



REGIONE SICILIANA  
Città Metropolitana di Catania  
COMUNI DI CASTEL DI IUDICA E RAMACCA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO  
DELLA POTENZA DI PICCO DI 181,6 MWp E POTENZA DI IMMISSIONE 150 MW E  
DELLE RELATIVE OPERE CONNESSE  
NEI COMUNI DI CASTEL DI IUDICA E RAMACCA (CT)**

**Proponente:**

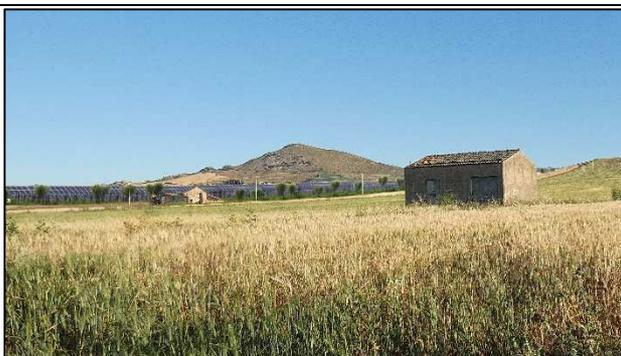


**INNOVAZIONE AGRISOLARE SRL**  
CORSO GIACOMO MATTEOTTI, 1  
20121 MILANO (MI)  
CF/P.IVA 12275870967  
PEC: innovazioneagrisolaresrl@pec.it

**Progettazione:**



**Cesit Ingegneria S.r.l.**  
C.da Monte Cenere s.n  
Belpasso (CT) CAP 95032  
CF/P.IVA 03438580874  
info@cesit.it



**RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA**

Geologo  
Dott. Geol. Ranieri Santarosa

DATA	FORMATO	SCALA	LIVELLO PROGETTAZIONE	REV.	VISTO	ELABORATO
Dicembre 2023	A4	//+				<b>AVIURAM-VIA02-075</b>

<b>PROGETTAZIONE</b>	Progettista <b>Dott. Ing. Igor Giuffrida</b>	Consulente Ambientale <b>PhD Ing. Salvatore Cartarrasa</b>
----------------------	---	---

## **INDICE:**

<b>PREMESSA</b>	<b>pag. 2</b>
<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b>	<b>pag. 4</b>
<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE</b>	<b>pag. 6</b>
<b>LINEAMENTI GEOLOGICI</b>	<b>pag. 8</b>
<b>INDAGINE SISMICA MASW</b>	<b>pag.17</b>
<b>CLIMATOLOGIA</b>	<b>pag.29</b>
<b>IDROGRAFIA</b>	<b>pag.40</b>
<b>IDROGEOLOGIA</b>	<b>pag.41</b>
<b>CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE</b>	<b>pag.47</b>
<b>PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)</b>	<b>pag.51</b>
<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>pag.51</b>
<b>CENNI DI SISMICITA' STORICA</b>	<b>pag.53</b>
<b>STORIA SISMICA</b>	<b>pag.64</b>
<b>PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE</b>	<b>pag.70</b>
<b>CONCLUSIONI</b>	<b>pag.77</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>pag.81</b>

## **ALLEGATI**

-CARTOGRAFIA P.A.I.

**COMUNI DI CASTEL DI IUDICA E RAMACCA**

Città Metropolitana di Catania

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO  
AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO DI 181,6 MW<sub>p</sub> E  
POTENZA DI IMMISSIONE 150 MW E DELLE RELATIVE OPERE  
CONNESSE NEI COMUNI DI CASTEL DI IUDICA E RAMACCA (CT)**

**STUDIO GEOLOGICO-TECNICO**

**COMMITTENTE:** INNOVAZIONE AGRISOLARE SRL

# **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO DI 181,6 MWp E POTENZA DI IMMISSIONE 150 MW E DELLE RELATIVE OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI CASTEL DI IUDICA E RAMACCA (CT)**

## **PREMESSA**

Nel presente lavoro sono riportati i risultati dello studio geologico tecnico eseguito per incarico di Innovazione Agrisolare srl relativo al "PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO DI 181,6 MWp E POTENZA DI IMMISSIONE 150 MW E DELLE RELATIVE OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI CASTEL DI IUDICA E RAMACCA (CT)", in un contesto zonale a sud di Monte San Giovanni, Borgo Franchetto, Poggio Campana, Poggio Diso, Masseria cattiva degli ulivi e Masseria la cattiva, in tenere dei territori comunali di Castel di Iudica e Ramacca, con lo scopo di valutare e definire:

- Le caratteristiche geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche, dell'area oggetto di studio e di un suo intorno significativo;
- le caratteristiche litotecniche dei litotipi costituenti il substrato interessato dalle opere di progetto e di quelli affioranti nelle aree di intorno significativo;

Una prima fase iniziale ha riguardato la raccolta dei dati delle indagini da lavori esistenti nel territorio comunale interessato dalle opere di progetto. Tali indagini hanno permesso di caratterizzare i vari litotipi presenti e di ricostruire, con il rilievo geologico d dettaglio, le successioni stratigrafiche delle aree oggetto di studio. Oltre alla raccolta delle indagini esistenti si è proceduto per fasi diverse e nel modo seguente:

- da analisi, studi e rilievi geologici, geomorfologici, idrogeologici e litotecnici eseguiti nella zona;

- acquisizione della cartografia topografica della zona in scala 1:25.000 (IGM) e 1:10.000 (CTR);
- da indagini di tipo indiretto quali indagini sismiche di superficie distribuite nell'area in studio;
- Dati di letteratura esistenti

I dati acquisiti sono stati sintetizzati nella redazione della carta geologica della zona e di un suo intorno significativo (in scala 1:10.000) mediante rilievi di campagna; il rilievo geologico ha rappresentato la base per poter redigere i seguenti elaborati:

AVIURAM-VIA02-078 - Planimetria Con Ubicazione Delle Indagini Ambientali

AVIURAM-VIA02-081 - Planimetria Indagini Geognostiche

AVIURAM-VIA02-082 - Carta Geologica

AVIURAM-VIA02-083 - Sezione Geologica

AVIURAM-VIA02-084 - Carta Litotecnica

AVIURAM-VIA02-085 - Carta Geomorfologica

AVIURAM-VIA02-086 - Carta Idrogeologica

AVIURAM-VIA02-087 - Carta Del Reticolo Idrografico

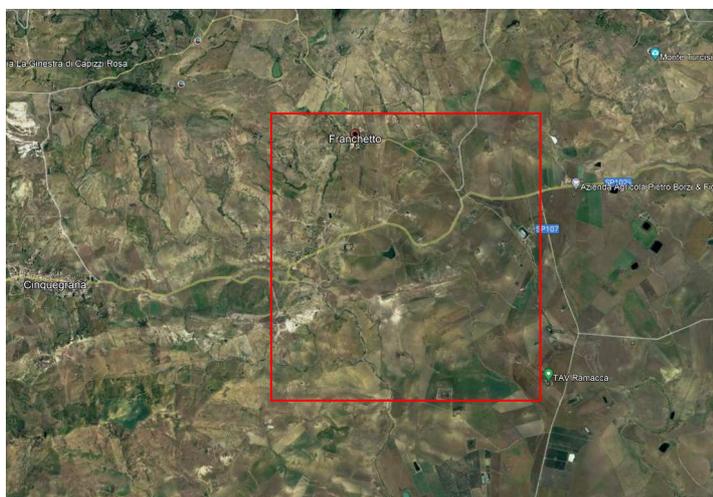
AVIURAM-VIA02-088 - Carta interferenza Pericolosità Geomorfologica PAI

AVIURAM-VIA02-089 - Carta interferenza Rischio Geomorfologico PAI

AVIURAM-VIA02-090 - Carta delle Sistemazioni Idrauliche.

## **INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

L'area in studio di dettaglio che verrà in futuro interessata dalle opere di progetto è localizzata in nelle Tavolelle dell'I.G.M. Monte Turcisi F. 269 II NO e Castel di Iudica F. 269 II NE



**Localizzazione su immagine satellitare**



Le aree perimetrare di progetto ricadono interamente nelle Tavolelle Monte Turcisi e Castel di Iudica Foglio 269 II NO e II NE della Carta d'Italia edita dall'I.G.M in scala 1:25.000 cui di seguito viene riportato uno stralcio.





L'area di interesse rientra all'interno del dominio tettono-sedimentario delle falde appenniniche meridionali magrebino-siciliane ed avampaese deformato (CATALANO ET ALII, 2002), FFTB (Fold and Thrust Belt) DI MAGGIO ET ALII (2017), identificate come catena, nel lavoro di BIANCHI ET ALII (1987), costituite da varie parti del margine della Tetide (BUTLER ET ALII, 2014), in sovrascorrimento sull'avampaese ibleo (BIANCHI ET ALII, IBIDEM; CATALANO ET ALII, 2013). L'area è in prossimità del settore in cui vi è la sovrapposizione delle Unità Sicilidi sui depositi di margine fino a bacino ed avanfossa dell'Oligocene–Pleistocene inferiore (DI MAGGIO ET ALII, IBIDEM). Da un punto di vista geodinamico, il settore della Sicilia orientale si inserisce dunque nell'accavallamento delle Unità della Catena Appenninica al di sopra delle Unità litostratigrafiche dell'Avampaese emerso, nel contesto dei diversi domini strutturali del Mediterraneo centrale (LENTINI & CARBONE, 2014). Le Unità Sicilidi *s.l.* occupano la posizione strutturale più elevata nell'ambito dell'edificio a falde della Catena Appenninico-Maghrebide. Esse si sono originate nel Paleogene come cuneo di accrezione, in seguito allo scollamento delle coperture sedimentarie dal pavimento oceanico neotetideo ubicato in posizione intermedia rispetto ai paleomargini africano e calabride, a causa della convergenza che ha prodotto l'orogenesi alpina (ROURE *et alii*, 1990; FINETTI *et alii*, 1996) e successivamente sono state trasportate *in toto* sui paleodomini più esterni. Nell'ambito della Catena Appenninico-Maghrebide, questa unità tettonica (ex Complesso Sicilide di OGNIBEN, 1960) comprende successioni di bacino profondo di età dal Cretacico inferiore al Miocene medio. Le Unità tettoniche Sicilidi affiorano estesamente nel settore centrale del Foglio "Paternò" dove sono state distinte unità che mostrano caratteri stratigrafici e posizioni strutturali differenti. Ciò significa che in origine esse occupavano posizioni paleogeografiche adiacenti nell'originario bacino oceanico e che al momento del loro coinvolgimento nel sistema a thrust le successioni più interne sono andate ad accavallarsi via via su quelle più esterne che attualmente occupano una posizione strutturale più bassa. Le diverse unità sono costituite da successioni sedimentarie comprese tra l'Oligocene e il Langhiano, generalmente scollate dall'originario substrato mesozoico-paleogenico lungo orizzonti oligocenici e ricoperte in discordanza da una successione torbiditica del Miocene medio (Formazione di Reitano), non affiorante nell'area rilevata. Dall'interno verso l'esterno e dall'alto verso il basso, affiorano le Unità tettoniche di

Troina, di Nicosia e di Monte Salici. In particolare, le Unità di Nicosia e Monte Salici sono caratterizzate da successioni quarzarenitiche dell'Oligocene superiore-Miocene inferiore attribuibili al flysch numidico (FYN). Quest'ultimo forma un'unità litostratigrafica costituita da diversi membri, ognuno dei quali caratterizzato da successioni leggermente differenti, attribuiti alle corrispondenti unità tettoniche.

## **LINEAMENTI GEOLOGICI**

La successione geologica dell'area in studio è stata desunta dal rilevamento geologico di superficie, da indagini di riferimento e da dati di letteratura da altri autori. I caratteri litologici, stratigrafici e giaciture dei terreni sedimentari affioranti nell'area in studio e intorno significativo (AVIURAM-VIA02-082 - Carta Geologica) sono di seguito descritti

### **- UNITÀ DELLA CATENA APPENNINICO-MAGHREBIDE**

L'area è caratterizzata da una parte, in cui affiorano prevalentemente le successioni argilloso-quarzarenitiche del flysch numidico e quelle argilloso-calcaree delle Unità Sicilidi, sovrascorse sull'Unità di M. Judica, e da un settore centro-occidentale, in cui affiorano le successioni bacinali meso- cenozoiche di M. Judica. Queste ultime costituiscono le unità più profonde della Catena Maghrebide ed affiorano in corrispondenza di una serie di culminazioni poste in prossimità del fronte esterno della catena. Le Unità Sicilidi occupano la posizione strutturale più elevata dell'intero edificio a thrust. Esse sono rappresentate da due unità tettoniche sovrapposte, di cui la più interna e in posizione geometrica più alta (Unità di Nicosia) è costituita da una sequenza di argille varicolori e di calcari e marne, cretaco-eocenici (Argille Varicolori Inferiori e formazione di Polizzi), passante verso l'alto ad un'alternanza argilloso-quarzarenitica, mentre la più bassa (Unità di M. Salici) è limitata agli ingenti spessori di argille e arenarie quarzose del flysch numidico, poggianti localmente su limitati lembi di calcari marnosi bianchi di probabile età Eocene inferiore-medio ed interpretati come una litofacies della formazione Polizzi . Sui terreni terziari e del Pleistocene giacciono le vulcaniti costituenti parte del basso

versante sud-occidentale del Monte Etna. Il tutto è “modellato” dai depositi alluvionali che costituiscono la Piana di Catania.

#### **- UNITA' IONIDI**

**-Unità tettonica di M. Judica** L'Unità tettonica di M. Judica è costituita da una successione 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, affiorante quasi esclusivamente alla base della sequenza di M. Scalpello. 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 brecce calcaree, per poi evolvere a radiolariti (formazione Crisanti) del Giurassico-Cretacico. All'interno degli orizzonti giurassici delle radiolariti si rinvengono corpi lenticolari di vulcaniti basiche, mentre al tetto si intercalano brecce eterometriche ad elementi di selce, calcari e vulcaniti (brecce 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). L'unità tettonica di M. Judica, su cui poggiano tettonicamente i lembi più avanzati delle coltri alloctone sicilidi, è solidalmente deformata ai sovrastanti terreni, secondo un sistema di scaglie embricate affioranti in corrispondenza delle dorsali, rispettivamente da nord verso sud, di Monte Scalpello, di Monte Vassallo-Monte S. Giovanni-Monte Turcisi.

**- formazione Mufara ( MUF)** Unità litostratigrafica costituita prevalentemente da argilliti più o meno marnose e siltose di colore grigio-verdi o nerastre al taglio, brune all'alterazione, contenenti caratteristici sottili livelli, eccezionalmente fino a 15 cm, di calcite. All'interno della massa argillitica sono presenti altri litotipi, rappresentati da: calcisiltiti e arenarie a grana fine di colore grigio, verde o rossiccio, talora ocracee al taglio, giallo avana all'alterazione, sovente finemente gradate, con laminazione incrociata, in livelli di 10-15 cm; calcari marnosi bluastri o grigi, talora fossiliferi.

**-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. La formazione affiora anche lungo i vari rilievi che costituiscono la dorsale di M. Judica-M. Turcisi e quella più meridionale di M. Gambanera. Lo spessore della formazione varia notevolmente nei diversi luoghi di affioramento, e raggiunge la potenza massima di circa 300 m in corrispondenza di Monte S. Giovanni immediatamente a Nord dell'area in studio.

- **formazione Crisanti (CRI)** I calcari con selce della formazione Scillato passano verso l'alto rapidamente, in apparente continuità, alla formazione Crisanti, caratterizzata da una sottile alternanza, medio-sottile, di radiolariti policrome, argilliti silicee prevalentemente di colore rosso. I livelli più competenti presentano fratturazione prismatica, mentre le argilliti sono fittamente e minutamente scagliettate.

- **formazione Caltavuturo (CAL)** La formazione è caratterizzata da calcari marnosi e marne di colore rosso, biancastro, o grigio, in strati medio-sottili (5-30 cm), cui talora si associano calcareniti grigie e brecciole gradate a macroforaminiferi. La formazione presenta spessori variabili; quelli maggiori fino ad un massimo di 70 m, si raggiungono a nord dei monti Vassallo e Turcisi. Lembi minori affiorano a sud dell'allineamento M. Matteo-M. Dragonia e sulla terminazione occidentale della dorsale M. Gambanera, con spessori da pochi metri ad un massimo di 30 m. Generalmente gli spessori della formazione si riducono complessivamente da nord verso sud. L'unità poggia con contatto brusco direttamente sulla formazione Crisanti. Lungo il versante nord di M. Turcisi la formazione si presenta spesso rovesciata per effetto di pieghe e di sovrascorrimenti secondari a vergenza settentrionale

- **argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova (AAC)** La formazione prima descritta, con passaggio graduale fa transizione verso l'alto ad una sequenza pelitica, costituita da argille marnose talora siltoso-sabbiose, di colore bruno o grigio-verdastre (AAC), e che nel suo terzo superiore si arricchisce di intercalazioni arenacee giallo-verdastre, in strati da molto sottili a spessi. L'unità affiora ampiamente nel settore tra le dorsali del gruppo di M. Judica, estendendosi dall'area di Catenanuova sino in sinistra del F. Gornalunga. A nord della dorsale di M. Scalpello costituisce il nucleo del

sinclinorio compreso fra quest'ultima e la dorsale di M. Judica-M. Turcisi. Lo spessore è molto variabile e raggiunge il valore massimo di 400 m .

## **- UNITA' SICILIDI**

Le Unità Sicilidi s.l. occupano costantemente la posizione strutturale più elevata. 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 depositatosi 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 tuffitico-silicoclastiche dell'Oligocene superiore-Miocene inferiore (Tufiti di Tusa e flysch di Troina-Tusa, Guerrera & Wezel, 1974; Lentini et alii, 1987), passanti lateralmente a serie miste litarenitico-quarzarenitiche (flysch numidico dell'Unità tettonica di Nicosia, Grasso et alii, 1986; Bianchi et alii, 1987) e, infine, da sequenze esclusivamente quarzarenitiche del Miocene inferiore-medio (flysch numidico dell'Unità tettonica di M. Salici; Bianchi et alii, 1987; Lentini et alii, 1987, 1996a; carta geologica della Sicilia centro-orientale, 1990). È stata ipotizzata l'appartenenza delle Tufiti di Tusa alla sequenza cretaca delle argille scagliose superiori e del flysch numidico di Nicosia all'Unità del flysch di M. Soro (Lentini et alii, 2000; Finetti et alii, 2005).

**- 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 estesamente affiorante 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.

**- flysch numidico membro di Monte Salici (FYN3)** 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 ocraceo, 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 in sinistra del F. Dittàino, dall'area di Catenanuova alle colline di Monte S. Benedetto e Poggio Monaco, in destra del F. Simeto; riaffiora in klippe a sud della terminazione di M. Scalpello e a sud della dorsale di M. Gambanera, ove costituisce i rilievi dell'allineamento M. Capezzana-Quattro Finaite, le cui creste sono formate da grossi banconi di quarzareniti. Alla base della formazione localmente sono presenti livelli calciclastici riferibili alla litofacies POZa (formazione di Polizzi, litofacies dei Calcari di Poggio Bianco-POZa); 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). L'età della formazione si estende dall'Oligocene superiore al Burdigaliano.

#### **- UNITA' TETTONICA DI NICOSIA**

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

- **Argille Varicolori Inferiori (AVF)** Sul flysch numidico di M. Salici 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). La formazione affiora in lembi isolati in C.da Bellone, tra M. S. Giovanni e M. Turcisi, in contatto tettonico indifferenziato con le argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova. Si ritrova con maggiore continuità lungo una fascia orientata circa E-O, a sud della dorsale di M. Gambanera. Lo spessore non è valutabile per tettonizzazione. L'età della formazione presumibilmente è Paleocene-Eocene .

- **formazione di Polizzi (POZ)** Sulle argille varicolori AVF in contatto stratigrafico con passaggio netto, poggiano lembi più o meno estesi di un'alternanza ritmica di calcari marnosi e marne di colore bianco, grigio o rossastro, con rari noduli di selce e di argille marnose rossastre, in strati da sottili a medi, cui si intercalano livelli di brecciole calcaree di colore nocciola, gradate, a macroforaminiferi e con clasti di selce e blocchi di calcari mesozoici di piattaforma. L'età della formazione è Eocene inferiore-medio.

#### - **DEPOSITI MARINI E TRANSIZIONALI QUATERNARI DI AVANFOSSA**

In discordanza sui terreni che costituiscono il fronte esterno della catena poggiano i sedimenti argillosi e sabbiosi dell'avanfossa infra-mediopleistocenica, affioranti nel settore centro-orientale.

- **formazione delle argille grigio-azzurre (FAG)** La formazione è costituita da argille grigio-azzurre (FAG), giallastre all'alterazione, massive o a stratificazione poco evidente. Verso l'alto le argille si arricchiscono di una frazione sabbiosa con sottili intercalazioni di lenti sabbiose fini che preludono al passaggio con le soprastanti sabbie. Lo spessore affiorante è circa 200 m e varie centinaia di metri nel sottosuolo della Piana di Catania. L'età della formazione è Pleistocene inferiore-medio.

## **UNITA' DISTINTE IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA**

I depositi che costituiscono queste unità sono distribuiti tra il medio-basso corso dei fiumi Dittàino, Gornalunga e Simeto, entro una fascia altimetricamente collinare compresa tra la quota 65 m nei pressi di Sferro (in sinistra del Dittàino) e i 350 m a nord di Borgo Franchetto (in destra del Dittàino) e di Palazzolo (in sinistra del Simeto). I depositi hanno tessitura clastica: prevalentemente ghiaiosa per il F. Dittàino, limosa e limoso-sabbiosa per il F. Gornalunga, sabbiosa e conglomeratica per il F. Simeto; la composizione è differente in funzione dei bacini di appartenenza, caratterizzati da terreni attribuibili ad unità ionidi, sicilidi, iblee e vulcaniche. I bacini cui sottendono i fiumi Simeto, Dittàino e Gornalunga hanno caratteri fisiografici, morfologici e strutturali peculiari e differenti, in quanto si collocano in aree di Catena (Dittàino e Simeto), di Avanfossa (Gornalunga), e alle pendici di un vulcano in "crescita" (Simeto), cioè settori soggetti a erosione e sollevamento differenziale. Al fine di evitare di correlare fra loro depositi appartenenti a cicli deposizionali distinti, riferiti a bacini idrografici diversi, le unità alluvionali terrazzate presenti nel territorio in esame sono state suddivise nei sistemi F. Dittàino (DIT) e F. Simeto (SFO), di età Pleistocene superiore.

**- sistema F. Dittàino (DIT)** Unità alluvionale prevalentemente grossolana, terrazzata, suddivisa su base altimetrica nei subsistemi di S. Giovanni Bellone (DIT1) e di Mass. Ninfa (DIT2), posti a quote progressive sul fondo vallivo. La superficie limite basale del sistema F. Dittàino, di natura erosiva, è sub-orizzontale ed è modellata su vari termini del substrato costituito dai terreni delle unità ionidi, sicilidi e mio-plioceniche dei bacini satellite, sino ai depositi subetnei argillosi FAG. L'originaria continuità laterale della superficie basale è interrotta dalle numerose incisioni vallive, strette ed incassate (F.so Carbonaio, V.ne Canazzi, V.ne Vassallo, V.ne della Lavina, V.ne Turcisi, F.so Urso, F.so Vaccarizzo, V.ne Franchetto, V.ne Olmo, V.ne Maglitta) che drenano il settore collinare del gruppo di M. Judica-M. Turcisi, e dalle incisioni (V.ne Petroso, V.ne della Rosa, V.ne dell'Aranciaro, V.ne S. Todaro, V.ne Fontana Murata, V.ne Sferro-Gammarella, V.ne Tirabue) che dissecano le dorsali Cugno d'Oro-M. Pulicara-M. Serra di Spezia, rispettivamente in destra e sinistra del Dittàino. La superficie limite sommitale coincide con quella topografica. Attualmente l'unità è rappresentata da una serie di superfici sub-pianeggianti che si raccordano con i depositi alluvionali recenti

della Piana di Catania, o sono poste alla sommità delle dorsali collinari e tra loro separate da scarpate che testimoniano distinti episodi di approfondimento erosivo del corso del Dittàino e dei suoi tributari. L'età è Pleistocene superiore.

- **subsistema di S . Giovanni Bellone (DIT1)** Ghiaie di colore giallo-rossastro, clasto sostenute con ciottoli poligenici da arrotondati a sub-spigolosi di 2-20 cm di diametro; ghiaie sabbiose e subordinate sabbie e suolo agrario con lenti di limi e/o argille. La frazione ghiaiosa è rappresentata da prevalenti clasti quarzarenitici e da minori litareniti, calcari, marne e diaspri. I litotipi silicei sono abbondanti nei depositi terrazzati posti alle pendici delle dorsali M.Vassallo-M.Turcisi. Costituiscono il deposito terrazzato dislocato tra quota 355 e 130 m. In destra idrografica del Dittàino sono stati riferiti a questo subsistema i depositi terrazzati presenti ai lati della dorsale di M. S. Giovanni, lungo l'alto corso del V.ne della Lavina e del Fosso Carbonaio. Spessore fino a 5 m. L'età è Pleistocene superiore .

- **subsistema di Mass. Ninfa (DIT2)** Ghiaie e ghiaie sabbiose di colore giallastro, talora rossastro, a clasti poligenici da arrotondati a sub-spigolosi di 2-20 cm di diametro. La frazione ghiaiosa è caratterizzata da prevalenti clasti quarzarenitici e da minori litareniti, calcari, e marne. Costituiscono il deposito terrazzato distribuito tra quota 215 e 120 m. In destra idrografica del Dittàino sono stati attribuiti a questo subsistema i depositi presenti tra i tributari Fosso Urso, Fosso Vaccarizzo e i valloni Franchetto e della Lavina; in sinistra idrografica quelli presenti tra i valloni Fontana Murata e Sferro. Spessore fino a 10 m nei depositi distribuiti a quote più basse. L'età è Pleistocene superiore.

-**sistema Piana di Catania (SPK)** Unità alluvionale eterometrica, costituente i depositi terrazzati, più o meno estesi, di conoide e intervallivi, posti a quote progressive lungo le sponde dei fiumi Simeto, Dittàino e Gornalunga. L'unità è suddivisa, su base morfologica e altimetrica, nei subsistemi di Regalizie (SPK1) e di Gerbini (SPK2).

- **subsistema di Regalizie (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. I conglomerati sono poligenici 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 fino a decimetriche. I clasti vulcanici sono poligenici da arrotondati a sub-spigolosi, di dimensioni fino a decimetriche. Tale unità costituisce l'esteso deposito alluvionale terrazzato di Regalizie, localizzato lungo la sponda sinistra del F. Simeto e 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.

- **subsistema di Gerbini (SPK2)** Sabbie ghiaiose di colore giallastro, talora rossastro a clasti poligenici ed eterometrici, per lo più arrotondati di diametro da 2 a 20 cm, localmente la frazione ghiaiosa è prevalente (F. Simeto); ghiaie e ghiaie sabbiose (F. Dittàino); limi ghiaiosi (F. Gornalunga). Tale deposito rappresenta l'ultimo ordine di terrazzamento del F. Simeto; esso verso monte è modellato sulle argille della formazione FAG, mentre a valle si raccorda con i depositi alluvionali recenti della Piana. Spessore affiorante fino a 10 m. L'età è Pleistocene superiore-Olocene.

-**Alluvioni recenti** Il deposito alluvionale attuale è presente lungo l'asse dei principali fiumi e dei valloni ed è costituito da ghiaie eterometriche a prevalenti clasti sedimentari spigolosi; da ghiaie eterometriche a prevalenti clasti sedimentari arrotondati e ghiaie sabbiose, oltre a limi argillosi sempre presenti nelle matrici che le compongono. Lo spessore di questi depositi è generalmente modesto e solo a valle, allo sbocco dei valloni principali, e nelle aree di confluenza dei corsi principali, raggiunge probabilmente potenze dell'ordine della decina di metri

-**Depositi di frana** Sono presenti in corpi di limitata estensione sui terreni prevalentemente argillosi del flysch numidico, in destra del Fosso Carbonaio e lungo il Vallone Petroso e, subordinatamente, su quelli delle "Argille e arenarie glauconitiche" affioranti a Cugno d'Oro e a nord-ovest di Borgo Franchetto. Altri corpi sono presenti a sud di M. Gambanera e a nord ovest di C.da Capizzana. Si tratta di accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei, prevalentemente a tessitura sabbioso-argillosa.

La sezione geologica schematica serve a correlare le geometrie di sovrapposizioni stratigrafiche e tettoniche dell'area oggetto di studio (allegato AVIURAM-VIA02-083 - Sezione Geologica).

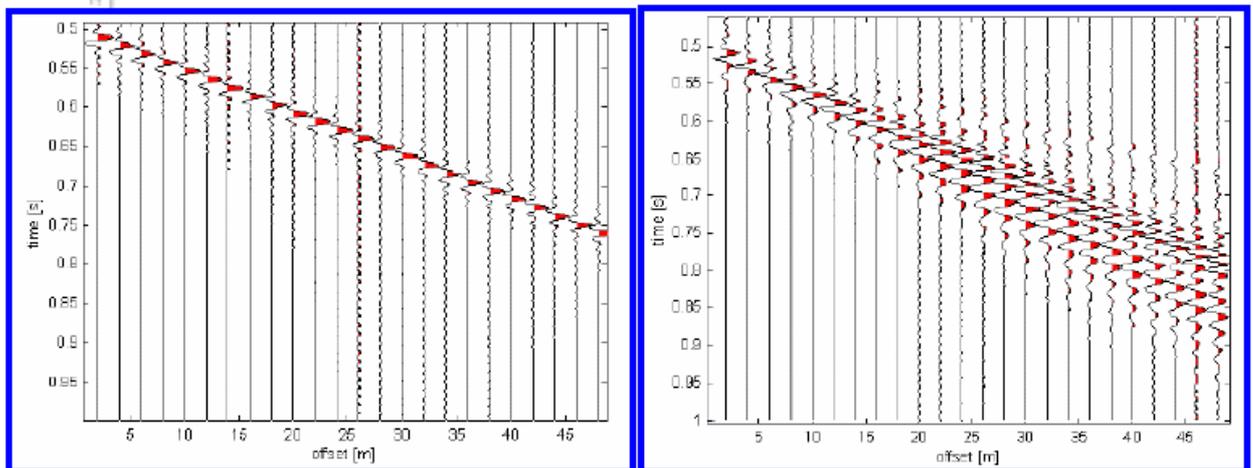
## INDAGINE SISMICA MASW

Rimandando le puntualizzazioni e le specifiche acquisizioni dei principali elementi geotecnici e sismici dell'area in studio, si è voluto fornire in questa fase una prima approssimazione del modello geologico dell'area interessata dal progetto, eseguendo 3 stese sismiche attive con metodologia Masw, per definire la caratterizzazione del suolo che con buona approssimazione (in questa fase di elaborazione) può essere estesa a tutte le aree di progetto. Le indagini sono state eseguite in porzioni rappresentative delle aree che occupano Borgo Franchetto sulle argille e arenarie glauconitiche, nelle porzioni ad est di Masseria cattivi degli ulivi sui termini del flysch numidico e a nord di Poggio Diso sulle argille varicolori. Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig.1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92 V_s$ . In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92 V_s$ . La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



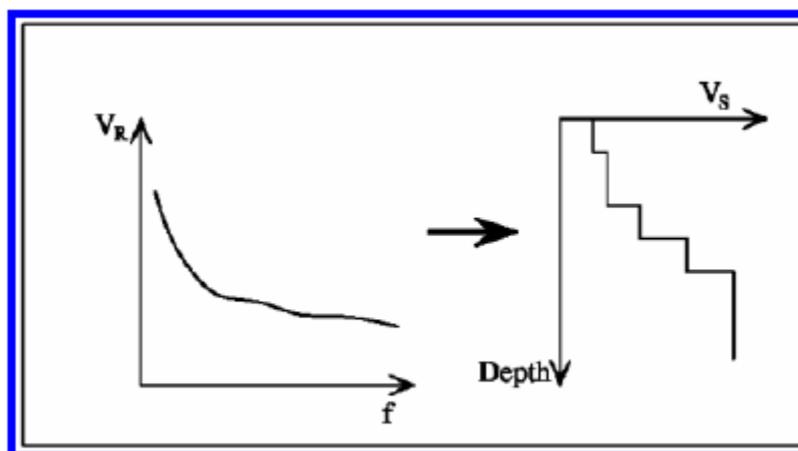
**Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.**

La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_S$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. Infatti, mentre la velocità delle onde  $P$  misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde  $S$  è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde  $P$ , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 2).



**Fig.2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.**

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione (Fig. 3).

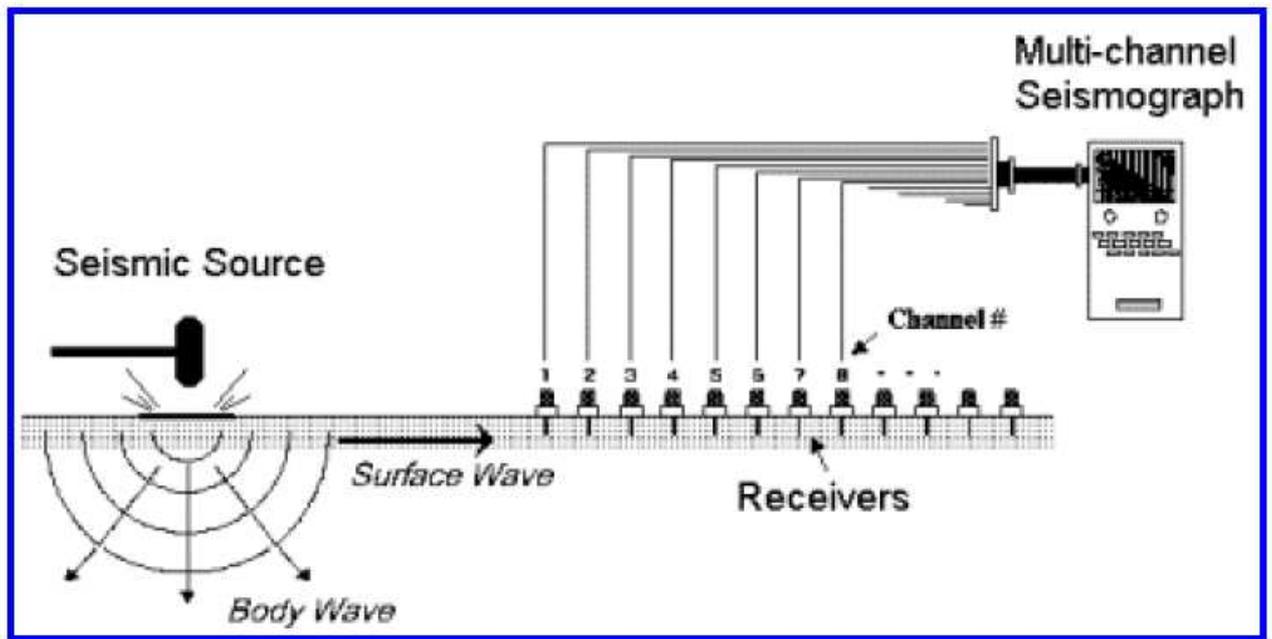


**Fig. 3 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione**

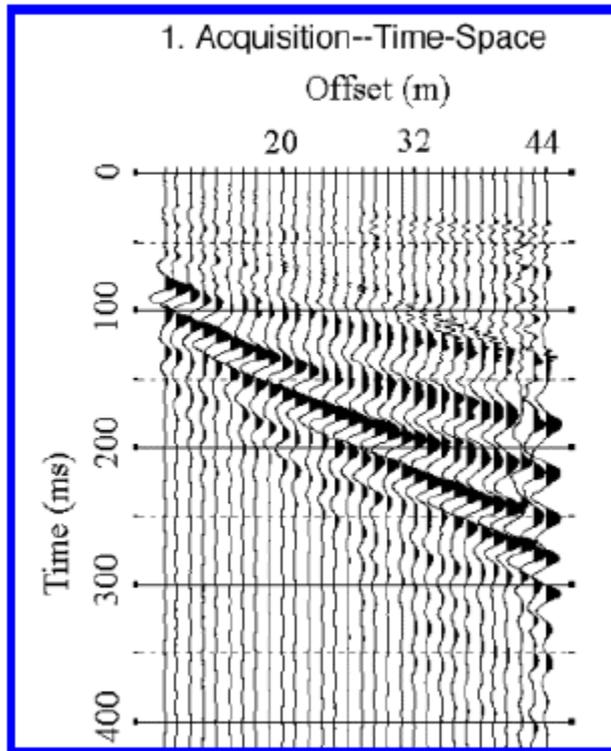
La velocità delle onde di Rayleigh ( $VR$ ) è pari a circa il 90% delle onde di taglio ( $Vs$ ). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative più onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione della  $Vs < 20\%$ .

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh – MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) – è un efficiente metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $Vs$ . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

A) Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig.4), generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente geofoni (Fig.5) che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;

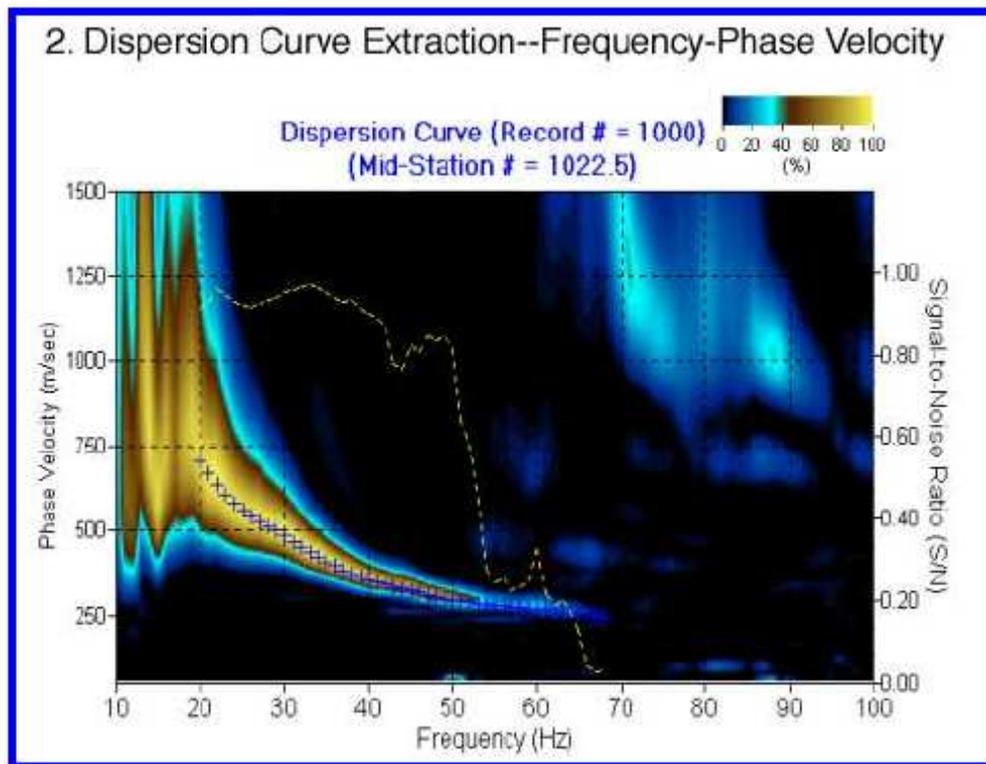


**Fig.5 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.**



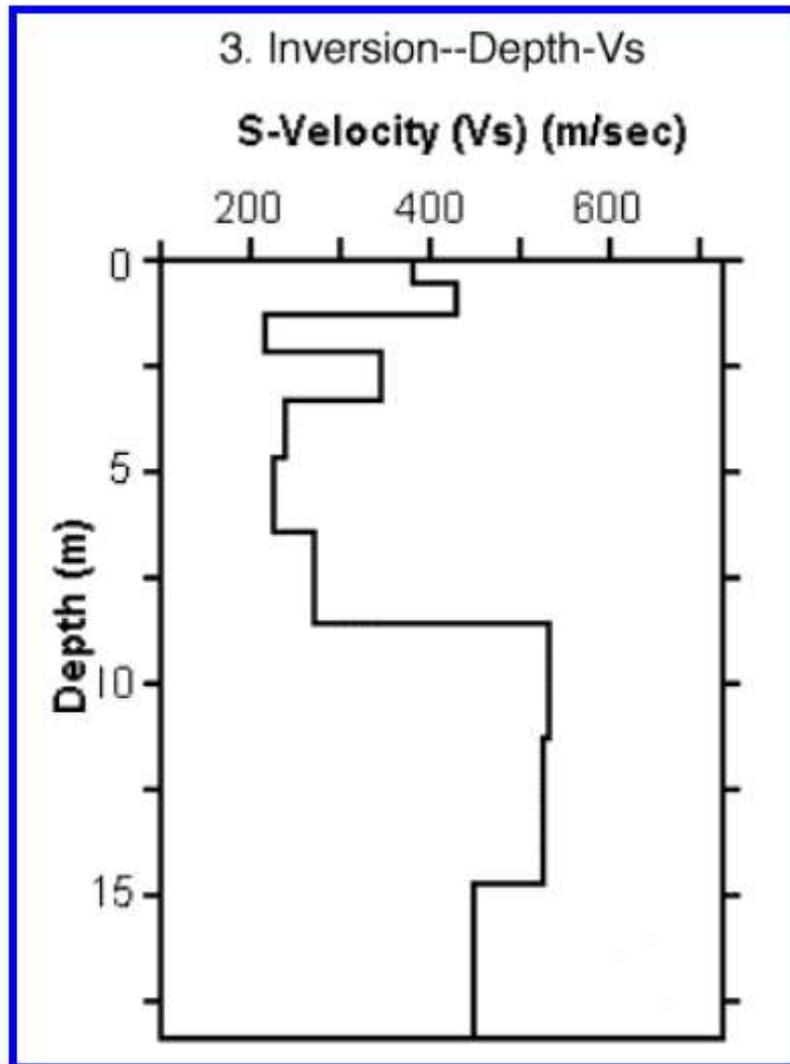
**Fig. 4 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.**

B) Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 6);



**Fig. 6 – Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.**

C) Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_s$  (Fig. 7) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);



**Fig. 7 – Modello di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a  $1.1VR$  ( $VR$ =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa  $0.4 \cdot \lambda$  (lunghezza d'onda).**

D) Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle  $V_s$  dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento).

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume ( $P$  e  $S$ ), sia

onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore. Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana. Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione. Ai fini della caratterizzazione del tipo di suolo dell'area investigata sono state eseguite n° 3 prospezioni sismiche MASW con stendimenti geofonici all'interno delle aree in esame. Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000S/E 24 bit 24 canali. L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. La sorgente sismica è costituita da una massa battente (mazza dal peso di circa 10 kg) che batte su una piastra di alluminio. Il colpo del martello funge contemporaneamente da starter poichè collegato a mezzo di trigger al sismografo. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 1.5m (totale lunghezza stendimenti= 40,00 m. La lunghezza dello stendimento è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia dei terreni fino alla profondità di circa 30,00 m nell' area di progetto. I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente

elaborati con apposito programma (Swan versione 1.4 della Geostudi Astier) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

## ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale  $T=1.4s$ , sono state effettuate con passo di campionamento  $dt=0.5ms$ . La frequenza di campionamento è data da:  $f_{campionamento}=1/dt=2000Hz$ . La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:  $f_{Nyquist}=1/2dt=1000Hz$ . La frequenza minima dei segnali è data da:  $f_{min}=1/T=0.714Hz$ . L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma SWAN versione 1.4 della Geostudi Astier che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione delle sezioni sismostratigrafiche delle  $V_s$ . Dalla disamina della prospezione geofisica eseguita si è definito inoltre il valore di  $V_{s,eq}$  cioè la velocità media di propagazione entro 30,00 metri di profondità delle onde di taglio calcolata con la seguente espressione:

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

Dove

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

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

$h_i$  = Spessore in metri dello strato  $i$ -esimo

$V_i$  = Velocità dell'onda di taglio  $i$ -esima

$N$  = Numero di strati

<b>CLASSIFICAZIONE DEL SITO</b> Classificazione del D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni".	
<i>Committente</i>	<b>INNOVAZIONE AGRISOLARE SRL</b>
<i>Località</i>	<b>Borgo Franchetto</b>
<i>Strumentazione utilizzata</i>	<b>Sismografo MAE A6000SE</b>
<i>Metodo di indagine</i>	<b>M.A.S.W.</b>
<i>Metodo di energizzazione</i>	<b>Mazza da 8 kg</b>
<i>Geometria dello stendimento</i>	<b>Lineare con 24 geofoni (4,5Hz) – interasse 1,5 m</b>

<b>VELOCITA' MEDIA DELLE ONDE SISMICHE DI TAGLIO <math>V_{s,eq}(m/s)</math></b>		434
<i>Dati i risultati, il sito in esame risulta classificato alla categoria di suolo di tipo</i>		<b>B</b>
<b>SUOLO</b>	<b>DESCRIZIONE LITOTECNICA</b>	<b><math>V_{s,eq}</math> (m/s)</b>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800m/s$ , eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m	<b>&gt;800</b>
<b>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 360m/s e 800m/s	<b>360÷800</b>
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180m/s e 360m/s	<b>180÷360</b>
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100m/s e 180m/s	<b>100 ÷ 180</b>
<b>E</b>	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	

<b>CLASSIFICAZIONE DEL SITO</b> Classificazione del D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni".	
<i>Committente</i>	<b>INNOVAZIONE AGRISOLARE SRL</b>
<i>Località</i>	<b>Masseria Cattiva degli ulivi</b>
<i>Strumentazione utilizzata</i>	<b>Sismografo MAE A6000SE</b>
<i>Metodo di indagine</i>	<b>M.A.S.W.</b>
<i>Metodo di energizzazione</i>	<b>Mazza da 8 kg</b>
<i>Geometria dello stendimento</i>	<b>Lineare con 24 geofoni (4,5Hz) – interasse 1,5 m</b>

<b>VELOCITA' MEDIA DELLE ONDE SISMICHE DI TAGLIO <math>V_{s,eq}(m/s)</math></b>		434
<i>Dati i risultati, il sito in esame risulta classificato alla categoria di suolo di tipo</i>		<b>C</b>
<b>SUOLO</b>	<b>DESCRIZIONE LITOTECNICA</b>	<b><math>V_{s,eq}</math> (m/s)</b>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800m/s$ , eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m	<b>&gt;800</b>
<b>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 360m/s e 800m/s	<b>360÷800</b>
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180m/s e 360m/s	<b>180÷360</b>
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100m/s e 180m/s	<b>100 ÷ 180</b>
<b>E</b>	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	

<b>CLASSIFICAZIONE DEL SITO</b> Classificazione del D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni".	
<i>Committente</i>	<b>INNOVAZIONE AGRISOLARE SRL</b>
<i>Località</i>	<b>Poggio Diso</b>
<i>Strumentazione utilizzata</i>	<b>Sismografo MAE A6000SE</b>
<i>Metodo di indagine</i>	<b>M.A.S.W.</b>
<i>Metodo di energizzazione</i>	<b>Mazza da 8 kg</b>
<i>Geometria dello stendimento</i>	<b>Lineare con 24 geofoni (4,5Hz) – interasse 1,5 m</b>

<b>VELOCITA' MEDIA DELLE ONDE SISMICHE DI TAGLIO <math>V_{s,eq}(m/s)</math></b>		434
<i>Dati i risultati, il sito in esame risulta classificato alla categoria di suolo di tipo</i>		<b>C</b>
<b>SUOLO</b>	<b>DESCRIZIONE LITOTECNICA</b>	<b><math>V_{s,eq}</math> (m/s)</b>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m	<b>&gt;800</b>
<b>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	<b>360 ÷ 800</b>
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s	<b>180 ÷ 360</b>
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s	<b>100 ÷ 180</b>
<b>E</b>	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	

## **CLIMATOLOGIA**

Elementi fondamentali del clima sono le precipitazioni i venti, le temperature, la quota topografica, la latitudine ed un insieme di fattori minori che concorrono ugualmente alla definizione generale di clima. Il clima, è uno dei fattori fondamentali nell'ambito di uno studio idrologico e geomorfologico di una data area, esso infatti influenza e determina, a parità di condizioni geologiche, la morfologia ed il bilancio generale dei bacini interessati. Nell'approccio dello studio climatologico del presente lavoro, sono presi in considerazione soltanto la temperatura e le precipitazioni; gli altri elementi climatici non sono stati adoperati per la mancanza di stazioni di misura e di notizie atti a fornire dati quantitativi e qualitativi da elaborare.

### **Precipitazioni**

Allo scopo di valutare e studiare le condizioni pluviometriche della zona in esame, sono stati presi in considerazione, i dati relativi agli ultimi sessanta anni delle stazioni pluviometriche rappresentative per il topoiote in cui ricadono le aree in studio nel territorio comunale di Castel di Iudica e Ramacca. Dai dati forniti dal Servizio Idrografico, sono state calcolate le medie aritmetiche in mm delle altezze di precipitazioni mensili ed annue. A tale scopo, sono stati sommati i valori in mm di pioggia relativi ad ogni mese degli ultimi sessant'anni, e diviso tale valore per gli anni di funzionamento delle stazioni stesse. I dati così ottenuti, sono stati utilizzati per la determinazione delle precipitazioni medie mensili ed annue della zona in esame.

### **Precipitazioni Mensili**

Le precipitazioni medie mensili del periodo che copre gli ultimi sessant'anni, non presentano nel complesso differenze accentuate nelle stazioni considerate. I valori massimi di precipitazioni, si hanno nei mesi di dicembre e gennaio; i valori minimi si hanno nel mese di luglio. Il numero dei giorni piovosi varia tra 1 e 2 nei mesi di giugno, luglio, agosto, tra i 9 e 11 nei mesi di dicembre e gennaio. La densità delle precipitazioni, e cioè il rapporto tra la pioggia caduta e numero di giorni piovosi,

presenta in generale, valori più alti nei mesi di gennaio, ottobre, novembre e dicembre; quelli più bassi in luglio ed agosto. A partire dai mesi di aprile-maggio, si verifica una diminuzione delle precipitazioni, fino a raggiungere valori molto bassi (valori minimi) nel mese di luglio, per poi assumere un andamento di generale ripresa dal mese di agosto-settembre fino a dicembre-gennaio. Le precipitazioni medie mensili, hanno indicato comunque che il mese più piovoso risulta essere gennaio con 133 mm di pioggia, seguito da dicembre con 125 mm di pioggia e da ottobre con 117 mm di pioggia; il meno piovoso è risultato il mese di luglio con solo 10 mm di pioggia.

### **Precipitazioni Stagionali**

Esaminando le distribuzioni stagionali delle precipitazioni, relative ai 60 anni considerati, si è osservato che il semestre più freddo è sempre più piovoso di quello più caldo, con una quantità media di pioggia di valore molto più alto rispetto a quest'ultimo. La stagione più piovosa coincide quindi sempre con l'inverno, mentre quella più arida si è rivelata l'estate, con valori molto bassi di precipitazioni. Concludendo si può affermare che le più alte precipitazioni si verificano nella stagione invernale; le minime in estate; e, nelle stagioni primavera ed autunno, valori intermedi tra le prime due.

### **Precipitazioni Annue**

La somma delle precipitazioni medie mensili relative al periodo considerato, fornisce l'altezza di precipitazioni media annua. I dati ottenuti a tale proposito, mettono in evidenza che, le altezze di precipitazioni, non sono molto elevate, infatti, si ottengono circa 575 mm di pioggia in circa 69 giorni piovosi. Le quantità però ottenute, risultano essere di valore inferiore all'altezza media annua di precipitazione dell'intero territorio italiano, che è di circa 970 mm (TONINI '59).

## Temperature Mensili, Stagionali E Annuali

Dall'analisi dei dati ottenuti è possibile notare che i valori minimi di temperature medie mensili, si registrano in gennaio, con valori medi oscillanti tra i 5°,7°; i valori massimi si hanno in luglio ed agosto con valori medi intorno ai 27,5°. A riguardo dei valori delle temperature medie stagionali, si può notare che essi presentano dei valori minimi sempre nella stagione invernale, quelli massime nella stagione estiva. I valori primaverili ed autunnali sono intermedi tra questi fig 8.

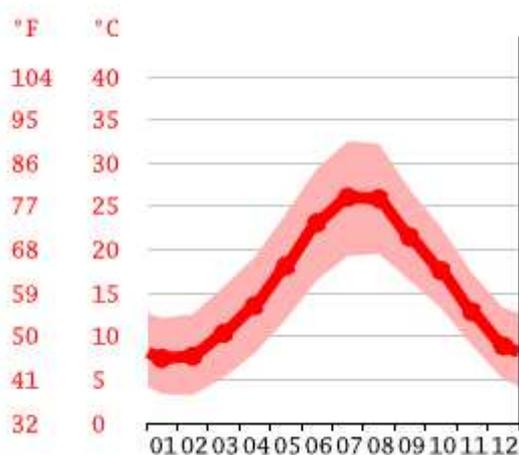


Fig 8

I valori delle temperature medie annue, si mantengono moderatamente alte. L'elaborazione dei dati ha fornito valori intorno a 16,1°, quota 350 metri circa s.l.m.). Negli ultimi anni si stanno però verificando condizioni di temperatura estreme che nel periodo estivo comportano variazioni che appaiono con diversa tendenza rispetto all'andamento climatico storico.

## Relazione Temperatura-Precipitazioni

Negli elementi del clima, risultano di fondamentale importanza, i rapporti che legano la temperatura e le precipitazioni, in quanto questi, assieme ad altre variabili, quale la litologia, tipo di suolo, la superficie coperta di vegetazione ed i tipi di colture (nella zona in esame rappresentate prevalentemente da prateria, pascolo),

influenzano notevolmente il fenomeno dell'evapotraspirazione. Allo scopo di esaminare e visualizzare le relazioni tra temperature e precipitazioni, è stato analizzato il diagramma ombrotermico (BAGNOLUS e GAUSSEN '57), che mette in relazione le precipitazioni e i valori di temperatura medi mensili (Fig 9).

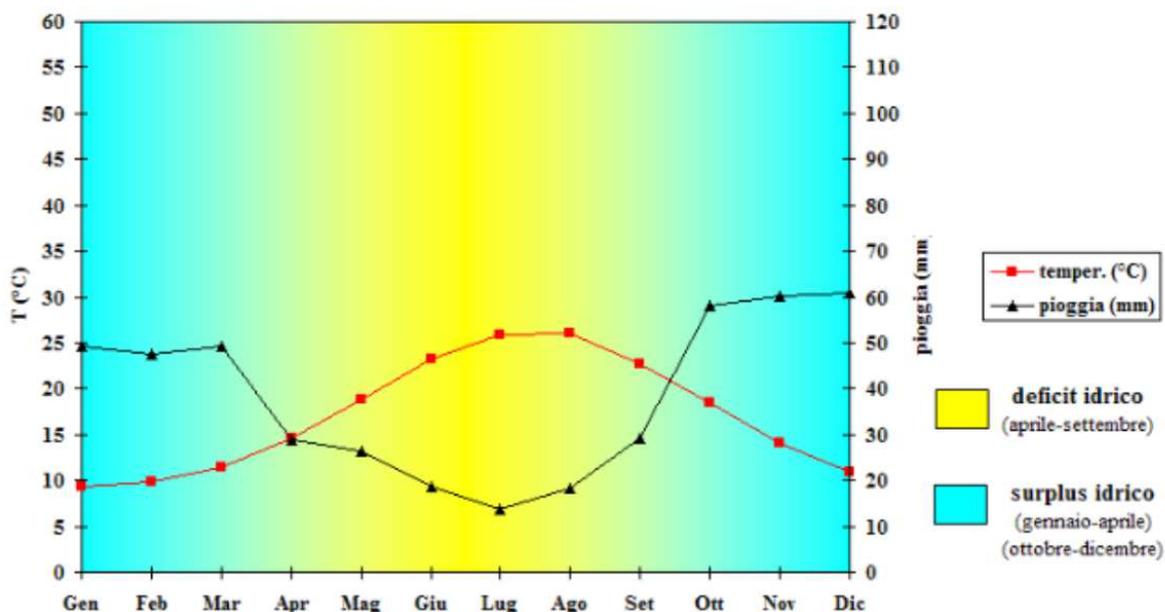


Fig.9

Dalla disamina del suddetto grafico, si è potuto osservare come la curva termica, che rappresenta all'incirca l'andamento dell'evaporazione e della traspirazione, si mantiene per i mesi autunnali ed invernali al di sotto della curva rappresentante le precipitazioni; questa situazione, sta ad indicare un periodo umido e quindi un bilancio d'acqua positivo.

Viceversa nei mesi di maggio, giugno, luglio ed agosto, la curva termica supera invece quella pluviometrica: ne viene così un bilancio d'acqua negativo con alti valori di evapotraspirazione, specie nei mesi di luglio e agosto.

### Inquadramento Climatico

Dal punto di vista climatico la zona presenta caratteri tipicamente mediterranei contraddistinti da un semestre autunno-inverno con precipitazioni abbondanti e concentrate in brevi periodi e un semestre primavera-estate che presenta prolungate

fasi di siccità. Gli eventi meteorici più importanti dal punto di vista quantitativo si verificano generalmente nel periodo ottobre-dicembre mentre la maggiore frequenza di giorni piovosi si registra nei mesi di gennaio e febbraio. Da studi eseguiti nei territori della regione Sicilia e in riferimento alle aree in studio, risulta un gradiente pluviometrico positivo procedendo dal livello del mare fino ad una quota di circa 600 mt, al di sopra si ha un'inversione con conseguente diminuzione degli afflussi meteorici. A tal proposito, dall'analisi della distribuzione areale delle precipitazioni medie annue nel comprensorio esaminato, risulta che il territorio in oggetto è interessato da una piovosità media compresa tra 400 e 500 mm di pioggia annua (Fig 10).

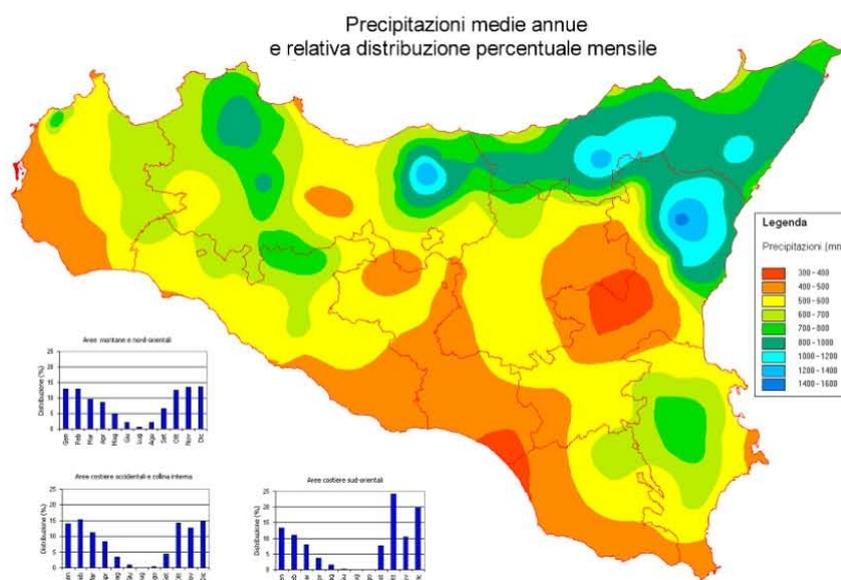


Fig. 10

Similmente a quanto riscontrato per le precipitazioni anche i valori termometrici risultano influenzati dall'altimetria (Fig 11). Le temperature medie più basse si registrano nel mese di gennaio mentre quelle più alte nel periodo luglio-agosto.

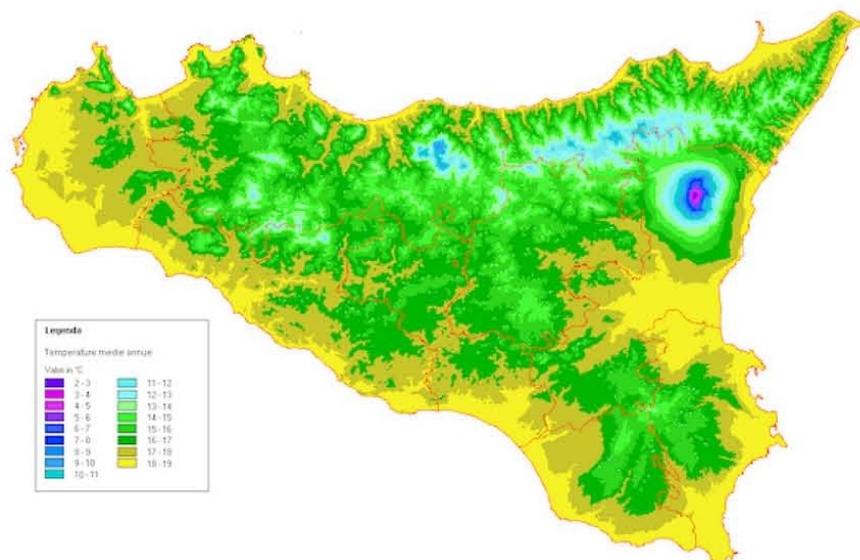


Fig. 11

Per quanto riguarda il regime eolico risulta una sensibile differenza tra le quote più elevate, ove predominano i venti provenienti dai settori occidentali, e quelle più basse dove sono più frequenti i venti con direzione E-W.

I dati pluviometrici e termometrici possono essere utilizzati per cercare di definire il tipo climatico in cui ricade la zona in esame.

A questo scopo è utile premettere che due sistemi di classificazione del clima che hanno riscosso notevole consenso da parte dei climatologi, sono quelli elaborati da THORNTHWAITE (1948) e da KOPPEN (1931-36). Nella classificazione proposta da quest'ultimo, i diversi tipi climatici (individuati attraverso un attento esame dei caratteri termici e pluviometrici), ci vengono indicati con le diverse lettere dell'alfabeto in carattere maiuscolo. Così ad esempio, nell'ambito del territorio italiano ricadono i tipi climatici delle classi C, D, E, cioè i climi temperati, quelli temperati freddi (boreale), e quelli freddi. All'interno di ogni singola classe il Koppen operò poi una ulteriore suddivisione, servendosi di lettere in carattere minuscolo, in base a particolari limiti che egli considerò espressivi del paesaggio tra certe condizioni climatiche ad altre. Nel nostro caso ad esempio, l'area considerata ricadrebbe nel tipo climatico Csa; si ha infatti:

- temperatura del mese più freddo inferiore a +18° e superiore a -3° (classe C);
- il mese più arido cade nella stagione estiva e fornisce una quantità di precipitazioni inferiore ai 30 mm (tipo s);
- la temperatura del mese più caldo è superiore a 22° (carattere a).

Pertanto, il tipo climatico, può considerarsi intermedio tra il temperato sub-tropicale ed il temperato caldo.

Nelle sottostanti figure si vuole rappresentare una serie di elementi e di informazioni a corredo della climatologia dell'area in studio - tratte da (Weatherspark.com – Cedar Lake Ventures).

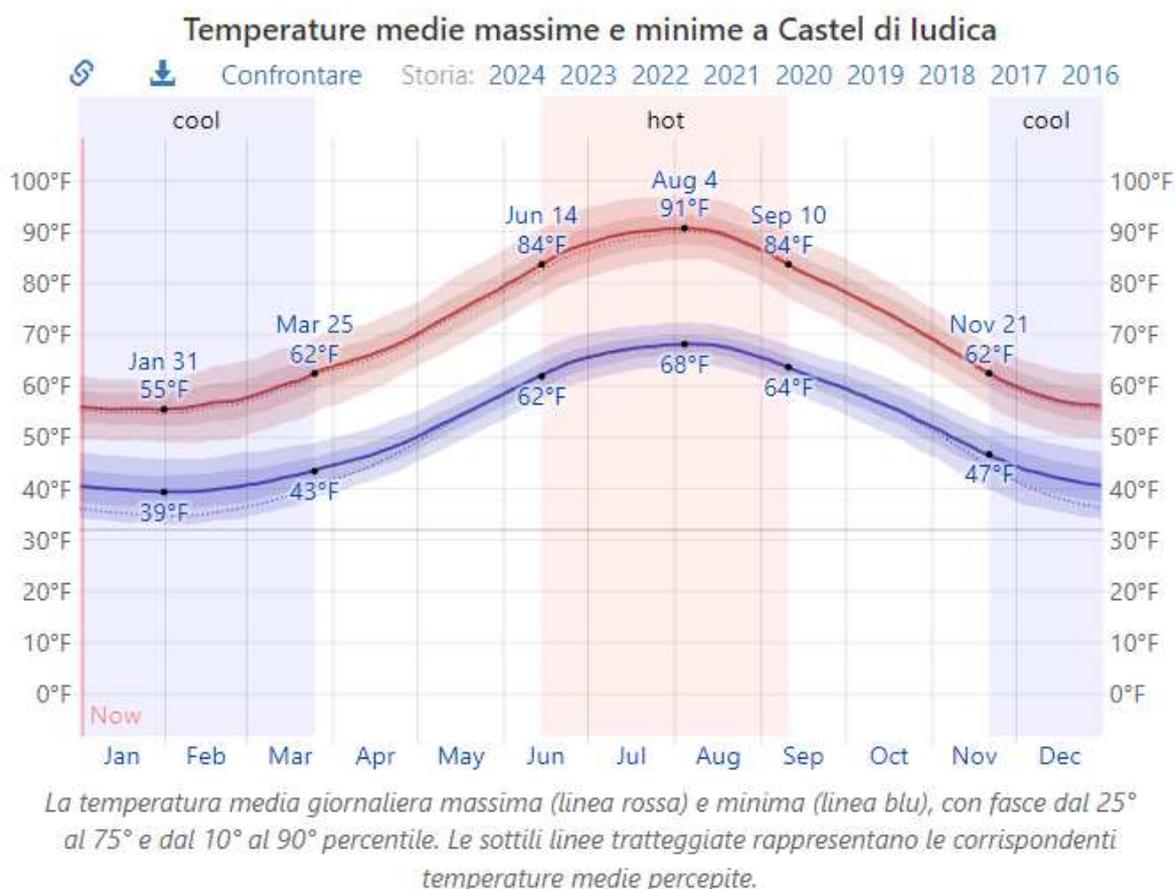
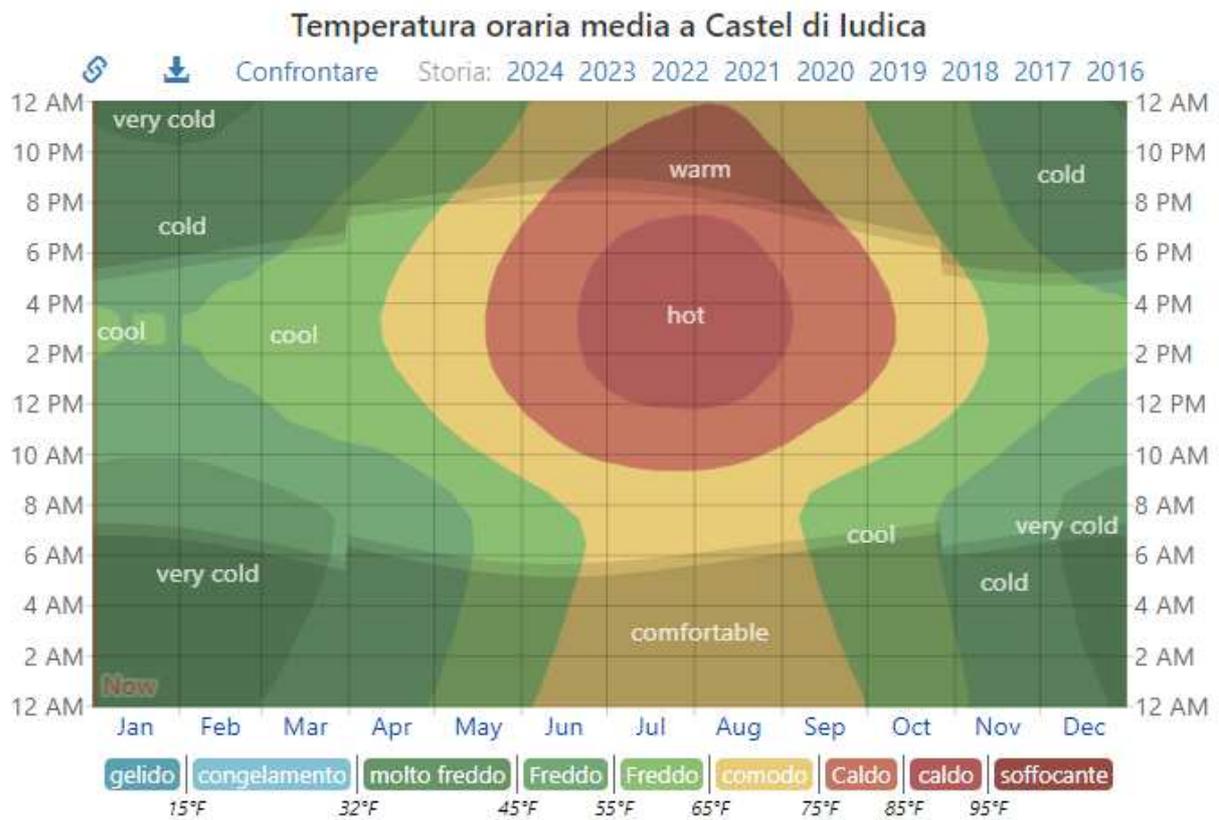
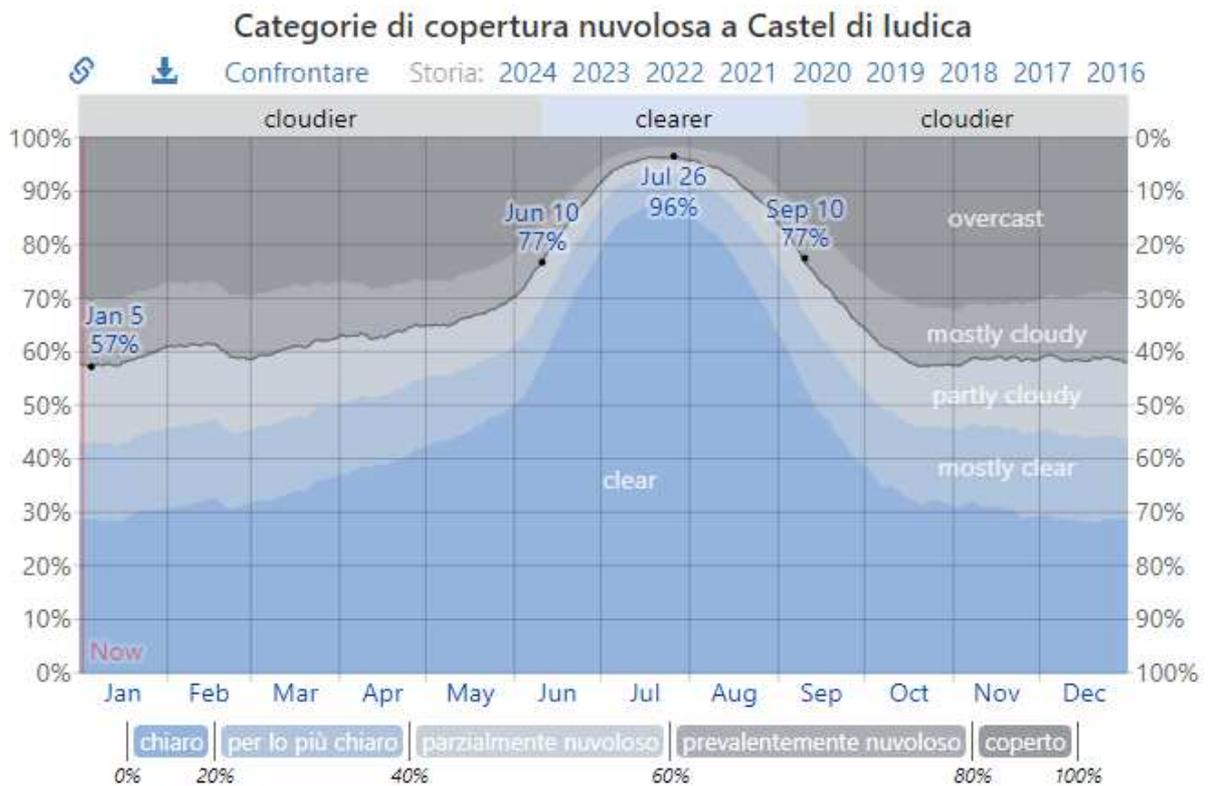


Fig.12



*La temperatura oraria media, codificata a colori in fasce. Le sovrapposizioni ombreggiate indicano la notte e il crepuscolo civile.*

Fig. 13



La percentuale di tempo trascorso in ciascuna fascia di copertura nuvolosa, classificata in base alla percentuale di cielo coperto da nuvole.

Fig. 14



La piovosità media (linea continua) accumulata nel corso di un periodo mobile di 31 giorni centrato sul giorno in questione, con fasce dal 25° al 75° e dal 10° al 90° percentile. La sottile linea tratteggiata rappresenta la corrispondente nevicata media.

Fig. 15



Fig. 16

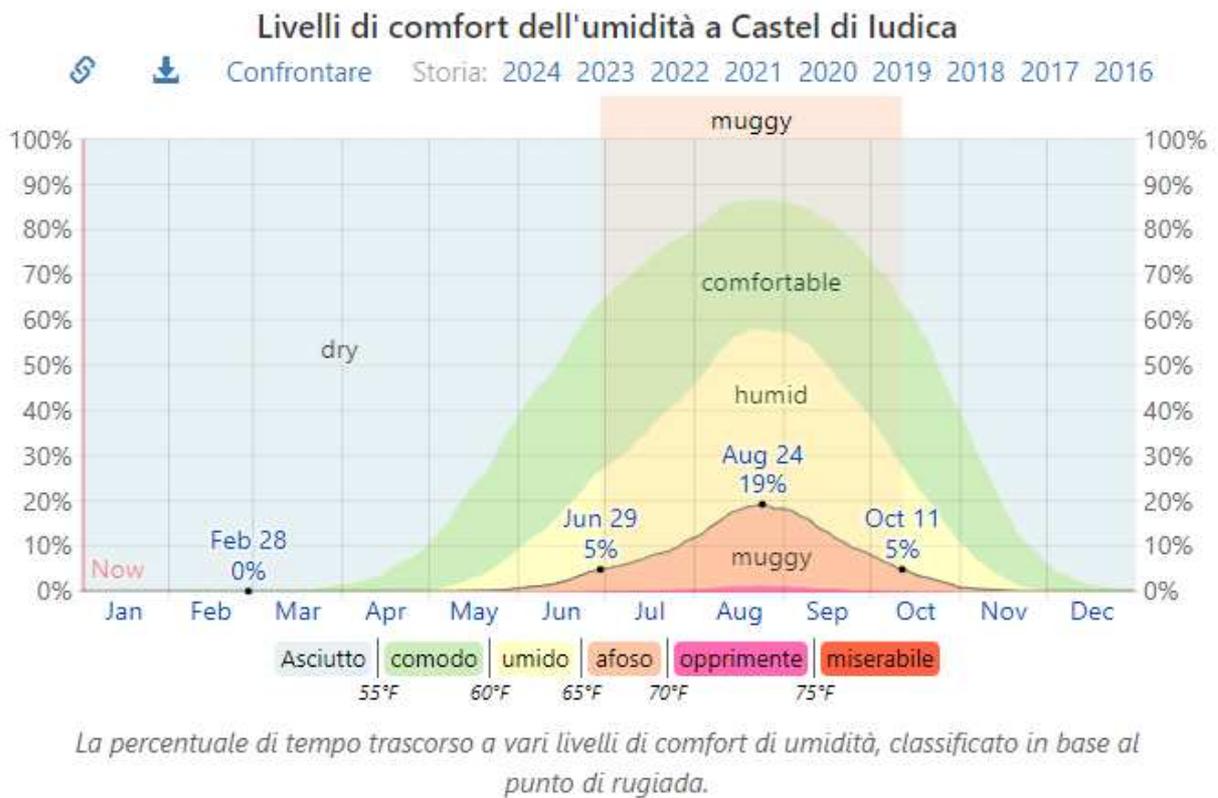


Fig. 17

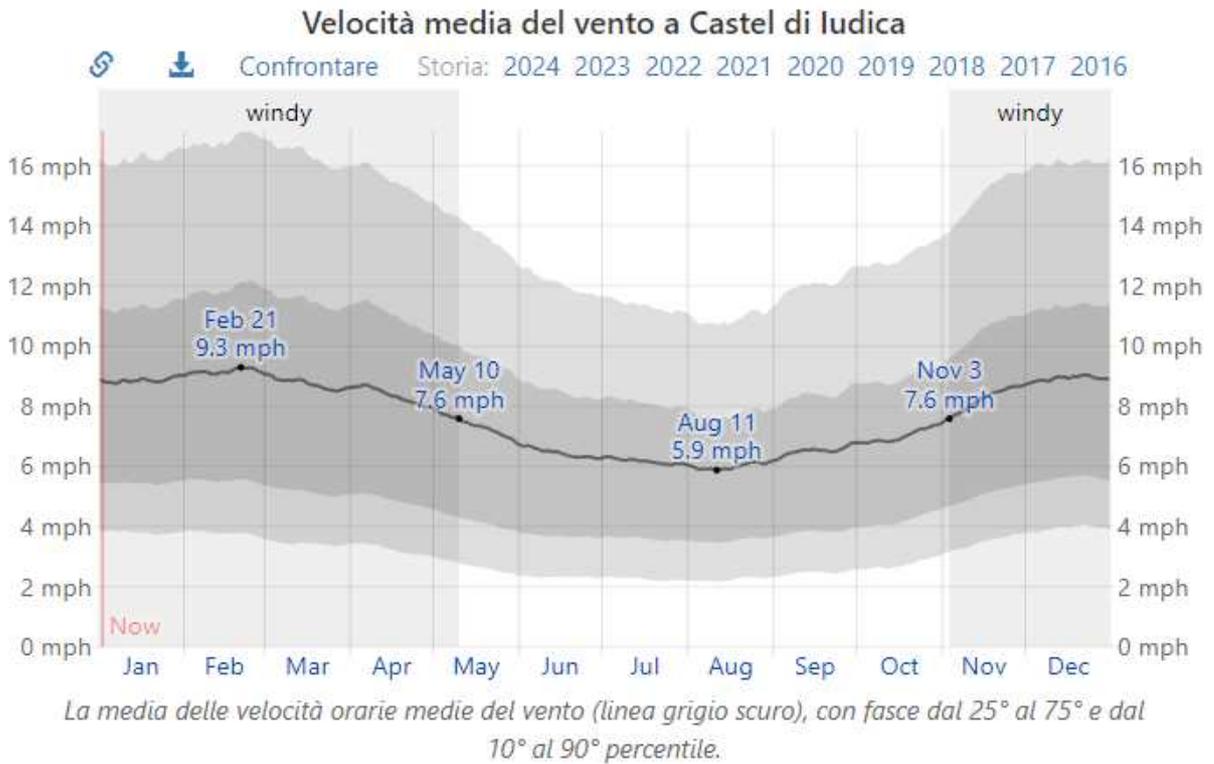


Fig. 18

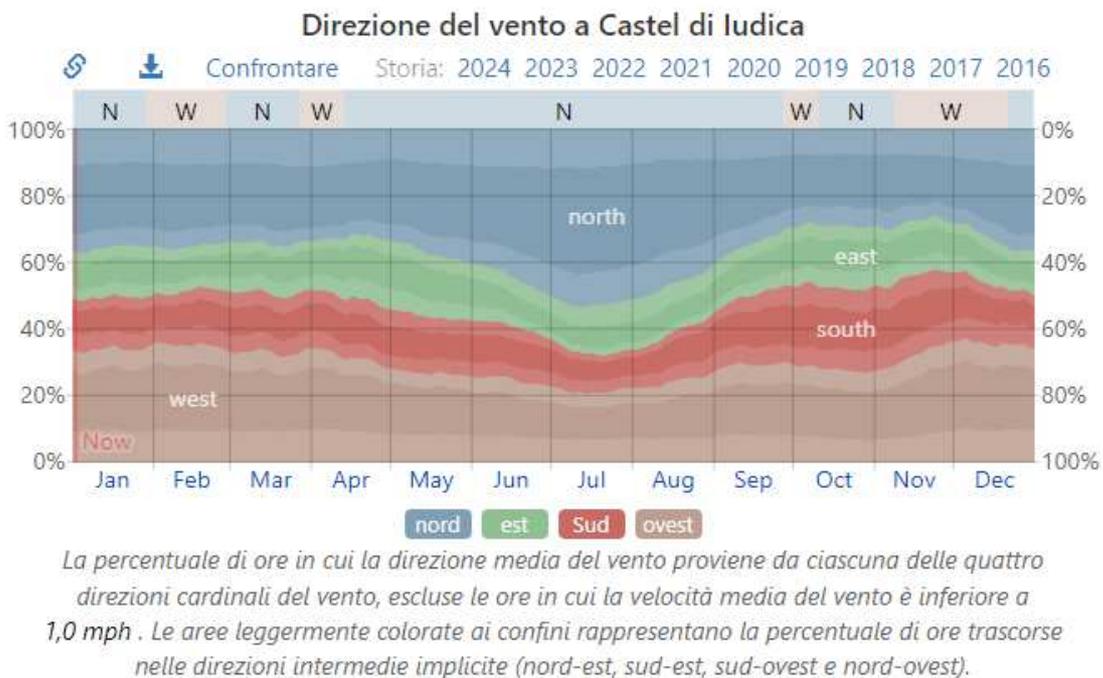


Fig 19

## Energia solare a onde corte con incidenza giornaliera media a Castel di Iudica

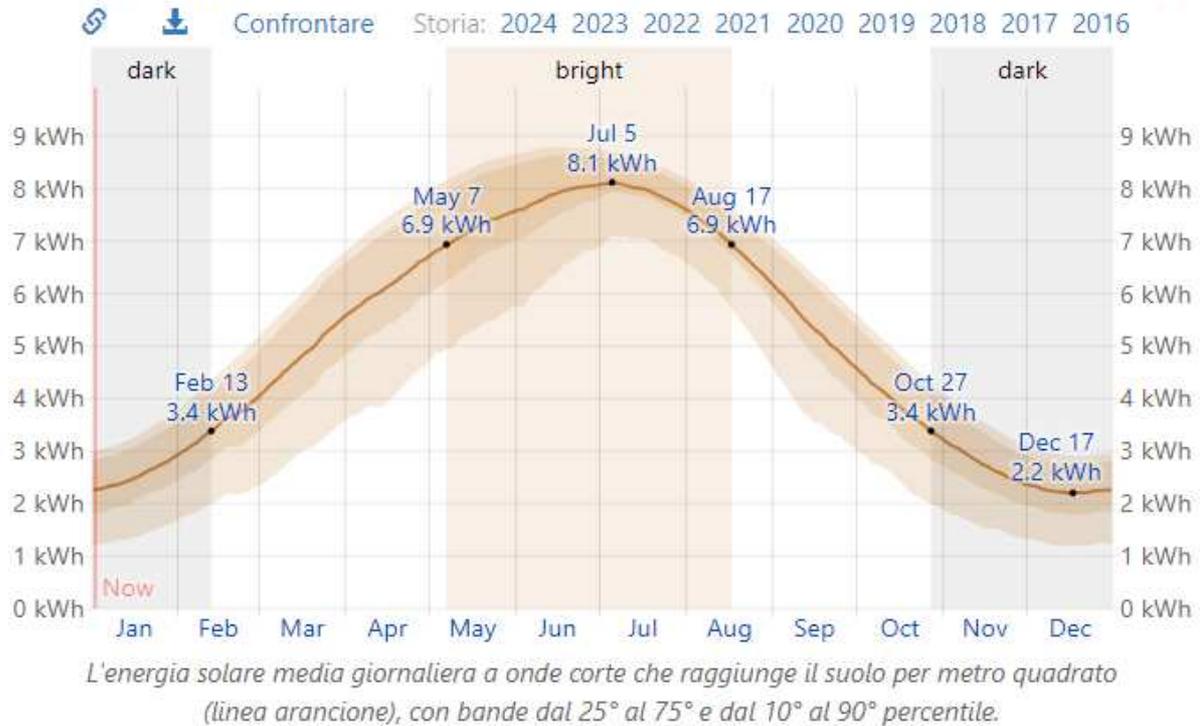


Fig. 20

## IDROGRAFIA

Caratteri geologici e climatici sono i principali fattori che influenzano morfologia, sviluppo e grado di gerarchizzazione dei bacini idrografici. Particolarmente importanti a tale riguardo, nell'ambito dei fattori climatici, risultano le precipitazioni. Dall'interazione tra precipitazioni e natura litologica dove sono incassati gli alvei, dipende infatti la quantità e la distribuzione degli scorrimenti superficiali e di quelli profondi, e quindi il carattere e l'intensità dell'erosione, variabile a secondo che le acque superficiali defluiscono su rocce coerenti, lapidee o su rocce incoerenti. Gli alvei sono caratterizzati da un regime tipicamente torrentizio con totale assenza di deflusso superficiale per gran parte dell'anno. I deflussi più importanti avvengono principalmente nella stagione invernale durante la quale, in occasione di intense e prolungate precipitazioni meteoriche, si possono verificare improvvisi riversamenti di eccezionali masse d'acque dall'elevato potere erosivo. La costituzione geologica dei

bacini, è particolarmente importante in quanto la permeabilità dei terreni determina lo scorrimento superficiale e l'esistenza stessa dei corsi d'acqua, determinandone anche il regime. I rapporti tettonici e giaciture tra i terreni a diverse permeabilità condizionano l'ampiezza dei bacini idrogeologici e l'andamento della circolazione idrica sia sotterranea che superficiale.

### **Reticolo Idrografico**

L'area in esame è interessata da un reticolo idrografico da angolato a sub-dentritico composto da un insieme di linee di impluvio confluenti in diverso modo fra loro e che danno origine a corsi d'acqua progressivamente via via più importanti (AVIURAM-VIA02-087-Carta Del Reticolo Idrografico). Questa disposizione è funzione della diversa composizione litologica delle rocce attraversate, il reticolo delle fratture, la diversa erodibilità e permeabilità dei litotipi, forme e paleoforme del rilievo. La direzione preferenziale ad andamento più o meno parallelo di alcuni rami indica un certo controllo tettonico di un sistema di fratture più o meno parallele. Costituiscono quindi dei piccoli bacini idrografici, la cui maggiore area di alimentazione è rappresentata nelle aree montane. I deflussi e le portate sono strettamente legate alle precipitazioni in quanto risultano scarse manifestazioni sorgentizie e/o assenti gli apporti di subalveo. La capacità erosiva a lungo termine dei segmenti di vario ordine, in tutti i bacini, è attenuata dalla elevata compattezza e competenza dei terreni affioranti nelle zone medio-alte resistenti all'erosione. La prova di quanto detto è la scarsa gerarchizzazione del reticolo idrografico e la geometria delle sezioni d'alveo dove le sponde, hanno pareti sub verticali nel complesso ben conservate.

### **IDROGEOLOGIA**

La possibilità di avere, in una determinata zona la presenza di una circolazione idrica sotterranea, di cui le sorgenti in area rappresentano le manifestazioni superficiali, è collegata a due principali fattori: climatici e geologici. I fattori geologici agiscono nel senso di permettere l'accumulo delle acque e il loro scorrimento profondo in funzione delle caratteristiche litologiche e strutturali.

Fra le caratteristiche idrologiche che condizionano la presenza di falde idriche nell'area esaminata, quella più importante è la permeabilità.

Si definiscono permeabili le rocce in cui l'acqua può passare o attraverso gli spazi esistenti fra i granuli che le compongono, o attraverso le fessure che ne interrompono la compagine.

La permeabilità di una roccia dipende da due principali condizioni: dalle dimensioni dei meati o delle fessure (che non debbono essere tali da dar luogo a fenomeno della ritenzione per capillarità) e della loro continuità.

Le fessure o i meati esistenti nella roccia è necessario che comunichino tra di loro, per permettere la migrazione dell'acqua verso la roccia serbatoio.

Dal punto di vista idrogeologico le rocce presenti nell'area in studio possono essere suddivise in tre grandi classi:

- rocce permeabili per porosità;
- rocce permeabili per fessurazione e/o fratturazione;
- rocce a permeabilità mista.

La permeabilità per porosità è una proprietà intrinseca e congenita della roccia, ossia una proprietà che si è sviluppata quando si è formata la roccia stessa; la permeabilità per fessurazione e/o fratturazione è comunemente una qualità acquisita. Naturalmente un tipo di permeabilità non esclude l'altro. Il primo tipo è dovuto alla presenza nella roccia di spazi vuoti di una certa dimensione, che formano una rete continua, per cui, l'acqua può passare filtrando da uno spazio all'altro.

La permeabilità per fessurazione e/o fratturazione (detta anche permeabilità in grande) è dovuta alla presenza in masse rocciose per lo più impermeabili, di fratture e fessure (queste ultime riferite alle rocce vulcaniche estesamente diffuse nell'area in studio) che formano un sistema continuo.

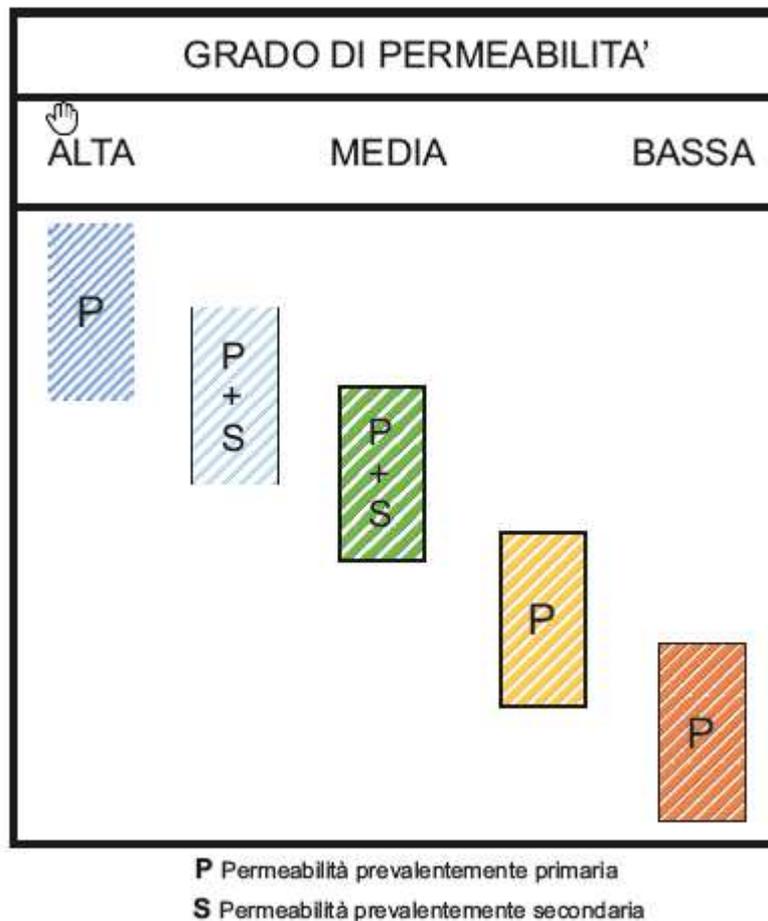
Fra i due tipi di permeabilità non vi è un limite netto: quando, per esempio, le fessure sono estremamente fitte, come nel caso di certe rocce brecciate, non esistono più differenze sostanziali. Per quanto qualsiasi tipo di roccia soggetta a fratturazioni possa divenire permeabile, sono le rocce più fragili e nel contempo più solubili in acqua, quelle nelle quali si manifesta maggiormente la permeabilità per fratturazione, come ad esempio per gli affioramenti delle calcareniti.

Il carattere della solubilità (carsismo) favorisce infatti, lo sviluppo della permeabilità, in quanto, le acque che circolano attraverso le fratture, tendono ad ampliare e ad aumentare a poco a poco le comunicazioni fra fessura e fessura. Questo tipo di permeabilità può essere distinto come permeabilità per soluzioni. Le rocce che godono di caratteristiche idrologiche tali da permettere l'immagazzinamento dell'acqua e la sua circolazione sotterranea, prendono il nome di rocce serbatoio, e se l'acqua è in esse presente, costituiscono degli acquiferi. Affinchè si formi quindi un acquifero è necessario che esista una certa quantità d'acqua che si infiltri nel sottosuolo, per le caratteristiche di permeabilità dei terreni interessati e che esista, in genere, un sub-strato a comportamento impermeabile (BADROCKS) che arresti l'acqua ad un certo punto della sua discesa, permettendo così la saturazione dei materiali permeabili sovrastanti. Da quanto detto si comprende l'importanza di condurre, nell'ambito del presente lavoro, delle considerazioni aventi lo scopo di definire, le caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi litologici, affioranti nell'area in studio (AVIURAM-VIA02-086 - Carta Idrogeologica).

### **Caratteristiche Di Permeabilita'**

Alla luce di quanto acquisito e dalle osservazioni fatte, si è cercato di definire le caratteristiche di permeabilità dei diversi tipi litologici presenti nell'area interessata dallo studio (vedasi carta idrogeologica allegata). La quasi totalità delle rocce affioranti nell'area di stretto interesse ed intorno significativo, è costituita da rocce in facies argillo marnosa, marnosa e marnoso calcarea.

Tali litotipi possono essere distinti, in base alle loro caratteristiche litologiche stratigrafiche, in 5 complessi differenti:

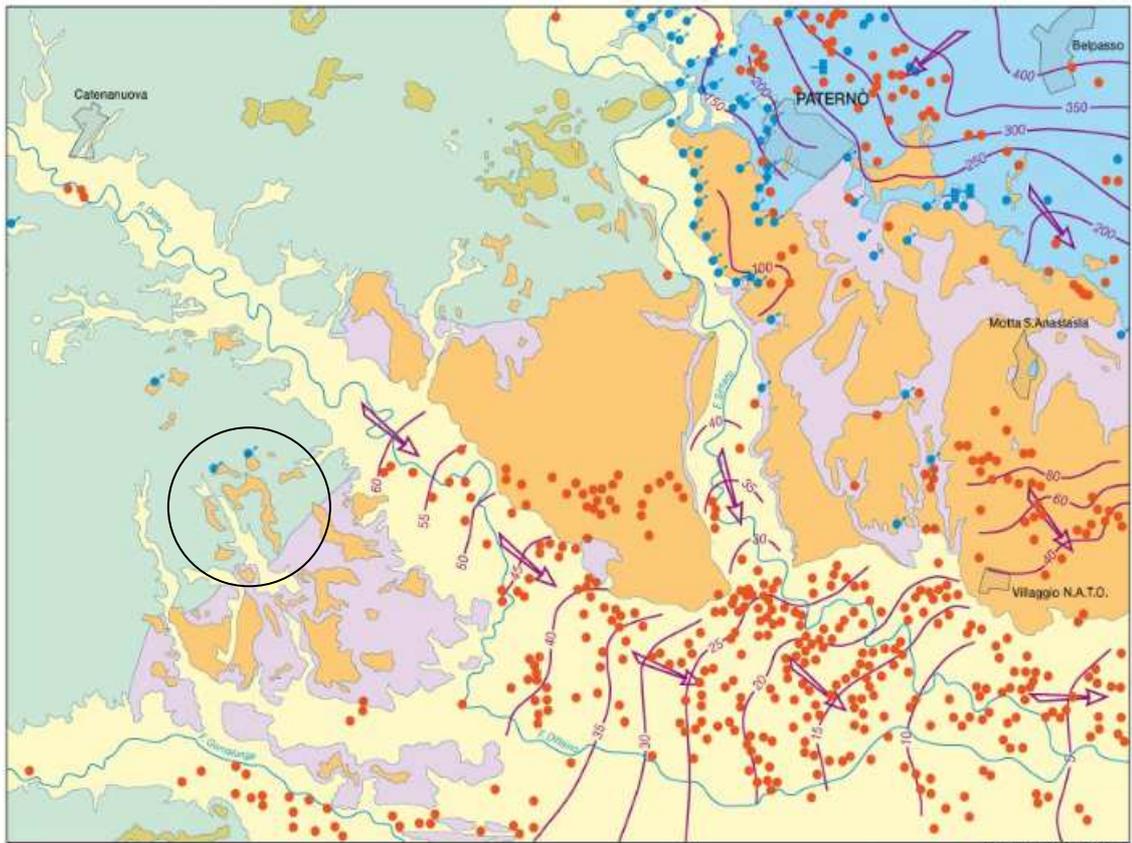


Dal punto di vista idrogeologico, il primo complesso (alluvioni ghiaie e sabbie, presenta una permeabilità primaria alta; il secondo complesso presenta una permeabilità singenetica e acquisita medio-alta (Detrito, calcilutiti e alternanza di sabbie e conglomerati) pertanto, le acque di precipitazione meteorica, si infiltrano rapidamente nel sottosuolo grazie alla presenza di discontinuità primarie e secondarie. Il terzo complesso presenta una permeabilità media in dipendenza della fratturazione e grado di cementazione delle formazioni (Bancate quarzarenitiche e alternanza calcari marnosi e marne). Il quarto complesso è dato da terreni a permeabilità medio bassa (Argille marnose, marne e radiolariti e argilliti silicee) mentre il quinto complesso attesta permeabilità bassa (argille marnose argille siltiti e flysch numidico).

I 5 complessi prima descritti rappresentano le formazioni geologiche che per condizioni di permeabilità giaciture e tessitura mineralogica attestano complessivamente le scarse condizioni di accumulo di acque di infiltrazione meteorica ad alimentazione di falde sotterranee. Come schematizzato nella figura sottostante la concentrazione di presenza di pozzi e di un circolazione idrica sotterranea è individuabile ad est dell'area in studio, dove tipologie di terreni diversi garantiscono le condizioni di accumulo in rocce serbatoio delle acque di infiltrazione e la presenza di pozzi ne permette l'emungimento per le attività agricole, zootecnia, attività artigianali e commerciali in genere. Nello specifico, nell'area di interesse a prevalere sono i fenomeni di ruscellamento; **dal punto di vista idrogeologico i corpi più permeabili rappresentano, degli acquiferi di scarsa importanza in dipendenza delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione latero-verticale dei depositi. Nell'area di interesse, i corpi idrogeologici a minor permeabilità, permettono in condizioni locali, la presenza di acquiferi tipo acquiclude e localmente degli aquitardi, con la funzione di trasmettere lentamente acqua (che per drenanza verticale può ricaricare un acquifero).** Manifestazioni sorgentizie sono riscontrabili al contatto con terreni a differente permeabilità come nel settore ad est di M.Turcisi.

# SCHEMA IDROGEOLOGICO

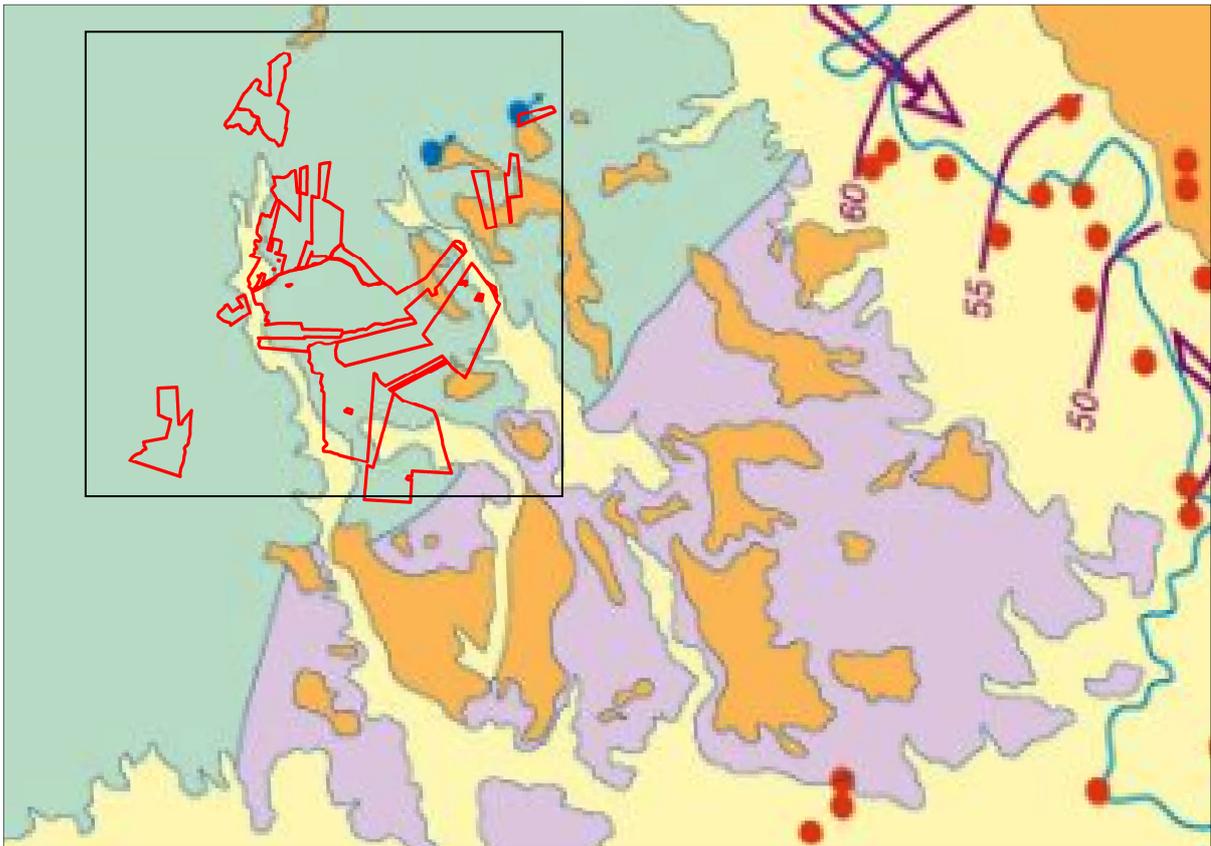
Scala 1: 200 000



idi Ferrara, 2001, modificata

○ Area in studio

- Pozzo con portata > 5 l/s
- Pozzo per uso idropotabile
- Galleria drenante
- Sorgente
- ➔ Direzione di deflusso sotterraneo
- 200 — Curva isoplezometrica (m s.l.m.)



**Localizzazione aree interessate dal progetto**

### **CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE**

Lo studio geomorfologico, inteso come interpretazione del rilievo terrestre, contempla la combinazione di vari processi propri della dinamica dell'atmosfera, dell'idrosfera e della litosfera. Infatti, l'interazione tra i vari agenti morfodinamici quali le acque correnti superficiali ed incanalate, la gravità, la tettonica, le azioni carsiche, quelle antropiche etc, nonché le caratteristiche litologiche determinano le forme presenti in una determinata area. L'area in studio, morfologicamente compresa tra le quote 350 m s.l.m. e 130 m s.l.m., è il risultato dei processi successivi di erosione e deposito avvenuti ai danni dei litotipi affioranti e di substrato, e si presenta a tratti con estesi pianori delimitati da variazioni di pendenza in adiacenza ad essi, date da versanti più o meno ripidi, solcati da tributari che alimentano gli assi di drenaggio superficiali, attivi durante le precipitazioni meteoriche. I corsi fluviali mostrano dei

caratteri che sembrano avvicinarli ai corsi d'acqua a regime torrentizio, si registrano infatti, nel periodo invernale ed autunnale, abbondanti precipitazioni (ciò contribuisce a sviluppare una intensa attività d'erosione da parte delle acque), mentre risultano scarse o quasi nulle nei periodi primaverili ed estivi. Questa condizione provoca quindi un essiccamento nei periodi di scarse precipitazioni (estate), di quegli affluenti che non sono alimentati da sorgenti perenni. La morfologia si presenta articolata a tratti con estesi pianori (che rappresentano le tipologie morfologiche più diffusamente interessate dalle aree di progetto); dalle porzioni sub-pianeggianti dei pianori man mano che ci si sposta verso le incisioni vallive si osservano forme del paesaggio repentinamente aspre, con acclività, ed una conformazione per lo più a gradini, corrispondenti ai piani di strato più resistenti, rafforzati molto spesso dall'uomo per ricavarne limitati terrazzamenti adibiti a modeste colture stagionali. Si notano infatti veri e propri rilievi di forma allungata con altezze mediamente accentuate, solcate da profonde incisioni, denominate "valloni e fossati", che mostrano di essere allineate in direzione NW-SE e E-W, determinando così un reticolo idrografico di tipo tettonico, cioè che ha risentito e si è modificato, in base agli effetti delle componenti tettoniche. Nelle porzioni dove sono presenti i terreni marnosi, i caratteri morfologici a prevalere sono di tipo mammellone. Tale settore rispetto al precedente, risulta morfologicamente molto addolcito presentandosi topograficamente con rilievi meno marcati. Le forme di erosione più diffuse, sono costituite dai ruscellamenti diffusi e dai solchi nei litotipi marnosi che ne scaturiscono. Ridotti i depositi, relegati come sono ai modesti accumuli gelosamente custoditi con i terrazzamenti artificiali, nell'area in generale a prevalere sono i fenomeni erosivi. Essi si espletano essenzialmente attraverso l'incisione valliva operata dalle acque correnti, incisione che innesca a sua volta fenomeni di scalzamento al piede e di crollo lungo i versanti scoscesi adiacenti. Il risultato di questo processo è la formazione di questi valloni profondi e che convogliano tutte le acque meteoriche della zona altipiana che fa parte dei bacini idrici di questi torrenti. L'area esaminata non è interessata da processi morfogenetici di rilievo, ed è caratterizzata da una buona stabilità d'insieme. L'erosione operata dagli esogeni è lenta per la resistenza opposta dai terreni affioranti che sono da duri a più facilmente erodibili, sedimenti calcarenitico marnosi e marne, o con attrito interno elevato alluvioni, sabbie o ghiaie, la cui caratteristica è un elevato addensamento, la

prevalenza delle frazioni granulometriche più grossolane e grado di cementazione dovuto al deposito di carbonati trasportati in soluzione dalle acque di ruscellamento e di subalveo. Ad avvalorare questa considerazione, sono gli alvei dei fiumi che risultano profondamenti incisi e con le sponde generalmente subverticali. Caratteristica questa, che si riscontra sia nella zona collinare, dove si trovano i valloni, molto meno verso valle. La rete idrografica dell'area è caratterizzata proprio dalle suddette incisioni.

Tra le morfologie rilevate prevalgono principalmente quelle legate a processi gravitativi o dilavamento di versante ad opera degli agenti esogeni. Tra le principali morfologie riscontrate si hanno (AVIURAM-VIA02-085 - Carta Geomorfologica):

- scarpate morfologiche: delimitate da orli di terrazzo e di versante, sono localizzate prevalentemente lungo le incisioni che ospitano gli alvei torrentizi. Tali scarpate sono soggette all'erosione degli agenti esogeni che, unitamente alla fratturazione che presentano i litotipi, spesso ne isola dei blocchi potenzialmente instabili per effetto della gravità.
- solchi di ruscellamento concentrato: sono presenti lungo gli impluvi incassati presenti nella zona. Si tratta di impluvi (tra i principali rilevati: Vallone Dragonta, Fosso Urso, Fosso Vaccarizzo e Vallone Franchetto) che presentano un modesto bacino di alimentazione ma che in caso di eventi meteorici eccezionali possono essere interessati da piccole onde di piena con conseguente approfondimento dell'alveo stesso.
- erosione per ruscellamento diffuso: sono tutte quelle zone poco urbanizzate caratterizzate da vegetazione scarsa o addirittura assente e dove spesso affiorano i litotipi senza alcuna copertura di suolo vegetale. In questi casi le acque meteoriche anche di media intensità scorrono in superficie originando piccoli rivoli ed un'erosione di tipo laminare.

Le morfologie legate ai processi di versante sono causate prevalentemente dalla gravità anche se, in realtà, all'evoluzione morfodinamica dei versanti si associano le azioni climatiche, sismiche e le caratteristiche composizionali, strutturali e tessiturali del litotipo su cui insistono i processi. Altre volte, sempre nei versanti delle scarpate morfologiche l'erosione selettiva può avvenire all'interno degli stessi litotipi

competenti, per differenze nella cementazione e nel grado di fratturazione. In definitiva i fenomeni appena esposti avvengono per effetto combinato della gravità, della pioggia battente e dell'infiltrazione delle acque, del termoclastismo, delle azioni sismiche, della presenza o meno di tipi di vegetazione e per azioni antropiche. Riguardo alle aree di progetto, esse non presentano elementi geomorfologici rilevanti che possono influire sia sull'attuale equilibrio morfologico. Al fine di far persistere o addirittura migliorare l'attuale equilibrio morfologico anche dopo l'attuazione dell'intervento progettuale, in dipendenza della coltre superficiale e dei litotipi a componente marcatamente argillosa che attestano un grado di permeabilità medio basso, è opportuno prevedere una regimentazione delle acque superficiali, tramite una rete di canali superficiali di scolo, per poter raccogliere e far defluire le acque anche in caso di intense e prolungate precipitazioni meteoriche, evitando possibilmente flussi concentrati ad elevato potere erosivo, oppure bruschi rallentamenti del normale deflusso idrico superficiale, che possano causare processi di deposizione dei sedimenti trasportati, predisponendo le opportune sistemazioni idraulico-forestali sia a difesa dell'erosione dei suoli che al repentino allontanamento delle acque piovane. Inoltre occorre che ci si distanzi opportunamente dalle scarpate in prossimità degli alvei fluviali e si tuteli il deflusso stesso degli alvei naturali con linee di drenaggio che favoriranno la corrivazione delle acque di ruscellamento nella direzione dei corpi ricettori naturali. In alcune settori rilevati e che rientrano nell'area in studio si segnalano zone di dissesto censite nel P.A.I. e geometrie definite di forme detritiche in scoscendimento assimilabili a corpi franosi e nello specifico a sud di M. S.Giovanni e a sud e sud est di M. Gambanera.

## **PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)**

Nella cartografia ufficiale del PAI SICILIA le aree di progetto sono inserite nel BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SIMETO (094) e aree tra i BACINI DEL FIUME SIMETO e del FIUME S.LEONARDO (094A), LAGHI DI PERGUSA (094B) E MALETTO (094C) nel CTR Sezione 633090. Le carte riferite alle aree oggetto di studio sono:

1. Carta della Pericolosità geomorfologica
2. Rischio geomorfologico
3. Carta dei dissesti

Dalla consultazione degli elaborati cartografici, emerge che In riferimento alle aree in studio risultano presenti fenomeni di dissesti geomorfologici delimitati in determinate aree riportate nelle carte delle pericolosità e rischio geomorfologico:

AVIURAM-VIA02-088 - Carta interferenza Pericolosità Geomorfologica PAI

AVIURAM-VIA02-089 - Carta interferenza Rischio Geomorfologico PAI

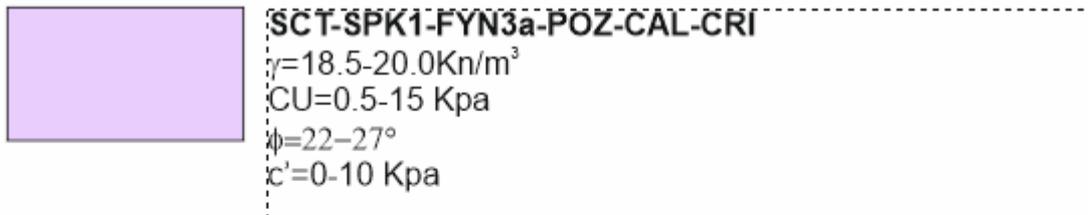
a cui si rimanda per la definizione delle geometrie censite. Le principali pericolosità censite sono ascrivibili ai dissesti dovuti per erosione accelerata, colamento lento e frana complessa con stato di attività attivo. Le aree esterne a tali perimetrazioni si possono ritenere geomorfologicamente stabili, confermando la compatibilità alla realizzazione delle opere di progetto.

## **CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi affioranti sono state desunte da analisi di laboratorio eseguite in occasione di precedenti lavori da rilievi geostrutturali nonché dai dati di letteratura riferiti a litotipi del tutto assimilabili per composizione granulometrica e "storia geologica" con quelli presenti nell'area in studio.

Dalla disamina dei dati si riportano le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi strettamente affioranti nell'area in studio e che saranno interessati

direttamente ed indirettamente dalle opere di progetto (AVIURAM-VIA02-084 - Carta Litotecnica):



Durante la fase esecutiva un più corretto approccio geotecnico dei litotipi appartenenti alle unità litotecniche sopra descritte, dovrà essere ricavato e/o verificato mediante l'esecuzione di accurate indagini geognostiche di dettaglio e specifiche analisi di laboratorio eseguite sulle aree di ingombro delle opere di progetto e lungo tutto il tracciato del cavidotto.

## **CENNI DI SISMICITÀ' STORICA**

Il catalogo parametrico DISS 3.0.2 rappresenta senza dubbio la base di dati parametrici più completa ed aggiornata che definisce le più importanti sorgenti e strutture sismogeniche presenti in Italia (DISS Working Group, 2006). Esso è stato sviluppato nell'ambito del progetto nazionale S2, svolto all'interno della convenzione triennale 2005-2007 tra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DNPC) e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), e include i risultati più recenti ottenuti in questi ultimi anni. Questo catalogo è stato scelto come base di riferimento per individuare i terremoti più importanti per l'area studiata. Dei numerosi terremoti che hanno colpito la Sicilia orientale prima del XVI secolo si hanno informazioni lacunose ed insufficienti alla ricostruzione del campo macrosismico e degli effetti del sisma sull'ambiente. Dal catalogo CFT104MED si sono considerati gli eventi sismici storici sotto descritti, ricostruiti dalle fonti con sufficiente attendibilità, ritenuti rappresentativi dello stile sismico dell'area di studio. Tali terremoti possono essere messi in relazione alle strutture sismogenetiche presenti nella Sicilia orientale e che hanno avuto effetti macrosismici significativi nelle aree colpite. La magnitudo macrosismica equivalente  $M_e$  (GASPERINI e FERRARI, 1995, 1997), riportata nel catalogo, è stata calcolata attraverso il metodo delle aree di risentimento che si basa su un adeguato campionamento del campo macrosismico e, pertanto, in relazione a questi eventi può essere ritenuta sufficientemente attendibile.

In Figura 21 sono riportate le massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale estratte dal catalogo DBMI11 che contiene 86071 MDP (Macroseismic Data Points) relativi a 1684 terremoti avvenuti dopo il 1000.

Si riportano di seguito le Figure estratte dal CPT111, dove è mostrata la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area considerata nell'intervallo temporale 1000 – 1899 (Figura 22) e 1900 - 2006 (Figura 23) con un'indicazione della classe di magnitudo MW (Magnitudo momento).

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

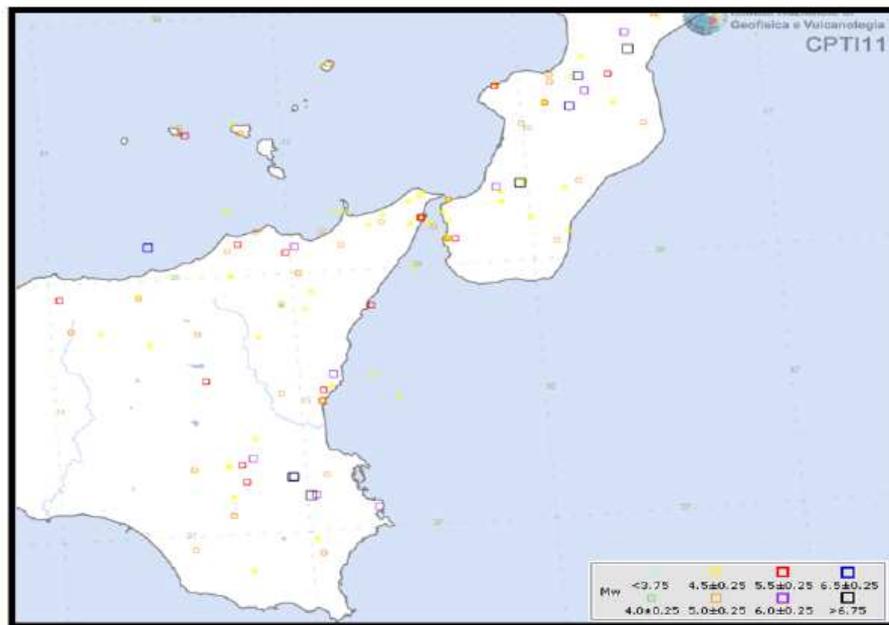


Figura 21 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia Orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1000-1899 (CPTI11, [Rovida et al.,2011](#))

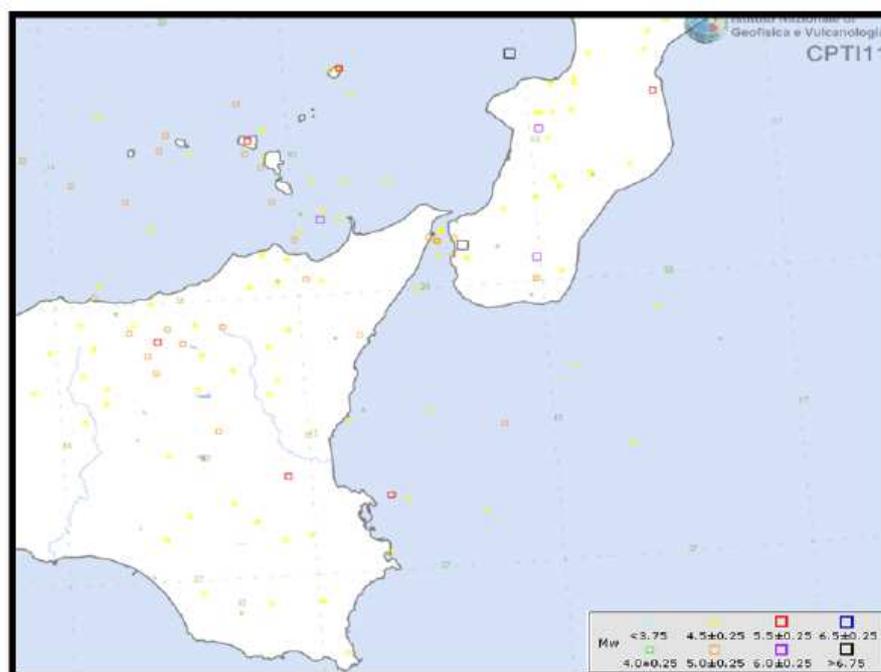


Figura 22 - Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia Orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1900-2006 (CPTI11, [Rovida et al.,2011](#))

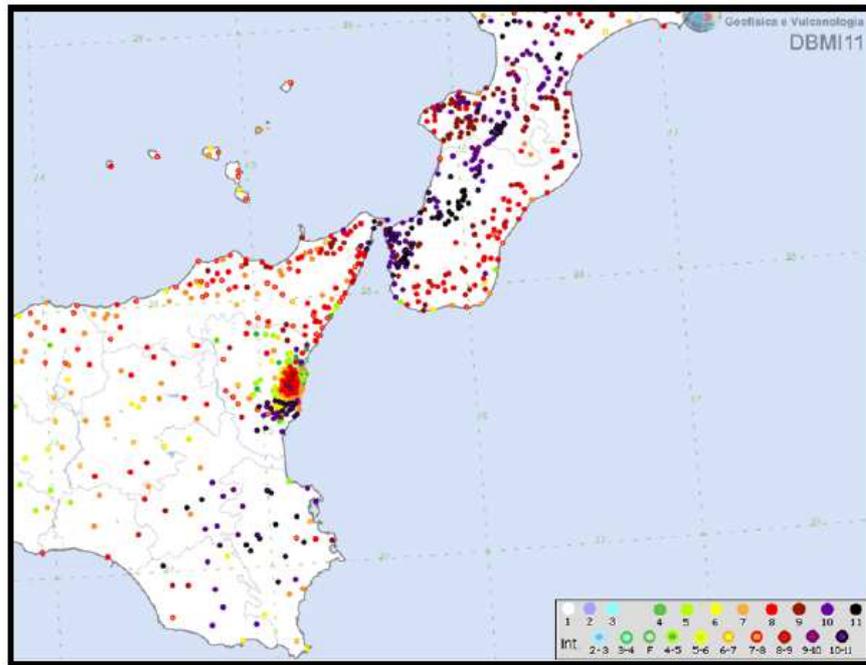


Figura 23 - Massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale (DBMI11, *Rovida et al., 2011*)

Numerosi sono i grandi terremoti che hanno colpito la Sicilia orientale e la Calabria meridionale in epoca storica. L'immagine estratta dal portale webGIS dell'INGV e riporta i dati del Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 release 2.0; Locati et al., 2019), che contiene 123756 dati di intensità per 3219 terremoti. I dati derivano da 189 tra studi, database, rapporti e bollettini pubblicati fino al 2019.

Vengono di seguito descritti i principali terremoti storici che a partire dal 1542 hanno avuto effetti macrosismici significativi nella Sicilia Orientale. Le informazioni di seguito riportate sono state estratte dal catalogo dei forti terremoti CFTI (Guidoboni et al., 2007) al quale si rimanda per maggiori dettagli.

Nell'area sismica della Sicilia orientale gli eventi più energetici corrispondono ai terremoti del 1542 ( $I_{max}=10$ ,  $M_e=6.9$ ), del 1613 ( $I_{max}=9$ ,  $M_e=5.6$ ), del 1693 ( $I_{max}=11$ ,  $M_e=7.5$ ), 1783 ( $I_{max}=9.5$ ,  $M_e=6.2$ ), del 1786 ( $I_{max}=9$ ,  $M_e=6.2$ ), del 1818 ( $I_{max}=9.5$ ,  $M_e=6.2$ ), del 1894 ( $I_{max}=9.5$ ,  $M_e=5.1$ ), del 1905 ( $I_{max}=10.5$ ,  $M_e=6.9$ ), del 1908 ( $I_{max}=11$ ,  $M_e=7.1$ ). Nel dettaglio:

**Terremoto del 10 dicembre 1542, ore 15:15, lat=37.23, lon=14.92 ( $I_{max}=10$ ,  $M_e=6.9$ )**

Il terremoto del 10 dicembre 1542 fu avvertito in tutta la Sicilia e colpì in particolare l'entroterra collinare montuoso degli iblei. I danni maggiori si rilevano in un'area di

circa 6000 kmq, comprendente Melilli, Occhiolà, Lentini, Sortino, Avola, Buccheri, Ferla, Giarratana, Monterosso Almo, Palazzolo Acreide e Vizzini, dove molti edifici crollarono o divennero completamente inagibili. Le massicce distruzioni furono favorite da morfologie urbanistiche che avevano come comune denominatore la discontinuità altimetrica e l'irregolarità delle murature degli edifici costruiti in varie fasi. In alcuni paesi, in particolare a Sortino e a Lentini, i danni furono aggravati da frane e scoscendimenti e dal cedimento dei terreni di fondazione. Danni di notevole entità si ebbero a Siracusa, per la quale è stato possibile localizzare le aree urbane più danneggiate, e a Catania; danni più leggeri si verificarono ad Agrigento. La scossa fu sentita a Messina, Trapani e, fortemente, a Palermo.

**Terremoto del 25 agosto 1613, ore 05:00, lat=38.117, lon=14.783 (Imax=9, Me=5.6)**

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

**Terremoto del 11.01.1693, ore 13:30, lat=37.42, lon=15.05, Imax=11, Me=7.5**  
(CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes)

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

Tutte le città più importanti della Sicilia sud orientale furono sconvolte. Catania fu quasi interamente distrutta, così come Acireale e tutti i piccoli insediamenti sparsi sul versante orientale dell'Etna. Distruzioni vastissime si verificarono in tutti i centri della Val di Noto: Vizzini, Sortino, Scicli, Ragusa, Palazzolo Acreide, Modica, Melilli, Lentini, Ispica, Occhiolà, Carlentini, Avola, Augusta, Noto. Crolli molto estesi subirono Siracusa, Caltagirone, Vittoria, Comiso. In complesso sono 70 i centri nei quali si verificarono danni uguali o maggiori al IX grado MCS. Crolli e danni gravi subirono anche Messina ed alcuni centri della costa nordorientale, fra cui Patti e Naso; lesioni e crolli parziali si ebbero a Palermo, Agrigento, Reggio Calabria e, più gravi, a Malta; danni più leggeri, si ebbero in alcuni centri della Calabria Meridionale (Fig 24).

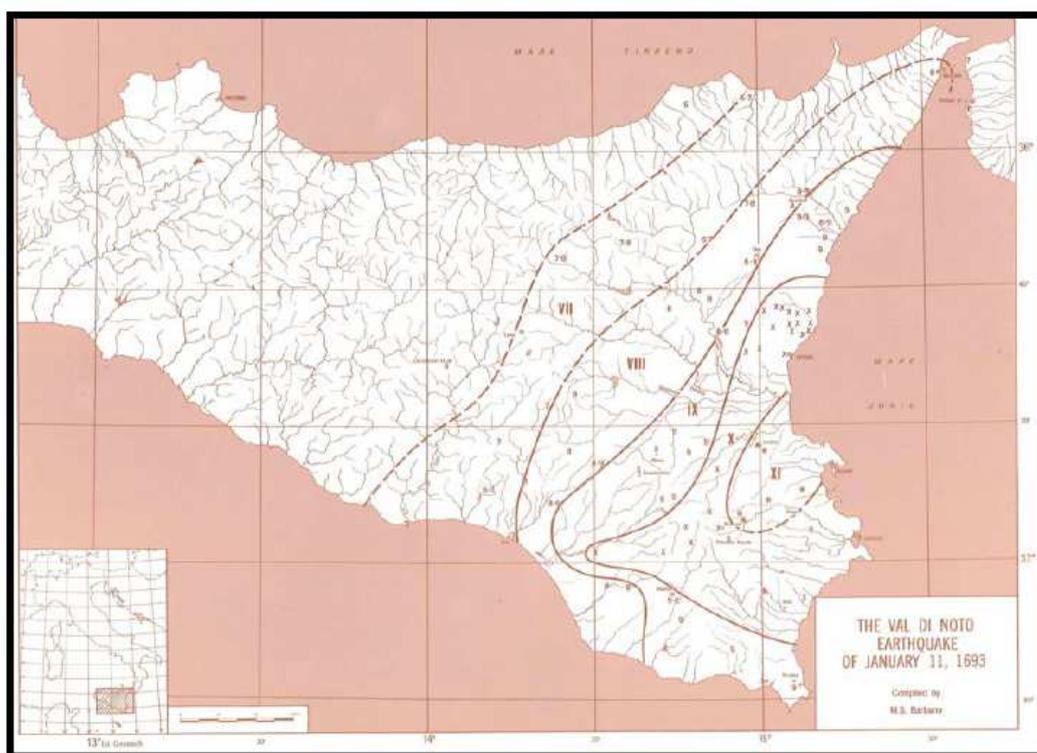


Figura 24 - Campo macrosismico del terremoto del 11/01/1693 (C.N.R., P.F.G. Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of Italian Earthquakes, Bologna 1985)

### Terremoti del 1783, $I_{max}=9.5$ , $M_e=6.2$

Il 5 febbraio 1783 iniziò un periodo sismico, protrattosi per più di tre anni, che presentò 5 massimi di attività: 5 febbraio, 6 febbraio, 7 febbraio, 1 marzo e 28 marzo 1783, e varie centinaia di scosse minori, che ebbero effetti cumulativi devastanti su un territorio di varie migliaia di kmq. In meno di due mesi, a partire dal 5 febbraio fino al

28 marzo, gli epicentri delle scosse principali si spostarono dalla regione dell'Aspromonte all'istmo tra il golfo di Sant'Eufemia e il golfo di Squillace.

La scossa del 5 febbraio 1783 ebbe un'area di risentimento estesa a tutta la Sicilia e a gran parte dell'Italia meridionale, dalla costa amalfitana al Salento. L'area dei maggiori effetti si situa nel versante tirrenico dell'Appennino calabrese, in una regione corrispondente ai Piani d'Aspromonte e alla Piana di Gioia Tauro, delimitata a sud dal massiccio aspromontano e a nord dalla catena delle Serre.

Il terremoto ebbe effetti devastanti in 25 paesi; in altri 23 ci furono crolli estesissimi; in 49 località vi furono crolli gravi diffusi; altre 117 località subirono effetti distruttivi. La scossa del 6 febbraio 1783 causò danni gravissimi a Scilla e a Messina; la scossa del giorno successivo, 7 febbraio, fu avvertita in una vasta area compresa tra Messina e Matera e causò nuove distruzioni nei centri dei Piani d'Aspromonte e della Piana di Gioia Tauro, già gravemente danneggiati dalla scossa del 5 febbraio. L'area epicentrale di questa scossa si spostò in direzione nord – est rispetto a quelle dei terremoti precedenti, verso le valli del Mesima e del Marepotamo, sul versante tirrenico della catena delle Serre.

Il terremoto fu completamente distruttivo in 20 località; altre 28 subirono crolli gravi diffusi; in 47 località causò effetti distruttivi diffusi. La scossa dell'1 marzo 1783 fu avvertita in un'ampia regione compresa tra Messina e Scalea e, rispetto ai precedenti eventi sismici, ebbe l'area dei massimi effetti spostata ancora più a nord, lungo la dorsale appenninica. A causa di questa scossa si ebbero effetti distruttivi a Polia e a Poliolo e danni molto gravi a Castelmonardo e Francavilla Angitola, centri del bacino dell'Angitola. La scossa del 28 marzo fu sentita in tutta l'Italia meridionale, dalla Sicilia a Napoli fino alla Puglia meridionale. L'area dei massimi effetti è collocata nella regione istmica a sud di Catanzaro, sia sul versante ionico che su quello tirrenico: rappresenta la localizzazione più settentrionale tra le aree di maggiore danneggiamento dell'intero periodo sismico. La scossa ebbe effetti catastrofici in 12 località; altre 25 subirono effetti distruttivi; gravi danni si registrarono in 71 paesi. La scossa del 26 aprile 1783, in precedenza classificata di VIII – IX grado MCS, causò danni soltanto a Milazzo e fu sentita fortemente a Messina; si tratta perciò di un evento piuttosto marginale e notevolmente sovrastimato.

La successione delle violentissime scosse avvenute tra il 5 febbraio e il 28 marzo 1783, caratterizzata da una migrazione degli epicentri lungo la catena appenninica in direzione nord – est, diede luogo ad ampie aree di sovrapposizione degli effetti distruttivi. Il quadro degli effetti che si è delineato è quindi, per alcune località, il risultato dell'azione cumulativa di più scosse. Quando la documentazione lo ha consentito, sono stati distinti gli effetti di danno relativi ai singoli eventi sismici. Rimane tuttavia aperta la questione relativa alla eventuale sovrastima dei danni, non quantificabile, indotta dalla vulnerabilità di un patrimonio edilizio fortemente indebolito da numerosissime e ravvicinate scosse e già di per sé di cattiva qualità.

**Terremoto del 10.03.1786, ore 14:10, lat=38.1, lon=15.017, I<sub>max</sub>=9, M<sub>e</sub>=6.2**

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

**Terremoto del 20.02.1818, ore 18:15, lat=37.60, lon=15.12, I<sub>max</sub>=9.5, M<sub>e</sub>=6.2**

La scossa del 20 febbraio avvenne alle ore 1:10 italiane (18:15 GMT ca.); interessò la regione etnea e fu avvertita fortemente in tutta la Sicilia e, più leggermente, nella Calabria meridionale e a Malta. Gli effetti più gravi riguardarono l'immediato entroterra di Acireale: le borgate di Aci Consolazione e Aci Santa Lucia furono pressochè completamente distrutte; crolli estesi a gran parte dell'abitato si verificarono ad Aci Catena, Aci Platani, Aci San Filippo e Aci Sant'Antonio. Complessivamente quasi 60 centri subirono crolli di edifici o danni generalizzati al patrimonio edilizio, compresi alcuni paesi dei versanti settentrionale e occidentale dell'Etna; in altre 40 località circa avvennero danni più leggeri. In generale, la presenza di scadenti tipologie edilizie amplificò dovunque gli effetti del terremoto. A Catania, in base ai rilievi condotti dall'Intendenza, 1768 case risultarono danneggiate, di queste oltre il 35% furono dichiarate cadenti e dovettero essere puntellate o demolite. La città era stata interamente ricostruita dopo il terremoto del 1693, era quindi "nuova" dal punto di vista dello stato di conservazione del patrimonio edilizio.

Le perizie attestano che il terremoto danneggiò edifici caratterizzati da evidenti e gravi difetti di costruzione: molte case non erano dotate di fondamenta sufficientemente solide, altre erano state innalzate o ampliate in un secondo momento, causando uno squilibrio tra la mole delle costruzioni e le fondazioni. L'1 marzo, alle ore 9:30 italiane (2:45 GMT ca.), una seconda violenta scossa colpì la Sicilia orientale, in particolare la regione Iblea, danneggiando gravemente Militello in Val di Catania, Mineo, Ragusa, Vizzini e numerosi altri centri. La scossa causò ulteriori leggeri danni a Catania e fu sentita fortemente nell'acese (Fig 25).

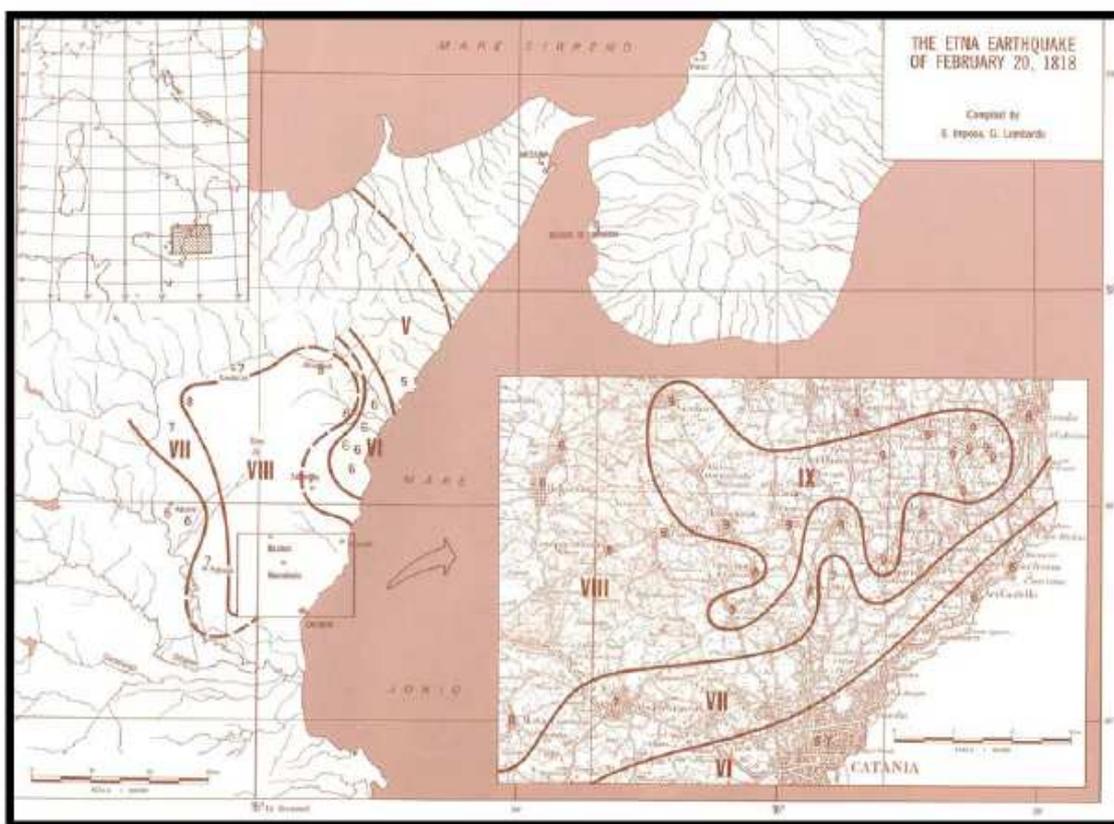


Figura 25 - Campo macrosismico del terremoto del 20/02/1818 (C.N.R., P.F.G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of Italian Earthquakes, Bologna 1985)

**Terremoto del 08.08.1894, ore 05:16, lat=37.65, lon=15.12, I<sub>max</sub>=9.5, M<sub>e</sub>=5.1**

La scossa principale avvenne alle ore 5:16 GMT e causò effetti distruttivi in un'area ristretta (14 kmq ca.) del versante sud orientale dell'Etna. Le località più colpite furono alcune borgate e contrade dei comuni di Zafferana Etnea e Acireale (Mazzasette, Pisano, Scacchieri, Fleri e Zerbate) dove gran parte delle abitazioni crollarono o divennero inabitabili. Crolli e gravi lesioni si verificarono in altre 15 località circa. Ad

Acireale il terremoto causò leggeri danni in alcuni edifici civili e religiosi; a Catania e in molti centri della provincia fu avvertito fortemente, ma senza danni.

**Terremoto del 08.09.1905, ore 01:43, lat=38.67, lon=16.05, I<sub>max</sub>=10.5, M<sub>e</sub>=6.9**

Il terremoto si manifestò con maggiore violenza nell'area compresa fra Aiello, in provincia di Cosenza, fino al massiccio del monte Poro, su cui sono situati Monteleone (l'odierna Vibo Valentia), Triparni, Cessaniti, Piscopio, San Gregorio, Zammarò, Parghelia e Zungri. In 37 paesi i crolli interessarono la grande maggioranza degli edifici, quando non la loro totalità. A Pizzo, molti edifici divennero inabitabili e a Vibo Valentia fu danneggiata soprattutto la parte bassa della città, tanto che le strade furono descritte come un cumulo di macerie. I paesi maggiormente colpiti furono quelli verso la costa tirrenica, fra i capi Suvero e Vaticano; i meno colpiti furono quelli compresi nell'estremità meridionale della Calabria. Danni si verificarono anche alle isole Eolie e in circa 30 comuni della provincia di Messina.

Il terremoto fu avvertito distintamente in tutta l'Italia meridionale e nella Sicilia orientale: la scossa fu sentita in modo molto sensibile a Catania, nella zona etnea, ad Augusta e a Siracusa, in modo più leggero fino a Palermo. In Basilicata il terremoto fu avvertito sensibilmente a Rionero in Vulture e a Nova Siri e causò qualche danno a Colobraro; si sentì una forte scossa a Taranto e ad Andria, più leggera a Lecce. La scossa fu avvertita anche a Napoli.

**Terremoto del 28.12.1908, ore 04:20:27, lat=38.15, lon=15.683, I<sub>max</sub>=11, M<sub>e</sub>=7.1**

Il terremoto del 28 dicembre 1908 è considerato uno degli eventi di più elevata magnitudo della storia sismica italiana e, dal punto di vista degli effetti, rappresentò una autentica catastrofe, sia per l'altissimo numero di morti, sia perché distrusse due città importanti come Messina e Reggio Calabria. La ricostruzione del quadro complessivo di un disastro di tale portata è influenzata da alcuni fattori preesistenti. Per comprendere adeguatamente l'impatto di questo evento sismico è infatti necessario ricordare che, se si escludono le due città dello Stretto e poche altre zone più sviluppate, la regione su cui si abbatté il terremoto era un'area caratterizzata da un'economia molto povera. Questo inevitabilmente si ripercuoteva sulla qualità dell'edilizia: i materiali impiegati erano scadenti e le tecniche costruttive molto vulnerabili dal punto di vista sismico; l'età e il degrado dei manufatti erano elevati; la

manutenzione scarsa o inesistente. Inoltre, in molte località calabresi, gli effetti di questo terremoto si sovrapposero ai danni, non adeguatamente riparati, dei terremoti degli anni precedenti (1894, 1905 e 1907) aumentando l'entità delle distruzioni. La scossa avvenne alle ore 4:20 GMT e, per quanto riguarda i danni più gravi, colpì un'area di circa 6000 km<sup>2</sup>. In circa 80 località delle province di Messina e Reggio Calabria gli effetti furono devastanti, con distruzioni estese dal 70 al 100% delle costruzioni. Nel Messinese l'area delle distruzioni pressoché totali fu ristretta e comprese, oltre a Messina, 13 località dell'immediato entroterra della città e delle estreme propaggini settentrionali dei monti Peloritani, fino alla costa tirrenica. Per quanto riguarda la città di Messina, il terremoto, con il maremoto e gli incendi che lo seguirono, distrusse completamente il tessuto urbano (abitazioni, edifici pubblici civili ed ecclesiastici, infrastrutture) Fig 26.

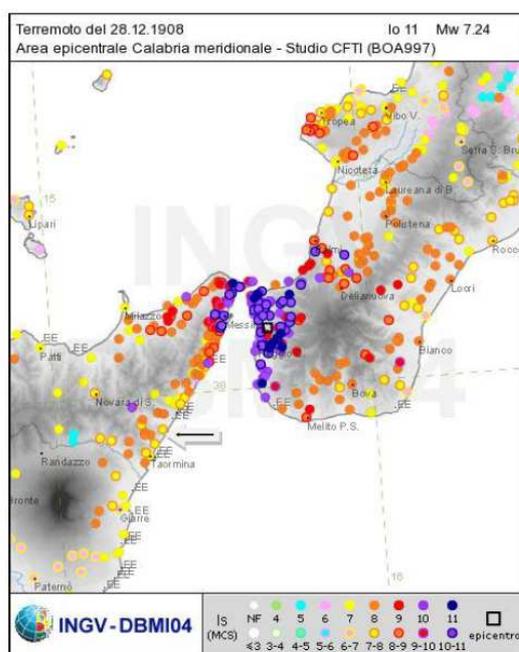


Fig. 26

Le costruzioni che resistettero furono incredibilmente poche: secondo le statistiche ufficiali del Ministero dei Lavori pubblici, soltanto due case risultarono illese. Tutti gli altri fabbricati furono o distrutti totalmente o completamente sventrati: ne rimasero in piedi solo le pareti esterne, mentre crollarono tetti, solai, muri divisorii, scale. In Calabria il terremoto ebbe effetti distruttivi in una regione molto più estesa, comprendente tutto il versante occidentale del massiccio dell'Aspromonte. A Reggio le

distruzioni furono di entità leggermente inferiore rispetto a Messina; tuttavia nei rioni più popolari della città i crolli totali furono estesissimi e in molti edifici sprofondarono tutte le strutture interne. Il terremoto fu quasi totalmente distruttivo in diversi centri abitati importanti come Calanna, Sant'Alessio e Sant'Eufemia in Aspromonte, Villa San Giovanni, e in tutte le località della riviera sia a nord che a sud di Reggio, che furono devastate anche dal grande tsunami che seguì la scossa. Distruzioni estese fino a circa il 50% degli edifici furono riscontrate in 35 località, fra cui, in Calabria, alcuni paesi posti sul versante ionico dell'Aspromonte. L'area all'interno della quale gli effetti del terremoto furono gravi, con crolli totali limitati, ma molti edifici gravemente lesionati e resi inagibili, fu molto vasta e comprese oltre 170 località. Tale area include, in Calabria, la piana di Gioia Tauro, la Grecanica, la Locride e arriva fino alla penisola di capo Vaticano e alle località dell'istmo di Marcellinara, in provincia di Catanzaro; in Sicilia, comprende tutto il versante ionico dei Peloritani fino alle pendici nordorientali dell'Etna. Secondo i dati statistici rilevati dal Ministero dei Lavori pubblici, approssimati per difetto, nelle tre province di Messina, Reggio Calabria e Catanzaro (che all'epoca comprendeva anche l'attuale provincia di Vibo Valentia), le case distrutte o demolite furono oltre 40.000; quelle gravemente danneggiate e rese totalmente o parzialmente inabitabili circa 33.000; quelle lesionate circa 68.000. La popolazione rimasta senza tetto fu certamente superiore a 120.000 persone. Danni più leggeri, con lesioni in genere non gravi e in un numero complessivamente limitato di case o edifici pubblici, furono rilevati in oltre 350 centri abitati (Fig 27)

sparsi su un'area estesa a nord fino alle province di Crotone e Cosenza; in Sicilia fino ad alcune località delle province di Enna, Caltanissetta, Agrigento e Ragusa. La scossa fu sentita dalle persone in un'area vastissima: in direzione nord fino all'isola d'Ischia e alla provincia di Campobasso; verso est fino al Montenegro, all'Albania e alle isole Ionie della Grecia; verso sud fu sensibile fino all'arcipelago maltese; a ovest fino a Ustica.



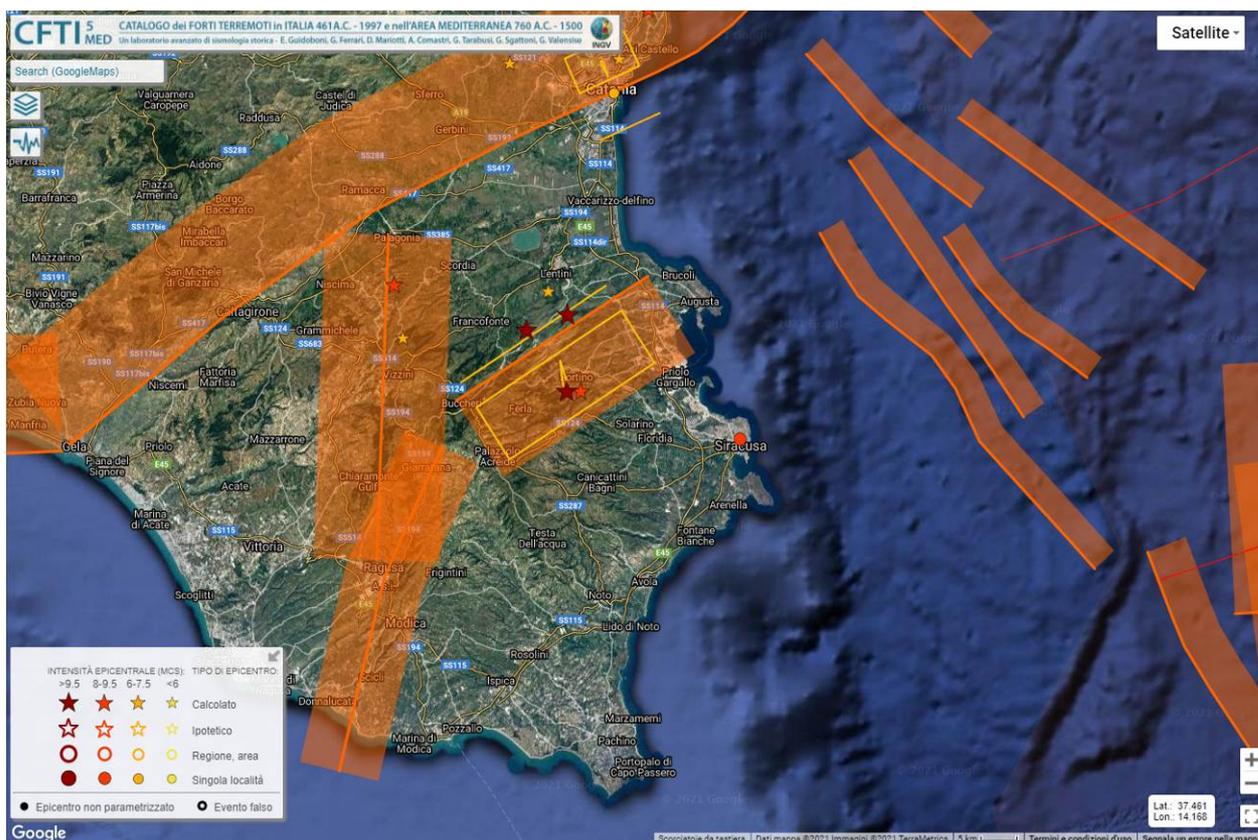
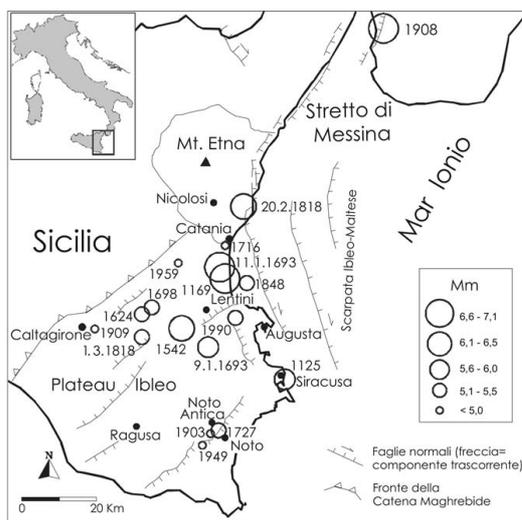


Fig 28

Alcuni dei terremoti sopra elencati sono localizzati lontano dal territorio studiato, ma gli effetti si sono risentiti localmente e hanno provocato dei danni a causa dell'amplificazione di sito, fenomeno probabilmente legato alla propagazione delle onde lunghe.

L'analisi e l'elaborazione statistica dei dati sismici desunti dai terremoti di massima intensità, avvenuti in Italia negli ultimi duemila anni, hanno avuto come risultato la pubblicazione, nel corso di due decenni, da parte di ENEL, CNR, GNDT, INGV, di una serie di mappe di zonazione del rischio sismico nazionale, ai fini della protezione civile e dei criteri di progettazione tecnica in zona sismica, che vedono la Sicilia come una delle regioni d'Italia in cui si ha la maggiore probabilità di terremoti di elevata intensità macrosismica e magnitudo. In particolare, il settore della Sicilia sud-orientale è quello dove sono state stimate le massime intensità macrosismiche con i terremoti del 1169, 1693, 1818, tra il IX e l'XI grado MCS. Lo stesso settore si presenta come una delle zone d'Italia in cui si ritiene vi sia la maggiore probabilità di terremoti di elevata intensità macrosismica e magnitudo, specialmente per periodi di ritorno maggiori di

100 anni. La causa della sismicità degli Iblei è da ricercare nel suo assetto geologico-strutturale, configurandosi l'altopiano come area di Avampaese, in cui la distribuzione degli epicentri dei terremoti ricade lungo i principali sistemi di faglie che lo interessano, quindi lungo la Scarpata Ibleo-Maltese nel margine ionico, la Linea di Scicli e le strutture tettoniche che delimitano i margini settentrionale e meridionale. Nel dettaglio, la distribuzione degli epicentri dei terremoti a magnitudo  $M_{max} = 4,9 \div 5,5$  è più addensata verso il margine occidentale del plateau ibleo ed è contrapposta a quella degli epicentri dei terremoti di massima intensità che ricadono nel settore ionico tra Catania e Augusta dove la magnitudo stimata è  $M_{max} = 6,5 - 7,3$  (1169, 1693, 1818). L'area in esame è una delle zone a più alta pericolosità sismica dell'Italia essendo stata colpita nel passato da diversi terremoti distruttivi (magnitudo  $M = 6.4-7.3$ ) fig 29. I terremoti capaci di dare un contributo significativo alla pericolosità sismica del settore in studio sono localizzati in Sicilia orientale e in Calabria meridionale. Per quanto riguarda le zone sismogenetiche della Calabria meridionale, le strutture qui certamente più attive sono le faglie del bacino del Mesima, delle 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 del 1 marzo del 1783 (Baratta, 1901).



*Fig 29- Epicentri dei principali terremoti nel periodo 1125-1990 che hanno provocato danni o sono stati avvertiti a Castel di Iudica e Ramacca*

Nello stretto di Messina è ubicato il terremoto del 28 dicembre 1908 (M @ 7.1; I<sub>max</sub> = XI, MCS) ampiamente descritto da Baratta (1910). In Sicilia sud-orientale la sismicità è distribuita soprattutto lungo la costa ionica, dove gli eventi hanno raggiunto M @ 7.0 (Azzaro & Barbano, 2000). La struttura responsabile dei terremoti maggiori di quest'area (1169, I<sub>0</sub> = X MCS; 1693, I<sub>0</sub> = XI MCS; 1818, I<sub>0</sub> = IX/X MCS) è probabilmente la Scarpata Ibleo-Maltese. Questo sistema, formato da segmenti di faglie normali a direzione prevalente NNO-SSE, delimita offshore la zona ionica. Terremoti di moderata magnitudo sono localizzati invece nel settore più interno del Plateau Ibleo (Azzaro & Barbano, 2000) fig 30.

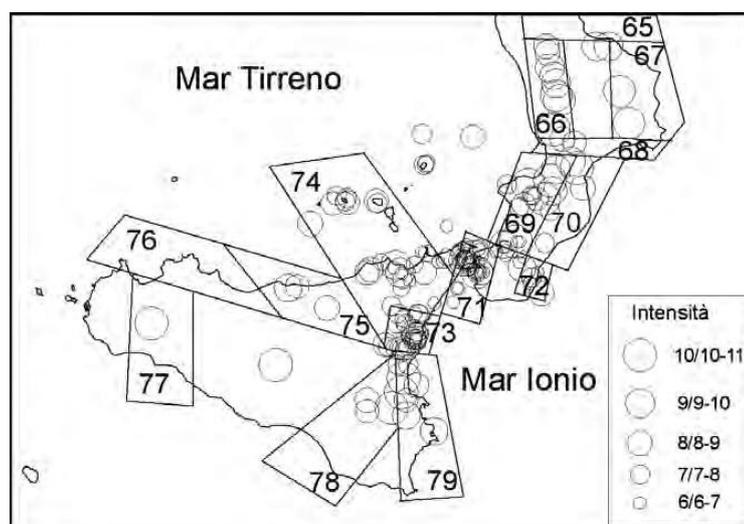


Fig 30

Tra i terremoti storici, quello più importante risentito nell'area di studio è quello scaturito dalla sorgente sismogenetica Monte Lauro a cui è associato il terremoto dell'11 gennaio 1693. Questo evento in DISS si ipotizza essere un terremoto complesso, con due shock che si verificano su due strutture compressive situate a nord e a sud della Piana di Catania, il Monte Lauro e Gravina di Catania. Questo del 1693 si classifica come uno dei più grandi terremoti storici italiani, ed ha colpito gran parte della Sicilia orientale, con intensità massime nella zona vicino Catania (a sud-sud-est del vulcano Etna) e nell'intero Altopiano Ibleo (Guidoboni et al., 2007). Il terremoto del 1693 è stato preceduto da un forte foreshock il 9 gennaio (Mw 6.2, I<sub>max</sub> VIII-IX) e da un altro lo stesso giorno. L'evento del 9 Gennaio ha causato gravi danni nella regione

del Plateau Ibleo e aumentato la vulnerabilità degli edifici, quindi probabilmente contribuendo al danno molto grande causato l'11 gennaio dalla scossa principale. La sequenza sismica è durata fino al 1696, è stata sentita in tutta la Sicilia orientale ed è stata caratterizzata da scosse di assestamento dannosi (Guidoboni et al., 2001). Molto probabilmente la scossa principale comprende due o più sottoeventi, come suggerisce l'esistenza di due distinte concentrazioni di danno più alto, ma su questa ipotesi non è stato eseguito il backup in modo esplicito dalle fonti storiche disponibili.

Secondo uno studio condotto dall'Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Roma - la Sicilia sarebbe a rischio tsunami a causa di terremoti che potrebbero causare onde alte anche fino a 15 metri. Se un terremoto avvenisse al largo delle coste greche, questo evento produrrebbe nel giro di un'ora uno tsunami alto 5 metri che colpirebbe la costa sud orientale della Sicilia. Analogo se il terremoto avvenisse al largo del Nord Africa. La Sicilia sud orientale, rappresenta un'area tettonicamente attiva interessata da frequenti eventi sismici e vulcanesimo. Strutturalmente i sistemi di faglie normali che si estendono lungo il bordo ionico si prolungano, nelle aree dell'off-shore ionico bordando, con direzioni NNE e SSW, i M.ti Peloritani e l'altopiano Ibleo. I terremoti di alta magnitudo hanno un periodo medio di ritorno (secondo delle stime non definitive) compreso tra i 600 e i 1500 anni. Per risalire ad un evento sismico paragonabile, per forza e per l'estensione della zona vulnerata, a quello del 1908, lungo l'area dello Stretto di Messina, bisogna andare risalire al al IV secolo D.C., intorno all'anno 374. I terremoti di moderata o forte intensità, 5.0-5.5 Richter, hanno, invece, un periodo medio di ritorno molto più brevi, che può variare dai 75 ai 120 anni circa. Molto più frequenti sono i sismi di moderata energia, ossia con una magnitudo inferiore ai 4.0-4.5 Richter, che solitamente possono verificarsi ogni 28-30 anni lungo l'area dello Stretto. La mappa delle principali strutture sismogenetiche presenti nell'area orientale della Sicilia viene riportata nel Database of Individual Seismogenetic Source (DISS 3.2.1) realizzato dall'INGV (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia) Fig 31.

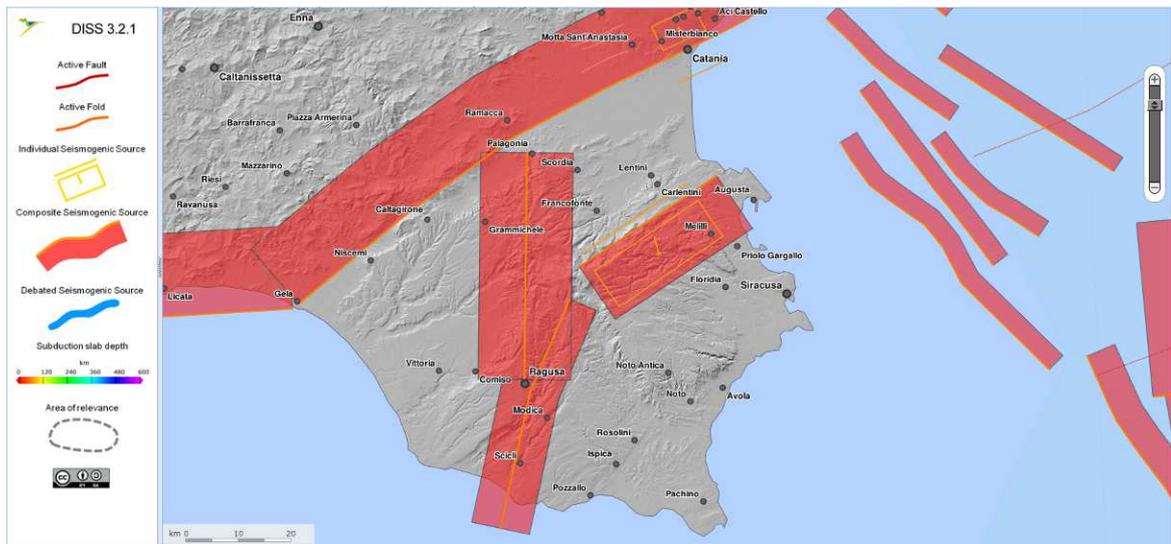


Fig 31

Nella figura 32 sottostante, estratta dal catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV. 2011) viene riportata la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area di studio tra il 1981 e il 2011 con indicazione della classe di magnitudo.

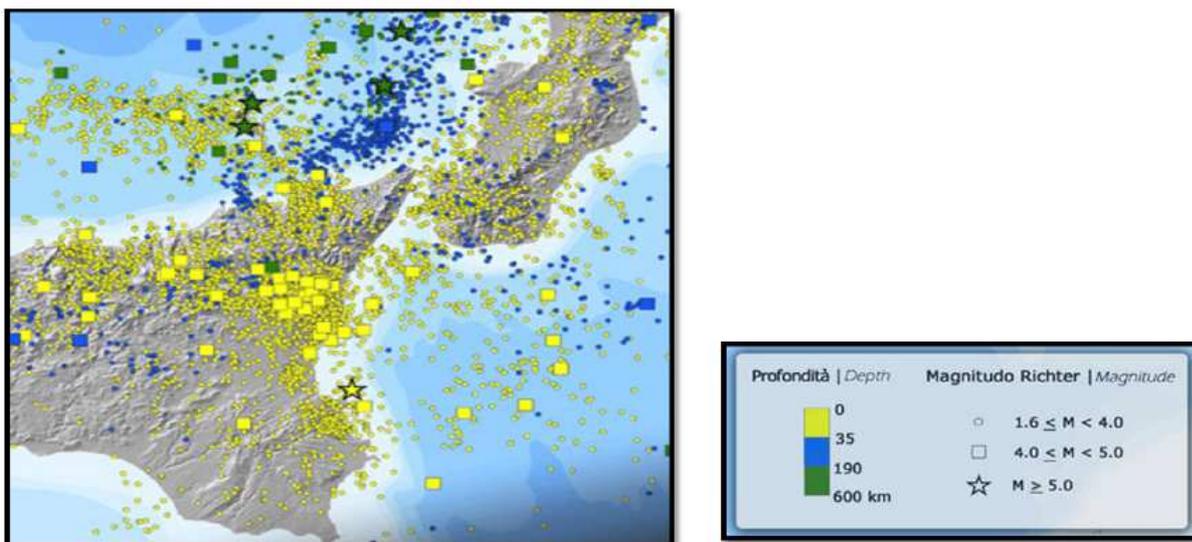


Fig 32 - Mappa della distribuzione degli epicentri dei terremoto strumentali localizzati dall'INGV tra il 1981 e il 2011. Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011) Fig 32

## **PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**

Secondo l'UNDRO (United Nations Disaster Relief Office) con il termine Pericolosità sismica si definisce la probabilità del verificarsi in una determinata area e in un determinato periodo temporale, con una certa eccedenza, lo scuotimento atteso e generato da un evento sismico dannoso per le attività umane con l'insieme degli effetti geologici e geofisici a esso connessi. Gli elementi fondamentali che concorrono ad una moderna valutazione della "Pericolosità sismica" sono pertanto da ricercare nelle caratteristiche storiche, sismologiche, sismogenetiche, geologiche, relative al territorio analizzato. Per quanto riguarda la quantificazione della pericolosità si fa riferimento ad alcune grandezze. La prima è l'intensità sismica, misura della potenzialità distruttiva del terremoto che può essere valutata in modi diversi: sono infatti ben note le *Scale Mercalli Modificata (MM)*, *Medvedev-Sponhenar-Karnik (MSK)* e *Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS)* che si riferiscono a gradi macrosismici. Un altro parametro, che viene attualmente molto utilizzato è il valore massimo dell'accelerazione  $a(t)$  al suolo (P.G.A.: Peak Ground Acceleration); l'accelerazione è misurata relativamente all'accelerazione di gravità ( $g = 9,80 \text{ m/sec}^2$ ), un valore di  $0,1g$  è già capace di generare danni. Il parametro generalmente usato da Geologi e Geofisici per la quantificazione della pericolosità sismica è l'intensità macrosismica, per cui i valori di pericolosità possono essere espressi con riferimento sia all'uno che all'altro parametro. Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione al suolo. La magnitudo di un terremoto è l'energia totale scaricata dal sisma. Un sisma di una certa magnitudo genera alla base di una costruzione una certa accelerazione sismica (espressa convenzionalmente come fattore dell'accelerazione di gravità) che può variare in relazione alla distanza, alla conformazione degli strati rocciosi di fondazione, alla morfologia e alle caratteristiche dell'onda. Magnitudo e accelerazione sono comunque in relazione, ma ai fini edificatori è più importante definire l'accelerazione sismica di progetto o PGA (Parametro di scuotimento sismico). Con l'emanazione della OPCM 3274/2003, seguita dall' Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519 e quindi dalle norme tecniche (NTC-2018), è stata introdotta un'importante evoluzione in materia di progettazione

antisismica. Il territorio nazionale viene riclassificato in 4 zone sismiche a pericolosità decrescente, abbandonando il concetto di “categoria” e superando il problema dei limiti amministrativi. Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione sismica al suolo  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima su suolo di Cat. A) che sostituisce il coefficiente S. La pericolosità sismica del territorio italiano viene espressa in termini di accelerazione massima del suolo come frazione dell’accelerazione di gravità (g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s,eq} > 800$  m/sec – Cat. A). La mappa riportata in Fig. 33 mostra come le zone di progetto collocate nel settore occidentale ricadono in un’area con PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno 475 a compresa tra 0.125 g e 0.150 g, mentre le aree collocate nel settore orientale ricadono in un’area con PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno 475 a compresa tra 0.150 g e 0.175 g . Questa è una scelta di parametri convenzionale e in particolare è il valore di riferimento per l’Eurocodice 8 (EC8), nel quale vengono stabilite le norme per il progetto e la costruzione di strutture.

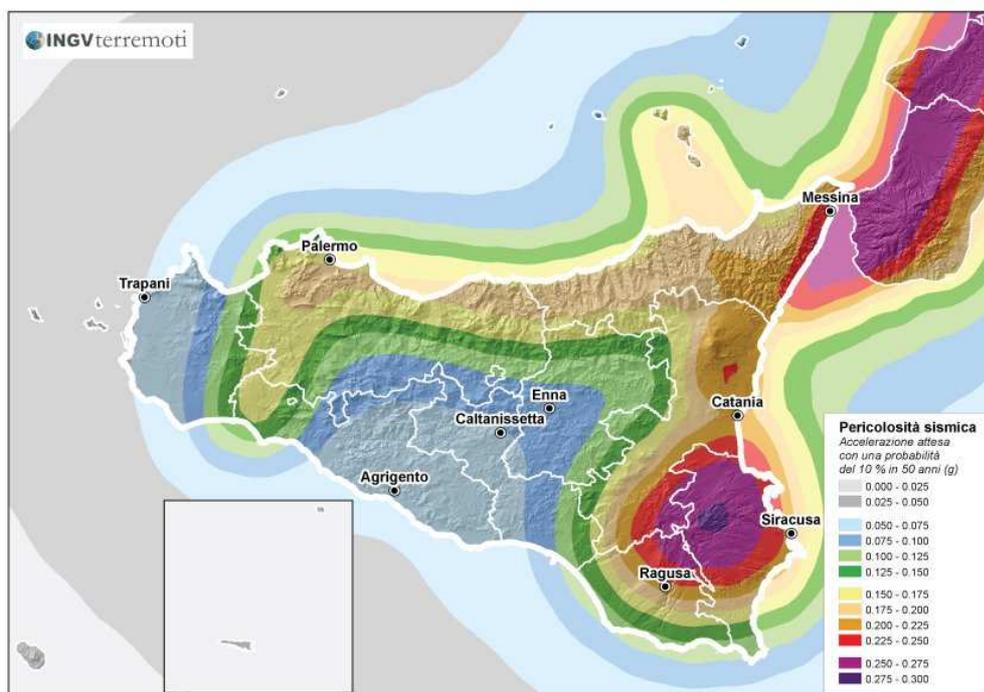


Fig. 33 – Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s}>800$  m/s), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b; estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

Di fatto con l'introduzione della zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica, sparisce il territorio "non classificato".

L'attuazione dell'ordinanza n.3274 del 2003 ha permesso di ridurre notevolmente la distanza fra la conoscenza scientifica consolidata e la sua traduzione in strumenti normativi e ha portato a progettare e realizzare costruzioni nuove e più sicure, anche con l'uso di tecnologie innovative.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Ordinanza PCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nella figura che segue sono riportate le zone sismiche in cui è suddiviso il territorio della regione siciliana, con evidenziate anche le aree ricadenti in 2° categoria nelle quali gli studi relativi alle strutture strategiche devono essere condotti con un grado di approfondimento simile a quello della zona 1- Fig 34.

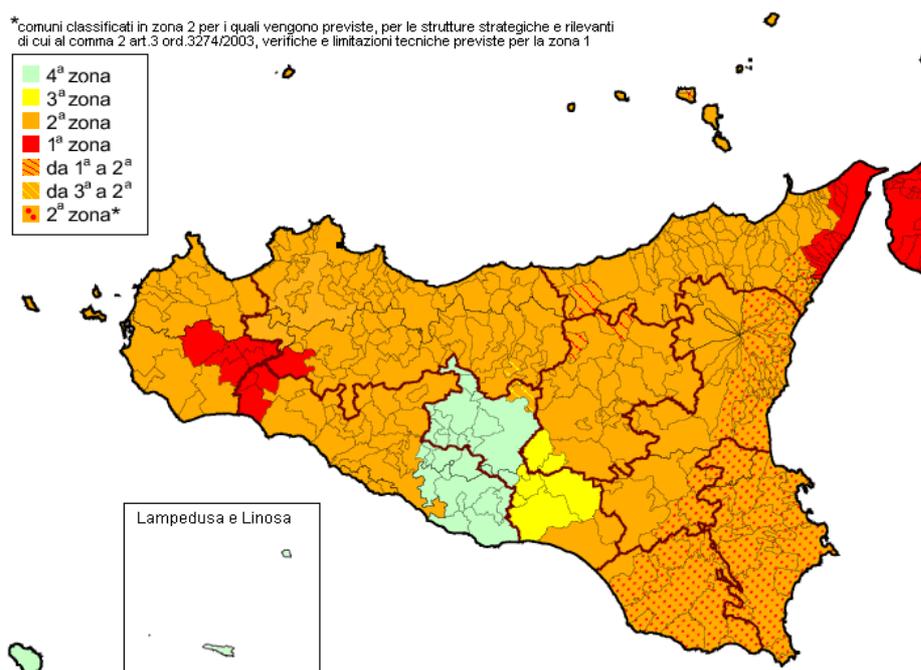


Fig 34

L'INGV, insieme al Dipartimento nazionale della Protezione Civile, ha sviluppato il Progetto S1 nell'ambito del quale è stata predisposta la mappa nazionale di

pericolosità sismica dove vengono forniti, in una griglia regolare con passo 0,05°, i parametri di accelerazione al suolo in 'g' (accelerazione di gravità) con probabilità di superamento in 50 anni in funzione del periodo di ritorno (81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2% rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, e 2475 anni).

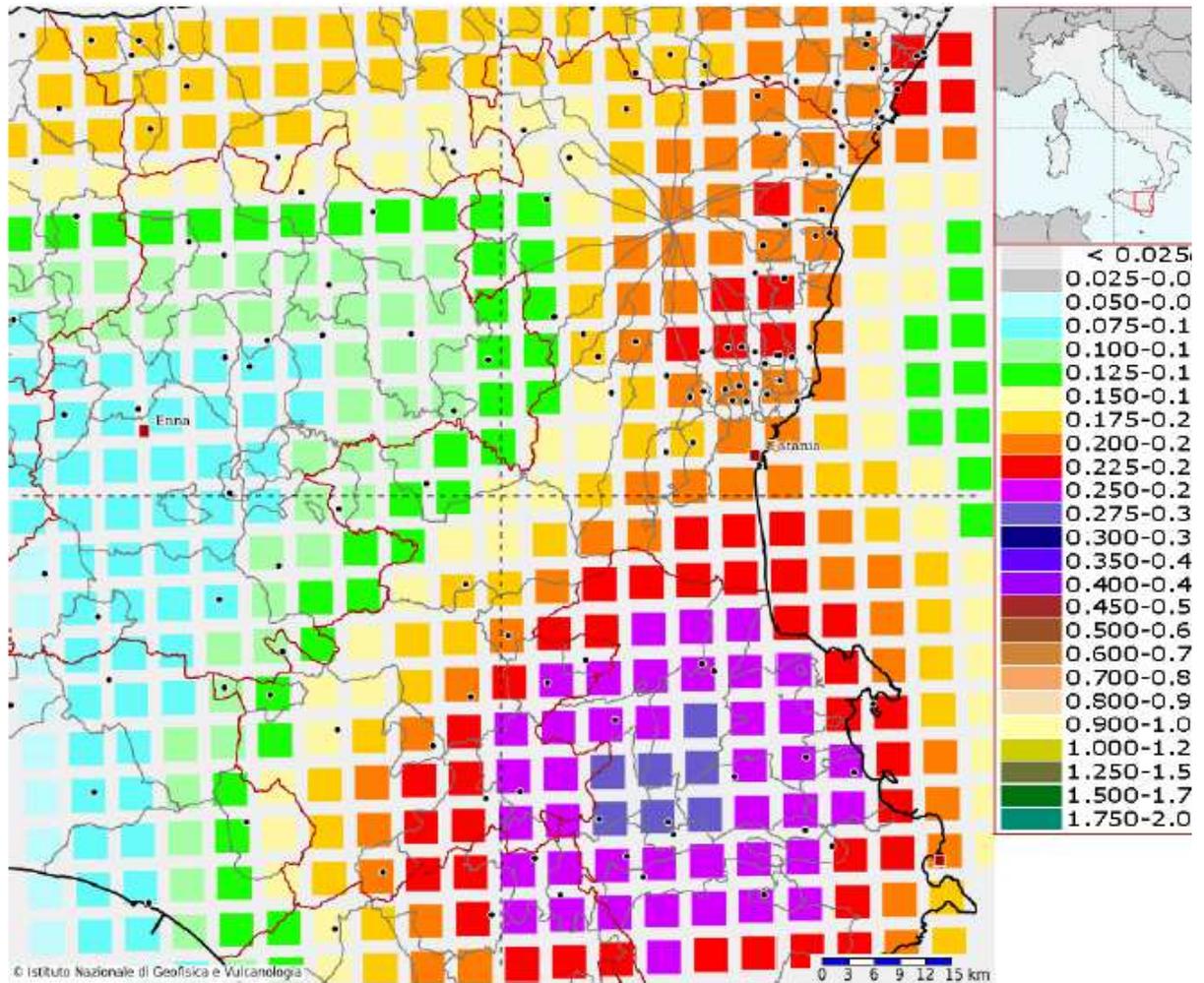
I parametri significativi della pericolosità sismica sono disponibili, in forma interattiva, sul sito istituzionale del Progetto S1 dell'INGV.

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

Il Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, vengono definite a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione, definita come l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. 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 RVP. Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (categoria T1), in condizioni di campo libero. Le informazioni sulla pericolosità sismica della risposta sismica locale del sito sono state dedotte dal sito web del progetto nazionale S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) dell'INGV (Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia).

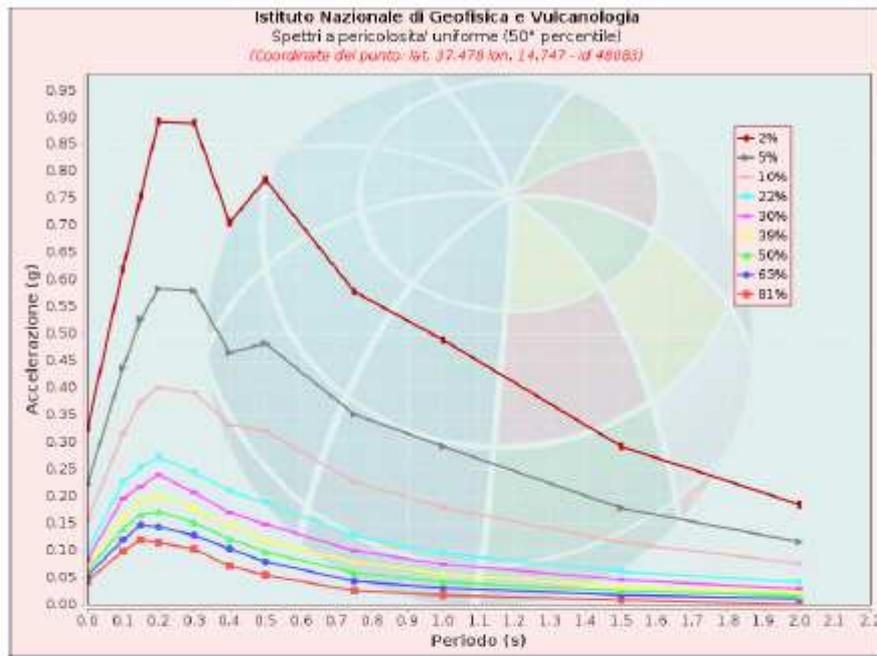
La figura 35 seguente mostra l'accelerazione di picco attesa per periodo di ritorno 475 anni ha valori compresi tra 0.225 g e 0.250 g.

**Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)**  
Informazioni sul nodo con ID: 48083 - Latitudine: 37.478 - Longitudine: 14.747



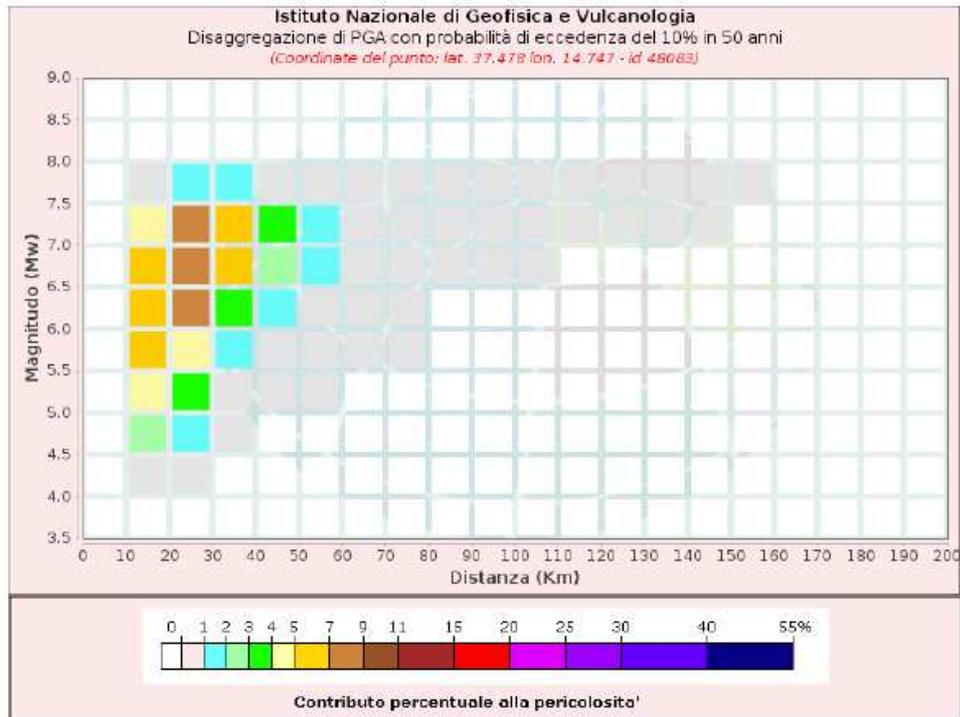
*Mapa dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (ovvero tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800\text{m/s}$  Cat. A). Fig 35*

Nelle tabelle seguenti il suddetto web-gis riporta i valori di magnitudo e distanza dalla sorgente degli eventi che si sono registrati nella zona di Castel di Iudica e Ramacca e riportati sempre in termini di probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)

PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.325	0.619	0.754	0.892	0.889	0.705	0.784	0.578	0.488	0.292	0.185
5%	0.222	0.437	0.527	0.583	0.579	0.465	0.482	0.351	0.292	0.178	0.115
10%	0.156	0.315	0.374	0.401	0.391	0.332	0.320	0.227	0.179	0.115	0.076
22%	0.099	0.225	0.252	0.273	0.243	0.209	0.188	0.126	0.095	0.061	0.041
30%	0.083	0.196	0.218	0.240	0.207	0.170	0.148	0.099	0.075	0.046	0.029
39%	0.072	0.161	0.193	0.199	0.177	0.146	0.117	0.079	0.056	0.033	0.022
50%	0.064	0.139	0.166	0.171	0.151	0.121	0.097	0.059	0.042	0.025	0.016
63%	0.053	0.120	0.147	0.143	0.128	0.103	0.079	0.043	0.031	0.018	0.011
81%	0.043	0.099	0.119	0.114	0.102	0.071	0.054	0.026	0.017	0.009	0.000



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.4930	2.6000	4.6900	6.3500	6.8600	6.0300	4.4400	0.6820	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0445	1.3700	3.0200	4.8000	7.0400	8.0700	7.4800	1.3100	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0119	0.4440	1.7800	3.6800	5.4300	6.2500	1.2300	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0583	0.6790	1.5100	2.6800	3.7000	0.8060	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.1550	0.4670	1.0500	1.7100	0.4070	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0190	0.1150	0.4560	0.8940	0.2290	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0087	0.1150	0.2910	0.0802	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0289	0.1250	0.0378	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0092	0.0873	0.0295	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0561	0.0223	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0285	0.0147	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0082	0.0050	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028	0.0035	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0017	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 6.47 ; distanza = 27.9 ; epsilon = 1.13

## CONCLUSIONI

Scopo del presente lavoro è stato quello di valutare le problematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche del territorio esaminato. A tal proposito sono state condotte una serie di indagini sia di natura geologica, geomorfologica ed idrogeologica consentendo la redazione delle carte tematiche precedentemente esposte. I dati così acquisiti sono stati utilizzati per ottenere un quadro il più possibile completo delle caratteristiche peculiari inerenti le problematiche geologico-tecniche dell'intera area in studio. L'indagine di campagna, con relativo rilevamento geologico in scala 1:10.000, ha permesso di riconoscere nell'ambito delle zone studiate, la presenza di complessi, litologicamente correlabili dall'alto verso il basso in:

	<p><b>DEPOSITI DI FRANA</b> Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, a tessitura prevalentemente argilloso-sabbiosa. (OLOCENE)</p>		<p><b>AVF</b> ARGILLE VARICOLI INFERIORE AVF Argille rosso-vinaccia scagliettate a struttura caotica con intercalazioni di diaspri, siltiti e calcari micritici. Inglobano olistoliti di calcari a rudiste e di calcari a microforaminiferi (PALEOCENE? - EOCENE)</p>
	<p><b>ALLUVIONI RECENTI</b> Ghiaie poligeniche ed eterometriche in abbondante matrice sabbiosa, con blocchi angolosi e con intercalazioni sabbioso-ghiaiose (OLOCENE)</p>		<p><b>FYN3 (a)</b> FLYSCH NUMIDICO (membro M. Salici) Si tratta di una successione caratterizzata alla base da un intervallo di argilliti nerastre, passante verso l'alto ad un'alternanza di argille brune con intercalate bancate quarzarenitiche di colore banco-giallastro (FYN3a). (OLIGOCENE SUP.- BURDIGALIANO)</p>
	<p><b>SPK2</b> Sabbie ghiaiose di colore giallastro, talora rossastro a clasti poligenici ed eterometrici per lo più arrotondati (PLEISTOCENE SUP.- OLOCENE)</p>		<p><b>AAC</b> ARGILLE E ARENARIE GLAUCONITICHE DI CATENANUOVA AAC Argille marnose di colore bruno o grigio verde. (OLIGOCENE SUP.- SERRAVALLIANO)</p>
	<p><b>SPK1</b> Deposito costituito da un'alternanza di livelli sabbiosi di colore giallastro, livelli limoso-argillosi e livelli conglomeratici. (PLEISTOCENE SUP.- OLOCENE)</p>		<p><b>CAL</b> FORMAZIONE CALTAVUTURO CAL Marme e calcari marnosi rossi, biancastri e grigi in facies di scaglia, in strati medio sottili, talora con intercalazioni di calcareniti grigie gradate. (EOCENE MED.- OLIGOCENE)</p>
	<p><b>SUBINTEMADI MASS. NINFADIT2</b> Ghiaie e ghiaie sabbiose di colore giallastro, talora rossastro, a clasti poligenici da arrotondati a subspigolosi di 2-20 cm di diametro. (PLEISTOCENE SUPERIORE)</p>		<p><b>CRI</b> FORMAZIONE CRISANTI CRI Radiolariti policrome e argilliti silicee a frattura prismatica fittamente stratificate. (GIURASSIANO- CRETACICO INF.)</p>
	<p><b>SUBINTEMADI SAN GIOVANNI BELLONE DIT1</b> Ghiaie di colore giallo rossastro, clasto sostenute con ciottoli poligenici da arrotondati a sub spigolosi di 2-20 cm di diametro. Costituisce il deposito terrazzato da quota 335 a 130 m (PLEISTOCENE SUPERIORE)</p>		<p><b>SCT</b> FORMAZIONE SCILLATO SCT Calcoliti grigie o nocciola al taglio, grigio-biancastre per alterazione, con liste o noduli di selce, i livelli apicali sono costituiti da breccie calcaree in banchi metrici. (CARNICO SUP.- RETICO?)</p>
	<p><b>FORMAZIONE DELLE ARGILLE GRIGIO AZZURRE FAG</b> Argille marnose azzurre massive o a stratificazione poco evidente (FAG). (PLEISTOCENE INF.- MEDIO)</p>		<p><b>MUF</b> FORMAZIONE MUFARA MUF Argille marnose talora siltose grigio verdi. Vi si intercalano calcisiltiti e arenarie a grana fine di colore grigio, calcari marnosi, calcareniti oolitiche, calciruditi gradate e calcari siltiferi. (CARNICO)</p>
	<p><b>FORMAZIONE DI POLIZZI POZ</b> Alternanza di calcari marnosi e marme di colore bianco, cui si intercalano livelli di breccie line calcaree di colore nocciola. (EOCENE INF.- MEDIO)</p>		

Nella cartografia ufficiale del PAI SICILIA le aree di progetto sono inserite nel BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SIMETO (094) e aree tra i BACINI DEL FIUME SIMETO e del FIUME S.LEONARDO (094A), LAGHI DI PERGUSA (094B) E MALETTO (094C) nel CTR Sezione 633090. Le carte riferite alle aree oggetto di studio sono:

1. Carta della Pericolosità geomorfologica
2. Rischio geomorfologico
3. Carta dei dissesti

Dalla consultazione degli elaborati cartografici, emerge che In riferimento alle aree in studio risultano presenti fenomeni di dissesti geomorfologici delimitati in determinate aree riportate nelle carte delle pericolosità e rischio geomorfologico:

AVIURAM-VIA02-088 - Carta interferenza Pericolosità Geomorfologica PAI

AVIURAM-VIA02-089 - Carta interferenza Rischio Geomorfologico PAI

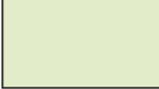
a cui si rimanda per la definizione delle geometrie censite. Le principali pericolosità rilevate sono ascrivibili ai dissesti dovuti per erosione accelerata, colamento lento e frana complessa con stato di attività attivo. Le aree esterne a tali perimetrazioni si possono ritenere geomorfologicamente stabili, confermando la compatibilità alla realizzazione delle opere di progetto.

Dalla disamina delle prospezioni geofisiche eseguite si è definito inoltre il valore di  $V_{s,eq}$  cioè la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio calcolate, con risultati che in dipendenza della natura litologica di substrato, collocano i terreni in categoria B e C con valori di velocità delle  $V_{seq}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (Cat B) e  $V_{seq}$  compresi tra 360 m/s e 180 m/s (Cat C) del D.M.17-01-2018.

Le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi affioranti sono state desunte da analisi di laboratorio eseguite in occasione di precedenti lavori, da rilievi geostrutturali nonché dai dati di letteratura riferiti a litotipi del tutto assimilabili per composizione granulometrica e storia geologica con quelli presenti nell'area in studio.

Dalla disamina dei dati si riportano le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi strettamente affioranti nell'area in studio e che saranno interessati direttamente ed indirettamente dalle opere di progetto:

## Legenda

	<b>DETRITO</b> $\gamma=17.0 \text{ Kn/m}^3$ $\phi=16^\circ$ $c'=0.0 \text{ Kpa}$
	<b>ALLUVIONI - DIT 1/2 - SPK2</b> $\gamma=17.0-18.5 \text{ Kn/m}^3$ $CU=0 \text{ Kpa}$ $\phi=25-35^\circ$ $c'=0.0 \text{ Kpa}$
	<b>SCT-SPK1-FYN3a-POZ-CAL-CRI</b> $\gamma=18.5-20.0 \text{ Kn/m}^3$ $CU=0.5-15 \text{ Kpa}$ $\phi=22-27^\circ$ $c'=0-10 \text{ Kpa}$
	<b>AAC-AVF-FYN3-MUF-FAG</b> $\gamma=18.8-20.0 \text{ Kn/m}^3$ $CU=50-70 \text{ Kpa}$ $\phi=18-23^\circ$ $c'=15-30 \text{ Kpa}$

Con la variabilità del range dei valori in dipendenza delle porzioni di maggior coesione e/o porzioni decomprese dei litotipi.

Al fine di far persistere o addirittura migliorare l'attuale equilibrio morfologico anche dopo l'attuazione dell'intervento progettuale, in dipendenza della coltre superficiale e dei litotipi a componente marcatamente argillosa che attestano un grado di permeabilità medio basso, è opportuno prevedere una regimentazione delle acque superficiali, tramite una rete di canali superficiali di scolo, per poter raccogliere e far defluire le acque anche in caso di intense e prolungate precipitazioni meteoriche, evitando possibilmente flussi concentrati ad elevato potere erosivo, oppure bruschi rallentamenti del normale deflusso idrico superficiale, che possano causare processi di deposizione dei sedimenti trasportati, predisponendo le opportune sistemazioni idraulico-forestali sia a difesa dell'erosione dei suoli che al repentino allontanamento delle acque piovane. Inoltre occorre che ci si distanzi opportunamente dalle scarpate in prossimità degli alvei fluviali e si tuteli il deflusso stesso degli alvei naturali con linee di drenaggio che favoriranno la corrivazione delle acque di ruscellamento nella

direzione dei corpi ricettori naturali. Dal punto di vista strutturale bisogna che si rispetti una fascia di demarcazione di 20 metri a cavallo delle strutture tettoniche (faglie e sovrascorrimenti siano essi certi e/o presunti) in dipendenza della canalizzazione di energia in caso di sollecitazioni da eventi sismici.

In conclusione emerge che non esistono condizioni ostative ai fini della realizzazione delle opere previste in progetto. Infine, sembra opportuno affermare che, per il suo carattere generale, questo studio non tende ad escludere dalle future opere progettuali da realizzare, le relative relazioni ed indagini geognostiche e geotecniche puntuali (AVIURAM-VIA02-078-Planimetria Con Ubicazione Delle Indagini Ambientali AVIURAM-VIA02-081-Planimetria Indagini Geognostiche), specie in prossimità di aree interessate da disturbi tettonici e che dovranno verificare localmente, caso per caso, lo stato di alterazione dei litotipi e relativo spessore, i valori di resistenza, consistenza al taglio e di portanza, valutazione dei cedimenti se in presenza di litotipo coesivi, determinando puntualmente, la categoria di sottosuolo del terreno interessato e la frequenza di risonanza del sito per la verifica dell'interazione terreno struttura, in conformità a quanto prescrive il D.M. 17-01-2018.

Il tecnico

Dr Geol Ranieri Santarosa

## **BIBLIOGRAFIA**

- F. LENTINI ET AL. - Carta geologica della Sicilia Sud orientale alla scala 1:100.000 S.E.L.C.A. Firenze, 1984
- F. LENTINI ET AL. - Carta geologica del settore nord orientale ibleo alla scala 1:50.000 S.E.L.C.A. Firenze, 1986
- M. GRASSO, Carta geologica del settore centro-meridionale dell'altopiano ibleo – Provincia di Ragusa scala 1:50000 – S.E.L.C.A. Firenze, 1999
- AURELI A., “Carta della vulnerabilità delle falde idriche – settore sud-occidentale ibleo (Sicilia S.E.)”, scala 1:50000, S.E.L.C.A. Firenze, 1993
- M.GRASSO e Altri, Carta Geologica del settore nord-occidentale dell' avampaese ibleo e del fronte della falda di Gela, scala 1:25.000 – S.E.L.C.A. Firenze, 2004
- MONTANARI L. (1985) – Approccio alla Geologia Stratigrafica. Dario Flaccovio Ed.
- AZZARO R., BARBANO M.S., R. RIGANO', B. ANTICHI (2000) – Contributo alla revisione delle zone sismogenetiche della Sicilia. In: CNR- GNDDT c/o Istituto Internazionale di Vulcanologia, Catania, Dipartimento di Scienze Geologiche, Università di Catania.
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1982) – Elementi per una valutazione degli eventi tettonico-sedimentari dal Cretaceo al quaternario nella Sicilia sud-orientale. In: Catalano R. & D'Argenio B. (eds.), Guida alla Geologia della Sicilia occidentale - Bollettino Guide geologiche regionali - Mem. Soc. Geol. It., Suppl. A. v. XXIV, 103-109, Palermo;
- CARBONE S., LENTINI F. BRANCA S – Note illustrative della cartografia geologica italiana scala 1:50.000 Foglio 633 Paternò. ISPRA 2010
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1987) – Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia SE), presentazione delle Carte geologiche della Sicilia sud orientale. Mem. Soc. Geol. It., 38, 127-135, Palermo; FERRARA V. (1988) – Groundwater vulnerability in some karst areas of Hyblean Foreland (SE Sicily). Proc. 21st Congr. IAH: Karst Hydrogeology and karst environment protection, Guilin City – China 10 – 15 ottobre 1988. XXI, (2) 1053 - 1058
- GRASSO M. (2001) – The Appenninic - Maghrebien orogen in southern Italy, Sicily and adjacent areas. In: Vai G. B. & Martini I. P. (eds.), “Anatomy of an orogen: the Appennines and adjacent Mediterranean basins” - Kluwer Acad. Publ., UK, 255-286;
- LENTINI F. (1987): “Carta Geologica della Sicilia sud – orientale, in scala 1:100.000” – Università degli Studi di Catania – Istituto Scienze della Terra
- AURELI A. (1997): “Carta della Vulnerabilità delle falde idriche – Settore nord occidentale ibleo (Sicilia SE), in scala 1:50.000” – Università degli Studi di Catania – Istituto di Geologia e Geofisica
- AZZARO R., BARBANO M.S. (2000) – Contributo alla compilazione della carta delle faglie attive della Sicilia. In: Le ricerche del GNDDT nel campo della pericolosità sismica (1996-99), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma (pp. 227–235).
- BASILONE L. (2012) - Litostratigrafia della Sicilia. Arti Grafiche Palermitane Ed., 159 pp.
- LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI

V., CARACCILO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., CONTE S., ROCCHETTI E. (2016) – Database Macrosismico Italiano (DBMI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.2>.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E., Antonucci A. (2019).

Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.2>.

ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. (2016) – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.

ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAZard from Capable faulting), database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019.

ISPRA Geological Survey of Italy.

Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>.

per le mappe di pericolosità sismica si è fatto riferimento a Montaldo V., Meletti C., 2007 - Valutazione del valore della ordinata spettrale a 1sec e ad altri periodi di interesse ingegneristico. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D3,

- PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)-

REGIONE SICILIA – ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE – Unità fisiografica 8 Punta Braccetto-Porto di Licata

-ENEA Elementi di gestione costiera – parte I

-Per le cronologia degli eventi sismici che hanno interessato il territorio in oggetto di studio dal 1990 al 2005, ed i Comuni immediatamente limitrofi, lo scrivente ha fatto riferimento a Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>

-Weatherspark.com – Cedar Lake Ventures

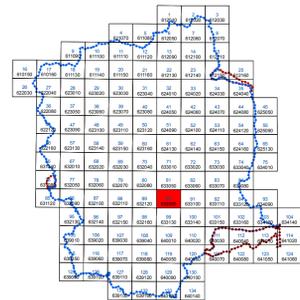


Regione Siciliana  
Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente  
DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'AMBIENTE  
Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"  
**Piano Stralcio di Bacino  
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**

Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094)  
e aree tra i bacini del F. Simeto e del F. San Leonardo (094A),  
Laghi di Pergusa (094B) e Maletto (094C),  
5° Aggiornamento Parziale



**CARTA DEI DISSESTI N° 90**  
COMUNI DI : CASTEL DI IUDICA - RAMACCA  
Scala 1:10.000



Anno 2013

**LEGENDA**

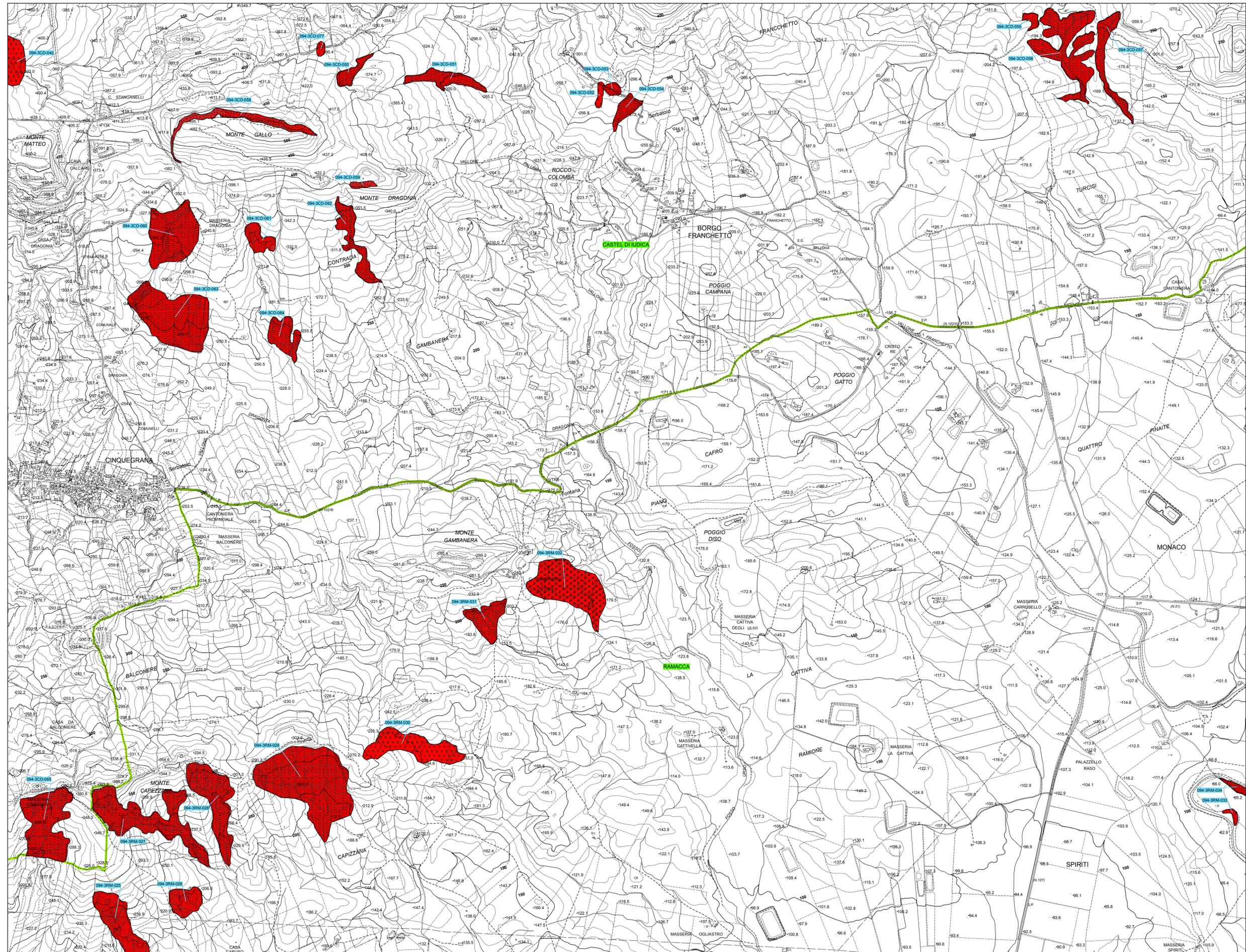
**TIPOLOGIA**

- Crollo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Scorrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a franosità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti dovuti ad erosione accelerata
- Sito d'attenzione

**STATO DI ATTIVITÀ**

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

- Limite bacino idrografico
- Limite area intermedia e laghi di Pergusa e Maletto
- Limite comunale





Regione Siciliana  
Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente  
DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'AMBIENTE  
Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

**Piano Stralcio di Bacino  
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**

(ART. 1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L. 267/98 e ss. mm. II.)

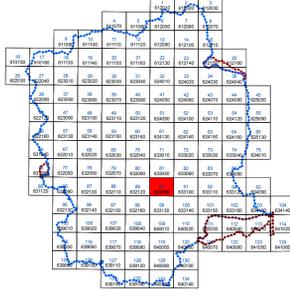
**Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094)  
e aree tra i bacini del F. Simeto e del F. San Leonardo (094A),  
Laghi di Pergusa (094B) e Maletto (094C),  
5° Aggiornamento Parziale**



**CARTA DELLA PERICOLOSITÀ E DEL  
RISCHIO GEOMORFOLOGICO N° 90**

COMUNI DI : CASTEL DI IUDICA - RAMACCA

Scala 1:10.000



Anno 2013

**LEGENDA**

**LIVELLI DI PERICOLOSITÀ**

- P0 basso
- P1 moderato
- P2 medio
- P3 elevato
- P4 molto elevato

**LIVELLI DI RISCHIO**

- R1 moderato
- R2 medio
- R3 elevato
- R4 molto elevato

- Limite bacino idrografico
- Limite area intermedia e laghi di Pergusa e Maletto
- Limite comunale

