



STUDIO

Geologia Tecnica e Ambientale

(+39) 334.7564040 - E-mail k8filippo@gmail.com



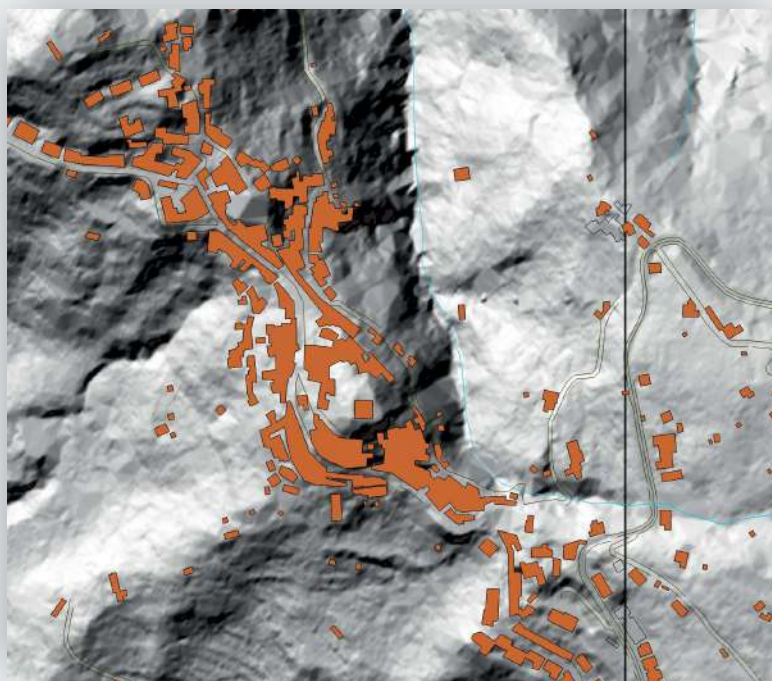
Studio di Geologia Applicata
DOTT. ALFREDO NATOLI
Via Panoramica dello Stretto 1020
98168 MESSINA
Tel. 090312331 - e-mail: geo.natoli@libero.it



COMUNE DI FICARRA

(Città metropolitana di Messina)

Lavori per la riqualificazione ed il potenziamento della strada intercomunale s.p. 145 finalizzati ad elevare i livelli di sviluppo e sicurezza del territorio. Primo lotto - dalla via Logge alla località Piano Corte



RELAZIONE GEOLOGICA



dott. geol. Filippo Cappotto



dott. geol. Alfredo Natoli

Ficarra, dicembre 2022

Sommario

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO	6
2.1	FRANE	9
2.2	Detriti poggianti su superfici inclinate	9
2.3	ANALISI PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE (P.A.I.)	9
3	INQUADRAMENTO METEOROLOGICO	11
3.1	PLUVIOMETRIA E TERMOMETRIA	11
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	13
5	MODELLO GEOLOGICO	16
5.1	DESCRIZIONE GEOLITOLOGICA	17
5.1.1	Materiali di riporto	17
5.1.2	Materiali detritici	17
5.1.3	Alternanza arenaceo-argillosa-conglomeratica (Flysch di Capo d'Orlando)	18
5.1.4	Metamorfiti di medio-alto grado	19
5.2	TETTONICA	20
5.2.1	Faglie	21
6	LINEAMENTI IDROGEOLOGICI	21
6.1	TERRENI PERMEABILI PER POROSITÀ	21
6.2	TERRENI A PERMEABILITÀ VARIABILE	22
6.3	TERRENI A PERMEABILITÀ ORIENTATA	22
6.4	Acquiferi E Modalità Di Circolazione Sotterranea	23
7	MODELLO GEOTECNICO	24
7.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE	24
7.1.1	INDAGINI IN SITU ED IN LABORATORIO	24
7.1.2	Rilievi geomeccanici	24
7.1.3	-Sismica Passiva Hvsr	25
7.2	COMPORTAMENTO MECCANICO DI TERRENI E ROCCE	28
7.2.1	Detrito di versante	28
7.2.2	Successione arenaceo pelitica del Flysch di Capo d'Orlando	29
8	SISMICITÀ DEL TERRITORIO	39
8.1	SISMICITÀ E ZONE SISMOGENETICHE DELLA PROVINCIA DI MESSINA	40
8.1.1	Zona Del Golfo Di Patti (932/Trascorrente)	41
8.1.2	Zona Di Messina (929/Normale)	42
8.1.3	Zona Dei Monti Nebrodi (933/Inverso)	42
8.2	STORIA SISMICA	43
8.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO	50
9	AZIONE SISMICA DI PROGETTO	56
9.1	CONSIDERAZIONI GENERALI	56
9.2	CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO	56
9.2.1	Prospezioni sismiche "MASW"	56
9.3	CATEGORIA TOPOGRAFICA	58

10 CARATTERISTICHE DEL TRACCIATO STRADALE	60
10.1 CIRCOLAZIONE IDRICA LUNGO IL TRACCIATO	64
11 CONSIDERAZIONI GENERALI	65

Fanno parte integrante della presente relazione i seguenti Annessi.

- Annesso 1 - Report indagini geognostiche e geofisiche 2004
- Annesso 2 - stratigrafie sondaggi parcheggio via IV Novembre
- Annesso 3 - Indagini MASW note
- Annesso 4 - Prove sismiche HVSr 2012

REGIONE SICILIANA



COMUNE DI FICARRA (Città metropolitana di Messina)

Lavori per la riqualificazione ed il potenziamento della strada intercomunale s.p. 145 finalizzati ad elevare i livelli di sviluppo e sicurezza del territorio. Primo lotto - dalla via Logge alla località Piano Corte

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

(Ai sensi del D.M. 17/01/2018)

3

1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Ficarra, in riferimento alla delibera di Giunta Municipale n° 306 del 21/06/1990 che conferiva l'incarico a chi scrive, geologi dott.ri Alfredo Natoli e Filippo Cappotto, è stato aggiornato alla normativa vigente (NTC/2018) lo studio geologico-tecnico dei terreni che verranno interessati dalle opere previste nel Progetto del 1° lotto per la riqualificazione ed il potenziamento della strada S.P.145, redatto nel 2010.

La strada nel suo complesso intende bypassare tutto il centro urbano ricongiungendosi alla S.P. per Sinagra alla periferia sud del Paese, in particolare con la realizzazione di questo primo tratto si otterrebbe il positivo risultato di svincolare la parte più antica del Centro con tratti di strada più stretta e le costruzioni più vulnerabili. Per tale motivazione detta opera è stata inserita nel Piano regionale delle Vie di Fuga.

La cronistoria dell'iter progettuale è dettagliatamente ricostruita nella relazione tecnica redatta dai progettisti.

Oggi il Progetto Definitivo prevede la realizzazione di un primo lotto del tracciato e precisamente quello che collega la Via Logge al quartiere di S. Sebastiano e alla Via Spirito Santo e la

realizzazione di una bretella di collegamento alla Via IV Novembre passando per la località Piano Corte (fig. 1).

Per la redazione dello studio, oltre gli accertamenti geolitologici di superficie e la consultazione della letteratura geologica, è stato fatto riferimento alla campagna geognostica realizzata nel mese di aprile 2004 su parte dello stesso tracciato ed eseguita dalla ditta GEOSERVIZI s.a.s. su affidamento del P.R.U.S.S.T. VALDEMONTE.

In particolare, per il lotto in questione, sono state prese in considerazione le seguenti prove:

- n. 9 sondaggi geognostici della profondità compresa tra mt 15,00 e mt 30,00
- n. 5 Standard Penetration Test
- Analisi geotecniche di laboratorio su n. 2 campioni indisturbati
- Rilievi geomeccanici
- N. 4 traverse sismiche.

Inoltre è stato fatto riferimento a due sondaggi geognostici eseguiti per la realizzazione di un parcheggio in prossimità del tratto finale del 1° lotto, innesto della bretella alla via IV Novembre e a 3 prove sismiche MASW note da altri lavori pubblici.

In questa fase sono state realizzate anche due prove sismiche passive HVSR interpretate in chiave sismo-stratigrafica.

Con i dati disponibili è stato possibile ricostruire i seguenti elaborati:

- TAV. 1 -Carta geolitologica in scala 1:2.000
- TAV. 2 - Planimetria delle indagini in scala 1:2.000
- TAV. 3 - Sezione assiale del tracciato principale;
- TAV. LE 4 - sezioni stratigrafiche schematiche, trasversali, rappresentative del tracciato principale e della bretella di collegamento alla via IV novembre;
- TAV. 5 - Carta dei Dissesti PAI (agg. 2021);
- TAV. 6 - Carta della Pericolosità e del rischio PAI (agg. 2021).

Fanno parte integrante della presente relazione i seguenti elaborati:

- relazione delle indagini geognostiche del 2004, alla quale si rimanda per ogni opportuno approfondimento;
- relazione delle indagini Geofisiche HVSR;
- elaborati relativi ai rilievi geomeccanici;
- elaborati relativi alle traverse sismiche;
- indagini geognostiche note, sondaggi e prove MASW di altri progetti comunali.



5

Figura 1 - Planimetria della soluzione 2 elaborata dai progettisti inserita su immagine Google Earth.

Lo studio per la modellazione geologica del sito di progetto, e più in generale per la ricostruzione della pericolosità geologica, idrogeologica e sismica della fascia territoriale interessata, è stato eseguito in ottemperanza alla normativa tecnica e sismica vigente e in particolare in riferimento ai:

- D.M. 11.3.1988;
- DPR n° 554 del 21/12/1999;
- O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274;
- DD. MM. 14/settembre/2005;
- Ordinanza P.C.M n° 3519/2006;
- N.T.C. 17 gennaio 2018;
- Piano per l'assetto idrogeologico (PAI), aggiornamento 2021.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

L'area d'interesse progettuale, ubicata all'interno del territorio comunale di Ficarra è individuabile dal punto di vista topografico a cavallo delle Tavolette Naso e Sant'Angelo di Brolo (Foglio n. 252, quadranti II SO e II SE) della Carta d'Italia in scala di 1:25.000 edita dall'I.G.M.I. (Figura 2) e nella Sezione n. 598060 "Ficarra" della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 edita dalla Regione Siciliana (Figura 3).

L'andamento morfologico generale dell'area è quello tipico dell'immediato entroterra tirrenico del messinese, caratterizzato da rilievi morfologici piuttosto acclivi che si ergono a ridosso delle "fiumare".

In particolare l'area che verrà interessata dal tracciato stradale di progetto ricade nella parte alta del versante destro della fiumara di Sinagra, a SW del centro abitato di Ficarra, subito a valle dello spartiacque che delimita i bacini imbriferi tra la Fiumara di Sinagra (Ovest) e del Torrente Brolo (Est).

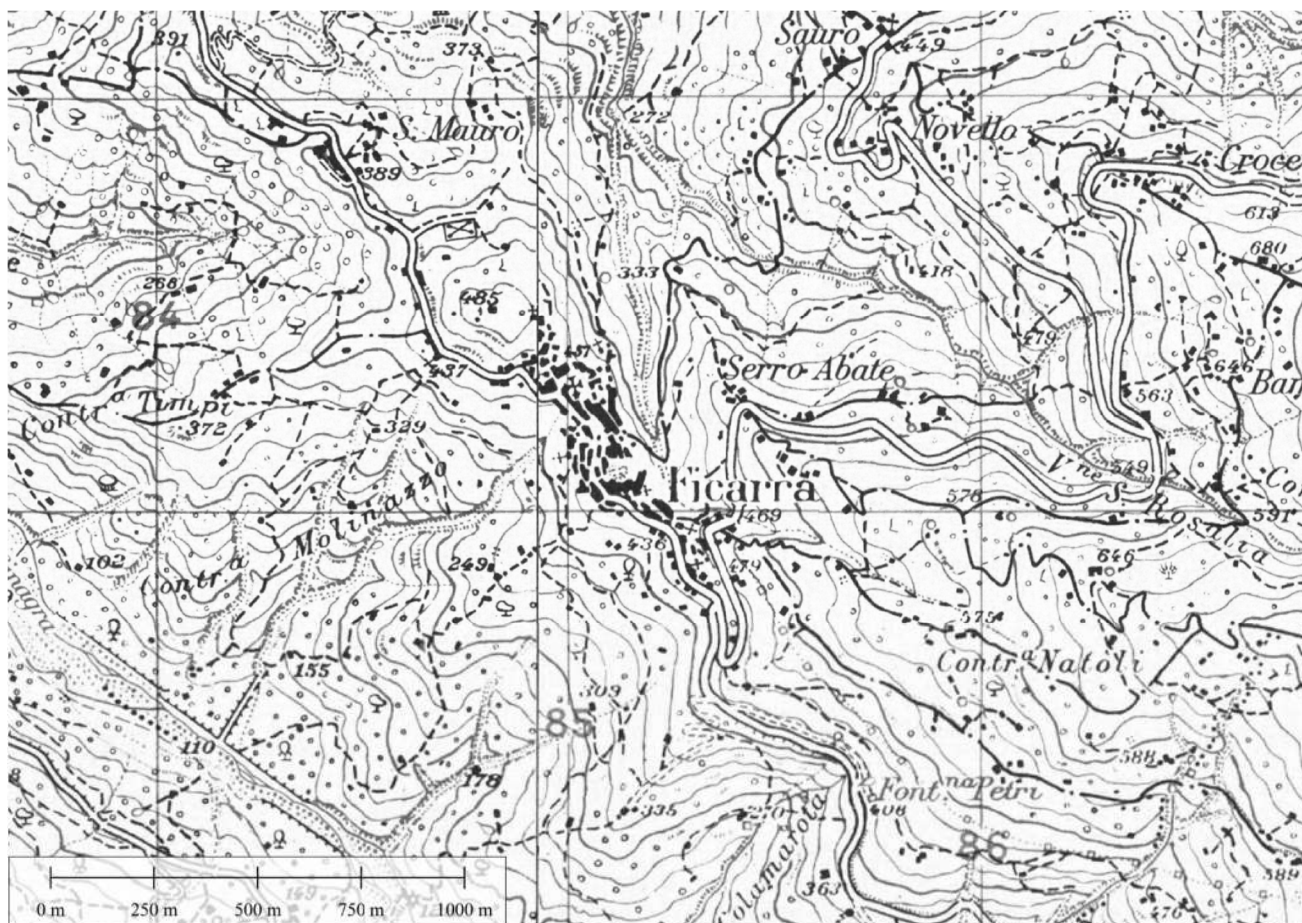


Figura 2 - Stralcio Tavoletta "Ficarra" (Foglio n. 252, Quadranti II NO e II NE della Carta d'Italia in scala di 1:25.000 edita dall'I.G.M.I.).

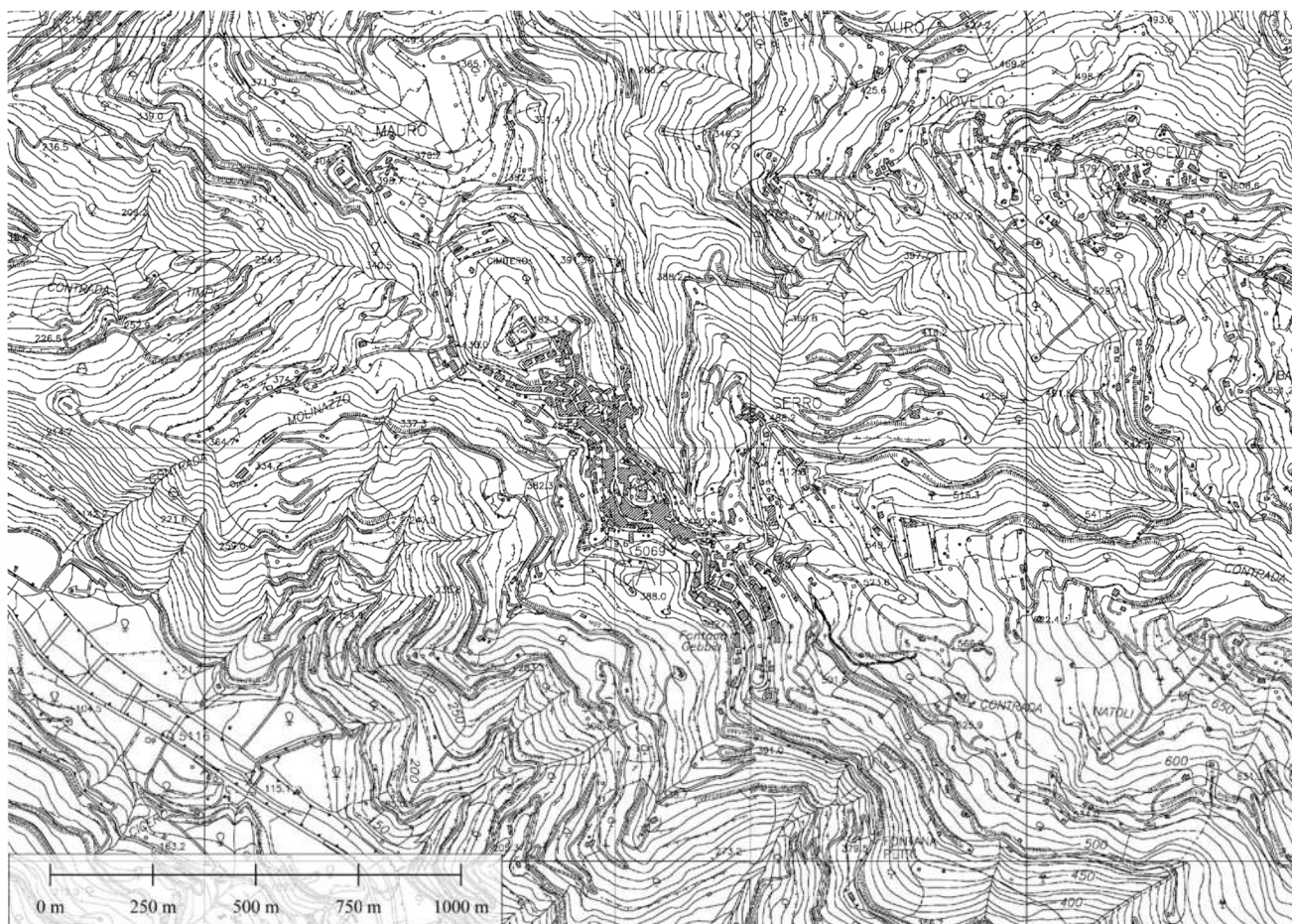


Figura 3 - Sezione n. 598130 "Ficarra" della C.T. R. in scala 1:10.000 edita dalla Regione Siciliana

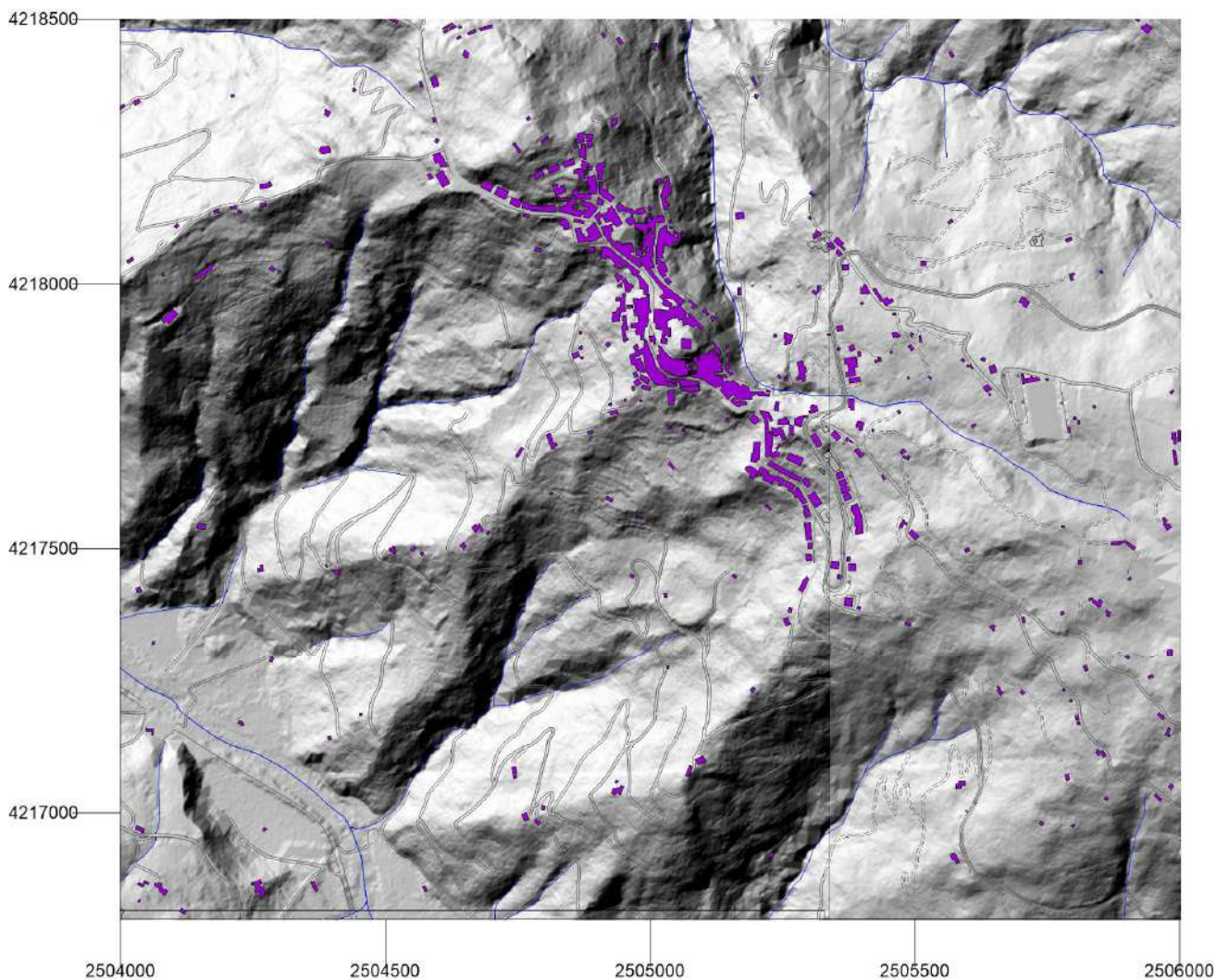


Figura 4 - Modello Digitale del terreno (DEM)

Il tracciato di cui sopra, restando localizzato nella parte alta del bacino, attraversa tutta una serie di incisioni iniziali del reticolo idrografico, che si sviluppa dalla sommità della linea di dislivello verso il fondovalle della fiumara Sinagra.

In tutto il bacino i lineamenti orografici rispecchiano una morfologia di tipo alto-collinare o montuosa, caratterizzata da pendii acclivi e da incisioni abbastanza marcate.

In particolare le zone di affioramento dell'alternanza arenaceo-argillosa (formazione di Stilo-Capo d'Orlando) e delle sottostanti metamorfiti, presentano elevati valori di acclività e, a volte, pareti subverticali che conferiscono al paesaggio una morfologia dalle forme accidentate; i pendii sono comunque dotati di un buon grado di stabilità globale in quanto rispecchiano la natura litoide del substrato.

Nelle zone di maggior accumulo dei materiali detritici, la morfologia si addolcisce, dando luogo a forme subarrotondate o subpianeggianti, trattandosi di materiali facilmente erodibili.

In tutto il versante interessato dalle opere di progetto, caratterizzato dalla presenza di formazioni a bassa permeabilità si è impostato un fitto reticolo idrografico, a carattere prettamente giovanile, con alvei quasi sempre molto stretti.

La brevità del percorso e l'elevata pendenza longitudinale di questi corsi d'acqua, conferiscono agli stessi un forte potere erosivo localizzato in particolare al piede dei fianchi vallivi.

L'evoluzione morfologica del versante è pertanto individuabile nei seguenti fenomeni:

- Erosione ad opera delle acque selvagge e incanalate, localizzata nella parte alta e media dei bacini
- Trasporto e parziale deposizione del materiale eroso nell'asta principale e nel tratto terminale, meno acclivi.

Le conseguenze sul piano applicativo di siffatto ambiente morfologico si manifestano in concomitanza con afflussi meteorici di intensità e/o durata eccezionale, quando vengono esaltate l'erosione e la degradazione dei suoli.

2.1 FRANE

Nell'allegata carta geolitologica sono state riportate tre piccole aree in frana di cui la prima, andando da NW verso SE, ricade circa 300 mt prima dell'inizio del tracciato della strada di progetto, la seconda e la terza restano localizzate rispettivamente tra le sezz. 18-21 e le sezz. 31-34.

Trattasi di frane di scorrimento, ancora attive, che hanno mobilitato la copertura detritica, dello spessore di qualche metro; questa scivola lungo una superficie inclinata verso SW che rappresenta il contatto con la sottostante alternanza arenaceo-argillosa.

2.2 Detriti poggianti su superfici inclinate

Coperture detritiche significative poggianti su superfici inclinate sono state cartografate lungo il tracciato nei tratti compresi tra le sezz. 30-39 e le sezz. 4-57.

I sondaggi n. 8 e 9, localizzati poco a valle del tracciato della bretella, lungo il tracciato principale, hanno rilevato spessori detritici rilevanti compresi tra mt 5,50 (S.8) e mt 8,00 (S.9). spessori confermati come ordine di grandezza dalle 2 prove HVSR interpretate in chiave sismo-stratigrafica.

2.3 ANALISI PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE (P.A.I.)

E' stato fatto riferimento al bacino della F.ra di Naso, (014) - (CTR 599060), compreso tra l'Area territoriale tra Torrente Timeto e Fiumara di Naso (013) e l'Area territoriale tra Fiumara di Naso e Fiumara di Zappulla (015).

Le cartografie allegate al Piano per l'assetto idrogeologico della Regione Sicilia (P.A.I.) - D.P.R.S. n° 288 del 05/07/07, relative al settore interessato, sono state aggiornate in ultimo con D.S.G n° 364 del 10.12.2021, di cui si allegano stralci (Allegati Grafici Tav. 5 e Tav. 6). In particolare l'analisi delle stesse ha evidenziato poco prima della parte finale del tracciato del 1° Lotto di progetto, sez. 45-56, un dissesto complesso (014-5FI-011) stabilizzato naturalmente con pericolosità **P0** che determina condizioni di Rischio **R1** a carico dei beni esposti.

Sigla	Bacino idrografico	Provincia	Comune	Località	CTR 1:10.000	Tipologia	Attività	Pericolosità	Rischio
014-5FI-011	Fiumara di Naso (014)	Messina	Ficarra	Ovest Centro Abitato	599060	5	S	0	1

Tabella 1 - dissesto interferente con la viabilità di progetto

Nella fattispecie siamo in presenza di un dissesto complesso, naturalmente stabilizzato, esteso dalla via IV novembre sino alla località Piano Corte con una lunghezza superiore ai 260 metri che interessa nella zona sommitale la bretella di progetto.

Secondo le nuove Norme di Attuazione del PAI approvate nel maggio 2021 in corrispondenza di dissesti con pericolosità P0 sono consentiti gli interventi di carattere infrastrutturale che non aggravino le condizioni di pericolosità dell'area o ne aumentino l'estensione.

In riferimento al comma 17.4 dell'ART. 17 delle Norme di Attuazione del PAI 2021 nelle aree a pericolosità **P0** è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici vigenti previo parere di compatibilità rilasciato dall'Ente preposto all'autorizzazione/concessione.

10

3 INQUADRAMENTO METEOROLOGICO

3.1 PLUVIOMETRIA E TERMOMETRIA

Il quadro termo-pluviometrico medio mensile viene definito in base all'elaborazione (vedi tabella sotto) dei dati della stazione pluviometrica di “**Ficarra**” (quota 541 m s.l.m.), relativamente ad un periodo di 65 anni di osservazioni e della stazione termometrica “**Tindari**” (quota m 280 s.l.m.), quella più vicina al territorio di Ficarra.

Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
P (mm)	127	101	90	76	43	27	19	24	72	104	119	136
T (°C)	10.6	10.8	11.9	13.9	17.7	21.4	24.0	24.5	22.1	18.5	14.8	12.0

I dati per l'analisi del regime pluviometrico sono stati pubblicati dal Servizio Idrografico dal 1929 al 2004 e cioè per un periodo superiore a 75.

Le letture si riferiscono ad anni 65 in quanto non sono stati pubblicati i dati relativi agli intervalli annuali 1942-1950 e 1985-1987.

La maggior quantità di precipitazioni si ha nei mesi di Novembre, Dicembre, Gennaio rispettivamente per un valore medio di mm 115, 135 e 127 di pioggia mentre, il mese con minore precipitazione è Luglio con 18,71 mm.

L'anno ed il mese più piovosi risultano essere stati il 1931 con 1477.9 mm di pioggia ed il mese di febbraio dello stesso anno con 456.9 mm.

La media annua per il periodo considerato è stata di **932,61** mm di pioggia con 90 giorni piovosi.

Da questi dati risulta che il mese più piovoso è dicembre e quello più arido luglio con temperature medie annue prossime a 17 °C e mensili minime in gennaio e massime in agosto, mentre le precipitazioni annue si distribuiscono per il 73 % nel semestre autunnale-invernale di cui 39% nella stagione invernale.

L'indice xerotermico consente di definire 4 “mesi secchi” e di classificare il clima “meso-mediterraneo”; mentre, secondo DE MARTONNE (1955), risulta un indice di aridità: $I_a = 25,1$ cui corrisponde un clima da “temperato caldo secco” a “temperato caldo umido”, tipico della fascia costiera e dei versanti litoranei.

Il clima della zona in esame è tipicamente mediterraneo caratterizzato da estati calde e secche ed inverni piovosi e poco rigidi.

Negli anni compresi tra il 1977 ed il 1985, è stato rilevato che la temperatura media minima (7°) si è avuta in Gennaio e Febbraio, mentre quella media più alta si è raggiunta a Luglio (28°); inoltre le temperature minime si mantengono sempre qualche grado al di sopra dello zero, mentre quelle massime possono raggiungere valori anche molto elevati ($\sim 40^{\circ}$).

In linea generale, l'andamento delle temperature medie mensili e l'escursione termica risultano abbastanza regolari.

Per quanto riguarda le condizioni pluviometriche critiche si riportano le piogge di massima intensità e breve durata registrate nella stazione pluviografica di Ficarra dal 1973 al 2004:

• **Durata della pioggia critica (ore) - Ficarra**

ANNO	Pioggia critica 1 ora	Pioggia critica 3 ore	Pioggia critica 6 ore	Pioggia critica 12 ore	Pioggia critica 24 ore
1973	29	54	78,8	102,8	141,2
1974	16	24,8	31,8	58,4	61
1975	20	30,4	48,4	48,4	49,2
1976	32,4	39,4	42,8	57,4	75,4
1977	22,4	40	54,8	77,2	93,2
1978	39,6	66,2	68,4	71,2	71,4
1979	23	45,8	55,4	59,4	66
1980	24,8	27,2	29,6	36,7	49,8
1981	14,8	26,6	41	59	88,4
1983	46,6	49,6	51,8	54,4	71,6
1986	62,2	69,2	86,2	126	146,6
1989	20	26,6	32,6	43,6	47
1990	33,8	34	34	36	54,4
1991	35	37,4	40	40,4	43,4
1993	39,2	40,4	44	51,6	57
1995	15,8	26,8	28	37	46,8
1996	32,2	39	52,8	75,4	98,6
1997	19,2	23,2	29,6	42	51,8
1999	24	29,6	36,4	57	73,2
2000	33,2	49,6	51,2	82,6	97,2
2001	70	77	77	77	77
2002	24	37,4	41	59,2	78,8
2003	23,4	33	40	58	74,4
2004	28	36,4	36,6	41,6	59,4

12

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Nell'area di Ficarra affiorano le unità del basamento cristallino metamorfico kabilo/calabride (Paleozoico), costituenti il margine geometricamente più elevato ed esterno delle falde di ricoprimento sovrapposte che costituiscono la catena orogenica siciliana (fig. 5).

Al tetto delle falde metamorfiche poggia la formazione tardorogena, precollisionale del **Flysch di Capo d'Orlando**.

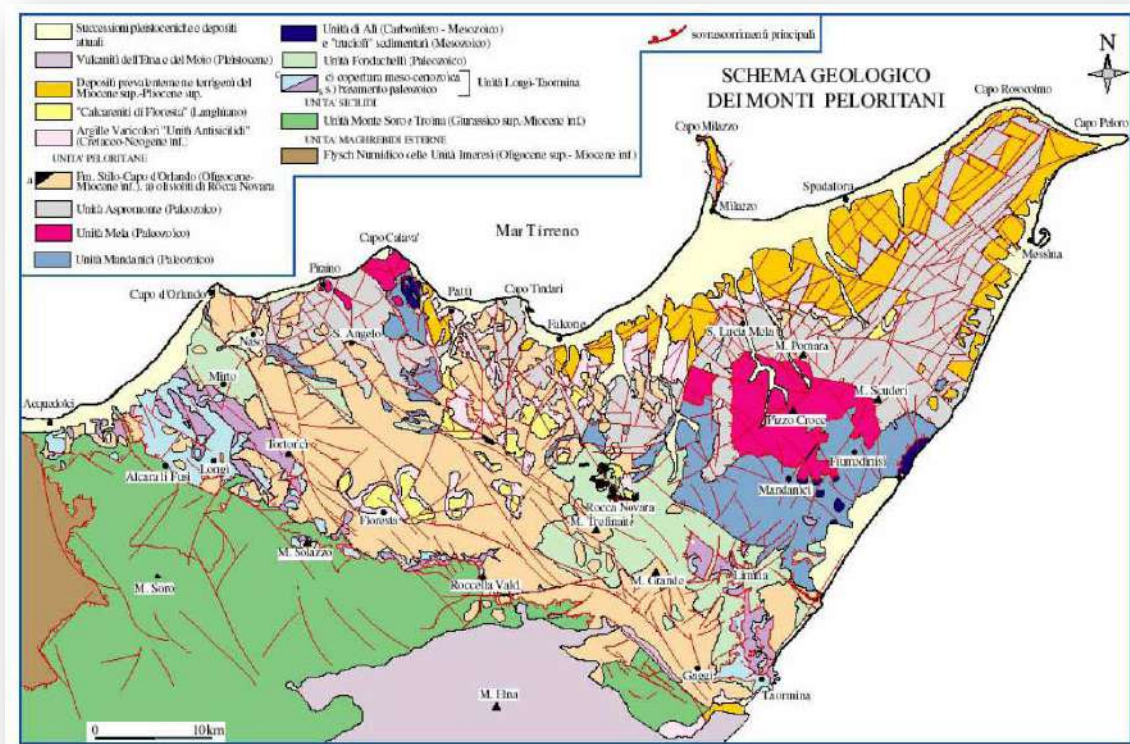


Figura 5 - schema geologico strutturale dei Peloritani

Il Flysch di Capo d'Orlando è costituito da una copertura molassica databile in dettaglio al Chattiano-Burdigaliano inf. (Lentini et al, 1995), esso sutura i contatti tettonici di ricoprimento al tetto delle unità cristalline che risultano impilate in una complessa struttura a scaglie con vergenza africana costituenti l'ossatura dei monti Peloritani, parte meridionale dell'arco (fig. 6).

La deformazione e la messa in posto delle falde metamorfiche è dovuta all'instaurarsi del regime compressivo (Cretaceo-sup.) responsabile della convergenza e della collisione tra le placche europea e africana.

Il progredire della tettonica compressiva e della deformazione, hanno generato sull'edificio montuoso già strutturato nuove superfici di discontinuità con accavallamenti a rampa, agenti

anche tra scaglie embriciate di una stessa unità metamorfica principale, coinvolgendo lo stesso Flysch di Capo d'Orlando in fase di deposizione.

Dal Miocene superiore in avanti, insieme con le Madonie con i Monti Nebrodi, l'Arco Calabro-Peloritano mostra un generale e significativo sollevamento, accompagnato da conseguenti tassi di erosione più elevati.

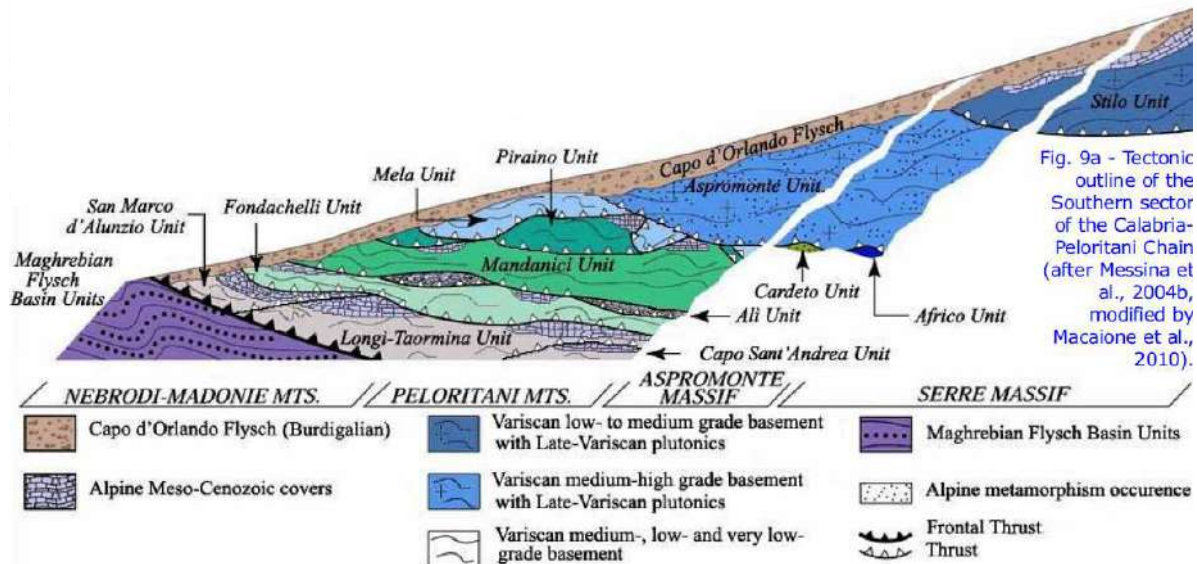


Figura 6 - schema geologico strutturale dei Peloritani

Gli elementi strutturali così formati in epoche più recenti (Pliocene superiore) sono stati, smembrati, dislocati ed erosi a causa della sovrapposizione neotettonica dovuta all'attivazione di faglie trascorrenti NW-SE, disposte "en echelon", con associate faglie antitetiche orientate NE-SW e faglie normali orientate N-S (Catalano et al, 1996).

La Neotettonica, è testimoniata da una serie di evidenze morfologiche: vari ordini di terrazzi fluviali, presenza di terrazzi marini antichi anche a quote elevate allineamenti di selle e creste, ecc., ed è rappresentata da sistemi di faglie subverticali o comunque fortemente inclinate.

La dinamica anzi descritta determina nel territorio di interesse un assetto geologico-strutturale geometricamente complesso e frammentato, dove il Flysch di Capo d'Orlando occupa la parte sommitale del rilievo collinare e verso SE sutura il contatto tra la lembi dell'Unità Aspromonte, dell'Unità Mandanici e dell'Unità di Fondachelli, impilate in scaglie vergenti a SE.

Il Flysch di Capo d'Orlando costituisce pertanto il substrato litologico d'imposta del Centro Urbano, in parte e anche significativamente interessato da dinamiche geomorfologiche attuali e antiche. Esso si presenta con assetto giaciturale variamente immergente tra Est e SSE con inclinazioni variabili principalmente nell'intervallo 15° - 30°.

La formazione si presenta con banconi francamente arenacei intervallati da sottili livelli pelitici, affioranti ampiamente in prossimità dell'abitato ed evolve al letto verso gli orizzonti basali, rappresentati da sequenze ritmiche arenaceo-pelitiche caratterizzate da bassi valori del rapporto arenarie/argille, con spessori di svariate decine di metri, poggianti direttamente sul substrato metamorfico.

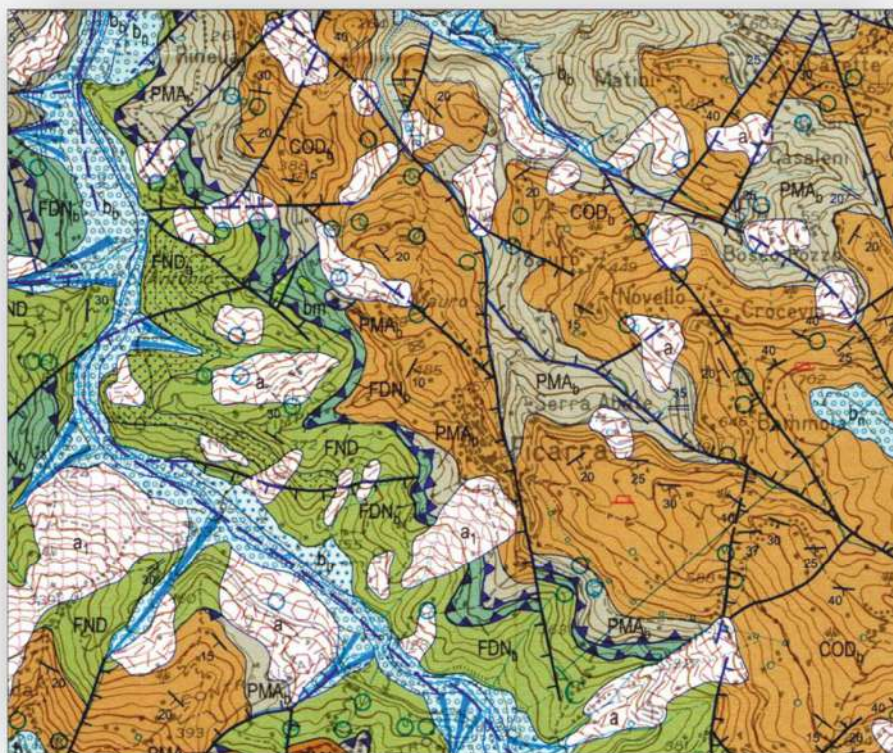
Al tetto della sequenza, fuori comunque dal territorio di Ficarra, in discordanza tettonica sia sul Flysch sia sul basamento cristallino si sovrappone la falda retro vergente delle argille scagliose varicolori dei Peloritani.

5 MODELLO GEOLOGICO

Al fine di ricostruire l'assetto geologico stratigrafico dell'area di progetto, in prima analisi, è stato fatto riferimento al foglio 599 (Patti) della cartografia geologica del Progetto Carg (ISPRA) in scala 1 : 50.000 (Giunta G., Catalano R. et al 2011) - (fig. 7). La cartografia ufficiale è stata integrata dalle verifiche di dettaglio a scala di progetto, 1 : 2.000 per l'inquadramento del settore del C.U. interessato (Allegati Grafici - tav. 1), condotte attraverso l'esame degli affioramenti e delle sezioni artificiali presenti, tramite foto interpretazione, alle esperienze maturate da chi scrive e in riferimento alla campagna di indagini geognostiche realizzate nell'ambito di questo progetto e a indagini geognostiche note.

Durante i rilievi di campo a piccola scala sono state riscontrate non poche difficoltà a causa dei pochi affioramenti del substrato, che in genere risulta mascherato da diffuse e continue coperture detritiche, dalla presenza dell'edificato (Centro Urbano) e dalla complessità dell'assetto strutturale dell'area.

STRALCIO CARG - Foglio 599 PATTI - (G. Giunta et al., 2011)



ba = alluvioni attuali; bb = alluvioni recenti; a1 = frane; a = detrito di versante; CODb = Arenaie del Flysch di Capo d'Orlando; PMAa = paragneiss biotitici e micascisti; PMAb = gneiss occhiadini e metagranitoidi; FDNb = Filladi e micascisti dell'unità di Mandanici, FND = filladi dell'Unità di Fondachelli

Figura 7

Sulla base di un accurato rilevamento geologico di campagna, in scala 1 : 2.000, è stato possibile ricostruire la seguente successione stratigrafica, procedendo dal termine più recente verso il più antico:

- *h - riporto*
- *a - detrito;*
- *a1 - Frane*

(unità Terrigene oligo-mioceniche)

- *COD_b - alternanza arenaceo pelitica del flysch di Capo d'Orlando (Chattiano- Langhiano);*

(unità Aspromonte)

- *PMA_a - gneiss occhiadini con intrusioni filoniane aplitico pegmatitiche (Paleozoico);*

Le formazioni sopra elencate (a esclusione dei riporti e dei detriti) sono di provenienza “Alloctona” hanno subito cioè un trasporto orogenico lontano dal loro luogo d'origine.

L'elevato grado di fratturazione e di alterazione che accompagnano queste formazioni, anche in profondità, è legato, appunto, al lungo trasporto che hanno subito nella strutturazione della catena.

17

5.1 DESCRIZIONE GEOLITOLOGICA

Vengono qui di seguito descritte le caratteristiche litologiche relative a ciascun litotipo:

5.1.1 Materiali di riporto

Modesti accumuli di materiali di riporto (non sempre cartografati) sono stati riscontrati dai sondaggi n. 1-3-4-5-6-; in particolare gli spessori maggiori (mt 5,00) sono stati rilevati nei sondaggi n. 1 (sez. 9) e n. 6 (sezz. 34-35).

limitati intervalli di riporto sono stati al tempo riscontrati nei sondaggi Sg1 (3.50 m) e Sg2 realizzati per il completamento del parcheggio adiacente alla Via IV Novembre.

Trattasi di materiali prevalentemente limoso-sabbiosi inglobanti frammenti di laterizi ed elementi lapidei e dotati di scadenti caratteristiche di taglio.

5.1.2 Materiali detritici

Sono stati cartografati solo laddove raggiungono spessori rilevanti ma ricoprono in maniera discontinua e con spessori variabili dal decimetro a svariati metri, tutte le formazioni affioranti nel territorio rilevato.

Gli accumuli di maggiore spessore (max mt 8,00) nel sondaggio S9 sono localizzati nel tratto di

tracciato non compreso in questo lotto in località Piano Corte, a valle della bretella, e sono costituiti da limi sabbiosi passanti a sabbie limose, inglobanti rari minuti frammenti lapidei.

Nell'ambito dello stesso detrito è possibile distinguere sia porzioni più grossolane che porzioni ove prevale la frazione fina limoso-sabbiosa.

Gli elementi lapidei rispecchiano la natura dei litotipi (arenarie) dal cui disfacimento derivano.

Queste coperture detritiche poggiano su substrati variamente inclinati e, pertanto, la loro stabilità resta strettamente legata al grado di acclività del substrato nonché all'azione delle acque superficiali e subsuperficiali.

5.1.3 Alternanza arenaceo-argillosa-conglomeratica (Flysch di Capo d'Orlando)

Questo complesso classico di età Oligo-miocenica (terziario) si presenta in affioramenti molto vasti e sviluppati ed è trasgressivo sulle metamorfite affioranti nella parte medio-bassa del versante.

La successione si può dividere in un membro basale conglomeratico ed, in uno superiore dato da un'alternanza arenaceo-argillosa.

a) Membro conglomeratico

Non è visibile in affioramento nell'area rilevata.

Gli elementi costitutivi sono di dimensioni variabili da pochi cm a 40-50 cm; il cemento è arenaceo con la frazione più fina sabbioso-argillosa.

I ciottoli bene arrotondati, sono dati in massima parte da gneiss biotitici, gneiss occhiadini e materiale pegmatitico, in quanto questo conglomerato si è formato a spese di rocce metamorfiche di Meso-Catazona.

Il grado di alterazione dei singoli elementi è piuttosto avanzato e la consistenza del sedimento è limitata a causa del cemento sabbioso alquanto incoerente.

b) Alternanza arenaceo-argilloso-siltitica

Si tratta di un complesso molto esteso che, escludendo i pochi casi in cui è presente il conglomerato basale, è direttamente trasgressivo sul substrato metamorfico.

Tale membro arenaceo-argilloso-siltitico rappresenta costantemente i terreni che verranno interessati dalle opere previste in progetto, nonché quelli su cui sorge il centro abitato di Ficarra.

E' formato da un'alternanza di strati di arenaria, di siltiti, di argille; lo spessore degli strati argillosi è sempre limitato e non supera il decimetro, mentre gli strati di arenaria hanno spessori variabili da pochi centimetri a diversi metri.

Questi, sulla superficie esposta all'alterazione sono di colore bruno arancio, mentre alla frattura fresca presentano un colore grigiastro.

Il complesso, nel suo insieme di facies è interessato da vari sistemi di fratture il più importante dei quali ha un andamento ortogonale alla direzione degli strati.

Nella parte superficiale della formazione, per uno spessore di svariati metri, tali fratture si rinvencono con interdistanza molto ravvicinata e che, comunque varia dal centimetro ad alcuni decimetri.

La "massa rocciosa" va interpretata quindi come un insieme di frammenti arenacei a spigoli vivi, combacianti di forma pseudo prismatica.

La fascia superficiale, al contatto con gli agenti esogeni, si presenta in genere alterata e decementata anche per parecchi metri.

In particolare, i sondaggi hanno riscontrato la presenza di arenarie parzialmente decementate ed alterate fino ad una profondità di max mt 21 (S.1) e mt 21,9 (S.9), ma quasi in tutti i punti indagati lo spessore rilevato è stato di svariati metri.

Da un punto di vista giaciturale la formazione sopra descritta, da quanto è stato possibile rilevare in superficie, presenta una direzione degli strati piuttosto variabile con immersione prevalente tra Est e Sud-Sud-Est, con pendenza compresa tra i 15° ed i 30°;

19

5.1.4 Metamorfiti di medio-alto grado

Queste rocce, largamente rappresentate nei Peloritani e nei Nebrodi, le quali hanno subito un metamorfismo di grado medio-alto e, quindi, secondo un criterio classificativo zonografico, ricadono nel campo delle metamorfiti di meso-catazona.

Rappresentano il substrato cristallino su cui poggia in trasgressione la formazione arenaceo-argillosa prima descritta e sono rappresentate da gneiss biotitici, occhiadini e pegmatiti.

Vengono in affioramento lungo il versante destro della fiumara di Sinagra, a valle dell'area direttamente interessata dal tracciato stradale e presentano caratteristiche piuttosto varie, essendo frequenti sia i tipi massicci che compatti, come le varietà più o meno scistose.

Il colore è in genere marrone chiaro ed è determinato dall'abbondanza della biotite; non mancano peraltro rocce di colore grigio.

I costituenti essenziali (biotite, quarzo, plagioclasio, muscovite) sono facilmente riconoscibili ad occhio nudo anche nei tipi a grana più minuta.

Vene sialiche e pegmatitiche, costituite essenzialmente da k-feldspato, plagioclasio e quarzo, attraversano la massa gneissica, la quale, tra l'altro, è legata da passaggi laterali e verticali agli

gneiss occhiadini.

Tali rocce presentano una scistosità evidente e marcata data da allineamenti paralleli dei minerali micacei e talvolta dalle lenti di quarzo.

La formazione nel suo insieme è interessata da vari sistemi di fratture, pertanto, localmente, può risultare formata come da un insieme di elementi lapidei a spigoli vivi, combacianti.

La parte superficiale, esposta agli agenti esogeni, si presenta interessata da fenomeni di alterazione che possono esplicarsi in due modi diversi; si può infatti notare un tipo di alterazione fisica, consistente in una totale frantumazione e disarticolazione dell'ammasso roccioso, con conseguente difficile individuazione delle superfici di contatto tra la copertura detritica e la stessa fascia alterata; altro tipo di alterazione è quello chimico-fisico che porta alla parziale argillificazione della roccia.

5.2 TETTONICA

L'Arco Calabro-Peloritano è stato soggetto a diverse fasi tettoniche che ne hanno determinato l'attuale struttura a falde e che sono interamente imputabili alla tettonica alpina.

E' possibile riconoscere una principale fase di parossismo supramiocenica, causa del trasporto orogenico con vergenza africana, ed inoltre, una tettonica post-orogena che ha causato un generale sollevamento dell'area e la formazione di un complesso sistema di faglie.

Secondo [Lentini e Vezzani \(1978\)](#), al limite Eocene-Oligocene si sarebbe verificata la fase di accavallamento delle Unità Calabridi all'interno dello stesso bacino Calabride, generando così le varie falde che al limite Oligocene-Miocene sovrascorrono sull'Unità di Monte Soro ed in seguito, insieme, sulle Unità Sicilidi.

Inizia così la sedimentazione delle Unità Tardogene (Flysch di Capo d'Orlando).

Nel Miocene inferiore avviene la messa in posto delle argille variegiate delle Unità Antisicilidi che rappresentano un antiricoprimento.

Il ciclo orogenico si conclude nel Miocene medio-superiore, fine Elveziano-inizio Tortoniano, quando le Unità interne (Calabridi, Monte Soro, Sicilidi), precedentemente già accavallatesi in falda, vengono a ricoprire le Unità delle aree più esterne.

Dal Miocene superiore in avanti, insieme con le Madonie e con i Monti Nebrodi, l'Arco Calabro-Peloritano mostra un generale e significativo sollevamento, accompagnato da conseguenti tassi di erosione più elevati.

Per la tettonica post-orogena sono definibili due fasi: la prima, essenzialmente compressiva, ha dato luogo a blande pieghe nella formazione evaporitica e nei sottostanti terreni

tortoniani ed è databile come anteriore al Pliocene; la seconda attiva dal Pliocene al Pleistocene superiore, è caratterizzata soprattutto da faglie dirette.

5.2.1 Faglie

I sistemi principali di faglie che attraversano il territorio studiato sono due, rispettivamente orientati NS e NW-SE; trattasi di faglie spesso multichilometriche che mettono a contatto formazioni diverse (Flysch - metamorfite) o che si sviluppano nell'ambito della stessa formazione.

Una di queste faglie ad andamento NS, riportata nella "Carta geologica Carg. Foglio Patti" attraversa i quartieri meridionali del centro abitato, tuttavia si tratta di faglie mioceniche non attive.

6 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Gli studi geologici e litologici di superficie consentono una verosimile identificazione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio in esame.

Poiché la circolazione delle falde acquifere è condizionata dalla distribuzione areale e dalla sovrapposizione di terreni a differente permeabilità e quindi dalla "trasmissività" delle varie formazioni presenti, vengono anzitutto qui di seguito brevemente riportate le caratteristiche di permeabilità di ciascun terreno.

Per maggiore comodità esplicativa viene effettuata una distinzione in ordine sia al tipo di permeabilità che alle classi di terreni che presentano analoghe caratteristiche in tal senso.

Si possono così distinguere:

- Terreni permeabili per porosità;
- Terreni a permeabilità variabile;
- Terreni a permeabilità orientata.

6.1 TERRENI PERMEABILI PER POROSITÀ

A questa classe vanno ascritti tutti i terreni dotati di porosità, in cui la permeabilità è una caratteristica del litotipo e viene definita "permeabilità primaria".

Nel caso in esame vi appartengono le coperture detritiche dotate di un grado di permeabilità inversamente proporzionale alla quantità di fini (limi, argille) presenti; possono essere, comunque, considerate moderatamente permeabili.

Laddove la copertura detritica è più ricca di elementi litoidi sia piccoli che grossolani la permeabilità si incrementa sensibilmente.

6.2 TERRENI A PERMEABILITÀ VARIABILE

A questa classe possono essere ascritte le rocce metamorfiche, in cui è sempre presente un sistema di discontinuità variamente orientato e di intensità molto variabile.

Stabilire l'ordine di grandezza del coefficiente di permeabilità dei suddetti terreni non è certo semplice, riscontrandosi in natura delle situazioni locali con permeabilità elevata, laddove esiste una fessurazione di tipo “beante”, e di permeabilità più ridotta, in corrispondenza di quelle porzioni di ammassi rocciosi meno fratturati o con fessure di tipo combaciante.

A titolo largamente orientativo si può indicare il seguente campo di variabilità del coefficiente di permeabilità:

$$10^{-3} \leq K \leq 10^{-1} \text{ cm/sec.}$$

In ogni caso si tratta di permeabilità di tipo secondario, dovuta cioè alla fratturazione della roccia.

6.3 TERRENI A PERMEABILITÀ ORIENTATA

Sono dati dall'alternanza arenaceo-argilloso-siltitica in cui la permeabilità è variabile in funzione della litologia dello strato o livello cui si riferisce.

Nell'ambito della stessa alternanza si riscontrano infatti situazioni estreme, rappresentabili dai livelli di argille impermeabili e dagli orizzonti arenaceo-conglomeratici permeabili.

L'alternanza nel suo complesso, si comporterà quindi come terreno poco permeabile o addirittura impermeabile nella direzione ortogonale alla stratificazione; si può invece riscontrare una discreta permeabilità nella direzione parallela alla stratificazione, in corrispondenza dei livelli conglomeratici e arenacei.

Nella fattispecie i terreni della successione prevalentemente arenacea sono caratterizzati da permeabilità limitata, discontinua di tipo misto per fratturazione, variabile ed orientata in funzione della litologia degli strati cui si riferisce.

Infatti nell'ambito della stessa alternanza si riscontrano situazioni estreme rappresentate dai livelli siltitico pelitici impermeabili e dagli orizzonti arenacei o arenaceo-conglomeratici permeabili.

Ne consegue che parallelamente alla stratificazione, in corrispondenza di livelli arenacei continui, il coefficiente di permeabilità può assumere discreti valori ($K \approx 10^{-4} - 10^{-5} \text{ cm/sec.}$), mentre nei livelli siltitico-pelitici si hanno condizioni di bassa o bassissima permeabilità ($K \approx 1,5 \times 10^{-9} \text{ cm/sec.}$).

Pertanto la presenza delle soluzioni di continuità tende ad ostacolare i moti di filtrazione delle acque verso il basso e la formazione di una falda idrica principale, mentre favorisce la formazione di accumuli idrici sospesi di scarsa importanza, ma molto significativi ai fini geomorfologici.

6.4 Acquiferi E Modalità Di Circolazione Sotterranea

In siffatte condizioni la circolazione idrica sotterranea si esplica laddove la permeabilità delle rocce e dei terreni è tale da consentire la formazione di una falda.

Vengono qui di seguito descritte le varie situazioni riscontrabili nel territorio rilevato, in cui si ha la possibilità d'instaurarsi di falde sotterranee.

a) Falde confinate

Si tratta in genere di piccole falde relegate in livelli permeabili contenute al tetto ed al letto da terreni a minore permeabilità.

In seno all'alternanza arenaceo-argilloso-siltitica è teoricamente possibile l'esistenza di queste piccole falde confinate, in corrispondenza dei livelli arenacei fratturati.

b) Falde sospese e/o isolate

Con tale termine si indicano le falde che possono rinvenirsi nell'ambito degli ammassi rocciosi più fratturati, il cui andamento è di difficile previsione, essendo legato esclusivamente alla maggiore fratturazione nell'ambito della stessa formazione.

Di questo tipo sono le falde che alimentano le sorgenti nell'ambito delle rocce metamorfiche.

Più che di vere e proprie falde idriche continue si tratta di percorsi preferenziali che permettono il deflusso di "vene acquifere" a carattere perenne, che risentono comunque dell'andamento delle precipitazioni meteoriche.

c) Falde di contatto

Vengono indicate con questo nome le falde che si formano al contatto tra una formazione permeabile ed una sottostante formazione meno permeabile o impermeabile.

Nel caso oggetto di studio il contatto tra i materiali detritici e la sottostante alternanza arenaceo-argillosa, specie nelle zone in cui i detriti raggiungono i maggiori spessori, potrebbe essere sede di modeste falde idriche temporanee (stagionali).

7 MODELLO GEOTECNICO

7.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

7.1.1 INDAGINI IN SITU ED IN LABORATORIO

Allo scopo di definire le caratteristiche geostratigrafiche e geotecniche, dell'area studiata, al tempo della stesura del progetto generale (2004) sono stati eseguiti complessivamente i seguenti accertamenti:

- n. 12 sondaggi meccanici della profondità compresa tra mt 15,00 e mt 30,00
- n. 5 standard penetration test (S.P.T.)
- analisi di laboratorio su n. 2 campioni indisturbati
- rilievi geomeccanici
- n. 9 traverse sismiche.

Nell'Annesso n. 1 vengono riportate le modalità utilizzate per l'esecuzione delle indagini di cui sopra, nonché i relativi elaborati a cui fare riferimento per ogni eventuale approfondimento.

7.1.2 Rilievi geomeccanici

24

Allo scopo di poter caratterizzare, da un punto di vista geotecnico, gli ammassi rocciosi presenti nell'area studiata, sulle carote estratte dai sondaggi, sono stati eseguiti i seguenti rilievi:

- a) R.Q.D (Rock Quality Designation)
- b) Prove sclerometriche (Martello di Schmidt)
- c) Profili di rugosità (Pettine di Barton).

a) Rilievo R.Q.D.

Durante l'avanzamento nella perforazione dei sondaggi, si è ritenuto utile rilevare il grado di continuità sulle carote di roccia estratte, grazie all'utilizzo di carotieri speciali tipo NT2 e NT6, che permettono di ottenere una maggiore qualità nel carotaggio di rocce fratturate.

Un indice delle continuità dell'ammasso roccioso può essere infatti fornito dall'ammasso roccioso può essere infatti fornito dall'R.Q.D. (Rock Quality Designation) così definito:

$$R.Q.D. = Li/Lf$$

dove Li rappresenta la somma delle singole lunghezze delle carote con $h > 10$ cm (recupero in carotaggio corretto) e Lf la lunghezza della tratta di perforazione corrispondente.

Nelle allegate colonne stratigrafiche sono stati riportati i valori in % di R.Q.D. che variano dallo 0% al 90%.

Qui di seguito viene riportata la tabella per la valutazione della qualità della roccia attraverso l'indice R.Q.D. ed i campi in cui ricadono le arenarie analizzate:

R.Q.D. (Rock Quality Designation)		ARENARIE %
0-25%	molto scadente	92.5
25-50%	scadente	7.5
50-75%	discreta	-
75-90%	buona	-
90-100%	eccellente	-

Da segnalare che i giunti di stratificazione, localmente ravvicinati, modificano in parte, i reali valori di R.Q.D.

b) Prove sclerometriche e profili di rugosità

Sono state effettuate n. 172 prove sclerometriche sulle superfici delle fratture, nelle carote estratte dai sondaggi.

Utilizzando il pettine di Barton sono stati rilevati i profili di rugosità delle singole discontinuità presenti sulle carote estratte dai sondaggi.

Dai rilievi di cui sopra, riportati in dettaglio nell'allegato n. 2, è stato possibile definire i parametri JCS e JRC relativi alle formazioni lapidee fratturate che verranno interessate dalla costruzione della strada di progetto, il cui tracciato è stato suddiviso in tre tratti. 25

1° TRATTO SEZZ. 1-25: SONDAGGI N. 1-5

OPERA PRINCIPALE MURI, PARATIE E SCATOLARE

Valori da applicare: JCS = 260 JRC = 11

2° TRATTO SEZZ. 25-46: SONDAGGI N. 5-6-7-8

OPERE PRINCIPALI MURI - PARATIE - TRINCEA ECC.

Valori da applicare: JCS = 210 JRC = 9

3° TRATTO SEZZ. 46-79: SONDAGGI N. 9-11-12

OPERE PRINCIPALI: MURI DI CONTENIMENTO

Valori da applicare: JCS = 180 JRC = 9

7.1.3 -Sismica Passiva Hvsr

Per risalire alla frequenza di risonanza dei terreni di sedime delle opere in oggetto sono state acquisite n. 2 misure HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios), campionando il rumore

sismico ambientale mediante un tromografo digitale a stazione singola (“Tromino” della Micromed - TRZ-0114/01-10).

Se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico. Le basi teoriche dell’HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D).

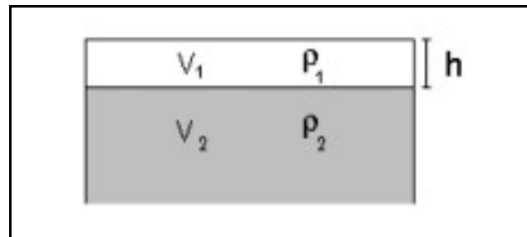


Figura 8 - Sistema stratificato 1D

Consideriamo il sistema di **figura 8** in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

Un’onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall’orizzonte che separa i due strati. L’onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell’onda incidente (λ) è 4 volte o suoi multipli dispari lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = VP1 / (4 h);$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$f_r = VS1 / (4 h);$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un’importante normalizzazione del segnale per: il contenuto in frequenza, la risposta strumentale e l’ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La registrazione del microtremore è stata effettuata, come già detto, con il tromografo digitale TROMINO che è uno strumento progettato specificamente per l’acquisizione del rumore sismico.

Per produrre l’HVSR finale le componenti orizzontali sono mediate tra loro con la media geometrica e vengono poi divise per la componente verticale. La durata delle acquisizioni HVSR è stata di 20 minuti. I dati di rumore ambientale sono acquisiti alla frequenza di campionamento di

128 Hz, amplificati e digitalizzati a 24 bit, ed elaborati con il software GRILLA 7.4.1. Il processing dei dati ha restituito il valore medio dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali del moto del suolo in funzione della frequenza consentendo di determinare le frequenze fondamentali di vibrazione del terreno.

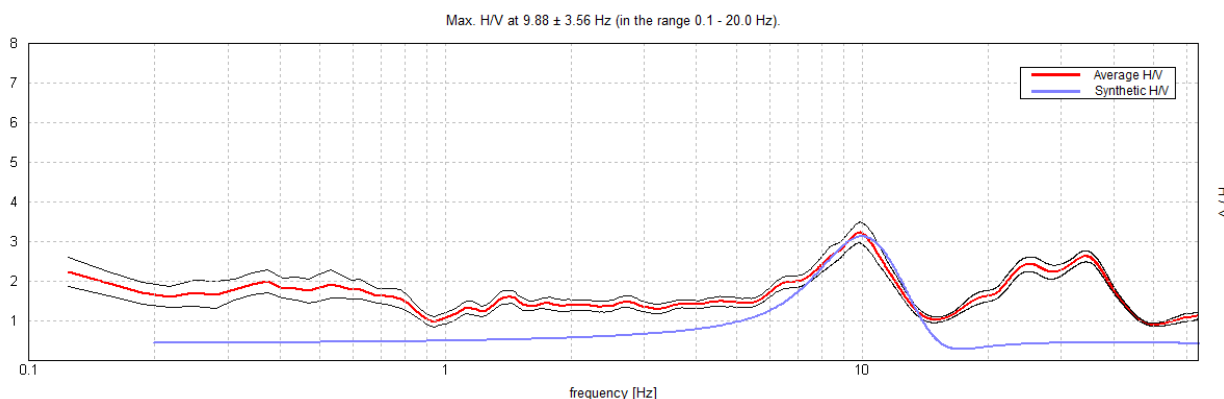
Le curve H/V riportate in allegato mostrano dei picchi H/V, che per comodità di studio sono rappresentati di seguito:

Prova H/V	Picco (frequenza di risonanza)
P1	9.88 ± 3.56 Hz (picco di medio bassa ampiezza, indicante un evidente contrasto di impedenza sismica, e quindi qualitativamente medio-bassa amplificazione sismica).
P2	17.5 ± 3.131 Hz (picco in alta frequenza di medio-bassa ampiezza) indicante un evidente contrasto di impedenza sismica. Si ha altresì una elevata deviazione standard.

Tabella 2-Picchi H/V delle curve H/V

La presenza di almeno un massimo significativo nella curva HVSR viene interpretata come un'indicazione di possibili fenomeni di amplificazione del locale moto del suolo.

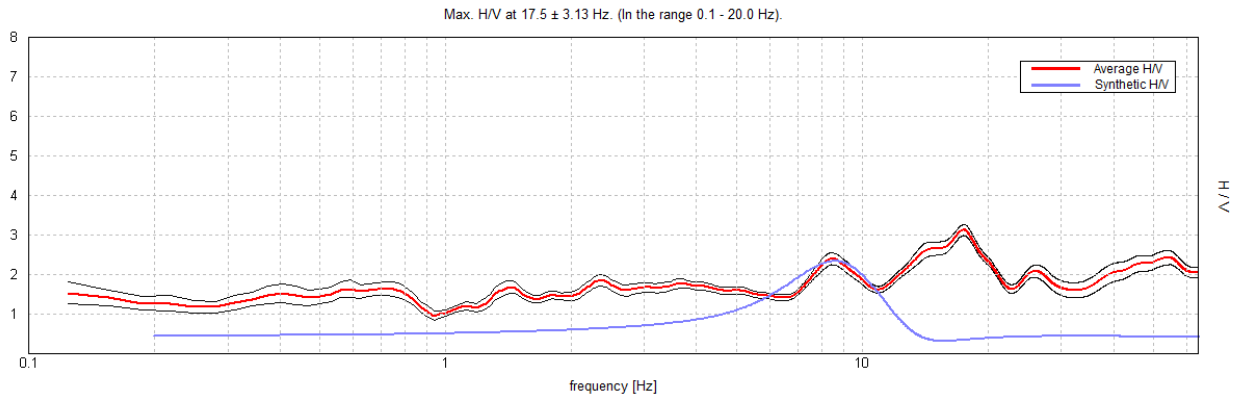
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



27

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.60	5.60	220	0.42
inf.	inf.	450	0.36

EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.80	5.80	200	0.45
inf.	inf.	355	0.36

7.2 COMPORTAMENTO MECCANICO DI TERRENI E ROCCE

La definizione del comportamento meccanico dei litotipi che verranno interessati dalle opere di progetto viene eseguita secondo i seguenti criteri:

- Per i terreni incoerenti (detrito) si fa riferimento agli studi effettuati da chi scrive in terreni simili ed alle analisi di laboratorio eseguite sul campione indisturbato estratto nel sondaggio n. 9;
- Per le formazioni rocciose fratturate si ricorre ai criteri che governano la meccanica delle rocce e in particolare secondo i **criteri di Barton** e di **Hoek & Brown**.

28

7.2.1 Detrito di versante

Trattasi di materiali poco addensati, a prevalenza limoso-sabbiosa, dotati di scadenti caratteristiche di taglio e per i quali in laboratorio sono stati rilevati i seguenti parametri:

Caratteristiche granulometriche:

- ghiaia 2,4%
- sabbia 29,5%
- limo 47,1%
- argilla 21,0%

Trattasi pertanto di *limo argilloso con sabbia*.

Caratteristiche fisiche e di consistenza:

- peso umido di volume $\gamma = 1,92 \text{ g/cc}$

- *indice liquido* IL 44%
- *indice di plasticità* IP 19%
- *indice di consistenza IC* 1,08

Caratteristiche di taglio:

- *angolo d'attrito interno* $\varphi' = 21^\circ$
- *coesione* $c = 0,08 \text{ kg/cmq}$

Caratteristiche edometriche:

- *Intervallo tra kg 1,00 e kg 2,00* $E_{ed} = 69,2 \text{ kg/cmq}$

Per una lettura più completa dei parametri geotecnici si rimanda all'Annesso 1.

7.2.2 Successione arenaceo pelitica del Flysch di Capo d'Orlando

La formazione flyschoidale, sia negli affioramenti esposti sia quando intercettata dai carotaggi nel sottosuolo, si manifesta con strati arenacei o arenaceo-siltitici, di spessore variabile fino al massimo di alcuni metri, alternati a sottili livelletti pelitici centimetrico-decimetrici.

29

La formazione nei livelli al tetto si presenta di colore ocraceo e/o bruno-ocraceo, alterata e fratturata, per uno spessore medio compreso tra (5.00) e (10.00) metri circa.

Negli intervalli meno superficiali, invece, l'alternanza assume colorazione grigia, si presenta sempre fratturata, ma generalmente poco o inalterata, migliorando notevolmente le proprie caratteristiche fisico-meccaniche.

Il comportamento meccanico dell'ammasso lapideo è condizionato dalla frequenza e posizione delle discontinuità presenti, soluzioni di continuità e fratture variamente orientate, dalla giacitura degli strati e dalla presenza delle intercalazioni siltitico-pelitiche.

Come detto l'originario assetto stratificato, viene interrotto da sistemi di fratture trasversali che si rinvencono generalmente con interdistanza variabile da pochi centimetri fino ad alcuni decimetri. Quindi la massa viene considerata come un insieme di elementi di forma grossolanamente prismatica, combacianti e giustapposti e con frammisti numerosi blocchi compatti, le cui proprietà meccaniche risultano inferiori a quelle del singolo elemento e dipendono appunto dalla dislocazione spaziale dei sistemi di discontinuità.

Quindi dal grado di fratturazione e dalle condizioni di giacitura degli strati, rispetto alla superficie topografica, dipendono le caratteristiche fisico meccaniche della roccia e la stabilità geomorfologica dei versanti in cui tali rocce si rinvencono. Le caratteristiche geomeccaniche, in

genere discrete nei livelli inalterati, variano anche in relazione allo stato di tettonizzazione, e alla frequenza dei livelli pelitico-siltitici e dal loro stato di argillificazione.

In superficie nei tratti maggiormente alterati le discontinuità tendono ad aprirsi e la loro spaziatura tende a ridursi fino all'ordine dei dm, talora cm.

In profondità, invece, le discontinuità risultano combacianti conferendo all'ammasso roccioso la

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geotecnico l'ammasso roccioso, ovvero l'alternanza arenaceo-pelitica del flysch si ricorre ai criteri di classificazione delle rocce.

I sistemi di classificazione degli ammassi rocciosi, inizialmente sviluppati nella meccanica delle rocce per la progettazione dei trafori, vengono sempre più affinati e utilizzati per la determinazione dei parametri tenso- deformazionali e di resistenza e per le valutazioni di stabilità di pendii in roccia.

Le classificazioni si basano essenzialmente, oltre che sulla litologia, sui due parametri qualitativi fondamentali del processo geologico in sito, la fratturazione della massa e le caratteristiche delle discontinuità che vengono valutate attentamente sia sulle carote prelevate nel corso di sondaggi sia nell'ammasso roccioso esposto in affioramento.

Nel tempo sono stati sviluppati vari metodi tra i quali, l'"RMR" system di Bieniawski e il sistema "Q" di Barton fortemente dipendenti dal valore dell'RQD, introdotto da Deere (1964), ed il metodo "GSI" di Hoek e Brown che, rispetto ai precedenti, viene applicato con buoni risultati, dando maggiore rilevanza alle osservazioni geologiche di campo, per gli ammassi rocciosi di qualità scadente e in circostanza di sforzo elevate, quando RQD assume valori insignificanti o prossimi allo zero.

Nel caso in esame si è ritenuto maggiormente appropriato stimare le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso lapideo mediante l'applicazione del RMR System proposto da Bieniawski (1989).

8.2.2.1 Fascia superficiale alterata e decementata del Flysch

I sondaggi hanno evidenziato che le arenarie del flysch, per una profondità compresa tra pochi mt e mt 21,9 (S.9) si presentano alterate e parzialmente decementate.

Da un punto di vista geotecnico questi materiali possono, pertanto, essere assimilati a delle sabbie medio-grosse molto addensate e, localmente, a moderata cementazione.

Pertanto, cautelativamente per questi materiali, possono essere adottati i seguenti valori, in termini di sforzi efficaci:

- angolo d'attrito interno $\varphi' = 40^\circ$

- coesione $c' = 0,00 \text{ t/mq}$
- peso umido di volume $\gamma = 2,1 \text{ g/cc}$

7.2.2.2 substrato fratturato poco alterato o inalterato del Flysch

a) Classificazione di Barton

Appartengono a questa categoria i vari banconi e gli strati arenacei integri del Flysch di Capo d'Orlando.

Il comportamento meccanico di questi litotipi è condizionato dalle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, costituite da fessurazioni variamente orientate, che si rinvencono con interdistanza variabile da alcuni centimetri al metro.

La "massa rocciosa" va intesa come un insieme di elementi di "roccia" definiti, giustapposti e combacianti, di forma grossolanamente prismatica le cui proprietà meccaniche risultano inferiori a quelle del singolo elemento e dipendono da tanti fattori strutturali legati alla dislocazione spaziale dei sistemi di discontinuità.

Ai fini del presente studio si è ritenuto opportuno fissare dei parametri in riferimento alle parti più fratturate, considerando pertanto, l'ammasso roccioso come un insieme incoerente di elementi a spigoli vivi di varie dimensioni; la presenza di vari piani di fratturazione determina così la scelta di un criterio di rottura che tenga conto di tali discontinuità.

Si ritiene pertanto che il criterio più adatto per la determinazione della resistenza al taglio lungo i suddetti piani sia quello proposto da Barton (1973) con la seguente relazione:

$$\tau = \sigma_n \tan(\varphi + i)$$

dove:

τ è la resistenza al taglio mobilitata

σ_n è la tensione normale

φ è l'angolo di attrito di base

i è l'angolo di inclinazione delle asperità.

E' da rilevare che tale relazione è valida per tensioni normali relativamente basse ($\sigma_n \leq 50 \text{ kg/cmq}$), tali comunque da non provocare la rottura delle asperità lungo i due piani che costituiscono il giunto.

Si precisa che l'angolo d'attrito di base " φ " è quello corrispondente allo scorrimento tra superfici

lisce dello stesso materiale; ad esso, sulla base di prove eseguite attraverso il Tilt Test, viene assegnato il valore di $\varphi \sim 30^\circ$, in assenza di alterazioni sulle pareti del giunto.

L'angolo di inclinazione delle asperità "i" è definito dalla seguente espressione:

$$i = JCR \log (JCS/\sigma_n)$$

dove:

JCR esprime l'entità delle irregolarità delle pareti del giunto; nel caso in esame è stato rilevato attraverso l'uso del rugosimetro (Pettine di Barton) e viene posto pari a:

- 1° Tratto (Sezz. 1-25) JCR = 11

- 2° Tratto (Sezz. 25-46) JCR = 9

- 3° Tratto (Sezz. 46-79) JCR = 9

JCS rappresenta la resistenza del materiale che costituisce le pareti del giunto, e viene espressa convenzionalmente con la resistenza monoassiale a compressione; è stato rilevato attraverso prove con sclerometro (Martello di Schmidt) ed è risultato pari a:

- 1° Tratto (Sezz. 1-25) JCS = 260 kg/cmq

- 2° Tratto (Sezz. 25-46) JCS = 210 kg/cmq

- 3° Tratto (Sezz. 46-79) JCS = 180 kg/cmq

32

Sostituendo i precedenti valori, si ottiene:

- Per il primo tratto $i = 15$

- Per il secondo tratto $i = 12$

- Per il terzo tratto $i = 11$

Poiché il criterio di rottura di BARTON così espresso è del tutto simile a quello proposto da MOHR-COULOMB per i terreni, si ritiene di poter assumere un valore: $\varphi' = \varphi + i$, purché delle tensioni normali siano $\sigma_n \leq 10 \text{ kg/cmq}$.

I parametri che possono essere considerati rappresentativi di tali rocce, in termini di sforzi efficaci, sono:

- 1° Tratto di tracciato compreso tra le sezz. 1-25

- angolo d'attrito interno $\varphi' = 45^\circ$

- coesione $c' = 0,00 \text{ T/mq}$

- peso umido di volume $\gamma = 2,2 \text{ T/mc}$

- 2° Tratto di tracciato compreso tra le sezz. 25-46

- angolo d'attrito interno $\varphi' = 42^\circ$

- coesione $c' = 0,00 \text{ T/mq}$

- peso umido di volume $\gamma = 2,2 \text{ T/mc}$

- 3° Tratto di tracciato compreso tra le sezz. 46-79

- angolo d'attrito interno $\varphi' = 41^\circ$

- coesione $c' = 0,00 \text{ T/mq}$

- peso umido di volume $\gamma = 2,2 \text{ T/mc}$

I valori sopra riportati possono essere adottati per l'alternanza arenaceo-argillosa, con strati orientati in tutte le direzioni, ad esclusione di quella parallela alla stratificazione.

In questo caso i parametri di taglio sono da considerare quelli relativi alle argille siltose e precisamente:

- angolo d'attrito interno $\varphi' = 25^\circ$

- coesione $c' = 3,0 \text{ T/mq}$

33

b) Classificazione di Hoek & Brown GSI (Geological Strenght Index)

Il metodo elaborato da *Hoek & Brown (1997)* ([Geological Strenght Index](#)) unitamente all'evoluzione critica presentata in [Marinos, Marinos e Hoek \(2005\)](#), definisce il parametro GSI che risulta maggiormente adatto alle valutazioni di quegli ammassi rocciosi caratterizzati da numerose discontinuità tali da dare luogo a una sorta di comportamento strutturalmente isotropo.

Il metodo rappresenta un adeguato approccio di campo per caratterizzare indirettamente ammassi rocciosi, altrimenti difficilmente inquadrabili, considerandoli come un insieme continuo che conserva le influenze geologiche sulle relative proprietà meccaniche.

La validità del metodo GSI non è basata solamente su un numero accurato di dati misurati, ma soprattutto su un'attenta e non meno efficace valutazione qualitativa delle caratteristiche della massa rocciosa, filtrata e mediata dall'esperienza di chi opera.

Il metodo tiene conto della forma dell'ammasso roccioso, della propria anisotropia strutturale, dell'influenza della profondità di applicazione, della presenza di acqua sotterranea, dell'apertura e del riempimento delle discontinuità e dell'influenza dell'alterazione superficiale.

Nel caso di specie il metodo GSI, rispetto agli altri metodi utilizzati quali l' "RMR" system di *Bieniawski* e il "Q" di *Barton*, offre dei vantaggi quando si opera con ammassi rocciosi di qualità medio-scadente e/o in circostanza di sforzo elevate.

La classificazione GSI si basa essenzialmente, oltre che sulla litologia, sui due parametri qualitativi fondamentali del processo geologico in sito, la fratturazione della massa e le caratteristiche delle discontinuità che vengono valutate attentamente su "stazioni" dell'ammasso roccioso esposto in affioramento.

Il range di valori GSI stimati (fig. 9) viene utilizzato per calcolare i parametri di taglio della massa rocciosa, correlandolo, attraverso equazioni sviluppate empiricamente, con i valori σ_c della resistenza alla compressione monoassiale, ricavato dalle prove sclerometriche effettuate, e della costante petrografia m_i che varia in funzione del tipo di roccia (*Marinos e Hoek, 2000*).

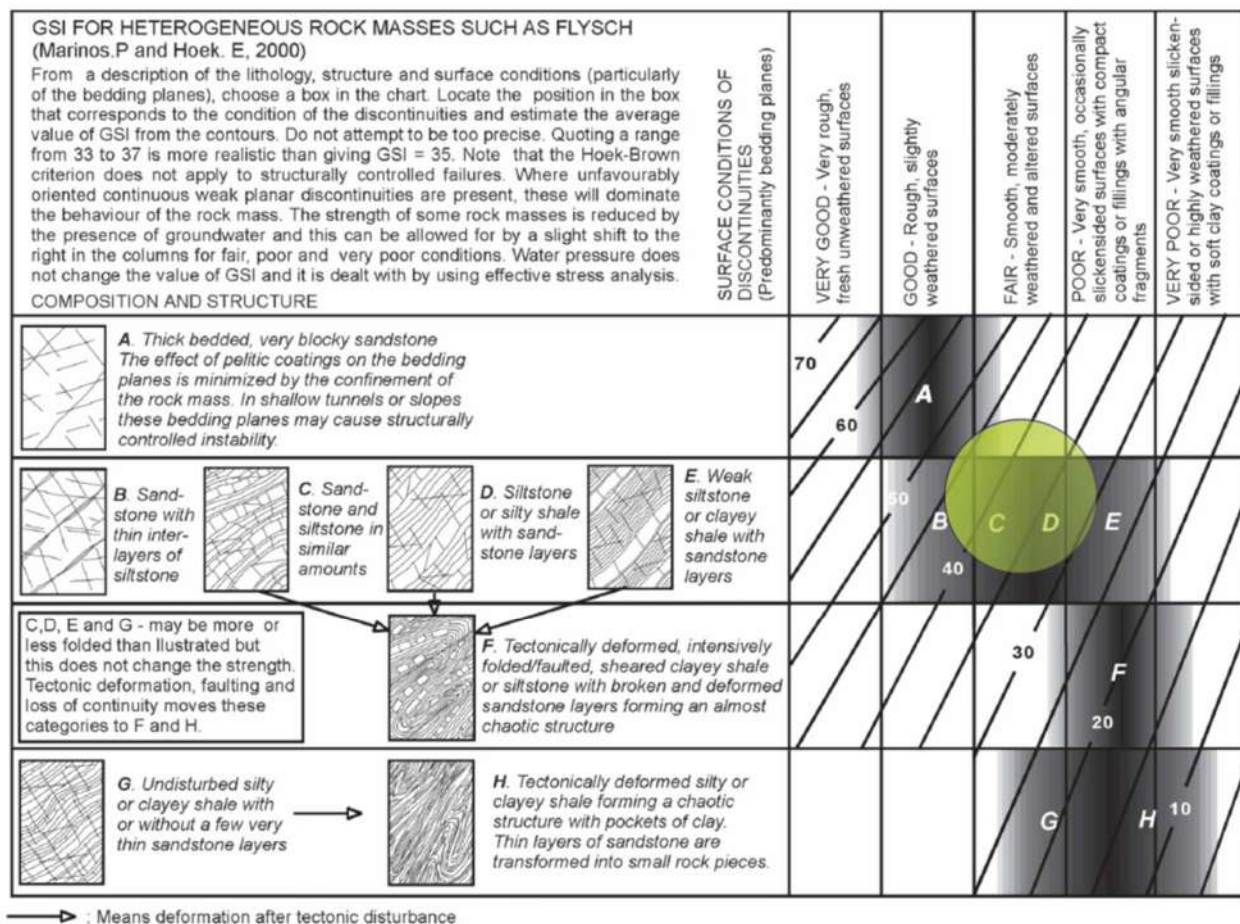


Figura 9 - campo di variabilità del gsi per le arenarie del flysch

Il valore della costante (m_i) della roccia integra può essere valutato tramite prove di laboratorio o con riferimento ai dati di letteratura (Fig. 10).

Il fattore di disturbo Numero (D), in termini di grado di fatturazione e allentamento dell'ammasso, sia indotto dal metodo di scavo che dovuto alle deformazioni incassate (Fig. 11).

Come precedentemente anticipato l'applicazione del criterio di Hoek e Brown richiede che la massa rocciosa si comporti in modo isotropo e che i piani di taglio non seguano andamenti preferenziali, imposti dall'orientamento specifico di una discontinuità o dalla combinazione di due o più discontinuità. In quel caso l'uso del GSI non sarebbe significativo e il taglio dipenderebbe dalla resistenza mobilitata lungo i piani preesistenti e non dalle proprietà della massa rocciosa.

Valore del coefficiente m_i della roccia intatta								
Rocce sedimentarie			Rocce ignee			Rocce metamorfiche		
Roccia	media m_i	scarto $\pm$	Roccia	media m_i	scarto $\pm$	Roccia	media m_i	scarto $\pm$
Conglomerato	21	3	Granito	32	3	Marmo	9	3
Arenaria	17	4	Granodiorite	29	3	Cornubianite	19	4
Siltite	7	2	Diorite	25	5	Metaquarzite	20	3
Argillite	4	2	Gabbro	27	3	Quarzite	20	3
Argilloscisto	6	2	Norite	20	5	Migmatite	29	3
Chalk	7	2	Dolerite	16	5	Anfibolite	26	6
Breccia	20	2	Riolite	25	5	Gneiss	28	5
Calcere cristallino	12	3	Dacite	25	3	Scisti argillosi	7	4
Calcere spiritico	10	5	Peridotite	25	5	Scisti	10	3
Calcere micritico	8	3	Porfrite	20	5	Filladi	7	3
Dolomia	9	3	Andesite	25	5			
Marna	7	2	Basalto	25	5			
Gesso	10	2	Diabase	15	5			
Anidride	12	2	Ossidiana	19	3			

Figura 10 - Valori del coefficiente m_i della roccia intatta

PROBLEMA	CONDIZIONI DELL'AMMASSO	D
Gallerie	Scavo con esplosivo con microritardi o scavo con TBM.	0.0
Gallerie	Scavo meccanizzato in ammassi di scarsa qualità senza uso di esplosivo.	0.0
Gallerie	Scavo meccanizzato in ammassi di scarsa qualità senza uso di esplosivo in presenza di rocce spingenti o rigonfianti	0.5
Gallerie	Utilizzo di esplosivo non controllato in rocce competenti.	0.8
Versanti	Taglio di scarpate per opere di ingegneria civile (strade, imposte di dighe, etc.) con uso di esplosivo con cariche controllate	0.7
Versanti	Taglio di scarpate per opere di ingegneria civile (strade, imposte di dighe, etc.) con uso di esplosivo con cariche non controllate o con uso di scavo meccanizzato.	1.0
Versanti	Cave o lavori minerari a cielo aperto con coltivazione con uso di esplosivo.	1.0
Versanti	Cave o lavori minerari a cielo aperto con coltivazione a scavo meccanizzato.	0.7 (H<50 m) 1.0 (H>50 m)
Versanti	Scarpate naturali non disturbate da faglie o zone di taglio	0.0

Figura 11 - Valore del fattore di disturbo

Di contro quando l'azione degli agenti esogeni risulta spinta all'estremo, fino al punto che la struttura originaria della roccia e le proprie discontinuità si sono perse, la roccia assume le caratteristiche di una terra e il metodo GSI non è più applicabile.

La resistenza di taglio dell'ammasso roccioso si riduce in presenza d'acqua all'interno delle discontinuità o nel materiale di riempimento quando questi sono inclini al deterioramento a causa del cambiamento di tenore idrico.

In caso di profonda alterazione superficiale delle masse rocciose esposte agli agenti esogeni è opportuno ridurre, nel test di verifica di Hoek e Brown, il valore della costante m_i e della resistenza non confinata σ_c .

Nella valutazione generale delle proprietà dell'ammasso roccioso, l'influenza della resistenza della roccia intatta σ_c , anche nel caso che si operi con masse litoidi deboli e disturbate, dove le componenti intatte della roccia tendono a essere mascherate dall'alterazione superficiale, è tanto importante quanto la valutazione dell'indice GSI.

I dati scaturiti dai rilievi in sito sono stati elaborati con il software RockLab ([Rockscienze Ltd.](#)) che ha consentito di ricavare i parametri geotecnici di taglio dell'ammasso roccioso in esame:

Inserendo in modo ragionato, interpolando i valori delle tabelle soprantanti, i dati di input richiesti dal programma con valori altamente cautelativi riferibili a condizioni di forte alterazione, si ricavano i valori m_b , s , a ([Hoek-Brown](#)), c e ϕ ([Mohr-Coulomb](#)) ed altri parametri dell'ammasso roccioso (resistenza e modulo di deformazione). Il Programma restituisce i diagrammi σ_1/σ_3 e σ/τ riportati in figura e i valori riassunti sinteticamente nella [tabella 3](#).

36

Dati di input				Hoek-Brown			Mohr-Coulomb	
σ_{ci}	m_i	GSI	D	m_b	s	a	ϕ (°)	c (Mpa)
25	12	37	0,5	0,597	0,0002	0,514	36,72	0,242

Tabella 3

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 25 MPa
GSI = 37 m_i = 12 Disturbance factor (D) = 0.5
intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

m_b = 0.597 s = 0.0002 a = 0.514

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.242 MPa friction angle = 36.72 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.009 MPa
uniaxial compressive strength = 0.333 MPa
global strength = 2.417 MPa
deformation modulus = 769.34 MPa

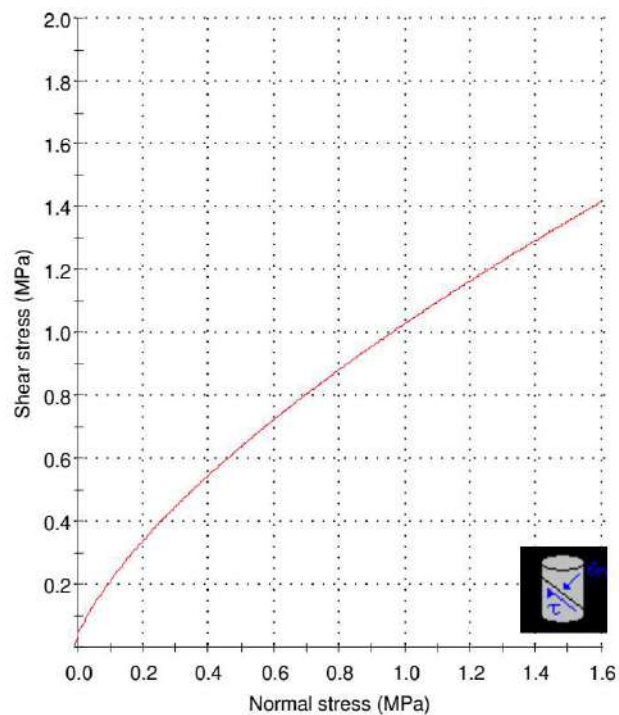
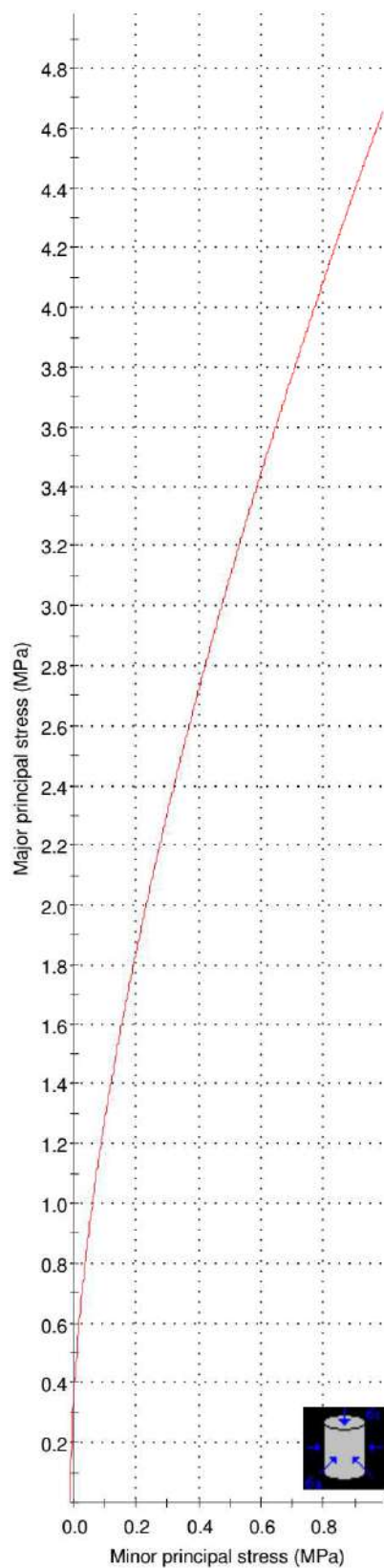


Figura 12 - Diagrammi σ_1/σ_3 e σ/τ Facies arenaceo-pelitica Flysch di Capo d'Orlando

I parametri ricavati sono esposti nella tabella che segue.

CODb - Flysch di Capo d'Orlando Arenarie arkosiche grossolane giallo ocracee alterate in strati da medi a molto spessi con intercalazioni di livelli sottili argilloso-marnosi
COESIONE EFFICACE - C' (kN/m ²) = 10 ÷ 20
ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE - Φ' (°) = 36° ÷ 37
PESO DELL' UNITÀ DI VOLUME - γ (Kn/M ³) = 20

In questo paragrafo è stato analizzato schematicamente il range dei principali parametri di taglio di riferimento dei tipi litologici riscontrati in superficie, lungo lo sviluppo della viabilità di progetto, e nel sottosuolo per il volume geologico/stratigrafico significativo di progetto, facendo riferimento ponderato ai dati acquisiti direttamente con le prove geotecniche in sito.

I parametri geotecnici nominali sopra indicati devono essere trasformati dal Progettista per definire i **parametri caratteristici** e quindi per la determinazione dei **parametri di progetto** da utilizzare coerentemente con il D.M. 17 gennaio 2018.

8 SISMICITA' DEL TERRITORIO

Per definire la sismicità del territorio Comunale di Ficarra (ME) è necessaria una valutazione ampia che investe oltre l'area dei Nebrodi, l'area del Golfo di Patti e delle isole Eolie e l'area dello Stretto di Messina, valutando quindi non soltanto la sismicità legata a terremoti con epicentro in prossimità dell'areale di studio, ma anche ovviamente quella dovuta a terremoti "distanti" i cui effetti si sono risentiti in loco in maniera determinante.

Il verificarsi di questi eventi sismici è infatti fortemente legato sia all'assetto tettonico locale dell'area sia al complesso assetto geodinamico dell'area Mediterranea, risultante dalla convergenza neogenica - quaternaria tra la placca africana e quella eurasiatica. (Fig.re 13 e 14)

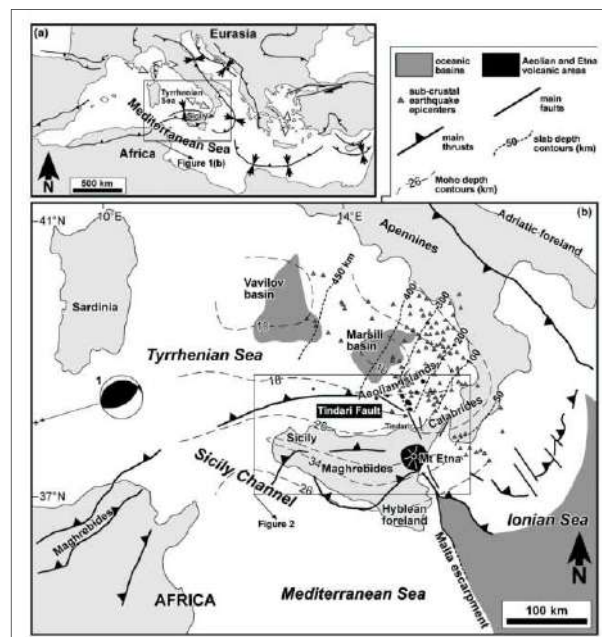


Figura 13 - Mappa tettonica della regione Mediterranea

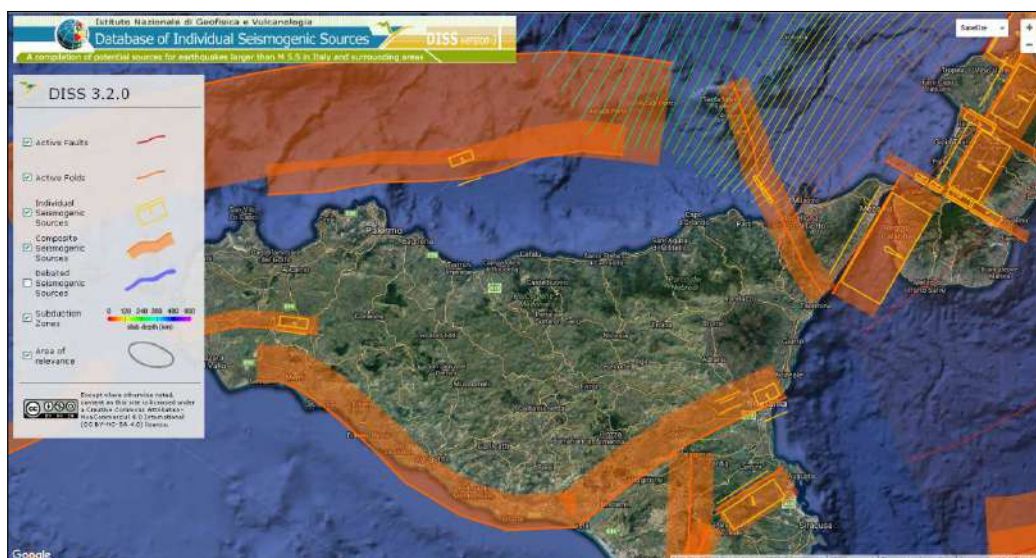


Figura 14 - Mappa delle sorgenti sismogenetiche

8.1 SISMICITÀ E ZONE SISMOGENETICHE DELLA PROVINCIA DI MESSINA

La provincia di Messina è localizzata nella Sicilia Nord-Orientale, una delle regioni a più alto rischio sismico dell'Italia essendo stata colpita nel passato da grandi terremoti distruttivi (*magnitudo* $M = 6.4-7.3$).

Quindi per la stima di pericolosità sismica dell'area è necessario considerare la sismicità legata almeno alla parte meridionale del Tirreno (Calabria compresa), considerando che la presenza di un arco vulcanico attivo e l'incompletezza dei cataloghi per quanto riguarda gli eventi "off-shore" rendono parziali le valutazioni. Infatti gran parte degli eventi storici in mare non hanno lasciato traccia e/o non sono stati documentati adeguatamente in modo da permetterne una precisa localizzazione, la densità degli eventi risulta così alterata in favore della "terra ferma".

L'intensità macrosismica (MCS) attesa è del 9°, riferita ai terremoti profondi del Tirreno, mentre per gli eventi sismici in terraferma, peraltro più frequenti, non supera i 7,5°.

Secondo la zonazione sismogenetica ZS9 del 2009 (fig. 15) che costituisce una evoluzione della precedente ZS4 (Meletti et alii 2000a) nella Sicilia Settentrionale sono state ridefinite alcune ampie zone caratterizzate da sismicità omogenea.

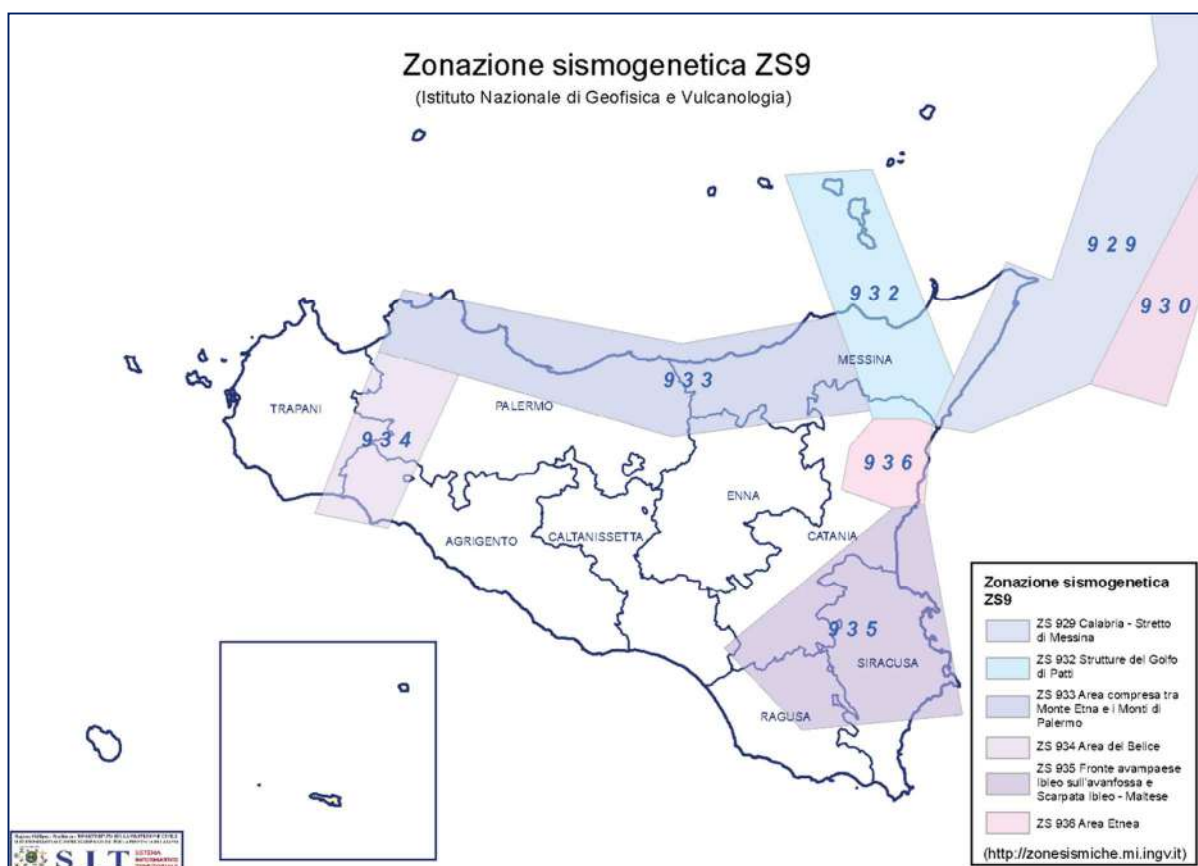


Figura 15 - Zonazione sismogenetica ZS9 Meletti et al., (2004)

In particolare sulla la costa Nord-occidentale della Sicilia sono state individuate tre grandi zone sismogenetiche la 929 (Stretto di Messina), in cui è ubicato il terremoto del 1908, la 932 con

sismicità meno definita in cui resta localizzato il terremoto del Golfo di Patti del 1978, e la **933** alla quale è riconducibile la sequenza sismica che ha interessato i Nebrodi nel 2011 nonché l'areale territoriale interessato, inizialmente inserito nella zona 74 di Meletti.

Sulla costa settentrionale della Sicilia oltre la zona 933 comprendente il territorio di Ficarra, alla quale è riconducibile la sequenza sismica che ha interessato i Nebrodi nel 2011 sono state individuate altre due grandi zone sismogenetiche: la 929 (Calabria Tirrenica) e la 932 (Eolie-Patti).

Più in generale la sismicità della zona è caratterizzata da un fitto addensamento dell'attività fra la linea Tindari-Giardini e la zona di Naso, lungo una fascia con sviluppo NNW-SSE, che interessa anche la dorsale eoliana.

Al confine fra Nebrodi e Peloritani occidentali, invece, i terremoti sono localizzati soprattutto sul versante tirrenico, lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina ([Azzaro et al., 2000](#)).

Questa sismicità è associabile alle strutture trascorrenti destre NO-SE (es. terremoto di Patti del 1978, $M \sim 5,5$) presenti nell'area.

I terremoti di Naso potrebbero essere associati a faglie normali NE-SO responsabili del sollevamento della Catena.

Le strutture peri-tirreniche (orientate circa E-O), presenti in mare e responsabili degli eventi del settore più occidentale delle Eolie, potrebbero aver generato terremoti come quello del 1823 ($M = 5.9$) ([Azzaro et al., 2000](#)).

Le carte degli epicentri dei terremoti non sembrano presentare allineamenti particolari, le profondità focali massime sono di 50 km, ma la maggior parte dei terremoti sono localizzati nei primi 15 km; le soluzioni focali disponibili mostrano meccanismi prevalentemente normali o transtensivi con piani variabili da ENE-OSO a NNE-SSO e NNO-SSE ([Mostaccio et al., 1999](#)).

8.1.1 Zona Del Golfo Di Patti (932/Trascorrente)

In questo settore sono stati riconosciuti due sistemi di faglie attive sviluppati lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina che costituiscono l'espressione più settentrionale della zona di taglio crostale della cosiddetta "Linea Tindari-Giardini", connessa alla scarpata "Ibleo-Maltese".

Il primo sistema si sviluppa prevalentemente in mare, attraverso faglie normali NO-SE con componente trascorrente destra, disposte "en echelon". Esse marginano il settore centrale dell'arcipelago eoliano ed entrano nel Golfo di Patti.

L'evento più recente associabile a questo sistema è il terremoto di Patti del 15.04.1978 ([Barbano et al, 1979](#)).

Il sisma, di Magnitudo $M = 5,5$ all'epicentro, equidistante dall'Isola di Vulcano e dalla costa Nord-orientale della Sicilia, ha interessato una vasta area della Sicilia Nord-Orientale, ha avuto un'intensità massima di $8,5^{\circ}$ MCS ed è stato avvertito nell'area di Ficarra con intensità del 7° MCS.

Il secondo sistema si sviluppa on-shore tra Tindari e Novara di Sicilia con marcate evidenze morfotettoniche ([Lanzafame e Bousquet, 1997](#)). L'attività tettonica connessa, non ancora completamente ricostruita per il tardo Quaternario è testimoniata da una frequente e diffusa sismicità minore nell'areale compreso tra Patti e Novara di Sicilia.

Plausibilmente questa zona è controllata dall'avanzamento verso SE dell'arco Calabro Peloritano

8.1.2 Zona Di Messina (929/Normale)

Il quadro della sismicità dello stretto di Messina è basato sull'analisi dettagliata della storia sismica degli ultimi 300 anni. Il catalogo dei terremoti ENEL, messo a punto dal progetto Finalizzato Geodinamica e alcuni studi in particolare sui maggiori terremoti dell'"Era volgare" hanno consentito però di considerare sostanzialmente estendibile a 1000 anni la validità delle conclusioni.

Nell'area dello Stretto di Messina sono presenti numerose faglie con attività recente di tipo regionale che si sviluppano con marcati caratteri morfotettonici lungo il settore più meridionale dell'Appennino fino alla Sicilia orientale ([Tortorici et al., 1995](#)). Queste faglie sono responsabili dei grandi terremoti di $M > 7.0$ (1783, 1908) che hanno devastato l'area.

Tuttavia, in merito al terremoto del 1908 (fig. 41) non esiste una univoca attribuzione sismogenetica, infatti alcuni autori hanno anche ipotizzato l'attivazione di sistemi complessi o di faglie cieche ([Ghisetti, 1992- Valensise, Pantosti, 1992 - Monaco, Tortorici, 1995](#)).

Il campo macrosismico del terremoto del 28 Dicembre 1908 si presenta molto tormentato, con anomalie relazionabili, soprattutto in Calabria, alle caratteristiche meccaniche del sottosuolo.

Interessante notare l'esistenza di due aree mesosismiche dell'XI grado allungate in direzione NE-SW, parallelamente alle strutture distensive che bordano lo Stretto.

8.1.3 Zona Dei Monti Nebrodi (933/Inverso)

Questo settore suddiviso in due zone nella precedente classificazione sismica ZS4, con la nuova classificazione (ZS9) è stato raggruppato e modificato pur senza chiarire completamente l'interpretazione sismotettonica che risulta ancora controversa.

Le tecniche automatiche di localizzazione degli epicentri tendono a concentrare gli eventi storici in prossimità della costa settentrionale della Sicilia, mentre i terremoti registrati strumentalmente negli ultimi anni sono riconducibili a una attività sismica in mare nella fascia compresa tra le Isole Eolie e Ustica (*denominata Zona F*).

I terremoti registrati strumentalmente negli ultimi 20 anni compreso quello di Palermo del 2002 sembrano indicare che l'attività sismica della zona F sia molto superiore a quella della costa e dell'immediato off shore.

La zona F comprende fasci di faglie orientate EO tra le isole Eolie e Ustica interpretate come accomodamenti della zona di convergenza tra le placche Europea e Africana con meccanismi focali che individuano terremoti superficiali in regime compressivo.

Quindi appare verosimile associare alla zona F alcuni terremoti storici importanti localizzati nell'entroterra costiero e in particolare quello di Naso del 1823.

La sismicità della ZS 933 quindi è collegabile sia ai sistemi di faglie NO-SE responsabili del sollevamento della catena sia dai sismi riconducibili alla ZS F.

8.2 STORIA SISMICA

L'analisi della "storia sismica" eseguita consultando il sito <http://emidius.mi.ingv.it>; nella **tabella 4** e nella **figura 16** vengono riportati gli eventi sismici storici relativi all'areale del Comune di Ficarra, fornisce tra il 1905 ed il 2013 n. 35 osservazioni relative a Ficarra con valori di Mw compresi tra 3,30 e 7,10.

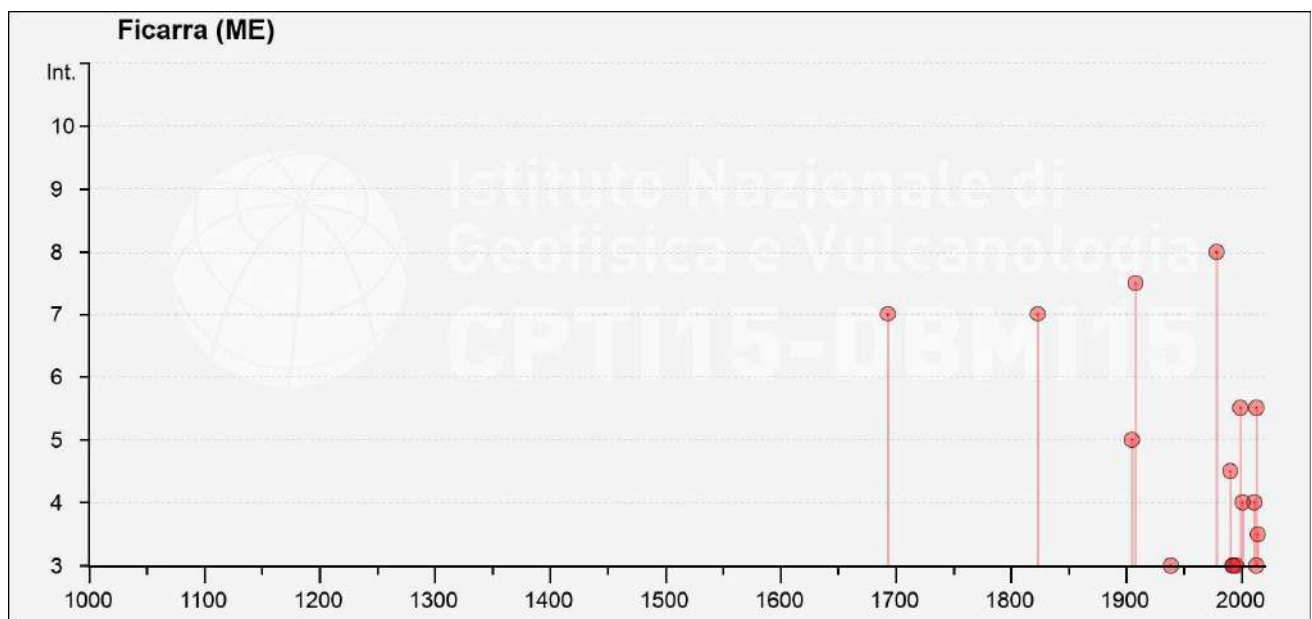


Figura 16 - Storia sismica di Ficarra

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v4.0

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Seismic history of Ficarra
 PlaceID IT_66764
 Coordinates (lat, lon) 38.108,
 14.830
 Municipality (ISTAT 2015) Ficarra
 Province Messina
 Region Sicilia
 No. of reported earthquakes 19

Int. at place	N	Year	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef
7	551	1693	Sicilia sud-orientale	37.14	15.013		11	7.32
7	1060	1823	Sicilia settentrionale	38.185	14.344		8	5.81
5	1883	1905	Calabria centrale	38.811	16		10-11	6.95
7-8	1972	1908	Stretto di Messina	38.146	15.687		11	7.1
3	2546	1939	Isole Eolie	38.565	14.748		7	5.1
NF	2622	1947	Calabria centrale	38.652	16.518		8	5.7
8	3194	1978	Golfo di Patti	38.385	15.086	17.9	8	6.03
4-5	3642	1990	Sicilia sud-orientale	37.306	15.429		10	5.61
3	3697	1992	Sicilia centro-settentrionale	37.809	14.588		27	4.16
3	3704	1993	Tirreno meridionale	38.545	14.567	17.3		4.09
3	3772	1995	Golfo di Patti	38.312	15.179	9	4-5	4.11
5-6	3981	1999	Golfo di Patti	38.226	15.021	20.6	6	4.66
4	4068	2001	Monti Nebrodi	38.164	14.902	33.1	4-5	3.6
NF	4234	2004	Isole Eolie	38.547	14.792	228.6		5.42
NF	4284	2005	Sicilia centrale	37.597	14.105	63.2		4.56
4	4451	2011	Monti Nebrodi	38.064	14.784	7.3	5-6	4.7
3	4541	2013	Monti Nebrodi	37.881	14.719	9.6	5	4.37
5-6	4556	2013	Monti Peloritani	38.162	14.913	24.8	5-6	4.38
3-4	4565	2014	Isole Eolie	38.392	14.904	17.3		4.1

Tabella 4 - (CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes)

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.

Il Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) al sito web <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/> censisce per il comune di Ficarra n. 7 terremoti e che gli eventi che hanno colpito e danneggiato il Comune non hanno mai superato un'intensità pari a $I_s = VIII^{\circ}$ MCS (terremoto del 31 ottobre 1967)

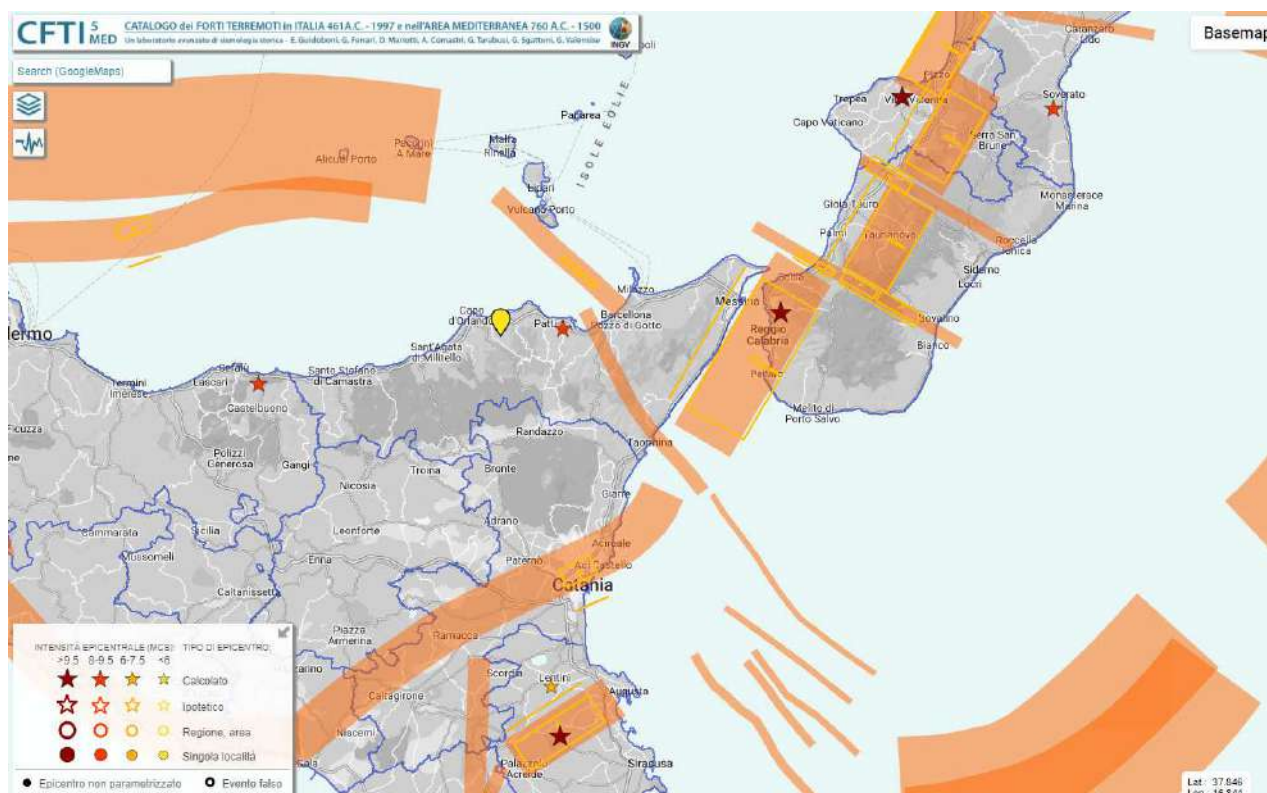


Figura 17 - CFTI5Med E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Sgattoni, G. Valensise (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>

45



Figura 18 - CFTI5Med E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Sgattoni, G. Valensise (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>

Prov/Country	Lon.	Note								
ME	14.83	-								
Is R.	Date	Time	Io	Imax	NMO	Me	Latitude	Longitude	Epicentral Area	
VII	1908 12 28	04:20:27	11	11	838	7	38.165	15.687	Calabria meridionale-Messina	
VII	1693 01 11	13:30	11	11	179	7.4	37.141	15.013	Sicilia orientale	
VII	1823 03 05	16:37	8	8.5	107	5.7	37.994	14.094	Sicilia settentrionale	
V	1905 09 08	01:43:11	10	10	871	6.7	38.682	16.056	Calabria	
IV-V	1990 12 13	00:24:00	7	7.5	304	5.4	37.262	14.984	Sicilia sud-orientale	
NF	1947 05 11	06:32:15	8	9	254	5.7	38.653	16.518	Calabria centrale	
VIII	1978 04 15	23:33:47	8	8	331	5.7	38.125	15.022	Golfo di Patti	

(Legenda: I_s R. (MCS intensity of the given earthquake at the locality - Roman Numerals) - I_0 (Epicentral intensity - MCS scale) - I_{max} (Maximum intensity - MCS scale) - NMO (Number of Macroscopic Observations) - M_e (Equivalent magnitude based on macroseismic observations))

Tabella 5 - CFTI5Med E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Sgattoni, G. Valensise (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>

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.

Dalla storia sismica si evince che gli eventi che hanno colpito e danneggiato il Comune non hanno mai superato un'intensità pari a $I_s = VIII^\circ$ MCS (terremoto del 28 dicembre 1908)

La scossa con più alta magnitudo è quella dell'11 Gennaio 1693 (fig. 19). Essa è riportata nei cataloghi come l'evento sismico più forte del Mediterraneo centrale, infatti interessò una vastissima area abbracciando la zona che va dalla Calabria fino a Malta e dalla costa orientale della Sicilia fino a Palermo. L'intensità massima della scossa fu di XI° (MCS), il terremoto a Ficarra danneggiò l'abitato, e per questo evento è stata attribuita un'intensità di VII° (MCS).

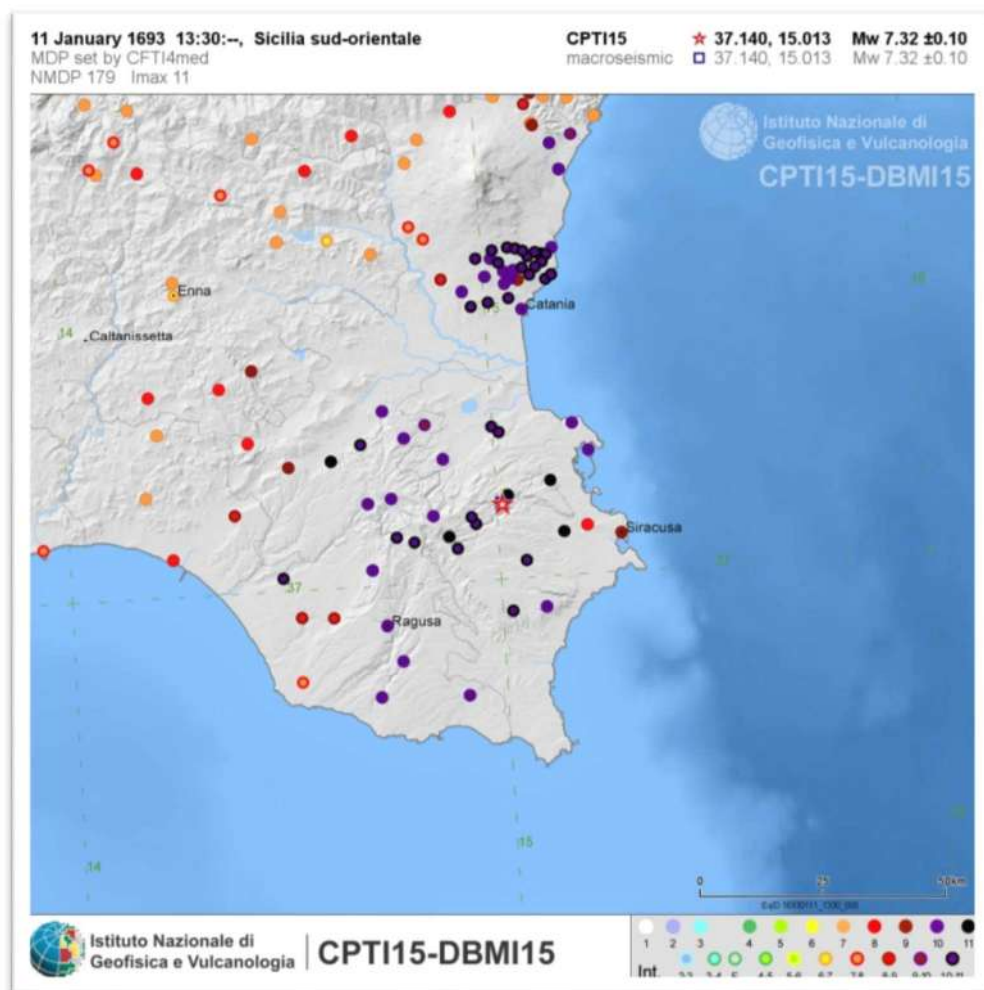


Figura 19 - (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>)

Il terremoto di Messina del 28 Dicembre 1908 (fig. 20) rappresenta, come il terremoto della Val di Noto del 1693, uno degli eventi sismici catastrofici che hanno colpito l'Italia. La scossa di maggior intensità ($I_{\max} = \text{XI}$ grado MCS) si è verificata nelle prime ore del mattino del 28 Dicembre ed è stato seguito, nello stesso giorno, da tre repliche che hanno raggiunto intensità massima pari all'VIII grado della scala MCS. La profondità ipocentrale dell'evento è stata stimata a circa 15-20 km, in corrispondenza dello Stretto di Messina (Gruppo di lavoro CPTI, 1999).

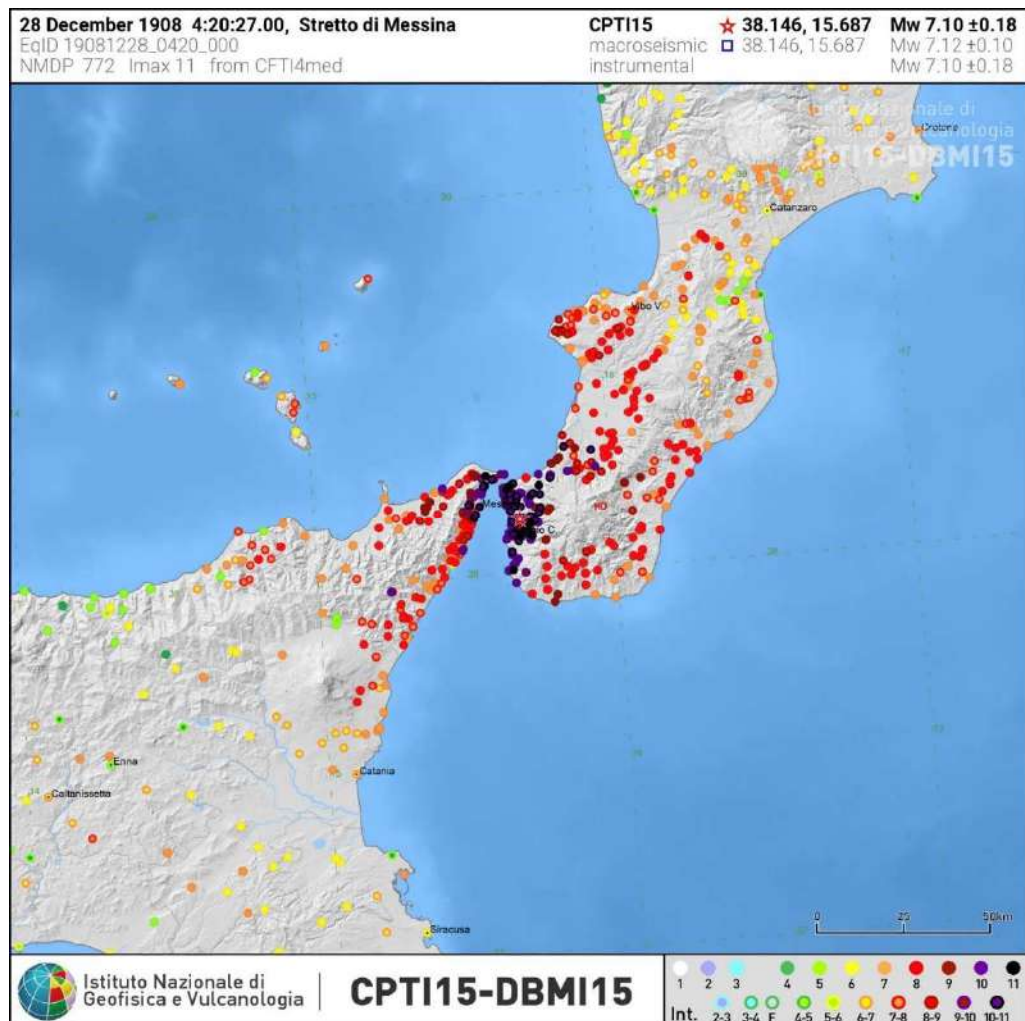


Figura 20 (CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes)

A Ficarra il terremoto fece crollare una casa e ne danneggiò gravemente altre 4 (Baratta 1910).

Nella zona di Sant'Angelo di Brolo questo sisma ha raggiunto un'intensità del 8° (MCS) dove 325 case, subirono crolli o demolizioni o risultarono inabitabili. Non ci furono danni alle persone (Baratta 1910; M.P.L. 1912).

Un altro evento sismico rilevante è stato quello del 5 Marzo 1823 il cui epicentro è localizzato in mare nell'area antistante la zona interessata (fig.21) che è riportato nel catalogo CPTI (Gruppo di lavoro CPTI, 1999). La scossa principale si verificò nel tardo pomeriggio del 5 Marzo e fu

preceduta da alcuni eventi precursori di minore intensità a metà mese del mese precedente e nel primo pomeriggio di Marzo.

Il terremoto danneggiò una quarantina di centri del litorale e dell'immediato entroterra tirrenico della Sicilia, da Palermo a Patti.

La località più colpita fu Naso, in cui il 40% delle case fu distrutto o danneggiato.

Gravi danni subì Palermo, dove crollarono molti edifici e altri furono danneggiati.

La scossa fu molto violenta a Messina, a Patti e fu avvertita fino a Trapani, nelle Isole Eolie e a Caltanissetta.

Questo terremoto nella zona Naso/capo d'Orlando ha raggiunto una intensità del 7° grado della scala MCS.

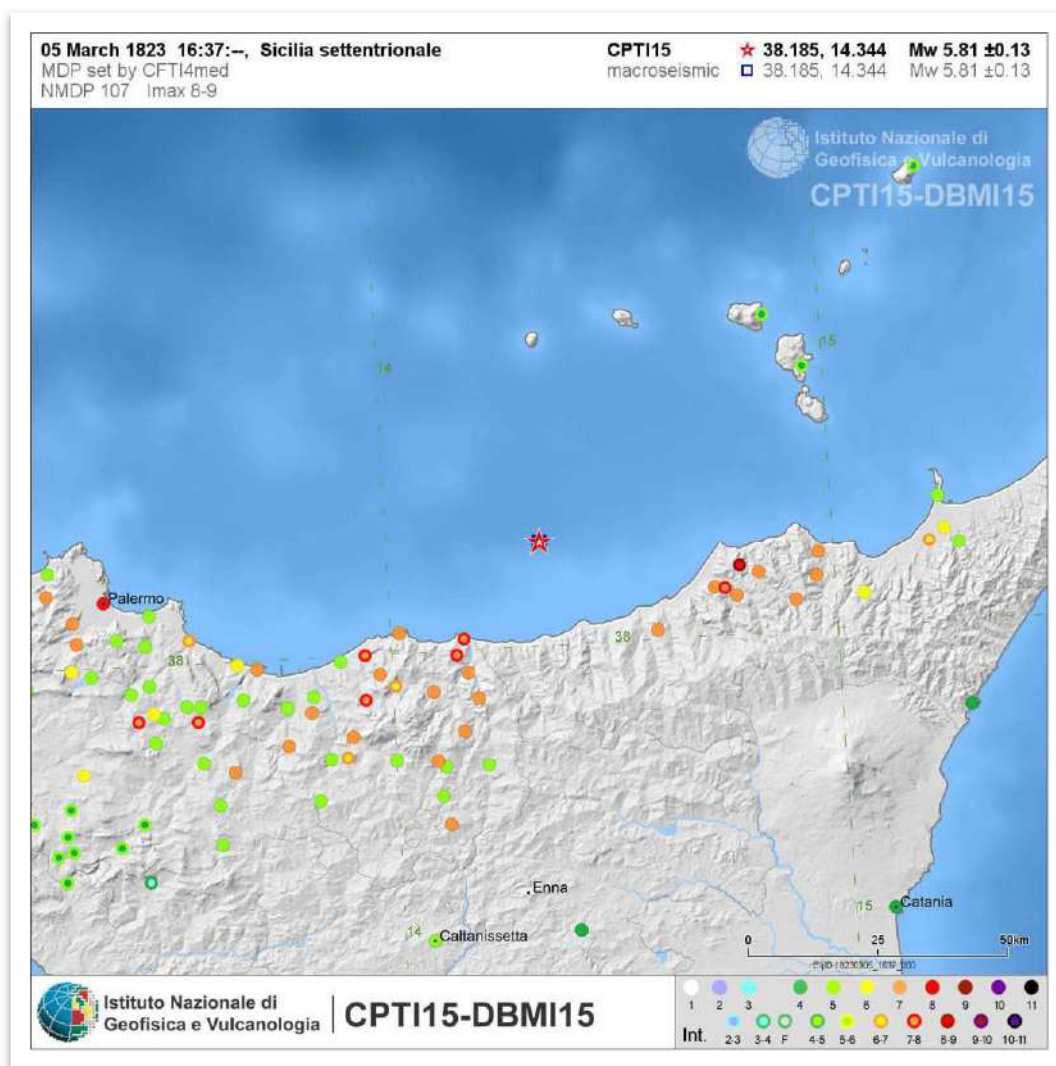


Figura 21 - (CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes)

Il sisma del 15 Aprile 1978 ([fig. 22](#)) verificatosi alle ore 23:33 (GMT), interessò l'area tirrenica della Sicilia nord-orientale e fu risentito in quasi tutta la Sicilia, esclusa la provincia di Trapani, e nella Calabria centro-meridionale, con un avvertibilità di raggio di circa 150 km (*Barbano et al.*, 1979).

La scossa principale fu preceduta da una scossa più leggera, avvenuta alle ore 23:29 (GMT) e fu seguita da decine di repliche minori; le più forti avvennero alle ore 1:36, 2:05, 6:20 (GMT) del 16 Aprile. L'attività sismica proseguì per parecchi giorni (*Boschi et al.*, 1997).

Gli effetti più gravi riguardarono una ventina di centri situati lungo la costa, nell'immediato entroterra del golfo di Patti e sul versante nord-orientale dei Monti Nebrodi (Barcellona Pozzo di Gotto, Castoreale, Falcone, Oliveri, Patti, Brolo, Naso, Ficarra, S. Angelo, San Piero Patti etc.).

L'epicentro fu ubicato in mare, equidistante dall'isola di Vulcano e dalla costa nord-orientale della Sicilia, l'intensità massima stimata fu di VIII ° (MCS) con una magnitudo 5.5 ed una profondità focale di 25 km (*Barbano et al.*, 1979).

Le distruzioni più rilevanti riguardarono i centri storici, dove le caratteristiche costruttive e urbanistiche produssero un'amplificazione degli effetti sismici.

Nelle località principali dell'area colpita (Patti, Barcellona Pozzo di Gotto, Castoreale, Milazzo) la parte antica degli abitati era costituita da edifici costruiti in muratura di pietre legate a malta comune; soffitti alti generalmente più di 4 metri, spesso con volte d'incannucciato; sezioni portanti costituite da archi in mattoni e tetti esercitanti una notevole spinta laterale (*Barbano et al.*, 1979).

49

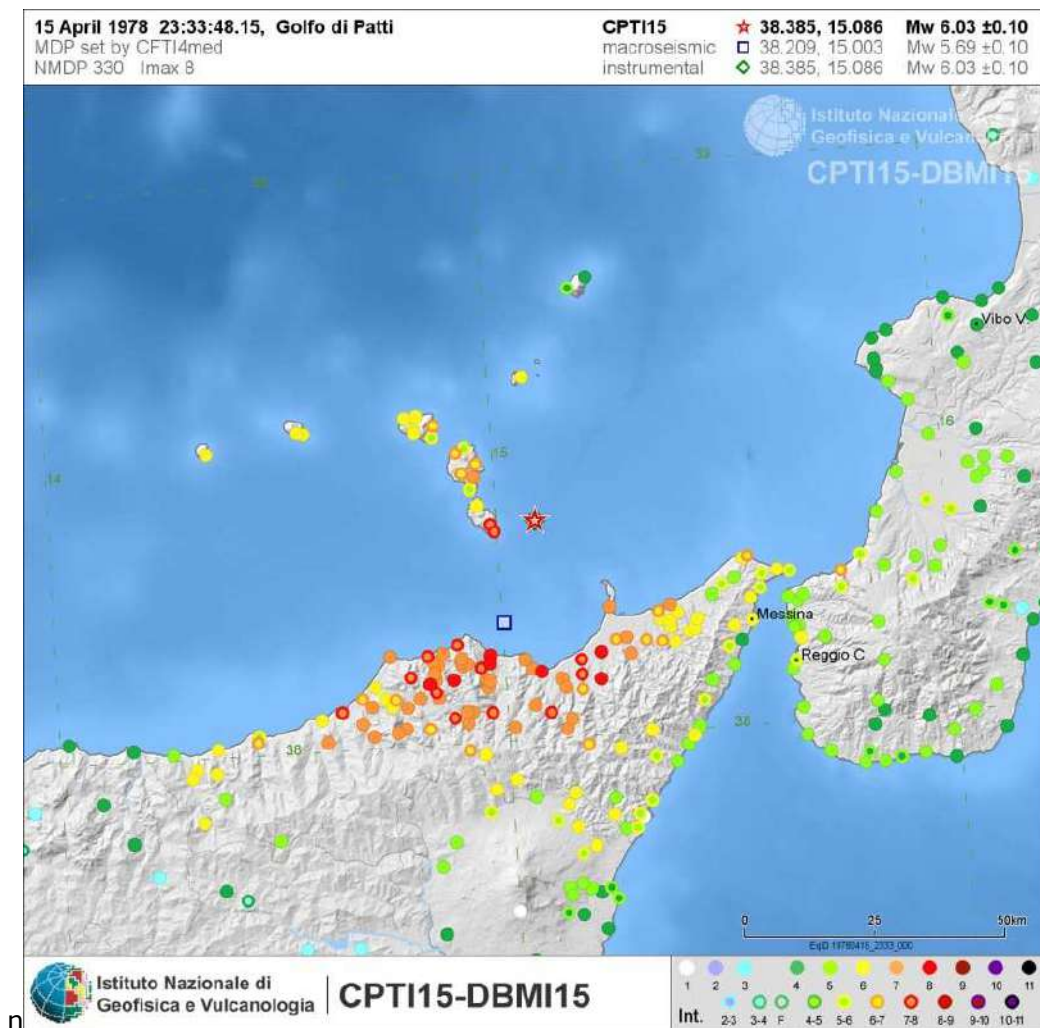


Figura 22 - (CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes)

8.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Con il termine Pericolosità sismica si intende, in senso probabilistico, lo scuotimento atteso e generato da un terremoto in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, con l'insieme degli effetti geologici e geofisici a esso connessi.

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

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 (*Energia totale scaricata dal sisma*) 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 ($V_{s30} > 800$ m/sec - Cat A).

I valori base attribuiti di a_g per ciascuna zona del territorio italiano sono quelli riportati in **figura 23** e nella **tabella 6**, sottostanti.

51

Zona 1	È la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti	$a_g = 0.35g$
Zona 2	In questa zona possono verificarsi forti terremoti	$a_g = 0.25g$
Zona 3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari	$a_g = 0.15g$
Zona 4	È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari	$a_g = 0.05g$

Tabella 6 - Valori massimi di accelerazione su roccia

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.

Come anticipato un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale ([Gruppo di Lavoro, 2004](#)), già previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. 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 (a_g), da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nella **figura 24** sono riportate le zone sismiche in cui è suddiviso il territorio della regione siciliana, con evidenziate anche quelle 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 (**Delibera della Giunta regionale n.408 19/12/2003**).

Zona 1	$ag > 0.25g$
Zona 2	$0.15 < ag \leq 0.25g$
Zona 3	$0.05 < ag \leq 0.15g$
Zona 4	$ag \leq 0.05g$

Tabella 7 - valori di $a(g)$ delle zone sismiche

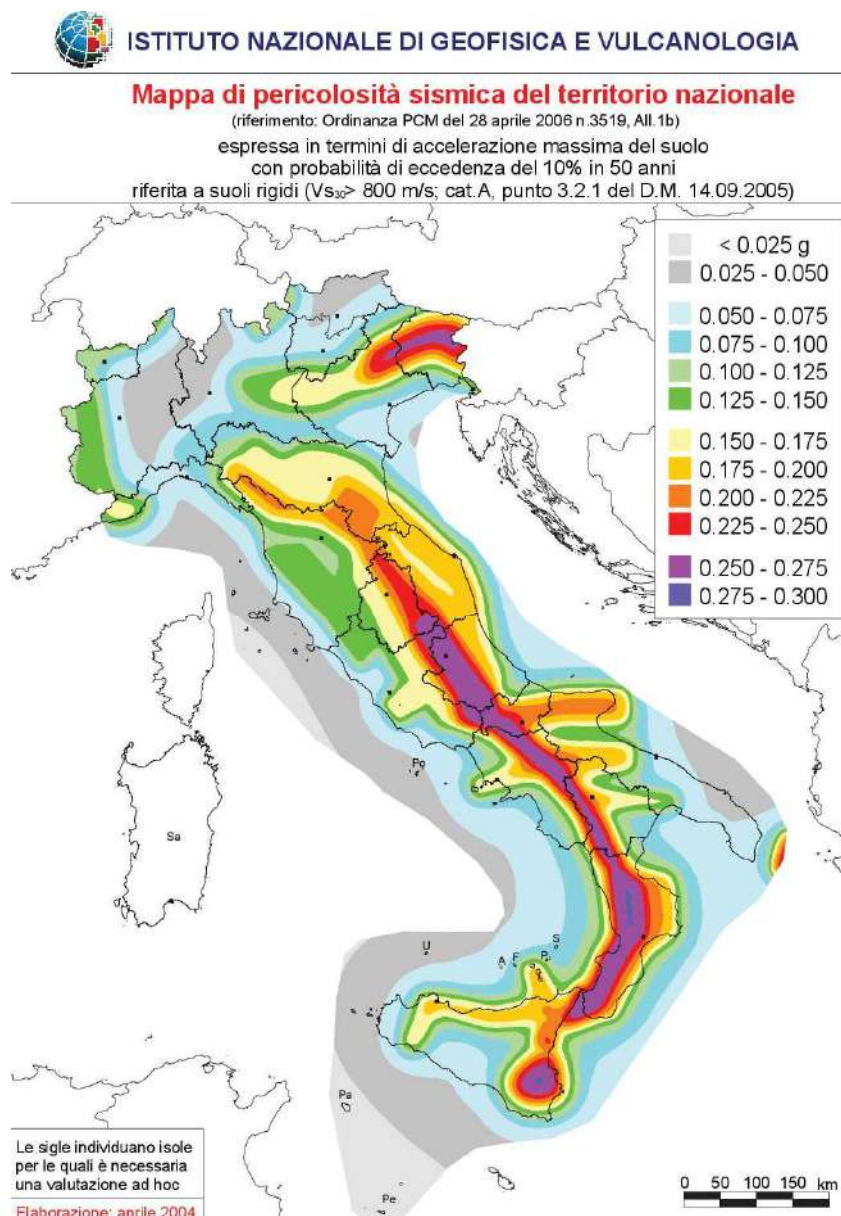


Figura 23 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

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 (a_g), da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nella figura 2.3.2 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.

Vista l'elevata pericolosità sismica, il Comune di Ficarra risulta inserito in Zona Sismica 2^a (fig. 24).

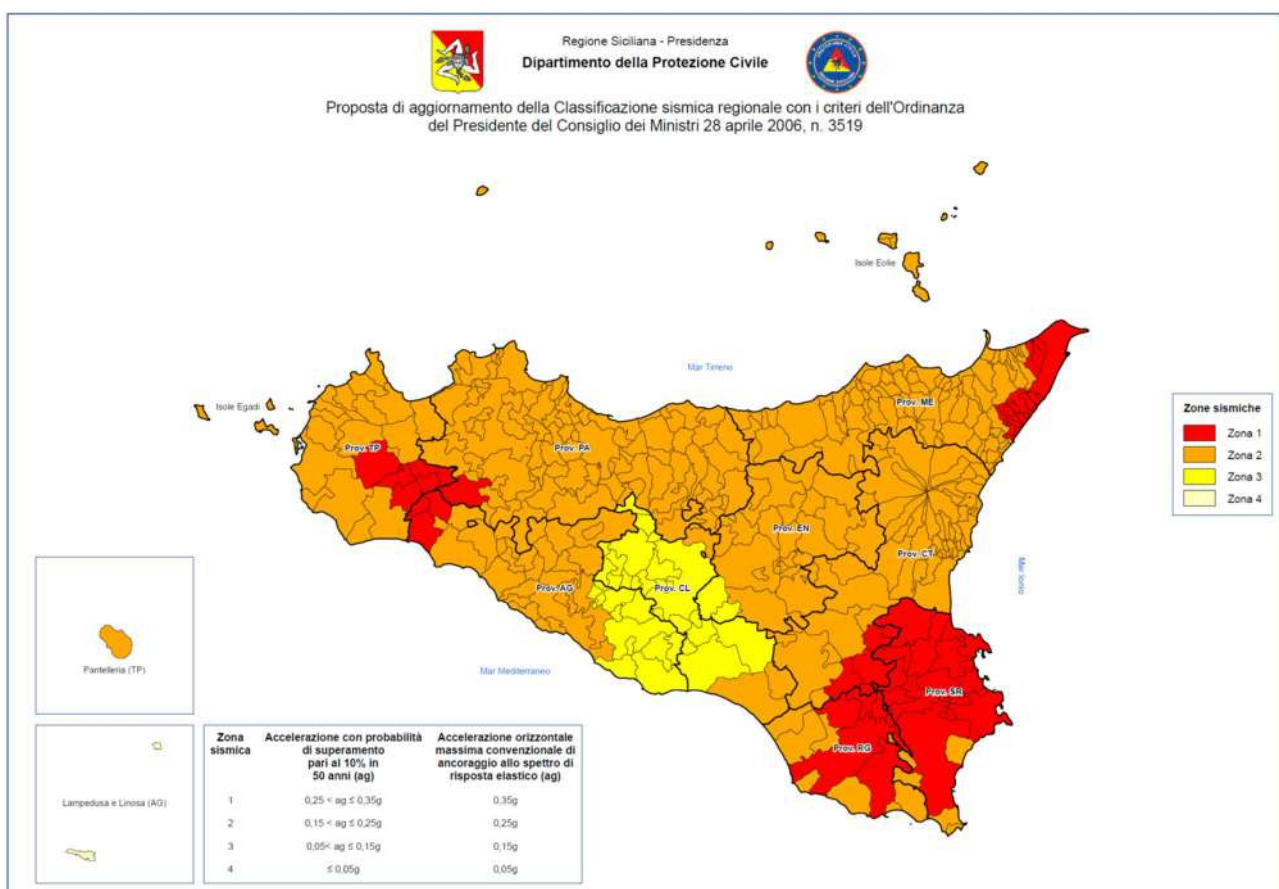


Figura 24 - Variazione regionale Sicilia Delibera Giunta Regionale n. 81 del 24 febbraio 2022

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 $0,05^\circ$, 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, 100, 140, 200, 1000 e 2500 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, 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.

Le figure e i dati seguenti sono stati integralmente scaricati dal sito per il Comune di Ficarra.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

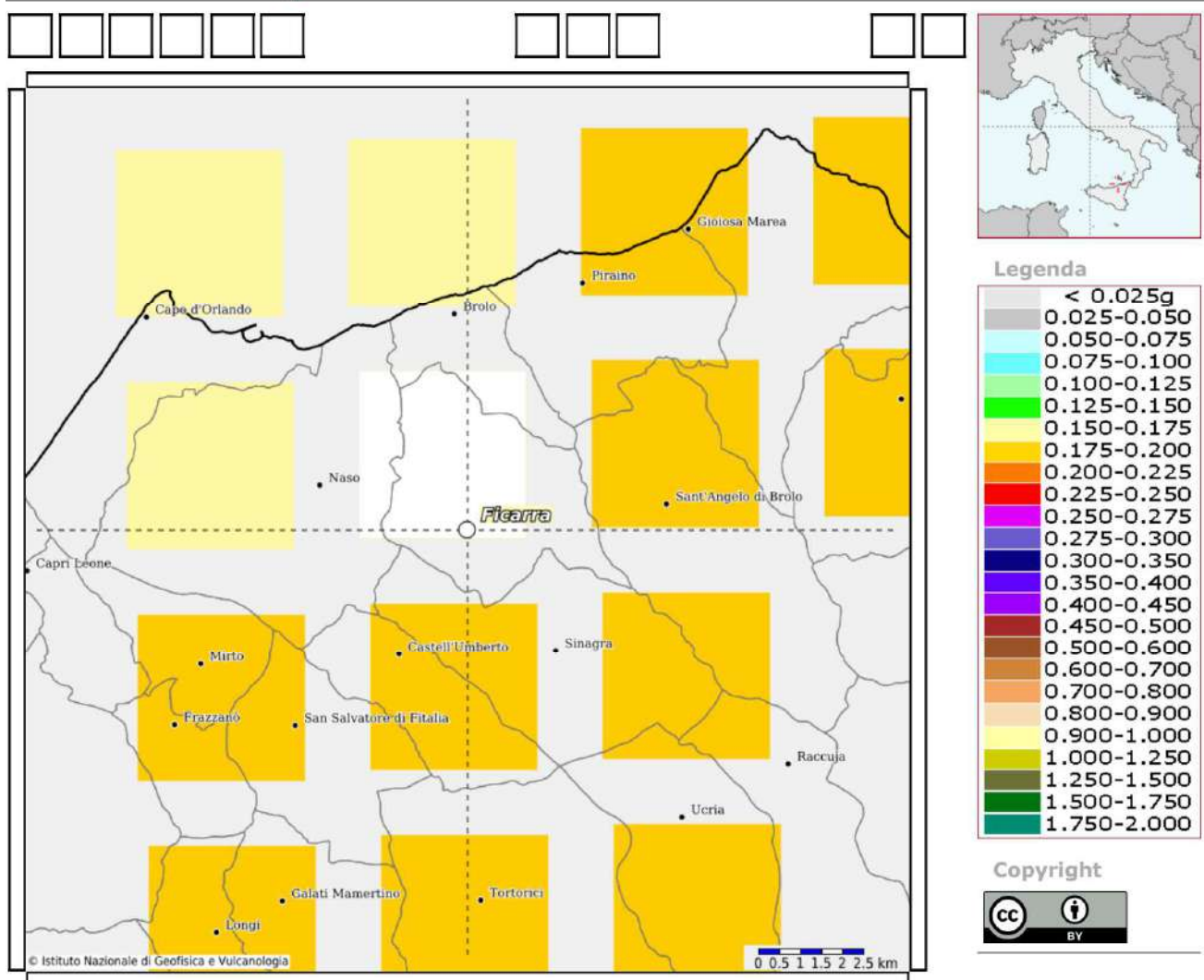


Figura 25 - griglia di pericolosità sismica (Lat. 38.1261-Long. 14.8854)

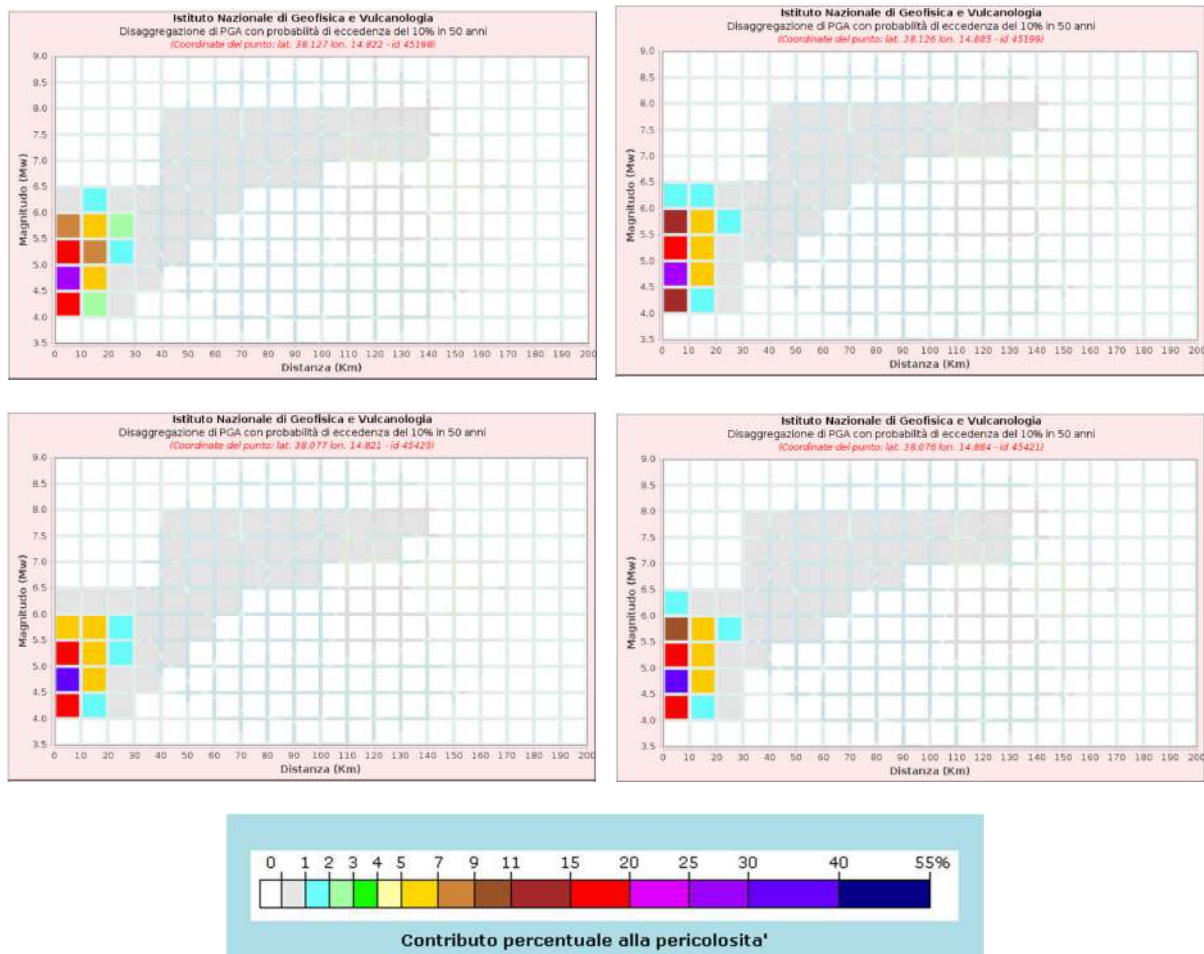


Figura 26 - valori di disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni

La disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni fornisce tra l'altro per la magnitudo attesa i risultati esposti nella tabella che segue.

Valori medi			
ID nodo	Magnitudo	Distanza	Epsilon
45198	5.0	0.57	0.825
45199	5.07	7.97	0.905
45420	4.96	8.01	0.816
45421	5,04	7.9	0.893

Tabella 8 - valori medi forniti in funzione dei valori di disaggregazione del valore di $a(g)$ di cui alla figura 26

9 AZIONE SISMICA DI PROGETTO

9.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Per definire l'azione sismica di progetto e progettare con la nuova legge sismica, è necessario valutare mediante specifiche analisi (Risposta sismica e stabilità del sito C7.11.3.1) l'effetto della risposta sismica locale (RSL), ovvero l'azione sismica trasmessa verso la "superficie" dopo le variazioni di ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite dalle onde nel propagarsi dal substrato rigido.

In alternativa alle analisi rigorose di RSL, che i progettisti se ritenuto opportuno potranno sviluppare, si può utilizzare un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo (Tab. 9) di riferimento e sulle condizioni topografiche.

L'approccio semplificato consente la caratterizzazione del profilo stratigrafico del suolo di fondazione definendone il parametro **Vs_eq** che esprime la velocità equivalente delle onde elastiche di taglio (onde S) nei primi 30 metri di profondità sotto il piano di fondazione ai sensi dell'art. 3.2.1 D.M. 14 settembre 2005 "Norme Tecniche per le costruzioni" e D.M. 17 gennaio 2018.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	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.

Tabella 9 - categorie di sottosuolo

Quindi ai fini dell'applicazione delle norme tecniche NTC/2018, oltre ad adottare il parametro a_g si può definire il proprio fattore S di amplificazione sismica in funzione della categoria del suolo e delle condizioni topografiche, mediante la seguente relazione:

$$S = S_s \times S_T$$

Risultando S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica.

9.2 CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO

9.2.1 - Prospezioni sismiche "MASW"

Nel caso in esame la velocità di propagazione delle Onde S è stata misurata direttamente, mediante l'interpretazione di 3 (tre) prove sismiche MASW realizzate nell'ambito di altre progettazioni di opere pubbliche, in prossimità o poco a monte a monte del tracciato di progetto (Allegati Grafici Tav. 2)

L'analisi dei dati ottenuti dalle stese sismiche, correlata con le altre indagini (sondaggi a carotaggio continuo, Tomografie sismiche ecc.,), ha permesso di individuare la presenza di vari sismostrati. Considerato che la profondità del substrato rigido non è stata rinvenuta nei primi 30 m dal p.c. (vedi modello sismo-stratigrafico1D), ai sensi delle NTC 2018 è stata calcolata la velocità equivalente $V_{s,eq}$ definita mediante l'equazione 3.2.1 delle NTC facendo riferimento allo spessore di terreni nei primi 30 m.

Le risultanze sismo stratigrafiche delle prove MASW vengono sintetizzate nelle tabelle che seguono, mentre si rimanda agli allegati che riportano gli elaborati grafici e le tabelle completi.

MASW 1 – Ampliamento Parcheggio di Via Logge

Orizzonte	spessore (m)	VS m./sec	$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$
Riporto + detrito di versante	4	179,03	377,29 m/sec CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. 17/01/2018) categoria "B"
Arenarie alterate e parzialmente decementate	5	370,02	
Arenarie alterate e parzialmente decementate	6	417,62	
Arenarie, argilliti e siltiti poco alterate	7	478,92	
Arenarie, argilliti e siltiti inalterate	8	545,16	

Tabella 10 - (Sismica MASW 1)

MASW 2 – Via Umberto I

Orizzonte	spessore (m)	VS m./sec	$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$
Riporto + detrito di versante	2,6	250	490 m/sec CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. 17/01/2018) categoria "B"
Arenarie alterate e parzialmente decementate	4,3	370	
Arenarie, argilliti e siltiti pocoalterate o inalterate	23,1	590	

Tabella 11 - (Sismica MASW 2)

MASW 3 – Via Vittorio Emanuele

Orizzonte	spessore (m)	VS m./sec	$Vs, eq = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{Vs(strato)}}$
Riporto + detrito di versante	2	266.7	429,45 m/sec CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. 17/01/2018) categoria "B"
Arenarie alterate e parzialmente decementate	10	258.2	
Arenarie, argilliti e siltiti pocoalterate o inalterate	∞	666.7	

Tabella 12 - (Sismica MASW 3)

In fase di progettazione esecutiva saranno realizzate, al fine di confermare l'assetto sismostratigrafico sopra definito, n° 4 prove sismiche MASW e prove sismiche in foro del tipo down hole.

9.3 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche per configurazioni non complesse e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI delle NTC/2018, in funzione delle categorie topografiche definite nel paragrafo 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento (Tab. 13), valutati in riferimento all'inclinazione del pendio e a quanto riportato nel EC8.

58

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica		S_T
T1	Superficie Pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 10^\circ$		1,0
T2	pendii isolati con inclinazione media $i > 10^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 13 - Tab. 3.2.VI delle NTC

Cautelativamente il coefficiente S_T potrà assumere valori superiori a quelli indicati dalla tabella per tenere conto della morfologia del sito; inclinazione del pendio, dimensione del ciglio e della cresta, etc.

Le figure che seguono riportano sezioni di pendio significative e rappresentative di alcuni tratti del tracciato di progetto, orientate lungo la massima pendenza, estratte dal DEM 2x2, le configurazioni suggeriscono l'utilizzo almeno della categoria topografica **T2**.

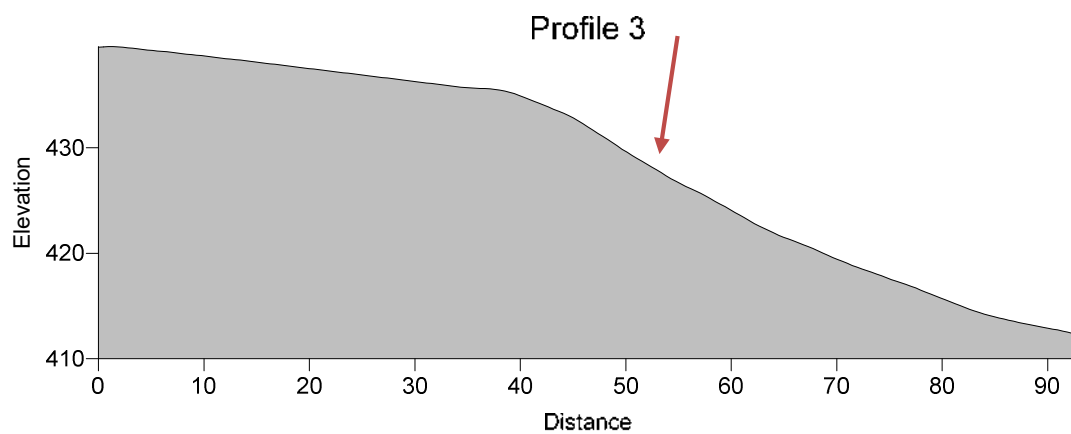
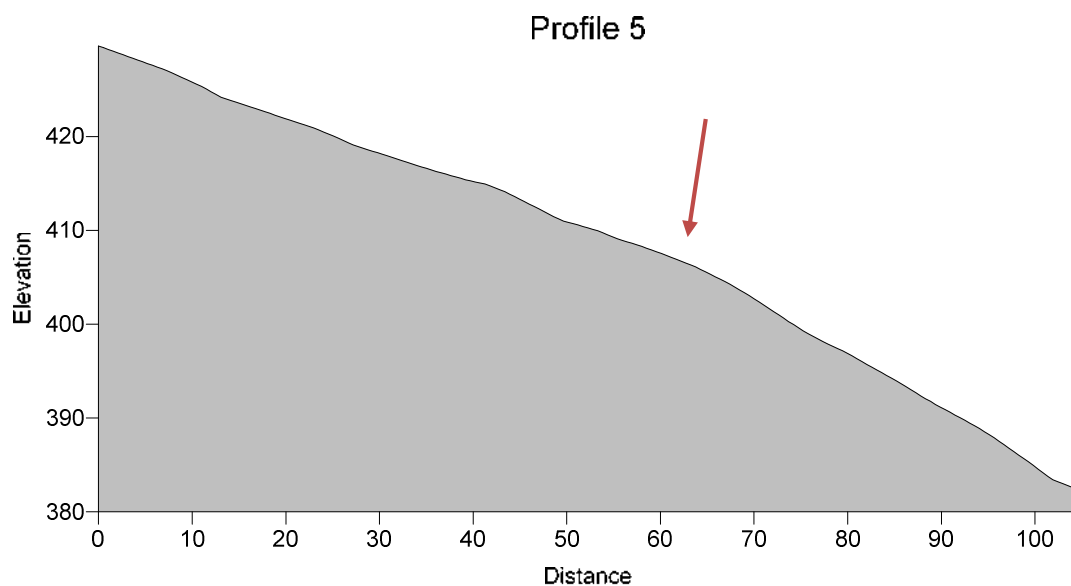
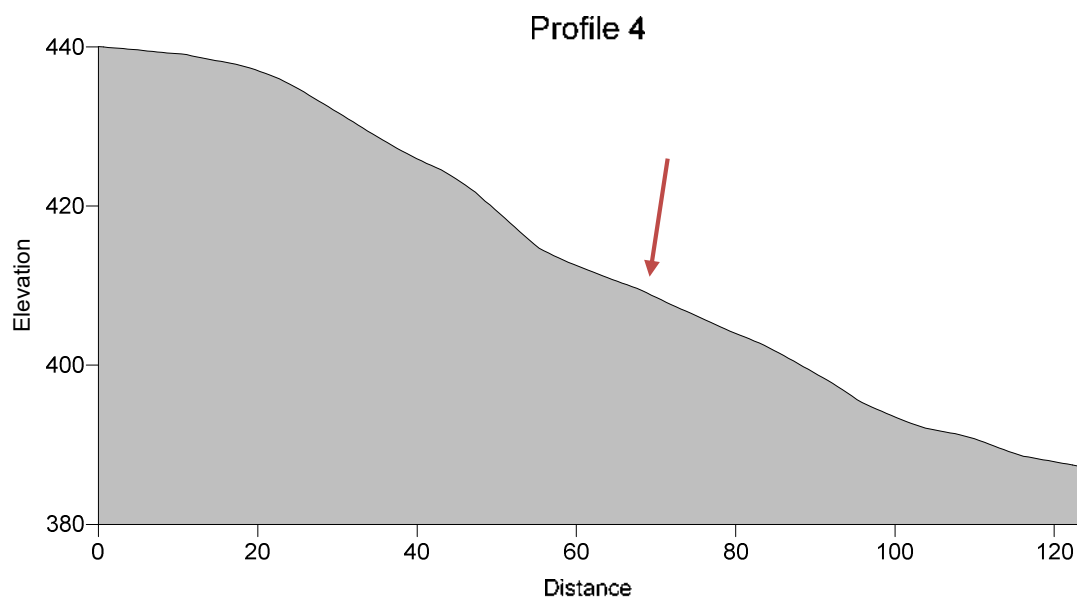


Figura 27 - pendi di massima pendenza significativi dell'assetto geomorfologico lungo la viabilità di progetto

10 CARATTERISTICHE DEL TRACCIATO STRADALE

La strada si sviluppa per lo più a mezza costa eccettuato un breve tratto nella zona Piano Corte che sarà interamente in rilevato.

Dato l'assetto geomorfologico caratterizzato da una discreta acclività del versante è necessaria la realizzazione di opere di sostegno di un certo impegno (tratti di paratie e muri su pali). La scelta tipologica di tali opere di sostegno è dettata dalla necessità di limitare al massimo gli sbancamenti che, essendo localizzati immediatamente a valle del centro urbano, potrebbero indurre dissesti nel pendio soprastante con danni alle costruzioni.

Per una più chiara esposizione delle risultanze geologico-stratigrafiche, geomorfologiche e geotecniche è stata elaborata una cartografia di dettaglio e delle sezioni stratigrafiche schematiche di riferimento. In particolare queste ultime sono state rappresentate, su alcuni profili dello stato di fatto elaborati e messi a disposizione dai progettisti con indicate come puro schema esemplificativo le opere indicate dagli stessi.

Alla luce dei rilievi di campo e delle indagini geognostiche realizzate di seguito vengono richiamate schematicamente, le problematiche progettuali in merito all'interazione con l'ambiente geologico-geomorfologico (modello geologico/geomorfologico) delle strutture oggi previste.

Il tracciato stradale di nuova realizzazione, comprendente la bretella, si sviluppa a mezza costa e resta compreso tra le quote 430,42 (sez. 5) e 437,91 (sez. 58), passando nel tratto più basso per quota 407,53 (sez. 43).

Vengono qui di seguito riportate le caratteristiche litotecniche dei terreni che verranno interessati dalle opere di progetto.

1° Tratto: Sezz. 5-25

- | | |
|----------------------|---|
| - Indagini eseguite: | n. 2 traverse sismiche (T1-T9) e n. 5 sondaggi geognostici (S1-4) |
| - Litologia: | |
| sezz. 6-12: | 1° Strato: Materiale di riporto tra le sezz. 5-11 dello spessore di circa mt 5,00 (S.1) |
| | 2° Strato: a profondità > mt 5,00 alternanza arenaceo-argillosa, alterata (a) fino a mt 21 dal p.c., integra per profondità maggiori (b). |
| sezz. 11-25: | Alternanza arenaceo-argillosa |
| - Frana sezz. 21-25: | Asse ortogonale al tracciato stradale, spessore modesto |

- Falda acquifera: Probabile presenza di modeste quantità d'acqua subsuperficiale lungo la linea di impluvio.
- Parametri geotecnici: Detrito: $\phi' = 21^\circ$; $c' = 0,08 \text{ T/mq}$; $\gamma = 1,92 \text{ g/cc}$
 - a) Alternanza arenaceo-argillosa alterata (**Criterio di Barton**):
 $\phi' = 40^\circ$; $c' = 0,00 \text{ KPa}$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
 - b) Alternanza arenaceo-argillosa integra (**Criterio di Barton**):
 $\phi' = 45^\circ$; $c' = 0,00 \text{ T/mq}$; $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$
- Alternanza arenaceo-argillosa (**Criterio di Hoek & Brown - GSI**):
 $\phi' = 36^\circ$; $c' = 10 \text{ KPa}$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- Opere d'arte principali: Attraversamento Scatolare, muri di contenimento su pali, paratie.
- Note: Nei tratti in cui il tracciato si svolge in prossimità degli edifici del centro abitato si renderà necessario prevedere, lato monte, preventive paratie di pali accostati probabilmente tirantate.

Questo tipo di intervento garantirà, nella fase di sbancamento, la stabilità dei sovrastanti fabbricati, nonché l'incolumità delle maestranze e dei mezzi.

61

2° Tratto: sezz. 25-43

- Indagini eseguite: n. 3 traverse sismiche (n. 2-3-8); n. 3 sondaggi geognostici (S.4-5-6-7);
- Litologia:
 - sezz. 25-43 Alternanza arenaceo-argillosa, localmente ricoperta da materiali detriti e soprattutto di riporto dello spessore di max mt 5,0 (S.6)
- Frane: Nel tratto compreso tra le sezz. 34-37 in adiacenza, lato valle, al tracciato stradale è stata rilevata la presenza di una frana che ha mobilitato i detriti sovrastanti il substrato flyschoidale.
- Falda acquifera: Non sono stati rilevati elementi che fanno supporre la presenza di acque subsuperficiali e/o profonde lungo questo tratto di tracciato.
- Parametri geotecnici: Detrito: $\phi' = 21^\circ$; $c' = 0,08 \text{ T/mq}$; $\gamma = 1,92 \text{ g/cc}$
 - a) Alternanza arenaceo-argillosa alterata (**Criterio di Barton**):
 $\phi' = 40^\circ$; $c' = 0,00 \text{ KPa}$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

b) Alternanza arenaceo-argillosa integra (**Criterio di Barton**):

$$\phi' = 42^\circ; c' = 0,00 \text{ T/mq}; \gamma = 22 \text{ kN/m}^3$$

Alternanza arenaceo-argillosa (**Criterio di Hoek & Brown - GSI**):

$$\phi' = 36^\circ; c' = 10 \text{ KPa}; \gamma = 21 \text{ kN/m}^3$$

- Opere d'arte principali: Trincea, muri di contenimento su pali, paratie, rilevati
- Note: Lo sbancamento per la costruzione dello scatolare previsto nel tratto compreso tra le sezz. 21-24 andrà ad interessare costantemente l'alternanza arenaceo-argillosa del Flysch con gli strati posti, da quanto è stato possibile rilevare, debolmente a reggipoggio avanzando nello scavo dalla sez. 21 verso la 24 e, di conseguenza debolmente a franapoggio avanzando dalla 24 verso la 21.

3° Tratto: sezz. 43-49

- Indagini eseguite: n. 1 traverse sismiche (n. 3); N° 1 prova sismica HVSR2, n. 1 sondaggio geognostici (S.8) realizzato più a valle lungo il tracciato originario non previsto in questo lotto;
- Litologia:
 - sezz. 43-49
 - 1° Strato: Detriti costituiti da limi sabbioso-argillosi dello spessore max di mt 5,80 (HVSR2) e S8 (sondaggio posto a valle sulla stessa direttrice)
 - 2° Strato: a profondità > mt 5,00 alternanza arenaceo-argillosa, alterata (a) fino a mt 17 - 20 m. circa dal p.c., integra per profondità maggiori.
- Frane: Nel tratto compreso tra le sezz. 43-49 il PAI censisce una frana complessa naturalmente stabilizzata. E' presente copertura arborea secolare.
- Falda acquifera: Non sono stati rilevati elementi diretti che fanno supporre la presenza di acque profonde lungo questo tratto di tracciato. Probabile presenza di modesta circolazione stagionale subsuperficiale al contatto detrito/substrato.

- Parametri geotecnici: Detrito: $\varphi' = 21^\circ$; $c' = 0,08 \text{ T/mq}$; $\gamma = 1,92 \text{ g/cc}$
- a) Alternanza arenaceo-argillosa alterata (**Criterio di Barton**):
 $\varphi' = 40^\circ$; $c' = 0,00 \text{ KPa}$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- b) Alternanza arenaceo-argillosa integra (**Criterio di Barton**):
 $\varphi' = 45^\circ$; $c' = 0,00 \text{ T/mq}$; $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$
- Alternanza arenaceo-argillosa (**Criterio di Hoek & Brown - GSI**):
 $\varphi' = 36^\circ$; $c' = 10 \text{ KPa}$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

- Opere d'arte principali: muri di contenimento e rilevati

Le opere previste nel tratto compreso tra le sezz. 43-49 (rilevato e muretti) andranno ad insistere su limi sabbioso-argillosi, dotati di scadenti caratteristiche di taglio e poggianti su un piano inclinato; si dovrà, probabilmente intervenire con idonee opere di bonifica e comunque tali da garantire la stabilità del rilevato (regimentazione delle acque a monte, pali di sabbia, ecc.).

63

4° Tratto: sezz. 49-58

- Indagini eseguite: n. 1 prova sismica HVSR1 e n. 2 sondaggi geognostici (S1x e S2x) realizzati per il completamento del parcheggio adiacente alla via IV novembre e allo sbocco della bretella. Viene preso in riferimento anche il sondaggio S8, posto a valle sulla stessa direttrice.
- Litologia:
- sezz. 49/58
- 1° Strato: Detriti costituiti da limi sabbioso-argillosi con trovanti dello spessore di max mt 5,70 (HVSR1) e (S.8). La copertura detritica man mano che si procede verso monte si assottiglia, ma viene ricoperta da intervalli di riporto. Spessore complessivo max 5.00 (S1x e S2x).
- 2° Strato: a profondità > mt 5,00 alternanza arenaceo-argillosa, alterata (a) fino a mt 11 dal p.c., integra per profondità maggiori (b).
- Frane: Nel tratto compreso tra le sezz. 49-58 il PAI censisce la parte apicale di una frana complessa naturalmente stabilizzata. Le opere previste non dovranno generare effetti negativi sulla stabilità e l'equilibrio del versante.

- Falda acquifera: Non sono stati rilevati elementi che fanno supporre la presenza di acque subsuperficiali e/o profonde lungo questo tratto di tracciato, è comunque possibile una modesta circolazione stagionale al contatto copertura/substrato.
- Parametri geotecnici: Detrito: $\phi' = 21^\circ$; $c' = 0,08 \text{ T/mq}$; $\gamma = 1,92 \text{ g/cc}$
 - a) Alternanza arenaceo-argillosa alterata (**Criterio di Barton**):
 $\phi' = 40^\circ$; $c' = 0,00 \text{ KPa}$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
 - b) Alternanza arenaceo-argillosa integra (**Criterio di Barton**):
 $\phi' = 41^\circ$; $c' = 0,00 \text{ T/mq}$; $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$Alternanza arenaceo-argillosa (**Criterio di Hoek & Brown - GSI**):
 $\phi' = 36^\circ$; $c' = 10 \text{ KPa}$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- Opere d'arti principali: Rilevati, muri di contenimento su pali
- Note: Per quanto riguarda il tratto ricadente sui limi sabbioso-argillosi si rimanda a quanto riportato precedentemente (Sezz. 43-46).
- Indagini aggiuntive: In fase esecutiva sarà opportuno realizzare ulteriori indagini geologiche e sismiche al fine di confermare l'assetto geo-morfologico e sismo-stratigrafico del pendio nel tratto terminale della bretella, come meglio indicato in planimetria (allegati Grafici Tav. 2).

64

10.1 CIRCOLAZIONE IDRICA LUNGO IL TRACCIATO

Trattandosi di un tracciato a mezzacosta, verranno intercettate tutte le acque di scorrimento superficiale provenienti da monte e probabilmente, anche dal centro abitato, il tracciato avrà pertanto la funzione di una sorta di “canale di gronda” nei confronti delle acque piovane che andranno a cadere nella fascia di terreno compreso tra il centro abitato e lo stesso tracciato.

In tutti casi le opere stradali, nei tratti d'intervento, dovranno essere dotate di tutti gli accorgimenti tecnici (canalette, caditoie) necessari per la corretta regimazione delle acque meteoriche dilavanti, tali da favorirne il recapito in sicurezza verso gli impluvi naturali di pertinenza senza turbare l'equilibrio idraulico dell'area. Questo per evitare l'innescarsi di fenomeni di instabilità localizzati, specie nelle zone in cui sono presenti coperture detritiche.

11 CONSIDERAZIONI GENERALI

Riassumendo quanto esposto nei capitoli precedenti, ai quali si rimanda per ogni opportuno approfondimento, alla luce delle indagini eseguite e di quanto precedentemente esposto, senza volere entrare direttamente nel merito delle scelte progettuali, di specifica competenza dei progettisti, si ritiene poter trarre le considerazioni generali sotto elencate.

- Operando a mezza costa lungo versanti piuttosto acclivi e in presenza di coperture detritiche discontinue si raccomanda di dotare le opere di contenimento significative di fondazioni indirette adeguatamente approfondite nel substrato arenaceo-pelitico, superando le coperture (riporto, detrito ecc.,.).
- Nei tratti in cui la copertura detritica presenta modesti spessori, i manufatti dovranno raggiungere direttamente con le fondazioni la sottostante alternanza arenaceo-argillosa. Le strutture fondanti dovranno essere ammorsate adeguatamente nel sottosuolo superando sia l'intervallo di riporto, sia il detrito.
- I maggiori sbancamenti dovranno essere eseguiti a settori, eventualmente alternati, e contrastati immediatamente con le opere murarie senza lasciare i tagli aperti inattivamente.
- Le pareti di sbancamento per la costruzione dei muri dovranno essere abbattute con un angolo tale da garantire la provvisoria stabilità delle stesse; si dovrà porre la massima attenzione nel caso in cui di rilevasse un andamento degli strati “a franapoggio”.
- I muri di contenimento dovranno essere attrezzati con idonei fori drenanti e nel retro degli stessi dovrà essere posto in opera materiale altamente drenante; questa condizione dovrà essere garantita nel tempo mediante la posa in opera di idonei geotessili.
- Nei tratti in cui è prevista la realizzazione di paratie di pali, si consiglia di operare direttamente dal livello attuale del suolo al fine di limitare gli scavi preparatori.
- Le terre armate, previste nella parte anteriore dei muri di contenimento maggiormente impegnativi, dovranno essere compatibili in termini di carichi con le strutture fondanti dei muri senza ingenerare disequilibri. Nei tratti in cui la copertura (detrito/riporto) presenta modesti spessori, i manufatti dovranno raggiungere direttamente la sottostante alternanza arenaceo-argillosa; di contro in presenza di coperture di spessore significativo si dovrà, probabilmente, intervenire con idonee opere di bonifica e comunque tali da garantirne la stabilità.
- I materiali di risulta provenienti dallo sbancamento dei detriti, non potranno essere usati per la formazione di rilevati, colmate e sottofondo stradale, ma dovranno essere trasportati a rifiuto.
- Come meglio rappresentato negli elaborati cartografici, l'assetto geomorfologico del versante a valle dell'abitato di Ficarra è caratterizzato dalla presenza di diffuse coperture detritiche di

65

versante e di frana e riporti (Allegati grafici - Tav. 1). In particolare la bretella di collegamento con la Via IV Novembre si sviluppa all'interno di un dissesto PAI stabilizzato naturalmente, pertanto alla luce delle geometrie di progetto, in particolare nella parte prossima all'innesto nella Via IV Novembre, le opere strutturali previste, muri di contenimento fondati su pali, dovranno aumentare i fattori di sicurezza ante-operam del pendio. Allo stesso tempo si raccomanda in fase di esecuzione dei lavori di operare con le cautele del caso senza lasciare tagli aperti inattivamente al fine di evitare scalzamenti e detensionamenti nel versante a monte che sostiene l'abitato.

- La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante le fasi esecutive (*metodo osservazionale*), e in particolare nel corso degli scavi, considerando oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure e osservazioni nel corso dei lavori e qualora dovessero evidenziarsi variazioni sostanziali dell'assetto litostratigrafico locale sarà necessario adeguare l'opera alle situazioni riscontrate.
- In riferimento a quanto previsto dal D.M.17 Gennaio 2018 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*" che integra l'Ordinanza P.C.M. n° 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e sostituisce le NTC/2008 si è provveduto alla caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione lungo il tracciato viario con l'approccio semplificato, basandosi sul metodo semplificato MASW.

66

Ficarra, dicembre 2022

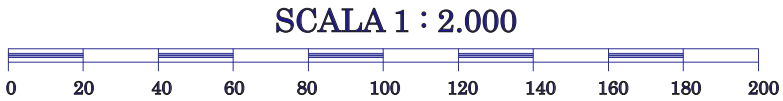
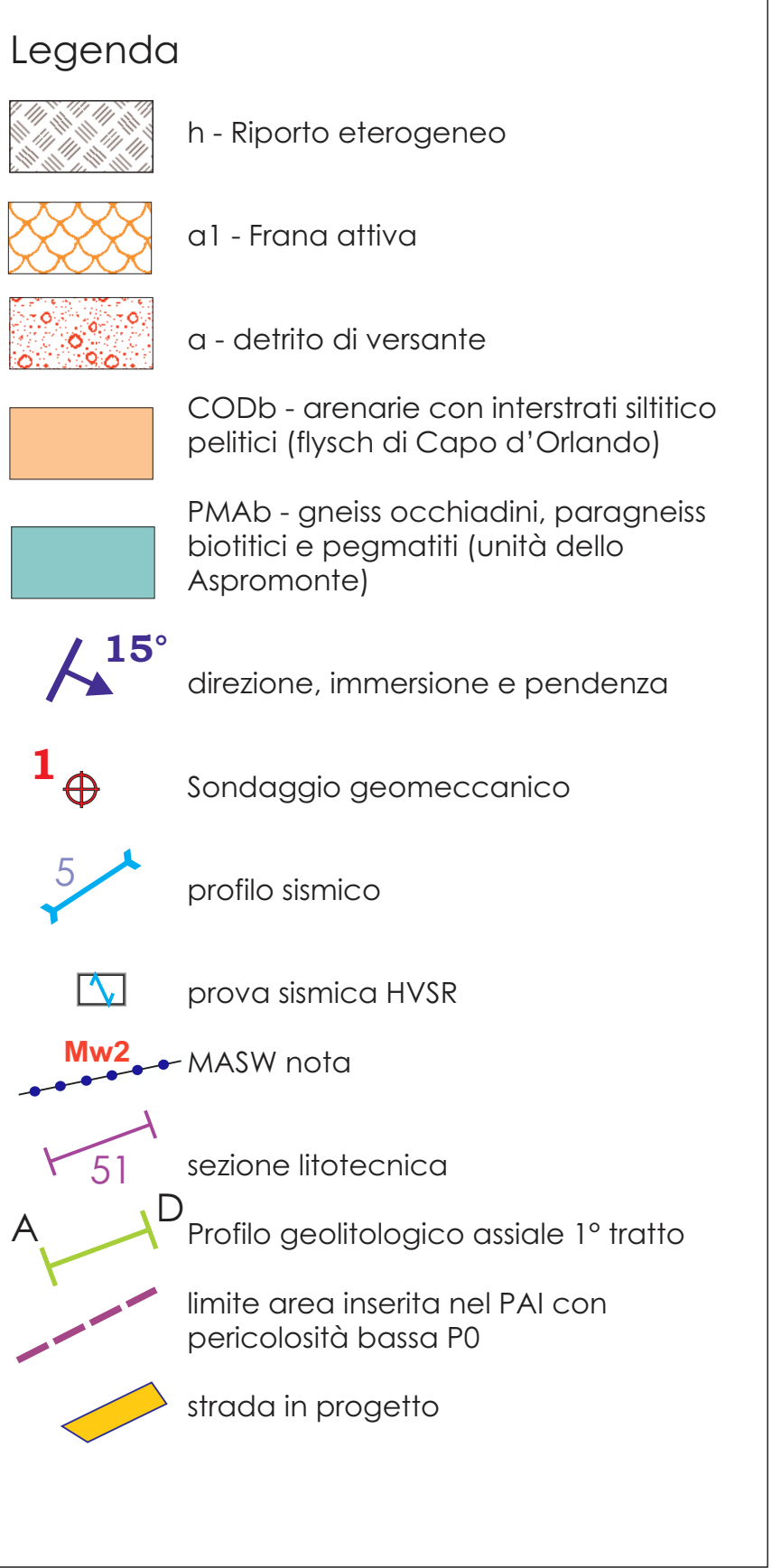
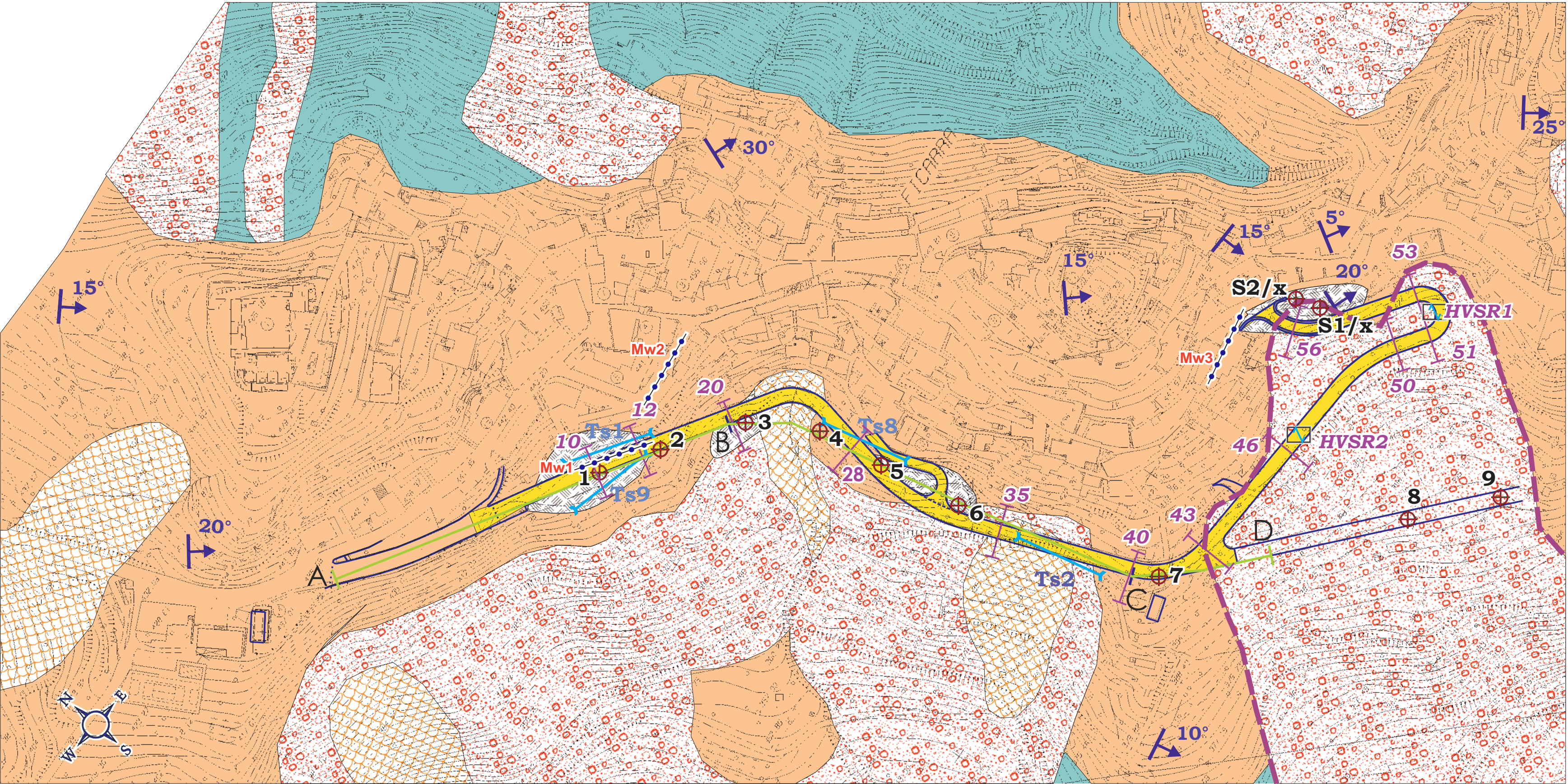
I geologi

dott. Filippo Cappotto

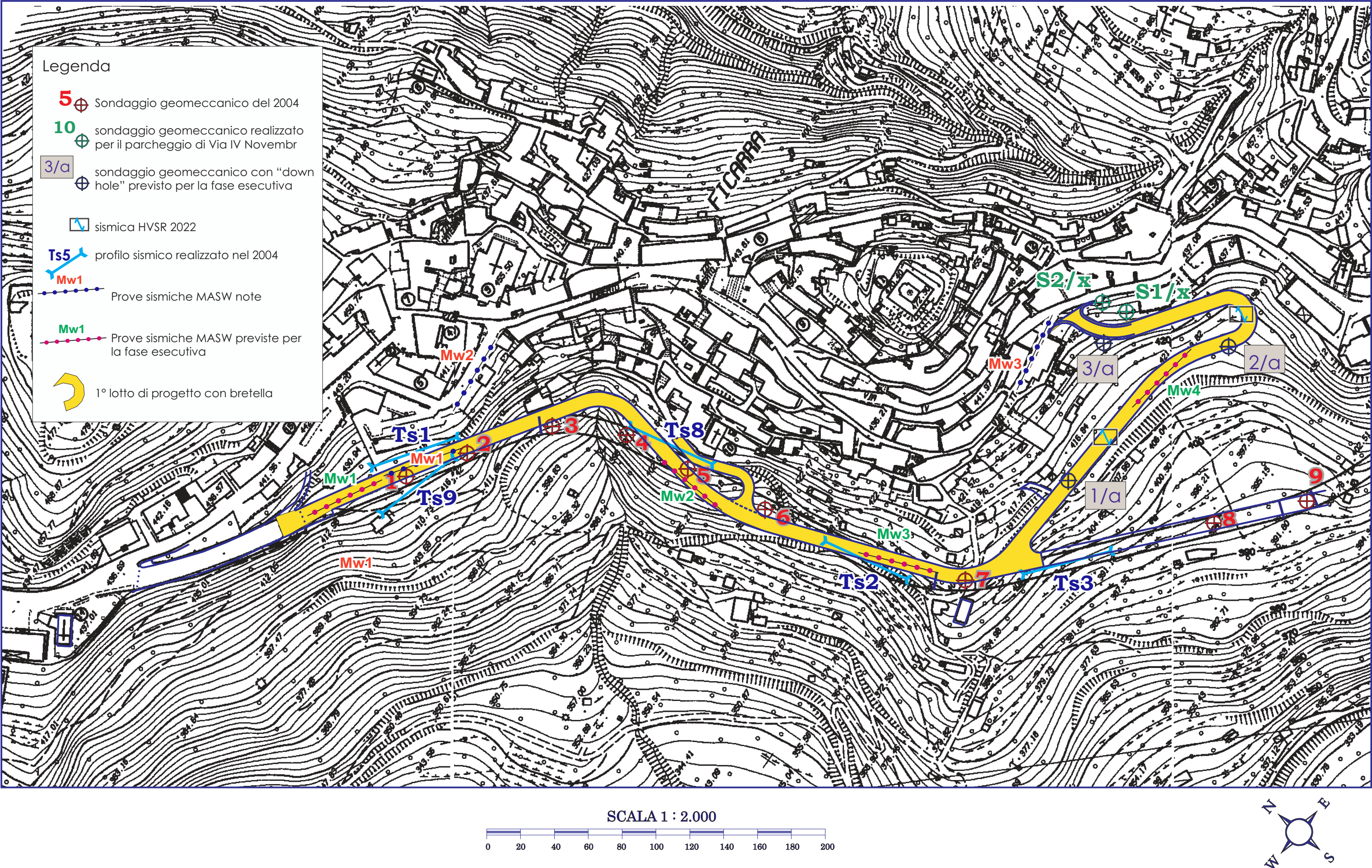
dott. Alfredo Natoli



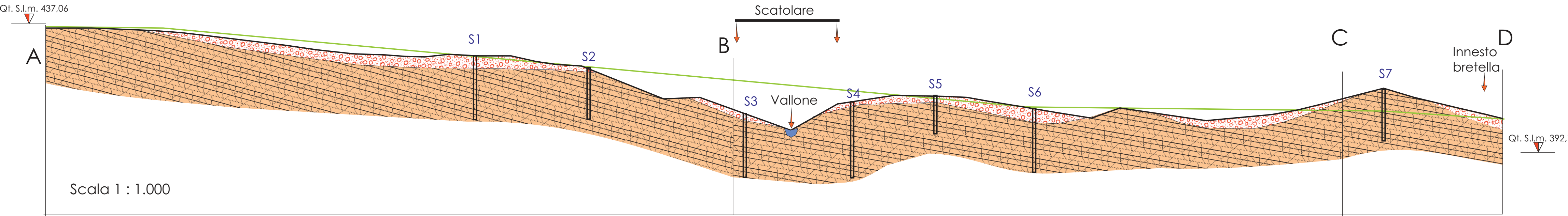
Tav. 1 - Carta Geologica con ubicazione indagini geognostiche



Tav. 2 - Planimetria delle indagini geognostiche



Tav. 3 Sezione geologica assiale - Tratto percorso principale



Legenda

RIPORTI E COPERTURE DETRITICHE

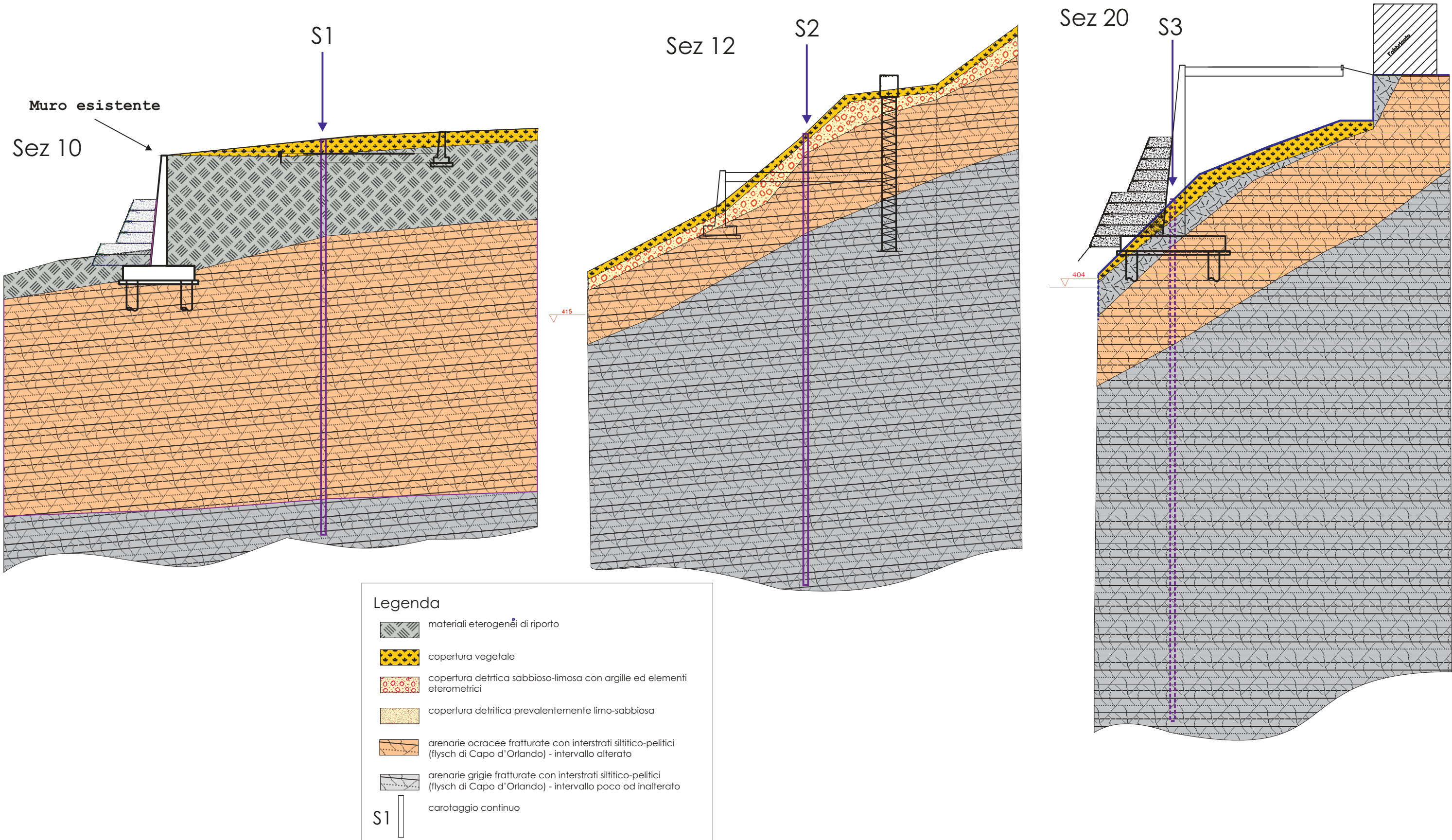
ARENARIE GRIGIO-OCRACEE FRATTURATE CON INTERSTRATI PELITICI
(FLYSCH DI CAPO D'ORLANDO)

S1
SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

LIVELLETTA STRADALE

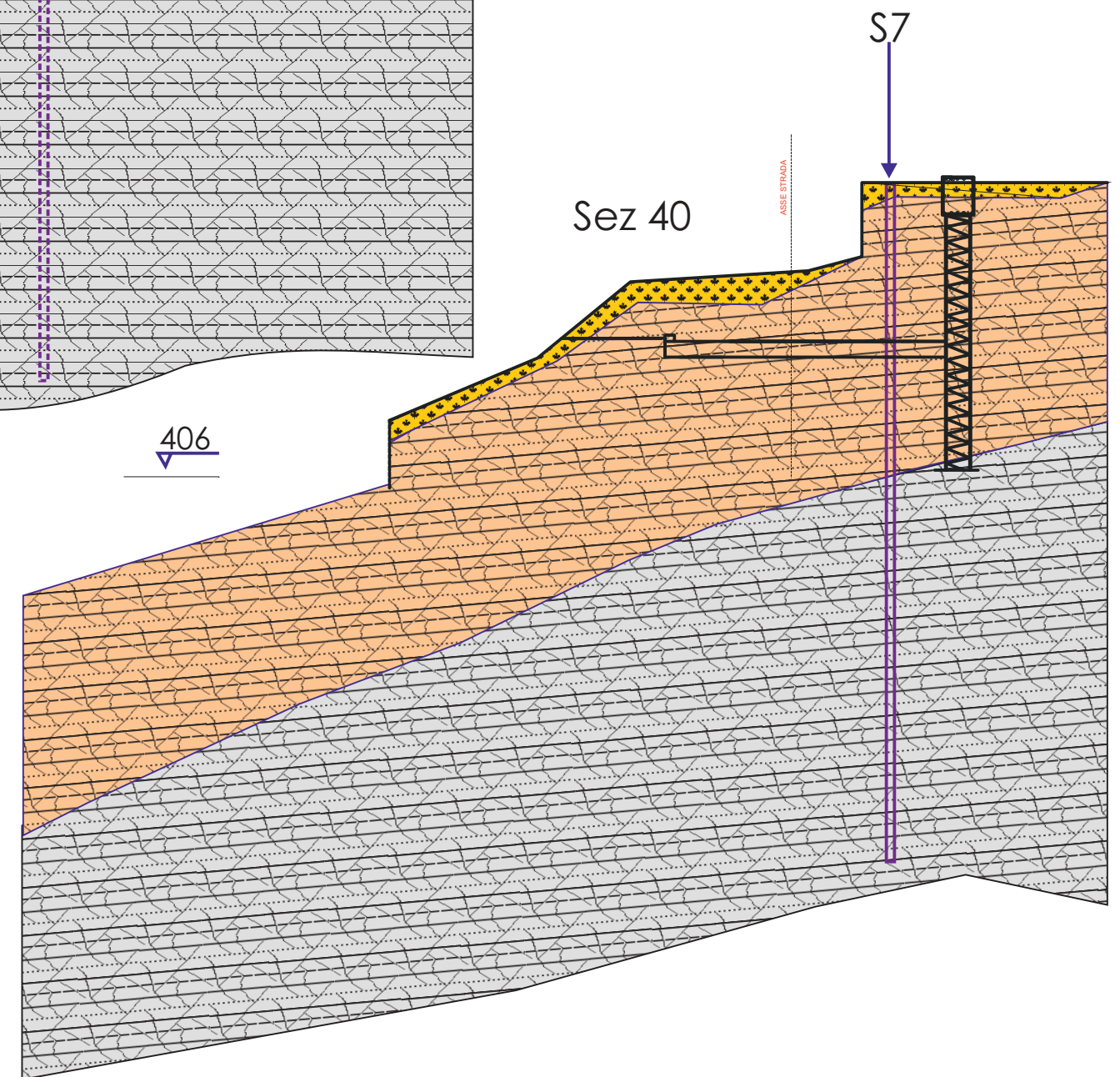
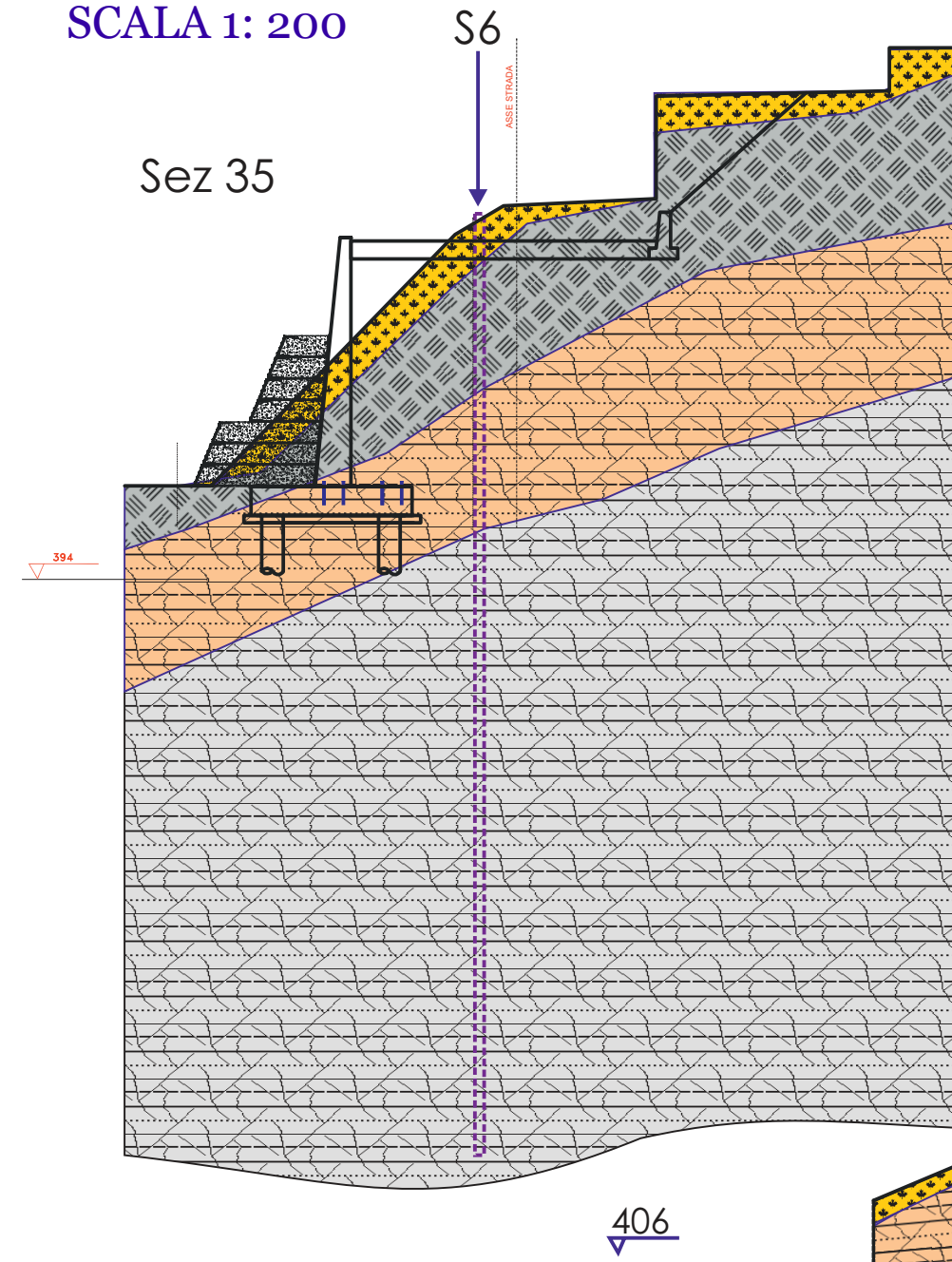
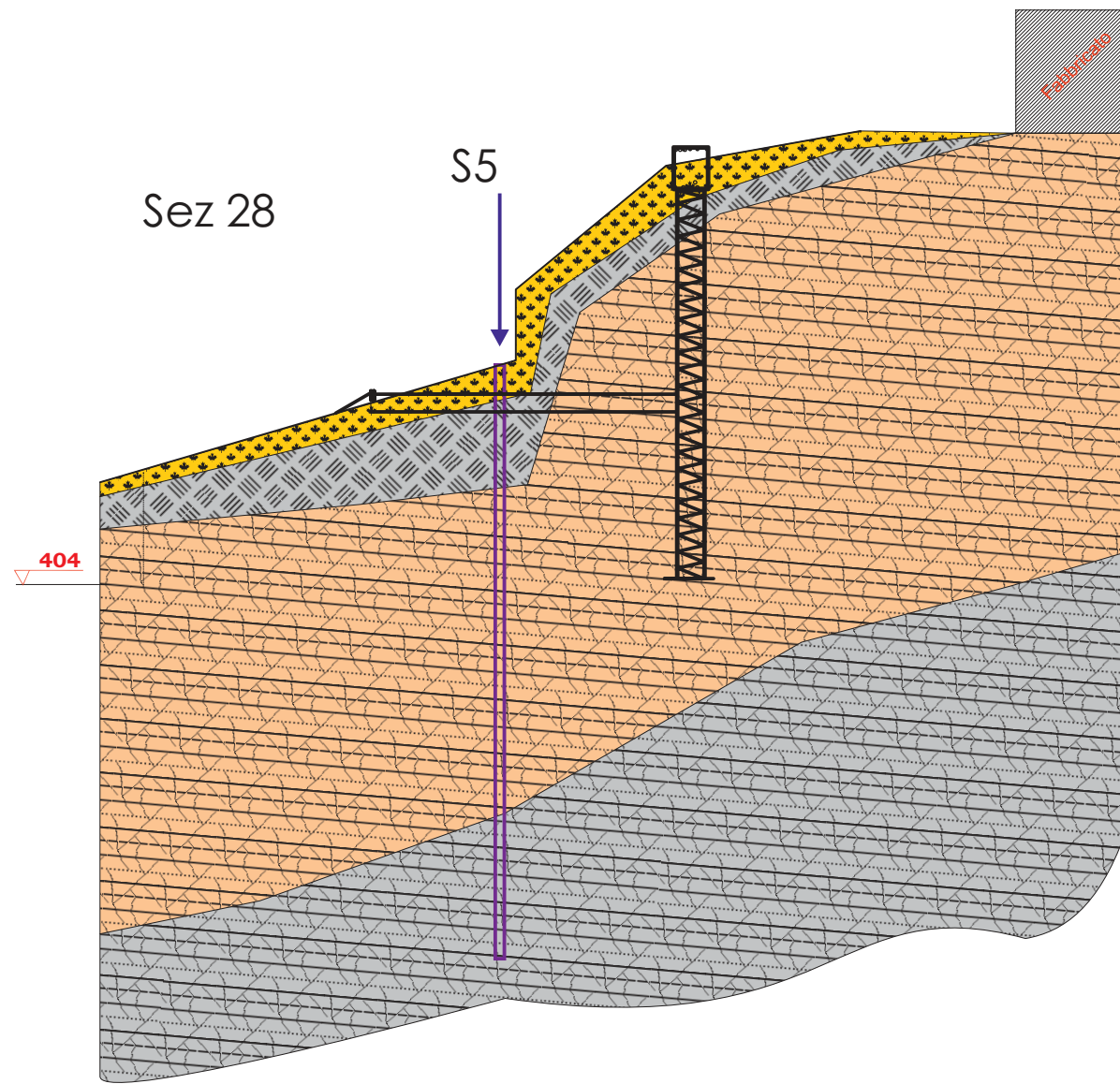
Tav. 4A_1 - Sezioni stratigrafiche schematiche primo tratto

SCALA 1: 200



Tav. 4A_2 - Sezioni stratigrafiche schematiche primo tratto

SCALA 1: 200



Legenda

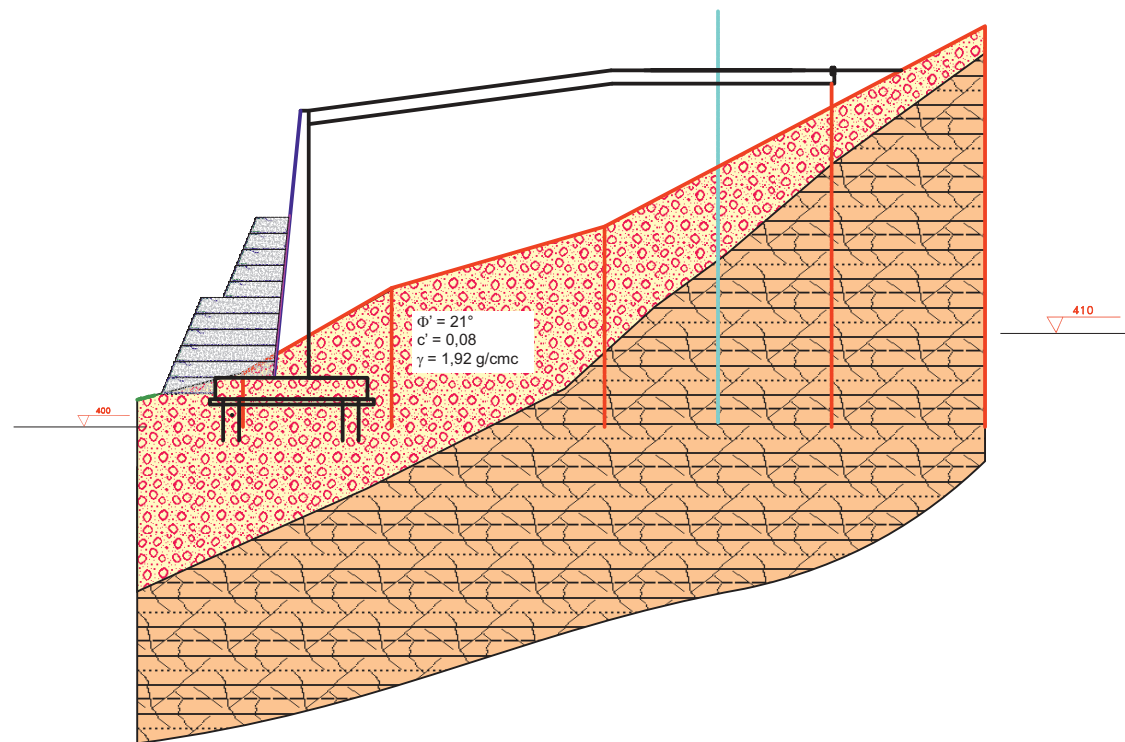
-  materiali eterogenei di riporto
-  copertura vegetale
-  copertura detritica sabbioso-limosa con argille ed elementi eterometrici
-  copertura detritica prevalentemente limo-sabbiosa
-  arenarie ocracee fratturate con interstrati siltitico-pelitici (flysch di Capo d'Orlando) - intervallo alterato
-  arenarie grigie fratturate con interstrati siltitico-pelitici (flysch di Capo d'Orlando) - intervallo poco od inalterato
-  carotaggio continuo

S1

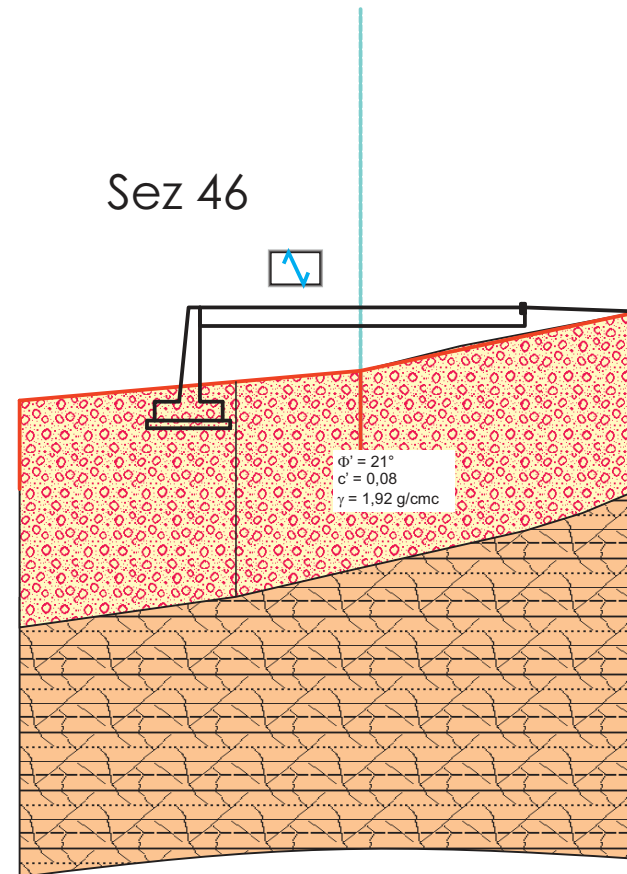
Tav. 4B_1 - Sezioni stratigrafiche schematiche bretella

SCALA 1: 200

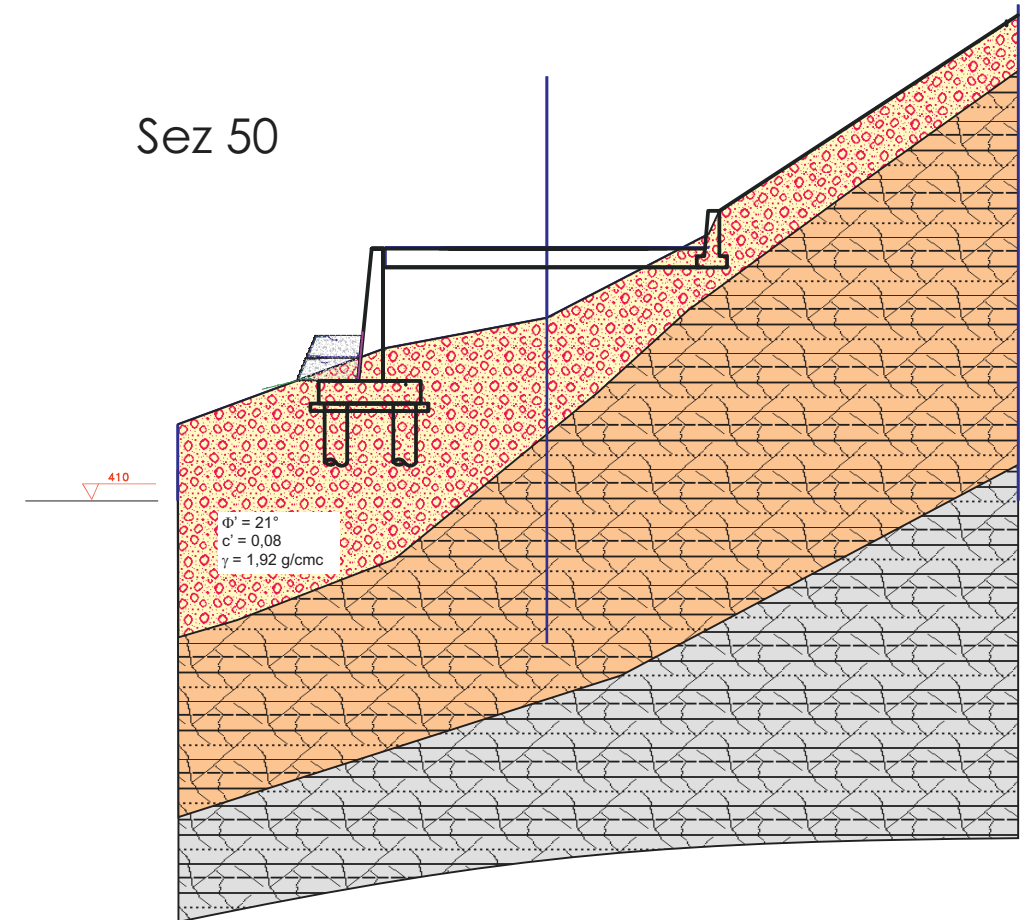
Sez 43



Sez 46



Sez 50



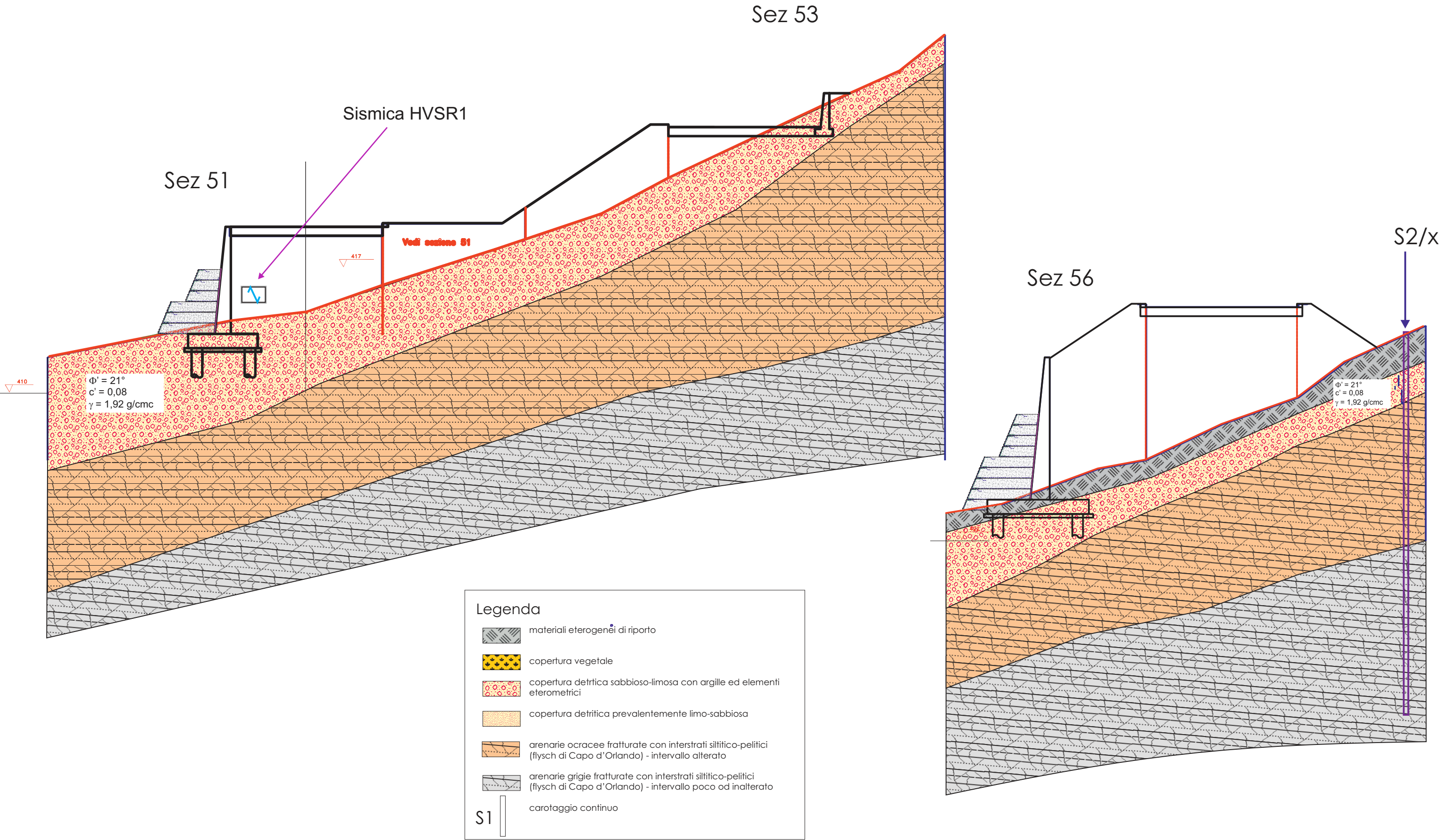
Legenda

-  materiali eterogenei di riporto
-  copertura vegetale
-  copertura detritica sabbioso-limosa con argille ed elementi eterometrici
-  copertura detritica prevalentemente limo-sabbiosa
-  arenarie ocracee fratturate con interstrati siltitico-pelitici (flysch di Capo d'Orlando) - intervallo alterato
-  arenarie grigie fratturate con interstrati siltitico-pelitici (flysch di Capo d'Orlando) - intervallo poco od inalterato

S1

carotaggio continuo

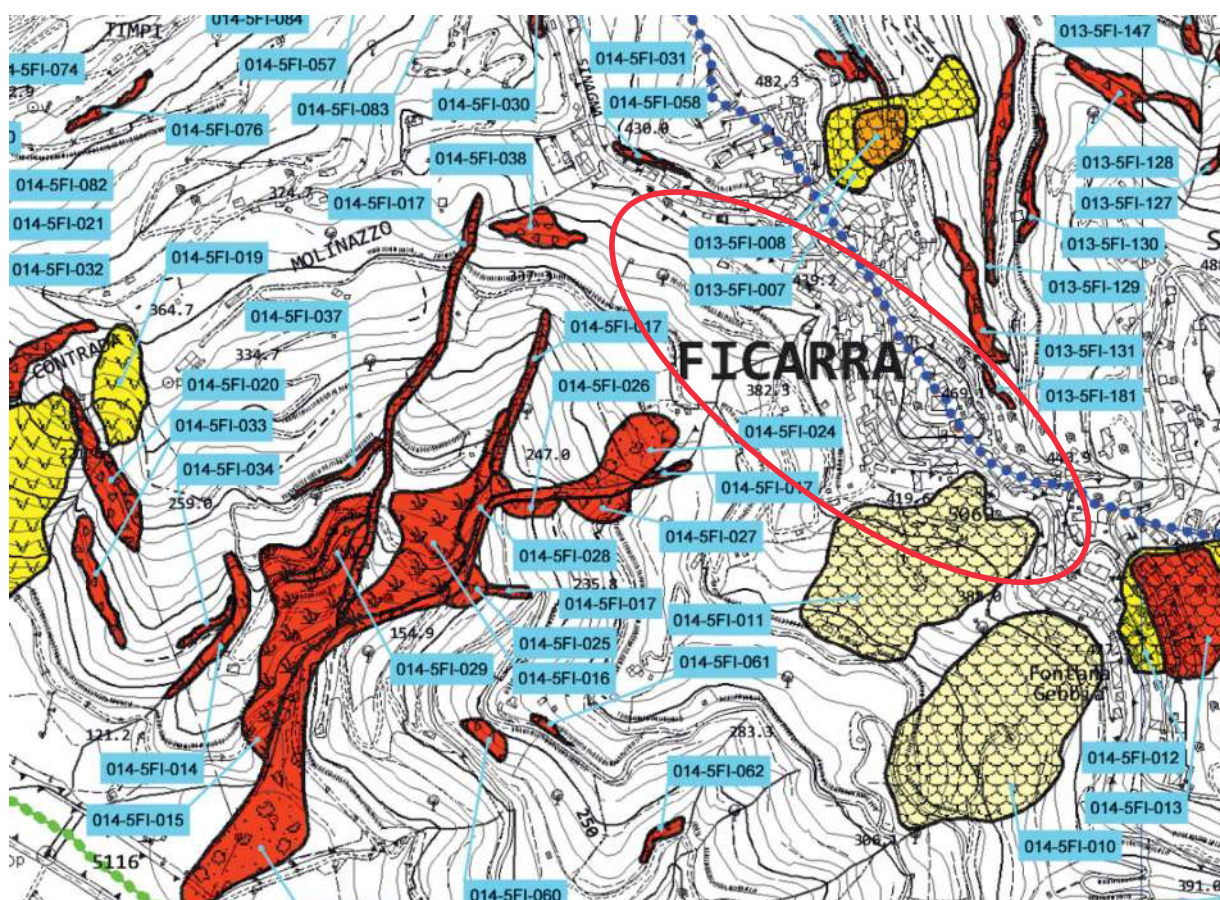
Tav. 4B_2 - Sezioni stratigrafiche schematiche bretella
SCALA 1: 200



TAV. 5 - CARTA DEI DISSESTI PAI - Agg. 2021



Piano stralcio per l'assetto idrogeologico della regione Sicilia carta dei dissesti
Fiumara di Naso(014) - stralcio foglio 599060



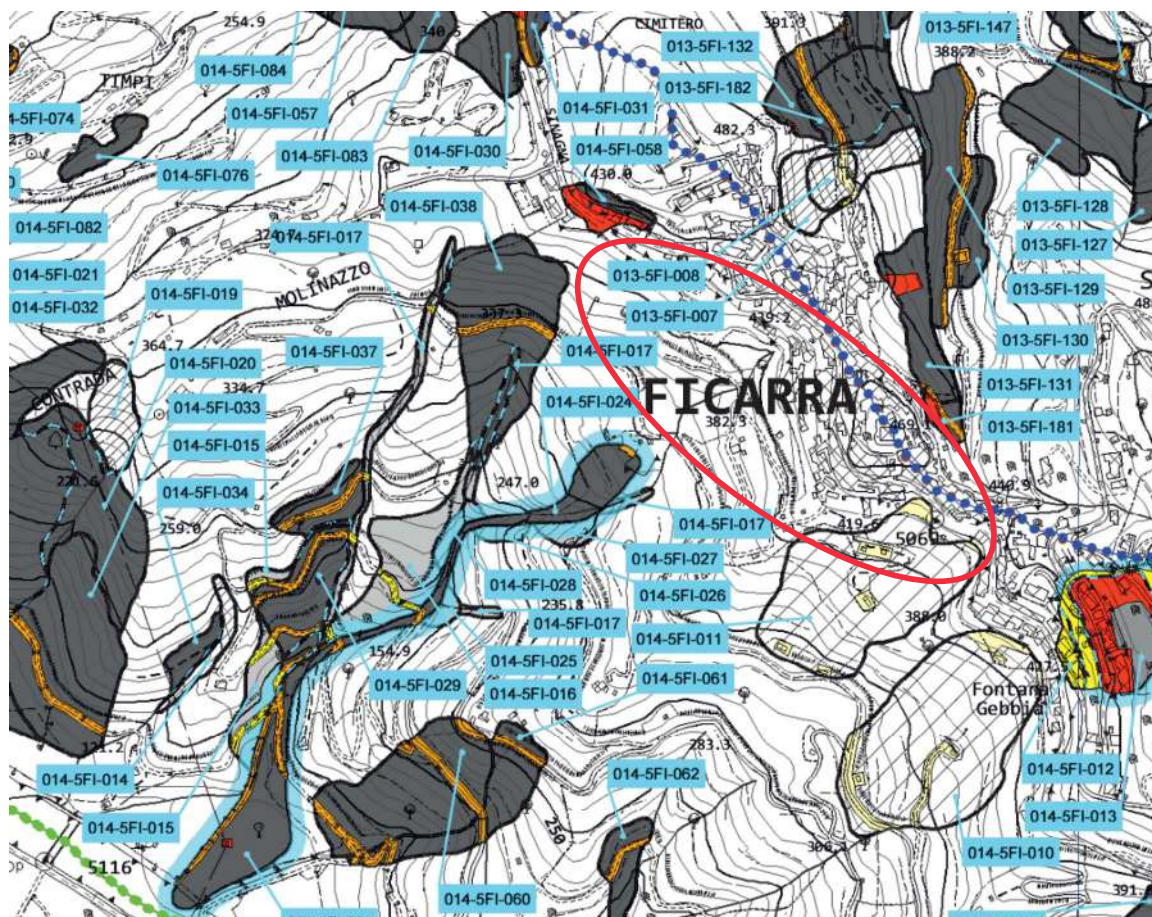
SCALA 1 : 10.000



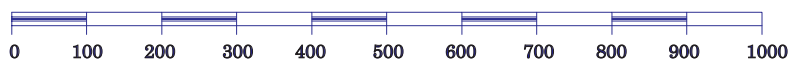
TAV. 4 - CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO PAI - Agg. 2021



Piano stralcio per l'assetto idrogeologico della regione Sicilia carta della pericolosità e del rischio
Fiumara di Naso(014) - stralcio foglio 599060



SCALA 1 : 10.000



LEGENDA

LIVELLI DI PERICOLOSITA'

- P0 basso
- P1 moderato
- P2 medio
- P3 elevato
- P4 molto elevato
- Sito d'attenzione

LIVELLI DI RISCHIO

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

Area di progetto

