

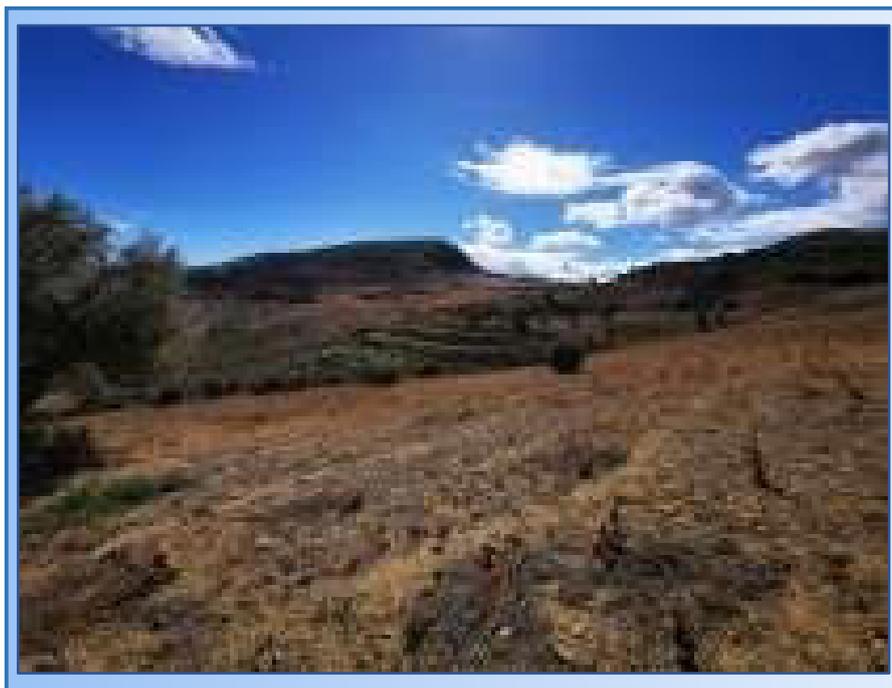
**CITTA' METROPOLITANA DI CATANIA**

**Comune di CASTEL di IUDICA**

**Comune di RAMACCA**

**PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 231,599 MWP**

**RELAZIONE GEOLOGICA - TECNICA**



*Committente: Geoexpert di Maria Rita Arcidiacono*

*Il Geologo*

*Dott.ssa Anna Rosaria Marletta*

*Iscritta ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n 1644*

Dott.ssa Geol. Anna Rosaria Marletta - Via Varese 14 - 95123 Catania  
cell. +39 3914106376 – pec: geol.annamarletta68@postecert.it - email: annamarletta68@gmail.com



**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSE</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>EVOLUZIONE GEOLOGICA</b> .....	<b>11</b>
5.1	<i>Caratteristiche strutturali</i> .....	13
<b>6</b>	<b>ASSETTO GEOLOGICO LOCALE</b> .....	<b>23</b>
6.1	<i>Assetto litostratigrafico</i> .....	23
6.1.1	<i>Unità della Catena Appenninico-Maghrebide</i> .....	24
6.1.2	<i>Unità tettonica di M. Salici</i> .....	27
6.1.3	<i>Unità tettonica di Nicosia</i> .....	28
<b>7</b>	<b>DEPOSITI QUATERNARI DI AVANFOSSA</b> .....	<b>29</b>
7.1	<i>Formazione delle Argille grigio-azzurre (FAG)</i> .....	29
7.2	<i>Sabbie e ghiaie di Villaggio San Giorgio (GII)</i> .....	29
<b>8</b>	<b>DEPOSITI PLEISTOCENICI E OLOCENICI</b> .....	<b>30</b>
8.1	<i>Subsistema di Regalzie (SPK1)</i> .....	30
<b>9</b>	<b>DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E ATTUALI</b> .....	<b>31</b>
9.1	<i>Depositi alluvionali (b)</i> .....	31
9.2	<i>Depositi alluvionali terrazzati</i> .....	31
9.3	<i>Depositi alluvionali recenti (b<sub>1</sub>)</i> .....	32
9.4	<i>Depositi alluvionali attuali (b<sub>0</sub>)</i> .....	33
9.5	<i>Depositi di versante (a)</i> .....	34
9.6	<i>Depositi eluviocolluviali</i> .....	34
9.7	<i>Deposito di versante</i> .....	34
<b>10</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE</b> .....	<b>35</b>
10.1	<i>Evoluzione geomorfologica</i> .....	35
10.2	<i>Morfologia dei principali sistemi fluviali</i> .....	36
<b>11</b>	<b>ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE</b> .....	<b>38</b>
<b>12</b>	<b>IDROGRAFIA</b> .....	<b>39</b>

12.1	<i>Morfologia dei principali sistemi fluviali</i> .....	39
12.2	<i>Elementi idrografici</i> .....	40
12.3	<i>Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti</i> .....	41
13	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE</b> .....	43
13.1	<i>Strutture idrogeologiche e idrodinamica degli acquiferi</i> .....	43
13.2	<i>Sorgenti</i> .....	45
13.3	<i>Condizioni di deflusso idrico sotterraneo</i> .....	45
14	<b>CENNI DI TETTONICA</b> .....	49
14.1	<i>Elementi strutturali e tettonici</i> .....	50
14.2	<i>Studio della sismicità</i> .....	51
14.2.1	<i>Sismicità e zone sismogenetiche</i> .....	51
15	<b>AZIONE SISMICA - STATI LIMITE (D.M. 17/01/2018)</b> .....	53
16	<b>COMPORAMENTO MECCANICO DEI TERRENI</b> .....	61
16.1	<i>Caratterizzazione sismica del sottosuolo prospezione MASW</i> .....	61
16.2	<i>Descrizione dei risultati</i> .....	62
16.3	<i>Prospezione sismica tomografica</i> .....	65
17	<b>CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE DEI TERRENI</b> .....	73
17.1	<i>Unità di substrato</i> .....	74
17.1.1	<i>Argille arenarie glauconitiche di Catenanuova (AAC)</i> .....	74
17.1.2	<i>Flysch Numidico (FYN)</i> .....	75
17.1.3	<i>Formazione Argille Varicolori Inferiori (AVF)</i> .....	75
17.1.4	<i>Formazione Argille Grgio-azzurre (FAG)</i> .....	75
17.2	<i>Depositi Pleistocenici Olocenici</i> .....	76
17.3	<i>Unità di copertura</i> .....	76
17.3.1	<i>Depositi alluvionali attuali (b)</i> .....	76
18	<b>CONCLUSIONI</b> .....	78

## **1           PREMESSE**

Su incarico conferitomi dalla GEOEXPERT si è eseguito uno studio finalizzato all'approfondimento delle conoscenze stratigrafiche tettonica dell'area interessata alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico da **231,599 MWp** e delle area a servizio, il vasto territorio in esame ricade nel comune di Castel di Iudica e Ramacca. La presente relazione geologica è stata redatta al fine di accertare le proprietà geolitologiche e descrivere la stratigrafia, le caratteristiche tettonico-strutturali e geomorfologiche dei terreni implicati, allo scopo di acquisire le informazioni necessarie al fine di eseguire la posa in opera degli impianti a regola d'arte. Allo scopo su menzionato, si sono svolti numerosi sopralluoghi nell'area in esame, è stato eseguito un dettagliato rilevamento geologico e attraverso l'esame diretto dei terreni affioranti è stato possibile definire la situazione geologica-strutturale.

Il lavoro è stato svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- Ricerca e analisi bibliografica delle pubblicazioni relative all'area di studio;
- acquisizione ed analisi degli studi geologici effettuati in epoche precedenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante: Prospezioni Masw eseguite con strumentazioni digitali e Tomografie sismiche assiale di superficie;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, strutturali ed idrogeologiche dell'area;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

I dati ricavati in campo sono stati integrati dalla consultazione di letteratura geologica specifica, ed è stato possibile quindi, descrivere le caratteristiche geologiche, geomorfologiche di un intorno significativo, nonché sono stati individuati, infine gli aspetti tettonico-strutturali del territorio in un contesto generale.

Quanto detto, risulta importante per formulare le valutazioni generali sulle interazioni manufatto e modello geologico da attuare per la stabilità delle opere.

Lo studio geologico è stato eseguito in ottemperanza al D.M. LL.PP. 17/01/18 “Norme tecniche per le costruzioni” che definiscono le regole a seguire per la progettazione, esecuzione e collaudo delle opere, sia in zona sismica che in zona non sismica. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le

caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

A seguito degli elementi ottenuti e degli accertamenti svolti, sono riportati i sotto-elencati elaborati:

Corografia del sito;

Carta geolitologica di dettaglio.

Il lavoro che qui segue oltre a illustrare la localizzazione e identificazione geologica dell'area interessata consente la caratterizzazione geotecnica per la determinazione dei parametri di progetto, utili al progettista strutturale per il calcolo della capacità portante dei terreni direttamente interessati allo studio in esame. La normativa tecnica classifica i suoli in più categorie sulla base del valore del  $V_s$  che rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S in profondità al di sotto il piano delle fondazioni.

## **2 SCOPO DEL DOCUMENTO**

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

Il modello geologico applicativo proposto, pone particolare attenzione alla ricostruzione degli assetti e alle configurazioni geometriche delle differenti unità individuate e alla caratterizzazione in senso fisico, litologico e granulometrico dei terreni direttamente interessati dalle opere in progetto.

Gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli standard metodologici più diffusi in ambito scientifico, nazionale ed internazionale.

### **3 INQUADRAMENTO DELL'AREA**

L'area oggetto di studio ricade nella porzione centro-orientale della regione Sicilia e precisamente si estende, tra il Vallone Della Lavina a NORD e il Vallone Franchetto a SUD.

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.), l'area oggetto di studio è individuabile all'interno del Foglio 633 "Paterno in scala 1:50.000, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Sicilia, negli elementi 633050, 633090 e 633100 in scala 1:10.000.

Dal punto di vista morfologico, l'area progettuale si sviluppa tra quote comprese tra i 85 ed i 300 m circa s.l.m., lungo la media e bassa valle dei Fiumi Simeto e Dittaino, due corsi d'acqua a regime perenne caratterizzati da un andamento tipicamente meandriforme, con anse generalmente molto ravvicinate e a stretto raggio di curvatura. Le suddette valli degradano blandamente verso i settori più orientali della regione siciliana fino a confluire, a sud di Catania, nel Mar Ionio.

I rilievi che bordano i fondovalle presentano, generalmente, una morfologia dolce, con versanti poco acclivi ed estesi, posti a quote mediamente variabili tra gli 85 ed i 300 m circa s.l.m., generalmente corrispondenti ai settori di affioramento di terreni a dominante pelitica. La continuità di tali rilievi è spesso interrotta da strette valli di erosione fluviale connesse con i principali affluenti dei Fiumi Simeto e Dittaino, sempre caratterizzati da un regime stagionale e/o torrentizio e da un andamento blandamente meandriforme. Inoltre, soprattutto lungo il medio corso del Fiume Dittaino, nei settori più occidentali dell'area di studio, sono presenti rilievi con morfologia più aspra e marcata, corrispondenti ai settori di affioramento di termini litologici a comportamento pseudo-lapideo.

Il rilevamento geologico ha interessato un'area eterogenea dal punto di vista litologico e strutturale, prevalentemente collinare e di pianura con insediamenti agricoli. Il quadro geologico proposto deriva dall'integrazione dei dati di superficie quali rilevamento e ricostruzioni delle geometrie dei corpi sedimentari, analisi bibliografiche, con la ricostruzione dell'andamento dei corpi sedimentari nel sottosuolo basato su sondaggi effettuati in passato. Per la datazione delle formazioni sedimentarie affioranti si è fatto riferimento alle numerose bibliografie disponibili. Nel corso del rilevamento l'individuazione delle unità stratigrafiche è stata effettuata sulla base del criterio litostratigrafico che ha permesso di definire i rapporti geometrici (stratigrafici e/o tettonici) di sovrapposizione tra le varie unità e formazioni affioranti e di riconoscere le

geometrie delle strutture ad andamento regionale.

Le formazioni sono state suddivise in litofacies e membri, e raggruppate in unità tettoniche come è in uso nella cartografia geologica delle catene a falde e descritte nell'ordine dettato dalla posizione strutturale, dal basso verso l'alto. Per quanto riguarda i depositi alluvionali si è fatto ricorso alle categorie senza formali connotazioni stratigrafiche che fanno essenzialmente riferimento alla genesi dei depositi e ai dati della letteratura.

In fase di rilevamento geologico e rielaborazione dei dati su carta sono stati distinti i contatti primari di carattere stratigrafico dai contatti di natura tettoniche, all'interno di questi le diverse generazioni di strutture che interessano l'area.

L'area in studio è stata attenzionata anche sotto l'aspetto tettonico-strutturale, consultando le carte geologiche e la letteratura geologica specifica; pertanto dagli studi precedenti analizzati, l'area in oggetto risulta non interessata da dislocazioni tettoniche penalizzanti.

#### 4 **INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE**

Il territorio siciliano presenta una conformazione geologica *s.l.* piuttosto articolata e complessa, strettamente legata ai differenti processi geodinamici e morfoevolutivi che si sono verificati nell'area durante il Quaternario (Lentini et al. 1991; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000, 2002), quali l'attività vulcano-tettonica, le variazioni del livello marino e l'attività antropica.

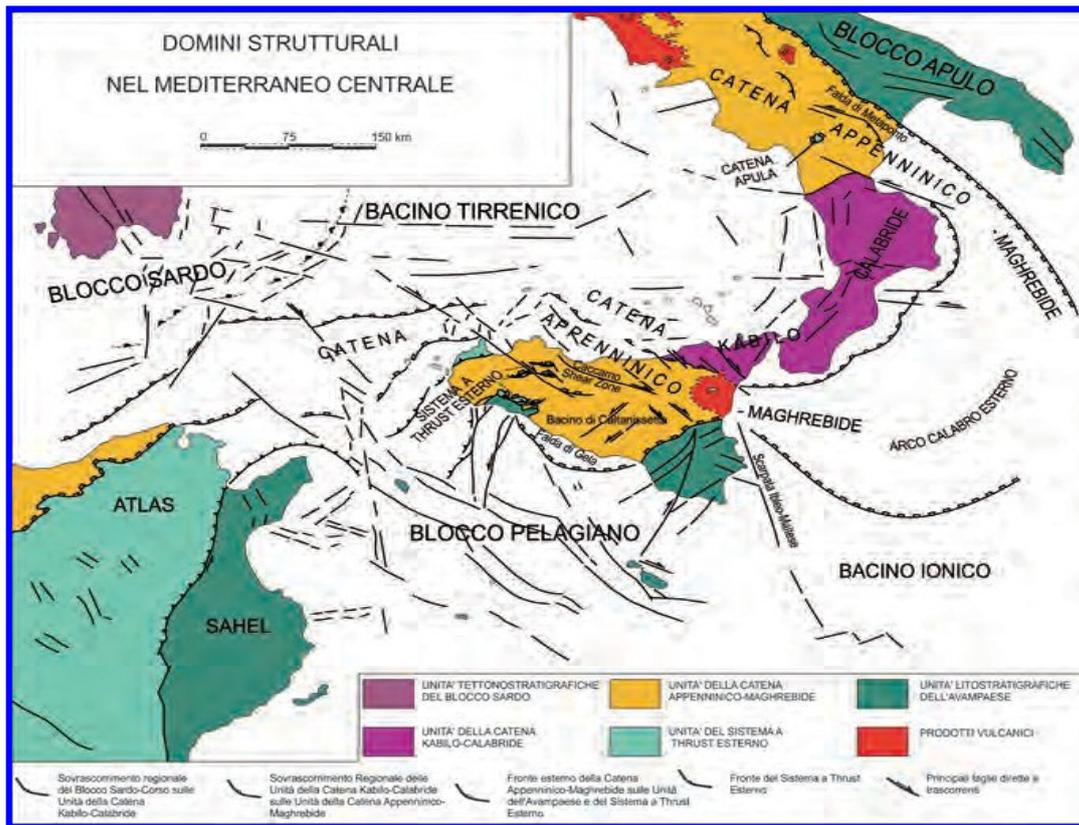
Dal punto di vista geologico, le principali strutture che caratterizzano la Sicilia sono (Amodio-Morelli et al. 1976; Lentini et al. 1995; Catalano et al. 1996; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000):

- **l'Avampaese Ibleo**, affiorante nei settori Sud-orientali dell'isola e caratterizzato da una potente successione carbonatica meso-cenozoica, con ripetute intercalazioni di vulcaniti basiche (Patacca et al. 1979; Lentini et al. 1984);

- **l'Avanfossa Gela-Catania**, affiorante nella porzione orientale della Sicilia e costituita da una spessa successione sedimentaria tardo-cenozoica, parzialmente sepolta sotto le coltri alloctone del sistema frontale della catena (Ogniben 1969; Di Geronimo et al. 1978; Lentini 1982; Torelli et al. 1998);

- la **Catena Appenninico-Maghrebide**, affiorante nella porzione settentrionale dell'isola e costituita da sequenze meso-cenozoiche sia di piattaforma che di bacino, con le relative coperture flyschoidi mioceniche (Ogniben 1969; Amodio-Morelli et al. 1976; Mostardini & Merlini 1986; Cello et al. 1989; Catalano et al. 1996; Monaco et al. 1998);

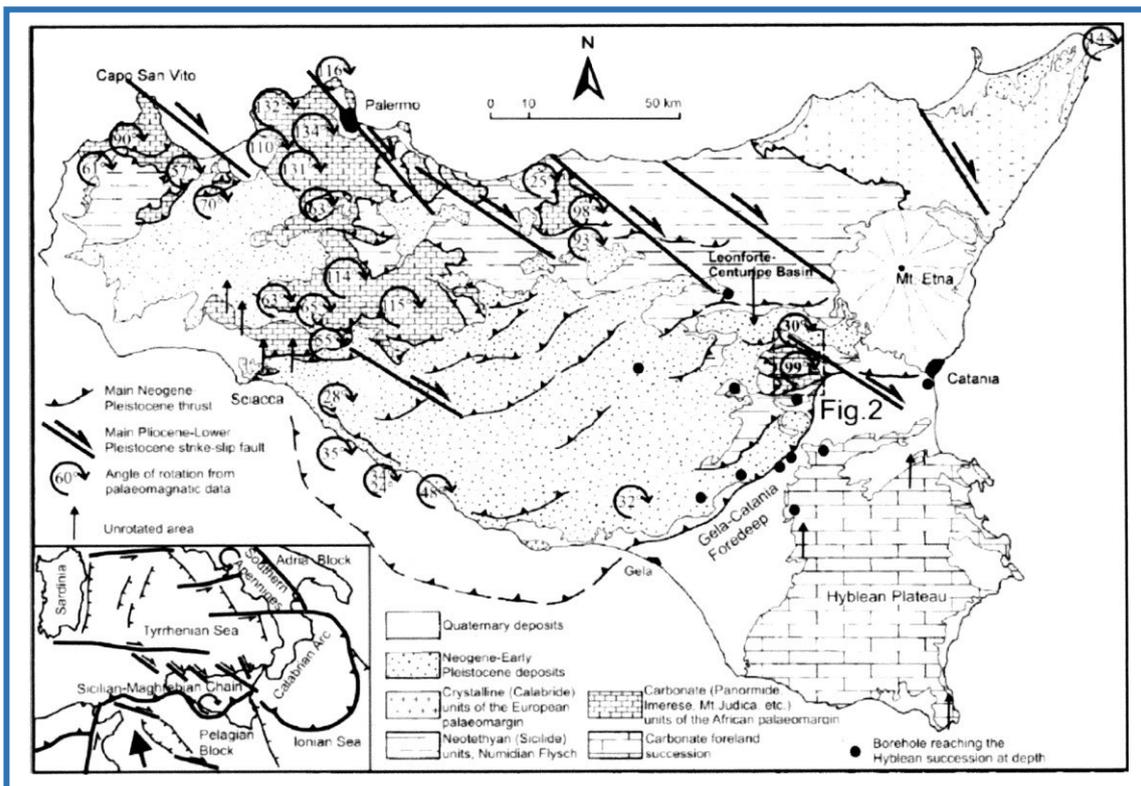
- la **Catena Kabilo-Calabride**, affiorante nei settori Nord-orientali della Sicilia e caratterizzata da un basamento metamorfico di vario grado con le relative coperture sedimentarie meso-cenozoiche, cui si associano le unità ofiolitifere del Complesso Liguride (Ogniben 1969; Amodio-Morelli et al. 1976; Bonardi et al. 1982; Tansi et al. 2007).



Carta geologico-strutturale della Sicilia, con evidenze delle rotazioni neogeniche connesse allo sviluppo dell'orogene (da Monaco & De Guidi 2006).

Nella sua complessità, il paesaggio fisico della Sicilia risulta essere, quindi, il risultato di una complessa interazione di diversi fattori geologici, tettonici, geomorfologici e climatici che, nel corso del tempo, hanno interessato l'area in esame in maniera differente (Lentini et al. 1995; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000). L'area di studio ricade, in particolare, nel settore centro-orientale della penisola siciliana, in corrispondenza del margine più orientale della Catena Appenninico-Maghrebide (Amodio-Morelli et al. 1976; Lentini et al. 1991; Monaco et al. 1998; Carbone et al. 2010).

Tale catena è costituita da un sistema a *thrust* pellicolare con vergenza verso SE nel tratto siculomaghrebide e ENE in quello appenninico (Monaco et al. 2000; Carbone et al. 2010). Il sistema comprende sequenze meso-cenozoiche sia di piattaforma che di bacino, con spesse coperture flyschoidi mioceniche probabilmente appartenenti ad un paleomargine afro-adriatico (Ogniben 1969; Amodio-Morelli et al. 1976; Mostardini & Merlini 1986; Catalano et al. 1996; Monaco et al. 1998). La Catena Appenninico-Maghrebide è quindi costituita da una serie di falde più o meno alloctone, totalmente sovrapposte sul Sistema a *Thrust* Esterno (Carbone et al. 2010). Al suo interno, le Unità Sicilidi che ricoprono la



porzione sommitale della pila risultano derivanti dal Bacino Alpino-Tetideo, che separava il margine europeo dal blocco panormide (Finetti et al. 2005; Carbone et al. 2010), e sono interpretabili come i resti di un cuneo d'accrezione oceanico sovrascorso fino al raggiungimento dell'attuale fronte della catena. Ulteriori sequenze oceaniche, riconoscibili nelle unità tettoniche più esterne, sono invece riferibili ad un dominio di crosta oceanica, che rappresenta la porzione subdotta dell'originario bacino ionico (Finetti et al. 2005).



Il processo di dissezione in blocchi della Piattaforma carbonatica Panormide, più interna, inizia nel Giurassico e prosegue fino all'Oligocene inferiore (Scandone et al. 1974). La deformazione dei domini paleogeografici più interni porta, quindi, alla formazione di un primordiale bacino di avanfossa a sedimentazione prevalentemente terrigena, successivamente riconosciuto come Bacino Numidico (Scandone et al. 1974; Bonardi et al. 1982; Bianchi et al. 1987).

Tra l'Aquitano ed il Langhiano la sedimentazione nel Bacino Numidico si contraddistingue per il carattere regressivo delle successioni che, nella loro porzione sommitale, sono caratterizzate da una sedimentazione di tipo prevalentemente pelitico (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991). Al contempo, nel Bacino Sicano si instaurano le condizioni per una sedimentazione di ambiente profondo (Catalano et al. 1996).

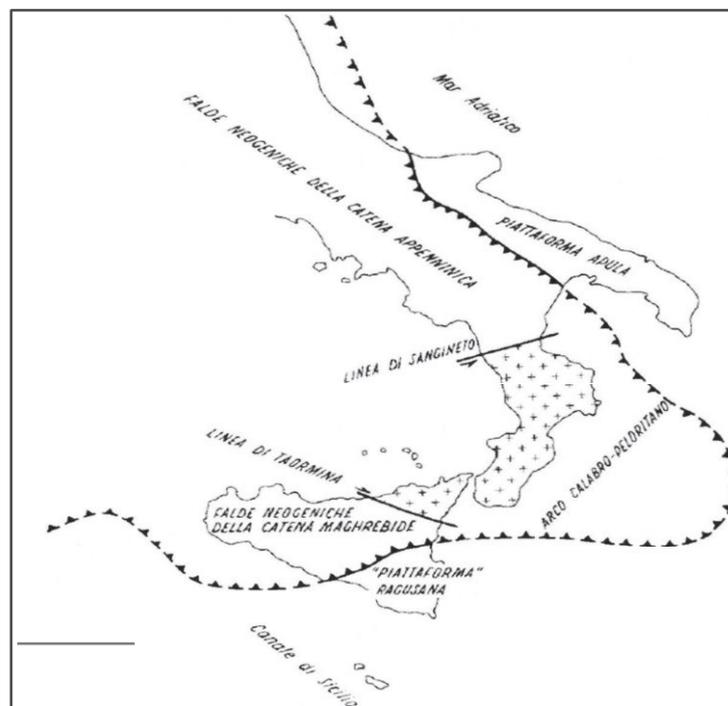
Nel Langhiano, quindi, le aree più settentrionali del dominio Imerese subiscono una importante fase tettonica a seguito dell'accavallamento dei terreni più esterni della Piattaforma Panormide su quelli più interni del Bacino Imerese che, a loro volta, si accavallano sui termini più esterni dello stesso (Bianchi et al. 1987). Su queste unità deformate, infine, si vanno a deporre in discordanza i depositi pelagici ed emipelagici del Langhiano superiore mentre, contemporaneamente, le Unità Sicilidi si sovrappongono tettonicamente alle successioni suddette (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 1996; Bello et al. 2000). Alla fine del Messiniano, quindi, la conformazione paleogeografica dei diversi domini individuati determina la formazione di un'area con ridotta circolazione delle masse d'acqua, che porta un progressivo abbassamento del livello del mare ed alla formazione di complessi sistemi di scogliera (Lentini et al. 1991). Questi ultimi, in seguito al verificarsi della crisi di salinità, vengono ricoperti dalla sedimentazione delle successioni gessoso-evaporitiche mioceniche (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991). Successivamente, nel Pliocene inferiore, si instaurano nuovamente condizioni marine normali, come testimoniato dalla sedimentazione della successione dei Trubi, rocce biancastre marnoso-calcaree tipiche di un ambiente marino relativamente profondo (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991). Tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore si ha un sollevamento complessivo dell'area, mentre la porzione più settentrionale della catena subisce un generale sollevamento e un successivo smembramento in blocchi lungo linee tettoniche ad andamento NW-SE e NE-SW (Ghisetti & Vezzani 1984), che determinano sollevamenti differenziati da luogo a luogo (Bianchi et al. 1987; Lentini et al. 1991).

Alla fine del Pleistocene si assiste quindi alla definitiva emersione della Catena Appenninico-Maghrebide, in concomitanza con i sollevamenti regionali che coinvolgono anche ampi settori di avanfossa ed avampaese (Bianchi et al. 1987; Monaco et al. 2002). I

terrazzi quaternari, distribuiti a varie quote lungo la fascia costiera, testimoniano le oscillazioni eustatiche del livello medio marino e i movimenti tettonici a prevalente componente verticale verificati in questo ultimo periodo (Lentini et al. 1991; Monaco et al. 2002).

### 5.1 Caratteristiche strutturali

La Catena Appenninico-Maghrebide è un *thrust and fold belt system* sviluppatosi a partire dal Miocene inferiore, essenzialmente costituito da successioni sedimentarie mesozoiche di ambiente marino (Bianchi et al. 1987; Catalano et al. 1996; Monaco et al. 2000; Bello et al. 2000; Lavecchia et al. 2007). L'intero sistema è caratterizzato, quindi, dalla presenza di numerose faglie inverse e transpressive (Lavecchia et al. 2007). Nello specifico, il settore occidentale è caratterizzato da un sistema di faglie a direzione all'incirca E-W e cinematica trascorrente e inversa, che tagliano i contatti di ricoprimento delle maggiori unità tettono-stratigrafiche, anche essi ad orientazione circa E-W (Ghisetti & Vezzani 1984).

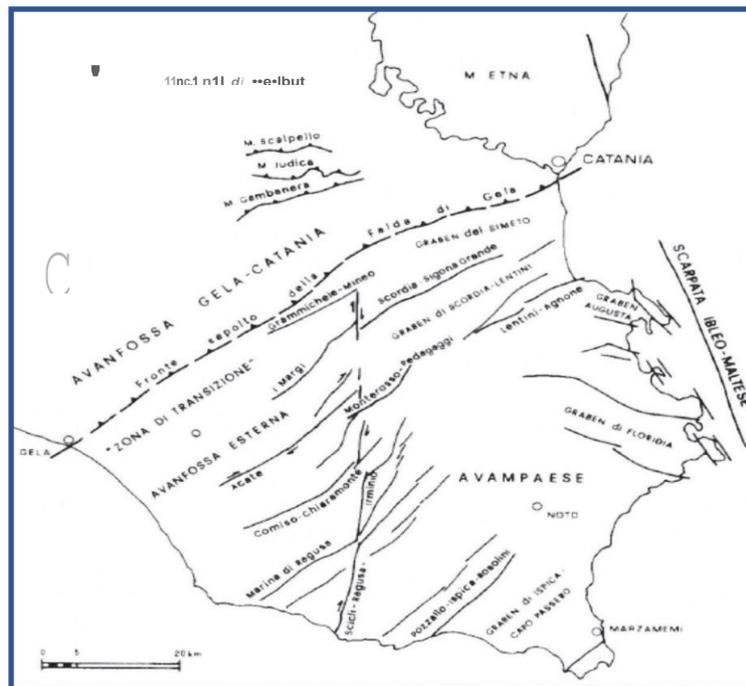


Ricostruzione schematica della Catena Appenninico-Maghrebide (da Bonardi et al. 1976)

In particolare, la deformazione strutturale che ha interessato l'area in esame può essere schematizzata attraverso tre distinte fasi tettoniche (Carbone et al. 1982; Bello et al. 2000; Monaco et al. 2002):

- Fase transtensiva (Cretacico -Eocene);
- Fase compressiva (Oligocene superiore -Messiniano);
- Fase deformativa finale (Pliocene -Quaternario).

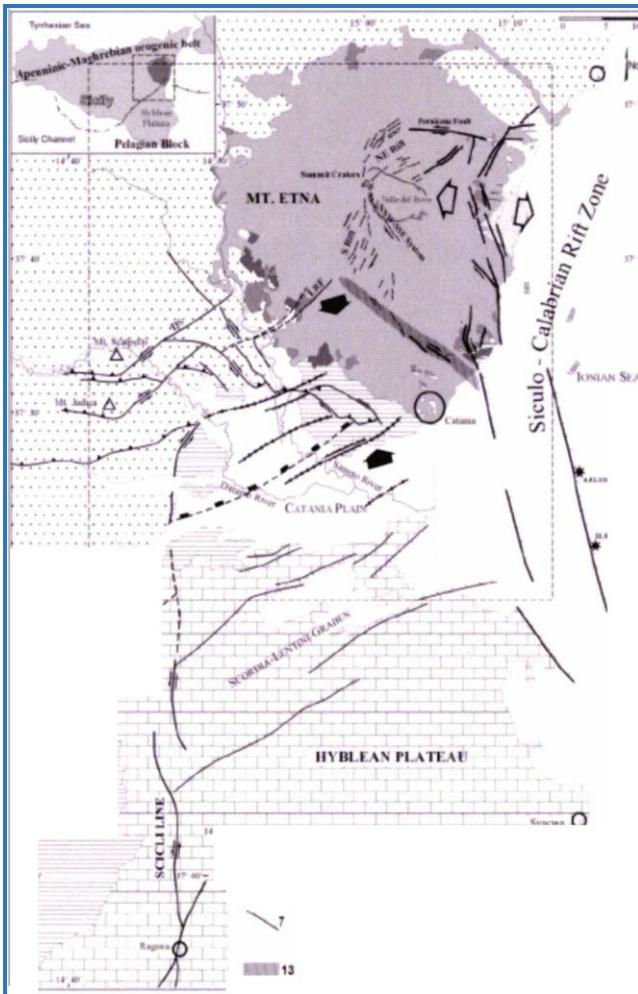
Quest'ultima fase, in particolare, vede la riattivazione delle principali faglie preesistenti con movimenti normali ed è connessa ad importanti sollevamenti differenziali, come testimoniato dalla presenza di numerosi bacini peri-tirrenici (Carbone et al. 1982; Monaco et al. 2010). La propagazione del sistema M.Kumeta-Alcantara ha interessato il dominio di avampaese fino al raggiungimento dell'area di Sciacca, che risulta probabilmente caratterizzata da una importante zona di debolezza crostale (Ghisetti & Vezzani 1984; Lavecchia et al. 2007). Il raccorciamento crostale, che è perdurato fino al Pliocene inferiore, si è verificato a mezzo della sincrona attivazione di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti. Quest'ultime, in particolare, risultano spesso di modesta entità e mostrando un'età più recente man mano che ci sposta a Sud del sistema M.Kumeta-Alcantara (Ghisetti & Vezzani 1984). Nel complesso, i rigetti di tali faglie sono difficilmente quantificabili, poiché la profondità a cui avviene lo scollamento delle falde non è ben nota, ma comunque ipotizzabile al di sopra delle rocce terrigene Triassiche.



Schema tettonico delle principali strutture del Plateau Ibleo, dell'Avanfossa Gela-Catania e dei thrusts dell'area di M. Judica (da Bianchi et al. 1987).

La profondità dei piani di scollamento tettonico, secondo i recenti studi a livello crostale, dovrebbe essere compresa entro i primi 30 km e tendenzialmente in aumento verso Nord (Lavecchia et al. 2007). Nello specifico, il piano principale dei *thrust* che caratterizzano

la Catena Appenninico-Maghrebide si estende a partire dal settore posto a NW del Canale di Sicilia, formando un arco convesso che attraversa il mare e rientra in prossimità di Sciacca-Gela, proseguendo quindi fino a Catania (Bonardi et al. 1976; Lentini et al. 1995; Catalano et al. 1996; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000). Il settore dell'Avanfossa Gela-Catania è, dal punto di vista strutturale, una depressione tettonica delimitata da un sistema di faglie orientate circa NE-SW, che si individuano tra Comiso-Chiaramonte, Monterosso-Pedagaggi e Lentini-Agnone (Carbone et al. 1982). La copertura neogenico-quadernaria presente all'interno del bacino, tuttavia, non è originata unicamente da apporti detritici delle zone di catena, ma mostra caratteri litologici simili a quelli delle successioni plio-quadernarie delle aree di avampese (Carbone et al. 1982; Bianchi et al. 1987).



*Schema geologico-strutturale dell'area di Catania (da Torrisi et al. 2008). 1:a) conoide alluvionale; b) depositi alluvionali olocenici; 2: a) lave etnee recenti (< 80 ka); b) Lave centri alcalini antichi (180+100ka); 3) Lave pre-etnee sub-alkaline (580+250 ka); 4) depositi pleistocenici di avanfossa; 5) Unità alloctone; 6) sequenze carbonatiche ibile; 7) faglia normale; 8) faglia trascorrente; 9) segmento del Rift Siculo-Calabro; 10) fratture estensionali e fessure eruttive; 11) anticlinale e thrust; 12) fronte unità alloctone; 13) zona di faglia transforme; 14) direzione massima estensione nell'area etnea lungo il Rift Siculo-Calabro; 15) direzione di massima compressione nell'area a Sud dell'Etna; 16) epicentri dei terremoti storici con  $M > 7$ .*

Una parte della successione plio-pleistocenica di avanfossa è sepolta al di sotto delle coltri alloctone del sistema frontale dell'orogene appenninico-maghrebide, denominato Falda di Gela (Ogniben 1969, Di Geronimo et al.1978), mentre un'altra porzione si è depositata al tetto dell'alloctono durante le ultime fasi di migrazione verso Sud (Torelli et al. 1998). Ancora verso Ovest, il suddetto fronte affiora in superficie in contatto tettonico con i depositi di avanfossa, secondo una faglia trascorrente sinistra orientata all'incirca N-S. Verso Nord, infine, le successioni alloctone sono interessate da una serie di scaglie embriciate a vergenza meridionale (Unità di M. Iudica), messe in posto su rampe di *thrust* orientate circa E-W e caratterizzate da movimenti obliqui destri (Bello et al. 2000; Torrisi et al. 2008).

Tali scaglie tettoniche sono ritagliate, a loro volta, da sistemi di faglie trascorrenti che deformano depositi marini del Pliocene medio-superiore, riferibili al Bacino di Centuripe (Di Grande et al. 1976; Torrisi et al. 2008), e depositi marini terrazzati del Pleistocene medio. Le strutture trascorrenti si associano a zone di taglio coniugate orientate rispettivamente NE-SW e NW-SE quest'ultime caratterizzate da movimenti essenzialmente sinistri con una limitata componente verticale (Ghissetti & Vezzani 1984). Attualmente esse sono rappresentate dalle faglie del Sistema del Dittaino e dalla faglia di S.M. di Licodia-Ragalna (Torrisi et al. 2008). Il Sistema del Dittaino si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 25 km ed è costituito da due segmenti disposti *en-echelon* (Ghissetti & Vezzani 1984), ognuno di lunghezza pari a circa 15 km (Torrisi et al. 2008). Tali sistemi si estendono a partire dalla bassa valle del Fiume Simeto fino a terminare, verso SW, con *thrust* di accomodamento orientati E-W, a cui viene imputata la riattivazione del fronte di M. Scalpello e di M. Iudica (Torrisi et al. 2008).

La Faglia di S.M. di Licodia-Ragalna si estende per circa 16 km dalla media valle del Fiume Simeto fino al fianco Sud-occidentale dell'Etna, rappresentando la porzione rigettata verso SE del segmento più meridionale del Sistema del Dittaino (Torrisi et al. 2008). Tale faglia si localizza, infatti a NE di un'imponente zona di taglio destra sviluppata per circa 30 km lungo il bordo meridionale dell'Etna (Bello et al. 2000; Torrisi et al. 2008). La suddetta zona di taglio si compone di segmenti orientati WNW-ESE, disposti secondo una geometria *en-echelon* con sovrapposizione a sinistra (Torrisi et al. 2008). Tali strutture delimitano la parte superiore della successione infra-medio pleistocenica di avanfossa affiorante tra l'edificio vulcanico dell'Etna e la piana di Catania, lungo una fascia di territorio allungata in direzione WNW-ESE (Catalano et al. 2004; Torrisi et al. 2008). Lungo la zona di trascorrenza destra, nelle aree di sovrapposizione tra i singoli segmenti di faglia, si

sviluppano rampe di *thrust* e pieghe orientate E-W e NE-SW, nonché zone di transtensione orientate in direzione N160, lungo le quali ha avuto luogo la risalita di magmi alcalini aventi età di circa 200 ka (Monaco 1997; Monaco et al. 2010). L'insieme delle faglie trascorrenti costituisce, quindi, un'unica associazione strutturale relativa ad un meccanismo di taglio puro, coerente con una compressione orizzontale orientata NNW-SSE, suturata nel complesso da depositi terrazzati di età tirreniana (Monaco 1997; Monaco et al. 2002; Catalano et al. 2004).

Nell'area più prossima all'abitato di Catania, si riconoscono due domini tettonici adiacenti e caratterizzati, rispettivamente, dalla crescita attiva di strutture compressive ed estensionali. Le strutture compressive, in particolare, sono distribuite nella zona della Piana di Catania e sono rappresentate da una serie di pieghe con asse allungato in direzione ENE-WSW. Tale sistema, che risulta delimitato verso Ovest dal corso del Fiume Dittaino si estende per circa 30 km lungo il bordo meridionale dell'edificio etneo, dalla media valle del Fiume Simeto fino alla città di Catania.

Le pieghe sono associate a *thrust* a vergenza meridionale, sono interpretabili, nel complesso, come l'espressione superficiale dei raccorciamenti lungo una *detachment fault* (Catalano et al. 2007). Tali pieghe hanno interessato i terrazzi fluviali aventi un'età estesa fino a 40 ka, mentre i *thrust* hanno deformato anche la piana alluvionale olocenica, producendo scarpate estese alcuni metri e determinando significativi effetti diretti sulla morfologia del letto fluviale del corso del Fiume Simeto e sull'andamento complessivo del corso del Fiume Dittaino (Catalano et al. 2007).

## **6 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.**

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di interesse è stata ricostruita integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico con tutte le informazioni ricavate dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini in situ appositamente realizzate per il presente studio.

### **6.1 Assetto litostratigrafico**

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a successioni marine infra-cenozoiche che a depositi continentali quaternari. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione. Nei settori di stretto interesse progettuale, quindi, sono state individuate e perimetrare tredici unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando unità stratigrafiche convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

### **6.1.1 Unità della Catena Appenninico-Maghrebide**

Le sequenze sedimentarie della Catena Appenninico-Maghrebide sono formate da tre unità stratigrafico-strutturali, che costituiscono interamente il substrato geologico dell'area di studio.

#### **6.1.1.1 Unità Ionidi - Unità tettonica di M. Judica**

L'Unità tettonica di M. Judica è costituita da una successione meso-cenozoica calcareo-silico-marnosa con copertura oligo-miocenica di argille marnose ed arenarie glauconitiche. La base della successione è rappresentata dalla formazione Mufara, a composizione argilloso-calcareo-arenacea, del Carnico. La formazione Mufara passa verso l'alto ai calcari supra-triassici della formazione Scillato i cui livelli alti si presentano nodulari, talora con addizionamenti di breccie calcaree, per poi evolvere a radiolariti (formazione Crisanti) del Giurassico-Cretacico. All'interno degli orizzonti giurassici delle radiolariti si rinvencono corpi lenticolari di vulcaniti basiche, mentre al tetto si intercalano breccie eterometriche ad elementi di selce, calcari e vulcaniti (breccie della Lavina).

L'intervallo eocenico-oligocenico è dato da marne e calcari marnosi rosati in "facies di Scaglia" (formazione Caltavuturo), su cui poggia una successione torbiditica caratterizzata da facies prossimali ad argille marnose prevalenti e con arenarie glauconitiche di età Oligocene superiore-Serravalliano (argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova).

##### **6.1.1.1.1 *Formazione Scillato (SCT)***

La formazione Mufara passa verso l'alto e lateralmente a calcilutiti e a calcari marnosi di colore grigio, bluastro o nocciola al taglio, grigio-biancastri all'alterazione, a frattura concoide o prismatica, talora alternati a sottilissimi livelli marnosi, in strati di spessore variabile da 10 cm a 1,5 m e sono caratterizzati da liste e noduli di selce di colore rosso, grigio, ceruleo o bruno. Generalmente hanno aspetto lastroide, ma sono frequenti anche livelli nodulari o brecciate. Sono presenti, più frequentemente alla base della formazione, livelli esclusivamente costituiti dall'accumulo di valve di lamellibranchi pelagici, più o meno cementati, che conferiscono alla

roccia un caratteristico aspetto fogliettato. Lo spessore della formazione varia notevolmente nei diversi luoghi di affioramento, e raggiunge la potenza massima di circa 300 m.

#### **6.1.1.1.2 *Formazione Crisanti (CRI)***

I calcari con selce della formazione Scillato passano verso l'alto, in apparente continuità, alla formazione Crisanti, caratterizzata da una sottile alternanza, eccezionalmente medio-sottile, di radiolariti policrome, argilliti silicee prevalentemente di colore rosso, e ftaniti. I livelli più competenti presentano fratturazione prismatica, mentre le argilliti sono fittamente e minutamente scagliettate. Al passaggio tra le due formazioni, localmente, è presente un'alternanza di argilliti varicolori e di calcareniti grigie formate in gran parte da frammenti di crinoidi risedimentati.

In assenza di fossili indicativi l'età attribuita alla formazione è quella assegnata ad analoghe formazioni presenti in Sicilia occidentale e che sono state riferite al Giurassico. L'età viene estesa al Cretacico inferiore per la presenza nelle "brecce della Lavina". (Lentini, 1974). Generalmente la formazione ha spessori ridotti, se si considera l'intervallo cronologico che essa ricopre; nell'area del foglio affiora in limitati spessori sul versante settentrionale di M. Judica lo spessore è di 40-50.

#### **6.1.1.1.3 *Formazione Caltavuturo (AAC)***

La formazione è caratterizzata da calcari marnosi e marne di colore rosso, biancastro, o grigio, in strati medio-sottili (5-30 cm) talora si associano calcareniti grigie e brecciole gradate a macroforaminiferi. Sul versante nord di M. Judica il conglomerato è costituito da clasti di 2-20 cm di diametro di radiolariti e subordinatamente da elementi di formazioni più antiche. La formazione presenta spessori variabili; quelli maggiori fino ad un massimo di 70 m. L'unità poggia con contatto brusco direttamente sulla formazione Crisanti.

#### **6.1.1.1.4 *Argille e Arenarie Glauconitiche di Catenanuova (AACa)***

Questa unità affiora ampiamente nell'area in esame, sono depositi di scarpata, base scarpata e conoide torbiditica, costituiti da due differenti litofacies a dominante argilloso-

marnosa e arenaceo-marnosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulla Formazione Mufara e sono ricoperti dalle Argille grigio-azzurre della Formazione Terravecchia. La serie mostra una potenza di circa 400 m ed è ascrivibile al periodo Oligocene superiore – Serravalliano. La facies arenaceo-marnosa è formata da arenarie glauconitiche medio-fini di colore grigio, grigio-bluastro, rosso e giallastro da poco fratturate a molto fratturate, in strati da sottili a molto spessi, talora fino a megàstrati, con inclusi di *clay chips*, con frequenti intercalazioni di argilliti, argille marnose e marne argillose di colore grigio, grigio-verdastro e verdastro, a struttura scagliosa, in strati da sottili a medi e numerose venature di calcite biancastra variamente orientate. Mentre, la facies prevalentemente argilloso-marnosa è costituita da argille, argille limose, argille limoso- marnose e argille marnose di colore marrone chiaro, grigio scuro, grigio-bluastro, grigio-verdastro e giallastro con sporadiche variegature vinaccia, a struttura scagliosa o indistinta e raramente con struttura a blocchetti, da consistente a molto consistente, con frequenti livelli di sabbie limose, limi sabbiosi e sabbie grossolane di colore giallastro, grigio e grigio-bluastro con locali ghiaie poligeniche ed eterometriche (max 2 cm), locali intercalazioni di arenarie medio-fini di colore grigio scuro, giallastro, grigio-verdi e nocciola, in strati da sottili a medi e rari livelli argillitici e marnoso argillitici di colore grigio scuro, a frattura concoide, molto fessurati e talvolta laminati in strati irregolari e passaggi di marne argillose di colore grigio-verdastro e nerastro molto fratturate, si rinvengono localmente frammenti di calcare dolomitico, di colore grigio scuro con frammenti e venature e concrezioni di calcite variamente orientate di colore bianco, grigio-bluastro e nocciola, localmente sono presenti evidenti patine biancastre di decalcificazione.

#### **6.1.1.2 Unità Sicilidi**

Le Unità Sicilidi s.l. occupano costantemente la posizione strutturale più elevata nell'ambito dell'edificio. Esse si sono originate nel Paleogene come cuneo di accrezione, in seguito allo scollamento delle coperture sedimentarie dalla crosta tetidea (Finetti et alii, 1996, 2005) e successivamente sono state trasportate in toto al tetto delle successioni deposte nei paleodomini più esterni. Le Unità Sicilidi sono formate da unità tettoniche con diversi caratteri stratigrafico-strutturali, i cui reciproci rapporti geometrici si sono via via determinati per accrezioni successive al margine dell'originario cuneo di subduzione. Esse sono costituite da sequenze cretache, le "argille scagliose superiori" e il flysch di M. Soro, quasi del tutto prive delle originarie coperture terziarie, che risultano scollate e sulle quali le successioni cretache tendono a sovrapporsi per effetto di fenomeni di fuori sequenza all'interno del cuneo di

accrezione sicilide .

All'interno degli intervalli terziari si possono distinguere successioni oligo-mioceniche a differenti caratteristiche petrografiche a seconda della loro originaria posizione paleogeografica . Quelle più interne sono rappresentate da successioni miste tuffico-silicoclastiche dell'Oligocene superiore-Miocene inferiore, passanti lateralmente a serie miste litarenitico-quarzarenitiche (flysch numidico dell'Unità tettonica di Nicosia, e, infine, da sequenze esclusivamente quarzarenitiche del Miocene inferiore-medio (flysch numidico dell'Unità tettonica di M. Salici).

### **6.1.2 Unità tettonica di M. Salici.**

È caratterizzata da argilliti silicifere nere di età oligocenica, da un potente intervallo di argille brune e quarzareniti del Miocene inferiore e dalle “marne di Gagliano”, del Langhiano-Serravalliano inferiore. Alla base della sequenza argillosa localmente si rinvengono lembi di calcari marnosi bianchi di età eocenica. L'unità è ben rappresentata in tutta la fascia pedemontana nebrodica. Verso sud si estende in sovrascorrimento principale oltre unità numidiche ancora più esterne fino a sovrapporsi all'Unità di M. Judica.

#### **6.1.2.1 *Flysch Numidico (FYN)***

Relativamente all'Unità tettonica di M. Salici, il flysch numidico è rappresentato dal membro omonimo (FYN3). La formazione è costituita da un intervallo basale ad argilliti nerastre, passanti verso l'alto ad argille brune, cui si intercalano quarzareniti giallastre (FYN3a). Le argilliti nerastre sono a stratificazione indistinta, le argille brune sono intensamente scagliettate, presentano bande d'alterazione di colore ocreo, noduli limonitici e concrezioni giallo-rossastre. Le arenarie hanno composizione quarzosa, sono generalmente gradate, a granulometria da fine a grossolana, fino a conglomerati, sono clasto-sostenute con scarsa matrice; il cemento, quando presente, è sempre siliceo. Lo spessore degli strati varia da pochi centimetri a banchi plurimetrici, i megastrati quarzarenitici sono spesso lenticolari, sia per l'originaria geometria deposizionale che per la notevole tettonizzazione.

Lo spessore della formazione, difficilmente calcolabile per deformazione tettonica, varia da poche decine di metri fino a 400 m. Affiora estesamente nell'area in studio.

Alla base della formazione localmente sono presenti livelli calciclastici riferibili alla litofacies POZa (Formazione di Polizzi); i medesimi livelli si rinvencono, ripetuti tettonicamente all'interno della formazione quarzarenitica, oppure prevalentemente in appoggio tettonico, sulle argille e arenarie Glauconitiche di Catenanuova (AACa). Il contenuto microfaunistico delle argille del flysch numidico è generalmente scarso e le rare forme sono mal conservate, le argille nere sono caratterizzate da microfaune a *Globigerinoides primordius*, i medesimi livelli contengono associazioni a nannofossili calcarei attribuibili al Burdigaliano superiore. Pertanto l'età della formazione si estende dall'Oligocene superiore al Burdigaliano.

### **6.1.3      Unità tettonica di Nicosia**

Nell'area Unità tettonica di Nicosia è rappresentata da notevoli spessori di argille varicolori, ascrivibili al Paleocene?-Eocene, che passano verso l'alto a calcilutiti biancastre della formazione di Polizzi dell'Eocene inferiore- medio.

#### **6.1.3.1    *Argille Varicolori (AVF)***

Sul Flysch numidico o direttamente sulle argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova poggiano tettonicamente lembi di argille di colore rosso vinaccia verde e grigio ferro, scagliettate e a struttura caotica, con intercalazioni sottili di diaspri grigio-verdi a frattura prismatica, siltiti carbonatiche grigie e calcari micritici bianchi (AVF). Inglobano anche olistoliti di dimensione da 2 a 10 m di calcari a rudiste e di calcari a macroforaminiferi eocenici. Nei livelli più alti, al passaggio con la formazione di Polizzi, sono presenti modesti lembi di basalto alterato a desquamazione sferoidale. La formazione affiora in lembi isolati in contatto tettonico indifferenziato con le argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova, lo spessore non è valutabile per tettonizzazione.

Per la datazione della formazione si è fatto riferimento ai dati della letteratura, le associazioni fossilifere sono costituite da organismi del Cretacico superiore, Sono inoltre presenti associazioni di età paleocenica. Le breccie carbonatiche di piattaforma intercalate contengono alveoline, miliolidi e calcisfere indicativi di un'età eocenica (Carbone et alii, 1990); la matrice è una biomicrite ricca di organismi planctonici. Gli olistoliti di età Eocenica rendono certa l'attribuzione cronostratigrafica più recente di tale formazione, mentre per le associazioni paleoceniche non si può escludere il rimaneggiamento.

L'età della formazione presumibilmente è Paleocene -Eocene .

## **7 DEPOSITI QUATERNARI DI AVANFOSSA**

Questa sequenza è formata da depositi pleistocenici di avanfossa, di ambiente marino e transizionale, che rappresentano un ciclo sedimentario a carattere chiaramente regressivo.

### **7.1 Formazione delle Argille grigio-azzurre (FAG)**

Si tratta di terreni in facies di piattaforma neritica e pro-delta regressivo, costituiti da una singola litofacies a dominante limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova e passano verso l'alto alle Sabbie e ghiaie di Villaggio San Giorgio. Tale unità presenta spessori massimi di circa 200 m ed è ascrivibile al periodo Pleistocene inferiore - Pleistocene medio.

È formata da argille marnose, argille limose o debolmente limose e limo argilloso di colore grigio, grigio-azzurro, grigio-verdastro, giallo, nocciola e marrone chiaro (FAG), a struttura laminata, indistinta o poco evidente, da poco consistente a consistente; localmente si rinvengono lenti e/o livelli di argille sabbiose e sabbie fini di colore grigio e giallo per alterazione, da sottili a molto sottili, localmente laminate in strati centimetrici con rare ghiaie poligeniche ed eterometriche, sub-arrotondate, locali livelli limosi e limoso-argillosi, a struttura laminata e stratificata, con veli di materiale organico di colore nero, sottili e discontinue intercalazioni, lenticolari, di tufi gradati.

### **7.2 Sabbie e ghiaie di Villaggio San Giorgio (GII)**

Si tratta di depositi di spiaggia e piana fluvio-deltizia, costituiti da una singola litofacies a dominante sabbioso-limosa. Poggiano per alternanza sulla Formazione delle Argille grigio-azzurre e passano verso l'alto alle Ghiaie di Monte Tiriti. Questa unità è caratterizzata da una potenza di circa 150 ed è riferibile al Pleistocene medio.

Si tratta di sabbie limose e localmente debolmente argillose, da fini a grossolane, di colore giallo ocra giallo-rossastro (Gli), prevalentemente quarzose, a struttura indistinta, stratificazione obliqua e a festoni, con locali strutture di paleocorrenti; ghiaie e ghiaie sabbiose poligeniche ed eterometriche (max 13 cm), da sub-arrotondate a sub-angolari, in lenti e/o livelli, da medi a spessi, da poco a mediamente cementate, in matrice argilloso-limosa di colore nocciola, con locali passaggi sabbioso-limosi di colore nocciola, più frequenti verso l'alto stratigrafico, e con intercalazioni di argille e argille debolmente limose nocciola e marrone e rare ghiaie, localmente

strati di arenaria nocciola chiaro mediamente cementata, con rare e sottili intercalazioni di argille, argille limose ed epiclastiti con frazione vulcanica e vetro.

## **8 DEPOSITI PLEISTOCENICI E OLOCENICI**

Sono depositi di origine continentale, posti a copertura di tutte le unità geologiche del substrato, sono formati da una tessitura clastica prevalentemente ghiaiosa.

**Subsistema di San Giovanni Bellone (DIT1)** ghiaie di colore giallo-rossastro, clasto-sostenute, con ciottoli poligenici da arrotondati a sub-spigolosi da 2 a 20 cm di diametro; ghiaie sabbiose e subordinatamente sabbie e suolo agrario con lenti di limi e/o argille. Costituisce il deposito terrazzato distribuito tra i 355 a 130 m s.l.m. Spessore fino a 5 m.

**Subsistema di Mass. Ninfa: (DIT2)** ghiaie e ghiaie sabbiose di colore giallastro, talora rossastro, a clasti poligenici da arrotondati a sub-spigolosi, da 2 a 20 cm di diametro. Costituisce il deposito terrazzato distribuito tra i 215 e i 120 m s.l.m. Spessore fino a 10 m.

### **8.1 Subsistema di Regalzie (SPK1)**

È costituito da un'alternanza di livelli sabbiosi di colore giallastro, con lenti di limi e limi sabbiosi, di livelli limoso-argillosi e livelli conglomeratici. Per gran parte della sua estensione tale deposito è coperto da circa 0.5-1 m di suolo agrario. I conglomerati sono eterolitologici ed eterometrici costituiti da clasti sedimentari e vulcanici, immersi in matrice di colore dal giallo-bruno al grigio-scuro, talvolta cementata. I clasti sedimentari, in prevalenza quarzarenitici, sono arrotondati di dimensioni da pluricentriche a decimetriche. I clasti vulcanici sono eterolitologici da arrotondati a sub-spigolosi, di dimensioni da pluricentriche a pluridecimetriche. Complessivamente il contenuto dei clasti di natura sedimentaria e vulcanica è molto variabile in percentuale nei diversi livelli.

Quest'unità rappresenta il deposito alluvionale connesso con l'approfondimento del reticolo idrografico del F. Simeto, sviluppatosi durante e in seguito alla messa in posto delle colate laviche del sistema Concazze. La presenza di livelli conglomeratici, costituiti in gran parte da clasti vulcanici, evidenzia la presenza di un apporto locale connesso con un paleo-reticolo impostato sul versante occidentale del vulcano Ellittico, in aggiunta a quello principale proveniente dai terreni della Catena.

La composizione litologica è simile a quella dei depositi posti a quota maggiore, varia la

tessitura che è prevalentemente ghiaiosa, localmente sabbiosa, limoso- sabbiosa e/o ghiaiosa.

La composizione del deposito è caratterizzata da limi ghiaiosi e/o sabbiosi, lo spessore varia da pochi metri a 15 m. l'età è Pleistocene superiore-Olocene.

## **9 DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E ATTUALI**

Questi terreni sono rappresentati da unità alluvionali e detritiche quaternarie, estesamente affioranti in tutto il settore di studio alla base dei versanti o in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area come copertura di tutti i termini litologici più antichi.

### **9.1 Depositi alluvionali (b)**

Tali depositi sono formati da tre distinte sequenze sedimentarie, ampiamente affioranti in corrispondenza del fondovalle del F. Dittaino e del F. Simeto e dei loro affluenti maggiori.

### **9.2 Depositi alluvionali terrazzati**

Questa unità affiora diffusamente in tutto il settore di interesse e, in particolare, in corrispondenza di superfici terrazzate poste ai margini dei fondovalle più importanti ed estesi, dei F. Dittaino e Simeto.

Si tratta di depositi alluvionali in *facies* di depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da tre differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limoso e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. L'unità in questione presenta uno spessore massimo di 20 m e può essere riferita all'intervallo Pleistocene superiore – Olocene. La parte più fine è costituita da argille limose, limi argillosi, limi argilloso-sabbiosi o debolmente sabbiosi a luoghi argille limo-sabbiose di colore bruno, marrone, nocciola, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, mediamente consistente, con locali lenti sabbiose, sabbioso-limose e limi sabbiosi-argillosi grigiastre e giallo oca, rare ghiaie poligeniche ed eterometriche (max 10 cm), da angolose ad arrotondate, locali livelli di torbe e terreni organici nerastri, con incluse abbondanti concrezioni biancastre.

La porzione medio-grossolana è formata da sabbie e sabbie limose di colore giallastro molto addensate, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche ed

eterometriche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvencono limi sabbiosi e limi sabbiosi-argillosi di colore nocciola, giallo e ocra, a struttura indistinta o debolmente laminata, con frequenti resti vegetali e rare ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose ad arrotondate, localmente con incluse concrezioni calcaree bianche. La parte più grossolana è costituita invece da ghiaie poligeniche ed eterometriche (max 8 cm), da sub-angolose ad arrotondate, talora con blocchi angolosi, con matrice sabbiosa, limoso-sabbiosa e sabbioso-limosa di colore avana, nocciola, marrone grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante, localmente si rinvencono sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, ocra e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi di arenarie.

### ***9.3 Depositi alluvionali recenti (b<sub>b</sub>)***

Tali depositi affiorano diffusamente in tutto il settore di interesse, prevalentemente in corrispondenza dei fondovalle dei F. Dittaino e Simeto e, in minor modo, lungo le aste fluviali secondarie dei loro immissari maggiori. Si tratta di depositi alluvionali *in facies* di depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da tre differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai Depositi palustri recenti. L'unità in esame presenta uno spessore massimo di circa 50 m, ed è riferibile interamente all'Olocene.

La porzione più fine, invece, è rappresentata argille limose, argille debolmente limose e limi argillosi di colore marrone, grigio, nocciola e giallo, a struttura indistinta o laminata, consistente, localmente argille limose debolmente sabbiose e limi argillosi debolmente sabbiosi, con locali passaggi sabbiosi e sabbioso-limosi e limi argillosi sabbiosi di colore nocciola, marrone e giallastro, rari sottili livelli di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose ad arrotondate (max 10 cm) e locali livelli di torbe e terreni organici nerastri, con incluse concrezioni biancastre e patine di ossidazione rossastre. La facies sabbioso-limosa è formata da sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi e limi sabbiosi debolmente argillosi, da fine a grossa di colore marrone chiaro, nocciola, grigio, giallastro e ocra, localmente marrone scuro, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche ed eterometriche, per lo più fini e medie (max 4 cm) e ciottoli (max 13 cm), da angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono livelli di limi sabbiosi argillosi, sabbie limoso-argillose, limi argillosi

debolmente sabbiosi e argille di colore giallo nocciola, marrone e grigiastro, a struttura indistinta, con frequenti resti vegetali e rare ghiaie poligeniche ed eterometriche (max 5 cm) e sporadici ciottoli, da angolose ad sub-arrotondate, con incluse concrezioni biancastre e bande di alterazione.

La parte più grossolana dell'unità risulta costituita da depositi ghiaie poligeniche ed eterometriche da fine a grossolana (max 13 cm), da sub-angolose a sub-arrotondate, talora con blocchi angolosi e rari ciottoli, con matrice sabbiosa, sabbioso-limosa, sabbia limosa argillosa, argilloso-limosa e limoso-argillosa di colore nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante, localmente si rinvencono blocchi di arenaria (max 20 cm) e passaggi di sabbia ghiaiosa con ciottoli (max 7-10 cm); sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi.

#### ***9.4 Depositi alluvionali attuali (b<sub>a</sub>)***

La presente unità affiora, in corrispondenza delle aste fluviali dei principali corsi d'acqua e dei loro affluenti, in particolar modo in corrispondenza degli alvei dei F. Dittaino e Simeto. Si tratta di terreni alluvionali in *facies* di canale fluviale, argine e piana inondabile, costituiti da due differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa e sabbioso-limosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. Nell'area di studio la presente unità presenta potenza mediamente compresa tra 1 e 4 m, mentre può presentare spessori maggiori in corrispondenza dell'alveo del F. Dittaino all'esterno dei settori d'intervento; è riferibile all'Olocene. Si tratta di depositi ghiaioso-sabbiosi formati da ghiaie poligeniche ed eterometriche (b<sub>a</sub>), da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi e lenti con prevalenza di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. Localmente, inoltre, tali depositi sono composti da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con frequenti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi e lenti con prevalenza di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore marrone, grigio e giallastro, generalmente abbondante.

### **9.5 Depositi di versante (a)**

I suddetti depositi sono rappresentati da un'unica unità geologica, ampiamente presente in tutta l'area di studio come copertura di tutte le unità geologiche più antiche.

### **9.6 Depositi eluviocolluviali**

Questi depositi affiorano diffusamente in tutta l'area di studio, come copertura pressoché continua di tutte le unità geologiche descritte in precedenza, in corrispondenza delle depressioni impluviali o alla base dei rilievi più acclivi ed estesi. Affioramenti di maggiore estensione e potenza si rinvencono, comunque, in corrispondenza della base dei rilievi più acclivi ed estesi, dove tali depositi presentano generalmente gli spessori più elevati. Si tratta di depositi continentali di versante e di alterazione del substrato, costituiti da una singola litofacies a dominante limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. Tale unità, nei settori di studio, presenta spessori variabili mediamente compresi tra 1 e 4 m, è ascrivibile all'Olocene.

Sono costituiti essenzialmente da depositi di versante e di alterazione del substrato. Si tratta di argille limose di colore marrone chiaro, nocciola a bande grigiastre, a struttura caotica o indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie e ciottoli poligenici, da angolosi a sub-arrotondati; limi argilloso-sabbiosi di colore giallastro, marrone e ocra, a struttura caotica o indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie e ciottoli poligenici, da angolosi a sub-arrotondati, rari strati centimetrici di arenarie grigie.

### **9.7 Deposito di versante**

Trattasi di corpi gravitativi caotici di materiali eterogenei a tessitura prevalentemente argilloso-sabbiosa, trattasi di corpi di limitata estensione presente sui terreni prevalentemente argillosi del flysch numidico, e subordinatamente, su quelli delle “Argille e arenarie glauconitiche”.

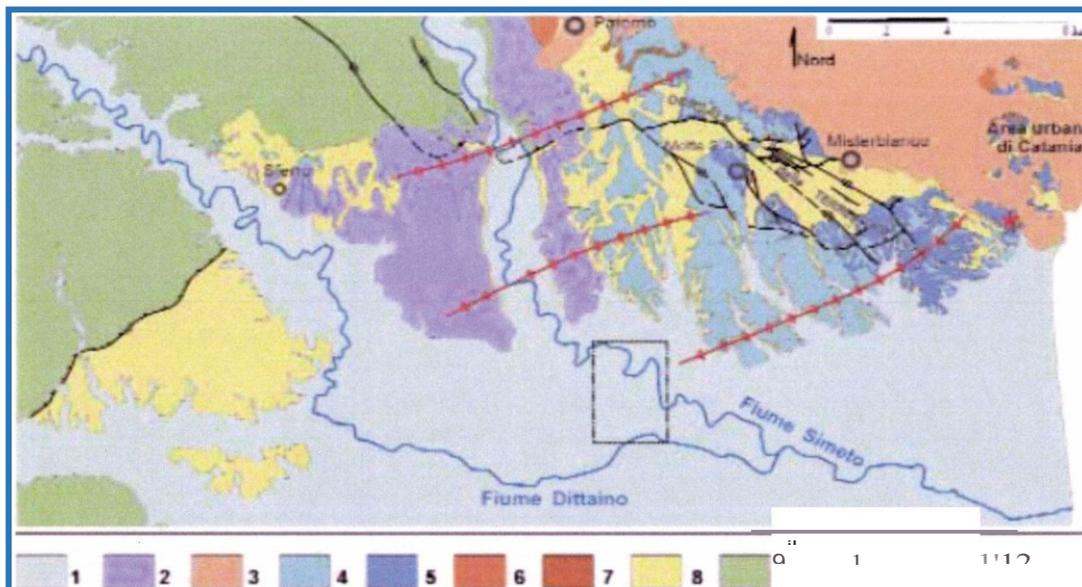
## **10 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE**

L'evoluzione geomorfologica del settore di studio è legata ad un insieme di fattori geologici *s.l.* e geologico-strutturali che hanno agito, in maniera concomitante, nello sviluppo del paesaggio attuale. In particolare, la morfologia superficiale del territorio in esame risulta profondamente connessa all'evoluzione geodinamica della Catena Appenninico-Maghrebide e dell'Avanfossa Gela-Catania (Lentini et al. 1995; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000), particolarmente intensa nel Pleistocene medio-superiore e nell'Olocene (Carbone et al. 2010). Ad essa si aggiungono gli effetti geomorfologici dovuti al deflusso delle acque superficiali e ai fenomeni gravitativi agenti sui rilievi, oltre che locali elementi di genesi antropica connessi alle maggiori opere di comunicazione e ai sistemi di regimazione idraulica dei corsi d'acqua.

### **10.1 Evoluzione geomorfologica**

L'evoluzione geomorfologica dell'area è legata ad un insieme di fattori geologici *s.l.* e geomorfologici che hanno agito in maniera concomitante nel modellamento del paesaggio attuale. Essa è quindi direttamente influenzata dall'assetto stratigrafico-strutturale dell'area, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale del Quaternario e dalle importanti variazioni eustatiche succedutesi nel tempo.

I termini di chiusura della successione di avanfossa sono rappresentati da sequenze marine regressive distinte in sette diversi ordini di superfici terrazzate, ognuna caratterizzata da un limite inferiore in contatto discordante sulle sottostanti argille marnose e da un limite superiore in contatto con i sovrastanti depositi marini, prevalentemente sabbiosi, e con i successivi depositi alluvionali (Catalano et al. 2004). Le relazioni geometriche esistenti tra le sette sequenze di superfici terrazzate ed i livelli vulcanici etnei, consentono di riferire l'età dei cunei clastici all'intervallo di 240-39 ka e quindi, di vincolarli alle ultime sette variazioni eustatiche del livello marino (Catalano et al. 2004).



Schema geologico del bordo meridionale dell'edificio etneo (da Catalano et al. 2004). 1) Depositi alluvionali recenti ed attuali; 2) Depositi alluvionali terrazzati (39 ka); 3) Lave recenti, antiche e del Trifoglietto (80 ka - attuale); 4) Depositi alluvionali terrazzati (240+60 ka); 5) Sequenze deposizionali terrazzate (240+60 ka); 6) Lave dei Centri Alcalini antichi (180+100 ka); 7) Lave sub-alcaline di base (580+250 ka); 8) Argille azzurre (Pleistocene inferiore-medio); 9) Unità Maghrebidi; 10) Faglie normali (a) e trascorrenti (b); 11) Anticlinali

## 10.2 Morfologia dei principali sistemi fluviali

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal Fiume Simeto e dal suo affluente, in destra idrografica, il Fiume Dittaino.

Lo studio della morfologia fluviale dei principali corsi d'acqua dell'area evidenzia un importante controllo strutturale nell'evoluzione geologica e morfologica dell'intero settore di studio. Il senso di scorrimento delle acque del Fiume Simeto si caratterizza per la diversa orientazione dei vari segmenti di cui si compone la direzione complessiva di deflusso. Da monte verso valle, infatti, tale direzione varia sensibilmente da NNW-SSE a NNE-SSW, per poi deviare fortemente in direzione NW-SE e WNW-ESE nel tratto finale (Carbone et al. 2009). L'andamento del F. Dittaino è circa WSW-ENE nel settore occidentale dell'area di intervento, E-W nel tratto centrale e WNW-ESE nel settore orientale. I tributari minori sono invece rappresentati da torrenti a breve corso, caratterizzati da evidenti fenomeni erosivi e modeste coperture alluvionali (Carbone et al. 2010). In generale, si tratta di corsi a regime torrentizio, con elevato potere erosivo e di trasporto solido soprattutto nei periodi di piena (Carbone et al. 2010). In generale, si tratta di corsi a regime torrentizio, con elevato potere erosivo e di trasporto solido soprattutto nei periodi di piena (Carbone et al. 2010).

L'assetto stratigrafico e tettonico dell'area ha, quindi, fortemente influenzato la morfogenesi attiva e selettiva dell'area, legata non solo all'azione erosiva e deposizionale dei corsi d'acqua che la incidono, ma anche fattori meteo-marini comunque di una certa importanza. Infatti, per quanto riguarda le variazioni della linea di costa, i dati storici e recenti evidenziano una tendenza al progressivo avanzamento e definitiva stabilizzazione, cui fa seguito l'attuale fase di arretramento (Carbone et al. 2009). La fase di avanzamento, perdurata almeno fino al 1950, è dovuta ad una importante tendenza progradazionale della piana costiera e deltizia di Catania, in virtù di un maggior carico solido del F. Simeto e dei suoi tributari minori (Carbone et al. 2009). A partire dalla seconda metà del secolo scorso, la messa in opera di invasi artificiali nella parte alta del bacino di drenaggio, la canalizzazione dei principali corsi d'acqua, l'incontrollato prelievo di inerti in alveo e lo sconsiderato sviluppo di strutture ed attività antropiche lungo tutto il settore costiero di Catania, ha portato ad una vistosa diminuzione degli apporti solidi dei sistemi fluviali, fino a determinare l'attuale *deficit* sedimentario (Amore & Giuffrida 1985). Tale condizione, appesantita anche dal progressivo inaridimento del clima, ha causato l'attuale stato di arretramento costiero della piana catanese, con tassi che raggiungono i 10 m per anno (Longhitano 2000; Longhitano & Colella 2001).

## **11 ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE**

L'area di studio, ricade nei settori centro-settentrionali della Piana di Catania, una importante depressione morfostrutturale, in relazione alla complessa evoluzione geologica subita, risulta fortemente influenzata dal locale assetto stratigrafico-strutturale, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale che l'hanno interessata durante il Quaternario e dalle importanti variazioni eustatiche succedutesi nel tempo. L'evoluzione morfologica del territorio ed i principali elementi geomorfologici rilevati, pertanto, sono direttamente connessi al deflusso delle acque correnti superficiali ed ai fenomeni gravitativi e/o erosivi agenti lungo i versanti.

Ad essi si aggiungono, inoltre, locali elementi di origine strutturale, forme e depositi connessi con l'attività antropica ed elementi di genesi mista, dovuti all'interazione di più fattori morfologici.

Dall'analisi dell'area in esame si evince che sono presenti rari fenomeni *franosì* evidenziate anche dalla carta del PAI. Si tratta in gran parte di corpi di frana di modesta entità, comprendono fenomeni di limitata estensione areale, caratterizzati da un limitato spessore (entro 2-3 metri al massimo), si tratta di situazioni di non particolare gravità. Nei pressi di Casa Alessandri si riscontra un'area di dissesti conseguenti ad erosione accelerata a contatto con la Formazione dalle argille arenarie glauconitiche di Catenanuova.

Di seguito vengono descritti, nel dettaglio, i principali elementi geomorfologici presenti nell'area ed i relativi fattori morfo-evolutivi, con esplicito riferimento a quanto riportato nelle cartografie allegate.

## **12 IDROGRAFIA**

### **12.1 Morfologia dei principali sistemi fluviali**

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal Fiume Simeto e dal suo affluente, in destra idrografica, il Fiume Dittaino.

Lo studio della morfologia fluviale dei principali corsi d'acqua dell'area evidenzia un importante controllo strutturale nell'evoluzione geologica e morfologica dell'intero settore di studio. Il senso di scorrimento delle acque del Fiume Simeto si caratterizza per la diversa orientazione dei vari segmenti di cui si compone la direzione complessiva di deflusso. Da monte verso valle, infatti, tale direzione varia sensibilmente da NNW-SSE a NNE-SSW, per poi deviare fortemente in direzione NW-SE e WNW-ESE nel tratto finale (Carbone et al. 2009).

L'andamento del F. Dittaino è circa WSW-ENE nel settore dell'area di intervento, E-W nel tratto centrale e WNW-ESE nel settore orientale. I tributari minori sono invece rappresentati da torrenti a breve corso, caratterizzati da evidenti fenomeni erosivi e modeste coperture alluvionali (Carbone et al. 2010). In generale, si tratta di corsi a regime torrentizio, con elevato potere erosivo e di trasporto solido soprattutto nei periodi di piena. L'assetto stratigrafico e tettonico dell'area ha, quindi, fortemente influenzato la morfogenesi attiva e selettiva dell'area, legata non solo all'azione erosiva e deposizionale dei corsi d'acqua che la incidono, ma anche fattori meteo-marini comunque di una certa importanza. Infatti, per quanto riguarda le variazioni della linea di costa, i dati storici e recenti evidenziano una tendenza al progressivo avanzamento e definitiva stabilizzazione, cui fa seguito l'attuale fase di arretramento (Carbone et al. 2009). La fase di avanzamento, perdurata almeno fino al 1950, è dovuta ad una importante tendenza progradazionale della piana costiera e deltizia di Catania, in virtù di un maggior carico solido del F. Simeto e dei suoi tributari minori (Carbone et al. 2009). A partire dalla seconda metà del secolo scorso, la messa in opera di invasi artificiali nella parte alta del bacino di drenaggio, la canalizzazione dei principali corsi d'acqua, l'incontrollato prelievo di inerti in alveo e lo sconsiderato sviluppo di strutture ed attività antropiche lungo tutto il settore costiero di Catania, ha portato ad una vistosa diminuzione degli apporti solidi dei sistemi fluviali, fino a determinare l'attuale *deficit* sedimentario (Amore & Giuffrida 1985). Tale condizione, appesantita anche dal progressivo inaridimento del clima, ha causato l'attuale stato di arretramento costiero della piana catanese, con tassi che raggiungono i 10 m per anno (Longhitano 2000; Longhitano & Colella 2001).

## 12.2 **Elementi idrografici**

Il reticolo fluviale locale ricade, in buona sostanza, nella porzione medio-bassa dei bacini imbriferi dei Fiumi Simeto e Dittaino, due importanti corsi d'acqua a carattere perenne che rappresentano le principali linee dei deflusso idrico superficiale della Sicilia orientale. Il bacino del F. Simeto si estende per circa 4186 km<sup>2</sup> tra i Monti Nebrodi e il Mar Ionio, rappresentando quindi il più grande bacino idrografico dell'isola. Tale bacino comprende i territori provinciali di Catania e Enna e, in misura inferiore, quelli di Messina, Siracusa e Palermo. Il F. Simeto, la cui asta si estende per circa 116 km in direzione grossomodo NNW-SSE, nasce alle pendici meridionali dei Monti Nebrodi, dall'unione dei Fiumi Cutò, del Martello e della Saracena. Poco più a valle, all'altezza di Castel di Bolo, il fiume riceve il primo affluente di una certa importanza, il F. Troina. Da questo punto, il corso d'acqua si sviluppa in direzione circa N-S fino alla confluenza col F. Salso, dove devia in direzione circa NW-SE fino alla zona della Piana di Catania. In quest'area il F. Simeto devia ancora in direzione WNW-ESE e riceve gli apporti idrici di altri due importanti corsi d'acqua, il F. Dittaino ed il F. Gornalunga, sfociando infine nel Mar Ionio, pochi chilometri a Sud del centro abitato di Catania. Nel bacino del Fiume Simeto sono stati realizzati, nel corso degli anni, importanti interventi per la difesa del suolo che, almeno in parte, hanno riguardato l'incoltivazione dei tronchi vallivi del presente corso d'acqua e dei Fiumi Dittaino e Gornalunga. Ulteriori interventi, finalizzati alla salvaguardia dei serbatoi dall'inquinamento, hanno interessato principalmente i bacini sottesi ai serbatoi di Pozzillo ed Ogliastro. Sono stati effettuati, infine, rimboschimenti in alcune zone bacini e sistemazioni idrauliche di valle e valloni. Il bacino del F. Dittaino, al contrario, si estende per circa 982 km<sup>2</sup> tra i Monti Erei e la Piana di Catania, fino alla confluenza col F. Simeto di cui rappresenta uno dei principali affluenti in destra idrografica. Tale bacino comprende i territori provinciali di Catania ed Enna, interessando i comuni di Leonforte, Assoro, Catenanuova, Calascibetta, Enna e Centuripe.

Il Fiume Dittaino, la cui asta si estende per circa 110 km, nasce alle pendici orientali dei Monti Erei, nella zona centrale della Sicilia, dall'unione di diversi corsi d'acqua di minore importanza. Si sviluppa inizialmente in direzione grossomodo E-W tra gli abitati di Enna e Catenanuova, dove devia in direzione circa NW-SE fino alla confluenza col Fiume Simeto. I corsi d'acqua secondari, infine, rappresentano gli affluenti in destra e sinistra idrografica del fiume suddetto. Si tratta in generale di corsi a carattere marcatamente stagionale o torrentizio, con portate estremamente variabili e fortemente condizionate dal

regime delle piogge, con andamento grossomodo ortogonale a quello dell'alveo principale. Ad essi si aggiungono, inoltre, numerosi valloni e solchi di erosione concentrata attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

### **12.3      *Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti***

Nell'intera area esaminata, le principali forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano, essenzialmente, dai processi deposizionali dei principali sistemi fluviali presenti, che conferiscono a tutta l'area di studio una morfologia blandamente ondulata e leggermente degradante verso SE. Tali depositi presentano al loro interno vistose variazioni granulometriche e tessiture e risultano, molto spesso, fortemente interdigitati tra loro, creando così un articolato sistema sedimentario di origine alluvionale.

In corrispondenza dei corsi d'acqua principali, e secondariamente lungo gli alvei dei loro affluenti maggiori, si rinvengono inoltre vistose scarpate di erosione fluviale e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all'approfondimento mentre, gli alvei più importanti, sono caratterizzati da zone in approfondimento e settori di prevalente deposizione. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono presenti in corrispondenza dei margini esterni dei terrazzi alluvionali più estesi, posti a quote variabili dal fondovalle attuale.

In prossimità degli alvei dei fiumi Dittaino e Simeto, inoltre sono presenti tracce degli antichi corsi fluviali spesso caratterizzati da depositi a granulometria fine di lago di meandro e canale in fase di abbandono. Tali elementi presentano, in generale, larghezza piuttosto contenuta e sono localmente sede di zone paludose o acquitrini di scarsa importanza.

Infine, in corrispondenza dei versanti e dei rilievi più acclivi dove affiorano i termini litologici del substrato marino meso-cenozoico, sono presenti chiari fenomeni erosivi, sia areali che lineari, connessi col deflusso non regimato delle acque superficiali in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi e severi. Nelle porzioni basali dei rilievi, dal limite superiore della fascia pedemontana fino a raggiungere il recapito finale, il carico solido diminuisce gradualmente, in relazione alla ormai diminuita velocità della corrente, e i corsi d'acqua tendono a divagare nella valle e ad assumere un andamento di tipo meandriforme. Tali condizioni di deflusso portano, quindi, all'accumulo frequenti depositi eluvio-colluviali alla base dei rilievi più estesi che, localmente, possono raggiungere spessori prossimi ai 3 m.

Verso valle, l'erosione lineare delle acque correnti superficiali incanalate tende ad interessare le sponde generando, in tal modo, sia fenomeni di dissesto per scalzamento al piede che fenomeni di approfondimento del letto fluviale. Inoltre, l'azione delle acque correnti superficiali, incanalate e non, genera lungo i versanti tipologie di fenomeni erosivi di tipo calanchivo, molto spinti principalmente sulle formazioni prevalentemente argilloso-limose. Ulteriori fenomenologie erosive sono da riferirsi al ruscellamento diffuso il quale, talora, genera estesi denudamenti dei pendii e la formazione di fossi e solchi di varia profondità.

### **13 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE**

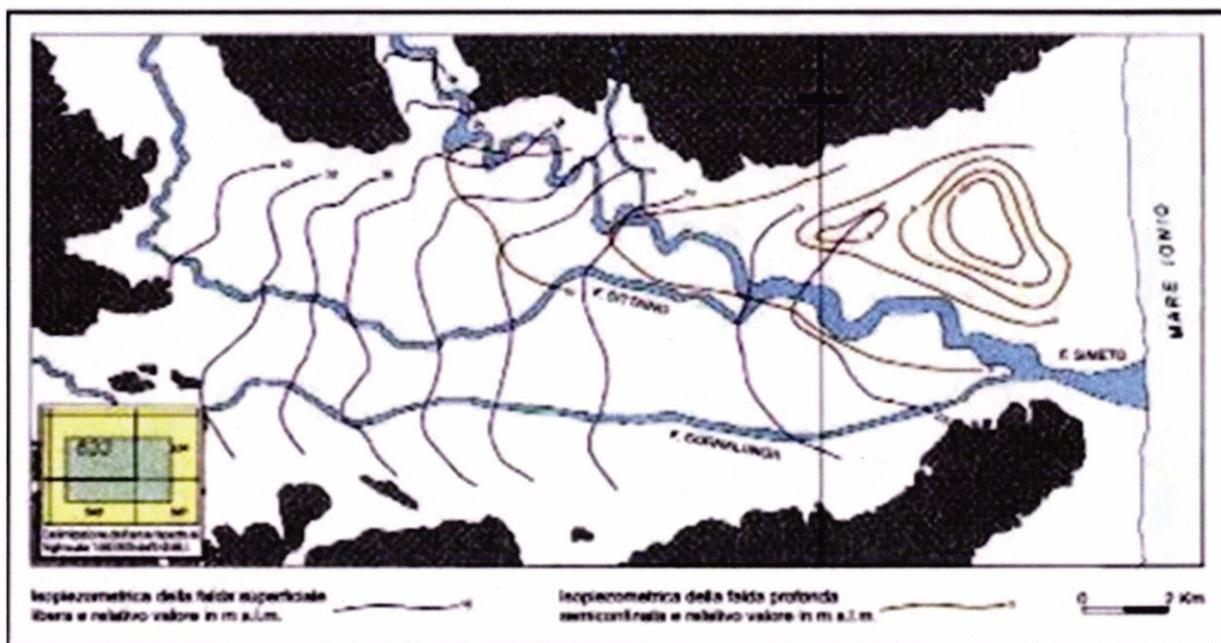
I dati geologici di superficie, unitamente alle informazioni stratigrafiche derivanti da perforazioni geognostiche e pozzi profondi, permettono di individuare nell' area in esame litotipi con differente comportamento idrogeologico (Carbone et al. 2010). Sulla base delle caratteristiche di permeabilità e dei rapporti stratigrafico-strutturali tra i litotipi presenti si possono distinguere acquiferi, sede di corpi idrici produttivi (Ferrara 1998), e terreni a permeabilità bassa o molto bassa, privi di corpi idrici significativi che localmente determinano effetti di confinamento sugli acquiferi limitrofi (Ferrara 1999; Carbone et al. 2010). In particolare, l'acquifero alluvionale della Piana di Catania è rappresentato da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico, sede di corpi idrici sotterranei in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate (Ferrara 1999; Carbone et al. 2010). Tale eterogeneità tessiturale condizionata infatti l'esistenza ed il movimento delle acque sotterranee all'interno del complesso alluvionale, che poggia su terreni prevalentemente pelitici infra-cenozoici (Lentini et al. 1991; Ferrara 1999). I numerosi pozzi ad uso civile, agricolo ed industriale, sono distribuiti in modo disomogeneo all'interno della piana e determinano condizioni di forte sovrasfruttamento dell'acquifero alluvionale, come dimostrato dalla forte intrusione marina nelle zone più vicine alla costa ionica (Ferrara 1999)

#### **13.1 Strutture idrogeologiche e idrodinamica degli acquiferi**

La principale struttura idrogeologica della Sicilia centro-orientale è rappresentata, senza dubbio, dalla Piana di Catania e dai depositi alluvionali e marini che la riempiono (Carbone et al. 2010; Carbone 2011). Tale idrostruttura è caratterizzata, per buona parte del suo sviluppo, dalla presenza di una falda superficiale contenuta all'interno dei depositi alluvionali grossolani dei Fiumi Dittaino e Simeto (Ferrara 1999; Carbone et al. 2010).

L'andamento della superficie piezometrica mostra, molto chiaramente, la presenza di un importante asse di drenaggio disposto parallelamente alla direzione secondo cui sono disposti i depositi alluvionali più permeabili (Ferrara 1999), grossomodo corrispondente agli antichi alvei dei principali corsi d'acqua dell'area. In prossimità della costa, inoltre, è presente una ulteriore

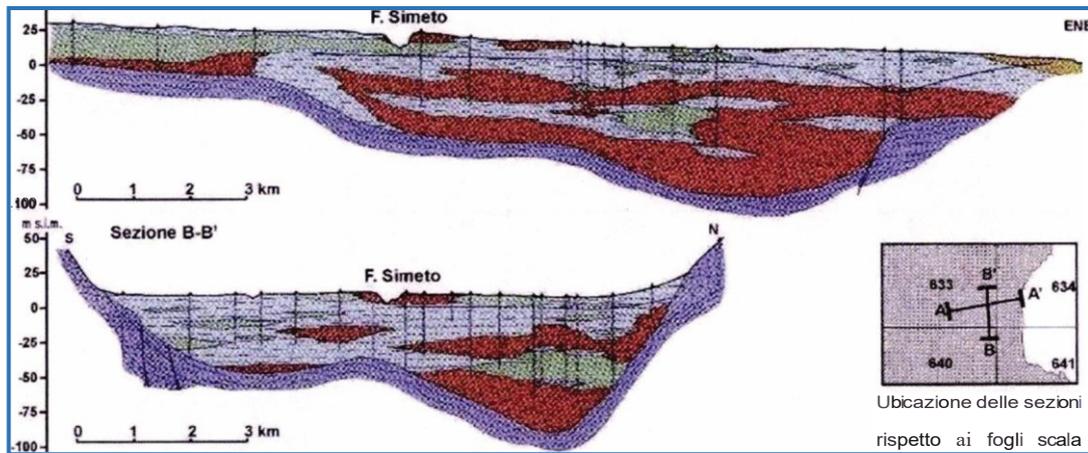
falda profonda semiconfinata, contenuta all'interno dei depositi grossolani che caratterizzano tale settore (Carbone et al. 2010).



Gli acquiferi che contengono le suddetti falde, sono costituiti prevalentemente da depositi alluvionali grossolani, attuali e recenti, e da sabbie e ghiaie di ambiente continentale e di transizione, spesso formanti superfici terrazzate disposte su vari ordini (Ferrara 1999; Carbone et al. 2010). La falda dell'acquifero alluvionale si posiziona ad una profondità variabile tra 2 e 30 m dall'attuale p.c., mostrando quindi una forte disomogeneità probabilmente connessa alle importanti variazioni granulometriche, sedimentologiche e idrogeologiche dei depositi terrigeni costituenti l'acquifero (Ferrara 1999).

La ricostruzione morfologica dell'andamento del substrato argilloso al di sotto dei depositi grossolani, mostra chiaramente un andamento molto articolato del tetto delle argille pleistoceniche, dal quale sono comunque riconoscibili i principali assi di drenaggio orientati circa N-S (Carbone et al. 2010). La ricostruzione dello spessore dell'acquifero presente nel sottosuolo della Piana di Catania, invece, evidenzia il graduale aumento di potenza che si ha muovendosi verso il depocentro della piana, fino ad un massimo di circa 80 m. Ciò è dovuto, naturalmente, alla presenza nel sottosuolo di importanti spessori di terreni prevalentemente sabbioso-ghiaiosi. L'alimentazione dell'acquifero sotterraneo deriva, in buona sostanza, dagli apporti idrici, sia superficiali che sotterranei, provenienti dalle depressioni vallive incise dai principali corsi d'acqua presenti nell'area (Ferrara 1999), come quelle dei Fiumi Dittaino e

Simeto. Quest'ultimo, in particolare, riceve a monte l'ulteriore apporto dei deflussi sotterranei derivanti dal versante occidentale dell'Etna (Ferrara 1998; Ferrara & Pappalardo 2004).



Sezioni idrogeologiche della porzione più orientale della Piana di Catania (da Carbone et al. 2010).

### 13.2 *Sorgenti*

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento e le caratteristiche delle falde idriche presenti nell'area, nel corso dello studio si sono acquisite tutte le informazioni disponibili relativamente alle sorgenti esistenti nel settore di intervento. È da segnalare l'assenza di sorgenti e venute d'acqua di un certo interesse all'interno della fascia di studio. Nello specifico, le acque superficiali scorrono in superficie e, a causa dell'elevata permeabilità media dei depositi alluvionali, si infiltrano nel sottosuolo alimentando così la falda acquifera che defluisce, come detto, in direzione circa E-W.

In relazione a quanto detto è quindi evidente che, a causa delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti nel sottosuolo della Piana di Catania, le acque correnti danno luogo principalmente a infiltrazioni e deflussi sotterranei piuttosto che a emergenze idriche superficiali.

### 13.3 *Condizioni di deflusso idrico sotterraneo*

I dati raccolti durante lo studio condotto, di carattere geologico ed idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche generali dell'area e di individuare il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse. Si sottolinea che le ricostruzioni della

superficie piezometrica, derivano da informazioni raccolte e da studi precedenti circa l'assetto idrogeologico e stratigrafico-strutturale dell'area. Nel dettaglio gli studi condotti hanno consentito di definire con buona accuratezza la superficie piezometrica nel settore d'interesse progettuale. I corpi idrogeologici più permeabili rappresentano, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione latero-verticale dei depositi. I corpi idrogeologici a minor permeabilità nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati come degli *acquitclud* e localmente degli *aquitard*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei principali.

Gli acquiferi alluvionali, rappresentati da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico, costituiscono dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi. Sono sede di corpi idrici sotterranei in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate. In tutta la zona di studio, e in particolare lungo il fondovalle del F. Dittaino, tale sistema poggia sui terreni argilloso-marnosi e arenaceo-marnosi della Catena Appenninico-Maghrebide. Tale acquifero risulta alimentato, in buona sostanza, dagli apporti superficiali e profondi dei principali corsi d'acqua dell'area, anche se non mancano scambi idrici sotterranei con le falde dei principali acquiferi presenti lungo i margini della piana.

L'acquifero alluvionale del F. Dittaino e della Piana di Catania mostrano, nei settori di interesse, un deflusso in direzione circa NW-SE e NNW-SSE, che ricalca fortemente l'andamento morfologico dell'area. Tale condizione è dettata, principalmente, dalle forti variazioni granulometriche dei depositi costituenti l'acquifero e, quindi, dalla presenza di importanti passaggi grossolani all'interno dei sedimenti alluvionali del fondovalle. Questi ultimi corrispondono agli antichi canali fluviali del Fiume Dittaino e del Fiume Simeto e rappresentano, ovviamente, degli assi di drenaggio preferenziale per le acque di falda.

I dati piezometrici a disposizione evidenziano, infatti, la presenza di alcune falde freatiche poste essenzialmente all'interno degli orizzonti più permeabili dei depositi alluvionali che colmano il fondovalle del F. Dittaino e del F. Simeto. Tali acquiferi sono rappresentati da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico e costituiscono dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi. In particolare, i depositi alluvionali attuali e recenti sono sede di una falda idrica sotterranea di discreta importanza, sempre sostenuta dai termini prevalentemente pelitici del substrato. Tale falda mostra un andamento che ricalca fortemente l'andamento morfologico del fondovalle, anche se risulta influenzato dalle diffuse

eterogeneità granulometriche e tessiturali dei terreni. La superficie piezometrica si colloca generalmente a profondità variabili tra 0.2 e 15.5 m circa dal p.c., con un gradiente generalmente piuttosto basso e solo localmente influenzato da evidenti variazioni di permeabilità dell'acquifero. In relazione a quanto esposto, è evidente come la elevata permeabilità media dei depositi e la relativa profondità della falda impediscano, di fatto, la formazione di sorgenti o punti d'acqua di particolare interesse. Le acque di falda, pertanto, tendono a defluire verso la Piana di Catania e, in generale, lungo il fondovalle del F. Dittaino e del F. Simeto.

Gli ulteriori acquiferi alluvionali presenti nei settori di studio sono quelli relativi ai depositi terrazzati ampiamente presenti ai margini dei fondovalle. Tali acquiferi poggiano sempre sulle successioni marine della Catena Appenninico-Maghrebide ma, al contrario dei precedenti, sono caratterizzate da falde di modesta importanza e a carattere essenzialmente stagionale. Le profondità delle superfici piezometriche sono estremamente variabili in relazione all'assetto idrogeologico locale, ma risultano generalmente comprese tra i 2.8 e 6.5 m circa dal p.c. I depositi grossolani pleistocenici, mostrano sempre una permeabilità piuttosto buona ma, in relazione alla maggiore estensione areale ed agli spessori generalmente più elevati, sono spesso sede di falde a superficie libera di una certa importanza, sia in termini di volumi che di estensione planimetrica. Tali falde, come quelle dei depositi terrazzati, ricalcano in linea di massima l'andamento della superficie topografica e, come detto, presentano locali scambi idrici con l'acquifero alluvionale della Piana di Catania, sia positivi che negativi. Relativamente ai litotipi del substrato marino infra-cenozoico, al contrario, si sottolinea l'assenza di falde o corpi idrici di una certa importanza in tutto il settore di studio. Buona parte delle successioni affioranti possono essere considerate, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli *acquiclude* e localmente degli *aquitard*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti, come quello dei depositi alluvionali del F. Dittaino. I livelli piezometrici registrati puntualmente sono da attribuirsi dunque alla saturazione del locale substrato.

I litotipi arenaceo-marnosi del substrato infra-cenozoico, al contrario, rappresentano degli acquiferi di scarsa rilevanza dal punto di vista idrogeologico, sia per la bassa trasmissività dei terreni che per la ridotta estensione areale e verticale degli stessi. In generale, sono sede di falde sotterranee con carattere prevalentemente stagionale, contraddistinte da deflusso idrico sotterraneo frazionato e fortemente eterogeneo.

Le direzioni di deflusso sono, ovviamente, piuttosto eterogenee e influenzate dal locale stato di fratturazione dell'ammasso e dalla presenza di elementi tettonici di importanza variabile. Gli assi di drenaggio preferenziale sotterraneo, pertanto, ricalcano l'andamento planimetrico dei Fiumi Dittaino e Simeto, con importanti variazioni locali dovute agli apporti idrici sotterranei dei corsi d'acqua secondari. Lungo il corso del F. Dittaino, in particolare, la falda presenta un unico ed importante asse di drenaggio sotterraneo posto in corrispondenza dell'alveo principale che, in quest'area, risulta in buona parte alimentato dalla falda e dai suoi immissari principali. In corrispondenza del corso del F. Simeto, al contrario, la falda presenta due importanti assi di drenaggio, posti lungo i due fianchi del corso d'acqua stesso e parzialmente coincidenti con gli alvei dei suoi immissari maggiori. Tali direzioni di deflusso, sulla base delle ricostruzioni geologiche effettuate e degli studi bibliografici disponibili, sembrerebbero in buona sostanza coincidenti con il paleo-alveo del F. Simeto, rappresentato da depositi grossolani in grado di influenzare in modo sensibile le condizioni di deflusso idrico sotterraneo di tutta l'area di interesse.

L'andamento piezometrico della falda alluvionale, inoltre, mostra chiaramente come l'acquifero in questione sia alimentato in parte dal corso del Simeto, nei settori centrali della piana, e in parte dai suoi immissari maggiori e dagli acquiferi dei depositi sabbioso-ghiaiosi pleistocenici posti lungo il margine settentrionale dello stesso.

## **14 CENNI DI TETTONICA**

L'area in esame ricade sul bordo esterno della Catena Appenninico- Maghrebide e lambisce il margine affiorante dell'Avanfossa Gela-Catania. Le unità esposte nell'area appartengono ad un sistema a *thrust* pellicolare (Bianchi *et alii*, 1987; Lentini *et alii*, 1990a), originatosi a partire dal Miocene inferiore, denominato Catena Appenninico-Maghrebide e sovrascorso sul margine africano dal Tortoniano in poi. Nell'area la Catena Appennino Magrebide è costituita da sequenze meso-cenozoiche esterne a carattere bacinale ricoperte tettonicamente nel Miocene medio da estesi lembi oligo-miocenici del flysch numidico, e da unità sicilidi ad assetto caotico originariamente ubicate in bacini più interni. Seguono verso l'alto depositi argilloso-sabbiosi con intercalazioni olistostromiche di argille brecciate suddivisibili in più cicli: Serravalliano-Tortoniano inferiore e Tortoniano superiore-Messiniano inferiore; questi evolvono alle evaporiti del Messiniano superiore e ai Trubi del Pliocene inferiore. Essi rappresentano i sedimenti discordanti, depositi sulle unità della catena, all'interno di bacini satellite. Tutta la sequenza di età Serravalliano-Pliocene inferiore post-data il ricoprimento delle unità numidiche sull'Unità di M. Judica, ma ha partecipato successivamente alle ulteriori fasi deformative responsabili dell'assetto strutturale attuale, cioè della sovrapposizione al di sopra del margine interno dell'avanfossa. Questo sistema a *thrust* pellicolare è ricoperto in discordanza, dalle successioni clastiche del Pliocene inferiore-medio (Di Grande *et alii*, 1976). I dati di sottosuolo (sismica e pozzi per l'esplorazione petrolifera) evidenziano che nelle aree più meridionali la Catena Appenninico- Maghrebide giace tettonicamente su sequenze carbonatiche mesozoico-terziarie di tipo ibleo. Queste appartengono ad unità carbonatiche, riconducibili al margine deformato dell'avampaese ibleo e cioè al Sistema a *Thrust* Esterno (Carbone & Lentini, 1988; Lentini *et alii*, 1990b), ovvero Sistema a *Thrust* Siculo-Pelagiano (Finetti *et alii*, 2005), che nella Sicilia orientale è completamente sepolto. Nel settore sud-orientale il sistema a *thrust* pellicolare, cioè la Catena Appennino Magrebide, tende a ricoprire l'Avanfossa Gela-Catania, inserendosi a cuneo entro la successione pelitico-sabbiosa plio-pleistocenica. Tale cuneo costituisce la Falda di Gela e si estende dai dintorni di Catania fino alla Piana di Gela, ed oltre, a formare un fronte estremo arcuato a sud della linea di costa agrigentina, per rientrare poi nell'entroterra ad est di Sciacca. Si tratta di un tipico *thrust wedge* (Guarnieri *et alii*, 2002) costituito da sedimenti serravalliano-pliocenici e da lembi di unità numidiche e sicilidi, e rappresenta l'elemento più esterno e più recente della catena (Lentini, 1982).

All'interno della catena i rapporti originari determinati dalla tettonica polifasica del Miocene medio-superiore e del Pliocene inferiore sono stati spesso modificati da deformazioni fuori sequenza e più in generale da strutture compressive posteriori che hanno determinato la

sovrapposizione dell'intero edificio sui carbonati iblei, testimoniate dalle discordanze in orizzonti messiniani, pliocenici e pleistocenici. Durante la formazione delle strutture post-tortoniane si è avuta la contemporanea attivazione di sistemi di faglie trascorrenti destre orientate NO-SE e ONO-ESE, alcune a carattere regionale e disposte *en-échelon*, altre più locali ed associate ai fronti di accavallamento .

#### **14.1 Elementi strutturali e tettonici**

Un importante ruolo nell'evoluzione morfologica del territorio è svolto, ovviamente, dall'assetto strutturale dei litotipi affioranti e dal loro differente grado di erodibilità, legato essenzialmente alla natura litologica e sedimentologica dei depositi. Ad essi si aggiungono i numerosi elementi tettonici presenti nell'area, connessi alla complessa evoluzione tettonica che ha interessato i settori di catena a partire dall'Oligocene superiore. La morfogenesi selettiva ha portato, infatti, allo sviluppo di forme morbide e poco marcate in corrispondenza dei settori di affioramento di termini litologici prevalentemente pelitici, caratterizzati quindi da ampie vallate e pendii poco acclivi privi di bruschi stacchi morfologici. Nelle aree di affioramento di termini litologici a comportamento lapideo o pseudo-lapideo, al contrario, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme più aspre e marcate, caratterizzati da strette vallate e versanti poco acclivi, spesso interrotti da bruschi stacchi morfologici connessi con importanti elementi tettonici o con le superfici di strato dei livelli più competenti. Infine, i principali elementi strutturali presenti nell'area, connessi a tettonica sia compressiva che estensionale, risultano particolarmente evidenti in tutto il settore di interesse e in modo particolare nelle aree di affioramento dei termini litologici più competenti. I suddetti elementi, comunque, tagliano almeno in parte anche i depositi alluvionali più antichi, anche se non risultano direttamente rilevabili sul terreno a causa della particolare conformazione geologica del territorio.

## **14.2 Studio della sismicità**

### **14.2.1 Sismicità e zone sismogenetiche**

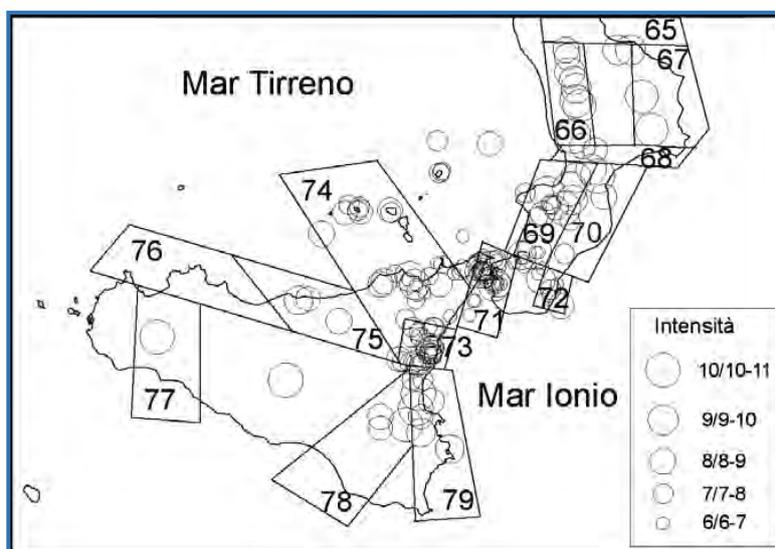
L'area del Foglio "Paternò" è localizzata in Sicilia orientale, una delle zone a più alta pericolosità sismica dell'Italia essendo stata colpita nel passato da diversi terremoti distruttivi (magnitudo  $M=6.4-7.3$ ). Per stimare la pericolosità sismica dell'area sono state utilizzate metodologie classiche, come ad esempio quella di Cornell (Slejko et alii, 1998). Questi approcci tuttavia risentono della limitazione dovuta all'assunzione di zone sismogenetiche omogenee ed estese, caratterizzate da tasso di sismicità e modello di attenuazione uniforme, che tendono a nascondere eventuali differenze nei vari siti. Per superare queste restrizioni, recentemente sono state sviluppate metodologie (Magri et alii, 1994) che utilizzano le intensità osservate al sito per il calcolo della pericolosità sismica. È stata quindi eseguita l'analisi di dettaglio dei terremoti che hanno interessato i principali centri abitati localizzati all'interno dell'area in studio al fine di ricostruirne la storia sismica. I terremoti capaci di dare un contributo significativo alla pericolosità sismica del settore in studio sono localizzati in Sicilia orientale e in Calabria meridionale. In una delle zonazioni sismogenetiche più recenti, la ZS4 (Meletti et alii, 2000a), tracciata nel 1996 con lo scopo prevalente di servire da input per la valutazione di pericolosità sismica, in queste regioni sono state individuate le zone 68, 69, 70, 71, 72, 73, 78, 79. Nella ZS 68, localizzata nella Stretta di Catanzaro, fascia di raccordo fra Calabria settentrionale e meridionale, sono ubicati i terremoti del 28 marzo 1783 ( $I_{max} = 11$  MCS) e dell'8 settembre 1905 ( $I_{max} = 10/11$  MCS).

Per quanto riguarda le zone sismogenetiche della Calabria meridionale (ZS 69e70), le strutture qui certamente più attive sono le faglie del bacino del Mèsima, di Serre, di Gioia Tauro e di Cittanova, la cui attività si è protratta anche nel Pleistocene superiore e nell'Olocene (Valensise & D'addezio, 1994; Monaco & Tortorici, 2000; Jacques et alii, 2001). Queste strutture con direzione NE-SO sono state probabilmente responsabili dei grandi terremoti calabresi del 5, 6 e 7 febbraio e dell'1 marzo del 1783 (Baratta, 1901).

La ZS 71 comprende l'area dello Stretto di Messina, dove è ubicato il terremoto del 28 dicembre 1908 ( $M \cong 7.1$ ;  $I_{max} = 11$ , MCS) ampiamente descritto da Baratta (1910). Poiché non vengono descritte evidenze di fagliazione superficiale e i dati strumentali non sono molto precisi, vari Autori hanno proposto modelli diversi riguardo la collocazione spaziale, la geometria e le dimensioni della sorgente (Ghisetti, 1992; Valensise & Pantosti, 1992, 2001). La ZS 73 corrisponde all'area etnea, dove la sismicità è caratterizzata da eventi di bassa magnitudo e ipocentri superficiali (Monaco et alii, 1997; Gresta et alii, 1997), per cui gli eventi di quest'area

sono capaci di produrre localmente effetti distruttivi, ma vengono appena avvertiti al di fuori dell'area stessa (Azzaro et alii, 2000b).

Al confine tra i Nebrodi e i Peloritani occidentali (SZ 74), i terremoti sono localizzati lungo il versante Tirrenico, in particolare lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina (Azzaro et alii, 2000a). Questa sismicità è associabile alle strutture trascorrenti destre NO-SE presenti nell'area (es . il terremoto di Patti del 1978, Barbano et alii, 1979). In Sicilia sud-orientale la sismicità è distribuita soprattutto lungo la costa ionica, dove gli eventi hanno raggiunto  $M \cong 7.0$  (Azzaro & Barbano, 2000). La struttura probabilmente responsabile dei terremoti maggiori di quest'area (1169,  $I_{max} = 10$  MCS; 1693,  $I_{max} = 11$  MCS; 1818,  $I_{max} = 9/10$  MCS) è la Scarpata Ibleo-Maltese. Essa è costituita da un sistema di faglie normali a direzione prevalente NNO-SSE che delimita, offshore, la zona ionica (Bianca et alii, 1999) e caratterizza la sismicità della ZS 79 . Terremoti di moderata magnitudo sono localizzati invece nel settore più interno del Plateau Ibleo (ZS 78) (Azzaro & Barbano, 2000).



Epicentri dei principali terremoti della Sicilia e Calabria nel periodo 1125-1990 dal catalogo parametrico dei terremoti Italiani (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999). I poligoni rappresentano le Zone Sismogenetiche tratte da Meletti et alii (2000a).

## **15 AZIONE SISMICA - STATI LIMITE (D.M. 17/01/2018)**

Per imprimere un maggior peso alle esigenze di sicurezza che il rischio sismico impone, purtroppo a causa del continuo ripetersi di eventi tellurici nel territorio nazionale, si introducono di seguito come specificato nelle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. del 17/01/2018), le caratteristiche per lo studio dell'analisi dinamica del sistema terreno-struttura considerata in campo elastico lineare, che viene eseguita, a favore della sicurezza, tramite il metodo degli Stati Limite che si possono verificare durante la vita nominale dell'opera o di parte di essa. Lo *stato limite* è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata. Con tale normativa si è inteso portare a due gli Stati Limite di Esercizio: Stato Limite di immediata Operatività particolarmente utile come riferimento progettuale per le opere che debbono rimanere operative durante e subito dopo il sisma e Stato Limite di Danno definito come stato limite da rispettare per garantire inagibilità solo temporanee appena dopo il terremoto. In modo analogo, si sono portati a due anche gli Stati Limite Ultimi: allo Sforzo Limite di salvaguardia della Vita, dove la costruzione subisce significativi danni alla parte non strutturale ma conserva ancora un margine di sicurezza nei confronti del collasso, segue quindi lo Stato Limite di prevenzione del Collasso per il quale si possono avere crolli parziali, particolarmente utile come riferimento nel quadro complessivo della progettazione.

I quattro *stati limite* così definiti, consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed ai conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite ordinati per azione sismica crescente (SLO, SLD, SLV, SLC), fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme della struttura, per individuare così univocamente ed in modo quasi "continuo" le caratteristiche prestazionali richieste al manufatto.

Nello specifico le strutture le opere in esame devono rispettare tutte le verifiche agli stati limite ultimi [SLU di tipo geo] e [SLU del tipo str] e di esercizio [SLU del tipo str] e le verifiche di durabilità (§ 6.4.2 NTC 2018). Gli stati limite ultimi delle opere in esame si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera stessa, la verifica progettuale geotecnica terrà conto delle condizioni di sicurezza globale e locale del sistema costruzione-terreno, inclusa la determinazione delle sollecitazioni delle strutture a contatto con il terreno e la valutazione delle prestazioni del sistema nelle condizioni d'esercizio (§ 6.2.3

NTC 2018). Conseguentemente ai principi generali enunciati, la Progettazione geotecnica farà affidamento sul metodo degli stati limite ultimi e di esercizio e sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza applicati alle azioni, agli effetti delle azioni, alle caratteristiche dei materiali e alle resistenze.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto (§ 3.2 NTC 2018) la pericolosità sismica del territorio è definita convenzionalmente riferendosi ad un sito rigido (categoria A) con una superficie topografica orizzontale (categoria T<sup>1</sup>) senza manufatti presenti nell'intorno (campo libero). Le caratteristiche di tale moto sismico atteso al sito di riferimento per una fissata probabilità di superamento nel periodo di riferimento ( $P_{VR}$ ), si ritengono ben determinate quando se ne conosce l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

Di seguito le grandezze con le quali vengono compitamente definite le forme spettrali per la generica  $P_{VR}$ :

*ag* = accelerazione massimo al sito;

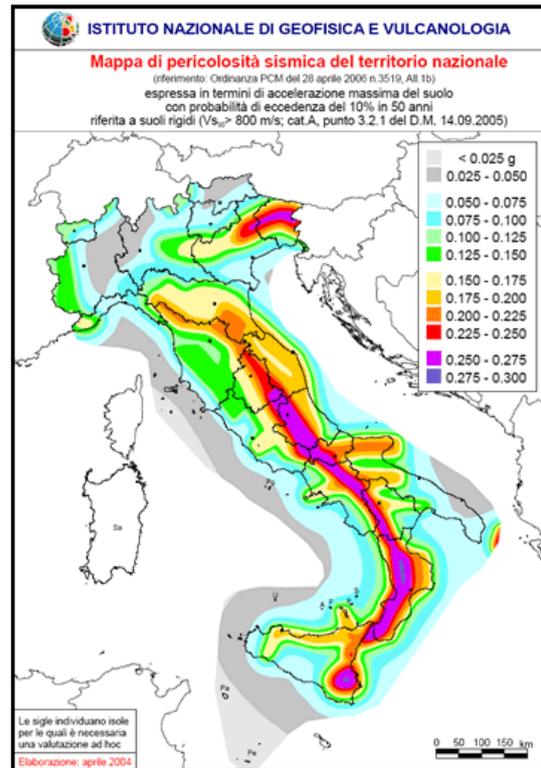
*F<sub>0</sub>* = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

*T<sub>c\*</sub>* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore dell'accelerazione *ag* è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento prodotta e messa in rete dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia non è altro che la probabilità che, in un fissato lasso di tempo, nel sito in studio si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Nelle NTC 2018, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" *VR* e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento"  $P_{VR}$ . Mentre *F<sub>0</sub>* e *T<sub>c\*</sub>* sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dal D.M. 17.01.2018 approssimino al meglio i corrispondenti derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.



Mappa della pericolosità sismica del territorio

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II

CATEGORIA	LITOLOGIA
<i>A</i>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<i>B</i>	<i>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.</i>
<i>C</i>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
<i>D</i>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
<i>E</i>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m</i>

Per queste cinque categorie le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 delle NTC 2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

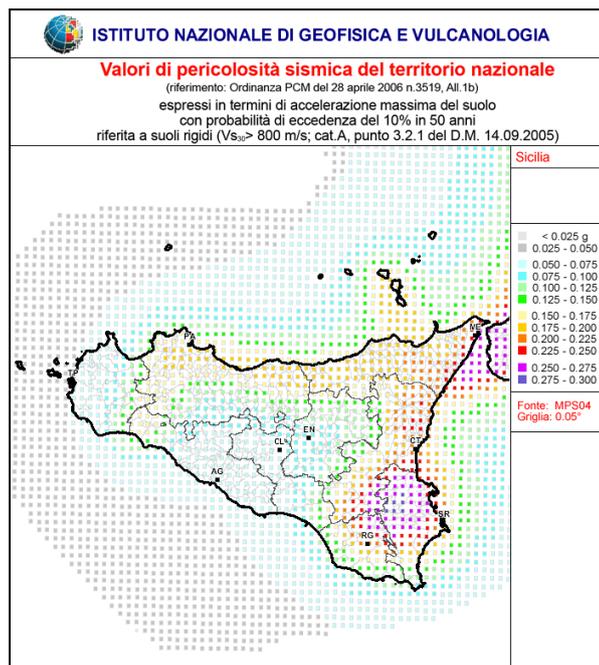
CATEGORIA TOPOGRAFICA	UBICAZIONE DELL'OPERA	$S_T$
<i>T1</i>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$	1,0
<i>T2</i>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
<i>T3</i>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclin. media $15^\circ < i < 30^\circ$	1,2
<i>T4</i>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$	1,4

**Tab. 3.2.1:** Categorie topografiche con relativo valore massimo del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  (come da Tabella 3.2.IV e 3.2.VI del D.M. 17/01/2018).

L'azione sismica sulle costruzioni è condizionata dalla risposta del terreno di sedime, essa è generata dal moto non uniforme del litotipo attraversato durante la propagazione delle onde sismiche: la propagazione sismica eccita la struttura dell'edificio provocandone la risposta dinamica, oggetto di verifica e controllo in termini di sicurezza e prestazioni attese.

Sotto l'effetto dell'azione sismica allo sforo *limite ultimo* (superato il quale si ha il collasso strutturale) le strutture dell'edificio, pur subendo danni di rilevante entità negli elementi strutturali, devono mantenere una residua resistenza e rigidità nei confronti delle forze orizzontali e verticali. Sotto l'effetto dell'azione sismica allo sforo *limite di danno* (oltre il quale la struttura presenta danni o deformazioni irreversibili tali da limitare alcune funzionalità e/o prestazioni del manufatto) o nel caso in cui il superamento può avere carattere reversibile (allo *stato limite di esercizio*) e cioè se il danno o tali deformazioni vengono meno al cessare della causa che li ha determinati, la costruzione, come insieme di elementi strutturali e non strutturali, comprese le apparecchiature e gli impianti dell'edificio, non devono subire danni ed interruzione d'uso in conseguenza di eventi sismici che abbiano una ricorrenza maggiore dell'azione sismica allo stato limite ultimo e quindi una più significativa probabilità di verificarsi più volte nel corso della durata utile dell'opera.

Sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale", elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito sulla base della risoluzione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi (1998), la mappa di pericolosità sismica MPS04 aggiornata alla classificazione sismica regionale del 15/01/2004 ed utilizzata ancora dalla OPCM 3519/2006 fino alla recente NTC 2018.



**Fig. 3.2.3:** Valori di pericolosità sismica della Sicilia Orientale (stralcio AH. 1B OPCM n°3519 del 28/04/2006).

Così come previsto dal § 6.2.2 si è definito, in base ai risultati di "prove geognostiche (previste dai § 7.11.2 e § 7.11.3 del decreto sopra citato) e di ulteriori studi eseguiti nelle vicinanze in possesso dello scrivente, il modello geologico del sito in studio, che è relazionabile alla categoria di profilo stratigrafico *del suolo di fondazione definito come di seguito rappresentato nella tabella riassuntiva, i valori ricavati dalle indagini del  $V_{Seq}$  risultano compresi tra 295,49 a 494,44 m/sec, pertanto i terreni ricadono tra due categorie di riferimento "B" e "C":*

**"B"** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consi-stenti, 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.

**"C"** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento del-le proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Riassumendo, nel caso specifico, le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni della struttura in oggetto dovranno essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si potrebbero verificare durante la vita normale presa come riferimento in sede progettuale.

La rappresentazione di riferimento per le componenti dell'azione sismica è lo spettro di risposta elastico in accelerazione per uno smorzamento convenzionale del 5% con periodo di oscillazione  $T < 4$  sec: espressione del prodotto della forma spettrale per l'accelerazione. Poiché progettualmente si prevede che non saranno necessari interventi di manutenzione straordinaria per ripristinare la capacità di durata della costruzione prima di 50 anni, si pone  $V_N \geq 50$  con riferimento alla Tab. 3.2.4.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
	Opere provvisorie - Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza	$\geq 50$
	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

**Tab. 3.2.4:** Valore della *Vita nominale*, come da Tabella 2.4.1 del D.M. 17/01/2018.

Inoltre, ai sensi e per gli effetti del D.M. 17/01/2018 § 2.4.2, il carattere strategico di un'opera per le conseguenze di un eventuale collasso sono definiti dalla *CLASSE D'USO* (vedi Fig. 3.2.4) all'interno delle quali sono suddivise le costruzioni.

**Classe I** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli

**Classe II** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie e attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV Ponti e reti ferroviarie o viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe IV**- Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B. di cui al D.M. 5 novembre 2001. N. 6792. "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico : Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia

Classi d'Uso indicate ai § 2.4.2 del D.M. 17/01/2018

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0,7	1,0	1,5	2,0

**Tab. 3.2.5:** Valore del *Coeff. D'Uso*, come da Tabella 2.4.II del D.M. 17/01/2018.

Il prodotto di questi due ultimi dati specifici della struttura ( $V_R = V_N \times C_u$ ) restituisce il valore del periodo di riferimento  $V_R$ , di notevole importanza perché, fissata la probabilità di superamento

$PV_R$  corrispondente allo stato limite considerato (vedi Tabella 3.2.1 NTC 2018), si utilizza per valutare il periodo di ritorno  $T_R$  dell'azione sismica cui far riferimento per la verifica.

In particolare, nel caso in studio, utilizzando le formule d'interpolazione fornite nell'Allegato A alle NTC 2018, si ricavano i valori dei parametri (Tab. 3.2.6:  $a_g - F_0 - T_c^*$ ) necessari a definire l'azione sismica sul territorio premesso che, sulla probabilità di superamento nel Periodo di riferimento considerato  $P_{VR}$ , incidono sia la *categoria di suolo* che le *condizioni topografiche* esaminate nei vari sopralluoghi in situ:

$$S = S_S \times S_T$$

dove  $S_S$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (rapporto tra valore dell'accelerazione massima attesa in superficie e quello su sottosuolo di categoria A calcolato quindi in funzione della categoria di suolo) e  $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica per un profilo  $T_1$

$F_0$  il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima calcolata

$T_c$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro dato dal rapporto:

$T_c = C_c \times T_c^*$  dove  $T_c^*$  è il coefficiente funzione della categoria di suolo.

## **16 COMPORTAMENTO MECCANICO DEI TERRENI**

### **16.1 Caratterizzazione sismica del sottosuolo prospezione MASW**

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le onde si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza si propagano negli strati più superficiali danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi dando informazioni sugli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato nelle presenti indagini è il metodo attivo dove le onde superficiali generate in un punto della superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Questo metodo “attivo” consente di ottenere una velocità di fase nel range delle frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, è dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi:

1. calcolo della velocità di fase sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson  $\nu$ ), la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e la velocità di fase numerica corrispondente al modello di suolo da indagare.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità  $V_{s30}$  e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

La modellazione della curva di dispersione con il metodo MASW ha consentito la ricostruzione dei profili dell'andamento delle  $V_s$  in sottosuolo.

## 16.2 Descrizione dei risultati

La nuova normativa tecnica sulle costruzioni, il D.M. 17.01.2018, introducono il concetto di “velocità equivalente  $V_{S,eq}$ ”, che viene calcolata attraverso l’espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove H rappresenta la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore ad 800 m/s. Per terreni con profondità H del substrato superiore o pari a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati del terreno fino a quella profondità.

La modellazione del sottosuolo con il metodo MASW ha consentito la ricostruzione di un profilo monodimensionale dell’andamento delle  $V_s$  in sottosuolo.

Nella presente tabella A sono indicati i valori del  $V_{S,eq}$  ottenuti attraverso le prospezioni MASW, e la categoria di sottosuolo come prevista nel (D.M. 17.01.18) oltre alle coordinate geografiche (nel sistema di riferimento WGS 84, in gradi decimali).

Per una migliore rappresentazione della **consistenza del suolo di fondazione** nella tabella B sono stati inoltre riportati i valori di velocità delle onde di taglio nei primi otto metri di profondità zona interessata dagli elementi fondazionali da utilizzare per la collocazione dei pannelli fotovoltaici distinti in tre intervalli “da 0 a 2.00 m”, “da 2.01 a 5.00 m” e “da 5.01 a 8.00 m”; in questi intervalli sono stati inoltre indicati oltre alla stima della consistenza e dei parametri elasto-dinamici, i moduli di rigidità, moduli di volume, modulo di elasticità dinamico e statico:

**tabella A**

<i>Consistenza del terreno</i>	<i>Bassa</i>	<i>Media</i>	<i>Medio-Elevata</i>	<i>Elevata</i>
Velocità delle onde di taglio $V_s$	<180 m/s	180-300	>300	>600
Modulo di Rigidità (Kg/cmq)	<526,00	526,00-1800,30	>1800,30	>7143,10
Modulo di Volume (Kg/cmq)	<1896,20	1896,20-26403,90	>26403,90	>36938,60
Modulo di elasticità dinamico (Kg/cmq)	<1444,44	1444,44-5280,80	>5280,80	>21107,80
Modulo di elasticità statico (Kg/cmq)	<37,38	37,38-282,50	>282,50	>2452,80

**tabella B**

MASW n.	V <sub>S,eq</sub> (m/s)	Categoria sottosuolo (D.M. 17.01.18)	V <sub>s</sub> (m/s) 0-2,00 m	V <sub>s</sub> (m/s) 2,01-5,00 m	V <sub>s</sub> (m/s) 5,01-8,00 m
1	334,87	C	164	242	282
2	428,48	B	214	253	313
3	422,40	B	300	276	284
4	440,16	B	246	330	230
5	328,33	C	319	287	302
6	320,98	C	143	274	217
7	295,49	C	269	221	252
8	386,55	B	291	229	305
9	372,92	B	224	330	340
10	350,17	C	181	240	273
11	346,00	C	160	229	277
12	357,11	C	195	290	252
13	308,22	C	218	199	244
14	393,93	B	214	327	391
15	301,77	C	198	212	251
16	494,44	B	210	305	493
17	328,06	C	125	176	298
18	330,85	C	189	251	223
19	317,10	C	214	288	239
20	317,93	C	255	237	252
21	390,17	B	216	316	380
22	379,67	B	144	245	398
23	308,40	C	243	316	303
24	382,71	B	218	321	390
25	363,29	B	202	249	313
26	467,76	B	214	280	389
27	455,51	B	254	221	386
28	433,77	B	275	357	245
29	471,91	B	321	383	308
30	462,34	B	457	406	364
31	375,95	B	198	237	346

32	433,46	B	304	276	295
33	395,17	B	389	374	335
34	412,98	B	215	245	307
35	306,44	C	166	211	223
36	346,00	C	208	221	285
37	343,17	C	258	328	400

**Il suolo di fondazione dove dovranno realizzarsi le opere in oggetto riscontrato a seguito delle indagini è tale che la formazione indagata classifica il  $V_{S_{eq}}$  variabile da 295,49 a 494,44 m/sec e pertanto esso ricade fundamentalmente tra due categorie di riferimento "C" e "B":**

**"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.

**"C"** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**Dalle indagini eseguite i cui valori sono riportati in tabella, emerge che i terreni di fondazione delle aree indicate per la collocazione degli impianti, ricadono per il 54% nella Categoria B e il 46% nella categoria C di cui alle N.T.C. 2018.**

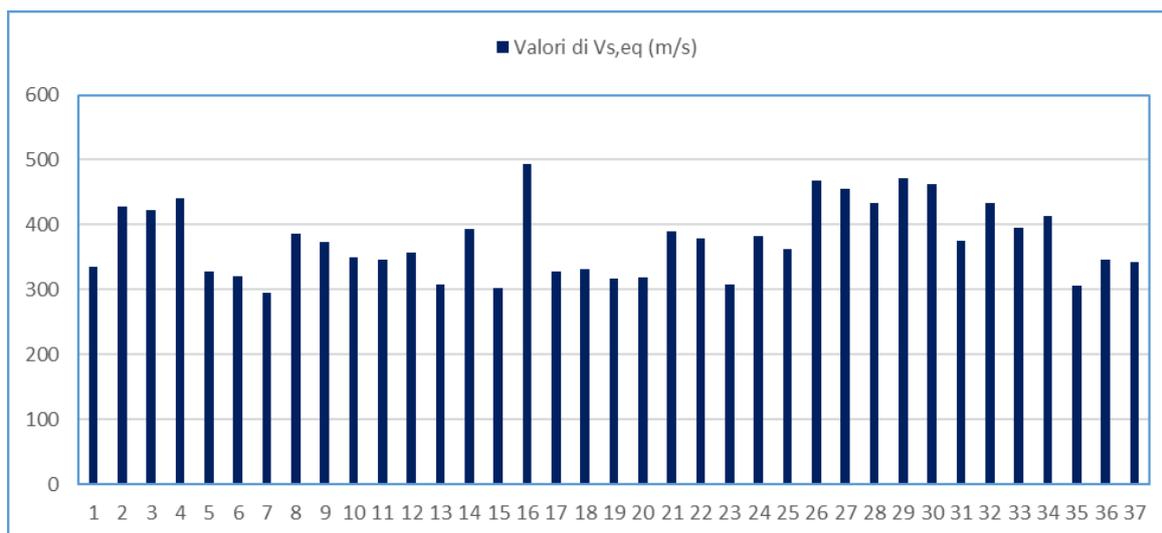


Tabella dei valori di  $V_{s,eq}$

I valori del parametro  $V_{s,eq}$  sono più bassi nelle aree di raccordo fra il pendio ed il fondovalle per la presenza di una maggiore componente di natura colluviale, tendenzialmente queste aree ricadono nella categoria C, mentre nei terreni in quota si ha la presenza di formazioni più compatte, i terreni in queste aree ricadono tendenzialmente nella categoria B.

Queste situazioni risultano ben visibili lungo gli impluvi e i canali e le linee di incisione all'interno delle formazioni argillose.

Nelle aree di displuvio si hanno migliori condizioni geotecniche in quanto la formazione di base si presenta quasi in affioramento ed è ricoperta solo da una modesta copertura eluviale; in questo caso infatti si assiste ad un rapido aumento delle Vs in sottosuolo.

Oltre i 2 m di profondità, infatti, si registra nella gran parte dei casi un significativo incremento dei valori di velocità cui corrispondono migliori caratteristiche di compattezza e rigidità del substrato inalterato.

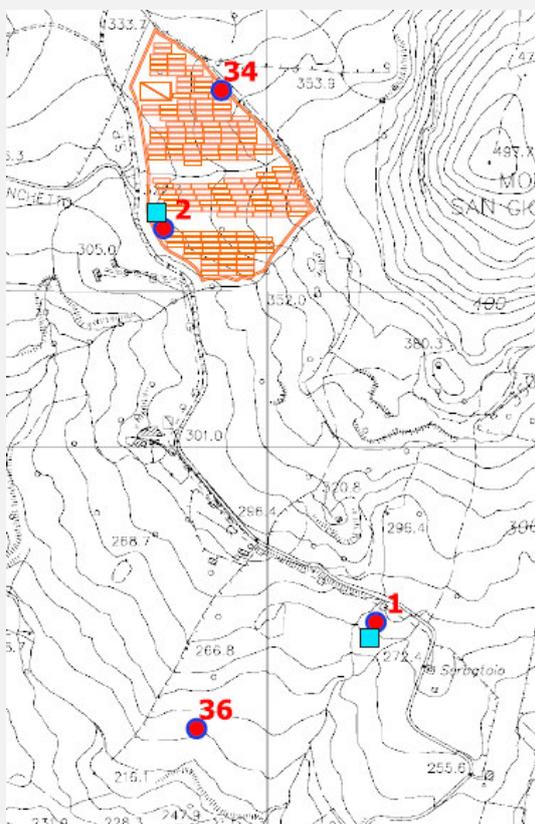
### **16.3      *Prospezione sismica tomografica***

Nei terreni interessati dall'intervento per ricostruire la geometria e le caratteristiche fisiche ( $V_p$ ) è stata eseguita una tomografia sismica assiale di superficie allo scopo di restituire la struttura del substrato come "immagine" bidimensionale di velocità delle onde sismiche longitudinali.

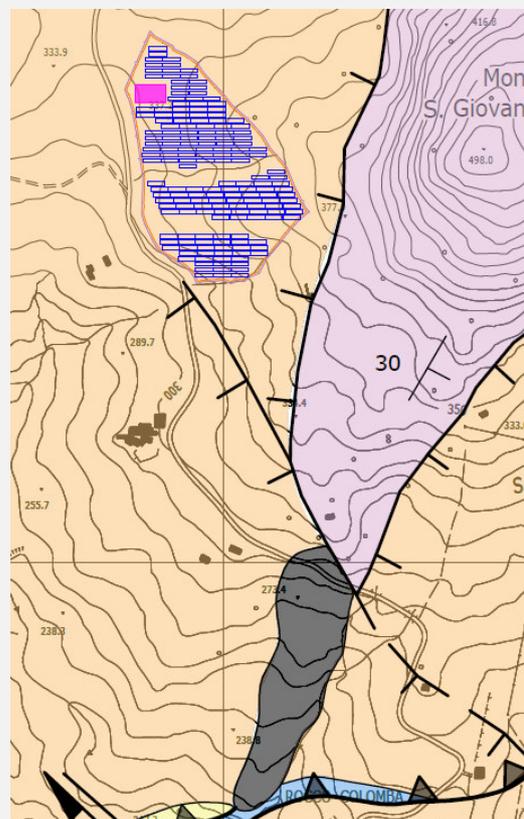
La tomografia sismica ci permette di stabilire le proprietà dinamiche in sito dei terreni di fondazione, individuare eventuali discontinuità, o strati particolarmente poco consistenti presenti nel sottosuolo, mediante la definizione della velocità e della direzione di propagazione delle onde elastiche generate da sorgenti artificiali.

Il modello sismostratigrafico del sottosuolo può essere così riassunto:

Sezione sismica tomografica	Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	Peso in Volume $\gamma$ Kg/mc	Angolo di attrito $\phi$	Coesione cu kPa		
-----------------------------	-------------	-------------------------	--------------	--------------------	-------------------------------	--------------------------	-----------------	--	--

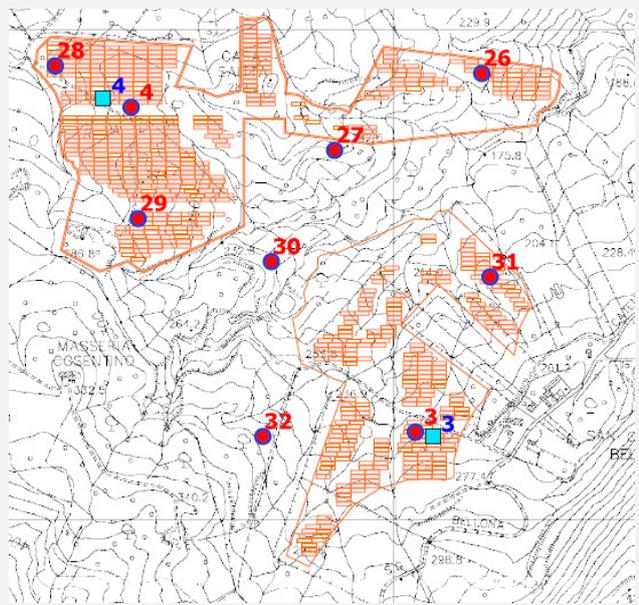
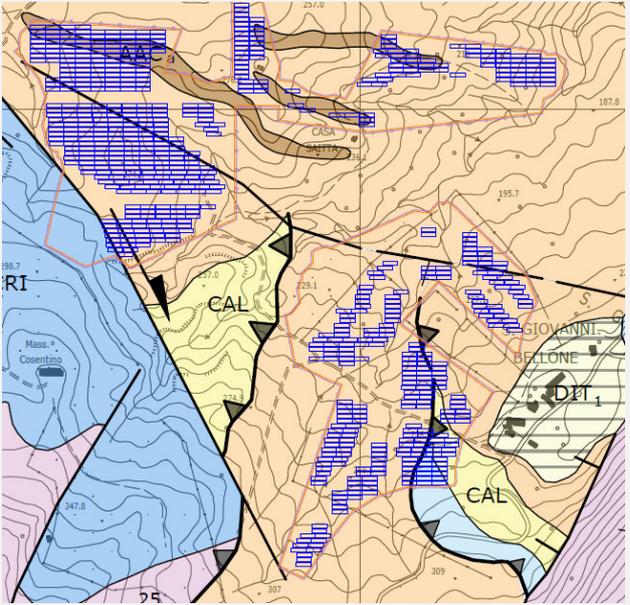


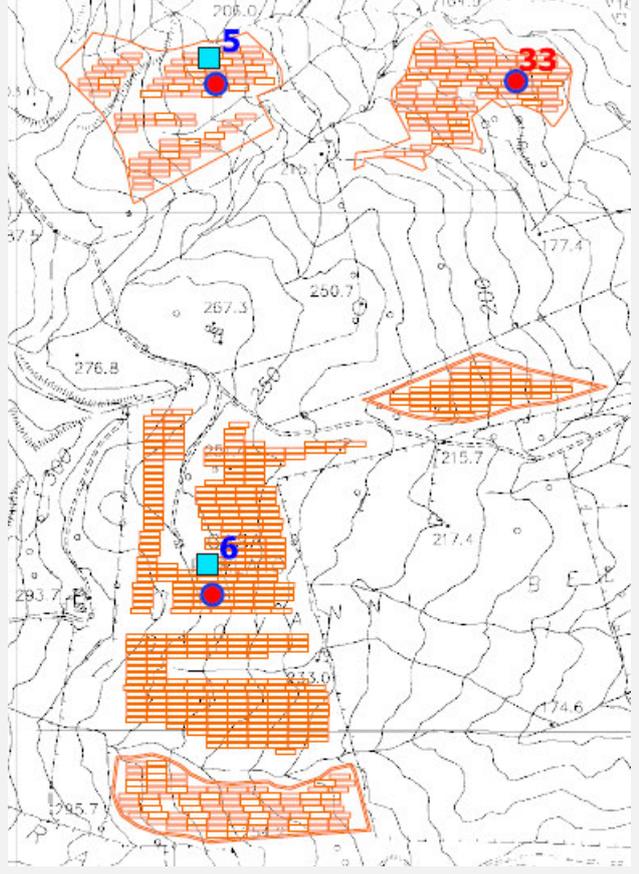
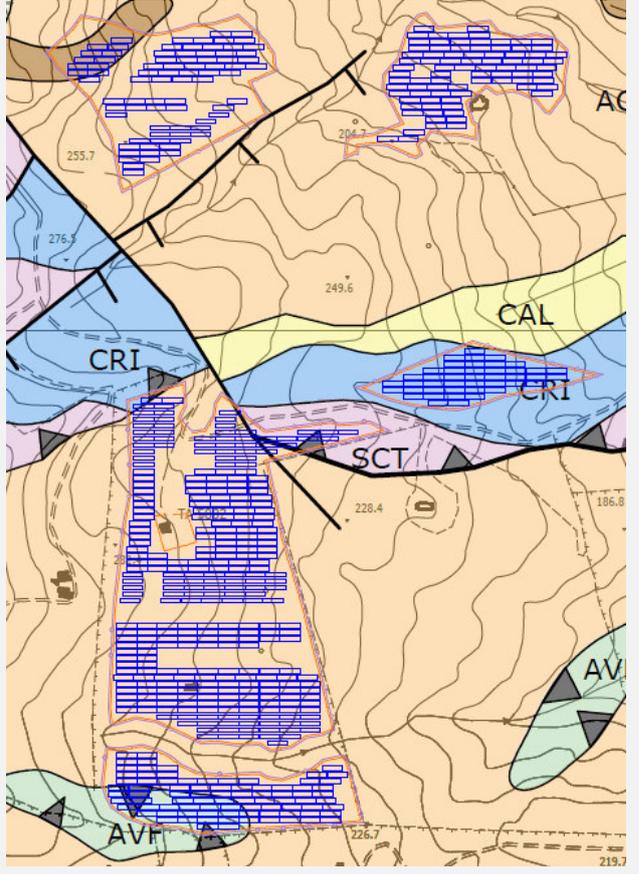
ubicazione tomografia sismica ■



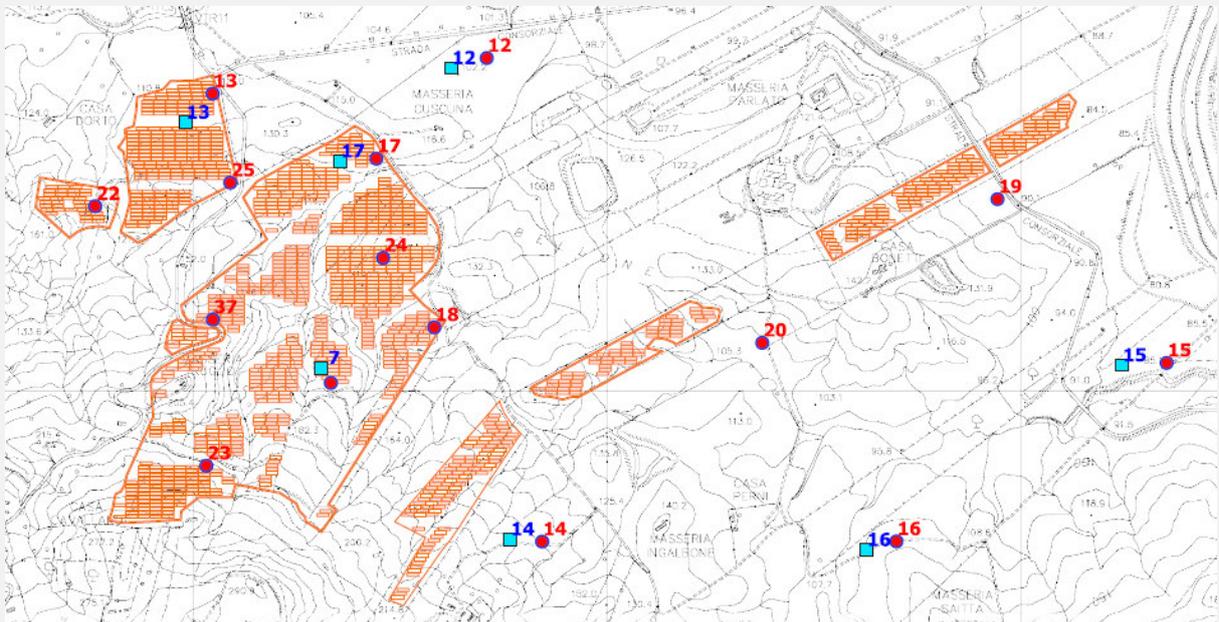
stralcio carta geologica

<b>Ts1</b>	400	0,80 – 2,00	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12		
	800	2,50 – 4,00	<i>Argille limose a consistenza media</i>	1900	20-23	25-70		
	1350		<i>Argille a consistenza elevata</i>	1950	25-28	30-90		
<b>Ts2</b>	420	0,80 – 1,80	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12		
	750	1,80 – 3,50	<i>Argille limose mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
	1400		<i>Argille a consistenza elevata</i>	1950	25-28	30-90		

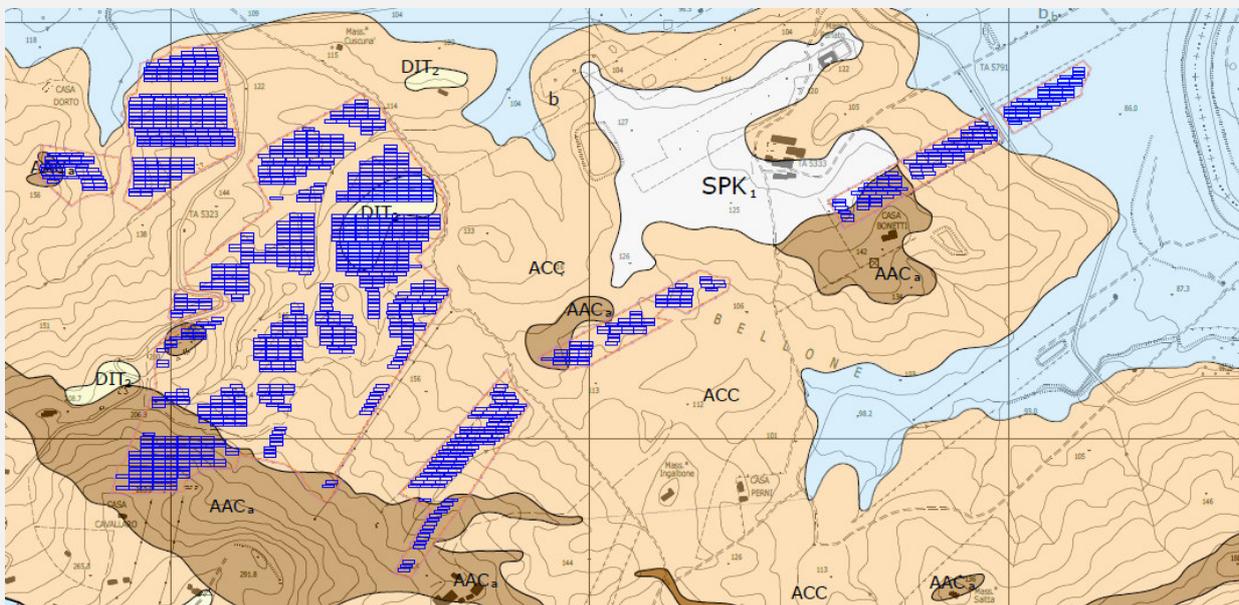
Sezione sismica tomografica	Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	Peso in Volume $\gamma$ Kg/mc	Angolo di attrito $\phi$	Coesione cu kPa		
 <p>ubicazione tomografia sismica <span style="color: blue;">■</span></p>				 <p>stralcio carta geologica</p>					
<b>Ts3</b>		450	0.20 – 1.80	Sabbie e ghiaie di natura silicea	1900	23-25	///		
		900	2,00 – 5,50	Argilliti silicee (F.ne Crisanti) scagliettate e fratturate	1900	25-28	///		
		1500		Argilliti silicee (F.ne Crisanti) stratificate a consistenza lapidea	1950	28-32	///		
<b>Ts4</b>		450	0.20 – 1.80	Limi argillosi	1800	17-20	10-12		
		790	3.80 – 4.50	Argille limose mediamente consistenti	1900	20-23	25-70		
		1450		Argille a consistenza elevata	1950	25-28	30-90		

Sezione sismica tomografica	Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	Peso in Volume $\gamma$ Kg/mc	Angolo di attrito $\phi$	Coesione cu kPa						
										ubicazione tomografia sismica <span style="color: blue;">■</span>		stralcio carta geologica	
<b>Ts5</b>	1	420	0.30 – 3.00	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12						
	2	700	3.50 – 4.50	<i>Argille limose mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70						
	3	1100		<i>Argille a consistenza medio-elevata</i>	1950	25-28	30-90						
<b>Ts6</b>	1	430	0.60 – 1.80	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12						
	2	680	5,00 – 6,5	<i>Argille limose a consistenza medio bassa</i>	1900	20-23	25-70						
	3	1050		<i>Argille a consistenza medio</i>	1950	24-26	28-85						

Sezione sismica tomografica	Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	Peso in Volume $\gamma$ Kg/mc	Angolo di attrito $\phi$	Coesione cu kPa		
-----------------------------	-------------	-------------------------	--------------	--------------------	-------------------------------	--------------------------	-----------------	--	--



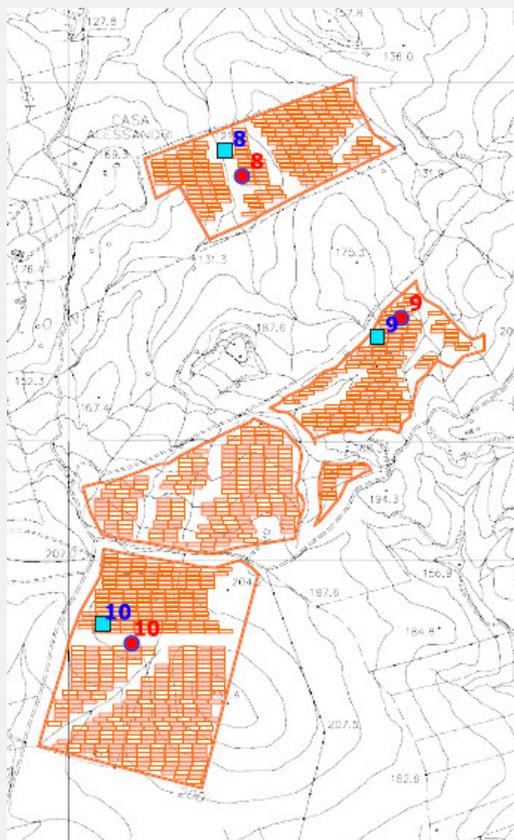
ubicazione tomografia sismica ■



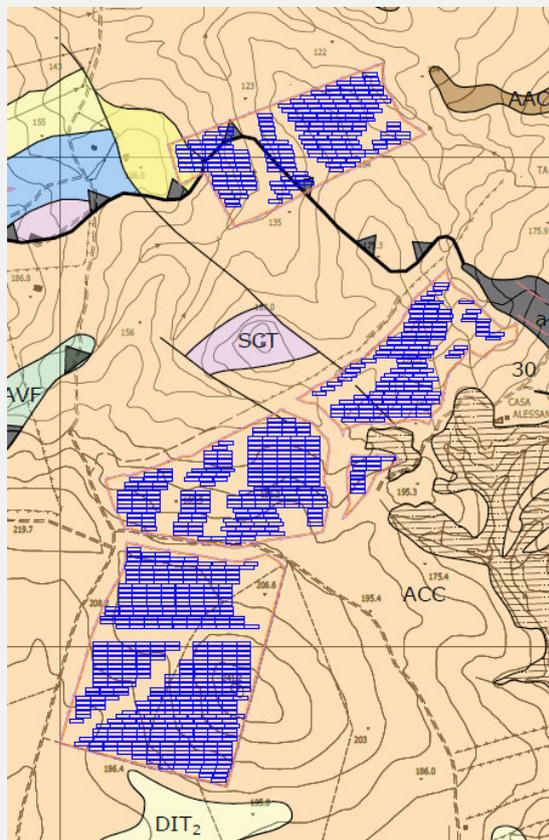
stralcio carta geologica

Sezione sismica tomografica	Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	Peso in Volume $\gamma$ Kg/mc	Angolo di attrito $\phi$	Coesione cu kPa		
<b>Ts7</b>		430	1,00 – 2,50	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12		
		750	2,50 – 5,50	<i>Argille limose mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
		1300		<i>Argille a consistenza medio-elevata</i>	1950	25-28	30-90		
<b>Ts12</b>		450	1,50 – 2,50	<i>Depositi di natura colluviale - alluvionale</i>	1800	17-19	////		
		650	3,50 – 4,00	<i>Limi argillosi a consistenza medio bassa</i>	1900	20-21	25-70		
		1000		<i>Argille limose a consistenza media</i>	1900	20-23	25-70		
<b>Ts13</b>		550	0,30 – 1,50	<i>Limi argillosi moderatamente consistenti</i>	1800	17-20	10-12		
		760	3,00 – 4,00	<i>Argille limose mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
		1100		<i>Argille a consistenza medio-elevata</i>	1950	25-28	30-90		
<b>Ts14</b>		500	0,20 – 0,50	<i>Limi argillosi moderatamente consistenti</i>	1800	17-20	10-12		
		900	3,00 – 4,00	<i>Argille mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
		1400		<i>Argille a consistenza elevata</i>	1950	28-30	30-95		
<b>Ts15</b>		450	1,50 – 3,50	<i>Depositi di natura colluviale - alluvionale</i>	1800	17-19	////		
		640	3,50 – 5,50	<i>Limi argillosi a consistenza medio bassa</i>	1900	20-21	25-70		
		950		<i>Argille limose a consistenza media</i>	1900	20-23	25-70		
<b>Ts16</b>		580	0,30 – 1,80	<i>Limi argillosi moderatamente consistenti</i>	1800	17-20	10-12		
		1000	3,50 – 4,50	<i>Argille limose mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
		1550		<i>Argille a consistenza medio-elevata</i>	1950	25-28	30-90		
<b>Ts17</b>		480	0,20 – 1,00	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12		
		850	3,00 – 4,00	<i>Argille limose mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
		1500		<i>Argille a consistenza elevata</i>	1950	28-30	30-95		

Sezione sismica tomografica	Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	Peso in Volume $\gamma$ Kg/mc	Angolo di attrito $\phi$	Coesione cu kPa		
-----------------------------	-------------	-------------------------	--------------	--------------------	-------------------------------	--------------------------	-----------------	--	--

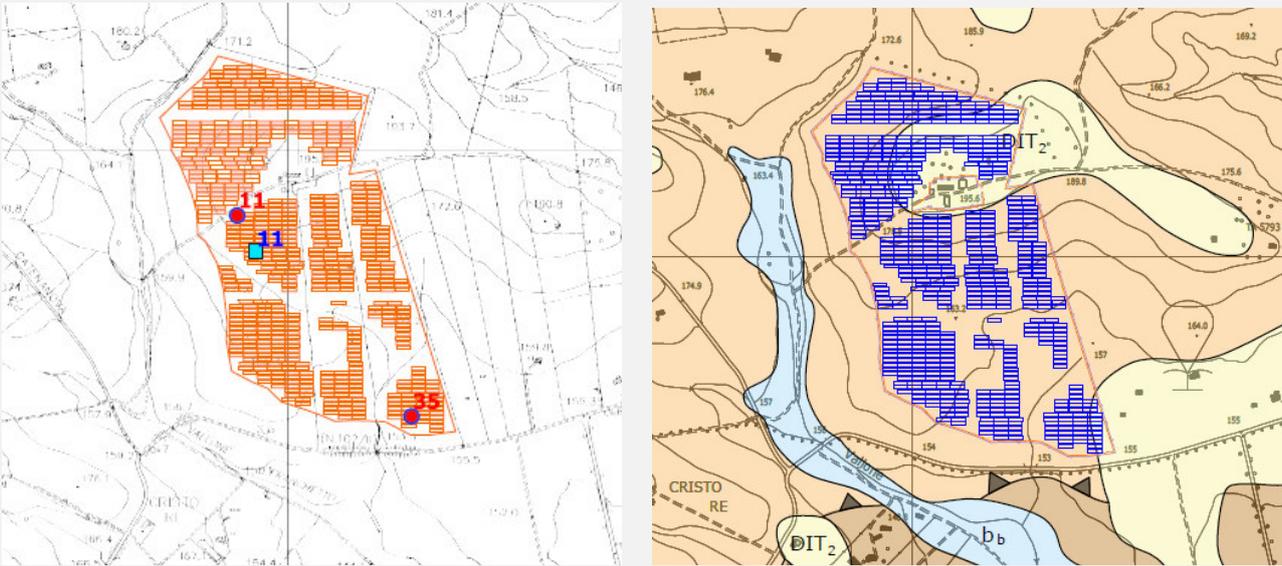


ubicazione tomografia sismica ■



stralcio carta geologica

<b>Ts8</b>	1	460	0,30 – 1,80	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12		
	2	800	3,00 – 5,00	<i>Argille limose mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
	3	1350		<i>Argille a consistenza medio-elevata</i>	1950	25-28	30-90		
<b>Ts9</b>	1	450	0,30 – 1,80	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12		
	2	800	2,00 – 2,50	<i>Argille mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
	3	1400		<i>Argille a consistenza elevata</i>	1950	28-30	30-90		
<b>Ts10</b>	1	480	0,40 – 1,20	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12		
	2	900	3,00 – 4,50	<i>Argille mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
	3	1400		<i>Argille a consistenza elevata</i>	1950	28-30	30-90		

Sezione sismica tomografica	Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	Peso in Volume $\gamma$ Kg/mc	Angolo di attrito $\phi$	Coesione cu kPa		
				ubicazione tomografia sismica <span style="color: blue;">■</span>	stralcio carta geologica				
<b>Ts11</b>	1	480	1,00 – 1,30	<i>Limi argillosi</i>	1800	17-20	10-12		
	2	880	1,80 – 2,50	<i>Argille limose mediamente consistenti</i>	1900	20-23	25-70		
	3	1400		<i>Argille a consistenza elevata</i>	1950	28-30	30-90		

Le prospezioni sismiche a rifrazione attraverso l’elaborazione tomografica hanno fornito una sezione bidimensionale del sottosuolo maggiormente dettagliata rispetto alle tradizionali traverse sismiche. Le sezioni tomografiche sono state sempre localizzate in corrispondenza di estese aree morfologicamente uniformi, allo scopo di caratterizzare le differenti condizioni litostratigrafiche in relazione alle finalità del progetto.

Le formazioni geologiche affiorante durante le prospezioni sono principalmente le Argille ed Arenarie glauconitiche, appartenenti all’Unità di M. Iudica, e in un sottile lembo la F.ne Crisanti, in due siti sono stati riscontrati depositi di natura alluvionale o colluviale in affioramento.

## **17 CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE DEI TERRENI**

Nel corso dello studio sono state consultate ed analizzate tutte le indagini geognostiche appositamente realizzate nei settori di territorio interessati dagli interventi in progetto. L'analisi critica, ha permesso di configurare un quadro di conoscenze geologico-tecniche adeguato alla presente fase progettuale.

In relazione a quanto emerso dagli approfondimenti condotti, è stato possibile definire le principali caratteristiche fisico-meccaniche delle differenti unità geologiche intercettate dalle aree di progetto. Nel seguito si riporta quindi una sintesi delle metodologie di analisi impiegate e, ovviamente, delle principali caratteristiche litotecniche delle unità geologiche di interesse.

Le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni in esame sono state determinate, in particolare, mediante analisi statistica dei dati geotecnici a disposizione. Esso deriva ovviamente sia dalle numerose indagini in sito che dalle informazioni bibliografiche reperite per i termini litologici in questione.

I valori, dunque, risultano rappresentativi del comportamento medio dei terreni presenti nei diversi settori di intervento, limitatamente alle profondità investigate.

La variazione dei valori proposti è riconducibile, ovviamente, sia all'eterogeneità di comportamento delle singole unità litotecniche che alla variazione di tali caratteristiche in relazione allo stato di alterazione/fessurazione dei materiali e alla profondità dal piano campagna dello specifico orizzonte litologico considerato.

Per la definizione delle caratteristiche litotecniche non direttamente deducibili dai risultati delle indagini, le parametrizzazioni sono state estrapolate dagli studi bibliografici disponibili e da pregresse esperienze su unità geologiche affini a quelle di interesse.

Nelle pagine che seguono vengono proposti i range di variazione delle principali caratteristiche fisicomeccaniche dei termini litologici ascritti alle differenti unità individuate nell'area ed interessate dalle opere in progetto. Come detto, le caratterizzazioni proposte sono la sintesi dei dati geotecnici a disposizione e sono indicative, del comportamento medio di ogni singola unità litotecnica, a meno di particolari anisotropie e disomogeneità di tipo sia litologico che meccanico.

## 17.1 Unità di substrato

Nel seguito, si riporta una dettagliata descrizione di tutte le unità litotecniche riferibili alle sequenze sedimentarie di substrato, compresi i parametri fisico-meccanici più rappresentativi dal punto di vista applicativo. Le parametrizzazioni fisico-meccanica di seguito riportate sono state basate sui dati di laboratorio, nonché sulle informazioni bibliografiche riportate in letteratura.

### 17.1.1 Argille arenarie glauconitiche di Catenanuova (AAC)

L'unità in questione, a comportamento prevalentemente coesivo, è rappresentata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro (AAC), a Struttura scagliosa o indistinta, con frequenti livelli di sabbie limose grigie, passaggi di marne argillose grigio-verdastre e locali intercalazioni di arenarie medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

- Peso per unità di volume  $\gamma = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$
- Coesione non drenata  $c_u = 100 \div 200 \text{ kPa}$
- Coesione efficace  $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito efficace  $\phi = 20 \div 25 \text{ C}^\circ$
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-9} \div 10^{-6} \text{ m/s}$

Una porzione dell'unità, a comportamento generalmente pseudo-lapideo, è formata invece da arenarie glauconitiche medio-fini di colore grigio e giallastro (AACa), in strati da sottili a molto spessi, talora fino a megastrati, con frequenti intercalazioni di argille marnose e marne argillose di colore grigio e grigio-verdastro, in strati da sottili a medi. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio di questo intervallo possono essere riassunti come segue:

- Peso per unità di volume  $\gamma = 22,0 \div 23.5 \text{ kN/m}^3$
- Coesione  $c' = 200 \div 350 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito efficace  $\phi = 45 \div 55 \text{ C}^\circ$
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-6} \div 10^{-3} \text{ m/s}$

### 17.1.2 *Flysch Numidico (FYN)*

La presente unità, a comportamento essenzialmente coesivo, è formata da marne argillose di colore nerastro (FY N), a struttura prevalentemente indistinta, passanti verso l'alto ad argille marnose di colore grigio e grigioverdastro, a struttura scagliosa o indistinta, con frequenti livelli di sabbie limose grigie e locali intercalazioni di quarzareniti medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

- Peso per unità di volume  $\gamma = 18.0 \div 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Coesione non drenata  $c_u = 60 \div 160 \text{ kPa}$
- Coesione efficace  $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito efficace  $\phi = 19 \div 22 \text{ C}^\circ$
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-9} \div 10^{-6} \text{ m/s}$

### 17.1.3 *Formazione Argille Varicolori Inferiori (AVF)*

Questa unità, a comportamento coesivo, è costituita da argille colore rosso vinaccia, verde e grigio ferro, scagliettate e a struttura caotica, con intercalazioni sottili di diaspri grigio-verdi a frattura prismatica, siltiti carbonatiche grigie e cal-cari micritici bianchi, inglobano anche olistoliti di dimensione da 2 a 10 m di calcari a rudiste e di calcari a macroforaminiferi eocenici. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

- Peso per unità di volume  $\gamma = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$
- Coesione non drenata  $c_u = 80 \div 180 \text{ kPa}$
- Coesione efficace  $c' = 12 \div 22 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito efficace  $\phi = 20 \div 22 \text{ C}^\circ$
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-9} \div 10^{-6} \text{ m/s}$

### 17.1.4 *Formazione Argille Grigio-azzurre (FAG)*

Questa unità è costituita da una singola litofacies a dominante limoso-argillosa. Poggia in contatto stratigrafico discordante sulle Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova e passano verso l'alto alle Sabbie e ghiaie di Villaggio San Giorgio. Tale unità presenta spessori massimi di circa 200 m ed è ascrivibile al periodo Pleistocene inferiore - Pleistocene medio. E' formata da argille marnose, argille limose o debolmente limose e limo argilloso di colore grigio, grigio-azzurro, grigio-verdastro, giallo, nocciola e marrone chiaro (FAG), a struttura laminata, indistinta o poco evidente, da poco consistente a consistente.

- Peso per unità di volume  $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$
- Coesione non drenata  $c_u = 85 \div 160 \text{ kPa}$

- Coesione efficace  $c' = 12 \div 22$  kPa
- Angolo di attrito efficace  $\phi = 21 \div 23$  C°
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-9} \div 10^{-6}$  m/s

### 17.2 *Depositi Pleistocenici Olocenici*

Sono depositi di origine continentale, (DIT1) posti a copertura di tutte le unità geologiche del substrato, trattasi di ghiaie di colore giallo-rossastro, clasto-sostenute, con ciottoli poligenici da arrotondati a sub-spigolosi da 2 a 20 cm di diametro; ghiaie sabbiose e subordinate sabbie e suolo agrario con lenti di limi e/o argille. Costituisce il deposito terrazzato distribuito tra i 355 a 130 m s.l.m. Spessore fino a 5 m.

- Peso per unità di volume  $\gamma = 19 \div 19.5$  kN/m<sup>3</sup>
- Coesione efficace  $c' = 0 \div 5$  kPa
- Angolo di attrito efficace  $\phi = 24 \div 28$  C°
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-6} \div 10^{-1}$  m/s

### 17.3 *Unità di copertura*

Di seguito vengono descritte, nel dettaglio, tutte le unità litotecniche riferibili ai depositi continentali di copertura, compresi i parametri fisico-meccanici più rappresentativi dal punto di vista applicativo. Le parametrizzazioni fisico-meccanica di seguito riportate sono state basate sui dati delle prove condotte in situ e sulle informazioni bibliografiche riportate in letteratura.

#### 17.3.1 *Depositi alluvionali attuali (b)*

La parte più grossolana, a comportamento marcatamente granulare, è composta da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, talora con blocchi angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante. Si rinvencono inoltre sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. I parametri fisicomeccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

- Peso per unità di volume  $\gamma = 18.5 \div 19.5$  kN/m<sup>3</sup>

- Densità relativa  $D_r = 30 \div 50$  %
- Coesione efficace  $c' = 0 \div 5$  kPa
- Angolo di attrito efficace  $\phi = 24 \div 30$  C°
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-6} \div 10^{-1}$  m/s

La porzione più fine invece, a comportamento essenzialmente coesivo, è costituita da argille limose e limi argillosi di colore grigio e nocciola, a struttura indistinta o laminata, con locali passaggi sabbioso-limosi grigiastri, rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e locali livelli di torbe e terreni organici nerastrati. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio di questa porzione possono essere riassunti come segue:

- Peso per unità di volume  $\gamma = 18.5 \div 19.5$  kN/m<sup>3</sup>
- Coesione non drenata  $c_u = 30 \div 70$  kPa
- Coesione efficace  $c' = 5 \div 10$  kPa
- Angolo di attrito efficace  $\phi = 19 \div 22$  C°
- Coefficiente di permeabilità  $k = 10^{-10} \div 10^{-7}$  m/s

## **18 CONCLUSIONI**

L'area oggetto di studio ricade nella porzione centro-orientale della regione Sicilia e precisamente si estende, tra il Vallone Della Lavina a Nord e il Vallone Franchetto a Sud. Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.), l'area oggetto di studio è individuabile all'interno del Foglio 633 "Paternò" in scala 1:50.000, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Sicilia, negli elementi 633050, 633090 e 633100 in scala 1:10.000.

Dal punto di vista *morfologico*, l'area progettuale si sviluppa tra quote comprese tra i 85 ed i 300 m circa s.l.m., i rilievi presentano una morfologia dolce con versanti poco acclivi ed estesi, nei settori più occidentali dell'area sono presenti rilievi con morfologia più aspra e marcata, corrispondenti ai settori di affioramento di termini litologici a comportamento pseudo-lapideo.

Dal punto di vista *idrografico* la vasta area in esame è caratterizzata dalla presenza di una evidente e chiara rete di deflusso delle acque meteoriche, ciò è giustificato dalla tipologia dei terreni affioranti. Il reticolo fluviale locale è rappresentato da due corsi d'acqua a carattere perenne, il Fiume Dittaino affluente in destra del Fiume Simeto, entrambi rappresentano le principali linee dei deflusso idrico superficiale.

Dal punto di vista *idrogeologico* i corpi più permeabili rappresentano, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione latero-verticale dei depositi. I corpi idrogeologici a minor permeabilità nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati come degli *acquiclude* e localmente degli *aquitard*. L'acquifero alluvionale, rappresentato nei depositi eterogenei sotto il profilo granulometrico, costituisce un sistema complesso, sede di corpi idrici in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semi-confinata, poggiate su sedimenti prevalentemente argillosi di età diversa, dal Pleistocene inferiore-medio all'Oligocene.

Dal punto di vista *geotecnico* lo studio è stato elaborato in ottemperanza alle direttive sismiche più recenti, aggiornato alle nuove NTC 2018. Le indagini hanno permesso di ricostruire la struttura del sottosuolo per valutare le problematiche a cui sono soggette le opere da realizzare.

Il sottosuolo presenta, per come si è desunto dalle prove sismiche MASW, un grado di rigidità medio-basso sotto il profilo delle velocità sismiche è riconducibile mediamente alla **Categoria B e C** di cui al D.M. 17/01/2018.

**- Il suolo di fondazione dove dovranno realizzarsi le opere in oggetto riscontrato a seguito delle indagini è tale che la formazione indagata classifica il  $VS_{eq}$  variabile da 295,49 a 494,44 m/sec e pertanto esso ricade fondamentalmente tra due categorie di riferimento "C" e "B":**

**"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.

**"C"** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**Dalle indagini eseguite i cui valori sono riportati in tabella, emerge che i terreni di fondazione delle aree indicate per la collocazione degli impianti, ricadono per il 54% nella Categoria B e il 46% nella categoria C di cui alle N.T.C. 2018.**

**Per quanto sopra detto e considerate le caratteristiche fisico meccaniche dei terreni affioranti nelle aree esaminate, si può asserire che le opere possono essere pienamente realizzate.**

*Il Geologo*

*Dott.ssa Anna Rosaria Marletta*

*Iscritta O.R.G. al n 1644*

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AA.VV. (1990) - *Carta geologica della Sicilia centro-orientale (scala 1:50.000)*. S.EL.CA., Firenze. Accordi B. & Francaviglia A. (1960) - *La geologia del Bacino del Simeto*. Tecnica Agricola, Anno XIII, 3.
- Accordi B. (1958) - *Relazione sui rilevamenti geologici del 1956 nei monti Nebroidi (Sicilia Settentrionale)*. Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, 79, 929-949.
- Amodio-Morelli L., Bonari G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippoliti F., Liguori V., Lorenzini S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin Lorenzini E. & Zuppata A. (1976) - *L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene Appenninico-Maghrebide*. Memorie della Società Geologica Italiana, 17, 1-60.
- Amore C. & Giuffrida E. (1985) - *L'influenza dell'interrimento dei bacini artificiali del F. Simeto sul litorale del Golfo di Catania*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 103, 731-753
- Amore C., Amore E., Cantone G., Cormaci M., Foti E., Fumari G., Geremia F., Giuffrida E., Indelicato S., Librando V., Messina A., Privitera S. & Coop. Marenostrum s.r.l. (1999) - *Aspetti geomorfologici, idraulico-marittimi e di tutela ambientale della fascia costiera a sud di Catania*. Comune di Catania. Settore Pian. Urb. Patto Territoriale per l'occupazione Catania Sud.
- Antonioli F., Ferranti L., Lambeck K., Kershaw S., Verrubbi V. & Dai Pra G. (2006) - *Late Pleistocene to Holocene record of changing uplift-rates in southern Calabria and northeastern Sicily (southern Italy, Central Mediterranean Sea)*. Tectonophysics, 422, 23-40.
- APAT (2007) - *Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali*. Rapporti APAT, 78, 681 pp.
- Argnani A. & Bonazzi C. (2005) - *Malta Escarpment fault zone offshore eastern Sicily: Pliocene-Quaternary tectonic evolution based on new multichannel seismic data*. Tectonics, 24, doi:10.1029/2004TC001656.
- Atkinson J. (1997) - *Geotecnica. Meccanica delle terre e fondazioni*. McGraw-Hill, Milano.
- Azzaro R. & Barbano M.S. (2000) - *Analysis of seismicity of Southeastern Sicily: proposal of a tectonic interpretation*. Annali di Geofisica, 43, 1-18.
- Azzaro R. & Barbano M.S., Moroni A., Mucciarelli M. & Stucchi M. (2000) - *The seismic history of Catania*. Annals of Seismology, 3, 235-252.
- Azzaro R. (1999) - *Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics*. Journal of Geodynamics, 28, 193-213.
- Balboni A., Brugner W. & Valdinucci A. (1958) - *Risultati preliminari dei rilevamenti effettuati nell'anno 1956 in Sicilia SE (Foglio 269 "Paternò")*. Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, 79, 417-425.
- Baratta M. (1901) - *Terremoti d'Italia*. Arnaldo Forni, Bologna.
- Barbano M.S. & Rigano R. (2001) - *Earthquake sources and seismic hazard in the southeastern Sicily*. Annali di Geofisica, 44, 723-738.
- Barbano M.S., Bottari A., Carveni P., Cosentino M., Federico B., Fonte G., Lo Giudice E., Lombardo G. & Pataè (1979) - *Macroseismic study of the Gulf of Patti earthquake in the geostructural frame of NE Sicily*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 98, 155-174.
- Barbano M.S., Rigano R., Cosentino M. & Lombardo G. (2001) - *Seismic history and hazard in some localities of south-eastern Sicily*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 42, 107-120.
- Battaglia M., Bonfanti P., Gattini V. & Rizzo S. (1994) - *Distribuzione degli elementi maggiori, minori ed in tracce nelle acque sotterranee della Piana Costiera di Catania (Sicilia SE)*. Acque Sotterranee, 46.
- Bello M., Franchi no A. & Merlini S. (2000) - *Structural model of eastern Sicily*. Memorie della Società Geologica Italiana, 55, 61-70.
- Bianca M., Monaco C., Tortorici L. & Cernobori L. (1999) - *Quaternary normal faulting in south-eastern Sicily (Italy): a seismic source for the 1693 large earthquake*. Geophysical Journal International, 139, 370-394.
- Bianchi F., Carbone S., Grasso M., Invernizzi G., Lentini F., Longaretti G., Merlini S. & Monstardini F. (1987) - *Sicilia orientale. profilo geologico Bebrodi-Jblei*. Memorie della Società Geologica Italiana, 38, 429-458.

- Bonardi G., Celio G., Perrone V., Tortorici L., Turco E. & Zuppetta A. (1982) – *The evolution of the northern sector of the Calabria-Peloritani are in a semiquantitative palynoplastic restoration*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 101, 259- 284.
- Bonardi G., Giunta G., Liguori V., Perrone V., Russo M. & Zuppetta A. (1976) – *Schema geologico dei Monti Peloritani*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 95, 49-74.
- Boschi E. & Guidoboni E. (2001) – *Catania: Terremoti e Lave dal mondo antico alla fine del Novecento*. INGV-SGA, Editrice Compositori, Bologna, 207-216.
- Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. & Valensise G. (1995) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.e. al 1980*. INGV-S.G.A., Bologna, 970 pp., con database su CD-ROM.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L. & Gasperini P. (2000) – *Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997*. Annali di Geofisica, 43, 609-868.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. & Gasperini P. (1997) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 aC al 1980*. INGV-SGA, Bologna.
- Bosellini A. (1991) – *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*. Italo Bovolenta Editore, Ferrara.
- Bosellini A., Multi E. & Ricci Lucchi F. (1989) – *Rocce e successioni sedimentarie*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.
- Bruschi A. & Crippa A. (2012) – *Prove geotecniche di laboratorio. Guida pratica per la soluzione delle problematiche interpretative e di previsione geotecnica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Bruschi A. (2010) – *Prove geotecniche in situ. Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Budhu M. (2007) – *Soil mechanics and foundations (2nd edition)*. Wiley, New York.
- Burrollet P.F., Mugniot G.M. & Sweeney P. (1978) – *The geology of the Pelagian Block: the margins and basins of southern Tunisia and Tripolitania*. In: Narin A., Kanes W. & Stelhi F.G. (eds): *The ocean basins and margins*. Plenum Press, New York, 331-339.
- Butler B.C.M. & Beli J.D. (1996) – *Lettura e interpretazione delle carte geologiche*. Zanichelli Editore, Bologna.
- Butler R.W.H., Grasso M., Gardiner W. & Sedgely D. (1997) – *Depositional patterns and their tectonic controls within the Plio-Quaternary carbonate sands and muds of onshore and offshore SE Sicily (Italy)*. Marine and Petroleum Geology, 14, 879- 892.
- Carbone S. (2011) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50,000. Foglio 641 Augusta*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- Carbone S., Grasso M. & Lentini F. (1982) – *Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud-orientale dal Cretacico al Quaternario*. Memorie della Società Geologica Italiana, 24, 362-386.
- Carbone S., Grasso M. & Lentini F. (2009) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50,000. Foglio 634 Catania*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- Cornell C.A. (1968) – *Engineering seismic risk analysis*. Bulletin of Seismological Society of America, 58, 1583-1606.
- Cremonini G. (1994) – *Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche*. Pitagora Editrice, Bologna.
- Cruden D.M. & Varnes D.J. (1996) – *Landslide types and processes*. In: Turner A.K. & Schuster R.L. (eds): *Landslide investigation and mitigation. Special report 247, National Academy of Sciences*. 36-75.
- Dall'Aglione M. & Quattrocchi F. (1991) – *Relazione preliminare sulle misure geochimiche effettuate dopo il terremoto del 13/12/1990 nella Sicilia orientale*. In: Boschi E. & Basili A. (eds): *Contributi allo studio del terremoto della Sicilia orientale del 13 Dicembre 1990*. I.N.G., Pubbl. n 537, 127-144, Roma.
- Di Geronimo I., Ghisetti F., Lentini F. & Vezzani L. (1978) – *Lineamenti neotettonici della Sicilia orientale*. Memorie della Società Geologica Italiana, 19, 543-549.
- Di Grande A., Grasso M., Lentini F. & Scamarda G. (1976) – *Facies e stratigrafia dei depositi pliocenici tra Leo/orte e Centuripe (Sicilia centro-orientale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 95, 1319-1345.
- DISS Working Group (2010) – *Database of individual Seismogenic Sources (DISS)*, version 3.1.1., disponibile in internet all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>.

- Dramis F. & Bisci C. (1997) – *Cartografia geomorfologica. Manuale di introduzione al rilevamento ed alla rappresentazione degli aspetti fisici del territorio*. Pitagora Editrice, Bologna.
- Facciali E. & Paolucci R. (2005) – *Elementi di sismologia applicata all'ingegneria*. Pitagora Editrice, Bologna.
- Ferrara V. & Marchese G. (1977) – *Ricerche idrogeologiche su alcuni acquiferi alluvionali della Sicilia orientale*. Atti dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali di Catania, 9, 189-230.
- Ferrara V. & Pappalardo G. (2004) – *Intensive exploitation effects on the alluvial aquifer of the Catania plain (Eastern Sicily, Italy)*. *Geofisica International*, 43, 671-681.
- Ferrara V. (1998) – *Carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero alluvionale della Piana di Catania (Sicilia NE)*.  
CNR-GNDCI, S.EL.CA., Firenze.
- Ferrara V. (1999) – *Presentazione della carta di vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero alluvionale della Piana di Catania (Sicilia NE)*. Atti 3° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III Millennio, 1, 1.99-1.104, CNR-GNDCI, Parma.
- Finetti I., Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Del Ben A. (1996) – *Il Sistema Appennino Meridionale-Arco Calabro-Sicilia nel Mediterraneo centrale: studio geologico-geofisico*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 115, 529-559.
- Finetti I., Lentini F., Carbone S., Del Ben A., Di Stefano A., Forlin E., Guarnieri P., Pipan M. & Prizzon A. (2005) – *Geologica! outline of Sicily and lithospheric tectono-dynamics of its Tyrrhenian Margin from new CROP seismic data*. In: I.R. Finetti (ed), "CROP Deep Seismic exploration of the Mediterranean Region. Spec. Voi. Elsevier, chapter 15, 319-376.
- Francaviglia A. (1960) – *Appunti sulla geologia del M. Iudica (Sicilia centro-orientale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 79, 197-206.
- Galadini F., Meletti C. & Vittori E. (2000) – *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2. "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili"*, CNE Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 1-30.
- Gasparini C., Iannacone G., Scandone P. & Scarpa R. (1982) – *Seismotectonics of the Calabrian Arc*. *Tectonophysics*, 82, 267-286.
- Patacca E., Scandone P., Giunta G. & Liguori V. (1979) – *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (southern Sicily)*. *Geologica Romana*, 18, 331-369.
- Postpischl D. (1985) – *Catalogo dei forti terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica. Priolo F. (1999) – *2-D spectral element simulation of destructive ground shaking in Catania (Italy)*. *Journal of Seismology*, 3, 289-308.
- Regione Sicilia (2005) – *Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana*. Assessorato Territorio e Ambiente, Dipartimento Territorio e Ambiente.
- Regione Sicilia (2002) – *Carte tematiche delle linee guida del Piano territoriale paesistico regionale*. Assessorato dei Beni culturali e dell'Identità siciliana.
- Regione Sicilia (2007) – *Piano di tutela delle acque della Sicilia*.
- Ricci Lucchi F. (1980) – *Sedimentologia*. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, Bologna.
- Riga G. (2007) – *La liquefazione dei terreni. Analisi, valutazione, calcolo*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Rigo M. & Cortesini A. (1961) – *Contributo alla conoscenza strutturale della Sicilia sud-orientale*. Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, 81, 349-369.
- Scalia S. (1909) – *Il gruppo del Monte Iudica*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 28, 269-340.
- Scandone P., Giunta G. & Liguori V. (1974) – *The connection between the Apulia and Sahara continental margins in the Southern Apennines and in Sicily*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 13, 317-323.
- Scandone P., Patacca E., Rodoicic R., Ryan W.B.F., Cita M.B., Rawason M., Cherzar H., Miller E., McKenzie J. & Rossi S. (1981) – *Mesozoic and Cenozoic rocks from Malta Escarpment (Central Mediterranean)*. *A.A.P.G. Bulletin*, 65, 1299-1319. Scesi L., Papini M. & Gattinoni P. (2003) – *Geologia applicata*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

- Sciuto Patti C. (1872) – *Carta geologica della città di Catania e dintorni di essa*. Atti dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali di Catania, 3, 141-190.
- Stucchi M., Camassi R., Rovida A., Locati M., Ercolani E., Meletti C., Migliavacca P., Bernardini F. & Azzaro R. (2007) – *DBM J04, il Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPT104*.
- Tansi C., Muto F., Critelli S. & bvine G. (2007) – *Neogene-Quaternary strike-slip tectonics in the central Calabrian Arc (southern Italy)*. Journal of Geodynamics, 43, 393-414.
- Tanzini M. (2001) – *Gallerie: Aspetti geotecnici nella progettazione e costruzione*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Tanzini M. (2002) – *L'indagine geotecnica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Torelli L., Grasso M., Mazzoldi G. & Peis D. (1998) – *Plio-Quaternary tectonic evolution and structure of the Catania foredeep, the northern Hyblean Plateau and the Ionian shelf (SE Sicily)*. Tectonophysics, 298, 209-221
- Torrisi S., Catalano S., Romagnoli G. & Tortorici G. (2008) – *Tettonica di indennazione ed estrusione laterale in Sicilia Orientale*. Rendiconti online della Società Geologica Italiana, 1, 148-152.
- Tortorici L., Cocina O., Monaco C. & Tansi C. (1995) – *Recent and active tectonics of the Calabrian Arc (Southern Italy)*. Tectonophysics, 243, 37-55.
- Tucker M.E. (1996) – *Rocce sedimentarie. Guida alla descrizione sugli affioramenti rocciosi*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Valensise G. & D'Addezio G. (1994) – *Il contributo della geologia di superficie all'identificazione delle strutture sismogenetiche della Piana di Gioia Tauro*. ING Publications, 559, 34 pp.
- Valensise G. & Pantosti D. (2001) – *The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review*. Journal of Seismology, 5, 287-306.
- Vallario A. (1992) – *Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio*. Liguori Editore, Napoli.
- Varnes D.J. (1976) – *Slope movement types and processes*. Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington.
- Wezel F.C. (1974) – *Flysch successions and the tectonic evolution of Sicily during the Oligocene and Early Miocene*. In: Alvarez W. & Gohrbandt K.H.A. (Eds.): *Geology and History of Sicily*. Petroleum Expl. Soc. Libya, pp. 1-23.