

**ASSE VIARIO MARCHE - UMBRIA E QUADRILATERO DI  
PENETRAZIONE INTERNA**

**Sublotto 2.2: Intervalliva Macerata - allaccio funzionale della SS77  
alla città di Macerata alle località "La Pieve" e "Mattei"**

**PROGETTO DEFINITIVO**

<p>IL GEOLOGO</p> <p>Dott. Geol. <b>Salvatore Marino</b> Dott. <b>Salvatore Marino</b> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069 Geologo D.P.A. n. 1069</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Claudio Muller</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p><b>GPI INGEGNERIA</b> <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>cooprogetti</b> <b>cocoprogetti</b></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>engeko</b></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>AIM</b> <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Valerio Guidobaldi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30025</p>		<p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><b>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</b> <b>ORDINE INGEGNERI</b> <b>ROMA</b> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 140354035</p>
<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Iginio Farotti</i></p>		

**GEOLOGIA**

Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica

CODICE PROGETTO				NOME FILE				REVISIONE	SCALA
OPERA	LOTTO	STATO	SETTORE	L0703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.003.C					
				WBS	DISCIPLINA	TIPO DOC.	N° PROGRESS.		
<b>L0703</b>	<b>MC</b>	<b>D</b>	<b>P</b>	<b>GENER00</b>	<b>GEO</b>	<b>REL</b>	<b>003</b>	<b>C</b>	<b>-</b>
<b>C</b>	Revisione a seguito alle istruttorie Prot. QMU 0002937				Nov. 2020	Leonardi	Marino	Guiducci	
<b>B</b>	Revisione a seguito alle istruttorie Prot. QMU 0002937				Ott. 2020	Marino	Marino	Guiducci	
<b>A</b>	Emissione				Marzo 2020	Marino	Marino	Guiducci	
REV.	DESCRIZIONE				DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

## INDICE

<b>1.</b>	<b><u>PREMESSA</u></b> .....	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b><u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u></b> .....	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b> .....	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b><u>INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI</u></b> .....	<b>6</b>
4.1.	INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE.....	6
4.1.	INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROGETTO DEFINITIVO.....	6
4.1.1.	<i>Indagini geognostiche (luglio agosto 2019) tratto Sforzacosta - la Pieve</i> .....	6
4.1.2.	<i>Indagini geognostiche (settembre-ottobre 2019) tratto La Pieve–Mattei</i> .....	7
<b>5.</b>	<b><u>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO GENERALE</u></b> .....	<b>8</b>
<b>6.</b>	<b><u>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE</u></b> .....	<b>12</b>
6.1.	CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELLA'AREA IN STUDIO.....	13
6.1.1.	<i>Forme strutturali</i> .....	14
6.1.2.	<i>Forme gravitative</i> .....	17
6.1.3.	<i>F-19-0736 (P3) e F-19-1890 (P2)</i> .....	19
6.1.4.	<i>F-19-0743 (P3)</i> .....	25
6.1.5.	<i>F-19-0734 (P2)</i> .....	28
6.1.6.	<i>Forme fluviali e dovute al dilavamento</i> .....	39
6.1.7.	<i>Forme di origine antropica</i> .....	41
<b>7.</b>	<b><u>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO GENERALE</u></b> .....	<b>42</b>
7.1.	IDROGRAFIA LOCALE.....	43
<b>8.</b>	<b><u>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE</u></b> .....	<b>47</b>
8.1.	IDROGEOLOGIA LOCALE.....	47
<b>9.</b>	<b><u>PRESCRIZIONI PAI</u></b> .....	<b>51</b>
<b>10.</b>	<b><u>CARATTERISTICHE DEI LITOTIPI AFFIORANTI NELL'AREA</u></b> .....	<b>53</b>
10.1.	FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE.....	53
10.1.1.	<i>litofacies pelitica</i> .....	55
10.1.2.	<i>litofacies pelitico-arenacea</i> .....	55
10.1.3.	<i>litofacies arenaceo-pelitica</i> .....	56
10.1.4.	<i>litofacies arenacea</i> .....	56
10.2.	DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI.....	56
10.2.1.	<i>Sintema del F.Musone (MUS) (Olocene)</i> .....	57
10.2.2.	<i>Sintema di Matelica (MTI) (Pleistocene superiore)</i> .....	58
10.2.3.	<i>Supersintema di Colle Ulivo-Colonia Montani (AC) (Pleistocene medio finale)</i> .....	58

**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

10.2.4. Sintema di Urbisaglia (URB) (Pleistocene medio-medio/inferiore).....	59
10.3. COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI .....	59
<b>11. INQUADRAMENTO SISMICO.....</b>	<b>60</b>
11.1. PERICOLOSITÀ SISMICA.....	60
11.2. SISMICITÀ STORICA.....	61
11.3. AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE .....	66
<b>12. MOVIMENTI DI MATERIA.....</b>	<b>68</b>
<b>13. INTERSEZIONE TRACCIATO ASPETTI GEOLOGICI.....</b>	<b>71</b>
13.1. PROG. 0+00 E PROG. 1+500 .....	71
13.1.1. tratto compreso tra la prog. 0.00 e 0+178.....	72
13.1.2. tratto compreso tra la prog. 0.178 e 0+528.....	72
13.1.3. tratto compreso tra la prog. 0.528 e 0+649.....	73
13.1.4. tratto compreso tra la prog. 0.649 e 1+500.....	74
13.2. TRATTO DA PROG. 1+500 A PROG. 3+000.....	74
13.3. TRATTO COMPRESO DA PROG. 3+000 A FINE LOTTO.....	75
13.3.1. tratto compreso tra la prog. 3.000 e 3+200.....	76
13.3.2. tratto compreso tra la prog. 3.200 e 3+475.....	76
13.3.3. tratto compreso tra la prog. 3.475 e 4+000.....	77
13.3.4. tratto compreso tra la prog. 4+000 a fine lotto.....	78

PROGETTAZIONE ATI:

## **1. PREMESSA**

La presente relazione illustra i risultati degli studi geologici condotti per la stesura del Progetto Definitivo relativo all'Intervalliva di Macerata (allaccio funzionale della SS77, alla città di Macerata e alle località "La Pieve" e "Mattei"); il tracciato è stato inserito nel Maxilotto 1 del sistema "Asse Viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna" ed identificata come Sublotto 2.2.

La strada in progettazione quindi rientra nel sistema "Asse Viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna" ed è inserita tra le infrastrutture ritenute di carattere strategico e di preminente interesse nazionale, per la modernizzazione e lo sviluppo del Paese, dalla Legge Obiettivo (Legge n. 443/2001) ed in particolare dal Programma delle infrastrutture strategiche (Delibera n. 121/2001), inoltre essa ricade nell'ambito dei "Corridoi trasversali alla dorsale appenninica (corridoi stradali e autostradali)" previsti dall'Intesa Generale Quadro sottoscritta il 24 ottobre 2002 tra il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti e le Regioni Marche e Umbria.

Il tracciato stradale si sviluppa prevalentemente in sinistra ed in misura minore sulla destra idrografica del Fiume Chienti, ricade all'interno dei comuni di Macerata (MC) e Corridonia (MC) e può essere suddiviso in due tratti:

- Tratto 1: lungo circa 3km unisce il nuovo svincolo di progetto sulla SS77 con la rotonda di progetto sulla SP77 in località La Pieve alle porte della città di Macerata. Questo tratto è stato sviluppato sulla base del Progetto Definitivo redatto da Val di Chienti S.C.p.A. per conto di Quadrilatero Marche Umbria S.p.A.
- Tratto 2: lungo circa 2km unisce la rotonda sulla SP77 in località La Pieve con la rotonda esistente su Via Enrico Mattei. Questo tratto è stato sviluppato sulla base del Progetto Preliminare redatto da Comune di Macerata

Lo studio riprende i lavori e le considerazioni già disponibili scaturiti dalla stesura del Progetto Preliminare (anno 2004) e del Progetto Definitivo (anni 2006 e 2008) per il tratto di tracciato compreso tra Sforzacosta (svincolo SS77) e la Pieve, ovvero per l'"Intervalliva di Macerata" del Sublotto 2.2, Maxilotto 1 del Quadrilatero Umbria – Marche (fra la vecchia SS77 della Val di Chienti, a nord, ed il raccordo autostradale (superstrada Val di Chienti) a sud.

Nell'ambito di questo studio è stata disposta ed eseguita una campagna di indagini geognostiche i cui risultati sono stati integrati a quelli già disponibili dalle campagne pregresse.

## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La redazione della seguente relazione è stata eseguita nel rispetto delle normative vigenti in materia di progettazione antisismica e di diverse raccomandazioni tecniche, tra cui:

- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 pubblicate sul Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 42 del 20 febbraio 2018
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (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, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- Circolare Min. LL.PP: 24 settembre 1988 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"
- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "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, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3)
- O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico"
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998)
- G. Peruzzi, D. Albarello (2016). Stimatori approssimati della componente verticale del moto nelle valutazioni di risposta sismica locale
- Studio di microzonazione sismica per i comuni del centro Italia colpiti dagli eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016 così come previsto con l'ordinanza n° 24 del 12 maggio 2017 del Commissario Straordinario

### **3. BIBLIOGRAFIA**

ISPRA – Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 303 MACERATA

ISPRA – Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 303 MACERATA

COLTORTI, CONSOLI, DRAMIS, GENTILI, PAMBIANCHI (1991) – Evoluzione geomorfologica delle piane alluvionali delle Marche centro meridionali;

REGIONE MARCHE (2004) – Piano per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)

REGIONE MARCHE (2016) – Piano per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)

REGIONE MARCHE, SERVIZIO AMBIENTE E PAESAGGIO – Carta geologica regionale, Edizione CTR, Sezione 303100 Macerata Sud

ISPRA, PRGETTO IFFI – Inventario dei fenomeni franosi

COMUNE DI MACERATA – Piano Regolatore Generale – Cartografia e Norme Tecniche di attuazione

REGIONE MARCHE – Piano regionale attività estrattive (P.R.A.E.) – Relazione tecnico illustrativa

PIERANTONI, CICORIA (2014) – Caratteri geologico-strutturali dell'appennino umbro-marchigiano ed implicazioni sulla circolazione idrica profonda.

LAVECCHIA, PIALLI (1981) – Modello geodinamico dell'area Umbro-Marchigiana e suo significato sismogenetico

QUADRILATERO S.p.A. (2016) - ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA – Maxi Lotto 2 - Direttrice Perugia Ancona

COMUNE DI MACERATA (2015) – Piano comunale di protezione civile – Carta di Rischio idrogeologico-idraulico e rischio dighe

APAT (2006) – Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti

NESCI, SAVELLI, MENGARELLI (1990) – I terrazzi vallivi del 1° ordine nei bacini dei fiumi Metauro e Foglia (Appennino Marchigiano)

ISPRA – QUADERNI SERIE III – Volume 13 Fascicolo I – Modifiche ed integrazioni al quaderno n. 4/1994

INDAGINE REPERITA – COMUNE DI MACERATA – Considerazioni sulla stabilità gravitativa [...] – Riperimetrazione e riclassificazione frana PAI denominata F-19-0736

SITI INTERNET – Regione Umbria, Provincia di Macerata, Comune di Macerata

PROGETTAZIONE ATI:

#### **4. INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI**

##### **4.1. INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE**

Le indagini pregresse comprendono quelle eseguite per la stesura del Progetto Preliminare (anno 2004) e del Progetto Definitivo (anni 2006 e 2008) per il tratto di tracciato Sforzacosta (svincolo SS77) e la Pieve.

Nello specifico le campagne geognostiche sono state così sviluppate:

- campagna di indagine geotecnica del 2004, a cura della ditta Technosoil Snc, è consistita di n. 4 sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza variabile tra 6 m e 20 m, n. 2 prove penetrometriche dinamiche spinte fino a una profondità massima di 7 m e n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica, spinte fino a circa 4 m dal piano campagna;
- campagna di indagine geotecnica del 2006-2008 a cura della ditta Methodo Srl, è consistita in n.1 sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza pari a 30 m, n. 3 prove penetrometriche dinamiche spinte fino a una profondità massima di circa 13 m e n. 4 pozzetti esplorativi con prove di carico su piastra.

I risultati delle indagini sono raccolti negli elaborati seguenti

LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.001.A  
LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.002.A  
LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.001.A  
LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.002.A  
LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.003.A  
LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.004.A  
LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.005.A  
LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.006.A  
LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.007.A  
LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.008.A

##### **4.1. INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROGETTO DEFINITIVO**

La nuova campagna geognostica è stata sviluppata in due fasi temporali distinte: la prima fase (luglio-agosto 2019) ha riguardato il tratto Sforzacosta (Svincolo SS77) e la Pieve, mentre la seconda fase (settembre-ottobre 2019), il tratto la Pieve – Mattei.

###### **4.1.1. INDAGINI GEOGNOSTICHE (LUGLIO AGOSTO 2019) TRATTO SFORZACOSTA - LA PIEVE**

L'indagine ha compreso le seguenti tipologie di analisi:

- n. 3 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica di cui 2 condizionati a piezometro ed uno con tubo per prova down hole;
- n. 9 prove penetrometriche in foro SPT;
- n. 3 prove Lefranc in foro di sondaggio;
- n. 14 prelievi di campioni di cui 6 indisturbati e 8 rimaneggiati, sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;

**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

- n. 7 pozzetti esplorativi spinti fino alla profondità massima di 3 m dal p.c., finalizzati anche a scopi di analisi ambientali;
- n. 9 prelievi di campioni rimaneggiati prelevati dai pozzetti esplorativi sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 6 prove di carico su piastra eseguite nei pozzetti esplorativi;
- n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica;
- n.1 indagine sismica down-hole.

**4.1.2. INDAGINI GEOGNOSTICHE (SETTEMBRE-OTTOBRE 2019) TRATTO LA PIEVE–MATTEI**

Questa porzione di campagna geognostica ha visto l'esecuzione di:

- n. 6 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica di cui 2 attrezzati con tubo piezometro e 4 con tubo inclinometrico;
- n. 1 sondaggio inclinato a 45° della lunghezza di 3 m, eseguito per il prelievo di campioni ambientali e geotecnici;
- n. 21 prove penetrometriche SPT in foro di sondaggio;
- n. 31 prelievi di campioni di cui 14 indisturbati e 17 rimaneggiati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 2 pozzetti esplorativi spinti alla profondità massima di 3 m dal p.c. con prelievo di campioni ambientali e geotecnici;
- n. 7 prelievi di campioni dai pozzetti esplorativi di cui 6 rimaneggiati e 1 indisturbato, sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica;
- n. 1 MASW.

Tutte le informazioni rese disponibili dalle varie campagne di indagini sono state utilizzate al fine di fornire un contributo alla definizione del modello geologico e, di conseguenza, tutte le indagini sono state analizzate in modo critico e ne è stata verificata la validità da diversi soggetti e colleghi; i punti di indagine in asse al tracciato, ovviamente, hanno avuto un peso tecnico maggiore rispetto a quelle distanti dall'asse, ma queste ultime hanno contribuito a dare importanti chiarimenti circa i rapporti stratigrafici tra le unità litologiche.

Le indagini pregresse erano state già oggetto di "validazione" in quanto parte integrante del PD (2007-2011) redatto da Quadrilatero S.p.A. per il Sub lotto 2.2, Maxilotto 1 del Quadrilatero Umbria – Marche, "Intervalliva di Macerata". Il primo tratto di tracciato del presente progetto, infatti, fra la vecchia SS 77 della Val di Chienti a nord, ed il raccordo autostradale (superstrada Val di Chienti) a sud, ripercorre il corridoio già studiato nel progetto 2007-2011 confermandone i risultati.

La campagna 2019 finalizzata alla stesura del presente progetto è stata studiata e concordata con i tecnici ANAS ed eseguita sotto la supervisione dei colleghi di Quadrilatero.

Rispetto al progetto delle indagini inizialmente studiato e proposto, esso ha subito alcune inevitabili modifiche, nel corso della sua esecuzione, causati principalmente da problemi legati all'accessibilità ai fondi privati. Le modifiche hanno visto la sostituzione della tipologia di prova o quando possibile il riposizionamento del punto di indagine.

## 5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO GENERALE

L'area in oggetto è compresa tra le colline di Colbuccaro, il corso del Fiume Chienti, il settore a SW dell'abitato di Macerata e il versante in destra del Fosso Valteja.

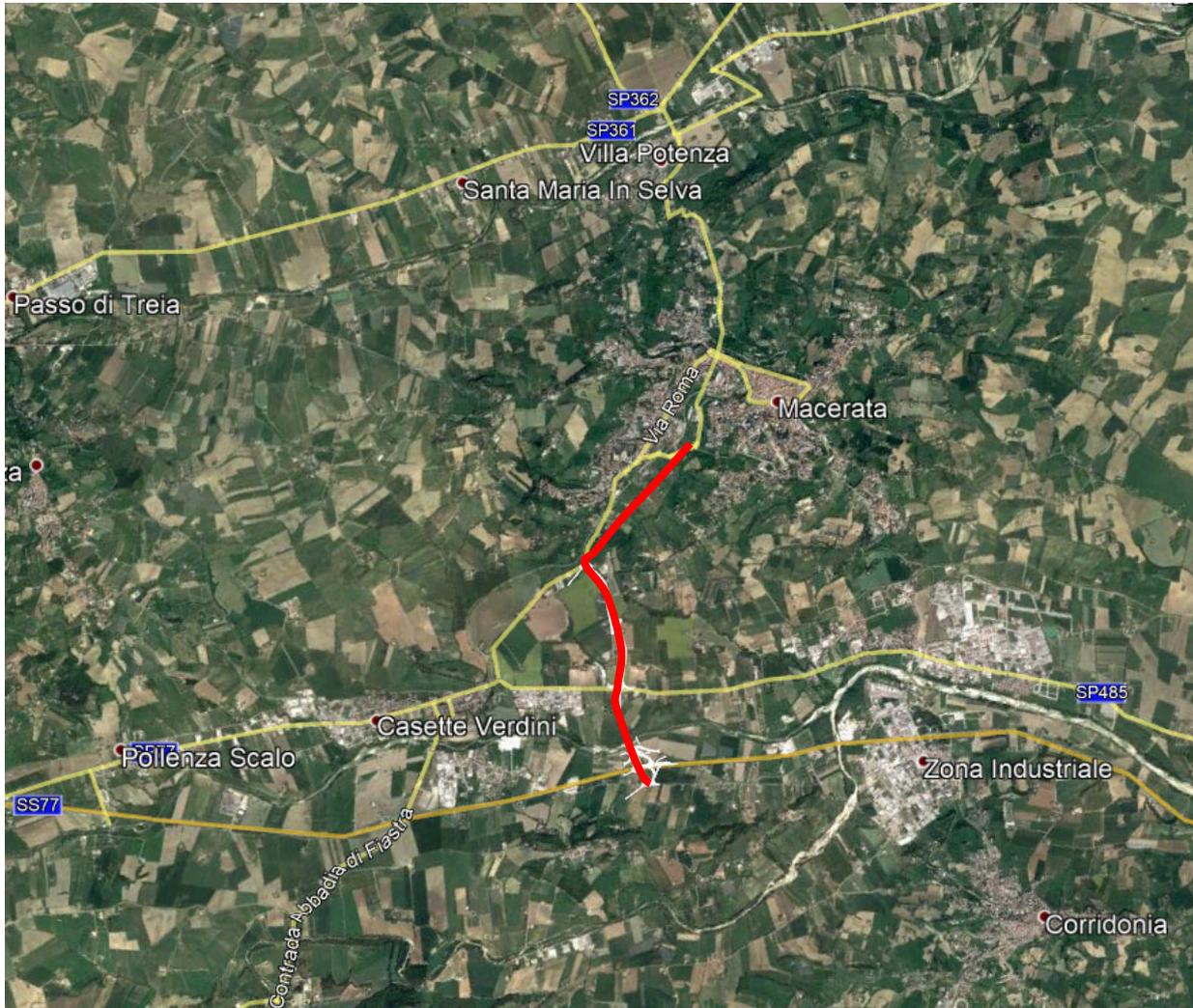


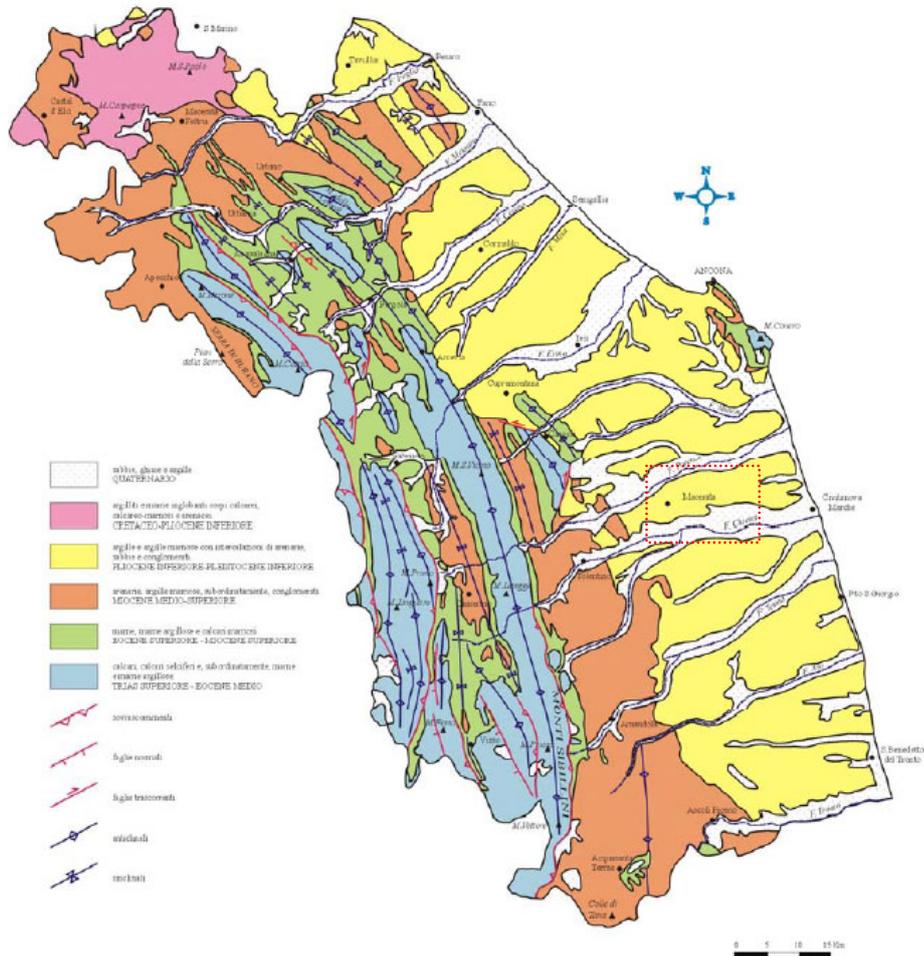
Figura 5.1 Immagine da Google dell'area dove si sviluppa il corridoio di progetto

Dal punto di vista geo-litologico nell'area sono presenti terreni appartenenti alla successione sedimentaria marina plio-pleistocenica e ai depositi continentali di età quaternaria.

L'area marchigiana costituisce la parte meridionale più esterna dell'Appennino settentrionale; l'aspetto orografico della regione consente l'individuazione di tre fasce geografiche che si estendono, in senso longitudinale rispetto alla costa, da occidente al litorale Adriatico:

- fascia preappenninica,
- fascia appenninica
- fascia subappenninica.

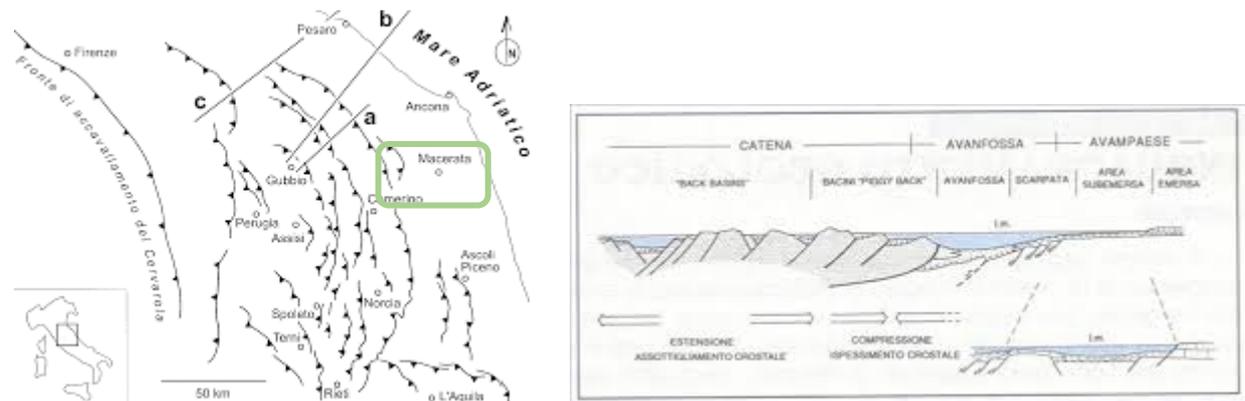




**Figura 5.3 Immagine schematica della geologia delle Marche. (Deiana & Pambianchi, 2002)**

Dal punto di vista della dinamica geologico-strutturale, che ha interessato la catena appenninica centrale, il settore maceratese ricade nell'ambito esterno alla catena.

Gli eventi deformativi che hanno interessato le zone appenniniche esterne nel Bacino marchigiano, a partire dal Pliocene inferiore, individuano settori caratterizzati da una diversa evoluzione tettonico-sedimentaria e l'area maceratese, dal punto di vista paleomorfologico, ricade in ambito di piattaforma continentale.



**Figura 5.4 Immagini schematiche con vista planimetrica e in sezione dell'assetto strutturale dell'area Umbro Marchigiano**

La sequenza sedimentaria, che costituisce l'ossatura dell'Appennino Centrale è rappresentata dalla serie Umbro-Marchigiana (successione sedimentaria di ambiente di deposizione pelagico) che si raccorda a Sud con i depositi della piattaforma Laziale-Abbruzzese. Dal punto di vista litologico, la sedimentazione pelagica si compone di calcari, calcari marnosi, calcari selciferi e marne, la cui deposizione, in questo settore dell'appennino, si è protratta dal Triassico sup. fino al Paleogene.

A partire dal Miocene i movimenti tettonici del thrust appenninico hanno comportato la dislocazione dei depositi rocciosi pelagici e nell'area marchigiana la sedimentazione è stata controllata e caratterizzata dalla comparsa di aree bacinali che hanno accompagnato gli stadi evolutivi del sistema catena-avanfossa-avampaese. L'Avanfossa Marchigiana è caratterizzata da ampie sinclinali separate fra loro da anticlinali molto strette orientate secondo un andamento NW-SE.

L'assetto morfostrutturale attuale è stato generato e tutt'ora controllato dall'attività tettonica plio-quadernaria che, unitamente alle variazioni climatiche ed eustatiche, ha condizionato marcatamente le caratteristiche della sedimentazione tra depositi di ambiente marino e di ambiente continentale. I depositi marini plio-pleistocenici, a seguito del sollevamento regionale, sono disposti secondo una giacitura monoclinale debolmente immergente verso E.

## **6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE**

Dal punto di vista morfologico la situazione regionale è riconducibile ai processi geologici accennati in precedenza ed in particolare a quelli che si sono succeduti a partire dal Pleistocene superiore fino ai giorni nostri. Le caratteristiche geomorfologiche dell'area sono il frutto, perciò, dell'interazione tra le unità litologiche dei terreni affioranti, l'assetto strutturale, gli agenti climatici e l'attività antropica.

Possono essere distinti 4 ambienti geomorfologici principali:

- montano
- pedemontano
- pianura
- costa

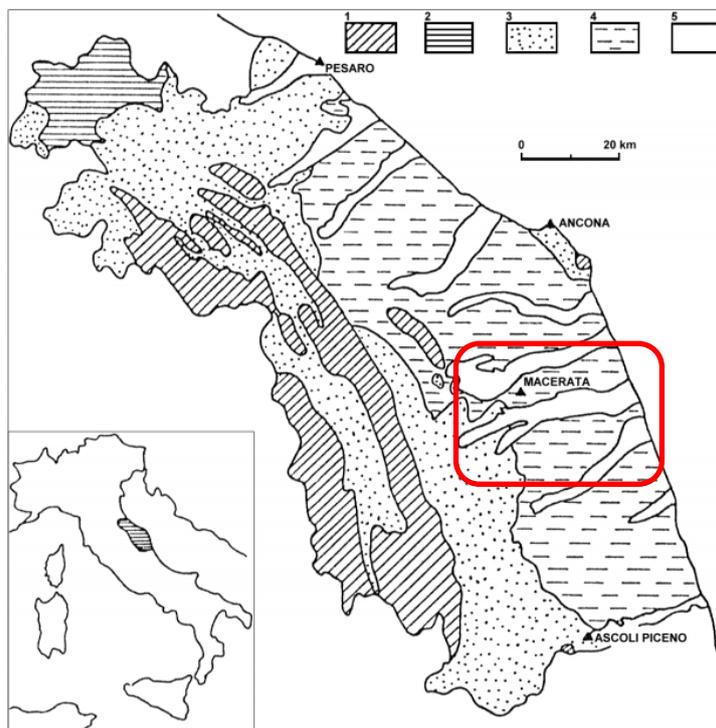
La fascia montana comprende le catene montuose della dorsale Umbro-Marchigiana, legate alla struttura anticlinale, le cui quote sono comprese tra i 750 e i 2400 m circa. I corsi d'acqua, in questa fascia, presentano valli particolarmente approfondite che danno luogo ad un paesaggio aspro caratterizzato da rilievi con versanti ripidi e valli molto strette.

La fascia pedemontana costituisce la cerniera di collegamento tra quella montana e quella di pianura/costiera; essa dal punto di vista morfologico si presenta prevalentemente collinare con quote degradanti gradualmente verso mare. Le litologie affioranti sono ascrivibili a terreni di natura pelitica e pelitico-arenacea di età plio-pleistocenica ascrivibili alla monoclinale del Bacino Marchigiano Esterno. I corsi d'acqua, in questa fascia, presentano una generale disposizione perpendicolare alla costa.

Le pianure alluvionali sono in genere poco sviluppate, tranne che nei tratti più prossimi alla foce dei fiumi. Esse sono sede di terrazzi alluvionali appoggiati a varie altezze rispetto al fondovalle, con quote progressivamente decrescenti dall'entroterra verso la costa.

Lungo i principali corsi d'acqua sono stati riconosciuti da tre a quattro ordini di terrazzi alluvionali ben individuabili sulle sinistre idrografiche, mentre in quelle di destra risultano essere incompleti o assenti. I terrazzi del I ordine affiorano in lembi con sviluppo areale molto contenuto, appaiono troncati dall'erosione che li riduce a sottili livelli ciottolosi. Le quote di affioramento variano da alcune decine di metri fino ad oltre 200 m. Le alluvioni del II e III ordine si presentano in lembi più estesi e continui con spessori fino a 20-30 metri.

Nei tratti medio e terminali dei fiumi i depositi alluvionali del IV ordine e quelli del III ordine ospitano ricche falde acquifere.



**Figura 6.1** Principali piane alluvionali (aree in bianco) della Regione Marche

### 6.1. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELLA'AREA IN STUDIO

Dal punto di vista geomorfologico l'area si presenta in armonia con il contesto paesaggistico collinare che si estende lungo la fascia periadriatica.

Come anticipato in precedenza l'assetto geomorfologico è influenzato e condizionato da vari fattori fra i quali:

- l'evoluzione neotettonica
- la successione degli eventi climatici quaternari
- le caratteristiche litostratigrafie
- l'attività antropica

Di fondamentale importanza è il risultato dell'intenso sollevamento generale che ha interessato tutto l'appennino a partire dal Pliocene superiore. Tale sollevamento ha indotto un generale e rapido approfondimento dell'erosione lineare in funzione alle diverse condizioni climatiche che si sono avvicendate a partire dal Pleistocene medio.

All'evoluzione tettonica dell'area ed alle caratteristiche litologiche è collegata la genesi e la morfologia dei rilievi collinari nonché le locali rotture di pendio, mentre i processi morfogenetici derivano dall'azione delle acque superficiali e della gravità.

L'alternanza delle fasi climatiche, che si sono susseguite nel passato, caratterizzati da periodi freddi (periglaciali) e da periodi temperati, sono alla base degli intervalli temporali a prevalente azione di sedimentazione o di erosione; questi elementi morfologici e sedimentari sono riconoscibili lungo il corso del F. Chienti e, nell'area in studio, sono evidenziati dalla presenza di depositi alluvionali

PROGETTAZIONE ATI:

disposti a quote decrescenti rispetto al fondovalle attuale; esse appaiono particolarmente sviluppate in sinistra dove è possibile riconoscere l'intera successione degli ordini terrazzati dal I al IV.

La carta geomorfologica, elaborato LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.PLA.006.A, in base a questi presupposti, è stata compilata tenendo perciò conto anche delle litologie affioranti; esse, per omogeneità di caratteristiche, sono raggruppate in 3 unità litostratigrafiche principali e fanno da sfondo agli elementi e alle forme morfologiche individuate, ovvero:

- Unità dei depositi di natura alluvionale
- Unità dei depositi di copertura (eluvio-colluviali)
- Unità dei depositi di plio-pleistocenici

Gli elementi e le forme morfologiche, riscontrate nell'area di studio, sono definiti da linee a tratto continuo o discontinuo (nel caso di forme certe o incerte) e la colorazione e la simbologia adottata è funzione della diversa genesi dell'elemento morfologico rappresentato.

Per la scelta dei simboli si è fatto riferimento ai Quaderni (ISPRA) serie III volume 13 (2018).

Nell'area in esame sono stati evidenziati quattro insiemi di forme morfogenetiche:

- Forme strutturali
- Forme gravitative
- Forme fluviali e dovute al dilavamento
- Forme di origine antropica

### 6.1.1. FORME STRUTTURALI

Le forme strutturali comprendono le seguenti tipologie:

Forme strutturali

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
|  | Traccia di faglia presunta           |
|  | Scarpata strutturale                 |
|  | Scarpata di erosione selettiva 5-10m |
|  | Scarpata di erosione selettiva >10m  |

Le tracce di faglia presunta sono riconducibili a lineamenti tettonici individuati attraverso indicatori morfologici quali forme lineari (incisioni fluviali), planari (terrazzi fluviali) e circolari (nicchie di frana), nonché la consultazione della cartografia ufficiale.

Si tratta, in genere di faglie a carattere locale con cinematisma normale e/o trascorrente per le quali è difficile stabilirne la sequenza cronologica.

In cartografia sono riportate con linee a carattere tratteggiato in quanto non visibili direttamente in affioramento.

Sono evidenti gruppi di famiglie allineate secondo direzioni E-W, ENE-SSW e NW-SE.

Alcuni dei questi lineamenti sono associati a scarpate di erosione selettiva come per esempio nel tratto, orientato ENE-SSW, compreso tra il C. Costa e il a C. Storani, passando per C. Benedetti e C. Tartufari.

All'allineamento ENE-SSW sono collegati gli elementi del sistema NW-SE, in località C. Tartufari, disposti in geometrie tipo en-echelon.



**Figura 6.2 Elementi morfologici presso la scarpata tra i C. Tartufari e il C. Storani**



**Figura 6.3 Scarpata tra i C. Tartufari e il C. Storani**

Percorrendo il tracciato verso N, sono evidenti altri allineamenti strutturali orientati ENE-SSW che interessano il versante in sinistra del Fosso Valteja.



**Figura 6.4 Elementi strutturali orientati ENE-SSW lungo il versante in sinistra del Fosso Valteja**

L'impiuvio che da Villa Ariani confluisce nel Fosso Valteja è supposto anch'esso legato ad un motivo tettonico-strutturale; presenta orientazione circa E-W, così come l'andamento dei lineamenti riconosciuti sul versante in sinistra del F. Valteja, tra le località C. Marconi e Rione Marche, nella parte terminale dell'area in studio.



**Figura 6.5 Elemento strutturale dell'impiuvio da Villa Ariani al Fosso Valteja**

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 6.6 Lineamenti strutturali sul versante in sinistra del F. Valteja, tra le località C. Marconi e Rione Marche**

### 6.1.2. FORME GRAVITATIVE

Le litologie presenti nell'area offrono comportamenti diversi all'azione modellante della gravità e degli agenti esogeni, infatti i fenomeni franosi cartografati sono collegati soprattutto alle caratteristiche litologico-tecniche dei terreni nonché ai processi morfoevolutivi sia naturali sia antropici che hanno interessato i singoli settori.

Le unità litologiche comprese nella Formazione delle Argille Azzurre presentano caratteristiche di sovraconsolidazione, ma nella porzione più corticale, a causa dei processi di erosione ed alterazione, sono oggetto di un netto decadimento delle caratteristiche fisico e meccaniche che ha come conseguenza la formazione di una coltre superficiale sensibile all'azione gravitativa.

I risultati dei carotaggi evidenziano in modo chiaro la presenza dell'orizzonte di alterazione.

Le foto che seguono mostrano le immagini di alcune delle cassette catalogatrici, contenenti i frutti del carotaggio, dove è evidente la presenza di porzioni alterate che precedono la roccia integra.



**Figura 6.7 Immagini di alcuni tratti del carotaggio delle cassette dei sondaggi BH04, BH07 e BH09**

PROGETTAZIONE ATI:

Le forme gravitative individuate e cartografate interessano in particolare i versanti sia in destra sia in sinistra del F. Valteja.

Per ulteriori dettagli si rimanda ai seguenti elaborati in quanto parte integrante della presente relazione:

LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.006.A - Schede dei dissesti

LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.005.B - Relazione di compatibilità geologica e geotecnica

LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.PLA.008.B - Carta dei dissesti geomorfologici censiti dal PAI (Regione Marche) ed IFFI (ISPRA)

LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.PLA.006.A - Carta geomorfologica.

Si distinguono due tipologie di forme: corpi di frana per scorrimento (attualmente in stato di quiescenza) e aree interessate da movimenti superficiali diffusi.

#### Forme gravitative



Corpo di frana per scorrimento inattivo



Area interessata da reptazione attivo

La documentazione PAI e IFFI ha rappresentato la base di partenza per il lavoro svolto, perciò ogni area è stata confrontata con quanto presente nella Carta dei Dissesti edita dal PAI Regione Marche e con la cartografia del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi In Italia) dell'ISPRA.

Per le aree censite come instabili, particolare attenzione è stata data alle forme che intercettano il tracciato in progetto, le quali sono state perciò oggetto di indagine attraverso indagini dirette ed indirette nonché di monitoraggio geotecnico con tubi inclinometrico e piezometrico.

Nella cartografia PAI, tra i fenomeni gravitativi che si sviluppano lungo il versante in destra al F. Valteja, rivestono particolare importanza, ai fini dello sviluppo del nostro progetto, gli elementi codificati come F-19-0736 (P3), F-19-1890 (P2), F-19-0743 (P3) e F-19-0734 (P2).

La codifica PAI classifica questi dissesti come frane "F", a pericolosità da media (P2) ad elevata (P3) e rischio da moderato (R1) ad elevato (R3).

F-19-0736	R3	P3	F-19-0743	R1	P3	F-19-1890	R1	P2	F-19-0734	R2	P2
-----------	----	----	-----------	----	----	-----------	----	----	-----------	----	----

**6.1.3. F-19-0736 (P3) E F-19-1890 (P2)**

L'area instabile viene intercettata in senso trasversale dal tracciato per un tratto di circa 325 m. Il tracciato è coinvolto, in particolare, tra le prog. 3+500 e 3+825. Le strutture interessate sono la Spalla 2 del Viadotto Piave e il tratto in rilevato che segue. Come evidente dallo stralcio planimetrico in basso, i due corpi F-19-0736 (P3) e F-19-1890 (P2) si estendono lungo il versante fino al fosso Valteja.

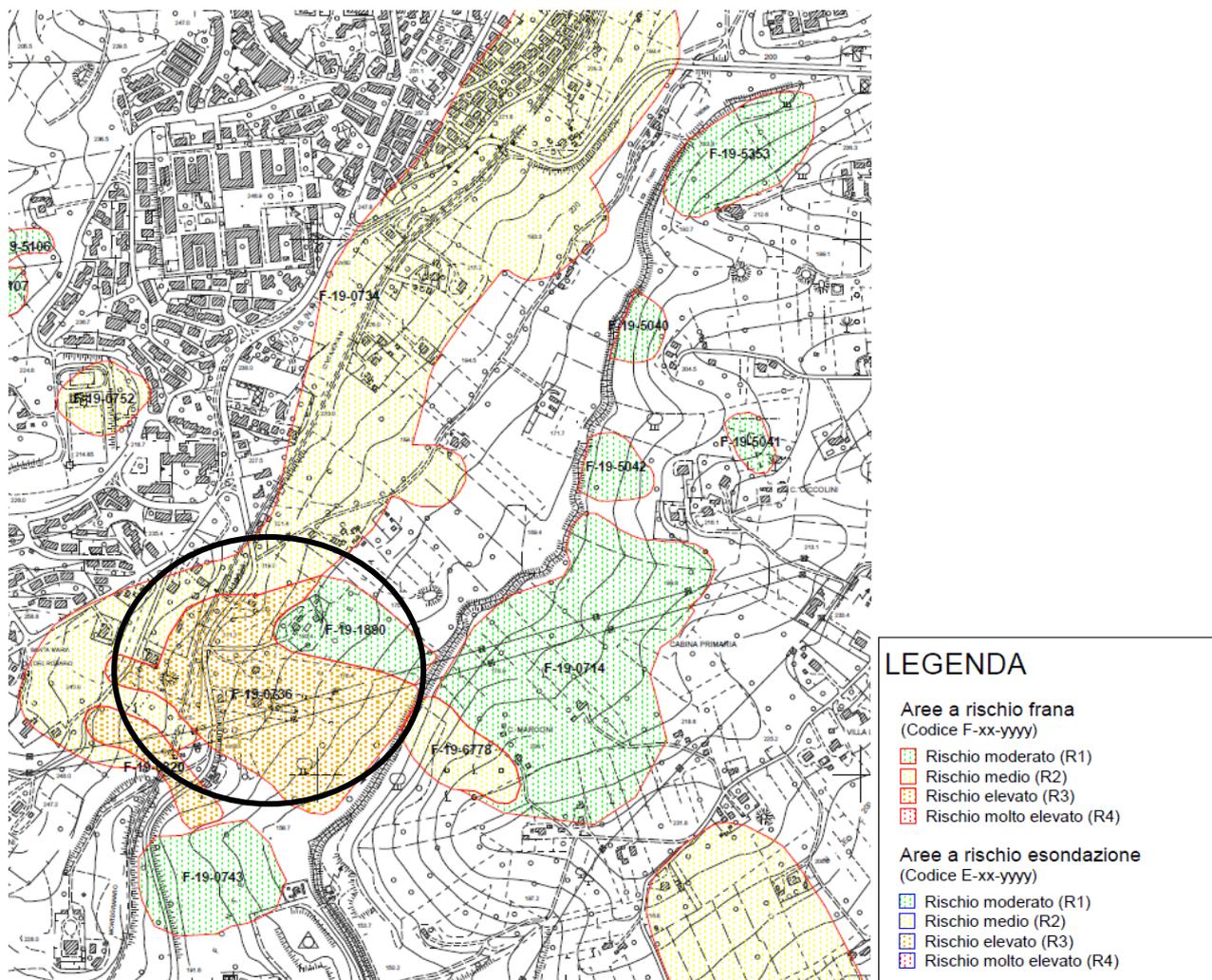


Figura 6.8 Stralcio cartografico del PAI 2016, dal Fosso La Pieve fine lotto



**Figura 6.9** Stralcio della carta geomorfologica del versante in destra del F. Valteja

Per questo settore di versante è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo (BH07-in) attrezzato con tubo inclinometrico.

Il progetto delle indagini comprendeva inizialmente anche l'esecuzione del sondaggio BH06pz, non eseguito a causa dell'impossibilità di ottenere il permesso di accesso all'area. L'indagine diretta è stata sostituita perciò da una indiretta, consistita in una stesa sismica a rifrazione TS04.

Dal punto di vista stratigrafico è presente materiale ascrivibile a terreni di natura eluvio-colluviale, di colore marrone e natura limo-sabbioso-argillosa, per uno spessore compreso tra 7 e 8 metri poggianti sulle argille limoso argilloso sabbiose della Formazione delle Argille Azzurre di colore grigio.

Dall'esame delle carote di sondaggio non è stata riconosciuta alcuna superficie di scollamento.

Dalle carote del sondaggio si evince la presenza di un orizzonte dello spessore pari a circa 8 m ascrivibile a limo argilloso, a tratti sabbioso, debolmente ghiaioso, di colore ocra-avana-grigiastro, con inglobati rari clasti sub-arrotondati prevalentemente di natura carbonatica e dimensioni millimetriche, poggianti su argille di colore grigio.



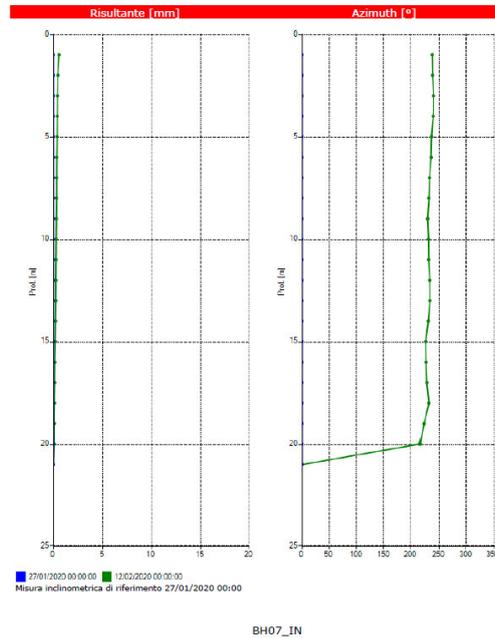
Cassetta n° 1: da 0.00 m a 5.00 m

Cassetta n° 2: da 5.00 m a 10.00 m

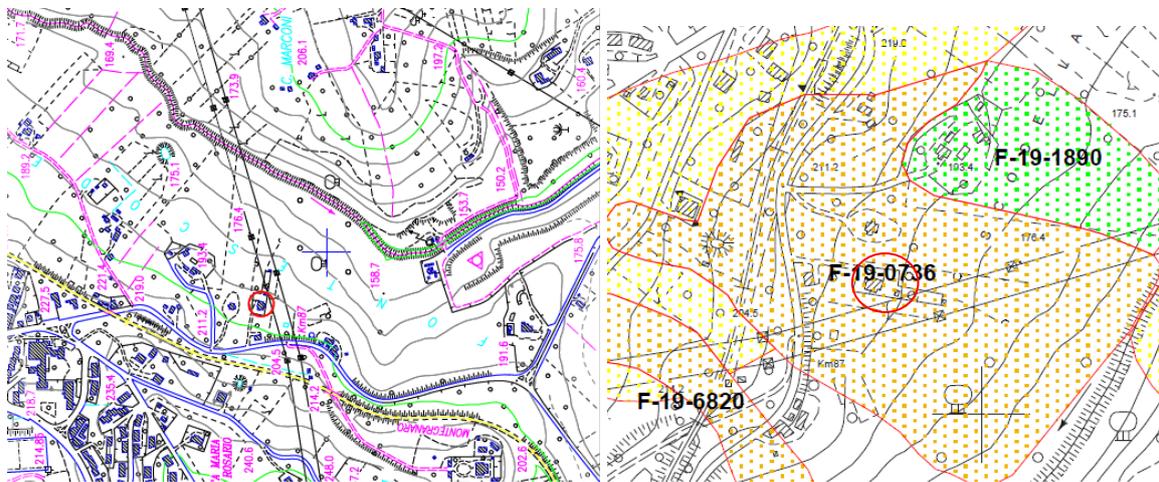
**Figura 6.10** Cassette catalogatrici 1 e 2 del sondaggio BH07-in

Le letture inclinometriche su sondaggio BHS07in, interrotte a febbraio a causa dell'ordinanza di limitazione della mobilità e circolazione sul territorio nazionale, per la lotta alla pandemia di COVID-19, sono riprese nel mese di Giugno. Il boccaforno con il pozzetto protettivo del sondaggio è stato rinvenuto però danneggiato in modo irreparabile, perciò, non è stato possibile proseguire il monitoraggio. A sostituzione del BH07in è previsto e programmato la realizzazione di un nuovo tubo inclinometrico il cui monitoraggio sarà utile per la definizione del quadro deformativo dell'area.

I dati attualmente a disposizione constano della sola lettura n.1 di febbraio 2020.



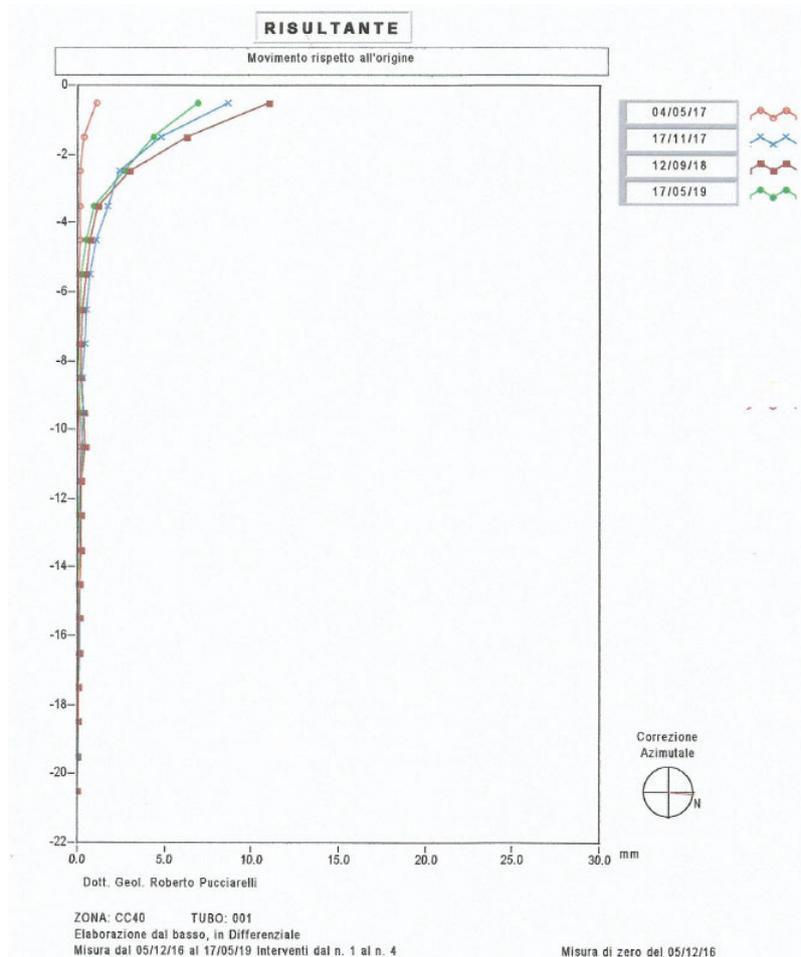
Al fine di ottenere ulteriori informazioni circa le condizioni geomorfologiche evolutive di questo settore di versante sono state condotte ricerche bibliografiche anche presso le amministrazioni locali e il Comune di Macerata ha reso disponibile uno studio geologico registrato presso il loro ufficio territoriale. L'indagine in oggetto ricade all'interno di una proprietà privata ed è stata finalizzata alla caratterizzazione geotecnica ed al monitoraggio geotecnico dell'area dove insiste la proprietà; la finalità è stata quella di verificare la possibilità di "riperimetrazione e riclassificazione della frana PAI denominata F-19-0736" come già avvenuto per F-19-1890 (vedi di seguito). Lo studio in oggetto è stato preso in considerazione in quanto, oltre a ricadere nell'area del dissesto, comprende, tra gli altri, la realizzazione di 2 sondaggi a carotaggio continuo, di una prova dilatometrica, nonché prove sismiche e di laboratorio, e, in particolare, un monitoraggio inclinometrico protratto per un periodo compreso tra il 05/12/2016 (misura a zero) e il 17/05/2019, quindi un intervallo temporale rappresentativo ai fini della valutazione e classificazione dell'evoluzione del versante.



**Figura 6.11 Ubicazione indagine reperita**

PROGETTAZIONE ATI:

Di seguito si riporta il grafico delle curve di lettura inclinometriche che non presentano segni di movimento significativo.



**Figura 6.12 Monitoraggio inclinometrico dal 2017 al 2019 del tubo inclinometrico (indagine reperita)**

La ripermimetrazione e riclassificazione di una porzione di dell'area in dissesto F-19-0743 è stata già eseguita in precedenza e attualmente identificata con F-19-1890.

Si riporta di seguito, il Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Regionale N. 8/SABN 25/01/2013, come previsto dalla Delibera di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004, che prevede all'Art. 19 ("Modifica alle aree") mediante il quale gli Enti Locali ed i soggetti privati possano presentare istanze all'Autorità di Bacino Regionale per l'inserimento, la modifica parziale o l'eliminazione di aree e per la variazione dei livelli di rischio e di pericolosità delle aree a rischio censite dal Piano. La modifica ha riguardato un settore del versante dell'area identificata nel PAI, appunto, con cod. F-19-0736 (R1\_P3), mediante riclassificazione con variazione del livello di pericolosità da P3 a P2, l'inserimento di un nuovo perimetro F-19-1890 e, cosa molto importante, una nuova classificazione della tipologia di movimento ovvero "soliflusso attivo".

Il tracciato intercetta l'area F-19-1890 per una lunghezza pari a circa 100m.

Di seguito si riporta l'allegato del Decreto di cui sopra con indicata la ripermimetrazione e riclassificazione dell'area:

PROGETTAZIONE ATI:

- ALLEGATI -

**Allegato A:** Riperimetrazione e riclassificazione, ai sensi dell'art. 19 delle N.A. del PAI, di aree a rischio idrogeologico: Comune Macerata, Tav. RI 52 - cod. F-19-0736 (P3, R2) e F-19-1890 (soliflusso attivo) (scala 1:25.000).

L'allegato al presente atto ne costituisce parte integrante; la riproduzione dell'allegato, conforme all'originale conservato presso la Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino Regionale, è pubblicata sul BUR Marche e sul sito internet dell'Autorità di Bacino Regionale (<http://www.autoritabacino.marche.it>).



**REGIONE MARCHE**  
Autorità di Bacino Regionale

**Piano Assetto Idrogeologico (PAI)**

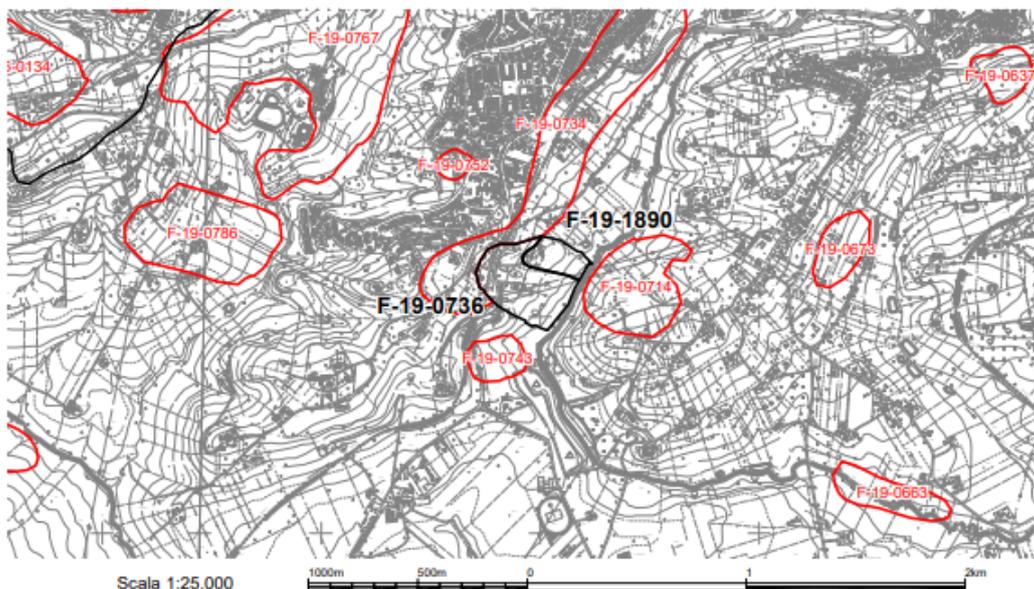
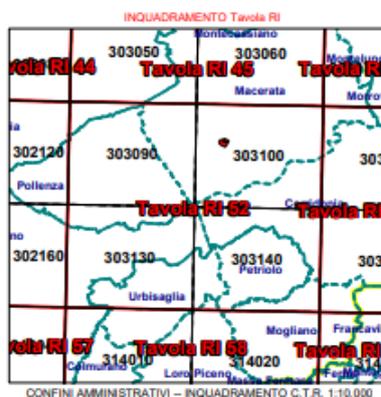
Approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n° 116 del 21/04/04

**CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO**

**Stralcio Tavola RI 52**

ALLEGATO A AL DECRETO DEL SEGRETARIO GENERALE DELL'AUTORITA' DI BACINO REGIONALE  
N. 08/SABN DEL 25/01/2013

Riperimetrazione e riclassificazione, ai sensi dell'art. 19 delle N.A. del PAI, di aree a rischio idrogeologico:  
Comune di Macerata (MC), Tav. RI 52- Cod. F-19-0736 (scala 1:25.000)



Codice	R	P	Bacino	Comune	Prov	Note
F-19-0736	R1	P3	CHIANTI	Macerata	MC	Parte con codice e attributi inalterati
F-19-1890	R1	P2	CHIANTI	Macerata	MC	Parte con nuovo codice (ex F-19-0736) e attributi modificati

PROGETTAZIONE ATI:



#### 6.1.4. F-19-0743 (P3)

Il fenomeno gravitativo codificato come F-19-0743, classificato con rischio moderato (R1) e pericolosità elevata (P3),

Il progetto delle indagini ha visto l'esecuzione dei sondaggi BH4-in e BH5-pz durante i quali sono stati prelevati campioni di terreno sottoposti a prove di laboratorio.

Dal punto di vista stratigrafico è presente materiale ascrivibile a terreni di natura eluvio-colluviale a granulometria limoso-sabbioso-argillosa, di colore marrone, per uno spessore compreso tra 5 e 11 metri poggianti sulle argille limoso argilloso sabbiose della Formazione delle Argille Azzurre di colore grigio.

Dall'esame delle carote di sondaggio non è stata riconosciuta alcuna superficie di scollamento.



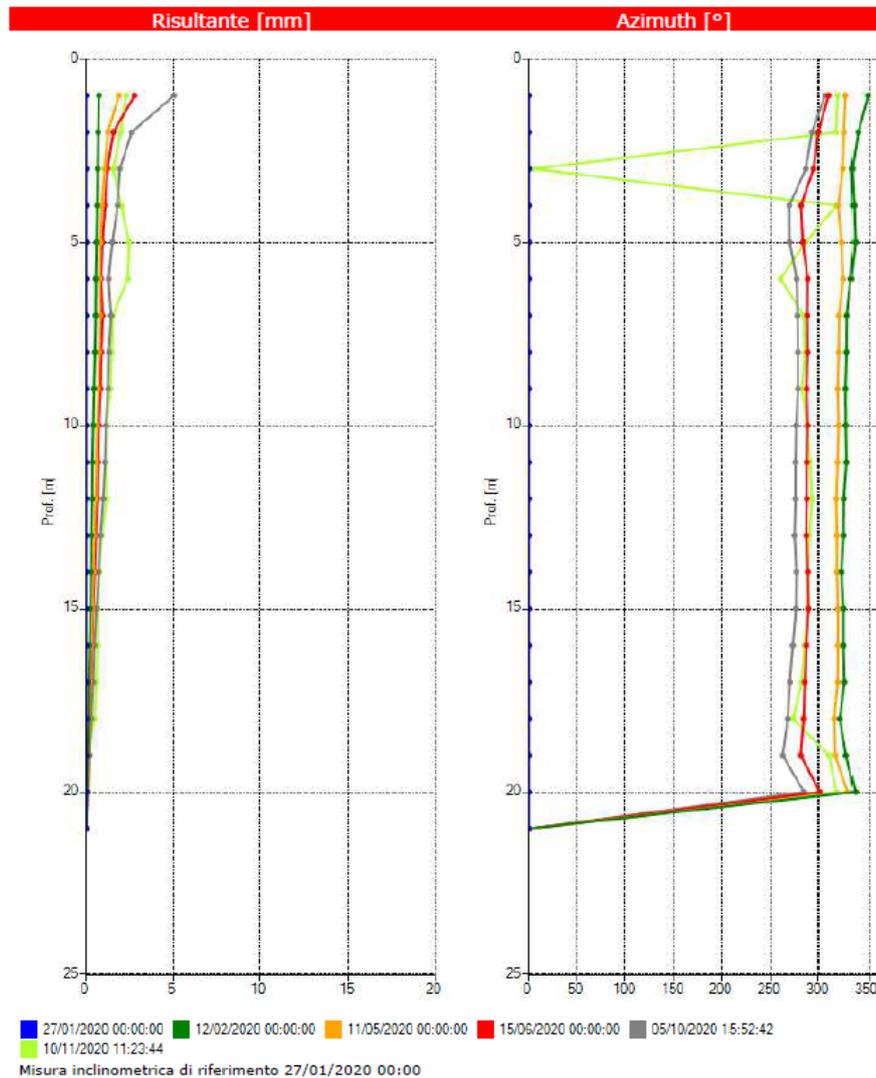
Figura 6.13 Stralcio della carta geomorfologica.

Le letture inclinometriche non indicano movimenti in atto o potenziali.

Le osservazioni condotte in campagna non evidenziano elementi morfologici collegabili a movimenti profondi (vedi foto seguenti); sono presenti inclinazione di pali, le ondulazioni della superficie.

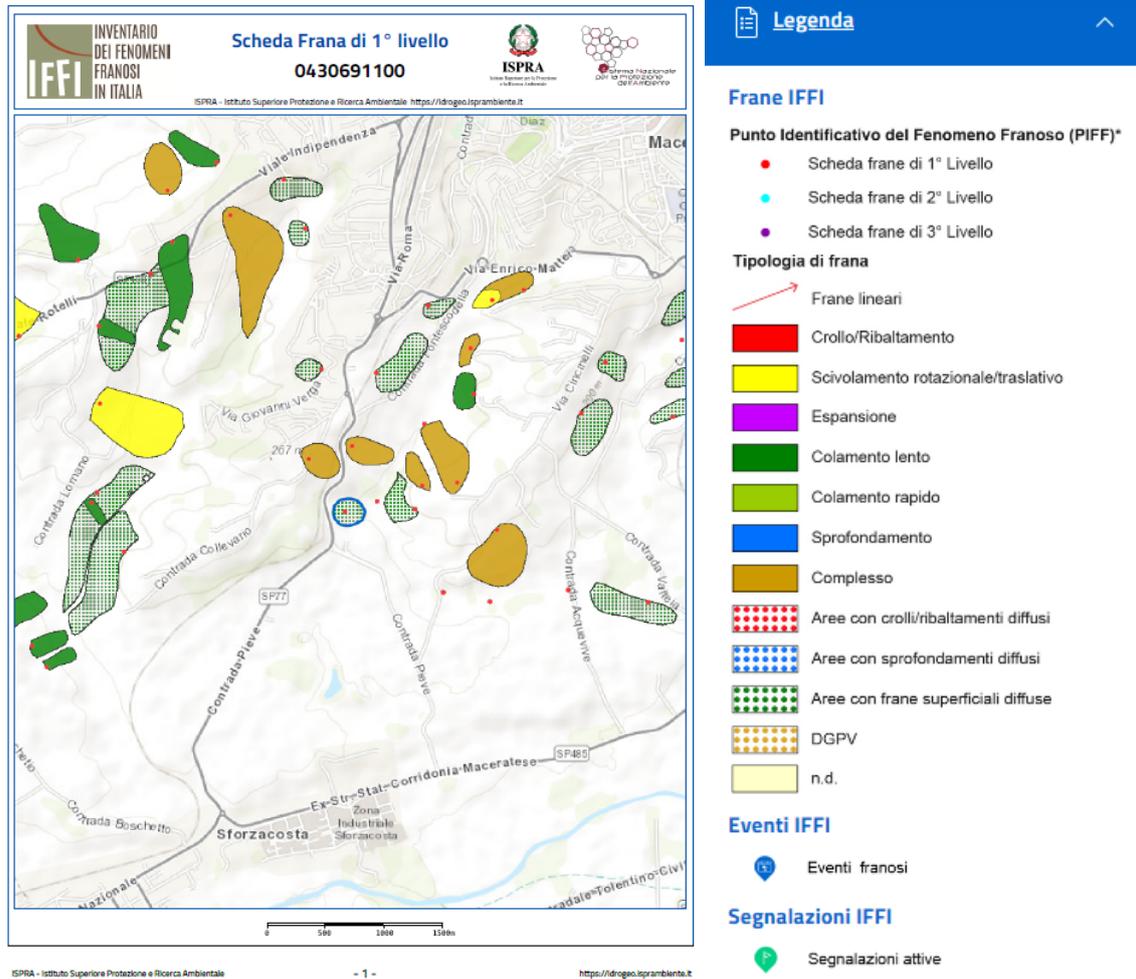


Figura 6.1 Immagini dove è impostato il dissesto F-19-0743 (P3)



**Figura 6.2** Letture inclinometriche BH4\_in, nel periodo compreso tra febbraio e novembre 2020

Il catalogo IFFI, del quale di seguito si riporta la scheda di primo livello del dissesto, descrive l'elemento gravitativo come area con frane superficiali diffuse ovvero "aree soggette a frane superficiali diffuse - Si riferisce a tutti quei settori di versante che in passato sono stati interessati da frane di vario tipo a carico di spessori generalmente limitati dei terreni sciolti di copertura e che si sono innescate contestualmente ad eventi idrometeorologici di forte intensità".



**Figura 6.3 Catalogo IFFI**

PROGETTAZIONE ATI:

### **6.1.5. F-19-0734 (P2)**

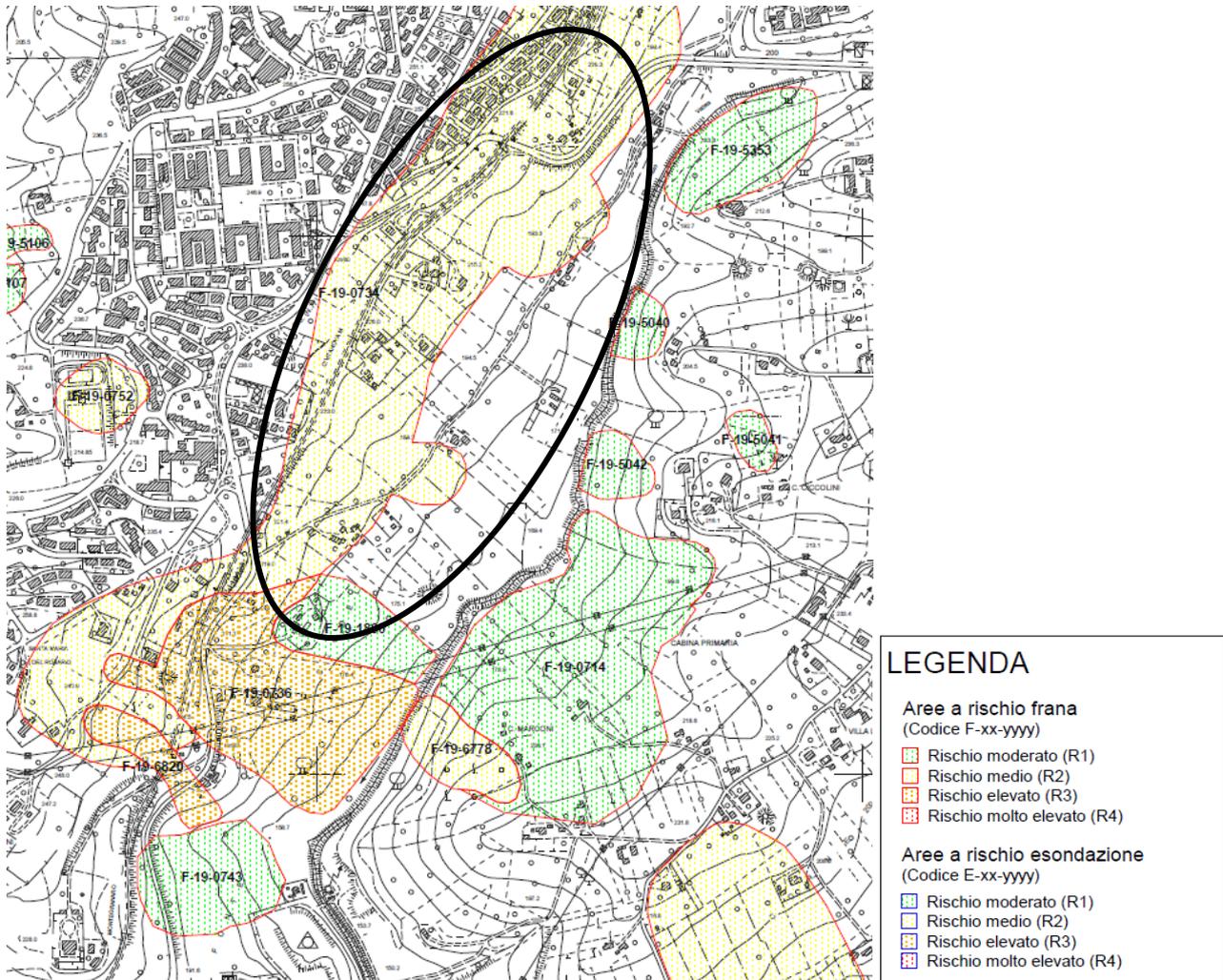
Per quanto riguarda il settore compreso nell'area F-19-0734 (R2-P2), esso è stato oggetto, come tutto il versante interessato dal progetto, di diversi sopralluoghi, e da quanto scaturito si ritiene che il versante sia oggetto di movimenti superficiali diffusi ovvero di lento movimento della porzione corticale della coltre eluviale/colluviale.

La dinamica di questo fenomeno, in generale, consiste in una deformazione lenta del terreno superficiale coinvolto i cui livelli corticali si muovono lungo il pendio ad una velocità maggiore di quella dei livelli inferiori.

Gli indicatori riscontrati direttamente in campagna (vedi doc. fotografica seguente, che abbraccia tutto il versante comprese le aree a pericolosità P3) sono la curvatura verso l'alto di tronchi d'albero, la deformazione di muretti e steccati, l'inclinazione di pali, le ondulazioni della superficie trasversale al versante, la formazione di lobi e di piccoli ripiani terrazzati.

I fattori scatenanti sono da ricercarsi in varie cause quali pioggia, espansione/contrazione dei materiali argillosi, azione delle radici.

Questi movimenti mostrano variazioni stagionali di manifestazione e/o di velocità, rallentando o addirittura arrestandosi durante l'estate per poi manifestarsi in autunno e inverno in concomitanza delle precipitazioni atmosferiche più abbondanti. Lo spessore di terreno coinvolto è stimato fino a 2 metri. Il monitoraggio geotecnico sul tubo inclinometrico BH08\_in consentirà di definire meglio gli aspetti descritti e di definire le caratteristiche cinematiche del processo.



**Figura 6.14 Stralcio cartografico del PAI 2016, dal Fosso La Pieve fine lotto**

Le immagini che seguono mostrano alcune delle situazioni riscontrate in sito lungo il corridoio di progetto.

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 6.15 Area a valle della Via Fontescodella - pali inclinati - (prog. di progetto circa 4+700)**



**Figura 6.16 Area a valle della Via Fontescodella – ondulazioni sulla superficie - (prog. di progetto circa 4+00)**

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 6.17 Area a valle della Via Fontescodella – ondulazioni sulla superficie - (prog. di progetto circa 3+700)



Figura 6.18 Area a valle della Via Fontescodella – leggere inclinazioni dei pali della luce - (prog. prog. circa 3+700)

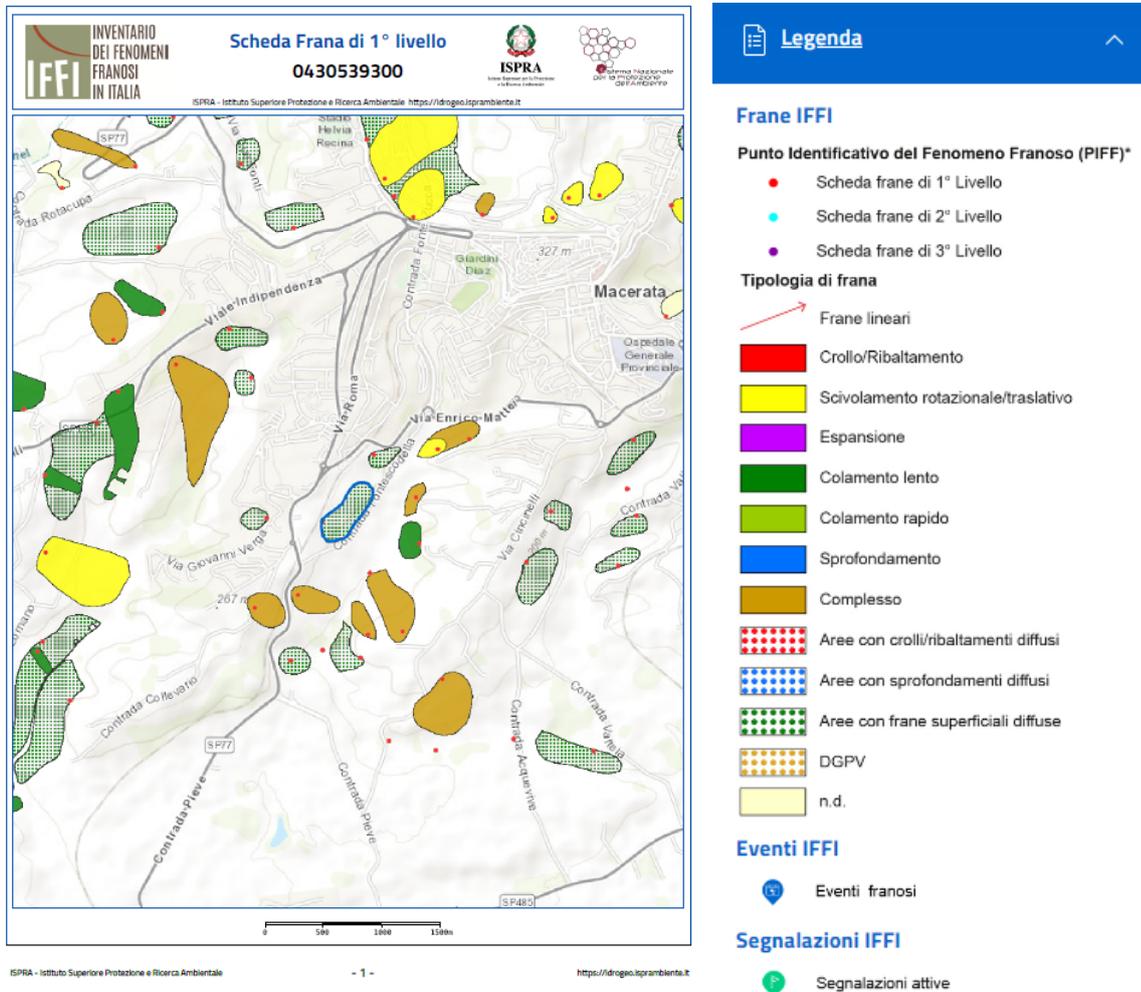
PROGETTAZIONE ATI:



Figura 6.19 Area Viadotto Pieve vista dal fondo valle – leggere inclinazioni dei pali della luce - (prog. di progetto circa 3+200)

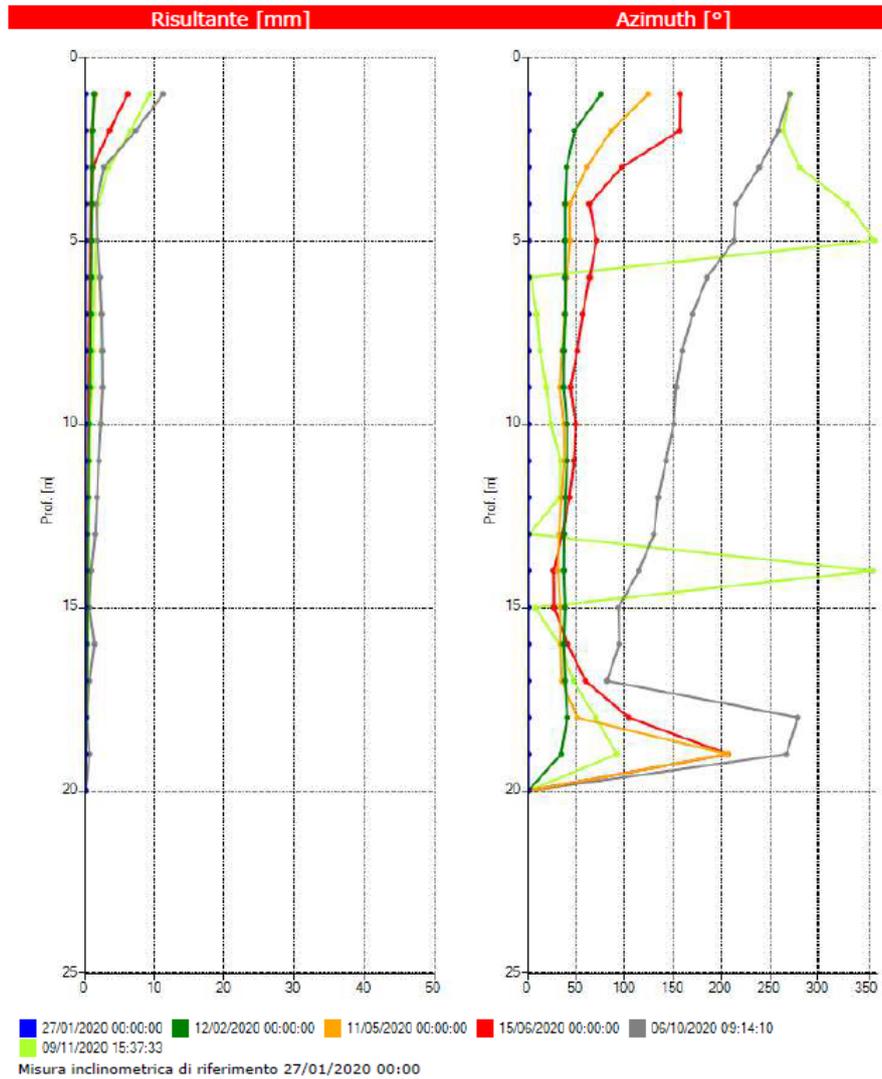
PROGETTAZIONE ATI:

Il catalogo IFFI, del quale di seguito si riporta la scheda di primo livello del dissesto, descrive l'elemento gravitativo come aree con frane superficiali diffuse ovvero "aree soggette a frane superficiali diffuse - Si riferisce a tutti quei settori di versante che in passato sono stati interessati da frane di vario tipo a carico di spessori generalmente limitati dei terreni sciolti di copertura e che si sono innescate contestualmente ad eventi idrometeorologici di forte intensità".



**Figura 6.4 Catalogo IFFI**

In questo settore è stato installato un tubo inclinometrico, BH08-in, in corso di monitoraggio. In occasione dell'ultima lettura i dati mostrano una variazione di comportamento, millimetrico, nel tratto corticale.



PROGETTAZIONE ATI:

In corrispondenza della progressiva di progetto 4+700 circa, nella parte a monte della via Fontescodella, dove ha sede la curva di Via Enrico Mattei, l'attuale sede stradale è sostenuta da un muro nel lato a valle. Sia la sede stradale che il muro sono oggetto di alcuni dissesti.



**Figura 6.20 Dissesti sul muro di valle di via E. Mattei - prog. di progetto circa 4+700**



**Figura 6.21 Dissesti sul fondo stradale di via E. Mattei - prog. di progetto circa 4+700**

Le osservazioni condotte in campagna sul versante a valle del muro non hanno evidenziato la presenza di segni morfologici attribuibili a movimenti di massa.





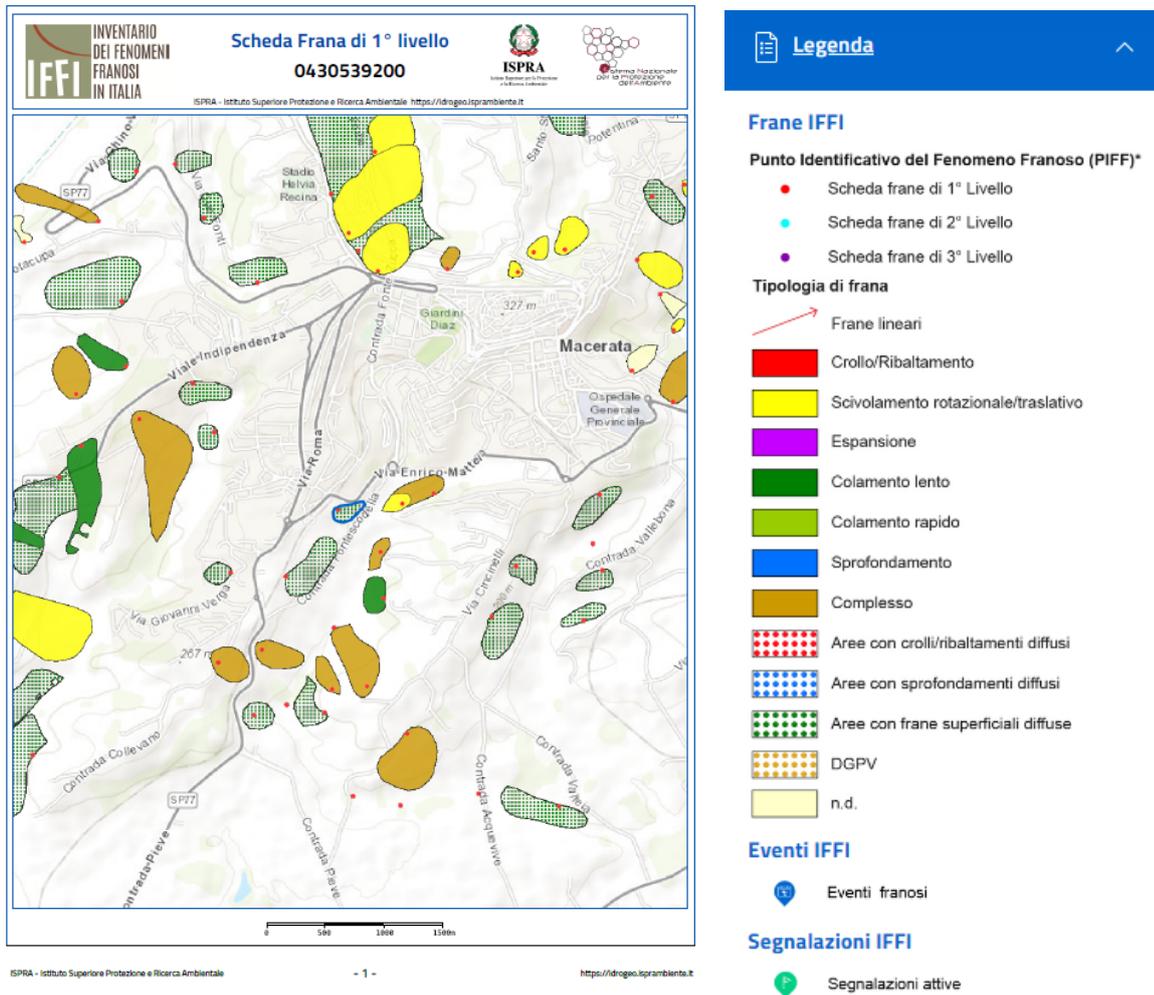
**Figura 6.22** Immagini di varie angolazioni del versante a valle di via E. Mattei - prog. di progetto circa 4+700

Il catalogo IFFI, del quale di seguito si riporta la scheda di primo livello del dissesto, descrive l'elemento gravitativo come area con frane superficiali diffuse ovvero *“aree soggette a frane superficiali diffuse - Si riferisce a tutti quei settori di versante che in passato sono stati interessati da frane di vario tipo a carico di spessori generalmente limitati dei terreni sciolti di copertura e che si sono innescate contestualmente ad eventi idrometeorologici di forte intensità”*.



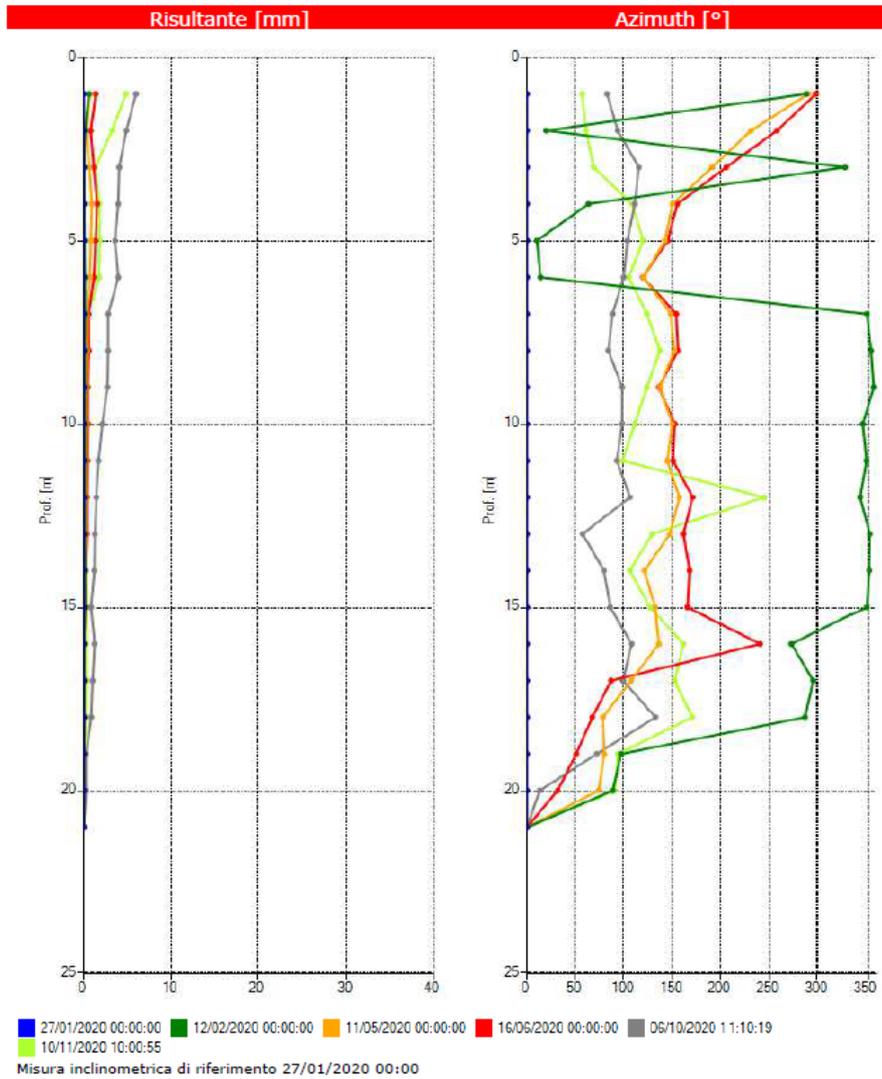
**Figura 6.23** Stralcio della carta geomorfologica del versante a valle di V. Mattei - (prog. di progetto circa 4+700)

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 6.5 Catalogo IFFI**

L'inclinometro BH10\_ in ubicato a fine lotto ma ricadente nell'area indicata dal PAI come F-19-0734 (P2), non presenta indicazioni di movimenti potenziali o in atto.

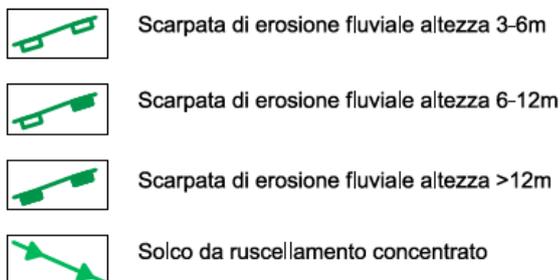


PROGETTAZIONE ATI:

### 6.1.6. FORME FLUVIALI E DOVUTE AL DILAVAMENTO

In queste forme sono comprese scarpate d'erosione fluviale e solchi di ruscellamento.

Forme fluviali e dovute al dilavamento



Le scarpate sono evidenti nell'alveo del Fiume Chienti nonché nella valle alluvionale; esse evidenziano lineamenti morfologici attivi e relitti.

I lineamenti relitti sono posti a quote superiori a quelle effettivamente influenzate dagli attuali corsi d'acqua e ad oggi sono oggetto di fenomeni erosivi a causa di dilavamenti sia concentrati che diffusi.

Forme di erosione per dilavamento concentrato sono evidenti a monte di C. Tartufari, lungo il Fosso della Pieve e il F. Valteja.



Figura 6.24 Area C. Tartufari – forme di erosione per dilavamento concentrato - (prog. di progetto circa 1+700)

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 6.25 Alveo del F. Chienti – scarpata di erosione fluviale - (progressiva di progetto circa 0+600)

Fenomeni di incisione valliva lineare sono stati riconosciuti e cartografati sia lungo il Fosso della Pieve sia per il Fosso Valteja.



Figura 6.26 Fosso Valteja – approfondimento dell'alveo e protezione delle sponde con gabbionate - (fuori tracciato)

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 6.27 Fosso Valteja – incisione valliva e controllo dell'erosione tramite gabbionate in alveo - (fuori tracciato)**

### 6.1.7. FORME DI ORIGINE ANTROPICA

In questa tipologia morfologica rientrano i rilevati stradali più importanti per le dimensioni e per superficie occupata, le aree dove la morfologia è stata modificata dalla presenza di discariche e di cave, i canali e gli invasi artificiali. Sono indicate inoltre le lesioni presenti su alcune opere strutturali esistenti.

Forme di origine antropica



PROGETTAZIONE ATI:

## 7. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

Come evidente nella figura che segue, i principali corsi d'acqua marchigiani (Foglia, Metauro, Cesano, Esino, Musone, Potenza, Chienti, Tenna, Aso e Tronto) presentano un andamento trasversale alla linea di costa.

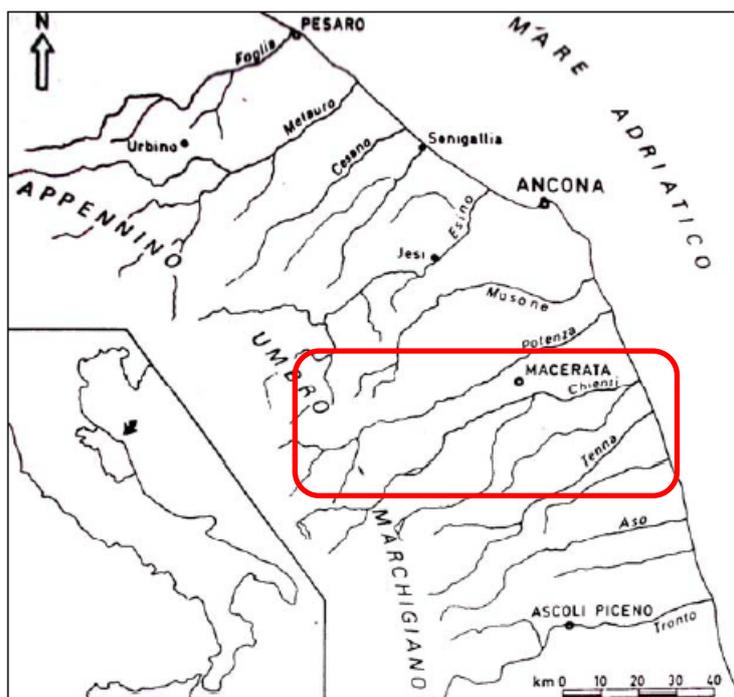


Figura 7.1 Andamento dei principali corsi d'acqua delle Marche

L'assetto tettonico che interessa la regione influenza l'andamento del reticolo superficiale, determinandone di conseguenza anche orientamento e la forma di molte delle relative valli fluviali. In generale il reticolo idrografico risulta condizionato non solo dai fattori tettonici ma anche dal gradiente idrografico regionale.

Come evidente dalla figura, le aste di tutti i corsi d'acqua presentano un generale sviluppo sub-parallelo, tra le caratteristiche che accomunano i vari fiumi possono essere sottolineati il regime torrentizio o misto per quelli principali, il profilo trasversale asimmetrico della valle, la ridotta lunghezza e le limitate dimensioni dei bacini imbriferi.

Il carattere torrentizio, inoltre, è direttamente connesso agli aspetti climatici dell'area, la quale è caratterizzata da estati calde e secche e da piogge concentrate soprattutto nel periodo autunnale e invernale.

Il regime dei corsi d'acqua è un altro fattore condizionante della morfologia degli alvei. Essi presentano letti per lo più ghiaiosi entro cui, tranne che in brevi periodi di maggior portata, le acque divagano entro alvei di magra assai ridotti.

Le principali valli marchigiane sono delimitate da una serie di elementi strutturali che le bordano sia a Nord sia a Sud, delimitando settori di territorio. Questi settori sono stati sottoposti a sollevamenti di diversa entità e basculamenti con direzione in genere da Nord a Sud, comportando perciò un maggior innalzamento del bordo settentrionale rispetto a quello meridionale. Questi fattori verificano

PROGETTAZIONE ATI:

una generale asimmetria degli alvei delle pianure marchigiane ed è presumibile che l'andamento del drenaggio sotterraneo sia condizionato dalla presenza di paleoalvei e dei depositi ad essi connessi che si sono susseguiti nel tempo.

### 7.1. IDROGRAFIA LOCALE

Il principale corso d'acqua presente nell'area di studio è il Fiume Chienti; esso nasce nella zona della Piana di Colfiorito (Chienti di Gelagna), a quota 800 m e sviluppa un bacino idrografico di estensione pari a circa 1300 kmq; la lunghezza dell'asta principale di circa 100 km.

In generale il corso del fiume Chienti può essere diviso in due tratti, quello montano e quello vallivo. Nel tratto montano il suo letto è impostato su rocce di natura calcarea con caratteristiche di permeabilità buone, mentre in quello di valle attraversa terreni prevalentemente limo argillosi, quindi a permeabilità da bassa a molto bassa.

Il F. Chienti in generale presenta alcune criticità, quali alvei sovralluvionati, erosione spondale e argini, briglie e scogliere non più efficienti. Il suo regime idrologico è controllato inoltre dalla presenza di numerose opere di ritenuta, tra le quali si annoverano: la diga di Polverina, la diga di Borgiano, la diga di S. Maria (o di Borgiano II° salto), la diga di Le Grazie e infine la diga sull'affluente Fiastrone.

Nell'area di studio il corso del Fiume Chienti presenta un andamento circa ENE-WSW e le sue acque scorrono entro un alveo, della larghezza di circa 100 m, incassato nei depositi del terrazzo del IV ordine. Esso nel periodo di magra descrive ampi meandri irregolari come evidente nelle foto che seguono.

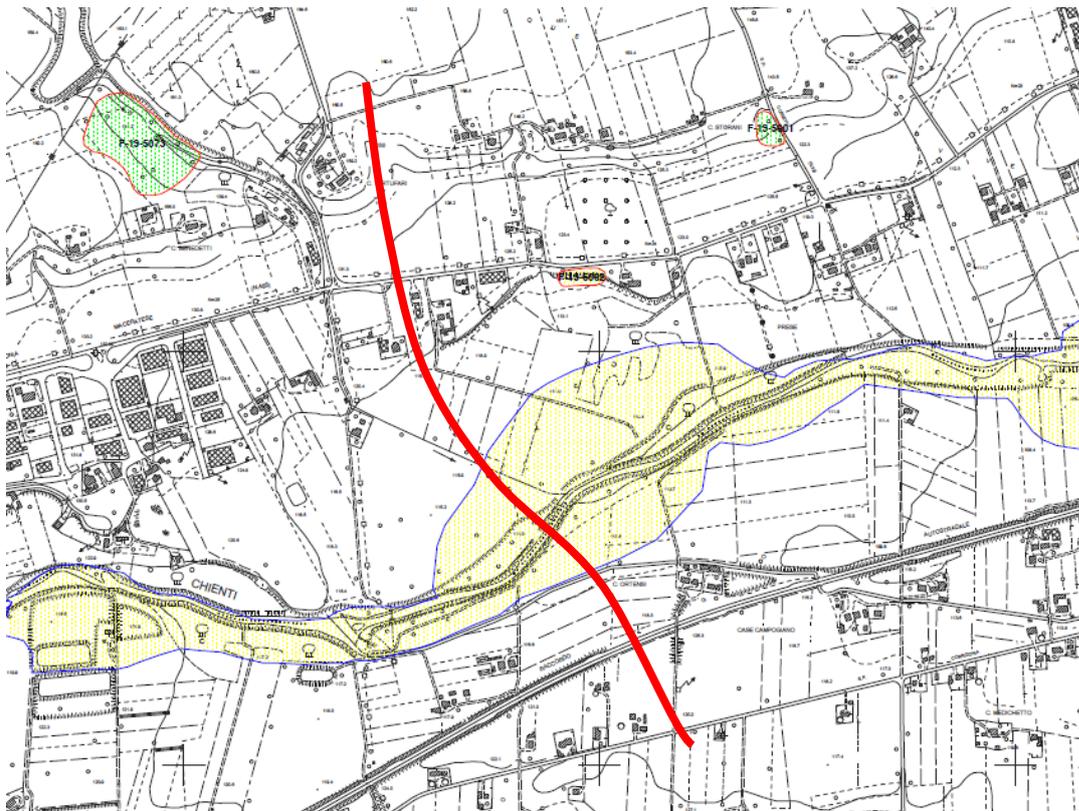
In corrispondenza dell'attraversamento di progetto, l'alveo presenta un'ampiezza di poco più di 100 metri.



**Figura 7.2 Fiume Chienti – Immagini dell'alveo - (progressiva di progetto circa 0+600)**

Nell'area del F. Chienti, la cartografia PAI evidenzia la presenza di un'area a rischio di esondazione, codificata come E-19-0009, i cui limiti sono riportati nella carta geomorfologica.

Nello stralcio planimetrico della figura che segue è evidente come l'area E-19-0009 è classificata come a rischio R2 per insufficienza di dell'alveo in occasione delle piene.



**Figura 7.3 Fiume Chienti – area a rischio di esondazione - (in giallo corridoio di progetto)**

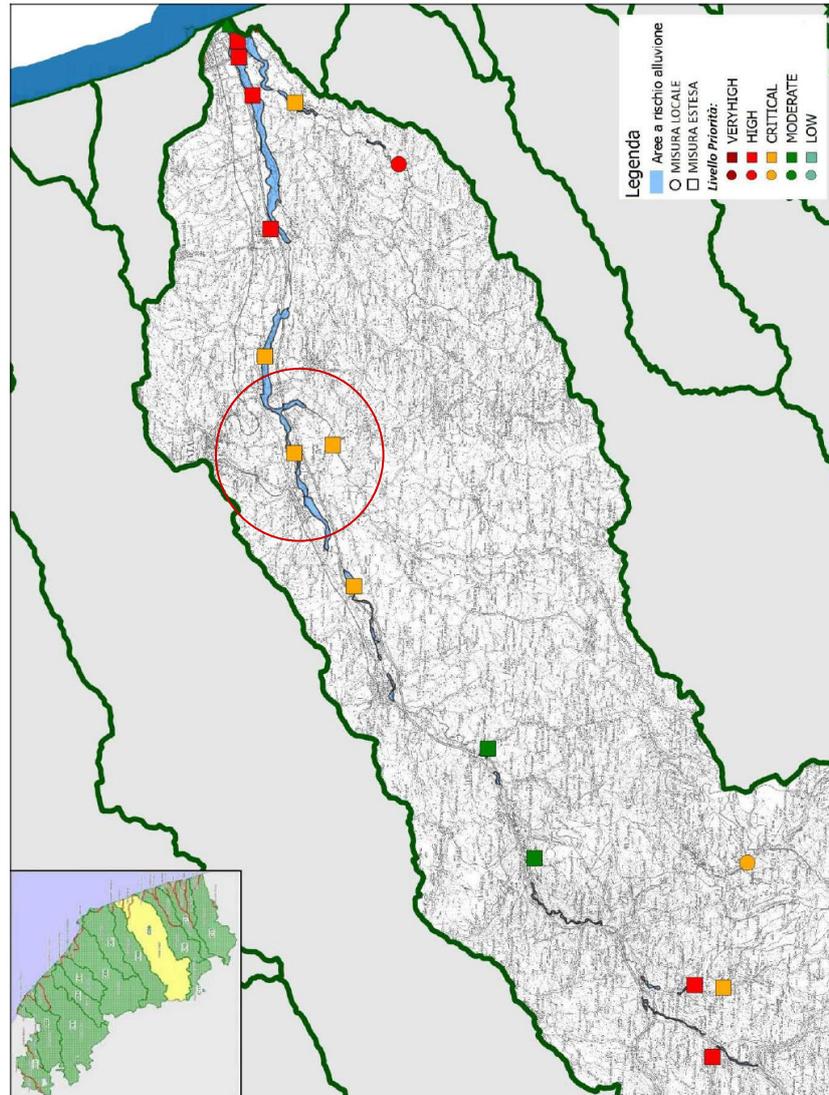
L'area a rischio di esondazione è assimilabile a piene con tempi di ritorno pari a 200 anni.

Nel settore coinvolto dal rischio ricadono opere d'arte maggiori quali il ponte sul Chienti.

Il sottopasso, pur non ricadendo nell'area a rischio, considerate però le caratteristiche litologiche e di permeabilità dei terreni costituenti il terrazzo del IV ordine, potrebbe essere interessato e coinvolto dalle risalite della falda connesse ad eventi alluvionali particolarmente importanti.

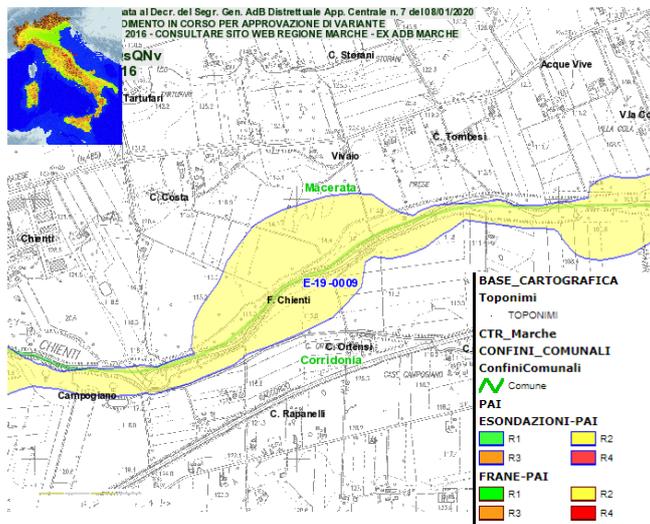


**Fiume Chienti**



**Figura 7.4 Fiume Chienti – area a rischio alluvione - (ABR, Regione Marche )**

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 7.5 Fiume Chienti – area a rischio esondazione - (PAI, Regione Marche)**

Nella porzione settentrionale dell'area di studio l'elemento idrografico principale è rappresentato dal Fosso Valteja, che non intercetta il tracciato.

Il corso del F. Vlteja presenta tratti rettilinei a cui seguono brusche deviazioni del suo orientamento. Il tratto compreso tra la rotonda Marconi e il C. Marconi è orientato circa NNE-SSW per poi deviare bruscamente verso S; a partire da C. Grazioli assumere un andamento prima verso E poi circa NW-SE. La valle, incassata di 20-30 m rispetto alle alluvioni del Chienti e presenta ampi accumuli di depositi colluviali spesso rimobilizzati da fenomeni gravitativi. Il tracciato di progetto non interseca il Fosso Valteja.

Un altro elemento idrografico di rilievo, presente nell'area in studio è rappresentato dal Fosso della Pieve. Il suo corso d'acqua, trae origine da un laghetto presso l'omonima località, incide profondamente le alluvioni terrazzate del II ordine per proseguire in un fosso incanalato per uso agricolo; prosegue quindi verso il Fiume Chienti seguendo un percorso dapprima N-S e quindi NW-SE.

## **8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE**

Dal punto di vista idrogeologico, le unità arenaceo-pelitiche plio-pleistoceniche presentano una geometria tipicamente lenticolare con spessori variabili lateralmente fino ad annullarsi. Esse costituiscono il substrato dei fossi che drenano le acque verso i fiumi principali.

I depositi pleistocenici a prevalentemente componente argilloso-limosa non sono sede di acquiferi significativi, ma possono essere sede di piccole falde locali spesso in pressione nelle facies più arenacee. A causa della presenza di diverse facies, in cui la componente granulometrica si sposta verso elementi più granulari o coesivi, lungo alcuni versanti è possibile osservare anche locali manifestazioni sorgentizie.

I depositi alluvionali e terrazzati sono composti da corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi, con intercalate lenti argilloso-limose e sabbioso-limose.

I depositi terrazzati di ordine alto sono in continuità idraulica tra loro e rappresentano il vero acquifero di sub-alveo, mentre quelli di ordine basso sono sede di acquiferi per lo più isolati. Dove, però, è presente una continuità apprezzabile anche i depositi terrazzati di ordine inferiore possono essere in contatto con quelli di ordine maggiore fungendo, quindi, da zone di ricarica per le aree di pianura alluvionale attuale.

I depositi alluvionali generalmente sono sede di falde libere e l'alimentazione delle falde è principalmente connessa alle acque di pioggia.

### **8.1. IDROGEOLOGIA LOCALE**

Nella pianura alluvionale del F. Chienti e di quelle dei suoi tributari sono presenti importanti acquiferi di subalveo. L'andamento del drenaggio sotterraneo nelle pianure risulta condizionato dalla distribuzione dei corpi ghiaiosi che frequentemente coincidono con gli antichi paleoalvei la cui formazione è legata agli eventi climatici e dinamico strutturali descritti in precedenza.

L'area oggetto di studio è caratterizzata, come già detto nei paragrafi precedenti, dalla presenza di un substrato marino plio-pleistocenico, costituito principalmente da argille limose e limi argillosi con intercalazioni di livelli e lenti di sabbia, ricoperto da depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi di età quaternaria.

I depositi alluvionali presenti si distinguono in depositi alluvionali recenti e terrazzati. I depositi attuali affiorano in corrispondenza dell'alveo del fiume Chienti e sono costituiti da ghiaie e ciottoli con frazione interstiziale limoso-sabbiosa.

Depositati alluvionali terrazzati sono suddivisi in quattro ordini e in genere sono caratterizzati dalla presenza di uno strato di copertura superficiale di natura limoso-sabbioso-argilloso; esso ha uno spessore variabile da 2 a 6 m circa, al di sotto del quale sono presenti lenti e banchi di ghiaie sabbiose.

I terrazzi alti in quota sono alimentati essenzialmente dalle acque meteoriche le quali, una volta infiltratesi, defluiscono verso i terrazzi bassi contribuendo alla ricarica dell'acquifero di subalveo.

Le Tabelle che seguono riassumono le letture piezometriche al momento disponibili.

**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

Le misurazioni sui livelli di falda registrati nei piezometri installati per questo progetto sono state integrate con le letture già disponibili acquisite nelle precedenti fasi progettuali. Questo ha consentito di avere informazioni distribuite in un arco di tempo sufficientemente lungo.

Il monitoraggio geotecnico, per questa fase progettuale, è stato assicurato attraverso l'installazione di nuovi piezometri; esso è attualmente in corso di esecuzione e consentirà di avere ulteriori informazioni, omogeneamente distribuite nel corso dell'anno, circa le inevitabili oscillazioni della falda in un ambito idrogeologico in cui essa è alimentata principalmente dalle precipitazioni.

La carta idrogeologica allegata al progetto riporta sia l'ubicazione dei piezometri che dei pozzi e, interpolando le informazioni relative alle varie misure raccolte, sono state tracciate le isofreatiche; la loro disposizione evidenzia un deflusso delle acque sotterranee secondo una direzione prevalente orientata da NNW a SSE.

Attraverso l'analisi di tutti i dati è stato possibile ricostruire con buona attendibilità l'andamento della superficie piezometrica in corrispondenza delle opere del tracciato in progetto. Dal profilo geologico si osserva che nel primo tratto, fino al Viadotto Pieve, che la superficie di falda è posizionata all'interno dei depositi alluvionali, sostenuti alla base dalle argille plio-pleistoceniche; mentre per quanto riguarda le unità plio-pleistoceniche e gli orizzonti eluvio-colluviali ad esse collegate, come anticipato in precedenza, esse non sono sede di acquiferi significativi, ma di piccole falde localizzate all'interno delle unità granulometriche meno coesive.

Il substrato marino rappresenta anche la base dell'acquifero di subalveo per il Fiume Chienti.

Dalla ricostruzione della superficie di falda emerge inoltre la diretta relazione tra il corso d'acqua e la falda stessa; il Chienti costituisce l'asse drenante dell'intera area di studio.

Sondaggio	Lungh. [m]	Misura falda [m da p.c.]	Data lettura
BH01-PZ	20.0	9.08	Agosto 2019
		8.89	Febbraio 2020
		9.70	Giugno 2020
		9.45	Ottobre 2020
		9.03	Novembre 2020
BH03-PZ	20.0	11.70	Luglio 2019
		12.17	Febbraio 2020
		12.50	Giugno 2020
		12.60	Ottobre 2020
BH05-PZ	30.0	12.54	Novembre 2020
		4.95	Settembre 2019
		2.69	Febbraio 2020
		3.92	Giugno 2020
BH09-PZ	25.0	3.20	Ottobre 2020
		3.32	Novembre 2020
		7.92	Ottobre 2019
		9.10	Febbraio 2020
SD1PZ	35.0	8.65	Giugno 2020
		9.37	Ottobre 2020
		9.31	Novembre 2020
		6.08	20/07/2006
S1	20.0	4.50	15/09/2006
		3.50	21/12/2006
		3.50	20/03/2007
S1	20.0	4.40	30/06/2004

PROGETTAZIONE ATI:

**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

S2	20.0	7.80	01/07/2004
		6.48	23/09/2008
S3	10.0	asciutto (>10)	01/07/2006
		asciutto (>10)	26/07/2006
S4	6.0	asciutto (>6)	01/07/2004
		asciutto (>6)	23/09/2008
Pozzo 1	-	asciutto	23/09/2008
Pozzo 2	-	13.15	23/09/2008
Pozzo 3	-	9.69	23/09/2008
Pozzo 4	-	13.10	23/09/2008
Pozzo 5	-	0.57	23/09/2008
Pozzo 6	-	8.60	23/09/2008
Pozzo 7	-	10.50	23/09/2008
Pozzo 8	-	asciutto	23/09/2008
Pozzo 9	-	14.20	23/09/2008
Pozzo 10	-	14.07	23/09/2008
Pozzo 11	-	10.43	23/09/2008

**Figura 8.1 Misure del livello di falda**

Come già ribadito le variazioni della quota della falda, che accompagnano sicuramente l'andamento stagionale delle precipitazioni atmosferiche, potranno essere riscontrate durante il monitoraggio geotecnico in corso che si protrarrà per i prossimi 2 anni.

Circa le caratteristiche di permeabilità delle rocce presenti, durante la campagna di indagine (2019) sono state eseguite prove di permeabilità Lefranc a carico variabile i cui risultati sono riportati nella tabella seguente.

Ubicazione prova (foro di sondaggio)	Tratto di prova dal p.c. [m]	Formazione	Coeff. di perm. k [m/s]
BH01-PZ	4.6 ÷ 5.2	Ghiaia-sabbiosa	8.3E-05
BH01-PZ	9.5 ÷ 10.2	Ghiaia-sabbiosa	1.2E-04
BH02-DH	10.0 ÷ 10.5	Ghiaia-sabbiosa	7.5E-05
BH09-PZ	9.5 ÷ 10.5	Limo sabbioso argilloso	1.4E-06

**Figura 8.2 Prove di permeabilità e risultati**

Sulla base delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, nonché delle prove in sito eseguite, i terreni presenti nell'area di progetto possono essere suddivise in unità idrogeologiche e raggruppati nelle seguenti classi di permeabilità.

La tabella che segue mostra la suddivisione, in base alle caratteristiche di permeabilità, di varie tipologie di terreni.

**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

$k$ (m/s)	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$	$10^{-11}$
<b>GRADO DI PERMEABILITÀ</b>	alto		medio		basso		molto basso		impermeabile			
<b>DRENAGGIO</b>	buono				povero				praticamente impermeabile			
<b>TIPO DI TERRENO</b>	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita		sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati				terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
					terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo							

Le classi di permeabilità considerate per i terreni affioranti sono le seguenti:

**Permeabilità alta:** questa classe rappresenta soprattutto le ghiaie dell'alveo del Fiume Chienti. Livelli ghiaioso sabbiosi con permeabilità, per porosità, generalmente elevata.

**Permeabilità medio alta:** unità litologiche costituite prevalentemente da ghiaia in matrice sabbioso limosa, con intercalati livelli ed orizzonti limoso sabbiosi e limoso argillosi.

**Permeabilità bassa:** in questa classe è rappresentato sia il substrato limoso argilloso che i depositi eluvio colluviali di copertura collegati a questi stessi depositi.

Per quanto riguarda la vulnerabilità dell'acquifero, considerate le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dei terreni riscontrati lungo il corridoio di progetto, si può asserire che per i depositi alluvionali attuali del F. Chienti la vulnerabilità può essere definita elevata in quanto trattasi di falda in materiali alluvionali (da grossolani a medi) senza alcuna protezione, con soggiacenza della falda superficiale, permeabilità alta e bassa acclività della superficie.

Per i terreni costituenti i terrazzi del IV ordine la situazione della vulnerabilità può essere definita medio-alta; in questo caso i casi a sfavore sono la soggiacenza della falda e la bassa acclività dell'area, mentre la presenza dello strato sabbioso limoso corticale contribuisce a proteggere gli strati ghiaiosi sottostanti.

Ai depositi terrazzati più alti in quota può essere attribuito un grado di vulnerabilità medio in quanto presentano caratteristiche di permeabilità medio-alte, la falda acquifera ha una soggiacenza posta più in profondità dal p.c., è presente da uno strato di materiale corticale composto da sabbie limose e la superficie è acclive.

Per quanto riguarda le aree dominate dalle unità plio-pleistoceniche e dagli orizzonti eluvio-colluviali ad esse collegate, come anticipato in precedenza, trattandosi di complessi sedimentari a grana fine con ridotta o assente circolazione sotterranea il grado di vulnerabilità può essere definito medio-basso.

## **9. PRESCRIZIONI PAI**

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Esso individua aree di pericolosità idraulica (fascia di territorio inondabile), di pericolosità da frana o valanga (aree di versante in condizioni di dissesto) e le aree con elementi esposti a rischio idrogeologico, quali agglomerati urbani, edifici residenziali, insediamenti produttivi, infrastrutture.

Il Piano si articola in Piano per l'assetto idraulico e Piano per l'assetto dei versanti e contiene, tra gli altri, secondo gli indirizzi del D.P.R. 18 luglio 1995 e dell'allegato "A" alla L.R. n. 13/1999, l'indicazione delle zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche finalizzate alla conservazione del suolo, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione degli effetti di squilibrio degli interventi antropici.

Le principali normative di riferimento sono elencate di seguito:

- *Norme di Attuazione Elaborato d – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Marche*
- *Relazione piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI) - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Marche;*
- *Quadro della pericolosità dei fenomeni gravitativi - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Marche - Rettifica aggiornamento 2016;*
- *Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11 Marzo 1988;*
- *Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 DM 17 gennaio 2018, capitoli 6.2 e 6.3.*

Per quanto riguarda il Rischio Idraulico segnalato in corrispondenza dell'attraversamento del F. Chienti come area a rischio idraulico di *categoria R2\_rischio Moderato per insufficienza dell'alveo in occasione delle piene*, si rimanda alla relazione di compatibilità idraulica allegata, elaborato LO703.MC.D.P.GENER.00.IDR.REL.005.A

Il Piano per l'assetto dei versanti ha le seguenti finalità

- l'individuazione e la perimetrazione dei dissesti da frana e valanga e l'attribuzione di diversi livelli di rischio e pericolosità;
- la definizione di norme e modalità di gestione del territorio volte al rispetto delle specificità morfologiche, ambientali e paesaggistiche connesse ai naturali processi evolutivi dei versanti, indirizzate alla difesa del suolo ed al mantenimento delle relative condizioni di equilibrio e, in particolare nelle situazioni di interferenza dei dissesti gravitativi con insediamenti ed infrastrutture, al riequilibrio naturale dei versanti alla tutela dei contesti non compromessi ed alle relative modalità di gestione, alla salvaguardia da ulteriori fattori di interferenza antropica in rapporto alle pericolosità individuate;
- la definizione degli interventi necessari per la mitigazione del rischio per le popolazioni esposte, per i beni, per le attività economiche e per le infrastrutture, in rapporto alle pericolosità individuate.

I differenti livelli di pericolosità dei fenomeni gravitativi son distinti in:

AVD\_P4 - Aree di Versante a Pericolosità molto elevata;

AVD\_P3 - Aree di Versante a Pericolosità elevata;

AVD\_P2 - Aree di Versante a Pericolosità media;

PROGETTAZIONE ATI:

AVD\_P1- Aree di Versante a Pericolosità moderata;

Le Norme di Attuazione Elaborato d del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Marche stabilisce per le aree a pericolosità AVD\_P1 e AVD\_P2 sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto del D.M. LL.PP.11 marzo 1988 e nel rispetto delle vigenti normative tecniche; nelle aree di versante a rischio frana con livello di pericolosità elevata, AVD\_P3, sono consentiti esclusivamente, nel rispetto delle vigenti normative tecniche: realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, nonché delle relative strutture accessorie; tali opere sono condizionate ad uno studio da parte del soggetto attuatore in cui siano valutate eventuali soluzioni alternative, la compatibilità con la pericolosità delle aree e l'esigenza di realizzare interventi per la mitigazione della pericolosità, previo parere vincolante dell'Autorità di bacino;

Le indagini eseguite nel tratto interessato dai dissesti segnalati dal PAI comprendono:

- n. 6 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo di cui 2 attrezzati con tubo piezometro e 4 con tubo inclinometrico;

di questi, i sondaggi BH04\_in, BH05\_pz ricadono in corrispondenza del dissesto F-19-0743 (P3), il sondaggio BH07\_in nel dissesto F19-0736, il sondaggio BH08\_in, BH09\_in e BH10\_pz in corrispondenza dell'area F-19-0734 (P2);

- n. 1 sondaggio inclinato a 45° della lunghezza di 3 m, eseguito per il prelievo di campioni ambientali e geotecnici;

Questo sondaggio in corrispondenza dell'area F-19-0734 (P2);

- n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica;

di queste indagini la TS03 e la TS06 ricadono in corrispondenza del dissesto F-19-0743 (P3), la stesa TS04 nel dissesto F19-0736, la TS05 in corrispondenza dell'area F-19-0734 (P2).

L'indagine è corredata di prove in foro di sondaggio, prelievi di campioni e prove di laboratorio.

Le letture inclinometriche, interrotte per diversi mesi a causa dell'ordinanza di limitazione della mobilità e circolazione sul territorio nazionale per la lotta alla pandemia di COVID-19, sono riprese a partire dal mese di Giugno; i dati al momento disponibili non forniscono informazioni tali da far pensare ad eventuali attività di movimenti in atto o potenziali. Si resta in attesa, inoltre, della ripresa dell'attività di monitoraggio nell'area F-19-0736 (P3) tramite il ripristino dell'inclinometro BH07\_in.

## 10. CARATTERISTICHE DEI LITOTIPI AFFIORANTI NELL'AREA

La sedimentazione terrigena che ha contribuito al colmamento del settore maceratese è ascrivibile alla Formazione delle Argille Azzurre.

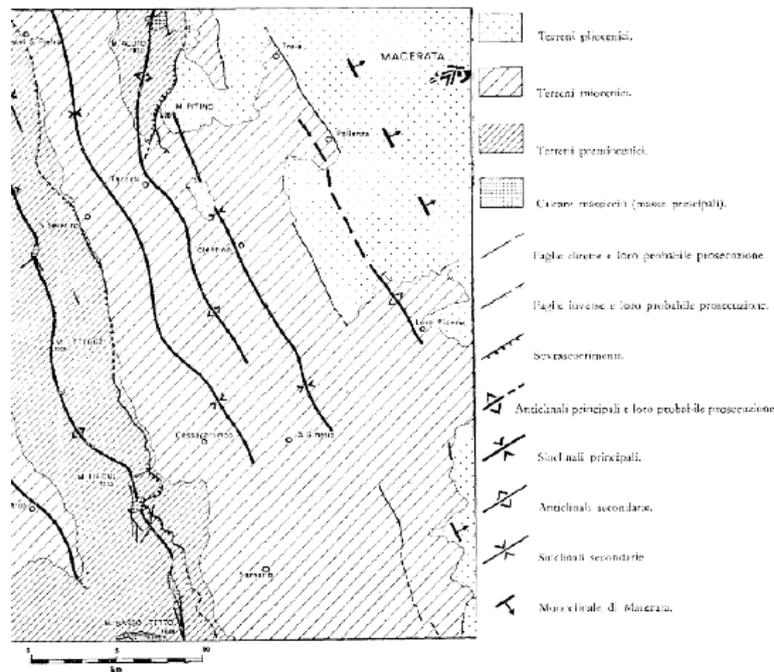


Figura 10.1 Sintesi dei terreni affioranti e dei principali allineamenti tettonici strutturali

### 10.1. FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE

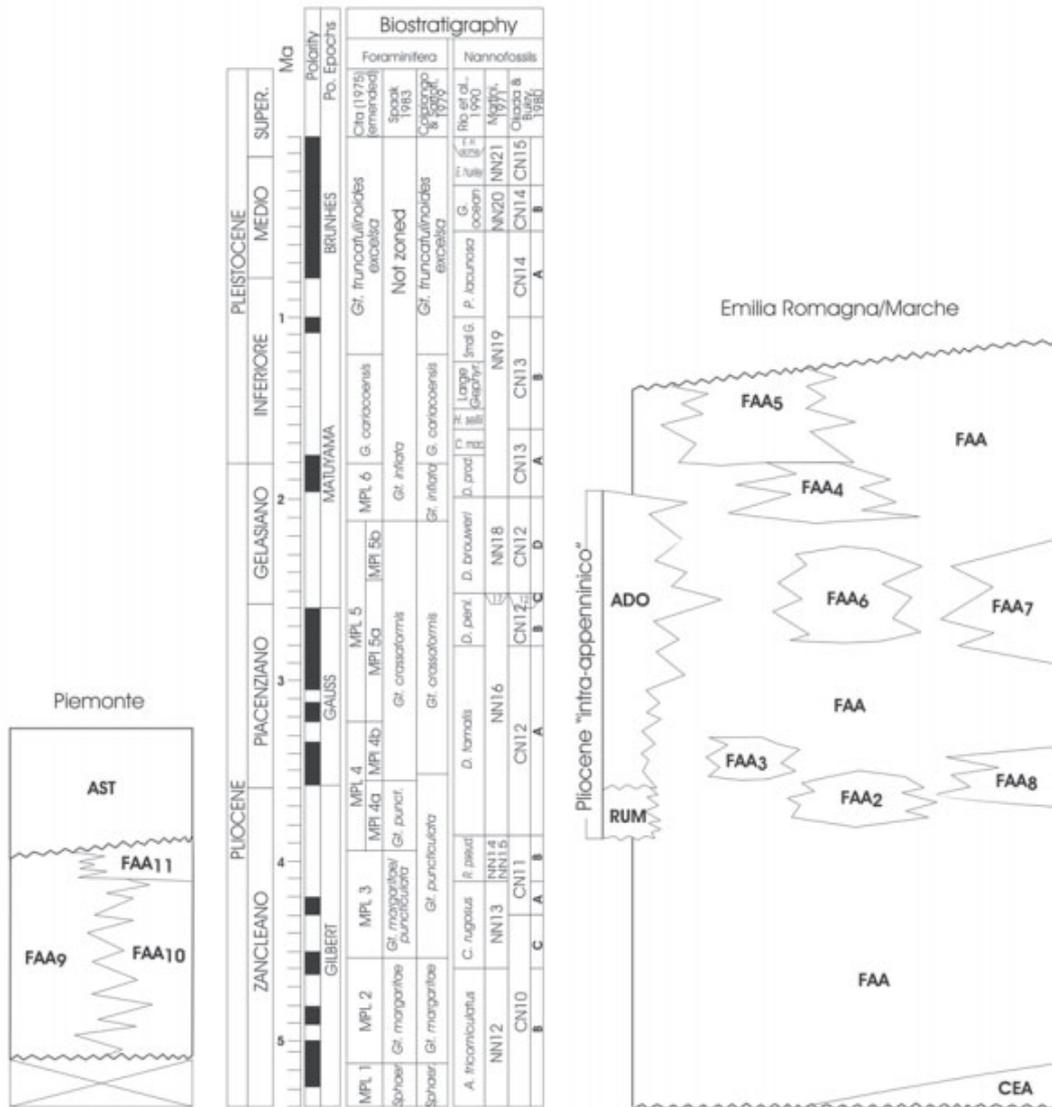
La formazione delle Argille Azzurre affiora in tutto il territorio circostante la città di Macerata; comprende una successione sedimentaria in prevalenza di natura pelitica, caratterizzata da una parte basale pliocenica costituita da argille marnose e rare lenti pelitico arenacee e una porzione sommitale di età pleistocenica e natura prevalentemente pelitica che include intercalazioni di corpi arenaceo conglomeratiche, arenacei, arenaceo pelitiche, pelitico arenacei e peliti laminati.

Lo spessore complessivo è stimato intorno ai 1000 metri.

In affioramento è osservabile solo in limitati settori dove prevalgono i termini arenacei. In generale è evidente un progressivo aumento verso l'alto della frazione arenacea.

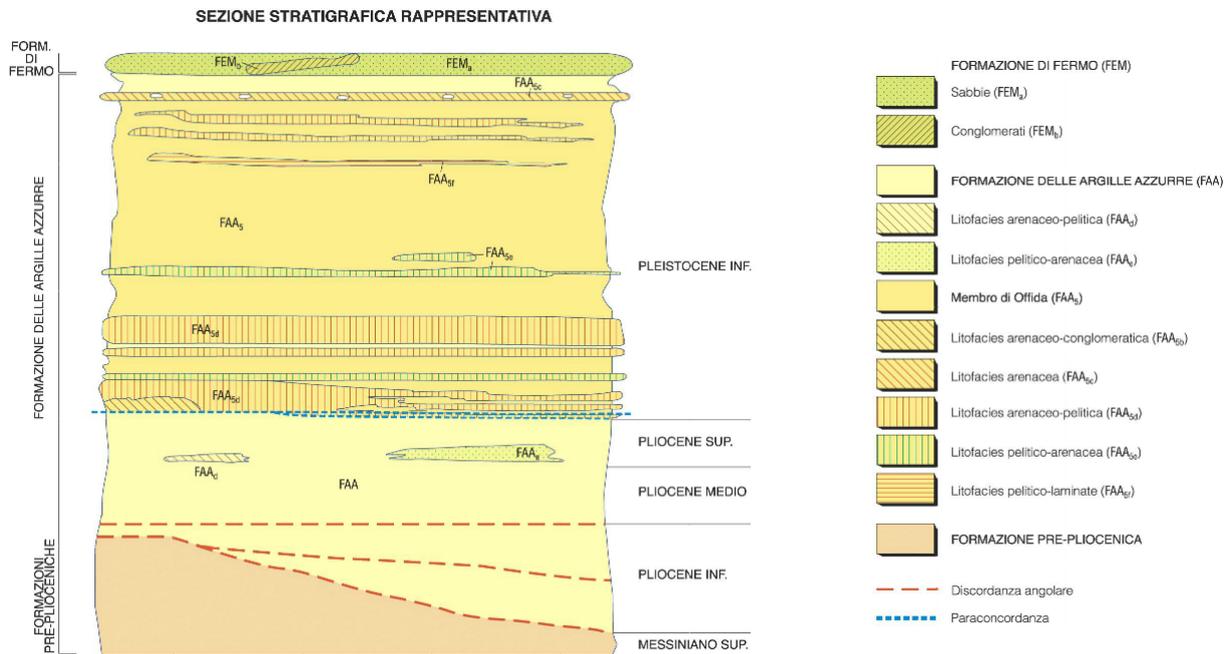
Nell'area maceratese gli studi ufficiali hanno istituito un membro locale, il **Membro di Offida**, posto a chiusura della Formazione delle Argille Azzurre in senso stretto, che, dal punto di vista temporale, viene collocato tra il Pleistocene basale ed il Siciliano. Questa unità litologica nella cartografia ufficiale è indicata con la codifica FAA5.

Il membro di Offida è ulteriormente distinto in diverse litofacies di natura arenaceo-pelitica e arenacea.



**CEA:** "marne di Cella"; **RUM:** "formazione di Monterumici"; **FAA:** Argille Azzurre; **FAA2:** "membro di Borello"; **FAA3:** "membro dello Spungone"; **FAA4:** "membro di Monte Ascensione"; **FAA5:** "membro di Offida"; **FAA6:** "membro di San Valentino"; **FAA7:** "membro di Monte Arnone"; **FAA8:** "membro arenaceo di Montecalvo in Foglia"; **FAA9:** "membro siltoso-argilloso"; **FAA10:** "membro argilloso"; **FAA11:** "membro siltoso-sabbioso"; **AST:** "sabbie di Asti"; **ADO:** "formazione di Monte Adone".

**Figura 10.2 Schema dei rapporti stratigrafici**



**Figura 10.3 Schema dei rapporti stratigrafici (ISPRA)**

Di seguito la descrizione delle varie litofacies con un'attenzione particolare alle unità affioranti nel corridoio del tracciato.

### 10.1.1. LITOFACIES PELITICA

Questa facies è costituita da peliti marnose grigio-azzurre massive, più o meno siltose, in strati da sottili a sottilissimi alternati a straterelli limoso sabbiosi ocracei. Essa, nella cartografia ufficiale, è indicata come FAA<sub>5f</sub>.



**Figura 10.4 Affioramenti di peliti all'interno dell'alveo del F. Valteja**

### 10.1.2. LITOFACIES PELITICO-ARENACEA

Questa litofacies è distinta da peliti laminate con intercalazioni sabbiose di spessore variabile da pochi cm fino a 25 cm. La frazione pelitica è costituita da silt argilloso e più raramente da silt o argilla. Nella cartografia ufficiale è distinta dalla sigla FAA<sub>5e</sub>.

PROGETTAZIONE ATI:

### 10.1.3. LITOFACIES ARENACEO-PELITICA

Essa è caratterizzata da un'alternanza di strati con spessori da sottili a medi di sabbie e peliti. La frazione sabbiosa è data da sabbie giallo ocracee, localmente giallo arancio talora grigiastre con granulometria da media a fine con rari livelli grossolani. La frazione pelitica è costituita da materiale argilloso-siltoso. Questa litofacies è tipica della porzione sommitale della Formazione delle Argille Azzurre. Essa nella cartografica ufficiale è indicata come FAA<sub>5d</sub>.



Figura 10.5 Immagini della litofacies arenaceo-pelitica

### 10.1.4. LITOFACIES ARENACEA

Questa comprende principalmente strati arenacei e livelli pelitici intercalati. Le arenarie si presentano ben cementate, a granulometria da fine a grossolana e in strati che, a luoghi, sono anche molto spessi. Le peliti sono costituite da argille marnose siltose di spessore centimetrico. La litofacies arenacea presenta spessori variabili dai 30 ai 70 metri ed è ubicata in prossimità del tetto della Formazione delle Argille Azzurre. Nell'area di Macerata, questa facies è rappresentata da un'alternanza di strati da sottili a medi di sabbie gialle scarsamente cementate con granulometria medio-fine con strati gradati e laminati e livelli pelitici in genere sottili. Lo spessore medio dei singoli corpi arenacei è di circa 40-50 m. Essa, nella cartografica ufficiale, è indicata come FAA<sub>5c</sub>.

## 10.2. DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

In queste unità litologiche vengono comprese i depositi alluvionali e terrazzati nonché le coltri eluvio colluviali e i corpi franosi.

Per i depositi alluvionali terrazzati, si conserva la suddivisione della cartografia ufficiale suddivisa secondo sintemi.

I dati litostratigrafici suggeriscono una ripetitività degli eventi deposizionali principali, con replica ciclica di associazione di facies e strutture che ne indicano un carattere deposizionale di paleoambiente freddo.

In ambito regionale, i depositi delle alluvioni terrazzate occupano le valli dei corsi d'acqua principali e a tal riguardo non fa eccezione il tratto di valle del Fiume Chienti che si estende nell'area a Sud di Macerata; la distinzione dei vari terrazzi viene riportata in accordo ai dati bibliografici secondo l'ordine e il sintema.

I depositi terrazzati del I, II e III ordine deriverebbero dall'elaborazione dei depositi detritici stratificati prodottisi durante le fasi fredde pleistoceniche; essi sono la conseguenza di un'importante produzione detritica, durante i periodi pleistocenici, che ha indotto aggradazione dei fondi vallivi contrastando così la generale tendenza all'approfondimento lineare.

PROGETTAZIONE ATI:

I dislivelli presenti tra i depositi del Siciliano-Crotoniano e le successive alluvioni del Pleistocene medio (terrazzo di I ordine) dimostrano un elevato tasso di approfondimento della rete idrografica nell'intervallo considerato. I minori dislivelli tra le successive fasi terrazzate, del Pleistocene medio-finale (II ordine) e del Pleistocene superiore (III ordine), testimoniano tassi di sollevamento inferiori. In tempi storici è avvenuta la deposizione del terrazzo olocenico, legata quasi esclusivamente a fattori antropici, la cui incisione, verificatesi negli ultimi decenni è da attribuire prevalentemente alla massiccia attività estrattiva praticata negli alvei fluviali. In sintesi, i depositi di I e II ordine vengono attribuiti al Pleistocene medio mentre quelle del III ordine sono datati come Pleistocene sup., i depositi del IV ordine, infine, sarebbero ascrivibili all'Olocene.

### **10.2.1. SINTEMA DEL F.MUSONE (MUS) (OLOCENE).**

Comprende l'insieme di terrazzi minori ascritti in letteratura al 4° ordine e i depositi alluvionali, terrazzati o meno, depositatisi durante il modellamento delle scarpate che incidono i depositi del Pleistocene superiore. Comprende inoltre le coltri eluvio colluviali costituite da sedimenti limoso-argillosi con frazione sabbiosa e con elementi marnosi o arenacei in relazione alla natura del bacino di alimentazione. Vengono infine compresi i detriti di versante ad elementi prevalentemente arenacei e i corpi di frana.

Essi sono costituiti da ciottoli la cui origine è da ricercarsi nella successione stratigrafica umbro marchigiana, tra i quali sono spesso intercalate ampie lenti di livelli argilloso-limosi e sabbioso limosi. Lo spessore massimo si aggira intorno ai 60 metri in prossimità della costa.





**Figura 10.6** Immagini delle unità litologiche costituenti il terrazzo alluvionale di ordine IV

### **10.2.2. SINTEMA DI MATELICA (MTI) (PLEISTOCENE SUPERIORE).**

Comprende i depositi alluvionali terrazzati del 3° ordine tradizionale, normalmente in sinistra idrografica. Sono costituiti da ciottoli carbonatici derivanti dalla serie umbro-marchigiana tra i quali affiorano ampie lenti di livelli argilloso limosi e sabbioso limosi con presenza di ciottoli all'interno.



**Figura 10.7** Immagini del terrazzo alluvionale di ordine III

### **10.2.3. SUPERSINTEMA DI COLLE ULIVO-COLONIA MONTANI (AC) (PLESTOCENE MEDIO FINALE).**

Il supersintema comprende i depositi alluvionali terrazzati di 2°. Si tratta di depositi prevalentemente ghiaiosi e nell'area del Chienti, al di sopra dei corpi ghiaiosi, si osservano coltri di sedimenti sabbioso limosi di origine alluvionali e depositi di origine colluviale con frazione argillosa.



**Figura 10.8** Immagini del terrazzo alluvionale di ordine II

#### **10.2.4. SINTEMA DI URBISAGLIA (URB) (PLEISTOCENE MEDIO-MEDIO/INFERIORE).**

Comprende depositi terrazzati di 1° ordine rappresentati da ghiaie eterometriche poligeniche e sabbie limose a geometria essenzialmente lenticolare con al tetto relitti di suoli arrossati. I depositi alluvionali comprendono corpi ghiaiosi associati o intercalati a limi e sabbie relativamente abbondanti. Si presentano fortemente alterati in superficie, affiorano nelle parti alte delle valli a quote anche superiori a 200 m rispetto al fondovalle attuale, Sono costituiti da ciottoli derivanti principalmente dalla scaglia rossa e secondariamente da altre rocce della successione carbonatica umbro-marchigiana. Lo spessore massimo può anche superare i 15 metri.

#### **10.3. COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI**

Le coltri eluvio-colluviali ricoprono ampi settori dei versanti collinari, delle superfici dei terrazzi ad esse raccordanti e riempiono il fondo della maggior parte delle vallecole.

Sono stati distinti le coltri eluvio-colluviali legate alle unità alluvionali terrazzati e quelle legate all'evoluzione dei versanti dove affiorano le unità litologiche della Formazione delle Argille Azzurre.

I primi fungono da raccordo tra le scarpate di versante o strutturali e dal punto di vista granulometrico sono il prodotto di un rimescolamento in proporzioni variabili di sabbie, limi e ciottoli costituenti i depositi alluvionali terrazzati.



**Figura 10.9 Coltri eluvio-colluviali al bordo della scarpata del terrazzo di ordine II**

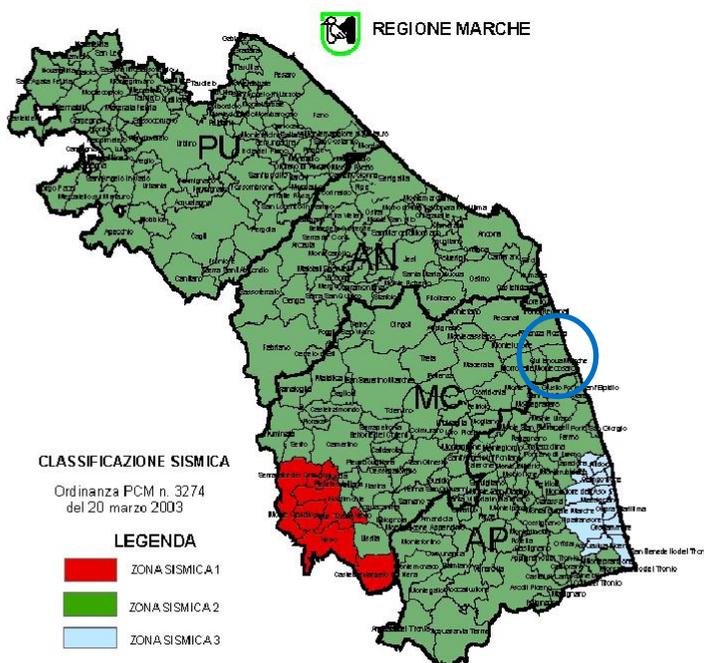
La coltre legata ai versanti dove affiorano i sedimenti delle unità litologiche della Formazione delle Argille Azzurre è rappresentata da sedimenti per lo più fini (limi e argille e subordinatamente sabbie).

Come è stato evidente nei capitoli precedenti, la maggior parte dei dissesti interessa le coltri eluvio-colluviali dei versanti dove affiorano i depositi plio-pleistocenici.

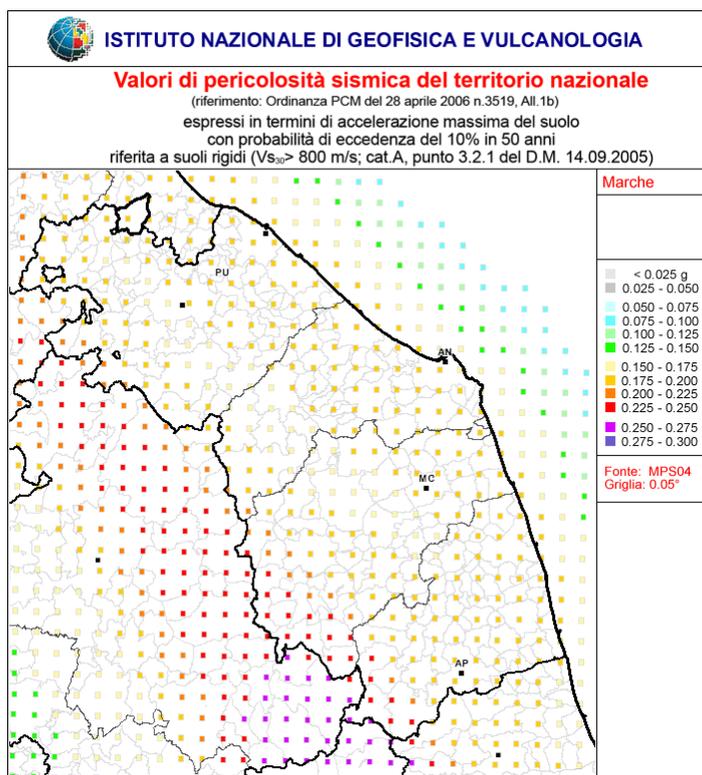
## 11. INQUADRAMENTO SISMICO

### 11.1. PERICOLOSITÀ SISMICA

Il Comune di Macerata è inserito, in **Zona Sismica 2** ( $ag = 0,25 g$ ) “*Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti*” (Ordinanza del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003 e della successiva Delibera della Giunta regionale Marche n.1046 del 29/07/2003 e successive modifiche). Essa è caratterizzata da un’accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresa tra 0.15 e 0.25 ( $ag/g$ ) e accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) di 0.25 ( $ag/g$ ).



**Figura 11.1 Classificazione sismica della Regione Marche**



**Figura 11.2 Valori di pericolosità sismica della Regione Marche**

L'OPCM 3907\_2010 associa al Comune di Macerata un'accelerazione orizzontale massima al suolo  $a_g$  pari a:  **$a_g = 0,182801$**

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, tempo di ritorno 475 anni).

Per i dettagli sullo studio sismico dell'area si rimanda alla Relazione Sismica presente nell'elaborato LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.004.A

## 11.2. SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto sono stati consultati i database disponibili presso il sito INGV:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014
- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

Di seguito la tabella con i principali eventi:

PlaceID	IT 51792
Coordinates (lat, lon)	43.300, 13.453
Municipality (ISTAT 2015)	Macerata
Province	Macerata
Region	Marche
No. of reported earthquakes	123

Effects	Reported earthquakes				
	Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io Mw
	7	1626 05 12	Macerata	1	7 5.10
	3-4	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8 5.59
	6-7	1718 08 18	Maceratese	4	5-6 4.40
	3-4	1733 10 19 03 30	Anconetano	4	4-5 3.93
	7	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9 6.17
	5	1760 01 12	Valnerina	6	5-6 4.40
	2	1785 05 03 02 30	Appennino umbro-marchigiano	11	7 5.10
	6	1795 06 19 23 30	Maceratese	17	6 4.70
	6-7	1805 05 09 01	Maceratese	3	5-6 4.40
	7	1809 08 25 12 13	Macerata	2	6 4.63
	4-5	1828 04 11 22 25	Appennino umbro-marchigiano	22	5-6 4.93
	5	1870 02 08	Anconetano	10	7 5.15
	6	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8 5.85
	4	1874 02 24 06 52	Aquilano	26	6-7 5.12
	6	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8 5.74
	3	1875 12 06	Gargano	97	8 5.86
	F	1887 05 26	Jesi	19	5 4.44
	3	1889 12 08	Gargano	122	7 5.47
	3	1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	103	6 5.11
	5	1897 09 21	Marche settentrionali	44	7 5.40
	4	1897 12 18 07 24 2	Alta Valtiberina	132	7 5.09
	3	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8 5.50
	3	1898 08 25 16 37 4	Valnerina	67	7 5.03
	4	1899 06 22 13 20	Corridonia	30	5 4.08
	3-4	1903 11 02 21 52	Valnerina	33	6 4.81

PROGETTAZIONE ATI:

**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

5	1904 09 02 11 21	Maceratese	59	5-6	4.63
4-5	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	93	5	4.75
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
F	1910 06 29 13 52	Valnerina	58	7	4.93
2-3	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
5	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
5	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	40	8	5.50
4	1917 03 21 00 30	Monti Sibillini	21	5	4.44
4	1917 04 26 09 35 5	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
2	1917 05 12 15 34 3	Ternano	34	7-8	5.03
3	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	44	5-6	4.68
3-4	1917 11 05 22 47	Costa anconetana	26	6	5.22
3-4	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
2	1920 02 10 23 57	Monti Sibillini	18	5	4.30
2	1920 06 08 16 13	Appennino forlivese	19	5-6	4.54
2	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1921 04 05 17 40	Appennino umbro-marchigiano	10	5	4.23
3	1921 08 28 10 45	Monti Sibillini	12	7	4.66
5-6	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4.73
3	1922 10 11 06 43 4	Costa anconetana	20	5	4.34
2	1922 12 29 12 22 0	Val Roveto	119	6-7	5.24
4	1923 07 12 20 49	Marche meridionali	20	5	4.28
4	1924 01 02 08 55 1	Senigallia	76	7-8	5.48
2	1926 01 01 18 04 0	Carniola interna	63	7-8	5.72
3	1927 08 16 00 53	Valnerina	17	6	4.57
2	1927 10 11 14 45 0	Marsica	81	7	5.20
2	1928 05 30 20 01	Senigallia	17	5	5.02
3-4	1929 01 22 10 06 5	Marche Centrali	20	5-6	4.40
3	1930 04 07 17 17 1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50
3	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
4-5	1930 08 04 15 02 2	Marche meridionali	24	5-6	4.44
6-7	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3	1930 11 09 01 33	Monti Sibillini	17	5	4.31

PROGETTAZIONE ATI:

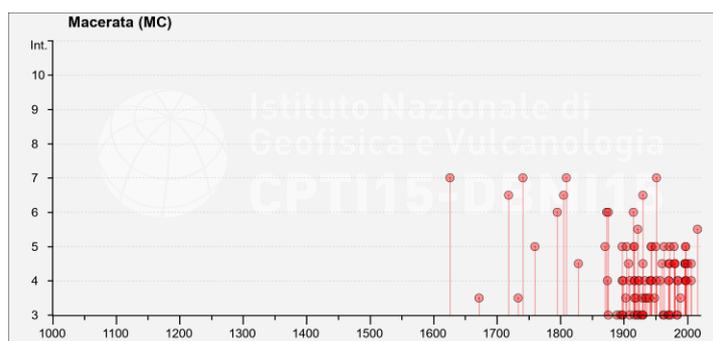
**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

4	1933 09 26 03 33 2	Maiella	325	9	5.90
3-4	1934 11 30 02 58 2	Adriatico settentrionale	51	5	5.30
2	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
3-4	1936 12 09 07 34	Caldarola	31	6-7	4.76
2	1938 08 12 02 28 3	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
3-4	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	106	7-8	5.29
4	1941 12 19	Monti Sibillini	30	7	5.02
4	1943 01 16	Monti Sibillini	22	6-7	5.04
4	1943 01 29	Monti Sibillini	50	6-7	4.94
5	1943 03 25	Marche meridionali	15	6	4.85
5	1943 10 03 08 28 2	Ascolano	170	8	5.67
3-4	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	95	8	5.42
2-3	1950 09 03 22 41 2	Ascolano	5	5-6	4.40
5	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69
4	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25
7	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5.25
4	1957 11 11 21 40	Costa anconetana	50	5	4.50
NF	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5.04
4-5	1960 02 24 01 51	Appennino umbro-marchigiano	25	5	4.32
F	1960 03 16 01 52 4	Monti della Laga	81	5	4.44
3	1962 01 23 17 31	Costa pesarese	49	5	4.35
NF	1962 10 05 23 00 4	Appennino maceratese	16	5-6	4.35
3	1963 01 25 05 27	Monti Sibillini	30	5	4.31
5	1963 07 21 11 09	Monti della Laga	11	7	4.71
F	1964 08 02 10 40	Valnerina	25	6	4.53
3	1970 09 07 14 02 2	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4.35
4	1971 02 11 18 49 2	Valle del Chiascio	71	6	4.61
3	1971 02 12 04 54 5	Valle del Chiascio	47	7	4.89
4	1971 04 02 01 43 5	Valnerina	68	6	4.50
4-5	1971 10 04 16 43 3	Valnerina	43	5-6	4.51
4-5	1972 02 04 02 42 1	Costa anconetana	75		4.57
F	1972 06 14 18 55 5	Costa anconetana	17		4.68
2-3	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
5	1972 11 26 16 03	Marche meridionali	73	8	5.48
3	1974 12 02 01 55 1	Valnerina	27	7-8	4.58

PROGETTAZIONE ATI:

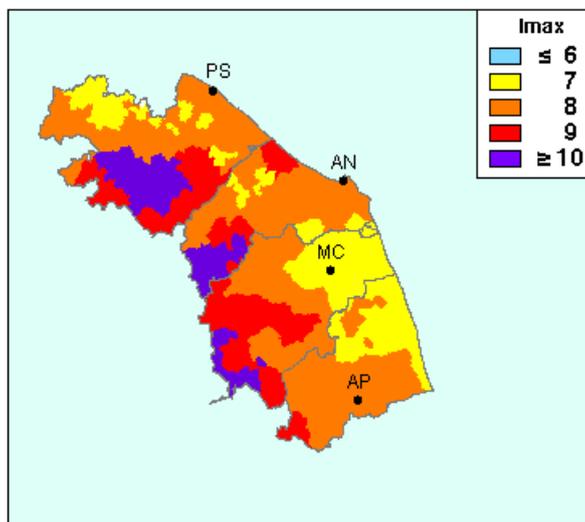
**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

5	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
4-5	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	146	6	4.97
4-5	1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
4-5	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
3	1984 05 11 10 41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
4	1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
3-4	1989 09 11 02 46 2	Marche meridionali	60	5	4.04
4-5	1996 01 01 12 21 4	Maceratese	91	5-6	4.20
4-5	1996 01 22 18 37 4	Fermano	76	5	3.96
5	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4-5	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
4	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
4	1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00
4	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
4-5	2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
NF	2003 05 25 17 15 1	Ascolano	88	4-5	3.81
NF	2004 12 09 02 44 2	Teramano	213	5	4.09
2	2005 04 12 00 31 5	Maceratese	131	4	3.74
2-3	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14
4-5	2006 04 10 19 03 3	Maceratese	211	5	4.06
4	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5	4.21
5-6	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18
F	2017 01 18 10 14 0	Aquilano	280		5.70



PROGETTAZIONE ATI:

Di seguito si riporta una mappa con le massime intensità macrosismiche osservate nella Regione Marche (Dipartimento della Protezione Civile 1996); nel Comune di Macerata la massima intensità macrosismica registrata è pari a  $I_{max} = 7$ .



**Figura 11.3 Intensità macrosismiche della Regione Marche**

### 11.3. AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

Il Comune di Macerata ha redatto studi di microzonazione sismica di Livello 1 e successivi approfondimenti di Livello 3, nonché la compilazione delle carte delle MOPS.

La cartografia MOPS suddivide il territorio in zone omogenee con potenziale di suscettibilità sismica attraverso la sovrapposizione di informazioni di dati geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici.

La carta evidenzia perciò ambiti omogenei dove si può prevedere l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica come amplificazioni, instabilità e liquefazione.

Lo studio di MS ha permesso l'individuazione delle seguenti zone omogenee:

1. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali in cui il moto sismico è modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di suolo, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio.
2. Zone di attenzione per le instabilità in cui i terreni sono suscettibili di attivazione di fenomeni di deformazione permanente del territorio a seguito di un evento sismico.

Per i dettagli sullo studio sismico dell'area si rimanda alla Relazione Sismica e alla planimetria sismica presenti nei seguenti elaborati

LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.004.A

LO709.MC.D.P.GENER.00.GEO.COR.001.A

In riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) ed in virtù della situazione topografica presente lungo il tracciato, per il tratto compreso nella piana alluvionale (Allaccio SS77

PROGETTAZIONE ATI:

– La Pieve) viene indicata la categoria topografica **T1**, mentre nel tratto La Pieve – Rotatoria Mattei la categoria indicata è **T2**.

Per quanto riguarda la Categoria di sottosuolo, nell'area del sottopasso con la SS77 e del Ponte Chienti, in base alle prove sismiche down hole eseguite nei fori di sondaggio BH02-DH e SD1PZ, si è ritenuto opportuno effettuare un'analisi di risposta sismica locale al fine di determinare gli effetti di amplificazione stratigrafica.

Tale analisi è riportata in dettaglio nel Capitolo 8 della relazione sismica, elaborato LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.004.A.

Sulla base delle prospezioni sismiche eseguite lungo il tracciato, sono state attribuite 2 categorie di sottosuolo:

- B per l'area della Pieve
- C per il resto del tracciato

Per quanto riguarda la vita nominale, l'opera essa rientra nelle "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari con VN pari a 50 anni.

All'opera in oggetto è attribuita la Classe d'uso IV, ovvero:

*"Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica", a cui corrisponde un coefficiente d'uso Cu pari a 2.0*

## 12. MOVIMENTI DI MATERIA

Le attività svolte ai fini della caratterizzazione ambientale dei materiali di scavo ai sensi del DPR 120/2017, nonché per la loro ammissibilità in impianto di recupero e/o discarica sono consistite in prelievi di campioni per analisi di tipo ambientale. Il campionamento ha avuto durante la campagna di indagine e le determinazioni chimiche sono state effettuate presso il laboratorio Sialab S.r.l. di Napoli.

I risultati delle indagini sono riportati nell'elaborato LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.302

Per il tratto 1, sono stati prelevati i seguenti campioni:

		Progressiva	Unità Geol.	Campioni	Profondità
1° Lotto	BH01PZ	0+241	Alluvioni terrazzate I ordine	CA01	0-1 m
				CA02	4-5 m
				CA03	7-8 m
				CRIF	0-8 m
				CLS	CLS
	PZ1bis	0+650	Alluvioni terrazzate I ordine	CA01	0-1 m
				CA02	1-2 m
	PZ1	1+100	Depositi eluvio colluviali	CA01	0-1 m
				CA02	1-2 m
				CRIF	0-3 m
	PZ2	1+325	Alluvioni terrazzate II ordine	CA01	0-1 m
				CA02	1-2 m
	PZ3	1+550	Depositi eluvio colluviali	CA01	0-1 m
				CA02	1-2 m
				CRIF	0-3 m
	BH03PZ	1+750	Alluvioni terrazzate III ordine	CA01	0-1 m
				CA02	3-4 m
				CA03	8-9 m
	PZ5bis	2+525	Alluvioni terrazzate III ordine	CA01	0-1 m
				CA02	1-2 m
CA03				2-3 m	
CRIF				0-2 m	
PZ6	2+980	Depositi eluvio colluviali	CA01	0-1 m	
			CA02	1-2 m	

Per il tratto 2, sono stati prelevati i seguenti campioni:

		Progressiva	Unità Geol.	Campioni	Profondità
2° Lotto	BH05PZ	3+320	Depositi eluvio colluviali	CA01	0-2 m
				CA02	9-10 m
				CLS	0-10 m
				CLS	19-20 m
	BH07IN	3+725	Depositi eluvio colluviali	CA01	0-1 m
				CA02	1-2 m
				CRIF	0-2 m
				CLS	0-2 m
	PZ7	3+950	Depositi eluvio colluviali	CA01	0-1 m
				CA02	1-2 m
				CA03	2-3 m
				CRIF	0-2 m
	BH08IN	4+325	Depositi eluvio colluviali	CA01	0-1 m
				CA02	1,5-2,5 m
				CRIF	0-4 m
				CLS	0-8 m
PZ8 (45°)	4+825	Depositi eluvio colluviali	CA01	0-1,5 m	
			CA02	1,5-2 m	
			CA03	2-3 m	
			CRIF	0-3 m	

Nel corso della campagna indagini sono stati quindi prelevati n.31 campioni ambientali (CA) per l'esecuzione di analisi di laboratorio finalizzate alla caratterizzazione ambientale dei materiali di scavo. Il prelievo è stato effettuato in accordo con quanto indicato nell'allegato 4 del DPR120/17. Il set dei parametri analitici ricercato per i campioni è il seguente:

Parametri	U.M.	limiti in mg/kg riportati nell'All.5 Tit.V Parte IV DLgs152/06	
		tab. A	tab. B
<u>Metalli</u>			
Arsenico	mg/kg	20	50
Cadmio	mg/kg	2	15
Cobalto	mg/kg	20	250
Cromo totale	mg/kg	150	800
Cromo VI	mg/kg	2	15
Mercurio	mg/kg	1	5
Nichel	mg/kg	120	500
Piombo	mg/kg	100	1000
Rame	mg/kg	120	600
Zinco	mg/kg	150	1500
Benzene	mg/kg	0,1	2
Etilbenzene	mg/kg	0,5	50
Stirene	mg/kg	0,5	50
Toluene	mg/kg	0,5	50
Xilene	mg/kg	0,5	50

PROGETTAZIONE ATI:

**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

Sommatoria Organici Aromatici	mg/kg	1	100
idrocarburi C <sub>≤</sub> 12	mg/kg	10	250
idrocarburi C <sub>&gt;</sub> 12	mg/kg	50	750
<b>Sostanze organiche volatili</b>			
Benzo(a)antracene	mg/kg	0,5	10
Benzo(a)pirene	mg/kg	0,1	10
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	0,5	10
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	0,5	10
Benzo(ghi)perilene	mg/kg	0,1	10
Crisene	mg/kg	5	50
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	0,1	10
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg	0,1	10
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	0,1	10
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	0,1	10
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	0,1	10
Indenopirene	mg/kg	0,1	5
Pirene	mg/kg	5	50
Somm. policiclici aromatici	mg/kg	10	100
Amianto	mg/kg	1000	1000

I campioni CRIF, in numero di 8, sono stati sottoposti alle determinazioni sul tal quale e al test di cessione per la classificazione dei rifiuti solidi secondo il D.M. 27/09/2010 e per la possibilità di recupero secondo il D.M. n. 186 del 05/04/06.

Sono stati inoltre prelevati:

- n. 5 campioni di terreno e n. 2 campione di acqua per la valutazione del grado di aggressività del terreno sulle strutture di calcestruzzo secondo la UNI EN 206;
- n. 2 campione di acqua nei quali sono stati ricercati i parametri da confrontare con le CSC di cui alla Tabella 2 dell'Allegato 5 al titolo V della parte Quarta del D.Lgs. 152/2006.

Per i dettagli sul Piano Utilizzo Terre e il Bilancio delle Materie si rimanda alla relazione tematica, elaborato LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.REL.001.A.

PROGETTAZIONE ATI:

### **13. INTERSEZIONE TRACCIATO ASPETTI GEOLOGICI**

Di seguito vengono descritti gli elementi emersi dallo studio geologico e geomorfologico giudicati di maggiore interesse per il progetto ingegneristico.

Tutte le informazioni rese disponibili dalle varie campagne di indagini sono state utilizzate al fine di fornire un contributo alla definizione del modello geologico e, di conseguenza, tutte le indagini sono state analizzate in modo critico e ne è stata verificata la validità da diversi soggetti e colleghi; i punti di indagine in asse al tracciato, ovviamente, hanno avuto un peso tecnico maggiore rispetto a quelle distanti dall'asse, ma queste ultime hanno contribuito a dare importanti chiarimenti circa i rapporti stratigrafici tra le unità litologiche.

Le indagini pregresse, d'altronde, hanno già avuto la loro "validazione" in quanto parte integrante del PD (2007-2011) redatto da Quadrilatero S.p.A. per il Sub lotto 2.2, Maxilotto 1 del Quadrilatero Umbria – Marche, "Intervalliva di Macerata". Il primo tratto di tracciato del presente progetto, infatti, fra la vecchia SS 77 della Val di Chienti a nord, ed il raccordo autostradale (superstrada Val di Chienti) a sud, ripercorre il corridoio già studiato nel progetto 2007-2011 confermandone i risultati.

In virtù di quanto descritto nei capitoli precedenti, nell'area di studio, sono presenti due principali tipologie di depositi litologici quelle ascrivibili alle successioni marine Plioceniche e quelle continentali.

Come evidente nel profilo geologico, dal punto di vista geometrico, le unità litologiche continentali, presenti in profondità, possono assumere una disposizione sia stratigrafica sia eteropica sia lentiforme tale da determinare variabilità orizzontali e verticali.

I depositi marini plio-pleistocenici presentano una disposizione a struttura monoclinale vergente verso E di pochi gradi.

#### **13.1. PROG. 0+00 E PROG. 1+500**

In questo tratto il tracciato si sviluppa per gran parte su rilevato e prevede inoltre la realizzazione di opere infrastrutturali quali il sottopasso scatolare per l'attraversamento della SS77 e il Ponte Chienti per l'attraversamento del F. Chienti.

Le indagini disponibili comprendono

Campagna geognostica 2004  
Sondaggi S1 e S2, prove penetrometriche DPSH1 e DPSH2

Campagna geognostica 2006  
Sondaggio geognostico SD1pz e prova penetrometrica DPSH1

Campagna geognostica 2008  
Pozzetti esplorativi P1, P2 e P3

Campagna geognostica 2019  
Sondaggi geognostici BH01pz e BH02dh, Pozzetti Pz2 e Pz3, Sismica TS01.

Sono disponibili, inoltre, i sondaggi geognostici S1 e S2 (2002) non in asse.

PROGETTAZIONE ATI:

Dalla rotatoria di inizio lotto, che collega il tracciato alla SP28, inizia il tratto in trincea di collegamento al sottopasso scatolare sotto la SS77, che si sviluppa tra le progressive 0+243.62 e 0+275.54. Dal sottopasso il tracciato continua in rilevato fino alla progressiva 0+528.39, a partire dalla quale ha inizio il Ponte Chienti che consente lo scavalco del fiume. Il ponte è formato da due campate ed è fondato su pali. Dal Ponte Chienti il tracciato prosegue in rilevato fino alla progressiva 1+575 circa.

### **13.1.1. TRATTO COMPRESO TRA LA PROG. 0.00 E 0+178**

Questo tratto di progetto ricade in destra al Fiume Chienti in un settore di territorio a morfologia subpianeggiata e a destinazione agricola.

Dopo la rotatoria iniziale che collega il tracciato alla SP28, inizia un tratto in trincea che conduce al sottopasso con la SS77 e termina alla progressiva 0+177.62, dove iniziano i muri in C.A. di appoggio al sottopasso.

Le informazioni circa la natura dei terreni costituenti il terrazzo fluviale provengono da quanto scaturito in particolare dal sondaggio BH01-pz nonché dai sondaggi e dalle indagini eseguite nelle campagne precedenti.

I terreni coinvolti sono compresi nel terrazzo del 4° ordine, ed in particolare negli orizzonti IVb e IVc; essi contengono sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose di colorazione variabile da marrone verdastro ad avana con clasti a morfologia evoluta o parzialmente evoluta.

I terreni del terrazzo di IV ordine proseguono in profondità con l'orizzonte IVd, ghiaia in matrice sabbiosa limosa di colore grigio, e fino al contatto con le unità della Formazione delle Argille Azzurre.

Il sondaggio BH01-pz, al fine di caratterizzare i terreni presenti nel sottosuolo, è stato completato con prelievi di campioni e prove in foro tra le quali prove di permeabilità. Per i dettagli sulle scelte progettuali si rimanda alla relazione geotecnica LO703.MC.D.P.GENER.00.GET.REL.001.

### **13.1.2. TRATTO COMPRESO TRA LA PROG. 0.178 E 0+528**

Il tratto in trincea conduce il tracciato verso il sottopasso con la SS77, che si sviluppa tra le progressive 0+243.62 e 0+275.54; dal sottopasso inizia poi il rilevato che termina alla progressiva 0+528.39 ovvero al Ponte Chienti.

Per questo settore valgono le considerazioni geologiche fatte nel paragrafo precedente. I terreni coinvolti sono perciò compresi nei terrazzi del IV ordine, ed in particolare negli orizzonti IVa, IVb e IVc.

Dal sottopasso il tracciato prosegue su rilevato poggiando sulle ghiaie in matrice sabbiosa di colore beige dell'orizzonte IVc.

I terreni del terrazzo di IV ordine proseguono in profondità con l'orizzonte IVd, ghiaia in matrice sabbiosa limosa di colore grigio, fino al contatto con le unità della Formazione delle Argille Azzurre che avviene a profondità comprese tra 12 e 17 metri dal p.c..

In occasione dell'ultima campagna di indagine geognostica (2019) sono stati determinati informazioni geotecniche quali valori di permeabilità, caratteristiche granulometriche e meccaniche dei terreni coinvolti; questi dati vanno ad aggiungersi a quelli già disponibili dalle campagne precedenti per il progetto PD 2007-2011. Il monitoraggio piezometrico, inoltre, interrotto per diversi mesi a causa dell'ordinanza di limitazione della mobilità per la lotta alla pandemia di COVID-19, è stato ripreso nel mese di Giugno; la tabella che segue mostra la sintesi dei dati al momento disponibili.

**STUDI E INDAGINI – GEOLOGIA E GEOTECNICA – RELAZIONE GEOLOGICA**

Sondaggio	Lungh. [m]	Misura falda [m da p.c.]	Data lettura
BH01-PZ	20.0	9.08	Agosto 2019
		8.89	Febbraio 2020
		9.70	Giugno 2020
		9.45	Ottobre 2020
		9.03	Novembre 2020

Vista la particolare situazione idrogeologica dell'area che vede, in questo tratto, la presenza di un'area a rischio di esondazione con tempi di ritorno pari a 200 anni, codificata (PAI) come E-19-0009 (R2), per insufficienza di dell'alveo in occasione delle piene, i muri in C.A. di approccio al sottopasso, hanno anche la funzione di impermeabilizzazione e tenuta idraulica.

Per il sottopasso sono state effettuate le verifiche al galleggiamento considerando la quota della piena del fiume Chienti con  $T_r=200$  anni.

Per i dettagli sulle scelte progettuali si rimanda alla relazione geotecnica e a quelle di calcolo:

LO703.MC.D.P.GENER.00.GET.REL.001,

LO703.MC.D.P.ST501.00.STR.REL.001,

LO703.MC.D.P.ST501.01.STR.REL.001,

LO703.MC.D.P.ST501.02.STR.REL.001

**13.1.3. TRATTO COMPRESO TRA LA PROG. 0.528 E 0+649**

Il Ponte Chienti consente lo scavalco dell'omonimo fiume. Le caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo di quest'area sono stati studiati durante le diverse fasi progettuali già a partire dal 2004. Dal punto di vista geologico e delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni coinvolti valgono le considerazioni geologiche generali fatte nei paragrafi precedenti.

Il F. Chienti presenta, quindi, alcune criticità tra le quali alvei sovralluvionati ed erosione spondale. Nell'area di studio il corso del Fiume Chienti segue un andamento circa ENE-WSW e le sue acque scorrono entro un alveo, di larghezza pari a circa 100 m, incassato nei depositi del terrazzo del IV ordine. Le caratteristiche dei terreni del terrazzo sono ben visibili in affioramento grazie alle falesie presenti lungo le sponde. Le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni coinvolti dall'opera sono state oggetto di indagine grazie alla esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche dinamiche continue, pozzetti esplorativi; sia in destra sia in sinistra è evidente la presenza dei terreni ascrivibili al terrazzo di IV ordine, in particolare negli orizzonti IVa, IVc e IVd. Il contatto con il substrato della Formazione delle Argille Azzurre ha un andamento pressoché suborizzontale sia nel settore in sinistra sia in quello in destra.

Le alluvioni recenti visibili nell'alveo incassato hanno spessore variabile dell'ordine di qualche metro, ma la loro distribuzione non è omogenea anche a causa degli accumuli di alluvioni oramai stabilizzati dalla vegetazione che sono presenti in vari settori al piede delle falesie. L'andamento del corso d'acqua all'interno dell'alveo è funzione delle portate stagionali e perciò comporta continue variazioni del letto. Queste continue variazioni del corso favoriscono lo sviluppo di processi di erosione fluviali sulle sponde, è prevista perciò un'opera di protezione spondale al fine di limitare i fenomeni di erosione e scalzamento sulla spalla 1 e sulla pila.

Per i dettagli sulle scelte progettuali si rimanda alla relazione geotecnica e a quelle di calcolo:

LO703.MC.D.P.GENER.00.GET.REL.001

LO703.MC.D.P.VI503.00.STR.REL.001,

Per quanto riguarda i livelli piezometrici sono disponibili misure sia in destra che in sinistra grazie alla campagna geognostica del 2006 sia a quella del 2019 ed alcuni da indagini reperite.

PROGETTAZIONE ATI:

Sondaggio	Lungh. [m]	Misura falda [m da p.c.]	Data lettura
BH01-PZ	20.0	9.08	Agosto 2019
		8.89	Febbraio 2020
		9.70	Giugno 2020
		9.45	Ottobre 2020
		9.03	Novembre 2020
SD1PZ	35.0	6.08	20/07/2006
		4.50	15/09/2006
		3.50	21/12/2006
		3.50	20/03/2007
S1	20.0	4.40	30/06/2004
S2	20.0	7.80	01/07/2004
		6.48	23/09/2008

#### 13.1.4. TRATTO COMPRESO TRA LA PROG. 0.649 E 1+500

Il tracciato, dopo il Ponte Chienti, prosegue in rilevato poggiato sui terreni ascrivibili al IV ed al III ordine di terrazzo.

Il passaggio tra i due ordini di terrazzo avviene tra le progressive 1+025 e 1+100 circa attraverso un gradino morfologico di altezza pari a circa 9 m.

Fino alla progressiva 1+100 circa, perciò, il rilevato poggerà sui terreni del terrazzo del IV ordine in particolare sull'orizzonte IVa, per poi essere fondato sui terreni del III ordine fino alla prog. 1+500.

I terreni del III ordine, divisi in 2 orizzonti, sono rappresentati da limi argillosi e sabbiosi di colore nocciola scuro con locali clasti arrotondati sovrapposti a ghiaie in matrice sabbioso limosa e sono stati caratterizzati dal punto di vista geotecnico da prove penetrometriche dinamiche e pozzetti geotecnici.

Nel settore di transizione dei 2 ordini di terrazzo è presente materiale di origine eluvio-colluviale che ricopre il fianco del gradino secondo una disposizione lentiforme.

#### 13.2. TRATTO DA PROG. 1+500 A PROG. 3+000

Le indagini disponibili comprendono:

Campagna geognostica 2004

Sondaggi S3 e S4 e prova penetrometrica statica CPT1

Campagna geognostica 2006

Prova penetrometrica DSH2 e DSH3

Campagna geognostica 2008

Pozzetti esplorativi P3 e P4

Campagna geognostica 2019

Sondaggi geognostici BH03pz, pozzetti Pz3, Pz4, Pz5 e Pz6, Sismica TS02.

PROGETTAZIONE ATI:

Questo tratto di tracciato si sviluppa quasi interamente in rilevato tranne che tra le progressive 1+613 e 1+925 dove prosegue in trincea.

I terreni interessati dalle opere progettuali sono principalmente quelli ascritti alle alluvioni del II terrazzo; essi sono stati distinti in 3 strati in base alle caratteristiche fisiche e granulometriche ovvero si passa da limi sabbioso argillosi di colore da avana a grigio (IIa) a ghiaie in matrice sabbioso argillosa (IIb) ed infine a sabbia limosa debolmente ghiaiosa di colore marrone (IIc).

Nel tratto compreso tra la prog. 1+500 e 1+670 ovvero in corrispondenza del gradino morfologico tra il terrazzo di II e quello di III ordine, il tracciato intercetta terreni di natura sabbioso argillosa di origine eluvio-colluviale a disposizione lentiforme e spessore fino a 8 m, legati al disfacimento delle unità litologiche terrazzate. Le unità eluvio colluviali presenti a partire dalla prog. 2+750, di natura limo argillosa, sono invece legati all'alterazione delle Argille Azzurre.

La potenza delle unità terrazzate di II ordine diminuisce progressivamente salendo in quota e la loro presenza è segnalata fino alla prog. 2+750.

La caratterizzazione geotecnica è stata assicurata dalla esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche dinamiche, stese sismiche e pozzetti geotecnici. Nel complesso, le unità sedimentarie costituenti il terrazzo di ordine II sono rappresentate da litologie a granulometria più fine rispetto a quelli degli ordini più bassi in quota. È evidente, infatti, la presenza di limi sabbioso argillosi di colorazione variabile da ocra a grigio ad avana, inglobanti clasti subarrotondati di natura carbonatica, e aventi spessore compreso tra 9 e 12 metri.

Dalla progressiva 1+613.12 alla progressiva 1+925.00 è prevista la realizzazione di una trincea di altezza massima pari a circa 8.5 m. Essa intercetta i terreni dei depositi eluvio colluviali e poi gli orizzonti del II terrazzo che sulla base delle caratteristiche geotecniche, offerte dai terreni in questo tratto, sarà realizzata mediante muri di controripa in terra verde rinforzata.

Altra opera infrastrutturale è presente tra le progressive 2+760 e 2+844 e si tratta di un muro di sostegno che coinvolgerà terreni eluvio-colluviali e quelli della Formazione delle Argille Azzurre.

Per quanto riguarda i dati piezometrici si riporta di seguito la tabella con le letture disponibili.

BH03-PZ	20.0	11.70	Luglio 2019
		12.17	Febbraio 2020
		12.50	Giugno 2020
		12.60	Ottobre 2020
		12.54	Novembre 2020
BH05-PZ	30.0	4.95	Settembre 2019
		2.69	Febbraio 2020
		3.92	Giugno 2020
		3.20	Ottobre 2020
		3.32	Novembre 2020

### 13.3. TRATTO COMPRESO DA PROG. 3+000 A FINE LOTTO

In questo tratto sono disponibili solo indagini relative a questa fase progettuale e alcune reperite; esse comprendono:

- I sondaggi geognostici BHS4-in, BHS5-pz, BHS7-in, BHS8-in, BHS9-pz e BHS10in
- I pozzetti esplorativi Pz7 e Pz8
- Le stese sismiche TS03, TS04, TS05, TS06 e la MASW M1

Il tracciato corre in destra idrografica del fosso di Alteja, interessando la coltre eluvio colluviale che ricopre l'intero versante. L'area è caratterizzata da diverse forme morfologiche che comprendono sia movimenti di massa superficiali sia frane in regime attuale di quiescenza.

Questi fenomeni sono presenti nella cartografia IFFI e per le loro caratteristiche si rimanda ai paragrafi 6.1.2, 6.1.3, 6.1.4, 6.1.5.

I terreni che interagiscono con il tracciato sono ora ascrivibili alla Formazione delle Argille Azzurre e più in particolare agli orizzonti di alterazione e corticali.

Le unità litologiche della Formazione delle Argille Azzurre presentano caratteristiche di sovraconsolidazione quando non alterate, ma nelle porzioni corticali, a causa dei processi di erosione ed alterazione, sono oggetto di un netto decadimento nelle caratteristiche fisiche e meccaniche che ha, tra le altre, come conseguenza la formazione di una coltre superficiale sensibile all'azione gravitativa; questi orizzonti di alterazione sono immediatamente evidenti nei prodotti dei carotaggi per cambiamenti di colorazione e variazioni sulle caratteristiche fisiche e granulometriche.

### **13.3.1. TRATTO COMPRESO TRA LA PROG. 3.000 E 3+200**

In questo settore sono comprese opere quali la rotonda per l'innesto alla SP77 con rami di svincolo sia in trincea sia in rilevato e sul lato a monte della rotonda è prevista la realizzazione di una paratia di pali. Dalla rotatoria con la SP77 fino alla progressiva 3+075 circa è presente un tratto in trincea con un'altezza massima di circa 1.20 m.

Le rocce interessate che interagiscono con il progetto sono quindi ascrivibili ai prodotti eluvio-colluviali provenienti dalle rocce delle Argille Azzurre. Il tracciato tra la progressiva 3+125 e la spalla del Viadotto Pieve intercetta, inoltre, un versante interessato da movimenti superficiali di massa. Il versante è oggetto di monitoraggio attraverso l'inclinometro BH04-in e il piezometro BH05-pz.

### **13.3.2. TRATTO COMPRESO TRA LA PROG. 3.200 E 3+475**

Il Viadotto Pieve scavalca il l'impluvio che da Villa Ariani confluisce nel Fosso Valteja, il cui versante in destra è interessato da fenomeni gravitativi.

Il progetto delle indagini ha visto l'esecuzione dei sondaggi BHS4-in e BHS5-pz durante i quali sono stati prelevati campioni di terreno sottoposti a prove di laboratorio.

Dal punto di vista stratigrafico è presente materiale ascrivibile a terreni di natura eluvio-colluviale a granulometria limoso-sabbioso-argillosa, di colore marrone, per uno spessore compreso tra 5 e 11 metri poggianti sulle argille limoso argilloso sabbiose della Formazione delle Argille Azzurre di colore grigio.

Dall'esame delle carote di sondaggio non è stata riconosciuta alcuna superficie di scollamento.

Il catalogo IFFI come caratterizza questo versante nelle "aree soggette a frane superficiali diffuse" ovvero settori di versante che in passato sono stati interessati da frane di vario tipo a carico di spessori generalmente limitati dei terreni sciolti di copertura e che si sono innescate contestualmente ad eventi idrometeorologici di forte intensità. Nella cartografia PAI quest'area è indicata a pericolosità elevata (P3), (F-19-0743).

Da quanto riscontrato in rilevamento e dai dati di monitoraggio disponibili, la dinamica di questo fenomeno è interpretabile nel complesso, come una deformazione lenta del terreno superficiale coinvolto i cui livelli più corticali si muovono lungo il pendio ad una velocità maggiore di quella dei livelli immediatamente inferiori.

PROGETTAZIONE ATI:

I fattori scatenanti sono da ricercarsi in varie cause quali pioggia, espansione/contrazione dei materiali argillosi. In generale questi movimenti mostrano variazioni stagionali di manifestazione e/o di velocità, rallentando o addirittura arrestandosi durante l'estate per poi manifestarsi in autunno e inverno in concomitanza delle precipitazioni atmosferiche più abbondanti.

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di trincee drenanti per il convogliamento, il drenaggio e l'allontanamento delle acque piovane. Le opere saranno realizzate immediatamente a monte del tracciato.

Per i dettagli sulle scelte progettuali si rimanda alla relazione geotecnica e a quelle di calcolo.

Il versante è oggetto di monitoraggio geotecnico attraverso le letture inclinometriche nel sondaggio BH04in e piezometriche sul sondaggio BH05pz.

Le letture piezometriche sono riportate nella tabella seguente

Sigla Sondaggio	Letture del 16/10/2019	Letture del 13/02/2020	Letture del 16/06/2020	Letture del 05/10/2020	Letture del 09/11/2020
	m dal p.c.				
BH05-pz	4.95	2.69	3.92	3.2	3.32

Le letture inclinometriche si sono protratte a partire dal mese di Febbraio 2020, l'ultima lettura disponibile è relativa al 10 novembre 2020. Dalle letture registrate non si evidenziano movimenti in atto o potenziali.

Il monitoraggio è in corso e i dati al momento disponibili non forniscono informazioni tali da far pensare ad eventuali attività di movimenti in atto o potenziali. Per la visione delle letture si rimanda all'elaborato LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.008

### **13.3.3. TRATTO COMPRESO TRA LA PROG. 3.475 E 4+000**

Dal Viadotto Pieve il tracciato prosegue su un tratto di territorio interessato da aree in dissesto.

Nel catalogo IFFI questo fenomeno è classificato come "complesso" ovvero il movimento risulta dalla combinazione di due o più tipi di movimenti, e ricade all'interno dell'area PAI F-19-0736 a pericolosità P3.

La stratificazione vede la presenza di terreni di natura eluvio colluviale dello spessore massimo fino a 10 m poggianti sulle argille limose della Formazione delle Argille Azzurre.

Per questo settore di versante è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo (BH07-in) attrezzato con tubo inclinometrico. Il progetto delle indagini comprendeva inizialmente anche l'esecuzione del sondaggio BH06pz, non eseguito a causa dell'impossibilità di ottenere il permesso di accesso all'area. L'indagine diretta è stata sostituita perciò da una indiretta, consistita in una stesa sismica a rifrazione TS04.

Il tracciato corre su rilevato. In considerazione della situazione geomorfologica sono previste sia opere strutturali sia a monte sia a valle dell'opera.

Sul settore a monte, tra le progressive 3+475.00 e 3+525.00 è prevista la realizzazione di un muro di sostegno su pali, mentre nel settore a valle a partire dalla progressiva 3+525 paratie di pali a protezione del piede del rilevato per una lunghezza complessiva di 300 m circa al fine di coprire l'intero tratto coinvolto dal corpo franoso.

PROGETTAZIONE ATI:

Per i dettagli sulle scelte progettuali si rimanda alla relazione geotecnica e a quelle di calcolo.

#### **13.3.4. TRATTO COMPRESO TRA LA PROG. 4+000 A FINE LOTTO**

Il tracciato risale di quota e, dopo il sottopasso di via Fontescodella, prosegue parietale al versante tra la linea ferroviaria a monte e via di Fontescodella a valle.

Le unità litologiche interessate sono ascrivibili a terreni di origine eluvio-colluviale a granulometria limoso-sabbioso-argillosa, di colore marrone, per uno spessore compreso tra 8 e 18 metri poggiante sulle argille limoso argilloso sabbiose della Formazione delle Argille Azzurre di colore grigio.

I settori in dissesto, presenti in questo settore, sono classificati nel catalogo IFFI come “*aree soggette a frane superficiali diffuse*” ovvero settori di versante che in passato sono stati interessati da frane di vario tipo a carico di spessori generalmente limitati dei terreni sciolti di copertura e che si sono innescate contestualmente ad eventi idrometeorologici di forte intensità. Nella cartografia PAI nella fascia di versante è compresa in F-19-0734 a pericolosità P2.

Questo tratto di corridoio è monitorato attraverso tubi inclinometrici BH08\_in e BH10\_in e piezometrici BH09\_pz.

Sigla Sondaggio	Lettura del 16/10/2019 m dal p.c.	Lettura del 13/02/2020 m dal p.c.	Lettura del 16/06/2020 m dal p.c.	Lettura del 05/10/2020 m dal p.c.	Lettura del 09/11/2020 m dal p.c.
BH09-pz	7.92	9.10	8.65	9.37	9.31

Il monitoraggio è in corso e i dati al momento disponibili non forniscono informazioni tali da far pensare ad eventuali attività di movimenti in atto o potenziali. Per la visione delle letture si rimanda all'elaborato LO703.MC.D.P.GENER.00.GEO.RLG.008.

In base alla morfologia offerta dal territorio si prevede la realizzazione di tratti in trincea e tratti in rilevato.

In corrispondenza del dissesto presente tra le prog. 4+000 e 4+150 sono presenti opere quali il sottopasso di via Fontescodella e rilevati. Le opere per questo settore vedono la realizzazione di paratie e di trincee drenanti. Il tracciato di Via di Fontescodella, nel settore di intersezione con l'asse principale viene rivista e sul lato monte si prevede la realizzazione di una paratia. Per il tratto di asse in rilevato si prevede la realizzazione di trincee drenanti.

Tra le progressive 4+320 e 4+425, dove è segnalata un'area in dissesto, il tracciato prosegue in trincea a monte. Per questo tratto in trincea è prevista la realizzazione di drenaggi suborizzontali.

Tra le prog. 4+500 e 4+750 il rilevato sarà accompagnato dalla realizzazione di trincee drenanti sul lato di monte.

Infine, dalla progressiva 4+820 è previsto un muro di sostegno in C.A. a valle, al fine di evitare l'interferenza tra il rilevato stradale e via Fontescodella.

Il tracciato si conclude con la realizzazione di una rotonda in corrispondenza dello svincolo.

Per i dettagli sulle scelte progettuali si rimanda alla relazione geotecnica e a quelle di calcolo.