

PNC - PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A4,"Investimenti sulla rete stradale statale"

S.S. 502 - S.S. 78 - Belforte del Chienti - Sarnano - Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni. 2° Stralcio. Cod. SIL ACNOAN00114 - Codice CUP F71B22001170001

PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA ED ESECUZIONE LAVORI

cod. **PSL10/22**

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Prof. Ing. Franco BRAGA
Ordine Ingegneri di Roma n. 7072/A

GEOLOGO:

Dott. Geol. Andrea RONDINARA
Albo regionale del Lazio n. 921

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Davide TALIA
Ordine Ingegneri di Roma n. 29001/B

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Marco MANCINA

PROTOCOLLO

DATA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE:

Mandataria



Mandanti



RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI:

Mandataria



Mandanti



Dott. Geol.
Andrea
Rondinara

Prestatore del servizio di PMA



**STUDI E INDAGINI
GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA**

Relazione geologica, geomorfologica e geoidrologica generale

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T01SG00GEORE01A.dwg

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

--	--	--	--	--	--	--	--	--

--

--

CODICE ELAB. **T01SG00GEORE01**

A

1:2000

A

EMISSIONE

Agosto 2023

Rondinara

Eusepi

Brago

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

S.S. 502 – S.S. 78 Belforte del Chienti – Sarnano – Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento intersezioni – 2° stralcio. Cod. SIL ACNOAN00114 - Codice CUP F71B22001170001 CIG 95039446B1

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica, geomorfologica e geoidrologica generale

INDICE

1	PREMESSA	4
2	RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE	5
3	UBICAZIONE DELL'AREA	6
4	DIMENSIONI E CARATTERISTICHE DEL PROGETTO	8
5	METODOLOGIA DI INDAGINE E PROVENIENZA DEI DATI	10
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
6.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	12
6.1	GEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO	14
7	INQUADRAMENTO STRUTTURALE	17
8	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	19
8.1	GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO	20
8.1	CONDIZIONI DI STABILITA' DELL'AREA	22
8.1.1	Dissesti censiti dall'IFFI	22
8.1.2	Le aree a rischio frana del PAI	23
8.1.3	L'area instabile sul versante sinistro del Fiastrone nei pressi del nuovo viadotto	23
9	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO	26
9.1	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	26
9.1.1	Idrografia superficiale	26
10	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	30
10.1	IDROGEOLOGIA DI AREA VASTA	30
10.2	IDROGEOLOGIA LOCALE	32
10.2.1	Acquiferi alluvionali	33
10.2.1	Acquiferi del complesso arenaceo e pelitico-arenaceo	33
10.2.2	Acquiferi dei depositi eluviali-colluviali e di versante	34
10.1	LE INDAGINI SULLA FALDA E LE LETTURE PIEZOMETRICHE	34
11	SISMICA	36
11.1	Categoria sismica dei terreni	45

12	IL PIANO INDAGINI PER IL PROGETTO DEFINITIVO	47
13	CONCLUSIONI	50

1 PREMESSA

Nella presente relazione si illustrano i risultati dello studio geologico eseguito per la Progettazione Definitiva dei Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento intersezioni - S.S. 502 – S.S. 78 Belforte del Chienti – Sarnano - 2° stralcio.

Nell'esecuzione dello studio, in attesa della esecuzione delle indagini geognostiche e geofisiche espressamente pianificate per la progettazione definitiva, si è fatto riferimento agli studi geologici ed i relativi elaborati grafici elaborati per il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica, ai quali si sono aggiunte le informazioni derivanti da sopralluoghi e rilievi specifici nell'area.

Lo studio ha consentito di ricostruire l'assetto geologico ed idrogeologico, l'assetto geomorfologico-strutturale e sismico dell'area in esame compresa la presenza di eventuali vincoli di carattere territoriale.

2 RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE

- D.M. 11 marzo 1988. “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circ. LL.PP. 24 settembre n. 30483. “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. 2004.
- Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti di geotecnica. 2004.
- Ordinanza n. 3274 del 08/05/2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e relativi allegati e s.m.i.
- Ordinanza n. 3519 del PdCM del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni. DM 17 gennaio 2018.
- Istruzione per l’applicazione delle Norme Tecniche. Circ. Min. 2 febbraio 2009 n. 617
- Raccomandazioni AGI sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche (1977)
- Raccomandazioni AGI sui pali di fondazione (1988).
- Raccomandazioni AGI sulle Prove Geotecniche di Laboratorio (1994).
- Raccomandazioni AGI Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica (1995)
- DL 18 aprile 2016, n. 50. Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull’aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d’appalto degli enti erogatori nei settori dell’acqua, dell’energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.
- D.P.R. 5/10/2010 n. 207. Regolamento di esecuzione ed attuazione del D.L. 12/4/2006 n. 163 recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”.

3 UBICAZIONE DELL'AREA

Il tracciato si sviluppa interamente all'interno del comune di Cessapalombo, in provincia di Macerata.



Figura 1 - Inquadramento territoriale di area vasta (in rosso il tracciato di progetto)

I lavori del secondo stralcio si sviluppano dalla rotatoria di Contrada Carufo superando la località Colfano e successivamente attraversando la valle incisa valle del torrente Fiastrone, fino a giungere, dopo un percorso di circa 1,7 km, alla rotatoria posta in sponda destra in corrispondenza dello stabilimento Del Vecchio.

Nell'ambito dell'intervento del secondo stralcio si possono chiaramente individuare due zone con caratteristiche fra loro molto differenti:

una prima parte (di circa 1,2 km) compresa fra la rotatoria di Contrada Carufo e la rotatoria di Colfano dove la rettifica del tracciato avviene sostanzialmente lungo la sede esistente, a parte qualche limitato scostamento laterale necessario per raddrizzare tortuosità locali e migliorare il passaggio fra gli edifici che fronteggiano la strada;

una seconda parte, certamente più complessa e significativa, che dalla rotatoria di Colfano va ad attraversare direttamente il torrente Fiastrone con un nuovo viadotto in variante, cortocircuitando così la lunga tortuosità (circa 1 km con curve strette e ravvicinate) che la strada attuale compie per andare ad attraversare la valle più a nord (nel punto di maggiore stretta) per poi ritornare indietro e ridirigersi a sud, verso Maregnano, Morichella e i Piani di Pieca.

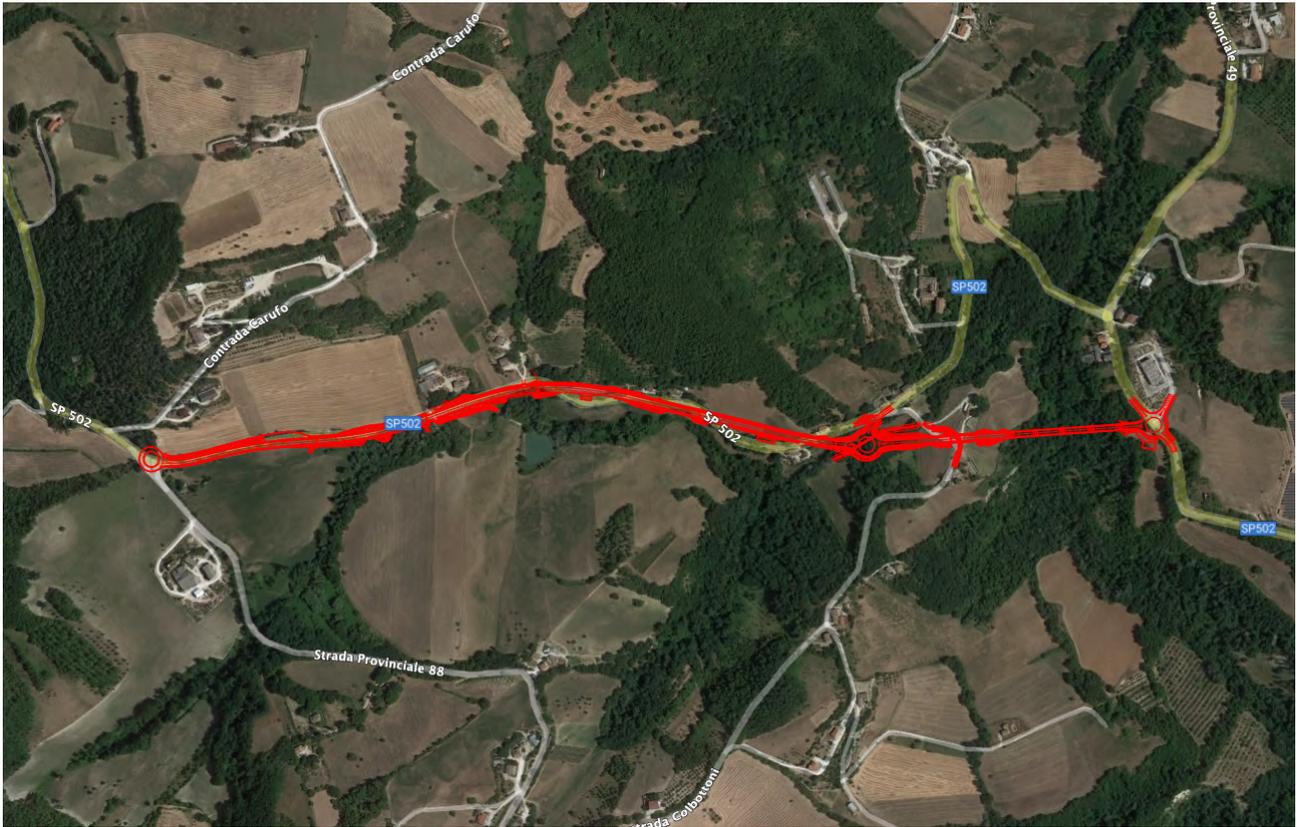


Figura 2 - Inquadramento territoriale (in rosso il tracciato di progetto)

4 DIMENSIONI E CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

L’infrastruttura di progetto si presenta, in entrambi i tratti AP.01 e AP.02, come una strada di tipo C1 extraurbana secondaria ai sensi del DM 05/11/2001. L’intervallo di velocità di progetto è pari a 60-100 km/h per l’intero sviluppo del tracciato.

L’asse di tracciamento è unico e collocato sempre al centro della sezione dove avviene la rotazione dei cigli, così come indicato dalla normativa.

Per permettere la risoluzione di criticità peculiari del tracciato, legate soprattutto ad accessi sull’asse principale che in seguito alla realizzazione di quanto in progetto saranno chiusi o a collegamenti di tipo poderale che non saranno più fruibili, è stata prevista una rete di viabilità secondarie di ricucitura o di servizio.

Le strade appartenenti a tale rete sono state inquadrate - sensi del D.M. 2001 – come “strade a destinazione particolare”, ovvero strade per le quali tutte le prescrizioni caratterizzate dal parametro “velocità di progetto” non sono applicabili. Si tratta, in ambito extraurbano, di strade agricole, forestali, consortili e simili, nelle quali le dimensioni della piattaforma vanno riferite in particolare all’ingombro dei veicoli di cui è previsto il transito.

La sezione trasversale stradale adottata per l’asse principale è relativa ad una Strada Extraurbana Secondaria (Categoria C1) con una sezione trasversale stradale con soluzione base a 1+1 corsie di marcia. Tale configurazione prevede una carreggiata costituita da due corsie di marcia pari a 3,75 m, banchina in destra e sinistra pari a 1,50 m, per una larghezza complessiva della piattaforma stradale pari a 10.50m. Nei tratti in curva, ove necessario, sono stati previsti allargamenti della carreggiata per la visibilità in corrispondenza del margine laterale.

Allo scopo di garantire un agevole smaltimento delle acque meteoriche interessanti la piattaforma stradale, nei tratti in rettilineo la piattaforma presenta una doppia falda inclinata verso l’esterno con pendenza pari a 2,5%, mentre nei tratti in curva la piattaforma presenta una rotazione delle falde con inclinazione nella direzione del centro della curva con pendenza variabile, in funzione del raggio della curva.

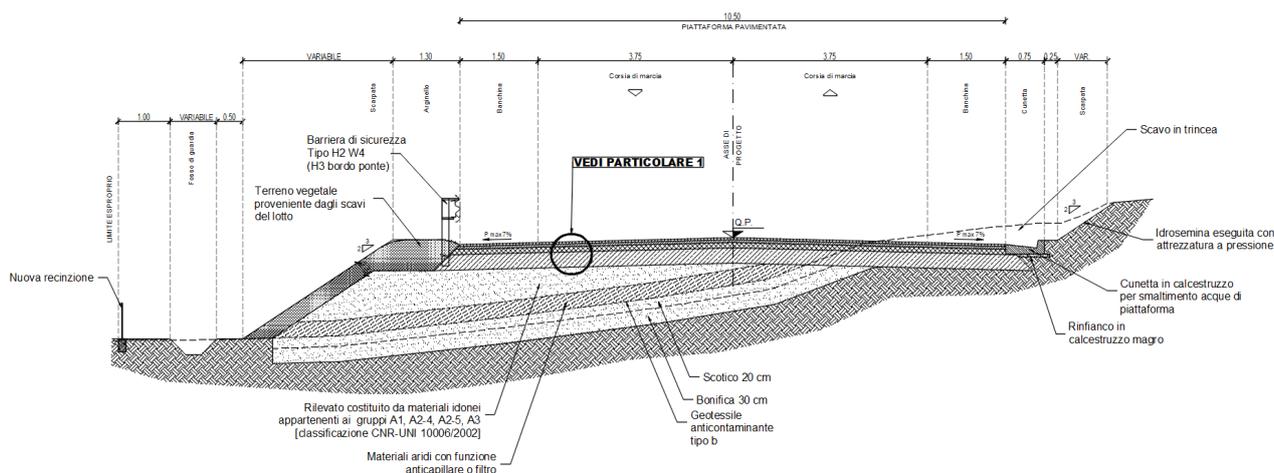


Figura 3 - Sezione tipo in mezzacosta

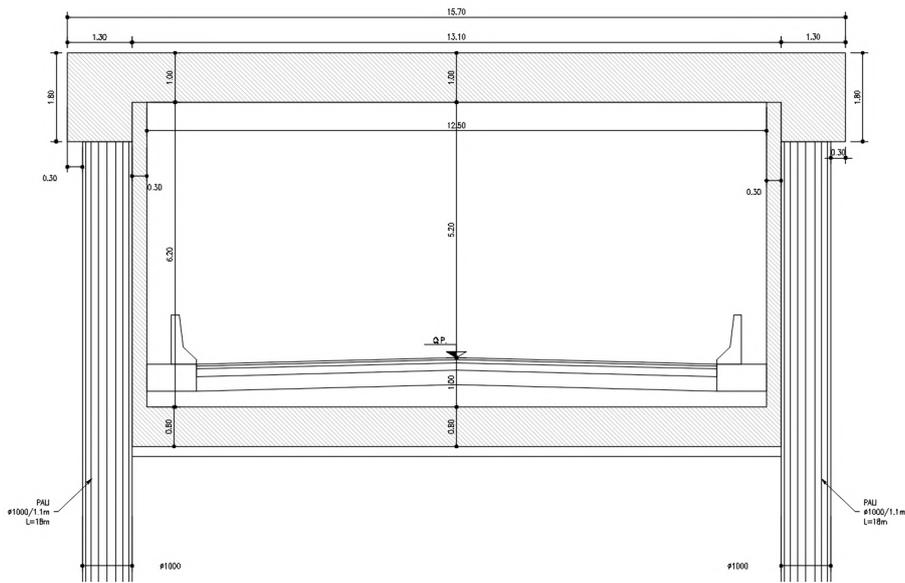


Figura 4 - Sezione tipo in galleria artificiale

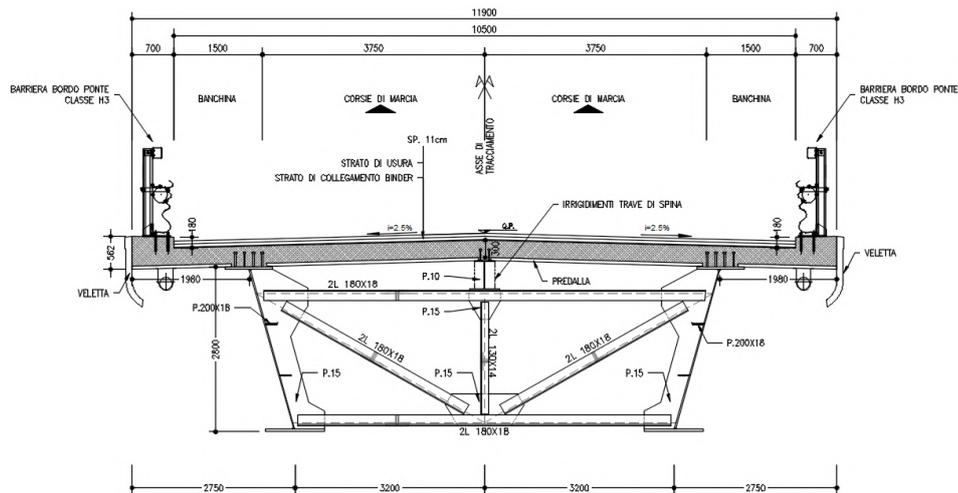


Figura 5 - Sezione tipo in viadotto

5 METODOLOGIA DI INDAGINE E PROVENIENZA DEI DATI

Lo studio realizzato ha consentito di ricostruire l'assetto geologico ed idrogeologico, l'assetto geomorfologico-strutturale e sismico dell'area in esame compresa la presenza di eventuali vincoli di carattere territoriale.

L'indagine geologica è stata condotta in più fasi. Nella prima fase è stata effettuata un'accurata indagine da fonti bibliografiche e di letteratura necessaria per definire le caratteristiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area interessata dal progetto. In particolare, si è fatto riferimento ai dati riportati nella:

- Carta Geologica d'Italia, Foglio n. 124 "Macerata" - scala 1:100.000;
- Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio n. 124 "Macerata";
- Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) - Dipartimento per il servizio geologico d'Italia - ISPRA;
- Relazione tecnico illustrativa relativa allo studio di Microzonazione Sismica del comune di Cessapalombo (MC) [Gennaio 2018].

I dati di Vulnerabilità geologica del settore di territorio in esame e l'eventuale perimetrazione delle aree in funzione della tipologia di processo geomorfologico, dello stato di attività, della cinematica, della velocità e della tendenza evolutiva, sono stati verificati nelle cartografie ufficiali aventi valori ai fini "vincolistici". È stata verificata la classificazione del sito in esame nelle seguenti cartografie ufficiali:

- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvione (PGRA) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale;
- Banca dati informatica e cartografica del Progetto IFFI - Inventario Fenomeni Franosi d'Italia, sviluppato dall'APAT- Servizio Geologico Nazionale;
- Vincolo Idrogeologico (R.D. n.3267/1923) della Regione Marche.

Nella seconda fase è stato condotto uno studio geologico, geomorfologico e idrogeologico attraverso un organico rilevamento effettuato in sito.

I dati geologici e geotecnici hanno consentito di definire le litologie affioranti e di effettuarne una caratterizzazione. I dati geomorfologici hanno permesso di individuare la presenza di possibili fenomeni erosivi e di instabilità in atto. I dati idrografici/idrogeologici hanno accertato la vicinanza a corsi di acqua e le caratteristiche dell'acquifero.

Al momento della stesura di questa relazione (Luglio 2023) ancora non sono disponibili i risultati delle indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio terre pianificate nell'ambito della progettazione definitiva. Appena saranno disponibili tali indagini la relazione sarà revisionata ed integrata.

Anche la produzione di elaborati grafici allegati alla relazione, proprio per la mancanza di dati geognostici e geofisici aggiornati, è stata limitata alla sola produzione di cartografie tematiche: successivamente alla disponibilità delle indagini geognostiche pianificate la parte di elaborazioni grafiche sarà integrata con profili e sezioni.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area oggetto della presente indagine, secondo un'analisi omogenea dal punto di vista del rilievo, dell'assetto morfologico complessivo e della posizione geografica precedentemente presa in considerazione, effettuata a partire dalla Carta Geologica delle Marche (1: 250.000) e dalla Carta Geologica d'Italia (1:100.000), appartiene alla regione fisiografica "B - Fasce di rilievi collinari comprese tra catene montuose o adiacenti ad esse" [Sistema Ba], caratterizzata dalla presenza in substrato di alternanze di termini arenacei, arenaceo-pelitici e pelitico, depositi nel Miocene fittamente stratificati e con possibili strutture sinclinaliche.

I depositi superficiali sono in genere argilloso-limoso-sabbiosi di spessore cospicuo (da qualche metro fino a 10 m) e, lungo le valli fluviali, sono presenti depositi alluvionali terrazzati, prevalentemente ghiaiosi, di discreta estensione e potenza.

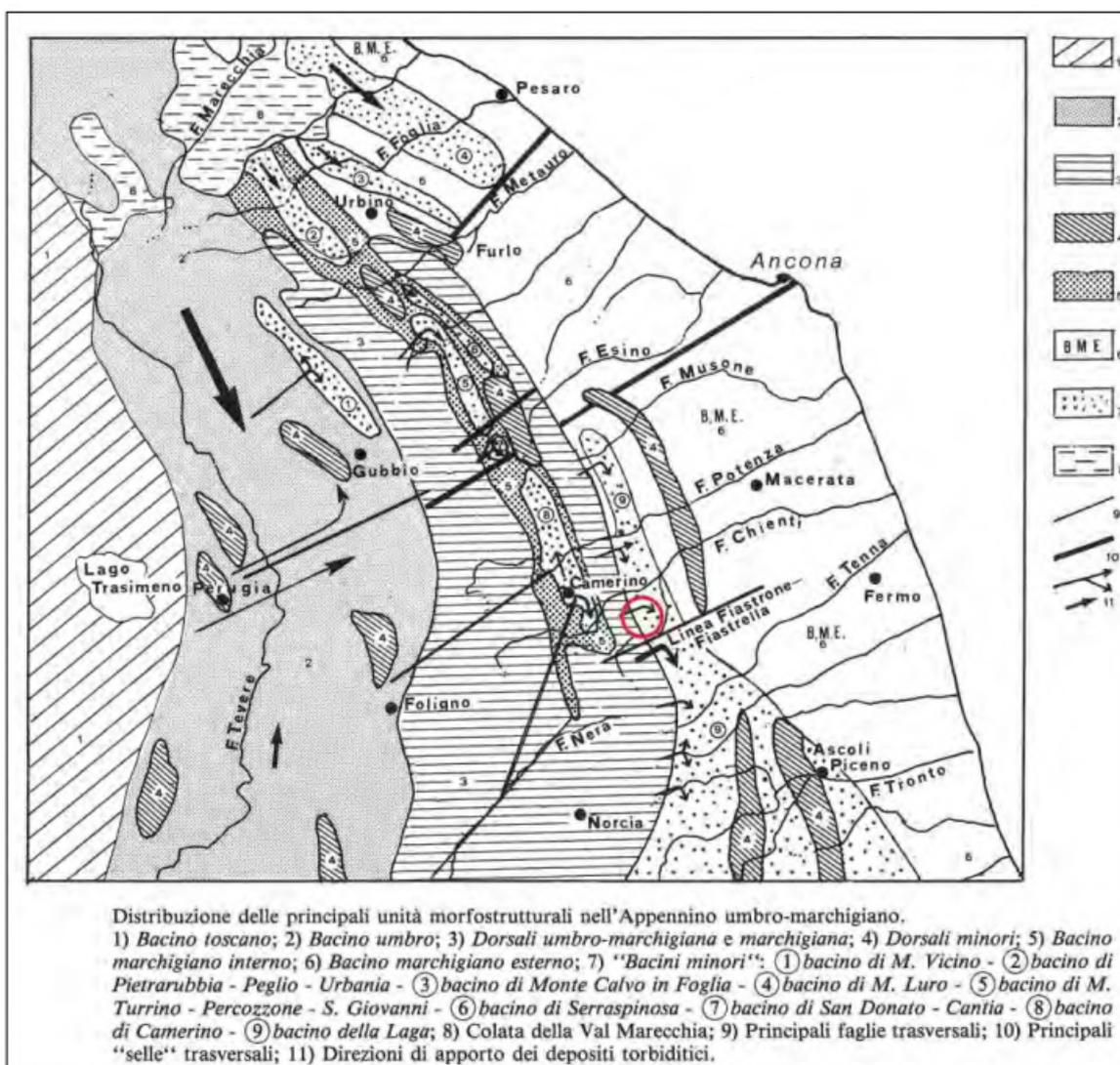


Figura 6 - Tratto dalla "Geologia delle Marche", (Studi Geologici Camerti, 1986 autori vari)

Da un'analisi della Carta Geologica d'Italia, Foglio 124 "Macerata" di area vasta (cfr. figura successiva), è possibile notare che l'area presenta due fasce di terreni differenti: la prima, nella porzione più occidentale dell'area, relativa alla zona montuosa (o alto collinare) e alla regione fisiografica denominata "Massicci e dorsali montuose – Regione A"; la seconda, nella porzione centrale ed orientale dello stralcio cartografico, rappresentata nella carta da tonalità marroni, presenta per lo più caratteristiche tipiche di "Fasce di rilievi collinari comprese tra catene montuose o adiacenti ad esse – Regione B".

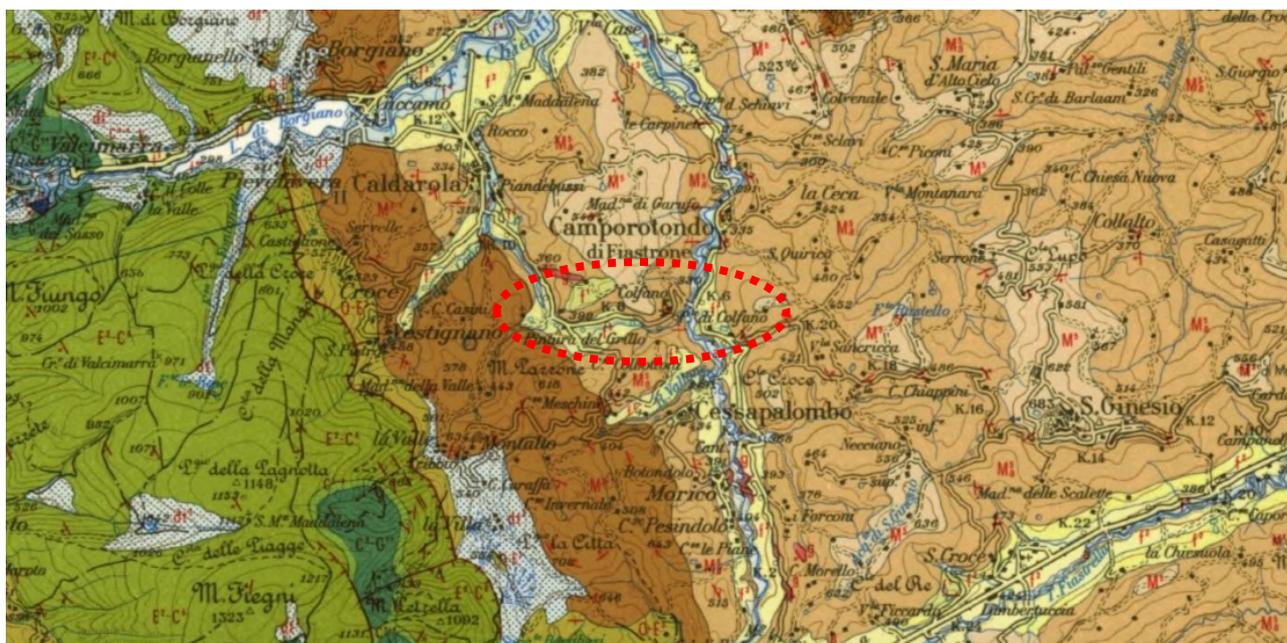


Figura 7 - Carta Geologica d'Italia – Foglio 124 "Macerata". In rosso l'area di progetto

In particolare, l'area montuoso -altocollinare occidentale è costituita per lo più da alternanza di calcari, calcari marnosi, marne e calcari selciferi depositi nell'intervallo Giurassico superiore - Eocene medio e rappresentati maggiormente dalle unità della Maiolica, Scaglia rossa e Scaglia Cinerea.

Il settore centro-orientale, dove ricade il tracciato di progetto, rappresentato da cerchio tratteggiato in rosso, strutturalmente rappresenta una zona di raccordo tra i rilievi montuosi calcarei e/o calcareo-marnosi del settore occidentale e parte della depressione miocenica, il cui nucleo è presente ancora più ad est. In questo settore sono presenti alternanze di marne calcaree, marne argillose, calcari e calcari marnosi depositi nell'intervallo Eocene medio (41,2 Ma) - Tortoniano (11,63 Ma) e da alternanze di termini arenacei, arenaceo pelitici e pelitico-arenacei, rappresentate nella Carta Geologica d'Italia dalle unità litologiche del Bisciario, dallo Schlier, dalle Molasse inferiori e dalla Formazione gessoso-solfifera.

Entrambi i settori presentano una copertura continentale costituita da depositi superficiali argilloso-limoso-sabbiosi di spessore cospicuo in corrispondenza di scarpate o vallecicole concave, e depositi alluvionali terrazzati prevalentemente ghiaiosi, di discreta estensione e potenza, lungo le valli fluviali.

Di seguito vengono mostrati i rapporti stratigrafici tra le unità precedentemente illustrate, da cui si nota che il settore occidentale presenta terreni affioranti più antichi rispetto al settore orientale. Nel capitolo seguente, verranno trattate in dettaglio le varie unità affioranti in entrambi i settori.

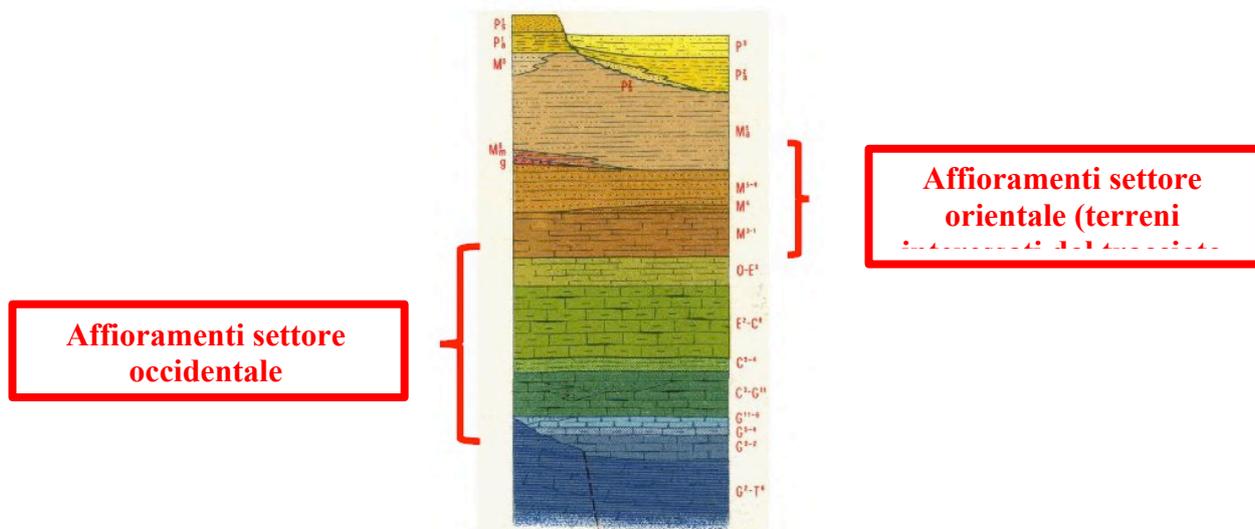


Figura 8 - Sezione schematica dei rapporti stratigrafici

6.1 GEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

Sulla base di un rilievo geologico effettuato sull'area interessata dal tracciato di progetto e dall'analisi della Carta Geologica Regionale – Progetto CARG è stato possibile estrarre, dai terreni più antichi a quelli più recenti, la seguente successione stratigrafica:

Unità del substrato- formazione della Laga

(LAG3): è costituito da una litofacies pelitico- arenacea (LAG3e) caratterizzata da peliti grigie con rare intercalazioni di strati arenacei a spessore variabile. Nella parte alta è presente il livello guida vulcanoclastico. Intercalate a varie altezze stratigrafiche si rinvencono litofacies arenacee (LAG3c) e arenaceo pelitiche (LAG3d). Tale formazione è riconducibile al Messiniano p.p..

(LAG1): Vi si riconoscono diverse associazioni di facies variamente alternate tra loro: litofacies gesso arenitica [LAG1c], litofacies arenaceo-pelitica [LAG1d] e litofacies pelitico-arenacea [LAG1e]. Tali unità arenacee [LAG1c] e arenaceo-pelitiche [LAG1d] vengono indicate spesso con il nome di "molasse". Tale formazione è riconducibile al Messiniano p.p..

Unità di copertura

Depositi di frana (MUSa1): Costituiti da elementi derivanti dalle coltri colluviali instabili e/o frane in formazione Pelitica arenacea come si rinviene in prossimità del Torrente Fiastrone e indicata nella tavola geomorfologica allegata.

Depositi alluvionali attuali (MUSb): Costituiti da ciottoli calcareo scarsamente arrotondati derivanti dal disfacimento dei terrazzi più alti e da limi argillosi presenti per affioramenti pelitico arenacei posti lungo l'asta del torrente. Tale formazione è riconducibile all'Olocene.

Depositi alluvionali terrazzati, Supersintema di Colle Ulivo – Colonia Montani (2° ordine) (ACbn3)

e

Depositi alluvionali terrazzati, Sintema di Matelica (3° ordine) (MTIbn)

Generalmente nell'area marchigiana si riconoscono tre ordini principali di terrazzi alluvionali posti a varie altezze sul fondovalle (fino ad oltre 200 m) e prodotti in ambiente freddo. I terrazzi del 3° ordine (MTIbn) sono attribuiti al Pleistocene superiore (Würm) in base a datazioni radiometriche, mentre quelli del 1° (URSbn3) e 2° ordine (ACbn3) sono stati riferiti al Pleistocene medio sulla base di considerazioni pedostratigrafiche (sono alterati alla sommità da paleosuoli fersiallitici prodotti in prolungate condizioni di clima subtropicale) e paleontologiche.

I depositi di 2° e 3° ordine si presentano in lembi più estesi e continui, con spessori fino a 10-30 metri. Essi sono costituiti da ciottoli a granulometria più uniforme, con diametri compresi mediamente tra 2 e 5 cm, anche se non mancano talora elementi molto grossolani (specie alla base dei depositi).. Spesso si rinvengono lenti e livelli limosi e sabbiosi e clasti arenacei, più frequenti nei bacini modellati in substrati arenacei e arenaceo-pelitici. Spesso i depositi del 2° ordine appaiono cementati in superficie a seguito di processi pedogenetici, ai quali sono dovuti anche suoli fersiallitici più o meno troncati che si osservano alla loro sommità.

Depositi alluvionali attuali, Sintema del Fiume Musone (MUSb)

I depositi alluvionali di epoca olocenica sono costituiti dalle alluvioni d'alveo attuale lungo tutti i corsi d'acqua, anche di piccola portata, e da quelle terrazzate aventi un dislivello di 5-10 m sul fondovalle. In genere sono separate da deboli scarpate ma talora sfumano dolcemente l'una nell'altra. La loro composizione è pressoché analoga a quella dei depositi precedenti, essendo costituite da elementi provenienti in prevalenza dalle formazioni calcaree, calcareo-marnose, arenacee e arenaceo-pelitiche. Rispetto alle alluvioni pleistoceniche questi depositi si presentano freschissimi e del tutto inalterati.

Depositi eluvio-colluviali, Sintema del Fiume Musone (MUSb2)

Tali depositi sono prevalentemente di natura limoso-argillosa, di origine colluviale, con frazione sabbiosa e/o con elementi marnosi o calcareo-marnosi in relazione alla natura del bacino di alimentazione.

Nel settore studiato sono molto diffusi come copertura nei versanti, soprattutto nel settore orientale, dove il bacino di alimentazione è di tipo marnoso-argilloso, occultando il substrato in affioramento; lo spessore può arrivare fino a circa 10 m ed oltre.

Di seguito si riporta lo stralcio della carta geologica per i dettagli della quale si rimanda all’elaborato grafico T01SG00GEOCG02 – “Carta geologica di dettaglio”.



DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

Sistema del Fiume Musone

-  Depositi di frana con indizi di evoluzione (Olocene)
-  Depositi eluvio-colluviali (Olocene)
-  Depositi alluvionali terrazzati

Sistema di Matelica

-  Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore)

Supersistema di Colle Ulivo-Colonia Montani

-  Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio)

Sistema di Urbisaglia

-  Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene inferiore/medio)

DEPOSITI MARINI SILICOCLASTICI

Formazione della Laga (Messiniano)

-  Litofacies gesso arenitico
-  Litofacies arenaceo-pelitica
-  Litofacies pelitico-arenacea
-  Gruppo gessoso solifera

Figura 9 – Stralcio della Carta geologica di dettaglio (T01SG00GEOCG02)

7 INQUADRAMENTO STRUTTURALE

È noto che la regione marchigiana è interessata da uno stile tettonico prevalentemente plicativo, con pieghe e sovrascorrimenti ad andamento NW-SE, cioè, grosso modo, parallelo al bordo costiero adriatico, spesso rovesciate verso oriente. Dall'osservazione dello schema strutturale del Foglio 124 (cfr. figura successiva), si nota che tutto il territorio preso in esame risulta essere a cavallo tra il settore indicato come "Anticlinale M. San Vicino – M. Letegge – M. Fiegni – M. Sassotetto" e la "Sinclinale Castel San Pietro – San Severino – Cessapalombo – Sarnano".

L'assetto strutturale dell'area d'indagine si ubica sul lato orientale di una anticlinale che costituisce la dorsale esterna del bacino Umbro Marchigiano dove sono prevalenti i terreni appartenenti alla litofacies terrigena e principali litologie riscontrate lungo il tracciato riguardano i depositi alluvionali terrazzati e recenti e quelli appartenenti al Pleistocene. Nella conca del Fiastrone si configura una sinclinale per la presenza di terreni recenti all'interno della valle (cfr. figura precedente).

L'anticlinale, nell'area oggetto di studio, presenta una struttura tranquilla rispetto al proseguimento verso N e si avvertono, a tratti, motivi di rovesciamento verso E nel suo fianco orientale, complicato da un motivo compressivo (sovrascorrimento). La formazione che vi affiora più estesamente è la scaglia cretacea-eocenica che fa passaggio, in qualche punto, ai termini più antichi della serie, messi a nudo dall'erosione del fiume Chienti.

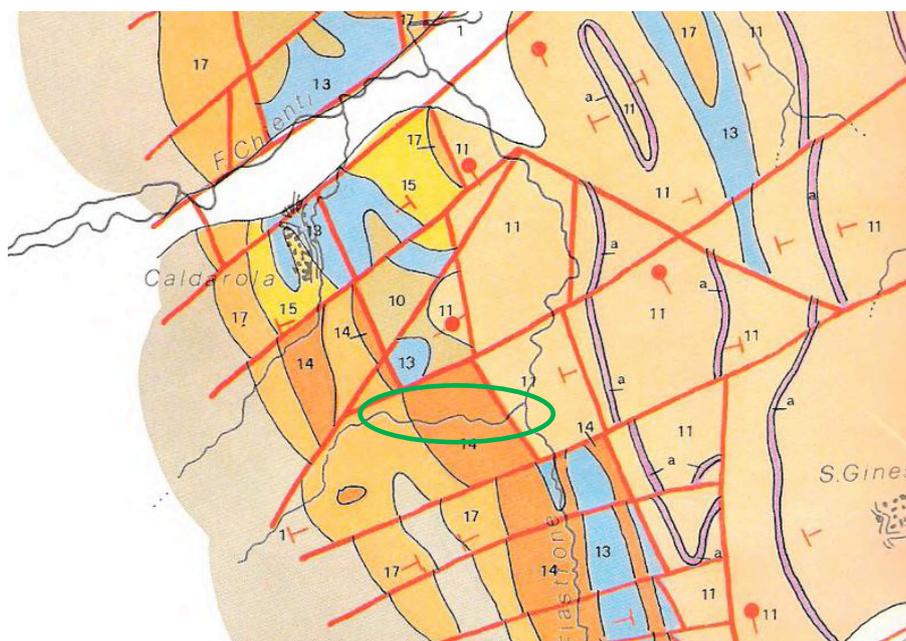


Figura 10 – Estratto della Carta geologica dei depositi neogenico-quadernari tra il f. Potenza e il f. Tronto. Istituto di Geologia – Università di Camerino. (10) Argille a Colombacci, (11) Membro post-evaporitico con (a) livello guida vulcanoclastico, (12) Membro evaporitico con (a) livello guida con gessareniti torbiditiche, (13) Formazione gessoso-solfifera, (14) Membro pre-evaporitico - facies arenacea, (15) Membro pre-evaporitico – facies arenaceo-pelitica, (17) Bisciario/Schlier

Verso oriente, come detto in precedenza, si passa alla struttura sinclinale costituita al nucleo da terreni del Messiniano. Questa struttura è interessata da fenomeni disgiuntivi, diretti da NNW a SSE, complicati da numerose fratture trasversali e tra loro parallele, a debole rigetto.

Nel Messiniano medio, in relazione con la crisi di salinità del Mediterraneo occidentale, si instaura un diffuso ambiente evaporitico che porta alla deposizione della Formazione gessoso-solfifera.

Nel Messiniano superiore, l'area corrispondente all'attuale fascia appenninica è in via di corrugamento, mentre il bacino della Laga è ancora sede di deposizione torbida di mare profondo (Membro post-evaporitico, Formazione di San Donato). Nei bacini intrappenninici minori (piggy-back basins), in un ambiente decisamente salmastro, si depongono invece le Argille a Colombacci. Si hanno spesso discordanze tra depositi evaporitici e post-evaporitici, indicative di particolare intensità della tettonica compressiva dell'area marchigiana. I flussi gravitativi sono convogliati nelle aree deposizionali lungo strette valli trasversali controllate dalla tettonica (es. linea trasversale Fiastrone-Fiastrella).

L'area si solleva ed emerge intorno al Pliocene superiore, in relazione al perdurare di compressioni iniziate nel Pliocene inferiore-medio. Tale attività compressiva cessa nel Pleistocene inferiore: a questo punto si sviluppano esclusivamente movimenti verticali, almeno sino al Pleistocene medio-superiore, differenziati a causa delle faglie trasversali che creano una divisione in blocchi. Tali sistemi di faglie presentano un andamento generale del tipo NE-SW. La sedimentazione è strettamente controllata dalla tettonica che condiziona l'impostazione dell'attuale reticolo idrografico.

8 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista orografico, sulla base delle peculiari caratteristiche geologiche e morfo-strutturali, l'area studiata può essere suddivisa, come già anticipato nella trattazione di inquadramento geologico, in due settori principali:

- una zona montuosa posta ad ovest dell'allineamento ideale Col di Pietra – La Valle;
- una zona medio-collinare posta ad est dello stesso allineamento.

Per quanto riguarda l'idrografia, il territorio di interesse ricade interamente nel bacino idrografico del Fiume Chienti ed il corso d'acqua principale è rappresentato dal Fiume Fiastrone. Un corso d'acqua di una certa rilevanza è rappresentato dal Rio Vallone che nasce alla base del Monte Petrella e attraversa da ovest verso est gran parte del territorio comunale di Cessapalombo, fino a confluire in sinistra idrografica, poco a valle del Capoluogo, nel Fiume Fiastrone.

I rilievi calcarei posti ad occidente sono incisi da numerosi corsi d'acqua, a regime prevalentemente torrentizio, quali Rio del Monte, Rio Fessa (affluenti di destra del Fiume Fiastrone) e dal Fosso Pelone (affluente di sinistra del Fosso Pisciarelle).

Nel settore collinare orientale i principali corsi d'acqua, a carattere stagionale, sono il Fosso Falcino e il Fosso Imbollata.

Nel settore montuoso, costituito essenzialmente dai litotipi di natura prettamente calcarea e calcareomarnosa, i rilievi principali sono rappresentati (da nord a sud), da Monte Codardo, posto ad occidente dell'abitato Valle-Tribbio-Villa (1086 m s.l.m.), da Monte Petrella (1090 m s.l.m.), da Monte di Bozzi (745 m s.l.m.) e da Monte dei Cancelli posto ad occidente dell'abitato di Monastero (979 m s.l.m.).

Queste aree sono caratterizzate dalla presenza di estese coltri detritiche, di spessore variabile, in corrispondenza dei versanti ed alla base dei rilievi principali. Tali depositi che si presentano, in genere, sciolti o moderatamente cementati e talvolta sottilmente stratificati (depositi stratificati di versante), sono costituiti principalmente da frammenti calcarei a spigoli vivi, appiattiti e di piccole dimensioni. Le coltri in oggetto ricoprono in parte il substrato calcareo. In alcuni casi tali depositi risultano interessati da frane di tipo scorrimento traslativo.

Nella morfogenesi attuale, notevole importanza si attribuisce all'aumento considerevole dei fenomeni erosivi delle acque incanalate, che hanno prodotto un notevole approfondimento del reticolo idrografico e quindi una elevata energia del rilievo.

Per quanto riguarda le forme, i depositi ed i processi dovuti all'azione delle acque correnti superficiali, l'area in oggetto è caratterizzata dalla presenza di alvei con tendenza all'approfondimento e solchi di erosione concentrata. In alcuni casi tali forme di erosione sono impostate all'interno dei detriti di versante e degli accumuli di frana; in altri casi, come ad esempio in alcuni tratti del Fiume Fiastrone e del Rio Vallone, i fenomeni di approfondimento avvengono nel substrato, dando origine a strette valli con pareti subverticali.

Sono presenti conoidi di deiezione, prevalentemente quiescenti, impostati alla confluenza dei fossi ad elevata pendenza con il fondovalle. Gli abitati di La Villa e La Valle sono ubicati proprio in corrispondenza dei conoidi formati, rispettivamente, dal Rio Vallone e dal Fosso Pelone.

Per quanto riguarda la forma delle valli dei principali corsi d'acqua presenti nel settore montuoso, essa è generalmente a V, anche se non mancano vallecole a fondo concavo, diffuse in tutta l'area. Molto diffuse risultano anche le scarpate poligeniche con influenza strutturale che, talora, sono interessate da crolli e caduta di detrito (versante meridionale di Monte Petrella, in corrispondenza dei principali piani di sovrascorrimento). Infine, le forme antropiche risultano costituite essenzialmente da orli di scarpate artificiali e da cave.

8.1 GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

Come già detto in precedenza il tracciato di progetto interessa il settore collinare, costituito da litotipi di natura prevalentemente marnosa e arenaceo-argillosa delle formazioni mioceniche, che risulta caratterizzato da quote meno elevate e da una minore acclività dei versanti a causa della maggiore erodibilità dei litotipi presenti. I rilievi collinari principali sono Poggio la Città (708 m s.l.m.), Monte Parrone (618 m s.l.m.) e Colle Croce (502 m s.l.m.).

Le zone più depresse si rinvencono nel settore nord-orientale, in corrispondenza della piana alluvionale del Fiume Fiastrone (300 m s.l.m.) In quest'area i processi morfogenetici legati all'azione della gravità sono molto diffusi ma, in genere, di dimensioni minori.

Estese coltri colluviali, costituite prevalentemente da materiali a granulometria fine (dalle sabbie ai limi), talora di considerevole spessore, ricoprono in maniera diffusa il substrato; sono in genere tali coperture ad essere interessate da fenomeni gravitativi diffusi (frane e deformazioni plastiche), attivati in speciale modo da precipitazioni intense e prolungate.

Per quanto riguarda le forme, i depositi ed i processi dovuti all'azione delle acque correnti superficiali, nell'area in oggetto sono presenti scarpate di erosione fluvio-torrentizia (attive, inattive e quiescenti, con prevalenza delle ultime), lungo l'asse vallivo del Fiume Fiastrone, del Rio Vallone, del Fosso Imbollata e del Fosso Falcino. Soprattutto per quanto riguarda il Fiume Fiastrone ed il Rio Vallone, in corrispondenza di tratti dell'alveo ad andamento meandriforme, si hanno fenomeni di intensa erosione laterale attiva e in stato quiescente, che talora danno luogo a fenomeni di franamento della scarpata fluviale.

La morfologia fluviale risulta caratterizzata dai terrazzi alluvionali del Fiume Fiastrone e del Rio Vallone; gli alvei attuali di tali corsi d'acqua si presentano molto incassati nei depositi alluvionali, arrivando talora ad erodere direttamente il locale substrato. Nell'area sono piuttosto diffuse le scarpate poligeniche con influenza strutturale e fenomeni gravitativi di versante.

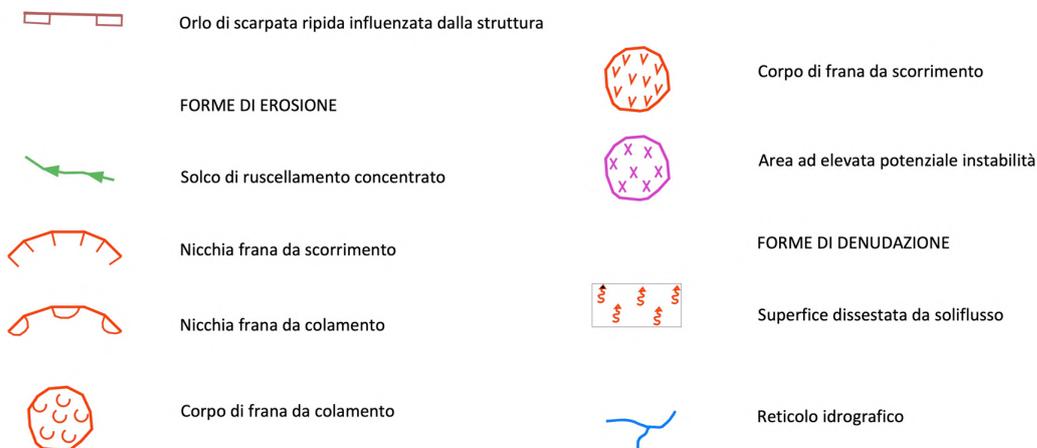
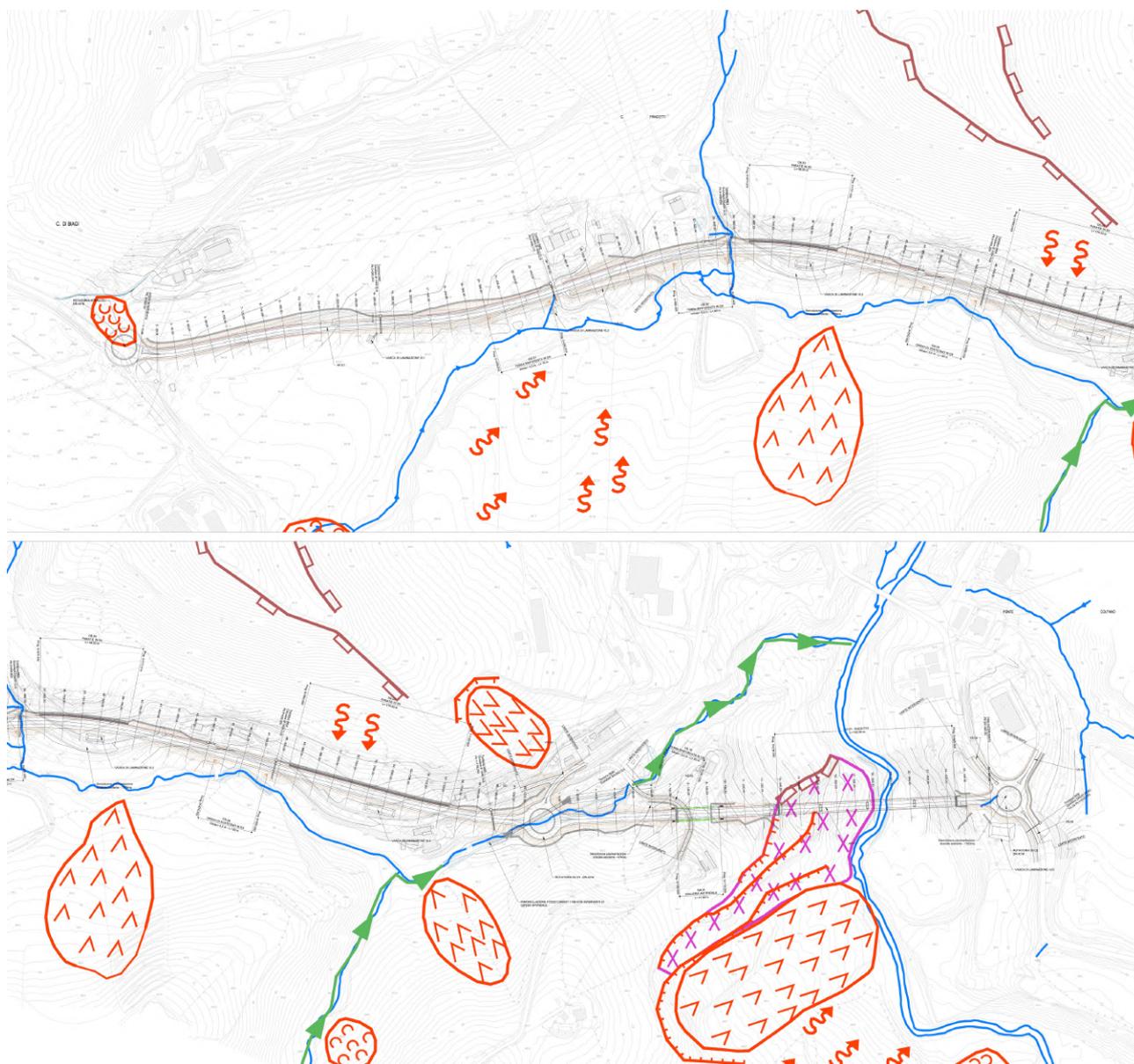


Figura 11 – Stralcio della Carta geomorfologica (T01SG00GEOCG03)

8.1 CONDIZIONI DI STABILITA' DELL'AREA

Le verifiche delle condizioni di stabilità delle aree attraversate dal tracciato di progetto sono state eseguite mediante la consultazione della documentazione di settore del PAI e del Catalogo IFFI e specifici sopralluoghi in situ.

Il Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, fornisce un quadro dettagliato sulla distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio italiano.

Per quanto riguarda il PAI si è fatto riferimento alla Cartografia del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Marche (Vigente), aggiornata alla data del 10/05/2022 (pubblicazione del DPCM 14/03/2022 nella GU Serie Generale n. 108).

8.1.1 Dissesti censiti dall'IFFI

Lungo il tracciato la carta IFFI mostra tre aree in dissesto evidenziate con cerchio. La prima, di colore verde, classificata come Area con frane superficiali diffuse (ID 0430432300).

La seconda posta ad Est, di colore giallo, in prossimità della rotatoria di metà tracciato, una frana di tipo rotazionale /traslativo (ID 0430241000).

La terza, posta a sud-est del viadotto, sul versante in sinistra idraulica del Fiastrone, si presenta come un'area ampiamente instabile con una frana di tipo rotazionale /traslativo (area gialla ID 0430243000), un'area con frane superficiali diffuse (area verde ID 0430447200), ed un'area con colamento lento (area verde ID 0430245300).



Frane IFFI

Punto Identificativo del Fenomeno Franoso (PIFF)*

● Scheda frane di 1° Livello	 Colamento rapido
 Scivolamento rotazionale/traslativo	 Complesso
 Colamento lento	 Aree con frane superficiali diffuse

Figura 12 – Stralcio della Cartografia IFFI (Fonte: <https://idrogeo.isprambiente.it>)

8.1.2 Le aree a rischio frana del PAI

Relativamente alla cartografia PAI questa individua una vasta area instabile a rischio medio (codice F-19-1303) ed una più contenuta area, sempre a rischio medio, presente a nord della rotonda di metà tracciato (codice F-19-5119).

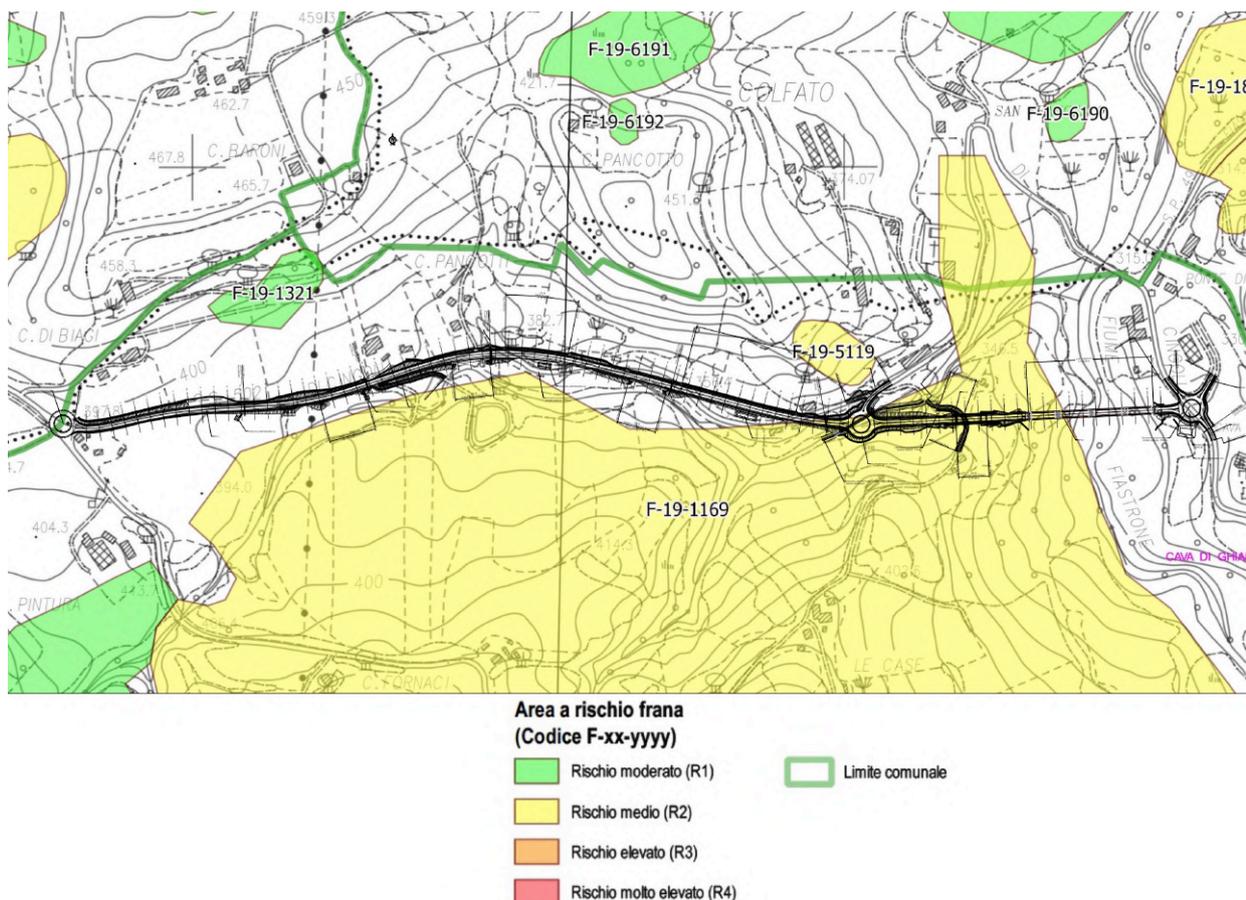


Figura 13 – Stralcio della Cartografia PAI (Fonte: Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale)

8.1.3 L'area instabile sul versante sinistro del Fiastrone nei pressi del nuovo viadotto

Va evidenziata la presenza di un'area ad elevata instabilità geomorfologica ubicata sul versante sinistro del Fiastrone, a sud del viadotto di progetto. Tale area è costituita da corpi di frana recenti (di tipo rotazionale/traslattivo e di tipo colamento) con interposta un'area caratterizzata da soliflusso e creeping. La zona presenta anche numerose scarpate morfologiche dovute sia alle corone di frana che a possibili successivi fenomeni di detensionamento. Tale area interferisce con la spalla ovest del Viadotto di progetto VI01 e con la pila P1 (cfr. figura successiva).

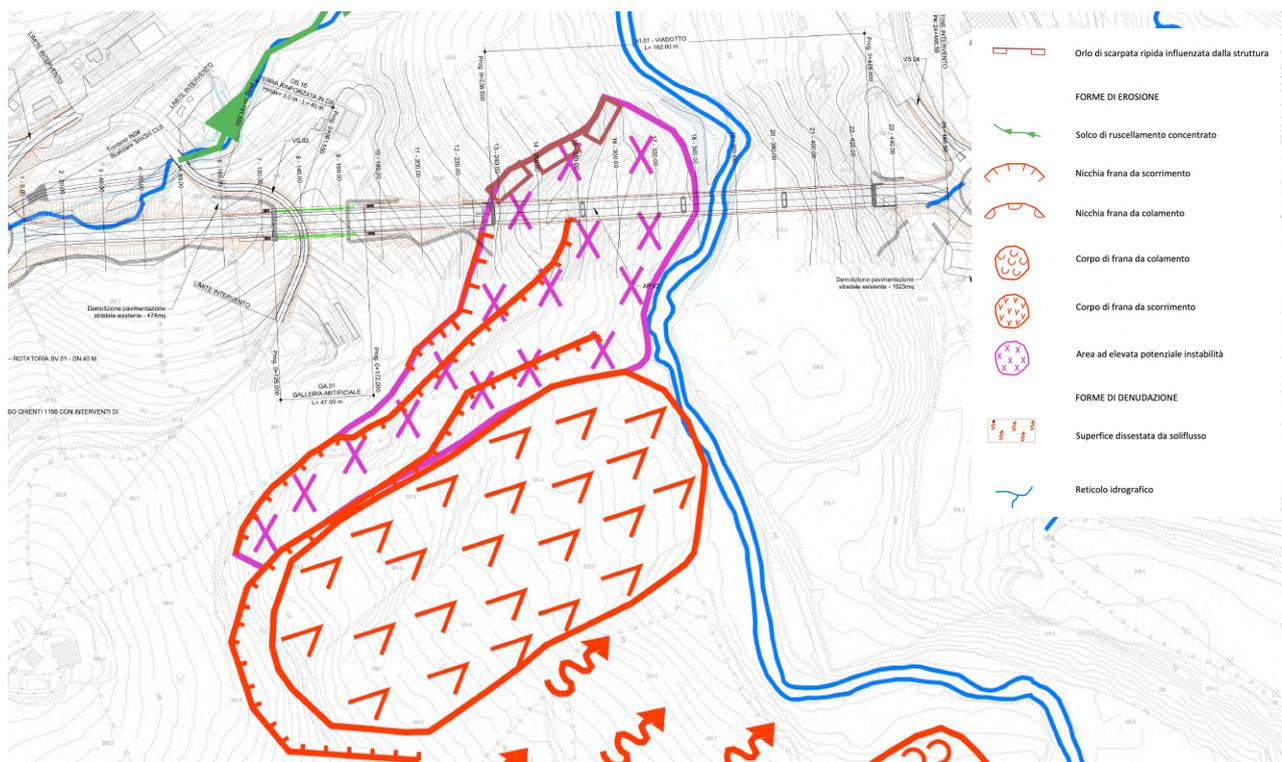


Figura 14 – Stralcio della Carta geomorfologica (T01SG00GEOCG03)

Al fine di attivare da subito un monitoraggio dell'area è stato prevista, durante la campagna geognostica per il progetto definitivo, la realizzazione di un inclinometro posto nelle vicinanze della scarpata morfologica vicino alla spalla ovest del viadotto lato monte rispetto allo scorrimento del Fiastrone.

La progettazione delle fondazioni della spalla del viadotto, degli eventuali muri andatori e della pila 1 del viadotto dovrà prevedere adeguate opere o presidi volti alla riduzione del rischio geomorfologico di quest'area.

Di seguito si riporta la documentazione fotografica relativa a tale area.



Figura 15 – Corone di frana e evidenziato il salto morfologico



Figura 16 – Corone di frana e evidenziato il salto morfologico: ingrandimento

9 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

9.1 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

9.1.1 Idrografia superficiale

L'area di studio fa parte del bacino idrografico del Fiume Chienti che risulta essere un'asta fluviale che taglia ortogonalmente le strutture delle dorsali carbonatiche della zona fino a gettarsi direttamente nell'Adriatico. L'asta fluviale è costituita da diversi affluenti in entrambe le direzioni ed in genere risulta incassato nelle proprie alluvioni recenti o terrazzate formatesi nel quaternario.

Gli affluenti in questa zona sono caratterizzati da modesti spessori di depositi contenenti modesti acquiferi qualora non appartenenti a depositi di terrazzi fluviali. Lo sviluppo areale dei corsi d'acqua risulta dendritico e sempre costituito da fossi abbastanza brevi e posti in impluvi anche fortemente incisi. I terreni presenti in zona possono essere sede di sorgenti e/o risorgive per lo più di modeste portate e localizzate in lineamenti tettonici o di contatto tra litotipi a differente permeabilità.

Il corso d'acqua principale interferito dal tracciato è il Fiume Fiastrone, mentre il corso d'acqua secondario interferito dal tracciato è rappresentato dal Fosso denominato "Chienti 569", affluente sinistro del Fiastrone.

Il fiume Fiastrone è un breve corso d'acqua che scorre totalmente nella provincia di Macerata.

Il torrente nasce nel comune di Bolognola, sui Monti Sibillini, e termina dopo 34 km come affluente destro del fiume Chienti presso Belforte.

Le sue acque alimentano, ad una quota di 640 metri s.l.m., il Lago di Fiastra costruito negli anni cinquanta e sbarrato da un'imponente diga ad arco-gravità.

La sorgente è situata sulla catena dei Monti Sibillini ad una altezza di circa 1700 metri, ed è originata dalla confluenza delle acque che scendono dalla Forcella del Fargno, fra il Pizzo Tre Vescovi e il Monte Rotondo.

Qui è predisposta un'opera di presa confluyente nell'acquedotto del consorzio Tennacola.

La vena principale prende il nome di Fonte del Fargno, in quanto incassata ai piedi della Costa del Fargno di Monte Rotondo. Il nome si estende anche a tutta la prima parte della valle del fiume, che fino all'abitato di Bolognola è detta Valle del Fargno o Val di Bolognola.

Poco da basso delle sorgenti, la valle si stringe per un breve tratto tra alte pareti rocciose, tra il Pizzo Acuto e i balzi di roccia della Costa Vetiche di M. Rotondo.

Dopo aver lasciato sulla destra l'abitato di Bolognola, il Fiastrone, finora solo un rigolo d'acqua, inizia a raccogliere le acque tributarie del Monte Rotondo (prima il fosso dell'Acquasanta e poi il Rio Sacro), aumentando in maniera corposa la portata ed assumendo le caratteristiche di vero e proprio torrente.

Uscito dalla stretta valle dominata dal massiccio del Monte Rotondo, il Fiastrone entra in territorio di Acquacanina, dove riceve da sinistra le acque del Monte Val di Fibbia (fosso dell'Acquarda), per proseguire poi nell'ampia vallata del territorio di Fiastra.

Qui il torrente è sbarrato da una diga artificiale per la produzione di energia elettrica, e forma un lago. I cui immissari principali sono il Fosso del Colle e il Rio Bagno.

Poco più a valle della diga il letto del torrente si stringe tra le alte pareti rocciose di una stretta gola rocciosa per un tratto di circa 2 km; approssimativamente tra il canale detto Fosso della Regina che scende dalle Lame Rosse e il colle di Monastero di Cessapalombo. L'itinerario all'interno della gola è uno dei più noti e apprezzati dagli escursionisti dei Monti Sibillini.

Lungo il percorso all'interno delle gole, il Fiastrone riceve le acque del Rio Fessa e subito dopo del Rio del Monte.

All'altezza di Pian di Pieca (San Ginesio), il fiume volge decisamente verso nord ed entra in territorio di Cessapalombo; in seguito lambisce il paese di Camporotondo e raggiunge Belforte, dove sfocia nel fiume Chienti.

Di seguito si riporta la scheda di classificazione di Stato ecologico e Stato chimico del Fiastrone elaborato da ARPA Marche nell'ambito dello monitoraggio dello stato dei corpi idrici superficiali della Regione Marche.

Come si evince dalla scheda il corso d'acqua, nel tratto nei pressi di Pieve Torina, in località Frazione Roti presenta uno stato ecologico Buono (sia nel triennio 2015-2017 che nel triennio 2018-2020) ed uno Stato chimico altrettanto buono (sia nel triennio 2015-2017 che nel triennio 2018-2020).

Sia gli indicatori biologici che i parametri chimico-fisici (limeco) presentano una classe di qualità elevata, migliorata per i macroinvertebrati, stabile per le diatomee ed il limeco.

BACINO CHIENTI



FIUME FIASTRONE TRATTO 2 C.I._B IT 11_R019_056_TR02_B



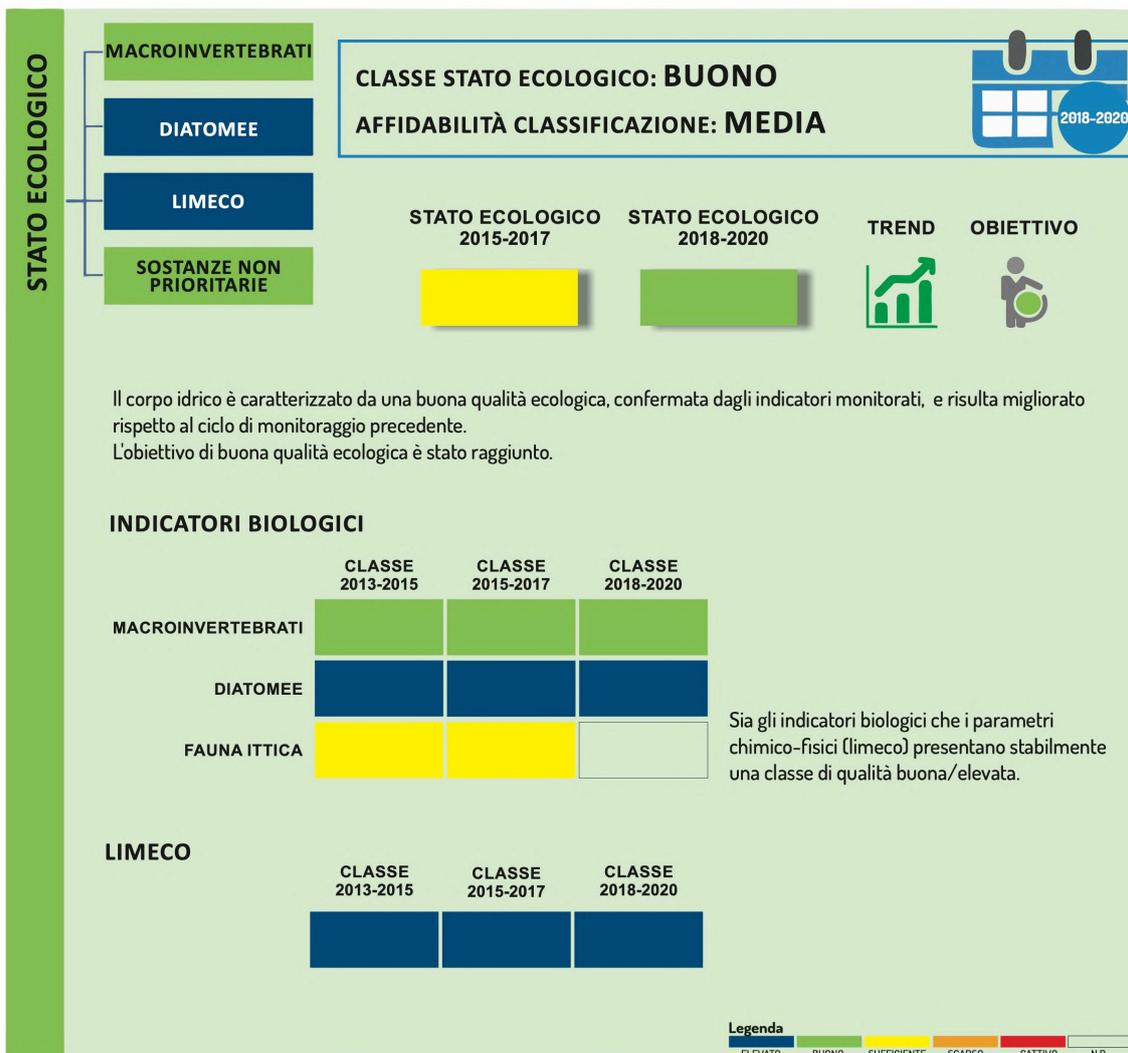
CORPO IDRICO GUADABILE
MACROTIPO: M4/Mf
TIPO: 13SS3T
CORPO IDRICO FORTEMENTE MODIFICATO

STAZIONE: R1101920CH
x: 2378844 y: 4777994
Comune: Camporotondo di Fiastrone
Località: strada prov.le km 0.800

CORPO IDRICO A RISCHIO MONITORAGGIO OPERATIVO



Il sito è localizzato a 250 m. s.l.m. a valle del lago di Fiastra. In questo tratto il corso d'acqua presenta un alveo largo circa 6 m, con velocità di corrente medio-alta con limitata turbolenza, il fondale è costituito in prevalenza da ciottoli, ghiaia e sassi. La dinamica fluviale è di tipo iporitale. La fascia perfluviale risulta strutturata con formazioni arboree e arbustive su entrambe le rive. L'uso del territorio circostante è tipo agricolo. Nelle vicinanze è presente una cava.





10 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

10.1 IDROGEOLOGIA DI AREA VASTA

Sulla base dei principali complessi idrogeologici, la Regione Marche con DGR 2224 del 28/12/2009 ha provveduto ad individuare 49 Corpi Idrici Sotterranei significativi (CIS) della regione ed a classificarli sulla base della loro vulnerabilità come a “rischio” o “non a rischio”.

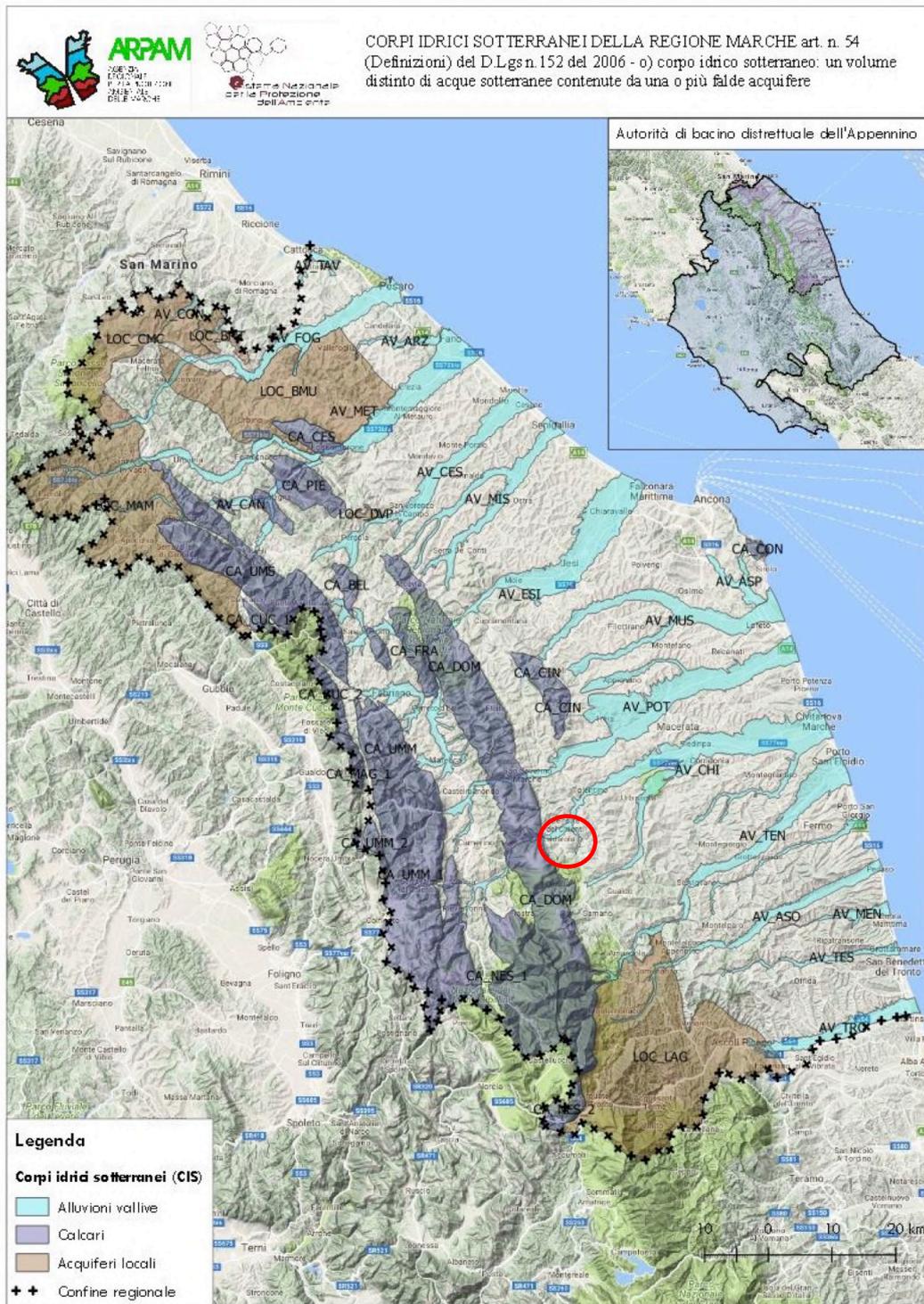


Figura 17 – Individuazione di corpi idrici sotterranei della Regione Marche per tipologia

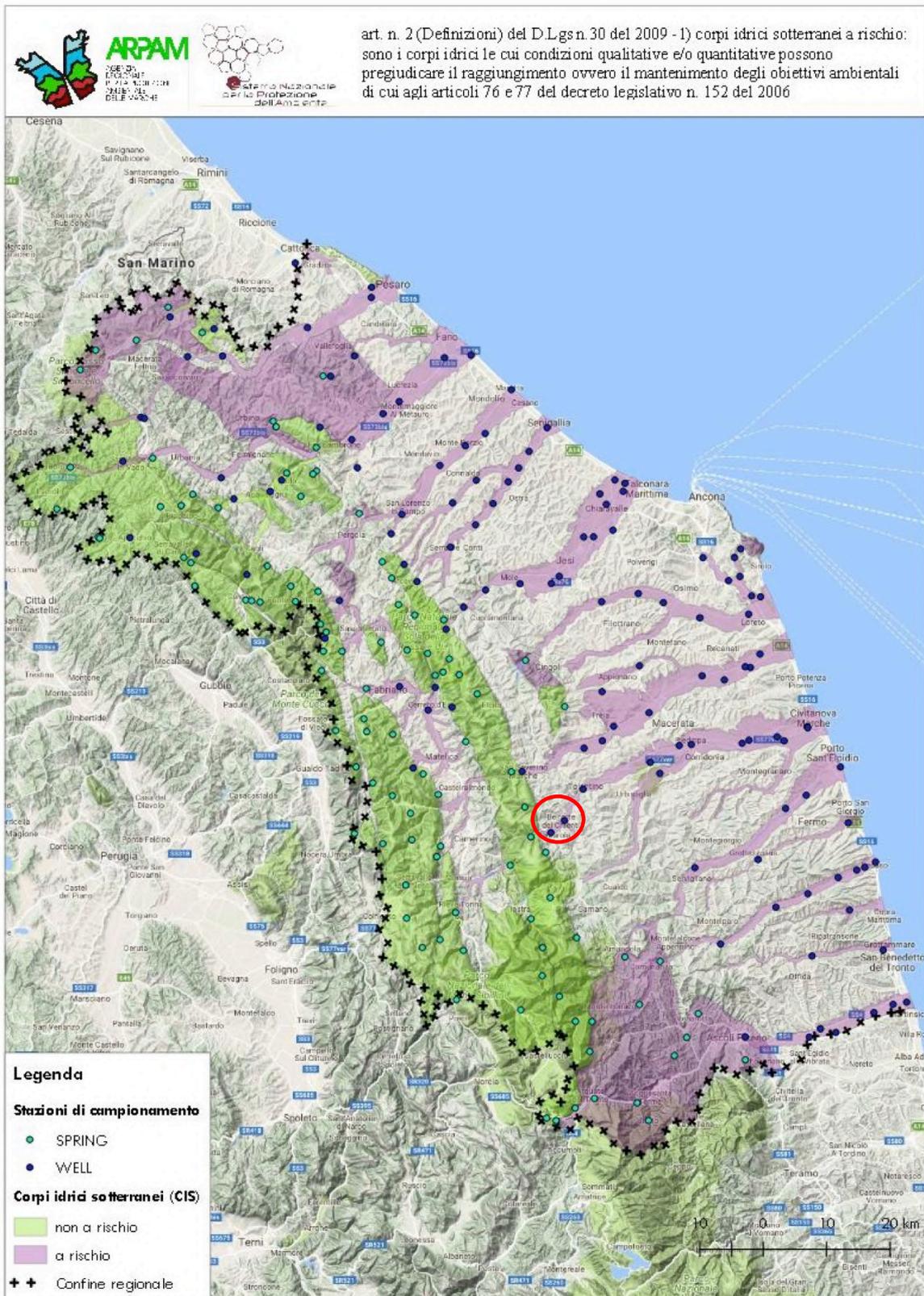


Figura 18 – Individuazione di corpi idrici sotterranei della Regione Marche: classificazione in base al rischio

In relazione all'area vasta la zona di progetto è caratterizzata dalla presenza di acquiferi carbonatici ad ovest, in corrispondenza delle dorsali carbonatiche, da acquiferi alluvionali in corrispondenza delle valli dei principali corsi d'acqua, dai modesti acquiferi dei depositi eluviali e colluviali e di versante e dai modestissimi acquiferi presenti all'interno delle formazioni terrigene arenacee e pelitico-arenacee.

10.2 IDROGEOLOGIA LOCALE

L'area di progetto, nello specifico, è interessata da modesti acquiferi alluvionali all'interno della valle del Fiume Fiastrone e da ancora più modesti acquiferi delle formazioni terrigene e dei depositi eluviali e colluviali di versante.



Figura 19 – Stralcio della Carta idrogeologica (T01SG00GEOCI01)

10.2.1 Acquiferi alluvionali

Il complesso costituisce i corpi delle pianure alluvionali depositate dai principali corsi d'acqua e dai loro principali affluenti: nel caso specifico dal Fiastrone e dai suoi tributari.

La litologia di origine è rappresentata da depositi formati essenzialmente da alluvioni terrazzate, antiche e recente, costituite da corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi con intercalazioni di lenti, di varia estensione e spessore, argilloso-limose e sabbioso-limose.

I depositi alluvionali presentano una differenziazione granulometrica e tessiturale passano da monte verso valle e spostandosi dalla mezzera dell'asta fluviale in direzione delle alluvioni terrazzate antiche. Verso monte la copertura limoso argillosa è molto esigua od addirittura mancante con conseguenti condizioni di emersione delle alluvioni ghiaiose ad alta permeabilità. Le ghiaie risultano altresì "pulite" ovvero con scarsa matrice fine, spostandosi lateralmente alle valli.

La permeabilità è per porosità. Gli acquiferi sono liberi, o talvolta semiconfinato, monostrato con variazioni laterali anche elevate di trasmissività per cambiamenti di spessore e di conducibilità.

Lo spessore massimo dei depositi delle pianure alluvionali è di circa 38-40 metri, per le pianure alluvionali più importanti, più ridotto per i corsi d'acqua di minor importanza, poggiando su di un substrato formato dal complesso delle argille marnose plioleptoceniche.

I parametri idraulici delle alluvioni sono desumibili da numerose pubblicazioni scientifiche, e da altrettanti lavori ed indagini professionali. La permeabilità si riferisce al deposito in generale oppure ai singoli terreni che lo compongono. Nel primo caso si hanno valori $K = 10^{-3} - 10^{-4}$ m/sec, mentre in presenza di ghiaie si ottengono $K = 10^{-2} - 10^{-3}$ m/sec, oppure nel caso di coperture limoso-argillose $K = 10^{-6} - 10^{-8}$ m/sec. La trasmissività varia, indicativamente, da $T = 10^{-1}$ a 10^{-4} m²/sec; per il bacino dell'Esino sono stati calcolati valori di trasmissività $T = 10^{-2}$ m²/sec. I valori di porosità efficace variano anch'essi in funzione della tessitura e classe granulometrica dei terreni. Per le ghiaie i valori più ricorrenti ottenuti da prove di portata sono di $P_e = 10\%$ molto vicini a quelli ricavati da prove geofisiche (indagini geoelettriche) $P_e = 11\%$. Nei depositi alluvionali caratterizzati da variabilità composizionale, la porosità efficace calcolata da prove di emungimento e con traccianti, assume normalmente un valore $P_e = 5\%$. L'infiltrazione totale nelle pianure dei fiumi principali è nettamente superiore al ruscellamento. L'alimentazione degli acquiferi di subalveo è essenzialmente legata all'infiltrazione laterale delle acque fluviali ed agli apporti degli acquiferi degli affluenti. La via preferenziale nell'alimentazione dell'acquifero è costituita dai paleoalvei dove si ha una rapida interconnessione tra acque fluviali ed acque sotterranee.

La massima vulnerabilità si riscontra in prossimità dell'alveo fluviale e negli assi di drenaggio delle acque sotterranee corrispondenti frequentemente a paleoalvei, lungo i quali avviene la ricarica dell'acquifero ad opera delle acque fluviali. Differenziazioni della vulnerabilità si ottengono in funzione dello spessore e permeabilità delle coperture soprastanti i corpi ghiaiosi. La classe di vulnerabilità individuata per questi depositi è "elevata" coincidendo al massimo grado della classificazione proposta dal G.N.D.C.I.

10.2.1 Acquiferi del complesso arenaceo e pelitico-arenaceo

Tali acquiferi sono rappresentati da una sequenza terrigena costituita da alternanze argilloso-marnose con arenarie e conglomerati. Sono presenti stratificazioni di argille scure bituminose, diatomiti, gessi e gessareniti

lamine, calcari solfiferi e calcari listati riferibili alla Formazione Gessoso-Solfifera. Altre litologie presenti appartengono alla Formazione delle Argille a Colombacci, con sedimenti prevalentemente argillosi o argilloso-siltosi, di colore grigio o nerastro, in strati sottili, in cui sono intercalati sottili livelli di calcari micritici biancastri di origine chimica, e livelli di marne nerastre.

Gli acquiferi confinati connessi con i corpi arenacei, sono generalmente caratterizzati da un regime stagionale e da portate molto basse, normalmente inferiori al l/sec. La presenza nel complesso di depositi evaporitici messiniani permette l'instaurarsi di sorgenti sulfuree con portate raramente superiori al litro/minuto.

Le falde sono confinate. Negli acquiferi di questo complesso insistono sorgenti mineralizzate emergenti dai depositi messiniani.

La geometria dei depositi è conseguente all'assetto strutturale di tipo sinclinalico; i corpi sedimentari assumono forme stratificate di modesto spessore nell'ordine da pochi metri fino ad alcune decine, oppure canalizzate o lentiformi in questo caso limitate nello spazio. Le brusche variazioni litologiche in seno alle diverse successioni, complica notevolmente il comportamento idrogeologico della sequenza.

La vulnerabilità, dipendendo dalla permeabilità dei vari depositi è da considerarsi media.

10.2.2 Acquiferi dei depositi eluviali-colluviali e di versante

Sono gli acquiferi più limitati come estensione, essendo rappresentati dai depositi di versante che in questa zona sono caratterizzati da materiali terrigeni fini e quindi a bassissima permeabilità. Sono costituiti da eluvi e colluvi legati al disfacimento dei versanti arenaceo-pelitici della formazione della Laga.

10.1 LE INDAGINI SULLA FALDA E LE LETTURE PIEZOMETRICHE

Le indagini geognostiche eseguite per il PFTE (Anno 2022) hanno visto la realizzazione di alcuni piezometri attraverso i quali nel tempo sono state effettuate delle letture piezometriche per rilevare la presenza della falda e la sua profondità rispetto al piano campagna ed in valore assoluto.

Di seguito si riportano le letture eseguite a novembre 2022 ed a luglio 2023.

PSL 10/22 - S.S. 502 – S.S. 78 Belforte del Chienti – Sarnano – Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento intersezioni – 2° stralcio. Cod. SIL ACNOAN00114 - Codice CUP F71B22001170001 CIG 95039446B1 - Appalto della progettazione definitiva, esecutiva ed esecuzione dei lavori									
Letture piezometriche fornite da ANAS									
Sondaggio	Strumentazione	Profondità sondaggio (ml)	Quota boccaforo (m s.l.m.)	Data misura	Quota falda (m da p.c.)	Quota assoluta (m s.l.m.)	Data misura	Quota falda (m da p.c.)	Quota assoluta (m s.l.m.)
S1	Piezometro a t.a.	20	367	26/11/22	9,03	357,97	29/07/23	9,22	357,78
Sibis	Piezometro a t.a.	15	363	26/11/22	11,11	351,89	29/07/23	11,34	351,66
S3	Piezometro a t.a.	25	343	26/11/22	12,29	330,71	29/07/23	12,53	330,47
S4	Piezometro a t.a.	20	353	26/11/22	9,61	343,39	29/07/23	9,91	343,09
S4bis	Piezometro a t.a.	20	340	26/11/22	3,08	336,92	29/07/23	3,29	336,71
S7	Piezometro a t.a.	20	352	26/11/22	15,56	336,44	29/07/23	15,78	336,22

Le misure effettuate hanno rilevato la presenza di livelli di falda costanti nel tempo anche a distanza di 8 mesi ed in stagioni differenti (fine autunno ed estate piena).

Da evidenziare nei sondaggi S4 ed S4bis la presenza della falda a quote che interferiscono con la galleria artificiale. Si tratta di falde presenti all'interno dei termini eluvio-colluviali e dei sottostanti termini pelitico-arenacei quindi abbastanza contenute che però necessitano di essere attenzionate in occasione degli scavi soprattutto della galleria artificiale, per i quali si dovrà necessariamente prevedere l'aggottamento delle acque e la loro gestione per il corretto allontanamento e smaltimento.

Il piano indagini per la progettazione definitiva, ancora non completato al momento della stesura della presente relazione, prevede la realizzazione di ulteriori 5 piezometri. Non appena saranno disponibili le prime letture si provvederà ad integrare i dati della falda.

11 SISMICA

La Delibera della Giunta Regionale nr. 1142 del 19 settembre 2022 “Aggiornamento dell’elenco delle zone sismiche della Regione Marche” classifica il comune di Cessapalombo nella Zona 2.

Di seguito si riporta la mappa di classificazione del territorio regionale (Allegato B alla DGR nr. 1142 del 19/09/2022).

Allegato B

Mappa delle zone sismiche delle Marche

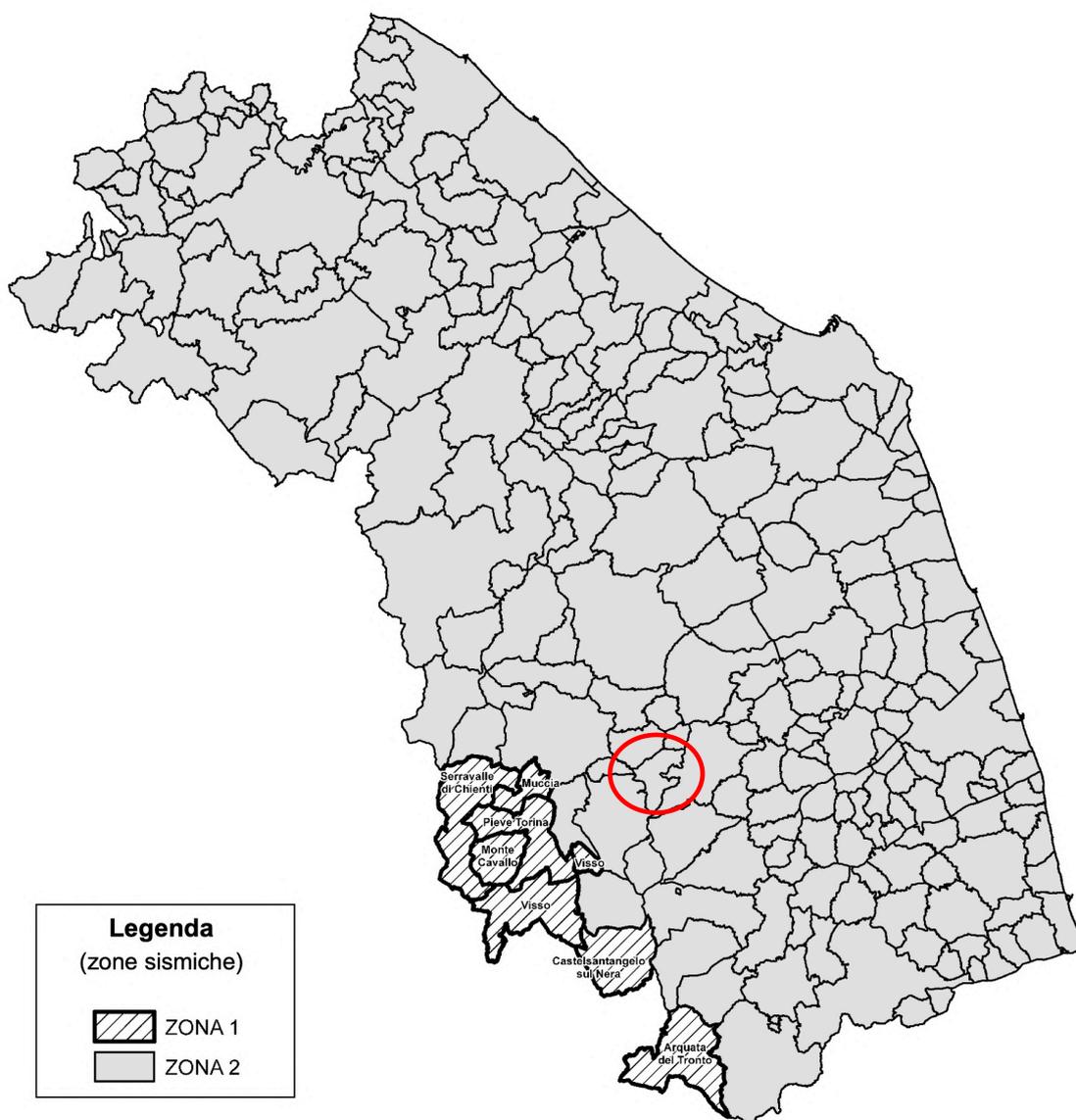


Figura 20 – Mappa di classificazione del territorio regionale (Allegato B alla DGR nr. 1142 del 19/09/2022)

La stessa DGR nr. 1142 del 19 settembre 2022 individua inoltre, nell'Allegato C, la mappa delle accelerazioni massime del suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferite a suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s).

La mappa è stata realizzata interpolando i valori puntuali forniti da INGV, relativi a una griglia con passo 0.02° , e costruendo le curve di livello di ag/g secondo quanto previsto dall'OPCM 3519/2006.

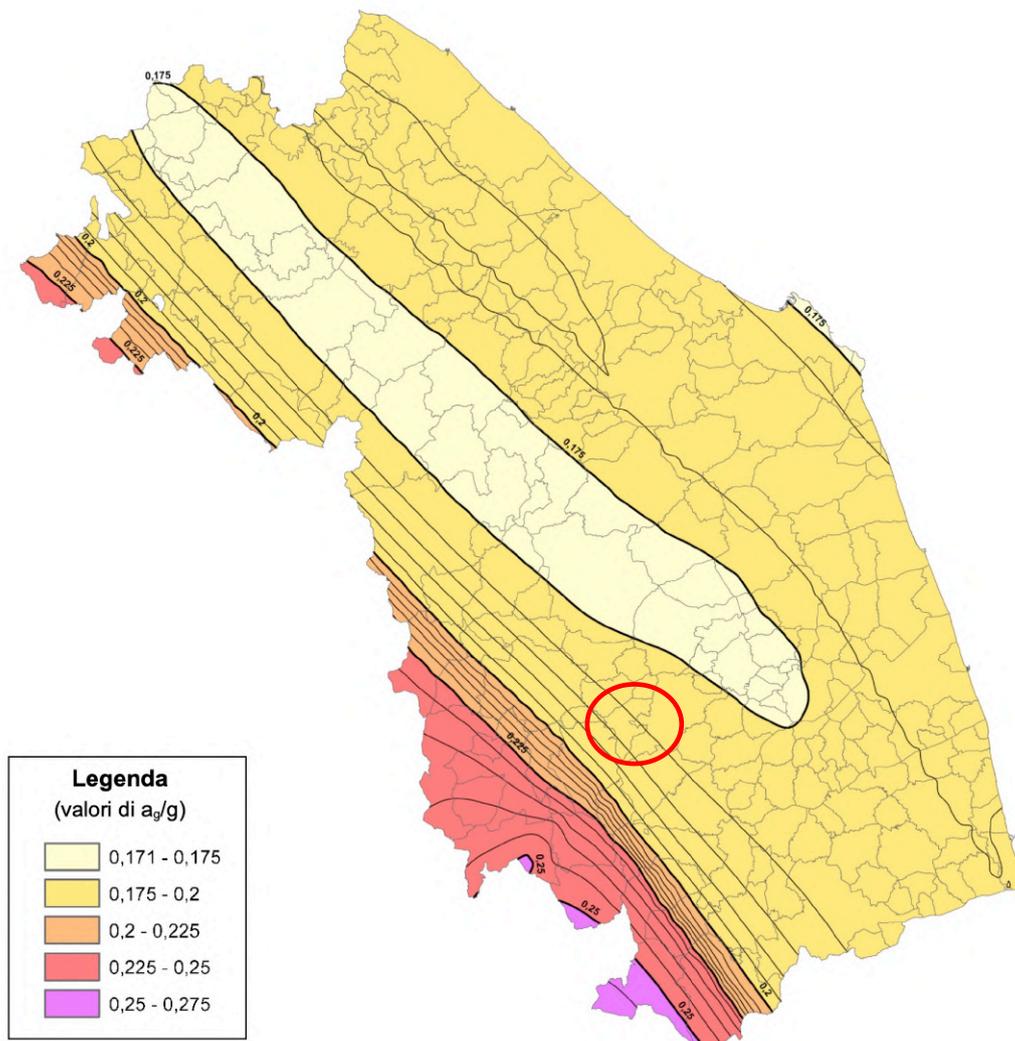
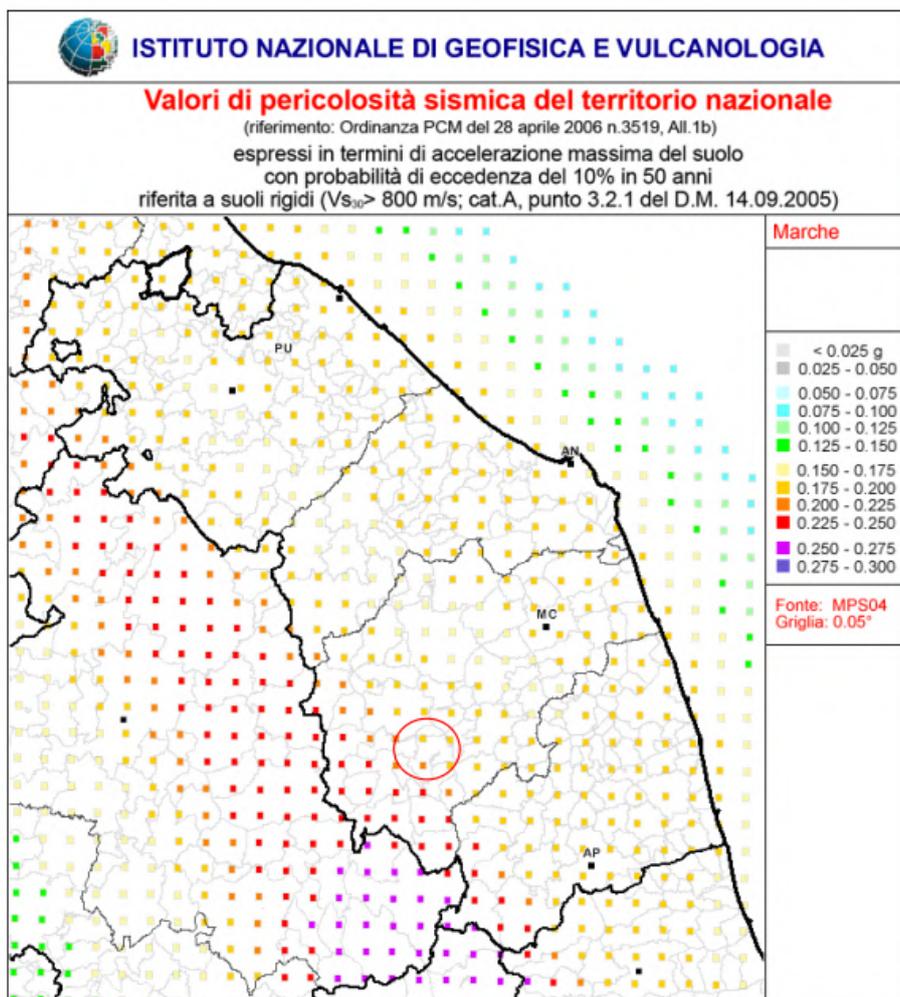


Figura 21 – Mappa delle accelerazioni massime del suolo a_g/g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni riferite a suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s) – Fonte: INGV - (Allegato B alla DGR nr. 1142 del 19/09/2022)

I valori della pericolosità sismica di base del territorio di Cessapalombo espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s, cat. A, punto 3.2.1 DM 14/09/2005), risultano compresi tra $0.175g-0.200g$ (http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/marche.html). Tale accelerazione è riferibile ad un tempo di ritorno di 475 anni.

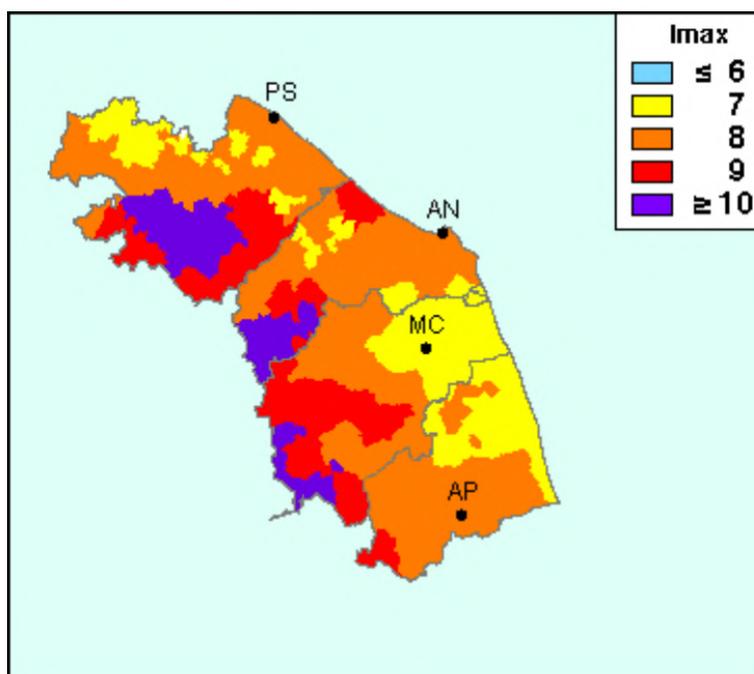


L'OPCM 3907_2010 associa al Comune di Cessapalombo un'accelerazione orizzontale massima al suolo ag pari a:

$$ag = 0,18646$$

Anche quest'accelerazione è espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s, cat. A, punto 3.2.1 DM 14/09/2005).

Di seguito vengono riportate le massime intensità macrosismiche osservate nella Provincia di Macerata.


 Figura 22 – Fonte: http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/MAPPE_PROVINCE/11.html

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
ACQUACANINA	11	43	1	43.02915	13.17499	8
APIRO	11	43	2	43.39096	13.13189	8
APPIGNANO	11	43	3	43.36371	13.34657	7
BELFORTE DEL CHIANTI	11	43	4	43.16325	13.23789	9
BOLOGNOLA	11	43	5	42.99298	13.22829	8
CALDAROLA	11	43	6	43.13748	13.22592	9
CAMERINO	11	43	7	43.13531	13.06811	9
CAMPOROTONDO DI FIASTRONE	11	43	8	43.13129	13.26494	9
CASTELRAIMONDO	11	43	9	43.20877	13.05718	9
CASTELSANTANGELO SUL NERA	11	43	10	42.89457	13.15346	9
CESSAPALOMBO	11	43	11	43.10812	13.25803	9
CINGOLI	11	43	12	43.37463	13.21631	8
CIVITANOVA MARCHE	11	43	13	43.30663	13.72968	7
COLMURANO	11	43	14	43.16346	13.35799	8
CORRIDONIA	11	43	15	43.24783	13.51011	7
ESANATOGLIA	11	43	16	43.25114	12.94784	9
FIASTRA	11	43	17	43.03546	13.15658	8
FIORDIMONTE	11	43	18	43.03634	13.08756	8
FIUMINATA	11	43	19	43.18773	12.93169	9
GAGLIOLE	11	43	20	43.23746	13.06720	8
GUALDO	11	43	21	43.06650	13.33846	8

Figura 23 – Massime intensità macrosismiche osservate nella Provincia di Macerata

L'analisi sulla sismicità storica del territorio comunale di Cessapalombo è stata effettuata mediante l'osservazione dei dati riportati nel Database Macrosismico Italiano, ultima versione DBMI 2015 (http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/), da cui sono stati selezionati gli eventi di maggiore rilevanza. Nel caso specifico sono stati evidenziati n.41 eventi di riferimento a partire dall'anno 1799.

Da tale indagine risulta che la massima intensità registrata è pari a IX-X gradi MCS, riferito all'evento del 28 Luglio 1799.

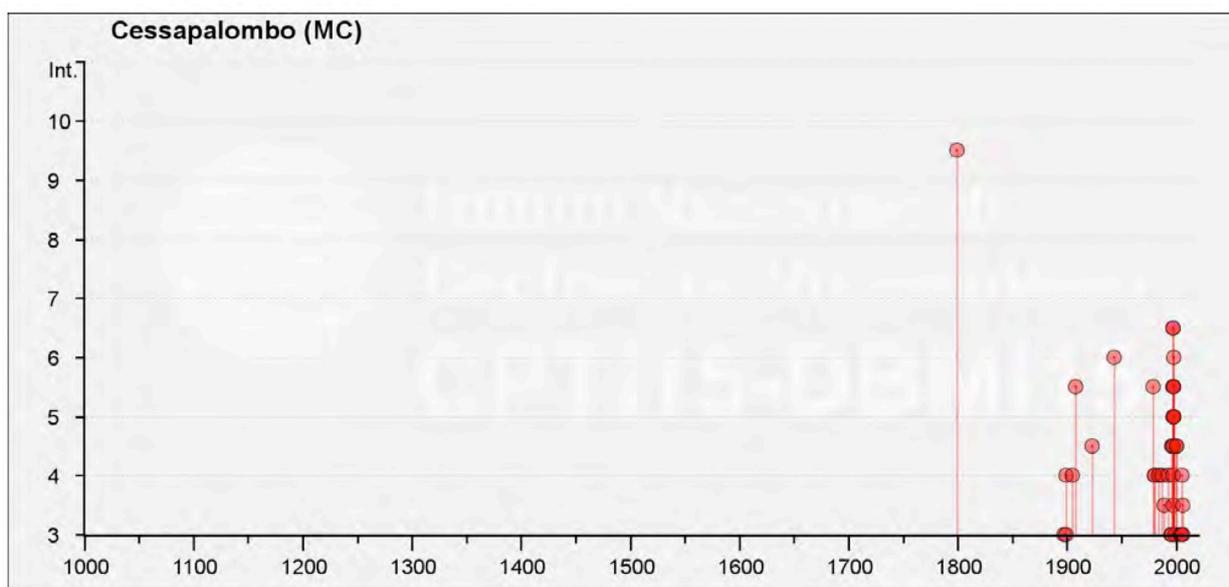
STORIA SISMICA DEL TERRITORIO DI CESSAPALOMBO

Place ID	IT_51659
Coordinate (lat, lon)	43.108, 13.258
Comune (ISTAT 2015)	Cessapalombo
Provincia	Macerata
Regione	Marche
Numero di eventi riportati	41

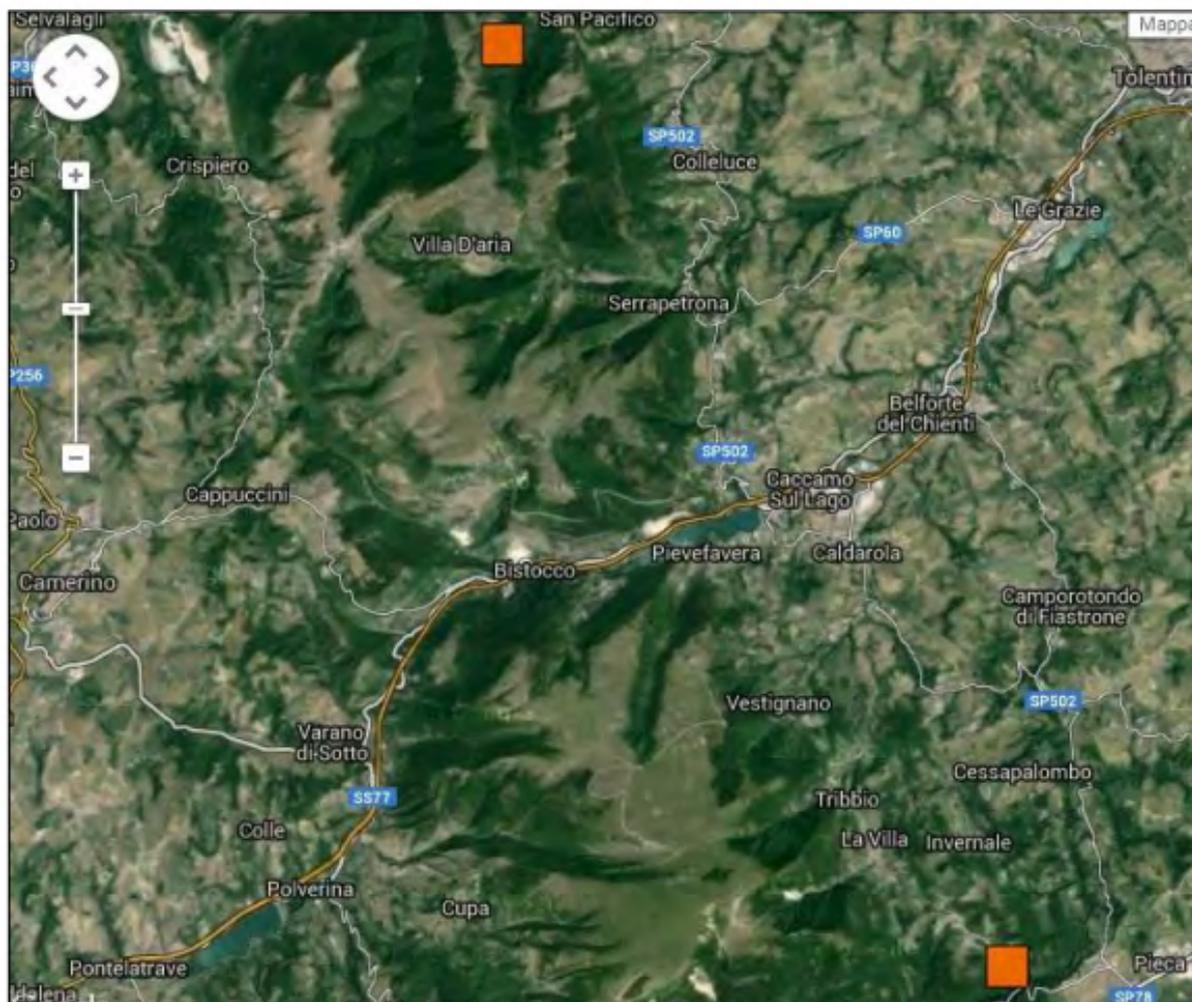
Intensità	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9-10	1799 07 28 22 05	Appennino marchigiano	70	9	6.18
3	1897 10 28 10 40	Fermano	25	4-5	4.16
4	1899 02 07 12 35 30.00	Appennino umbro-marchigiano	49	4	4.04
3	1899 06 22 13 20	Corridonia	30	5	4.08
4	1905 11 30 22	Caldarola	9	4	3.7
5-6	1908 03 17 03 59	Marche meridionali	54	5-6	4.61
4-5	1923 07 12 20 49	Marche meridionali	20	5	4.28
6	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	170	8	5.67
5-6	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	146	6	4.97
4	1980 05 24 20 16 04.00	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
4	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5.62
4	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	359	7	5.06
3-4	1989 09 11 02 46 23.93	Marche meridionali	60	5	4.04
4	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4.72
3	1995 12 30 15 22 08.73	Fermano	106	5	4.19
3	1996 01 01 12 21 41.54	Maceratese	91	5-6	4.2
4-5	1996 01 22 18 37 44.36	Fermano	76	5	3.96
3-4	1997 09 07 23 28 05.79	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
4	1997 09 10 06 46 50.78	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
6-7	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
6-7	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5-6	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
5-6	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
4-5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
5	1997 10 23 08 58 43.96	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86
4-5	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4.87
5	1998 02 07 00 59 44.54	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
5	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
6	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
5-6	1998 04 03 07 26 36.97	Appennino umbro-marchigiano	14		5.1
5	1998 06 02 23 11 23.00	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25
3	1999 11 29 03 20 33.86	Monti della Laga	62	5-6	4.15
4-5	2000 09 02 05 17 02.41	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.4

PROGETTO DEFINITIVO

4-5	2000 10 24 07 52 23.70	Monti Sibillini	65	5	4.11
NF	2003 05 25 17 15 13.95	Ascolano	88	4-5	3.81
3	2004 12 09 02 44 25.29	Teramano	213	5	4.09
4	2005 04 12 00 31 51.61	Maceratese	131	4	3.74
3	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4.14
3-4	2006 04 10 19 03 36.67	Maceratese	211	5	4.06
3	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4.21



Di seguito si riportano i dati tratti dal catalogo dei Forti Terremoti Italiani (<http://storing.ingv.it/cfti4med/>).



(1)

Date	Time	Lat	Lon	Rel	Io	Imax	Sites	Nref	Me	Rme	Location	Country
28 07 1799	22:05	43.217	13.15	b	9	9.5	71	0075	6.2	!	Appennino marchigiano	Italy

(2)

Date	Time	Lat	Lon	Rel	Io	Imax	Sites	Nref	Me	Rme	Location	Country
12 03 1873	20:04	43.083	13.25	b	8	9	196	0058	6	!	Marche meridionali	Italy

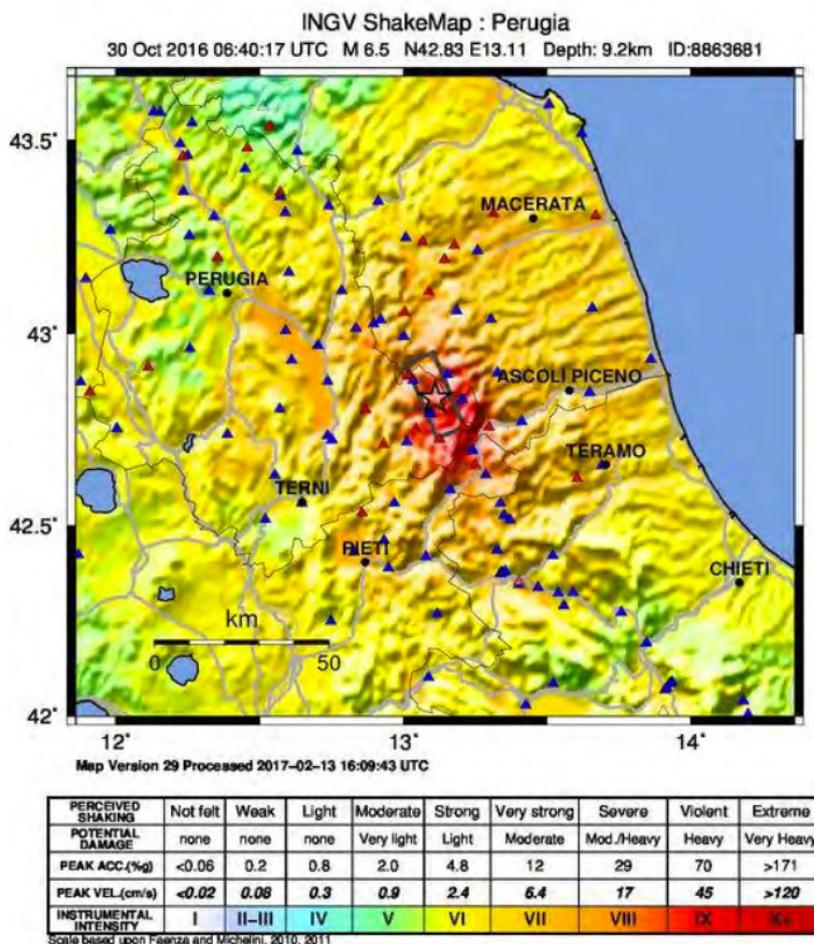
Figura 24 – Fonte: <http://storing.ingv.it/cfti4med/>

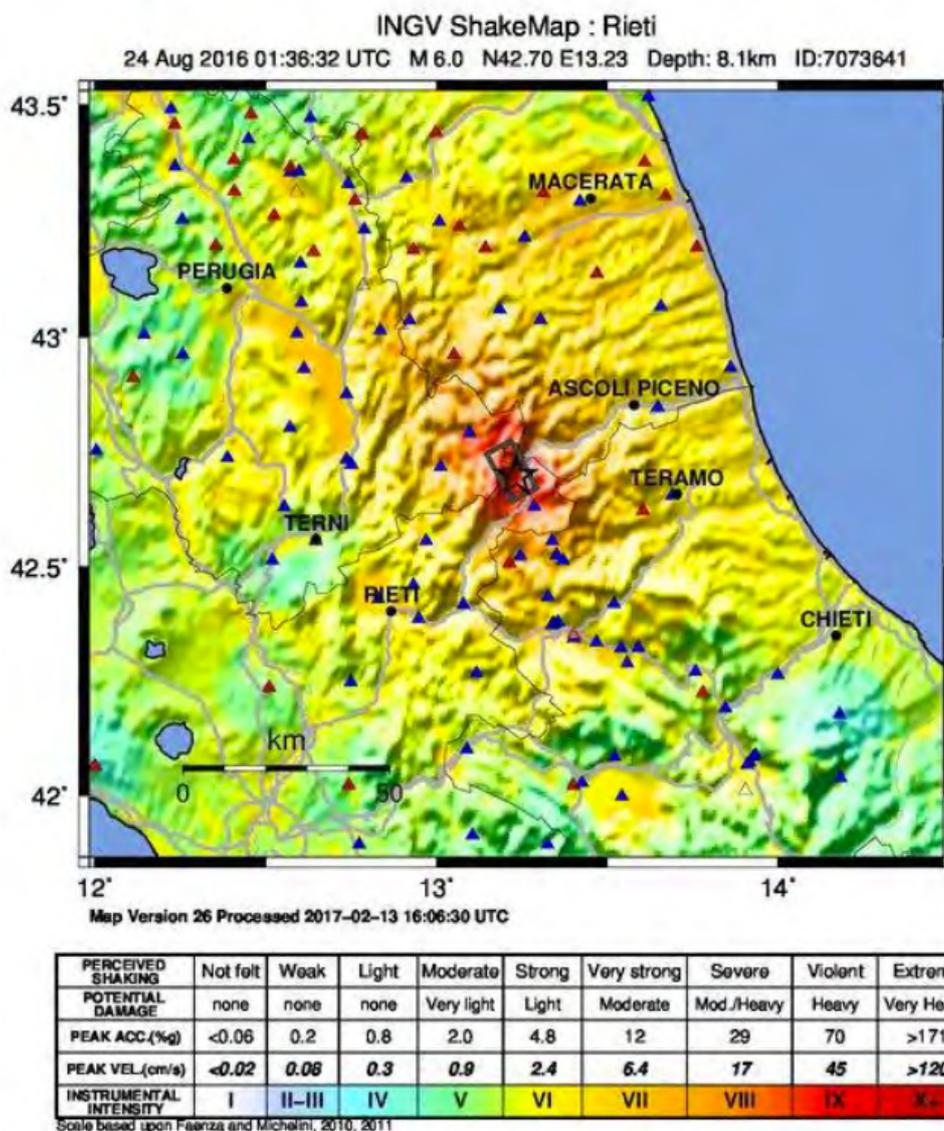
Come già detto, l’evento del 28 Luglio 1799 (conosciuto anche come terremoto di Camerino) rappresenta la massima intensità registrata (pari ad IX-X gradi MCS) nel territorio comunale di Cessapalombo.

Cessapalombo, paese composto di 31 nuclei familiari, fu completamente distrutto; le case crollarono dalle fondamenta, ma nonostante ciò le vittime furono solamente 9, poiché la maggior parte della popolazione spaventata dalle scosse precedenti aveva deciso di rifugiarsi in aperta campagna (Moreschini, 1802).

Moreschini (1802) riferisce di alcuni fenomeni luminosi osservati in concomitanza con l'evento sismico. A Cessapalombo furono visti "globi di fuoco" alla sommità della torre (<http://storing.ingv.it/cfti4med/quakes/04785.html>). Cessapalombo (I = IX-X), insieme alla vicina frazione di Morico (I = VIII-IX), furono le località più colpite tra quelle interessate dal sisma.

Di seguito si riportano le ShakeMap tratte dall'INGV per gli eventi sismici estremi del 24 Agosto 2016 e 30 Ottobre 2016 (<http://shakemap.rm.ingv.it/shake/archive/2016.html>).





Un'ulteriore verifica della sismicità dell'area può essere ricercata nel progetto DISS 3.3.0 (Database of Individual Seismogenic Sources, Versione 3.3.0), gestito dall'INGV, che permette di individuare le sorgenti sismogenetiche individuali e composite caratterizzanti il territorio nazionale.

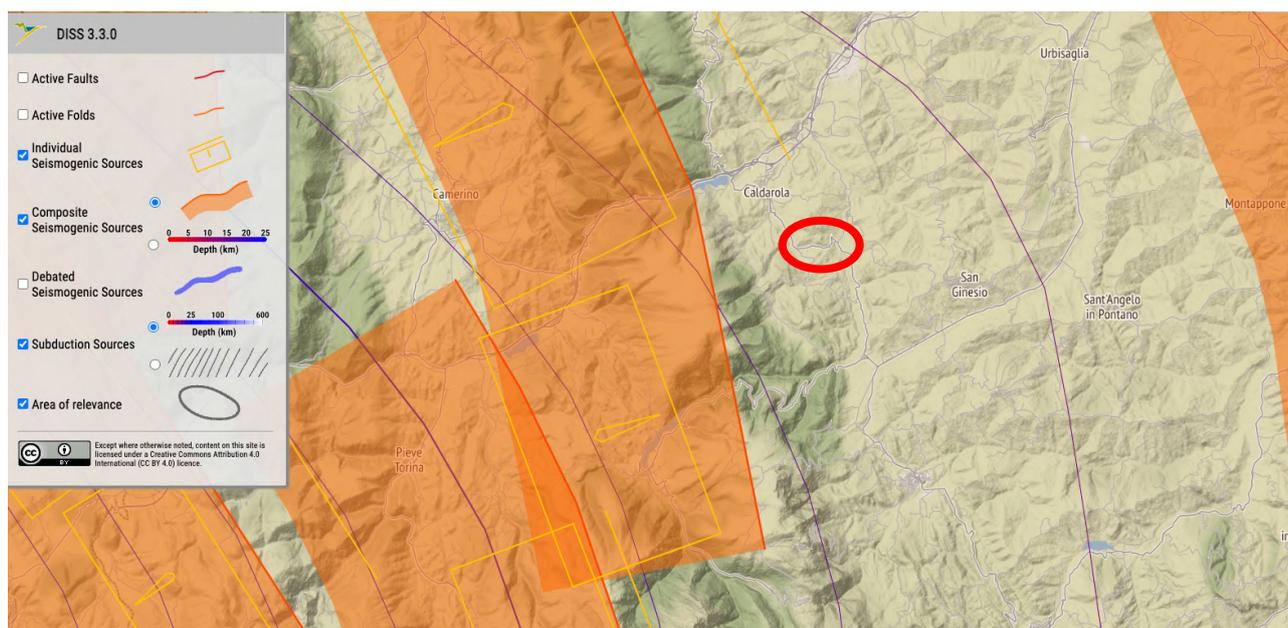


Figura 25 – Mappa delle sorgenti composite ed individuali presenti nell'intorno dell'area di progetto

In questo database si osserva che il territorio di Sorano si trova a circa 4,5 km a est dell'area della sorgente sismogenetica composta codificata come **ITCS136 – Urbino-Camerino**. La sorgente sismogenetica di Urbino-Camerino, a cui sono associate 3 differenti sorgenti sismogenetiche individuali (ITIS055 - Sarnano; ITIS049 - Camerino; ITIS048 - Fabriano), è caratterizzata da una magnitudo massima di 6.9 [Mw].

11.1 Categoria sismica dei terreni

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le N.T.C. 2018 definiscono 5 categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori della velocità equivalente ($V_{s,eq}$) di propagazione delle onde di taglio.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle N.T.C. 2018.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), è definita dall'espressione:

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

con:

- h_i : spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N : numero di strati;
- H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per i dati geofisici, non essendo al momento ancora disponibili le specifiche indagini pianificate per la progettazione definitiva (cfr. paragrafo 12), si è fatto riferimento a quanto realizzato ed elaborato nella fase di progettazione del PFTE.

La campagna di indagini geofisiche eseguite nelle aree interessate dal progetto, nello specifico **2 prospezioni sismiche di tipo down-hole**, ha permesso di caratterizzare il terreno del sito indagato in termini di velocità delle onde sismiche trasversali consentendo in questo modo di calcolare i valori di velocità equivalente ($V_{s,eq}$).

La $V_{s,eq}$ è stata stimata nei 30 m al di sotto del piano piano campagna. Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = profondità 0,00 m dal p.c.):

DH 1 (S2): $V_{s,eq}$ & $V_{s,30} = 330$ m/s

DH 2 (S5): $V_{s,eq}$ & $V_{s,30} = 334$ m/s

Sulla base dei valori sperimentali della $V_{s,eq}$ ottenuti, il suolo di fondazione delle opere in progetto in tutti i casi appartiene alla **CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO C**.

Per gli approfondimenti sulla sismica e sulla categoria di sottosuolo sismico sono state pianificate specifiche indagini geofisiche per il progetto definitivo (non ancora completate). Nello specifico sono state previste:

- nr. 5 prove down-hole
- nr. 3 prove MASW
- nr. 4 prove HVSr
- nr. 2 sismiche a riflessione

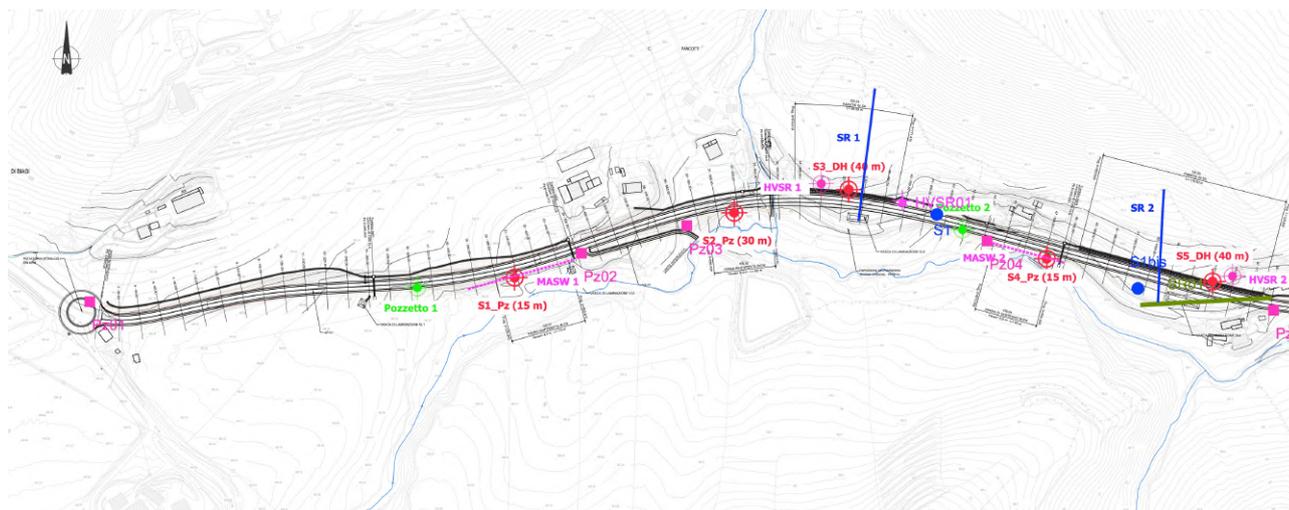
Non appena saranno disponibili tali indagini si provvederà ad integrare il tema legato alla sismica.

12 IL PIANO INDAGINI PER IL PROGETTO DEFINITIVO

Le indagini integrative pianificate per la progettazione definitiva derivano dall'analisi dell'assetto geologico e geomorfologico dell'area interessata dal tracciato di progetto.

Nel primo tratto compreso tra le due rotatorie il progetto prevede un adeguamento in sede con alcuni tratti leggermente in variante, adeguamento che vedrà tratti in allargamento lato valle in rilevato, tratti in allargamento lato monte in scavo con altezze variabili, localmente interessati da opere di contenimento di altezze massime variabili da 4 a 9 metri: pertanto, le indagini integrative previste saranno finalizzate alla caratterizzazione del piano di posa per i tratti in rilevato, con pozzetti esplorativi e prove di carico su piastra, alla caratterizzazione dei terreni interessati da scavo con sondaggi, prove down-hole e sismica a riflessione per la caratterizzazione dei versanti interessati dagli scavi e per la caratterizzazione dei terreni interessati dalle fondazioni dei muri di contenimento. Per la caratterizzazione della portanza dei piani di posa, la valutazione dei possibili cedimenti e il loro decorso nel tempo, si prevedono prove in sito e laboratorio atte a valutare i parametri geotecnici mirati a stimare la compressibilità dei terreni presenti e la loro permeabilità per valutare il decorso dei cedimenti stessi nel tempo. Le prove previste in questo tratto di tracciato sono:

- n°6 sondaggi a carotaggio continuo con sviluppo variabile tra 15 e 40 m dal piano campagna in funzione dell'importanza delle opere previste;
- n°3 pozzetti per esecuzione di n°3 prove di carico su piastra (doppio ciclo);
- n° 2 prove sismiche in foro tipo down-hole;
- allestimento di n°3 piezometri per il controllo della falda;
- esecuzione di n° 2 prove MASW;
- n° 2 prove HVSR.
- n° 2 stese sismiche a riflessione.

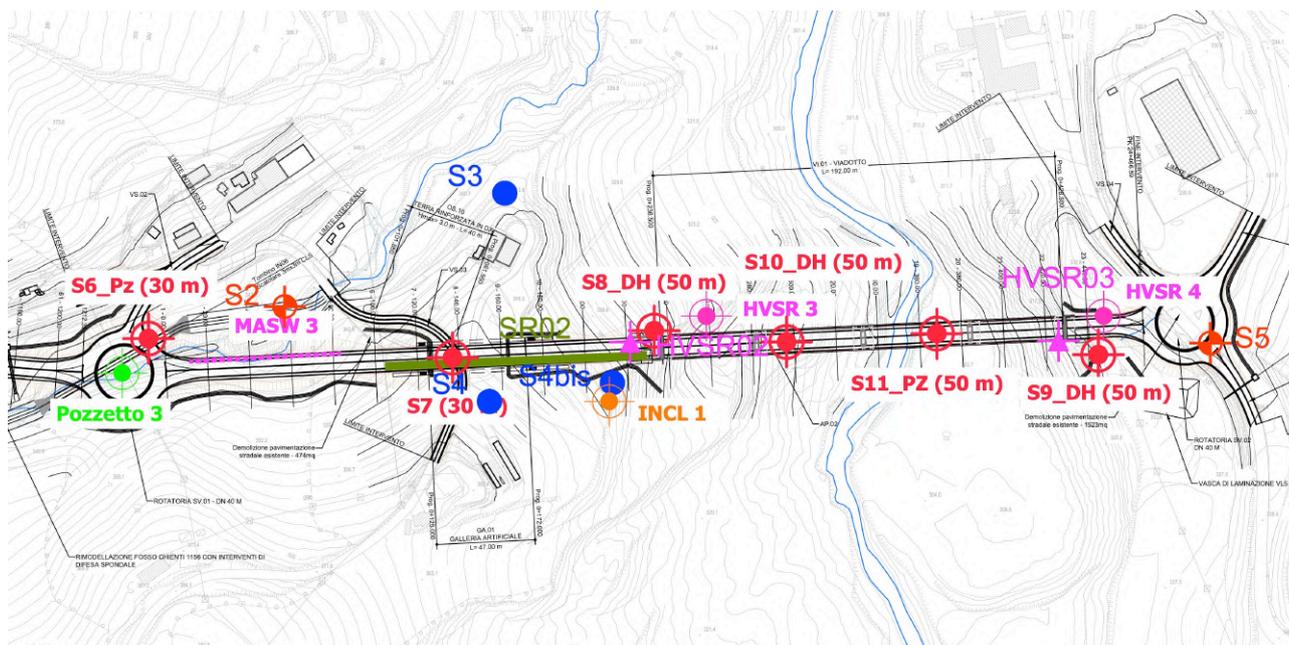


Per quanto concerne il secondo tratto, tra la rotatoria SV.01 e la rotatoria SV.02, il progetto prevede il tratto completamente in variante con due importanti opere d'arte rappresentate da una breve galleria artificiale di 40 metri ed un viadotto (VI.01) di circa 190 m.

In corrispondenza delle spalle e delle pile del viadotto, quindi, si prevede la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 50 metri, necessari per verificare la portanza dei pali di fondazioni previsti per sostenere le spalle e le pile. Tali sondaggi, inoltre, al termine della perforazione, saranno, condizionati per l'esecuzione di prove Down-hole al fine di determinare i parametri sismici. Un altro sondaggio della profondità di 30 metri è stato previsto in corrispondenza della galleria artificiale. In questo tratto si prevede di realizzare anche una MASW in corrispondenza della galleria artificiale. Le prove sismiche sono completate da n° 2 prove HVSR.

Le prove previste in questo tratto di tracciato sono:

- n°5 sondaggi a carotaggio continuo con sviluppo variabile tra 30 e 50 m dal piano campagna in funzione dell'importanza delle opere previste;
- n° 3 prove sismiche in foro tipo down-hole;
- allestimento di n°2 piezometri per il controllo della falda;
- esecuzione di n° 1 prova MASW;
- n° 2 prove HVSR.



Le indagini saranno completate dall'esecuzione di prove SPT in foro e dal prelievo di campioni indisturbati per successive prove di laboratorio.

In relazione alle prove di laboratorio si prevede di caratterizzare tutti i campioni attraverso le seguenti prove:

- Apertura campione, descrizione geotecnica e prove speditive di consistenza;
- Determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Peso specifico dell'unità di volume e dei grani;
- Analisi granulometrica completa meccanica + sedimentazione;

- Limiti di Atterberg;

e di realizzare, sugli stessi:

- prove edometriche;
- prove di taglio alla scatola di Casagrande;
- prove triassiali tipo UU;
- prove triassiali tipo CU;
- prove triassiali tipo CD;
- prove di Colonna risonante.

Durante l'esecuzione di ciascun sondaggio si prevedono le seguenti attività:

- rilievo stratigrafico;
- ricostruzione stratigrafica sul materiale prelevato;
- rilievo speditivo sul materiale coesivo mediante prove con pocket penetrometer (adeguato fondo scala) passo 20 cm;
- prelievi di campioni indisturbati di materiale coerente;
- prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo SPT (Standard Penetration Test).

Al momento della stesura della presente relazione (luglio 2023) le indagini integrative per la progettazione definitiva ancora non sono state eseguite.

13 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati illustrati i risultati dello studio geologico eseguito per la Progettazione Definitiva dei Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento intersezioni - S.S. 502 – S.S. 78 Belforte del Chienti – Sarnano - 2° stralcio.

Nell'esecuzione dello studio, in attesa della esecuzione delle indagini geognostiche e geofisiche espressamente pianificate per la progettazione definitiva, si è fatto riferimento agli studi geologici ed i relativi elaborati grafici elaborati per il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica, ai quali si sono aggiunte le informazioni derivanti da sopralluoghi e rilievi specifici nell'area.

Al momento della stesura di questa relazione (Luglio 2023) ancora non sono disponibili i risultati delle indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio terre pianificate nell'ambito della progettazione definitiva. Appena saranno disponibili tali indagini la relazione sarà revisionata ed integrata.

Lo studio eseguito, comunque, ha consentito di ricostruire in modo preliminare l'assetto geologico ed idrogeologico, l'assetto geomorfologico-strutturale e sismico dell'area in esame compresa la presenza di eventuali vincoli di carattere territoriale.

L'area dove ricade il tracciato di progetto strutturalmente rappresenta una zona di raccordo tra i rilievi montuosi calcarei e/o calcareo-marnosi e parte della depressione miocenica, il cui nucleo è presente ad est dell'area di interesse. Nell'area sono presenti alternanze di marne calcaree, marne argillose, calcari e calcari marnosi depositi nell'intervallo Eocene medio (41,2 Ma) - Tortoniano (11,63 Ma) e da alternanze di termini arenacei, arenaceo pelitici e pelitico-arenacei, rappresentate dalle unità litologiche del Bisciario, dallo Schlier, dalle Molasse inferiori e dalla Formazione gessoso-solfifera.

Tutta l'area presenta una copertura continentale costituita da depositi superficiali argilloso-limoso-sabbiosi di spessore cospicuo in corrispondenza di scarpate o valleciole concave, e depositi alluvionali terrazzati prevalentemente ghiaiosi, di discreta estensione e potenza, lungo le valli fluviali.

Per quanto riguarda le forme, i depositi ed i processi dovuti all'azione delle acque correnti superficiali ed alla gravità, nell'area in oggetto sono presenti scarpate di erosione fluvio-torrentizia (attive, inattive e quiescenti, con prevalenza delle ultime), lungo l'asse vallivo del Fiume Fiastrone. Soprattutto per quanto riguarda il Fiume Fiastrone, in corrispondenza di tratti dell'alveo ad andamento meandriforme, si hanno fenomeni di intensa erosione laterale attiva e in stato quiescente, che talora danno luogo a fenomeni di franamento della scarpata fluviale. Nell'area sono piuttosto diffuse le scarpate poligeniche con influenza strutturale e fenomeni gravitativi di versante.

Le verifiche delle condizioni di stabilità delle aree attraversate dal tracciato di progetto sono state eseguite mediante la consultazione della documentazione di settore del PAI e del Catalogo IFFI e specifici sopralluoghi in situ.

La documentazione IFFI mostra la presenza di alcuni fenomeni franosi di differente natura e genesi, mentre la cartografia PAI ha evidenziato una vasta area instabile a rischio medio interessata dal tracciato.

E' stata evidenziata inoltre la presenza di un'area ad elevata instabilità geomorfologica ubicata sul versante sinistro del Fiastrone, a sud del viadotto di progetto. Tale area è costituita da corpi di frana recenti (di tipo rotazionale/traslativo e di tipo colamento) con interposta un'area caratterizzata da soliflusso e creeping. La

zona presenta anche numerose scarpate morfologiche dovute sia alle corone di frana che a possibili successivi fenomeni di detensionamento. Tale area interferisce con la spalla ovest del Viadotto di progetto VI01 e con la pila P1 (cfr. figura successiva).

Al fine di attivare da subito un monitoraggio dell'area è stata prevista, durante la campagna geognostica per il progetto definitivo, la realizzazione di un inclinometro posto nelle vicinanze della scarpata morfologica vicino alla spalla ovest del viadotto lato monte rispetto allo scorrimento del Fiastrone.

La progettazione delle fondazioni della spalla del viadotto, degli eventuali muri andatori e della pila 1 del viadotto dovrà prevedere adeguate opere o presidi volti alla riduzione del rischio geomorfologico di quest'area.

In relazione all'assetto idrogeologico l'area di progetto è interessata da modesti acquiferi alluvionali all'interno della valle del Fiume Fiastrone e da ancora più modesti acquiferi delle formazioni terrigene e dei depositi eluviali e colluviali di versante.

Le indagini geognostiche eseguite per il PFTE (Anno 2022) hanno visto la realizzazione di alcuni piezometri attraverso i quali nel tempo sono state effettuate delle letture piezometriche per rilevare la presenza della falda e la sua profondità rispetto al piano campagna ed in valore assoluto.

Le misure effettuate hanno rilevato la presenza di livelli di falda costanti nel tempo anche a distanza di 8 mesi ed in stagioni differenti (fine autunno ed estate piena).

Da evidenziare nei sondaggi S4 ed S4bis la presenza della falda a quote che interferiscono con la galleria artificiale. Si tratta di falde presenti all'interno dei termini eluvio-colluviali e dei sottostanti termini pelitico-arenacei quindi abbastanza contenute che però necessitano di essere attenzionate in occasione degli scavi soprattutto della galleria artificiale, per i quali si dovrà necessariamente prevedere l'aggettamento delle acque e la loro gestione per il corretto allontanamento e smaltimento.

Il piano indagini per la progettazione definitiva, ancora non completato al momento della stesura della presente relazione, prevede la realizzazione di ulteriori 5 piezometri. Non appena saranno disponibili le prime letture si provvederà ad integrare i dati relativi alla falda.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici la Delibera della Giunta Regionale nr. 1142 del 19 settembre 2022 "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche della Regione Marche" classifica il comune di Cessapalombo nella Zona 2.

La stessa DGR nr. 1142 del 19 settembre 2022 individua inoltre, nell'Allegato C, la mappa delle accelerazioni massime del suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferite a suolo rigido ($V_s30 > 800$ m/s).

I valori della pericolosità sismica di base del territorio di Cessapalombo espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s, cat. A, punto 3.2.1 DM 14/09/2005), risultano compresi tra 0.175g-0.200g (http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/marche.html). Tale accelerazione è riferibile ad un tempo di ritorno di 475 anni.

Per i dati geofisici, non essendo al momento ancora disponibili le specifiche indagini pianificate per la progettazione definitiva (cfr. paragrafo 12), si è fatto riferimento a quanto realizzato ed elaborato nella fase di progettazione del PFTE.

La campagna di indagini geofisiche eseguite nelle aree interessate dal progetto, nello specifico **2 prospezioni sismiche di tipo down-hole**, ha permesso di caratterizzare preliminarmente il terreno del sito indagato in termini di velocità delle onde sismiche trasversali consentendo in questo modo di calcolare i valori di velocità equivalente ($V_{s,eq}$).

La $V_{s,eq}$ è stata stimata nei 30 m al di sotto del piano campagna. Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = profondità 0,00 m dal p.c.):

DH 1 (S2): $V_{s,eq} \& V_{s,30} = 330$ m/s

DH 2 (S5): $V_{s,eq} \& V_{s,30} = 334$ m/s

Sulla base dei valori sperimentali della $V_{s,eq}$ ottenuti, il suolo di fondazione delle opere in progetto in tutti i casi appartiene alla **CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO C**.

Per gli approfondimenti sulla sismica e sulla categoria di sottosuolo sismico sono state pianificate specifiche indagini geofisiche per il progetto definitivo (non ancora completate). Nello specifico sono state previste:

- nr. 5 prove down-hole
- nr. 3 prove MASW
- nr. 4 prove HVSr
- nr. 2 sismiche a riflessione

Non appena saranno disponibili tali indagini si provvederà ad integrare il tema legato alla sismica.

Oltre alle indagini sismiche, per la progettazione definitiva sono state pianificate le seguenti indagini geognostiche e di laboratorio terre:

- n°11 sondaggi a carotaggio continuo con sviluppo variabile tra 15 e 50 m dal piano campagna in funzione dell'importanza delle opere previste;
- n°3 pozzetti per esecuzione di n°3 prove di carico su piastra (doppio ciclo);
- allestimento di n°5 piezometri per il controllo della falda;

Le indagini saranno completate dall'esecuzione di prove SPT in foro e dal prelievo di campioni indisturbati per successive prove di laboratorio.

In relazione alle prove di laboratorio si prevede di caratterizzare tutti i campioni attraverso le seguenti prove:

- Apertura campione, descrizione geotecnica e prove speditive di consistenza;
- Determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Peso specifico dell'unità di volume e dei grani;
- Analisi granulometrica completa meccanica + sedimentazione;
- Limiti di Atterberg;

e di realizzare, sugli stessi:

- prove edometriche;
- prove di taglio alla scatola di Casagrande;
- prove triassiali tipo UU;

- prove triassiali tipo CU;
- prove triassiali tipo CD;
- prove di Colonna risonante.

Durante l'esecuzione di ciascun sondaggio si prevedono le seguenti attività:

- rilievo stratigrafico;
- ricostruzione stratigrafica sul materiale prelevato;
- rilievo speditivo sul materiale coesivo mediante prove con pocket penetrometer (adeguato fondo scala) passo 20 cm;
- prelievi di campioni indisturbati di materiale coerente;

A valle dell'acquisizione di tutte le informazioni (stratigrafiche, presenza e profondità della falda, dati di caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni indagati, letture inclinometriche, etc.) sarà possibile ricostruire in modo adeguato il modello geologico dei terreni interessati dal progetto, ricostruire il profilo geologico dell'intero tracciato stradale, i profili di dettaglio delle principali opere (galleria artificiale e viadotto), le sezioni trasversali delle principali opere di contenimento previste.