



PROVINCIA DI COSENZA

SETTORE VIABILITÀ

**LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DEL CORPO STRADALE DELLA SP 147
(BIVIO MONTEGIORDANO - ORIOLO) - KM 22+150 -KM 22+600**

Missione M2C4 - Investimento 2.1 PNRR

Progetto Finanziato dall' Unione Europea - NextGeneration EU

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

ELABORATI GEOLOGICI

ELABORATO
TAV. 8

PROGETTISTA

Ing. Pietro Bisciglia

GEOLOGO

Dr. Luigi Rende

**Piano Nazionale
di Ripresa e Resilienza**

#NEXTGENERATIONITALIA



**Finanziato
dall'Unione europea**

NextGenerationEU

Responsabile del Procedimento: Ing. Roberto Barbieri

Redazione	Revisione	Approvazione	data



PROVINCIA DI COSENZA

SETTORE VIABILITÀ

**LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DEL CORPO STRADALE DELLA SP 147
(BIVIO MONTEGIORDANO - ORIOLO) - KM 22+150 -KM 22+600**

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

**RELAZIONE di COMPATIBILITA'
GEOMORFOLOGICA**

ELABORATO
SG 1

PROGETTISTA

Ing. Pietro Bisciglia

GEOLOGO

Dr. Luigi Rende

**Piano Nazionale
di Ripresa e Resilienza**

#NEXTGENERATIONITALIA



**Finanziato
dall'Unione europea**

NextGenerationEU

Responsabile del Procedimento: Ing. Gianluca Morrone

Redazione	Revisione	Approvazione	data

INDICE

1. PREMESSA	1
1.2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO	3
2.1. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	3
2.2. GEOLOGIA.....	3
2.3. MORFOLOGIA	5
3. CONSIDERAZIONI SULLA GEOLOGIA LOCALE	7
3.1. MORFOLOGIA	7
3.2. GEOLOGIA E STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO	10
3.3. ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	12
4. SISMICITÀ DELL'AREA	14
4.1. SISMICITÀ STORICA DELL'AREA	14
4.2. SISMICITÀ STORICA DI ORIOLO	16
4.3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	19
4.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEI SITI D'INTERESSE PROGETTUALE	21
4.4.1. Pericolosità Sismica di Sito	24
4.4.2. Categoria Suoli di Fondazione	27
4.4.3. Magnitudo attesa per l'area di studio.....	27
5. ANALISI TECNICA DEI TERRENI.....	29
5.1. TERRENI GRANULARI COESIVI.....	29
5.2. TERRENI GRANULARI INCOERENTI	30
5.3. SINTESI DEI DATI GEOTECNICI RICAVATI DA ALTRA CAMPAGNA D'INDAGINI GEOGNOSTICHE	30
5.3.1. Sondaggi diretti	31
5.3.2. Sondaggi sismici a rifrazione	32
5.3.3. Sintesi dei Parametri Stratigrafici e Geotecnici	33
5.4. CAMPAGNA GEOGNOSTICA DA REALIZZARE PER LE SUCCESSIVE FASI PROGETTUALI	34
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	35
6.1. CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA STABILITÀ DELL'AREA	35
6.2. MODELLIZZAZIONE E CINEMATISMO.....	36
6.3. INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	38
6.4. CONSIDERAZIONI SULLA COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA DELL'INTERVENTO.....	40
6.4.1. Raffronto con il PAI Calabria e con il PPPR Provincia di Cosenza	40

FIGURE ED ALLEGATI

Tav. 1 Corografia in scala 1:25.000

Tav. 2 Carta geologica in scala 1:25.000

Tav. 3 Carta delle Criticità

Tav. 4 Report Fotografico

Tav. 5 Ubicazione indagini geognostiche in scala 1:2.500

Tav. 6 Schema interventi proposti

ALLEGATO SG 2 – Computo Metrico Indagini Geognostiche

1. PREMESSA

Il presente studio geologico riguarda il progetto di *Fattibilità tecnico-economica* inerente la riqualificazione e messa in sicurezza della strada provinciale SP 147 (Bivio Montegiordano - Oriolo), a seguito di due eventi franosi verificatosi lungo lo sviluppo della stessa in prossimità dei km 22+150 e km 22+600, qui informalmente denominati **Sito 1** e **Sito 2**; il tratto stradale in oggetto ricade interamente nel comune di Oriolo.

Al fine di redigere la presente relazione sono stati eseguiti mirati sopralluoghi, oltre ad un'analisi cartografica, condotta anche attraverso l'osservazione in stereoscopia delle foto aeree (scala 1:33.000) disponibili per l'area di studio, allo scopo di individuare i caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area; è stato inoltre tenuto in considerazione il materiale bibliografico tecnico e scientifico disponibile per la zona in oggetto e le aree limitrofe.

Tra questi, con particolare attenzione, sono state consultate le varie carte tematiche, ricadenti nell'area interessata, del *Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)* realizzato dalla Regione Calabria e il *Programma di Previsione e Prevenzione Rischi della Provincia di Cosenza (PPPR)* relativo agli anni 2008-2012.

Da questi si evince che nel primo caso i tratti viari non ricadono in aree in frana, mentre nel PPPR gli stessi ricadono in una vasta area in frana profonda attiva (cfr. Tav. 3)

I rilievi di superficie, eseguiti su affioramenti presenti lungo il versante, hanno permesso di definire:

- i **lineamenti geomorfologici** della zona nonché gli eventuali processi geomorfologici e i **dissesti** in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva;
- la **successione litostratigrafica** locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità;
- i **caratteri geostrutturali** generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità;
- lo schema della **circolazione idrica** superficiale e sotterranea;
- la storia sismica e gli aspetti **sismo-tettonici** dell'area

Si rimanda alle successive fasi progettuali (definitiva ed esecutiva) la caratterizzazione geotecnica dei terreni, al fine di individuare il **volume significativo** di terreno (per come indicato nel prg. 6.2.2. delle NTC), previa mirata campagna di indagini geognostiche in sito e in laboratorio, predisposta nel presente lavoro.

Lo studio ha pertanto assolto al compito di definire e indirizzare il progetto di fattibilità relativo alla riqualificazione, bonifica e messa in sicurezza dei versanti su cui decorrono i tratti della SP 147 interessati dai dissesti gravitativi; quindi esprimere un parere sulla compatibilità dell'intervento con l'idoneità geomorfologica e geotecnica dei siti, nel rispetto e ai sensi delle norme tecniche di cui al D.M. 21/01/1981 e al D.M. 11/03/1988 emanati in seguito alla Legge 02/02/1974 n° 64, nonché le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17.01.2018.

1.2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il presente studio geologico è svolto in armonia con le nuove disposizioni di legge sui LL.PP. e quindi trova corrispondenza con le principali normative:

- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. del 17/01/2018
- Ord. P.C.M. n°3274 Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
- Legge 02/02/1974 n°64: Prescrizioni per le zone sismiche
- D.M. 11.03.1988: Indagini sui terreni e sulle rocce
- L.R. 11/7/94 n° 17: Snellimento delle procedure precisate dalla L. 64/74 per costruzioni in zone sismiche
- Legge 109/94 e successive integrazioni: Nuova normativa sui LL.PP.
- D.P.R. 554/99: Regolamento di attuazione della legge sui LL.PP.
- L.R. 04/1998, n°7: Disciplina per le costruzioni ricadenti in zone sismiche. Snellimento delle procedure in attuazione dell'art. 20 della Legge 10 Dicembre 1981, n°741.

Lo stesso è svolto anche in osservanza alle misure di salvaguardia di cui alle ultime normative in materia di protezione civile e di difesa del territorio.

Di conseguenza le linee guida che ispirano lo studio si conformano al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), previsto dal D.L. n° 180 del 11/06/1998 (Decreto SARNO) convertito con Legge 03/08/1998 n° 267 (Aree a rischio idrogeologico) e al D.P.C.M. 29 settembre 1998 (disposizioni relative), finalizzato alla valutazione del rischio di frana e alluvione ai quali la Regione Calabria ha aggiunto quello dell'erosione costiera.

Il PAI, approvato dal Consiglio della Regione Calabria il 28/12/2001, ha valore sovraordinatorio sulla strumentazione urbanistica locale (Legge 11/12/2000 n° 365, art. 1 bis comma 5).

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

2.1. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

La *Strada Provinciale S.P. 147* è localizzata al confine Nord-orientale della Calabria, si sviluppa sulle aree di cresta di una fascia collinare ad andamento NO-SE compresa tra i corsi d'acqua del Fiume Ferro a SO e del Torrente Canna a NE; la stessa è cartograficamente individuabile nel F. 523 IGM (Rotondella) alla scala 1:50.000 (cfr. Tav 1 e Fig. 1).

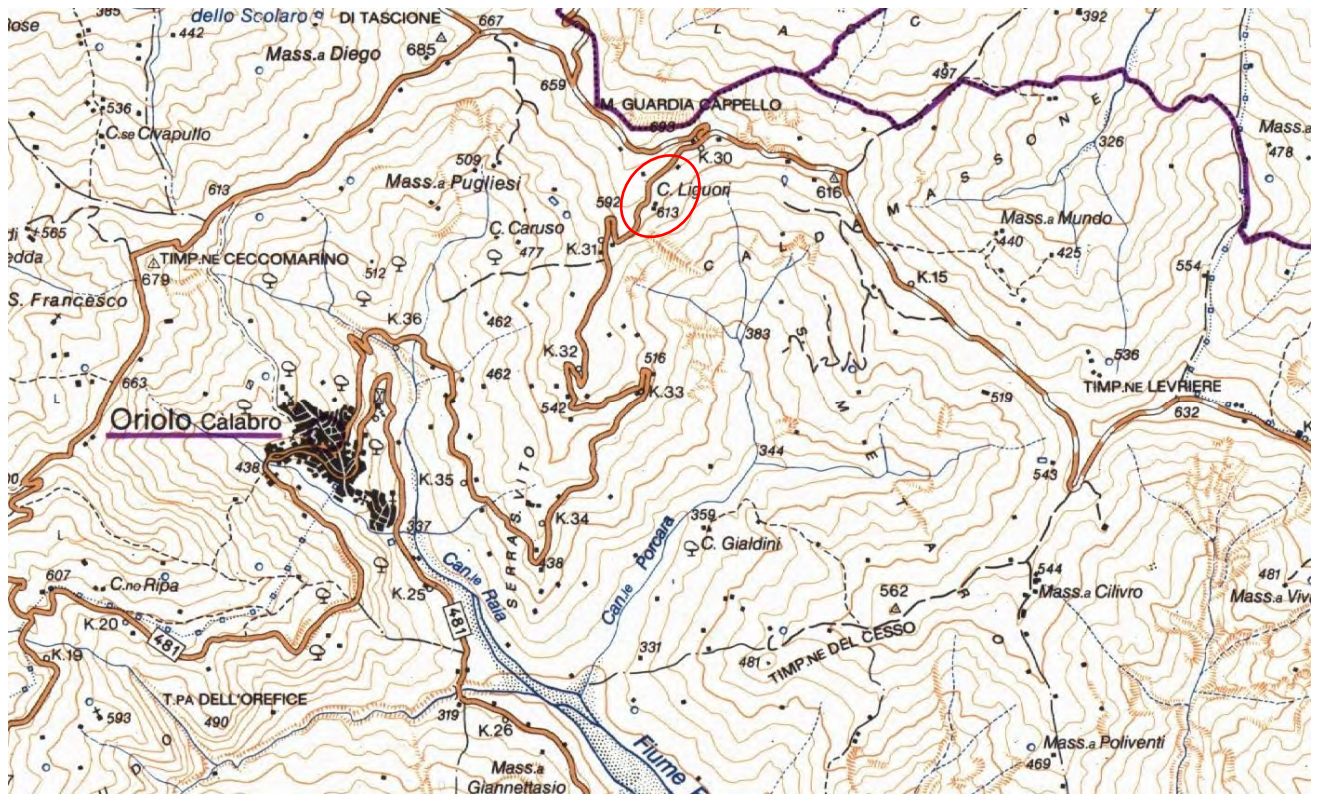


Fig. 1 - Corografia area di studio - Stralcio F. 523 IGM (Rotondella) scala 1:50.000. L'ovale in rosso indica i siti progettuali

2.2. GEOLOGIA

Tale area, a morfologia prevalentemente collinare, costituisce la prosecuzione verso NE della dorsale carbonatica del Pollino; geologicamente è costituita da terreni afferenti ad unità terrigene di pertinenza interna (Complesso Liguride o Flysch Calabro-Lucano). L'insieme dei terreni "liguridi", a componente prevalentemente calcareo-argilloso-arenacea, mesozoico e terziari si presentano in facies flyscioide sono riconosciuti e distinti in letteratura in diverse unità denominate dal basso verso l'alto come:

- *Unità del Frido,*
- *Formazione delle Crete Nere,*
- *Formazione del Saraceno*
- *Formazione di Albidona.*

L'assetto geologico-strutturale di tale settore, definito confine Calabro-Lucano, prevede che l'insieme dei terreni "liguridi" ofiolitiferi e flyschoidi, sormonta tettonicamente le rocce carbonatiche dell'Unità del Pollino, e a loro volta sono sottoposti tettonicamente alle Unità Sicilidi.

Si ricorda che la Catena del Pollino rappresenta la maggiore struttura geologica dell'area, questa costituisce un'estesa monoclinale, che si sviluppa senza soluzione di continuità da Maratea a Francavilla Marittima, di carbonati mesozoico-terziari di piattaforma, con direzione media WNW-ESE ed immersione generale a NE, corrispondenti al Complesso Panormide di Ogniben (1969) o all'Unità Alburno-Cervati-Pollino di Amodio Morelli et al. (1976).

I terreni del "*Complesso Liguride*" denominati così da Ogniben (1969) per la perfetta corrispondenza litostratigrafica con i terreni delle unità interne della Liguria, sono costituiti da diverse *scaglie tettoniche* o Unità tettoniche, nelle quali sono inglobate successioni sedimentarie e metamorfiche d'età compresa tra il Giurassico superiore e l'Oligocene superiore, nonché da frammenti di crosta oceanica con copertura sedimentaria.

Le successioni torbiditiche apicali dell'Oligocene superiore-Miocene medio, sono state successivamente considerate a parte, e definite Complesso delle successioni flyschoidi sinorogene.

In questo complesso sono raggruppate tutte quelle successioni a carattere flyschoidi, legate alle fasi centrali o di surrezione della Catena (definite sin-orogeniche ossia contemporanee alla creazione della catena montuosa), fasi nelle quali si ha il maggior apporto di materiale detritico nel bacino di sedimentazione.

Per definizione il *flysch* costituisce una formazione geologica caratterizzata da un fitta alternanza di strati a granulometria fine (siltiti) e strati a granulometria più grossolana generalmente torbiditici (areniti). Tali depositi sono la conseguenza di un forte apporto di materiale detritico da parte di un'area continentale in rapido sollevamento, nel vicino bacino sedimentario.

Pertanto, nella porzione orientale del confine calabro-Lucano, le successioni caratterizzate da sequenze torbiditiche sono:

Formazione del Saraceno o flysch del Saraceno (Albiano-Daniano) (SELLI, 1962), costituita da un'alternanza di calcareniti e calcilutiti a liste di selce contenenti intercalazioni silicoclastiche arenitiche e microconglomeratiche;

Formazione di Albidona o flysch di Albidona (Eocene inferiore-medio) (SELLI, 1962), rappresentata da un'alternanza pelitico-arenace nella quale si intercalano caratteristici megastrati di marne calcaree e di conglomerati;

Il territorio di studio è caratterizzato esclusivamente dalla *Formazione di Albidona*, questa è costituita da un'alternanza arenaceo-pelitica, contenente, livelli di marne calcaree e di conglomerati di derivazione liguride e calabride. Secondo ZUPPETTA et.al. (1984), la successione tipo avrebbe uno spessore di 2800 metri circa, e sarebbe suddivisibile, in base ai caratteri sedimentologici e alla composizione della frazione arenacea, in due intervalli: *inferiore e superiore*.

Intervallo inferiore- potente circa 900 metri, è costituito da una prevalente alternanza arenaceo-pelitica nella quale s'intercalano megastrati di calcilutiti e di conglomerati ricchi in matrice. Alla base è presente una potente (spessa circa 10 m) torbidite conglomeratico-arenacea, dove sono presenti clasti di dimensioni variabili da qualche decimetro a qualche metro di graniti, porfidi,

metamorfiti di grado medio-basso e da rocce sedimentarie carbonatiche e da pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche.

Al disopra, la successione prosegue per circa 300 metri con una fitta e monotona alternanza di torbiditi più grossolane a composizione arenaceo-pelitica, sostituite nella parte alta dell'intervallo da torbiditi sottilmente stratificate (20-50 cm) a composizione essenzialmente pelitico-arenacea in cui sono rappresentati porzioni della sequenza di Bouma e depositi di *slumping*.

Intervallo superiore - ha uno spessore complessivo di circa 1900 metri ed è caratterizzato da torbiditi pelitico-arenacee sottilmente stratificate a grana medio-fine. I primi 1100 metri sono costituiti da una successione di torbiditi a composizione pelitico-marnoso-arenacea, in cui si rinvencono frequentemente frustoli carboniosi e strati bioturbati e grosse intercalazioni (spessore variabile dai 10 a 25 metri) di livelli calcareo-marnosi. Caratteristici quelli costituiti da marne calcaree biancastre olivate e a frattura concoide.

Al disopra, la successione prosegue con una fitta serie di torbiditi pelitico-arenacee, con rari livelli di brecciole gradate ben cementate dello spessore non superiore ai 50 cm, cui sono intercalati, a varie altezze, strati torbiditici conglomeratico-arenacei.

L'età è stata riferita al Burdigaliano medio-Langhiano dagli studi più recenti (Bonardi et al., 1985).

La tettonica compressiva che ha interessato le successioni flischoidi ha determinato strutture plicative a grande scala, che hanno determinato per l'area di studio, il rovesciamento della serie, che, per come osservabile anche presso T.ne Levriere, ha portato l'Intervallo superiore a soggiacere a quello inferiore.

2.3. MORFOLOGIA

La porzione di confine Calabro-Lucano presenta nell'insieme caratteri orografici ben delineati fin dalla linea di costa. Dalla stretta fascia litorale, spostandosi nelle zone più interne si passa rapidamente ad una blanda morfologia collinare con profili topografici meno incisi, che raccorda il tratto costiero con i massicci montuosi caratterizzati invece da una morfologia più aspra con alti valori dell'intensità di denudamento erosivo.

La porzione di Catena del Pollino, che resta a sud-ovest, dei territori di Oriolo e Montegiordano, differisce sostanzialmente dai rilievi collinari dell'alto Ionio cosentino, sulla base dei caratteri litomeccanici dei terreni affioranti: la Catena, infatti, è caratterizzata da terreni calcarei, calcareo-dolimitici mesozoici, quindi rilievi aspri ed irregolari; mentre nella fascia collinare del pedemonte si hanno affioramenti di terreni meccanicamente teneri: flysch a componente argillosa, sedimenti clastici grossolani e argillosi, conglomerati poligenici e sabbie neogeniche, disposti su più ordini di terrazzamento, che determinano rilievi dolci e regolari.

Lungo questo settore i rilievi sono soggetti ad una intensa attività tettonica legata al veloce sollevamento della Catena (0,4-0,7 mm/anno Carobene & Dal Pra, 1990). Questi movimenti verticali hanno determinato lo sviluppo di progressivi sistemi di "fagliamento" che, unitamente alle

caratteristiche litologiche, condizionano fortemente l'evoluzione dei reticoli idrografici nonché la stabilità dei versanti. E' allora favorita un'accentuata opera d'incisione dei corsi d'acqua con conseguente formazione di valli molto incise e ripidi versanti, particolarmente sviluppati nel tratto medio-alto dei reticoli.

Le cime dei principali rilievi, disposti secondo due direttrici NW-SE ed EW, costituiscono gli spartiacque superficiale dai quali traggono origine i reticoli idrografici che sfociano nel Mar Ionio (T.te Canna, T.te S. Nicola, F. Ferro, T.te Straface, T.te Avena, T.te Pagliaro, F. Saraceno).

I bacini del versante ionico si sviluppano generalmente ortogonali alla costa, e tendono ad avere un andamento parallelo tra loro seguendo grosso modo le direzioni di massima pendenza. Sono pertanto dei corsi conseguenti sui quali i recenti fenomeni di sollevamento hanno determinato un ringiovanimento dei rispettivi reticoli idrografici, evidenziato da una intensa azione erosiva. Quale espressione morfotettonica, alla forte incisione dei reticoli fluviali si associa una successione di terrazzi marini, su più ordini altimetrici, a testimonianza delle fasi di sollevamento quaternarie.

In linea generale la morfologia dell'area posta al di sopra dei 500 m di quota è caratterizzata, da un punto di vista evolutivo, da uno stadio giovanile. Nel tratto medio-alto dei bacini il corso d'acqua principale e i segmenti secondari corrono incassati in aspri e profondi canali scavati nei complessi calcareo-dolomitici e caratterizzati da intensi fenomeni di crollo lungo i versanti sottesi. Attraverso tali processi vengono riversati nell'alveo principale e nei valloni secondari notevoli quantità di materiale eterometrico che, in alcuni casi, può accumularsi fino a formare effimere ostruzioni.

Sotto i 500 m di quota si osserva, invece, una morfologia caratterizzata da valli fluviali meno aspre e valori di energia di rilievo meno elevati. I processi morfodinamici sono rappresentati essenzialmente da movimenti di massa che si verificano lungo i fianchi delle valli incise con fenomeni che rientrano nella tipologia di scorrimenti rotazionali e delle colate.

In questo settore le principali forme di dissesto gravitativo sono localizzate essenzialmente lungo i rilievi collinari e specie lungo le sponde delle valli più incise; la franosità in tutta l'area, appare comunque diffusa ed essa differisce, nell'entità e nelle forme, in funzione dei terreni interessati dal dissesto.

Si osservano, infatti, tipologie diverse riconducibili a frane per scorrimento rotazionale e traslativo, particolarmente sviluppate in terreni flischoidi, nonché colamenti evidenti in terreni sedimentari incoerenti quali sabbie, argille e argille-siltose con intercalazioni di corpi conglomeratici e sabbiosi, affioranti lungo tutta la fascia più prossima alla linea di costa.

3. CONSIDERAZIONI SULLA GEOLOGIA LOCALE

3.1. MORFOLOGIA

Il tratto della Strada Provinciale S.P. 147, oggetto del presente studio, decorre a mezzacosta lungo il versante meridionale di M.te Guardia Cappello (693 m s.l.m.), ricade alla località Caldamassone, compresa tra gli abitati di Montegiordano e Oriolo, lungo la fascia altimetrica compresa tra le quote di 610 e 620 m s.l.m. (cfr. fig. 1).

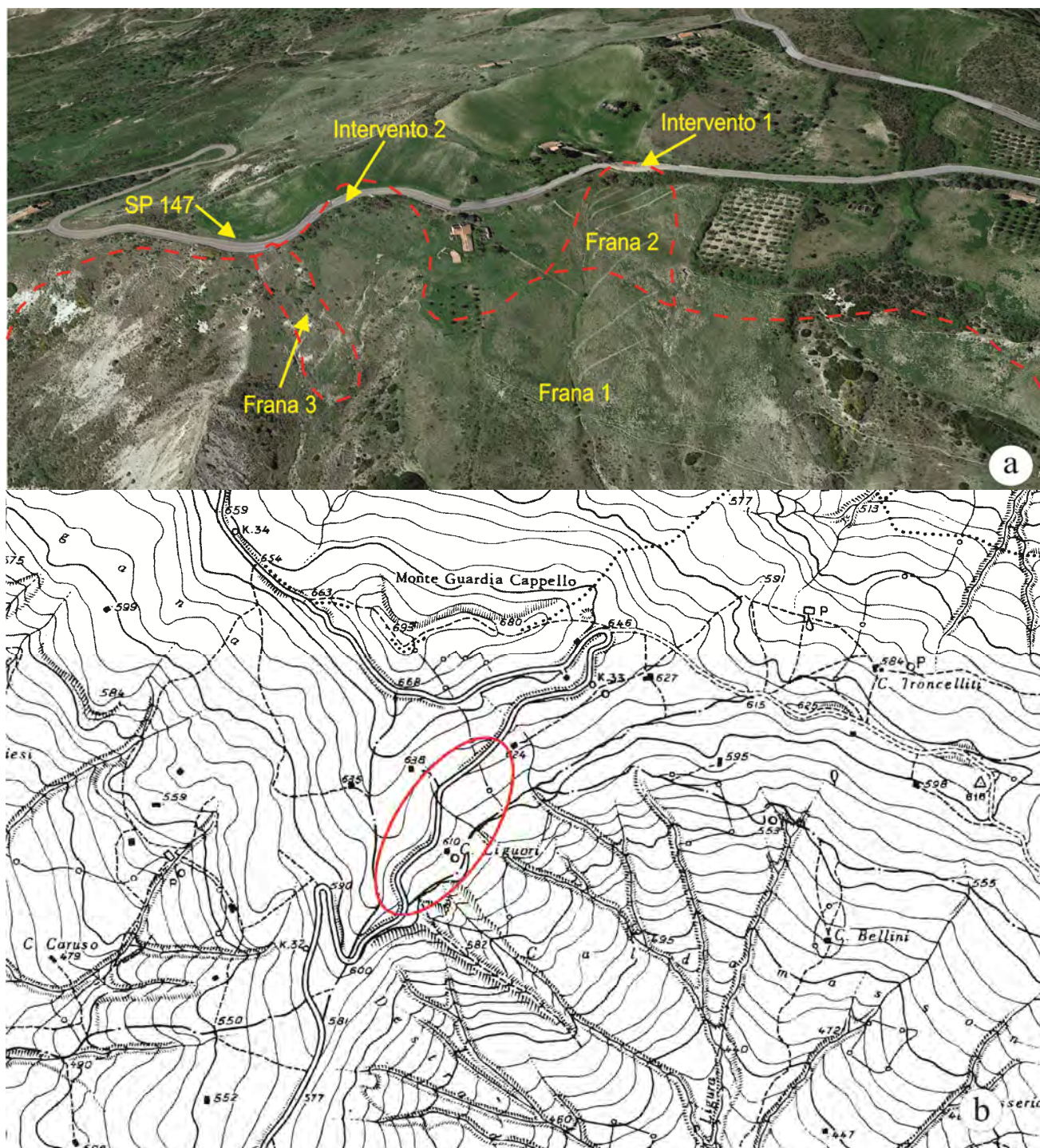


Fig. 2 a) Immagine da Google Earth 2018, il tratteggio in rosso indica i limiti delle frane che interessano la SP 147; b) Stralcio F. 212 III SO Sez D scala 1:10.000 Carta Topografica d'Italia, l'ovale in rosso indica i siti d'interesse progettuale;

Il tratto di crinale, che presenta uno sviluppo longitudinale in direzione SO-NE, raccorda i rilievi di T.ne Levriere (662 m s.l.m.) e M. Guardia Cappello (693 m s.l.m.) e costituisce un'area di displuvio tra la Valle della Brusca, posta a NE, e la Valle Ligura-Canle Porcara, posta a SO (cfr. fig. 1 e fig. 2b).

Il rilievo collinare, che mostra aree di cresta strette ed allungate secondo il massimo sviluppo longitudinale dello stesso, costituisce pertanto una porzione del più vasto spartiacque compreso tra i bacini idrografici del F. Ferro e del T.te Canna, rispettivamente ad sud il primo e ad nord il secondo; più in particolare, il tratto di stretto interesse delimita la zona di testata di un bacino idrografico minore, dove traggono origine le aste fluviali di rango inferiore, confluenti nel Canale Porcara, a sua volta affluente di sinistra idrografica del F. Ferro.

La zona di testata mostra una vasta concavità rivolta a Sud dove l'idrografia è ben sviluppata secondo un reticolo denso e gerarchizzato di tipo dendritico ad andamento "centripeto".

Lo sviluppo morfologico dei versanti è strettamente legato sia alla natura geologica dei terreni che lo costituiscono (morfoselezione), sia alle strutture tettoniche che ne hanno condizionato l'attuale assetto geomorfologico.

Infatti, per le porzioni di versante che si sviluppano nei litotipi conglomeratico-marnoso-arenacei predominano maggiormente i movimenti di tipo gravitativo-traslattivo; mentre per le porzioni di versante che si sviluppano nei litotipi a grana fine (sabbie e argille) si osservano prevalentemente fenomenologie gravitative tipo "colata" e di tipo erosionale (*calanchi e forre*).

Nella fattispecie i versanti laterali si raccordano ai fondovalle secondo pendenze costanti dell'ordine del 23% (inclinazioni di circa 13°), per i due siti di progetto la sede stradale dissestata decorre in corrispondenza della scarpata principale di frana, che determina delle rientranze lungo il versante (cfr. Tav. 4 - foto 3a-c).

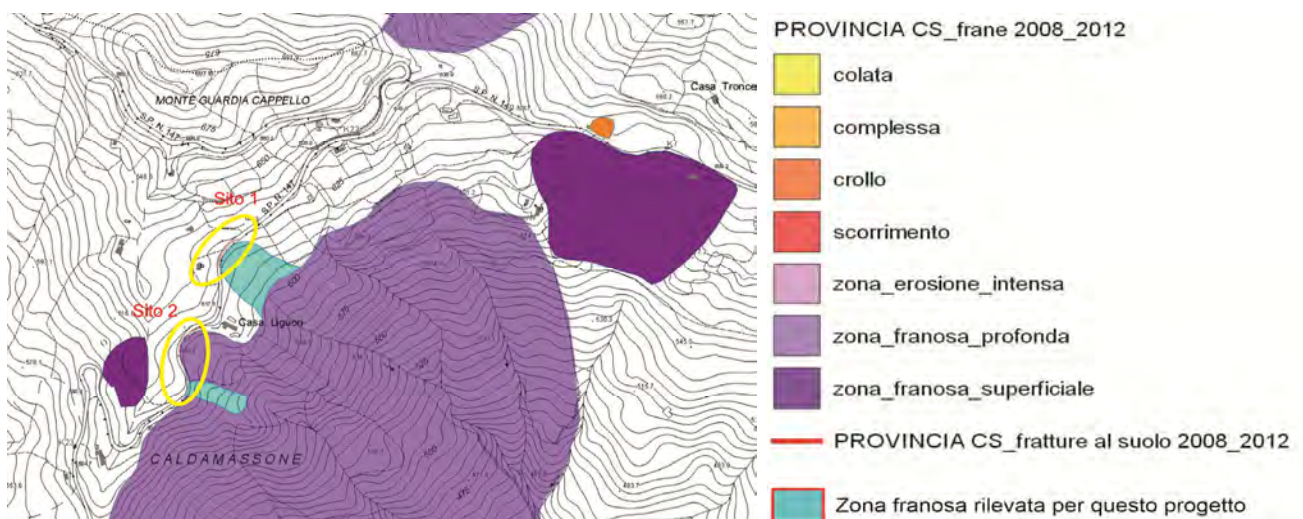


Fig. 3 – Stralcio Tav. 3 (Carta delle Criticità) - Raffronto con il PPPR Provincia di Cosenza (su CTR alla scala 1:5.000)

Dal Raffronto con il *Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)* realizzato dalla Regione Calabria ed il *Programma di Previsione e Prevenzione Rischi della Provincia di Cosenza (PPPR)* per gli anni 2008-2012, si evince che nel primo caso i tratti viari non ricadono in aree in frana, mentre nel PPPR

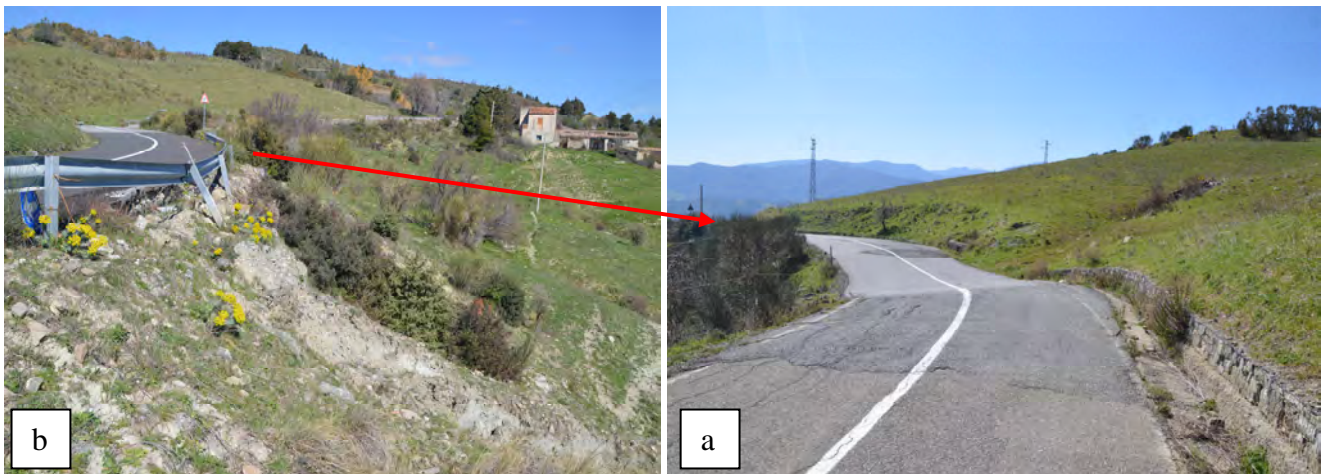
solo il sito 2 ricade in area in frana profonda, la **frana 2** che interessa il sito 1 è stata cartografata solo nel presente lavoro (cfr. Tav. 3 e fig. 2a e fig. 3).



Sito 1 - Stralcio foto 3d da Tavola 4 (Report Fotografico)

In particolare per il **sito 1**, da monte verso valle è osservabile il coronamento della frana, che decorre per circa 40 m a cavallo della sede stradale (cfr. foto 3d), questo ha determinato dislocazioni verso valle del piano stradale di qualche metro, con conseguente deformazione del muro in gabbioni di sottoscampa realizzato in precedenti interventi,

testimoniati dalle varie ricariche bituminose eseguite sul manto stradale. Subito a valle della sede stradale è presente il ripiano sommitale della frana, dovuto al “*basculamento*” (movimento traslativo e rotazionale) del corpo di frana, mentre il vasto corpo di frana si estende per diverse centinaia di metri fino al piede del versante.



Sito 2 – a) Stralcio foto 3f da Tavola 4 (Report Fotografico); b) smottamento di sottoscampa alla curva di qt. 610 m s.l.m., che ha coinvolto parte dei gabbioni collocati in precedenti interventi

Per il **sito 2** la deformazione della sede stradale risulta meno accentuata rispetto a quella del sito 1; in questo caso il coronamento della frana, che decorre per circa 25 m a cavallo della sede stradale, ha determinato abbassamenti della sede stradale più contenuti (dell'ordine di qualche decina di centimetri), con il “gradino” di frana testimoniato dalle fratture di trazione evidenti sull'asfalto (cfr. foto 3f). La foto in (sito 2b) mostra, inoltre, il modesto smottamento di sottoscampa che interessa la curva di qt. 610 m s.l.m., per una lunghezza di circa 15 m, e che ha coinvolto parte dei gabbioni collocati a contenimento della sede stradale in precedenti interventi, i quali sono stati trascinati in prossimità del piede della **frana 3** (cfr. fig. 2a e foto 3g in Tav. 4).

3.2. GEOLOGIA E STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO

Il tratto della SP 147 interessata dall'intervento in progetto, decorre esclusivamente nell'Intervallo superiore della *formazione di Albidona di età Eocene inferiore-medio*.

I principali litotipi affioranti nell'intorno dell'area interessata dal tracciato stradale, consistono in un complesso lapideo diversificato (alternanza di argille e argilliti, calcari marnosi e marne calcaree, arenarie e rare brecciole gradate), sormontato da depositi silico-clastici di copertura, a composizione variabile da conglomeratico-limosi per i detriti di versante e/o di frana, a limo-sabbiosi per i depositi eluvio-colluviali.

Il litotipo predominante è sicuramente rappresentato da argille e argille siltose grigie e giallastre, talora debolmente sabbiose, all'interno delle quali sono frequenti strati e megastrati di calcari marnosi grigio-giallastri, marne calcaree grigio-verdi, molto alterate e fratturate ed arenarie e calcareniti grigie, spesso gradate (cfr. foto 1).

Nell'area di studio questo membro ha una grande estensione areale e potenze considerevoli, mentre i terreni più recenti presenti nell'area sono rappresentati da generici detriti di versante e/o di frana e depositi eluvio-colluviali.

Tali depositi, che presentano una permeabilità definibile medio-alta per porosità ed una scarsa resistenza all'erosione sono presenti lungo i versanti, in corrispondenza di rotture di pendenza, e nelle aree di testata di vaste zone d'impluvio, dove ne è favorito l'accumulo.

I detriti di versante e/o di frana sono costituiti da ammassi caotici di clasti eterometrici a spigoli vivi, di rocce prevalentemente calcareo-arenitiche, immersi in abbondante matrice limo-argillosa, si presentano debolmente addensati, con alta permeabilità e scarsa resistenza all'erosione, dalle scadenti proprietà geotecniche.

I depositi eluvio-colluviali, sono costituiti esclusivamente da sabbie e sabbie limose derivanti dal disfacimento e dilavamento delle rocce della formazione arenitico-sabbiosa. Il discreto grado di addensamento e la permeabilità medio-alta denotano per tali depositi caratteristiche geotecniche mediocri.

Generalmente i terreni soprascritti sono ricoperti da modesti spessori, poco più di 1 m, di copertura pedologica (suoli a tessitura limo-sabbiosa bruno-marrone).

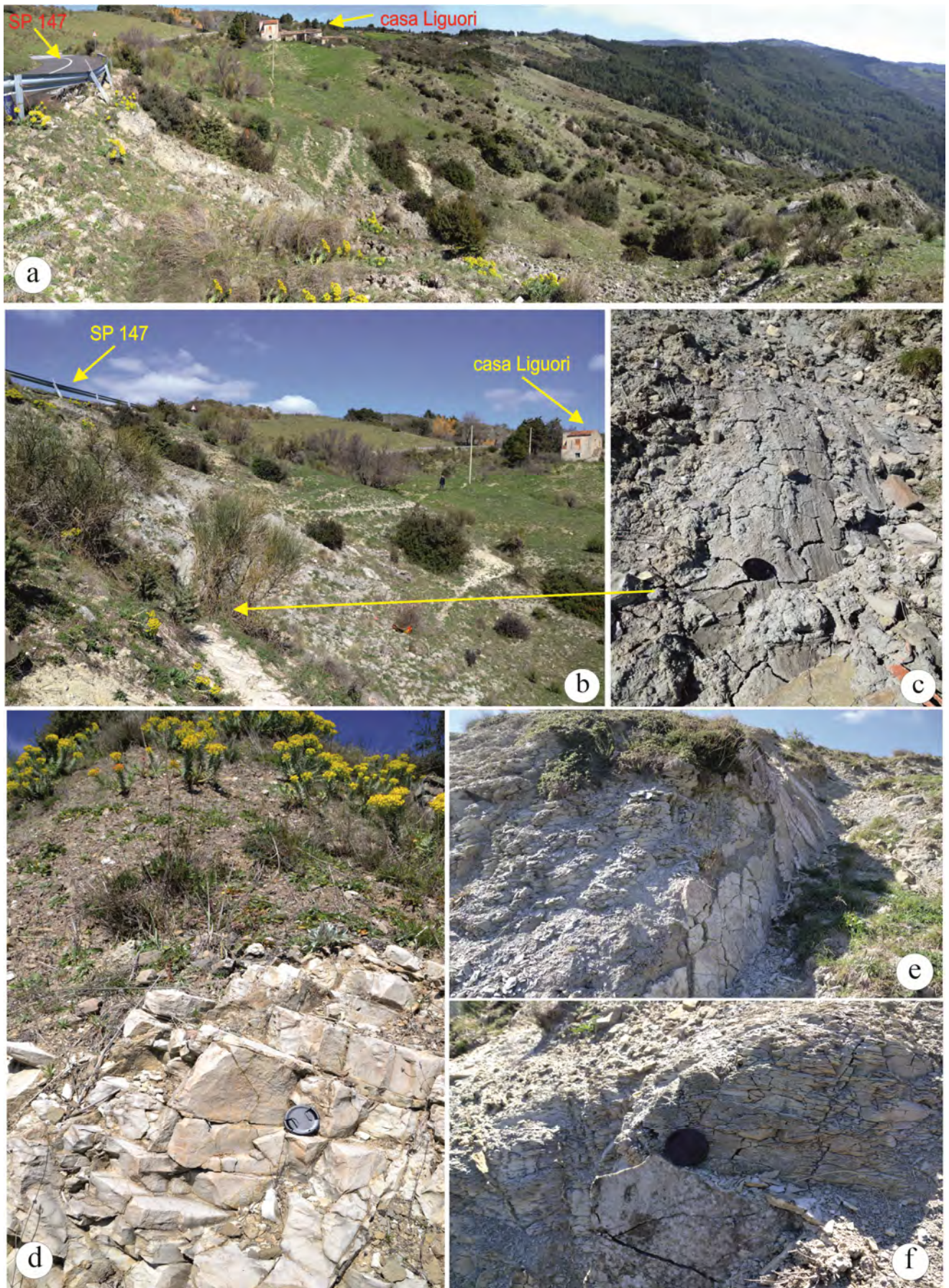


Foto 1 - a) Morfologia del versante interessato dal vasto movimento franoso su cui decorre il tratto della SP 147; b) particolare della *frana 3* che interessa la curva di qt. 610 m s.l.m.; c) particolare del piano di scivolamento della *frana 3* che si sviluppa nelle argille grigie; d) megarastro di calcari marnosi intercalato nelle argille grigie poco a valle della SP; e) piano di faglia nelle marne calcaree, che potrebbe condizionare e “veicolare” il movimento gravitativo; f) particolare delle marne calcaree interessate da un fitto clivaggio di fratturazione.

3.3. ASPETTI IDROGEOLOGICI

Come detto in precedenza, il crinale, lungo il quale decorre il tratto della SP 147 costituisce la porzione del più vasto spartiacque naturale ad andamento SO-NE tra due bacini idrografici laterali, uno meridionale, nel quale l'incisione del F. Ferro costituisce il maggiore collettore di acque superficiali, ed uno settentrionale nel quale l'asta fluviale del T.te Canna ha la stessa valenza del collettore meridionale.

Più in particolare, il tratto di stretto interesse delimita la zona di testata di due bacini idrografici minori, dove traggono origine le aste fluviali di rango inferiore affluenti dei due corsi d'acqua principali; in questi l'idrografia è ben sviluppata secondo un reticolo denso e gerarchizzato di tipo dendritico ad andamento "centripeto".

Considerato il contesto geomorfologico precedentemente descritto, le acque piovane che naturalmente riescono ad affluire sulla superficie interessata sono sia quelle che vi precipitano direttamente, sia quelle provenienti dalle porzioni di versante poste a monte della SP 147. Quest'ultime in occasione di forti eventi meteorici, se non opportunamente regimate, hanno la possibilità di raccogliersi in quantità tali da produrre fenomeni di erosione accelerata o di dilavamento degni di rilievo, defluendo verso le linee d'impluvio laterali, che delimitano l'area in dissesto.

Dal punto di vista idrogeologico, la *Formazione di Albidona* ha, nel suo complesso, data la prevalente componente argillosa, una permeabilità bassa, che aumenta localmente in funzione della presenza e frequenza delle intercalazioni più permeabili, quali quelle arenitiche e calcaree che, unitamente alla fitta presenza di fratture, fungono da vie preferenziali per le infiltrazioni d'acqua.

I depositi detritici (siano essi di frana o eluvio-colluviali), che sormontano il complesso torbiditico, rappresentano un terreno altamente permeabile e disgregabile per infiltrazione, con valori di permeabilità elevata ($k > 10$ cm/sec) ed alta porosità ($n > 15\%$), ma con variazioni verticali di permeabilità dovute alla presenza di più letti coesivi rappresentati dai livelli argillosi.

Pertanto questi possono essere considerati sede di falde acquifere, più o meno consistenti in funzione dello spessore ed estensione areale degli stessi depositi e delle caratteristiche dei terreni di confinamento.

In tale contesto, dove si assiste alla sovrapposizione del complesso detritico sulle rocce del complesso torbiditico, ossia alla sovrapposizione di terreni più permeabili su terreni meno permeabili, si determina l'instaurarsi, nelle porzioni superficiali del rilievo, di limitati accumuli idrici, localizzati nei detriti e tamponati alla base dal complesso torbiditico più integro.

Tali accumuli idrici, spesso a carattere di falda, con escursioni e manifestazioni sorgentizie direttamente condizionate dalle precipitazioni stagionali, hanno la caratteristica di restituire rapidamente a giorno le acque accumulate. Ciò avviene mediante piccole sorgenti, per lo più stagionali, laddove la morfologia (versanti ripidi e impluvi fortemente incisi) riduce lo spessore della

coltre detritica e porta in affioramento le zone di passaggio tra la stessa e porzioni più integre del complesso torbiditico.

Tuttavia, anche se tale complesso costituisce il tampone inferiore per le falde superficiali, nell'insieme presenta una modesta circolazione sotterranea, condizionata dalle discontinuità strutturali dell'ammasso roccioso (stratificazione e fratturazione).

Pertanto, si verificano: accumuli d'acqua a carattere stagionale, con rapido deflusso, nelle coltri detritiche; ed accumuli d'acqua perenni nel complesso torbiditico, con deflusso molto lento.

Tutto ciò porta ad affermare che per le porzioni medio-alte del versante la falda acquifera superficiale, si localizza nei detriti di frana e nella porzione più fratturata del complesso torbiditico, ad una profondità generalmente individuabile tra i 5 -20 m dal p.c., e scorre al contatto con la parte relativamente più integra del complesso argilloso-calcareo-arenitico, quindi con decorso parallelo alla superficie topografica, ed emersioni sorgentizie nelle porzioni medio-basse dello stesso versante.

Limitate falde profonde e/o falde sospese possono instaurarsi nel complesso torbiditico, in funzione dell'andamento ed estensione delle intercalazioni più permeabili.

Nel dettaglio, per la porzione di versante investigata, sono presenti due pozzi localizzati poco a monte della SP 147, indicati come **pozzo 1** e **pozzo 2** (cfr. tav. 4) nei quali è stata riscontrata presenza di acqua coincidente col piano campagna.

Considerato che i pozzi si sviluppano esclusivamente nel litotipo argilloso, allo stato attuale non è ben chiaro se si possa trattare di falda coincidente col p.c. o se i pozzi hanno la sola funzione di "serbatoio" per le acque piovane e superficiali.

Dati più accurati sulla circolazione delle acque sotterranee potranno essere ottenuti successivamente alla campagna geognostica, nella quale è stato previsto (sito 1) un sondaggio da strumentare con tubo piezometrico.

4. SISMICITÀ DELL'AREA

4.1. SISMICITÀ STORICA DELL'AREA

La valutazione del rischio sismico in una data area è molto importante per minimizzare i danni eventualmente prodotti da un possibile terremoto, mediante una razionale utilizzazione del territorio e il ricorso ad adeguate tecniche costruttive o di adeguamento che rendano le strutture in grado di reagire in modo ottimale alle intensità sismiche prevedibili per ogni ambito territoriale.

All'interno del territorio in esame si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di Intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali, attraverso procedure, il cui insieme costituisce la microzonazione sismica.

L'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio, ha dimostrato, come le azioni sismiche possono determinare, anche a distanze di poche decine di metri, effetti differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie ecc.).

In realtà non è possibile fare una valutazione quantitativa precisa della pericolosità sismica, a causa della complessità dei numerosi fattori che concorrono a definirla. E' tuttavia possibile prevedere, con un alto grado di probabilità, quale sarà l'Intensità massima della scossa più forte che può verificarsi in un determinato territorio alla luce dei dati storici a disposizione e degli studi geodinamici.

Questo obiettivo è raggiunto attraverso passi progressivi, quali:

- identificazione delle aree potenzialmente in grado di dare origini ai terremoti (aree sismogenetiche), obiettivo in genere raggiungibile utilizzando sia i dati della sismicità storica, sia ricerche di geologia strutturale e neotettonica.

- determinazione del periodo intercorrente tra eventi sismici, che hanno prodotto effetti della stessa intensità, sullo stesso territorio (periodo di ritorno).

Al fine di risalire ad un modello teorico di evoluzione dinamica in una determinata area è, inizialmente, indispensabile conoscere e definire la **zona sismogenetica**.

Essa è un'area caratterizzata dalla presenza di faglie attive in grado cioè di provocare terremoti. Sono state così individuate delle fasce di territorio nelle quali è concreta la possibilità che si verifichi un terremoto di elevata intensità (Fig. 4 - Stralcio della

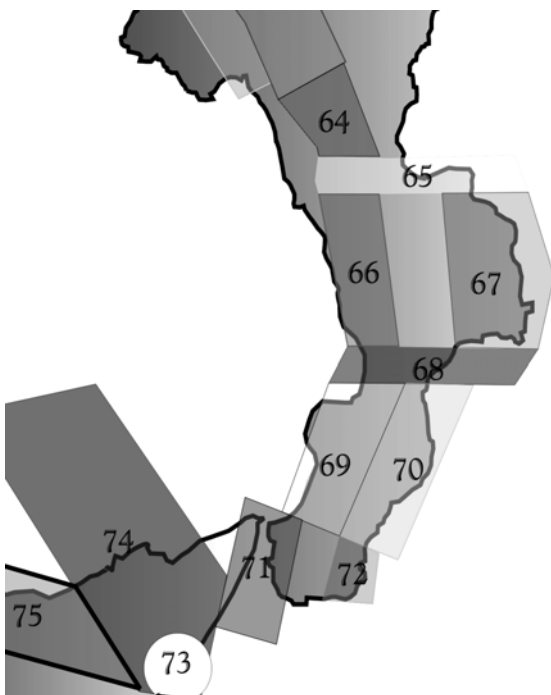


Fig. 4 – Stralcio della “Carta della Zonazione Sismogenetica dell'Italia meridionale”

Carta della Zonazione Sismogenetica dell'Italia Meridionale ZS4 1996).

La mappa è stata successivamente elaborata e si è pervenuti alla nuova carta di zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9" (Fig. 5 – da Scandone *et al.* 1996-2000).

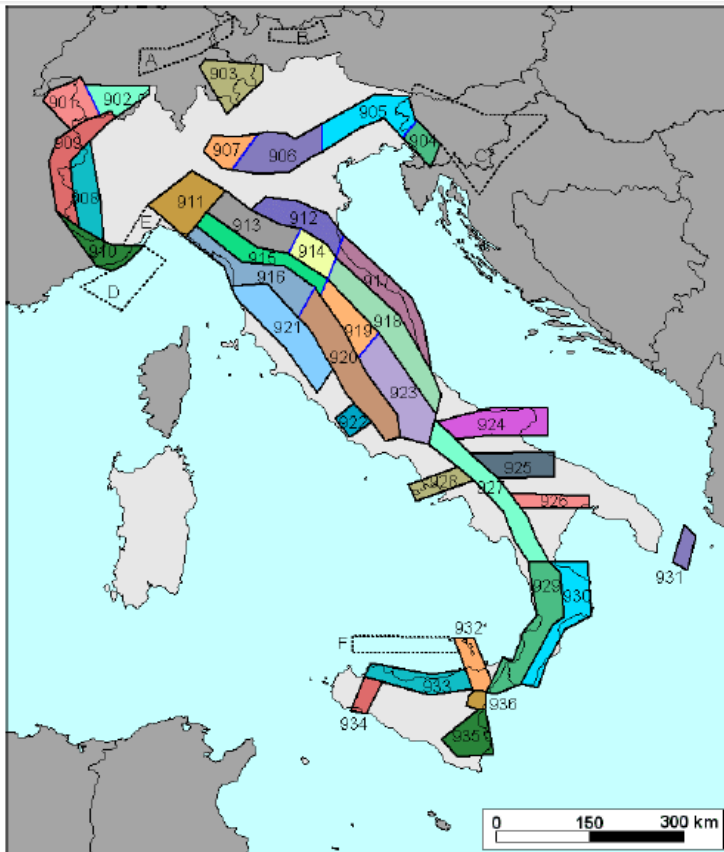


Fig. 5 - Zonazione Sismogenetica ZS9 (INGV)

Generalmente la sismicità dell'intero territorio calabrese è associata a strutture sismogenetiche costituite da un sistema di faglie normali e trascorrenti che si riassumono in tre sistemi principali: NS, NW-SE e NE-SW, meno rappresentato, ma non di minore importanza, appare il sistema "tirrenico" (EW).

Anche dalla visione della figura 6 si evince come il territorio comunale di Oriolo **non ricade in zone sismogenetiche**, ovvero in aree interessate da **strutture tettoniche attive**.

In base alla **ZS9**, il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

Da tale ultimo elaborato si evince che il territorio di Oriolo non ricade in nessuna delle zone sismogenetiche individuate. Tuttavia lo stesso risente degli effetti dovuti alla **zona 927** nella quale ricade la Catena del Pollino.



Fig. 6 - Carta delle faglie attive della Calabria (Da "Stato delle conoscenze delle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie". F. Galatini *et al.* 2000)

4.2. SISMICITÀ STORICA DI ORIOLO

La fase successiva consiste nel quantificare l'attività sismica della sorgente. Tale quantificazione può essere effettuata attraverso diversi metodi: osservazione dei forti terremoti avvenuti in tale area nel passato; studio analitico delle repliche dei terremoti (*aftershocks*); registrazione ed elaborazione della microsismicità della zona.

Il punto di partenza per la valutazione della pericolosità sismica è costituito pertanto da una ricognizione dei dati sulla sismicità storica dell'area di studio. A tal proposito, per il territorio comunale di Montegiordano, sono stati consultati il Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 edito dall'Istituto nazionale di Geofisica, il Catalogo del Progetto Finalizzato Geodinamica (Postpishil, 1985), nonché il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2014 CPTI15, e il Database Macrosismico Italiano DBMI 2015 - INGV.

Le fonti storiche sui danni provocati dagli eventi sismici presi in considerazione, sono riepilogati nella tabelle 1 e 2, dove sono riportati: le date degli eventi, l'Intensità epicentrale e l'Intensità attribuita al sito, nonché una breve descrizione dei danni subiti.

Da tali elaborati si evince come il territorio comunale di Oriolo è stato superato in una sola occasione il V grado della scala MCS, evento dell'otto Settembre 1694 (Mw 6.7).

Nella figura 7 sono riportati gli epicentri dei terremoti con Magnitudo pari o superiore a 5 verificatesi tra l'anno 0 ed il 2004, (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 CPTI04), accanto al quadrato, che è proporzionale alla magnitudo, è indicato l'anno in cui è avvenuto il terremoto.

Dalla figura si evidenzia che nelle vicinanze del territorio in esame non ricadono epicentri di terremoti; quelli relativamente vicini sono localizzati nella porzione settentrionale della Regione (area della Catena del Pollino).

In figura 8 sono invece rappresentati gli epicentri dei terremoti recenti, registrati dalla Rete Sismica Nazionale tra il 2003 ed il 2006; il simbolo è proporzionale alla Magnitudo dell'evento, mentre i colori indicano le profondità degli epicentri.

La figura mostra una sismicità piuttosto diffusa su tutta l'area rappresentata, ma nel territorio preso in esame non ricadono sorgenti sismiche.

Dalle profondità ipocentrali dei maggiori sismi registrati in Calabria risulta, che quasi la totalità di questi è di tipo superficiale; sono, infatti, localizzati in un intervallo sismogenetico compreso tra 5 e 18 km di profondità. Per quanto concerne i periodi di ritorno, per terremoti crostali con intensità $I > 9$ in MCS, per la Calabria settentrionale risultano tempi di circa 90 anni.

Comune di Oriolo**Tab. 3.**

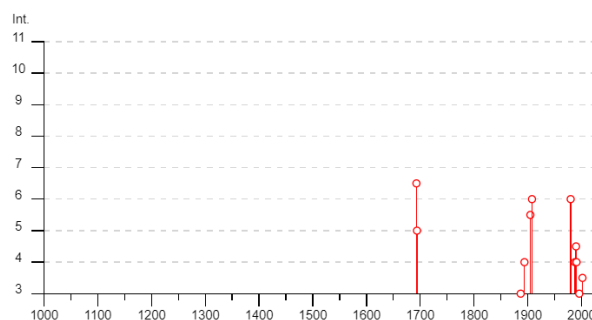
NOTIZIE SUGLI EFFETTI DEI TERREMOTI STORICI

Data evento	I ₀	I _s	Zona interessata	Breve descrizione del danno al sito
08.09.1694	10.5	IV	Irpinia - Basilicata	Il terremoto fu avvertito; non si registrarono danni persone o cose
03.12.1887	8.0	III	Calabria Sett.le	Pochissime persone avvertirono la scossa
08.09.1905	10.0	V	Calabria	Il terremoto fu valutato da Rizzo di intensità pari al V grado della scala Mercalli. Non si hanno altre informazioni
28.12.1908	11.0	VI	Calabria Mer.le (Messinese)	Il terremoto fu abbastanza forte e causò lesioni a pochi edifici.
23.11.1980	10	VI	Irpinia	Una recente revisione scientifica attribuisce un valore d'intensità pari al VI grado MSK.

NOTA

I₀ = Intensità Epicentrale (MCS)I_s = Intensità al Sito (MCS)**Oriolo**

PlaceID IT_64171
 Coordinate (lat, lon) 40.052, 16.447
 Comune (ISTAT 2015) Oriolo
 Provincia Cosenza
 Regione Calabria
 Numero di eventi riportati 14



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	I ₀	M _w
6-7	1693	01	08				Pollino	16	7	5.27
5	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
3	1887	12	03	03	45		Calabria settentrionale	142	8	5.55
4	1894	05	28	20	15		Pollino	122	7	5.01
5-6	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
6	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
2	1978	09	24	08	07	4	Materano	121	6	4.75
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1988	04	13	21	28	2	Golfo di Taranto	272	6-7	4.86
4-5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
3-4	2002	04	17	06	42	5	Costa calabra settentrionale	66		4.84
NF	2006	04	17	02	44	0	Costa calabra settentrionale	135	4-5	4.76

Tabella 2 – Elenco dei principali sismi avvenuti in epoca storica nel territorio comunale di Oriolo. Tratta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 4.0 CPT115, e dal Database Macrosismico Italiano DBMI 2015 - INGV

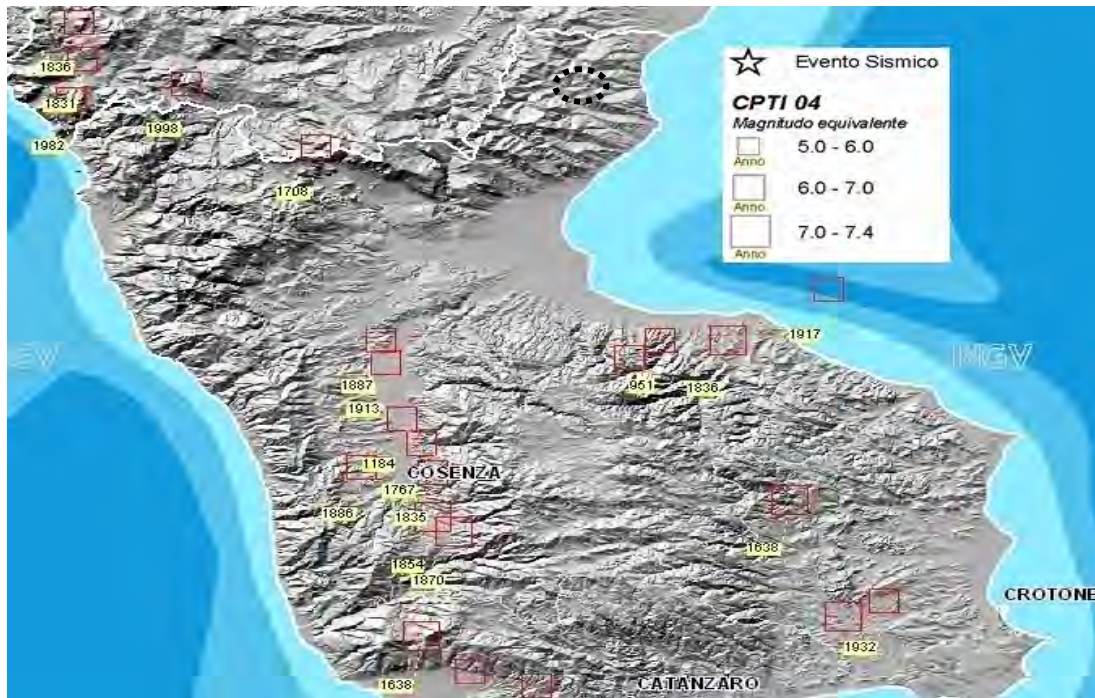


Fig. 7 - Sismicità storica della Calabria. La grandezza del quadrato è proporzionale all'Intensità. L'ovale in tratteggio evidenzia l'area oggetto di studio. (fonti tratte dal Catalogo INGV – CPTI04)

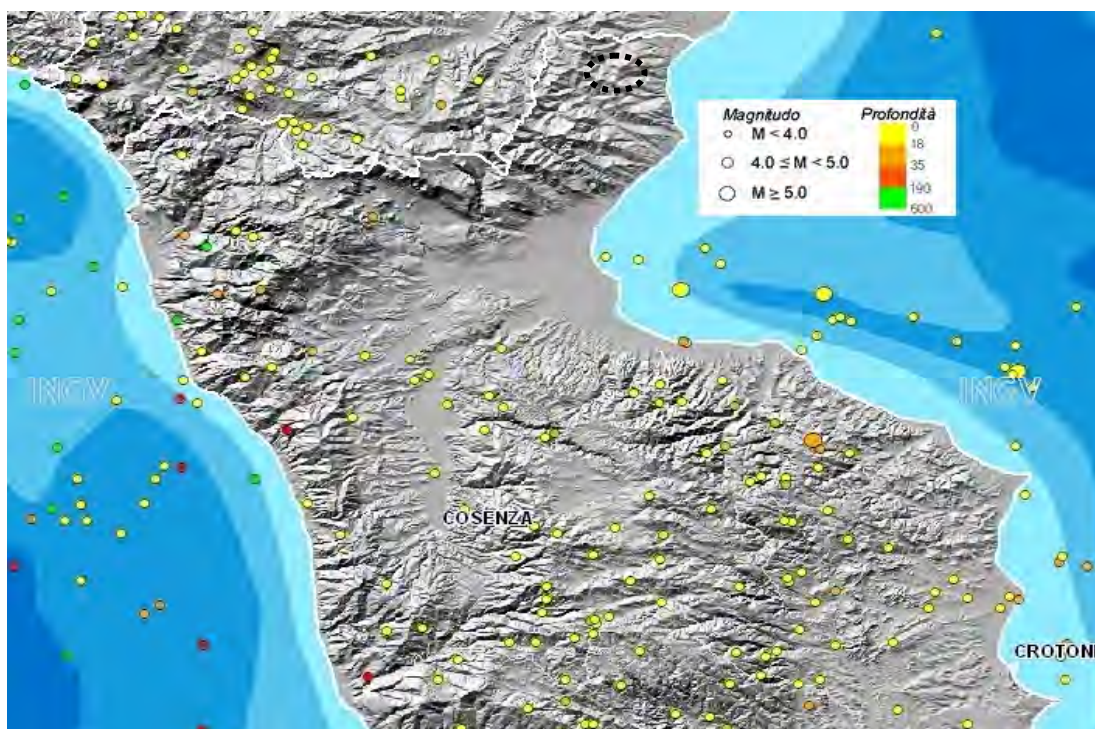


Fig. 8 - Sismicità recente (fonti INGV). L'ovale in tratteggio evidenzia l'area oggetto di studio.

4.3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche sulle Costruzioni (D.M. 17.01.2018), occorre definire le azioni sismiche di progetto, al fine di valutare il rispetto dei vari stati limite considerati per le strutture da realizzare.

Pertanto è stato introdotto quale elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche la “**pericolosità sismica di base**”, definita in termini di accelerazione orizzontale massima **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

La risposta sismica locale è determinata dalla combinazione della sismicità di base del territorio con le caratteristiche stratigrafiche e topografiche di un dato sito.

In base alle NTC 2018, per la valutazione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo. Ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione deve essere effettuata sulla base dei valori di velocità equivalente $V_{s_{eq}}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

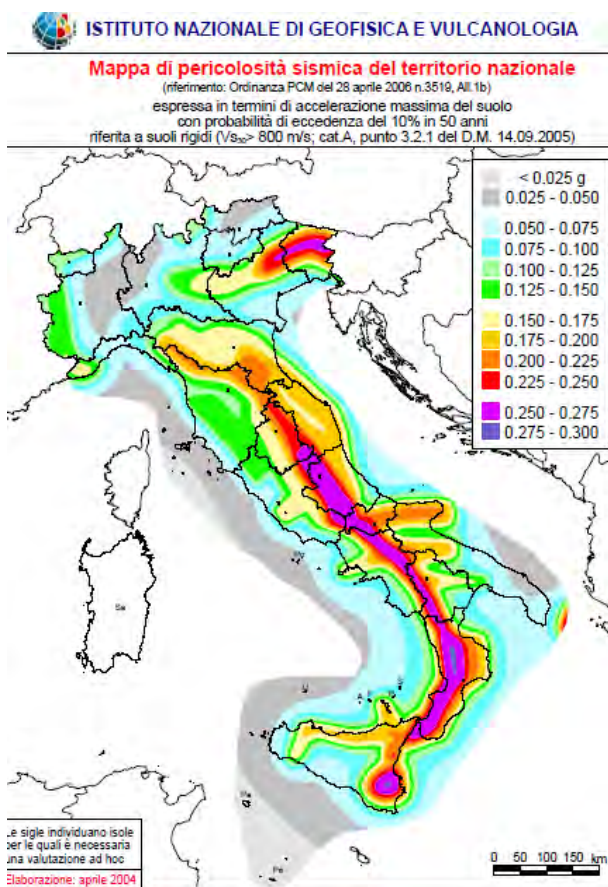


Fig. 9 - Mappa di pericolosità sismica d'Italia

stata elaborata la nuova mappa di pericolosità sismica del territorio italiano (fig. 9).

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un certo sito su base probabilistica. Più precisamente è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto sismico al suolo (ad esempio l'accelerazione massima), o da un grado di intensità macrosismica, venga superato in un sito dato (o in un insieme di siti) entro un dato periodo di tempo. La pericolosità sismica può essere pertanto rappresentata attraverso due indicatori:

- l'accelerazione orizzontale massima del terreno a_g ,
- l'intensità macrosismica.

Per quanto attiene la definizione della pericolosità sismica attraverso l'accelerazione orizzontale massima del terreno **ag**, nel 2004 è

In particolare la mappa definisce localmente i livelli di accelerazione massima su suolo roccioso (suolo di categoria A, $V_{s30} > 800$ m/s) con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni, ovvero un periodo di ritorno pari a 475 anni. La stessa mappa è stata elaborata basandosi sulla nuova carta di zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9".

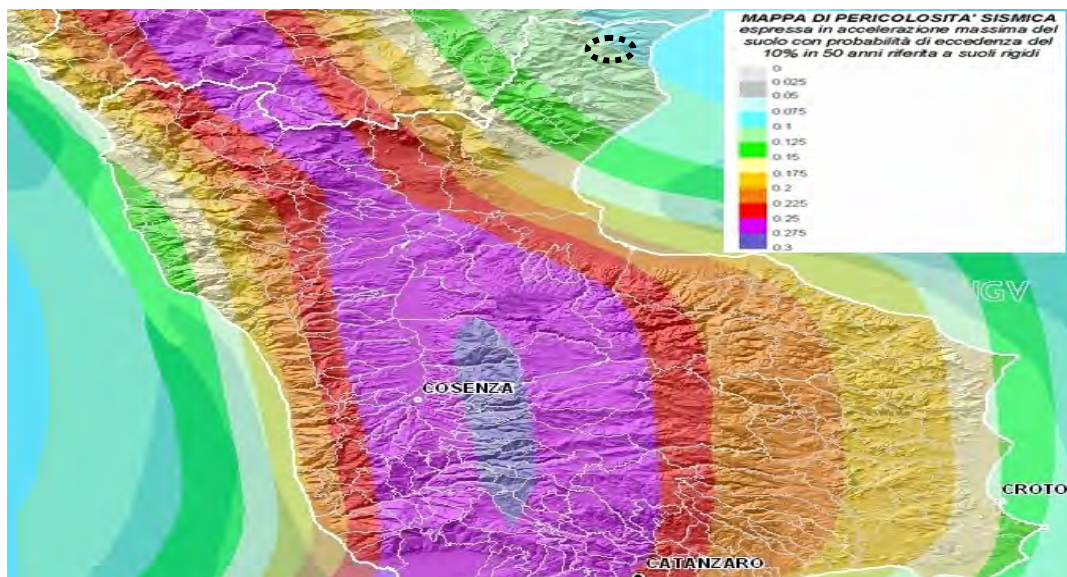


Fig. 10 - Carta della Pericolosità Sismica (fonti INGV). L'ovale in tratteggio evidenzia l'area oggetto di studio.

Nella figura 10 viene espressa l'accelerazione orizzontale massima del suolo che può verificarsi con una probabilità del 10% in un periodo di 50 anni, dalla quale si evince che il valore massimo di accelerazione che può verificarsi nel territorio preso in esame è compreso tra 0.1 e 0.125 g.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche indagini geognostiche, in assenza di esse, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III - NTC).

Attraverso la **Nuova Classificazione Sismica** (Ord. N° 3274 del 20.03.03 e s.i.m.), il territorio comunale in esame è attribuito alla **Zona 2**, alla quale corrisponde un'accelerazione orizzontale **ag/g = 0,25**.

Nella tabella 3, sulla base di alcuni parametri, e di quanto disposto dalla legge n° 64/1974 e dalla legge 449/1997, è stato ottenuto il valore della massima intensità sismica attesa nel territorio di studio, nonché il valore dell'*indice di rischio* riferito al territorio comunale.

Comune di ORIOLO	Grado di sismicità (MCS)= 9
	Coefficiente d'intensità sismica C = 0,07
	Indice di Rischio ("R")= 0,0472
	Intensità massima osservata = 7°
	Accelerazione orizzontale ag/g = 0,25

Tab. 3 - Classificazione sismica del comune di Oriolo

4.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEI SITI D'INTERESSE PROGETTUALE

Gli interventi di bonifica e consolidamento della SP 147 ricadono nella **classe d'uso III**, considerate le vicinanze dei due siti, lo studio è stato condotto solo per il **sito 1**, individuate le coordinate geografiche del sito ed i parametri geologici-geotecnici, si è provveduto a calcolare gli spettri di risposta secondo le **NTC 2018**, e gli spettri di risposta dall'analisi sismica locale.

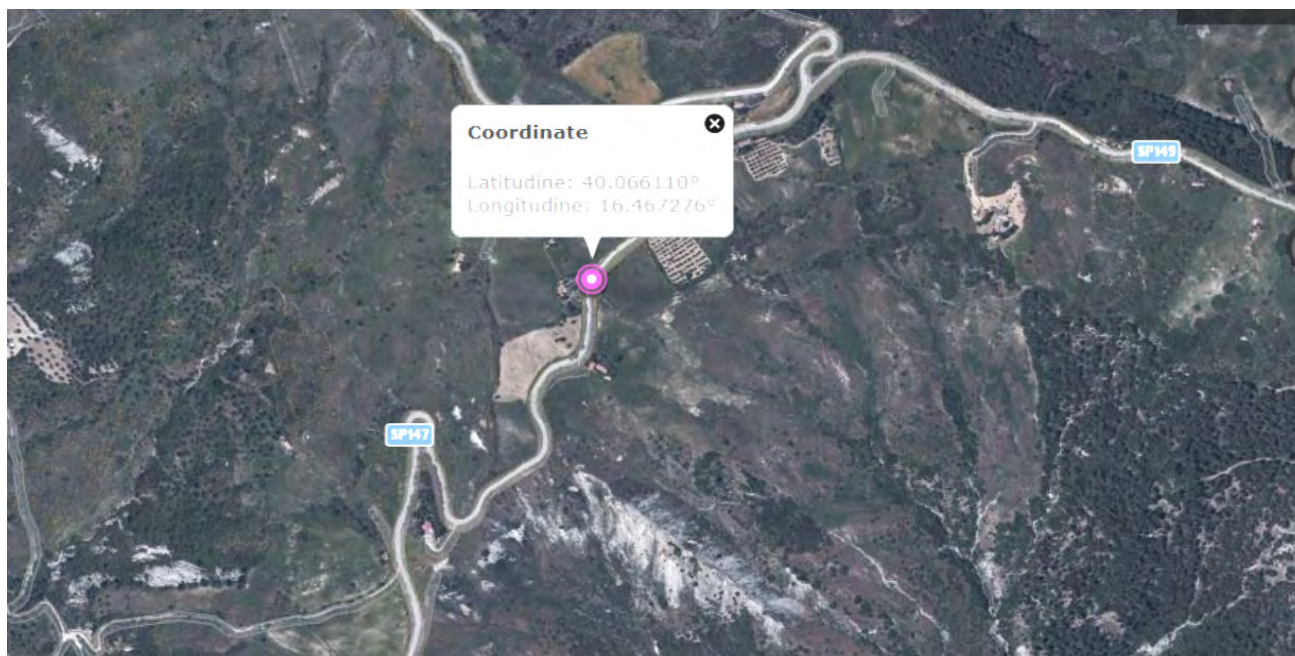


Fig. 11 – Localizzazione sito d'interesse progettuale.

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC18, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC18 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC18 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC18:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

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

$T C^*$ = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1, F_o e $T C^*$ i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 e s.m.e i. scartino al

minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri sono forniti nella seguente tabella, contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (figura 4.2), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	T _R = 30			T _R = 50			T _R = 72			T _R = 101		
			a _g	F ₀	T* _c	a _g	F ₀	T* _c	a _g	F ₀	T* _c	a _g	F ₀	T* _c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: III
 Coefficiente d'uso (Cu): 1.5
 Periodo di riferimento (Vr): 75 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 45 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 75 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 712 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1462 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 40,0661087 [°]
 Longitudine (WGS84): 16,4672756 [°]
 Latitudine (ED50): 40,0671082 [°]
 Longitudine (ED50): 16,4680882 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	36564	40,046380	16,427990	4118,30
2	36565	40,044640	16,493210	3288,45

3	36343	40,094620	16,495520	3847,63
4	36342	40,096360	16,430250	4576,28

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,039	2,447	0,282
	45	0,046	2,435	0,314
	50	0,049	2,431	0,322
SLD	72	0,056	2,503	0,341
	75	0,057	2,506	0,343
	101	0,064	2,524	0,362
SLV	140	0,074	2,520	0,378
	201	0,085	2,514	0,412
	475	0,117	2,537	0,449
SLC	712	0,134	2,570	0,460
	975	0,149	2,596	0,469
	1462	0,167	2,640	0,490
	2475	0,195	2,698	0,520

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,037	2,431	0,282
	45	0,044	2,431	0,313
	50	0,046	2,431	0,321
SLD	72	0,054	2,483	0,346
	75	0,055	2,490	0,349
	101	0,061	2,540	0,366
SLV	140	0,070	2,518	0,381
	201	0,080	2,531	0,417
	475	0,109	2,565	0,453
SLC	712	0,124	2,590	0,481
	975	0,136	2,610	0,503
	1462	0,152	2,666	0,514
	2475	0,176	2,740	0,528

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,036	2,429	0,281
	45	0,043	2,443	0,313
	50	0,045	2,447	0,321
SLD	72	0,052	2,483	0,348
	75	0,053	2,491	0,350
	101	0,059	2,549	0,366
SLV	140	0,067	2,534	0,381
	201	0,077	2,536	0,418
	475	0,103	2,589	0,454
SLC	712	0,117	2,615	0,483
	975	0,129	2,635	0,507
	1462	0,144	2,688	0,518
	2475	0,165	2,760	0,533

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,038	2,440	0,282
SLO	45	0,045	2,436	0,313
	50	0,047	2,435	0,322
	72	0,054	2,498	0,343
SLD	75	0,055	2,503	0,345
	101	0,062	2,547	0,363
	140	0,071	2,529	0,378
	201	0,081	2,536	0,413
	475	0,111	2,555	0,450
SLV	712	0,127	2,591	0,461
	975	0,140	2,620	0,470
SLC	1462	0,157	2,663	0,493
	2475	0,182	2,720	0,525

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,045	2,436	0,313
SLD	75	0,055	2,497	0,347
SLV	712	0,125	2,592	0,472
SLC	1462	0,155	2,665	0,505

4.4.1. Pericolosità Sismica di Sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A).

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

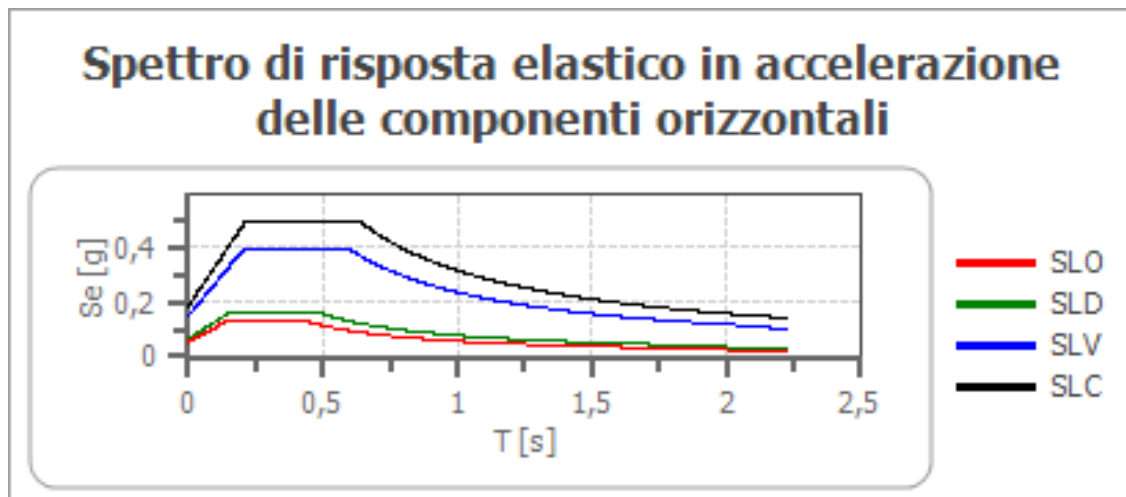
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

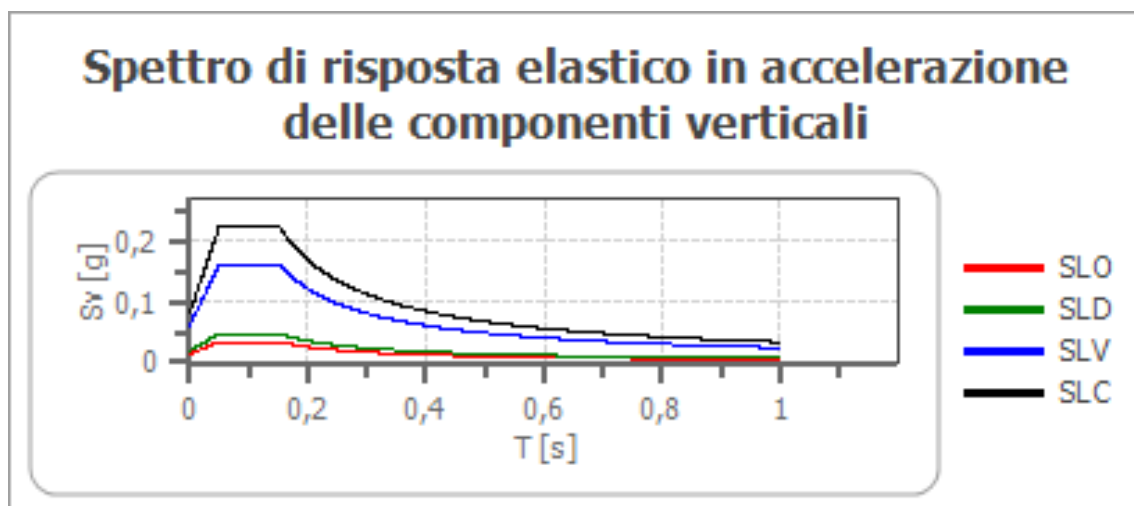
Categoria topografica: T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,031	0,057	--
kv	--	0,015	0,029	--
amax [m/s ²]	0,525	0,646	1,473	1,821
Beta	--	0,470	0,380	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	H [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,045	2,436	0,313	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,145	0,435	1,779	0,054	0,131
SLD	1,5	0,055	2,497	0,347	1,200	1,360	1,000	1,200	1,000	0,157	0,472	1,820	0,066	0,165
SLV	1,5	0,125	2,592	0,472	1,200	1,280	1,000	1,200	1,000	0,201	0,604	2,101	0,150	0,389
SLC	1,5	0,155	2,665	0,505	1,200	1,260	1,000	1,200	1,000	0,212	0,636	2,219	0,186	0,495

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticaliCoefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,045	2,436	0,313	1	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,031
SLD	1,5	0,055	2,497	0,347	1	1,360	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,017	0,043
SLV	1,5	0,125	2,592	0,472	1	1,280	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,060	0,155
SLC	1,5	0,155	2,665	0,505	1	1,260	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,082	0,219

Spettro di progetto

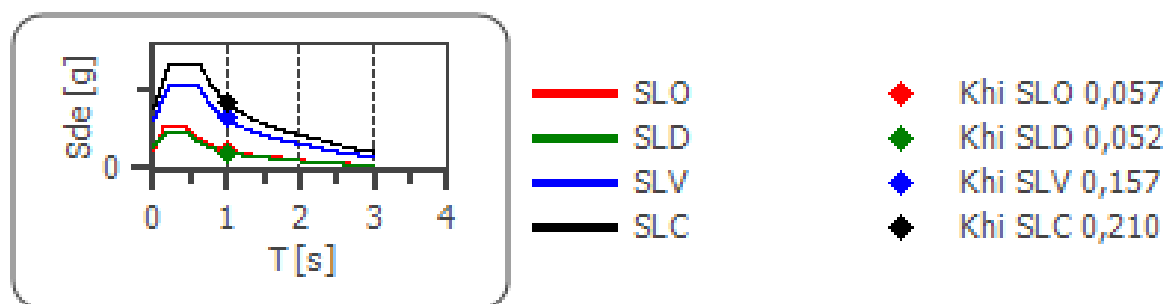
Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q : 1,50

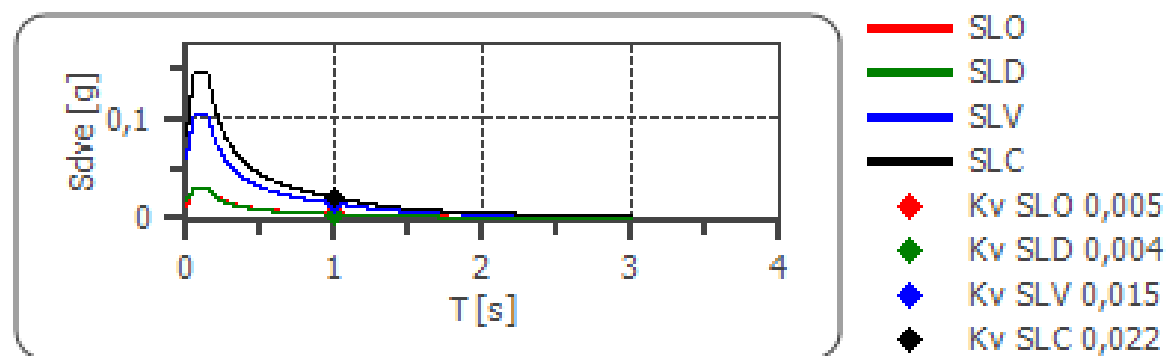
Periodo fondamentale T : 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0,057	0,052	0,157	0,210
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0,005	0,004	0,015	0,022

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizz.	1,5	0,045	2,436	0,313	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,145	0,435	1,779	0,054	0,131
SLO vertic	1,5	0,045	2,436	0,313	1,200	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,031
SLD orizz.	1,5	0,055	2,497	0,347	1,200	1,360	1,000	1,200	1,500	0,157	0,472	1,820	0,066	0,110
SLD vertic	1,5	0,055	2,497	0,347	1,200	1,360	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,017	0,029
SLV orizz.	1,5	0,125	2,592	0,472	1,200	1,280	1,000	1,200	1,500	0,201	0,604	2,101	0,150	0,260
SLV vertic	1,5	0,125	2,592	0,472	1,200	1,280	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,060	0,103
SLC orizz.	1,5	0,155	2,665	0,505	1,200	1,260	1,000	1,200	1,500	0,212	0,636	2,219	0,186	0,330
SLC vertic	1,5	0,155	2,665	0,505	1,200	1,260	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,082	0,146

4.4.2. Categoria Suoli di Fondazione

Al fine di giungere alla determinazione del modello geologico di riferimento, quindi alla definizione dei parametri geotecnici dei terreni, da applicare in seguito nella relazione geotecnica sulle fondazioni, quindi alla definizione della categoria dei suoli di fondazione, per questa fase progettuale (fattibilità tecnico-economica) sono stati utilizzati i dati di una campagna d'indagini geognostiche effettuate sotto la direzione dello scrivente, sempre per conto dell'Ente Provincia, nel 2009 lungo la stessa SP 147, e su analoghi terreni, a circa 2.5 km di distanza dai siti di stretto interesse progettuale.

Dai risultati ottenuti è possibile attribuire i terreni di detti siti alla **Categoria B** del suoli di fondazione, in quanto caratterizzati da valori di V_{seq} inferiori a 800 m/s.

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 (V_{seq}) compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

4.4.3. Magnitudo attesa per l'area di studio

Per la valutazione dell'input sismico di progetto occorre estrarre gli accelerogrammi di input, l'estrazione di questi prevede la determinazione di altri parametri sismologici, oltre il valore di **ag**. In particolare, bisognerà conoscere per il sito in esame i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza), desumibili ad esempio dalla pagina del sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano <http://esse1-gis.mi.ingv.it> dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale.

Precisamente, entrati nel sito, sono stati inseriti le coordinate geografiche del luogo in esame e la probabilità di accadimento dell'evento sismico pari a 50 anni. Sono così calcolati i valori di magnitudo-distanza con relativa probabilità di accadimento (figura 12); i dati sono infine illustrati mediante grafico 3D (figura 13).

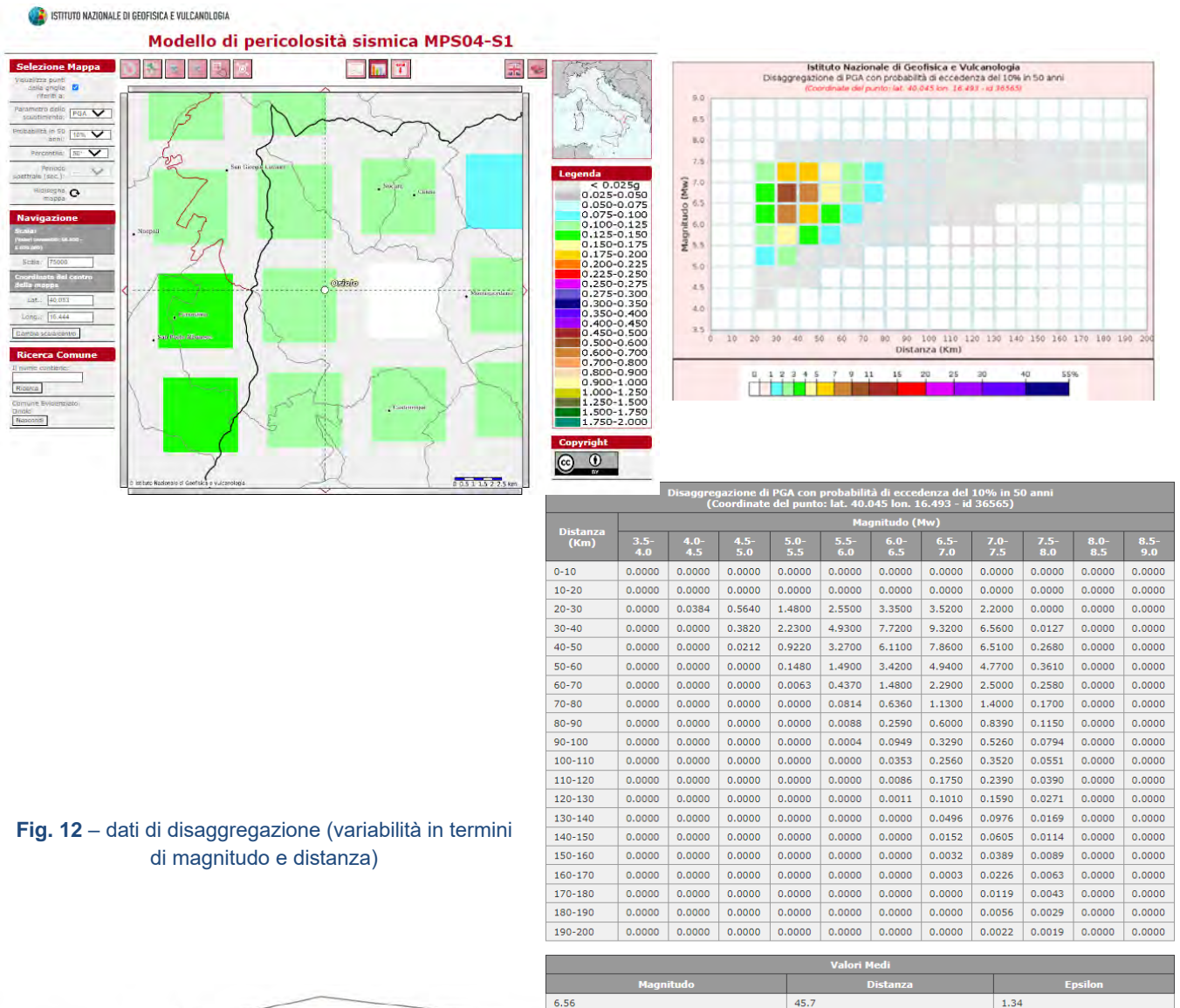


Fig. 12 – dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza)

Fig. 13 - Grafico dati (magnitudo e distanza, max e min)

Dal grafico si evince che in un raggio di 30-40 Km del sito in esame vi è la probabilità del 9.3% che in 50 anni si possa verificare un evento sismico di Magnitudo compresa tra i gradi 6.5 e 7.0.

5. ANALISI TECNICA DEI TERRENI

Considerato il carattere “*preliminare*” del presente studio di Fattibilità tecnico-economica, è stata condotta un’analisi qualitativa delle caratteristiche generali fisico-meccaniche dei corpi geologici interessati dal tratto della SP dissestato; si rimanda alle successive fasi progettuali la definizione dello spessore e geometrie dei vari corpi sedimentari, nonché la determinazione puntuale dei parametri geotecnici dei terreni interessati dalle opere di consolidamento e bonifica del versante in frana.

5.1. TERRENI GRANULARI COESIVI

Sono qui raggruppati i terreni costituenti la *Formazione di Albidona* argilloso-marnoso-arenitica; sebbene questi possono essere considerati come un complesso lapideo differenziato, vista la predominante componente argillosa, che inevitabilmente condiziona il comportamento geomeccanico dell’ammasso roccioso, ai fini di una caratterizzazione geotecnica tale litotipo dovrà essere investigato in dettaglio nella futura campagna geognostica.

Al momento si può affermare che litologicamente si tratta di sequenze di rocce tenere costituite da alternanze di argille, argille marnose e argille siltose, con intercalazioni di marne calcaree e arenarie.

Le percentuali dei vari termini sono molto variabili e vanno da una quasi totalità di argille e argille marnose, ad argille siltose con prevalenza di silts argillosi e sabbie argillose.

La consistenza delle argille può variare da quella delle argille sovraconsolidate a quella delle argille plastiche poco consistenti, anche se un ruolo fondamentale è giocato dalle discontinuità strutturali e litostratigrafiche presenti nell’ammasso, per cui le proprietà geotecniche possono variare da buone, in condizioni asciutte, a molto scadenti in presenza d’acqua.

Ad un’analisi di carattere tecnico, v’è da rimarcare che un ruolo fondamentale nella stabilità del versante è svolto sia dalla giacitura degli strati che dalla imbibizione d’acqua.

Pertanto, in particolari condizioni sfavorevoli (pendenza dei versanti ed eccezionali periodi di precipitazioni piovose), tale formazione dà luogo a movimenti gravitativi molto estesi e profondi (cfr. Tav. 3).

I materiali in affioramento, essendo costituiti in genere da una “matrice” argilloso-limosa plastica, commista a silts, tendono velocemente ad essere asportati sotto forma di colate di fango o modeste lame. Pertanto, può ritenersi un dato reale la possibilità di rinvenire, lungo i versanti costituiti dai suddetti litotipi, terreno in condizioni geomeccaniche buone al di sotto di una copertura spessa in media 3-4 m.

La formazione di argilloso-marnosa ha, nel suo complesso, una permeabilità bassa, che aumenta localmente in funzione della presenza e frequenza delle intercalazioni marnoso-calcaree e arenitiche, più permeabili per fratturazione, che costituiscono vie preferenziali per il deflusso idrico sotterraneo.

5.2. TERRENI GRANULARI INCOERENTI

Depositi eluvio-colluviali:

tali sedimenti sono costituiti prevalentemente da materiali a granulometria variabile da fine (limi) a grossolana, mediamente sabbiosa. L'estrema variabilità latero-verticale di tali litotipi, determina proprietà geotecniche puntualmente molto variabili. Queste sono comprese tra buone, laddove prevalgono i litotipi a granulometria più grossolana (ghiaie e sabbie) a scadenti nelle situazioni in cui sono frequenti le intercalazioni a granulometria sottile (limi).

Depositi di frana:

sono qui raggruppati tutti i depositi di frana sia attivi che quiescenti o stabilizzati. Tali depositi si presentano generalmente ad assetto caotico, con clasti dalle diverse dimensioni ed immersi in abbondante matrice limo-sabbiosa. Le proprietà geotecniche di questi depositi possono variare da mediocri, in condizioni asciutte, a molto scadenti in presenza d'acqua.

5.3. SINTESI DEI DATI GEOTECNICI RICAVATI DA ALTRA CAMPAGNA D'INDAGINI GEOGNOSTICHE

Lungo la SP 149, che si collega al bivio Oriolo-montegiordano alla SP 147 in passato (luglio 2009) è stata condotta una campagna d'indagini geognostiche, sempre per conto dell'Ente Provincia e sotto la direzione tecnica dello scrivente, relativa ad un progetto esecutivo di consolidamento della SP 149 al km 4+200, che investiga terreni del tutto analoghi a quelli presenti nei siti di stretto interesse progettuale.

Detta campagna è stata eseguita dalla Ditta GEOCONSOL S.r.l. di Cosenza, l'ubicazione delle indagini è riportata nell'allegata aerofotogrammetria (cfr fig. 14). La stessa è stata articolata complessivamente nell'esecuzione di:

- indagini dirette** - n° 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo;
- indagini indirette**:- n° 4 prove penetrometriche standard (S.P.T.); - n° 2 profili di sismica a rifrazione;
- prove di laboratorio**

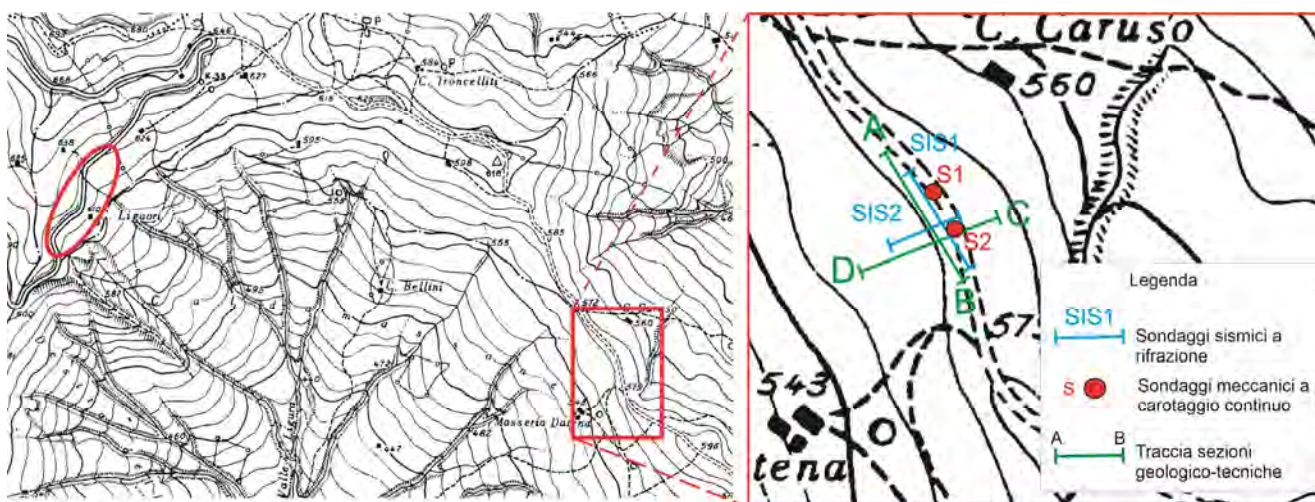


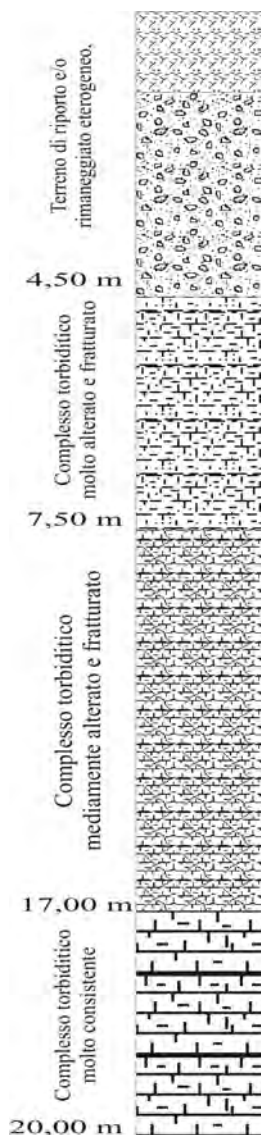
Fig. 14 – Il rettangolo in rosso indica l'ubicazioni delle Indagini geognostiche effettuate lungo la SP 147 nel luglio del 2009; l'ovale in rosso indica l'area oggetto di studio di fattibilità (su base cartografica del F. 212 III SO Sez D scala 1:10.000 della Carta Topografica d'Italia).

5.3.1. Sondaggi diretti

Le perforazioni effettuate restituiscono una situazione stratigrafica che rispecchia quanto precedentemente osservato nella fase di rilevamento geologico di superficie. La stratigrafia dei sondaggi, infatti, ha messo in evidenza, al di sotto della copertura detritica superficiale (materiale di riporto e detriti di frana), la presenza della sola formazione flyschoidale di Albidona (complesso torbiditico), molto fratturata ed alterata, per le porzioni più superficiali, nettamente più consistente per le porzioni profonde.

I sondaggi sono stati spinti rispettivamente fino a 7,50 (S1) m e 20,00 (S2) m dal p.c.; per ciascuna perforazione sono state effettuate sia prove S.P.T. (Standard Penetration Test), atte alla definizione dello stato di addensamento dei terreni per diverse profondità, che prelievi di campioni indisturbati, sottoposti successivamente a prove di laboratorio

In sintesi dall'esecuzione dei sondaggi è stato possibile rilevare la seguente situazione litostratigrafica, dall'alto verso il basso così fatta:



Terreno di riporto e/o rimaneggiato eterogeneo, prevalentemente grossolano, in matrice sabbiosa e subordinatamente limoso-argillosa, scarsamente addensato e ad assetto caotico. Il suo spessore varia tra i 2.5 m per il Sondaggio S1 e i 4.5 m per l'S2.

Alternanze di argille debolmente sabbiose, argilliti, calcari marnosi e marne calcaree molto alterate e fratturate. I livelli hanno spessore decimetrico, assenza di strutture. Colore variabile da marroncino chiaro a grigio (Complesso torbiditico molto alterato e fratturato). Il suo spessore varia tra i 3.0 m per l'S2 e i 5.0 m per l'S1.

Alternanze di livelletti decimetrici di argille debolmente sabbiose, argilliti e marne calcaree alterate e fratturate. Di colore grigio (Complesso torbiditico mediamente alterato e fratturato), per uno spessore di 9.5 m (S2).

Argille marnose ed arenarie con intercalazioni calcarenitiche. Colore grigio (Complesso torbiditico molto consistente), per la restante profondità investigata.

5.3.2. Sondaggi sismici a rifrazione

L'indagine geofisica è consistita nella realizzazione di n° 2 profili sismici a rifrazione, di lunghezza pari a 80 m SIS1 e circa 40 m SIS2 che hanno permesso di investigare i primi 25-30 metri di profondità.

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna fornisce un quadro abbastanza chiaro del sottosuolo dell'area di studio. In particolare, il sottosuolo indagato è riconducibile ad un modello a due strati significativi caratterizzati da diversi valori delle velocità sismiche (V_p e V_s) e pertanto da differenti condizioni fisico-meccaniche e proprietà elastiche complessive.

Di seguito sono descritti sinteticamente i risultati delle prove

Profili SIS1 – SIS2

Nei profili sono stati riconosciuti quattro orizzonti significativi (sismostrati) con differenti caratteristiche elasto-meccaniche. S'individua un orizzonte sismico superficiale, dove le velocità delle onde longitudinali (V_p) variano tra 300 m/sec e 800 m/sec, e possono essere associate alla coltre mobilizzata, frammista localmente a terreno di riporto. Nel modello di velocità SIS2 il sismostrato superficiale è stato suddiviso in due orizzonti sismici, poiché si è tenuto conto della presenza di lembi di gabbionate nel primo sismostrato.

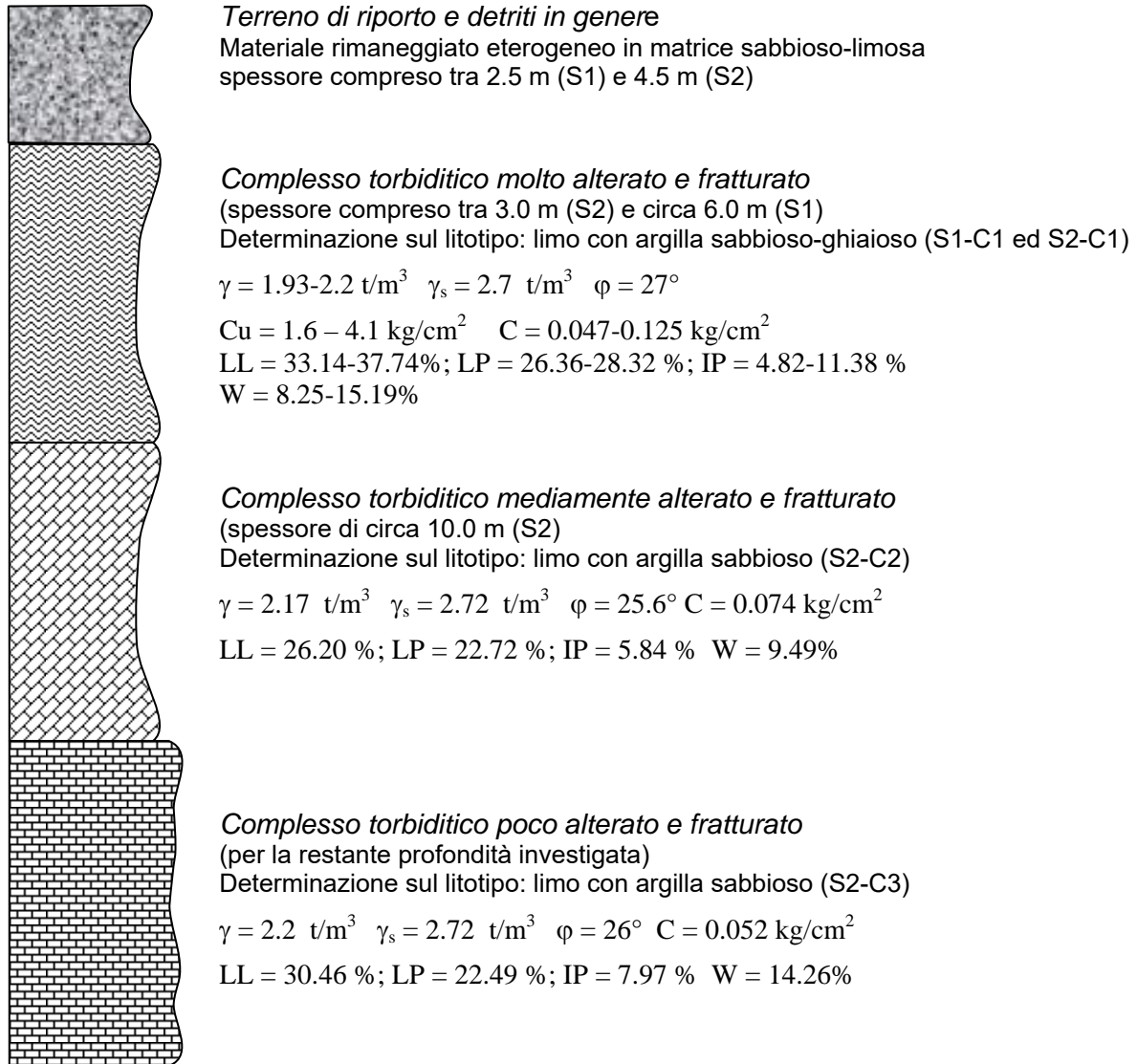
Sotto il livello mobilizzato si riscontra un aumento delle velocità delle onde di compressione (V_p) con la profondità; queste individuano almeno tre orizzonti caratterizzati da proprietà elasto-meccaniche che migliorano verso il basso, dove le V_p raggiungono valori anche superiori ai 3500 m/sec nella parte inferiore del modello di velocità SIS1.

Le velocità registrate sono associabili a depositi torbiditici pelitico-arenacei a vario grado di fratturazione, comunque ancora interessate da un certo grado di alterazione anche nel terzo orizzonte sismico.

5.3.3. Sintesi dei Parametri Stratigrafici e Geotecnici

Di seguito sono riassunti i parametri stratigrafici e geotecnici derivanti dalla campagna geognostica precedentemente illustrata ed eseguita per il sito localizzato al km 4+200 della SP 147 che, per analogie litologico-formazionali possono, almeno per questa fase progettuale, essere estesi ai terreni presenti per i siti 1 e 2 del presente lavoro.

Pertanto la stratigrafia geologico-tecnica del sito progettuale può essere così riassunta:



Indicando con :

C = coesione drenata, C_u = coesione non drenata, γ = peso di volume γ_s = peso di volume saturo,
 φ = angolo di attrito, LL = limite liquido, LP = limite Plastico, IP = indice di plasticità, W = contenuto d'acqua

5.4. CAMPAGNA GEOGNOSTICA DA REALIZZARE PER LE SUCCESSIVE FASI PROGETTUALI

Dai sopralluoghi effettuati, dalla consultazione delle cartografie tematiche disponibili per la zona di studio e le aree limitrofe, della bibliografia scientifica, nonché dai vari lavori, informazioni indirette sulla natura dei terreni che caratterizzano l'area di stretto interesse, si ritiene che, per meglio indirizzare le soluzioni progettuali in maniera ottimale, per le successive fasi progettuali (*definitiva ed esecutiva*) dell'intervento di consolidamento, occorre effettuare una mirata campagna d'indagini geognostiche, in appresso illustrata, la cui ubicazione è indicata nella Tavola 5, sono inoltre indicati i costi e le quantità nel relativo computo metrico (cfr. All. SG 1).

- indagini in sito di tipo diretto n° 2 sondaggi a carotaggio continuo, che dovranno essere strumentati con piezometri ed inclinometri;
- indagini geognostiche di tipo indiretto n° 2 *tomografie di sismica a rifrazione*, n° 2 sondaggi sismici tipo MASW e n° 2 *misura di sismica passiva HVSR*; n° 4 sondaggi penetrometrici DPSH.

Dette indagini oltre ad integrare i rilevamenti di superficie, avranno lo scopo di definire spessore dei materiali mobilitati dalle frane, quindi monitorare i movimenti degli stessi individuando le superfici di scivolamento e le oscillazioni del livello della falda acquifer. Pertanto dovranno caratterizzare geotecnicamente il **volume significativo** di terreno per l'intero versante (per come indicato nel prg. 3.2.2. delle NTC), al fine di definire il **modello geotecnico** del sottosuolo (punto 6.2.2. delle NTC e punto C 6.2.2. Linee Guida).

Il programma d'indagini in oggetto, prevede l'esecuzione delle seguenti indagini:

N° 2 sondaggi meccanici a rotazione con carotaggio continuo spinti mediamente alla profondità di 30 m dal p.c.; si prevede di eseguire, a differenti profondità, in corrispondenza dei principali litotipi riscontrati, n° 3 prove SPT (Standard Penetration Test), le quali, attraverso la comparazione con abachi di riferimento forniscono utili indicazioni sulle caratteristiche di resistenza meccanica (angolo di attrito, coesione ecc.). I perfori saranno strumentati uno con tubo piezometrico, per l'esatta misurazione del livello di falda, e l'altro con tubo inclinometrico al fine d'individuare la profondità della superficie di scivolamento.

N° 2 tomografie di sismica a rifrazione, di diverse lunghezze di stesa sismica e comunque per profondità investigative di 30-40 m, che permettano una correlazione con i sondaggi diretti e che consentano, al tempo stesso, una caratterizzazione elasto-dinamica dei vari orizzonti riscontrati nella perforazione, attraverso l'acquisizione delle onde sismiche longitudinali (Vp) e trasversali (Vs).

N° 2 sondaggi sismici tipo MASW- che permetta l'acquisizione delle onde trasversali nei primi 30 metri di profondità (V_{seq}), e quindi consentire l'attribuzione dei terreni in oggetto ad una delle categorie dei suoli di fondazione per come stabilito dalle recenti N.T.C. – DM 17.01.2018,.

N° 2 misure di sismica passiva HVSR (*horizontal to vertical spectral ratio*) – che permetta di valutare la frequenza caratteristica del sito, mediante l'acquisizione del rumore sismico.

N° 4 sondaggi penetrometrici pesanti (DPSH); che permettano una correlazione con i sondaggi a carotaggio continui e che consentano una caratterizzazione geotecnica puntuale e continua dei litotipi del primo sottosuolo.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

6.1. CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA STABILITÀ DELL'AREA

E' di seguito condotta un'analisi qualitativa sullo stato di equilibrio dell'area di studio, e sulla tipologia e cinematismo dei dissesti che pregiudicano la viabilità lungo la SP 147.

Alla luce dei risultati acquisiti attraverso il rilevamento geologico-strutturale e geomorfologico, si può affermare che l'ossatura geologica del versante su cui decorre l'arteria stradale è caratterizzata da terreni sedimentari riferibili al "Complesso Torbiditico" della *Formazione di Albidona* (Eocene inferiore-medio).

La Formazione è costituita da una fitta alternanza di argille debolmente sabbiose, argille marnose ed arenarie con intercalazioni calcarenitiche, argilliti, calcari marnosi e marne calcaree, da molto a moderatamente alterate e fratturate; detti terreni sono sormontati da esigui spessori di depositi eluvio-colluviali a grana fine, in matrice sabbiosa-limoso-argillosa, scarsamente addensati.

I versanti meridionali del rilievo M. Guardia Cappello, lungo i quali decorre la SP 147, sono interessati in più punti da fenomeni franosi di vario genere che sono stati riportati nella Tavola 3.

L'analisi geomorfologica e strutturale dell'area in studio ha evidenziato che l'evoluzione del versante è essenzialmente controllata dalle relazioni intercorrenti tra i processi di denudazione e di alterazione, dall'assetto strutturale e non ultimo dalla circolazione superficiale e sotterranea delle acque.

In particolare i fenomeni di instabilità che interessano il versante di studio sono condizionati, oltre che dalla natura e profondità del profilo di alterazione, soprattutto dall'assetto geologico-strutturale della *Formazione di Albidona*.

La fitta alternanza di terreni a diversa competenza (argille e strati a comportamento litoide) della formazione flyschoidale, determinano, in special modo, dove le condizioni giacitureali sono più sfavorevoli (giacitura a franapoggio), il manifestarsi di movimenti gravitativi complessi, prevalentemente di tipo traslativo al contatto tra i terreni coesivi e strati rocciosi, movimenti che vengono innescati da condizioni idrauliche critiche.

Più in particolare le frane che interessano la SP 147, coinvolgono porzioni sia corticali, che medio-profonde del versante; come accennato nel prg. 3.1, risultano essere riattivazioni parziali di una più vasta e antica frana; questa, sebbene non sia stata cartografata negli elaborati del **PAI** Calabria, è di contro censita, nel Programma di Previsione e Prevenzione Rischi (**PPPR**) della Provincia di Cosenza, come frana attiva profonda con cinematismo complesso (cfr. Tav. 3).

6.2. MODELLIZZAZIONE E CINEMATISMO

Nello specifico si tratta di una frana da scorrimento, caratterizzata da spostamenti per taglio lungo una o più superfici, con componente di movimento sia rotazionale che traslativa, nelle quali si riconosce la zona di distacco (corona con scarpata principale), una zona di scorrimento (corpo) ed una zona di accumulo (piede).

Dallo studio effettuato si evince che la massa di terreno coinvolta nel movimento gravitativo, potrebbe avere uno spessore massimo (nella zona centrale del corpo di frana) di qualche decina di metri (stimabile in 10-20 m), che naturalmente si riduce nella zona di coronamento, dove decorre la sede stradale; spessore comunque da definire con precisione attraverso la campagna d'indagini geognostiche qui programmata.

Pertanto si tratta di terreni alterati e disgregati che favoriscono l'infiltrazione di acque superficiali, in cui il cinematismo si manifesta sia come scorrimenti in terreni sciolti (*soil slip*), sia lungo piani di strati più competenti (calcari marnosi e marne) presenti nell'ammasso roccioso.

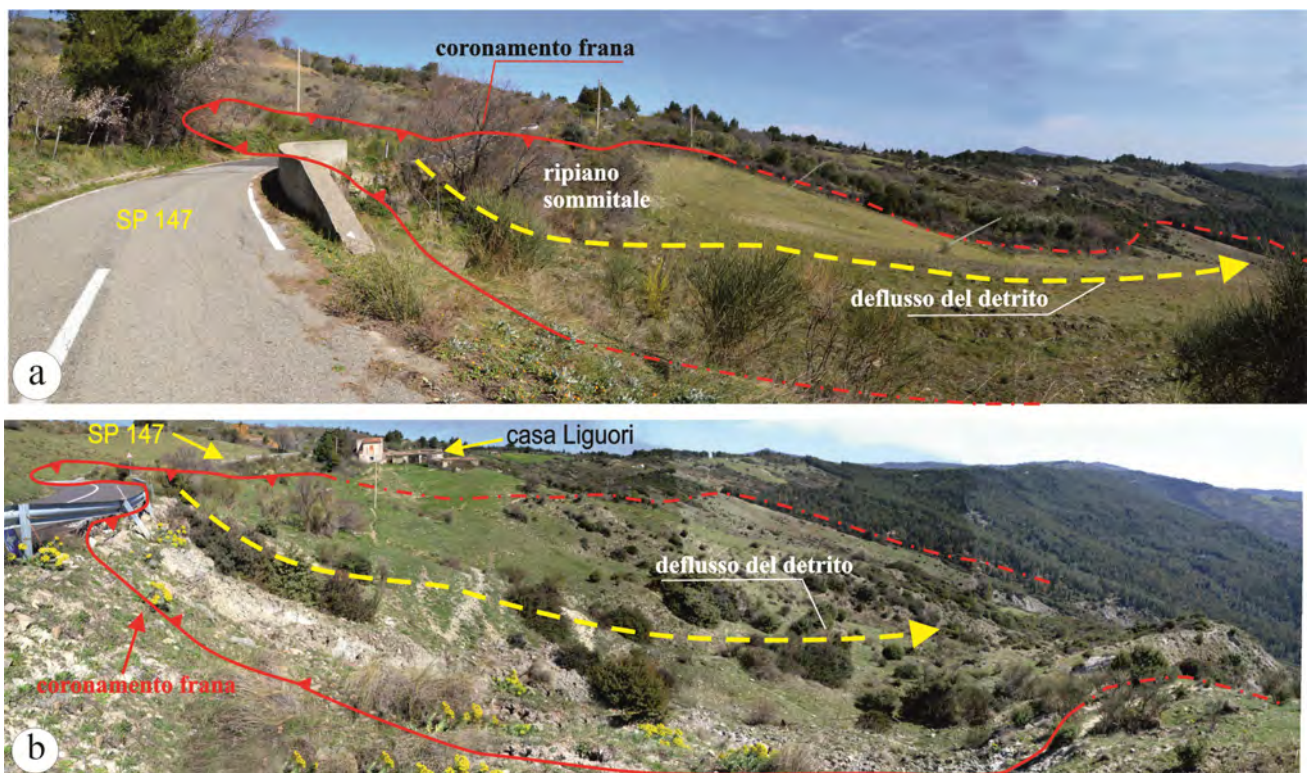


Foto 2 - Panoramica dei versanti interessati dai movimenti franosi che coinvolgono la S.P. 147; a) sito 1, b) sito 2

In particolare per il **sito 1**, da monte verso valle è osservabile il coronamento della frana che decorre, per circa 40 m a cavallo della sede stradale (cfr. foto 3d - Tav. 4), il quale ha determinato dislocazioni verso valle del piano stradale di qualche metro, con conseguente deformazione del muro in gabbioni di sottoscarpa realizzato in precedenti interventi, testimoniati quest'ultimi dalle varie ricariche bituminose eseguite sul manto stradale. Subito a valle della sede stradale è presente il ripiano sommitale della frana (foto 2a), dovuto al "*basculamento*" (movimento traslativo e

rotazionale) del corpo di frana, mentre il vasto corpo di frana si estende per diverse centinaia di metri fino al piede del versante.

Per il **sito 2** la deformazione della sede stradale risulta meno accentuata rispetto a quella del sito 1; in questo caso il coronamento della frana, che decorre, per circa 25 m a cavallo della sede stradale, ha determinato abbassamenti della sede stradale più contenuti (dell'ordine di qualche decina di centimetri), con il "gradino" di frana testimoniato dalle fratture di trazione evidenti sull'asfalto (cfr. foto 3f). La foto in (sito 2b) mostra, inoltre, il modesto smottamento di sottoscampa che interessa la curva di qt. 610 m s.l.m., per una lunghezza di circa 15 m, e che ha coinvolto parte dei gabbioni collocati a contenimento della sede stradale in precedenti interventi, i quali sono stati trascinati in prossimità del piede della **frana 3** (cfr. fig. 2a e foto 3g in Tav. 4)

Le cause primarie (*intrinseche o predisponenti*) di tali dissesti sono legate alla natura geologica delle rocce (alternanza di argille e strati litoidi), alla morfologia dei versanti, quindi alle condizioni giacaturali (franapoggio), e, non ultimo, all'azione delle acque superficiali e profonde.

Mentre le cause innescanti i movimenti gravitativi vanno sicuramente ricercate in:

- a. *periodi di intensa piovosità;*
- b. *errata regimazione delle acque superficiali;*
- c. *il regime delle pressioni neutre;*

Tali dissesti hanno attività periodica, in special modo in concomitanza di eccezionali periodi atmosferici o di eventi sismici rilevanti, talvolta anche dopo lunghi periodi di sosta, si riattivano le grandi frane e/o porzioni di esse.

Circa la regimazione delle acque superficiali vi è da sottolineare la carenza di un vero e proprio sistema di drenaggio, fanno eccezione limitati solchi di scolo per scopi agricoli; si aggiunge inoltre l'aggravio operato dalle acque provenienti dalla piattaforma stradale, le quali sovente vengono abbandonate lungo il versante immediatamente a valle della sede stradale (cfr foto 3f - Tav. 4), mentre andrebbero "accompagnate" fino agli impluvi naturali presenti lateralmente al versante.

Circa gli aspetti idrogeologici, il versante in oggetto è sede di una circolazione idrica sotterranea molto complessa; questa risulta fortemente condizionata dalla fitta alternanza di terreni coesivi e litoidi, e dalla fratturazione che interessa il membro torbiditico della *Formazione di Albidona*, responsabili della formazione di limitate falde profonde e/o sospese, in funzione dell'andamento ed estensione delle intercalazioni più permeabili.

Per la porzione di versante investigata, sono presenti due pozzi localizzati poco a monte della SP 147, indicati come **pozzo 1** e **pozzo 2** (cfr. Tav. 4), nei quali è stata riscontrata presenza di acqua coincidente col piano campagna. Considerato che i pozzi si sviluppano esclusivamente nel

litotipo argilloso, allo stato attuale non è ben chiaro se si possa trattare di falda coincidente col p.c. o se i pozzi hanno la sola funzione di “serbatoio” per le acque piovane e superficiali.

Dati più accurati sulla circolazione delle acque sotterranee potranno essere ottenuti successivamente alla campagna geognostica, nella quale è stato previsto (sito 2) un sondaggio da strumentare con tubo piezometrico.

Considerato che le riattivazioni delle frane fanno seguito a periodi di intense precipitazioni atmosferiche, appare evidente come le cause innescanti i movimenti gravitativi vadano ricercate nelle condizioni critiche del regime delle pressioni neutre, conseguenti alla formazione di falde sospese, al contatto tra terreno coesivo e roccia in corrispondenza del quale si è verosimilmente generata la superficie di scivolamento, che dovrà essere definita attraverso l'esecuzione delle indagini in sito proposte, dovè all'uopo è stato previsto (sito 1) un sondaggio da strumentare con tubo inclino metrico, la quale potrebbe essere costituita da una o più superfici parallele, attestate a diverse profondità.

6.3. INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Il quadro conoscitivo acquisito in questa fase (Progetto di Fattibilità) ha permesso di pervenire alla caratterizzazione e al cinematismo dei movimenti franosi, nonché a stabilire le cause che li hanno innescati, quindi a definire l'intervento di riqualificazione della viabilità della SP 147.

Al fine di scongiurare ulteriori degenerazioni, del già precario stato di dissesto idrogeologico in cui si trova il versante e le aree ad esso adiacenti, appare evidente che **per il ripristino ed una efficace messa in sicurezza della SP 147, sarebbe necessaria una razionale e completa bonifica del dissesto, da estendere lungo tutto il versante**, sia a monte che a valle dell'asse viario.

Pertanto qualsiasi soluzione che s'intende adottare, per il ripristino della SP, se non inserita in un progetto molto più ampio di consolidamento e bonifica, che coinvolga una pluralità di Enti preposti alla tutela e salvaguardia del territorio, rivestirà sicuramente un carattere di temporaneità, non risolutivo delle problematiche sopradette.

Il presente studio ha interessato, viste le competenze dell'Ente Provincia e i finanziamenti disponibili, esclusivamente la porzione superiore della vasta area in frana cartografata nel PPPR (cfr. Tav. 3), quella su cui decorrono i tratti dissestati della SP. Pertanto il progetto di sistemazione e consolidamento previsto in questa fase sarà limitato esclusivamente alla parte alta del corpo di frana (zona di coronamento), al fine di ripristinare in ragionevole sicurezza la viabilità lungo il tratto viario pregiudicato.

In questa fase si può affermare che l'intervento di bonifica e consolidamento, dovrebbe prevedere dei sistemi che, unitamente alla mitigazione degli effetti erosivi di disgregazione e

degradazione superficiale, tendano anche a fornire un miglioramento delle caratteristiche di resistenza meccanica dei terreni coinvolti.

Appare evidente, come il principale intervento debba essere rappresentato da sistemi di drenaggio medio-profondi, che abbassino il livello di falda al di sotto della superficie di scivolamento (da definire nelle successive fasi progettuali), e al contempo da strutture di contenimento che assicurino stabilità alla infrastruttura viaria.

L'intervento **generale** che si suggerisce, illustrato sinteticamente nella Tavola 6, potrebbe essere realizzato attraverso:

- Strutture di contenimento, considerate le pessime caratteristiche geotecniche dei terreni posti a valle della sede stradale, per il contenimento della stessa sarebbe opportuno adottare strutture flessibili rispetto a strutture rigide (muro in c.a.), capaci di assorbire più agevolmente eventuali deformazioni e cedimenti di modesta entità. Queste potrebbero essere rappresentate da un **muro in gabbioni** tradizionali o meglio ad “**ombrello**” a basso impatto ambientale; questi ultimi grazie al loro sistema di ancoraggio al terreno, garantiscono una maggiore resistenza alle spinte rispetto al tradizionale muro in gabbioni.

In alternativa, qualora nelle successive fasi progettuali (definitiva e esecutiva) e a seguito delle risultanze delle indagini geognostiche proposte, dovesse emergere che il substrato stabile non si rinvenga a significative profondità, la struttura di contenimento potrebbe essere costituita da una **paratia**, disposta a valle della sede stradale, lungo tutto il fronte del coronamento di frana, che dovrà essere ben ammorsata nel complesso torbiditico poco alterato e fratturato, sul cordolo della quale attestare il futuro rilevato stradale.

- Sistemi di drenaggio medio-profondi, costituiti da trincee drenanti di tipo tradizionale, o meglio dai nuovi sistemi in pannelli tipo “**Gabbiodren**” di più facile e rapida realizzazione, costituiti da un gabbione metallico, geotessile non tessuto, riempito con trucioli di polistirolo espanso avente funzione di drenaggio, da posizionare ad una profondità di 3-4 m dal p.c..

Le acque emunte dovranno essere successivamente convogliate, attraverso un adeguato sistema di condotte superficiali negli impluvi naturali presenti nelle vicinanze.

- La regimazione delle acque superficiali, attraverso la realizzazione di: un fosso di guardia con andamento planimetrico ad arco che abbracci a monte il coronamento della frana, da collegare ai canali di raccolta che, a loro volta, convoglieranno le stesse acque negli impluvi laterali all'area in frana; il tutto allo scopo di ridurre l'azione erosiva delle acque di ruscellamento sui terreni dissestati ed evitare pericolose infiltrazioni nel sottosuolo.

Per la realizzare il fosso di guardia e dei canali di raccolta si consigliano canalette antierosive tipo **Trenchmat S® (Viganò-Pavitex)**. Tali “canalette” sono costituite dall'accoppiamento di tre elementi: una geostuoia grimpante sul lato superiore, un intermedio geotessile non tessuto ed una pellicola impermeabile sul lato inferiore.

Rispetto ai sistemi tradizionali, i vantaggi di tale tipologia di canaletta sono, oltre alla flessibilità (mantengono la loro funzionalità anche se sottoposte a deformazioni derivanti da assestamenti del pendio), nettamente superiore rispetto alle tradizionali canalette in cls, anche i costi più contenuti grazie alla leggerezza che facilita la posa in opera in tempi notevolmente ridotti.

Per la realizzazione del fosso di guardia, sul lato monte dello stesso si deve prevedere all'ancoraggio del geocomposito mediante l'utilizzo di pali squadrate di castagno.

Si raccomanda in ultimo che le opere (cunette e tombini) di servizio alla sede stradale, dovranno essere integrate al generale sistema di drenaggio.



Esempi delle principali opere da realizzare per il ripristino della sede stradale della SP 147: trincee drenanti tipo Gabbiodren, muro ad "ombrelli", fosso di guardia e canali di drenaggio superficiali in Trenchmat S®

6.4. CONSIDERAZIONI SULLA COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA DELL'INTERVENTO

6.4.1. Raffronto con il PAI Calabria e con il PPPR Provincia di Cosenza

Come detto in precedenza, le aree vulnerabili con associato indice di pericolosità (ex rischio frana), sono state cartografate ed evidenziate nella Tavola 3 (*Carta delle Criticità*), per come riportate negli elaborati grafici del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria (**PAI**) e nel *Programma di Previsione e Prevenzione Rischi della Provincia di Cosenza (PPPR)* per gli anni 2008-2012.

Dalla visione di tale elaborato si evince che nel primo caso i tratti viari non ricadono in aree in frana, mentre nel PPPR a valle della sede stradale è indicata una vasta area in frana attiva profonda, che lambisce la SP al sito 2; mentre la frana che coinvolge la SP al sito 1 è stata cartografata nel presente lavoro (cfr. Tav. 3 e fig. 3).

Le considerazioni espresse in questa sede, circa la compatibilità geomorfologica degli ambiti territoriali considerati con le previsioni progettuali, sono svolte in osservanza alle misure di salvaguardia, di cui alle ultime normative in materia di protezione civile e di difesa del territorio.

Pertanto, sebbene le due aree d'intervento non ricadono in area in frana con associato indice di pericolosità idrogeologico PAI, conformandoci comunque a quanto previsto dalle **Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del PAI**, l'intervento di consolidamento proposto rientra in quelli consentiti da tali norme (*Titolo II - Norme specifiche, art. 16 e 17*), secondo le quali, in aree in frana con associato indice di pericolosità IP3 o IP4 (*alto e molto alto*), come potrebbero essere inquadrati i due siti d'intervento, possono essere eseguiti:

Interventi di mitigazione del rischio ecc., il taglio di piante che concorrono a determinare lo stato di instabilità ecc, interventi di demolizione senza ricostruzione, interventi che riducono la vulnerabilità ecc., interventi di manutenzione ordinaria senza aumento di superficie e volume, interventi di manutenzione ordinarie e straordinaria relative alle opere infrastrutturali e alle opere pubbliche o d'interesse pubblico, interventi volti alla tutela e alla salvaguardia e alla manutenzione degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi della L. 01.06.39 n° 1089 e della L. 21.06.39 n° 1497 ecc.

Considerato che il criterio progettuale sarà quello di conservare il più possibile la morfologia naturale del versante e del sistema di deflusso delle acque superficiali, garantendo il minor impatto ambientale, si può affermare che l'intervento previsto risulta assolutamente compatibile sotto l'aspetto dell'inserimento ambientale, paesaggistico ed urbanistico nel contesto territoriale.

Inoltre, in relazione alle finalità ed agli obiettivi perseguiti, l'intervento risulta assolutamente migliorativo rispetto allo *status quo* sia in termini di efficacia nei confronti dell'azione protettiva rispetto al rischio idrogeologico, sia in termini di migliore fruibilità ed utilizzo in sicurezza dell'asse viario da parte dei cittadini.

In definitiva sulla scorta dei dati acquisiti riguardo l'assetto morfostrutturale del sito progettuale, le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi incontrati e le condizioni idrogeologiche, si può ribadire l'idoneità geomorfologica dell'ambito territoriale considerato con l'intervento previsto in progetto.

Cosenza, Marzo 2023


Il Geologo

Dott. Luigi Rende

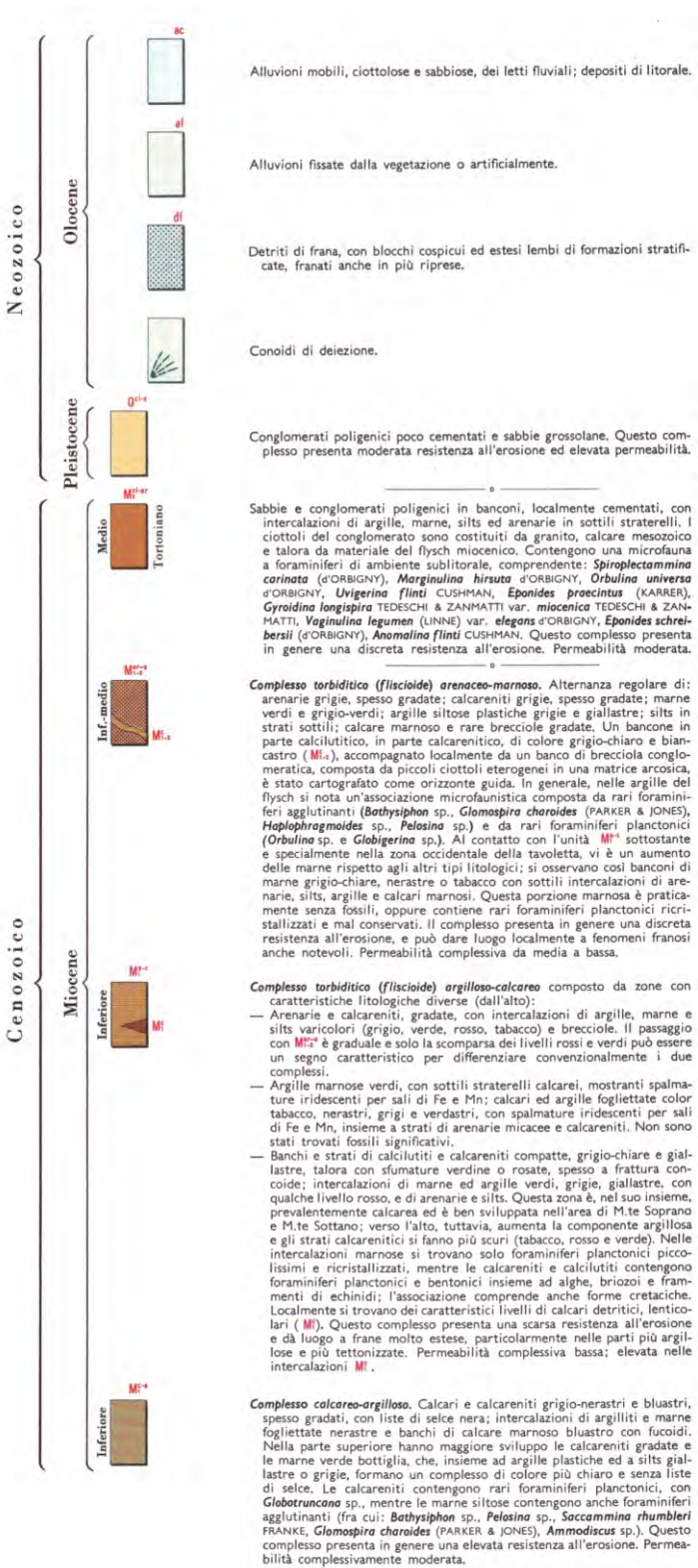
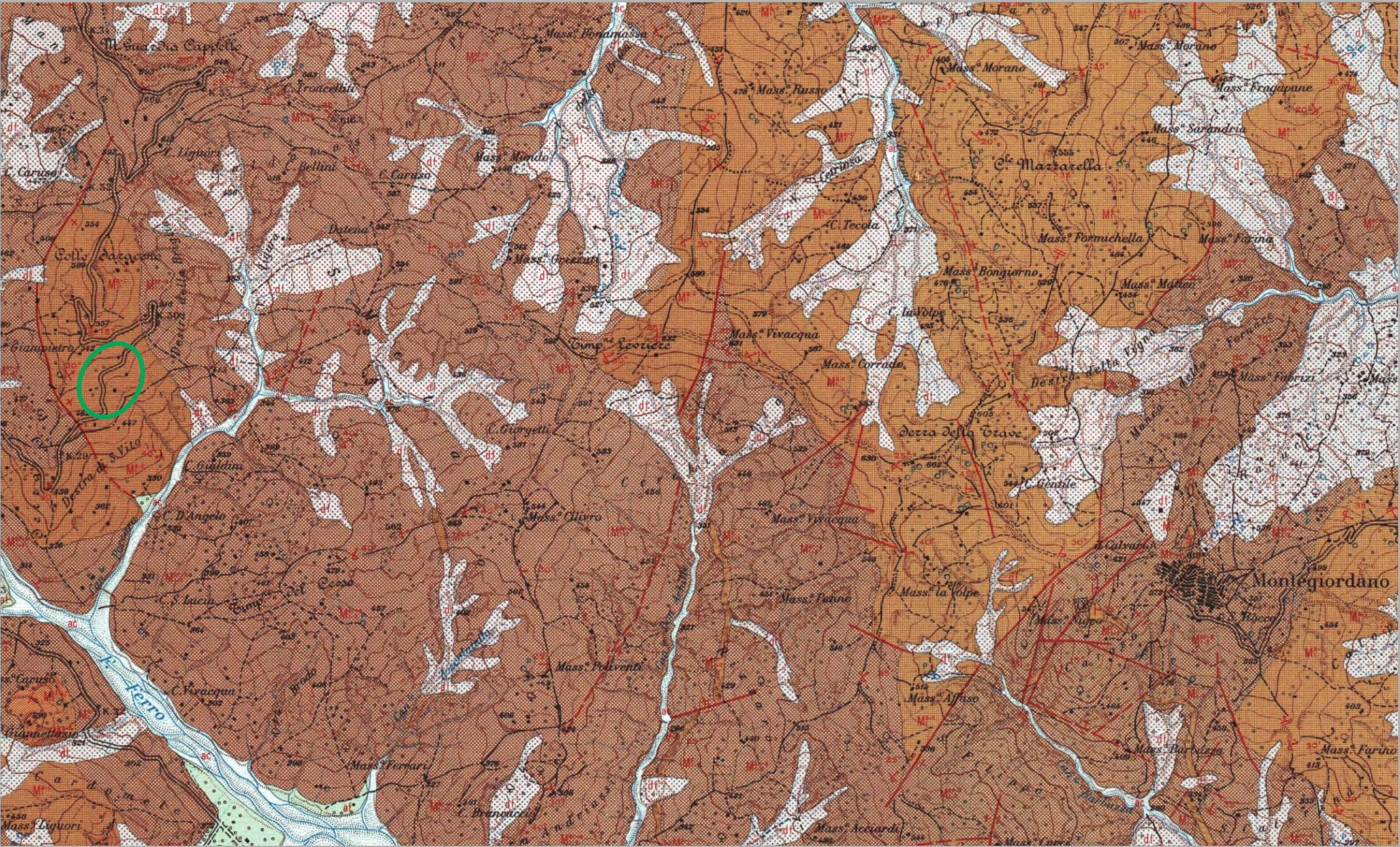




Tav. 1 - Corografia area di studio
Stralcio F. 523 IGM (Rotondella) scala 1:50.000

 Area di studio - S.P. 147





Tav. 2 - Carta Geologica (stralcio F. 212 III SO) scala 1:25.000



Area d'interesse progettuale

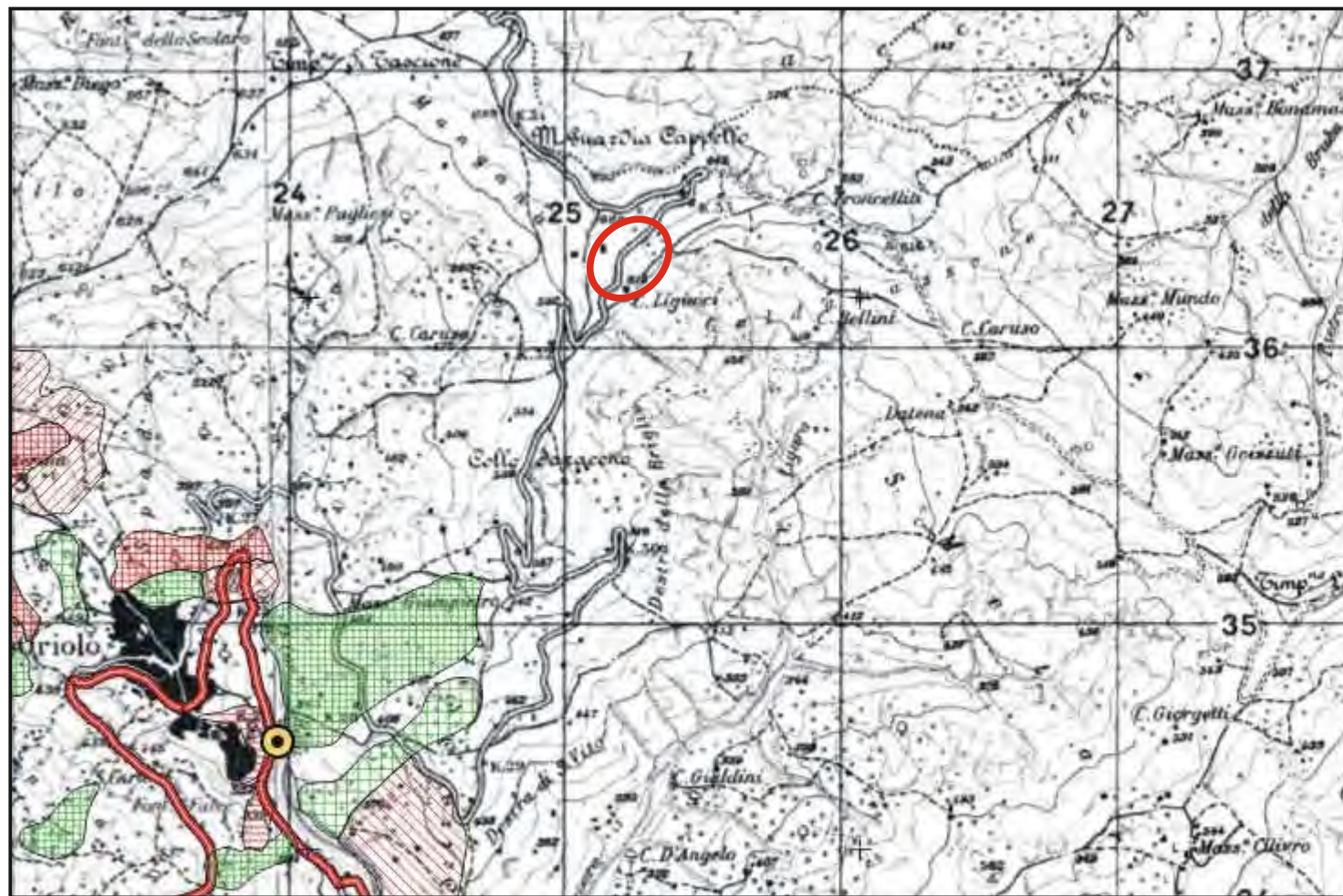


Tavola
15.3-T26
Ottobre 2001

**CARTA INVENTARIO DELLE FRANE
RELATIVE ALLE INFRASTRUTTURE
(STRADE, FERROVIE E RETI DI SERVIZIO)
ED AI BENI CULTURALI ED AMBIENTALI**



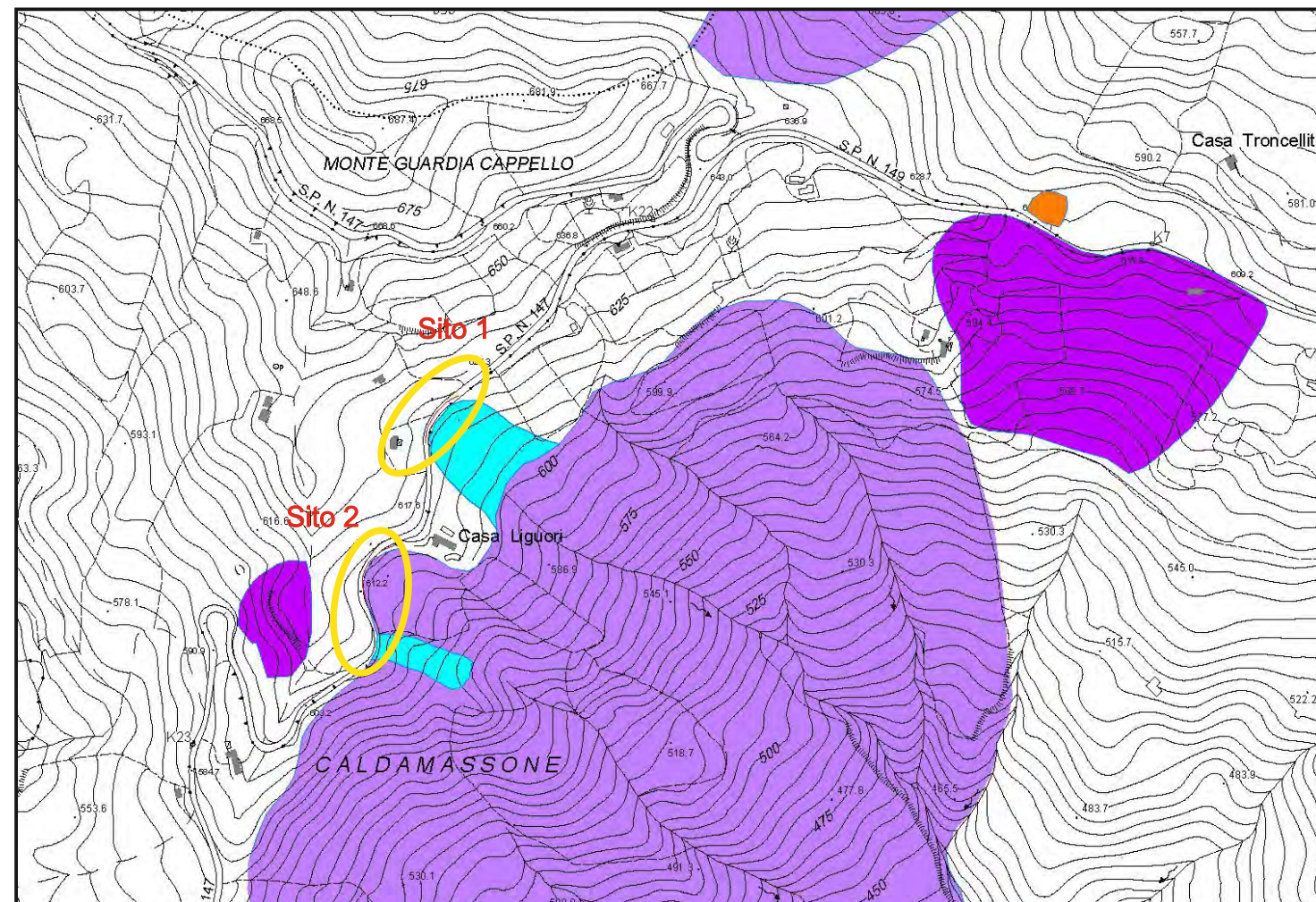
REGIONE CALABRIA

Autorità di Bacino Regionale - Assessorato Lavori Pubblici ed Acque



Tratto della SP 147
interessata dal Progetto

Raffronto PAI scala 1:25.000



Raffronto PPPR
Provincia di Cosenza
scala 1:5.000 su CTR



Tratti della SP 147
interessati dal Progetto

LEGENDA

Fenomeni franosi dedotti da fotointerpretazione

Frane	
Attive	Quiescenti
Non cartografabili	Non cartografabili
Scorrimenti	Scorrimenti
Colamenti	Colamenti
Crolli	Crolli
Colate rapide	Colate rapide
Complesse	Complesse

Zone franose	
Attive	Quiescenti
Superficiali	Superficiali
Profonde	Profonde

DGPV	
Attive	Quiescenti
Deformazioni superficiali lente	Falce di detrito
Zone di intensa erosione	Conoidi

Fenomeni franosi segnalati	
Dati PAI	Dati ANAS
Dati ANAS	Dati PAI
Dati Ferrovie della Calabria	Dati AVI
	Fonti giornalistiche

Reti infrastrutturali	
Autostrade	Strade Statali
	Ferrovie

Beni culturali ed ambientali	
Siti sottoposti a vincolo archeologico	

Legenda

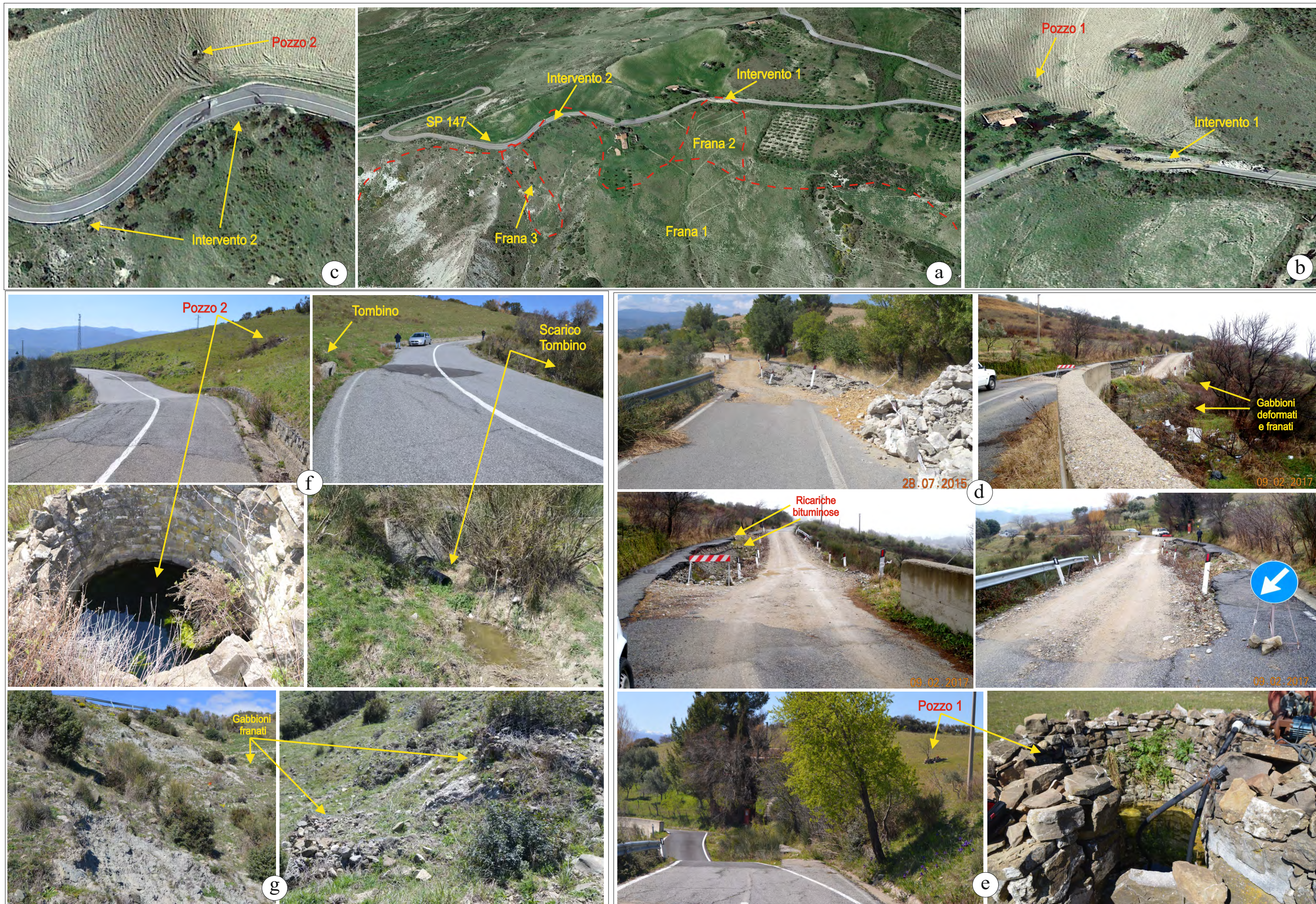
PROVINCIA CS_frane 2008_2012

colata
complessa
crollo
scorrimento
zona_erosione_intensa
zona_franosa_profonda
zona_franosa_superficiale

PROVINCIA CS_fratture al suolo 2008_2012

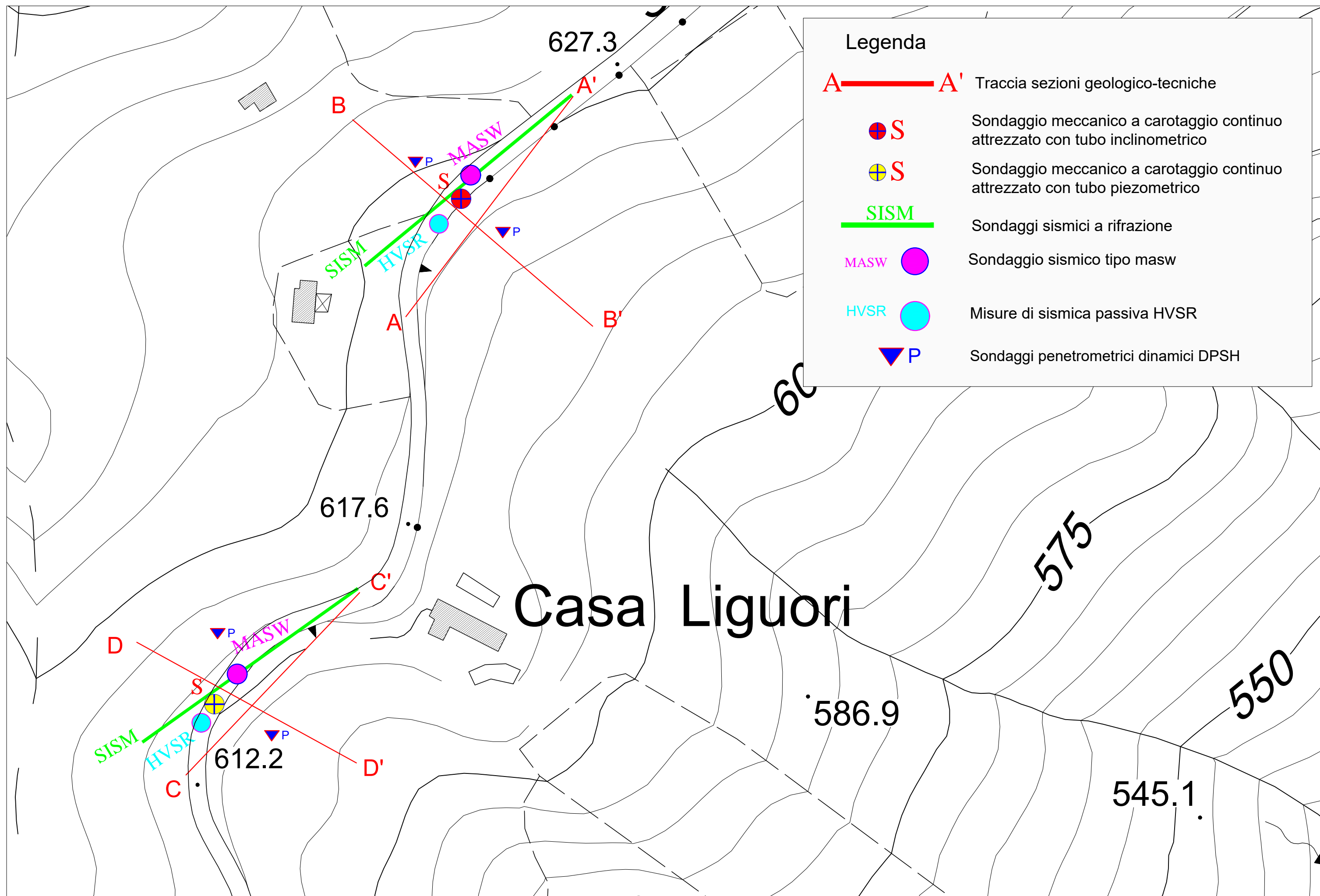
PROVINCIA CS_frane non cartografabili 2008_2012

Zona franosa rilevata per questo progetto

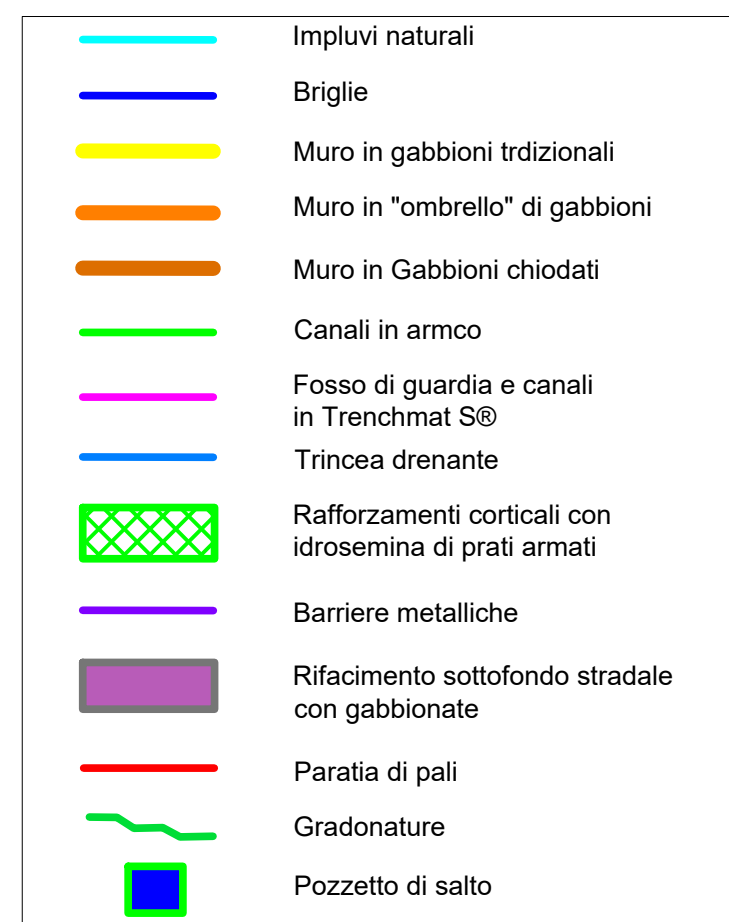
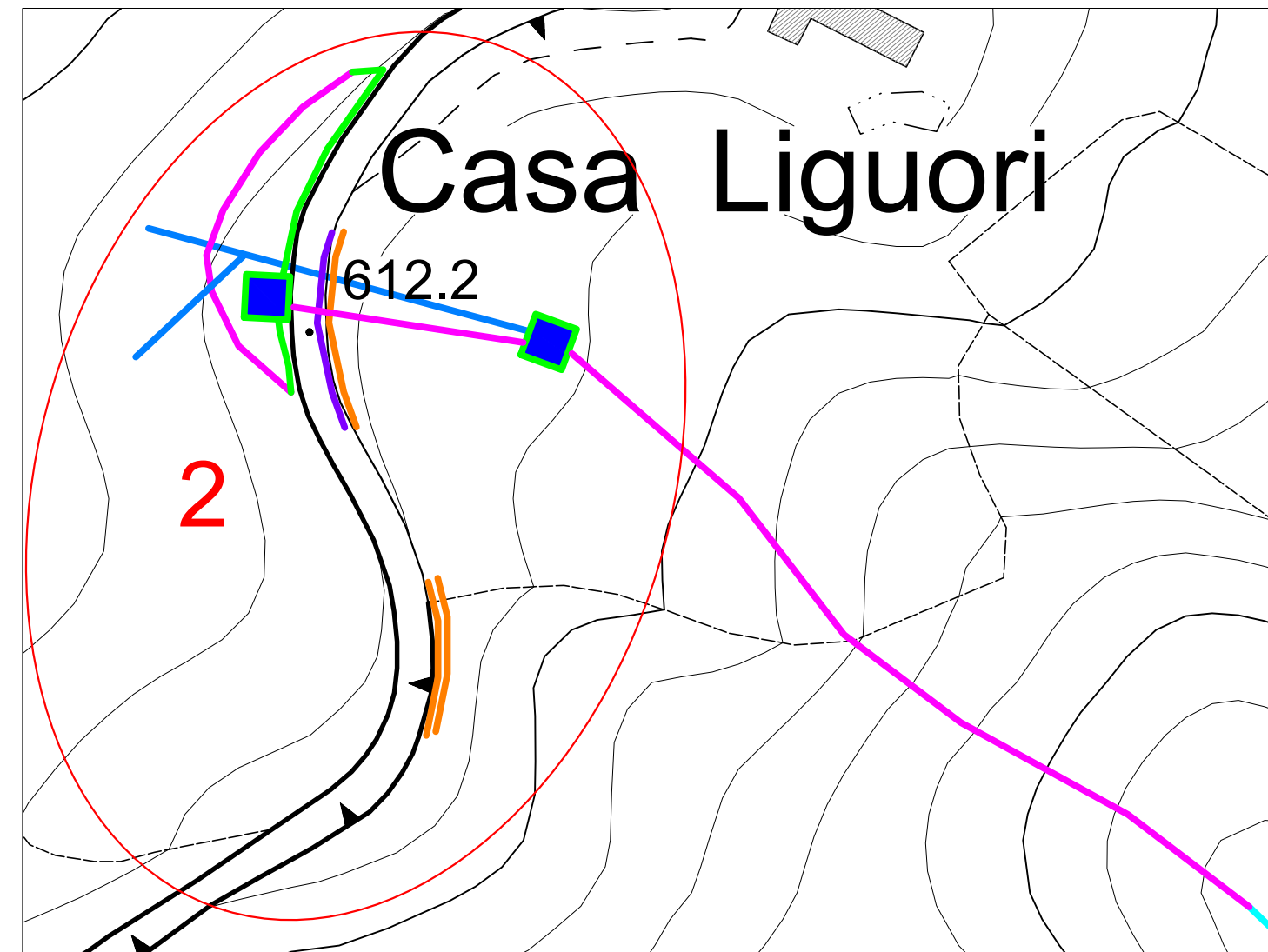
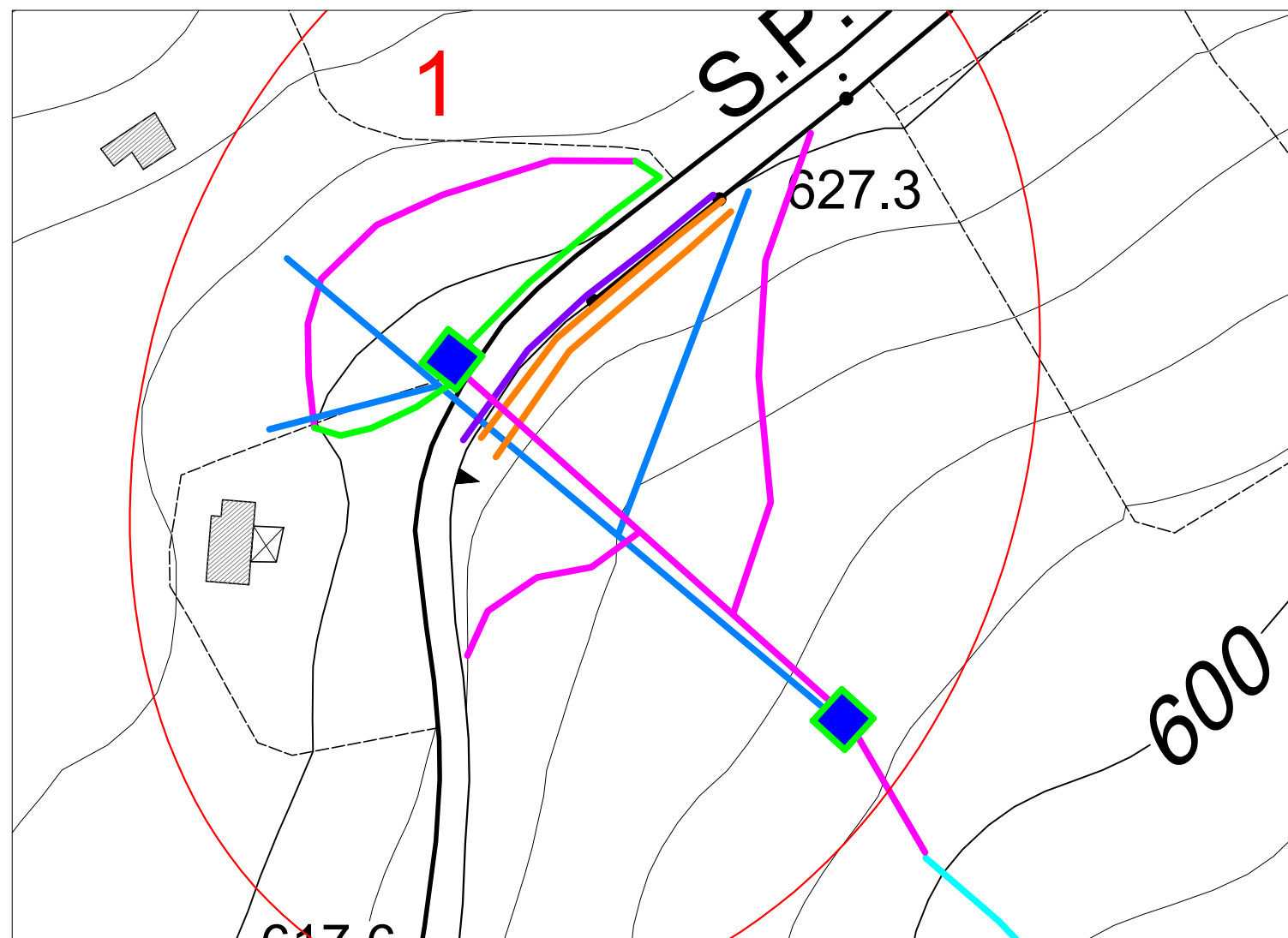


Tav. 4 - Report Fotografico - Foto 3

a) Immagine da Google Earth 2018, il tratteggio in rosso indica i limiti delle frane che interessano la SP 147; b-c) particolari dei siti 1 e 2; d) particolari del dissesto che interessano il sito 1 e degli interventi realizzati nel corso degli anni passati (2015-2017); e) tratto stradale (sito 1) come si presenta attualmente, col particolare del pozzo 1 posto a monte della SP; f) particolari del dissesto che interessa il sito 2, con i particolari del pozzo 2 posto a monte della SP e dello scarico del tombino a valle della SP; g) particolari dello smottamento che interessa la scarpata a valle della curva di qt 610 m s.l.m., che precede il sito 2, dove erano stati posizionati in precedenza dei gabbioni di sottoscarpa.



Tav. 5 - Ubicazione Indagini Geognostiche (scala 1:1.000)



Tav. 6 - Schema Interventi Proposti scala 1:1.000



PROVINCIA DI COSENZA

SETTORE VIABILITÀ

**LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DEL CORPO STRADALE DELLA SP 147
(BIVIO MONTEGIORDANO - ORIOLO) - KM 22+150 -KM 22+600**

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

**COMPUTO METRICO
INDAGINI GEOGNOSTICHE**

ELABORATO
SG 2

PROGETTISTA
Ing. Pietro Bisciglia

GEOLOGO
Dr. Luigi Rende

Responsabile del Procedimento: Ing. Roberto Barbieri

Redazione	Revisione	Approvazione	data



PROVINCIA DI COSENZA
SETTORE VIABILITA'

COMPUTO METRICO

OGGETTO: INDAGINI GEOGNOSTICHE inerenti i LAVORI DI CONSOLIDAMENTO
DEL CORPO STRADALE SP 147 (BIVIO MONTEGIORDANO - ORIOLO)

COMMITTENTE:

Data, 22/03/2023

IL TECNICO
Geol. Luigi RENDE

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							
	LAVORI A MISURA							
1 22CL.PR.E.2 410.10	Trasporto dell'attrezzatura di perforazione a rotazione. Sono compresi: il trasporto di andata e ritorno, dalla sede legale al cantiere; l'approntamento dell'attrezzatura di perforazione a rotazione; il carico, lo scarico; il personale necessario					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	968,00	968,00
2 22CL.PR.E.2 410.20.a	Installazione di attrezzatura per sondaggio, a rotazione in corrispondenza di ciascun punto di perforazione, compreso il primo, su aree accessibili alle attrezzature di perforazione ... occorre per dare l'installazione completa. Per ogni installazione compresa la prima e l'ultima: per distanza fino a 300m					2,00		
	SOMMANO cad					2,00	184,00	368,00
3 22CL.PR.E.2 410.40.a	Perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a carotaggio continuo, anche di tipo Wereline, con carotieri di diametro minimo 85mm, in terreni a granulometria media cost ... er dare la perforazione completa.Per ogni metro e per profondità misurate a partire dal piano di campagna: da m 0 a m 30	2,00	20,00			40,00		
	SOMMANO m					40,00	64,00	2'560,00
4 PR.E.02420. 050.a	Sovrapprezzo alle voci di perforazione per l'uso di doppio carotiere per l'uso di doppio carotiere		5,00			5,00		
	SOMMANO m					5,00	15,00	75,00
5 22CL.PR.E.2 410.90.a	Compenso per uso di rivestimenti metallici provvisori in fori eseguiti a carotaggio o a distruzione di nucleo quando ritenuto necessario o se espressamente richiesto dal committent ... rescrizioni e gli oneri di cui alle "Modalità tecnologiche" e "Norme di misurazione": per profondità da m 0,01 a m 10,00	1,00	5,00			5,00		
	SOMMANO m					5,00	12,20	61,00
6 22CL.PR.E.2 410.160.a	Standard "Penetration Test" eseguito nel corso di sondaggi a rotazione, con campionatore tipo "Raymond" con meccanismo a sganciamento automatico. È compreso quanto occorre per dare la prova completa.Per ogni prova e per profondità misurate a partire dal piano di campagna: da m 0 a m 20					6,00		
	SOMMANO cad					6,00	67,00	402,00
7 22CL.PR.E.0 02410.190.a	Piezometri tipo "Casagrande" doppio tubo in PVC, installati Piezometri tipo "Casagrande" doppio tubo in PVC, installati. Sono compresi: la fornitura dei materiali occorrenti; la fo ... itura del pozzetto protettivo.Per profondità misurate a partire dal piano di campagna fino a 60m: per ogni installazione					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	245,00	245,00
8	Piezometri tipo "Casagrande" doppio tubo in PVC, installati							
	A R I P O R T A R E							4'679,00

COMMITTENTE:

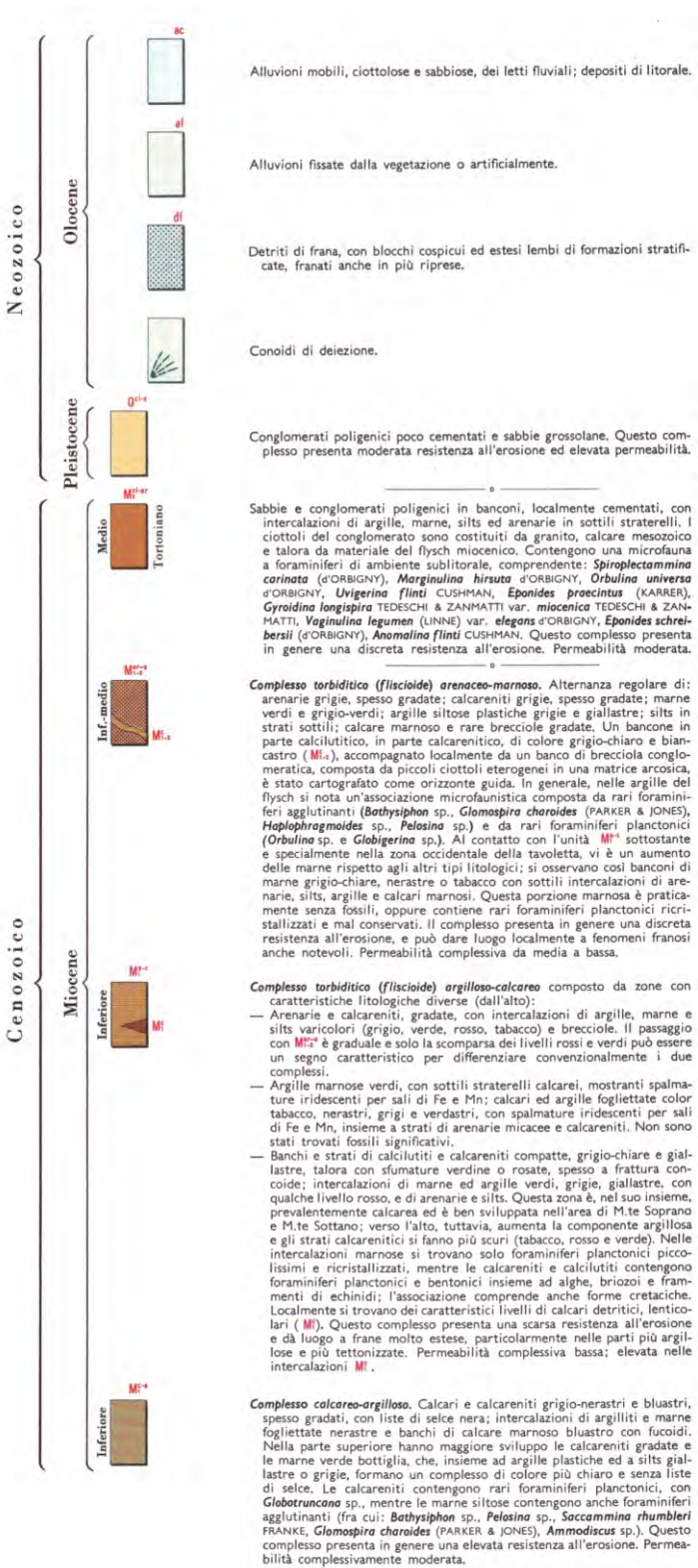
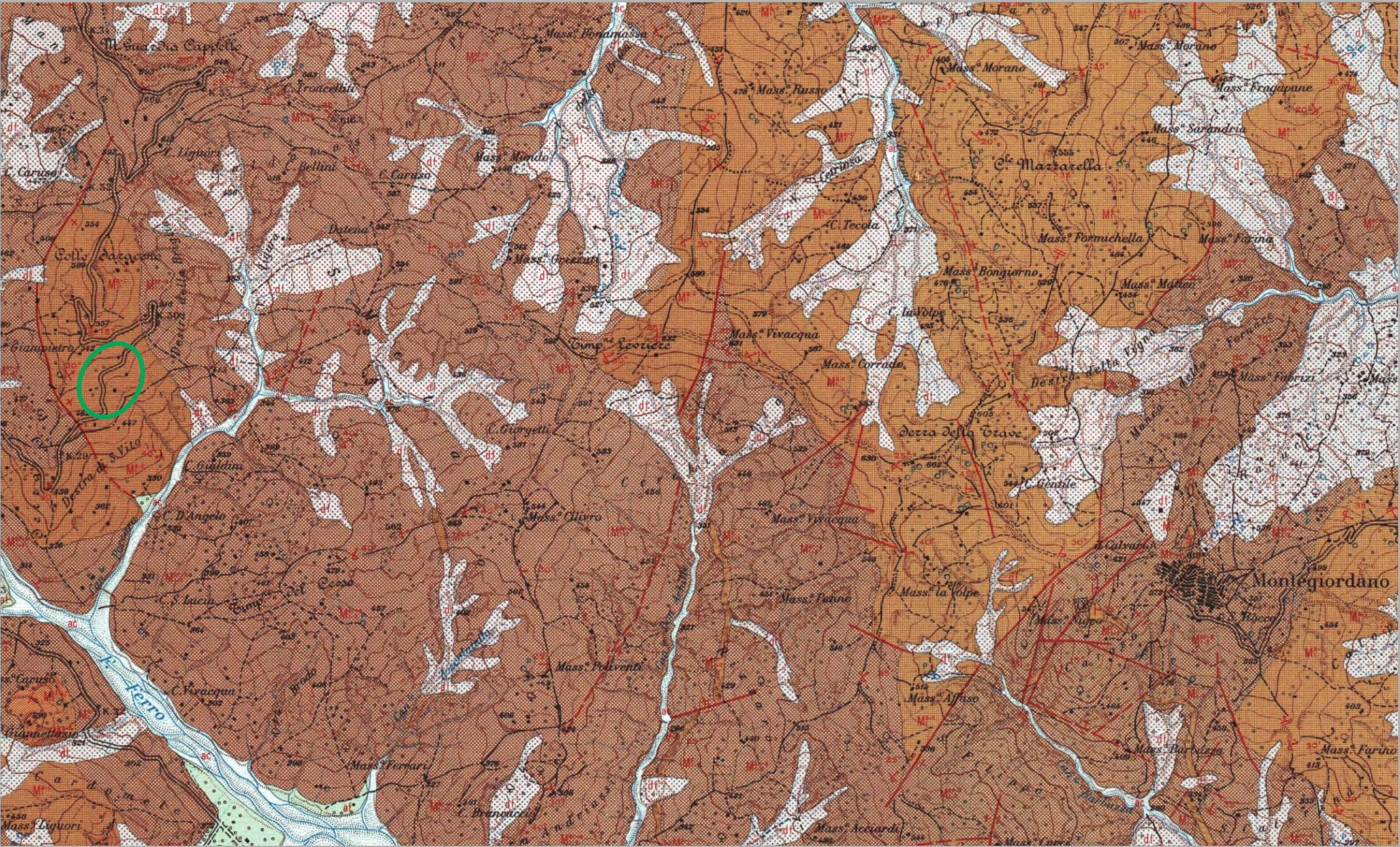
Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							4'679,00
22CL.PR.E.0 02410.190.b	Piezometri tipo "Casagrande" doppio tubo in PVC, installati. Sono compresi: la fornitura dei materiali occorrenti; la fo ... tivo.Per profondità misurate a partire dal piano di campagna fino a 60m: per ogni metro di doppio tubo in PVC installato	1,00	20,00			20,00		
	SOMMANO m					20,00	12,10	242,00
9 22CL.PR.E.0 02410.200.a	Tubi inclinometrici, installati. Tubi inclinometrici, installati. Sono compresi: la cementazione con miscela cementobentonite; la fornitura e la posa dei tubi, della valvola a perd ... occorre per dare il tubo inclinometrico completo. È esclusa la fornitura del pozzetto protettivo. per ogni installazione					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	184,00	184,00
10 22CL.PR.E.0 02410.200.b	Tubi inclinometrici, installati. Tubi inclinometrici, installati. Sono compresi: la cementazione con miscela cementobentonite; la fornitura e la posa dei tubi, della valvola a perd ... dare il tubo inclinometrico completo. È esclusa la fornitura del pozzetto protettivo. per ogni metro di tubo installato	1,00	20,00			20,00		
	SOMMANO m					20,00	48,90	978,00
11 22CL.PR.E.0 02410.210	Pozzetti di protezione strumentazione per piezometri ed inclinometri Pozzetti di protezione strumentazione, per piezometri ed inclinometri, compresa la relativa posa in opera e il lucchetto di chiusura. È compreso quanto altro occorre per dare i pozzetti di protezione completi					2,00		
	SOMMANO cad					2,00	92,00	184,00
12 22CL.PR.E.0 02470.020.a	Misure inclinometriche Misure inclinometriche mediante idonea strumentazione quale sonda dotata di sensore servoinclinometrico biassiale, sensibilità 20.000 sen a. È compreso quanto occorre per dare le misure inclinometriche complete. per ogni livello di lettura eseguito su due guide	3,00	20,00			60,00		
	SOMMANO cad					60,00	3,13	187,80
13 22CL.PR.E.0 02470.030	Elaborazione dati relativi a ciascuna misura eseguita su un tubo inclinometrico Elaborazione dati relativi a ciascuna misura eseguita su un tubo inclinometrico, comprensiva della restituzione grafica					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	64,00	192,00
14 22CL.PR.E.2 410.130.a	Prelievo di campioni indisturbati, compatibilmente con la natura dei terreni, nel corso di sondaggi a rotazione impiegando campionatore a pareti sottili spinto a pressione, diametr ... per dare il prelievo completo.Per ogni prelievo e per profondità misurate a partire dal piano di campagna: da m 0 a m 20					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	61,00	183,00
15 22CL.PR.E.2 410.240	Cassette catalogatrici per la conservazione dei terreni attraversati comprensive di documentazione fotografica fornita su supporto digitale							
	A R I P O R T A R E							6'829,80

COMMITTENTE:

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							6'829,80
			8,00			8,00		
	SOMMANO cad					8,00	20,40	163,20
16 22CL.PR.E.2 510.10.a	VOCI DI CARATTERE GENERALE Apertura di campione contenuto in fustella cilindrica (PVC, acciaio, ecc.)					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	15,00	45,00
17 22CL.PR.E.2 520.10.b	Analisi granulometrica con setacci per caratteristiche fisiche e meccaniche: per via umida su quantità <= 5kg, con un massimo di 8 vagli					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	43,00	129,00
18 22CL.PR.E.2 520.40.a	Analisi granulometrica per sedimentazione con densimetro, esclusa la determinazione del peso specifico					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	55,00	165,00
19 22CL.PR.E.2 520.50.g	Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n. 200 (0,074 mm) Determinazione del peso specifico dei granuli gS con il metodo del picnometro (media su 2 misurazioni)					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	45,00	135,00
20 22CL.PR.E.2 520.50.f	Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n. 200 (0,074 mm) Determinazione del peso dell'unità di volume g allo stato naturale mediante fustella tarata					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	15,00	45,00
21 22CL.PR.E.2 530.10.e	Caratteristiche fisiche e meccaniche: Prova triassiale non consolidata non drenata- procedura standard su 3 provini					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	170,00	170,00
22 22CL.PR.E.2 530.10.a	Caratteristiche fisiche e meccaniche: Prova di taglio diretto consolidata drenata con tempo di deformazione finale <8h					2,00		
	SOMMANO cad					2,00	210,00	420,00
23 22CL.PR.E.2 490.70	Approntamento attrezzature e trasporto in andata e ritorno di strumentazioni ed attrezzature e loro revisione, per prospezioni geofisiche di tipo sismica di superficie a rifrazione ... È inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'approntamento completo. Sono esclusi eventuali oneri di accessibilità					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	315,00	315,00
24 22CL.PR.E.2	Esecuzione profilo sismico a rifrazione in onde P o S con base fino a m 230, tramite geofoni a risposta verticale e orizzontale. Le ondedi							
	A R I P O R T A R E							8'417,00

COMMITTENTE:

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							8'417,00
490.90.b	taglio S, dovranno essere ottenutemediant ... e magnetico. È inoltre compreso quanto altro occorre per dare il lavoro finito. con spaziatore geofoniche > m 5 e < m 10	2,00	80,00			160,00		
	SOMMANO m					160,00	8,80	1'408,00
25 22CLPR.E.2 620.070.a	Esecuzione di base sismica, con l'uso di un sismografo ad almeno 24 canali, utilizzando geofoni orizzontali per misurare i primi arrivi delle onde S, ed utilizzando geofoni vertica ... tra m 1 e 3 max, per il rilev per ogni postazione compresa l'installazione per ogni postazione compresa l'installazione					2,00		
	SOMMANO cad					2,00	550,00	1'100,00
26 22CL.PR.E.2 490.230.c	Misura di sismica passiva hvsr(horizontaltoverticalspectralratio), analisi con metodo di nakamura utilizzando una stazione sismometrica a tre componenti, per la valutazione della f ... 005). È inoltre compreso quanto altro occorre per dare la misura completa. esecuzione di ciascuna misura persito a corpo					2,00		
	SOMMANO a corpo					2,00	175,00	350,00
27 22CL.PR.E.0 02430.010	Trasporto di attrezzatura per prova penetrometrica dinamica Trasporto di attrezzatura per prova penetrometrica dinamica con penetrometro tipo ISSMFE, "Meardi" (AGI), o "Emilia". So ... sporto di andata e ritorno; l'approntamento di attrezzature e per prova penetrometrica dinamica; il personale necessario					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	482,00	482,00
28 22CL.PR.E.0 02430.030.a	Prova penetrometrica dinamica continua Prova penetrometrica dinamica continua, con penetrometro ISSMFE, "Meardi" o "Emilia", fino alla profondità richiesta o fino al raggiungimento ... È compreso quanto occorre per dare la prova completa: per ogni metro di profondità senza uso di rivestimento delle aste	4,00	10,00			40,00		
	SOMMANO m					40,00	17,50	700,00
	Parziale LAVORI A MISURA euro							12'457,00
	T O T A L E euro							12'457,00
	Data, 22/03/2023							
	Il Tecnico Geol. Luigi RENDE							
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----							
	A R I P O R T A R E							



Tav. 2 - Carta Geologica (stralcio F. 212 III SO) scala 1:25.000



Area d'interesse progettuale

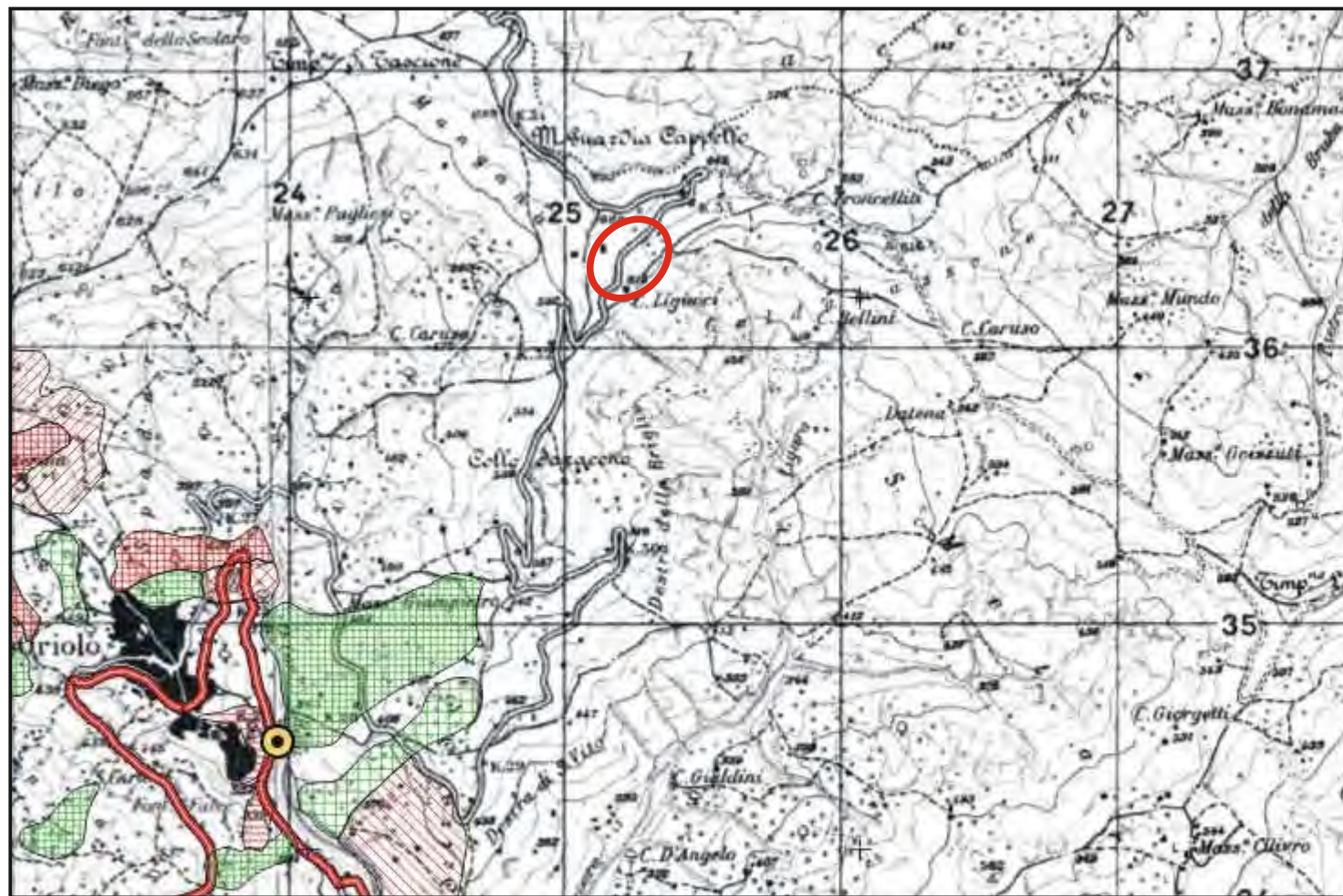


Tavola
15.3-T26
Ottobre 2001

**CARTA INVENTARIO DELLE FRANE
RELATIVE ALLE INFRASTRUTTURE
(STRADE, FERROVIE E RETI DI SERVIZIO)
ED AI BENI CULTURALI ED AMBIENTALI**



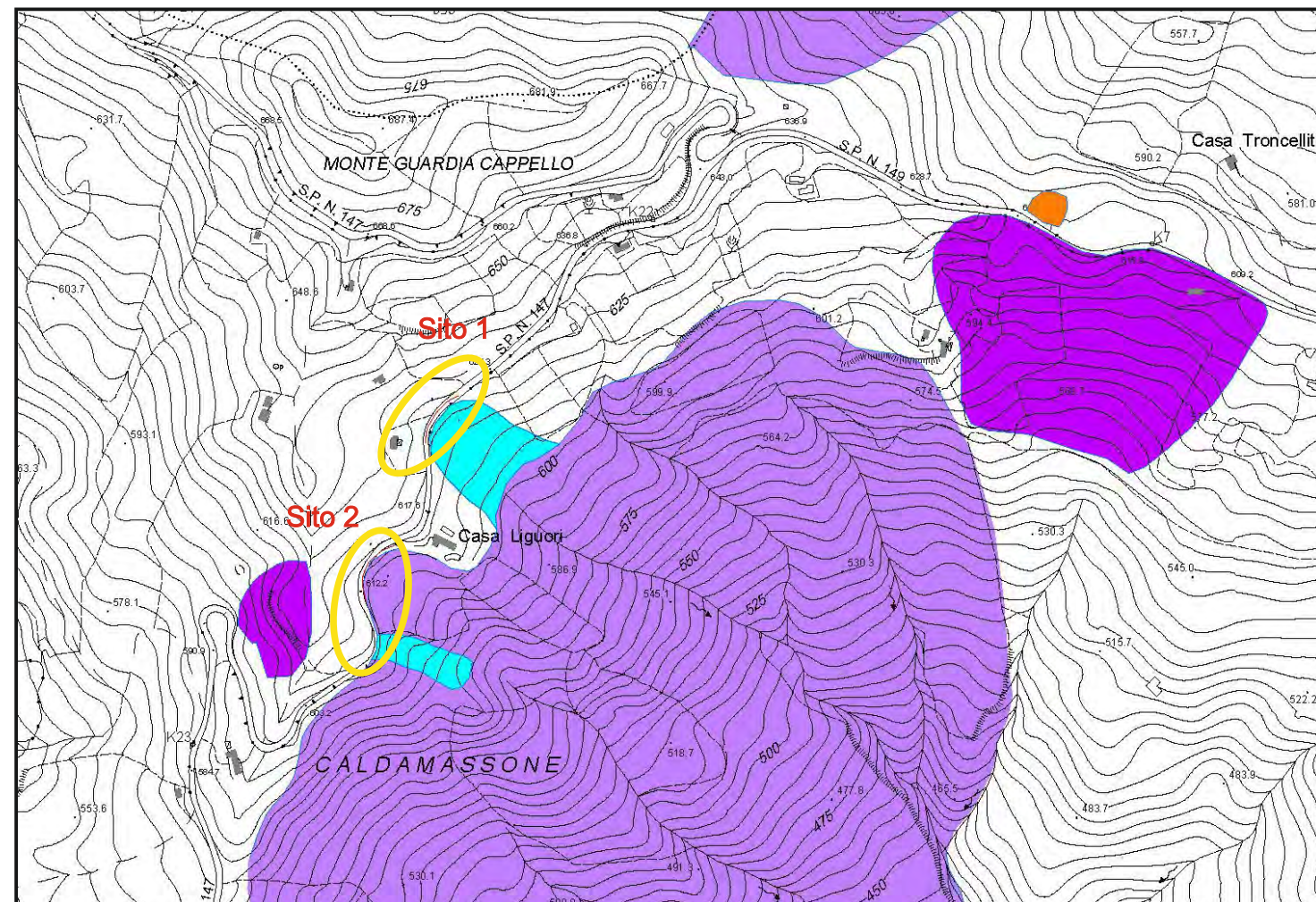
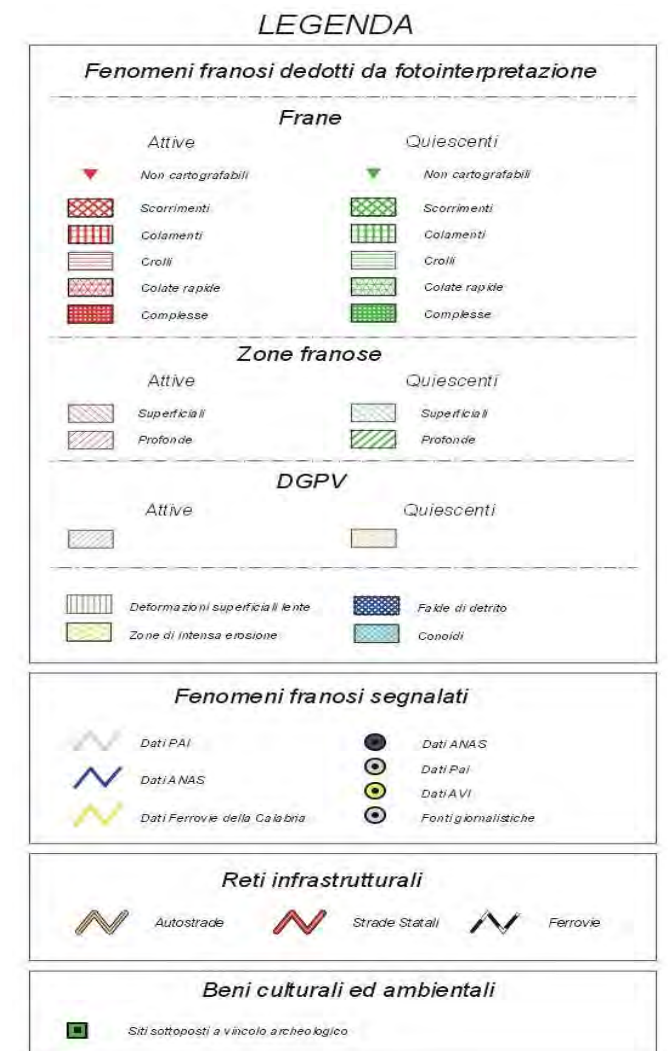
REGIONE CALABRIA

Autorità di Bacino Regionale - Assessorato Lavori Pubblici ed Acque



Tratto della SP 147
interessata dal Progetto

Raffronto PAI scala 1:25.000



Raffronto PPPR
Provincia di Cosenza
scala 1:5.000 su CTR



Tratti della SP 147
interessati dal Progetto

Legenda

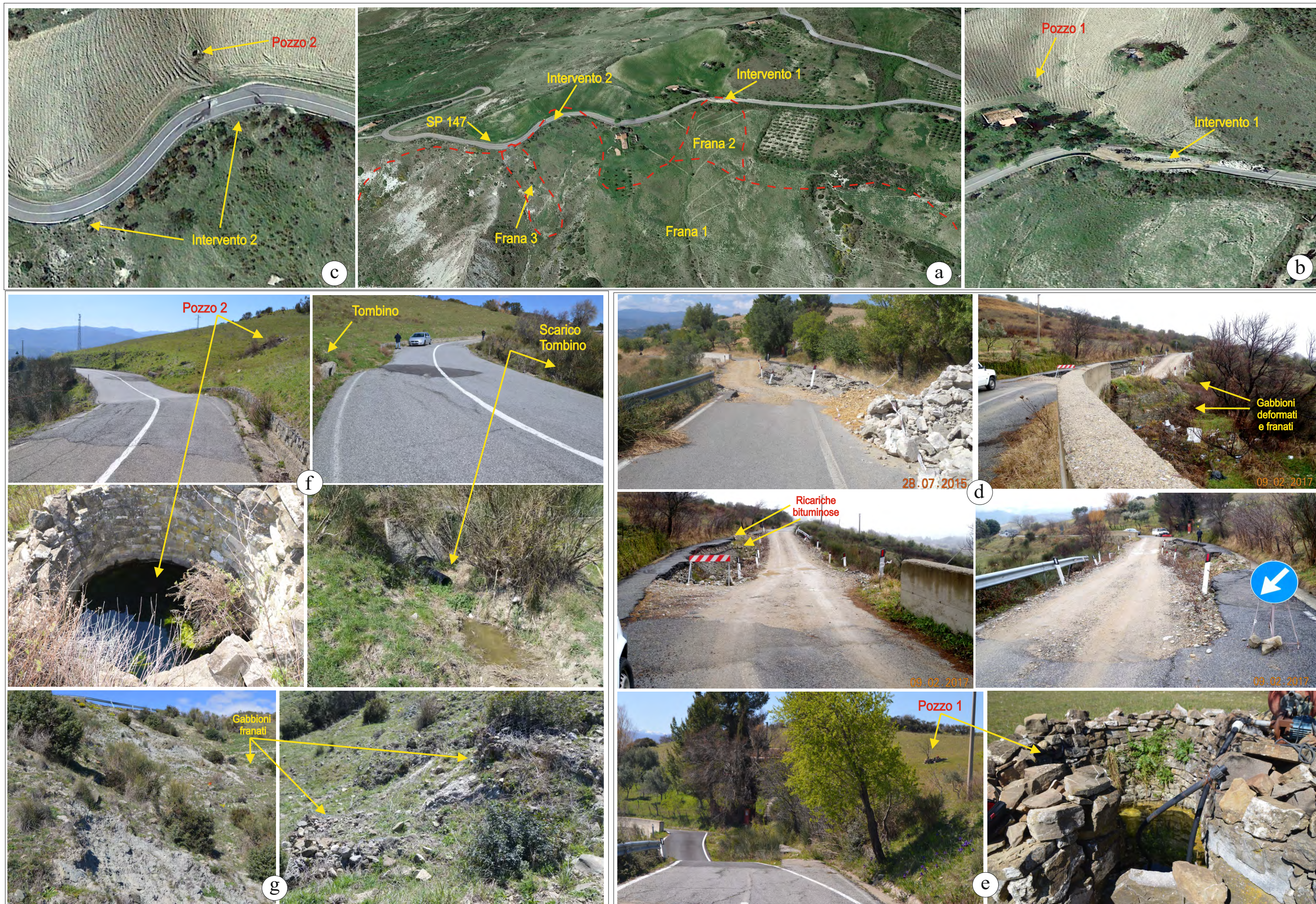
PROVINCIA CS_frane 2008_2012

- colata
- complessa
- crollo
- scorrimento
- zona_erosione_intensa
- zona_franosa_profonda
- zona_franosa_superficiale

PROVINCIA CS_fratture al suolo 2008_2012

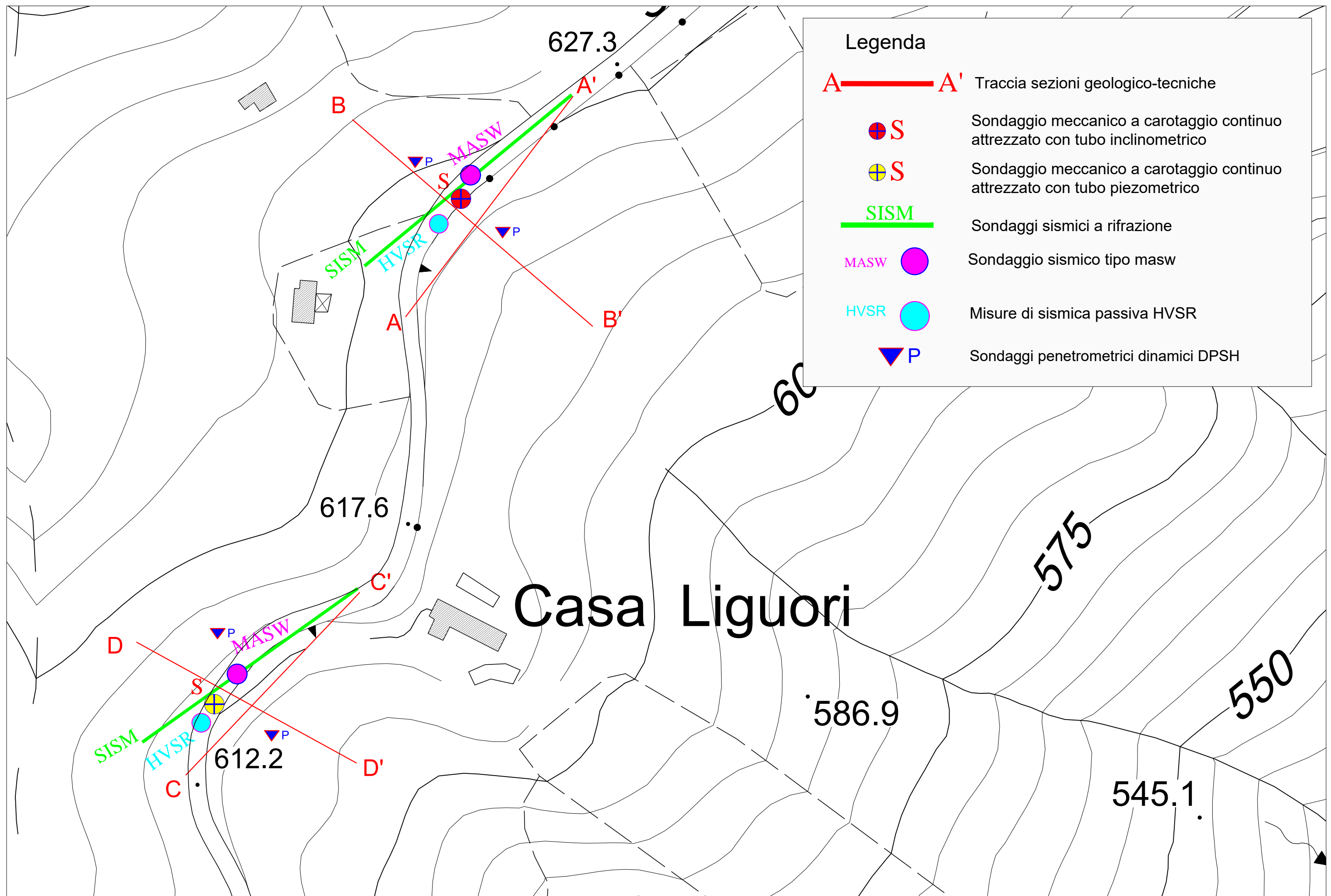
PROVINCIA CS_frane non cartografabili 2008_2012

Zona franosa rilevata per questo progetto

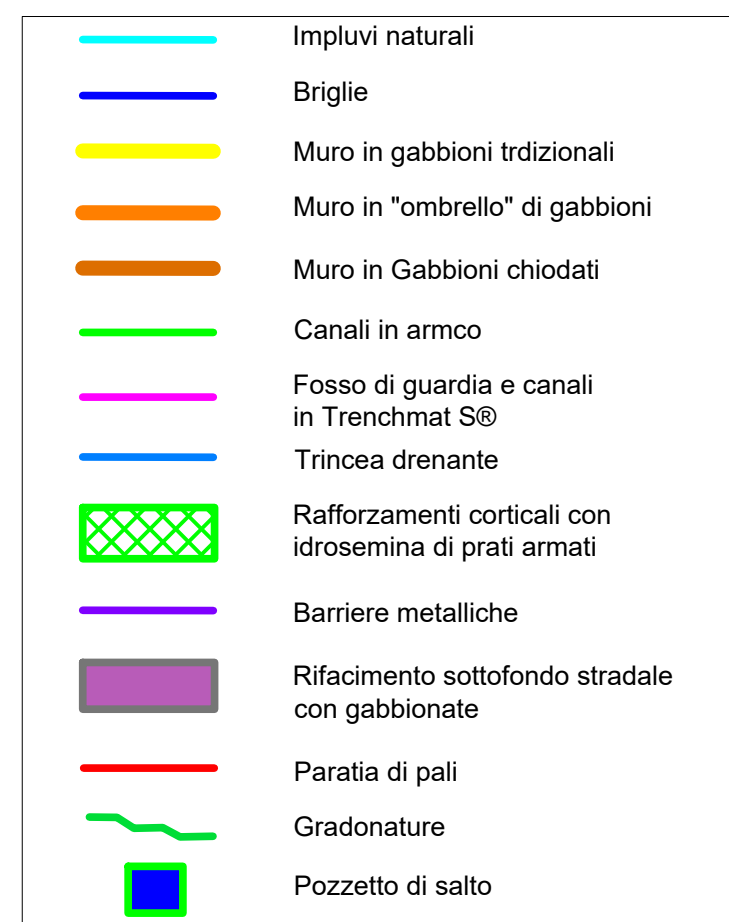
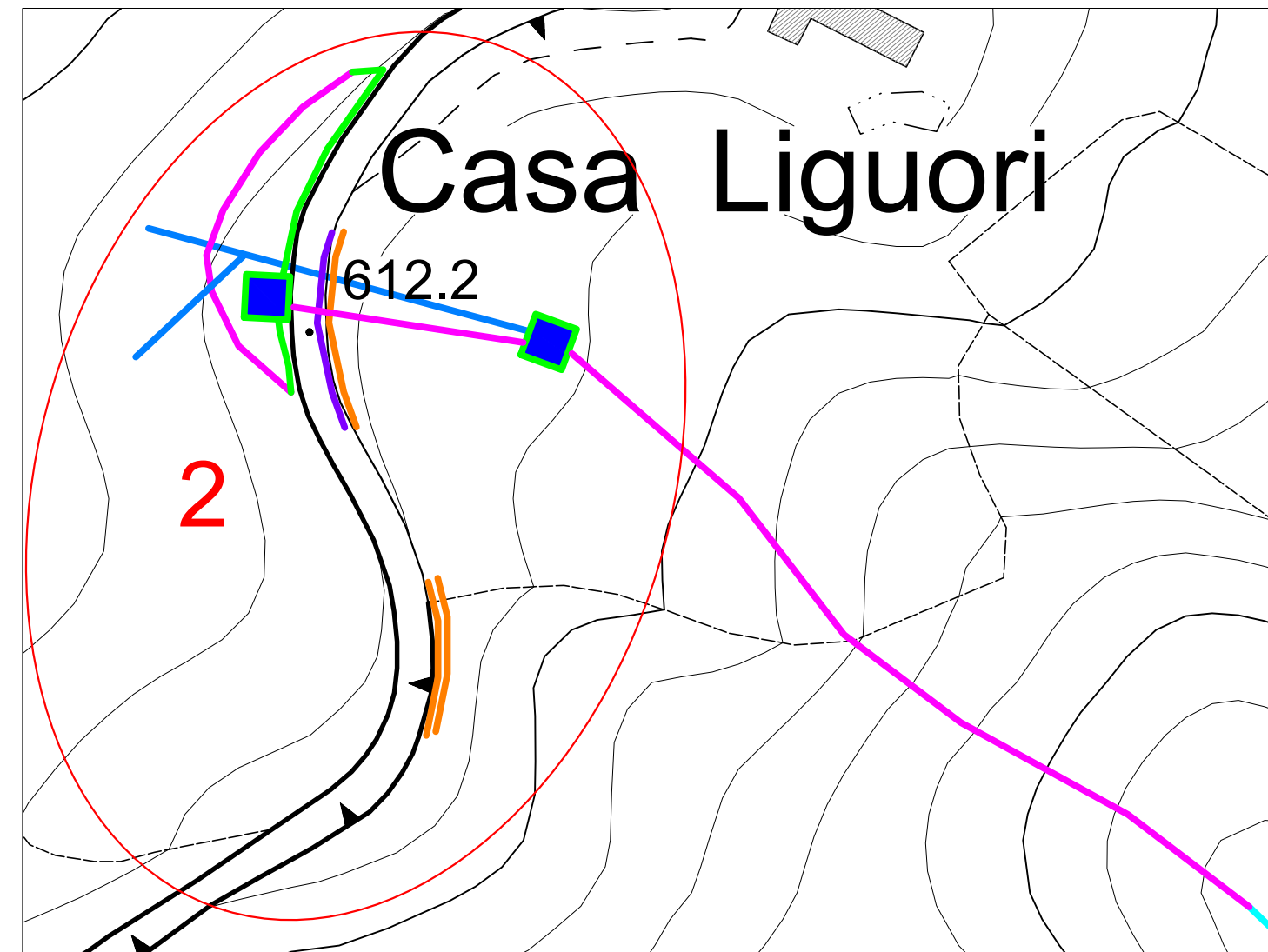
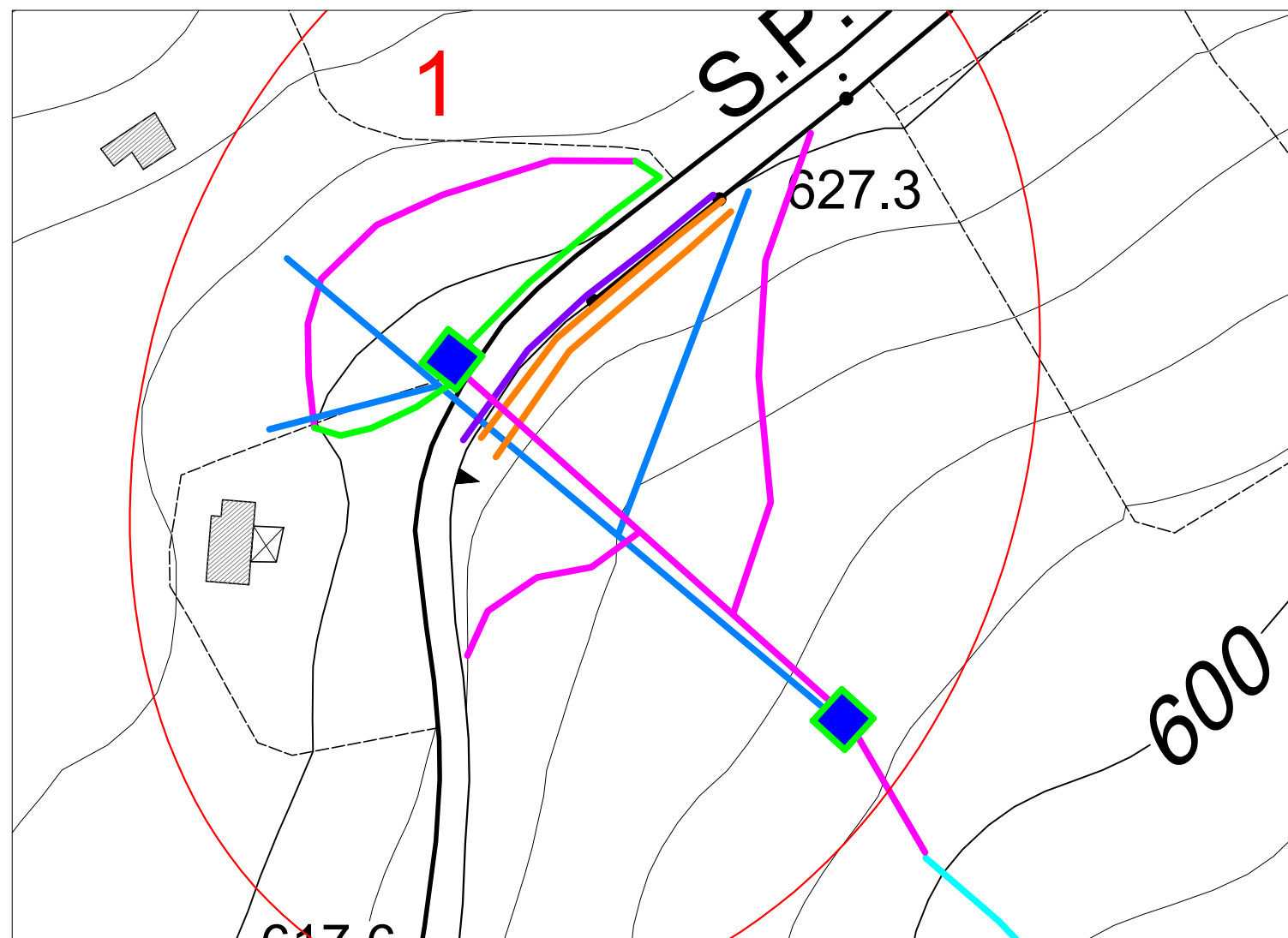


Tav. 4 - Report Fotografico - Foto 3

a) Immagine da Google Earth 2018, il tratteggio in rosso indica i limiti delle frane che interessano la SP 147; b-c) particolari dei siti 1 e 2; d) particolari del dissesto che interessano il sito 1 e degli interventi realizzati nel corso degli anni passati (2015-2017); e) tratto stradale (sito 1) come si presenta attualmente, col particolare del pozzo 1 posto a monte della SP; f) particolari del dissesto che interessa il sito 2, con i particolari del pozzo 2 posto a monte della SP e dello scarico del tombino a valle della SP; g) particolari dello smottamento che interessa la scarpata a valle della curva di qt 610 m s.l.m., che precede il sito 2, dove erano stati posizionati in precedenza dei gabbioni di sottoscarpa.



Tav. 5 - Ubicazione Indagini Geognostiche (scala 1:1.000)



Tav. 6 - Schema Interventi Proposti scala 1:1.000