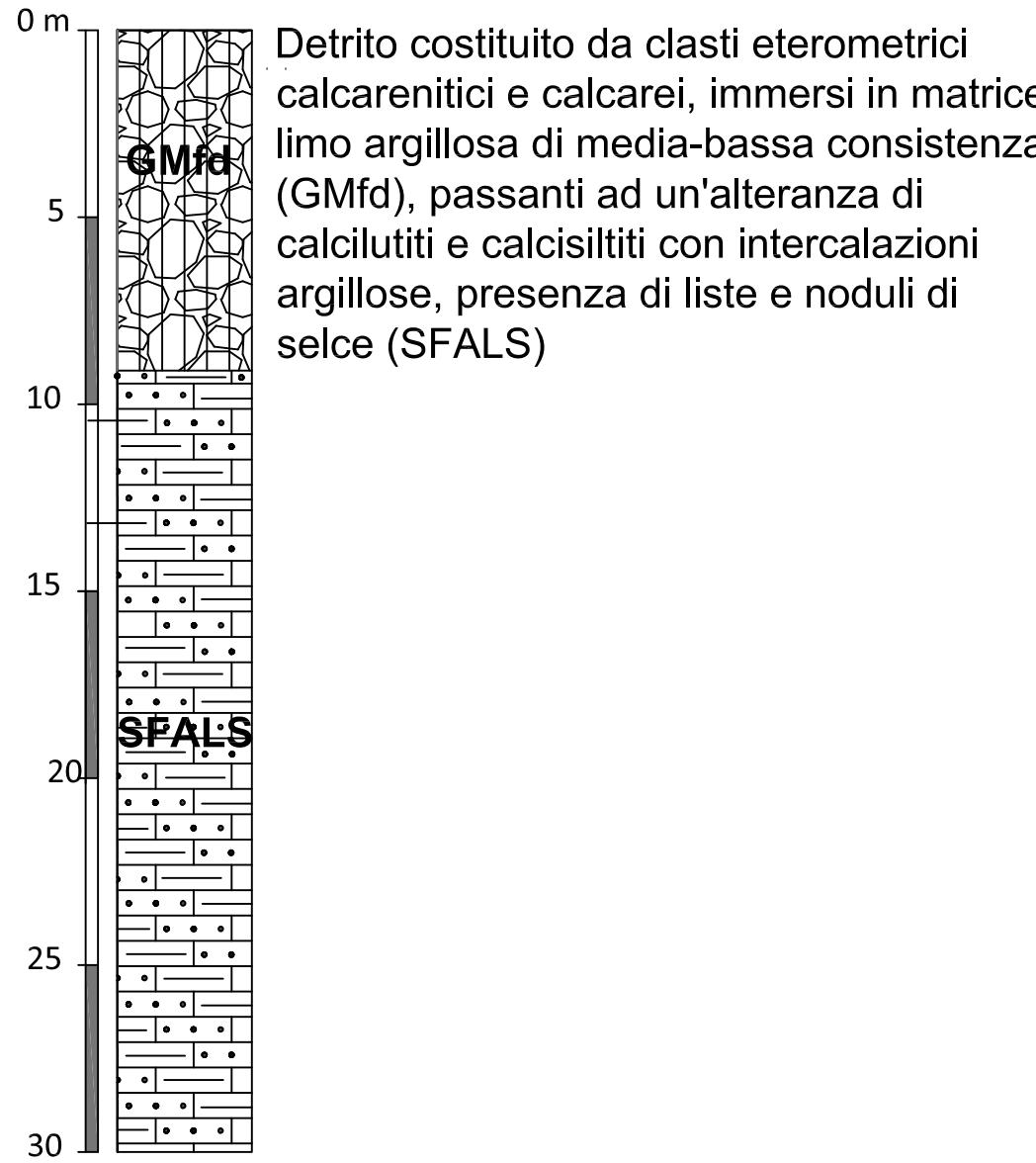


ALLEGATO 2 - COLONNE LITOSTRATIGRAFICHE SINTETICHE

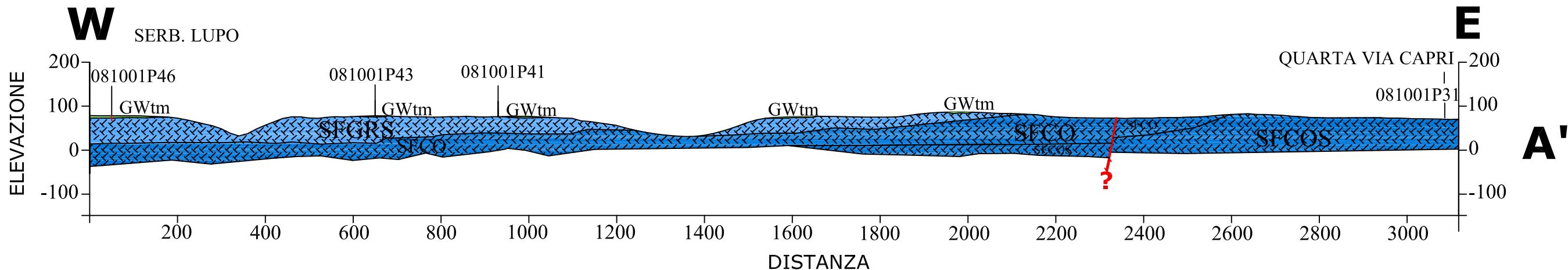
SEZIONE C-C'

(IN PROIEZIONE)

Sondaggio 081001P104

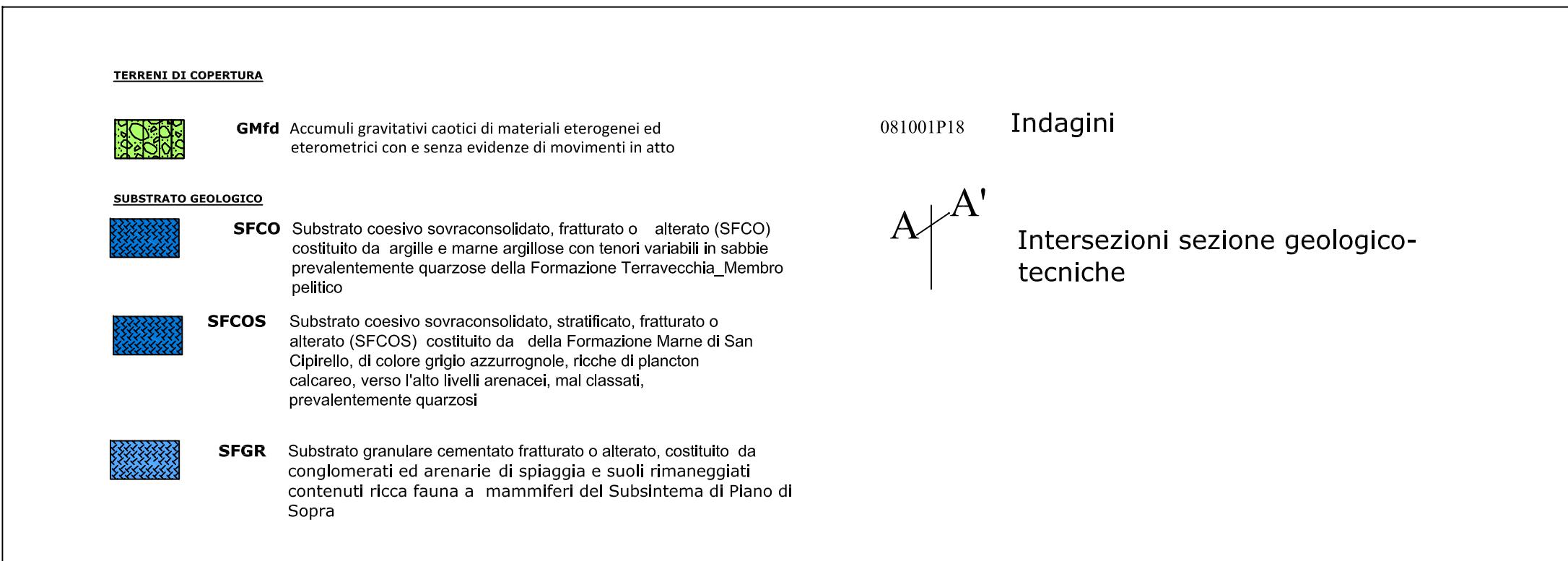
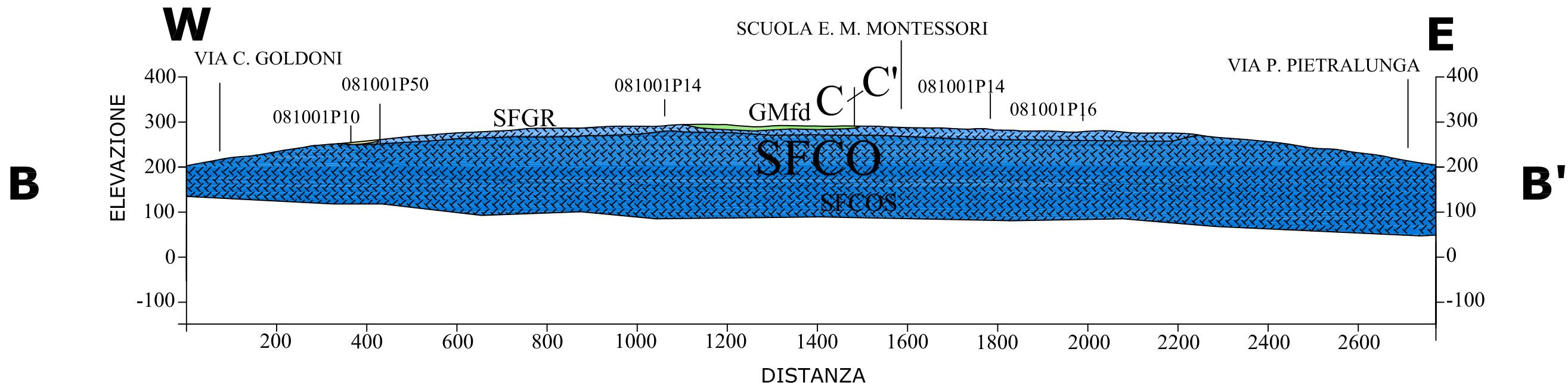


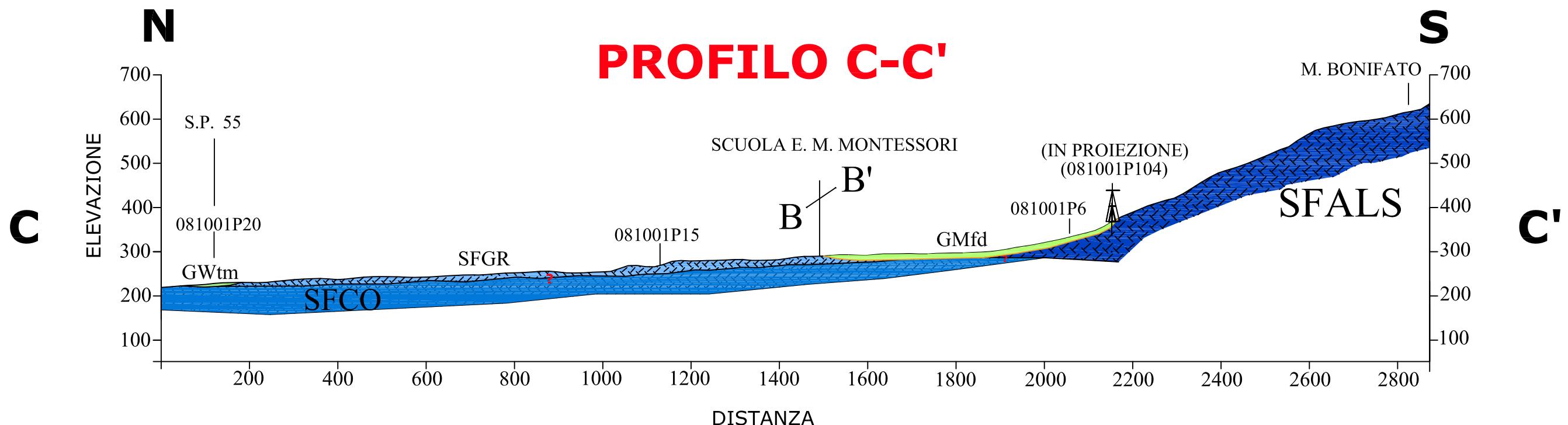
PROFILO A-A'



<u>TERRENI DI COPERTURA</u>		<u>081001P18</u>	<u>Indagini</u>
	Rizz Deposito Antropico		
	GWsp Depositi di spiaggia e litoranei attuali sabbie calcaree e, in subordine, quarzose, con frequenti livelli bioclastici (GWsp),		
	GWtm Depositi marini e continentali (GWtm)		
	GMfd Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici con e senza evidenze di movimenti in atto		
<u>SUBSTRATO GEOLOGICO</u>			
	SFCO Substrato coesivo sovraconsolidato, fratturato o alterato (SFCO) costituito da argille e argille-sabbiose e con tenori variabili di marne argillose della Formazione Terravecchia_Membro pelítico		
	SFCOS Substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato, fratturato o alterato (SFCOS) costituito da della Formazione Marne di San Cipirello, di colore grigio azzurrognole, ricche di plancton calcareo, verso l'alto livelli arenacei, mal classati, prevalentemente quarzosi		
	SFGRS Substrato granulare cementato fratturato o alterato e stratificato costituito da un'alternanza di banchi o lenti di calcareniti appartenenti al Sistema di Marsala ed alle Sabbie di Castellammare;		
			Intersezioni sezione geologico-tecniche
			Faglia attiva e capace (certa) a cinematismo non definito

PROFILO B-B'





ALLEGATO 4A- SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI PIÙ SIGNIFICATIVI DELLE MOPS

zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

2099



SFCOS
Substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato, fratturato o alterato (SFCOS) costituito da Marne argillose e sabbiose della Formazione Marne di San Cipirello (spessore superiore ai 100 m), di colore grigio azzurrognole, ricche di plancton calcareo, verso l'alto livelli arenacei, mal classati, prevalentemente quarzosi; da argille e marne argillo sabbiose a foraminiferi planctonici dell'Unità di Monte Bosco (spessore superiore ai 100 m); da argille marnose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici intercalate a sabbie ed arenarie giallastre, della Formazione di Castellana Sicula (spessore superiore ai 50 m); da Argille, marne e marne sabbiose a foraminiferi planctonici della Fm Marnoso arenacea Belice (spessore superiore ai 100 m)

2099



SFGR
Substrato granulare cementato fratturato o alterato (SFGR) costituito da arenarie quarzose a grana medio-fine Unità di Monte Bosco (spessore superiore ai 30 m); da sedimenti marino-paralici e continentali depositatisi su piattaforme di abrasione o conservatisi all'interno di grotte marine o cavità carsiche appartenenti al Sintema della piana di Partinico (SNP_01); Sono compresi tra una superficie di erosione marina incisa su MRS o terreni più antichi (spessore non superiore ai 30 m)

2099



SFGRS
Substrato granulare cementato stratificato,fratturato o alterato (SFGRS) costituiti da calcareniti glauconitiche più o meno cementate; costituiti da Calcareni e calciruditi da a stratificazione incrociata intercalata a vari livelli da sabbie giallastre bioclastiche dei Depositi Marini Terrazzati (spessore superiore ai 30 m); da un'alternanza di banchi o lenti di calcareniti appartenenti al Sintema di Marsala ed alle Sabbie di Castellammare (spessore non superiore ai 70 m);

2099



SFALS
Substrato ad alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato (SFALS), costituito da Calcilituti e calcisiltiti marnose rosse e verdastre a plancton calcareo e radiolari con intercalazioni di biocalcareni torbiditiche decimetriche a bioclasti di mare basso. Spessore 80-120 m; Calcilituti bianche e rossastre con liste e noduli di selce alternate della FM Amerillo (spessore superiore ai 150 m); da alternanze di marne ad aptici e calcilituti selcifere con radiolari della Fm Hybla (spessore non superiore agli 80 m); da Calcilituti bianche a volte rosate, con liste e noduli di selce e sottili intercalazioni di marne grigio-verdastre della FM Lattimus (spessore non superiore agli 80 m); Depositi carbonatici grigio chiaro a granulometria fine, della FM Inici (spessore non superiore agli 80 m)

2099



SFLPS
Substrato lapideo stratificato fratturato o alterato (SFLPS), costituito da depositi carbonatici condensati a geometria tabulare, ben stratificati, passanti verso l'alto a depositi con struttura nodulare della Formazione Bucceri (spessore non superiore ai 30 m); e delle lave basaltiche a pillow a luoghi alterate della Formazione Bucceri Pillows (spessore non superiore ai 20 m)

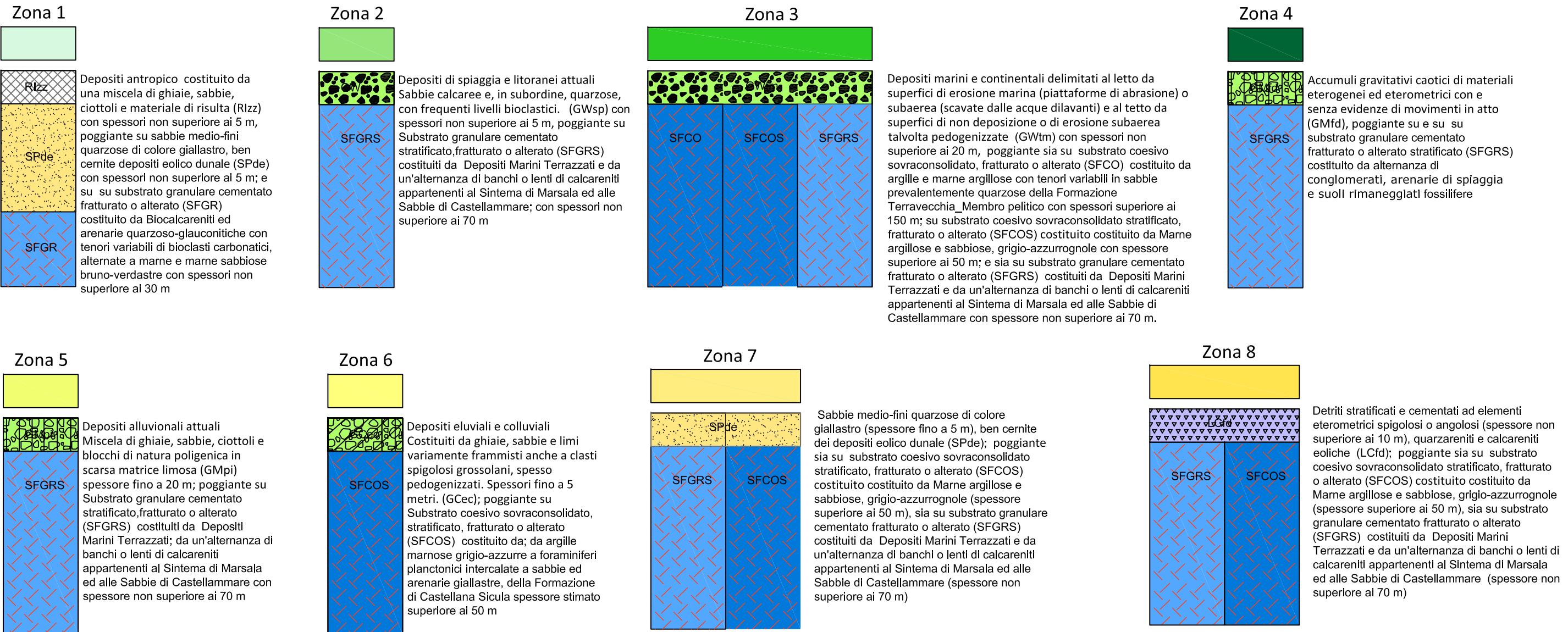
2099



SFCO
Substrato coesivo sovraconsolidato, fratturato o alterato (SFCO) costituito da argille e marne argillose con tenori variabili in sabbie prevalentemente quarzose della Formazione Terravecchia_Membro pelitico con spessori superiori ai 150 m

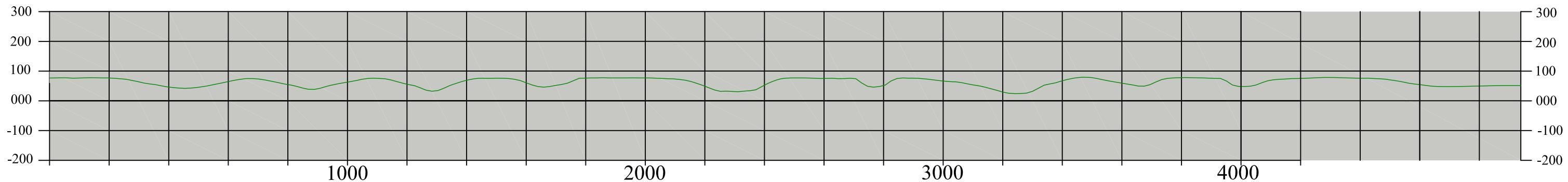
ALLEGATO 4B - SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI PIÙ SIGNIFICATIVI DELLE MOPS

zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



ALLEGATO 5 - PROFILI TOPOGRAFICI

PROFILO A-A'



PROFILO B-B'

