

AUTOSTRADA (A1) : MILANO-NAPOLI

TRATTO: FIRENZE SUD - INCISA VALDARNO

STABILIZZAZIONE VERSANTE IN LOCALITÀ FORNACE DI TROGHI (AREA PISCINALE)

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE


GEOLOGIA

GENERICO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E DI INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

VERIFICA a cura di:	RIESAME a cura di:	VALIDAZIONE INTERNA a cura di:
IL GEOLOGO Dott. Enrico Maranini Ord. Geologi Emilia Romagna n. 1056 T.L. Geologia	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Enrica Bontempi Ord. Ingg. Roma n. 39356	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Piero Bongio Ord. Ingg. Bologna n.10935 T.A. Geologia e Geotecnica

CODICE IDENTIFICATIVO										ORDINATORE	
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	-
T1157	0000	PD	DG	GEO	00000	00000	R	GEO	0001	00	SCALA -

	ENGINEERING COORDINATOR:	REVISIONE		
	Ing. Enrica Bontempi Ord. Ingg. Roma n. 39356	n.	Descrizione	Data
	SUPPORTO SPECIALISTICO:	00	Prima emissione	LUGLIO 2024

CODIFICA ASPI	Codice Commessa	Fase	Origine	Disciplina	W B S	Tipo	Progressivo	Classe	Status	Rev.
	0G099-PD-TECN-GEO-00000-REL-000001							1	APD	00

	<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p>  <p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Luca Giacomini</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p>  <p>Ministero delle infrastrutture e dei trasporti</p>
--	--	---

Sommario

PREMESSA	5
1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI PREVISTI.....	7
3 INDAGINI GEOGNOSTICHE	11
3.1 INDAGINI ESEGUITE NELL'AMBITO DELLA PROGETTAZIONE DELL'AMPLIAMENTO AUTOSTRADALE A1 FIRENZE SUD INCISA, E NUOVA GALLERIA SAN DONATO	11
3.2 INDAGINI INTEGRATIVE ESEGUITE IN CORSO D'OPERA.....	12
4 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DA STUDI PREGRESSI	15
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DA CARTOGRAFIE DEGLI ENTI	15
4.1.1 <i>Cartografia geologica da Carta Geologica d'Italia (CARG)</i>	15
4.1.2 <i>Cartografia geologica regionale e database I.F.F.I.</i>	17
4.1.3 <i>Cartografia geomorfologica dell'Autorità di Bacino dell'Appennino Settentrionale</i>	18
4.1.4 <i>Cartografia geomorfologica da Piano Strutturale del Comune di Rignano sull'Arno</i>	21
4.1.5 <i>Fotointerpretazione multitemporale</i>	22
4.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO RISULTANTE DAGLI ELABORATI DI PROGETTO CONSEGNATI	24
4.2.1 <i>Assetto stratigrafico locale da documentazione di progetto</i>	25
4.2.2 <i>Assetto geomorfologico da documentazione di progetto</i>	27
4.2.3 <i>Cartografie specialistiche di progetto consegnate</i>	28
5 INTERFEROMETRIA SATELLITARE	32
6 ASPETTI LEGATI ALLA SISMICITA'	36
6.1 SISMICITÀ STORICA (DAL 1000 AL 2020)	36
6.2 SISMICITÀ RECENTE (DAL 1985 A OTTOBRE 2023).....	37
6.3 FAGLIE CAPACI	38
6.4 STRUTTURE SISMOGENETICHE	39
6.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA TERRITORIALE (INGV)	40
6.6 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO	42
6.6.1 <i>Velocità delle onde sismiche e categoria di sottosuolo</i>	43
7 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REVISIONATO	46
7.1 INDAGINI INTEGRATIVE E DATI DI MONITORAGGIO.....	46
7.2 INTERPRETAZIONE GEOLOGICA AGGIORNATA DEI NUOVI DATI DI INDAGINE	49
7.2.1 <i>Rilievi geomorfologici di campagna</i>	55
8 ASPETTI IDROGEOLOGICI	60
8.1 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI	60
8.2 SORGENTI E PUNTI D'ACQUA	62
8.3 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE OPERE PREVISTE IN PERIZIA DI VARIANTE	64
9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	66
10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	67
 ALLEGATI	
-	PLANIMETRIA GEOLOGICA GEOMORFOLOGICA
-	PLANIMETRIADI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO
-	SEZIONI GEOLOGICHE

Indice delle Figure

FIGURA 2-1 - INQUADRAMENTO DA SATELLITE DELL'AREA DI INTERESSE (GOOGLE EARTH, FOTO 08/2022). E' VISIBILE L'AREA DI CANTIERIZZAZIONE RELATIVA ALL'AMPLIAMENTO A TERZA CORSIA	7
FIGURA 2-2 – SCHEMA PLANIMETRICO E SEZIONE TIPOLOGICA DELL'AUTOSTRADA IN COSTRUZIONE, LADDOVE È STATA REALIZZATA LA GALLERIA DRENANTE A MONTE DELL'INFRASTRUTTURA. (CONCESSIONI E COSTRUZIONI AUTOSTRADE, 1962-1965 CIRCA). IN SEZIONE È TRACCIATA LA SUPERFICIE DI SCORRIMENTO DEL DISSESTO INDIVIDUATO	8
FIGURA 2-3 – STRALCIO DELLA PLANIMETRIA DI PROGETTO CONTENENTE LE ORIGINARIE OPERE GEOTECNICHE DI DIFESA DEL VERSANTE (PARATIA DI VALLE E, IN ALTO A SINISTRA, LA PARATIA DI MONTE), NONCHÉ SEZIONE SCHEMATICA RAPPRESENTATIVA, CON INDICAZIONE DEL PROFILO DI TERRENO ORIGINARIO (TRATTEGGIATO) E NELLA CONFIGURAZIONE FINALE, DA PROGETTO CONSEGNATO E MANDATO IN APPALTO.	9
FIGURA 2-4 – PLANIMETRIA DELLE NUOVE OPERE DI PROGETTO NELL' AREA INTERVENTO. IN ROSSO L'IMPRONTA DELLA GALLERIA ARTIFICIALE; IN BLU L'ASSE DI DRENAGGIO DI MONTE, CON I DUE POZZI INTERFERENTI	10
FIGURA 2-5 – SEZIONE TIPOLOGICA DELLE OPERE DI PROGETTO (GALLERIA ARTIFICIALE E OPERA LINEARE DI DRENAGGIO PROFONDO). LATO MONTE A SINISTRA.	10
FIGURA 3-1 – UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE NELL'AREE PIÙ PROSSIME ALLA ZONA DI INTERESSE (EVIDENZIATA)	14
FIGURA 4-1 – SCHEMA TETTONICO DELL'AREA (TRATTO DA: FOGLIO CARG 276 - FIGLINE VALDARNO).....	15
FIGURA 4-2 – ESTRATTO DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELL'AREA (TRATTO DA: FOGLIO CARG 276 - FIGLINE VALDARNO).....	17
FIGURA 4-3 – ESTRATTO DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELL'AREA DAL SITO DELLA REGIONE TOSCANA (HTTP://WWW502.REGIONE.TOSCANA.IT/GEOSCOIPO/GEOLOGIA.HTML#	18
FIGURA 4-4 – ESTRATTO DELLA CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA ESTRATTA DAL SITO DELLA REGIONE TOSCANA (HTTP://WWW502.REGIONE.TOSCANA.IT/GEOSCOIPO/GEOLOGIA.HTML# - ACCESSO 09/2023)	19
FIGURA 4-5 – NUOVA PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI PERICOLOSITÀ DA FRANA COME DA PROPOSTA ABD DEL 03/05/2024 (NON ANCORA RECEPITA SUL PORTALE DELLE REGIONE). IMMAGINE DELL'AREA VASTA E DETTAGLIO IN AREA PISCINALE, COME DA FIGURA 4-4.....	20
FIGURA 4-6 – ESTRATTO DELLA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DAL PIANO STRUTTURALE COMUNE DI RIGNANO SULL'ARNO.	21
FIGURA 4-7 – FOTO AEREE RIFERIBILI A DIVERSI PERIODI NELL'AREA PIÙ PROSSIMA A PISCINALE. NEL PRIMO FOTOGRAMMA IN ALTO È CIRCOSCRITTA L'ABITAZIONE AL CENTRO DELLA COLLINA, OGGI PROPRIETÀ FOCARDI (REGIONE TOSCANA, HTTPS://WWW.REGIONE.TOSCANA.IT/-/ORTOFOTO_WMS ; E HTTPS://WWW502.REGIONE.TOSCANA.IT/GEOSCOIPO/SERVIZI/WMS/OFC_RT.HTM , ACCESSO OTTOBRE 2023).....	23
FIGURA 4-8 – SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI DELLE UNITÀ DEL BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE (CARG FOGLIO 276. TRATTO DA RELAZIONE SPEA DI PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO)	26
FIGURA 4-9 – CARTOGRAFIA GEOLOGICA CON ELEMENTI GEOMORFOLOGICI DI PROGETTO, RELATIVA ALL'AMPLIAMENTO DELLA TERZA CORSIA DELL'A1 TRA FIRENZE SUD E INCISA (SPEA ENGINEERING, 2016). ESTRATTO DELL'AREA SAN DONATO SUD – PISCINALE. NEL RIQUADRO L'AREA DI INTERESSE. E' RIPORTATA LA TRACCIA DELLA SEZIONE GEOLOGICA DI CUI ALLA SCHEDA N.9, MOSTRATA DI SEGUITO.....	29
FIGURA 4-10 – CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA DI PROGETTO, RELATIVA ALL'AMPLIAMENTO DELLA TERZA CORSIA DELL'A1 TRA FIRENZE SUD E INCISA (STRALCIO B, RIEDIZIONE DEL 11/2018). ESTRATTO DELL'AREA SAN DONATO SUD – PISCINALE. NEL RIQUADRO L'AREA DI INTERESSE (SPEA ENGINEERING, 2016).	30
FIGURA 4-11 – SEZIONE GEOLOGICA REALIZZATA LUNGO IL VERSANTE IN AREA PISCINALE, NELL'AMBITO DELLA SCHEDA DI SETTORE N.9 (SPEA ENGINEERING, 2016). LA TRACCIA DELLA SEZIONE È INDICATA NELLA PLANIMETRIA GEOLOGICA DI CUI ALLA FIGURA 4-9.	31
FIGURA 5-1 – DATI INTERFEROMETRICI DELL'AREA DI INTERESSE – EGMS COPERNICUS - DISCENDENTE (CONSULTAZIONE OTTOBRE 2023). SERIE STORICHE DI SPOSTAMENTO PER ALCUNI PUNTI SPECIFICI	33
FIGURA 5-2 – DATI INTERFEROMETRICI DELL'AREA DI INTERESSE – EGMS COPERNICUS - ASCENDENTE (CONSULTAZIONE OTTOBRE 2023). SERIE STORICHE DI SPOSTAMENTO PER ALCUNI PUNTI SPECIFICI	34
FIGURA 5-3 – DATI INTERFEROMETRICI DELL'AREA DI INTERESSE – EGMS COPERNICUS - ASCENDENTE (CONSULTAZIONE OTTOBRE 2023). SERIE STORICHE DI SPOSTAMENTO MEDIANTE PER TUTTI I RIFLETTORI CONTENUTI ENTRO UNA PERIMETRAZIONE DEFINITA LUNGO LA PARTE MEDIO BASSE DEL VERSANTE CIRCOSTANTE LA LOCALITÀ PISCINALE	35
FIGURA 6-1 - INTENSITÀ MACROSISMICHE DAL 1000 AL 2020 NEL COMUNE DI RIGNANO SULL'ARNO	36
FIGURA 6-2 – DATABASE ISIDE - PERIODO 1985 – OTTOBRE 2023. AREA 50 KM PROSSIMA ALL'AREA DI STUDIO (RETTANGOLO ROSSO).....	37
FIGURA 6-3 – DATABASE ISIDE: DISTRIBUZIONE TERREMOTI PERIODO 1985-2023 (DETTAGLIO AREA DI INTERVENTO).....	37
FIGURA 6-4 - DISTRIBUZIONE FAGLIE CAPACI "PROGETTO ITHACA" IN ZONA SUD DI FIRENZE.....	38
FIGURA 6-5 - MAPPA DELLE AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE (FONTE: DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENETIC SOURCES - DISS 3 - HTTP://DISS.RM.INGV.IT/DISS/).....	39
FIGURA 6-7 - CLASSIFICAZIONE SISMICA AL 2014 (FONTE: REGIONE TOSCANA), IN ROSSO IL COMUNE DI RIGNANO SULL'ARNO.....	41
FIGURA 6-8 – INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO SUL MODELLO DI PERICOLOSITÀ SISMICA MPS04-S1	43
FIGURA 6-9 – PROSPEZIONE SISMICHE IN ONDE S – LINEA L2 (INTERPRETAZIONE PROGEO 2023)	44
FIGURA 6-10 – PROSPEZIONE SISMICHE IN ONDE S – LINEA L4 (INTERPRETAZIONE PROGEO 2023)	44
FIGURA 7-1 – RISULTATI DA MONITORAGGIO INCLINOMETRICO DELLE VERTICALI TII501 (A SX) E TII502 (A DX). LETTURE SELEZIONATE SULL'INTERO PERIODO DI MONITORAGGIO (2016 – 10/2023). DIFFERENZIALI DEGLI SPOSTAMENTI PER PUNTI SULLE INTERE VERTICALI	46

FIGURA 7-2 – POSIZIONE PLANIMETRIA DELLE VERTICALI STRUMENTATE (COPPIE INCLINOMETRI + PIEZOMETRI) INSTALLATE NELLE DIVERSE FASI: IN VERDE, INDAGINI REALIZZATE NELL’AMBITO DEI PIANI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE ANTEOPERAM; IN MARRONE QUELLE PREVISTE PER IL MONITORAGGIO IN CORSO D’OPERA. IN ROSSO/ARANCIO SONO INDICATE LE INDAGINI INTEGRATIVE 2023; SONO INOLTRE EVIDENZIATE LE STESE SISMICHE TOMOGRAFICHE (IN ONDE P IN ROSSO E IN ONDE P + S IN ARANCIO). IN GIALLO SONO INDICATE LE PRECEDENTI VERTICALI DI INDAGINE DI PROGETTO PIÙ PROSSIME AL SITO DI INTERESSE, OGGI NON PIÙ REPERIBILI.	48
FIGURA 7-3 –RISULTANZE DA MONITORAGGIO INCLINOMETRICO DELLE VERTICALI PREVISTE DAI PIANI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE E GEOTECNICO. SPOSTAMENTI DIFFERENZIALI RILEVATI A PROFONDITÀ SELEZIONATE, PER L’INTERO PERIODO DI MONITORAGGIO (2016-ODIERNO). LA PARTE ALTA DEL GRAFICO MOSTRA I DATI DEI FREATIMETRICI DEI PIEZOMETRI POSTI A FIANCO DEGLI INCLINOMETRI. SONO INOLTRE MOSTRATE LE TEMPISTICHE OCCORSE PER FASI DELLE VARIE LAVORAZIONI	48
FIGURA 7-4 –RISULTANZE DEL MONITORAGGIO PIEZOMETRICO, IN TERMINI DI SOGGIACENZA, SU TUTTE LE VERTICALI INSTALLATE PER I PIANI DI MONITORAGGIO E INDAGINI INTEGRATIVE, NONCHÉ DEL POZZO FREATICO PRESENTE IN ZONA. NELLA PARTE ALTA DEL GRAFICO È INDICATA LA PIOVOSITÀ CUMULATA GIORNALIERA E QUINDICINALE	49
CASSETTE CATALOGATRICI RELATIVE AI SONDAGGI REALIZZATI NELL’AMBITO DEI PIANI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE E GEOTECNICO. INTERVALLI DI PROFONDITÀ SELEZIONATI AL PASSAGGIO TRA I DEPOSITI SUPERFICIALI E LA FORMAZIONE DI SILLANO (RIQUADRI ROSSI). SONO BEN VISIBILI LE CAROTE ARENACEE PRESENTI ALL’INTERNO DEI DEPOSITI SUPERFICIALI (ES. TI502: TRA 16-17 M; MC51_N2: TRA 1-2 M E 4-6 M)	50
FIGURA 7-5 – CASSETTE CATALOGATRICI RELATIVE AI SONDAGGI INTEGRATIVI (2023). INTERVALLI DI PROFONDITÀ SELEZIONATI AL PASSAGGIO TRA I DEPOSITI SUPERFICIALI E LA FORMAZIONE DI SILLANO (RIQUADRI ROSSI). SONO BEN VISIBILI LE CAROTE ARENACEE PRESENTI ALL’INTERNO DEI DEPOSITI SUPERFICIALI (ES. SC2 TRA 13–13.5 M; SC3: TRA 15-16,5 M; SC4: TRA 12-14 M E 15-16 M);	51
FIGURA 7-6 – STESE SISMICHE L1 E L2 IN ONDE DI COMPRESSIONE (SEZIONI DA OVEST A A EST)	52
FIGURA 7-7 – STESE SISMICHE L3 E L4 IN ONDE DI COMPRESSIONE (SEZIONI DA SUD A NORD)	53
FIGURA 7-8 – TAGLIO DI VERSANTE ALLA BASE DEI RILIEVI IN LOCALITÀ PISCINALE, SOTTO LA PARATIA DI MONTE, IN POSIZIONE (CIRCA) ANTISTANTE I SONDAGGI MC51_N2 E TI501 (UBICATI DIETRO LA PARATIA AD UNA DISTANZA DI CIRCA 20 M). ASPETTO IN PARETE DELLA FORMAZIONE A3 (FOTO 07/2023)	54
FIGURA 7-9 – DETTAGLIO DEL MATERIALE RINVENUTO IN UN TRATTO DI SCARPATA (FOTO 07/2023)	54
FIGURA 7-10 – ACCUMULO DI BLOCCHI ARENACEI RINVENUTI DURANTE I VARI SCAVI (SCARPATA TRA L’AUTOSTRADA A1 ESISTENTE ED IL TRATTO IN ALLARGAMENTO) (FOTO 07/2023)	55
FIGURA 7-11 –PANORAMICA DEL VERSANTE IN LOCALITÀ PISCINALE VISTO DA SUD	56
FIGURA 7-12 –PANORAMICA DEL VERSANTE IN LOCALITÀ PISCINALE VISTO DA EST. IN PRIMO PIANO LA TESTA DELLA PARATIA DI VALLE, IN PROSSIMITÀ DELL’OPERA DI RACCOLTA DELLE ACQUE SUPERFICIALI PROVENIENTI DAL VERSANTE (FOTO 07/2023)	56
FIGURA 7-13 –AREE COLTIVATE IN LOCALITÀ PISCINALE, POSTE A METÀ VERSANTE (VISTA DA SE A NW)	57
FIGURA 7-14 –VISTA DA BASSO DEL TAGLIO ESEGUITO NELLA PARTE TERMINALE DEL VERSANTE, CIRCA IN ASSE CON LO STRUMENTO INCLINOMETRICO MC51-N1 POSTO PIÙ A MONTE (FOTO 07/2023). E’ VISIBILE IN PRIMO PIANO LA TESTA DELLA PARATIA DI VALLE ...	57
FIGURA 7-15 – TERRENI A RIDOSSO DEL FOSSO CHE TAGLIA PERPENDICOLARMENTE IL VERSANTE, IN DIREZIONE MONTE; IN PROSSIMITÀ DELL’ALBERO A SX SULLO SFONDO È UBICATA LA COPPIA DI STRUMENTI INCL+PIEZ. SC2	58
FIGURA 7-16 – TERRENI A RIDOSSO DEL FOSSO CHE TAGLIA PERPENDICOLARMENTE IL VERSANTE, IN DIREZIONE VALLE, VERSO LE SOTTOSTANTI AREE DI CANTIERE; LUNGO LO STERRATO A DESTRA, APPENA FUORI DAL CAMPO VISIVO, È UBICATA LA COPPIA DI STRUMENTI TI502	58
FIGURA 7-17 – INTERPRETAZIONE GEOMORFOLOGICA DELL’AREA PISCINALE E ZONE LIMITROFE SECONDO LA NOTA DI PROF. G. CROSTA (2023). VISTA FRONTALE DEL VERSANTE CON RAPPRESENTATI I DOMINI DI APPARTENENZA DELLE UNITÀ FAL3 E SIL, NONCHÉ I PRINCIPALI ALLINEAMENTI TETTONICI (IN ROSSO), IN ACCORDO A QUANTO RIPORTATO IN LETTERATURA. IN BIANCO SONO PERIMETRATI I CORPI DI FRANA DA CARTOGRAFIA IFFI/PAI; IN GIALLO SI IPOTIZZA UNA PERIMETRAZIONE CHE DEFINISCE L’ESTENSIONE DI UN EVENTUALE CORPO DI FRANA DI GRANDI DIMENSIONI, CHE COINVOLGE ENTRAMBE LE UNITÀ SIL E FAL3	59
FIGURA 8-1 – DATI DEL MONITORAGGIO PIEZOMETRICO (QUOTE LIVELLO PIEZOMETRICO IN M SLM)	60
FIGURA 8-2 – POZZO IN PROPRIETÀ FOCARDI. MISURE FREATIMETRICHE E UBICAZIONE (CERCHIO IN BLU IN CARTOGRAFIA)	61
FIGURA 8-3 – ISOPIEZOMETRICHE (IN M. SLM) DEL VERSANTE OVEST DELLA A1, LOC. PISCINALE	62
FIGURA 8-4 – POZZI E SORGENTI PRESENTI NEL VERSANTE OVEST A1, LOC. PISCINALE	63
FIGURA 8-5 – OPERE DI DRENAGGIO DELLA FALDA FREATICA E POSIZIONE DI POZZI E SORGENTI NEL VERSANTE OVEST A1, LOC. PISCINALE	64

PREMESSA

La presente relazione descrive il modello geologico del sottosuolo che interessa le zone poste a ridosso della zona di ampliamento a terza corsia dell'autostrada A1 Firenze Sud - incisa, lotto 2S, al km 311 circa, nel tratto collinare posto più Sud della nuova galleria san Donato, in località Piscinale (comune di Rignano sull'Arno (FI).

Lo studio si inquadra nell'ambito della Perizia di Variante che interessa le opere di sostegno del versante poste a margine della zona di ampliamento autostradale.

La perizia si è resa necessaria a seguito degli spostamenti osservati sul versante posto a monte di un'opera di controripa in corso di realizzazione, tali per cui, a valle delle osservazioni e analisi effettuate, si renderebbe necessario un significativo rinforzo dell'opera di sostegno.

Il lavoro è organizzato in due parti sostanziali. La prima parte (cap.3 ÷ cap.6) raccoglie lo stato dell'arte, ovvero tutta la documentazione di natura geologica, geomorfologica e sismica pubblicata e di riferimento per lo studio specialistico, nonché la documentazione pregressa di progetto relativa all'intera tratta di ampliamento autostradale, i cui riferimenti sono riportati in bibliografia.

La seconda parte (cap. 7-8) riporta i risultati della reinterpretazione specialistica dell'area di intervento, alla luce dei nuovi dati disponibili, attraverso le recenti attività di indagine e monitoraggio.

Più precisamente, la ricostruzione geologica e geomorfologica revisionata è stata eseguita attraverso l'analisi critica dei dati bibliografici e progettuali pregressi, integrati da nuovi specifici sopralluoghi, dalle nuove indagini realizzate appositamente nell'area di intervento e dai dati di monitoraggio geotecnico (inclinometrico e piezometrico) della strumentazione installata e tutt'ora funzionante.

Sono inoltre state definite le caratteristiche idrogeologiche dei terreni e una prima valutazione dell'impatto delle opere previste in perizia di variante.

È stato infine preso a riferimento il parere tecnico presentato dal Prof. Dr. Geol. Giovanni Crosta (Università degli studi di Milano Bicocca – DISAT), emesso nel mese di ottobre 2023 e integrato nel mese di aprile 2024, circa l'analisi e possibile interpretazione dei dati disponibili.

In allegato alla presente relazione è riportato uno stralcio cartografico geologico-geomorfologico di inquadramento e di dettaglio, e due sezioni geologiche trasversali al versante di interesse.

Sono stati raccolti i report delle indagini geognostiche e geofisiche in sito, i dati di monitoraggio strumentale, e i certificati delle prove di laboratorio.

Si rimanda agli elaborati geotecnici e strutturali per la definizione dei parametri caratteristici di calcolo e verifica delle opere di intervento, comprese le eventuali verifiche di liquefazione dei terreni, se dovute, una volta verificate le possibili condizioni predisponenti e scatenanti individuate dalla normativa. Agli stessi elaborati geotecnici si rimanda anche per la definizione dei parametri sismici di progetto.

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato realizzato nel rispetto e in ottemperanza alla normativa vigente, ed elencata di seguito.

- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2008). NTC 2008: Norme Tecniche delle Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2018). NTC 2018: Norme Tecniche delle Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2019). Circolare n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.
- Presidenza della Repubblica (2001). DPR 380/2001: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2003). Ordinanza OPCM 3274/2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2006). Ordinanza OPCM 3519/2006: Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- Regione Toscana (2000): Legge regionale n. 39/2000. Legge forestale della Toscana
- Regione Toscana (2003). Regolamento Forestale D.P.G.R. 48/R/2003.
- Regione Toscana (2014). Legge regionale n. 65/2014. Il governo del territorio.
- Regione Toscana (2014). Del. GRT n. 421 del 26/05/2014: classificazione sismica dei Comuni della Regione Toscana.
- Regione Toscana (2018). Legge Regione Toscana n. 41/2018 - Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 e smii;
- Regione Toscana (2022). Regolamento regionale DPGR 1/R/2022. Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale n.65/2014. Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico".

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI PREVISTI

L'area di studio si colloca nel comune Rignano sull'Arno (FI), in località Piscinale, compresa tra gli abitati di S. Donato in Collina a NW e Troghi a SE.

Il territorio è attraversato dall'Autostrada A1, al km 311, circa 400 m più a Sud dell'imbocco Sud della galleria San Donato, e di cui è in fase di scavo la nuova canna per l'ampliamento di progetto.

L'area di interesse è costituita dal versante posto a SE dell'autostrada, laddove le lavorazioni sono in corso da metà 2022 circa. A metà versante è presente un complesso abitativo isolato, (proprietà Focardi) costituito da una struttura a due piani in muratura bifamiliare e un più piccolo fabbricato antistante ad uso magazzino. I terreni circostanti sono adibiti a colture.



Figura 2-1 - Inquadramento da satellite dell'area di interesse (Google Earth, foto 08/2022). E' visibile l'area di cantierizzazione relativa all'ampliamento a terza corsia

Autostrada esistente

L'autostrada esistente, nel tratto di interesse scorre attraverso due carreggiate separate da un'isola verde larga circa 20-25 m, in riavvicinamento procedendo verso sud. In accordo alla morfologia del pendio, blandamente discendente verso SE, la carreggiata sud si trova in trincea, con scarpate più acclivi sul lato ovest.

Per comprendere le condizioni createsi durante la prima costruzione dell'infrastruttura, in termini di stabilità dei versanti, è significativo sottolineare che, durante le lavorazioni, negli anni '60, sul pendio posto a monte

dell'infrastruttura, venne costruita una galleria lunga un centinaio di m, parallela all'autostrada, allo scopo di contenere gli effetti di un dissesto osservato sullo stesso versante.

La galleria ha sempre mantenuto la propria funzionalità, fino alla realizzazione delle nuove opere di progetto (paratia di valle), descritte di seguito, le cui fondazioni profonde ne hanno compromesso l'efficienza.

Tale aspetto potrebbe avere un ruolo non secondario per le condizioni di instabilità che possono essersi creati a monte delle nuove opere, secondo quanto trattato nel corso dello studio.

Le figure seguenti, tratte dai documenti dell'opera, mostrano i dettagli costruttivi dell'opera drenante, nonché la profondità del piano di scorrimento del dissesto individuato (a circa 10-12 m di profondità dalla superficie).

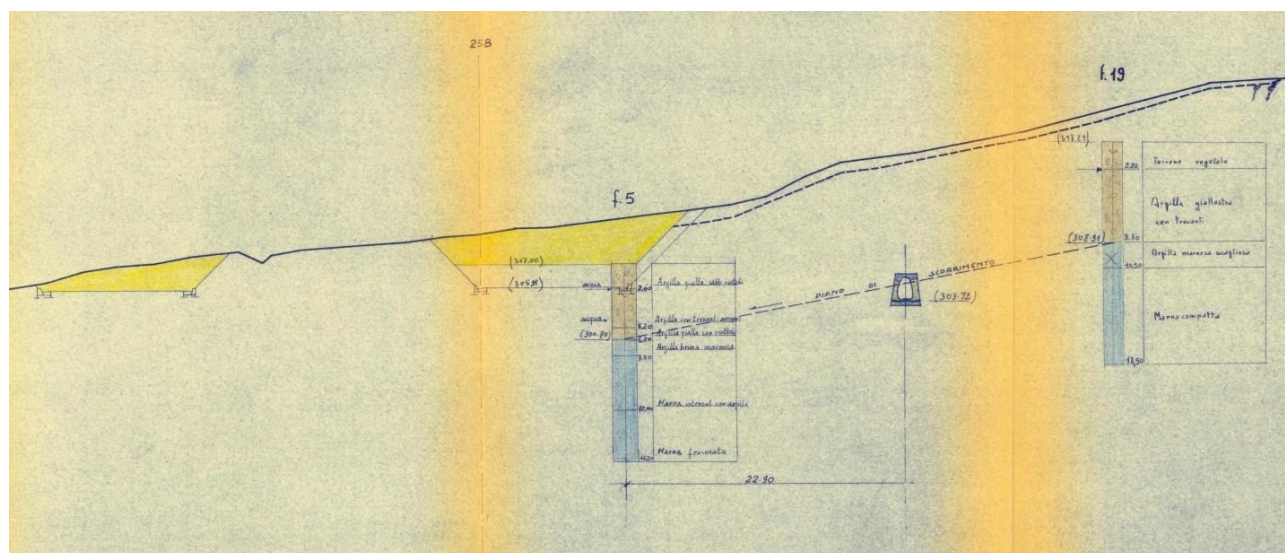
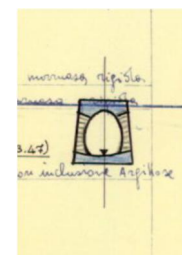
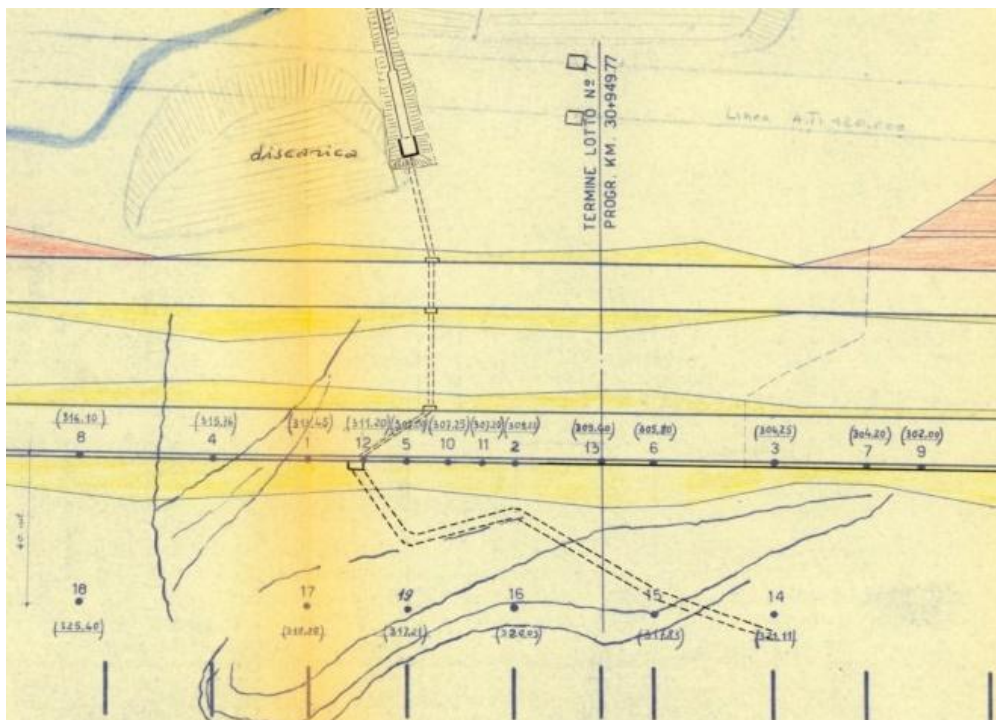


Figura 2-2 – Schema planimetrico e sezione tipologica dell'autostrada in costruzione, laddove è stata realizzata la galleria drenante a monte dell'infrastruttura. (Concessioni e Costruzioni Autostrade, 1962-1965 circa). In sezione è tracciata la superficie di scorrimento del dissesto individuato.

Ampliamento di progetto consegnato e appaltato

Il progetto originario di ampliamento prevede, nel tratto in esame, la realizzazione di una nuova carreggiata in direzione Sud previo sbancamento di una porzione del versante antistante l'autostrada e la realizzazione di opere di sostegno tirantate a margine della nuova carreggiata. Esse sono costituite da una lunga paratia a margine della nuova carreggiata (paratia di valle, denominata MC51), che si sviluppa da partire dall'imbocco Sud della galleria S. Donato, a cui si affianca un'opera di protezione similare (paratia di monte) in posizione retrostante, nel solo tratto più a Nord, fino al suddetto imbocco.

La figura seguente illustra un estratto delle tavole di progetto consegnate (planimetria delle opere geotecniche e sezione schematica rappresentativa della paratia di valle).

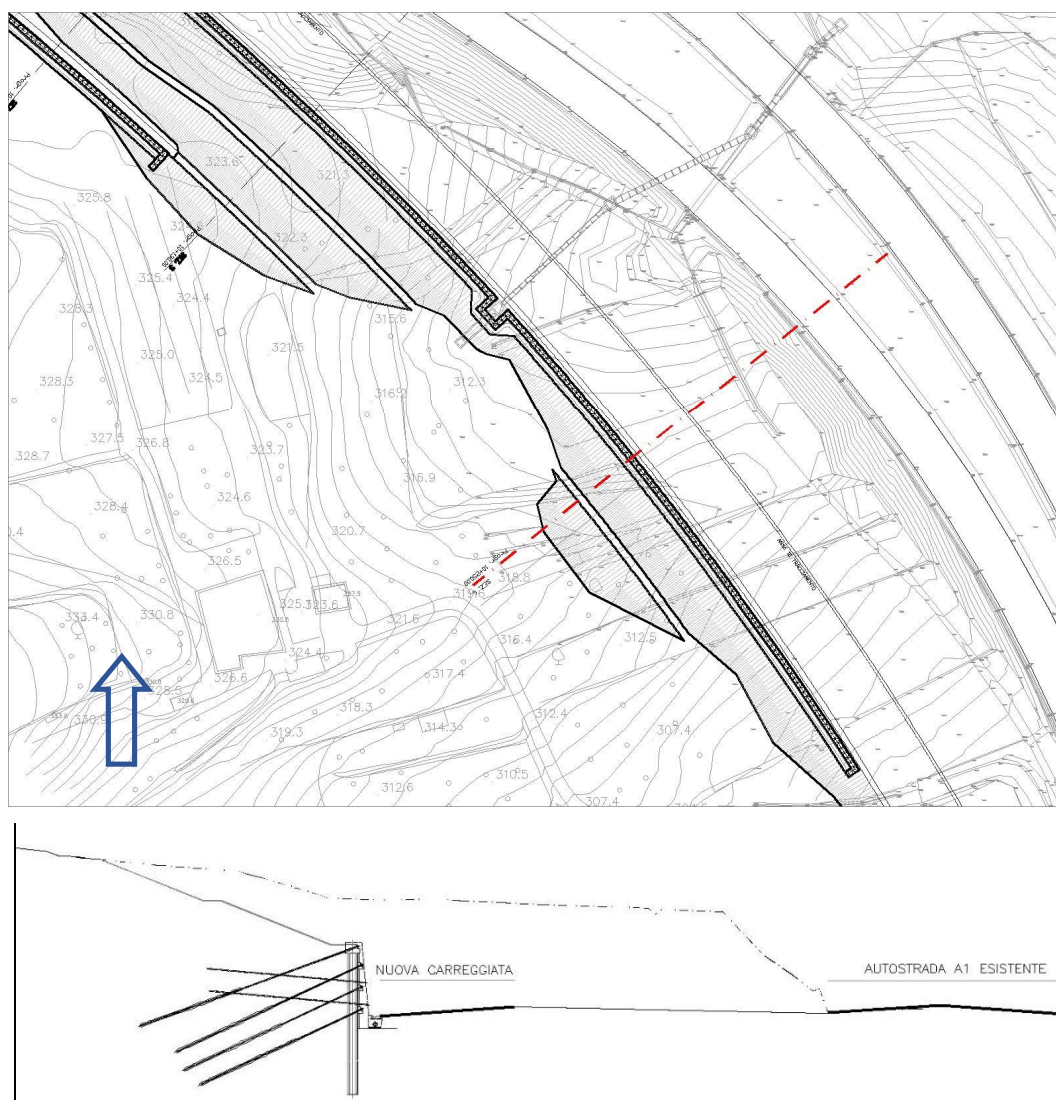


Figura 2-3 – Stralcio della planimetria di progetto contenente le originarie opere geotecniche di difesa del versante (paratia di valle e, in alto a sinistra, la paratia di monte), nonché sezione schematica rappresentativa, con indicazione del profilo di terreno originario (tratteggiato) e nella configurazione finale, da progetto consegnato e mandato in appalto.

Opere previste nell'ambito della perizia di variante

L'attività di progetto in cui si inserisce la presente relazione è suddivisa in due fasi. La prima fase prevede la realizzazione di una seconda palificata verso valle, che dovrà garantire un presidio e un aumento delle condizioni di sicurezza del versante.

La seconda fase prevede la realizzazione della galleria artificiale, attraverso la posa in opera della soletta di sommità e lo scavo top down dell'opera, unitamente alla realizzazione del drenaggio del versante nella zona a monte (attraverso una cortina di pali in ghiaia collegati a due pozzi di drenaggio).

Si rimanda agli elaborati di progetto per una visione di dettaglio delle opere previste.

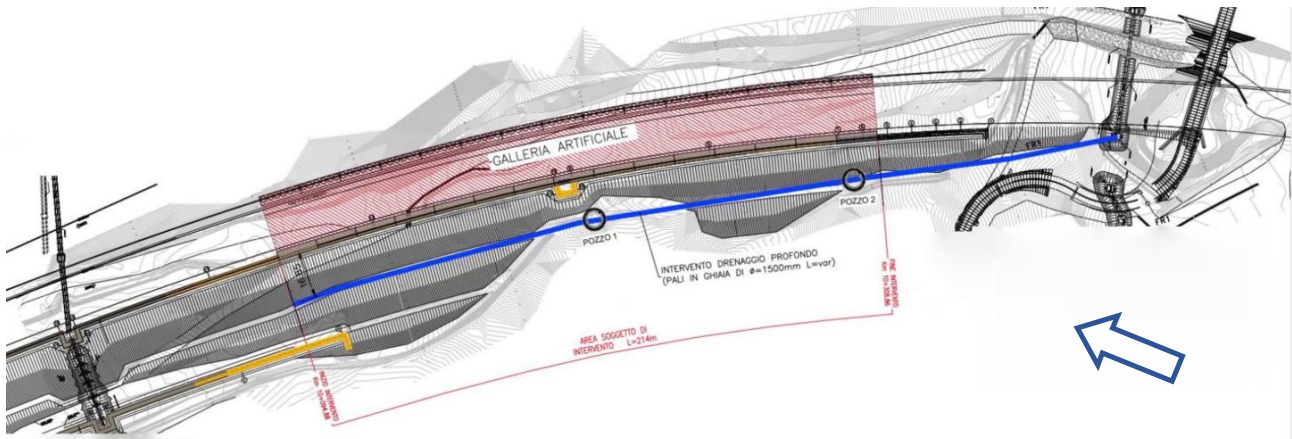


Figura 2-4 – Planimetria delle nuove opere di progetto nell' area intervento. In rosso l'impronta della galleria artificiale; in blu l'asse di drenaggio di monte, con i due pozzi interferenti

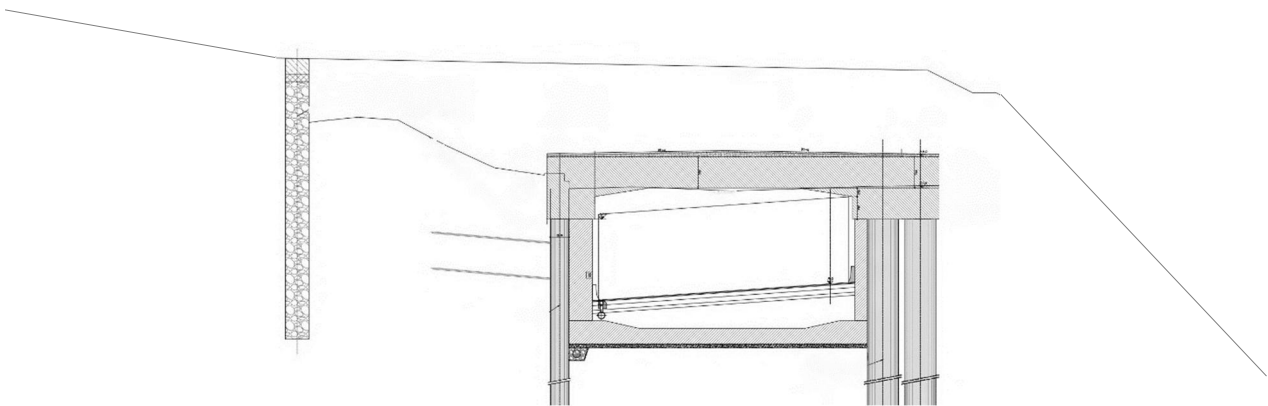


Figura 2-5 – Sezione tipologica delle opere di progetto (galleria artificiale e opera lineare di drenaggio profondo). Lato monte a sinistra.

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche disponibili nell'area di interesse fanno riferimento alle diverse fasi progettuali dell'ampliamento autostradale, nonché ad indagini integrative realizzate esplicitamente per la problematica trattata nel corso del presente lavoro.

Le ubicazioni delle indagini sono riportate nella documentazione cartografica allegata alla relazione. I certificati delle indagini sono contenuti in un elaborato a parte.

3.1 INDAGINI ESEGUITE NELL'AMBITO DELLA PROGETTAZIONE DELL'AMPLIAMENTO AUTOSTRADALE A1 FIRENZE SUD INCISA, E NUOVA GALLERIA SAN DONATO

Le indagini di progetto dell'ampliamento autostradale sono state eseguite in più fasi, sia per la progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva dell'intera tratta Fi sud Incisa (2002 – 2010), sia per la progettazione (definitiva ed esecutiva) della variante S. Donato (2011 2016).

Sono inoltre parte della documentazione progettuale le indagini riconducibili al piano di monitoraggio ambientale, eseguite nel 2016, e quelle già previste nei piani di monitoraggio geotecnico degli elaborati geotecnici, ma eseguite recentemente nel corso dei lavori (2022-23), in carico all'appaltatore.

Le verticali strumentate riconducibili ai due ultimi gruppi di indagini sono tutt'ora oggetto di monitoraggio periodico.

Di seguito sono indicate le indagini in sito (intese come verticali di sondaggio) pertinenti ai suddetti elenchi e più prossime all'area di interesse nell'ambito del presente studio.

Si rammenta che tali indagini sono costituite da verticali realizzate prevalentemente a carotaggio (subordinatamente a distruzione di nucleo) con esecuzione di svariate prove in foro (prove spt, prove pressiometriche, prove di permeabilità), nonché prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno e di roccia sottoposti a caratterizzazione geotecnica / geomeccanica di laboratorio. Tutte le verticali sono state strumentate, con tubazione piezometrica, inclinometrica o con tubi ciechi per geofisica per successiva caratterizzazione sismica in foro di tipo Down o Cross Hole.

Nell'elenco seguente non sono descritti altri tipi di indagine eventualmente presenti nell'intorno dell'area di studio (pozzetti esplorativi superficiali, stese sismiche in linea), che per tipologia o posizione geografica non sono pertinenti al presente studio.

Indagini progetto definitivo Firenze sud-Incisa (Spea Ingegneria Europea Spa)

Anno	Fornitore	Sigla	Tipologia	Profondità m	Strumentazione
2003-2004	Vicenzetto	SA21	Sondaggio carotaggio	30	Piezom. TA
2006	Intergeo	ES43	Sondaggio carotaggio	35	Piezom. TA + Cas
		ES43bis	Sondaggio carotaggio	15	Piezom. TA
		ES43 ter	Sondaggio carotaggio	14	Piezom. TA

Indagini progetto esecutivo Firenze sud-Incisa (Spea Ingegneria Europea Spa)

Anno	Fornitore	Sigla	Tipologia	Profondità m	Strumentazione
2008-2010	Imprefond	ESS1 / ESS1bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	35	Cross Hole
		ESS2	Sondaggio carotaggio	40	Piezom. TA
		ES49	Sondaggio carotaggio	30	Piezom. TA
	Sondedile	ESS3	Sondaggio carotaggio	35	Piezom. TA
		ES50	Sondaggio carotaggio	30	Piezom. TA + Cas

Indagini progetto definitivo della Variante S. Donato (Spea Ingegneria Europea Spa)

Anno	Fornitore	Sigla	Tipologia	Profondità m	Strumentazione
2011	CSI	VD10 / VD10bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	35	Piezom. TA Inclinometro

Indagini da piano di monitoraggio ambientale (uff.MAM Spea Engineering Spa)

Anno	Fornitore	Sigla	Tipologia	Profondità m	Strumentazione
2016	Intergeo	TII500 / TII500bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	40 - 30	Inclinometro Piezom. TA
		TII501 / TII501bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	40 - 30	Inclinometro Piezom. TA
		TII502 / TII502bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	40 - 30	Inclinometro Piezom. TA

I suddetti strumenti sono sottoposti a monitoraggio periodici (piezometrico e inclinometrico) dalla data di installazione ad oggi, con frequenza semestrale nel periodo 07/2016 – 07/2022 (periodi di monitoraggio ante operam) e mensile tra 07/20022 e la data odierna.

Indagini da piano di monitoraggio geotecnico (uff.MOG Tecne - Amplia infrastructures Spa)

Anno	Fornitore	Sigla	Tipologia	Profondità m	Strumentazione
2022-23	Subsoil	MC51_N1_in / MC51_N1_pz	Sondaggio carotaggio / distruzione	40 - 20	Inclinometro 2 Piezom. Cas
		MC51_N2_in / MC51_N2_pz	Sondaggio carotaggio / distruzione	45 - 20	Inclinometro 2 Piezom. Cas
		MC51_N3_in / MC51_N3_pz	Sondaggio carotaggio / distruzione	45 - 20	Inclinometro 2 Piezom. Cas

I suddetti strumenti, realizzati nell'arco di alcuni mesi, da fine 2022 a maggio 2023, sono sottoposti a monitoraggio periodico (piezometrico e inclinometrico) dalla data di installazione ad oggi, con frequenza mensile.

3.2 INDAGINI INTEGRATIVE ESEGUITE IN CORSO D'OPERA

Durante l'anno corrente (primo semestre 2023), nel corso dei lavori di ampliamento, sono state eseguite ulteriori indagini integrative nelle aree di interesse ai fini del presente studio.

Tali indagini sono costituite da

- n.5 verticali di sondaggio a carotaggio, (più una sesta verticale – SC6 - prossima all'imbocco Sud della nuova galleria San Donato), di profondità variabile da 25 a 35 m da p.c., eseguite con le medesime modalità di cui al paragrafo precedente (nei riguardi di prove in foro, prelievo campioni e prove geotecniche di laboratorio), e strumentate con tubazione inclinometrica per il successivo monitoraggio periodico; ad esse si associano altrettante verticali a distruzione (prof. 25 m) strumentate con tubazione piezometrica;
- n.4 stese sismiche a rifrazione in onde P e onde S, per circa 1000 m complessivi di lunghezza, con restituzione tomografica delle risultanze.

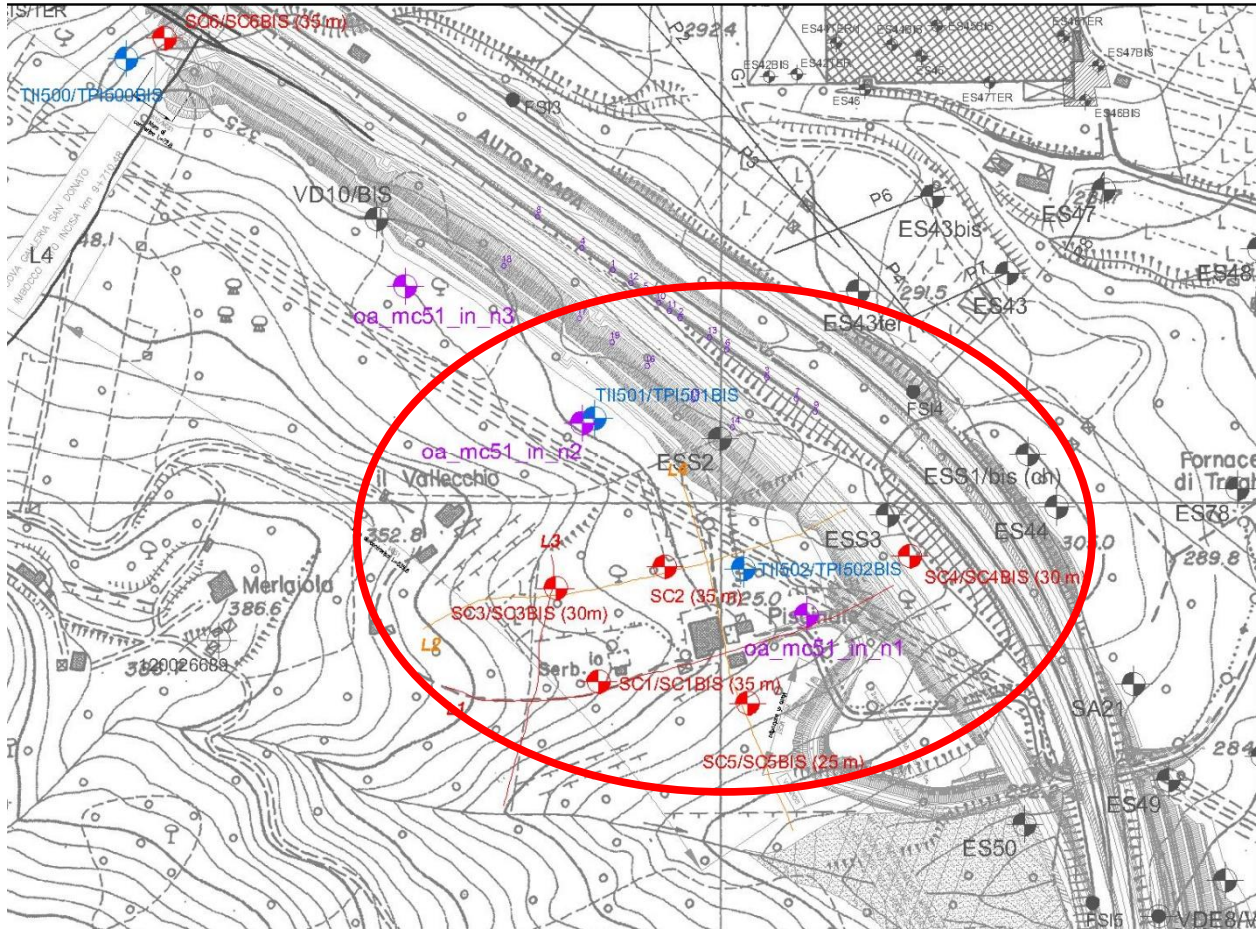
Le indagini integrative risultano di particolare importanza ai fini del presente lavoro, essenziali ai fini una corretta comprensione dei fenomeni riscontrati sul versante oggetto di intervento, nonché dell'eventuale evoluzione temporale.

La tabella successiva riporta le caratteristiche principali delle indagini geotecniche e geofisiche in sito.

Anno	Fornitore	Sigla	Tipologia	Profondità m	Strumentazione
				Lunghezza m	
2023	Subsoil	SC1 / SC1bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	35 - 25	Inclinometro Piezom. TA
		SC2 / SC2bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	35 - 25	Inclinometro Piezom. TA
		SC3 / SC3bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	30 - 25	Inclinometro Piezom. TA
		SC4 / SC4bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	30 - 25	Inclinometro Piezom. TA
		SC5 / SC5bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	30 - 25	Inclinometro Piezom. TA
		SC6 / SC6bis	Sondaggio carotaggio / distruzione	35 - 25	Inclinometro Piezom. TA
	Progeo	L1	Stesa a rifrazione onde P	297	
		L2	Stesa a rifrazione onde P e onde S	282	
		L3	Stesa a rifrazione onde P	162	
		L4	Stesa a rifrazione onde P e onde S	232	

Tutte le verticali strumentate, realizzate tra aprile e luglio 2023, sono sottoposte a monitoraggio periodico (piezometrico e inclinometrico) dalla data di installazione ad oggi, con frequenza mensile.

I risultati dei dati di monitoraggio, di questi e dei precedenti strumenti ancora attivi, sono illustrati nel capitolo 7.



Campagna d'indagine	Sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione	Geofisica a rifrazione (Vp)	Geofisica a rifrazione (Vp+Vs)
Indagini di progetto	⊕		
Indagini Ante Opera MAM	⊕		
Indagini Monitoraggio MOG	⊕		
Sondaggi del costruttivo dell'Autostrada recuperati ad aprile 2023	⊕		
Indagini Integrative in corso	⊕ SCn*	Ln	Ln

Figura 3-1 – Ubicazione delle indagini geognostiche nell'area più prossima alla zona di interesse (evidenziata)

4 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DA STUDI PREGRESSI

Per una trattazione estesa dell'inquadramento geologico generale si rimanda a quanto già riportato nella documentazione specialistica di progetto redatta per l'intera tratta di ampliamento.

Di seguito si riporta una sintesi delle informazioni geologiche e geomorfologiche più strettamente pertinenti alle aree di interesse, a partire dalle cartografie pubblicate dagli enti di gestione e protezione del territorio (aggiornate alla data odierna). Viene poi considerata la documentazione di progetto redatta per l'intera tratta di ampliamento e già pubblicata nelle varie fasi progettuali e le relative interpretazioni specialistiche.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DA CARTOGRAFIE DEGLI ENTI

4.1.1 Cartografia geologica da Carta Geologica d'Italia (CARG)

Il foglio CARG n.276 - Figline Valdarno, in scala 1:50.000, rappresenta il documento di inquadramento di riferimento per l'intera tratta di progetto. Secondo tale cartografia l'area di studio si inserisce in un contesto litostratigrafico e tettonico nel quale sono presenti i principali domini toscani:

- le Unità Liguri, appartenenti alle porzioni più esterne del dominio oceanico Ligure - Piemontese;
- l'Unità Subligure (anche se solo in alcuni lembi, sia affioranti, sia riconosciuti in sondaggio) che rappresenta la transizione ai domini continentali del paleo-margine continentale adriatico (Unità Toscane);
- le Unità Toscane rappresentate nello specifico dall'Unità Tettonica Falterona;
- i depositi dei bacini intermontani di Firenze e del Valdarno Superiore (Successione dei Bacini Intermontani).

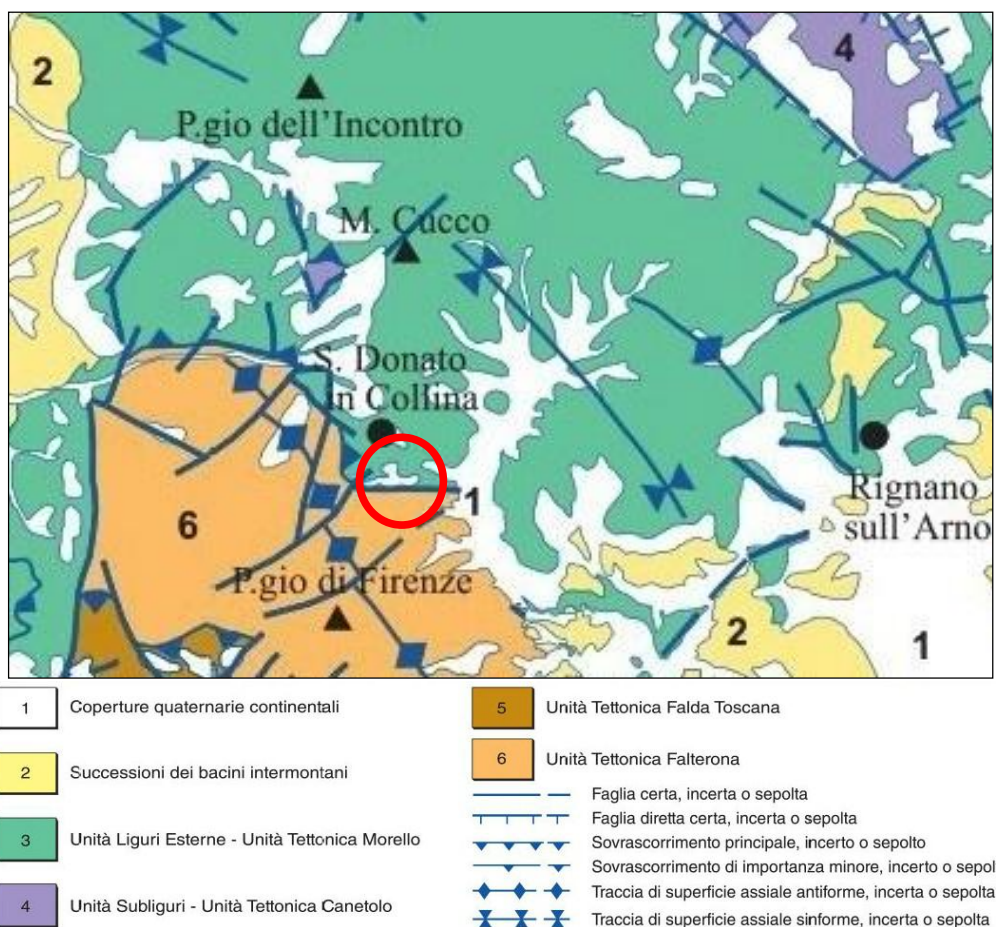
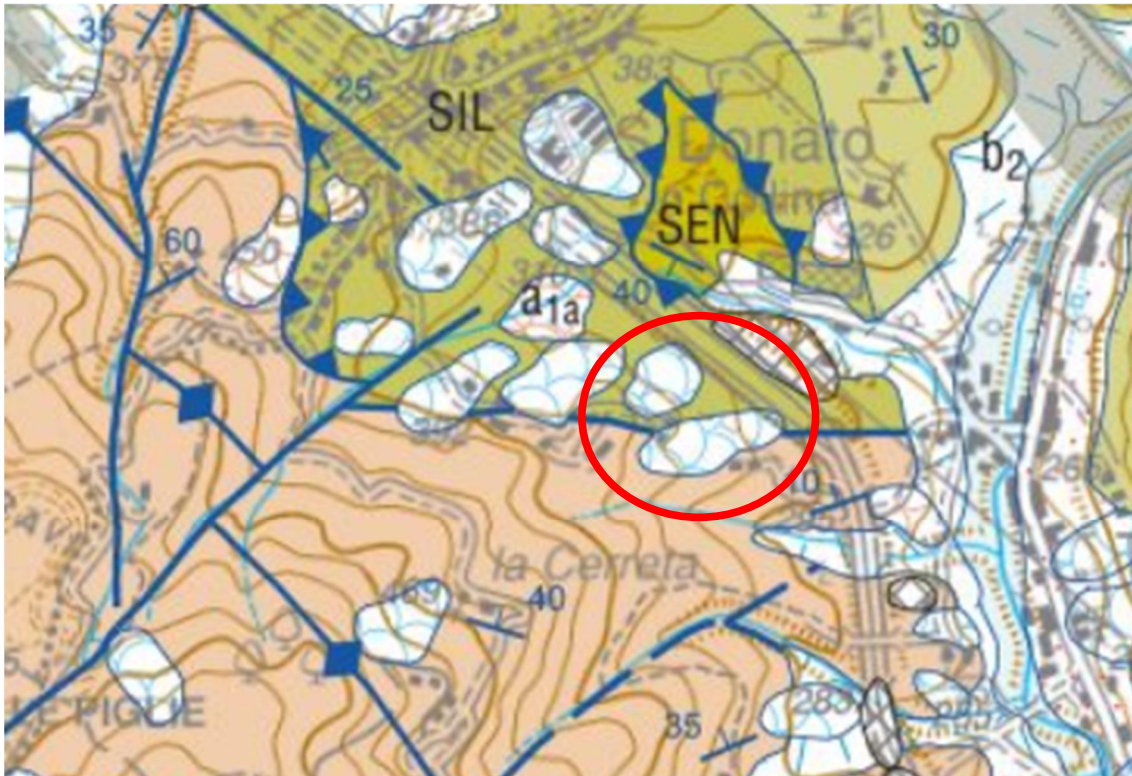


Figura 4-1 – Schema tettonico dell'area (tratto da: foglio CARG 276 - Figline Valdarno).



Arenarie di M. Senario



SEN

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche, micacee, di colore grigio verdastro, bruno-giallastre o rosso ruggine per alterazione, in strati e banchi con spessori fino a 4 m, spesso amalgamati, alternati a sottili intercalazioni siltitico-argillitiche grigio scure; la granulometria delle arenarie è prevalentemente medio-grossolana; frequenti le lenti di micro-conglomerati e grossi inclusi marnosi e argillosi; locali intercalazioni di strati calcareo-marnosi spessi fino a 50 cm. L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad una conoide sottomarina. Lo spessore massimo nell'area del Foglio è di circa 300 m.

EOCENE MEDIO p.p. – OLIGOCENE INFERIORE p.p.

Formazione di Monte Morello



MLL

Alternanza irregolare di spessi banchi (1-12 m) di marne biancastre grigio-giallastre se alterate, a frattura concoide o a "saponetta", argilliti marnose grigie, calcari marnosi a grana fine di colore biancastro (giallastri o rosso ruggine per alterazione), in strati da centimetrici fino ad alcuni metri di spessore; subordinatamente a queste litologie si intercalano strati in genere decimetrici di arenarie calcaree fini grigio-brune con argilliti siltose al tetto e più raramente strati di biocalcareni grigio chiare a grana medio-grossolana e poco gradate. Rappresentano depositi torbiditici di piana bacinale. Spessore massimo affiorante circa 500 m.

EOCENE INFERIORE p.p. – EOCENE MEDIO p.p.

Arenarie del Monte Falterona (FAL)



FAL_{3a}
FAL₃

Strati torbiditici prevalentemente arenacei, spessi da pochi centimetri ad oltre dieci metri con porzione inferiore in genere grossolana e gradata, di colore grigio o grigio-avana, bruno od ocreaceo se alterata, passanti verso l'alto a siltiti e infine a marne grigie; nella parte intermedia della formazione gli strati più fini e sottili diventano gradualmente più frequenti fino a prevalere nella parte alta (Arenarie del Cervarola Aucutt.). Nella parte medio-superiore sono presenti anche alcuni strati torbiditici calcareo marnosi, spessi da pochi centimetri fino a oltre dieci metri, seguibili lateralmente anche per molti chilometri. In base al rapporto della porzione arenacea degli strati rispetto a quella siltosa e marnosa, la formazione è stata suddivisa in cinque membri dei quali affiorano nel Foglio i quattro membri inferiori. Spessore affiorante superiore ai 2.000 m.

CHATTIANO p.p. – AQUITANIANO p.p.

Formazione di Sillano



SIL

Argilliti grigio-verdi, nerastre e varicolori, con intercalazioni centimetrico-decimetrichi di calcilutiti, marne e calcareniti di colore grigio e nocciola con patine verdastre, siltiti e arenarie tipo Pietraforte in strati fino a 1 m di spessore. Localmente sono presenti impregnazioni nerastre di ossidi di manganese. La formazione rappresenta depositi pelagici di piana bacinale con apporti torbiditici. Lo spessore è attorno a 200 m.

CRETACICO SUPERIORE p.p. – EOCENE INFERIORE p.p.

(continua)

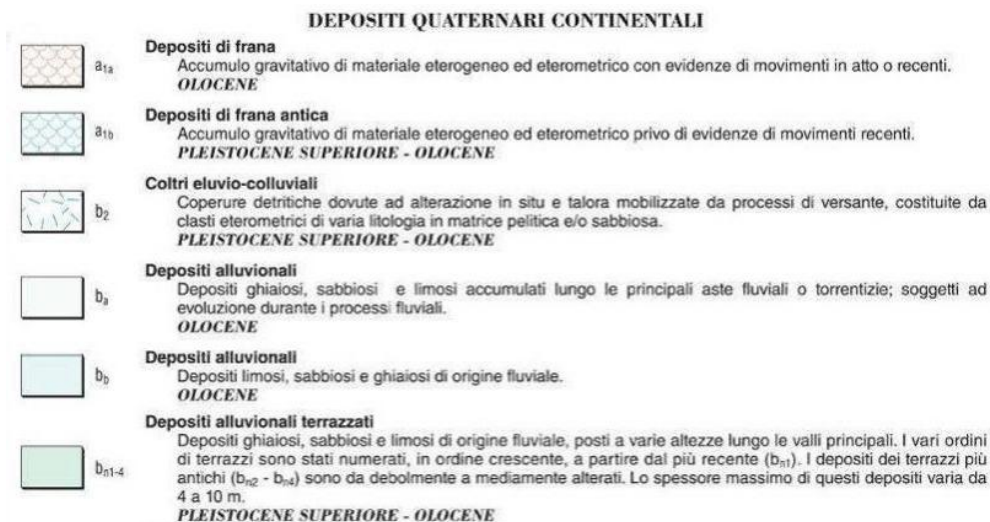


Figura 4-2 – estratto della cartografia geologica dell'area (tratto da: foglio CARG 276 - Figline Valdarno).

Dalla cartografia suddetta risalta in particolare il sovrascorrimento tettonico della formazione argillitica di Sillano (unità Ligure) sopra le Arenarie di Monte Falterona (unità Toscana), con contatto subaffiorante di attribuzione certa e immergente verso Est. Il contatto tettonico è ben delineato lungo il versante oggetto di intervento, laddove scorre trasversalmente, ponendo tutta la parte sud nel dominio della formazione arenacea.

La cartografia non evidenzia i depositi superficiali quaternari, se non in fondovalle, laddove spiccano la presenza delle coltri eluviali - colluviali e i depositi alluvionali.

L'area di interesse è caratterizzata inoltre dalla presenza di depositi di frane antiche, ben circoscritte.

4.1.2 Cartografia geologica regionale e database I.F.F.I.

La cartografia geologica regionale, consultabile dal database della regione Toscana, mostra una sostanziale coerenza con la cartografia CARG di cui al paragrafo precedente.

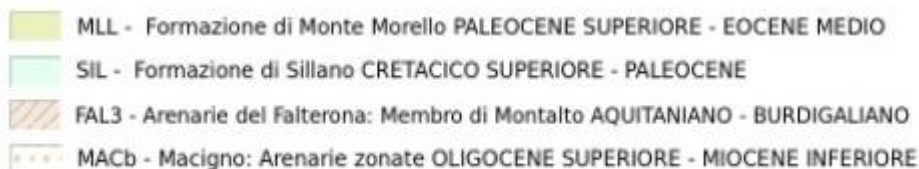
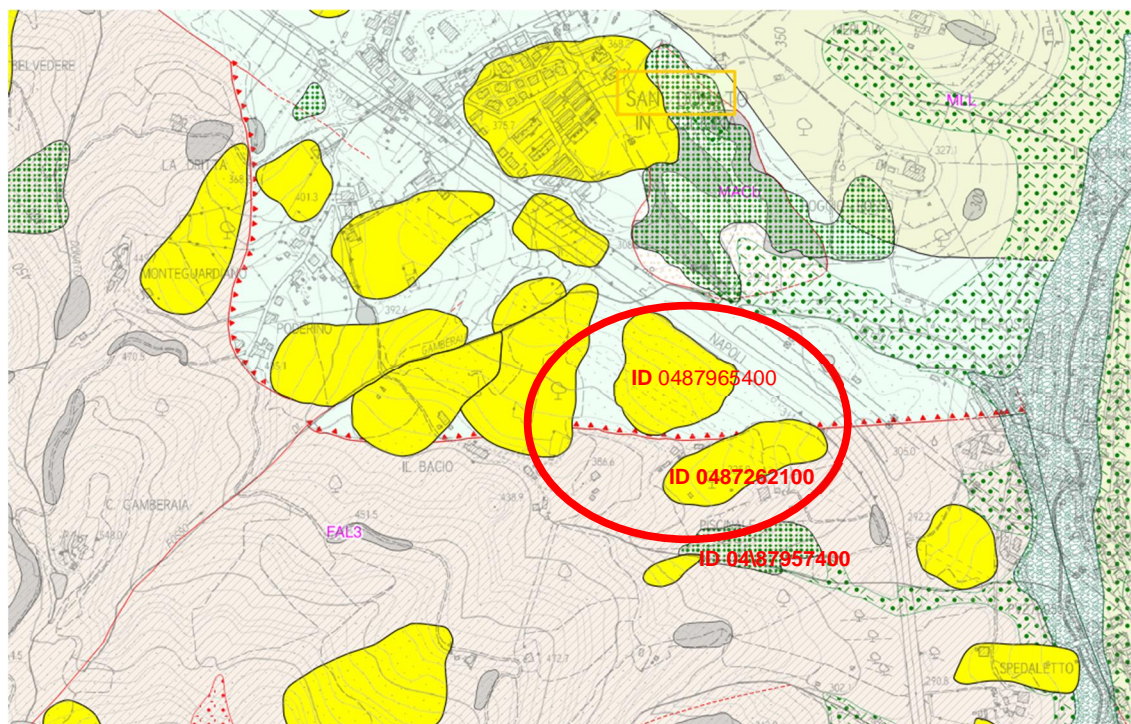
La principale differenza con le interpretazioni CARG si hanno sul versante posto a NE dell'autostrada, antistante alla zone di interesse, nella quale si individuano affioramenti di Macigno (MACb -arenarie torbidityche zonate) in sostituzione delle arenarie di Senario, appartenenti a due unità differenti (Falda Toscana vs Unità Subliguri).

Dal punto di vista tettonico il quadro è delineato con minore dettaglio a grande scala, pur mantenendo la medesima interpretazione per quanto riguarda i contatti tettonici tra Sillano e Falterona.

La cartografia regionale riporta inoltre le forme superficiali riconducibili al database IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, consultabile anche tramite WebGIS dal portale ISPrA-Idrogeo <https://idrogeo.isprambiente.it/>).

Lungo il versante di interesse, Il database IFFI evidenzia i movimenti franosi identificati nella tabella seguente:

Identificativo IFFI	Tipo movimento	Stato attività	estensione	Data attribuzione
ID 0487262100	scivol. rotazionale traslativo	quiescente	24.500 mq	2012
ID 0487965400	scivol. rotazionale traslativo	quiescente	31.900 mq	2012
ID 0487957400	area con frane superficiali diffuse	quiescente	15.000 mq	2018



Frane IFFI (da db geomorfologico)

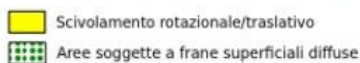


Figura 4-3 – estratto della cartografia geologica dell'area dal sito della Regione Toscana (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html#>).

4.1.3 Cartografia geomorfologica dell'Autorità di Bacino dell'Appennino Settentrionale

Il "Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" relativo al territorio dei bacini del fiume Arno, del fiume Serchio e degli ex bacini regionali della Toscana è stato adottato nel 2022. Il Progetto di Piano PAI "dissesti geomorfologici" interessa la parte del territorio idrografico dell'Appennino Settentrionale dei bacini toscani ed umbri interamente ricadenti nel distretto.

La cartografia dei dissesti e della pericolosità geomorfologica del PAI sono disponibili come banca dati geografica in modalità interattiva tramite WebGIS (accesso 09/2023).

La figura seguente riporta le classi di pericolosità da frana; le perimetrazioni R3 sono rappresentative dei dissesti riconosciuti, con perimetrazioni pressoché coincidenti con le frane IFFI.

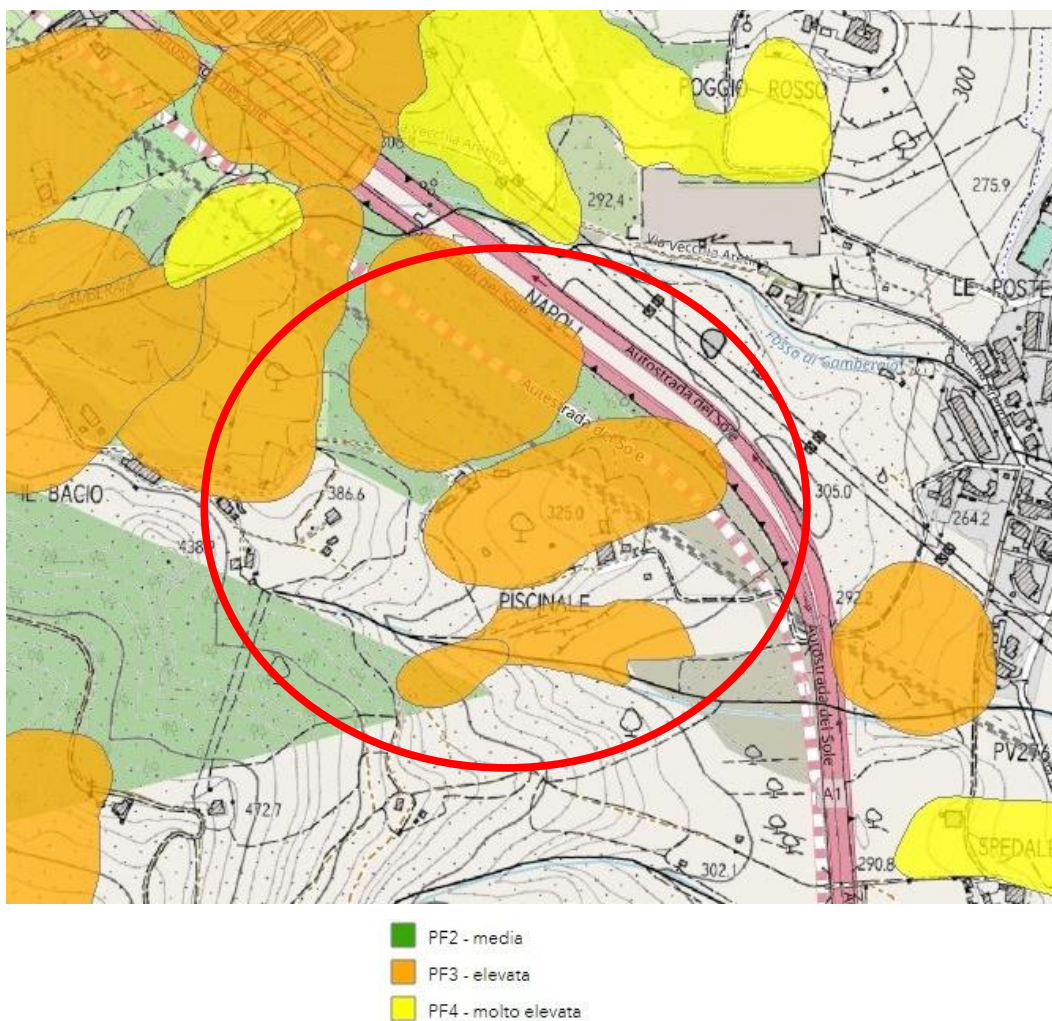


Figura 4-4 – estratto della cartografia della pericolosità da frana estratta dal sito della Regione Toscana (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.htm#> - accesso 09/2023)

Secondo tale cartografia l'area di interesse è interessata da pericolosità per frana elevata e media; in particolare l'area è interessata dalla perimetrazione di due aree in dissesto, peraltro sostanzialmente coincidenti con quanto già evidenziato da IFFI, Regione Toscana e CARG.

Si noti, inoltre, che in seguito alle recenti evidenze di monitoraggio geotecnico risultanti lungo l'area di interesse progettuale, descritte in dettaglio nel capitolo 7, l'Autorità di Bacino distrettuale, con nota del 03/05/2024, ha emesso una proposta di aggiornamento delle aree in dissesto e relativa mappa di pericolosità che sostituirà integralmente quanto già pubblicato sul relativo portale. La figura seguente illustra in anteprima le suddette modifiche.

Secondo tale nuova perimetrazione, tutto il vasto versante che si estende a Ovest, fino a circa 600 m di quota, è perimetrato in area a pericolosità elevata, verosimilmente riconducibile a una possibile e ipotetica DGPV. L'area Piscinale rientra invece in un'unica area a pericolosità molto elevata, avente un'estensione di circa 0,14 kmq.

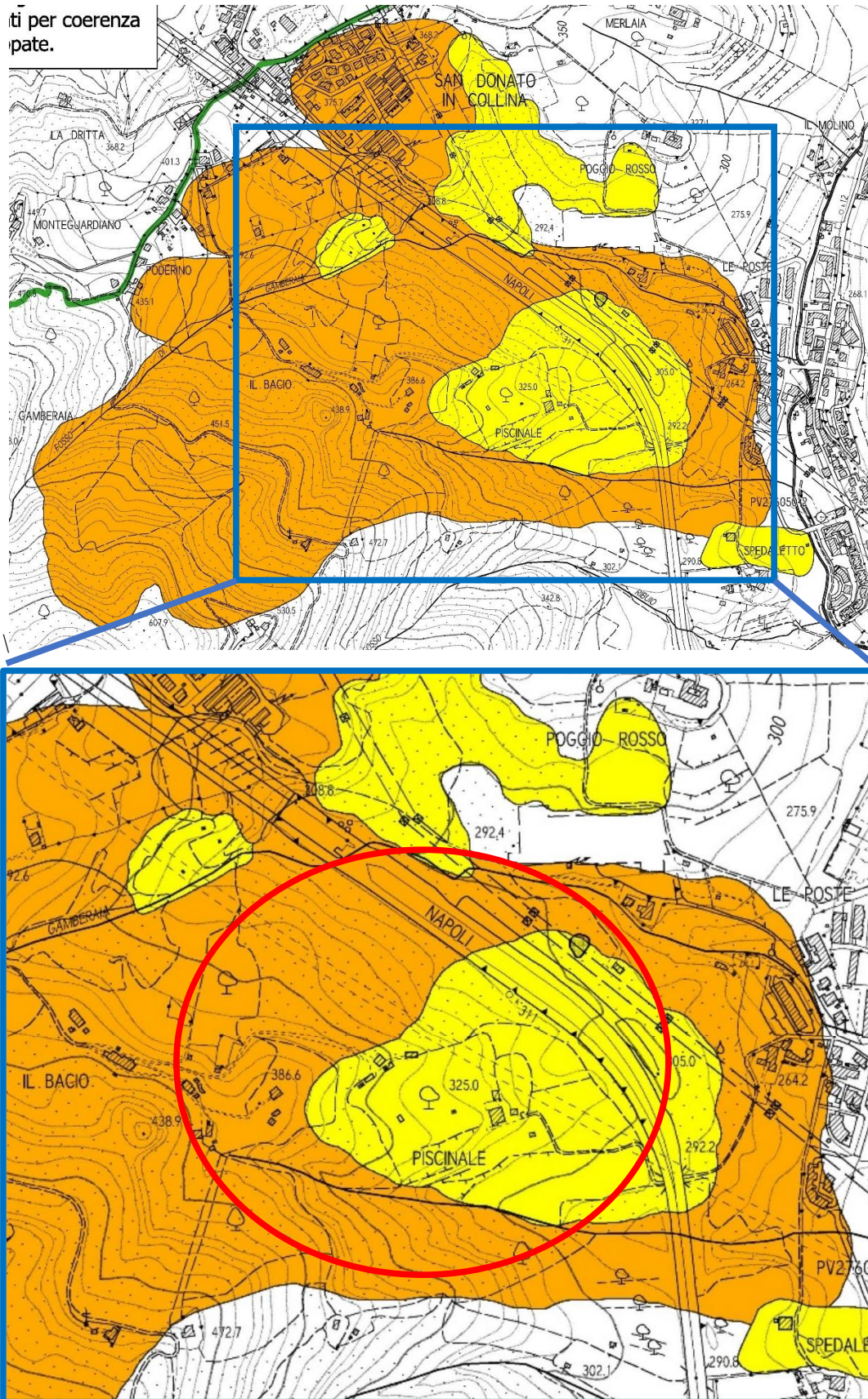


Figura 4-5 – Nuova perimetrazione delle aree di pericolosità da frana come da proposta ABD del 03/05/2024 (non ancora recepita sul portale delle Regione). Immagine dell'area vasta e dettaglio in area Piscinale, come da Figura 4-4.

4.1.4 Cartografia geomorfologica da Piano Strutturale del Comune di Rignano sull'Arno

La Carta geomorfologica del Piano Strutturale del Comune di Rignano sull'Arno, il cui estratto è visibile nella figura successiva, evidenzia nell'area di interesse la presenza di due corpi di frana, rispettivamente stabilizzato e quiescente, che occupano gran parte dell'areale; altre porzioni del versante limitrofo sono indicate come soggette ad erosione superficiale.

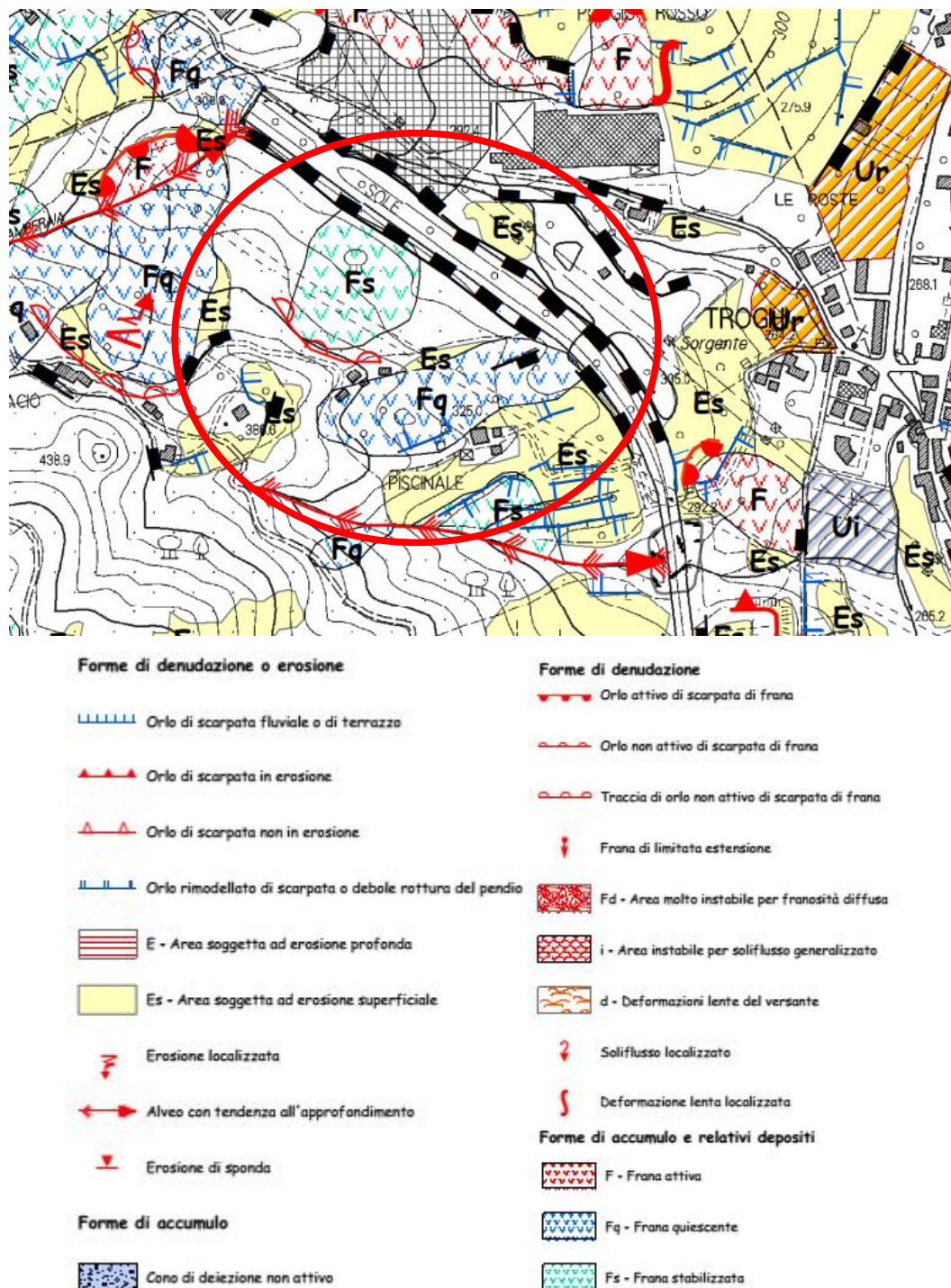


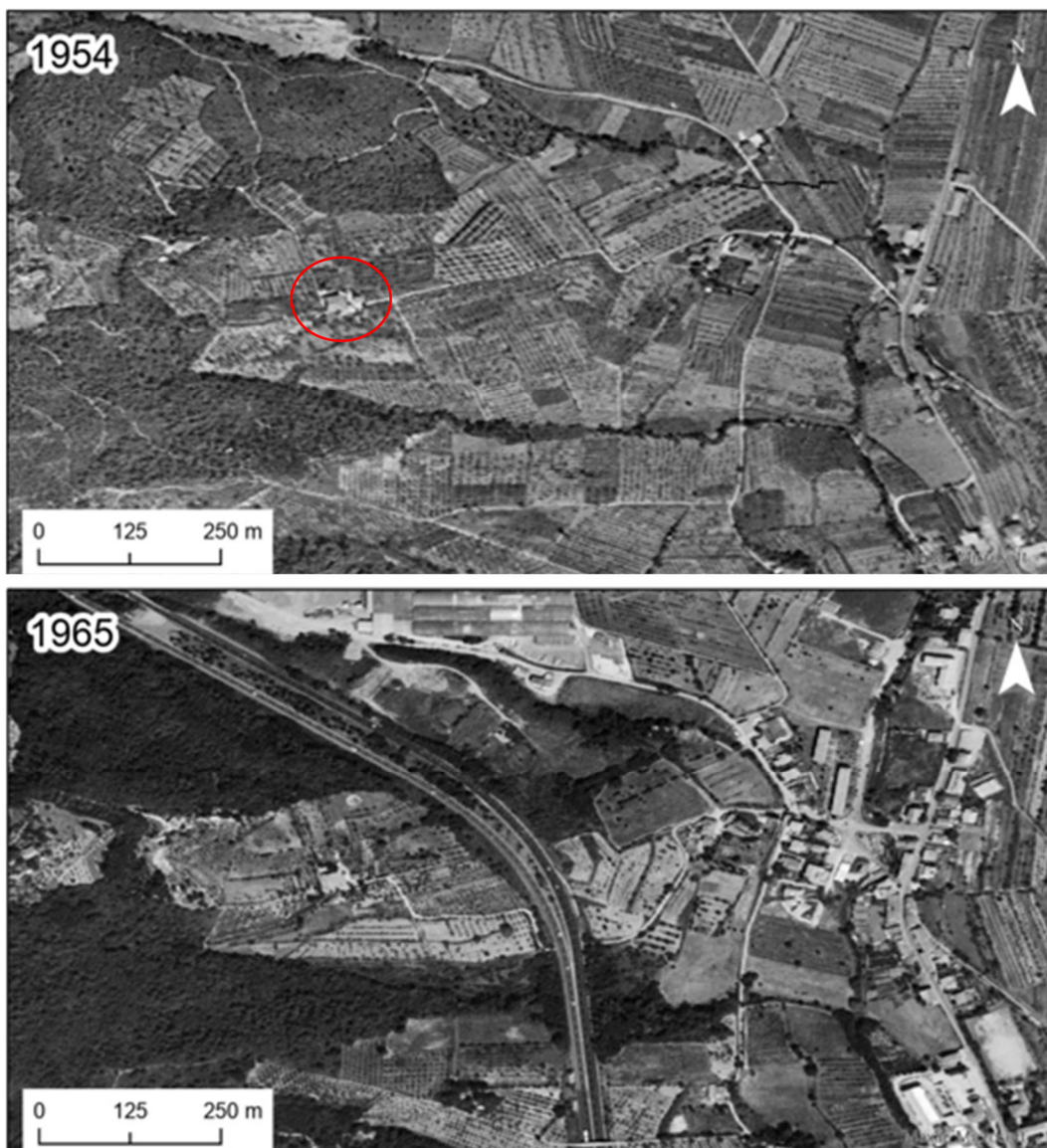
Figura 4-6 – estratto della cartografia geomorfologica dell'area dal Piano Strutturale Comune di Rignano sull'Arno.

4.1.5 Fotointerpretazione multitemporale

Mentre lo studio geologico di progetto si è avvalso fotointerpretazione stereoscopica, in questa fase ci si è avvalsi della fotointerpretazione multitemporale da ortofoto, cioè dell'analisi delle fotografie aeree e da satellite scattate in diversi periodi storici, estratte dal Sistema informativo territoriale regionale.

Sono state selezionate alcune foto storiche che caratterizzano l'evoluzione morfologica dell'area di interesse, rappresentate con medesima scala e campo visivo.

La scala di restituzione e la qualità dei fotogrammi non sono ottimali per poter evidenziare fenomeni di instabilità, particolarmente se di dimensioni contenute; ma l'analisi comparativa permette comunque di apprezzare il diverso uso del suolo e del territorio nel tempo.



(continua)

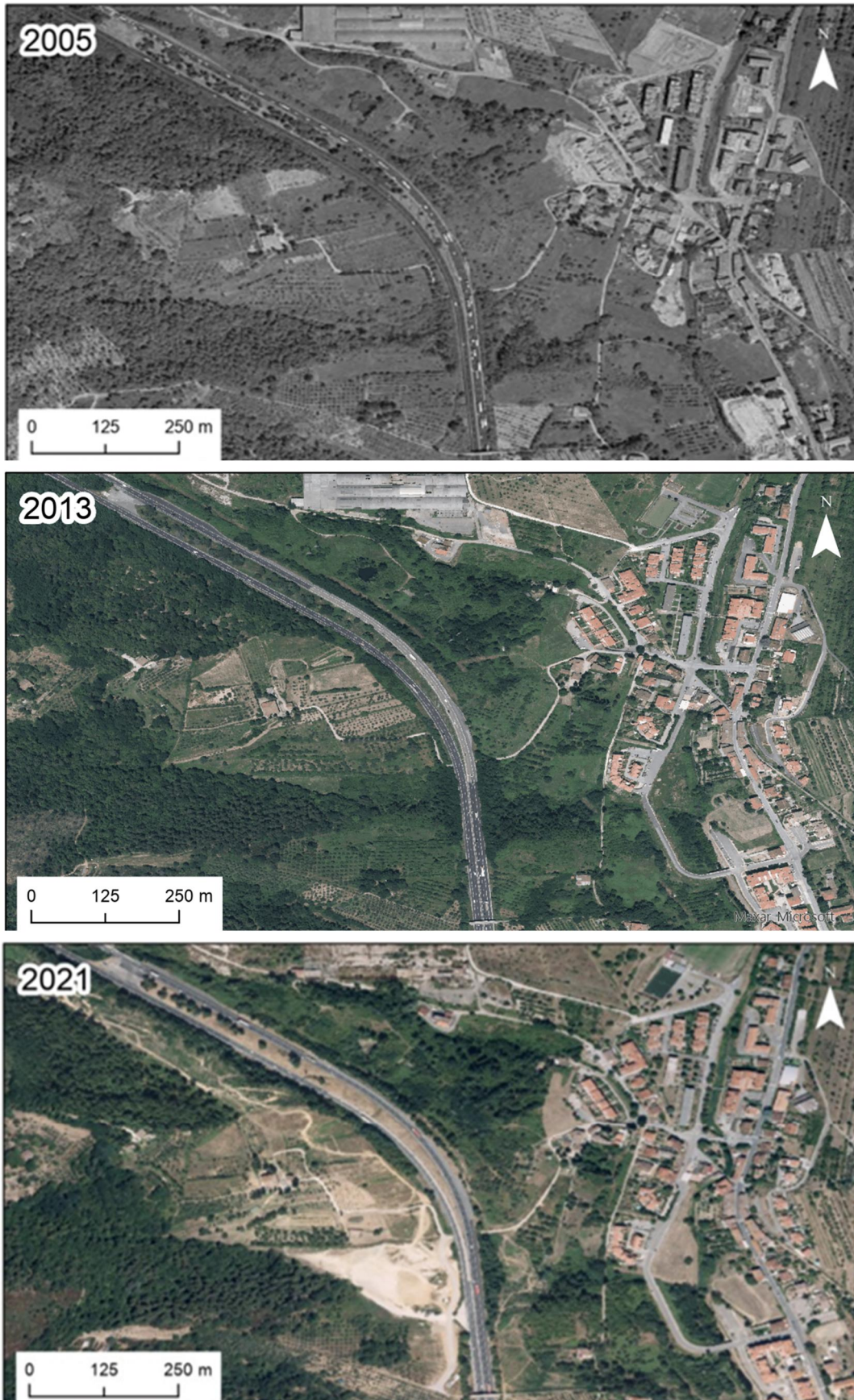


Figura 4-7 – Foto aeree riferibili a diversi periodi nell'area più prossima a Piscinale. Nel primo fotogramma in alto è circoscritta l'abitazione al centro della collina, oggi proprietà Focardi (Regione Toscana, https://www.regione.toscana.it/-/ortofoto_wms; e https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/servizi/wms/OFC_RT.htm, accesso ottobre 2023)

Dall'analisi multitemporale si evidenzia che negli anni '50 l'Autostrada A1 era assente. Il paesaggio circostante era sostanzialmente coperto da campi agricoli, e aree boschive lungo i pendii più acclivi retrostanti l'area Piscinale, nella quale era già presente una casa colonica (oggi proprietà Focardi)..

La foto del 1965 mostra l'asse infrastrutturale già costruito e transitabile. In zona Piscinale non si apprezzano significativi cambi di destinazione d'uso del suolo, a differenza di quanto avviene sul lato opposto dell'autostrada, in cui si ha un limitata antropizzazione presso l'abitato di Troghi. Lo stesso dicasi per le successive foto del 2005 e del 2013.

Nella foto del 2021 si apprezzano i lavori propedeutici alla cantierizzazione autostradale per il futuro ampliamento, attraverso il disboscamento delle aree di esproprio e definizione delle prime piste di accesso.

Nel 2022 sono realizzate le viabilità di cantiere e i tagli di versante (si veda la relativa foto in Figura 2-1).

4.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO RISULTANTE DAGLI ELABORATI DI PROGETTO CONSEGNATI

Fermo restando quanto già indicato in cartografia CARG circa le unità e i domini di riferimento, valgono le seguenti considerazioni specialistiche, geologiche e geomorfologiche, estratte dalla documentazione di progetto consegnata per l'intero ampliamento autostradale della tratta Firenze sud - Incisa.

L'Appennino è una catena a falde caratterizzata dalla sovrapposizione di elementi paleogeografici più interni su elementi più esterni (l'esterno viene definito come direzione verso la quale si dirige la polarità deformativa della catena orogenetica); la storia tettonica che ha portato alla sua formazione si è sviluppata in modo continuo ed è tuttora in atto, come dimostrato dalla sismicità dell'area.

Durante l'evoluzione appenninica del territorio toscano è possibile distinguere alcuni periodi (fasi tettoniche) in cui l'intensità delle deformazioni è risultata particolarmente elevata e tale da lasciare una registrazione stratigrafica degli eventi, così sintetizzabili:

- Dal Cretaceo all'Eocene medio (fase oceanica) si è verificata la progressiva chiusura del paleo oceano ligure - piemontese con la conseguente formazione di un prisma di accrezione che ha coinvolto successioni liguri e subliguri, sviluppatosi in più fasi, di cui la più importante nell'Eocene medio.
- Dall'Oligocene in poi le fasi deformative si sono sviluppate in un quadro geodinamico molto differente (fase continentale) rappresentato da un regime collisionale e post - collisionale in cui le Unità Liguri, precedentemente impilate fra loro, sono sovrascorse sulle Unità Toscane ed Umbro Marchigiane (oligocene – Miocene). La migrazione del fronte deformativo verso l'esterno è stata accompagnata dalla traslazione delle Unità Liguri verso nord-est, generando olistostromi con prevalenti terreni liguri intercalati nei depositi flyschoidi.
 Lo spostamento del fronte deformativo durante il Miocene ed il Pliocene ha coinvolto successivamente i domini più esterni dell'avampaese appenninico (dominio umbro - marchigiano e padano) fino a determinare la configurazione attuale della catena nord – appenninica.
- Dal Miocene superiore (Tortoniano sup.) nella parte interna della catena appenninica si sono sviluppati dei bacini (bacino del Mugello, bacino di Firenze-Prato-Pistoia e, più pertinente all'area di interesse, il Bacino del Valdarno), che classicamente sono stati interpretati come generati in regime distensivo.
- Durante il tardo Miocene, il Pliocene ed il Pleistocene si sono avute infine riattivazioni in compressione dei thrusts, anche crostali (Boccaletti e Sani, 1998)

Le relazioni geometriche esistenti tra le unità presenti nell'area indagata si inquadrano quindi in tale storia deformativa della catena appenninica.

Particolare interesse riveste la storia deformativa più recente. La genesi dei bacini intermontani è classicamente spiegata con un modello evolutivo della catena che prevede la migrazione del fronte compressivo verso est e l'instaurarsi di un regime di estensione nelle zone più interne, dove i bacini sono interpretati come semi - graben regolati da master faults: a questo modello fa riferimento la bibliografia più tradizionale e gli studi stratigrafico sedimentologici svolti nell'area del Bacino del Valdarno Superiore.

Elementi strutturali di ulteriore rilevanza

Come già ampiamente descritto nella relazione geologica di progetto dell'intera tratta Firenze Sud - Incisa (di cui l'area in esame si inserisce nel settore meridionale) hanno evidenziato la presenza di alcuni elementi tettonico-strutturali non riconosciuti (o non esplicitati) dalla cartografia ufficiale.

- La presenza di sovrapposizioni delle Unità Toscane sulle Unità Liguri, che si accordano con il quadro tettonico precedentemente delineato. I dati rilevati, le informazioni relative alla posizione della galleria

ferroviaria della Direttissima Firenze - Roma (monografie fornite da RFI) e le informazioni reperibili relativamente allo scavo della galleria ferroviaria (Parenti, 1989 - Tesi inedita), consentono di ipotizzare la presenza di riattivazioni dei thrusts esistenti tra le Arenarie del Monte Falterona e la Formazione di Sillano. Si è ipotizzato in particolare che una simile struttura sia presente anche a sud di San Donato in Collina (ovvero nei pressi dell'area di interesse), parallelamente al bordo delle Arenarie del Monte Falterona e dei depositi pleistocenici del Sintema del Valdarno Superiore che la suturano. Si tratterebbe quindi di un thrust di "seconda fase" (thrust che nella scala temporale segue il sovrascorrimento della Formazione di Sillano sulla formazione delle Arenarie del Falterona, che viene indicato di "prima fase") estrapolata al di sotto dei depositi del Bacino del Valdarno Superiore. Questa struttura tettonica si accorderebbe bene anche con l'aspetto di alcuni sondaggi che mostrano una estrema tettonizzazione e commistione di arenarie ed argilliti.

- La presenza di faglie ad alto angolo orientate N-S e NNO – SSE ad ovest di Torre a Cona, con significativi movimenti verticali delle strutture adiacenti.
- La presenza di marne di età Chattiana (Oligocene superiore) inglobate nelle argilliti della Formazione di Sillano. Questi corpi marnosi, riconosciuti in affioramento ed in sondaggio, sono presenti in lembi lungo il contatto tra la Formazione di Sillano e le Arenarie del Falterona. Nella carta geologica l'attribuzione di queste marne è stata indicata come "incertae sedis" e sono state interpretate come scaglie tettoniche inglobate dai complessi di base liguri durante la loro traslazione sulle Unità Toscane (Note illustrative Foglio 276).

4.2.1 Assetto stratigrafico locale da documentazione di progetto

Nell'ambito del quadro strutturale descritto in precedenza, nella zona di interesse per il presente studio, è stata riconosciuta la seguente successione stratigrafica, che viene descritta secondo l'ordine d'impilamento delle unità tettoniche, procedendo dall'alto verso il basso.

Per una trattazione più completa delle formazioni presenti in un'area più vasta si rimanda alla documentazione specialistica di progetto relativa all'ampliamento dell'intera tratta

Unità Tettoniche Liguri - Unità Tettonica Monte Morello

Formazione di Monte Morello (MML)

Alternanza di calcari e calcari marnosi nocciola e grigio chiari da compatti a granulosi, talora con base calcarenitica, marne da avana a grigie e siltiti grigie talvolta scure. Localmente sono presenti calcilutiti e livelli di calcareniti, a grana fine o media, da sottili a medi, con impronte di fondo dovute a bioturbazione o ad impatto. I calcari e le marne mostrano un caratteristico colore biancastro all'alterazione. Possibile presenza di liste e livelli di selce scura. Il passaggio stratigrafico alla sottostante Formazione di Sillano non è stato riconosciuto in zona: il contatto con la Formazione di Sillano è stato considerato tettonizzato nella tratta indagata. Età: Eocene inf. – medio

Formazione di Sillano (SIL)

Alternanza di argilliti prevalenti, marne color grigio e nerastre, siltiti grigio scure con calcari e calcari marnosi grigi, calcareniti prevalentemente sottili, fini di colore grigio, grigio-verdastro, calcari silicei verdastri. Il colore di alterazione dei calcari e delle calcareniti è frequentemente bruno, verdastro con patine scure. Le argilliti presentano una struttura scagliosa. Talora in sondaggio si riconoscono a più riprese porzioni siltose ed argillitiche (più raramente marnose) di color rosso vinaccia (Formazione di Villa a Radda Auctt.) che in questo contesto non sono state distinte. In sondaggio le porzioni siltose sono frequentemente molto foliate con diffusissime patine lucide e grande fragilità (fig. 8) quando detensionate quindi potenzialmente problematiche allo scavo.

Talora nei sondaggi geognostici si riconoscono, a vari livelli, spessori di brecce argillitiche, spesso fittamente ricristallizzate con vene di calcite. Gli strati dei litotipi più competenti, a causa della intensa tettonizzazione, non mostrano continuità laterale e la formazione si caratterizza per le alternanze di settori caotici alternati a zone relativamente più strutturate.

La Formazione di Sillano solitamente presenta una fascia di alterazione superficiale spessa da 5 a oltre 10 metri, caratterizzata da colori variabili dal nocciola al grigio, costantemente contraddistinta dalla commistione di materiali rammolliti (argilla) e di spezzoni pseudo - lapidei costituiti da argilliti scagliose; la percentuale lapidea diviene maggiormente frequente procedendo in profondità.

La fascia d'alterazione del Sillano costituisce l'ambito in cui si dispongono preferenzialmente i piani di scorrimento dei dissesti, come confermato dalla numerosa strumentazione inclinometrica installata negli anni durante i vari interventi di manutenzione autostradale. Età: Cretaceo sup.- Eocene inf.

Unità Incertae sedis

Marne (mn)

Nella zona a sud di San Donato in Collina sono stati riconosciuti in affioramento dei corpi marnosi, individuati anche nel sottosuolo attraverso i sondaggi realizzati. Nell'ambito del progetto di ampliamento dell'intera tratta queste rocce sono state datate sulla base dell'analisi biostratigrafica del nannoplancton e riferite all'Oligocene superiore (Chattiano - biozona MNP25b). La loro età, congiuntamente al fatto che sono inglobate all'interno di terreni argillitici più antichi, ha creato qualche incertezza interpretativa e così, come accennato nelle considerazioni di tettonica generale, si è evitato di identificarle mediante nomi formazionali e ci si è limitati ad indicarle dal punto di vista litologico.

Unità Tettoniche Toscane - Unità tettonica Falterona

Arenarie del Monte Falterona (FAL)

Arenarie e peliti (siltiti e marne) in strati da molto sottili a molto spessi. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a strati spessi e molto spessi con aumento locale del rapporto A/P (localmente >1). Età: Chattiano- Aquitaniano (MNN1a-MNN1d) (passaggio Oligocene Miocene).

Successioni dei Bacini intramontani (Successione del Bacino del Valdarno Superiore)

Gli studi condotti nell'ambito del progetto di cartografia geologica regionale della Regione Toscana e del progetto CARG hanno portato alla definizione di unità litostratigrafiche a limiti "inconformi", attraverso un approccio stratigrafico – deposizionale, non adottato precedentemente. In tale contesto (in accordo al foglio CAG 276) sono state individuate la *Successione del bacino di Firenze* e la *Successione del bacino di Valdarno Superiore*, quest'ultima presente nell'area di interesse.

Più in particolare, il Valdarno Superiore rappresenta uno dei più estesi bacini intermontani dell'Appennino settentrionale ed è riempito da più di 500 metri di depositi fluvio - lacustri di età compresa tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene medio.

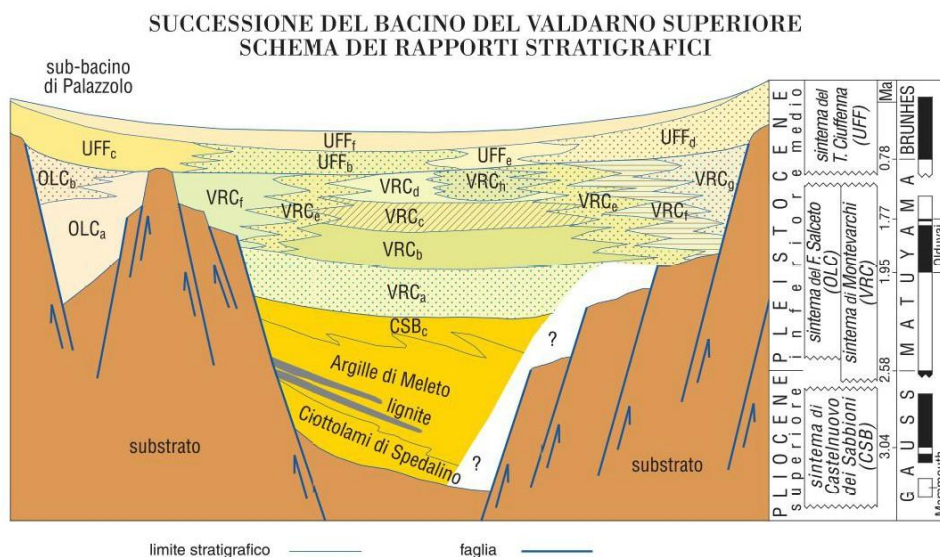


Figura 4-8 – Schema dei rapporti stratigrafici delle unità del Bacino del Valdarno Superiore (CARG foglio 276. Tratto da Relazione Spea di Progetto definitivo ed esecutivo) .

La successione di riempimento del bacino è suddivisa in tre unità stratigrafiche principali (sintemi) separate da discontinuità, delle quali solo la più superficiale (Sintema del Torrente Ciuffenna) è affiorante nell'area di interesse, a quote comprese tra il fondovalle e circa 300-320 m slm.

Sintema del Torrente Ciuffenna (UFF)

E' costituito da ciottolami, sabbie, limi fluviali e di conoide alluvionale che possono essere ulteriormente distinti in:

UFFf - Limi di Pian di Tegna: Limi argillosi e/o sabbiosi di colore bruno giallastro o rossastro, con abbondanti screziature grigie o biancastre. Frequenti intercalazioni di sabbie più o meno limose, sabbie talora ghiaiose e lenti di ghiaie (da moderatamente a molto alterate). Possibili locali livelli di argille ed argille torbose. Età: Pleistocene medio

UFFe - Sabbie del Tasso: Sabbie di colore da bruno-giallastro a grigio-giallastro spesso alterate con colori rossastri. Intercalazioni lentiformi di ghiaie, di ciottolami, di limi grigi e di argille talora torbose nerastre. Età: Pleistocene medio

Depositi e coperture quaternarie continentali

Appartengono a questo raggruppamento depositi di varia origine e litologia, che si sono messi in posto in ambiente continentale in discordanza sulle unità stratigrafiche descritte in precedenza.

In particolare si fa riferimento alle coperture del substrato roccioso quali frane, detriti di versante e detriti eluvio-colluviali. Per quanto concerne i depositi alluvionali si è utilizzata l'attribuzione classica dei terreni, che distingue depositi alluvionali e terrazzati, senza invocare nuove nomenclature e gerarchizzazioni stratigrafiche limiti "inconformi", per quanto siano esse presenti nella documentazione ufficiale.

Accumuli di frana (a1, a2 e pf)

I depositi di frana non sono stati distinti geneticamente, ma in base al loro grado di attività; tale attribuzione è stata fatta frequentemente su base geomorfologica e non squisitamente strumentale, cioè su caratteri direttamente visibili sul terreno o mediante la fotointerpretazione. Sono state distinte le frane attive (a1) dalle frane quiescenti (a2) e dalle paleofrane (pf). Si tratta di accumuli eterogenei ed eterometrici di materiali non elaborati e non classati, messi in posto ad opera di scorrimenti, ribaltamenti o di colamenti in massa; dal punto di vista granulometrico si tratta di elementi lapidei di varie dimensioni, spesso alterati, immersi in matrice argilloso - limosa o limoso – sabbiosa.

Detriti di versante (a3)

Si tratta di accumuli eterogenei ed eterometrici costituiti da frammenti lapidei derivanti dalla disgregazione meccanica degli ammassi rocciosi. La granulometria dei depositi è funzione della litologia del substrato, delle modalità di messa in posto e dell'intensità dell'alterazione. Pertanto i depositi di versante presenti al di sopra del substrato prevalentemente arenaceo sono costituiti da limi sabbiosi, sabbie con limo e ghiaie con limo; mentre i depositi di versante presenti al di sopra del substrato prevalentemente siltitico o argillitico sono costituiti da prevalenti limi sabbioso – argillosi con clasti. Al fine di consentire una migliore leggibilità della planimetria geologica, generalmente i depositi di versante non sono stati distinti in planimetria, a meno che il loro spessore non fosse ritenuto > 3-4 metri.

Detrito eluvio-colluviale (a4).

Deposito costituito da materiali incoerenti, quali sabbie, limi ed argille, talora pedogenizzati; rappresenta il mantello detritico derivante dall'alterazione della roccia del substrato che si è accumulato in posto o che ha subito un breve trasporto per ruscellamento superficiale. Questi depositi sono talora presenti sui ripiani o sui versanti con debole pendenza e nelle zone di raccordo con il fondovalle.

Depositi alluvionali in evoluzione (b1)

I depositi alluvionali sono stati siglati con numerazione progressiva dal più giovane al più vecchio. Le alluvioni in evoluzione sono costituite da ghiaie e sabbie, da subordinati limi argillosi; sono presenti sia in alveo, sia sulle sponde, nel qual caso sono frequentemente coperti da vegetazione arbustiva.

Depositi alluvionali terrazzati (b2-b3)

Questi depositi sono costituiti da ghiaie, sabbie ed argille limose in rapporti variabili, talora con presenza di resti vegetali. Come accennato in precedenza, nel profilo longitudinale si è scelto di mantenere indifferenziati questi depositi, le cui variazioni litologiche sono state indagate mediante i sondaggi geognostici e sono state schematizzate negli elaborati geotecnici.

4.2.2 Assetto geomorfologico da documentazione di progetto

L'assetto morfologico del progetto consegnato è stato definito mediante fotointerpretazione condotta in stereoscopia e verifiche sul terreno dei dati acquisiti, al fine di discriminare e riconoscere l'insieme delle forme e dei fenomeni di interesse pratico nei confronti della realizzazione delle opere in progetto. Gli elementi derivati dalla fotointerpretazione sono risultati in buon accordo con quanto rilevato direttamente in sito e con le

risultanze delle indagini geognostiche, che hanno consentito di completare le indicazioni fornite dalla stessa analisi dei fotogrammi.

L'area studiata ha una morfologia collinare, caratterizzata da coperture significative riconducibili ai depositi quaternari descritti nel capitolo precedente. Il territorio è ricoperto da estese aree boschive, presenti particolarmente lungo i versanti più acclivi, e aree coltivate lungo le zone a pendenza più blanda. La zona ha una vocazione prevalentemente agricola; le aree antropizzate, fatta eccezione per l'autostrada e le viabilità locali, sono contenute in alcune proprietà isolate.

Le forme sono quindi quelle tipiche della morfologia collinare, riconducibili alla dinamica fluviale e all'azione della gravità, ampiamente descritte nella documentazione geologica di progetto dell'intera tratta di ampliamento, e solo sintetizzate, per completezza, negli elenchi seguenti.

- Forme riconducibili alla dinamica fluviale: aree in erosione diffusa e concentrata; alvei in approfondimento, vallecole, ristagni.
- Forme riconducibili alla gravità: aree in frana s.s., con diverso grado di attività; aree a franosità superficiale diffusa, soliflussi e aree instabili per soliflusso; aree depresse; forme lineari connesse con la perimetrazione delle aree in dissesto (orli di distacco, orli di scarpata, cigli di arretramento).

Per quanto riguarda i fenomeni gravitativi, sono stati individuati sia attraverso ricerca sul campo degli elementi rilevanti, sia attraverso analisi fotogrammetrica delle forme, giungendo così al riconoscimento di diverse tipologie di dissesti e differenti ipotesi circa il loro stato di attività.

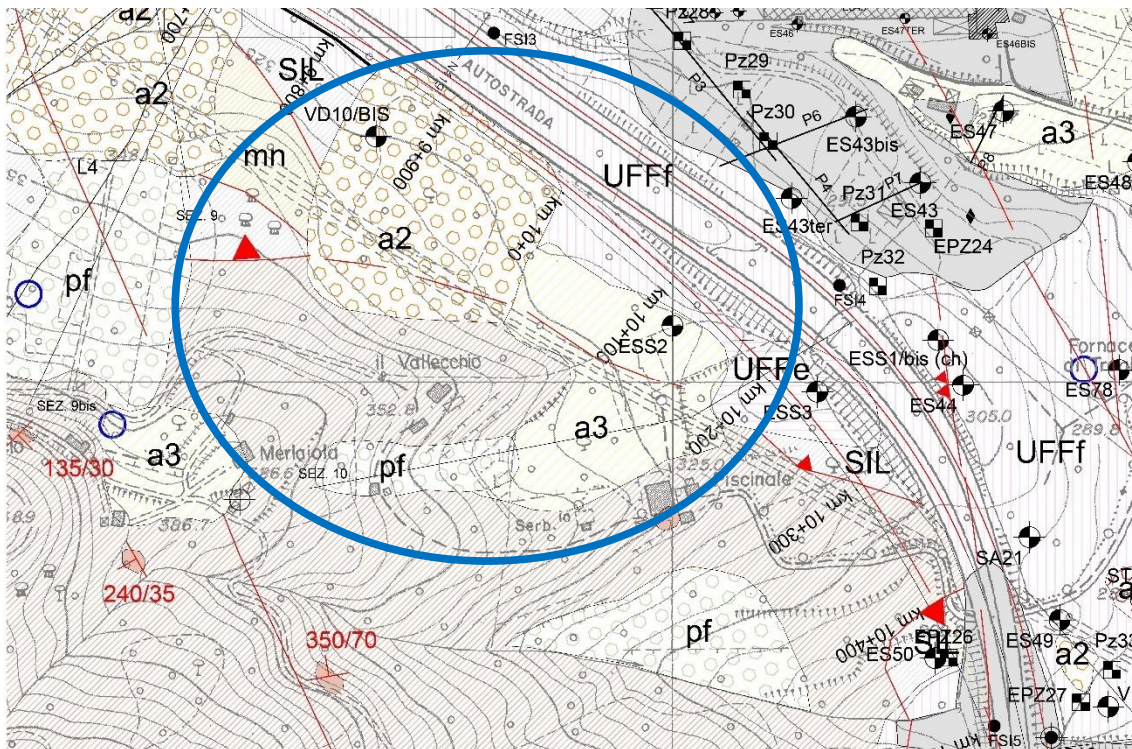
Le frane documentate sono state distinte in frane attive (per le quali è possibile riconoscere un'evoluzione stagionale) in frane quiescenti (ovvero attualmente senza indizi di attività), e paleofrane. Queste ultime, in particolare, sono indicate quali forme relitte di medie dimensioni, con un discreto stato di equilibrio, sovente difficilmente riconoscibili sul terreno e individuabili quasi esclusivamente mediante l'analisi fotogrammetrica. Lo stato di equilibrio delle paleofrane può essere alterato a seguito di particolari eventi naturali o di consistenti interventi antropici. Questa considerazione è, a maggior ragione, valida per le frane quiescenti.

4.2.3 Cartografie specialistiche di progetto consegnate

Le figure seguenti mostrano gli stralci della cartografia geologica e geomorfologica di progettazione definitiva ed esecutiva, emesse nel corso delle diverse fasi autorizzative e di validazione.

In aggiunta è riportata una sezione geologica interpretativa eseguita proprio in asse alla località Piscinale, realizzata nell'ambito di un approfondimento geomorfologico lungo l'intera tratta di progettazione della variante San Donato, attraverso la realizzazione di schede di dissesto dedicate alle aree classificate come Pg3 e PG4, e interferenti con le opere di progetto (Spea Engineering, 2016).

In tale contesto l'area di Piscinale è stata trattata con la scheda di settore n.9 (km 10+100 – 10+250).



DEPOSITI E COPERTURE QUATERNARIE CONTINENTALI

- a1 - Deposito di frana attiva**
 Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico con evidenze di movimento in atto o recente (spessori ca > 5 m).
- a1c - Deposito di frana di crollo attiva**
 Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico in evoluzione.
- a2 - Deposito di frana quiescente**
 Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico senza evidenze di movimenti recenti (spessori ca > 5 m).
- a1c - Deposito di frana di crollo quiescente (soggetta a locali riattivazioni)**
 Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico in evoluzione.
- pf - Deposito di palcosfina**. Accumulo di materiale eterometrico con matrice caratterizzata da matrici caratterizzate da matrici caratterizzate da forme nelle talune monofili con difficoltà. Corpo frangente di grandi dimensioni (ad ovest di San Donato in Collina) con possibile presenza di estese porzioni di roccia preservata, alternati a clasti eterometrici con matrice alterata. Spessori fino a pluridecimetri.
- a1d - Frontalità diffusa**. Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico con matrice, con evidenze di movimento in atto o recente caratterizzato da fenomeni di ripido crollo in versanti e frangenti.
- a3 - Detrito di versante**
 Clasti e blocchi di materiale eterogeneo ed eterometrico accumulato lungo i versanti (spessori ca > 3-4 m).
- a4 - Deposito diuvio-coluviale**
 Sabbie, limi ed argille con clasti derivanti dall'alterazione del materiale del substrato ed accumulati in posto o dopo breve trasporto.
- b - Depositi alluvionali in evoluzione**
 Ghiaie e sabbie prevalenti in alveo o sulle sponde talora coperti da vegetazione arbustiva.
- b2-b3 - Depositi alluvionali terrazzati**
 Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa, sabbie limi ed argille da macerata oca a bruno.

SUCCESSIONE DEI BACINI INTERMONTANI

SUCCESSIONE DEL BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE

Depositi fluvio-lacustri Età: Pliocene medio-Pleistocene medio

Sistema del Torrente Cluffenna - UFF

Età: Pleistocene inferiore e medio

- UFFf - Limiti di Plan di Tegna**
 Linea argilla con sabbie di colore bruno-giallastro o rossastro con abbondanti tonchioli grigi o biancastri. Frequenti intercalazioni di sabbie più o meno limose, sabbie talora ghiaiose e limi di ghiaie (da mediamente a molto alterate). Possibili locali livelli di argille ed argille leggere.
 Età: Pleistocene medio
- UFFe - Sabbie del Tasso**
 Sabbie di colore da bruno-giallastro a grigio-giallastro spesso alterate con clasti rossastri. Intercalazioni lenticolari di ghiaie e ciottoli e di limi grigi ed argille talora talora rosse.
 Età: Pleistocene inferiore e medio

Sistema del Fosso Salceto - OLC

Età: Pleistocene inferiore

- OLCa - Argille del Torrente Bagnari**
 Argille ed argille limose-sabbiose grigie, massose, bitabbiate, talora dolomitiche pedogenizzate, ricche di limoniti rocciosi, anfr. tubose con livelli argilliferi, rare intercalazioni di limi e limi sabbiose e ghiaiose.
 Età: Pleistocene inferiore

UNITÀ TETTONICHE LIGURI

UNITÀ TETTONICA MONTE MORELLO

SUCCESSIONE DELLA CALVANA

- MML - Formazione di Monte Morello**
 Alternanza di calcari massicci rosastri o grigi e clasti di calcari, talora con base calcareosa, meno da ovest e grigi talora scuri, calcareo o calcareo grigi in strati da spessi a molto spessi e lenti. Localmente presenti livelli di calcareo da roccia a medi più ineguali (per le forme di calcareo) e livelli in sede condizionale di calcareo. Possibile presenza locale di marmo molto foliato ed argilliferi di calcareo scuro intercalati per qualche metro nella sequenza calcareo marmosa.
 Età: Eocene inf.-medio
- SIL - Formazione di Silano**
 Alternanza di argille massicce, sabbie con calcari e calcari massicci grigi, matrici color grigio e nerastre, calcaree prevalentemente scure, limi di colore grigio, grigio-nerastro, calcari sabbie verdastri. Le argille presentano una struttura scaglionata. Le sabbie e le sabbie hanno prevalentemente colore grigio, grigio-verdastro, e talora colore rossastro. In sabbie sono riconoscibili clasti limonitici spesso riciccati in calcare. Piano presente di sabbie. Frequentemente gli strati dei bolli più compattati, e ossia della subaffiorante, non mostrano continuità laterale tale da permettere di tracciare con certezza i limiti. Molto frequentissime le sondaggi mostrano che dove la formazione è subaffiorante, o sottostante ai depositi di bacino e alle coperture, è presente una fascia di alterazione di spessore variabile (di solito ca 0-1 m) nella quale la porzione argillosa è ridotta ed argille limose inglobate per porzioni sciolte (indicate in profilo da un angolo limbo). In profilo sono state indicate le zone dove i sondaggi segnalano prevalenti sabbie grigie o rossastre con foliazione molto pervasiva, fragili, con presenza di superfici liscide e patine biancastre.
 Riprodotto in sondaggio due facies:
 SILa - alternanza polifacica eterocena di calcareo in strati da sottili a spessi, meno argiloso e sabbie da compatte a foliate ed argilliferi di colore grigio o grigio scuro-nerastro.
 SILm - alternanza di calcari o marmo calcareo con argilliferi e arenarie sia frequenti e subaffioranti.
 Età: Cretaceo sup. - Eocene inf.

UNITÀ TETTONICHE SUBLIGURI

UNITÀ TETTONICA CANETOLO

- SEN - Arenarie di Monte Senario**
 Arenarie quarzose-sabbiose alterate a livelli pellici. Gli strati sono da molto spessi (fino a lenti) a medi con laminazione parallelà. Contatto inferiore con ACC.
 Età: Eocene medio-Oligocene inf. (Priaboniano)

UNITÀ "incertae sedis"

- mn - mame**
 Mame di colore giallastro-olivastro e grigiastre in sondaggio. Frequenti vene di calcite. Include tettonicamente in SIL.
 Età: Clusiano (Oligocene superiore)

UNITÀ TETTONICHE TOSCANE

UNITÀ TETTONICA FALTERONA

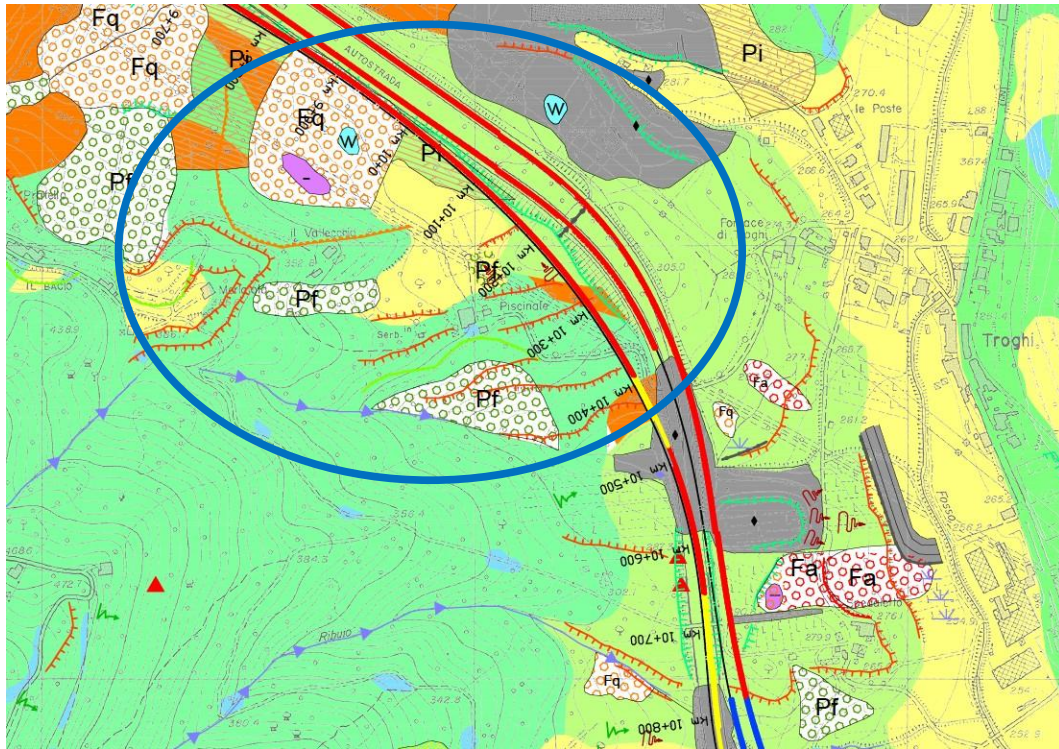
- FAL - Arenarie del Monte Falterona**
 Arenarie e sabbie. Stratificazione da sottile a molto spessa. Si alternano pacchi decimetrici di silti sottili con pelli prevalenti a strati spessi e molto spessi. Presenti alternanze eterometriche e prevalente composizione argillosa talora con calcari calc.
 Età: Chattiano - Aquitaniano (MN1A-MN1G) (Oligocene sup. - Miocene)
- In planimetria: a) affiorante b) subaffiorante

Deposito antropico: materiali di riporto, rilevati stradali, arginature

Simboli

- Figlie coste
 Figlie presente o sepolte
 - Sovraccomente prima fase certo
 Sovraccomente prima fase presunto o sepolto
 - Sovraccomente seconda fase certo
 Sovraccomente seconda fase presunto o sepolto
 - Contatto stratigrafico certo
 Contatto stratigrafico presunto
 - Contatto tectonico certo
 Contatto tectonico presunto o sepolto
 - Circa attico ed inattico
 - Area intensamente tettonizzata: materiale da molto frantumato e brecciato talora con matrice ed alterazione, strati spagazzati.
 - Soncelli
- 1 1' 1''
 Traccia di sezione

Figura 4-9 –Cartografia geologica con elementi geomorfologici di progetto, relativa all'ampliamento della terza corsia dell'A1 tra Firenze Sud e Incisa (Spea Engineering, 2016). Estratto dell'area San Donato Sud – Piscinale. Nel riquadro l'area di interesse. E' riportata la traccia della sezione geologica di cui alla scheda n.9, mostrata di seguito.



- Depositi e coperture quaternarie continentali
 Detrito di versante, depositi eluvio-collinari, depositi alluvionali in evoluzione e terrazzati.
- Successione dei Bacini Intermontani
 Sistema di Firenze e Sistema del Valdarno Superiore.
- Litotipi costituiti prevalentemente da siltiti ed argilliti
- Litotipi costituiti prevalentemente da calcari e marne
- Litotipi costituiti prevalentemente da arenarie
- Roccia affiorante

FORME E DEPOSITI DOVUTI ALL'AZIONE DELLA GRAVITÀ E PROCESSI DI PENDIO

- Orlo di scarpata di frana: a) attiva
 b) quiescente
 c) paleofrana
- Corpo di frana attiva - Fa
- Corpo di frana quiescente - Fq
- Paleofrana - Pf
- Area a franosità diffusa
- Area a franosità diffusa quiescente
- Area potenzialmente instabile
- Soliflusso
- Frana non cartografabile
- Ciglio di arretramento
- Orlo di scarpata attiva
- Orlo di scarpata o debole rottura di pendio
- Area depressa con difficoltà di deflusso

FORME E PROCESSI DOVUTI ALLO SCORRIMENTO DELLE ACQUE

- Area con erosione superficiale diffusa
- Area con erosione accelerata per interventi antropici
- Area con erosione profonda
- Erosione localizzata
- Alveo in approfondimento
- Vallecola a fondo piatto
- Area con ristagno di acqua (anche temporaneo)

FORME E DEPOSITI ANTROPICI

- Deposito antropico: materiali di riporto, rilevati stradali, arginature
- Area di cava attiva ed inattiva
- Corpo d'acqua

Figura 4-10 –Cartografia geomorfologica di progetto, relativa all'ampliamento della terza corsia dell'A1 tra Firenze Sud e Incisa (stralcio B, riedizione del 11/2018). Estratto dell'area San Donato Sud – Piscinale. Nel riquadro l'area di interesse (Spea Engineering, 2016).

settore km 10+100 - 10+250

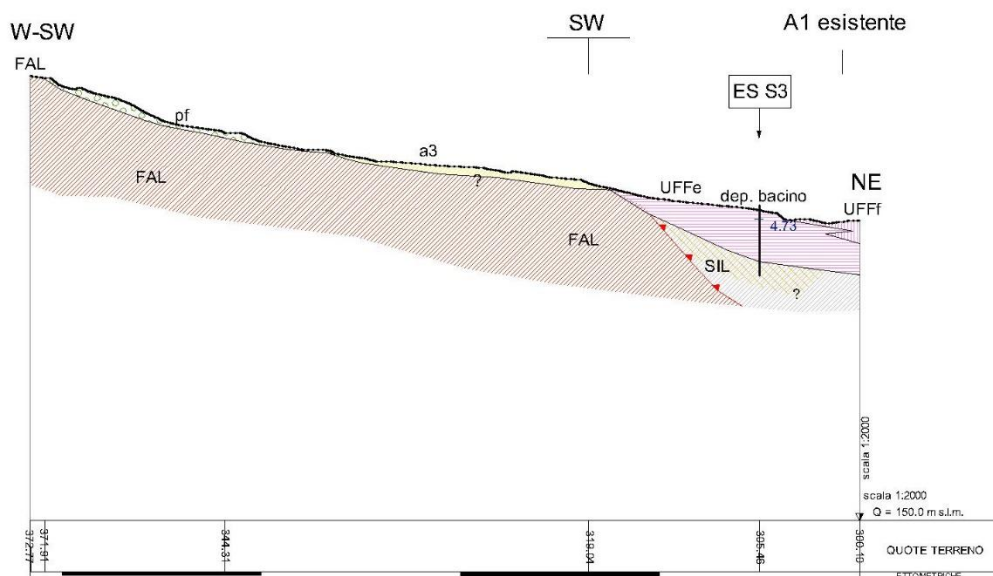


Figura 4-11 –Sezione geologica realizzata lungo il versante in area Piscinale, nell'ambito della scheda di settore n.9 (Spea Engineering, 2016). La traccia della sezione è indicata nella planimetria geologica di cui alla Figura 4-9.

Ciò che è emerso dal progetto consegnato risulta complessivamente coerente con le cartografie pubblicate, fermo restando la presenza di differenze imputabili ad uno studio di dettaglio eseguito sul campo attraverso mezzi e scale di lavoro non comparabili con gli strumenti della divulgazione scientifica e pianificazione territoriale, seppure specialistica.

Come già accennato in precedenza (cap. 4.2.1) dal punto di vista stratigrafico e tettonico, nella porzione a Nord dell'autostrada, laddove CARG e Cartografia regionale evidenziano litotipi appartenenti a due differenti unità (Macigno – Falda Toscana, vs Arenarie di Senario – Liguridi) sono state intercettate e cartografate delle marne di attribuzione incerta (incertae sedis) interpretate come scaglie tettoniche inglobate dai complessi di base liguri durante la loro traslazione sulle Unità Toscane. Si segnala inoltre una struttura tettonica sepolta sotto i depositi del bacino del Valdarno superiore (denominato thrust di seconda fase) che porrebbe le Arenarie del Monte Falterona in sovrapposizione alle argilliti di Sillano, attraverso un raddoppio tettonico non segnalato in letteratura.

Dal punto di vista geomorfologico, differenze si riscontrano nella perimetrazione dei depositi quaternari presenti sia in fondovalle sia lungo i versanti, con una definizione molto più particolareggiata delle forme riconosciute sul campo o tramite analisi fotointerpretativa, e una diversa attribuzione circa l'evoluzione temporale dei fenomeni individuati e loro attività.

In particolare, in località Piscinale i dissesti cartografati sono stati classificati come quiescenti e/o stabilizzati, ciò per l'assenza di deformazioni evidenti o altri elementi che lasciassero supporre una riattivazione più o meno recente.

La morfologia del territorio in corrispondenza del dissesto cartografato IFFI (identificato ID 0487262100) è stata invece attribuita a detrito di versante, ciò per la presenza di debolissime pendenze (circa 8°), e assenza di qualunque elemento morfologico, fotointerpretativo e/o di campo, che lasciasse indurre a possibili fenomeni legati a instabilità potenziale, passata o recente.

5 INTERFEROMETRIA SATELLITARE

Sono stati analizzati i dati interferometrici disponibili per l'area in esame.

In particolare, sono stati analizzati i dati provenienti dal Servizio Europeo di Movimento del Suolo (EGMS), che fornisce informazioni sul movimento naturale e antropogenico del terreno per gli Stati partecipanti a Copernicus.

L'EGMS si basa sull'analisi interferometrica multitemporale delle immagini radar Sentinel-1 a piena risoluzione. Questa tecnica consente di identificare punti di misurazione affidabili per i quali vengono estratti i valori della velocità del movimento del terreno e le serie temporali di deformazione. Tali punti di misurazione di solito coincidono con edifici, strutture artificiali e aree non vegetate in generale. Come tutti i dati interferometrici presentano limitazioni connesse alla risoluzione e alla necessaria presenza di opportuni riflettori, quindi con una densità di punti sovente piuttosto scarsa; inoltre sono condizionate dall'angolo di visuale degli eventuali vettori movimento riferendosi prevalentemente alle componenti verticali degli spostamenti, con evidenze meno significative lungo pendii poco acclivi.

Ciononostante, avendo consapevolezza di tali limiti, tali dati si sono rivelati di particolare utilità nella valutazione dei movimenti naturali dell'area di interesse.

Le figure riportate nelle pagine successive mostrano alcuni dati selezionati rispettivamente in configurazione discendente e ascendente, nell'intervallo temporale 01/2018 – 12/2022.

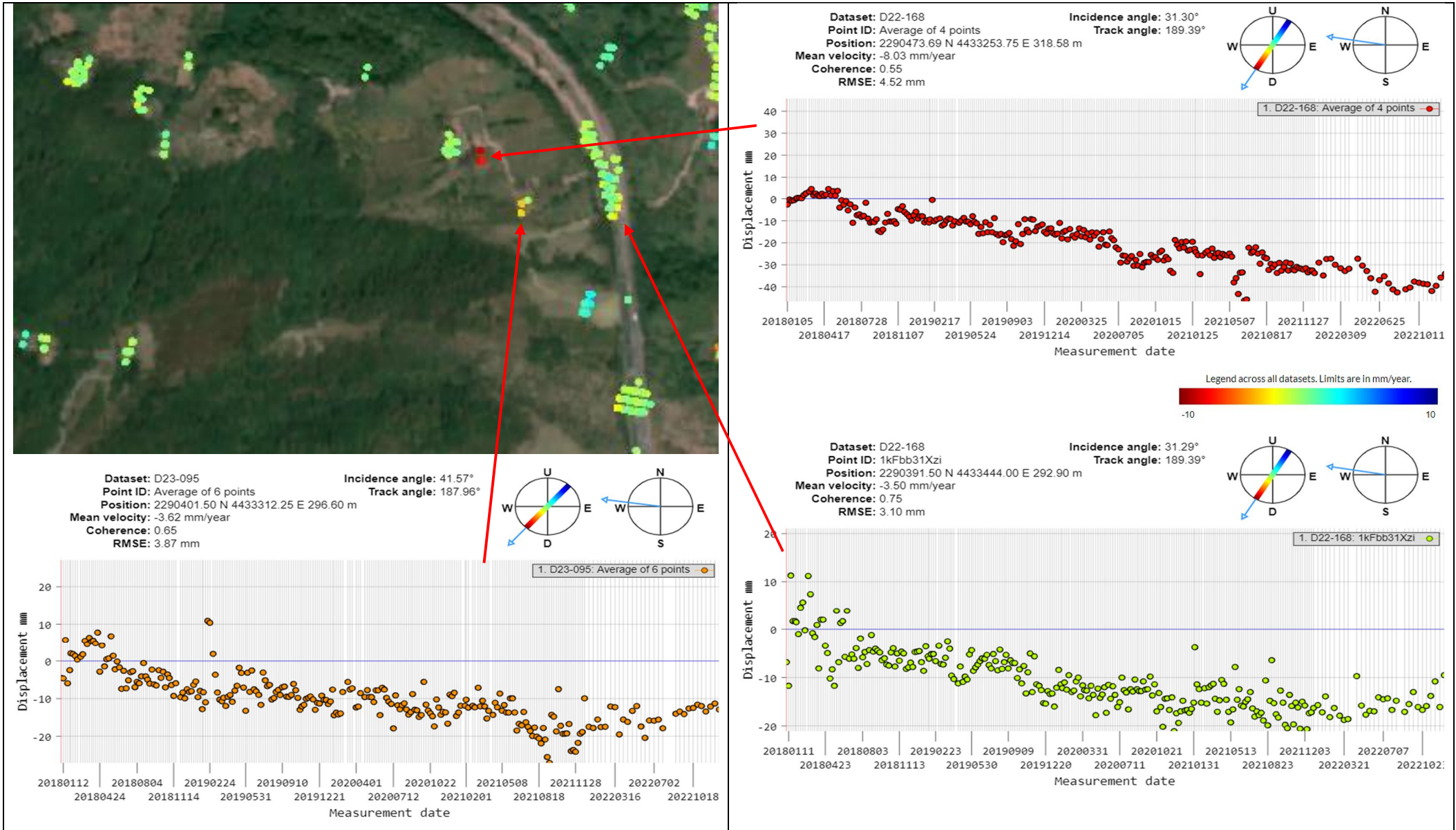


Figura 5-1 – Dati interferometrici dell'area di interesse – EGMS Copernicus - discendente (consultazione ottobre 2023). Serie storiche di spostamento per alcuni punti specifici

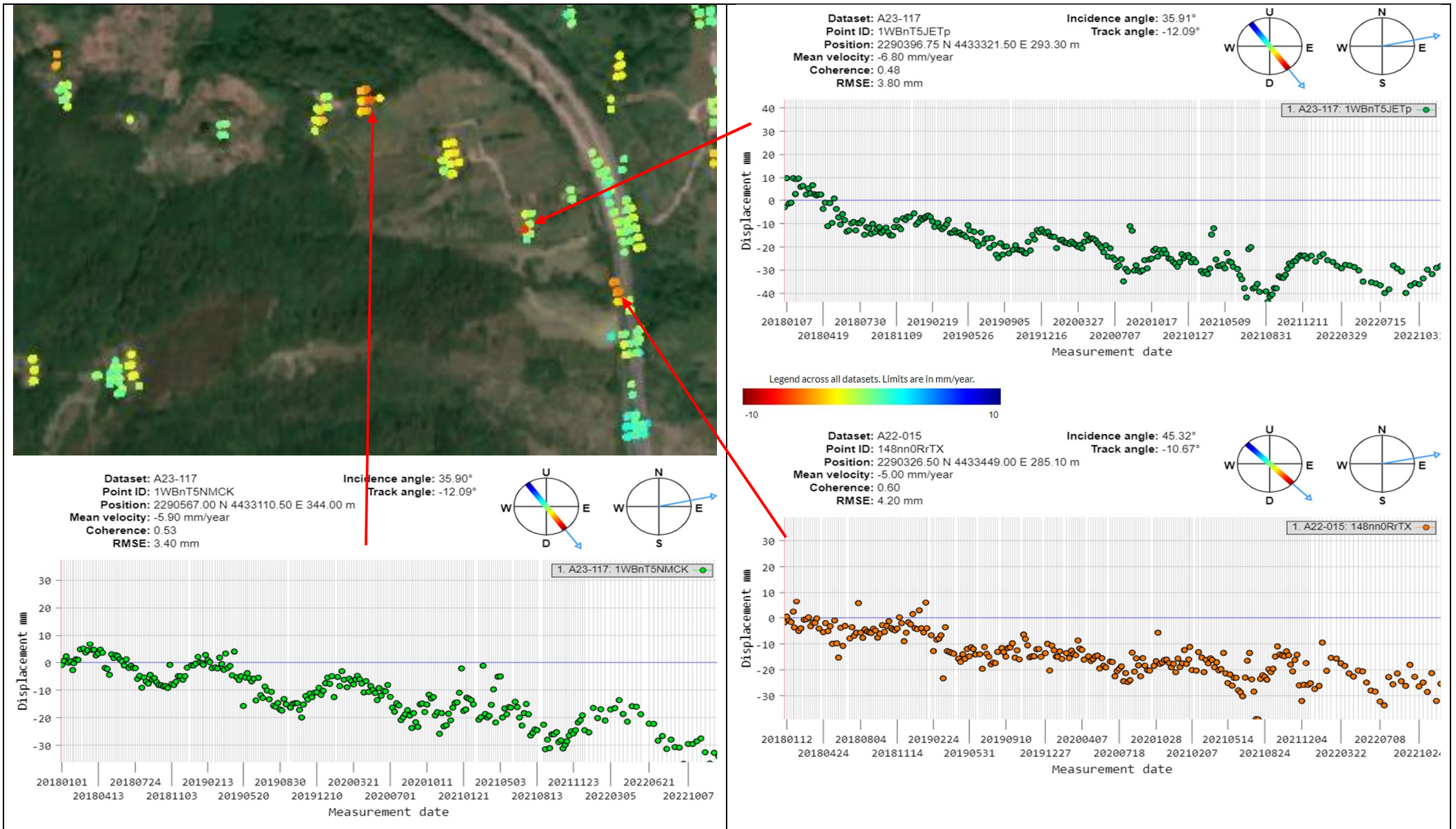


Figura 5-2 – Dati interferometrici dell'area di interesse – EGMS Copernicus - ascendente (consultazione ottobre 2023). Serie storiche di spostamento per alcuni punti specifici

L'esame dei dati, mostra, per alcuni punti dispersi sul versante in area Piscinale (presso la proprietà Focardi, o a ridosso di altre unità abitative poste più a monte) un trend di spostamento pari a 6 / 8 mm/anno, pressoché costante nel medio/lungo periodo.

Più diffusamente il versante è interessato da spostamenti prossimi a circa 2 mm/anno, più contenuti lungo l'infrastruttura autostradale.

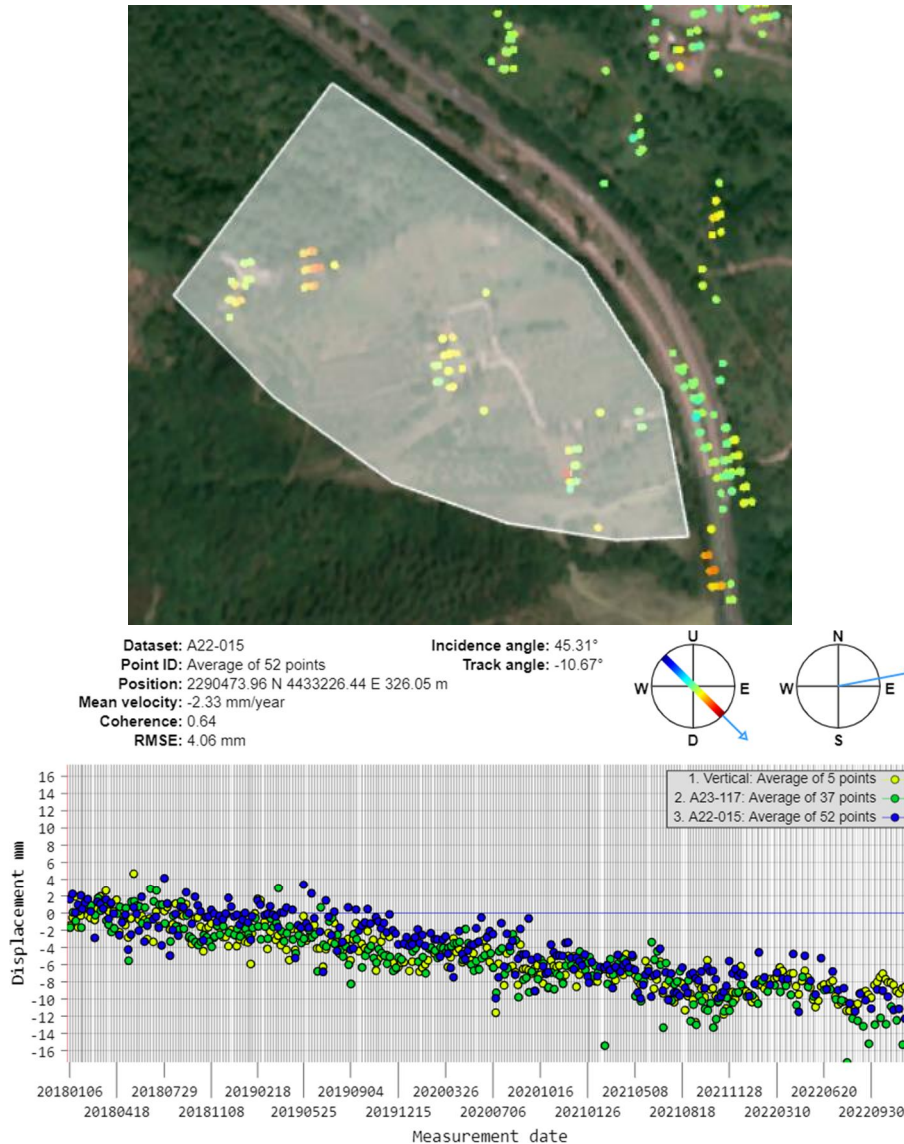


Figura 5-3 – Dati interferometrici dell'area di interesse – EGMS Copernicus - ascendente (consultazione ottobre 2023). Serie storiche di spostamento mediate per tutti i riflettori contenuti entro una perimetrazione definita lungo la parte medio basse del versante circostante la località Piscinale

Tali dati sono coerenti con analoghe analisi e considerazioni contenute nella nota redatta dal prof. G. Crosta, seppure per un periodo di osservazione differente (05/2015- 12/201), e attraverso la disamina di un numero di dati sensibilmente maggiore, in un'area più estesa.

6 ASPETTI LEGATI ALLA SISMICITA'

6.1 SISMICITÀ STORICA (DAL 1000 AL 2020)

Con riferimento all'analisi della sismica storica del territorio interessato, vengono esaminati i dati riportati nel DBMI15 (INGV, 2022). La versione 4.0 del Database Macrosismico Italiano DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2022 e aggiorna e sostituisce la precedente versione 3.0 (Locati et al. 2021) che venne pubblicata a gennaio 2021. Le variazioni tra la versione 3.0 e la 4.0 consiste nell'allungamento della copertura temporale dalla fine del 2019 alla fine del 2020.

DBMI v4.0 fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2020. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti.

In particolare, sono stati estratti i dati disponibili per il comune di Rignano sull'Arno, dove è localizzata l'area di studio.

Nella tabella seguente viene riportato l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 3, i valori relativi alla intensità al sito, il tempo all'origine (anno, mese, giorno, ora UTC), l'area epicentrale, il numero progressivo, l'intensità epicentrale e la magnitudo momento.

RIGNANO SULL'ARNO												
PlaceID	IT_45582											
Coordinates (lat, lon)	43.721, 11.451											
Municipality (ISTAT 2015)	Rignano sull'Arno											
Province	Firenze											
Region	Toscana											
No. of reported earthquakes	14											
Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral Area	Lat	Long	Dep Def	Io Def	Mw Def
2-3	1874	10	7				Imolese	44.168	11.589		7	4.96
6	1895	5	18	19	55	12	Fiorentino	43.703	11.264		8	5.5
5	1895	6	6	0	35	5	Fiorentino	43.762	11.241		5-6	4.55
NF	1897	5	22	2	5		Valdelsa	43.474	11.114		5	4.26
NF	1902	3	5	7	6		Garfagnana	44.093	10.463		7	4.98
NF	1906	12	20	2	38		Valdelsa	43.457	11.219		4	3.96
4	1929	7	18	21	2		Mugello	43.988	11.507		6-7	4.96
2	1931	12	15	3	23		Mugello	44.112	11.527		6	4.62
3	1957	4	30	6	5	8	Alta Valtiberina	43.733	12.013		5	4.23
5	1959	3	24	10	24		Fiorentino	43.698	11.297		7	4.85
3	1960	10	29	0	8	39	Mugello	43.999	11.385		7	4.91
NF	2000	5	10	16	52	11.6	Faentino	44.243	11.932	23.1	5-6	4.82
3-4	2001	11	26	0	56	55.46	Casentino	43.6	12.108	5.5	5-6	4.63
NF	2005	7	15	15	17	18	Forlivese	44.207	12.117	22.8	4-5	4.29

Tabella 6-1 – Elenco sismicità storica (anni 1000-2020) per Rignano sull'Arno. Legenda: Int at place: intensità al sito di interesse (MCS); Epicentral area: area con i maggiori effetti macrosismici; Io Def: intensità all'epicentro (MCS); Mo Def magnitudo momento all'epicentro

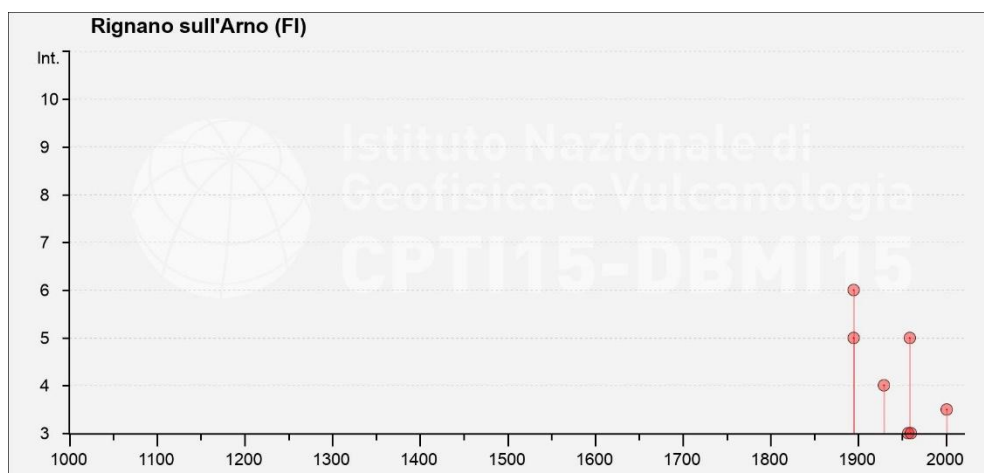


Figura 6-1 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2020 nel Comune di Rignano sull'Arno

Le intensità sismiche massime osservate per il Comune di Rignano sull'Arno sono pari a IS=6 per l'evento del 1895 e IS=5 per gli eventi del 1895 e 1959.

6.2 SISMICITÀ RECENTE (DAL 1985 A OTTOBRE 2023)

Per quanto concerne i sismi che possono aver interessato l'area di interesse dal 1985 alla data odierna, è stato esaminato database ISIDE (INGV, 2023), considerando una sismicità di magnitudo ≥ 3 per un'estensione di circa 50 km dal sito di interesse progettuale (Figura 6-2). In tale ambito sono incluse la maggior parte delle aree epicentrali dei terremoti descritti al paragrafo precedente.

Nella Figura 6-3 sono riportati gli epicentri dei sismi (magnitudo ≥ 2.0) per il dettaglio nell'area di studio con le indicazioni delle caratteristiche degli eventi.

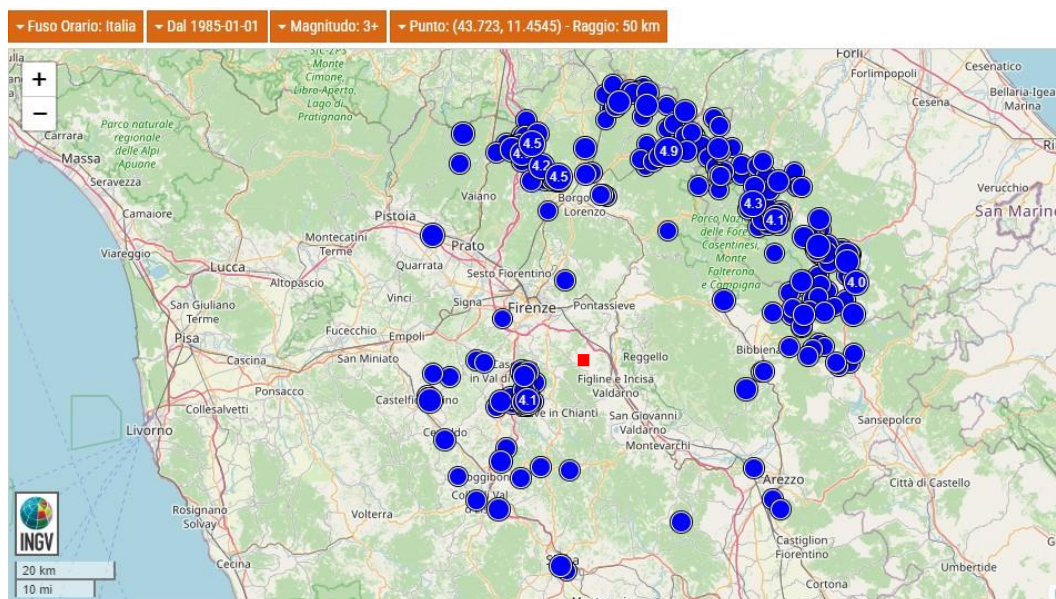


Figura 6-2 – Database ISIDE - periodo 1985 – ottobre 2023. Area 50 km prossima all'area di studio (rettangolo rosso).

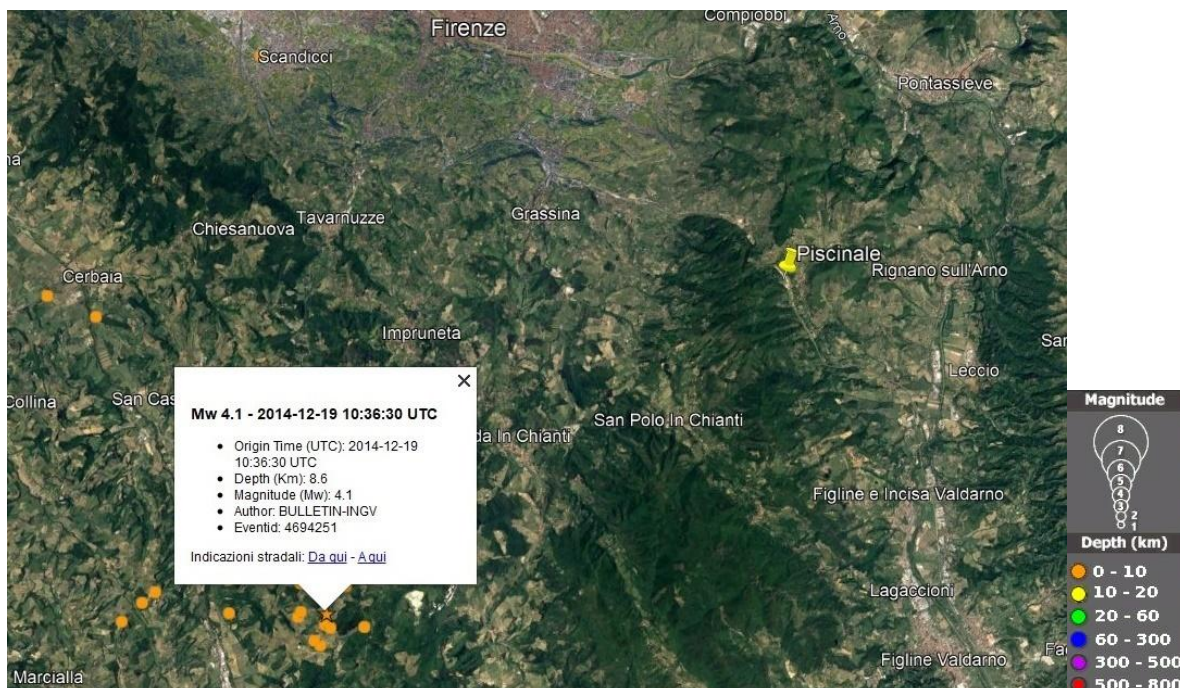


Figura 6-3 – Database ISIDE: distribuzione terremoti periodo 1985-2023 (dettaglio area di intervento).

I terremoti più prossimi all'area sono collocati nell'area del Chianti; il massimo evento registrato risale al 19/12/2014, ha raggiunto magnitudo di 4.1 con epicentro a 8.5 km di profondità.

6.3 FAGLIE CAPACI

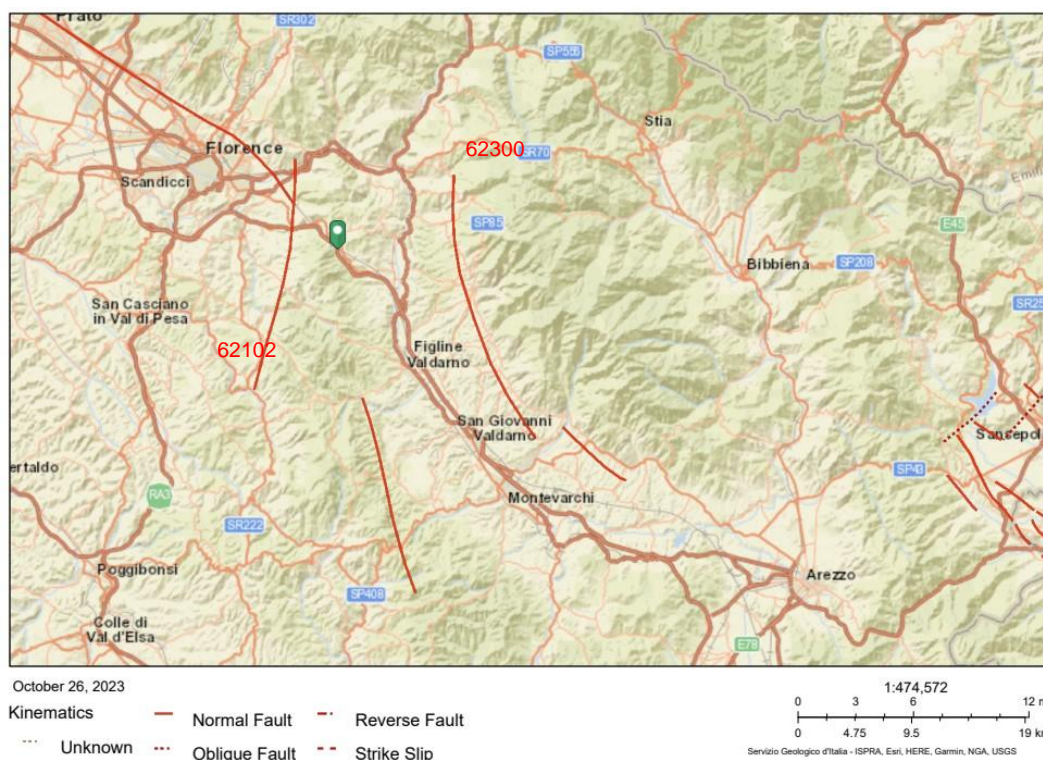
Il termine “faglie capaci” è utilizzato per descrivere le faglie “sismiche” con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni potenzialmente “capaci” di produrre deformazioni in superficie.

La riattivazione di faglie capaci è in grado di produrre fenomeni di neoformazione (ecosismi) che possono formarsi in superficie nelle aree epicentrali, in concomitanza con eventi sismici di intensità elevata, in genere \geq VIII-IX grado della scala ESI2007.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA “ITaly HAZard from Capable faults”, disponibile on-line all'indirizzo <https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/>.

Il data base del Progetto ITHACA, raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali.

Nella seguente figura si riporta uno stralcio planimetrico della distribuzione delle faglie capaci del Progetto ITHACA relativamente ad un ampio areale contenente l'area di studio.



Distanza 4 km da faglia 62102

Distanza 9.6 km da faglia 62300

Figura 6-4 - Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA" in zona Sud di Firenze

Dalla figura si evidenziano due faglie (62102 e 62300) distanti rispettivamente 4 km e 9.6 km. Qui di seguito i dati principali delle faglie capaci.

FAULT CODE	62102	62300
FAULT NAME	Firenze	Valdarno System
MACROZONE	Northern Apennines	Central Apennines
REGION NAME	Toscana	Toscana
SYSTEM NAME	Pistoia - Firenze System	Valdarno System
KINEMATICS	NORMAL	NORMAL
RANK	PRIMARY	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	190	160
DIP	-	-
LENGTH (Km)	45	32
DEPTH (Km)	-	-
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability	Medium reliability
STUDY QUALITY	LOW	LOW

6.4 STRUTTURE SIMOGENETICHE

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta. Questo dipende soprattutto dal fatto che l'attività tettonica è collegata ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità del scivolamento ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica ma derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici.

L'identificazione di tali sorgenti, concisamente definite silenti, permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

Con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3.3.0", si osserva che l'area di studio si colloca in una zona posta al limite di un'area sismogenetica.

La figura seguente evidenzia l'area sismogenetica prossime all'area di studio (rettangolo giallo), definita quale proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenuti attivi, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni arancioni); le campiture in rosso indicano i sistemi di faglia.

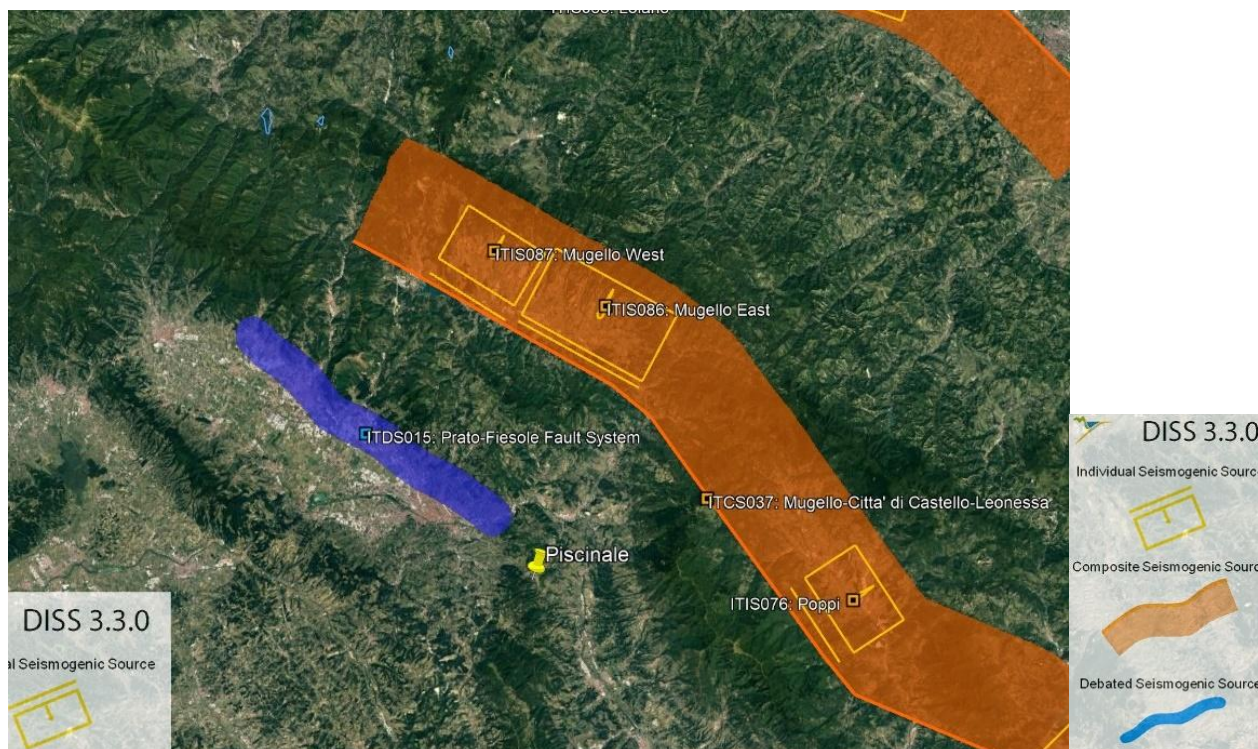


Figura 6-5 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse (Fonte: Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3 - <http://diss.rm.ingv.it/diss/>).

La codifica utilizzata nel database per identificare le strutture include 4 caratteri e 3 numeri: i primi due caratteri si riferiscono al Paese considerato (IT per Italia); i successivi due caratteri identificano il tipo di dati; IS per Individual Seismogenic Source; CS per Composite Seismogenic Source; DS per Debated Seismogenic Source

L'area di studio ricade in prossimità dell'area sismogenetica composita denominata ITCS037 "Mugello-Città di Castello-Leonessa" e dell'area ITD015 – Prato-Fiesole Fault System, nonché di 3 aree individuali, di cui si riportano nella tabella seguente le principali caratteristiche, tra le quali spicca una magnitudo max attesa pari a 6,9 (per ITCS037).

Code	Name	Compiled By	Latest Update	Min Depth (km)	Max Depth (km)	Strike (deg)	Dip (deg)	Rake (deg)	Slip Rate (mm/y)	Max Magnitude (Mw)
ITDS015	Prato-Fiesole	Burrato, P., P. Vannoli and G. Valensise	11/12/2009	-	-	-	-	-	-	-
ITCS037	Mugello-Città di Castello-Leonessa	Burrato P., Vannoli P., Fracassi U.	30/04/2010	0.5	8	280-330	25-40	260-280	0.1 - 1	6.9
ITIS087	Mugello West	Burrato, P., and E. Baroux	10/09/2007	1	4.5	301	30	270	0.1 - 1	5.9
ITIS086	Mugello East	Baroux, E.	31/05/2005	0.6	6.9	298	40	270	0.1 - 1	6.2
ITIS076	Poppi	Burrato, P., and E. Baroux	07/09/2007	1.0	4.5	326	30	270	0.1 - 1	5.8

Figura 6-6 – Aree sismogenetiche ITIS 087 e ITCS037, caratteristiche dal database delle strutture sismogenetiche (Fonte: Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3 - <https://diss.ingv.it/data>).

6.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA TERRITORIALE (INGV)

Negli ultimi anni si sono succeduti diversi provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Dal 1999 al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (GdL, 1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile.

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 ha rappresentato una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si sono stabiliti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche introducendo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani (successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006) ed abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche".

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4; procedendo in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico, poiché di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

Con la successiva ordinanza OPCM 3519/2006 è stata adottata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale (INGV, 2004), e sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche su base probabilistica. I nuovi criteri per la determinazione della classificazione sismica individuano 12 fasce e sono basati, (innovando le disposizioni del precedente OPCM 3274/2003) su valori delle accelerazioni massime al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi. Tale classificazione è quindi basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente").

	Caratteristiche	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
Zona 1	È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$ag > 0.25$
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0.15 < ag \leq 0.25$
Zona 3	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.	$0.05 < ag \leq 0.15$
Zona 4	È la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.	$ag \leq 0.05$

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, le Regioni hanno inoltre riclassificato il proprio territorio in termini di livello di pericolosità, o mantenendo le quattro zone nazionali o adottando tre sole zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag).

In ambito locale, la normativa nazionale è stata recepita dalla Regione Toscana con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, che ha approvato la classificazione sismica regionale, relativa all'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Deliberazione GRT n. 878 dell'8 Ottobre 2012.

Di seguito si riporta la "Mappa di aggiornamento della classificazione Sismica della Regione Toscana da Delibera del GRT 421/2014":

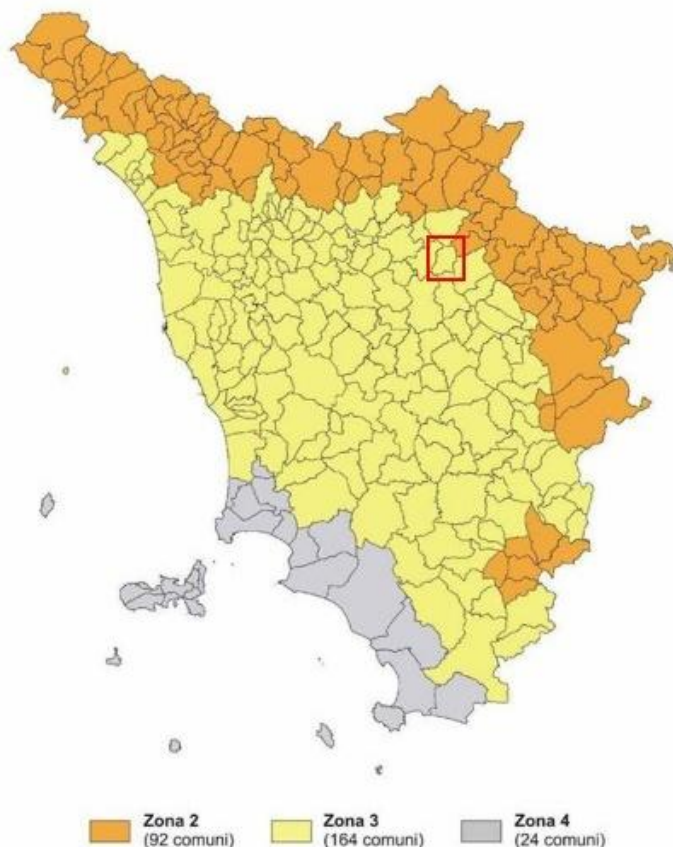


Figura 6-7 - Classificazione Sismica al 2014 (Fonte: Regione Toscana), in rosso il comune di Rignano sull'Arno

In conformità alla normativa vigente, il comune interessato dal progetto ricade nella seguente classe:

Regione	Provincia	Codice Istat	Denominazione	Classificazione 2020 (Protezione Civile)
Toscana	Firenze	48036	Rignano sull'Arno	3

6.6 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

Allo stato attuale, i valori di pericolosità di base associati alle zone o sottozone definite a scala regionale non hanno diretta influenza sulla progettazione.

Le NTC 2018 stabiliscono infatti che i parametri sismici di progetto ed i relativi spettri di risposta siano calcolati direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento associati alla normativa.

La procedura di calcolo ammessa dalla normativa prevede che, attraverso gli allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (v. NTC 2018 par.3.2) sia possibile determinare, per il sito di interesse e per differenti periodi di ritorno (T_R), i parametri di riferimento del moto sismico in superficie: a_g (accelerazione orizzontale max al sito di rif.), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), necessari per la successiva definizione degli spettri di risposta elastici del terreno. Successivamente, sulla base della localizzazione geografica del sito di progetto, correlando i suddetti parametri di riferimento con la vita nominale dell'opera e la sua classe d'uso, si giunge al calcolo degli spettri di risposta per i diversi stati limite definiti dalla normativa; ciò al fine di definire gli obiettivi da raggiungere in termini di sicurezza e prestazioni a dell'opera o parte di essa.

Per il calcolo degli elementi suddetti si rimanda agli elaborati geotecnici e strutturali.

In via preliminare, con riferimento al sito di interesse progettuale, e utilizzando la mappa di pericolosità sismica fornita da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>), di seguito si definisce lo scuotimento $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo secondo OPCM 3519/2006) per uno dei punti della griglia di riferimento (disposti a passo 0.05°) ad esso più prossimi.

Considerando le seguenti coordinate geografiche dell'area di intervento:

Longitudine: 43.714 Latitudine: 11.389

nel suddetto modello di pericolosità sismica (MPS04-S1, INGV). il punto più prossimo all'opera di progetto (nodo ID 20283) ricade nella fascia le cui accelerazioni massime attese (con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni su suoli molto rigidi) sono comprese tra $0,125 < a_g < 0,150$.

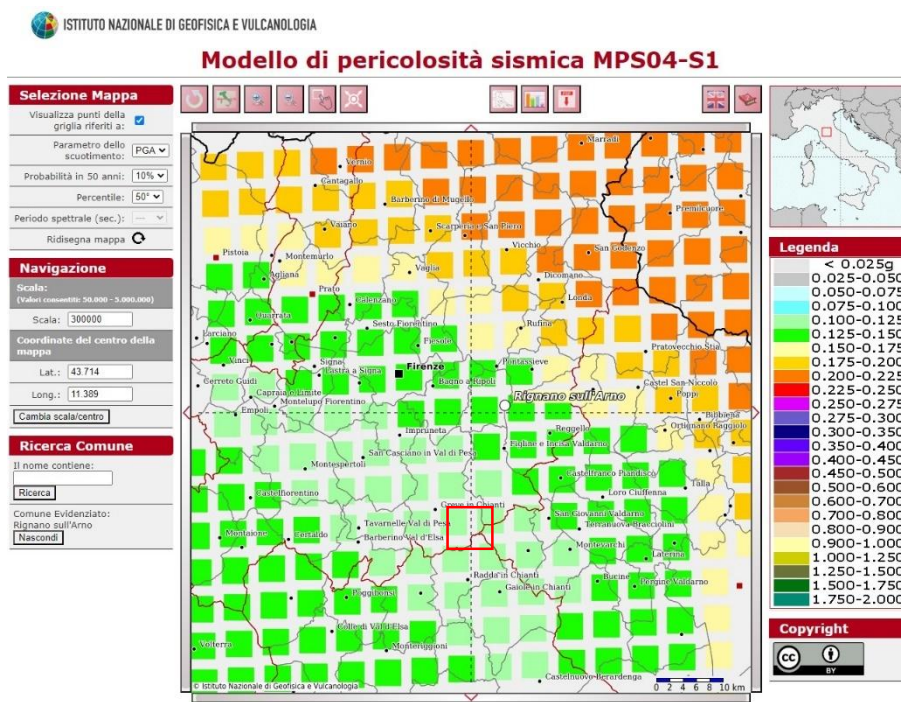


Figura 6-8 – Inquadramento dell'area di studio sul modello di pericolosità sismica MPS04-S1

Secondo quanto risulta dall'analisi di disaggregazione, la magnitudo media è pari a 4.92 ad una distanza epicentrale di 12,3 km.

Per distanze epicentrali variabili fino a circa 30 km (e oltre) dal sito di interesse, il contributo percentuale complessivo della pericolosità per ogni classe di Magnitudo vale:

M	%
4-4.5	26.3%
4.5-5	39.0%
5-5.5	19.8%
5.5-6	7.7%
6-6.5	6.1%
6.5-7	1.0%

6.6.1 Velocità delle onde sismiche e categoria di sottosuolo

Le indagini sismiche realizzate nel 2023 nell'area in esame, permettono la stima della categoria sismica di sottosuolo del terreno, in accordo alla normativa vigente.

Le figure seguenti riportano gli stralci delle sezioni sismiche in onde S (Linee L2 ed L4) e le corrispondenti interpretazioni elaborate dal fornitore delle indagini (PROGEO s.r.l.).

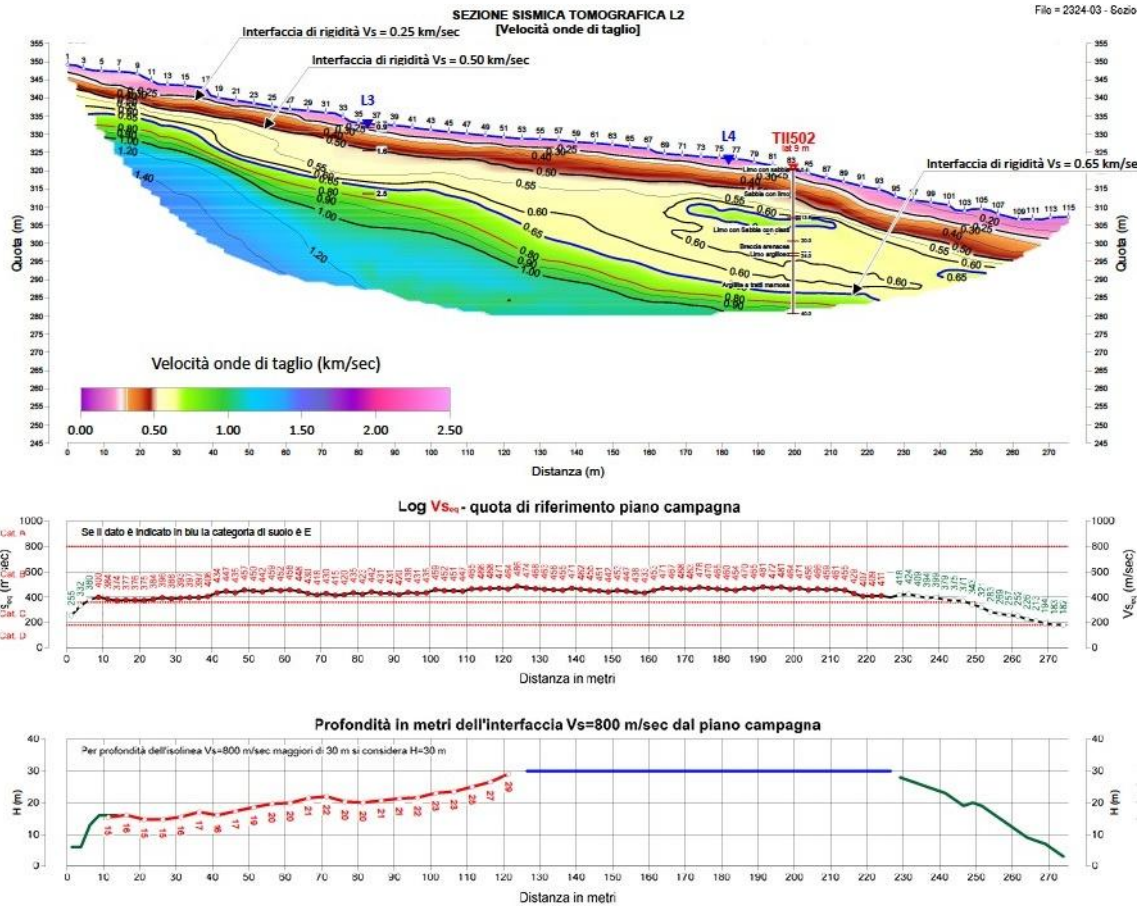


Figura 6-9 – Prospezione sismiche in onde S – Linea L2 (interpretazione PROGEO 2023)

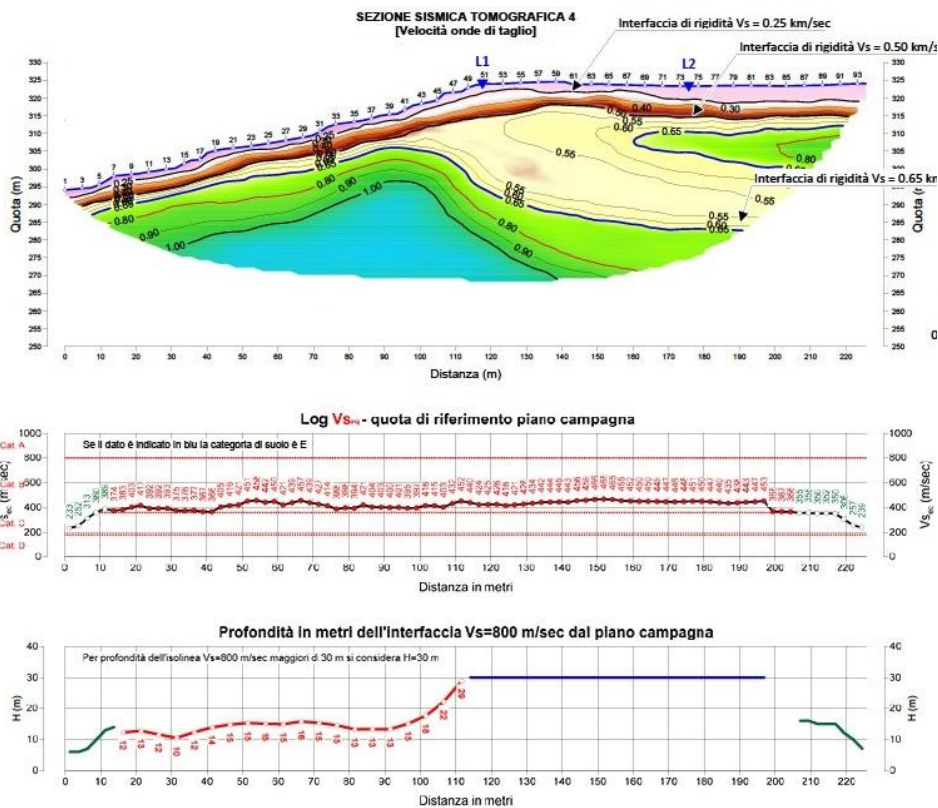


Figura 6-10 – Prospezione sismiche in onde S – Linea L4 (interpretazione PROGEO 2023)

Lungo le linee sismiche L2 ed L4, il fornitore delle indagini geofisiche ha ricostruito un Log di Vs.equiv. per ciascun geofono.

Trascurando i tratti esterni delle stese, per le quali non é stato raggiunto lo spessore minimo richiesto (30 m, in assenza di un substrato sismico) per tutta la lunghezza degli stendimenti i valori di velocità Vs eq risultano superiori a 360 m/s, variando da un minimo di variano da 374 m/s a un massimo di 486 m/sec.

Secondo la normativa in essere si può quindi definire una categoria di suolo tipo B: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o di terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s”*.

Si rimanda comunque agli elaborati geotecnici e strutturali per la scelta della categoria sismica di progetto più pertinente al sito in esame, nonché a tutto ciò che riguarda le risultanze dell’eventuale Studio di Risposta Sismica Locale, qualora eseguito.

7 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REVISIONATO

Avendo preso a riferimento tutta la documentazione pregressa e disponibile, di seguito si riportano le nuove interpretazioni geologiche e geomorfologiche dell'area di interesse, effettuate sulla base degli eventi sviluppatasi nell'ultimo anno contestualmente all'esecuzione dei lavori di sbancamento del versante in località Piscinale, e di realizzazione dell'opera di sostegno sottostante.

7.1 INDAGINI INTEGRATIVE E DATI DI MONITORAGGIO

Di seguito si riporta una sintetica descrizione delle risultanze delle indagini di monitoraggio e integrative, realizzate in diverse fasi, e tutt'ora soggette a monitoraggio inclinometrico e piezometrico. La Figura 7-2 riporta l'ubicazione di tali indagini; la Figura 7-3 e la Figura 7-4 riportano le risultanze grafiche dei dati di monitoraggio di tutti gli strumenti installati.

Strumenti di monitoraggio inclinometrico previsti in ante operam (TI501, TI502)

La figura seguente riporta i grafici relativi agli spostamenti misurati lungo due verticali inclinometriche (TI501, TI502, affiancate da altrettanti piezometri) realizzate nel 2016 sul versante in località Piscinale, e sottoposte a monitoraggio periodico semestrale fino ad inizio lavori, nell'ambito del piano di monitoraggio ambientale.

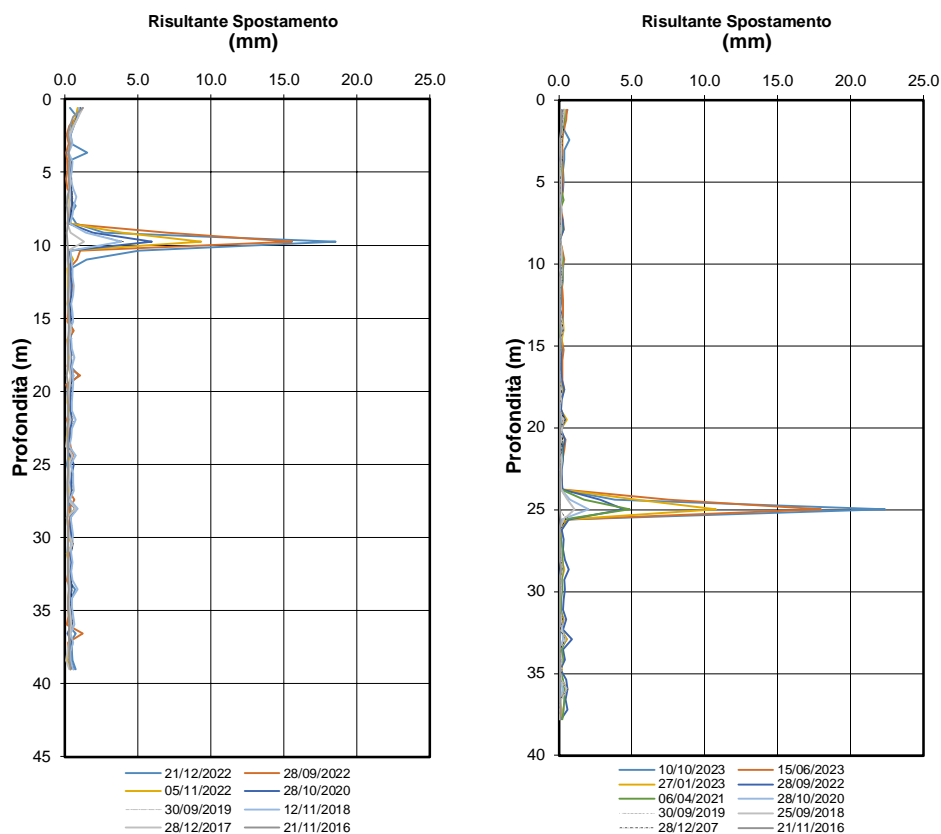


Figura 7-1 –Risultati da monitoraggio inclinometrico delle verticali TI501 (a sx) e TI502 (a dx). Letture selezionate sull'intero periodo di monitoraggio (2016 – 10/2023). Differenziali degli spostamenti per punti sulle intere verticali

L'analisi dei dati di tali verticali ha evidenziato, per tutto il periodo ante operam, precedente l'inizio dei lavori (2016 – 06/2022), un lieve ma costante trend di spostamento diretto verso E-NE, pari a circa 1,8 mm/anno (TI501) e 1,0 mm/anno (TI502), individuato rispettivamente alle profondità di 9,75 m e 25,0 m a p.c. per i due strumenti. Lungo le restanti parti delle verticali di monitoraggio non si registrava nessun ulteriore spostamento significativo.

Contestualmente all'inizio dei lavori, consistenti nella rimozione di alcuni m di terreno alla base del versante e scavo dei pali di grosso diametro per la realizzazione delle paratie di progetto, i medesimi inclinometri hanno mostrato un repentino incremento degli spostamenti differenziali alle medesime profondità, secondo un nuovo

trend, pressochè costante nei successivi rilievi, pari a circa 18 mm/anno (TII501) e 16 mm/anno (TII502) (v. Figura 7-3). La verticale TII501 è poi risultata non più monitorabile dal dicembre 2022, interrotta a causa di un tirante della paratia in fase di realizzazione. La verticale TII502 è invece tutt'ora soggetta a monitoraggio con frequenza mensile.

Il monitoraggio dei due strumenti piezometrici affiancati agli inclinometri mostra un soggiacenza molto contenuta, variabile tra 0 e -3 m circa da p.c., in relazione alla piovosità (v. Figura 7-4).

Strumenti di monitoraggio inclinometrico previsti in corso d'opera (IN1, IN2, IN3)

Alle verticali descritte poc'anzi, tra gennaio e aprile 2023, si sono affiancati tre nuovi inclinometri (e altrettanti piezometri), già previsti dai piani di monitoraggio geotecnico di progetto: procedendo da sud verso nord le verticali MC51_N1 (12/2022), MC51_N2 (in posizione tale da poter sostituire il sond. TII501) e MC51_N3 (04/2023).

I risultati di monitoraggio di queste ultime verticali hanno parimenti mostrato degli spostamenti apprezzabili, sintetizzati anch'essi in Figura 7-3.

- MC51_N2 ha evidenziato un primo trend di spostamento pari a 8 mm/anno alla profondità di 8 m circa da p.c., nel periodo compreso tra l'installazione e ottobre 2022, seguita da un trend più ridotto, pari a 5 mm/anno, nel quale si sono registrate alcune stabilizzazioni temporanee, seguite da un ulteriore incremento con le ultime letture di marzo aprile 2024;
- MC51_N1 mostra un trend di spostamento abbastanza costante pari a circa 5 mm/anno, alla profondità di 28 m circa;
- MC51_N3 al momento mostra spostamenti molto limitati e non conformi come direzione, tali da non ritenersi, al momento, di particolare rilevanza.

Le misurazioni piezometriche effettuate durante i medesimi monitoraggi risentono verosimilmente della vicinanza alle scarpate di scavo, e sono notevolmente condizionate dalla piovosità: N1 mostra una soggiacenza compresa tra -8 e -10 m circa dalla superficie, molto più contenuta (tra -1 e -4 m circa da p.c.) per N2 mentre, per N3, la soggiacenza è pari a -4 – 6 m da p.c. (v. Figura 7-4).

Strumenti di monitoraggio integrativi, realizzati a lavori in corso

La necessità di comprendere al meglio il perimetro e i volumi delle masse interessate dagli spostamenti misurati, ha portato, durante la primavera 2023, alla definizione di una nuova campagna di indagine attraverso la realizzazione di 5 nuovi verticali inclinometriche strumentate (SC1, SC2, SC3, SC4, SC5) di profondità variabile da 25 e 35 m da p.c. affiancate da altrettante verticali piezometriche (tutte installate a 25 m da p.c.) con installazione di tubi aperti per le intere profondità di indagine.

Nel corso delle perforazioni a carotaggio sono state eseguite prove in foro tipo spt e prove di permeabilità tipo Lefranc), e sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno, sottoposti a caratterizzazione geotecnica di laboratorio, finalizzata in particolare alla determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio dei litotipi (di picco e residua) in condizioni drenate.

In aggiunta sono state previste 4 stese sismiche tomografiche (L1, L2, L3, L4) per complessivi 1500 m circa di lunghezza, disposte secondo una maglia regolare, in onde P (tutte) e onde S (L1, L4).

Il monitoraggio inclinometrico delle nuove verticali, iniziato con cadenza mensile poco dopo il completamento delle perforazioni, (estate 2023), non ha mostrato movimenti significativi da inizio monitoraggio fino a febbraio 2024. Solo nel corso delle ultime letture (a partire da marzo 2024), in concomitanza con una piovosità elevata e prolungata, si sono invece registrati spostamenti differenziali apprezzabili in tutte le verticali, a profondità variabili tra 7 e 29 m da p.c. (Figura 7-3).

Più in dettaglio, in tutti i casi, lo spostamento rilevato si sviluppa sistematicamente al passaggio tra la spessa coltre di depositi eterogenei, di natura prevalentemente granulare (con all'interno di blocchi arenacei sparsi di dimensione metrica e plurimetrica), e la sottostante formazione argillitica del Sillano, presente con continuità fino alle massime profondità raggiunte dalle perforazioni.

La soggiacenza misurata è normalmente contenuta in pochi m da p.c., con la sola eccezione di S1, in cui risulta sensibilmente più approfondita (v. piezometro in SC1). Le escursioni di falda variano tra -2 e -4 m circa; fortemente condizionate dalla piovosità (v. Figura 7-4).



Figura 7-2 – Posizione planimetria delle verticali strumentate (coppie inclinometri + piezometri) installate nelle diverse fasi: in verde, indagini realizzate nell'ambito dei piani di monitoraggio ambientale anteoperam; in marrone quelle previste per il monitoraggio in corso d'opera. In rosso/arancio sono indicate le indagini integrative 2023; sono inoltre evidenziate le stese sismiche tomografiche (in onde P in rosso e in onde P + S in arancio). In giallo sono indicate le precedenti verticali di indagine di progetto più prossime al sito di interesse, oggi non più reperibili.

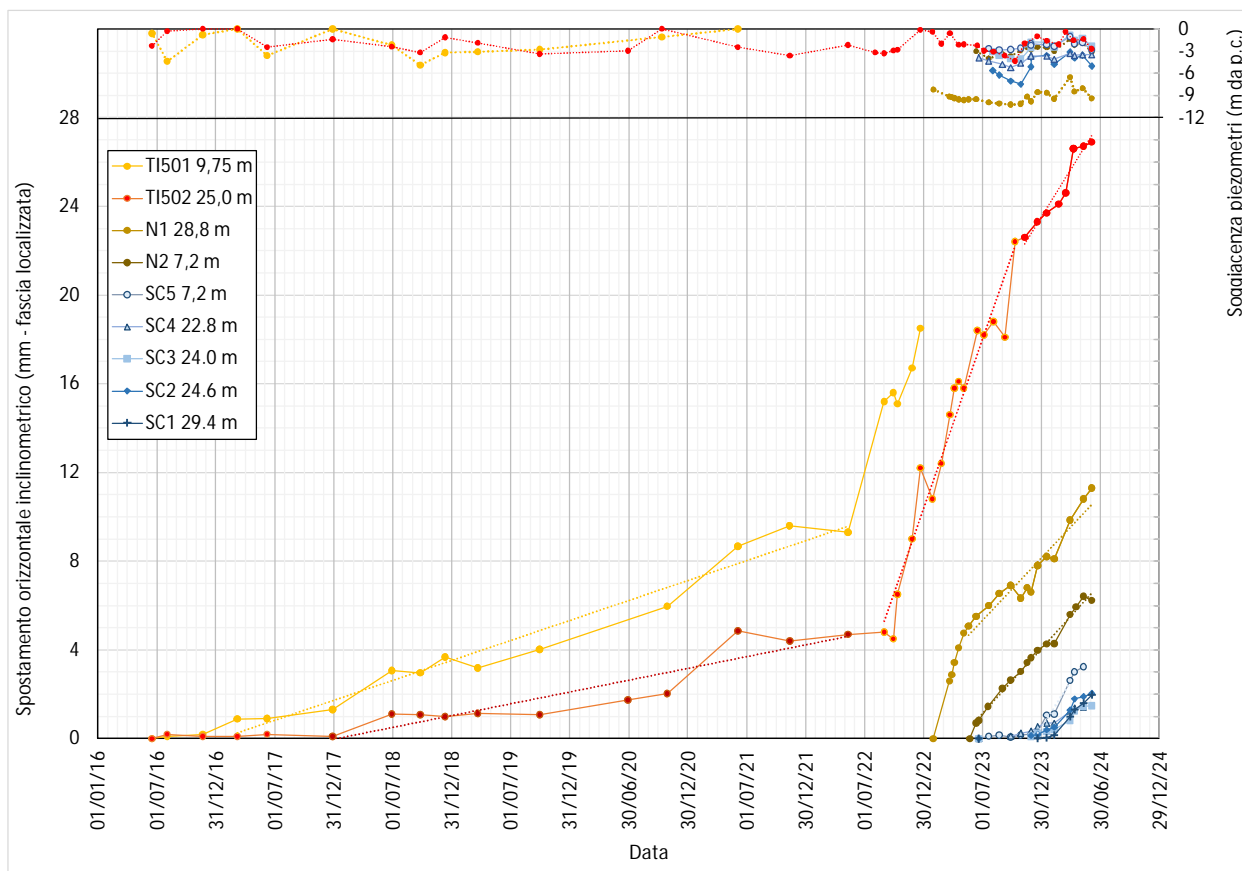


Figura 7-3 –Risultanze da monitoraggio inclinometrico delle verticali previste dai piani di monitoraggio ambientale e geotecnico. Spostamenti differenziali rilevati a profondità selezionate, per l'intero periodo di monitoraggio (2016-odierno). La parte alta del grafico mostra i dati dei freaticometri dei piezometri posti a fianco degli inclinometri. Sono inoltre mostrate le tempistiche occorse per fasi delle varie lavorazioni

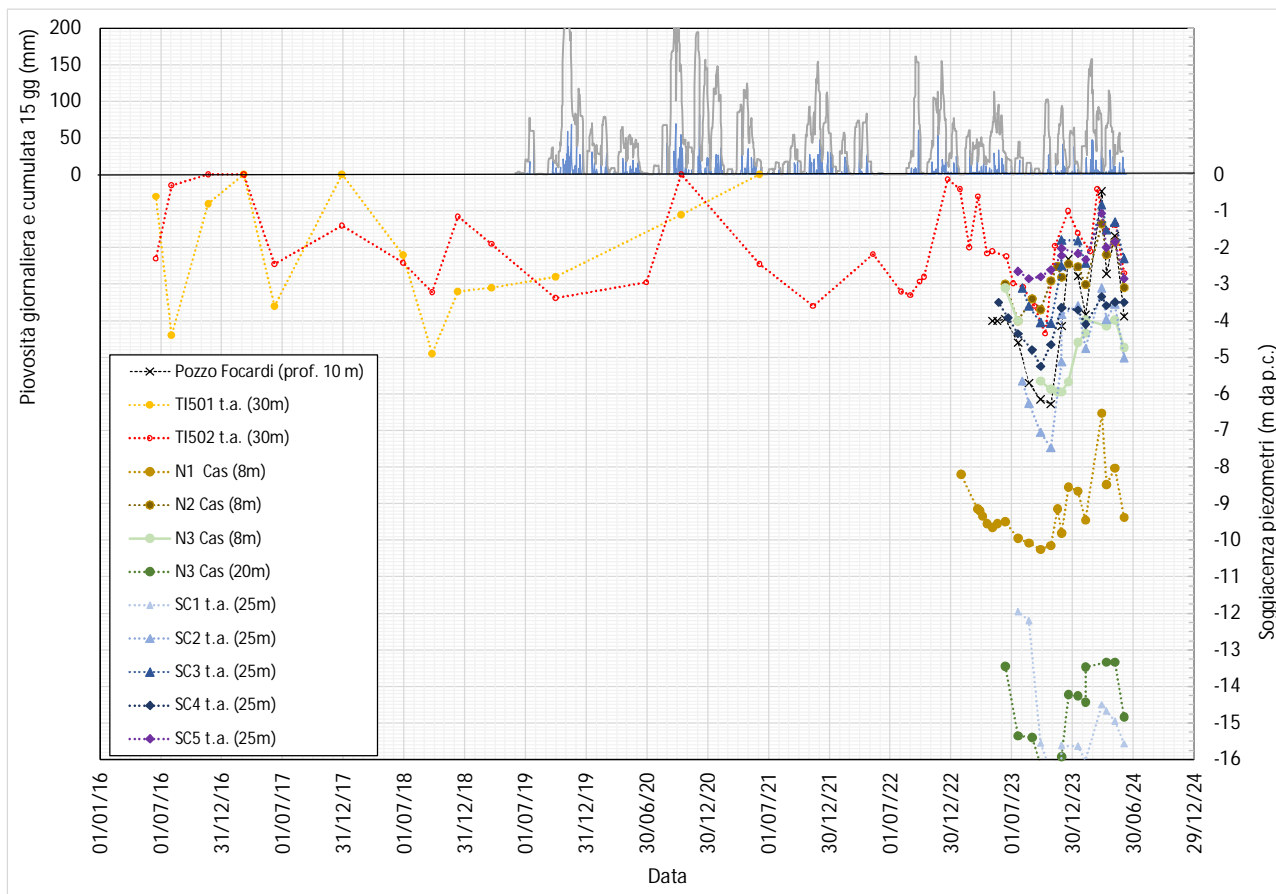


Figura 7-4 –Risultanze del monitoraggio piezometrico, in termini di soggiacenza, su tutte le verticali installate per i piani di monitoraggio e indagini integrative, nonché del pozzo freatico presente in zona. Nella parte alta del grafico è indicata la piovosità cumulata giornaliera e quindicinale

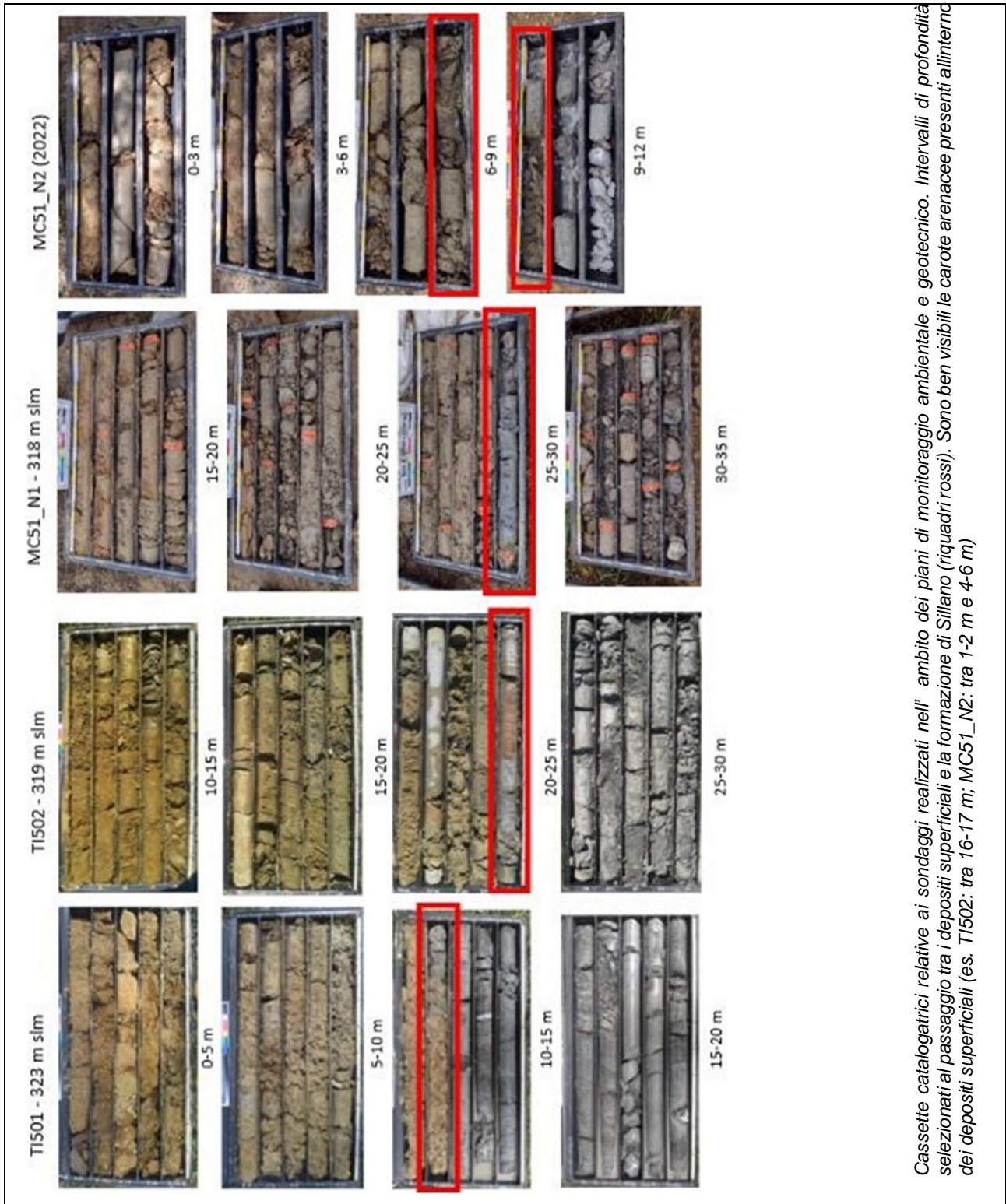
7.2 INTERPRETAZIONE GEOLOGICA AGGIORNATA DEI NUOVI DATI DI INDAGINE

Tutti i sondaggi di recente esecuzione realizzati in area Piscinale, successivi all’elaborazione progettuale specialistica consegnata per l’ampliamento progettuale della tratta di progetto, mostrano una successione litologica relativamente omogenea, la cui interpretazione litostratigrafica e tettonica porta a sensibili differenze rispetto a quanto riportato nelle cartografie geologiche ufficiali.

Tutte le verticali di indagine di nuova realizzazione individuano una successione litologica che vede in superficie, e fino a profondità variabili da 9-10 m da p.c. a 24-29 m da p.c., depositi sciolti di natura sabbiosa limosa e ghiaiosa, di colore giallo nocciola, con abbondanti clasti ghiaiosi arenacei e blocchi arenacei sparsi di spessore metrico, finanche plurimetrico (es. sond. TI502 tra 16-17 m da p.c.; MC51_N2 tra 1-2 m e 4-6 m; SC2 tra 2 e 6 m e tra 13–13.5 m; SC3 tra 15-16,5 m; SC4 tra 12-14 m e 15-16 m).

Più in profondità, in tutti sondaggi, sotto i suddetti depositi si intercetta la formazione argillitica del Sillano (SIL).

Le figure seguenti danno una rappresentazione schematica di quanto indicato



Cassette catalogatrici relative ai sondaggi realizzati nell' ambito dei piani di monitoraggio ambientale e geotecnico. Intervalli di profondità selezionati al passaggio tra i depositi superficiali e la formazione di Sillano (riquadri rossi). Sono ben visibili le carote arenacee presenti all'interno dei depositi superficiali (es. TI502: tra 16-17 m; MC51_N2: tra 1-2 m e 4-6 m)

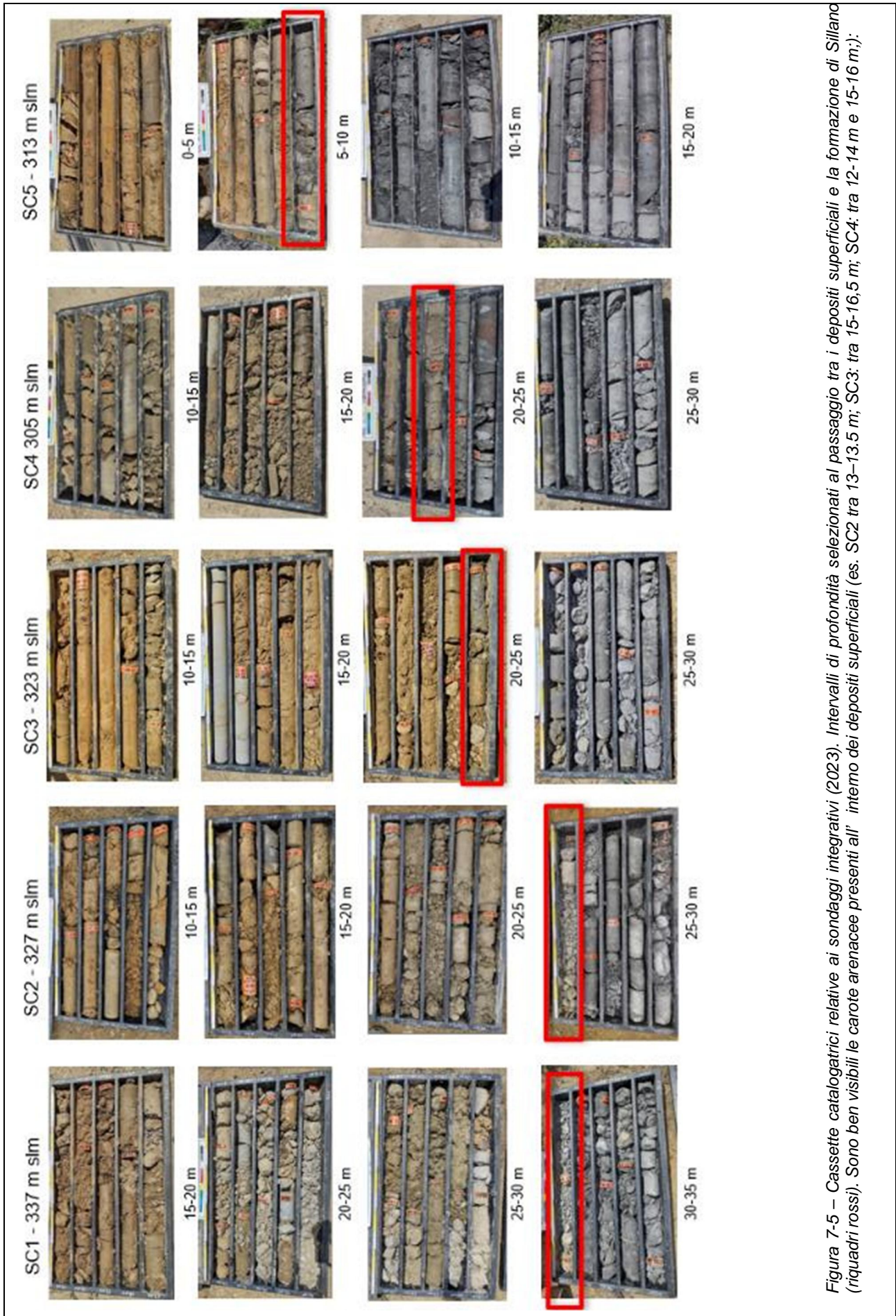


Figura 7-5 – Cassette catalogatrici relative ai sondaggi integrativi (2023). Intervalli di profondità selezionati al passaggio tra i depositi superficiali e la formazione di Sillano (riquadri rossi). Sono ben visibili le carote arenacee presenti all' interno dei depositi superficiali (es. SC2 tra 13-13.5 m; SC3: tra 15-16.5 m; SC4: tra 12-14 m e 15-16 m.);

Le stese geofisiche di superficie (realizzate prima dei sondaggi integrativi) identificano le interfacce di rigidità che possono ritenersi rappresentative del passaggio dai depositi superficiali suddetti (pur caratterizzate localmente da diversi gradi di compattezza) e il substrato argillitico sottostante.

Tale interfaccia è stata ipotizzata dalle isolinee di velocità di 2500 m/s in onde P, e 650 m/s in onde S; valori sensibilmente inferiori si registrano lungo le porzioni maggiormente tettonizzate e alterate.

La ricostruzione bidimensionale di tale interfaccia mostra, risalendo lungo il versante (stese L1 e L2), che i depositi di superficie mantengono uno spessore considerevole per quasi tutta la lunghezza degli stendimenti, assottigliandosi sensibilmente nella sola porzione sommitale.

Nella medesima area sommitale delle sezioni geofisiche, si individua, in profondità, un ulteriore aumento di rigidità lungo le isolinee (in onde P) comprese tra 3000 -3500 m/s, immergenti verso Est di circa 35°. Tale interfaccia può interpretarsi nel contatto tra Sillano e la sottostante formazione arenacea di Monte Falterona (FA3).

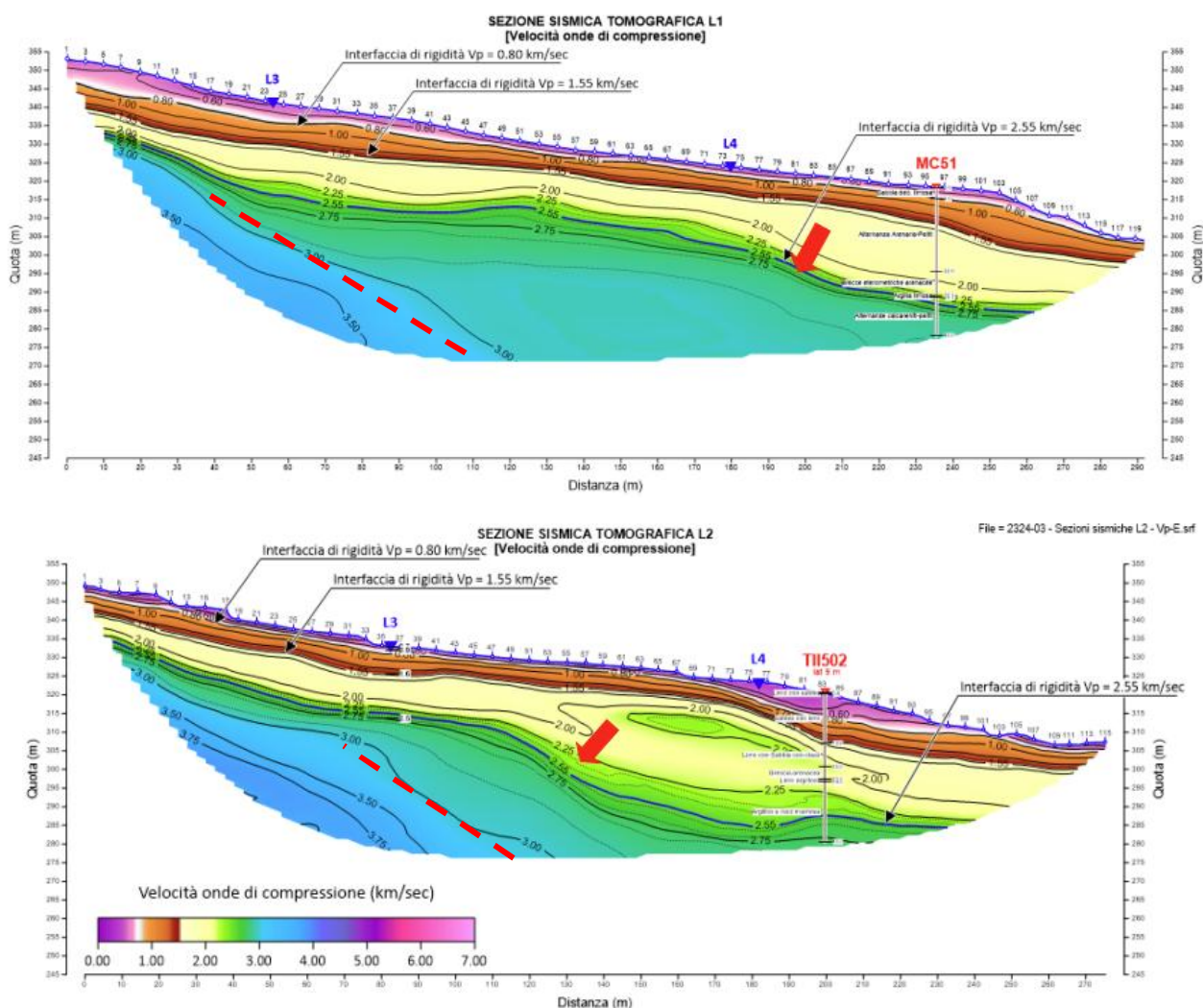


Figura 7-6 – Stese sismiche L1 e L2 in onde di compressione (sezioni da ovest a a est)

Lungo le stese L3 e L4, parallele all'autostrada si vede come nella parte medio alta del versante (L3) lo spessore delle coltri sovrastante il Sillano sia ancora considerevole e omogeneo.

Lungo L4, più prossima all'infrastruttura, si ha un evidente assottigliamento dei depositi di superficie procedendo verso sud. In profondità si può ipotizzare il contatto tettonico, molto inclinato, tra le argilliti del Sillano e la formazione arenacea FAL3 (tenendo anche conto delle informazioni stratigrafiche del sond. SC5).

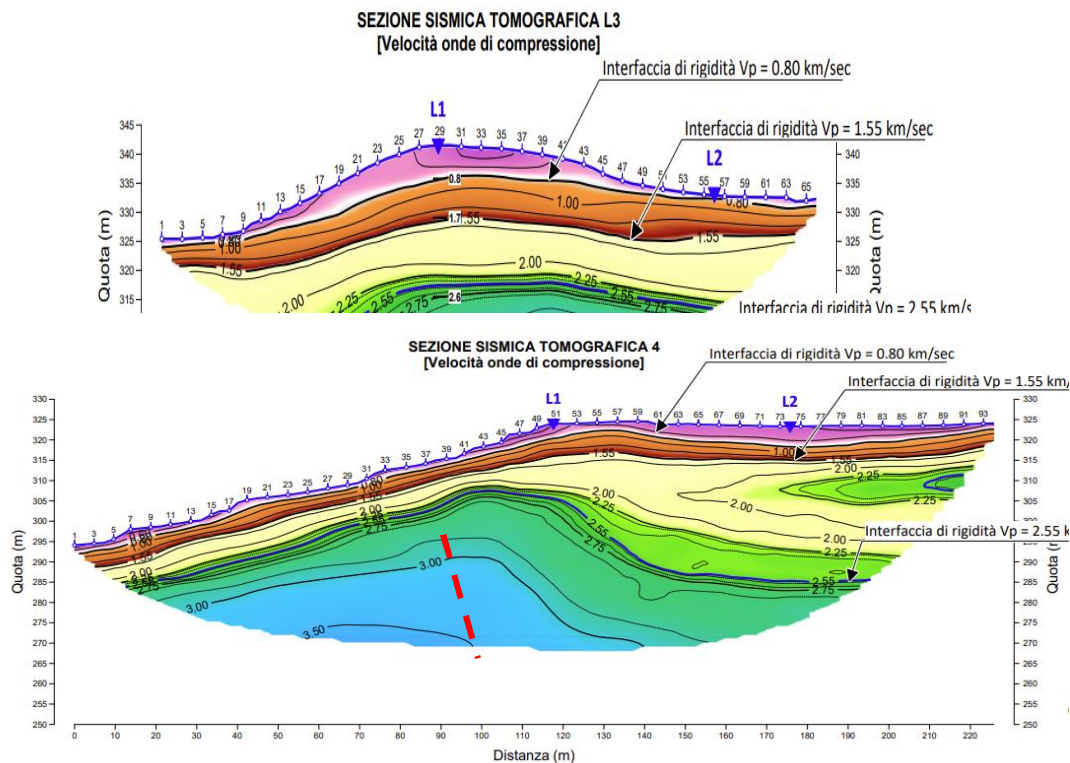


Figura 7-7 – Stese sismiche L3 e L4 in onde di compressione (sezioni da sud a nord)

L'interpretazione congiunta dei dati sismici e stratigrafici di nuova esecuzione porta alla seguente ricostruzione geologica dell'area di studio:

Dal punto di vista tettonico, il fianco meridionale del sovrascorrimento esistente tra le unità Liguri del Sillano e le sottostanti arenarie di Falterona risulta sensibilmente traslato verso Sud rispetto alla cartografia geologica pubblicata (CARG e Regione Toscana) e alla medesima documentazione di progetto già presentata.

L'intero versante del Piscinale, che secondo le suddette cartografie si svilupperebbe in buona parte nella formazione arenacea, giace invece su un substrato argillitico sepolto, individuato dalle verticali di sondaggio integrative, ben noto anche per la predisposizione ai dissesti gravitativi lungo varie tratte autostradali appenniniche.

Dal punto di vista stratigrafico l'intero versante risulta ricoperto da spessi depositi di materiali sciolti costituiti da sabbie limose con ghiaia e blocchi di arenaria di dimensioni fino a plurimetriche che potrebbero essere interpretate come un detrito, o potrebbero attribuirsi a una facies simile ai *Ciottolami di Loro Ciuffenna (UFFd)*, riconosciuta nelle cartografie ufficiali (CARG) sul lato orientale del semigraben, appartenente alla Successione del Bacino del Valdarno Superiore (già trattata nel cap. 4.2.1; si veda anche Figura 4-8).

Tale unità, identificata con **a3*** nella cartografia geologica allegata, viene così descritta:

Depositi di conoide detritico/alluvionale ad elementi arenacei, in matrice sabbiosa limosa, nocciola rossastra, con locali livelli maggiormente limosi. All'interno della formazione si riconoscono locali strutture di gradazione. I clasti ghiaiosi sono da poco a mediamente evoluti.

All'interno dei depositi si individuano, a varie profondità, blocchi arenacei più voluminosi, di dimensione metrica, provenienti dallo smantellamento della formazione di Falterona affiorante sui versanti retrostanti. L'età presunta è Pleistocene medio.

Il deposito si estende verso valle fino ad essere ricoperta lateralmente, in prossimità dell'infrastruttura autostradale, con le altre unità del bacino Valdarno (UFFe, UFFd), che hanno colmato la parte bassa del bacino stesso.

Il deposito è identificabile, oltre che in sondaggio, anche nei tagli di versante eseguiti nell'ambito delle lavorazioni di ampliamento autostradale.

Risalta, in particolare, la colorazione rossastra dei depositi, spiccatamente granulari e grossolani, e la dimensione di alcuni blocchi arenacei intercettati nel corso degli scavi.

A tale proposito va sottolineato che proprio la dimensione ciclopica, inattesa, dei massi arenacei, aveva portato all'errata individuazione di un presunto affioramento a margine dell'abitazione Focardi, documentato nella cartografia geologica redatta nel corso del progetto di ampliamento a terza corsia, confermando l'interpretazione, anch'essa errata, ma già documentata dalle cartografie ufficiali, circa la presenza di un substrato pressochè superficiale riconducibile alle arenarie di Falterona.



Figura 7-8 – Taglio di versante alla base dei rilievi in località Piscinale, sotto la paratia di monte, in posizione (circa) antistante i sondaggi MC51_N2 e T1501 (ubicati dietro la paratia ad una distanza di circa 20 m). Aspetto in parete della formazione a3 (foto 07/2023).



Figura 7-9 – Dettaglio del materiale rinvenuto in un tratto di scarpata (foto 07/2023).



Figura 7-10 – Accumulo di blocchi arenacei rinvenuti durante i vari scavi (scarpata tra l'autostrada A1 esistente ed il tratto in allargamento) (foto 07/2023).

In profondità, sotto i depositi detritici si ha il passaggio, ben documentato nei sondaggi, con la formazione di Sillano, in facies argillitico-marnosa localmente calcarea, già descritta nel cap. 4.2.1 per le aree limitrofe a Piscinale.

Le argilliti si presentano abbastanza integre, scagliose, a tratti brecciate. Come risulta dai sondaggi la porzione superficiale al contatto con i sovrastanti depositi di bacino si presenta solo localmente alterata e disgregata.

Si rammenta che, in prossimità di contatto stratigrafico esistente tra i depositi di superficie e le argilliti (a profondità di circa 25 m da p.c. per l'inclinometro TI502, a 28-29 m da p.c. per MC51-N11, e a 9,75 m da p.c. per MC51_n2) gli strumenti di monitoraggio hanno evidenziato un contenuto ma netto spostamento verso valle dei depositi detritici superficiali. Tale movimento, che ha assunto valori significativi contestualmente allo sbancamento e risagomatura delle scarpate antropiche, era comunque già presente in misura molto più contenuta negli anni precedenti, coerentemente con quanto già evidenziato dalle misurazioni interferometriche satellitari in superficie. Inoltre, lo stesso meccanismo deformativo si sta cominciando ad osservare anche in corrispondenza delle verticali di più recente installazione.

Si può quindi supporre che la resistenza a taglio offerta lungo l'interfaccia depositi superficiali – Sillano si sia progressivamente ridotta nel tempo giungendo a valori comparabili alla resistenza residua.

In tale contesto, la realizzazione degli scavi ha prodotto una variazione significativa degli equilibri nel versante, andando a riattivare le superfici di scorrimento già precedentemente impostate tra le due formazioni.

Nelle sezioni geologiche allegata alla cartografia geologica-geomorfologica sono quindi stati ricostruiti i contatti verso monte tra il substrato e i depositi di superficie, considerando plausibile l'ipotesi secondo cui questi ultimi possano scorrere verso valle come massa unitaria lungo la superficie di contatto con il substrato; le analisi di stabilità di back analysis effettuate nella documentazione geotecnica possono dare riscontro più coerente circa i possibili movimenti in atto e le masse interessate.

7.2.1 Rilievi geomorfologici di campagna

I recenti sopralluoghi svolti in area Piscinale, esternamente alle aree di cantiere, hanno mostrato versanti caratterizzati da pendenze modeste, e terrazzamenti in buono stato di conservazione, ciò anche perché rimodellati regolarmente per via delle usuali pratiche agricole.



Figura 7-11 –Panoramica del versante in località Piscinale visto da Sud



Figura 7-12 –Panoramica del versante in località Piscinale visto da Est. In primo piano la testa della paratia di valle, in prossimità dell'opera di raccolta delle acque superficiali provenienti dal versante (foto 07/2023)



Figura 7-13 –Aree coltivate in località Piscinale, poste a metà versante (vista da SE a NW)

La parte terminale del versante antistante l’abitazione Focardi, oggi cantierizzata, è stata risagomata attraverso due scarpate separate da una berma intermedia.



Figura 7-14 –Vista da basso del taglio eseguito nella parte terminale del versante, circa in asse con lo strumento inclinometrico MC51-N1 posto più a monte (foto 07/2023). E’ visibile in primo piano la testa della paratia di valle

Lungo il versante naturale le acque superficiali sono regimate da un piccolo fosso rettilineo in buono stato di conservazione (v. figure successive) che, nella parte bassa, laddove interferente con il cantiere di ampliamento, verrà captato e ricollegato all’opera idraulica che, più a valle, sottopassa l’autostrada esistente (Figura 7-12; v. anche tavola di progetto in Figura 2-3).



Figura 7-15 – Terreni a ridosso del fosso che taglia perpendicolarmente il versante, in direzione monte; in prossimità dell'albero a sx sullo sfondo è ubicata la coppia di strumenti Incl+piez. SC2



Figura 7-16 – Terreni a ridosso del fosso che taglia perpendicolarmente il versante, in direzione valle, verso le sottostanti aree di cantiere; lungo lo sterrato a destra, appena fuori dal campo visivo, è ubicata la coppia di strumenti TI502

I sopralluoghi eseguiti su campo, esternamente alle aree di cantiere, non evidenziano elementi morfologicamente rilevanti ai fini dell'individuazione di dissesti in atto, ciò in accordo a quanto già segnalato nella documentazione di progetto relativa all'intero ampliamento autostradale (Spea Engineering, 2016, Scheda 8).

Gli spostamenti già registrati in profondità negli strumenti inclinometrici TI501, MC51-N2, TI502, MC51-N1, imputabili alle lavorazioni effettuate più a valle, non hanno prodotto, al momento, alcuna forma lineare o areale rilevabile in superficie lungo il pendio.

Secondo quanto ipotizzato nella nota del Prof. G. Crosta (2023), l'interpretazione geomorfologica di alcune immagini aeree disponibili potrebbe suggerire la presenza di un fenomeno di instabilità molto ampio, che coinvolge settori molto estesi del versante rispetto a quanto già cartografato nell'inventario IFFI e PAI (Figura

7-17). Tale estensione potrebbe spiegare la discontinuità dei fenomeni mappati nel tempo nelle diverse cartografie e allo stesso tempo la capacità di alimentazione idrica verso le coperture detritiche sottostanti.

Si suggerisce il confronto tra il perimetro del dissesto più ampio, in giallo nella Figura 7-17, e l'ipotesi avanzata nel maggio 2024 dall'ABD dell'Appennino Settentrionale di cui alla Figura 4-5.

In ogni caso, l'intero versante del Piscinale sembra interessato storicamente da un lento e omogeneo movimento deformativo, pari mediamente a 2 mm/anno diretto verso valle, che coinvolge non solo alcune coltri superficiali, ma l'intero spessore dei depositi quaternari sovrastanti il substrato sepolto. Ciò è quanto emerge confrontando i dati interferometrici satellitari (2018 – 2022) relativi a diversi riflettori presenti sulla superficie del versante (v. cap. 5), e i dati di monitoraggio inclinometrico delle verticali installate, nel periodo di osservazione tra il 2016 e 2022 - ante inizio dei lavori (v. Figura 7-3)

Il versante presenta inoltre un grado di saturazione elevato, seppure soggetto a variazioni legate alla pluviometria (v. dati di Figura 7-4), il che implica differenti condizioni stagionali di stabilità della coltre detritica alluvionale. La circolazione delle acque sotterranee è discreta, così come confermato dalle prove di permeabilità in foro e dalle evidenze di campo (v. cap. successivo).

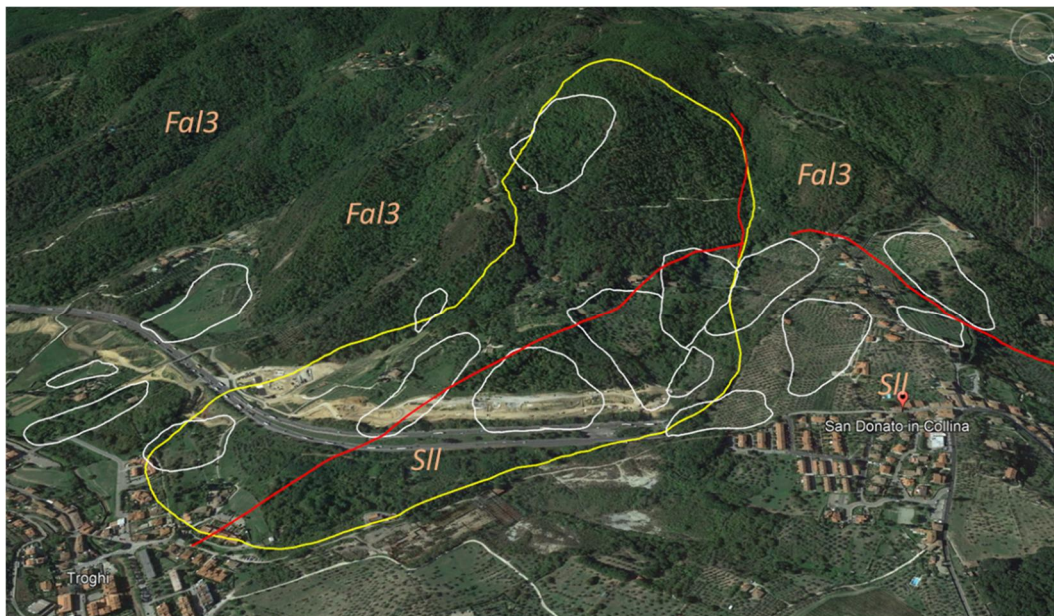


Figura 7-17 – Interpretazione geomorfologica dell'area Piscinale e zone limitrofe secondo la nota di Prof. G. Crosta (2023). Vista frontale del versante con rappresentati i domini di appartenenza delle Unità FAL3 e SIL, nonché i principali allineamenti tettonici (in rosso), in accordo a quanto riportato in letteratura. In bianco sono perimetrati i corpi di frana da cartografia IFFI/PAI; in giallo si ipotizza una perimetrazione che definisce l'estensione di un eventuale corpo di frana di grandi dimensioni, che coinvolge entrambe le Unità SII e FAL3

8 ASPETTI IDROGEOLOGICI

8.1 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI

I depositi cartografati sul versante dell'area di Piscinale (sigla a3*) sono sostanzialmente composte da termini granulari. A livello di unità idrogeologica, prendendo a riferimento la documentazione di progetto consegnata per l'ampliamento dell'intera tratta, tali depositi sono riconducibili in parte all'Unità detritico di versante (unità III) composta da depositi di frana attiva, inattiva, paleofrana e detrito di versante ed in parte rientrano nella Unità che comprende i restanti depositi sabbiosi pleistocenici del Bacino del Valdarno Superiore (unità V).

Come schematizzato dai profili geologici allegati, questi depositi hanno uno spessore di circa 35-40m e ricoprono la sottostante formazione di Sillano (SIL), sostanzialmente un acquiclude, mentre nel settore meridionale sono sovrapposti alle Arenarie di Monte Falterona (FAL).

La permeabilità dei terreni risulta variabile da media a bassa, secondo quanto evidenziato dalle prove di permeabilità eseguite nel corso delle recenti perforazioni.

Sondaggio	N. prova e tipo (a carico variab. / cost.)	Profondità m da p.c.	Trammissività (m/s)
SC1	LF1 – c. costante.	14,5	2,6 E ¹⁰⁻⁵
SC2 *	LF1 – c. variabile	15 – 16	5,0 E ¹⁰⁻⁶
SC3 *	LF1 – c. variabile	13 - 14	1,5 E ¹⁰⁻⁵
SC4	LF1 – c. costante.	12,5	1,8 E ¹⁰⁻⁴
SC5 *	LF1 – c. variabile	14,5	6,7 E ¹⁰⁻⁶

* prova rielaborata

Nell'area di studio sono presenti n.10 piezometri, a varie profondità, installati tra il 2016 e il 2023, distribuiti secondo quanto già riportato nel capitolo 3 (v. Figura 3-1 e Figura 7-2).

Tali strumenti, soggetti a monitoraggio periodico (v. Figura 7-4), mostrano soggiacenze variabili (cfr. Figura 8-1), in relazione alla loro posizione.

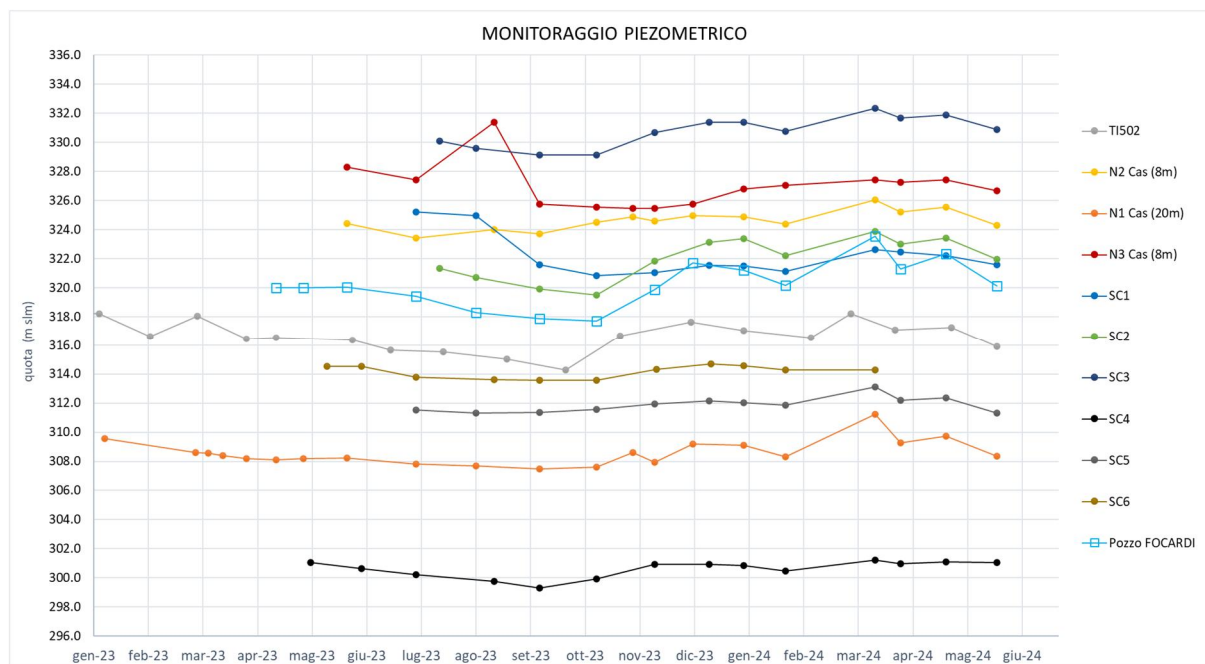


Figura 8-1 – Dati del monitoraggio piezometrico (quote livello piezometrico in m s.l.m)

A commento del grafico sopra riportato si può evidenziare come i livelli piezometrici mostrino valori massimi nel periodo invernale-primaverile e minimi coincidenti con la fine del periodo estivo, a conferma della risposta quasi immediata alla ricarica per precipitazione diretta.

Si segnala inoltre la presenza di un pozzo, profondo circa 10 m, ubicato in prossimità dell'abitazione Focardi e utilizzato a fini irrigui. La falda misurata nel pozzo negli ultimi 8 mesi mostra una soggiacenza compresa tra il p.c. e - 6 m da p.c. Secondo quanto riferito dalla proprietà il pozzo non è mai risultato asciutto, ed è soggetto a una ricarica molto rapida. I dati delle misure mensili sono riportati nella tabella seguente. Si noti, in particolare, che il minimo di soggiacenza corrisponde alla misura di fine marzo 2024, allorché si sono apprezzati i primi movimenti sulle verticali SC1 ÷ SC5, di più recente installazione.

Pozzo proprietà FOCARDI	
Quota 324 m slm	
Prof. 10m ca.	
DATA	Soggiacenza (m da p.c.)
04/05/2023	-4.00
19/05/2023	-4.00
12/06/2023	-3.95
20/07/2023	-4.60
22/08/2023	-5.70
26/09/2023	-6.15
27/10/2023	-6,28
28/11/2023	-4,15
19/12/2023	-2,31
16/01/2024	-2,78
08/02/2024	-3,84
28/03/2024	-0.46
11/04/2024	-2.72
19/05/2024	-4.00
04/06/2024	-4.00

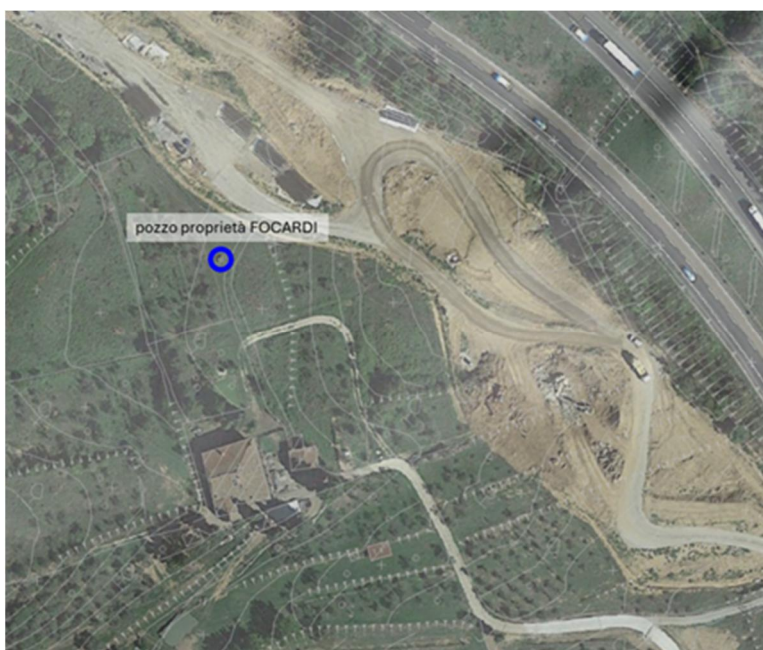


Figura 8-2 – Pozzo in proprietà Focardi. Misure freatiche e ubicazione (cerchio in blu in cartografia)

Dai dati del monitoraggio piezometrico è stata estratta una serie temporale riferibile ad una situazione di massima per l'interpolazione della geometria della falda freatica, che viene riportata nella Figura 8-3.

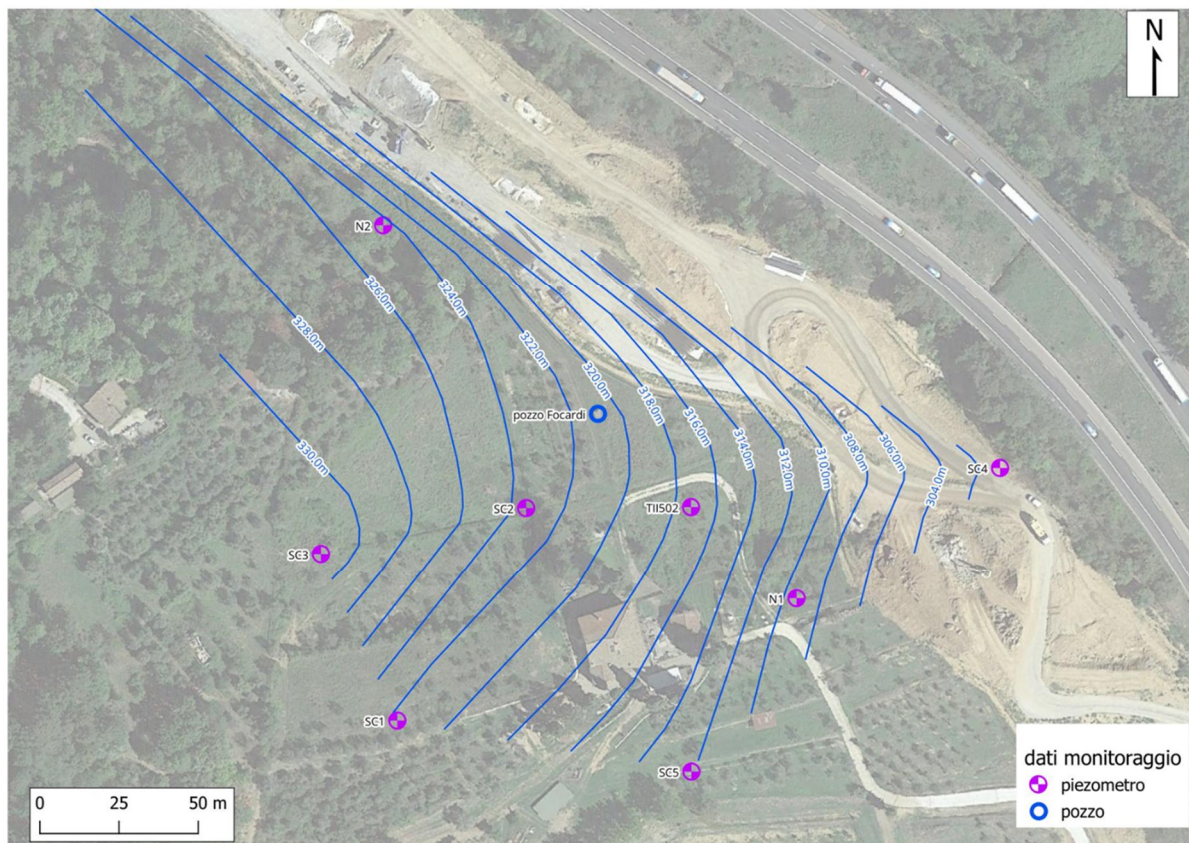


Figura 8-3 – Isopiezometriche (in m. s.l.m) del versante ovest della A1, Loc. Piscinale

A commento della ricostruzione piezometrica si evidenzia che la geometria della falda freatica contenuta nei depositi di versante mostra una direzione di drenaggio circa parallelo all'asse autostradale, che nel tratto oggetto della variante si sviluppa in trincea.

L'assetto geologico comporta dunque che i depositi costituenti il versante siano sede di un corpo acquifero freatico, di limitata estensione, caratterizzato da un grado di saturazione elevato, permeabilità medio-bassa e soggetto a variazioni contenute in alcuni m, direttamente correlabili con le precipitazioni, il che implica differenti condizioni stagionali di stabilità della coltre detritica alluvionale.

È indubbio che la presenza di una falda molto superficiale nei depositi detritici possa rappresentare un elemento di criticità per la stabilità delle coltri, laddove si instauri una perturbazione esterna degli equilibri geometrici esistenti.

8.2 SORGENTI E PUNTI D'ACQUA

Con riferimento alla zona del progetto è stata verificata la presenza di pozzi e sorgenti con i dati presenti nel database BDSRI (Banca Dati Sottosuolo e Risorse Idriche, Re. Toscana, Consorzio LAMMA).

La Figura 8-4 riporta, sulla base della Carta Geologica e Geomorfologica fornita in allegato, la posizione di pozzi e sorgenti sul versante sovrastante l'area di progetto. Nella figura è indicato il codice identificativo regionale fatta eccezione per una sorgente, identificata durante i rilievi in campo e non inserita nel database regionale.

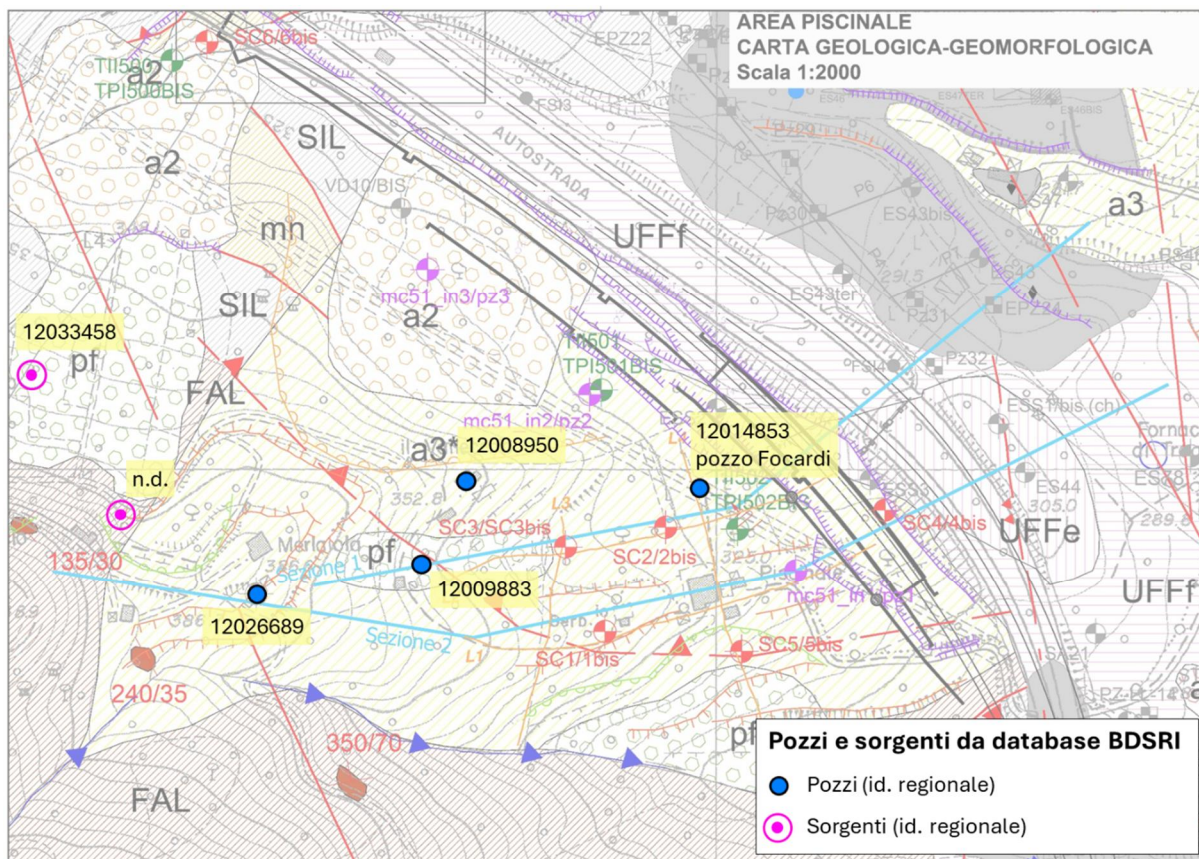


Figura 8-4 – Pozzi e sorgenti presenti nel versante ovest A1, loc. Piscinale

I dati estraibili dal database BDSRI sono riportati nella tabella seguente integrate dalla distanza dalle opere di drenaggio del versante (qui considerata la cortina di pali in ghiaia collegati a due pozzi di drenaggio).

ID reg. BDSRI	Località	Tipologia	Uso / attività	Profondità (m)	Distanza dal progetto (m)
12014853	proprietà Focardi	pozzo	domestico-irriguo	10	60
12008950	il Vallecchio	pozzo	attivo	15	220
12009883	Cascina Merlaiola	pozzo	inattivo	50	255
12026689	Cascina Merlaiola	pozzo	domestico	58	365
12033458	Pratello	sorgente	domestico	n.a.	520
n.d.	Cascina Merlaiola	sorgente	n.d.	n.a.	420

L'analisi dei punti d'acqua presenti sull'area di progetto evidenzia alcune peculiarità:

Sorgenti:

- hanno il bacino di alimentazione nella Formazione delle Arenarie di Monte Falterona, che a livello regionale è inserito nel Corpo Idrico Sotterraneo (CIS 99MM934) delle arenarie di avanfossa della Toscana nord-orientale, che comprende, oltre al Macigno della falda Toscana anche le unità silicoclastiche di avanfossa attribuite a diverse unità strutturali (Modino, Falterona, Cervarola, Marnoso-Arenacea);
- il meccanismo di emersione è probabilmente legato al tamponamento ad opera della Formazione di Sillano caratterizzata da minor permeabilità.

Pozzi:

- i pozzi di cascina Merlaiola (12026689 e 12009883) data la loro lunghezza (58 e 50m) attingono probabilmente dalla porzione superficiale del Falterona (non si dispone di dati dei filtri). I dati reperiti sul database indicano che almeno uno dei due pozzi è inattivo;
- i pozzi collocati nella porzione più bassa del versante (loc. Vallecchio e pozzo Focardi) sfruttano esclusivamente la falda freatica presente nei depositi di versante dell'area Piscinale (a3*) il cui spessore è stimabile in ca. 25-30m.

8.3 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE OPERE PREVISTE IN PERIZIA DI VARIANTE

Dall'analisi del quadro idrogeologico del versante interessato dal progetto di variante si segnala che le opere previste (vedi Figura 8-5), con particolare riferimento al drenaggio del versante attraverso la cortina di pali in ghiaia collegati a due pozzi di drenaggio, potrebbero avere un impatto sul pozzo più prossimo alle opere (pozzo proprietà Focardi) e, con minori probabilità, un impatto parziale sul pozzo presente nella porzione più elevata del versante (loc il Vallecchio).

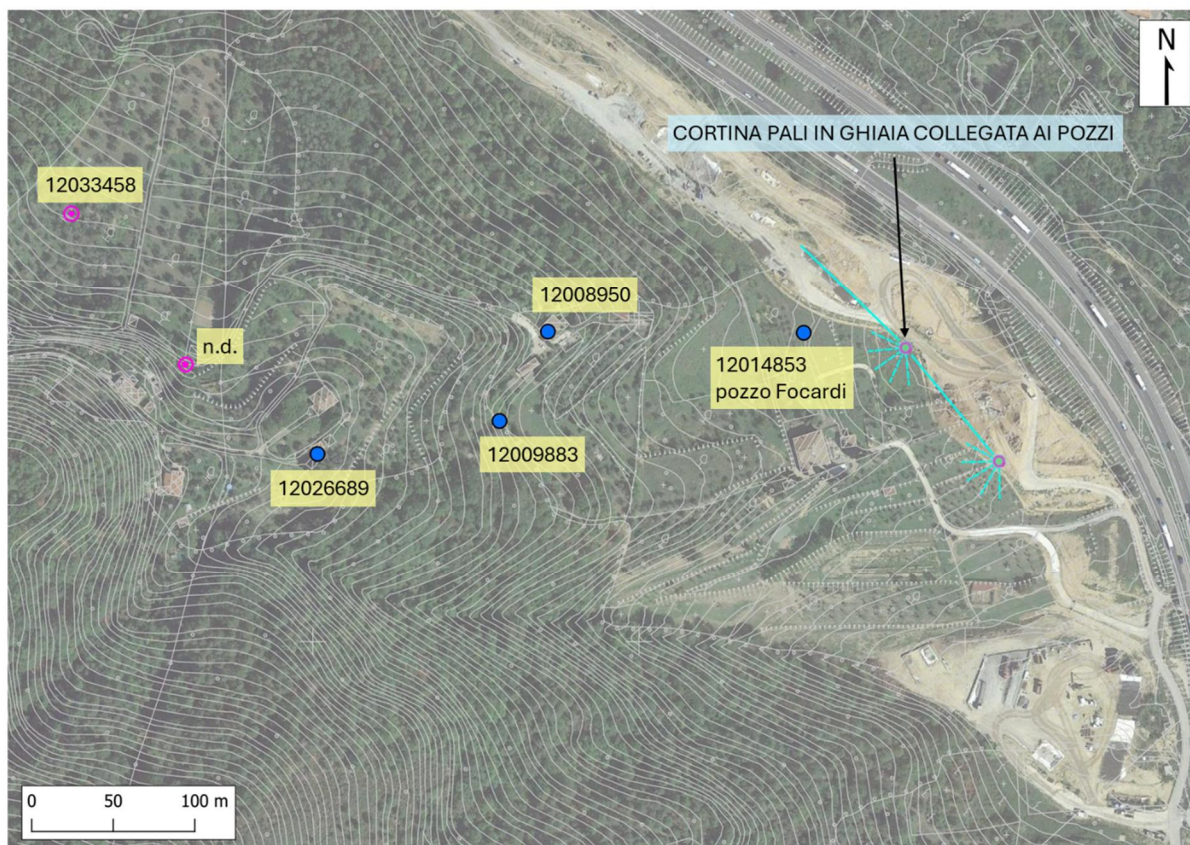


Figura 8-5 – Opere di drenaggio della falda freatica e posizione di pozzi e sorgenti nel versante ovest A1, loc. Piscinale

La valutazione dell'entità dell'abbassamento causato dalle opere di drenaggio è qualitativamente stimabile in qualche metro sull'asse della cortina; tuttavia, è funzione dell'efficacia del sistema di drenaggio nel suo insieme per cui solo stimabile nella fase ante-operam.

È quindi ragionevole attendersi che il pozzo Focardi, profondo 10m, possa registrare un abbassamento del livello piezometrico con depauperamento o totale scomparsa del livello idrico.

Il pozzo presente presso località Vallecchio (cod. 12008950), data la maggior distanza dall'asse dell'intervento drenante, potrebbe risentire in misura minore o poco rilevante dell'effetto di drenaggio.

Per quanto riguarda i due pozzi prossimi a Cascina Merlaiola (12009883, inattivo e 12026689) profondi 50 e 58m e ad una distanza variabile da 255 a 365m, hanno scarse probabilità di essere impattati dalle opere di

drenaggio, sia per la maggior distanza, sia perché sviluppati a maggior profondità nella Formazione di Falterona.

Non si prevedono invece, fenomeni di interferenza per le due sorgenti, dato che il loro naturale bacino di alimentazione è posto nelle porzioni altimetricamente più elevate.

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questo capitolo conclusivo si sintetizzano le pericolosità geologiche identificabili nell'area interessata dal progetto; ciò nell'ottica di consentire la verifica della compatibilità delle opere previste con le componenti geologiche, in accordo alla normativa vigente.

Oggetto dello studio è stata la revisione dell'assetto geologico e geomorfologico dell'area Piscinale, in riferimento alla variazione delle soluzioni progettuali adottate per le opere di sostegno del versante poste a margine della zona di ampliamento autostradale.

Lo scavo di alcuni m di coltri detritiche finalizzate alla realizzazione di una lunga opera di sostegno, ha prodotto degli spostamenti apprezzabili lungo dei piani di contatto tra le diverse formazioni individuate (depositi detritici superficiali e formazione di Sillano sottostante).

Le indagini integrative realizzate, finalizzate all'implementazione del sistema di monitoraggio del versante, hanno portato a una significativa revisione dell'assetto geologico indicato nelle cartografie specialistiche, di progetto e pubblicate, con l'identificazione di alcuni elementi di maggiore criticità riguardo al tema dei possibili dissesti: si veda la presenza di un substrato argillitico a profondità di interesse ingegneristico in tutta l'area di studio, e la presenza di depositi di copertura per spessori significativi (25-30 m), caratterizzati da elevata saturazione e una discreta circolazione delle acque sotterranee.

La cartografia geomorfologica pubblicata dagli Enti di gestione del territorio (IFFI e PAI) sostanzialmente invariata nel corso degli ultimi 6-7 anni, individua delle perimetrazioni circoscritte di frane quiescenti, in un contesto di pericolosità geomorfologica variabile localmente da medio a molto alto.

I dati di interferometria satellitare multi-temporale suggeriscono invece, per il medesimo arco di tempo, un lento e omogeneo movimento deformativo che caratterizza l'intero versante di Piscinale, in linea con le misurazioni inclinometriche degli strumenti di controllo installati in ante operam.

La resistenza al taglio offerta dai depositi nella porzione più profonda del versante, lungo i piani di scorrimento individuati al contatto con il substrato argillitico, si è verosimilmente progressivamente ridotta nel tempo giungendo a valori molto prossimi alla resistenza residua.

In tale contesto, una mutazione degli equilibri esistenti per effetto dei recenti scavi prodotti per l'installazione delle opere interrato, ha sensibilmente accelerato i meccanismi deformativi già in essere, seppure in un contesto geomorfologico caratterizzato da pendenze di versante molto limitate.

Lo studio ha portato quindi all'individuazione di un movimento esteso a tutta la fascia di pendio immediatamente retrostante gli sbancamenti, in linea con le perimetrazioni risultanti dalle back analysis eseguite nell'ambito della caratterizzazione geotecnica.

Il proseguo del monitoraggio geotecnico (inclinometrico e topografico) del versante, nonché il rilievo topografico, sia delle opere in progetto, sia anche eventualmente della stessa infrastruttura autostradale, consentirà di comprendere l'eventuale evoluzione dei fenomeni deformativi.

Dato il contesto idrogeologico del versante e la possibile interferenza causata dalla opere di drenaggio della falda freatica, il monitoraggio dovrà estendersi ai punti d'acqua presenti sul versante individuati nel precedente capitolo, incrociando l'andamento piezometrico (e di portata delle sorgenti) con la portata in uscita dall'opera di drenaggio (cortina di pali in ghiaia collegata ai due pozzi).

Dal punto di vista sismico si segnala la presenza di strutture sismogenetiche, composite e individuali, non distanti dall'area di studio, caratterizzate da sismi massimi attesi variabili fino a MW 6,9. La categoria sismica di suolo risultante dalle indagini geofisiche effettuate è di tipo B.

10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale (ex AdB Arno). Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico (PAI), scala 1:10.000, adozione 04/01/2023, accesso web maggio 2023: Zonizzazione aree a diversa pericolosità da frana.

Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale (ex AdB Arno). Piano Stralcio Riduzione Rischio Idraulico fiume Arno, accesso web maggio 2023.

Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale (ex AdB Arno) (2023). Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), accesso web maggio 2023.

Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale (ex AdB Arno) (2023). Piano di Gestione delle Acque (PGA), accesso web maggio 2023.

Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale (2024). Prot. 4789/2024. Disciplina dei PAI dissesti di cui alle delibere di conferenza isituzionale permanente n. 39-40/2024. Proc. Ex. Art. 15, modifica alla mappa di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica ex art. 6 comma 1, per il versante in loc. Piscinale nel Comune di Rignano sull'Arno (FI). (...)

Comune di Rignano sull'Arno (2014). Piano Strutturale Comunale. Relazione tecnica a carte tematiche.

Concessioni e Costruzioni Autostrade spa (1962-1965). Autostrada Milano Roma Napoli. Tronco Ponte a Ema – Incisa, Zona Incisa Val D'Arno – Sezione S.Donato. Frana tra i lotti 7 e 8. Tavole di progetto.

Crosta G. (2023). Autostrada A1 Milano – Napoli. Tratto Firenze Sud – Incisa. Variante della Galleria S.Donato. Località Piscinale. Analisi dei dati disponibili e parere

Dipartimento Protezione Civile (2023, sito web). Classificazione sismica nazionale (<https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/sismico/attivita/classificazione-sismica>), accesso ottobre 2023.

European Ground Motion Service - interferometria satellitare periodo 2015-2021 (<https://egms.land.copernicus.eu/>) accesso ottobre 2023.

INGV (2023, web site). DBMII15: Database Macrosismico Italiano, versione 4.0: sismicità storica dal 1000 al 2021. (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>), accesso web ottobre 2023.

INGV (2023, web site). ISIDE (Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base): Database dei dati parametrici dei terremoti avvenuti tra il 1° gennaio 1985 e data odierna: (<http://cnt.rm.ingv.it/>), accesso web ottobre 2023.

INGV (2023, web site) DISS3 (Database of Individual Seismogenic Sources). Strutture sismogenetiche. (<http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321>), accesso web ottobre 2023.

INGV (2023, web site). MPS04-S1. Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>), accesso web ottobre 2023.

ISPRA (2023, web site). Progetto IFFI: Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia. Cartografia tematica on line (<https://www.progettoiffi.isprambiente.it/>), accesso web ottobre 2023.

ISPRA (2005). Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (progetto CARG) - Foglio 276 52 Figline Valdarno.

ISPRA (2023, web site). ITHACA (ITaly HAZard from Capable fault. Catalogo delle faglie capaci. (<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/default>), accesso web maggio 2023.

Regione Toscana. Geoportale GEOscopio (<https://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>), consultazione dei livelli informativi relativi a database geologico regionale e database geomorfologico regionale, accesso web ottobre 2023

SPEA Ingegneria Europea (2010) – Autostrada A1 Milano Napoli - Ampliamento terza corsia Barberino di Mugello – Incisa Valdarno. Tratto Firenze Sud – Incisa. Progetto Esecutivo

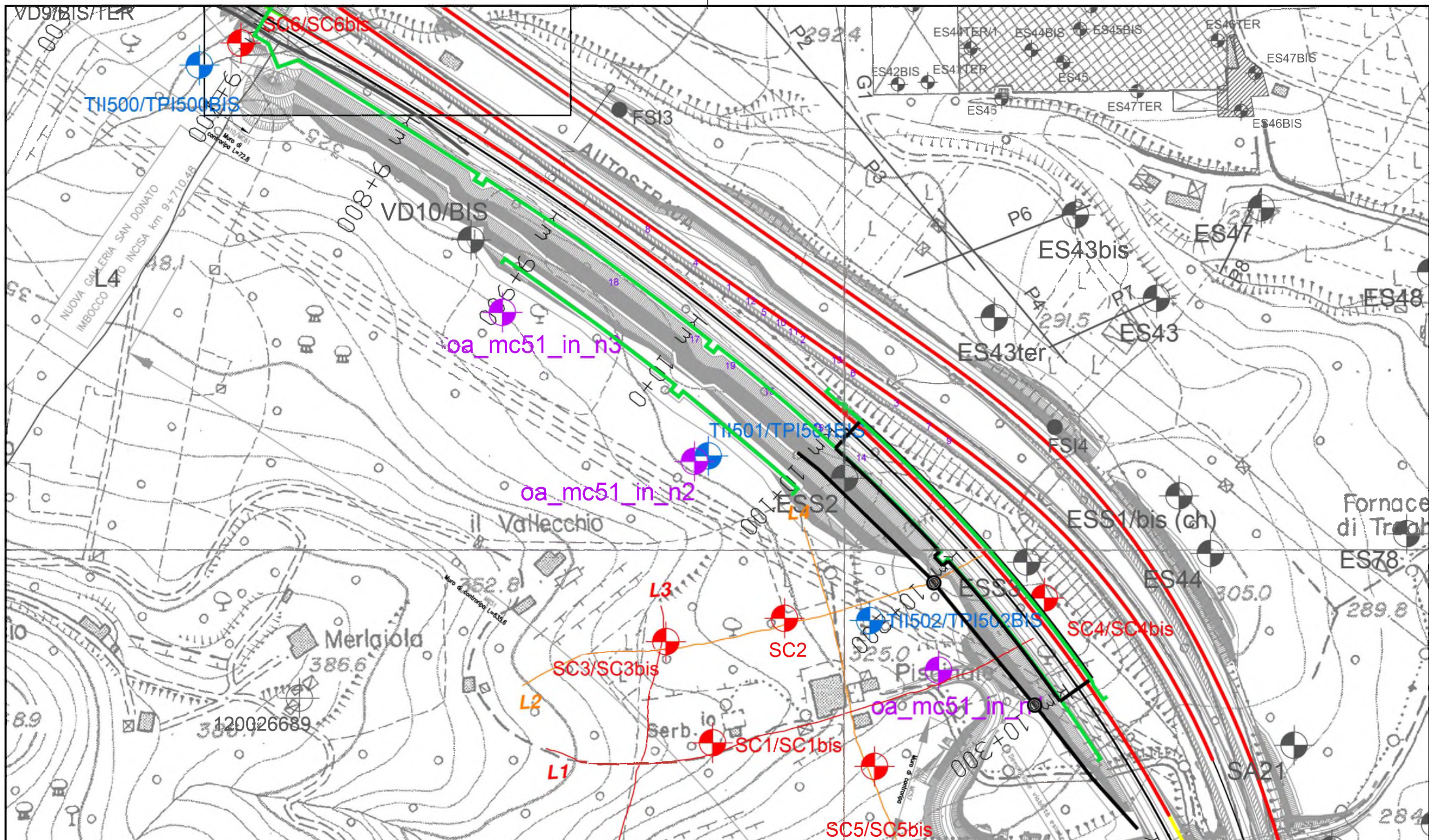
SPEA Ingegneria Europea (2011-2015) – Autostrada A1 Milano Napoli - Ampliamento terza corsia Barberino di Mugello – Incisa Valdarno. Tratto Firenze Sud – Incisa - Variante San Donato. Progetto Definitivo

Spea Engineering (2016) – Autostrada A1 Milano Napoli - Ampliamento terza corsia Barberino di Mugello – Incisa Valdarno. Tratto Firenze Sud – Incisa. Progetto Definitivo - Documentazione in ottemperanza all'art.75 DPGR 48/r del 08/08/2003 e s.m.i.-Scheda 9

Spea Engineering (2016). Autostrada A1 Milano Napoli - Ampliamento terza corsia Barberino di Mugello – Incisa Valdarno. Tratto Firenze Sud – Incisa. Variante San Donato – Stralcio B. Progetto Esecutivo

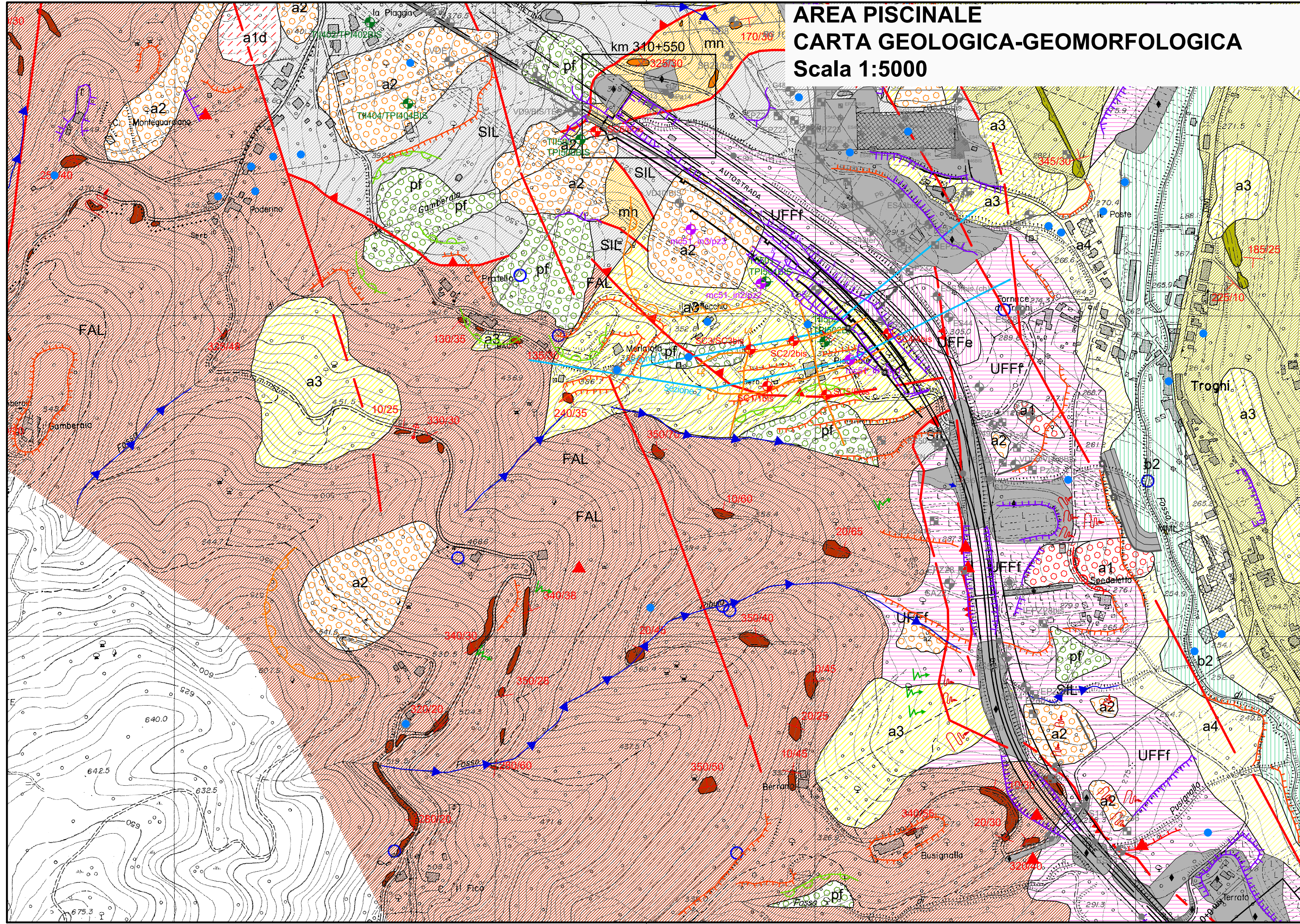
ALLEGATI CARTOGRAFICI

- Planimetria di ubicazione indagini geognostiche 1:2.000
 - Carta geologica e geomorfologica 1:5.000 e 1:2.000
 - Sezioni geologiche 1:2.000
 - Carta della pericolosità da frane e idraulica (da P.S.A.I. ed I.F.F.I.) 1:2.000
-

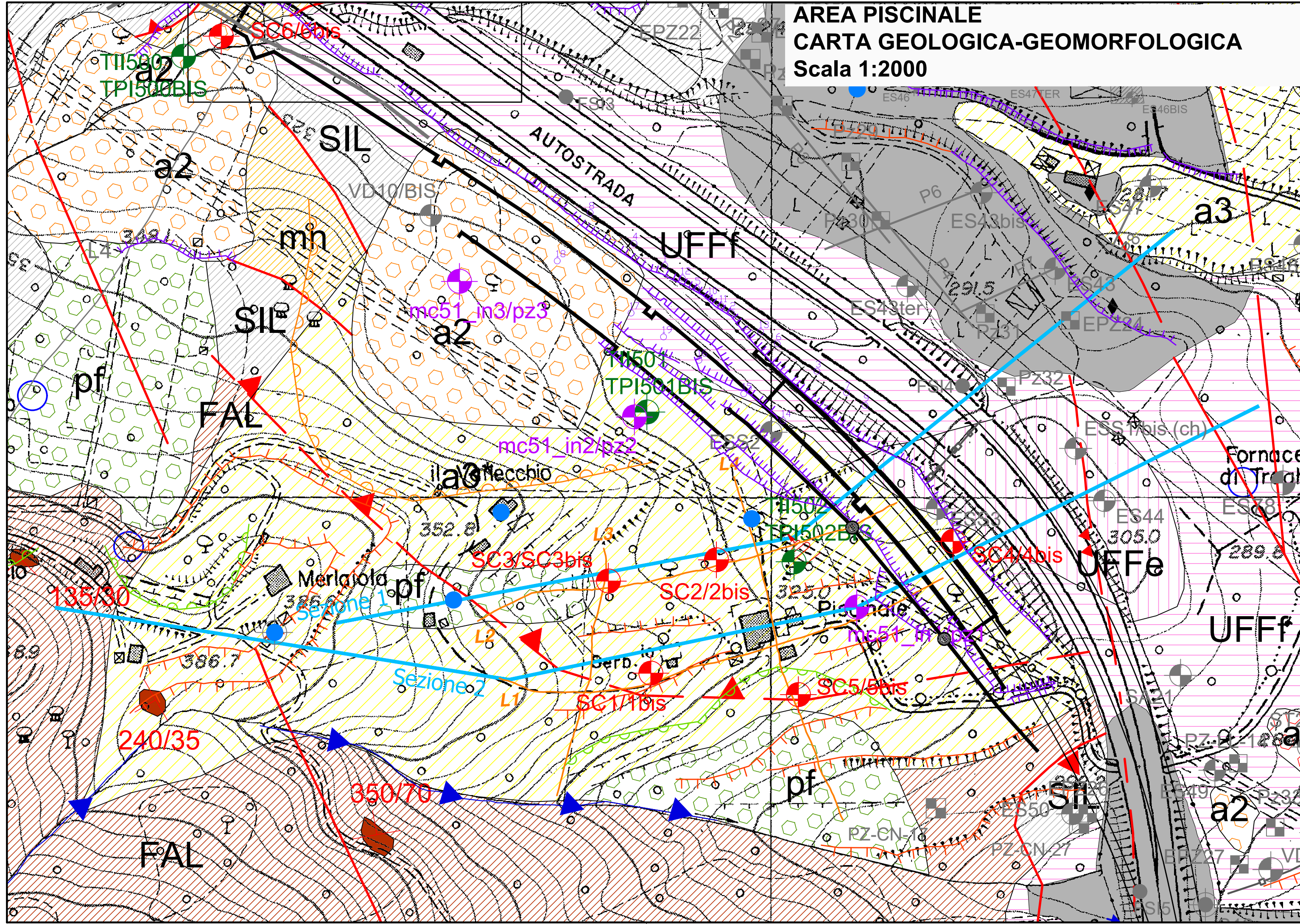


Campagna d'indagine	Sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione	Geofisica a rifrazione (Vp)	Geofisica a rifrazione (Vp+Vs)
Indagini di progetto			
Indagini Ante Opera MAM			
Indagini Monitoraggio MOG			
Sondaggi del costruttivo dell'Autostrada recuperati ad aprile 2023			
Indagini Integrative 2023			

AREA PISCINALE CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA Scala 1:5000











AREA PISCINALE
CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA
Scala 1:2000



LEGENDA PLANIMETRIA

DEPOSITI E COPERTURE QUATERNARIE CONTINENTALI

-  **a1 - Deposito di frana attiva**
Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico con evidenze di movimento in atto o recente (spessori ca > 5 m).
-  **a1c - Deposito di frana di crollo attiva**
Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico in evoluzione
-  **a2 - Deposito di frana quiescente**
Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico senza evidenze di movimenti recenti (spessori ca > 5 m).
-  **a1c - Deposito di frana di crollo quiescente (soggetta a locali riattivazioni)**
Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico in evoluzione
-  **pf - Deposito di paleofrana.** Accumulo di materiale eterometrico con matrice caratterizzato da raggiunte condizioni di stabilità e caratterizzato da forme relitte talora riconoscibili con difficoltà. Corpo franoso di grandi dimensioni (ad ovest di San Donato in Collina) con possibile presenza di estese porzioni di roccia preservata, alternati a clasti eterometrici con matrice, alterati. Spessori fino a pluridecametrici.
-  **a3 - Detrito di versante**
Clasti e blocchi di materiale eterogeneo ed eterometrico accumulato lungo i versanti (spessori ca > 3-4 m).
-  **a4 - Deposito eluvio-colluviale**
Sabbie , limi ed argille con clasti derivanti dall'alterazione del materiale del substrato ed accumulati in posto o dopo breve trasporto.
-  **a3* - Detrito di versante/ UFFd - Ciottolami di Loro Ciuffenna**
Depositi di conoide detritico/alluvionale ad elementi arenacei, in matrice sabbiosa limosa, nocciola rossastra, con locali livelli maggiormente limosi. All'interno dei depositi si individuano, a varie profondità, blocchi arenacei più voluminosi, di dimensione metrica, provenienti dallo smantellamento dalla formazione di Falterona affiorante sui versanti retrostanti.
Età: Pleistocene medio?



SUCCESSIONE DEI BACINI INTERMONTANI

SUCCESSIONE DEL BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE

Depositi fluvio-lacustri Età: Pliocene medio-Pleistocene medio

Sintema del Torrente Ciuffenna - UFF


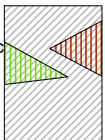
Età: Pleistocene inferiore e medio

-  **UFFf - Limi di Pian di Tegna**
Limi argillosi e/o sabbiosi di colore bruno giallastro o rossastro con abbondanti screziature grigie o biancastre. Frequenti intercalazioni di sabbie più o meno limose, sabbie talora ghiaiose e lenti di ghiaie (da moderatamente a molto alterate). Possibili locali livelli di argille ed argille torbose.
Età: Pleistocene medio
-  **UFFe - Sabbie del Tasso**
Sabbie di colore da bruno-giallastro a grigio-giallastro spesso alterate con colori rossastri. Intercalazioni lentiformi di ghiaie e ciottolami e di limi grigi ed argille talora torbose nerastre.
Età: Pleistocene inferiore e medio


UNITÀ TETTONICHE LIGURI

UNITÀ TETTONICA MONTE MORELLO

SUCCESSIONE DELLA CALVANA




-  **MML - Formazione di Monte Morello**
Alternanza di calcari marnosi nocciola e grigio chiari da compatti a granulosi, talora con base calcarenitica, marne da avana a grigie talvolta scure, calcilutiti e calcari grigi in strati da spessi a molto spessi e banchi. Localmente presenti livelli di calcareniti da sottili a medi più frequenti verso la base della formazione e livelli e liste centimetriche di selce nera. Possibile presenza locale di marne molto foliate ed argilliti di colore scuro intercalati per qualche metro nella sequenza calcareo mamosa.
Età: Eocene inf.-medio
-  **SIL - Formazione di Sillano**
Alternanza di argilliti prevalenti, siltiti con calcari e calcari marnosi grigi, marne color grigio e nerastre, calcareniti prevalentemente sottili, fini di colore grigio, grigio-verdastro, calcari silicei verdastri. Le argilliti presentano una struttura scagliosa. Le argilliti e le siltiti hanno prevalente colore grigio, grigio-verdastro, e talora colore rossastro. In sondaggio sono riconosciuti dei livelli brecciati spesso riciclati in calcite. Rara presenza di serpentiniti. Frequentemente gli strati dei litotipi più competenti, a causa della tettonizzazione, non mostrano continuità laterale tale da permettere di tracciarne con certezza i limiti. Molto frequentemente i sondaggi mostrano che dove la formazione è subaffiorante, o sottostante ai depositi di bacino e alle coperture, è presente una fascia di alterazione di spessore variabile (di solito = o > 5 m) nella quale la porzione argillitica è ridotta ad argilla limosa inglobante però porzioni scagliose (indicata in profilo da un apposito limite). In profilo sono state indicate le zone dove i sondaggi segnalano prevalenti siltiti grigie o rossastre con foliazione molto pervasiva, fragili, con presenza di superfici lucide e patine biancastre.
Riconosciute in sondaggio due facies:
SILar - alternanza pelitico arenacea di calcareniti in strati da sottili a spessi, marne argillose e siltose da compatte a foliate ed argilliti di color grigio e grigio scuro - nerastro;
SILmc - alternanza di calcari e marne calcaree con argilliti e arenarie (da frequenti a subordinate).
Età: Cretaceo sup.- Eocene inf.

UNITÀ "incertae sedis"

















-  **mn - marne**
Marne di colore giallastro all'alterazione e grigiastre in sondaggio. Frequenti vene di calcite. Incluse tettonicamente in SIL.
Età: Chattiano (Oligocene superiore)

UNITÀ TETTONICHE TOSCANE





UNITÀ TETTONICA FALTERONA

-  **FAL - Arenarie del Monte Falterona**
Arenarie e peliti. Stratificazione da sottile a molto spessa. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a strati spessi e molto spessi. Presenti olistostromi extraformazionali a prevalente composizione argillitica talora con calcari (ol).
Età: Chattiano - Aquitaniano (MNN1a-MNN1d) (Oligocene sup.- Miocene)
-  **In planimetria: a) affiorante b) subaffiorante**
-  **Deposito antropico: materiali di riporto, rilevati stradali, arginature**



Simboli

-  **Faglie certe**
Faglie presunte o sepolte
-  **Sovrascorrimento prima fase certo**
Sovrascorrimento prima fase presunto o sepolto
-  **Sovrascorrimento seconda fase certo**
Sovrascorrimento seconda fase presunto o sepolto
-  **Contatto stratigrafico certo**
Contatto stratigrafico presunto
-  **Contatto tettonizzato certo**
Contatto tettonizzato presunto o sepolto
-  **Cava attiva ed inattiva**
-  **Area intensamente tettonizzata: materiale da molto fratturato a brecciato talora con matrice ed alterazione, strati spiegazzati.**
-  **Sorgenti**
-  **Pozzo (da BDSRI Lamma)**
-  **Traccia di sezione**
-  **Estensione superficie di movimento da riscontri inclinometrici e successiva Analisi di stabilità**
-  **Strato orizzontale, suborizzontale**
-  **Strato diritto**
-  **Strato rovescio**
-  **Strato verticale (base indicata dal pallino)**
-  **Strato a polarità incerta**


FORME E DEPOSITI DOVUTI ALL'AZIONE DELLA GRAVITÀ E PROCESSI DI PENDIO

-  **Orlo di scarpata di frana: a) attiva b) quiescente c) paleofrana**
-  **Soliflusso localizzato**
-  **Frana non cartografabile**
-  **Orlo di scarpata o debole rottura di pendio**








FORME E PROCESSI DOVUTI ALLO SCORRIMENTO DELLE ACQUE

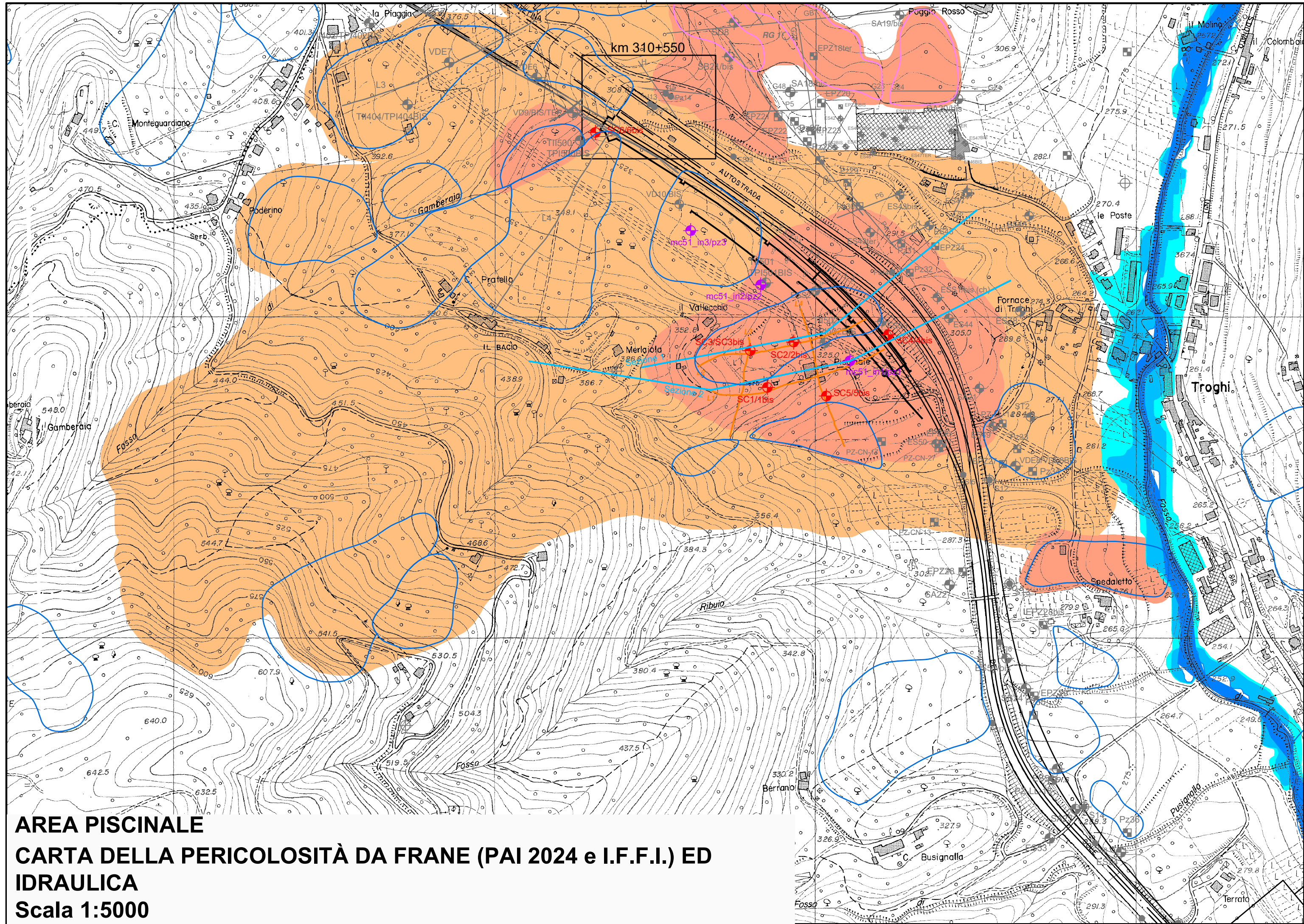
-  **Erosione localizzata**
-  **Alveo in approfondimento**

FORME E DEPOSITI ANTROPICI

-  **Orlo di scarpata antropica**

LEGENDA GEOGNOSTICA





Campagna d'indagine	Sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione	Geofisica a rifrazione (Vp)	Geofisica a rifrazione (Vp+Vs)
Indagini di progetto			
Indagini Ante Opera MAM			
Indagini Monitoraggio MOG			
Sondaggi del costruttivo dell'Autostrada recuperati ad aprile 2023			
Indagini Integrative 2023	 SCn	 Ln	 Ln






AREA PISCINALE
CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANE (PAI 2024 e I.F.F.I.) ED
IDRAULICA
Scala 1:5000

LEGENDA





DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE Perimetrazione delle aree a pericolosità da frana (da PAI 2024)

Classi"	Descrizione
 P4	P4 - Pericolosità molto elevata - Aree instabili interessate da fenomeni di dissesto attivi di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali/artificiali o lungo le pendici.
 P3a	P3a - Pericolosità elevata - Aree potenzialmente instabili non interessate da fenomeni di dissesto attivi, ma in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali aree interessate da instabilità in passato e/o segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, sulla base dei quali non è possibile escludere la riattivazione dei dissesti.
 P3b	P3b - Pericolosità elevata - Aree interessate da possibili instabilità di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali/artificiali o lungo le pendici, per effetto di condizioni geomorfologiche e fisiche sfavorevoli che determinano elevata propensione al dissesto.
 P2	P1 - Pericolosità media - Aree stabilizzate, aree stabili interessate tuttavia da litologie e condizioni strutturali e geomorfologiche che determinano propensione media al dissesto e che possono dar luogo a modifiche della loro condizione di stabilità.





Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica (da Piano Gestione Rischio Alluvioni)

-  P3 Aree a pericolosità da alluvione elevata
-  P2 Aree a pericolosità da alluvione media
-  P1 Aree a pericolosità da alluvione bassa

Inventario dei fenomeni franosi (I.F.F.I.) - Tipo di movimento

-  Crollo/ribaltamento
-  Scivolamento e colata lenta
-  Colata rapida
-  Deformazioni superficiali o franosità diffusa

Indagini geognostiche

Campagna d'indagine	Sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione	Geofisica a rifrazione (Vp)	Geofisica a rifrazione (Vp+Vs)
Indagini di progetto			
Indagini Ante Opera MAM			
Indagini Monitoraggio MOG			
Sondaggi del costruttivo dell'Autostrada recuperati ad aprile 2023			
Indagini Integrative 2023	