

SS 16 ADRIATICA - VARIANTE DI ANCONA
 Ampliamento da 2 a 4 corsie da Falconara a Baraccola
 1° Lotto: Tratto Falconara - Torrette (svincoli inclusi)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **AN1**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
 Dott. Ing. Nando Granieri
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:



Dott. Ing. N. Granieri
 Dott. Arch. N. Kamenicky
 Dott. Ing. V. Truffini
 Dott. Arch. A. Bracchini
 Dott. Ing. F. Durastanti
 Dott. Geol. G. Cerquiglini
 Geom. S. Scopetta
 Dott. Ing. L. Sbrenna
 Dott. Ing. E. Sellari
 Dott. Ing. F. Novelli
 Dott. Ing. L. Dinelli
 Dott. Ing. L. Nani
 Dott. Ing. F. Pambianco
 Dott. Agr. F. Berti Nulli

MANDANTI:
 Dott. Ing. D. Carlacchini
 Dott. Ing. S. Sacconi
 Dott. Ing. G. Cordua
 Dott. Ing. V. De Gori

Dott. Ing. V. Rotisciani
 Dott. Ing. F. Macchioni
 Dott. Ing. M. Sorbelli
 Dott. Ing. V. Piunno
 Dott. Ing. G. Pulli

IL PROGETTISTA:
 Dott. Ing. Federico Durastanti
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

IL GEOLOGO:
 Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
 Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

Il R.U.P.:
 Dott. Ing. Massimo Giovinazzo

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
 Dott. Ing. Filippo Pambianco
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA



GEOLOGIA E IDROLOGIA

Relazione geologica ed idrogeologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00-GE00-GEO-RE01-D		
DPAN02	E	1801	CODICE ELAB. T00GE00GEORE01	D	-
D	Revisione interna	31/07/2020	R. Salucci	G. Cerquiglini	N. Granieri
C	Revisione a seguito rapporto intermedio DGSV139/2 del 07/06/2019	01/09/2019	R. Salucci	G. Cerquiglini	N. Granieri
B	Revisione a seguito rapporto intermedio DGSV139/1 del 15/02/2019	18/03/2019	R. Salucci	G. Cerquiglini	N. Granieri
A	Emissione	15/10/2018	R. Salucci	G. Cerquiglini	N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	4
1.1 UBICAZIONE DEL SITO.....	5
1.2 INFRASTRUTTURA ESISTENTE – STATO DI FATTO	5
1.2.1 Variante esistente – Bonifica del piano posa dei rilevati e delle trincee	6
1.2.1 Variante esistente – Sistemazione idrogeologica svincolo Torrette in loc. Taglio 7	
1.2.1 Area di servizio Sanzo ovest.....	9
1.3 DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E TECNICA DISPONIBILE	10
1.4 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA IDRAULICA E SISMICA.....	12
1.4.1 Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI) – rischio geomorfologico	13
1.4.2 Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI) – rischio idraulico.....	16
1.4.3 Carta della pericolosità geologica del PRG 99 del comune di Falconara – anno 2003.....	16
1.4.4 Carta della pericolosità sismica del PRG'99 del comune di Falconara – anno 2003.....	21
1.5 ALTRA DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E TECNICA DISPONIBILE	25
1.5.1 Verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica – Viadotto Falconara II – Studio ANAS – Settembre 2010	25
1.5.2 Verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica – Viadotto Barcaglione – Studio ANAS - Settembre 2010	27
1.6 PRESCRIZIONI SUL PROGETTO DEFINITIVO A BASE DI GARA.....	29
1.6.1 Prescrizioni del DEC/DSA/2004/0234.....	29
1.6.2 Nota n. 813/VIA della Regione Marche del 19 Maggio 2003.....	30
1.6.3 Parere dell'Autorità di Bacino della Regione Marche	31
1.6.4 Elenco normative di riferimento – Geologia, Geotecnica e Sismica	32
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	35
2.1 DAL PLIOCENE ALL'OLOCENE	37

2.1.1 Il Plio-pleistocene marchigiano	38
2.1.2 Alluvioni terrazzate e depositi di versante.....	40
2.2 LA GEOLOGIA DELL'AREA FRA FALCONARA E ANCONA	40
2.3 LA GEOLOGIA DELL'AREA FRA FALCONARA E ANCONA – ANALISI E DESCRIZIONE DEI NUOVI DATI DAL CARG	45
3. RILEVAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO.....	50
3.1 AFFIORAMENTI DEL SUBSTRATO.....	50
4. DESCRIZIONE E INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE	52
4.1 CAMPAGNA ANNO 1991	52
4.2 CAMPAGNA ANNO 2000	54
4.3 CAMPAGNA ANNO 2008	55
4.4 CAMPAGNA ANNO 2011	57
4.5 CAMPAGNA ANNO 2018	63
5. CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI DI COPERTURA E DEL SUBSTRATO	69
6. FOTOINTERPRETAZIONE.....	72
7. GEOMORFOLOGIA	74
7.1 EVIDENZE DI CARATTERE GEOMORFOLOGICO – DISSESTI IN ATTO.....	81
7.1.1 Frana 1: Svincolo di Falconara – dissesto km 1+160.....	82
7.1.2 Frana 2: Aree di Servizio direzione AN e Falconara.....	86
7.1.3 Frana 3 parziale riattivazione E4: Galleria Barcaglione. Imbocco lato AN – dissesti km 3+110-3+275 lato monte	92
7.1.4 Frana 4: Dissesto tra Rilevato e Galleria Orciani - dissesto km 3+980 – 4+240 lato valle.....	101
7.1.5 Frana 4bis: Dissesto prima dell'imbocco galleria Orciani - km 4+240 – 4+320 103	
7.1.6 Frana 5: Galleria Orciani – dissesto km 4+420 – 4+480 parte alta rilievo collinare 107	

7.1.7 Frana 6: Galleria Orciani Imbocco esistente AN – dissesti km 4+520 – 4+625 lato monte e valle	108
7.1.8 Frana 7: Dissesti km 4+900 – 4+950 lato monte	117
7.1.9 Frana 8 e riattivazione frana quiescente E7: Nuovo Cavalcavia CV03 e viabilità di innesto – dissesto km 5+400 – 5+500 lato monte.....	120
7.1.10 Frana 9: Dissesto km 6+050– 6+250 lato monte	124
7.1.11 Frana F 10 e frana quiescente E8 con locali riattivazioni: Viadotto Taglio - Svincolo Torrette (pressi) km 6+400 – 6+530 lato valle.....	127
7.1.12 Altre aree in dissesto attivo.....	134
7.2 MONITORAGGIO INCLINOMETRICO	139
7.3 PROSECUZIONE DEL MONITORAGGIO	150
8. IDROGEOLOGIA	151
9. SISMICITA'.....	156
9.1 SISMICITÀ REGIONALE.....	157
9.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLE MARCHE.....	157
9.3 PERICOLOSITÀ SISMICA NELLE MARCHE	158
9.4 SISMICITÀ DELL'AREA D'INDAGINE	159
9.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA D'INDAGINE.....	161
9.6 PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA D'INDAGINE	161
9.7 AZIONE SISMICA, CATEGORIA DI SUOLO E CONDIZIONI TIPOGRAFICHE	165
9.8 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	170
10. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	172
11. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO E CONSIDERAZIONI PROGETTUALI.	184
11.1 PRESCRIZIONI PER IL PIANO DI MANUTENZIONE.....	193

1.PREMESSA

La presente relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica è parte integrante della progettazione esecutiva dei lavori di ampliamento da due a quattro corsie della SS16 Adriatica, "Variante di Ancona", nel tratto afferente il 1° lotto Falconara-Torrette (Svincoli inclusi) e accompagna in forma di nota descrittiva la cartografia tecnica specificatamente redatta costituita da:

- "Carta Geologica – scala 1:2.000" (n.7 elab. T00GE00GEOCG01-07);
- "Carta Geomorfologica – scala 1:2.000" (n.7 elab. T00GEO00GEOCG08-14);
- "Carta Idrogeologica – scala 1:2.000" (n.7 elab. T00GEOGE00OCI01-07);
- "Profilo geologico di progetto asse sud – scala 1:1000/100 (n.9 elab. T00GEO00GEOFG01-09);
- "Profilo geologico di progetto asse nord – scala 1:1000/100 (n.9 elab. T00GEO00GEOFG13-21);
- Sezioni trasversali – asse principale T00GE00GEOCG15-21
- Sezioni trasversali – svincolo falconara e svincolo torretta T00GE00GEOCG22

A supporto del progetto sono state eseguite varie campagne d'indagini geognostiche che hanno consentito di integrare i dati reperiti in letteratura, con i risultati dei rilevamenti geologici di campagna e quindi di acquisire ulteriori informazioni di carattere geologico tecnico che approfondiscono il quadro conoscitivo già disponibile.

- campagne del 1988 e del 1991 a sostegno del progetto preliminare;
- campagna del 2000 a sostegno del progetto definitivo;
- campagna del 2008 a sostegno del progetto esecutivo dei sovrappassi n°1, 2;
- campagna del 2011 a sostegno dell'aggiornamento del progetto definitivo
- campagna di 2018 a sostegno del progetto esecutivo

Nella campagna del 2011 è stato anche eseguito un monitoraggio su inclinometri e piezometriche si è protratto per un anno con misure a cadenza bimestrale fra agosto 2011 e settembre 2012; con un'ulteriore lettura acquisita nel marzo 2017

Nella campagna eseguita nel periodo compreso fra marzo e settembre 2018 sono stati posti in opera numerosi inclinometri per i quali, alla data attuale, è in via di attivazione un monitoraggio che si dovrebbe protrarre per un periodo di alcuni anni.

1.1 UBICAZIONE DEL SITO

Il tracciato stradale in studio ricade nella parte nord-occidentale della provincia di Ancona e interessa, da Nord verso Sud, i comuni di Falconara Marittima ed Ancona. Facendo riferimento alle infrastrutture esistenti si sviluppa a partire dal tratto finale della S.S.76, a NE di Castelferretti, ridisegna lo Svincolo di Falconara, amplia la sede stradale esistente in direzione E-SE, attraversa lo Svincolo di Torrette per riconnettersi all'esistente Variante di Ancona nel punto in cui sottopassa in galleria Via Strada del Carmine, in comune di Ancona (Figura 1-1).

L'infrastruttura si posiziona quindi nel settore centro-settentrionale della bassa collina anconetana, caratterizzata da una morfologia dolce e ondulata con quote topografiche degradanti verso NE, su depositi colluviali argillosi e limosi derivanti da formazioni geologiche di origine marina di età plio-pleistocenica.

Lo sviluppo planimetrico è di circa 7+200 m.



Figura 1-1 - Ubicazione infrastruttura di progetto (tratto compreso fra frecce le rosse)

1.2 INFRASTRUTTURA ESISTENTE – STATO DI FATTO

Il tracciato esistente della SS16 a partire dallo Svincolo Falconara si dirige verso SE risalendo a mezza costa le pendici settentrionali della Costa del Tesoro fino all' ampia incisione del Fosso della Rigatta, superato in viadotto (Viadotto Falconara II). Da qui piegando verso Sud attraversa in galleria uno spartiacque minore del M. Barcaglione (Galleria naturale Barcaglione) ed inizia a scendere di quota percorrendo a mezza costa la dorsale parallela al mare che congiunge il M. Barcaglione al Montagnolo. L'andamento della superficie topografica in questo tratto, caratterizzato da dossi alternati a incisioni torrentizie, ha comportato la realizzazione di due ulteriori viadotti (Barcaglione, Orciani) e di una galleria naturale (Orciani). Dall'uscita della Galleria Orciani il tracciato riprende a salire raggiungendo il culmine della dorsale di Colle Ameno, che attraversa in trincea, per poi ridiscendere a mezza costa verso lo Svincolo delle Torrette (ex Svincolo del Taglio). In corrispondenza dello svincolo esistente sono presenti n.3 viadotti (denominati Taglio I, Taglio II e Taglio III) con un diffuso sviluppo di paratie di pali di grande diametro a sostegno dei terreni. Dallo svincolo Torrette la strada esistente prosegue verso Est

in direzione del Montagnolo fino alla Galleria Madonna del Carmine (esclusa dal presente progetto) prima della quale è fissato il punto d'inizio del 2 lotto della variante di Ancona e, conseguentemente, quello di chiusura del 1° lotto. Nel tratto d'interesse l'infrastruttura esistente presenta una sede stradale ad una sola corsia per senso di marcia, cui si aggiunge una "corsia di arrampicamento" nei tratti caratterizzati da pendenza accentuata.

I sopralluoghi effettuati durante lo sviluppo della progettazione nel 2011 - 2012, e successivamente nel 2017, evidenziano un'arteria in efficienza, seppur datata, caratterizzata da condizioni di sensibile traffico. A livello geologico - geotecnico i pendii attraversati mostrano l'aspetto tipico dei versanti costieri adriatici con frequenti ondulazioni della superficie conseguenza delle deformazioni periodiche delle coltri di copertura. Sono stati osservati e cartografati fenomeni di dissesto riconducibili a erosione concentrata o diffusa, colate superficiali o colate passanti in profondità a scivolamenti, creep e soliflussi le cui evidenze in corrispondenza delle opere esistenti si traducono in disallineamenti dei giunti e/o crepe/fessurazioni lungo i muri di sostegno, ondulazioni o fessurazioni sul manto stradale (specie lungo Via del Tesoro) perdita di verticalità dei pali dell'illuminazione ecc. Tali elementi impongono spesso, da parte degli enti gestori, periodici interventi di manutenzione. Nel corso delle attività progettuali per un maggiore approfondimento si sono acquisite informazioni relative a dissesti, interventi di manutenzione e ripristino eseguiti lungo il tratto di SS16 in progetto da parte di enti pubblici o privati.

1.2.1 Variante esistente – Bonifica del piano posa dei rilevati e delle trincee

Come risulta dalla documentazione progettuale fornita dal Compartimento ANAS di Ancona l'attuale SS16 è tracciata prevalentemente a mezza costa con ampi tratti caratterizzati da sbancamenti nella parte a monte della strada, sostenuti da muri in c.a., e bassi rilevati nella porzione a valle. Viene segnalata una diffusa ed importante bonifica dei terreni di sedime in corrispondenza del piano posa dei rilevati e delle trincee. In Figura 1-2 sono riportate alcune sezioni rappresentative del tratto compreso tra lo svincolo di Falconara e il viadotto Falconara II (pressi).

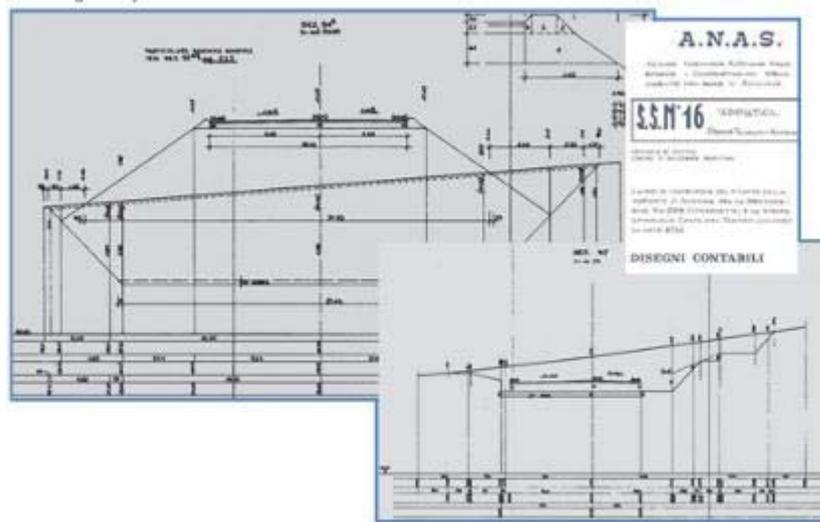


Figura 1-2 - Sezioni rappresentative del tratto di strada compreso tra lo svincolo di Falconara e il viadotto Falconara II (da: *Lavori di costruzione del I lotto della Variante di Ancona fra la progressiva km 288 Casermette e la strada comunale Costa del Tesoro – ANAS 1972 –*)

1.2.1 Variante esistente – Sistemazione idrogeologica svincolo Torrette in loc. Taglio

Risale al periodo 1979-1981 un intervento di sistemazione idrogeologica in un'area posta nell'ambito dello svincolo Torrette (allora denominato "svincolo in località Taglio"). Più precisamente a monte del Viadotto Taglio I, nei pressi della casa cantoniera e laddove precedentemente si erano registrati alcuni fenomeni di dissesto. Dalla relazione (dott. geol. U. Lenzi - dott. geol. F. Cavazzana) che accompagna il progetto si legge testualmente che "... A monte, adiacente all'attuale Casa Cantoniera, sono stati realizzati dei riporti in terra a valle dei fabbricati esistenti con conseguente aggravio della stabilità del versante ... si sono verificati alcuni dissesti, interessanti soprattutto la zona a valle e limitatamente alla scarpata, la rampa Torrette-Pesaro e il terreno a valle sia della Casa Cantoniera che del versante adiacente ... I fenomeni non interessano propriamente i vari corpi stradali, ma le opere di contenimento a valle della rampa per Pesaro e grossi movimenti di terra saturi d'acqua nella fascia di monte compresa fra la rampa per Ancona e la Casa Cantoniera°

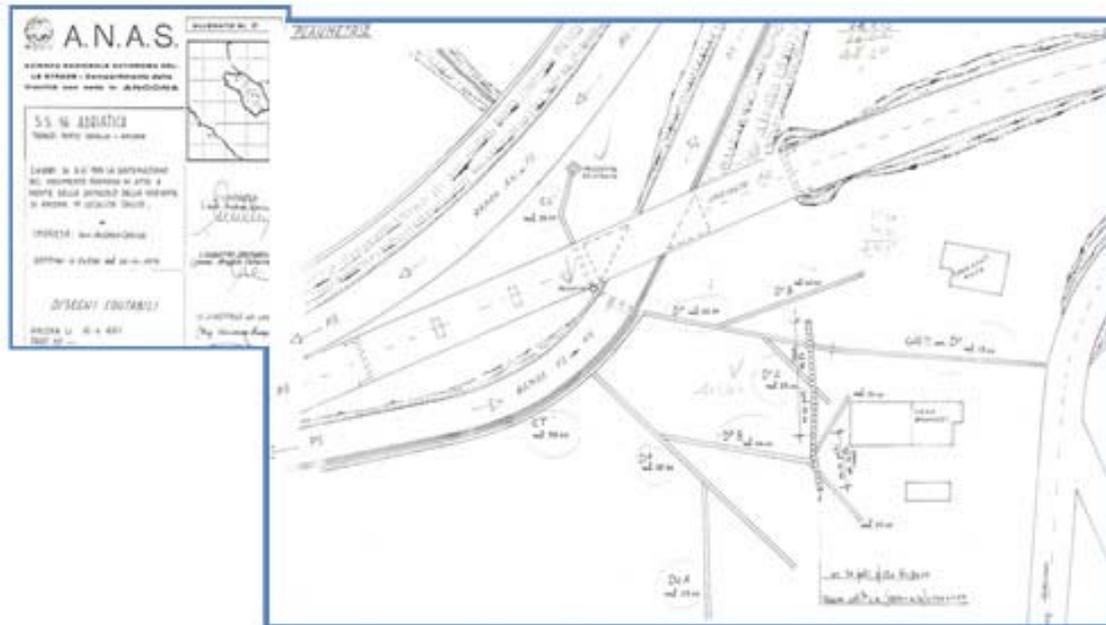


Figura 1-3 - Sistemazione idrogeologica area a monte svincolo Torrette (ex svincolo Taglio): planimetria ubicazione diaframmi drenanti e paratia di contenimento (stralcio da: *Lavori di somma urgenza per la sistemazione del movimento franoso in atto a monte dello svincolo della variante di Ancona in località Taglio – ANAS 1981 - disegni contabili*)

A seguito di un'approfondita indagine di campo, ed individuate le cause dei dissesti (da relazione: "... la causa principale dei dissesti è la forte percolazione di acqua sia nei terreni di riporto e colluviali che al contatto fra limi e la formazione in posto ...") sono stati realizzati, a monte della S.S.16, i seguenti interventi (Figura 1-4):

- Serie di diaframmi drenanti (sviluppo 400 ml ca. - H=5-6 m; tratto B2: Hmax=9 m);
- Paratia di pali (n.30 pali diam. 1200 mm).

Non sono invece stati eseguiti interventi di drenaggio a valle della S.S.16, dove sono rimaste le trincee già realizzate in precedenza (Figura 1-4).

Gli interventi di cui sopra sono riportati nella Carta Geomorfologica di progetto.

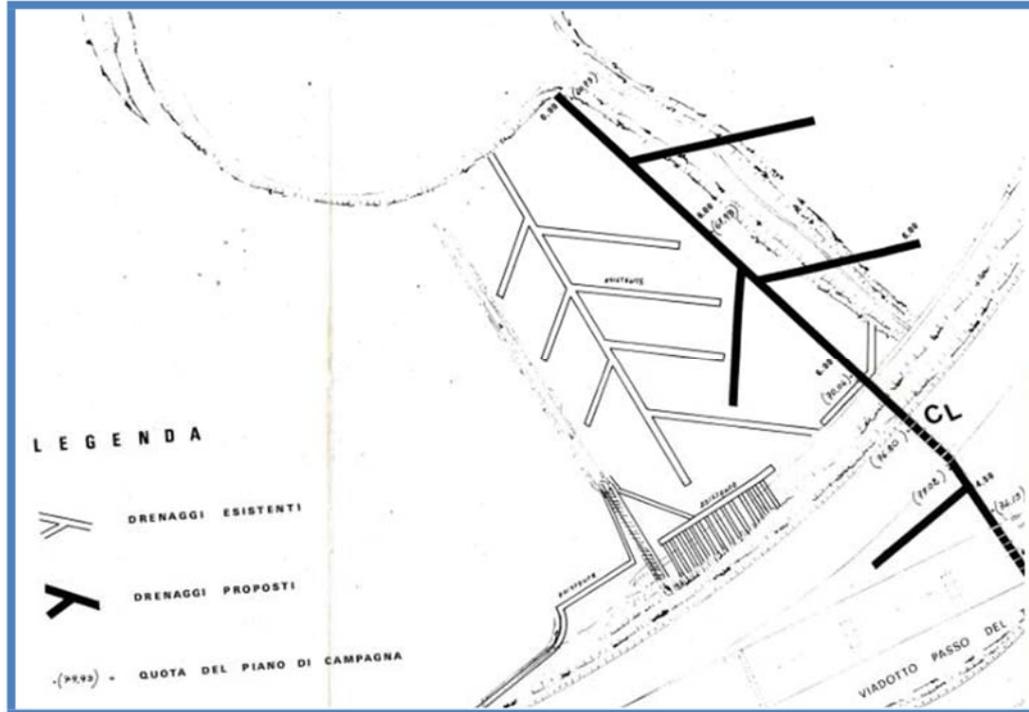


Figura 1-4 - Sistemazione idrogeologica area a valle svincolo Torrette (zona Viadotto Taglio I): planimetria ubicazione trincee drenanti esistenti prima dell'intervento (stralcio da: *Lavori di somma urgenza per la sistemazione del movimento franoso in atto a monte dello svincolo della variante di Ancona in località Taglio – ANAS 1979 – All.3 planimetria con piano di bonifica*)

1.2.1 Area di servizio Sanzo ovest

Risale al periodo 1999-2001 la realizzazione di quest'area di servizio posta poco oltre lo svincolo di Falconara ed in affiancamento alla SS16 esistente. Il sedime per la realizzazione degli impianti di erogazione carburanti è stato ricavato mediante uno sbancamento del versante che, non sostenuto e/o realizzato con opere non sempre adeguate, ha comportato l'innescare di fenomeni deformativi successivamente monitorati tramite l'installazione di una rete di monitoraggio inclinometrico. Dalla documentazione consultata risulta che anche un'abitazione a monte ha lamentato dei danni, per quanto relativamente modesti. Il fenomeno è stato successivamente posto sotto controllo mediante una regimazione idraulica e la realizzazione (o integrazione) di paratie di pali di grande diametro tirantate e immorsate nel substrato argilloso in posto (riferimento: relazione Tecnica Prof Giuseppe Scarpelli e ing. Giuseppe De Venuto del Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra dell'Università di Ancona del 9.5.2000).

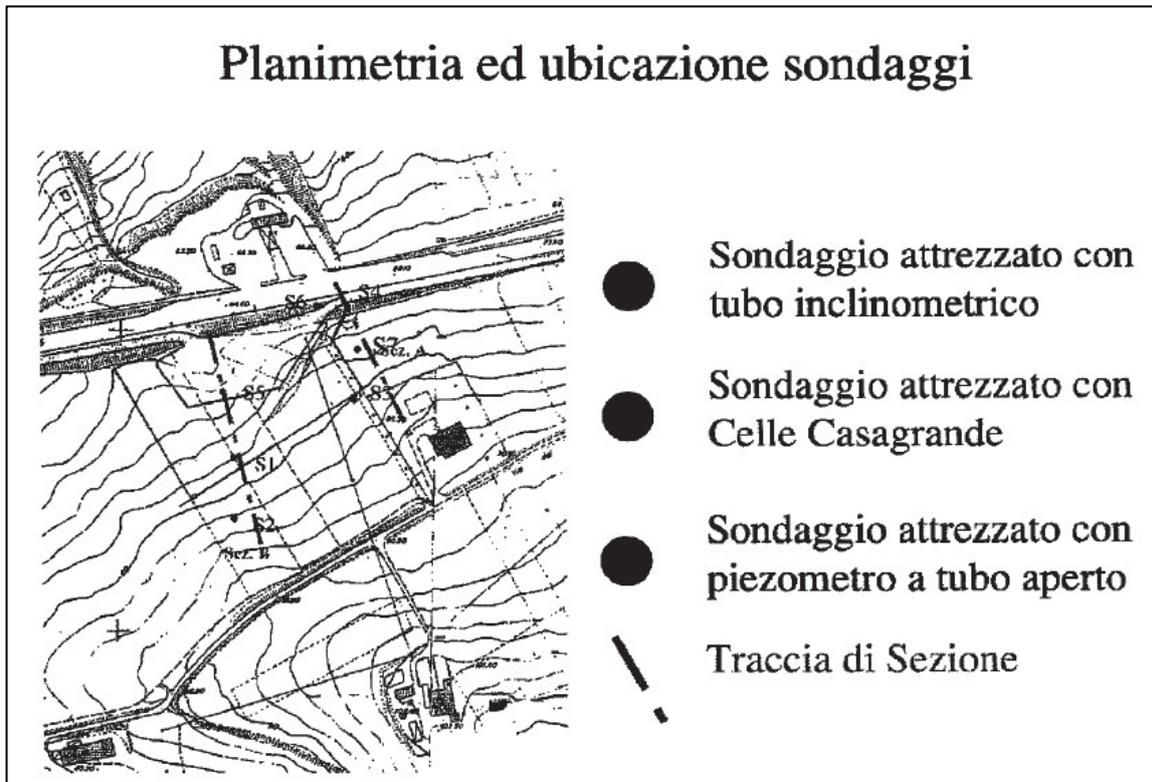


Figura 1-5 - Impianto distribuzione carburanti variante SS16. Ubicazione sondaggi attrezzati con piezometro e inclinometro (stralcio da: Incarico di consulenza per l'esame dei problemi geotecnici connessi con la realizzazione dell'impianto – Rapporto sulle misure - Prof G. Scarpelli).

1.3 DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E TECNICA DISPONIBILE

Di seguito si riporta l'elenco della documentazione geologica e tecnica a supporto delle fasi progettuali precedenti presa in considerazione e riferimento nello sviluppo del presente progetto.

Progetto definitivo per la "SS16 Adriatica Variante di Ancona - Intervento di ampliamento da 2 a 4 corsie nel tratto tra lo svincolo di Falconara con la SS76 e la località Baraccola" - Giugno 2001.

- Relazione geologica e idrologica;
- Relazione geotecnica;
- Geologia – planimetria tratta 1/3 – scala 1:5000;
- Geologia – planimetria tratta 2/3 – scala 1:5000;
- Geologia – planimetria tratta 3/3 – scala 1:5000;

- Geomorfologia – planimetria tratta 1/3 – scala 1:5000;
- Geomorfologia – planimetria tratta 2/3 – scala 1:5000;
- Geomorfologia – planimetria tratta 3/3 – scala 1:5000;
- Idrogeologia – planimetria tratta 1/3 – scala 1:5000;
- Idrogeologia – planimetria tratta 2/3 – scala 1:5000;
- Idrogeologia – planimetria tratta 3/3 – scala 1:5000;
- Ubicazione sondaggi – planimetria tratta 1/3 – scala 1:5000;
- Ubicazione sondaggi – planimetria tratta 2/3 – scala 1:5000;
- Ubicazione sondaggi – planimetria tratta 3/3 – scala 1:5000;
- Profilo geotecnico – profilo 1/3 – scala 1:2500/250;
- Profilo geotecnico – profilo 2/3 – scala 1:2500/250;
- Profilo geotecnico – profilo 3/3 – scala 1:2500/250;
- Documentazione indagini geognostiche – Stratigrafie indagini geognostiche n.1- 30;
- Documentazione indagini geognostiche – Prove di laboratorio dal sondaggio 1 al sondaggio 13;
- Indagine geognostica – Relazione geognostica;
- Indagine geognostica – Planimetria con ubicazione sondaggi 1/2;
- Indagine geognostica – Planimetria con ubicazione sondaggi 2/2;
- Indagine geognostica – Stratigrafie;
- Indagine geognostica – Prove penetrometriche;
- Indagine geognostica – Stratigrafie dal sondaggio n.1 al sondaggio n.60;
- Indagine geognostica – Analisi di laboratorio dei sondaggi dal n.31 al n.40 e dal n.47 al n.52;
- Indagine geognostica – Analisi di laboratorio dei sondaggi dal n.41 al n.60;
- Documentazione indagini geognostiche – Sondaggi integrativi;
- Documentazione indagini geognostiche – Prove di laboratorio sondaggi integrativi.

Progetto preliminare per i "Lavori di adeguamento dell'innesto della SS76 "della Val d'Esino con la SS16 "Adriatica" presso Falconara" - Novembre 2003

-Relazione geologica geotecnica preliminare.

Progetto esecutivo per la "SS16 Adriatica Variante di Ancona - Ampliamento da 2 a 4 corsie tra lo svincolo di Falconara e la località Baraccola 1° lotto 1° stralcio Opere di sovrappasso n. 1 e n.2" - Ottobre 2008

- Relazione geologica e idrogeologica;
- Documentazione risultati indagini geognostiche in situ e prove di laboratorio pregresse;
- Documentazione risultati indagini geognostiche in situ e prove di laboratorio - campagna 2008;
- Planimetria ubicazione indagini;
- Carta geologica e geomorfologica;
- Nuovo cavalcavia n.1 - Profilo e sezione geologica;
- Nuovo cavalcavia n.2 - Profilo e sezione geologica;
- Relazione geotecnica;
- Nuovo cavalcavia n.1 - Profilo geotecnico;
- Nuovo cavalcavia n.2 - Profilo geotecnico;
- Relazione idrologica e idraulica;
- Corografia ubicazione cave, siti di deposito e riutilizzo.

Con riferimento a quanto riportato nel "Capitolato d'oneri – prescrizioni per la redazione del progetto definitivo" in merito a quanto attiene specificatamente le indagini geologiche e geotecniche, si sottolinea che si è tenuto conto dei soli sondaggi geognostici (e relativi campioni) con numerazione successiva al 40, e cioè:

- Sondaggi indicati con numero da 41 a 123;
- Sondaggi indicati con numero da P101 a P111;
- nonché ai sondaggi indicati con numero da S1 a S4 della campagna 2008.

1.4 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA IDRAULICA E SISMICA

Nel seguito si sintetizzano i dati principali desunti dagli elaborati tecnici disponibili sul tema della pericolosità geologica, sismica e idraulica del tratto di territorio attraversato così come proposti nei seguenti documentazioni di pianificazione territoriale:

- Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI) – rischio geomorfologico
- Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI) – rischio idraulico;
- Piano regolatore del Comune di Falconara.

1.4.1 Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI) – rischio geomorfologico

Nel rispetto del PAI (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Marche in sede di progettazione definitiva è stata verificata la scelta progettuale adottata (andamento piano-altimetrico) sovrapponendola alla cartografia del PAI stesso, in modo da adottare i necessari interventi di mitigazione.

In Figura 1-6 si riporta la legenda con descrizione dei contenuti cartografici del PAI, di cui uno stralcio riferito all'area in studio è rappresentato in Figura 1-7.

Come si desume dalla consultazione del Piano, in particolare dalle tavole RI22 e RI31, il tracciato stradale in progetto attraversa diverse zone classificate a rischio idrogeologico.

Partendo dallo svincolo di Falconara, e procedendo in direzione dello svincolo Torrette, la consultazione della documentazione relativa al PAI mostra infatti l'intersezione con numerose perimetrazioni, illustrate graficamente in Figura 1-7 ed elencate in tabella 1.1 (in grassetto: le aree perimetrali in classe P3), dove sono riportati anche i livelli di pericolosità e rischio geomorfologico riferiti ad ogni singola area

A seguito della fase di osservazione al P.A.I. in prima adozione, il quadro di sintesi delle situazioni a rischio che risulta dalla applicazione della metodologia sopra descritta ai bacini idrografici di rilievo regionale del P.A.I. in adozione definitiva è il seguente:

AREE A RISCHIO FRANA

R1	R2	R3	R4	Totale	P1	P2	P3	P4	Totale
14778	3640	429	99	18946	4778	6153	7848	167	18946

AREE A RISCHIO VALANGA

R1	R2	R3	R4	Totale	P1	P2	P3	P4	Totale
			4	4				4	4

AREE A RISCHIO ESONDAZIONE

R1	R2	R3	R4	Totale	P (elevata o molto elevata)
161	160	61	50	432	432

LEGENDA

Aree a rischio frana (codice F-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione (codice E-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio valanga (codice V-xx-yyyy)

- Rischio molto elevato (R4)

Figura 1-6 - Legenda e descrizione dei contenuti cartografici del PAI Marche

Nello stralcio che segue sono riportate le perimetrazioni del PAI. Nelle cartografie geomorfologiche non sono riportate le aree PAI ma sono stati indicati, delimitati e definiti tutti i dissesti attivi, inattivi o quiescenti censiti anche in base ad uno studio su foto aeree e rilievi di campagna, nonché degli esiti delle indagini geognostiche e del monitoraggio inclinometrico. Nel paragrafo geomorfologico in cui sono descritti i singoli dissesti interferenti con il tracciato di progetto si fa anche riferimento alle suddette aree PAI.

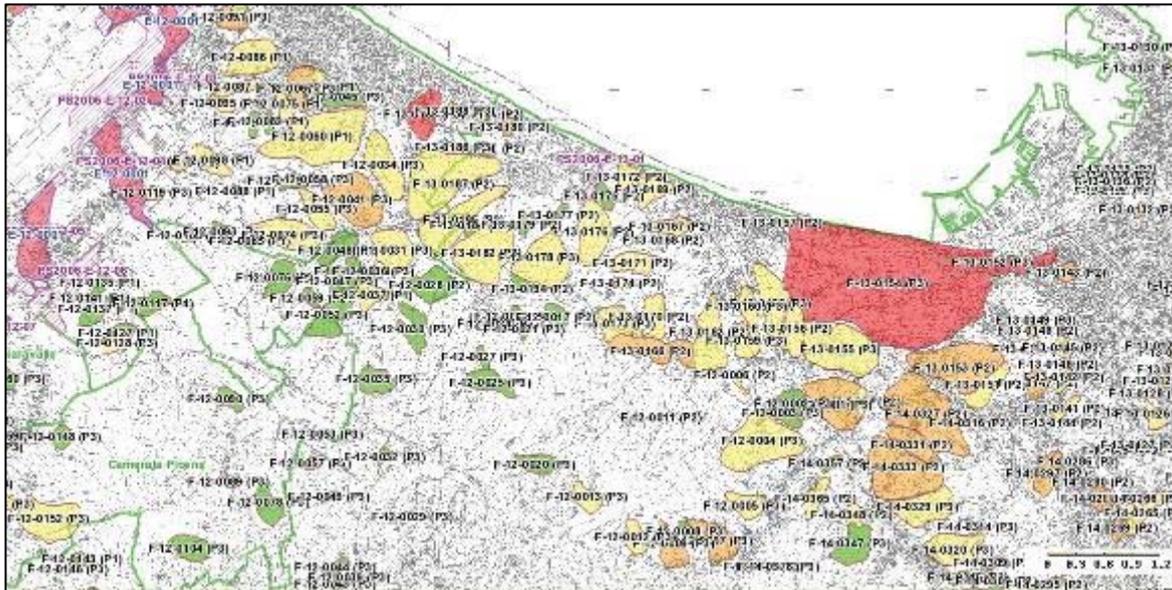


Figura 1-7 - Aree classificate a pericolosità geomorfologica che interessano il territorio comprendente l'infrastruttura di progetto (da: PAI Marche).

COD. PERIMETRAZIONE	LIVELLO DI PERICOLOSITA'	GRADO DI RISCHIO
F12-0112	2	2
F12-0098	1	2
F12-0060	1	2
F12-0034	3	2
F13-0187	2	2
F13-0185	2	2
F13-0182	3	2
F13-0178	3	2
F13-0194	2	1
F13-0173	3	2
F13-0170	2	2
F13-0166	2	3
F13-0162	2	2

Tabella 1.1. Perimetrazioni PAI interferenti con il tracciato, relativo grado di pericolosità e rischio

Come indicano le Norme Tecniche di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico (Titolo III "Piano per l'assetto dei versanti" art.12), la realizzazione degli interventi di progetto è subordinata ad una verifica tecnica volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto ed il livello di rischio esistente, da compiersi secondo la normativa vigente (Norme Tecniche delle Costruzioni NTC 2008e agg. 2018 e D.M. 11.03.1988 con successiva circolare integrativa - n.30483 del 24.09.1988).

Inoltre si deve considerare che, come si legge al comma 3 dell'art.12 punto "j", con riferimento alle aree di versante a rischio frana con livello di pericolosità elevata AVD_P3, è consentita la *"realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, nonché delle relative strutture accessorie; tali opere sono condizionate ad uno studio da parte del soggetto attuatore in cui siano valutate eventuali soluzioni alternative, la compatibilità con la pericolosità delle aree e l'esigenza di realizzare interventi per la mitigazione della pericolosità, previo parere vincolante dell'Autorità di bacino"*.

Conseguentemente per le 4 aree PAI caratterizzate da un livello di pericolosità P3, e come specificamente concordato con l'Autorità di Bacino, sono stati condotti, in sede di progettazione definitiva, specifici approfondimenti riportati negli elaborati di settore del progetto definitivo (elaborati del PD TOO – GEO – GEO – RE02/03/04/05) e più precisamente, per ogni singola area PAI ad elevata pericolosità

Dissesto AVD_P3 n° F12-0034:

- Verifica tecnica di compatibilità idrogeologica ai sensi dell'art 12 comma 5 lettera J delle Norme di Attuazione del PAI. Area AVD_P3 n° F12-0034 (elab. T00GEO00GEORE02)
- Carta Geologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCG03);
- Carta Geomorfologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCG10);
- Carta Idrogeologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCI03).

Dissesto AVD_P3 n° F13-0182 – scala 1:2000;

- Verifica tecnica di compatibilità idrogeologica ai sensi dell'art 12 comma 5 lettera J delle Norme di Attuazione del PAI. Area AVD_P3 n° F13-0182 (elab. T00GEO00GEORE03).
- Carta Geologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCG04);
- Carta Geomorfologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCG11);
- Carta Idrogeologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCI04).

Dissesto AVD_P3 n° F13-0178 – scala 1:2000;

- Verifica tecnica di compatibilità idrogeologica ai sensi dell'art 12 comma 5 lettera J delle Norme di Attuazione del PAI. Area AVD_P3 n° F13-0178 (elab. T00GEO00GEORE004).
- Carta Geologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCG05);
- Carta Geomorfologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCG12);
- Carta Idrogeologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCI05).

Dissesto AVD_P3 n° F13-0173 – scala 1:2000;

- Verifica tecnica di compatibilità idrogeologica ai sensi dell'art 12 comma 5 lettera J delle Norme di Attuazione del PAI. Area AVD_P3 n° F13-0173 (elab. T00GEO00GEORE05).
- Carta Geologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCG06);
- Carta Geomorfologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCG13);
- Carta Idrogeologica – Scala 1:2.000 (elab. T00GEO00GEOCI07)
-

1.4.2 Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI) – rischio idraulico

Relativamente al tema del rischio idraulico dalla visionate le carte del PAI non risultano aree perimetrate per rischio idraulico.

1.4.3 Carta della pericolosità geologica del PRG 99 del comune di Falconara – anno 2003

La stesura della carta della pericolosità geologica potenziale del PRG'99 deriva dall'elaborazione delle cartografie geologiche e geomorfologiche. In essa vengono individuate le aree dove possono manifestarsi fenomeni gravitativi, esondazioni o amplificazioni sismiche a seguito di terremoti. Tale cartografia, in una ottica di PRG, è ritenuta sufficiente per impostare una pianificazione territoriale che tenga nel giusto conto i rischi potenziali a cui potrebbero essere sottoposti nuovi insediamenti o la rete infrastrutturale e tecnologica. Consente inoltre di valutare la pericolosità potenziale dovuta alle opere antropiche (insediamenti abitativi, artigianali, rete viaria, ecc.) nei confronti del sistema ambientale e delle sue risorse. In definitiva nella carta di pericolosità non viene differenziato il grado di pericolosità ma vengono individuati i fenomeni geologici presenti o che possono verificarsi in una determinata zona. Nella carta della pericolosità geologica, di cui uno stralcio relativo alla zona in studio è riportato in Figura 1-8, sono individuate le aree all'interno delle quali, relativamente alle condizioni di pericolosità potenziale, si riscontrano caratteristiche simili.

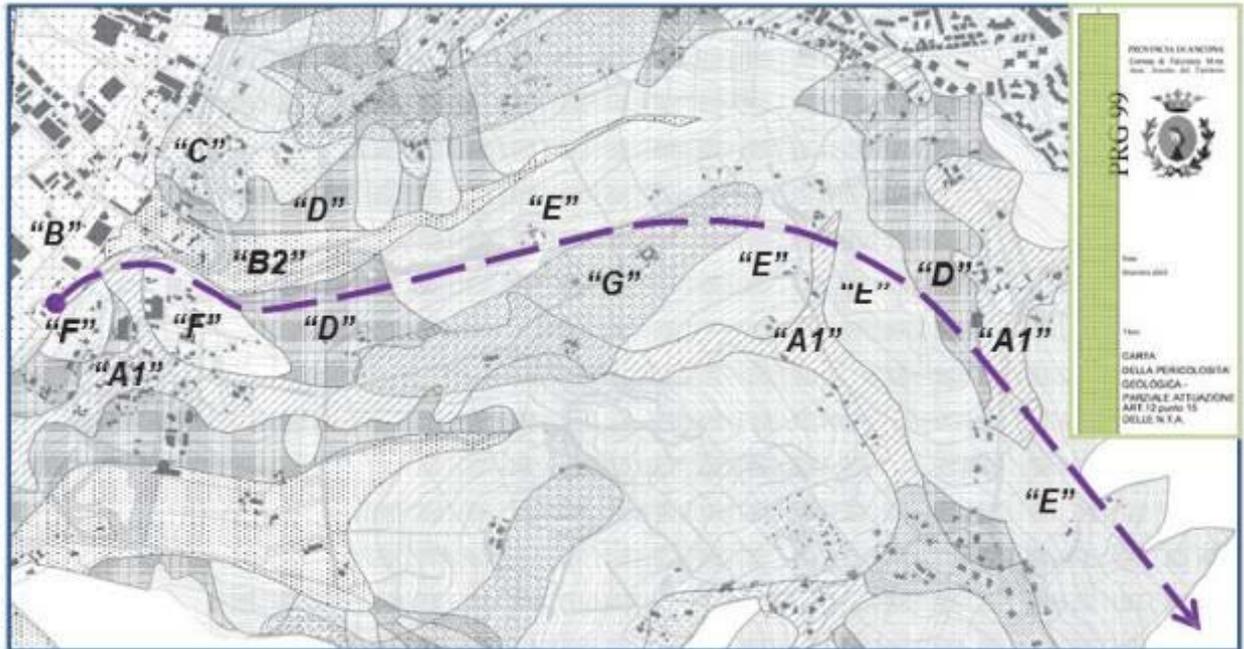


Figura 1-8 - Carta della pericolosità geologica del PRG del comune di Falconara riportante in evidenza l'infrastruttura di progetto (stralcio da: P.R.G.'99 del Comune di Falconara Marittima – Dicembre 2003 – mod.). In lettera è stata riportata la zonazione di pericolosità

Di seguito si riportano i contenuti della legenda della carta della pericolosità limitatamente alle tipologie di zonazione che interessano l'infrastruttura di progetto.

Zona A1 ("A1" nella carta di **Figura 1-8**)

- *Litologia.* Aree con substrato affiorante dato da argille marnose ben stratificate con intercalati strati centimetrici arenacei poco cementati (Pliocene inferiore e medio p.p). Argille con lenticelle e straterelli sabbiosi (Siciliano) e argille marnose con corpi arenacei ed arenaceoorganogeni ben cementati (Siciliano-Crotoniano).

- *Morfologia.* Aree di crinale e dei versanti limitrofi, raramente aree di versante.

- *Pericolosità geologica potenziale.* La pericolosità connessa ai movimenti gravitativi è molto bassa o assente nelle zone corrispondenti ai crinali, mentre aumenta ai limiti delle aree qualora siano delimitate da versanti interessati da movimenti gravitativi (aree E).

- *Trasformabilità.* Le trasformazioni dell'attuale assetto morfologico sono condizionate principalmente dalle caratteristiche meccaniche dei litotipi del substrato e dalla tipologia dell'intervento.

Zona B-B1 ("B" nella carta di Figura 1-8- "B1" non presente)

- *Litologia.* Depositi alluvionali della pianura del fiume Esino costituiti da corpi limoso-argillosi, argilloso-limoso-sabbiosi con intercalati corpi sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi. Nell'area costiera è probabile la presenza di depositi di origine fluvio-lacustre sovralluvionati da depositi recenti. In prossimità della costa è anche probabile la presenza di depositi di spiaggia sepolti dai depositi alluvionali recenti (Pleistocene superiore-Olocene e Attuale). Su tali depositi si ha una potente copertura limoso-argillosa di spessore variabile.
- *Morfologia.* Pianura alluvionale.
- *Pericolosità geologica potenziale.* La pericolosità dell'area è dovuta essenzialmente ai fenomeni di esondazione del fiume Esino e dei suoi affluenti. La pericolosità potenziale di esondazione risulta elevata. Fenomeni di questo tipo hanno interessato nel tempo differenti zone della pianura prossima al fiume Esino e ampie aree della pianura prospicienti i versanti collinari in destra idrografica (B1). In quest'ultima zona (B1), fortemente insediata, le esondazioni sono connesse ai fossi affluenti del fiume Esino. La pericolosità di esondazione di tutta la pianura, e in particolare il rischio di esondazione nella zona B1, a causa dell'intensa urbanizzazione, risulta non valutabile con le sole osservazioni di campagna. Una valutazione della pericolosità e dei rischi reali di esondazione richiede pertanto specifiche indagini sperimentali e di tipo multidisciplinare.
- *Vulnerabilità potenziale dell'acquifero.* Nei depositi della pianura ha sede un importante acquifero di subalveo caratterizzato da elevati volumi idrici alimentato dalle acque del fiume Esino e da quelle presenti nei subalvei dei fossi affluenti del fiume. La superficie piezometrica mediamente è situata a profondità variabile da 2 a 5 metri dal piano di campagna. Le condizioni di alimentazione del subalveo e la scarsa profondità della piezometrica conferiscono all'acquifero della pianura una vulnerabilità molto alta.
- *Trasformabilità.* Qualsiasi trasformazione dell'attuale assetto morfologico potenzialmente è connesso a rischio di esondazione. Insediamenti abitativi e produttivi e, più in generale, l'attività produttiva incrementano la pericolosità di inquinamento delle acque sotterranee della pianura.

Zona B2 ("B2" nella carta di Figura 1-8)

- *Litologia.* Argille limose, argille limoso-sabbiose con probabili corpi sabbioso-limosi (Attuale-Olocene) presenti nei fondovalle e nelle pianure dei fossi affluenti del fiume Esino.
- *Morfologia.* Fondovalle, pianure alluvionali e base dei versanti.
- *Pericolosità potenziale.* La pericolosità è dovuta essenzialmente ai fenomeni di esondazione dei fossi. La pericolosità potenziale di esondazione risulta elevata nelle aree prossime al fosso soprattutto nelle zone terminali prima del loro ingresso nella pianura del fiume Esino. Pericolosità da frana in tali aree si ha nelle zone di confine con quelle in cui sono presenti fenomeni gravitativi (aree E).

- *Vulnerabilità potenziale dell'acquifero.* Nei depositi di fondovalle e nelle pianure dei fossi affluenti del fiume Esino sono presenti acquiferi con modesti volumi idrici che alimentano l'acquifero della pianura del fiume Esino. L'alimentazione di questi acquiferi è dovuta essenzialmente alle piogge. La vulnerabilità è estremamente alta. La pericolosità potenziale di inquinamento, per l'intensa attività agricola praticata nei bacini idrografici e per la presenza sui depositi di fondovalle della discarica di Falconara Marittima, è molto elevata.
- *Trasformabilità.* Le trasformazioni dell'attuale assetto morfologico possono incrementare il rischio di esondazione nelle aree prossime all'asta fluviale dei fossi, soprattutto nelle parte terminale delle aste e nella Zona B1 della pianura del fiume Esino. Insediamenti abitativi e produttivi e, più in generale, l'attività produttiva incrementano la pericolosità potenziale di inquinamento delle acque sotterranee presenti nei depositi di fondovalle e di quelle della pianura del fiume Esino. Le trasformazioni dell'attuale assetto morfologico nelle zone di confine con le aree in cui sono presenti fenomeni gravitativi (aree E) possono incrementare la pericolosità da frana nel versante.

Zona C ("C" nella carta di Figura 1-8)

- *Litologia.* Aree con substrato affiorante dato da argille marnose stratificate con intercalati strati arenacei, di spessore massimo di circa 50 cm, poco cementati (Pliocene inferiore e medio p.p). Argille con lenticelle e straterelli sabbiosi (Siciliano) e argille marnose con corpi arenacei ed arenaceo-organogeni ben cementati (Siciliano-Crotoniano).
- *Morfologia.* Aree di versante generalmente molto acclivi.
- *Pericolosità geologica potenziale.* In tali aree non sono state riconosciute forme riconducibili a movimenti gravitativi. La pericolosità da frana in queste aree risulta pertanto bassa o assente. Essa aumenta nelle zone di confine con le aree in cui sono presenti fenomeni gravitativi (aree E).
- *Trasformabilità.* Le trasformazioni dell'attuale assetto morfologico sono condizionate principalmente dalle caratteristiche meccaniche dei litotipi del substrato e soprattutto dalla tipologia dell'intervento.

Zona D ("D" nella carta di Figura 1-8)

- *Litologia.* Argille limose, argille limoso-sabbiose di origine eluvio-colluviali (Attuale-Recente).
- *Morfologia.* Versanti e zone di raccordo tra versante e fondovalle.
- *Pericolosità potenziale.* La pericolosità da frana di queste aree, nelle quali non si hanno attualmente forme di chiara origine gravitativa, risulta bassa. Essa aumenta nelle zone di confine con le aree in cui sono presenti fenomeni gravitativi (aree E), in tale caso in queste aree possono riscontrarsi evidenze di deformazioni plastiche.

- *Trasformabilità.* Le trasformazioni dell'attuale assetto morfologico di queste zone sono condizionate dall'acclività del versante, dallo spessore delle coltri eluvio- colluviali, dall'assetto litostrutturale del substrato, dai caratteri idrogeologici e, soprattutto, dalla tipologia dell'intervento.

Zona E ("E" nella carta di Figura 1-8)

- *Litologia.* Accumuli di frana costituiti da argille marnose del substrato, da argille limose, argille limoso-sabbiose di origine eluvio-colluviali e corpi arenacei ed arenaceo-organogeni. (Attuale-Olocene).
- *Morfologia.* Versanti, zone di raccordo versante-fondovalle e zone prossime ai crinali.
- *Pericolosità potenziale.* Aree interessate da movimenti gravitativi recenti-attivi, antichi inattivi o in lenta evoluzione. La pericolosità potenziale da frana in questo caso è molto alta.
- *Trasformabilità.* In tali aree modifiche all'attuale assetto morfologico dei versanti e delle zone di raccordo versante-fondovalle, aumenta notevolmente il rischio potenziale di frana. Gli interventi di trasformazione della morfologia dei versanti sono condizionati dalla tipologia e geometria del movimento gravitativo e dalle caratteristiche idrogeologiche.

Zona F ("F" nella carta di Figura 1-8)

- *Litologia.* Aree in cui affiorano argille marnose del substrato con intercalati strati lenticolari arenacei poco cementati e lenticelle e straterelli sabbiosi negli interstrati (Pliocene inferiore p.p), argille limose, argille limoso-sabbiose di origine eluvio-colluviale e riporti antropici.
- *Morfologia.* Versante costiero intensamente urbanizzato.
- *Pericolosità potenziale.* L'area risulta interessata da fenomeni di instabilità diffusa del versante con evidenti riflessi, in alcune zone, nei manufatti e negli edifici. Indagini geofisiche condotte in siti in cui erano evidenti fenomeni di instabilità del versante hanno evidenziato la presenza di discontinuità profonde che interessano il substrato, la cui natura deve ancora essere chiarita. Le osservazioni di campagna e le indagini geofisiche rendono plausibile ritenere che tali aree possano essere interessate da fenomeni gravitativi che coinvolgono il substrato. Una valutazione della pericolosità e del rischio da frana, essendo l'area tutta urbanizzata, può essere effettuata soltanto sulla base di specifiche indagini sperimentali e di carattere multidisciplinare.

Zona G ("G" nella carta di Figura 1-8)

Litologia. Aree in cui affiorano depositi costituiti da corpi arenacei, arenaceo- organogeni ben cementati, sabbie organogene intercalate ad argille di età attribuibile al Siciliano-Crotoniano. Tali depositi giacciono in discordanza sulle argille marnose del Pliocene inferiore e medio p.p. ed a quote notevolmente differenti.

Morfologia. Versanti e crinali.

Pericolosità potenziale. L'area di affioramento di questi litotipi risulta molto estesa e i limiti dei differenti affioramenti sono tra loro non giustificabili su base prettamente stratimetrica. Inoltre, gli affioramenti sono a quote inferiori ai 100 m rispetto a quelli, sicuramente in posto e con giacitura sub-orizzontale, presenti nell'area anconetana. Sulla base delle conoscenze sull'evoluzione geologica dell'anconetano, non si può ipotizzare l'esistenza di faglie con tali rigetti di età pleistocenica. La natura, la distribuzione degli affioramenti e la morfologia delle aree rende plausibile ipotizzare che tali corpi, come nelle località limitrofe dell'anconetano, siano associabili ad antichi accumuli di frana inattivi o stabilizzati. Si può anche ritenere che la tettonica sia in parte responsabile della loro messa in posto. La natura di questi depositi non può comunque essere stabilita dalle sole indagini di campagna ma si ritengono necessarie indagini sperimentali che possano inoltre permettere una valutazione della pericolosità da frana

Si osserva una diffusa estensione di aree classificate come "E", e più limitatamente "F" nel tratto iniziale, in congruenza con la cartografia del PAI che elenca una serie di perimetrazioni a grado di rischio R2 ed R3 confermando una elevata pericolosità geomorfologica.

Coerentemente con gli studi eseguiti e le finalità del PRG il piano regolatore comunale ha emanato delle "Disposizioni normative per il sistema geologico, geomorfologico e idrogeologico", di cui si è tenuto conto nella programmazione e realizzazione delle indagini geotecniche e studi specialistici prima, e nello sviluppo della progettazione poi.

Per ogni ragguglio circa le indagini geognostiche e geotecniche eseguite e per i risultati ottenuti si veda il paragrafo corrispondente della presente relazione, nonché gli elaborati specialistici allegati al progetto.

1.4.4 Carta della pericolosità sismica del PRG'99 del comune di Falconara – anno 2003

Nella carta della pericolosità sismica potenziale, di cui uno stralcio è riportato in Figura 1-9, sono individuate le aree che possono dar luogo a risposte sismiche tra loro diverse. Viene di seguito riportata la legenda della carta sismica limitatamente alle tipologie di zonazione che interessano l'infrastruttura di progetto.

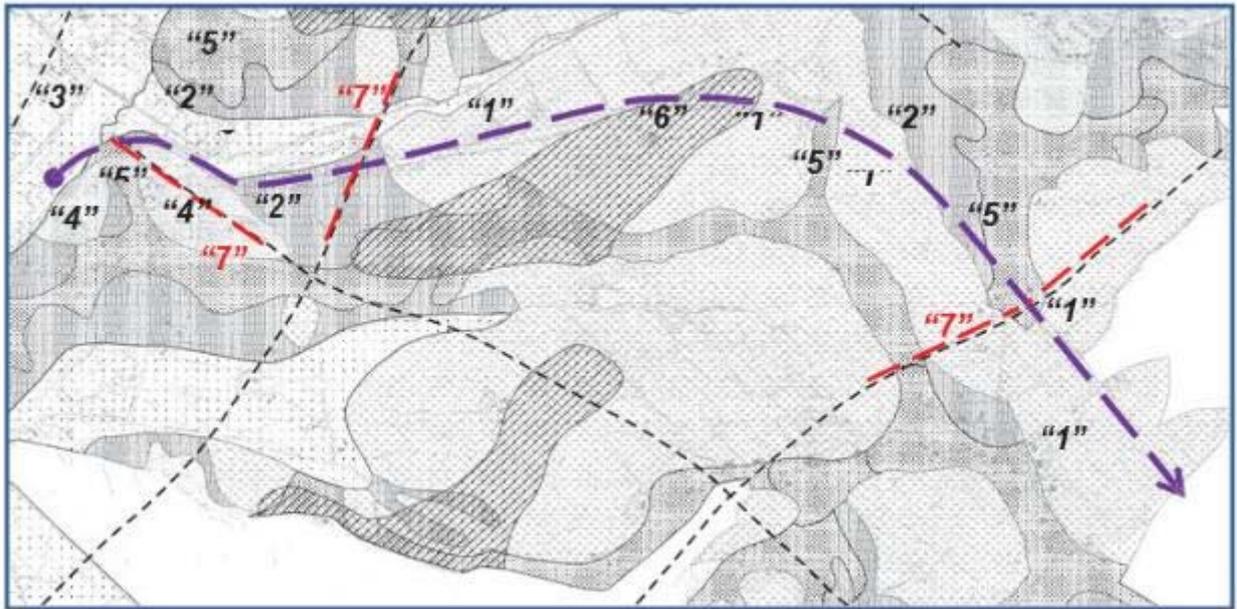


Figura 1-9 - Carta della pericolosità sismica del PRG del comune di Falconara riportante in evidenza la infrastruttura di progetto (stralcio da: P.R.G. '99 del Comune di Falconara Marittima - Dicembre 2003 - mod.). Con numero è stata riportata la zonazione di pericolosità

Zona 1 ("1" nella carta di **Figura 1-9**)

-*Litologia.* Accumuli di frana costituiti da argille marnose del substrato, da argille limose, argille limoso-sabbiose di origine eluvio-colluviali e corpi arenacei e arenaceo-organogeni. (Attuale-Olocene).

-*Morfologia.* Versanti, zone di raccordo versante-fondovalle e zone prossime ai crinali.

-*Pericolosità sismica potenziale.* Aree interessate da movimenti gravitativi recenti- attivi, antichi-inattivi o in lenta evoluzione. La pericolosità sismica in queste aree, caratterizzate da un'elevata pericolosità potenziale da frana, potrebbe essere incrementata a causa di amplificazioni sismiche locali dovute sia alla geometria dei corpi di frana sia ai differenti litotipi degli accumuli di frana

Zona 2 ("2" nella carta di **Figura 1-9**)

-*Litologia.* Argille limose, argille limoso-sabbiose di origine eluvio-colluviali (Attuale-Recente).

-*Morfologia.* Versanti e zone di raccordo tra versante e fondovalle.

-*Pericolosità sismica potenziale.* Spessore, litotipi e geometrie dei depositi possono dare risposte sismiche differenti, soprattutto se le fondazioni degli edifici insistono sui litotipi del substrato e su quelli eluvio-colluviali.

Zona 3 ("3" nella carta di **Figura 1-9**)

MANDATARIA

 Sintagma

MANDANTE

 GEOTECHNICAL
DESIGN GROUP



ICARIA
società di ingegneria

-Litologia. Depositi alluvionali della pianura del fiume Esino costituiti da corpi limoso argillosi, argilloso-limoso-sabbiosi con intercalati corpi sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi. Nell'area costiera è probabile la presenza di depositi di origine fluvio-lacustre sovralluvionati da depositi recenti. In prossimità della costa è anche probabile la presenza di depositi di spiaggia sepolti dalle alluvionali recenti (Pleistocene superiore-Olocene e Attuale). Su tali depositi si ha una potente copertura limoso-argillosa di spessore variabile. Nei fondovalle e nelle pianure dei fossi affluenti il fiume Esino si hanno argille limose, argille limoso-sabbiose con probabili corpi sabbioso-limosi (Attuale-Olocene). Alla base del versante costiero dell'abitato di Falconara Marittima sono presenti depositi eluvio-colluviali argilloso-limosi e riporti antropici, soprastanti a probabili livelli costituiti da depositi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e sabbiosi di probabile origine costiera e fluviale (Attuale-Olocene).

-Morfologia. Pianura alluvionale del fiume Esino, fondovalle e pianure alluvionali dei fossi.

-Pericolosità sismica potenziale. In tali zone sono presenti probabili acquiferi multistrato e falde idriche confinate a profondità inferiori ai 10 metri dal piano di campagna. Questi caratteri idrogeologici e la geometria dei depositi dei fondovalle potrebbero essere causa di amplificazioni sismiche locali o di effetti dovuti alla presenza di falde in pressione a profondità inferiori ai 10m dal piano di campagna.

Zona 4 ("4" nella carta di Figura 1-9)

-Litologia. Argille marnose del substrato con intercalati strati lenticolari arenacei poco cementati e lenticelle e straterelli sabbiosi negli interstrati (Pliocene inferiore p.p), argille limose, argille limoso-sabbiose di origine eluvio-colluviali e riporti.

-Pericolosità sismica potenziale. L'area risulta interessata da fenomeni di instabilità diffusa del versante con evidenti riflessi, in certi casi, nei manufatti. Indagini geofisiche condotte dove si avevano evidenti fenomeni di instabilità del versante, hanno messo in luce la presenza di discontinuità profonde, che interessano il substrato, la cui natura deve ancora essere chiarita. Le osservazioni di campagna e i risultati delle indagini geofisiche permettono di ritenere che tali aree possano essere interessate da fenomeni gravitativi che coinvolgono il substrato. Spessore e geometria dei depositi eluvio-colluviali, spessore e natura dei depositi di riporto, natura del substrato e presenza di fenomeni gravitativi possono influire sulla risposta sismica locale anche con amplificazione degli effetti sismici.

Zona 5 ("5" nella carta di Figura 1-9)

- *Litologia.* Substrato affiorante costituito da argille marnose con intercalati strati e straterelli arenacei poco cementati (Pliocene inferiore e medio p.p), argille con lenticelle e straterelli sabbiosi negli interstrati (Siciliano) e argille marnose con corpi arenacei e arenaceo-organogeni ben cementati (Siciliano-Crotoniano).
- *Morfologia.* Aree di crinale e versanti.

- *Pericolosità sismica potenziale.* La pericolosità sismica in queste aree, caratterizzate dalla presenza di litotipi del substrato con caratteristiche meccaniche simili per ampie zone, porta a ritenere esse siano quelle a minore pericolosità sismica del territorio di Falconara Marittima.

Zona 6 ("6" nella carta di Figura 1-9)

- *Litologia.* Argille marnose con intercalati corpi arenacei, arenaceo-organogeni ben cementati e sabbie organogene (Siciliano-Crotoniano). Tali depositi giacciono in discordanza sulle argille marnose del Pliocene inferiore e medio p.p. ed a quote molto differenti.
- *Morfologia.* Versanti e crinali.
- *Pericolosità sismica potenziale.* L'area di affioramento di questi litotipi risulta molto estesa e i limiti dei differenti affioramenti non sono tra loro giustificabili su base prettamente stratimetrica. Gli affioramenti risultano inoltre a quote inferiori di circa 100 metri rispetto a quelli, sicuramente in posto e con giacitura sub orizzontale, presenti nell'area anconetana. Sulla base delle conoscenze sull'evoluzione geologica dell'anconetano, non risulta giustificabile ipotizzare l'esistenza di faglie con tali rigetti di età pleistocenica. La natura e la distribuzione degli affioramenti e la morfologia delle aree rende plausibile ipotizzare che tali corpi, come in diverse località dell'anconetano, siano associabili ad antichi accumuli di frana inattivi o stabilizzati. La tettonica può essere in parte responsabile della loro messa in posto. La natura di questi depositi può comunque essere compresa solo tramite indagini sperimentali. E' possibile, per la presenza di ampi corpi arenaceo-organogeni intercalati alle argille e a volte a depositi fortemente alterati, che in tali aree possano aversi amplificazioni sismiche locali.

Zona 7 ("7" nella carta di Figura 1-9)

- *Aree interessate da faglie, faglie probabili o intensamente tettonizzate individuate da osservazioni locali, da considerazioni relative all'assetto geologico dell'area costiera anconetana e dall'interpretazione aerofotogrammetrica.* Tali aree sono generalmente interessate da un'intensa fratturazione che ha fortemente alterato, peggiorando, le caratteristiche meccaniche dei differenti litotipi del substrato. E' pertanto probabile che in corrispondenza di tali lineazioni e per un'ampiezza non determinabile mediante queste indagini, la pericolosità sismica potenziale possa essere incrementata rispetto alle zone limitrofe.
- Le indagini specificamente eseguite per la caratterizzazione sismica del territorio di progetto (traverse sismiche in onde S e down hole in foro di sondaggio) mostrano, coerentemente con le risultanze degli studi geologici e stratigrafici, una buona omogeneità dal punto di vista sismostratigrafico con una categoria di suolo di fondazione che, ai sensi delle NTC 2008, viene riferita al tipo C.

1.5 ALTRA DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E TECNICA DISPONIBILE

A seguito dell'attività di ricerca e reperimento da fonte bibliografica di informazioni geologico-tecniche si segnalano i seguenti ulteriori studi condotti da ANAS sull'infrastruttura esistente:

-Servizi per l'espletamento delle attività finalizzate alle verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3362/2004 e s.m.i. – Compartimento AN – Strada SS16 – Opera Viadotto Falconara II – Cod.opera 11 – Lotto 4 – Settembre 2010;

-Servizi per l'espletamento delle attività finalizzate alle verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3362/2004 e s.m.i. – Compartimento AN – Strada SS16 – Opera Viadotto Barcaglione – Cod.opera 12 – Lotto 4 - Settembre 2010.

1.5.1 Verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica – Viadotto Falconara II – Studio ANAS – Settembre 2010

Ad opera di ANAS nel 2010 è stato condotto uno studio di verifica del livello di sicurezza sismica sull'esistente Viadotto Falconara II della SS16 Variante di Ancona, opera questa che rientra tra quelle presenti nel tratto di attuale ampliamento.

Nell'ambito dello studio sono stati eseguiti n.2 stendimenti geosismici a rifrazione (N11-R1 e N11-R2), rispettivamente tra le pile 2 e 4 e tra la pila 6 e la spalla B "Lato Ancona", di lunghezza pari a 90m ognuno con rilievo delle onde P e onde S (Figura 1-10).

Dall'esame dei risultati dell'indagine sismica, che ha integrato quanto acquisito da studi precedenti, è stato definito il modello sismico del sottosuolo. Si riporta nel riquadro sottostante quanto esposto nel Rapporto Finale dello studio.

I risultati di questo studio sono congruenti con le indagini specificamente effettuate nell'ambito della campagna 2011.

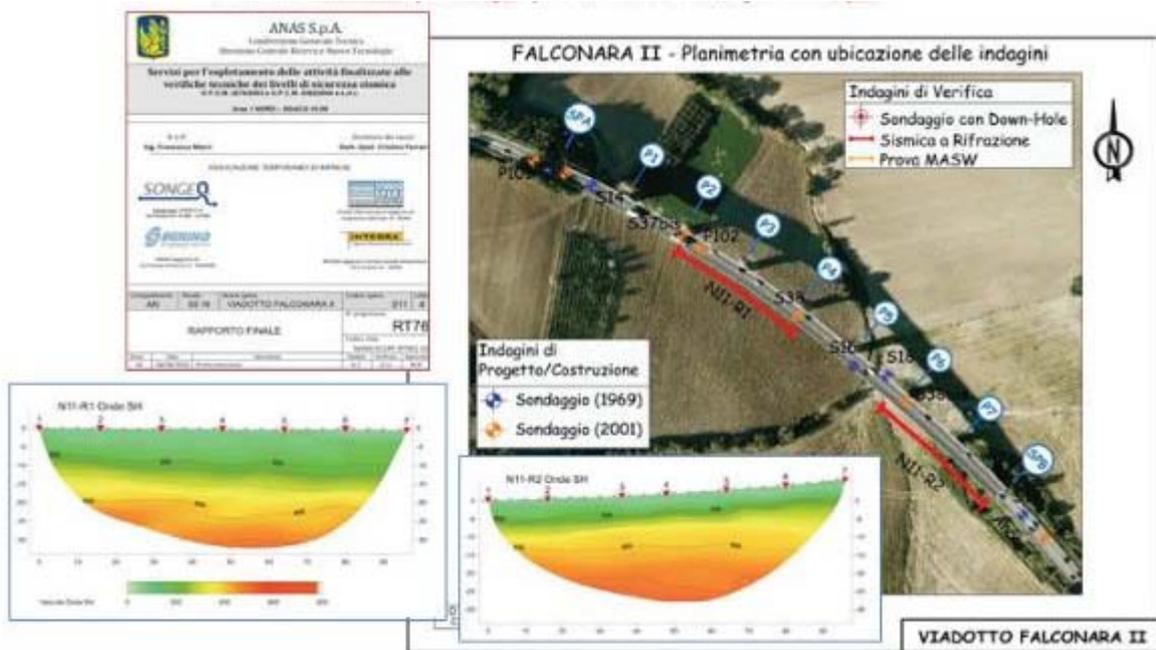


Figura 1-10 - Viadotto Falconara II: Indagine geosismica integrativa (stralcio da: verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica – Viadotto Falconara II – Studio ANAS - Settembre 2010).

Modello sismico di sottosuolo – Viadotto Falconara II

La prospezione sismica a rifrazione N11-R1, effettuata in successione tra le pile 2 e 4 e di lunghezza pari a 90m, ha individuato una successione di strati nel sottosuolo caratterizzati da valori delle velocità delle onde VS relativamente basse. L'individuazione dei valori medi è maggiormente rappresentativa con l'interpretazione GRM delle prove attraverso la quale è evidente un primo strato molto superficiale dello spessore di circa 2 m che ha restituito velocità delle onde VS tra 115 e 125 m/s. Al di sotto un sismostrato caratterizzato da velocità comprese tra 140 e 150 m/s e dello spessore di circa 7-8m (dove sono presenti i depositi colluviali superficiali) sovrapposto ad un ulteriore strato in cui le VS risultano pari a 275-290 m/s. A partire dalla profondità di 15-20 m le VS si attestano su valori dell'ordine di 410-490 m/s, corrispondenti probabilmente alla formazione di base argillosa non alterata. Il valore di VS mediato sui 30m di profondità è risultato pari a 262 m/s, che corrisponde ad una categoria di sottosuolo di tipo C.

A risultati analoghi si perviene attraverso il secondo stendimento geosismico, effettuato tra le pile 5 e 6 e la spalla B "Lato Ancona". Anche in questo caso, l'interpretazione GRM individua 4 sismostrati principali; la tendenza è quella di un graduale assottigliamento degli strati più superficiali procedendo verso la spalla B. Il primo strato individuato, dello spessore di 2 m circa, presenta velocità delle onde VS comprese tra 100 e 105 m/s, sovrapposto ad uno strato di potenza pari a 4-5m con velocità tra 170 e 195 m/s. Al di sotto si individuano gli strati maggiormente compatti, caratterizzati da VS comprese tra 335-355 m/s nel primo caso e 400-440 m/s in quello più profondo. Il valore di VS mediato sui 30m di profondità è risultato pari a

318 m/s corrispondente ad una categoria di sottosuolo di tipo C.

Alla luce dei risultati di entrambe le prospezioni effettuate si può adottare, dal punto di vista sismico, un modello monodimensionale di sottosuolo caratterizzato da una categoria C per l'analisi dinamica dell'intero viadotto.

Dalle caratteristiche granulometriche dei terreni presenti nel sottosuolo non si delinea un rischio di liquefazione.

1.5.2 Verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica – Viadotto Barcaglione – Studio ANAS - Settembre 2010

Nel 2010, ad opera di ANAS, è stato condotto uno studio di verifica del livello di sicurezza sismica sull'esistente Viadotto Barcaglione della SS16 Variante di Ancona, viadotto questo che rientra tra quelli presenti nel tratto di attuale ampliamento.

Nell'ambito dello studio è stato eseguito uno stendimento geosismico a rifrazione (N12-R1), rispettivamente tra la pila 2 e le pile 4 e 5 di lunghezza pari a 120m, con rilievo delle onde P e onde S. (Figura 1-11).

Dall'esame dei risultati dell'indagine sismica, che ha integrato quanto acquisito da studi precedenti, è stato definito il modello sismico del sottosuolo. Si riporta nel riquadro sottostante quanto esposto nel Rapporto Finale dello studio.

Dall'esame dei risultati dell'indagine sismica, che ha integrato quanto acquisito da studi precedenti, è stato definito il modello sismico del sottosuolo. Si riporta nel riquadro sottostante quanto esposto nel Rapporto Finale dello studio.

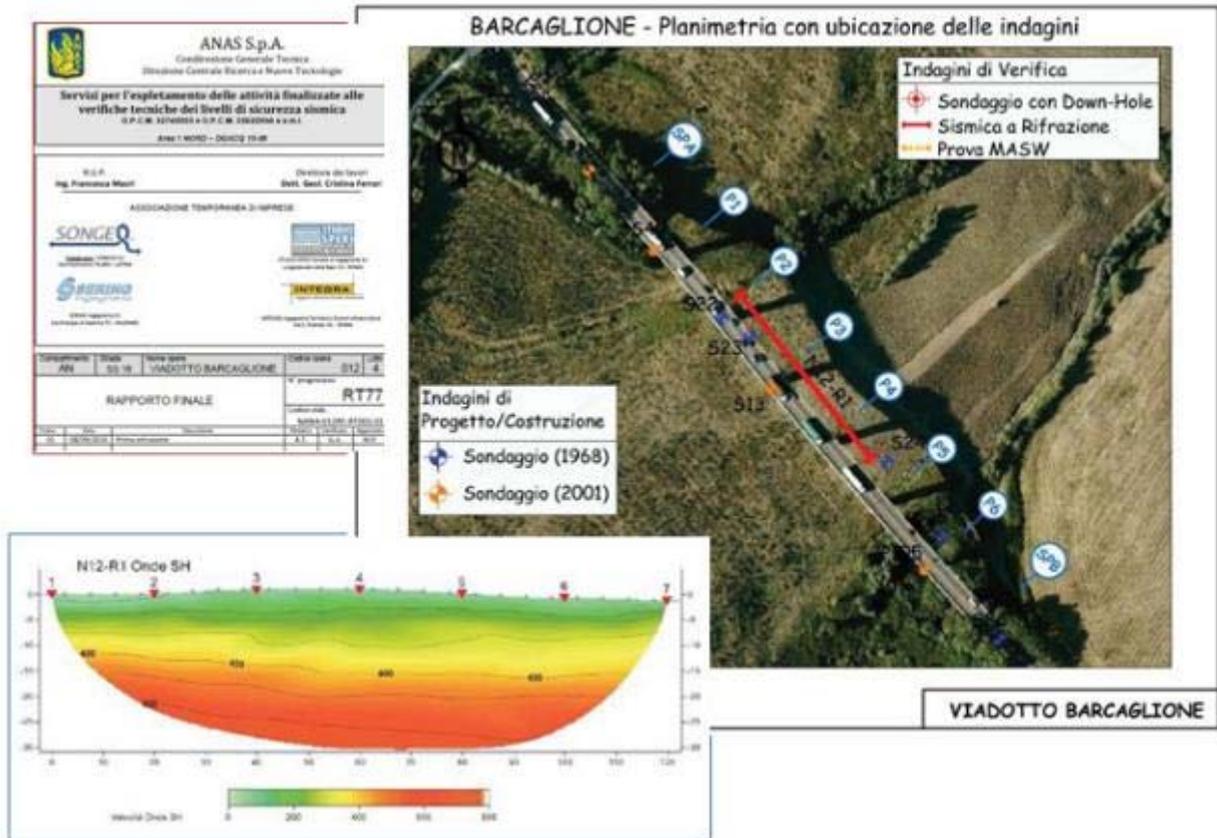


Figura 1-11 - Viadotto Barcaglione: Indagine geosismica integrativa (stralcio da: verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica – Viadotto Falconara II – Studio ANAS - Settembre 2010).

Modello sismico di sottosuolo – Viadotto Barcaglione

La prospezione sismica a rifrazione N12-R1, effettuata in successione tra la pila 2 e le pile 4 e 5, di lunghezza pari a 120m, ha individuato una successione di strati nel sottosuolo caratterizzati da valori delle velocità delle onde VS relativamente basse. L'individuazione dei valori medi è maggiormente rappresentativa con l'interpretazione GRM delle prove attraverso la quale è evidente un primo strato molto superficiale dello spessore di circa 1 m che ha restituito velocità delle onde VS comprese tra 100 e 105 m/s. Al di sotto un sismostrato caratterizzato da velocità comprese tra 220 e 250 m/s e dello spessore di circa 4- 5m (dove sono presenti i depositi colluviali superficiali) sovrapposto ad un ulteriore strato in cui le VS risultano pari a 330-360 m/s. A partire dalla profondità di circa 20 m le VS si attestano su valori dell'ordine di 580-620 m/s, corrispondenti con buona probabilità alla formazione del substrato argilloso non alterato. Il valore di VS mediato sui 30m di profondità è risultato pari a 346 m/s che corrisponde ad una categoria di sottosuolo di tipo C.

Alla luce dei risultati ottenuti si può adottare, dal punto di vista sismico, un modello

monodimensionale di sottosuolo caratterizzato da una categoria C per l'analisi dinamica dell'intero viadotto.

Dalle caratteristiche granulometriche dei terreni presenti nel sottosuolo non si delinea un rischio di liquefazione.

1.6 PRESCRIZIONI SUL PROGETTO DEFINITIVO A BASE DI GARA

Nel marzo 2004 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio con l'approvazione del progetto di ampliamento a quattro corsie della variante di Ancona esprimeva giudizio positivo circa la compatibilità ambientale a condizione che nella successiva fase progettuale venissero ottemperate le prescrizioni contenute nel Decreto di compatibilità ambientale DEC/DSA/2004/0234.

Nel presente paragrafo sono elencate le prescrizioni che investono la materia geologica l.s al fine di porre l'attenzione sul fatto che tali prescrizioni, formulate sul progetto definitivo posto a base di gara (e di cui il presente studio costituisce l'aggiornamento) sono state considerate fin dal momento della programmazione delle indagini e degli studi specialistici di dettaglio, e tutte ottemperate ottenendo il parere favorevole del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (con nota prot DVA-2013-0008350 del 08.04.2013) dell'Autorità di Bacino e della Regione Marche (Delibera 1172 del 02.08.2013).

1.6.1 Prescrizioni del DEC/DSA/2004/0234

Punto d, prima parte): il progetto esecutivo dovrà contenere anche la verifica tecnica condotta in ottemperanza alle indicazioni delle norme tecniche di attuazione del PAI e alle norme tecniche del D.M.LL.PP. 11 marzo 1988, volte a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di pericolosità esistente, con esplicitazione degli interventi di mitigazione eventualmente ritenuti necessari;

Punto f): prima di impiegare materiali da cava dovranno essere utilizzati i materiali di risulta dello scavo delle gallerie opportunamente selezionati e trattati. A tal fine nello scavo non dovranno essere impiegate tecnologie che utilizzano materiali che rendono impossibile il materiale dello smarino (es. resine, ecc.);

Punto g, parte prima): dovrà essere predisposto e realizzato un piano di monitoraggio generale integrato, concordato con l'ARPA Marche, e dalla stessa coordinato che analizzi e provveda all'archiviazione e alla consultazione dei dati da parte degli enti locali e del pubblico, relativi a tutte le componenti (aria, acque, ecc.). Particolare attenzione dovrà essere posta in relazione al monitoraggio dei versanti instabili sia tramite misure di livellazione e trigonometriche, che adottando tecniche più avanzate e più idonee allo scopo, quali GPS o il SAR (anche utilizzando la tecnica degli "scatteratori" permanenti), eventualmente integrati da sistemi di rilevamento piezometrico delle pressioni interstiziali ponendo in opera celle di pressione in grado di rilevare la pressione di contatto struttura terreno.

1.6.2 Nota n. 813/VIA della Regione Marche del 19 Maggio 2003

Nell'area interessata dal progetto di ampliamento della strada sono presenti numerose aree a rischio idrogeologico per frana definite dal Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) adottato da parte del Comitato Istituzionale con delibera n. 15 del 28 giugno 2001. Le NTA del piano adottato non escludono la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con la pericolosità delle zone classificate sia a rischio elevato R3 (Art. 12) sia a rischio R2 e R1 ma caratterizzate da un livello di pericolosità molto elevato P4 e elevato P3 (art. 13). Nelle restanti aree interessate da "fenomeni minori", classificati a rischio medio e moderato (R2 e R1) con livelli di pericolosità media o moderata (P2 e P1) è prevista l'attuazione degli interventi in progetto nel rispetto delle normative vigenti in via ordinaria, con particolare riferimento al D.M. 11.03.1988 e successiva circolare integrativa (n. 30483 del 24.09.1988). In definitiva le NTA del piano in adozione prevedono che la realizzazione dell'intervento di ampliamento della strada statale sia subordinata ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M.LL. PP. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto ed il livello di pericolosità esistente. Tale verifica, redatta e firmata da un tecnico abilitato, deve essere allegata al progetto di intervento. Per quanto sopra esposto si ritiene necessario uno studio da parte del soggetto proponente in cui siano valutate, per ogni singola area perimetrata nel PAI, eventuali soluzioni alternative, la compatibilità con la pericolosità delle aree e l'esigenza di realizzare interventi per la mitigazione della pericolosità.

Per quanto riguarda la relazione geologica allegata al progetto si ritiene di dovere precisare quanto segue. I fenomeni franosi riportati nella carta geomorfologica (tavole nn. PD 4.2.01, 02, 03) non sono stati distinti per tipologia e stato di attività, in difformità con i contenuti delle indagini geognostiche previsti dalla circolare della Regione Marche n. 14 del 28.08.1990 e dal punto B5 del D.M. del 11.03.1988. Nella carta del rischio sismico, allegata allo studio di impatto ambientale, si sono evidenziate le zone suscettibili di amplificazione sismica locale (zone E1, E2, e E3). Se la metodologia utilizzata per l'elaborazione della carta è la stessa utilizzata per la ricostruzione in seguito al terremoto umbro marchigiano del 1997, si ritiene utile di chiarire l'incongruenza tra le numerosissime zone instabili della carta del rischio sismico e i pochi corpi di frana individuati nella carta geomorfologica. La carta geologica (tavole PD 4.1.01, 02, 03) rappresenta unicamente la litologia dei terreni presenti nell'area investigata; la situazione litostratigrafica locale, invece, deve definire anche lo stato di alterazione e fratturazione, precisando in particolare i caratteri geostrutturali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità. La carta idrogeologica distingue i terreni in funzione delle classi di permeabilità, mentre nei lineamenti idrogeologici dell'area deve risultare definito lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea dell'area (punto 85 del D.M. del 11.03.1988). Le stratigrafie dei sondaggi geognostici eseguiti e i certificati delle prove geotecniche in sito e quelle di laboratorio non sono stati allegati alla relazione geologica. La verifica di stabilità del pendio non è stata eseguita così come invece previsto dal punto H del D.M. del 11.03.1988 (fattibilità geotecnica di opere su grandi aree). Le

condizioni di stabilità del pendio interessato dal tracciato stradale dovranno essere accertate con riferimento alle condizioni precedenti alla realizzazione delle opere ed a seguito della costruzione di tali opere, secondo quanto prescritto nella sezione G del D.M. 11.03.1988. Non è stata realizzata una carta di sintesi, che analizzi ed interpreti tutte le indagini effettuate (di tipo geologico, geomorfologico, geotecnica e sismico), che evidenzino le aree del territorio interessate da pericolosità geologiche s.l. e che differenzi, nei limiti del possibile, le aree a diverso grado di pericolosità (carta delle pericolosità geologiche alla scala 1:5.000) in cui siano individuati i limiti imposti al progetto dalle caratteristiche del sottosuolo, così come previsto dalla normativa vigente. In definitiva, la verifica di fattibilità geologica e geotecnica dovrà comprendere l'accertamento delle modifiche che il sistema di opere in progetto può indurre nell'area e dovrà precisare se le condizioni locali impongano l'adozione ed il rispetto di accorgimenti tecnici realizzabili a livello di progetto esecutivo nell'intorno significativo circostante l'intero tracciato stradale. Tale cartografia di sintesi dovrà essere il supporto per operare scelte progettuali che tengano conto della "vocazione" principale del territorio.

Nello "Studio di Impatto Ambientale - Relazione", il materiale proveniente da scavi è stato stimato in 534.000 mc. Questo è composto quasi esclusivamente da argille giudicate non idonee alla formazione di rilevati, pertanto è stato previsto il trasporto presso cave o ex cave da ritombare. Le caratteristiche granulometriche dei materiali di scavo e gli indici di plasticità medi di tabella I di relazione geotecnica, sono compatibili con i parametri base per l'impiego del metodo della stabilizzazione a calce per terreni coesivi. Questa metodologia ha il doppio vantaggio di diminuire sensibilmente il volume del materiale da abbancare in "discariche" e al contempo fa diminuire il quantitativo di materiale inerte proveniente da cava. Si ritiene utile suggerire di valutare la possibilità di impiego del metodo della stabilizzazione a calce soprattutto nella realizzazione dei rilevati e più in generale dove tecnicamente possibile.

1.6.3 Parere dell'Autorità di Bacino della Regione Marche

Si prescrive di integrare quanto trasmesso con uno studio in cui siano valutate, per ogni singola area in dissesto classificata con livello di pericolosità elevato (P3), la compatibilità con la pericolosità delle aree e l'esigenza di realizzare interventi per la mitigazione della pericolosità.

La carta idrogeologica distingue i terreni in funzione delle classi di permeabilità, mentre nei lineamenti idrogeologici dell'area deve risultare definito lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea dell'area (punto B5 del D.M. del 11.03.1988).

La verifica di stabilità del pendio non è stata eseguita così come invece previsto dal punto H del D.M. del 11.03.1988 (fattibilità geotecnica di opere su grandi aree). Le condizioni di stabilità del pendio interessato dal tracciato stradale dovranno essere accertate con riferimento alle condizioni precedenti, alla realizzazione delle opere ed a seguito della costruzione di tali opere, secondo quanto prescritto nella sezione G del D.M. 11. 03. 1988. Tali verifiche si rivelano ancor più necessarie se si considera che "all'interno della formazione Pliocenica si creano elevate

pressioni idrauliche".

Non è stata realizzata una carta di sintesi che analizzi ed interpreti tutte le indagini effettuate (di tipo geologico, geomorfologico, geotecnico e sismico), che evidenzi le aree del territorio interessate da pericolosità geologiche s.l. e che differenzi, nei limiti del possibile, le aree a diverso grado di pericolosità (carta delle pericolosità geologiche alla scala 1:5.000) in cui siano individuati i limiti imposti al progetto dalle caratteristiche del sottosuolo, così come previsto dalla normativa vigente. In definitiva, la verifica di fattibilità geologica e geotecnica dovrà comprendere l'accertamento delle modifiche che il sistema di opere in progetto può indurre nell'area e dovrà precisare se le condizioni locali impongano l'adozione ed il rispetto di accorgimenti tecnici realizzabili a livello di progetto esecutivo nell'intorno significativo circostante l'intero tracciato stradale.

1.6.4 Elenco normative di riferimento – Geologia, Geotecnica e Sismica

- *Decreto Ministeriale 17.01.2018 Aggiornamento delle " Norme Tecniche per le costruzioni ".*
- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.*
- *Decreto Ministeriale 14.01.2008,Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni.*
- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.*
- *PCM - Dip. Protezione Civile, Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica, Parti I, II e III. Roma settembre 2008.*
- *DPCM 12.10.2007. Direttiva per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni.*
- *OPCM n. 3519 del 28.04.2006. Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*
- *Decreto Legislativo n.152 del 3.03.2006 "Tutela dell'ambiente".*
- *OPCM n.3431 del 03.05.2005, Norme Tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.*
- *Decreto legislativo 22.01.2004 n.42 " Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio". Codice Urbani.*
- *UNI9916. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici. Norma italiana, Ente Nazionale Italiano di Unificazioni 2004.*
- *ISO TC98/SC3 N 229. Bases for design of structures - Seismic action for designing geotechnical works.ISO TC 98/SC3 WG10. 2003.*
- *OPCM n.3316 del 02.10.2003 recante modifiche e integrazioni dell'OPCM n. 3274*
- *Norme Tecniche per il progetto sismico di ponti del 25.03.03*

- *OPCM 3274 del 20.03.2003. Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.*
- *Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture- Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)*
- *Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali – UNI.*
- *Eurocodice 7.2 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio – UNI.*
- *Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito – UNI.*
- *DPR n.380 del 6.6.2001. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.*
- *DPR n.328 del 5.06.2001, Regolamento attuativo dell'art. 1, comma 18 della legge 4/99-Modifiche e integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove delle professioni di dottore geologo ...*
- *DPR 554/1999 Regolamento d'attuazione dell'art. 3 L.109/1994.*
- *D.M. n.471 del 25.10.1999. Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati.*
- *EN 1998-5. Foundations, retaining structures and geotechnical aspects, 2003 CEN – European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium.*
- *EN 1998-5. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance- Part. 1: General rules, seismic actions and rules for building. CEN, Bruxelles, Belgium.*
- *D.M.LL.PP. 16.1.96. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana, n.29 del 5.2.96.*
- *Legge 11.02.1994 n. 109 Legge quadro*
- *DPR n.246 del 21.04.1993 "Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti di costruzione. AGI- Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni, 1993.*
- *Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e il collaudo degli edifici in muratura e consolidamento, 1989*
- *Circ. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 Istruzione applicativa - Norme Tecniche per terreni e fondazioni.*
- *D.M. LL.PP. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le sostegno delle terre e delle opere di fondazione. G.U. Repubblica Italiana n.127.*
- *Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale, precompresso e da struttura metallica, 1971.*

- *AGI- Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulle prove Geotecniche di laboratorio, 1994.*
- *AGI, Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulla programmazione e esecuzione delle indagini geotecniche, 1977.*
- *Leggi della regione Marche in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico.*
- *Ordinanze Autorità di Bacino Regione Marche.*
- *Normativa ANAS di Capitolato (Allegato C): Norme Generali per l'esecuzione di indagini geotecniche e geofisiche.*
- *Normativa ANAS di Capitolato (Allegato C): Norme Tecniche per l'esecuzione di indagini geotecniche e geofisiche.*
- *Normativa ANAS di Capitolato (Allegato D): Norme Tecniche per l'esecuzione di prove di laboratorio.*

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'Appennino Umbro-Marchigiano forma la parte sudorientale dell'Appennino Settentrionale ed è compreso fra la Colata della Val Marecchia (Montefeltro) a N, i Monti della Laga a S e la depressione Val di Chiana – Valle del Paglia a W. Le successioni sedimentarie, prevalentemente pelagiche, che formano l'ossatura della catena furono interamente deposte su crosta di tipo continentale appartenente alla cosiddetta "microplacca di Adria".

La storia della sua evoluzione morfo-strutturale può essere schematizzata in termini molto sintetici come segue:

- Tra Trias e il Miocene prevale la sedimentazione in aree subsidenti che andavano articolandosi anche in modo molto complesso;
- Con il Miocene si entra in regime orogenetico, e tra il Miocene e l'Attuale prevale la deformazione tettonica che genera l'Appennino Umbro-Marchigiano (Figura 2-1 e Figura 2-2); il progressivo corrugamento modifica continuamente la morfologia dei fondali ed esercita uno stretto controllo sulla sedimentazione (Figura 2-3);

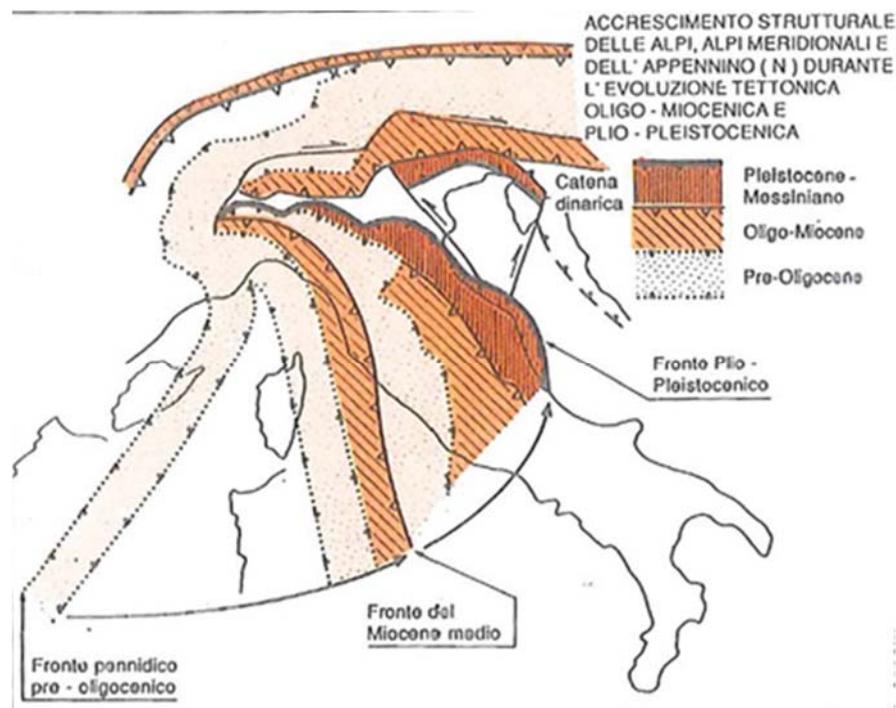


Figura 2-1 - *Cinture di accrescimento orogenetico (da: Castellarin et al. 1992)*

Nel Quaternario troviamo la dorsale appenninica nella sua posizione attuale, pronta a subire le azioni di modellamento. Domina la morfogenesi che si sovrappone ai processi tettonici e sedimentari.

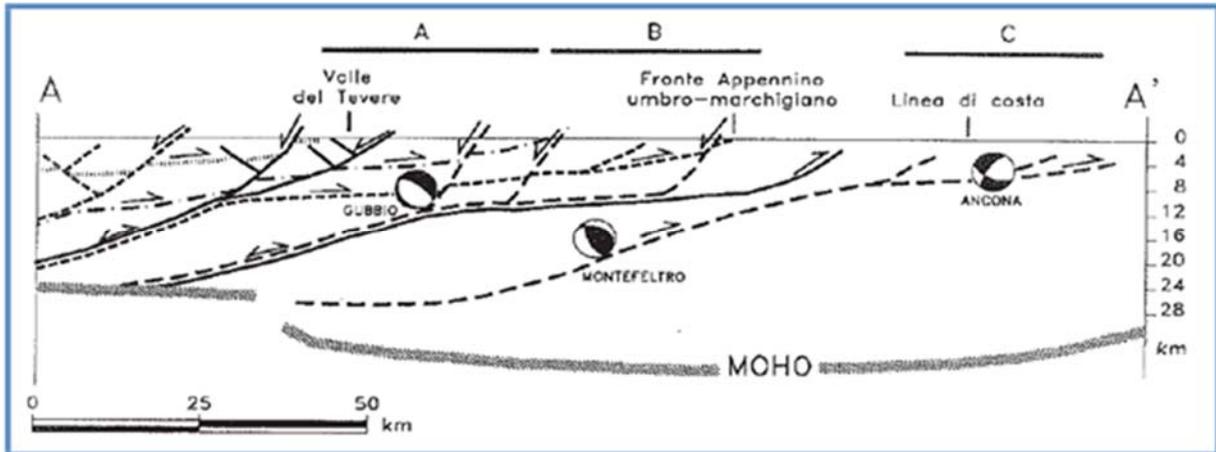


Figura 2-2 - Interpretazione della struttura crostale nell'area umbro-marchigiana – Ancona (Lavecchia et al. 1994)

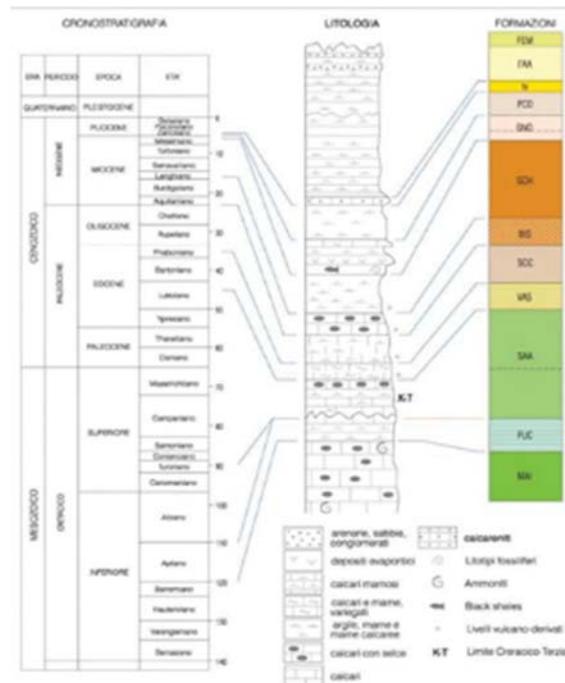


Figura 2-3 - Schema stratigrafico Marche (Progetto CARG Carta Geologica d'Italia F293 Osimo ISPRA)

2.1 DAL PLIOCENE ALL'OLOCENE

In considerazione della posizione dell'area d'interesse progettuale, ubicata in prossimità del margine più esterno del Bacino marchigiano, caratterizzato unicamente depositi databili a partire dal Plio-pleistocene (riquadro rosso in Figura 2-4) la trattazione si riferisce agli eventi successivi al Miocene.

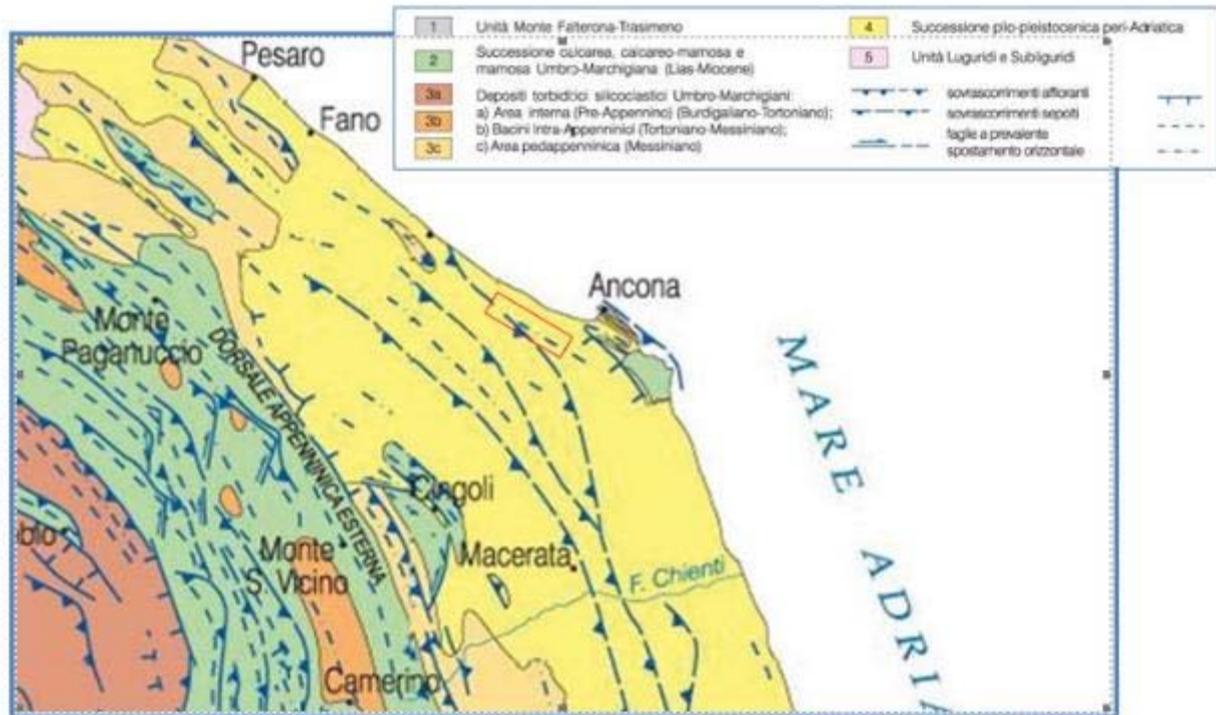


Figura 2-4 - Schema geologico strutturale regionale (da: Progetto CARG Carta Geologica d'Italia Fg.281 Senigallia – ISPRA-SGI)

Il Pliocene e Pleistocene rappresentano, per l'area umbro-marchigiana, il passaggio da un ambiente prevalentemente marino ad uno continentale. Nel Pliocene inf. sono già tracciate le linee principali lungo le quali si svilupperà la morfologia peninsulare: sono individuate le principali dorsali paleoappenniniche; il Tirreno è già formato ma non ancora completamente aperto, il margine adriatico è ancora impegnato nella compressione a vergenza E. Il Pliocene medio vede l'esaurirsi quasi totale dei fenomeni di tettonica compressiva e di trascorrenza nell'area toско-umbra. Nel Pliocene sup., gli ambienti marini permangono nella sola parte più occidentale dell'Umbria e nella fascia costiera marchigiana. Nel corso del Pleistocene inf. il mare si ritira definitivamente.

Nel Quaternario troviamo la dorsale appenninica nella sua posizione attuale, pronta a subire le azioni di modellamento, come interazione tra tettonica ed erosione. Ai piedi del versante

appenninico marchigiano si sviluppa una morfologia blanda che si spinge fino all'Adriatico, morfologia soggetta a successive alterne azioni di modellamento che hanno la loro espressione nel "terrazzamento" delle valli fluviali. Qualche fascia marginale marchigiana è, all'inizio del Quaternario, nel Pleistocene inf, ancora sommersa dal mare. Pleistocene medio e sup., assieme all'Olocene, poco aggiungono all'evoluzione morfologica generale.

2.1.1 Il Plio-pleistocene marchigiano

I sedimenti marini del Plio-Pleistocene marchigiano facenti parte del Bacino Marchigiano Esterno (o Bacino Periadriatico) mostrano aspetti variabili nel tempo e nello spazio in relazione all'attività tettonica sinsedimentaria che avrebbe articolato il bacino condizionando la sedimentazione.

La successione contiene superfici di discontinuità che permettono il riconoscimento di diverse sequenze deposizionali. Tali discontinuità, accompagnate talora da discordanze angolari, si riscontrano nelle zone marginali e in corrispondenza di alti strutturali, mentre nelle zone più profonde si ha continuità di sedimentazione.

Una prima discontinuità si riscontra alla base della successione; essa separa le argille scure messiniane (Argille a Colombacci) dalle argille fossilifere plioceniche di ambiente batiale (Argille Azzurre). La discontinuità successiva, individuata all'interno del Pliocene inferiore, distingue i due sottocicli P1a e P1b. Al passaggio tra Pliocene inf. e il Pliocene medio si osserva la discordanza nota come "trasgressione medio-pliocenica", con la quale ha inizio il ciclo sedimentario che si estende fino a tutto il Pleistocene inf. La successiva discontinuità si ha nella parte sommitale del Pliocene sup. Un'ulteriore discontinuità separa le argille e sabbie dell'Emiliano da quelle del Siciliano.

La successione che si riferisce al settore centrale anconetano è rappresentata dalla colonna "B" di Figura 2-5 (da Cantalamessa et al., 1986, mod.).

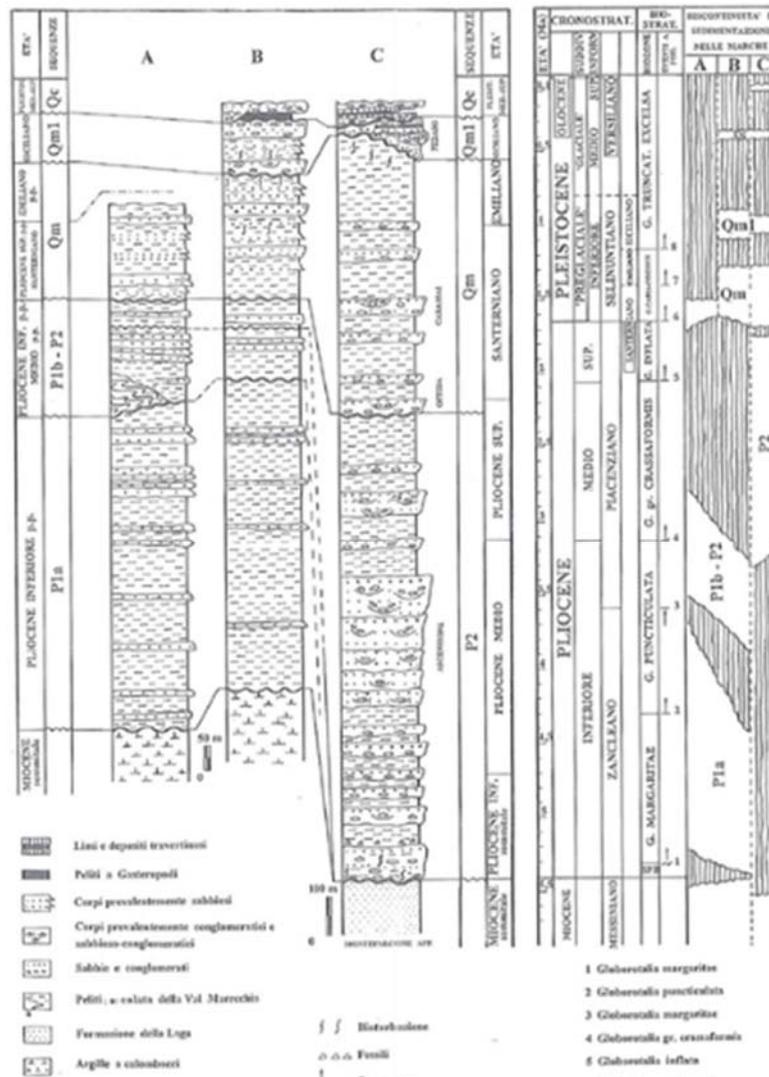
Le discontinuità suddette consentono di individuare cinque principali sequenze deposizionali marine. Dal basso verso l'alto sono le seguenti:

- Sequenza P1a: poggia in discontinuità sulle Argille a Colombacci ed è rappresentata da peliti grigio-azzurre (200-450 m) seguite da torbiditi pelitico-arenacee e arenaceo-pelitiche (200-300 m). Tale sequenza, depositatasi in ambiente batiale, è riferibile a gran parte del Pliocene inf.;
- Sequenze P1b-P2 e P2: la sequenza P1b-P2 è rappresentata da argille siltose e torbiditi di ambiente epibatiale, ha spessore molto variabile ed è riferibile alla parte alta del Pliocene inf. ed alla base del Pliocene medio; la sequenza P2, isolata da P1b, è caratteristica del solo settore marchigiano meridionale;
- Sequenza Qm: la sequenza è trasgressiva sulle argille de Pliocene ed è caratterizzata da alternanze di argille bluastre e di orizzonti arenaceo pelitici, deposte in ambiente

dall'epibatiale al litorale. La base è riferibile al tetto del Pliocene sup. o alla base del Pleistocene inf. mentre la parte superiore è riferibile all'Emiliano

- Sequenza Qm1: la sequenza è di età siciliana; è formata da sabbie e da argille ocracee sottilmente stratificate e presenta, al tetto, tracce di erosione e di cementazione subaerea ("regressione romana" di Ruggeri). Si sarebbe deposta in ambiente variabile fra quello di piattaforma a quello di spiaggia sommersa e battigia.

La successione plio-pleistocenica chiude con sedimenti continentali del ciclo Qc.



2.1.2 Alluvioni terrazzate e depositi di versante

Le alluvioni terrazzate sono suddivise secondo quattro principali ordini di terrazzi poligenici posti ad altezze variabili da pochi metri ad oltre 200 m sugli attuali fondi vallivi. A quote più elevate sono riconoscibili ulteriori ordini di terrazzi vallivi completamente privi di deposito (terrazzi di erosione). Ogni terrazzo principale è caratterizzato da successioni alluvionali (fluviali e di conoide alluvionale) che ricoprono alvei sepolti e rilievi modellati nel substrato roccioso prima dell'aggradazione.

I depositi di versante sono per la maggior parte rappresentati da accumuli caotici derivanti da movimenti di massa di varia estensione, età e tipologia, da detriti stratificati pleistocenici del tipo *éboulis ordonnés*, da coperture colluviali per lo più riferibili all'Olocene o al termine dell'ultimo glaciale.

2.2 LA GEOLOGIA DELL'AREA FRA FALCONARA E ANCONA

Una ricostruzione sintetica del complesso di studi eseguiti nel corso degli ultimi cinquanta anni sul territorio della regione Marche, riferito al settore Ancona-Falconara, è riportata nella documentazione tecnica di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico a supporto del piano regolatore di Falconara Marittima, redatta a cura del Prof. Geol. T. Nanni – Univ. degli studi di Ancona – 1999) da cui provengono la carta e le sezioni di inquadramento geologico riportate in Figura 2-6 e Figura 2-7.

“Le prime notizie ufficiali sulla geologia dell'area di Falconara si hanno nel foglio 118-Ancona (BONEL- LI & SACCO, 1936) e nella sua successiva revisione (PIRINI & RADRIZZANI, 1962; FANCELLI R. & RADRIZZANI S., 1964; DALLA CASA G. et al., 1965) pubblicata dal Servizio Geologico di Stato. Successivamente sono state prodotte cartografie dell'area anconetana, alla scala 1:75.000 (COLALONGO et al., 1979) e 1:25.000 (NANNI, 1980) ... L'assetto strutturale della zona è stato analizzato nei lavori di CRESCENTI et al. (1978), LECHI et al. (1978) e NANNI (1980) che trattano della geologia dell'anconetano e, più in generale, negli studi geologici a carattere regionale di NANNI et al. (1986) e di

A.A. vari, (1991). Notizie più specifiche attinenti al territorio di Falconara Marittima si hanno in COL- TORTI & NANNI (1987a), che analizzano le caratteristiche geologiche e geomorfologiche e le condizioni relative al rischio di frana del versante costiero tra Ancona e la foce del fiume Esino, e in NANNI (1989), che esamina tali aspetti relativamente al versante abitato di Falconara Marittima. Un'analisi delle caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche, nel contesto della pianura alluvionale del fiume Esino, è condotta nei lavori di BASSI & COLOMBETTI (1972); CRESCENTI et al. (1978), NANNI &

MEDI (1979), NANNI (1985), COLTORTI & NANNI (1987b) e GARZONIO et al. (1990)”. – tratto da:

Studio degli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici del territorio comunale – Relazione geologica P.R.G.'99 del Comune di Falconara Marittima (AN).

In definitiva, e in coerenza con quanto riportato nella documentazione del piano regolatore di Falconara Marittima, la sequenza stratigrafica che caratterizza il territorio d'interesse è suddivisa, dal basso verso l'alto, dalle seguenti unità riportate con sigle alfanumeriche sulla carta geolitologica di piano, di cui uno stralcio limitato all'area d'interesse è riportato in Figura 2-8.

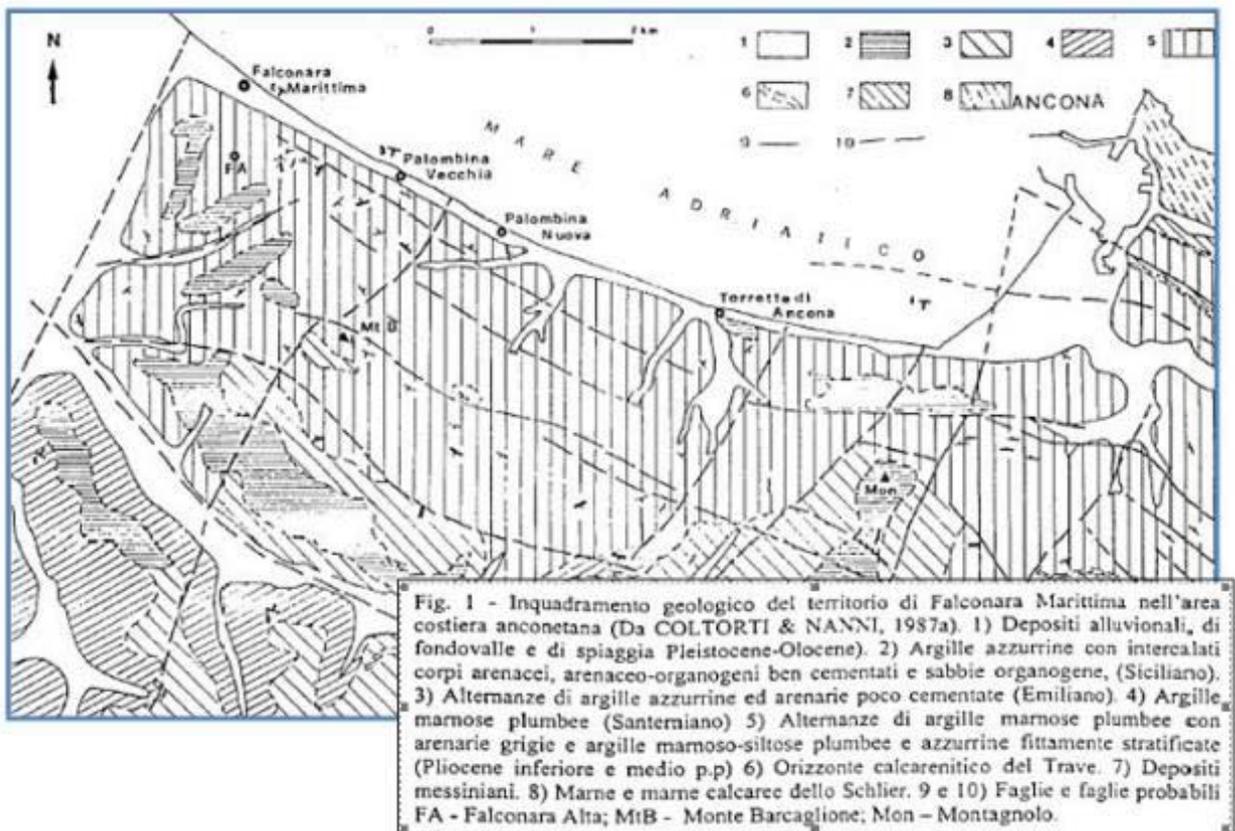


Figura 2-6 - Inquadramento geologico del Territorio di Falconara Marittima nell'area costiera anconetana (stralcio da: *Coltorti & Nanni 1987*)

- Unità del Substrato

Le unità del substrato sono costituite da:

- alternanze di argille marnose plumbee ben stratificate con arenarie grigie. Le argille sono nettamente prevalenti sulle arenarie ("10b"). La componente arenacea diminuisce verso il tetto della sequenza (Pliocene inferiore);

- argille marnose grigio-azzurre fittamente stratificate ("10a") con straterelli e lenticelle di arenaria ocracea poco cementata (Pliocene Inferiore);
- argille marnose azzurre e ocracee ("9") fittamente stratificate (Pliocene medio p.p.).

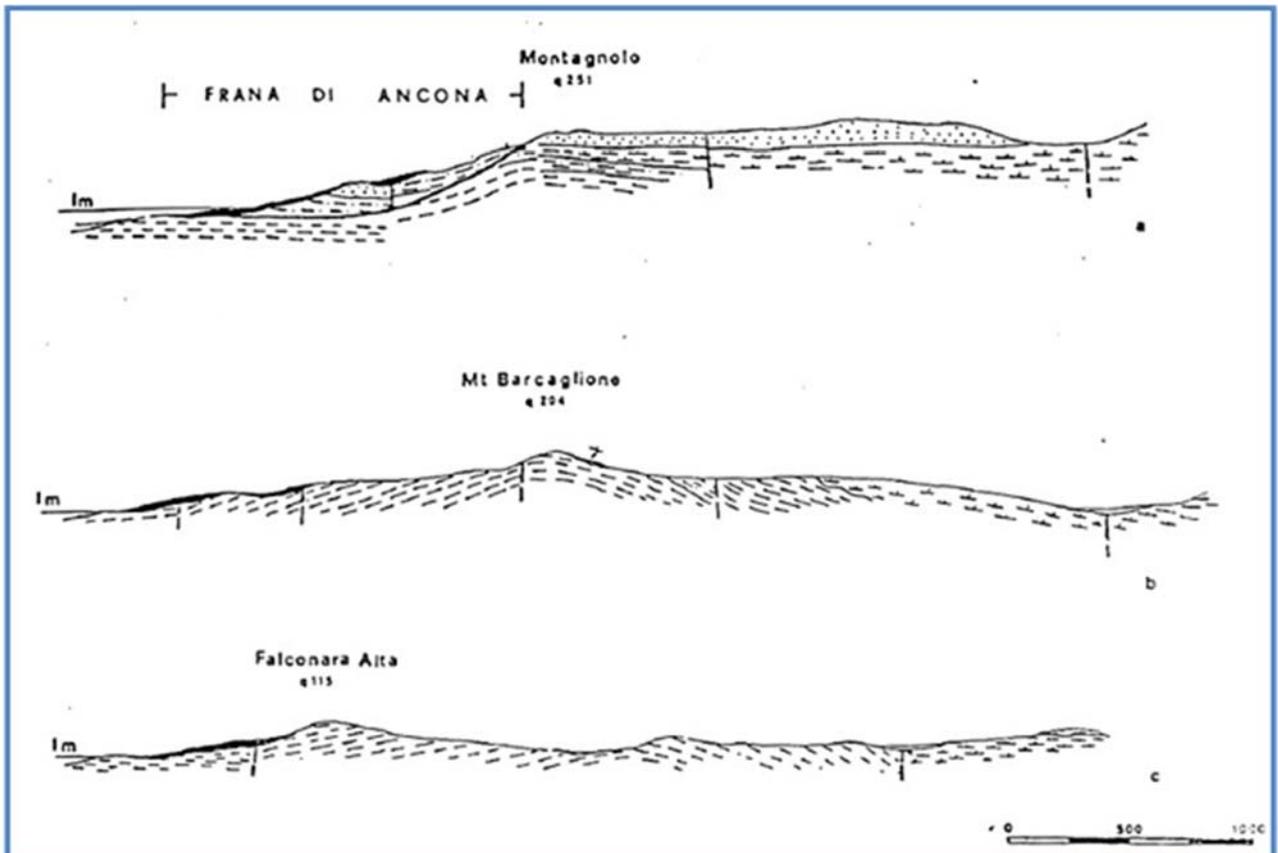


Figura 2-7 - Inquadramento geologico del Territorio di Falconara Marittima nell'area costiera anconetana – sezioni stratigrafiche interpretative (stralcio da: *Coltorti & Nanni 1987*)

In trasgressione sui litotipi del Pliocene pre-orogenico si hanno:

- argille marnose del Pleistocene basale ("8") o del Pliocene superiore sommitale;
- argille marnose ocracee e azzurrine ("7") con lenticelle e straterelli lenticolari di sabbia ocracea (Siciliano);
- depositi costituiti ("6") da corpi arenacei, arenaceo-organogeni ben cementati, sabbie organogene, intercalati ad argille azzurrine (Siciliano-Crotoniano). Tali depositi, ad occidente del fosso Il Fossatello, giacciono in discordanza sulle argille marnose del Pliocene inferiore e medio p.p. ed a quote notevolmente differenti. E' probabile che tali corpi, come in località limitrofe

dell'anconetano, siano associabili ad antichi accumuli di frana (COLTORTI & NANNI, 1987a). Nell'area circostante il Castello di Falconara la giacitura di tali depositi è sub-orizzontale.

- **Unità della copertura**

Le unità della copertura sono costituite dai seguenti litotipi:

- depositi alluvionali della pianura del fiume Esino ("5"), dati da corpi limoso-argillosi, argilloso-limoso-sabbiosi con intercalati corpi sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi. Nell'area costiera è probabile la presenza di depositi di origine fluvio-lacustre, sovralluvionati da depositi recenti e di depositi di spiaggia sepolti dai depositi alluvionali recenti (Pleistocene superiore-Olocene e attuale);
- depositi eluvio-colluviali e alluvionali di fondovalle ("4") e di pianura costituiti da argille limose, argille limoso-sabbiose con probabili corpi sabbioso-limosi (Olocene e attuale);
- depositi eluvio-colluviali argilloso-limosi e accumuli antropici soprastanti a probabili livelli costituiti da depositi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi di probabile origine costiera e fluviale (Attuale e Olocene) presenti nella zona edificata alla base del versante costiero dell'abitato di Falconara Marittima ("3");
- depositi ("2") di spiaggia (Attuale e Olocene);
- accumuli di origine antropica dell'area occupata dagli impianti della Raffineria API ("1a") e accumuli di origine antropica e depositi alluvionali della zona aeroportuale. Accumuli di origine antropica dell'area occupata dalla discarica del comune di Falconara Marittima ("1b"). Depositi argilloso-limosi, superiori ai 10 m, di probabile origine eluvio-colluviale, di frana e accumuli antropici presenti nella zona edificata del versante costiero ("1c") dell'abitato di Falconara Marittima

L'assetto strutturale del territorio fra Falconara e Ancona risulta difficilmente riconoscibile dalla sola indagine di campagna per la scarsità di affioramenti del substrato e la presenza di estese coperture. La ricostruzione dei principali lineamenti tettonici deriva dagli studi effettuati nell'area anconetana e da interpretazioni fotogrammetriche o satellitari desunte dai lavori di CRESCENTI et al. (1977), COLALONGO et al. (1979), LECHI et al. (1978) e NANNI (1980).

L'assetto strutturale è dominato da una anticlinale pliocenica (Figura 2-6- Figura 2-7), non ben definita, a direzione NO-SE: tale struttura è probabilmente sepolta, verso NO, dai depositi della pianura del fiume Esino, dove probabilmente è interrotta da una faglia a direzione antiappenninica, anche essa presunta, che delimita la pianura alluvionale del fiume Esino in destra idrografica. L'evoluzione geologica del territorio fra Falconara e Ancona, da cui deriva l'attuale configurazione, si è sviluppata attraverso le diverse fasi della tettonogenesi appenninica. Alla fase tettonica pliocenica si deve la formazione della struttura anticlinale e la sua parziale emersione. Al passaggio Plio-Pleistocene, in connessione di stasi delle spinte orogeniche, si ha una fase di debole subsidenza che permette la deposizione delle argille del Pliocene superiore

sommitale o del Santerniano in discordanza con quelle plioceniche preorogeniche. A questa fase segue il sollevamento pleistocenico che porta alla formazione dei depositi organogeni di mare basso e di spiaggia sommersa del Siciliano fino alla completa emersione di tutta la struttura. Il sollevamento pleistocenico porta i depositi siciliani a quote di circa 260 m s.l.m., nell'area anconetana del monte Montagnolo (Figura 2-6). Nella zona di Falconara tali depositi sono ubicati a quote variabili tra 40 e 100 m s.l.m. (Figura 2-6 e Figura 2-8-sigla"6") Le differenti quote altimetriche degli affioramenti di questi litotipi e la loro distribuzione nell'area di Falconara fanno ritenere che essi non siano in posto ma siano piuttosto dislocati da movimenti di massa.

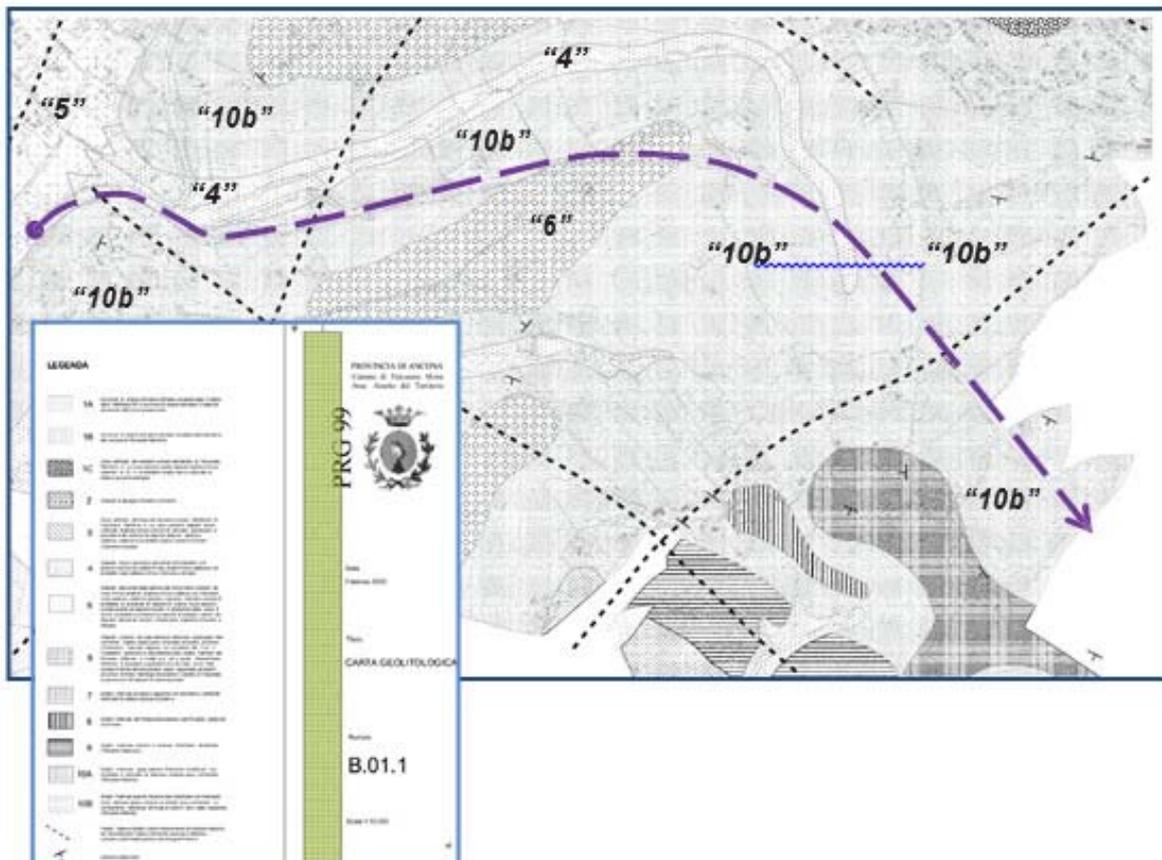


Figura 2-8 - Carta geolitologica del PRG del comune di Falconara riportante in evidenza l'infrastruttura di progetto (stralcio da: Elab.B.01.1 - P.R.G.'99 del Comune di Falconara Marittima - Febbraio 2003 - mod.).

2.3 LA GEOLOGIA DELL'AREA FRA FALCONARA E ANCONA – ANALISI E DESCRIZIONE DEI NUOVI DATI DAL CARG

Nell'ambito del Progetto CARG per la redazione della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:50.000, la normativa relativa al rilevamento dei depositi quaternari privilegia l'utilizzo delle unità a limiti inconformi UBSU. Ciò vale quindi anche per la Carta Geologica d'Italia Fg.282 Ancona e Fg.293 Osimo – ISPRASG) dove la classificazione, come prevede la nomenclatura UBSU, è basata sui "sintemi".

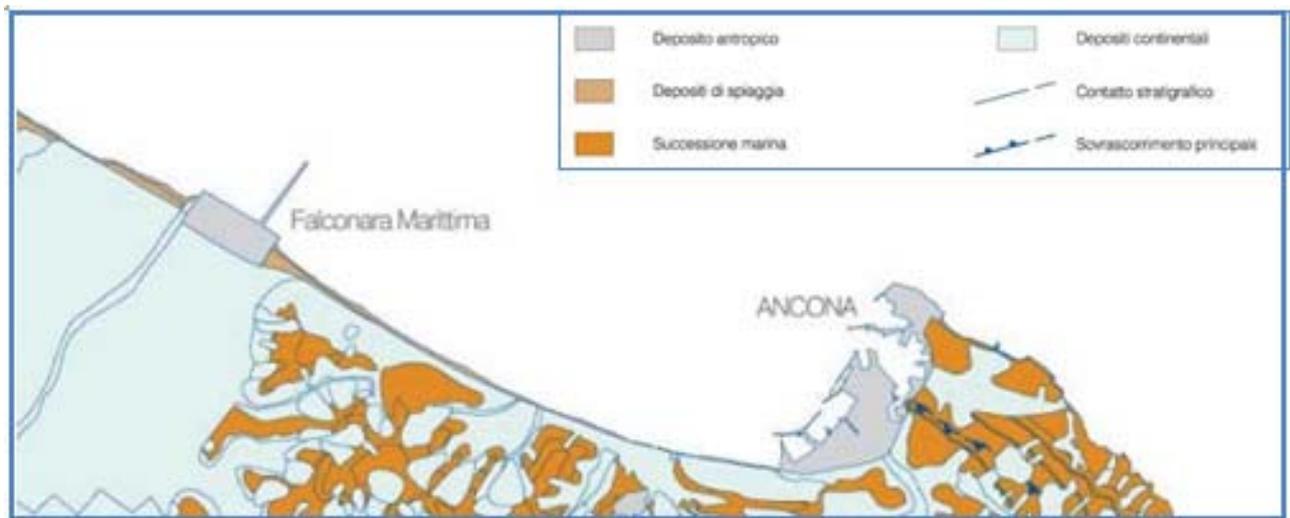


Figura 2-9 - Schema tettonico dell'area fra Falconara e Ancona (da: Progetto CARG Carta Geologica d'Italia Fg.282 Ancona – ISPRASG)

Questa nuova impostazione è assunta come riferimento anche per la *Carta Geologica Regionale (scala 1:10.000)* della Regione Marche. Per tale motivo, ed in considerazione del fatto che anche le "Linee Guida NTC 2008" emesse dall'Ordine Nazionale dei Geologi anno 2010 sottolineano l'importanza di rilevarne i contenuti, di seguito si riportano gli elementi significativi usati per la redazione della cartografia geologica di progetto, in aggiornamento rispetto alla cartografia geologica delle precedenti fasi progettuali della stessa infrastruttura.

Dal punto di vista generale relativamente ai temi di tettonica, assetto strutturale ed evoluzione geologica del territorio rimane valido quanto già espresso in precedenza. In Figura 2-10 è riportato uno stralcio assemblato delle carte geologiche d'interesse (Progetto CARG Carta Geologica d'Italia Fg.282 Ancona e Fg.293 Osimo – "in corso di allestimento per la stampa") sul quale sono leggibili le tracce delle sezioni geologiche riportate nella Figura 2-11 e sul quale è riportata l'infrastruttura di progetto.

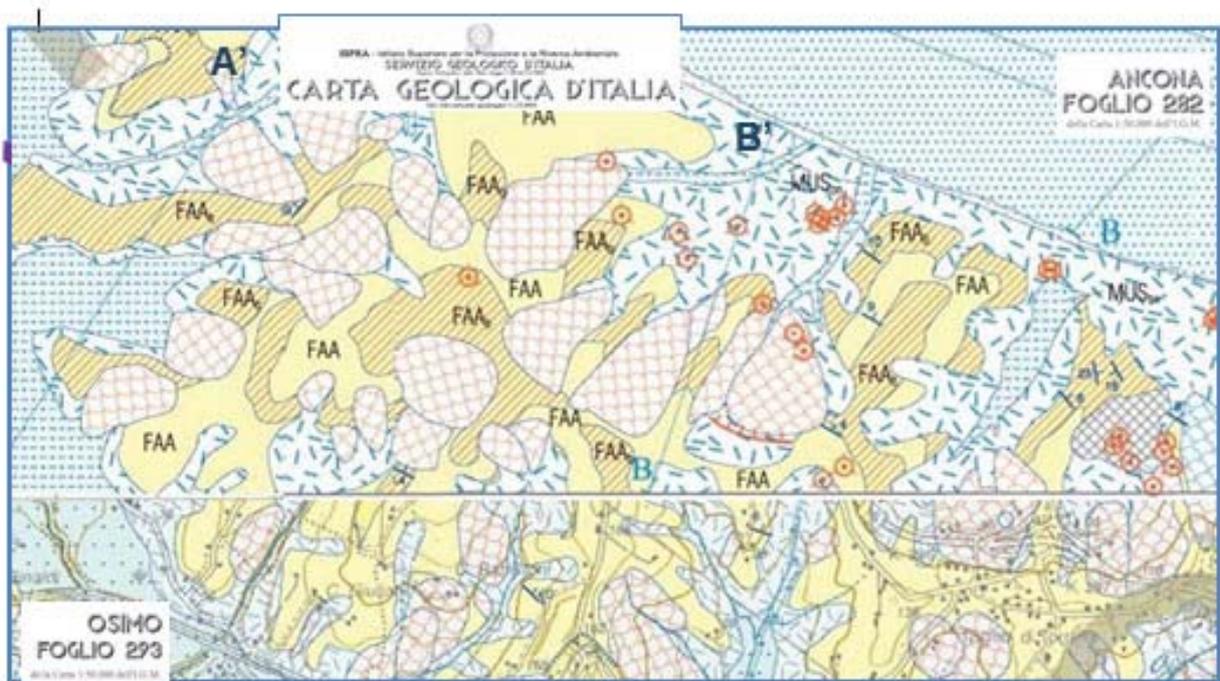


Figura 2-10 - Carta geologica – Progetto CARG, comprendente l’infrastruttura di progetto (da: Carta Geologica d’Italia Fg.282 Ancona e Fg.293 Osimo – ISPRA-SGI – mod. assemblato)

Vista l’ubicazione del tracciato, ed escludendo le unità ed i termini non presenti nell’area d’interesse, si possono distinguere i seguenti sistemi facenti parte dei Depositi Continentali Quaternari e dell’unità di superficie della Successione Plio-Pleistocenica Marchigiana Esterna, elencati a partire dal più recente al più antico. In Figura 2-12 è riportata la successione stratigrafica completa

Per quanto sopra da annoverare fra i Depositi Continentali Quaternari abbiamo:

-Sistema del Musone (Pleistocene inferiore – Olocene) – “MUS”

In generale, come definizione, il sistema è rappresentato da depositi di varia natura ed origine. Fra quelli presenti sulla carta mancano i depositi riferibili al Pleistocene. Si segnalano unicamente quelli prossimi alle aree interessate dall’infrastruttura:

-**Depositi antropici (Olocene) “MUSnR”;**

-**Depositi di frana (Olocene) “MUSa1a”** – accumuli caotici la cui composizione varia al variare del substrato coinvolto dal fenomeno; anche le dimensioni degli elementi variano notevolmente in funzione delle caratteristiche litologiche e giaciture del substrato. Frane di diverse tipologie con evidenze di movimenti in atto o recenti

-**Depositi di frana quiescente o inattiva (Olocene) “MUSa1b”** – depositi di litotipi eterogenei più o meno caotici, delle dimensioni dai blocchi alle argille, con contenuto in matrice variabile;

-Coltre eluvio-colluviale (Olocene) "MUSb2A-A1" – depositi eterometrici, spesso siltoso-sabbiosi, generalmente privi di strutture sedimentarie e non cementati. Spess: 2-15 m;

-Depositoli alluvionali terrazzati (Olocene) "MUSbn" – ghiaie, sabbie, silts, argille in riempimento di canali e corpi tabulari, generalmente ricchi di strutture sedimentarie. Livelli torbosi discontinui e suoli organici o relitti poco evoluti. Spessore 0-20 metri, o superiore

Per quanto riguarda la Successione Plio-Pleistocenica Marchigiana Esterna abbiamo:

Argille Azzurre (Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore-medio) – "FAA"

Argille e argille marnose, a luoghi sabbiose, di colore grigio consistenti e fortemente consolidate in strati dello spessore compreso fra 2 e 30 cm. Localmente si rinvencono intercalazioni a Litofacies arenaceo-pelitica di spessore molto variabile, ma comunque cartografabile ("FAAb").

Le sezioni geologiche che seguono sono tratte dalla Carta Geologica d'Italia Progetto CARG in scala 1:50.000 Foglio n.282 Ancona e n.293 Osimo

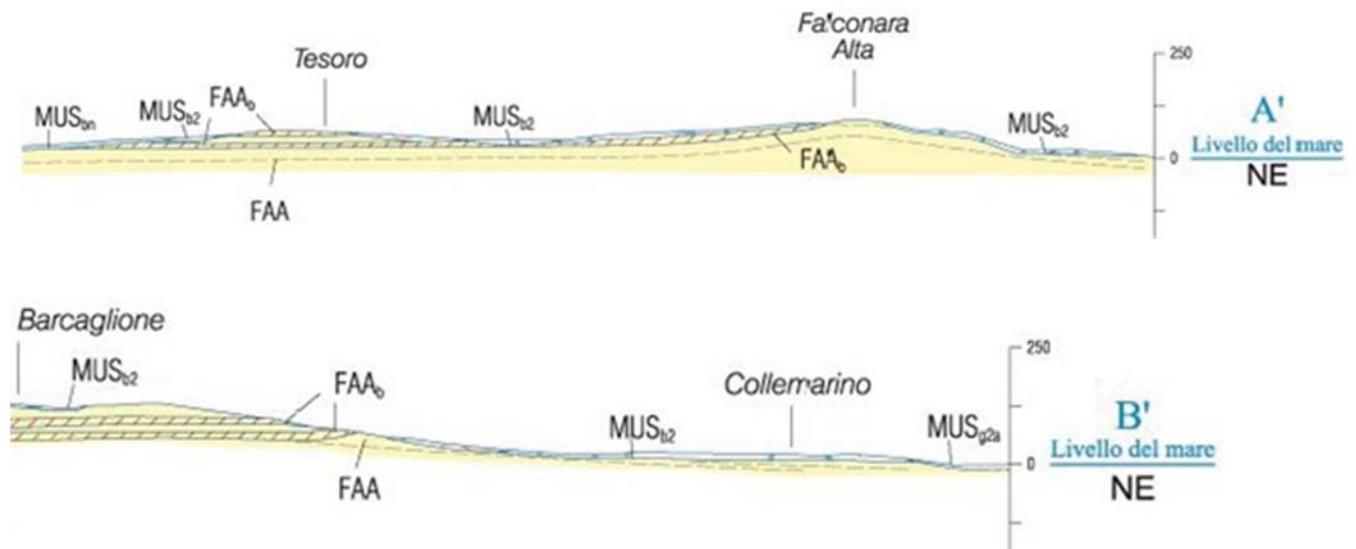


Figura 2-11 - Sezioni geologiche (da: Progetto CARG Carta Geologica d'Italia Fg.282 Ancona – ISPRA – SGI)

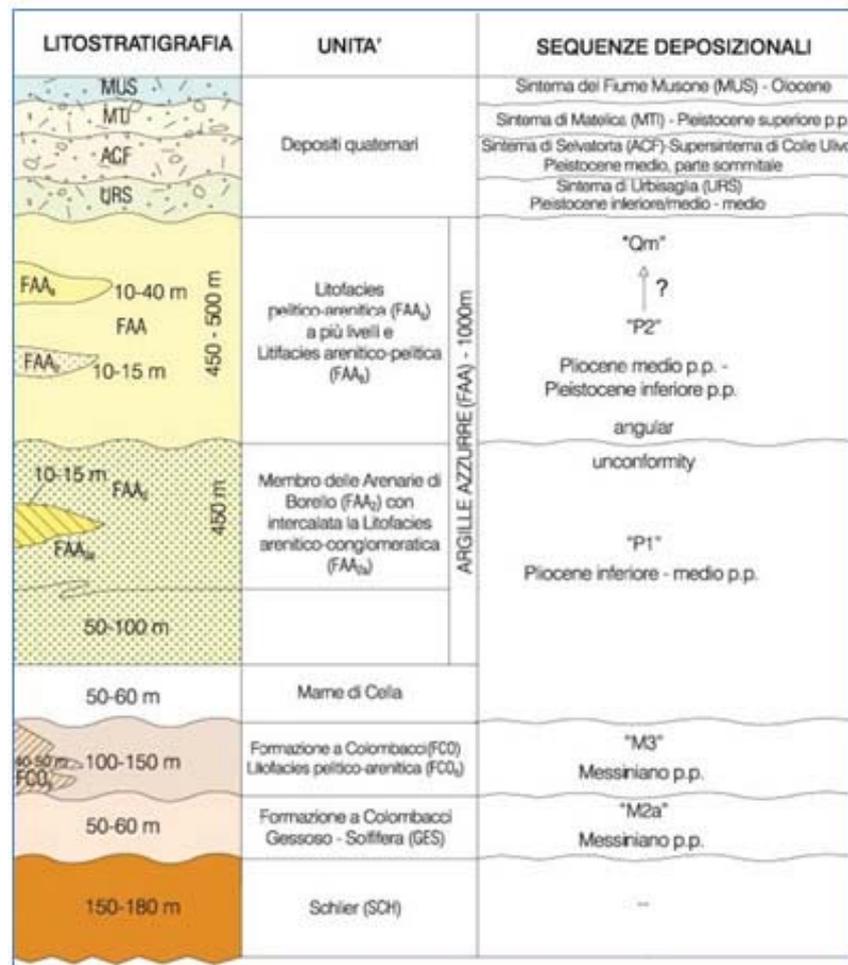


Figura 2-12 - Successione stratigrafica (da: Progetto CARG Carta Geologica d'Italia Fg.281 Senigallia - ISPRA-SGI)

Il rilevamento geologico eseguito per la redazione della carta geologica di progetto, sia in fase di definitivo che di esecutivo, è stato condotto adottando i nuovi criteri stratigrafici per il Quaternario continentale, utilizzando i dati e le nomenclature del Progetto CARG. Viene quindi in tal modo superata e aggiornata la cartografia geologica dei progetti delle fasi precedenti

La cartografia tecnica specificatamente redatta è costituita dai seguenti elaborati:

- "Carta Geologica Tav 1 - scala 1:2.000" (elab. T00GEO00GEOCG01);
- "Carta Geologica Tav 2 - scala 1:2.000" (elab. T00GEO00GEOCG02);
- "Carta Geologica Tav 3 - scala 1:2.000" (elab. T00GEO00GEOCG03);
- "Carta Geologica Tav 4 - scala 1:2.000" (elab. T00GEO00GEOCG04);
- "Carta Geologica Tav 5 - scala 1:2.000" (elab. T00GEO00GEOCG05);

- "Carta Geologica Tav 6 – scala 1:2.000" (elab. T00GEO00GEOCG06);
- "Carta Geologica Tav 7 – scala 1:2.000" (elab. T00GEO00GEOCG07).

3.RILEVAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

3.1 AFFIORAMENTI DEL SUBSTRATO

Dalla consultazione della documentazione geologica facente parte di studi e progetti precedenti si sarebbe potuto ritenere di trovare, in affioramento, porzioni del substrato tali da poter effettuare valutazioni geologiche e stratigrafiche.

Nel corso dei rilievi di campagna effettuati in sede progettuale non è invece stato possibile riscontrare alcun affioramento riferibile al substrato argilloso Pliocenico. Locali affioramenti arenacei Pleistocenici sono visibili solamente a monte ed esternamente rispetto alle aree di stretto interesse progettuale.

La mancanza di affioramenti è una conseguenza dell'elevata alterabilità del substrato argilloso marnoso agli agenti esogeni (aria ed acqua). Tale alterabilità favorisce la presenza di coltri di copertura aventi spessore metrico e la medesima composizione litologica. Peraltro la diffusa presenza di coperture limoso argillose è una delle cause predisponenti la spiccata attitudine al dissesto idrogeologico del tratto di territorio in studiato.

Non si sono quindi potute aggiungere, per il substrato, informazioni di dettaglio alla cartografia geologica precedentemente menzionata, e non è neppure possibile acquisire indicazioni relative alle giaciture degli strati effettivamente rilevabili in campagna. I riscontri sulle cassette mostrano comunque una fitta, regolare e sottile stratificazione di spessore nell'ordine di circa 0,5 – 1,0 cm (foto 3.1). Informazioni bibliografiche riportano una giacitura suborizzontale o a debole franapoggio verso mare di cui si è avuto riscontro durante la campagna geognostica.



Foto 3.1. Particolare della sottile stratificazione rilevabile da una carota di sondaggio

Nella carta geologica è stata invece verificata e confermata la diffusa estensione di depositi di copertura la cui diffusione e profondità è riportata nei profili geologici e geotecnici e confermata, con ottima congruenza, dai risultati delle indagini geognostiche puntualmente eseguite

(sondaggi, prove penetrometriche, traverse sismiche) nelle diverse fasi. In carta sono comunque riportati i lineamenti strutturali derivanti da fonte bibliografica. I rilevamenti hanno consentito di verificare e ridefinire le geometrie e le tipologie di aree interessate da dissesti anche in considerazione delle segnalazioni riportate sui PAI.

4. DESCRIZIONE E INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

Il tracciato è stato oggetto di svariate campagne d'indagine che si sono succedute nel corso degli anni. In particolare:

- campagna del 1988 a sostegno del progetto preliminare;
- campagna del 1991 a sostegno del progetto preliminare;
- campagna integrativa del 2000 a sostegno del progetto definitivo;
- campagna del 2008 a sostegno del progetto esecutivo dei sovrappassi n°1, 2;
- campagna del 2011 a sostegno dell'aggiornamento del progetto definitivo.
- campagna 2018 a sostegno del progetto esecutivo in corso

L'elaborato che illustra l'ubicazione delle suddette indagini è la "Planimetria con ubicazione delle indagini", dove si riportano quelle pregresse degli anni 1991, 2000, 2008, 2011 e 2018. Non sono invece riportate le indagini del 1988, come indicato a pagina 9 del Capitolato d'Oneri, perché ritenute non attendibili. L'elaborato rappresenta, per le indagini del 1991 e del 2000, solamente quelle che ricadono nel tratto di progetto.

Si elenca nei paragrafi seguenti per ciascuna campagna una breve sintesi della tipologia e del numero di prove eseguite.

4.1 CAMPAGNA ANNO 1991

La campagna d'indagine del 1991 lungo il tratto Falconara – Torrette è costituita dai sondaggi con numerazione compresa fra S31 ed S63, fra cui risultano strumentati con piezometro a tubo aperto quelli compresi fra S41 ed S60.

I sondaggi presentano lunghezze variabili da un minimo di 13.5 m fino ad un massimo di 30 m, con un valore medio di 15 – 20 m.

Le uniche prove in foro eseguite sono delle SPT, nei sondaggi fra S41 ed S63 in numero di 2 per sondaggio, interamente ricadenti in materiali argillosi. Sono inoltre state eseguite sulle carote prove di carico puntuale con pocket – penetrometer P.P.

La tabella seguente riporta per ciascun sondaggio la profondità raggiunta e le prove in sito eseguite.

Sondaggio	L (m)	Piezometro tubo aperto	P.P.	SPT
S31	25		X	
S32	25		x	
S33	25		x	
S34	25		x	
S35	30		x	
S36	30		x	
S37	30		x	
S37bis	26		x	
S38	25		x	
S38bis	28		x	
S39	30		x	
S40	30		x	
S41	15	x	x	X
S42	15	x	x	X
S43	15	x	x	X
S44	15	x	x	X
S45	15	x	x	X
S46	14	x	x	X
S47	16	x	x	X
S48	15	x	x	X
S49	15	x	x	X
S50	15	x	x	X
S51	15	x	x	X
S52	15	x	x	X
S53	17	x	x	X
S54	15	x	x	X
S55	13.5	x	x	X
S56	15	x	x	X
S57	15	x	x	X

Sondaggio	L (m)	Piezometro tubo aperto	P.P.	SPT
S58	15	x	x	X
S59	15	x	x	X
S60	18.5	x	x	X
S61	20		x	X
S62	20		x	X
S63	20		x	X

Tabella 4.1- Campagna di indagine del 1991 – Sondaggi e prove in sito

Sui campioni prelevati sono state condotte le seguenti prove di laboratorio:

- limiti di Atterberg;
- determinazioni del contenuto naturale d'acqua;
- determinazioni del peso dell'unità di volume;
- taglio diretto per valori di picco c'p e Cl'p;
- taglio diretto per valori residui c'r e Cl'r;
- triassiali CIU;
- prove ELL per valore coesione non drenata cu;
- prove edometriche.

4.2 CAMPAGNA ANNO 2000

La campagna d'indagine del 2000 comprende n° 11 sondaggi, denominati da P101 a P111, aventi lunghezza minima 9.5 m e massima 20 m, con un valore medio di 18 – 20 m. Sono comprensivi di 4 prove di permeabilità Lefranc eseguite nei sondaggi Pz103 e Pz106, 2 per sondaggio, che hanno definito un valore medio di $K = 5E-7$ m/s circa. La suddetta permeabilità non è rappresentativa di quella reale, più bassa, visto che il rapporto H/H0 delle prove arriva al valore di 0.96, ben al di sopra dello 0.37 usato per il calcolo del coefficiente K all'equilibrio. I tempi delle prove inoltre sono troppo modesti rispetto alla permeabilità dei terreni.

Sono stati installati piezometri a tubo aperto in corrispondenza dei sondaggi P103pz e P106pz.

Sono state eseguite sulle carote sistematiche prove di carico puntuali con pocket – penetrometer P.P.

La tabella 4.2 riporta per ciascun sondaggio la profondità raggiunta e le prove in sito eseguite.

Sondaggio	L (m)	Piezometro tubo aperto	P.P.	Lefranc
P101	18		x	
P102	18		x	
P103pz	20	x	x	X
P104	20		x	
P105	20		x	
P106pz	20	x	x	X
P107	9.5		x	
P108	20		x	
P109	20		x	
P110	20		x	
P111	20		x	

Tabella 4.2- Campagna di indagine del 2000 – Sondaggi e prove in sito

Sui campioni prelevati sono state condotte le seguenti prove di laboratorio:

- limiti di Atterberg;
- analisi granulometriche meccaniche e per sedimentazione;
- determinazioni del contenuto naturale d'acqua;
- determinazioni del peso dell'unità di volume
- determinazioni del peso specifico dei granuli;
- taglio diretto per valori di picco $c'p$ e $Cl'p$;
- taglio diretto per valori residui $c'r$ e $Cl'r$;
- triassiali CIU;
- triassiali UU;
- prove ELL per valore coesione non drenata c_u ;
- prove edometriche.

4.3 CAMPAGNA ANNO 2008

La campagna d'indagine del 2008, effettuata nell'ambito della progettazione definitiva di alcuni cavalcavia (n° 34 e n° 35) è costituita da 4 sondaggi denominati da S1-08p ad S4- 08p, aventi lunghezza minima di 20 m e massima di 25 m, con un valore medio di 22 m

E' stata eseguita una prova sismica down – hole all'interno del sondaggio S2-08DH, mentre prove SPT sono state realizzate in tutti i sondaggi con frequenza di 2 – 3 battute per verticale.

Sono stati installati due piezometri Casagrande in corrispondenza dei sondaggi S1-08p e S4-08p, con posizionamento della cella alla profondità di 19 m, all'interno quindi del sub- strato.

Sono state eseguite sulle carote prove di carico puntuale con pocket – penetrometer P.P. e con torvane Tv.

Ad integrazione dei sondaggi sono stati realizzati tre stendimenti di sismica a rifrazione ST1, ST2, ST3 con definizione della velocità delle onde di compressione Vp e di taglio Vs.

Le indagini geofisiche confermano la stratigrafia dei sondaggi.

La tabella 4.3 riporta per ciascun sondaggio la profondità raggiunta e le prove in sito eseguite.

Sondaggio	L (m)	Piezometro Casagrande	P.P. e Tv	SPT	Down - Hole
S1-08p	21.5	x	x	x	
S2-08DH	25		x	x	x
S3-08	20		x	x	
S4-08p	25	x	x	x	

Tabella 4.3- Campagna di indagine del 2008 – Sondaggi e prove in sito

Si sono inoltre realizzati 5 pozzetti esplorativi profondi 1.7 m all'interno dei quali sono state condotte prove di carico su piastra a 0.5 m e 1.5 m, e sono stati prelevati campioni per analisi granulometriche e per determinazione dei limiti di Atterberg.

Sui campioni prelevati sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- limiti di Atterberg;
- analisi granulometriche meccaniche e per sedimentazione;
- determinazioni del contenuto naturale d'acqua;
- determinazioni del peso dell'unità di volume
- taglio diretto per valori di picco c'p e Cl'p;
- triassiali UU;
- prove edometriche.

4.4 CAMPAGNA ANNO 2011

A seguito del rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, interpretazione fotogeologica, reperimento da fonte bibliografica di informazioni geologico-tecniche e recepimento delle informazioni di carattere specialistico desunte dal Progetto Definitivo posto a base di gara (con le avvertenze ANAS in merito alle prove da NON considerare) è stata eseguita una campagna geognostica specificamente volta all'aggiornamento del progetto definitivo e finalizzata a garantire al nuovo progetto un adeguato grado di affidabilità tecnico- economica.

La distribuzione delle indagini dirette ed indirette ha coperto tutte le necessità progettuali, opere ed aree, e contribuisce a fornire gli elementi utili per confermare/validare il tracciato proposto, dimensionare le opere d'arte, definire le condizioni di rischio e vulnerabilità del territorio attraversato, monitorare le falde e la stabilità dei versanti, definire le opere puntualmente necessarie, caratterizzare i terreni dal punto di vista stratigrafico e geotecnico.

Il piano delle indagini definito in prima istanza è stato adeguato ed ottimizzato in corso d'opera sulla base delle risultanze via via emergenti. Per tale motivo le indagini, essenzialmente concentrate nel periodo giugno – luglio 2011, si sono estese sin quasi la fine di settembre 2011.

In sintesi la campagna d'indagine ha compreso:

- n° 28 sondaggi meccanici a carotaggio continuo e n°1 sondaggio a distruzione di nucleo, denominati con la sigla SG cui segue numero di riconoscimento. La profondità minima raggiunta è di 7,50 m e quella massima di 30,50 m, con un valore medio di 20 m.
- n°3 prove pressiometriche in foro di sondaggio (n.1 prova in SG8; n.2 prove in SG17);
- prelievo di n°72 campioni indisturbati tramite campionatore a pressione "a parete sottile di tipo aperto" (Shelby) e rotazione tipo Mazier, oltre a n°26 campioni rimaneggiati;
- misure sismiche in foro di tipo "Down-Hole", con acquisizione delle onde di compressione ed onde di taglio nei n°6 sondaggi denominati SG4 (DH1), SG 7 (DH2), SG14 (DH4), SG18 (DH5), SG23 (DH6) e SG 26 (DH7).
- predisposizione di n°15 fori di sondaggio per misure inclinometriche (SG1, SG4, SG6, SG7, SG8, SG9bis, SG11, SG14, SG16, SG17, SG18, SG19, SG19bis, SG23, SG26) con esecuzione della misura di zero ad agosto 2011, e monitoraggio annuale con cadenza bimestrale delle misure protratto sino a settembre 2012;
- predisposizione di n°11 fori di sondaggio per misure piezometriche (SG2, SG3, SG5, SG12, SG13, SG15, SG18bis, SG20, SG21, SG22, SG24, SG25). Anche in questo caso è stato effettuato un monitoraggio annuale con misure bimestrali comprese fra agosto 2011 e novembre 2012;

La tabella seguente riassume i sondaggi eseguiti, le strumentazioni installate e le prove in sito effettuate

Sondaggio	L (m)	Piezometro	Inclinometri	P.P. e Tv	Pressiometrica	Down - Hole
SG1-i	15.6		x	X		
SG2-pz	13.4	x		X		
SG3-pz	20	x		X		
SG4-i-DH	30		x	X		x
SG5-pz	15	x		X		
SG6-i	19.5		x	X		
SG7-i-DH	30		x	X		x
SG8-i-MPM	19.5		x	X	x	
SG9	8.8			X		
SG9bis-i	20		x	X		
SG10	8			X		
SG11-i	10		x	X		
SG12-pz	11	x		X		
SG13-pz	18.5	x		X		
SG14-i-DH	30		x	X		x
SG15-pz	13	x		X		
SG16-i	25		x	X		
SG17-i-MPM	30		x	X	x	
SG18-i-DH	30		x	X		x
SG19-i	12		x	X		
SG19bis-i	17.5		x	X		
SG20-pz	14.5	x		X		
SG21-pz	13	x		X		
SG22-pz	12	x		X		
SG23-i-DH	30		x	X		x
SG24-pz	20	x		X		
SG25-pz	12.6	x		X		
SG26-i-DH	30.5		x	X		x

Tabella 4.4 Elenco sondaggi e prove in sito campagna 2011

Sono inoltre stati eseguiti n°6 pozzetti esplorativi della profondità di 1 – 1,20 m da p.c. con, su ciascuno, n°1 prova di carico su piastra a 0,5 m da p.c. condotta su due cicli di carico (carico – scarico – carico). Nel corso dei pozzetti si sono prelevati n° 6 campioni per analisi ambientali.

Sono state eseguite anche n°22 prove penetrometriche "CPT" e n°1 prova penetrometrica "DPSH".

La campagna d'indagine ha previsto infine, a completamento ed integrazione delle indagini puntuali, l'esecuzione di n° 24 basi sismiche a rifrazione in onde "P" ed "S", della lunghezza ciascuna di 96 m, ad eccezione della basi SIS 04bis e SIS05 aventi lunghezza di 120 m. Le profondità indagate variano orientativamente fra 25 – 35 m. Questo tipo d'indagine, insieme alle stratigrafie di sondaggio, ai rilievi in sito e da foto aree ed ai riscontri inclinometrici, ha permesso di meglio inquadrare i fenomeni deformativi che caratterizzano l'area studiata e di chiarire i rapporti geometrici esistenti fra depositi di copertura e substrato argilloso.

I campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi sono stati inviati al laboratorio per le seguenti prove geotecniche:

- rapporto peso/volume su n° 72 campioni;
- analisi granulometrica per setacciatura su n° 57 campioni;
- analisi granulometrica per sedimentazione su n°39 campioni;
- limiti di Atterberg su 71 campioni;
- contenuto naturale d'acqua su n° 71 campioni;
- compressione non confinata ELL su n° 20 campioni;
- prova triassiale non consolidata e non drenata su n° 7 campioni;
- prova trassiale consolidata non drenata su n° 15 campioni;
- prova di taglio diretto su n° 33 campioni, di cui n° 17 con determinazione dell'angolo residui;
- prova edometrica su n° 16 campioni;
- prova per la determinazione del valutazione del contenuto di calce su n° 4 campioni

I campioni prelevati dai pozzetti sono stati inviati ad un laboratorio per le analisi ambientali di cui al D.LGS.152/2006, e più precisamente:

- composti inorganici su n°6 campioni;
- aromatici policiclici su n°6 campioni;
- idrocarburi su n°6 campioni.

Sondaggi, pozzetti, prove penetrometriche ed indagini sismiche sono state effettuate dalla ditta Methodo di Falconara Marittima. Le prove di laboratorio relative ai sondaggi 1-2-5-11- 13-14-15-17-24-25 sono state condotte presso il laboratorio Geomeccanico Dott. Orazi. I campioni relativi ai sondaggi 3-4-6-7-8-12-16-18-19-20-21-22-23-26 sono stati analizzati presso il

laboratorio geotecnico Dott. Mucchi. Le prove relative alle indagini ambientali sono state condotte presso il laboratorio SEA di Tolentino

La campagna geognostica era comprensiva di un monitoraggio annuale su piezometri e tubi inclinometrici svolto dalla sopracitata ditta Methodo nel periodo compreso fra agosto 2011 e settembre 2012. In data 28.03.2017 è stata eseguita dalla ditta Elletipi di Ferrara, su incarico del Compartimento Anas delle Marche, un'ulteriore lettura inclinometrica e piezometrica cui ha fatto seguito, nel settembre 2017, un sopralluogo del progettista per una verifica e confronto dello stato dei luoghi rispetto quanto osservato e cartografato durante la campagna di indagini e rilievi del 2011-2012. E' stato quindi attuato un periodo di osservazione di ben 6 anni che può ritenersi rappresentativo per la comprensione delle dinamiche in atto e della relativa evoluzione nel tempo.

Una valutazione dei risultati del monitoraggio inclinometrico è riportata al paragrafo 7.2. La sintesi delle misure sui piezometri è riportata al capitolo 8.

Le indagini geognostiche eseguite nel sono state, fra le altre cose, finalizzate alla verifica delle caratteristiche ambientali e geotecniche dei terreni che si andranno a movimentare.

RIFERIMENTI NORMATIVI IN MATERIA DI TERRE E ROCCE DA SCAVO

- DM 161/2012 Regolamento recante la disciplina dell'Utilizzazione delle terre e rocce da scavo;
- D.Lgs. n. 4 del 16/01/2008: Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.
- D.Lgs. n. 284 del 08/11/2006: Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.
- D.Lgs. n. 152 del 03/04/2006: "Norme in materia ambientale" così come modificato dal D.Lgs. 4 del 16/01/2008 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".
- D.M. 21 marzo 2005: "Metodi ufficiali di analisi mineralogica del suolo".
- D.M. 8 luglio 2002: "Approvazione e ufficializzazione dei metodi di analisi microbiologica del suolo".
- D.Lgs. n. 31 del 02/02/2001: "Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano", come modificato dal D. Lgs. n. 27 del 02/02/02.
- D.M. 13 settembre 1999: "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" e successive modifiche (Decreto 25.03.2002), in accordo con le normative della Società Italiana della Scienza del Suolo.
- D.P.R. n. 238 del 18/02/1999: Regolamento recante norme per l'attuazione di talune disposizioni della legge 5 gennaio 1994, n. 36, in materia di risorse idriche.
- D.M. 01 agosto 1997: "Metodi ufficiali di analisi fisica del suolo".

- D.P.C.M. del 04/03/1996: Disposizioni in materia di risorse idriche.
- D.P.R. 18 luglio 1995: "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino".
- D.Lgs. n. 275 del 12/07/1993: Riordino in materia di concessione di acque pubbliche.
- L. 253 del 7 agosto 1990: "Disposizioni integrative alla L. 18 maggio 1989 n° 183 recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".
- L. 183 18 maggio 1989: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".
- D.P.R. n. 236 del 24/05/1988: Attuazione della direttiva n. 80/778/CEE concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183.(art. 4, 5, 6 e 7 abrogati dal D. Lgs. 152/2006)
- R.D. n. 1775 del 11/12/1933: Testo unico delle leggi sulle acque e gli impianti elettrici. (art. 42 modificato da art. 8 del D. Lgs. 275 del 12.07.1993)

Per quanto concerne le analisi fisiche e chimiche di campo e di laboratorio si è fatto riferimento al D.M. 25/3/2002 - Rettifiche al decreto ministeriale 13 settembre 1999 riguardante l'approvazione dei metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. G.U. n. 84 del 10/4/2002.

I punti d'indagine per la componente suolo sono equamente distribuiti lungo il tracciato di progetto in corrispondenza dei pozzetti esplorativi predisposti per le indagini geognostiche della campagna del 2011, così come risulta dallo schema seguente.

CODICE PUNTO	LOCALIZZAZIONE SUL TRACCIATO
SUO 01	Prossimità dello svincolo Falconara
SUO 03	Tra lo svincolo Falconara II e la galleria Barcaglione
SUO 04	Tra lo svincolo Falconara II e la galleria Barcaglione
SUO 05	Prossimità della galleria Orciani
SUO 06	Tra la galleria Orciani e lo svincolo Torrette
SUO 07	Tra la galleria Orciani e lo svincolo Torrette

Tabella 4.5 Posizione punti di indagine ambientale campagna 2011

Le analisi chimiche , condotte ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m. hanno riguardato :

PARAMETRI CHIMICI (ANALISI DI LAB)
capacità di scambio cationico
azoto assimilabile
carbonati totali
Idrocarburi
Cianuri
Benzene
PCB
Fitofarmaci totali
Le analisi ecotossicologiche comprenderanno i test tossicologici Microtox e con <i>Brachionus calyciflorus</i> e i test di fototossicità relativi alla germinazione e all'allungamento radicale con <i>Lepidium sativum</i> .
azoto totale
fosforo assimilabile
PARAMETRI CHIMICI (ANALISI DI LAB)
sostanza organica
As, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Ni
Fluoruri
IPA
Fenolo
Tossicità

Tabella 4.6 Analisi chimiche ambientali eseguite campagna 2011

Il campionamento è stato effettuato nel "top soil" (primi 50 cm di terreno) di terreno superficiale; la scelta di questo tipo di campionamento è giustificata dal tipo di contaminazione che le lavorazioni possono generare. Le determinazioni analitiche sono eseguite sulla frazione fine (presentante cioè una granulometria < 2 mm.) mentre le concentrazioni degli analiti nei campioni sono determinate riferendosi alla totalità dei materiali secchi giunti in laboratorio, comprensivi anche dello scheletro (frazione granulometrica > 2 cm

Dalle prove effettuate risulta che tutti i campioni analizzati rispettano i requisiti di qualità ambientale richiesti dalle Linee Guida di cui alla "Del.G.R. Regione Marche n..884 del 20 giugno 2011: LR n.24/2009 art.2 c.1 lett.e) - Approvazione delle linee guida ed indicazioni operative per l'utilizzo di terre e rocce derivanti da operazioni di scavo ai sensi dell'art. 186 del D-Lgs. 3 aprile 2006 n.152".

Per i risultati delle analisi si rimanda all'elaborato relativo alle prove di laboratorio, volume 2.

Nel corso della campagna d'indagini geognostiche del 2011 sono stati prelevati nel corso dei sondaggi numerosi campioni di terreno. Sulla quasi totalità di essi si sono eseguite le usuali prove di classificazione geotecnica fra cui, in particolare, granulometria per setacciatura e/o sedimentazione e limiti di Atterberg.

I risultati delle analisi mostrano una condizione di sostanziale omogeneità, come d'altronde è lecito aspettarsi visto che i diversi termini di substrato – eluvioni – colluvioni hanno origine comune, ed un'ottima congruenza con gli esiti delle indagini pregresse.

Il passante al vaglio 200, ovvero la percentuale di limo e argilla, è normalmente superiore al 95%, il limite di liquidità compreso fra 50 – 70%, l'indice di plasticità compreso fra 30- 40%. Ai sensi della classifica CNR UNI 10006 le terre provenienti da scavi sono classificabili prevalentemente come A7-5, più limitatamente A7-6.

Ai sensi del diagramma di plasticità di Casagrande (Figura 4-1) sono in massima parte argille inorganiche ad alta plasticità. La presenza di un discreto numero di punti al di sotto della linea A, nel caso delle indagini pregresse, può essere spiegato considerando che questi campioni sono stati raccolti a profondità modeste. Ne deriva che sono caratterizzati da una frazione limosa e/o da un contenuto in sostanza vegetale superiore rispetto ai livelli inferiori eluviali, con conseguente distribuzione dei punti al di sotto della linea A, nel campo quindi dei limi inorganici di alta compressibilità e argille organiche.

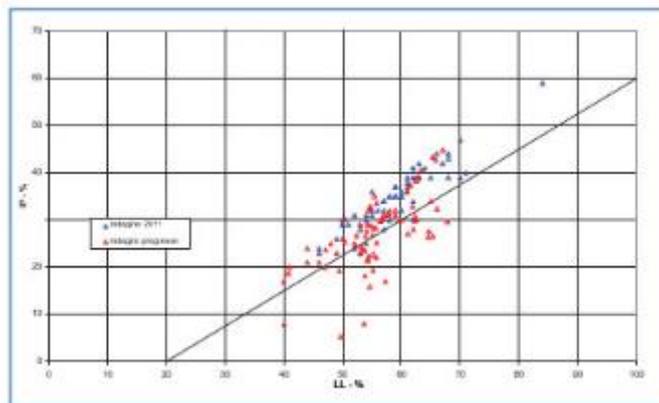


Figura 4-1 - Classificazione delle argille

4.5 CAMPAGNA ANNO 2018

Contestualmente ad un approfondimento del rilevamento geologico e geomorfologico di superficie è stata definita una campagna di indagini geognostiche integrative che consentisse di aumentare il grado di definizione e precisione del modello geologico geomorfologico, sismico e geotecnico del progetto definitivo e il conseguente grado di affidabilità tecnico economica (

facendo sempre riferimento sia alle richieste di integrazione ricevute e nel rispetto delle avvertenze ANAS in merito alle prove da NON considerare).

La distribuzione delle indagini dirette ed indirette ha coperto tutte le necessità progettuali, opere ed aree, e contribuisce a fornire gli elementi utili per confermare/validare il tracciato proposto, dimensionare le opere d'arte, definire le condizioni di rischio e vulnerabilità del territorio attraversato, monitorare le falde e approfondire le aree instabili interferenti con il tracciato di progetto, definire le opere puntualmente necessarie, caratterizzare i terreni dal punto di vista stratigrafico e geotecnico.

Il piano delle indagini definito in prima istanza è stato adeguato ed ottimizzato in corso d'opera sulla base delle risultanze via via emergenti.

In sintesi la campagna d'indagine ha compreso:

- n° 21 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo attrezzati con tubazioni inclinometriche denominati con la sigla S cui segue numero di riconoscimento. La profondità minima raggiunta è di 15,0 m e quella massima di 30,00 m.
- n° n. 8 perfori effettuati a distruzione di nucleo condizionati come piezometri a tubo aperto;
- n. 25 prove penetrometriche SPT;
- n. 63 prelievi di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (cfr. "Documentazione prove di laboratorio geotecnico");
- n. 47 prelievi di campioni rimaneggiati prelevati dai pozzetti esplorativi, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 14 prove penetrometriche statiche C.P.T.U. per la caratterizzazione dei terreni del sottosuolo; la prova CPTU06 non è stata eseguita per assenza dei permessi di ingresso all'area.
- n. 47 pozzetti esplorativi spinti alla profondità max di 2.2 m dal p.c..
- n. 45 prove di carico su piastra in corrispondenza dei pozzetti esplorativi
- n. 20 profili sismici a rifrazione in onde "P" ed "S "

Tutti i punti di indagine sono stati georeferenziati tramite strumentazione topografica Leica.

I campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi sono stati inviati al laboratorio per le seguenti prove geotecniche:

- rapporto peso/volume ;
- analisi granulometrica per setacciatura;
- analisi granulometrica per sedimentazione;
- limiti di Atterberg ;
- contenuto naturale d'acqua;
- compressione non confinata ELL;
- prova triassiale non consolidata e non drenata;

- prova di taglio diretto;
- prova edometrica ;

Sondaggi, pozzetti, prove penetrometriche, indagini sismiche e prove di laboratorio geotecnico sono state effettuate dalla ditta TECNOINN srl.

Le tabelle che seguono riassumono le indagini eseguite e le prove eseguite e le strumentazioni installate.

Sondaggio	L (m)	Piezometro	Inclinometri	SPT	Campioni
S01 – IN	15		⊗	3	3
S02 – IN	20		⊗	3	3
S03 – IN	20		⊗	3	3
S04 – IN	20		⊗		3
S05 – IN	20		⊗	3	3
S07 – IN	30		⊗	1	3
S09 – IN	20		⊗	1	3
S10 – IN	20		⊗	1	3
S11 – IN	20		⊗		3
S12 – IN	20		⊗	1	3
S13 – IN	20		⊗	1	3
S14 – IN	30		⊗		3
S15 – IN	15		⊗	1	3
S15bis – IN	15		⊗	1	3
S16 – IN	20		⊗	1	3
S17 – IN	15		⊗		3

Tabella 4.7 Indagini eseguite – Sondaggi e prove in foro - campagna 2018

S17bis - IN	15		x	1	3
S18 - IN	15		x	1	3
S19 - IN	15		x	1	3
S20 - IN	20		x	1	3
S21 - IN	20		x	1	3
S03-PZ	20	x			
S09-PZ	20	x			
S10-PZ	20	x			
S13-PZ	20	x			
S15-PZ	15	x			
S17bis-PZ	15	x			
S19 - PZ	15	x			
S21 - PZ	20	x			

Tabella 4.8 Indagini eseguite – Sondaggi e prove in foro - campagna 2018

Prova penetrometrica	Profondità dal p.c.
CPT01	15,30
CPT02	15,26
CPT03	12,99
CPT04	13,04
CPT05	9,47
CPT07	12,90
CPT08	15,15
CPT09	11,99
CPT10	14,60
CPT11	13,02
CPT12	12,67
CPT13	11,84
CPT14	11,73
CPT15	16,79

Tabella 4.9 Elenco Prove penetrometriche CPT campagna 2018

Sismica a rifrazione	Lunghezza
RIFR 01 L-A	92
RIFR 01 L-B	108
RIFR 02 L	235

Sismica a rifrazione	Lunghezza
GN02 - RIFR 01 L	235
GN02 - RIFR 01 T	115
GN02 - RIFR 02 T	115

MANDATARIA

MANDANTE

RIFR 03 L	415
GN01 -RIFR 01 – T	115
GN01 - RIFR 02 – T	115
GN01 - RIFR 06 – T	115
RIFR 04 L	285
RIFR 05 L	115
RIFR 06 L	235
RIFR 01 T	115

GN02 - RIFR 03 T	115
RIFR 07 L	115
RIFR 08 L	350
RIFR 09 L	115
RIFR 10 L	180
RIFR 11 L-A	115
RIFR 11 L-B	235
RIFR 12 L	115

Tabella 4.10 Prospezioni sismiche 2018

PROVE RICHIESTE

Nella campagna	Campione	Profondità di prelievo (m)		Aperimento e descrizione campionamento	Analisi granulometrica per siltigine	Analisi granulometrica per argille	Prova di volume naturale v_w	Contenuto d'acqua w	Prova spicchio del grado	Limite di Atterberg (WL-LP)	Classificazione UNI 10006	Prova di compressibilità edometrica	Prova di taglio con drenaggio e di stato di stress in situ	Prova triassiale UU	Prova di compressione ed espansione laterale libera UU
		da	a												
SN01-1	CE1	4,00	4,50	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN01-1	CE2	9,00	9,50	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
SN01-1	CE3	12,00	12,50	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN02-1	CE1	6,00	6,50	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN02-1	CE2	14,20	14,70	x	x	x	x	x	x	x					x
SN02-1	CE3	18,50	19,00	x	x	x	x	x	x	x					x
SN03-1	CE1	7,40	8,00	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN03-1	CE2	14,00	14,50	x	x	x	x	x	x	x					x
SN03-1	CE3	19,50	20,00	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN04-1	CE1	3,00	3,70	x	x	x	x	x	x	x					x
SN04-1	CE2	6,00	6,70	x	x	x	x	x	x	x					x
SN04-1	CE3	19,50	20,00	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN05-1	CE1	4,00	4,50	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN05-1	CE2	10,50	11,00	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN05-1	CE3	12,00	12,70	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN07	CE1	4,50	5,00	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN07	CE2	7,50	8,00	x	x	x	x	x	x	x				x	
SN07	CE3	15,00	15,50	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN09	CE1	3,00	3,50	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN09	CE2	6,00	6,70	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN09	CE3	16,50	17,00	x	x	x	x	x	x	x				x	
SN10-1	CE1	3,00	3,50	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN10-1	CE2	6,40	6,90	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN10-1	CE3	10,50	11,00	x	x	x	x	x	x	x			x		x
SN11-1	CE1	3,00	3,50	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
SN11-1	CE2	8,00	8,50	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN11-1	CE3	16,50	17,00	x	x	x	x	x	x	x					x
SN12-1	CE1	3,00	3,50	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN12-1	CE2	5,40	6,00	x	x	x	x	x	x	x			x		

Tabella 4.11 Prove di laboratorio geotecnico campagna 2018

Segno campione	Campione	Profondità di prelievo (m)		Apertura e deviazione campione	Analisi granulometrica per vagliatura	Analisi granulometrica per sedimentazione	Peso di volume naturale γ_n	Contenuto d'acqua w	Peso specifico dei grani	Limiti di Atterberg (WL+WP)	Classificazione UNI 10036	Prova di compressibilità edometrica	Prova di taglio con determinazione dei valori residui	Prova triassiale UU	Prova di compressione ad espansione laterale libera E.L.
SN12-i	CE3	8,50	9,00	x	x	x	x	x	x	x			x		x
SN13-i	CH	2,50	3,00	x	x	x	x	x	x	x					x
SN13-i	CE2	4,50	5,00	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN13-i	CE3	8,50	9,00	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN14-i	CH	3,00	3,50	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN14-i	CE2	7,00	7,50	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
SN14-i	CE3	16,50	17,00	x	x	x	x	x	x	x			x		x
SN15-i	CH	4,50	5,00	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
SN15-i	CE2	6,00	6,50	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
SN15-i	CE3	12,00	12,50	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN15bis	CH	3,00	3,50	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN15bis	CE2	5,00	5,50	x	x	x	x	x	x	x				x	
SN15bis	CE3	9,50	10,00	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN16-i	CH	4,50	5,00	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN16-i	CE2	6,00	6,50	x	x	x	x	x	x	x					x
SN16-i	CE3	18,00	18,50	x	x	x	x	x	x	x			x		x
SN17-i	CH	3,10	3,60	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN17-i	CE2	4,50	5,00	x	x	x	x	x	x	x			x		x
SN17-i	CE3	13,50	14,00	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN17bis-i	CH	3,00	3,50	x	x	x	x	x	x	x			x		x
SN17bis-i	CE2	7,50	8,00	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN17bis-i	CE3	13,50	14,00	x	x	x	x	x	x	x					x
SN18-i	CH	4,50	5,00	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN18-i	CE2	6,00	6,50	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN18-i	CE3	12,00	12,50	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
SN19-i	CH	3,00	3,50	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN19-i	CE2	6,00	6,50	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN19-i	CE3	13,00	13,50	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN20-i	CH	3,00	3,50	x	x	x	x	x	x	x					x
SN20-i	CE2	9,00	9,50	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN20-i	CE3	18,00	18,50	x	x	x	x	x	x	x		x			
SN21-i	CH	4,50	5,00	x	x	x	x	x	x	x					x
SN21-i	CE2	5,50	6,00	x	x	x	x	x	x	x			x		
SN21-i	CE3	12,00	12,50	x	x	x	x	x	x	x		x			x

Tabella 4.12 Prove di laboratorio geotecnico campagna 2018

Per ogni ulteriore approfondimento circa le indagini geognostiche e geotecniche eseguite, per le ubicazioni, per i risultati ottenuti (stratigrafie, diagrammi delle prove ecc) e per l'interpretazione dei dati si vedano gli elaborati specialistici allegati al progetto esecutivo

- Documentazione indagini geologiche-geotecniche (elab. T00-GE08-GEO-RE01/014);
- Documentazione indagini geologiche-geotecniche (elab. T00-GE08-GEO-PU01/07);

5. CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI DI COPERTURA E DEL SUBSTRATO

In mancanza di affioramenti utili per verificare i caratteri geolitologici dei terreni interessati dalla infrastruttura di progetto si sono utilizzate, oltre alle informazioni bibliografiche, i dati desunti dalle indagini geognostiche e geofisiche e dalle prove di laboratorio eseguite. Si è fatto particolare riferimento alle indagini del 2011 del 2018, di più recente e specifica esecuzione, che sono state seguite verificandone via via i risultati in corso d'opera. In tale contesto le indagini pregresse rappresentano quindi elementi utili per un maggiore dettaglio. Nel caso di incongruenze dei dati si è fatto riferimento alla campagna del 2018.

Dai riscontri effettuati sono stati distinti i seguenti litotipi, dal termine più antico al più recente, per i quali è stata mantenuta la nomenclatura CARG con qualche specificazione atta a differenziare, almeno nel profilo geologico, lo strato alterato del substrato (eluvione) dalla coltre colluviale:

- **Argille Azzurre (Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore-medio) – "FAA"** (sigla profilo C) - argille marnose ben stratificate, azzurrine o grigiastre con sottili livelletti sabbiosi che fungono da giunti di strato. La sovraconsolidazione notevole determina buone caratteristiche di resistenza.
- **Argille azzurre (Pliocene inf. - Pleistocene inf.medio): Litofacies arenacea pelitica "FAAb"** (sigla profilo C1) - all'interno di FAA. Alternanze di areniti e peliti siltose con frequenza variabile fra 40 e 70%.
- **Argille azzurre (Pliocene inf. - Pleistocene inf.medio): fascia di alterazione delle formazioni plio-pleistoceniche sottostanti di cui ripetono la composizione petrografica "FAAalt"** (sigla profilo A/B). Si distingue un orizzonte superficiale (A-superiore) di colore da ocra a rossastro, maggiormente alterato, con stratificazione non o poco riconoscibile, a media consistenza e con caratteristiche geotecniche assimilabili alle colluvioni, ed uno inferiore (B-inferiore) di colore grigio chiaro, ad alta consistenza, a stratificazione distinta e sottile, meno alterato e di graduale passaggio al substrato in posto non alterato. Contengono frammenti di bivalvi (foto 5.2) con ancora tracce madreperlacee e, talvolta, minuscoli e rari resti di alghe. Sono localmente evidenti (foto 5.1) sottili (2-3 mm) livelletti sabbiosi. Sono segnalate intercalazioni arenacee pelitiche "FAAb" (tratto inizio lotto - M.te Barcaglione, foto 5.2) riscontrate solo raramente, e per spessori modesti, nel corso dei sondaggi. La sovraconsolidazione determina buone caratteristiche di resistenza, specie nelle condizioni di breve termine.

La porzione sommitale di tale formazione è caratterizzata dalla presenza di una fascia di alterazione (FAA alt) che ne riprende la composizione litologica. Di fatto rappresenta la fascia di transizione, mai netta ma sempre graduale, fra depositi di copertura e substrato

sano. Pertanto nella parte sommitale assume un elevato grado di alterazione, mentre inferiormente somiglia alle argille grigie del substrato in posto. La consistenza varia da media ad elevata, il colore da bruno ocra, a bruno con plaghe grigie, a grigio chiaro. La stratificazione è spesso evidente; più chiaramente in profondità e meno in superficie.

- **Depositi alluvionali terrazzati** (Olocene) "MUSbn" (sigla profilo A3) – Sono argille limose poco consistenti con abbondante torba, lenti sabbiose e ciottoli di varia dimensione.
- **Colluvioni** (Olocene) "MUSb2A / A1" (sigla profilo A1/A2) – argille limose, limi e sabbie argillose, di potenza, natura e consistenza estremamente variabili, presenti nelle depressioni collinari. Giacendo su pendio e a franapoggio sul substrato sottostante, sono soggette a fenomeni franosi - Localmente la parte superficiale di MUSb2/A contiene sostanze organiche mescolato con terreno di riporto MUSb2A1.
- **Depositi di frana quiescente o inattiva** (Olocene) "MUSa1b" (sigla profili E) – accumuli caotici; frane di diverse tipologie prive o con lievi evidenze di dissesto.
- **Depositi di frana** (Olocene) "MUSa1a" (sigla profili F) – accumuli caotici; frane di diverse tipologie con evidenze di movimenti in atto o recenti. Hanno la medesima composizione litologica delle colluvioni da cui risultano spesso difficilmente distinguibili.
- **Depositi antropici** (Olocene) "MUSnR" (sigla profili R) - comprendono i rilevati delle strade, dei piazzali dei fabbricati e delle Aree di Servizio.



Foto 5.1. Sottile livello sabbioso nelle argille del substrato



Foto 5.2. Intercalazione arenacea nelle argille del substrato

6.FOTOINTERPRETAZIONE

Constatata la propensione al dissesto dell'area in studio, e la relativa pericolosità geomorfologica, di notevole importanza risulta lo studio fotogeologico. Il lavoro è stato condotto analizzando e confrontando foto aeree relative a diversi periodi e di seguito elencate:

- Anno 1988 - le foto interessano l'intero tracciato (in bianco e nero - qualità: bassa);
- Maggio 2001 - foto nel tratto da pk 1+600 a fine tracciato (colori - qualità: media);
- Luglio 2003 - foto nel tratto da inizio tracciato a pk 1+900 e nel tratto da pk 3+300 a 6+200 (colori - qualità: media);
- Settembre 2007 - le foto interessano l'intero tracciato (a colori - qualità: elevata);
- Maggio 2010 - foto nel tratto da pk 5+500 a fine tracciato (colori - qualità: media);
- Giugno 2011 - foto realizzate per la restituzione cartografica dell'area in studio (colori, qualità media).

Le foto aeree del 1988 coprono l'intera tratta di progetto ma sono in bianco e nero e, data la bassa qualità, non sono in grado di offrire molte informazioni nemmeno per confronto con le altre serie (Figura 6-1). La migliore restituzione è quella del 2007, che copre l'intera tratta stradale e come qualità è paragonabile a quella realizzata per l'attuale progetto (2011). Utili per confronti anche le foto alle date intermedie (2001-2003-2010) che, pur non essendo ottimali, sono comunque di qualità accettabile.

I risultati dello studio, sintetizzati nella carta geomorfologica, hanno permesso di riscontrare evidenze connesse con la vulnerabilità geomorfologica del territorio. Si può inoltre osservare come la maggior parte di queste evidenze siano confinate all'interno delle aree PAI, confermando con ciò che esse non vanno intese come grandi e uniche frane ma piuttosto come perimetrazioni entro le quali è più elevata la propensione al dissesto. Dissesto che si manifesta attraverso più elementi di modesta estensione

Il confronto tra le immagini ha evidenziato infatti, almeno nell'ambito del periodo considerato, l'assenza di grandi fenomeni franosi e la presenza di locali colate e/o scivolamenti e diffuse deformazioni superficiali concentrate all'interno delle aree PAI, con spostamenti generalmente modesti non costanti nel tempo

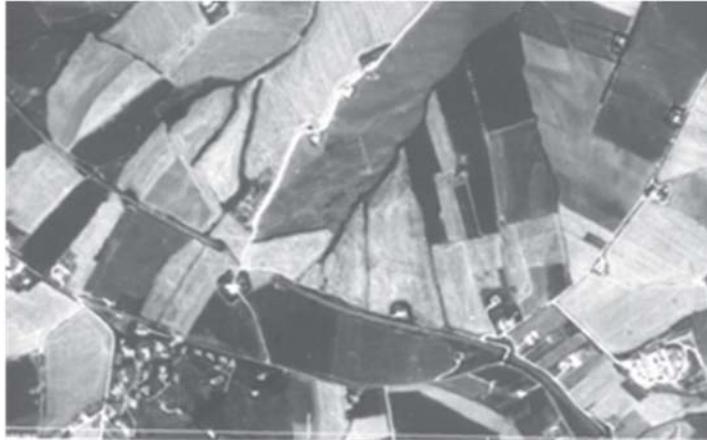


Figura 6-1 - Esempio di foto aerea 1988 (stralcio da: *Ortofoto anno 1988 Regione Marche sez.282140*) Il settore rappresentato comprende il tratto dal Viadotto Orciani al Cavalcavia Barcaglione.

7.GEOMORFOLOGIA

Lo studio geomorfologico svolto ha avuto come finalità l'individuazione, la classificazione e la delimitazione cartografica dei processi morfogenetici attivi e/o quiescenti, naturali ed antropici, che possono determinare situazioni di pericolosità in relazione allo sviluppo dell'infrastruttura di progetto e, pertanto, che incidono nella scelta e dimensionamento delle opere.

Come indicato in studi geomorfologici regionali pregressi (M. Coltorti e T. Nanni, 1987-1990), l'intera area è interessata da numerosi movimenti franosi di dimensioni variabili che possono raggiungere estensione chilometrica, generalmente suddivisibili in colate e scivolamenti planari e/o rotazionali. Frequentemente la parte inferiore delle frane di scivolamento evolve successivamente in colata. Una ulteriore suddivisione consente di distinguere, su base morfologica, le frane antiche-inattive e recenti-attive, sebbene non si possa tracciare un limite netto tra i due gruppi dato che esistono tutte le forme di transizione.

In generale i movimenti attivi sono sottesi da scarpate a margini vivi, presentano vistosi rigonfiamenti non rimodellati dalle pratiche agricole e, nel caso delle colate, sono caratterizzati da assenza di vegetazione.

Le frane antiche-inattive presentano forme smussate e notevolmente rimodellate sia da processi erosivi che dai lavori antropici.

Tutti i versanti del M. Barcaglione, rilievo situato poco a monte dell'area di interesse progettuale, sono interessati da movimenti gravitativi: tra questi, in particolare, quelli prospicienti la costa sono attivi ed interessano la sede stradale della SS16.

Più a valle tutto il pendio appare interessato da gradini interpretabili come corone secondarie di una più ampia frana che interessa la località di Collemarino (Amadesi et alii,1987).

Sul versante opposto, ad est del Montagnolo, sono presenti numerosi movimenti di massa. Anche la galleria Barcaglione della SS16 che attraversa questo rilievo è stata più volte interrotta per la presenza di deformazioni dell'asse stradale attivatisi a circa 50 m dall'imbocco.

Ad ovest frane secondarie e fratture ai manufatti sono state rilevate all'interno del fosso che, attraverso Villa Mengoni, conduce a Torrette.

Durante l'approfondimento del reticolo di drenaggio, verosimilmente in stretta correlazione con l'erosione costiera, si osservano movimenti gravitativi anche di vistose dimensioni. Alcuni movimenti sono allineati lungo linee tettoniche suggerendo una stretta correlazione tra loro attivazione e l'attività delle stesse.

Talora essi sono facilmente riconoscibili, dato che generano morfologie fresche, ma non sono rari i casi in cui le forme originali sono state rimodellate e mascherate dalle modificazioni apportate dall'azione degli agenti esogeni che hanno operato nel tempo. Particolarmente

indicativi di antichi movimenti franosi, sono i materiali di «panchina organogena» che nel passato dovevano estendersi lungo tutta l'area costiera. Infatti dalla frana di Ancona alle pendici del M. Barcaglione, tali materiali si rinvencono, talora con stratificazioni parzialmente conservate, alle quote più svariate e persino nei pressi del livello del mare. In tali casi non è possibile attribuire la loro presenza a movimenti tettonici ma devono essere invocati estesi movimenti gravitativi.

Nella carta geomorfologica, redatta sulla base del quadro informativo disponibile integrato da rilievi e sopralluoghi, sono indicati i processi, le forme e i depositi riscontrati allo scopo di fornire un'illustrazione della tendenza evolutiva del territorio d'interesse con particolare attenzione all'individuazione e classificazione dei fenomeni deformativi. Come indicato anche nelle precedenti fasi progettuali, tali evidenze, riconducibili ad un contesto di dissesto idrogeologico generalizzato e di pericolosità geomorfologica coerente con la documentazione di pianificazione territoriale disponibile, risultano talvolta di difficile valutazione per l'intensa attività antropica, in particolare quella connessa all'attività agricola, che oblitera e cancella le evidenze superficiali rendendo difficile il riconoscimento di campagna dei fenomeni in atto.

I vari dissesti che caratterizzano il tratto di territorio attraversato, infatti, sono maggiormente evidenti fra la fine dell'inverno e l'inizio dell'estate; successivamente vengono in buona parte spianati e occultati dalle pratiche agricole. Restano invece ben individuabili in corrispondenza della viabilità esistente dove i quadri fessurativi di anno in anno si sommano. La stessa antropizzazione è una delle cause predisponenti la franosità del territorio avendo infatti l'uomo, già in tempi antichi, asportato l'originaria vegetazione del territorio (prevalentemente arborea) per consentire un utilizzo dell'area ai fini agricoli.

Pur se la pratica agricola maschera periodicamente le forme morfologiche restano comunque evidenze di avvallamenti, contropendenze, gibbosità e fessurazioni connesse a movimenti gravitativi osservabili dalla foto aeree o direttamente sul campo insieme a isolate venute di acqua, di scarsa consistenza. Talvolta i manufatti presenti in corrispondenza o prossimità di queste forme mostrano fessurazioni o disallineamenti che confermano la presenza di quadri deformativi recenti o in atto.

Accanto ad alcuni fenomeni di colata, o misti colata/scivolamento, ben localizzati e individuati si segnala una diffusa instabilità stagionale delle coltri superficiali soggette a fenomeni tipo creeping e soliflusso (foto 7.1) con una deformazione estremamente, lenta generalmente concentrata a seguito dei principali periodi piovosi. Queste deformazioni risultano ben correlabili con i più modesti valori di velocità delle onde di compressione e taglio registrati dalle traverse sismiche nell'ambito degli orizzonti superficiali.



Foto 7.1. Creep superficiali resi evidenti dall'inclinazione di tratti della palificazione elettrica.

In rappresentanza dell'ampia documentazione bibliografica disponibile si ricorda la Carta geomorfologica a supporto della pianificazione del comune di Falconara Marittima (Figura 7-1) che riprende, con aggiornamenti, i contenuti della "Carta Geomorfologica dell'area compresa tra Ancona e Falconara" (Coltorti-Nanni 1990) di Figura 7-2.

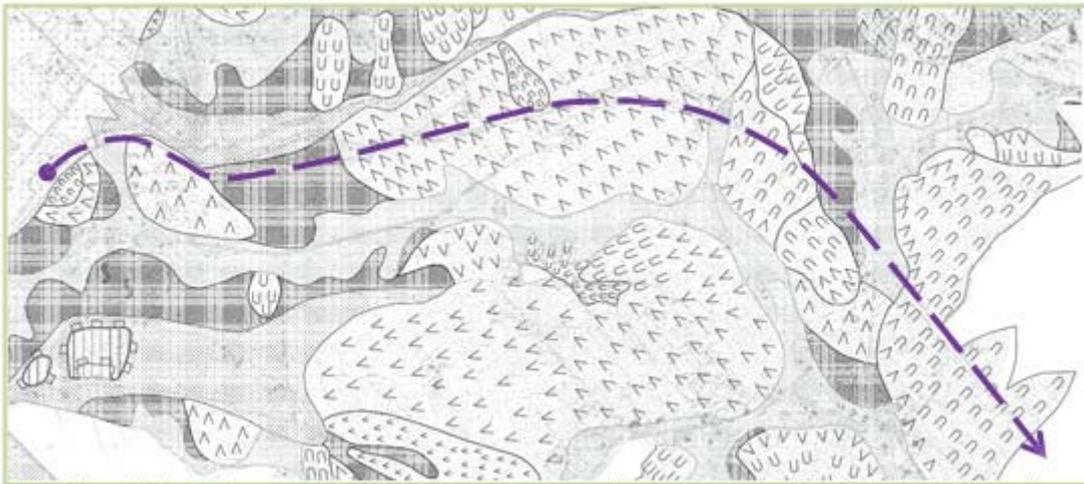


Figura 7-1 - Carta geomorfologica del PRG del comune di Falconara con evidenziata l'infrastruttura di progetto (da: Elab.B.01.2 - P.R.G.'99 del Comune di Falconara Marittima – Febbraio 2003 - mod.).

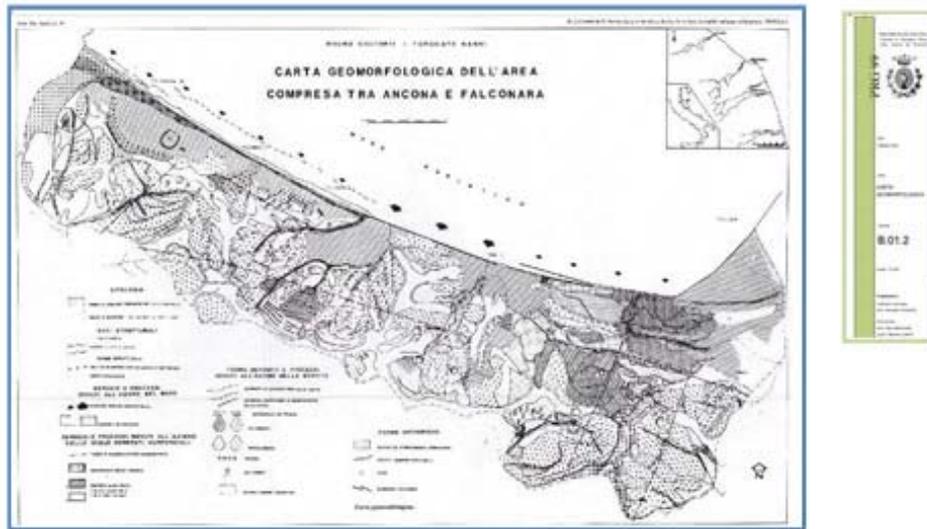


Figura 7-2 - Carta geomorfologica dell'area compresa tra Ancona e Falconara (da: *Coltorti e Nanni*)

Non di meno si richiama la Carta Geomorfologica regionale, di cui uno stralcio è riportato in Figura 7-3. Il rilievo è recente e datato 2006-2007; la scala della carta è 1:10.000.

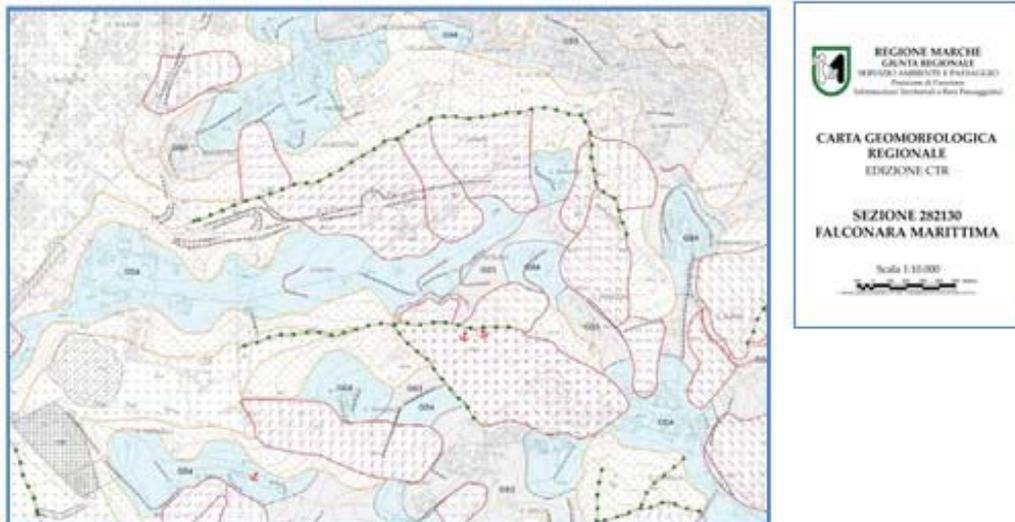


Figura 7-3 - Carta geomorfologica regionale Sez.282130 Falconara Marittima – scala 1:10.000 (stralcio)

Per un'ulteriore verifica e approfondimento sono state acquisite informazioni relative agli interventi di manutenzione e ripristino eseguiti dal Compartimento Anas delle Marche lungo il tracciato in progetto per far fronte ai fenomeni di dissesto idrogeologico. Trattasi in particolare di: pulizia delle carreggiate a seguito di alcune colate superficiali, trincee drenanti, interventi di ingegneria naturalistica (staccionate o viminate) per proteggere le carreggiate dal materiale

trasportato dalle acque ruscellanti, riprofilatura del pendio, ripristino dei fossi di guardia (Foto 7.1), nuove gabbionate al di sopra dei muri di sostegno all'imbocco lato Torrette della Galleria Barcaglione (foto 7.2 – 7.3), sigillatura delle fessure aperte in corrispondenza dei rilevati di approccio ad alcuni sovrappassi.

I rilievi di campagna condotti nel corso degli anni 2011-2012, e successivamente nel 2017 e nel 2018, arricchiti da una documentazione fotografica allegata alla Carta Geomorfologica ed al presente testo hanno portato al riscontro ed al confronto delle lesioni e deformazioni osservabili in corrispondenza dell'attuale SS16. A tal proposito giova segnalare che allo stato non sono riscontrabili, lungo il tratto in studio, fenomeni franosi profondi evidenti; la carreggiata stradale è pienamente operativa ed in regime di sicurezza. Le lesioni osservate, puntualmente descritte nel testo, sono essenzialmente riconducibili a disallineamenti dei muri di sostegno o crepe che, dal confronto fra i rilievi del 2011-2012 e del 2017-2018 non hanno mostrato, salvo eccezioni documentate nel testo, un'apprezzabile evoluzione.



Foto 7.1 Elementi di regimazione idraulica superficiale che convogliano le acque presso una tombinatura di base ubicata presso la frana imbocco sud Galleria Barcaglione



Foto 7.2 Gabbioni a protezione della carreggiata esistente-corsia sud



Foto 7.3 Recenti gabbioni al di sopra del muro di contenimento in fregio all'imbocco lato Torrette della galleria Barcaglione

Il quadro informativo disponibile unito agli elementi bibliografici ed alla cartografia del PAI viene sintetizzato nella seguente cartografia allegata al progetto:

- "Carta Geomorfologica Tav da 1 a 7 – scala 1:2.000" (elab. T00-GE00-GEO-CG08 - 14);
- "Profilo geologico di progetto" - scala 1:1000/100 (elab T00-GE00- GEO – FG 01-09 e FG 13-21)

I movimenti gravitativi sono suddivisi in recenti-attivi e antichi-quiescenti. Quelli attivi sono ulteriormente distinti fra colate (o misti colata/scivolamento), scivolamenti, soliflussi e fenomeni di erosione concentrata o diffusa. Tale suddivisione deriva essenzialmente dall'interpretazione delle forme morfologiche, dai rilievi di campagna, dallo studio di foto aeree e dai riscontri inclinometrici. Gli accumuli e coronamenti recenti-attivi sono evidenti (almeno stagionalmente) mentre quelli antichi e quiescenti sono in parte rimodellati dall'attività agricola o dall'urbanizzazione

Alcuni fenomeni deformativi classificati come attivi sono delimitati dalla rete viaria minore e/o dalla SS16, e ciò ha reso possibile osservare l'evoluzione e l'andamento dei quadri fessurativi riscontrati sulle opere nel tempo. Nella maggior parte dei casi si è potuta correlare la presenza di condizioni di ristagno idrico, fossi agricoli non rivestiti, ostruiti o mal realizzati, aree prive di una vegetazione permanente, muri privi di drenaggi (o con dreni ostruiti) con locali colate, colate miste a scivolamento, creeping o fenomeni di soliflusso diffusi. Al tempo stesso ad una restituzione e concentrazione delle acque superficiali in contesti puntuali corrisponde l'insorgenza di fenomeni di erosione diffusa o concentrata accompagnati, talvolta, da nicchie di richiamo perimetrali.

Tutti i versanti attraversati dal tracciato in studio sono caratterizzati da cospicui scorrimenti di acque superficiali connessi con la mancanza/scarsità di un reticolo idrografico naturale che possa smaltire efficacemente le acque di pioggia. Ed è proprio la carenza del reticolo idrografico che favorisce, unitamente alla natura impermeabile dei terreni, le diffuse condizioni di ristagno idrico riscontrate sul terreno.

In presenza di depositi francamente argillosi, di una morfologia collinare e di un diffuso dissesto idrogeologico la presenza d'acqua, puntualmente rilevata sul terreno e nel primo sottosuolo (vedi riscontri piezometrici) costituisce il principale motore dell'instabilità delle coltri poggianti sul substrato in posto. Pur se i materiali naturali risultano poco permeabili condizioni di ristagno idrico, fossi non rivestiti che scaricano con difficoltà e soprattutto la periodica aratura, che rimaneggia e disarticola i terreni superficiali lasciandoli totalmente privi di vegetazione ed esposti agli agenti esogeni, favoriscono l'imbibizione delle coltri e l'infiltrazione delle acque con attivazione dei periodici fenomeni di colata, scivolamento, creeping e soliflusso riscontrati.

Per quanto sopra nella carta geomorfologica sono indicate anche le aree di evidente ristagno idrico e la rete di fossi agricoli e canali in terra che, in un territorio povero di recettori idrici naturali, gli agricoltori tracciano seguendo i periodici cicli di lavorazione del terreno.

I riscontri sul terreno ed il monitoraggio strumentale degli inclinometri dimostrano il chiaro nesso causa effetto fra eventi meteorici stagionali e grado di attività dei dissesti. Quest'ultimi registrano infatti i maggiori spostamenti durante o a seguito dei principali e più intensi periodi piovosi, mentre tendono a stabilizzarsi nei restanti periodi dell'anno.

7.1 EVIDENZE DI CARATTERE GEOMORFOLOGICO – DISSESTI IN ATTO

Il tracciato si sviluppa in massima parte a mezza costa lungo i versanti nord orientali della Costa del Tesoro, del Monte Barcaglione e del Taglio caratterizzati dalla presenza di terreni pelitici. La superficie topografica è per gran parte inclinata verso mare in senso trasversale al tracciato, e ondulata in senso longitudinale a causa del susseguirsi di una serie di rilievi e depressioni. I rilievi corrispondono a zone in cui la formazione in posto è più prossima alla superficie, almeno per la parte eluviale, ed i secondi ad incisioni/depressioni operate dalle acque torrentizie. Le perimetrazioni PAI assecondano e seguono questa successione morfologica affiancando i crinali i quali costituiscono zone stabili che mantengono la separazione fra le diverse aree PAI e/o in dissesto ed inibiscono possibili coalescenze fra fenomeni adiacenti. Sui versanti affiora diffusamente la formazione plio-pleistocenica delle Argille azzurre, fortemente alterata, a cui si sovrappongono spessori variabili delle coltri colluviali la cui natura litologica favorisce l'insorgere di fenomeni deformativi, specie in condizioni di dissesto idrografico ed idrogeologico ed a seguito di periodi particolarmente piovosi. Altre cause favorevoli l'instabilità locale sono le condizioni di ristagno idrico e le pratiche agricole che, rimaneggiando il terreno, lo lasciandolo privo di copertura vegetazionale, smosso ed esposto agli agenti esogeni. E' interessante osservare come aree ove sono stati eseguiti interventi di sistemazione idraulica forestale, protette da una vegetazione erbacea ed arborea perenne, sono sostanzialmente esenti da condizioni di diffuso dissesto idrogeologico.

I rilevamenti geologici eseguiti in fase di progettazione sia definitiva che esecutiva hanno particolarmente approfondito le aree delimitate come a rischio consentendo di evidenziare e definire in dettaglio i reali dissesti attivi, interferenti con il tracciato e ricadenti nelle suddette aree PAI. Si ricorda in questa sede che per le 4 aree PAI caratterizzate da un livello di pericolosità P3, e come specificamente concordato con l'Autorità di Bacino, sono stati condotti, in sede di progettazione definitiva, specifici approfondimenti riportati negli elaborati di settore del progetto definitivo (elaborati del PD TOO – GEOO – GEO – RE02/03/04/05) e più precisamente, per ogni singola area PAI ad elevata pericolosità.

Come evidenziato nella carta geomorfologica di progetto lungo ed intorno al tracciato vi sono diversi elementi che testimoniano la presenza di fenomeni deformativi quiescenti (sigla E) o in atto (sigla F). Nel complesso i fenomeni di maggiore evidenza interferenti con il tracciato in progetto sono, in ordine di progressive crescenti:

- Frana 1 Svincolo di Falconara – dissesto km 1+160
- Frana 2: Aree di Servizio direzione AN e Falconara pk 1+400-1+500
- Frana 3: Galleria Barcaglione. Imbocco lato AN – dissesti km 3+110-3+275 lato monte
- Frana 4: Dissesto tra Rilevato e Galleria Orciani - dissesto km 3+980 – 4+240 lato valle
- Frana 5: Galleria Orciani – dissesto km 4+420 – 4+480 parte alta rilievo collinare
- Frana 6: Galleria Orciani Imbocco esistente AN – dissesti km 4+520 – 4+625 lato monte e valle
- Frana 7: Dissesti km 4+900 – 4+950 lato monte
- Frana 8 riattivazione frana quiescente E5: Nuovo Cavalcavia CV03 e viabilità di innesto – dissesto km 5+400 – 5+500 lato monte
- Frana 9: Dissesto km 6+050 – 6+250 lato monte
- Frana 10 e frana quiescente E8 con locali riattivazioni: Viadotto Taglio Svincolo Torrette (pressi) km 6+400 – 6+530 lato valle
- Altre aree in dissesto attivo

7.1.1 Frana 1: Svincolo di Falconara – dissesto km 1+160

Trattasi di un fenomeno di colata o misto colata/scivolamento riportato nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG08) di cui uno stralcio viene proposto qui di seguito (Figura 7-4).

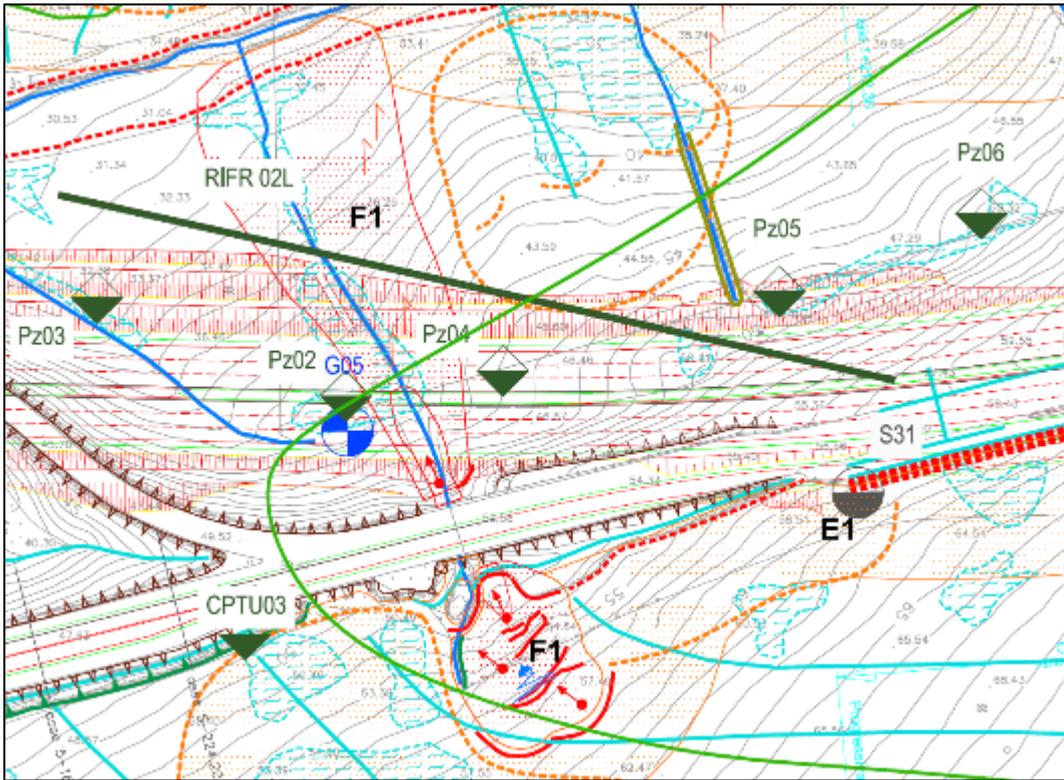


Figura 7-4 - Frana 1 Svincolo di Falconara – km 1+160



Foto 7.4 Vista di insieme della nicchia di distacco del fenomeno franoso, situata a monte dalla corsia sud stradale.



Foto 7.5 Particolare del gradino morfologico del dissesto.



Foto 7.6 Panoramica area in dissesto in direzione del verso di scorrimento; sullo sfondo la sede stradale esistente.



Foto 7.7 Accesso al tombino stradale esistente, che rappresenta la via di deflusso principale delle acque di circolazione superficiale sul corpo frana.



Foto 7.8 Vista interna del tombino stradale, si osservi la presenza diffusa di acqua e detriti nonché la deformazione del tratto più esterno.

L'area interessata ricade al limite occidentale della perimetrazione PAI R2 F-12-0060 (P1) occupando una superficie di circa 3.000-4.000 mq. Il fenomeno è imputabile al diffuso accumulo idrico che si ha in corrispondenza di un sottopasso idraulico esistente che, in parte deformato (Foto 7.8), ostacola il corretto deflusso delle acque provenienti da monte. In quest'ambito il tracciato in progetto viene spostato verso valle rispetto alla soluzione attuale, allontanandolo così in maniera determinante dal fenomeno cartografato (vedi Figura 7-4). Il tracciato verrà spostato verso valle rispetto alla soluzione attuale allontanandolo dal fenomeno cartografato; si prevede la demolizione del sottopasso idraulico esistente e sua sostituzione con tombino $\phi=1000$.

Nell'ambito di questo dissesto è stato effettuato il sondaggio SG05 della campagna 2011.

Nella campagna 2018 sono stati eseguiti:

- n° 1 Profili sismici a rifrazione (RIFR 02L-Fi.g 7.5)
- n° 2 pozzetti esplorativi (PZ02-PZ04)

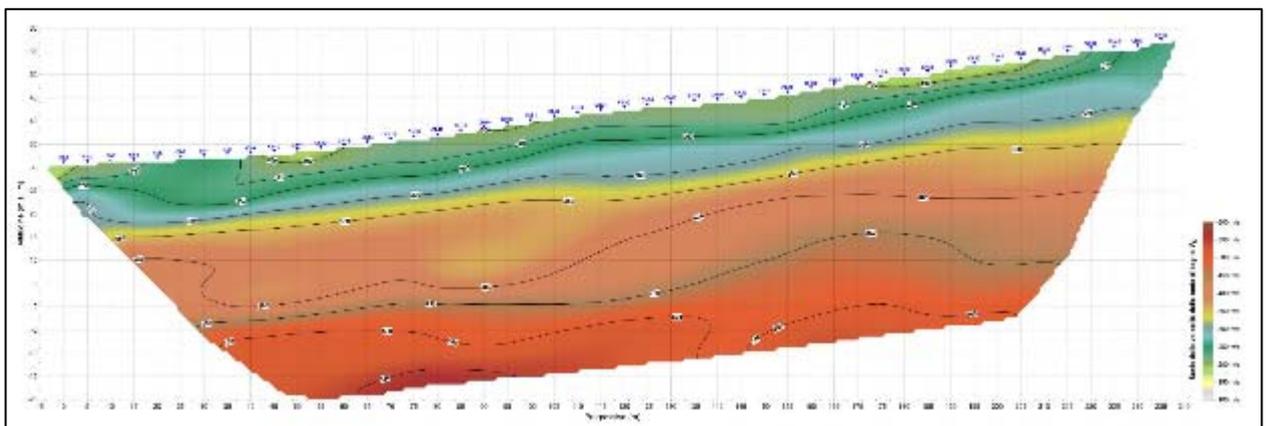


Figura 7-5 - Sezione sismostratigrafica RIFR 02L (anno 2018)

7.1.2 Frana 2: Aree di Servizio direzione AN e Falconara

7.1.2.1 Frana 2: Area di Servizio direzione AN – dissesti fra km 1+400-1+500.

L'ubicazione dei dissesti è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG09) di cui semplice stralcio viene riportato in Figura 7-6.

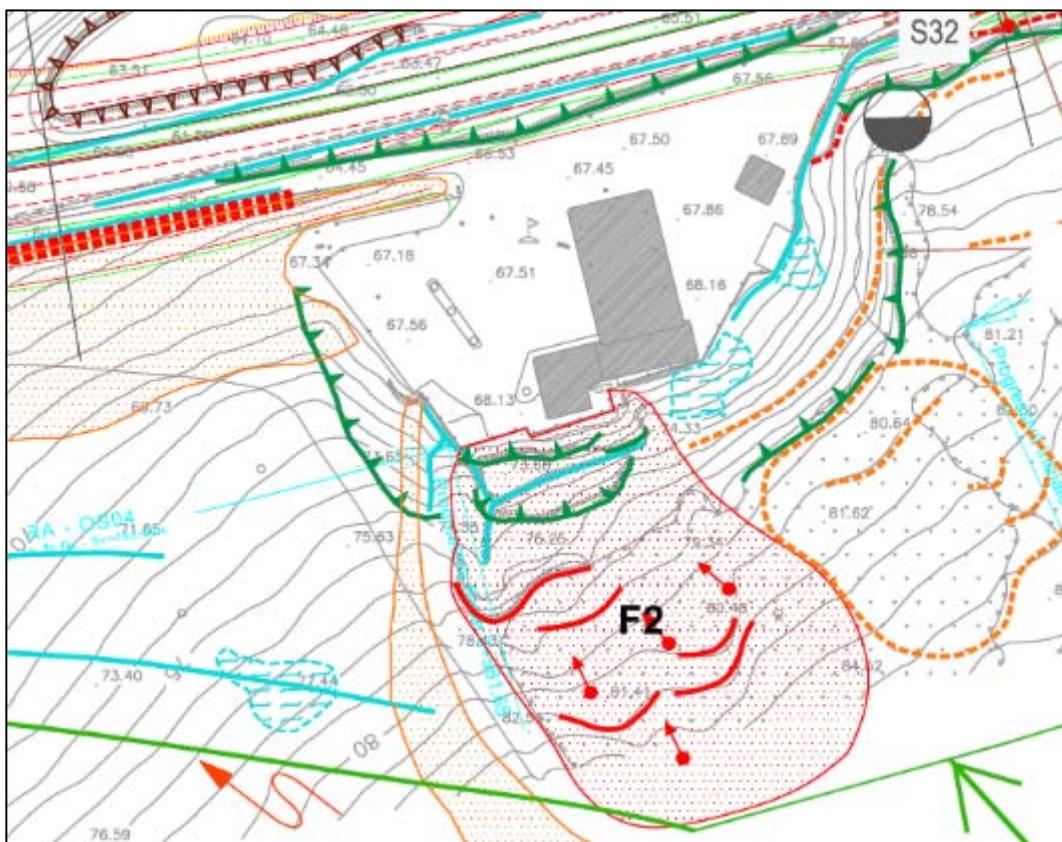


Figura 7-6 - Frana 2 – Area di Servizio Sanzio Ovest direzione AN – pk 1.400 - 1+500 lato monte

Il fenomeno franoso più evidente, che ricade nel settore centrale della stessa perimetrazione PAI R2 F-12-0060 (P1) è ubicato a monte del piazzale dell'area di servizio ed occupa una superficie di circa 4.000 mq. Dalla documentazione consultata risulta essersi innescato a seguito degli scavi per la realizzazione dell'area di servizio intorno al periodo 1999/2000, con coinvolgimento di una abitazione privata a monte e deformazioni che al piede hanno parzialmente interessato anche la SS16. Un monitoraggio inclinometrico ha messo in luce rapide deformazioni superficiali tipo colata o colata misto scivolamento concentrate in aree dove erano presenti alcune opere di sostegno collassate (terre armate) con terreno ridotto ad uno stato pressoché' fluido per diffusa saturazione, oltre a fenomeni di scivolamento più profondi. Ottima risultava la correzione fra le maggiori velocità di spostamento ed i periodi di pioggia (relazione Prof. G. Scarpelli) mentre la falda stazionava stabilmente a modesta profondità (circa 2 m da p.c.). Interventi strutturali (paratie di pali di grade diametro) e di regimazione delle acque hanno successivamente posto in sicurezza l'area, anche se all'atto dei sopralluoghi del 2011 si è rilevato il permanere di una condizione di pericolosità a monte del piazzale per la presenza di materiale fortemente ammalorato, spesso saturo, in corrispondenza del quale si potrebbero innescare

fenomeni di colata che andrebbero a riversarsi sui sottostanti piazzali. Erano inoltre evidenti diffuse estrusioni di materiale argilloso fra gli stessi pali.

Nel corso del 2016 il gestore dell'area di servizio è intervenuto realizzando una seconda e più interna opere di sostegno (foto 7.5) regimando le acque superficiali a monte e sul fronte della paratia. Il sopralluogo eseguito nel 2018 ha rilevato un deciso miglioramento delle condizioni di stabilità.



Foto 7.9 Doppia fila di pali e opere regimazione delle acque



Foto 7.10 Elementi murari di sostegno, variamente inclinati, situati a monte della corsia stradale sud – rampa di accelerazione.

Cautelativamente la cartografia di progetto si riferisce alle evidenze rilevate nel periodo 2011-2012.

Più a valle alcune deformazioni (Foto 7.11) sono osservabili in corrispondenza delle corsie di accelerazione e decelerazione a margine della stessa area di servizio, e sono rese evidenti da lievi avvallamenti del piano stradale ed un disallineamento dei muri di sostegno lato monte. Dalle informazioni disponibili sono in buona parte riconducibili ai dissesti innescati a seguito degli scavi per la realizzazione dei piazzali. Immediatamente a tergo dei muri sono visibili fenomeni stagionali di ruscellamento diffuso, ristagni idrici, fenomeni di creeping e ondulazioni del piano campagna. Nel corso del 2018 non sono state riscontrate evoluzioni dei quadri deformativi rispetto quanto già cartografato nel corso del 2011. Il tratto di strada interessato dalle deformazioni è di circa 130 m ad ovest e 60 m ad est.

Per la corsia direzione Ancona si prevede la demolizione dei muri di sostegno esistenti per far posto all'ampliamento della carreggiata e realizzazione di una paratia di pali di grande diametro, mentre per la corsia direzione Falconara il fenomeno non interessa il tracciato di progetto.



Foto 7.11 Dissesto all'Area di Servizio Sanzio Ovest direzione AN – dissesto al km 1+500 rampa di accelerazione lato monte

Nella campagna 2018 sono stati eseguiti:

- n° 1 Sondaggio geognostico atterzzato con inclinometro (S03-IN)



Foto 7.12 Area di servizio direzione Falconara – disesto km 1+400 – 1+500 lato valle; vista dal basso dell'area di stazione che attualmente non mostra segni di instabilità.



Foto 7.13 Area di servizio direzione Falconara – disesto km 1+400 – 1+500 lato valle; vista in direzione del piede della frana rilevata.

7.1.3 Frana 3 parziale riattivazione E4: Galleria Barcaglione. Imbocco lato AN – dissesti km 3+110-3+275 lato monte

I dissesti in argomento ricadono all'interno della perimetrazione PAI R2 F-13-187 (P2); trattasi di fenomeni di colata superficiale passanti in profondità a scivolamento che si sono più volte manifestati nel tempo a seguito di intensi eventi meteorici. La relativa ubicazione è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG10) come da Figura 7-8.

L'area cartografata, di circa 1,5 Ha, rappresenta la più evidente criticità geomorfologica censita lungo l'attuale SS16, come dimostra anche il fatto che la sua attività negli anni passati ha più volte creato disagi al traffico lungo la sottostante carreggiata. Il dissesto è stato oggetto di un'approfondita indagine geognostica e geofisica durante la campagna 2011 e del 2018.

Per maggior dettaglio in Figura 7-9 si riporta un profilo geologico ben esteso a monte e a valle del dissesto, unitamente ad una ripresa fotografica aerea (Figura 7-10) che consente di visualizzare l'intero versante.

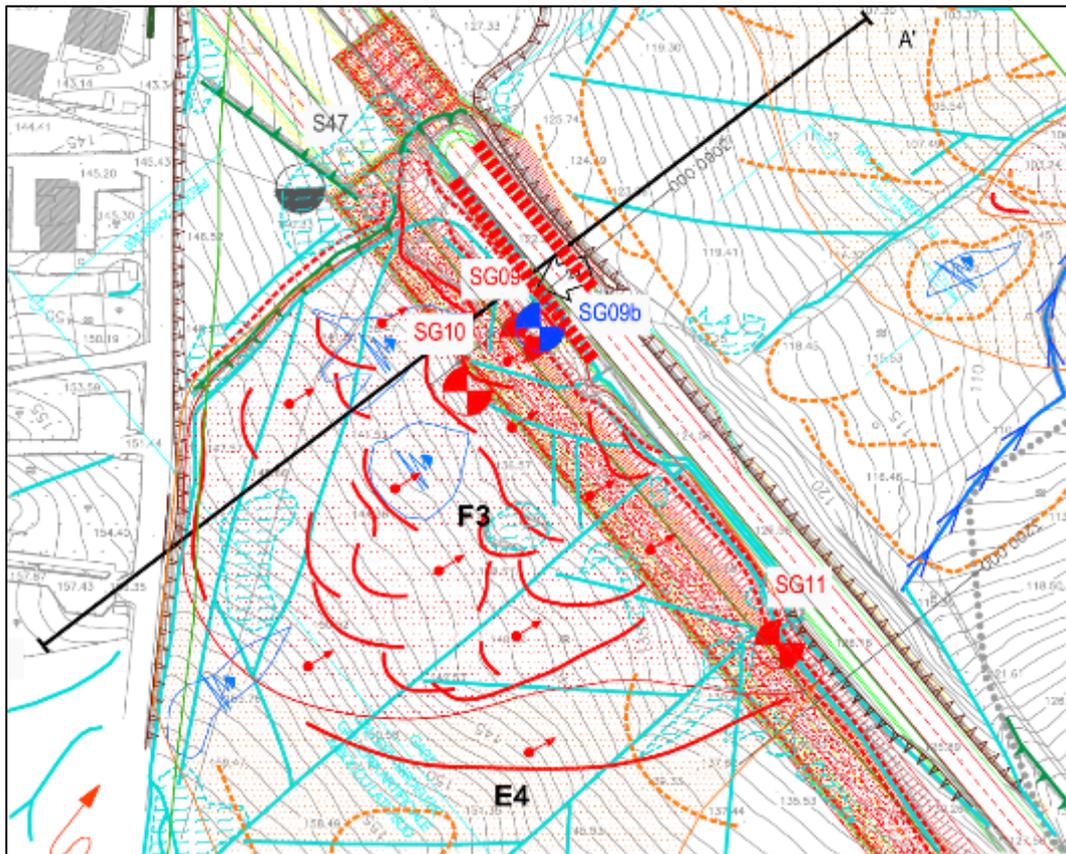


Figura 7-8 - Frana 3 – parziale riattivazione E4: Galleria Barcaglione. Imbocco lato- dissesti km 3+110-3+275 lato monte

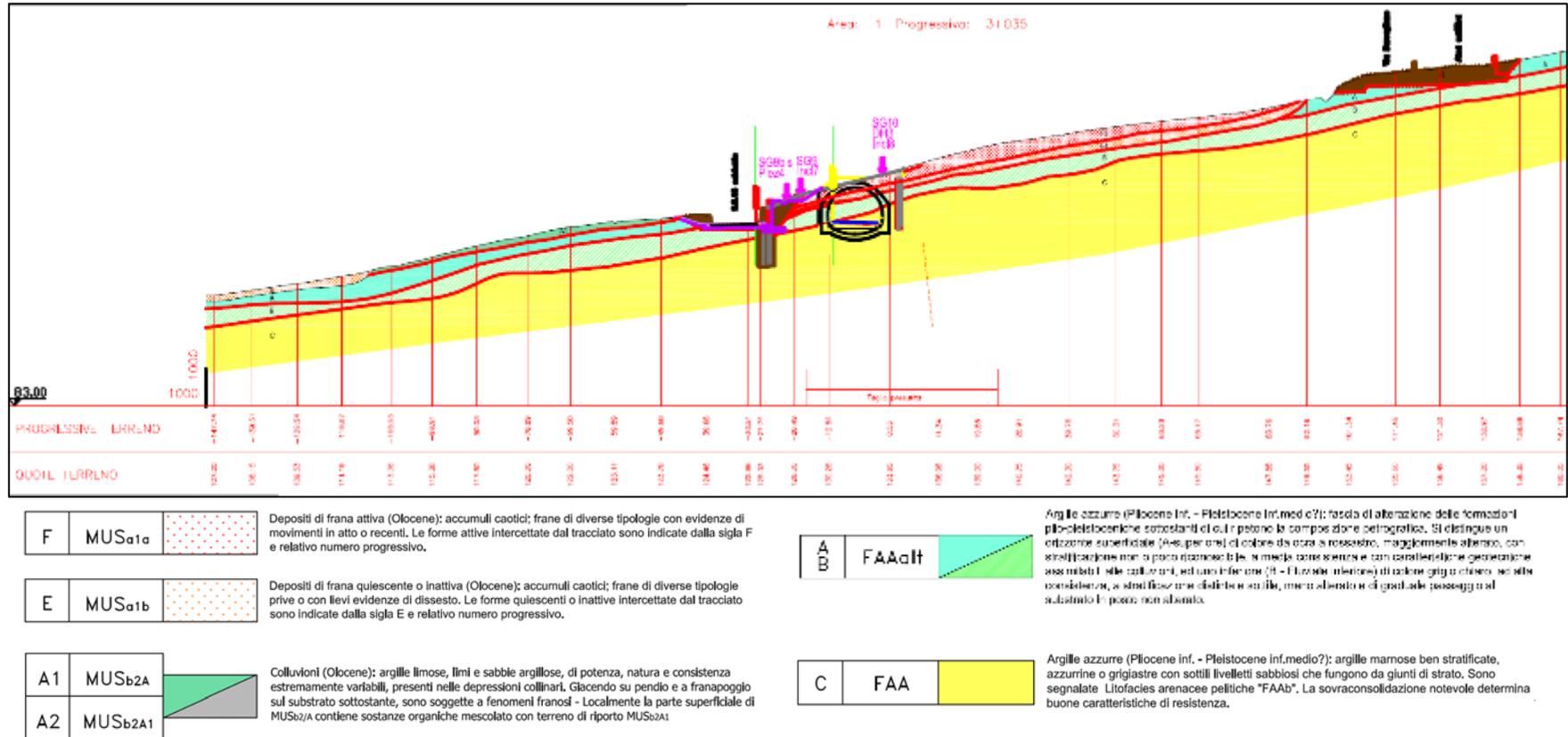


Figura 7-9 - Frana 3 – Sezione geologica



Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

SS 16 ADRIATICA - VARIANTE DI ANCONA
Intervento di ampliamento da 2 a 4 corsie del tratto fra
lo svincolo "Falconara" e lo svincolo "Torrette"

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA



Figura 7-10 - Frana 3 – Foto area dell'intero versante interessato dal dissesto

MANDATARIA



MANDANTE



94 di 194



Foto 7.14 Vista di insieme del dissesto che interessa il versante in cui ricade l'imbocco lato AN della Galleria Barcaglione.



Foto 7.15 Vista dal basso del versante interessato dal dissesto; si nota la presenza di un esteso scavo non rivestito avente funzione di raccolta e smaltimento delle acque dilavanti.



Foto 7.16 Tratto del versante in dissesto in prossimità dell'imbocco lato AN della Galleria Barcaglione.



Foto 7.17 Tracce di scorrimenti idrici in prossimità della SS16, alla base del tratto di versante ripreso nella precedente foto.



Foto 7.18 Zona di raccordo tra il versante in dissesto e la SS16; ben visibile la presenza di un fosso di guardia per la raccolta e smaltimento delle acque di circolazione superficiale.



Foto 7.18 Zona di raccordo tra il versante in dissesto e la SS16; visibile sullo sfondo l'imbocco lato AN della SS16.



Foto 7.19 Canalette rivestite finalizzate alla regimazione idraulica superficiale delle acque dilavanti che si sviluppano sul pendio in dissesto; le canalette convogliano le acque presso una tombinatura di base ubicata presso la frana imbocco sud Galleria Barcaglione.



Foto 7.20 Muro di sostegno della SS16, gravemente lesionato, situato alla base del versante in oggetto in corrispondenza del tratto ripreso nelle precedenti foto.

Nel complesso le prove eseguite nelle precedenti campagne geognostiche, sono le seguenti:

MANDATARIA

MANDANTE

- n° 5 sondaggi meccanici realizzati a carotaggio continuo e n°1 sondaggio a distruzione di nucleo, denominati con sigla SG8 (zona monte galleria), SG9, SG9bis, SG10, SG11, SG12 (fine galleria);
- esecuzione di n°1 prova pressiométrica in foro di sondaggio SG8;
- prelievo campioni indisturbati tramite campionatore a pressione "a parete sottile di tipo aperto" (Shelby) e rotazione tipo Mazier, inviati al laboratorio per prove geotecniche;
- predisposizione di n°3 fori di sondaggio per misure inclinometriche (SG8, SG9bis, SG11) e prima serie di monitoraggi;
- predisposizione di n°1 foro di sondaggio per misure piezometriche (SG12); e prima serie di monitoraggi;
- esecuzione di n°3 basi sismiche a rifrazione in onde "P" ed "S", denominate SIS04 - SIS 04 bis - SIS 05 della lunghezza rispettivamente di 96 m le prima, e 120 m le altre due;
- monitoraggio su base annuale del livello idrico misurato in corrispondenza del piezometro (SG12), nonché monitoraggio sui tubi inclinometrici SG8 ed SG9bis

Le risultanze delle indagini sono ben rappresentate dalla traversa sismica SIS04 (ortogonale al tracciato e lungo la massima pendenza) che mostra un generale modesto spessore delle coltri allentate (velocità attorno ai 100 m/sec). Gli spessori coinvolti dai fenomeni deformativi, ben evidenziati anche dal diagramma inclinometrico SG9bis, nell'area di stretto interesse progettuale sono compresi fra 2 e 5,5 m da p.c. Ottima risulta in particolare la correlazione fra i riscontri stratigrafici, i più modesti valori di velocità delle onde sismiche e la deformata inclinometrica.

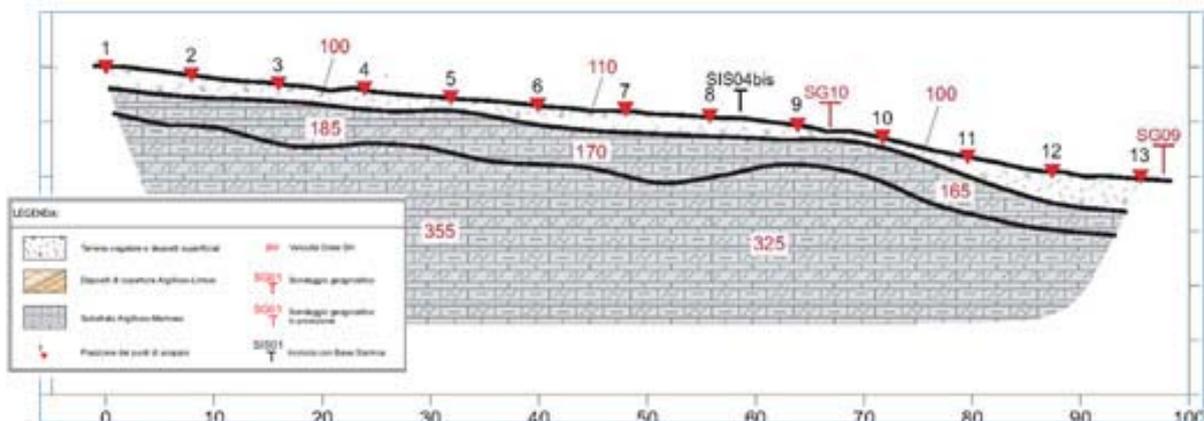


Figura 7-11 - Sezione sismostratigrafica SIS04 (ortogonale al tracciato). In rosso l'area d'interesse progettuale

Le principali evidenze nei confronti delle opere poste a monte dell'attuale SS16 sono riconducibili a disallineamenti e crepe a carico dei muri di sostegno in c.a. ed al rifluimento di materiale terroso che, a seguito o in corrispondenza degli eventi meteorici più intensi, ha raggiunto la sottostante carreggiata. Nessuna evidente deformazione è osservabile in corrispondenza del sedime stradale.

Verso la seconda metà del 2012 Anas è intervenuta sul posto per una messa in sicurezza dell'area attraverso una riprofilatura della scarpata a monte dei muri, la posa di alcune file di gabbioni e ripristino dei fossi di guardia.

Immediatamente a monte dell'area in dissesto si sviluppa la Strada del Barcaglione. Fra questa strada e la sommità dell'area instabile sono rilevabili fenomeni di ristagno idrico e ruscellamento diffuso, in parte concentrati e convogliati dalla strada stessa.

Confrontando gli esiti dei sopralluoghi del 2012 con quelli del 2017 si riscontra una situazione sostanzialmente immutata dei quadri fessurativi sulle opere di sostegno a monte della SS16, mentre i recenti interventi Anas hanno portato ad un miglioramento delle condizioni di stabilità del pendio tanto che, per quanto noto, dopo la seconda metà del 2012 non si sono registrati ulteriori dissesti.

L'ampliamento avviene sul lato di monte mentre per superare l'intero tratto interessato dai dissesti è stata prevista una lunga galleria artificiale protetta da una doppia paratia di pali di grande diametro

7.1.4 Frana 4: Dissesto tra Rilevato e Galleria Orciani - dissesto km 3+980 – 4+240 lato valle

L'ubicazione dei dissesti, che ricadono entro la perimetrazione PAI R2 F13-0182 (P3) è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG11) – vedi stralcio di Figura 7-12.

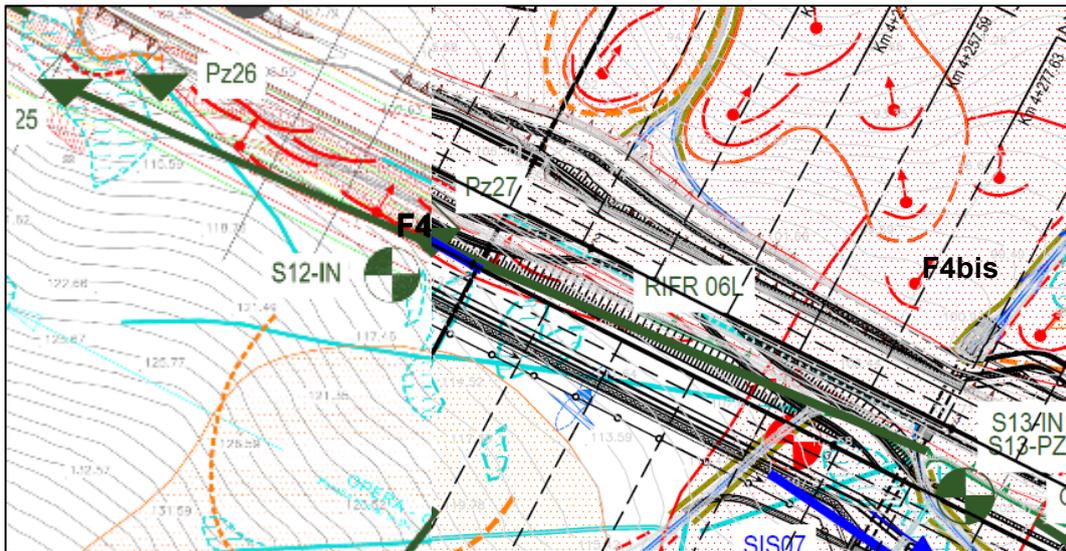


Figura 7-12 - Frana 4: Dissesto tra Rilevato e Galleria Orciani - km 3+980 – 4+240 lato valle



Foto 7.21 Panoramica del versante interessato dal dissesto in oggetto; visibili gli interventi di ingegneria naturalistica adottati per il controllo dei movimenti, attualmente alquanto deformati.



Foto 7.22 Panoramica del versante interessato dal dissesto in oggetto

Trattasi di fenomeni erosivi concentrati in alveo a valle del viadotto Orciani esistente attorno alla pk 3.980 ed imputabili alla restituzione concentrata delle acque drenate dall'attuale sede stradale. Condizioni di ruscellamento diffuso e ampi ristagni idrici sono segnalati anche al di sotto e immediatamente a monte del viadotto dove la pendenza naturale del versante è maggiore. Piccole nicchie di richiamo sono state osservate nel corso del 2011- 2012 attorno all'alveo in erosione; nel 2018 di tali nicchie si è persa evidenza, probabilmente obliterate dalle pratiche agricole stagionali. La carreggiata di valle è prevista su viadotto e scavalca i fenomeni cartografati. Quella di monte risulta esterna ai fenomeni erosivi e posta su rilevato. Per limitare l'ampiezza del rilevato è stato previsto un muro di sostegno opportunamente fondato su una paratia di pali di grande diametro. Una rete di collettamento permetterà di raccogliere e smaltire le acque superficiali.

Procedendo verso la galleria Orciani ulteriori evidenze sono localizzate fra le pk 4.020 – 4.240 a monte del tracciato. Trattasi di piccole colate superficiali che talvolta in passato hanno portato materiale sulla sede stradale scavalcando i bassi muri esistenti; oggi sono contenute da una staccionata (vedi foto 7.21 e 7.22) di recente realizzazione.

Nello stesso tratto sono cartografati fenomeni di erosione concentrata, creeping e soliflusso evidenziati anche dalla perdita di verticalità di alcuni pali della linea elettrica.

I riscontri forniti dai dati di lettura dell'inclinometro SG16 mostrano un lento fenomeno deformativo che durante l'intero periodo di osservazione (2011 – 2017) somma uno spostamento di

circa 8,5 cm esteso sino alla profondità di circa 7 m. In tale contesto non sono riscontrabili particolari deformazioni a carico della SS16 o lesioni a carico delle opere di sostegno.

A valle del tracciato fra le pk 4.140 – 4.240 in prossimità di un modesto impluvio sono state rilevate e cartografate due colate riconducibili ad una restituzione concentrata dell'acqua scaricata dalla soprastante SS16.

La carreggiata di valle è prevista su viadotto e scavalca i fenomeni cartografati, quella di monte risulta esterna ai fenomeni erosivi ed posta su rilavato. Per limitare l'altezza del rilevato è stato previsto un muro di sostegno opportunamente fondato su una paratia di pali di grande diametro.

Nella campagna 2018 sono stati eseguiti:

- n° 1 Profili sismici a rifrazione (RIFR 06L-Figura 7-13)
- n° 2 Sondaggi attrezzati con inclinometro (S12-IN; S13-IN)
- n° 2 pozzetti esplorativi (PZ26-PZ27)

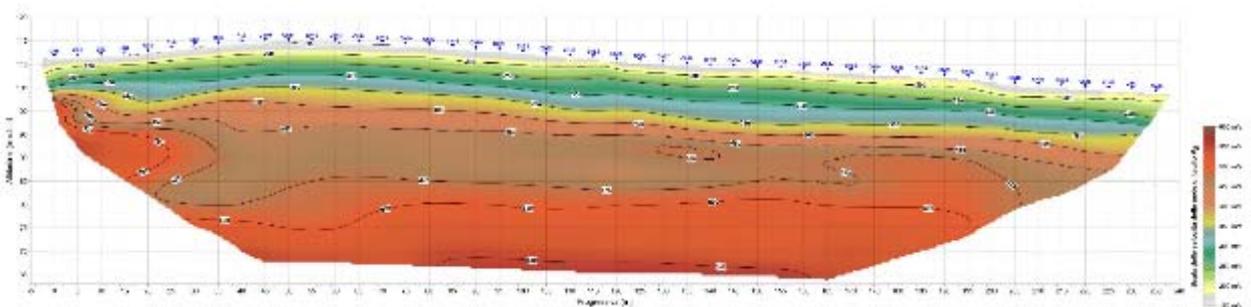


Figura 7-13 - Sezione sismostratigrafica RIFR 06L (anno 2018)

7.1.5 Frana 4bis: Dissesto prima dell'imbocco galleria Orciani - km 4+240 – 4+320

In questo settore si incontra il dissesto F4bis investigato con i sondaggi SG16 ed SG13 in realizzati all'interno del corpo di frana e con le sismiche SIS07, eseguita nella campagna di indagini di PD, più o meno sul ciglio esterno lato monte della nuova carreggiata in progetto, 10-15 m verso monte rispetto gli inclinometri SG16 e S13-IN e RIFR06L e GN02-RIFR01L, eseguiti nella campagna di indagini di PE, circa in asse alla carreggiata in progetto (quindi una quindicina di metri a valle rispetto allo stendimento SIS07).

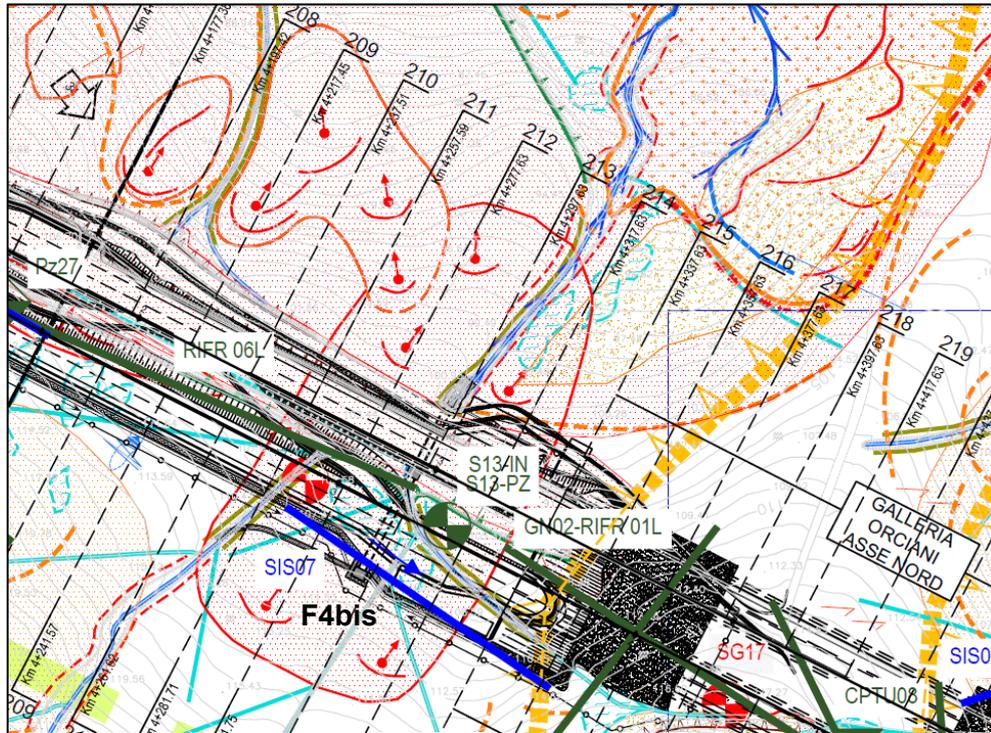


Figura 7-14 - Frana 4bis: Dissesto prima dell'imbocco galleria Orciani - km 4+240 – 4+320 lato valle



Figura 7-15 - Foto area dell'intero versante interessato dal dissesto

I due sondaggi SG16 e SG13In sono stati attrezzati con due inclinometri che hanno mostrato deformazioni rispettivamente a 8 m e a 13 m dal p.c. .

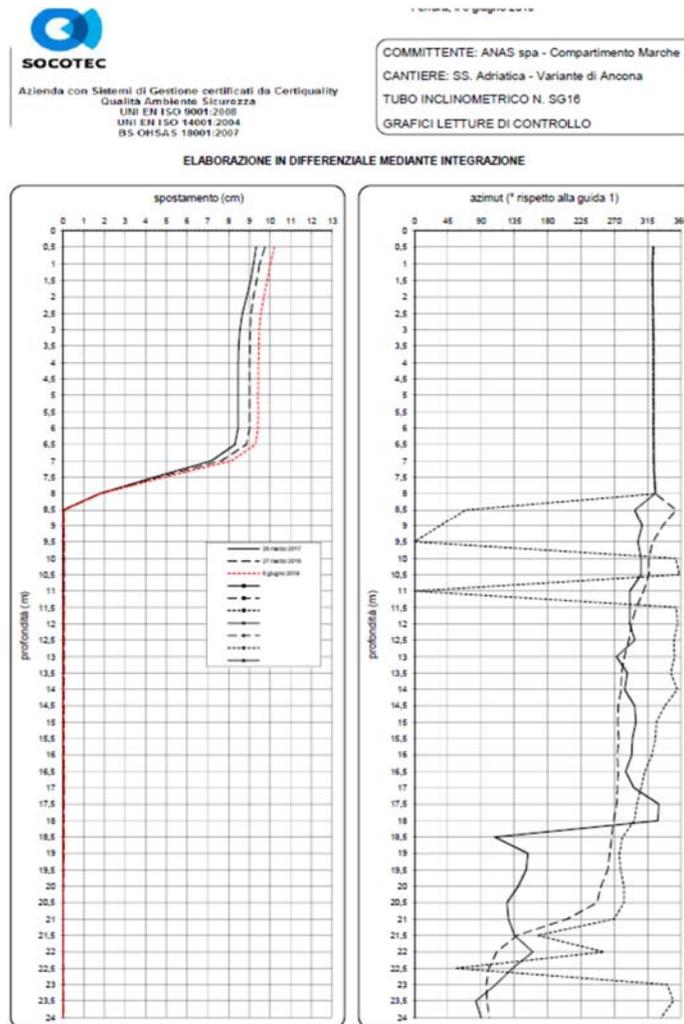


Figura 7-16 - Letture Inclinoetriche Sondaggio SG16

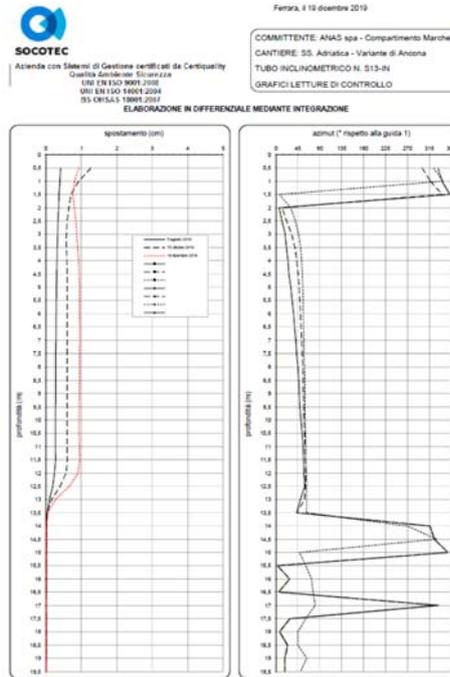


Figura 7-17 - Letture InclinoMetriche Sondaggio S13In

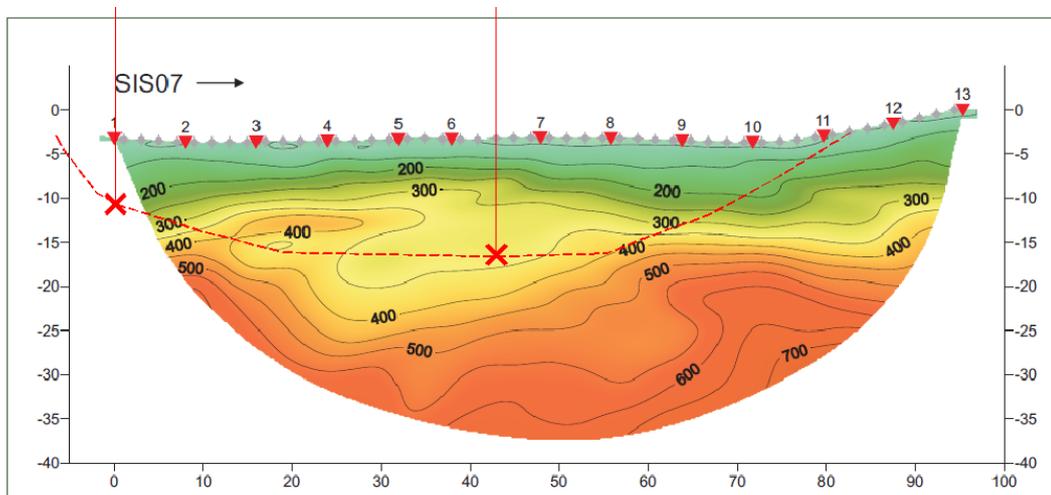


Figura 7-18 - Stendimento sismico SIS07

La sezione stradale di progetto è in scavo e va ad eliminare una parte delle coltri soggette a fenomeni di colata. La geometria del dissesto, in assenza di qualunque tipo di evidenza superficiale, è stata eseguita:

- utilizzando le letture inclinometriche

- tenendo conto del profilo delle onde sismiche degli stendimenti RIFR06L e GN02-RIFR01L, così da fissare l'estensione laterale della frana in corrispondenza dei due stendimenti;
- geometrizzando il corpo franoso anche in base a back analisi geotecniche.

7.1.6 Frana 5: Galleria Orciani – dissesto km 4+420 – 4+480 parte alta rilievo collinare

L'ubicazione del dissesto, che mostra le caratteristiche di un fenomeno di colata colata/scivolamento, è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG12) – vedi stralcio di Figura 7-19.

Il dissesto è stato oggetto di indagine geognostica e geofisica durante la campagna 2011 (sondaggi SG17).

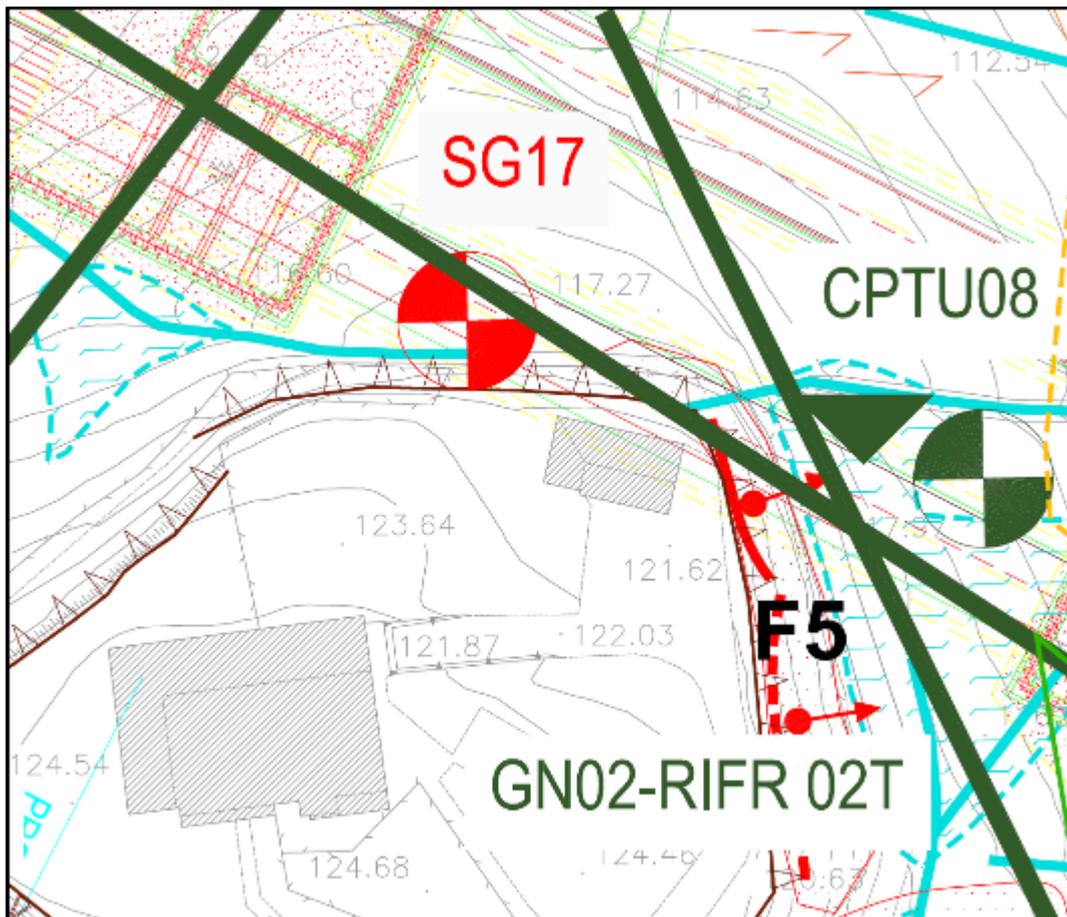


Figura 7-19 - Frana 5: Galleria Orciani – dissesto km 4+420 – 4+480

Le indagini pregresse eseguite sono le seguenti:

- n° 1 sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominato SG17;
- n°2 prove pressiometriche in foro di sondaggio SG17.

Nella campagna 2018 sono stati eseguiti:

- n° 1 Profili sismici a rifrazione (GN02-RIFR 02T- Figura 7-20)
- n° 1 Sondaggio attrezzato con inclinometro (S14-IN)
- n° 1 Prova penetrometrica dinamica con piezocono (CPTU08)

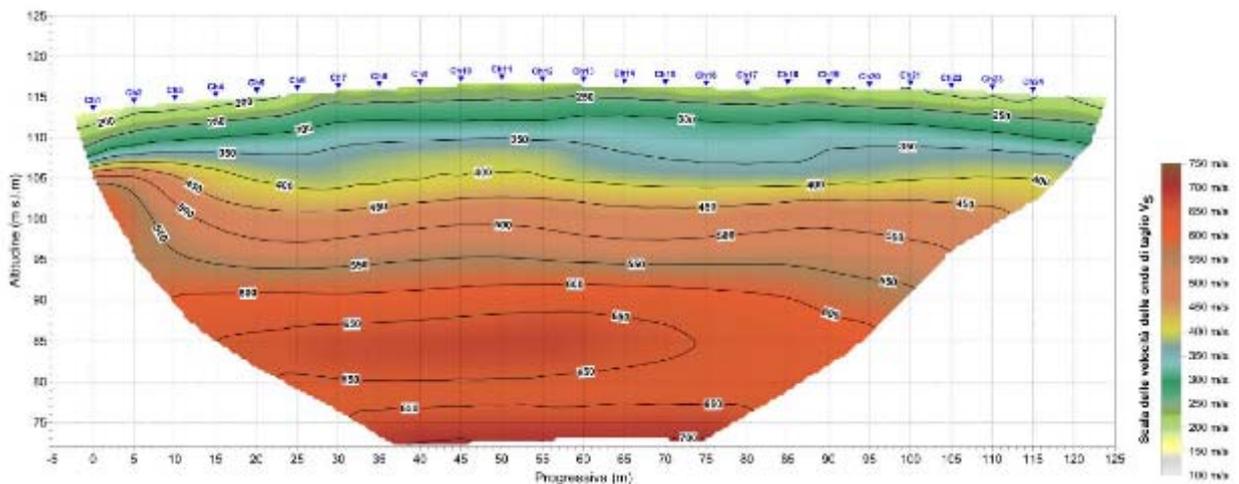


Figura 7-20 - Sezione sismostratigrafica RIFR 02T (anno 2018)

7.1.7 Frana 6: Galleria Orciani Imbocco esistente AN – dissesti km 4+520 – 4+625 lato monte e valle

L'ubicazione dei dissesti, riconducibili a fenomeni di colata o misti colata/scivolamento, è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG11) di cui un semplice stralcio, con foto rappresentative dei luoghi, viene proposto in Figura 7-21.

L'area interessata dal fenomeno più ampio ed evidente rimane a valle dell'attuale SS16, è valutata in circa 1,5 Ha, include anche fenomeni di erosione concentrata in corrispondenza di modesti impluvi temporanei ed interessa il limite superiore della perimetrazione PAI R2 F-13-0178 (P3). Al piede della SS16 e nella porzione di monte sono evidenti ristagni idrici marcati da una fitta vegetazione.

A monte della SS16 si localizzano alcune colate di dimensioni complessivamente più contenute che ricadono nell'angolo nord occidentale della perimetrazione PAI R1 F-13-0194 (P2).

Per maggior dettaglio in Figura 7-22 si riporta il profilo geologico, esteso a monte e a valle del dissesto, ed una ripresa fotografica aerea (Figura 7-23) che consente di visualizzare l'intero versante.

L'ampliamento avviene sul lato di monte dell'asse stradale esistente. Il tratto in artificiale è esteso in modo da intercettare le colate ed è protetto da una doppia paratia di pali di grande diametro.

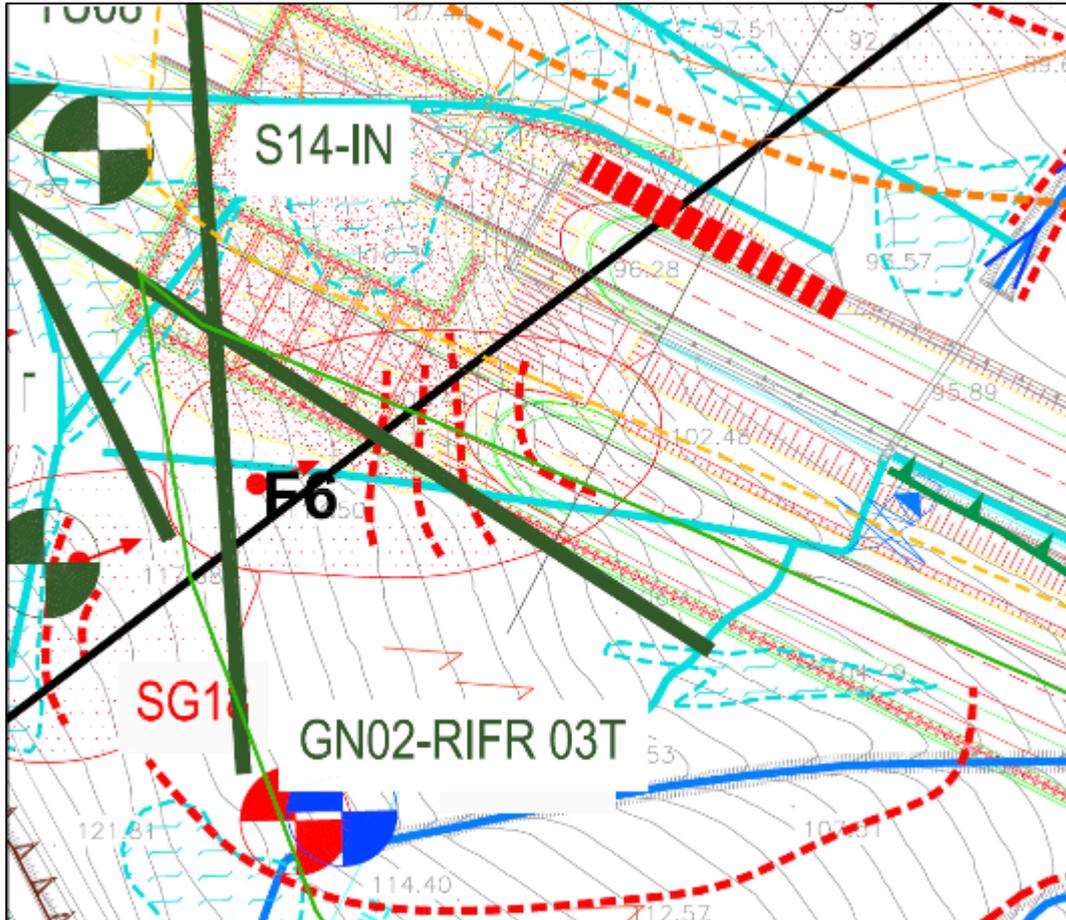


Figura 7-21 - Frana 6: Galleria Orciani Imbocco esistente AN – dissesti km 4+520 – 4+625 lato monte e valle

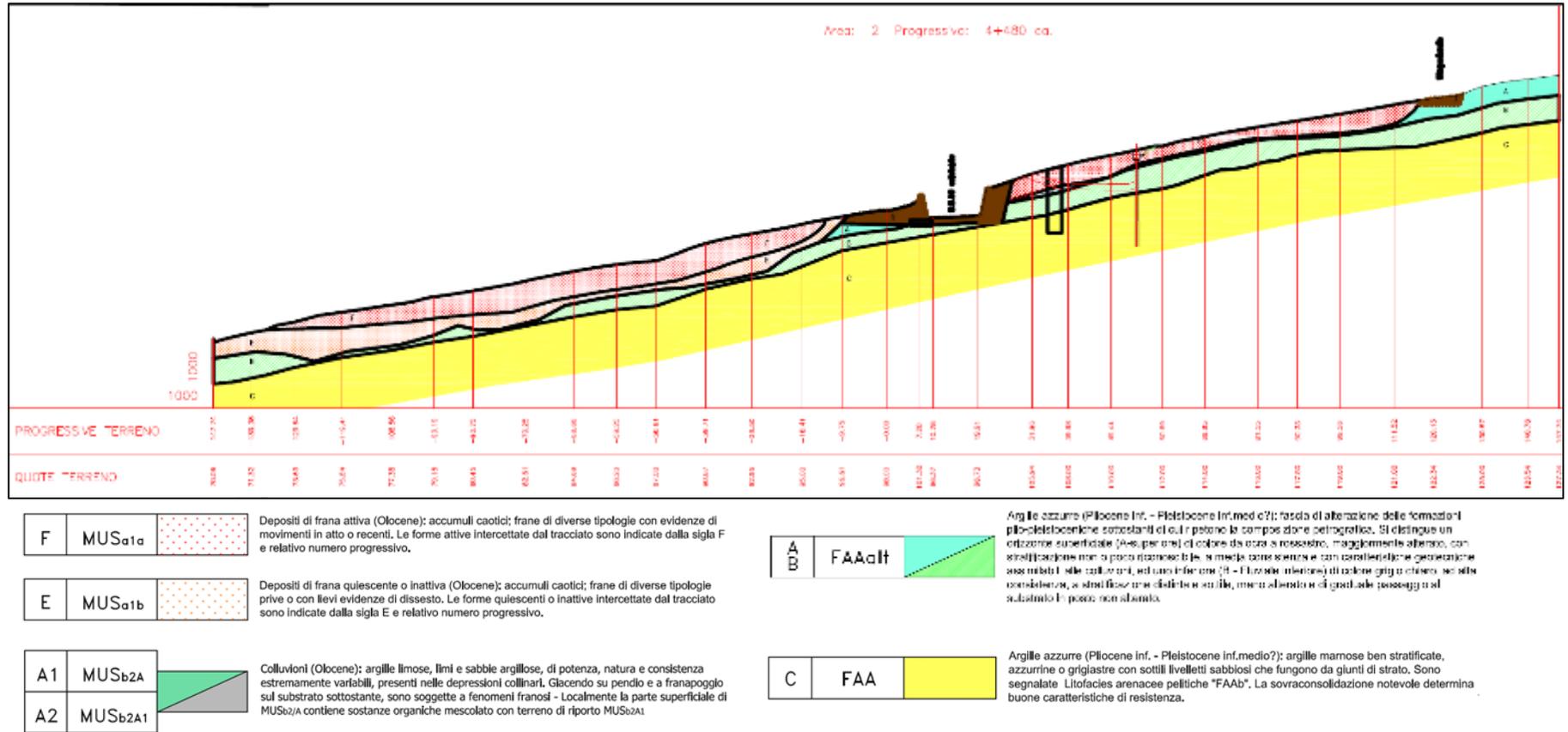


Figura 7-22 - - Frana 6 – Sezione geologica



Figura 7-23 - Frane 5 e 6 – Foto area delle zone in dissesto (anno 2007)



Foto 7.23 Panoramica zona di coronamento della frana, ben riconoscibile al centro foto grazie all'avvallamento e alla presenza di ristagni.



Foto 7.24 Panoramica corpo frana che si sviluppa verso imbocco lato AN della Galleria Orciani.



Foto 7.25 Particolare muro di imbocco Galleria Orciani lesionato dal dissesto in oggetto.



Foto 7.26 Vista frontale imbocco Galleria Orciani lato AN; oltre al muro lesionato di cui alla precedente foto si osserva il manto stradale da poco ripristinato molto probabilmente a causa dell'attività franosa lato valle.



Foto 7.27 Tratto terminale lato AN del settore stradale da poco ripristinato.



Foto 7.28 Esecuzione di sondaggio equipaggiato con tubo inclinometrico nella campagna 2018.

Le indagini pregresse eseguite sono le seguenti:

- n° 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominati SG18, SG18bis;
- prelievo campioni indisturbati tramite campionatore a pressione "a parete sottile di tipo aperto" (Shelby) e rotazione tipo Mazier, inviati al laboratorio per prove geotecniche;
- predisposizione di n°1 fori di sondaggio per misure inclinometriche (SG18) e prima serie di monitoraggi;
- predisposizione di n°1 foro di sondaggio per misure piezometriche (SG18bis); e prima serie di monitoraggi;
- esecuzione di n°3 basi sismiche a rifrazione in onde "P" ed "S", della lunghezza di 96 m (SIS08, SIS8bis e SIS09).
- monitoraggio su base annuale del livello idrico misurato in corrispondenza del piezometro (SG18bis), nonché monitoraggio inclinometrico per il tubo SG18

Nella campagna 2018 sono stati eseguiti:

- n° 2 Profili sismici a rifrazione (GN02-RIFR 01L; GN02-RIFR03T - Figura 7-24-Figura 7-25)
- n° 4 Sondaggi attrezzati con inclinometro e piezometro (S14-IN; S15-IN; S15-PZ; S15bis-IN)

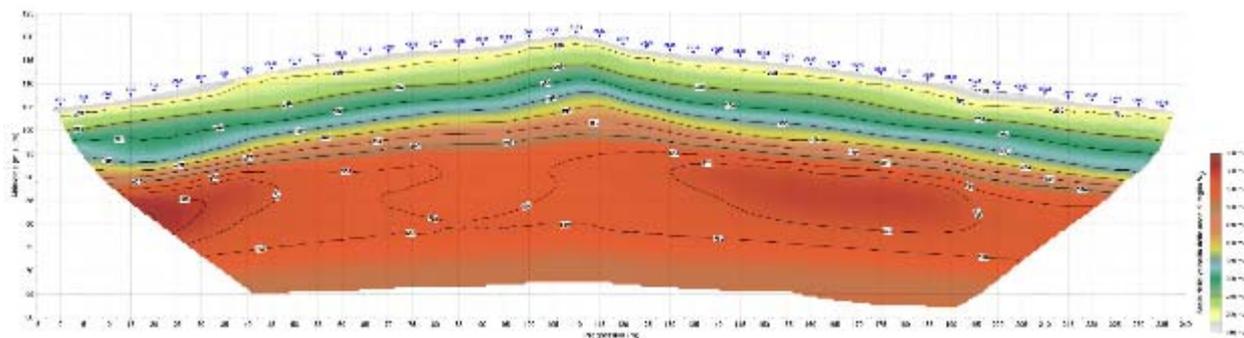


Figura 7-24 - Sezione sismostratigrafica RIFR 01L (anno 2018)

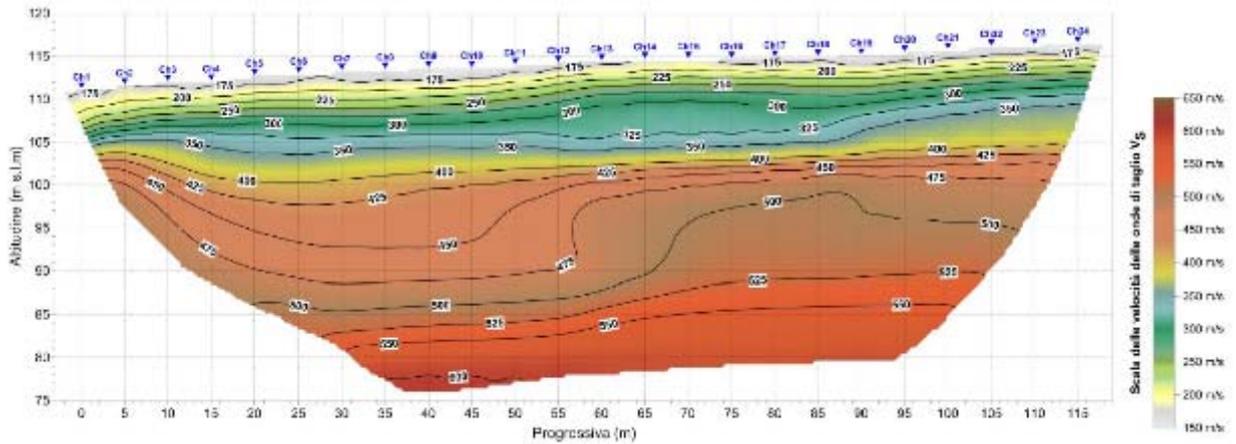


Figura 7-25 - Sezione sismostratigrafica RIFR 03T (anno 2018)

Le risultanze delle indagini sono ben rappresentate dalle traverse sismiche SIS08bis e SIS 09 che, in coerenza con i sondaggi, mostrano una modesta profondità del substrato alterato su cui poggiano coltri colluviali fortemente alterate e detensionate. Gli spessori dei sismostrati più lenti attribuibili alle coltri sono nell'ordine di 2 - 4 m. I riscontri inclinometrici sul tubo SG18 del periodo 2011 - 2012 mostrano una deformazione spinta sino a circa 4 m da p.c. in ottima coerenza con la stratigrafia del sondaggio, che alla medesima profondità colloca il tetto del substrato, e con i minori valori di velocità delle onde sismiche (Figura 7-26).

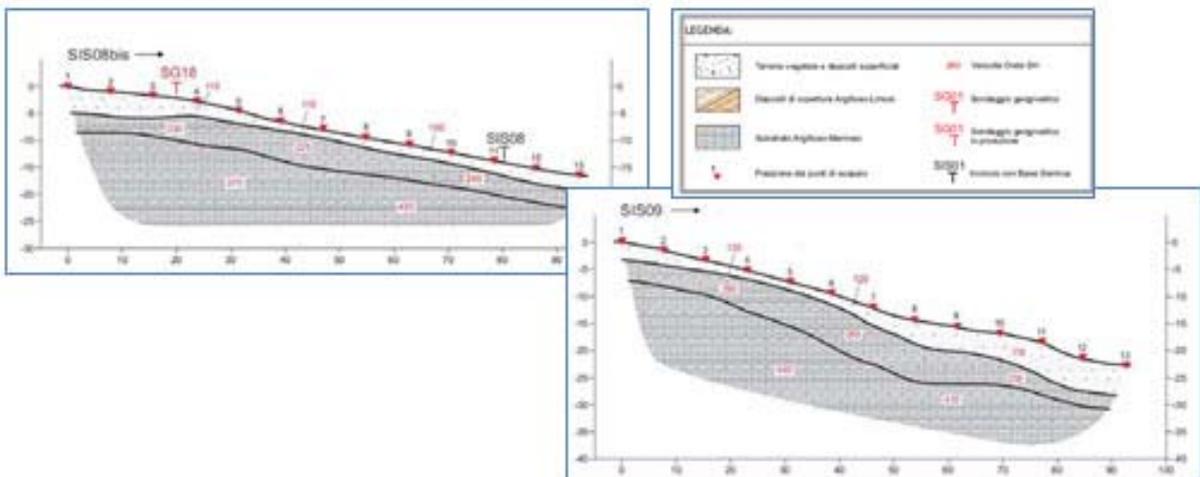


Figura 7-26- Sezioni sismostratigrafiche stendimenti SIS08bis (a monte SS16) e SIS09 (a valle SS16)

Il sopralluogo condotto a settembre 2018 ha permesso di osservare una maggiore apertura delle fessure rilevate in corrispondenza del muro posto in fregio, lato valle, all'imbocco della galleria, al piede del quale permangono ristagni idrici e fenomeni di erosione concentrata.

Sul lato di monte della SS16 non si osservano evidenti lesioni o fenomeni fessurativi a carico delle opere di sostegno e della carreggiata stradale, in coerenza con il fatto che le colate e le deformazioni cartografate rimangono confinate a monte dell'attuale SS16. Condizioni di ristagno idrico diffuso a seguito degli eventi meteorici, che permangono data la presenza di terreni argillosi di bassa permeabilità, sono state riscontrate al piede della strada sterrata posta a monte. Esse perimetrano con precisione la sommità delle aree in dissesto e di cui evidentemente costituiscono una delle principali cause d'innescio.

La più recente misura inclinometrica (2017) evidenzia la rottura del tubo SG18 attorno alla profondità di 2,5 m.

Nel tratto in questione l'ampliamento a 4 corsie della SS16 avviene sul lato di monte dell'asse stradale esistente. In tale contesto il tratto in galleria artificiale, protetto da una doppia paratia di pali, è stato esteso in maniera tale da intercettare le colate al fine di stabilizzare la zona a monte, mentre nei tratti successivi gli scavi sono protetti da una paratia di pali di grande diametro.

7.1.8 Frana 7: Dissesti km 4+900 – 4+950 lato monte

L'ubicazione dei dissesti, ricadenti lungo il margine settentrionale della perimetrazione PAI R1-F13-0194 (P2) è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG12) di cui si riporta stralcio in Figura 7-27.

Si tratta di fenomeni di soliflusso e di tre piccole colate superficiali di ridotta estensione poste a monte della SS16 esistente. La colata più a valle darà asportata in sede di allargamento della carreggiata, le altre due restano a monte del futuro sedime stradale senza interferire con lo stesso.

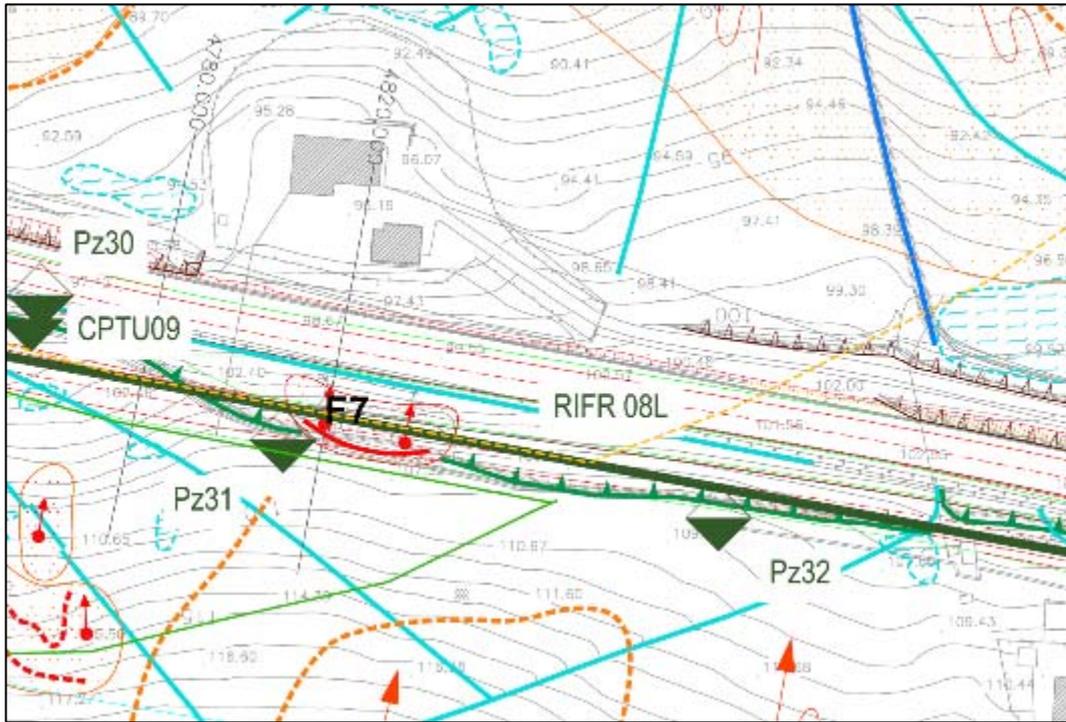


Figura 7-27 - Dissesto F7 fra i km 4+900 – 4+950 lato monte



Foto 7.29 Panoramica versante interessato dai dissesti in oggetto.



Foto 7.30 Particolare elementi di sostegno, costituiti da muro in c.a. e sovrastanti gabbioni, presenti al piede del dissesto F7.

Nella campagna 2018 sono stati eseguiti:

- n° 1 Profili sismici a rifrazione (RIFR 08L-Figura 7-28)
- n° 1 pozzetto esplorativo (PZ31)
- n° 1 Prova penetrometrica dinamica con piezocono (CPTU09)

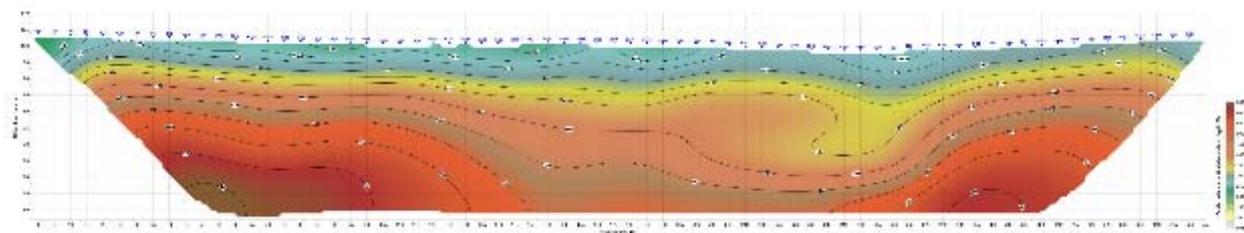


Figura 7-28 - Sezione sismostratigrafica RIFR 08L (anno 2018)

7.1.9 Frana 8 e riattivazione frana quiescente E7: Nuovo Cavalcavia CV03 e viabilità di innesto – dissesto km 5+400 – 5+500 lato monte

L'ubicazione del dissesto, riconducibile a fenomeni di soliflusso e colata superficiale esterni a perimetrazioni PAI, è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG13) di cui un semplice stralcio con foto dei luoghi viene proposto in Figura 7-29.

Nella Figura 7-30 si riporta un esteso profilo geologico ed una ripresa fotografica aerea (Figura 7-31) che consente di visualizzare l'intero versante.

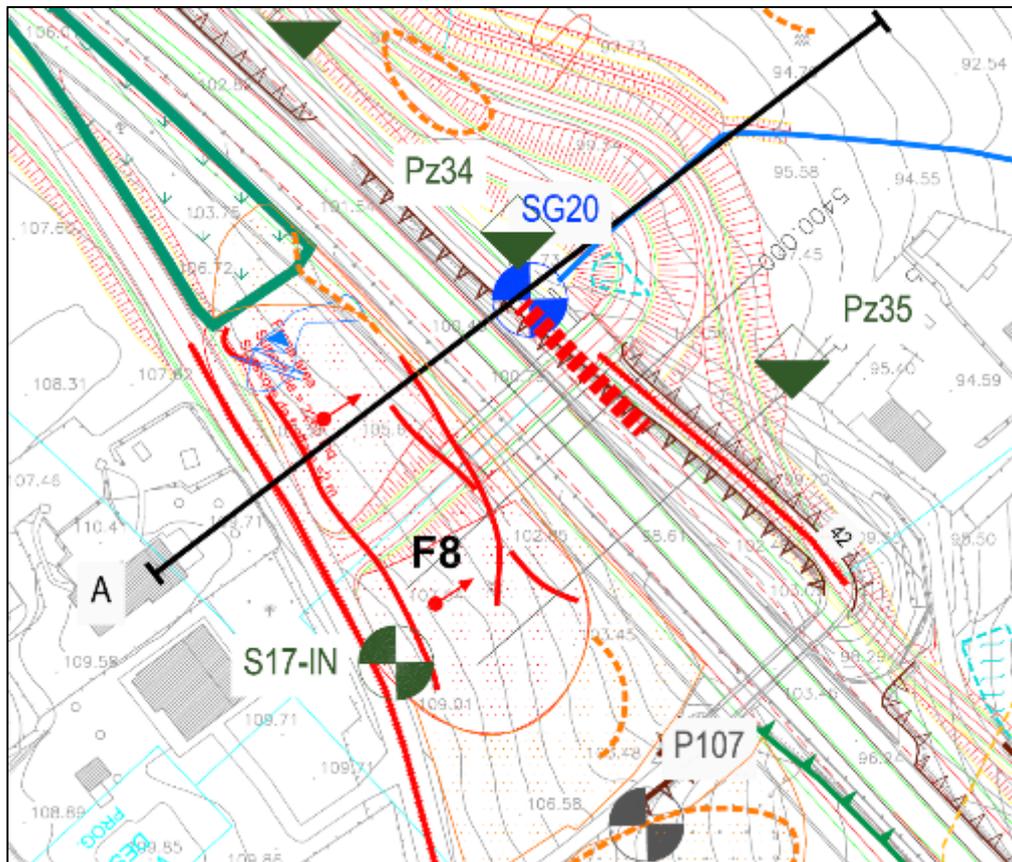


Figura 7-29 - Frana 8 e riattivazione frana quiescente E7 -km 5+400 – 5+500 lato monte.

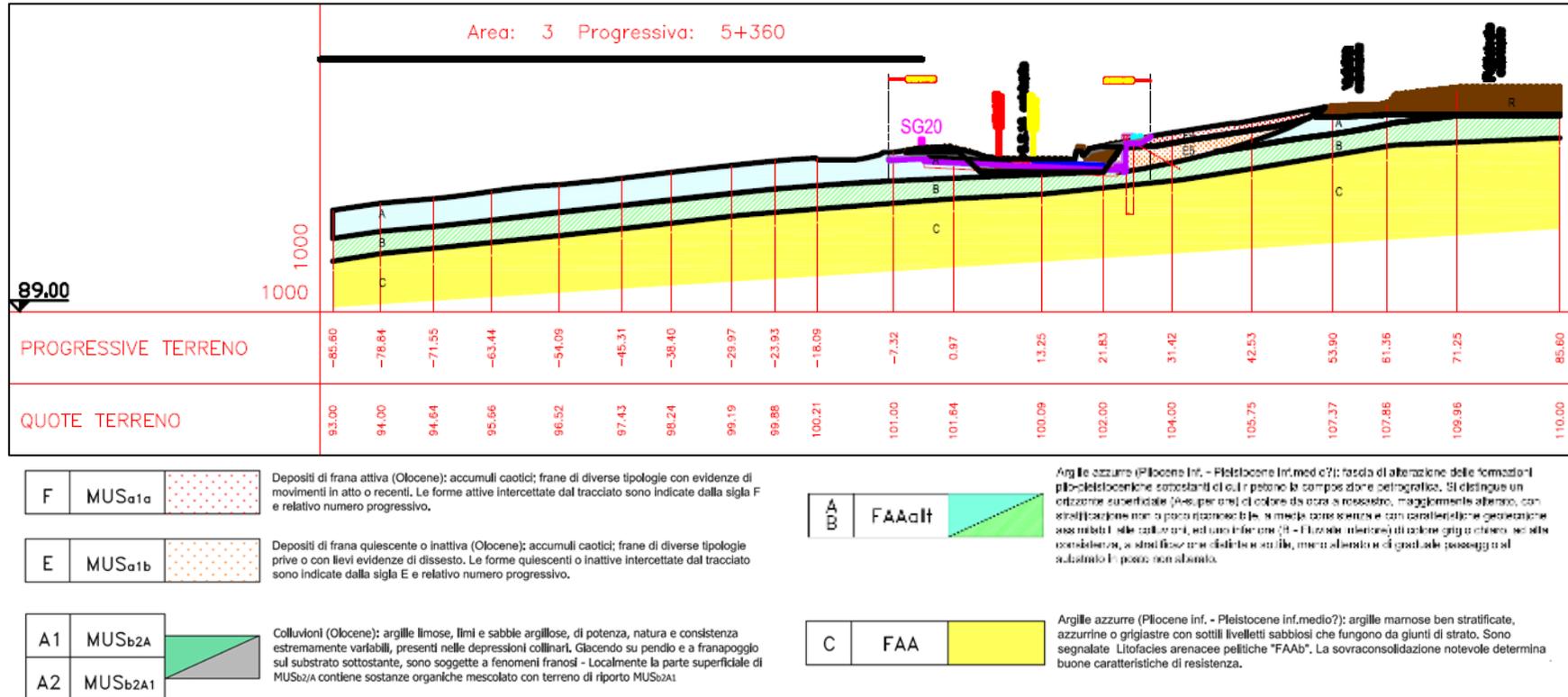


Figura 7-30 - Frana 8 – Sezione geologica



Figura 7-31 - Frane attiva F8 e quiescente E7 – Foto area delle zone in dissesto (anno 2007)



Foto 7.31 Deformazione delle strutture di contenimento poste alla base del dissesto in oggetto.

L'area interessata è di circa 1200 -1500 mq e ricade in corrispondenza della rampa d'innesto di un nuovo cavalcavia che sostituisce altre due opere analoghe oggi esistenti; lambisce inoltre il piede della futura carreggiata della SS16 rimanendo a monte dell'attuale sedime stradale.

Le indagini pregresse eseguite risultano:

- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato con sigla SG20;
- prelievo campioni indisturbati tramite campionatore a pressione "a parete sottile di tipo aperto" (Shelby) e rotazione tipo Mazier, inviati al laboratorio per prove geotecniche;
- predisposizione di n°1 foro di sondaggio per misure piezometriche (SG20); e prima serie di monitoraggi;
- esecuzione di n°1 prova penetrometrica statica (CPT20);
- esecuzione di n°1 base sismica a rifrazione in onde "P" e "S", della lunghezza di 96 m (SIS10).
- monitoraggio su base annuale del livello idrico misurato in corrispondenza del piezometro (SG20).

Nella campagna 2018 sono stati eseguiti:

- n° 1 Sondaggio attrezzato con inclinometro (S17-IN)

Evidenti sono le deformazioni a carico della Strada del Barcaglione, posta a monte della S.S.16 (Figura 7-29) ed al limite dell'area in dissesto. Le deformazioni rilevate nel 2011 lungo il sedime stradale sono state osservate ancora, in maniera moderatamente più estesa, nel 2017. Per contro non sono state riscontrate lesioni e deformazioni a carico della sottostante SS16 che infatti rimane ad una certa distanza. Le risultanze delle indagini sono ben rappresentate dalla traversa sismica SIS10, posizionata lungo l'asse maggiore della superficie in dissesto, che rileva una modesta profondità del substrato alterato. Gli spessori potenzialmente coinvolti dai fenomeni deformativi sono nell'ordine di 2 m circa. Tali valori sono confermati da considerazioni puramente geometriche effettuate in base alle dimensioni in pianta del fenomeno.

In posizione immediatamente retrostante rispetto alla strada del Barcaglione sono presenti delle abitazioni che non evidenziano lesioni strutturali e quadri fessurativi ricollegabili con il movimento gravitativo di valle; un elemento che contribuisce a rendere precaria l'area instabile è da attribuire alla cattiva regimentazione delle acque superficiali della strada che veicola tali acque in corrispondenza dell'area dissestata.

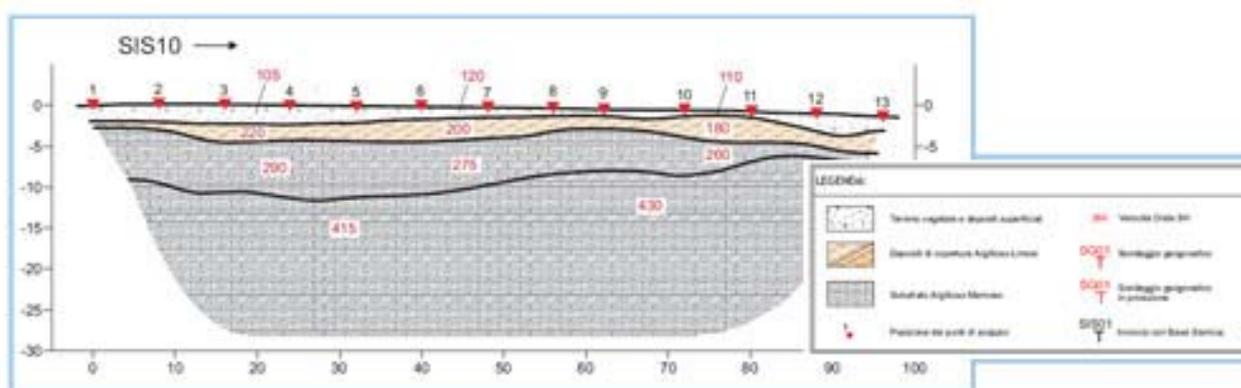


Figura 7-32 - Sezione sismostratigrafica per lo stendimento SIS10 (a monte SS16)

Sul lato di monte a contenimento degli scavi è prevista una paratia tirantata di pali di grande diametro con bonifica del terreno in sito per uno spessore non inferiore a 2 metri della fascia compresa tra la Strada Barcaglione e la SS16.

7.1.10 Frana 9: Dissesto km 6+050- 6+250 lato monte

L'ubicazione dei dissesti, che non sono inclusi in perimetrazioni PAI, è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG13) di cui semplice stralcio viene proposto in Figura 7-33.

Trattasi di piccole colate superficiali poste a monte del tracciato ed alimentate da scarsa regimentazione delle acque superficiali dove si osservano molteplici condizioni di ruscellamento diffuso. Un ampio intervento di stabilizzazione del versante mediante sistemazione

agroforestale e interventi di ingegneria naturalistica ha consentito la bonifica di ampi settori, tanto che le colate attualmente si rinvergono immediatamente valle dell'area risanata.

Essendo la carreggiata di progetto in scavo si ritiene che tali corpi instabili saranno completamente asportati durante i lavori di ampliamento della sede stradale.

La protezione del tratto nella fase di scavo verrà realizzata mediante la costruzione di una paratia di pali di grande diametro.

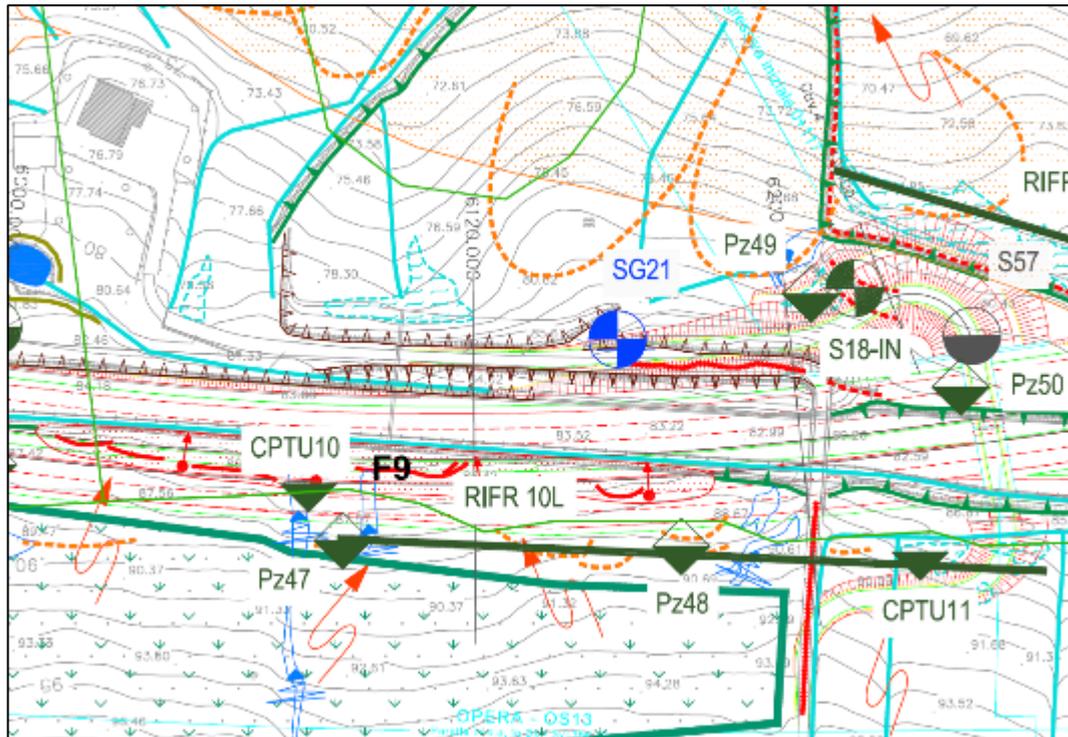


Figura 7-33 - Frana 9: km 6+050 – 6+250 lato monte



Foto 7.32 Vista di insieme dal basso (in corrispondenza SS16) del dissesto F9; l'area, coltivata e bonificata mediante interventi di ingegneria naturalistica, è intersecata da solchi di ruscellamento ortogonali all'asse stradale.



Foto 7.33 Particolare porzione basale di un solchi di ruscellamento; la zona mostra ristagni idrici.

Nella campagna 2018 sono stati eseguiti:

- n° 1 Profili sismici a rifrazione (RIFR 10L – Figura 7-34)
- n° 3 pozzetto esplorativo (PZ46-PZ47-PZ48)
- n° 1 Prova penetrometrica dinamica con piezocono (CPTU10)

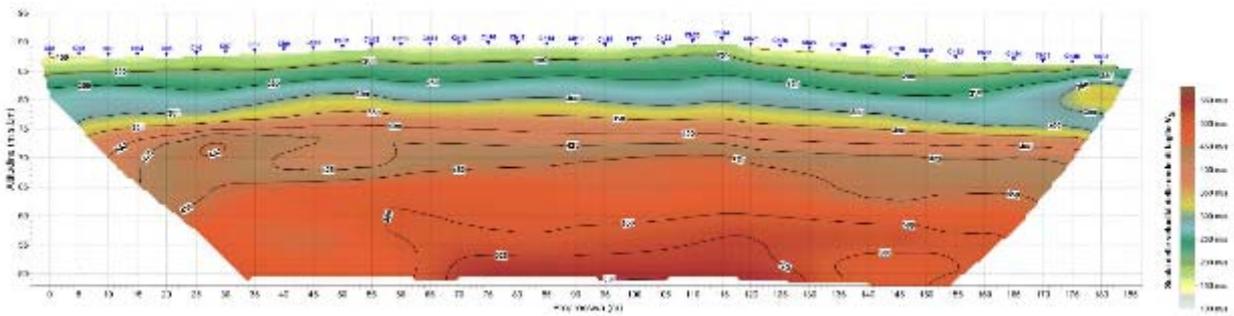


Figura 7-34 - - Sezione sismostratigrafica RIFR 10L (anno 2018)

7.1.11 Frana F 10 e frana quiescente E8 con locali riattivazioni: Viadotto Taglio - Svincolo Torrette (pressi) km 6+400 – 6+530 lato valle

L'ubicazione dei dissesti è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG14) - Figura 7-35.

L'area interessata si aggira intorno a 1200 m -1500 mq. Trattasi di evidenti fenomeni di erosione diffusa e concentrata che recapitano le acque di scorrimento superficiale all'interno di un invaso artificiale posto a mezza costa e a quota inferiore rispetto alla infrastruttura viaria e in particolare al viadotto Taglio I.

Nell'area circostante l'invaso artificiale nei periodi in cui la vegetazione è bassa si osservano fessure di richiamo sul terreno. Questo settore risulta esterno alle perimetrazioni PAI.

Le indagini pregresse eseguite sono le seguenti:

- -n° 3 sondaggi a carotaggio continuo, denominati con sigla SG22, SG23, SG24;
- -prelievo campioni indisturbati tramite campionatore a pressione "a parete sottile di tipo aperto" (Shelby) e rotazione tipo Mazier, inviati al laboratorio per prove geotecniche;
- -predisposizione di n°2 fori di sondaggi per misure piezometriche (SG22 e SG24); e prima serie di monitoraggi;
- -predisposizione di n° 1 foro di sondaggio per misure inclinometriche (SG23)
- -esecuzione di n°1 basi sismiche a rifrazione in onde "P" ed "S", della lunghezza di 96 m (SIS21).
- -monitoraggio su base annuale del livello idrico misurato in corrispondenza dei piezometri (SG22 e SG24), nonché monitoraggio inclinometrico del tubo SG23.

Nella Figura 7-36 si riporta un esteso profilo geologico ed una ripresa fotografica aerea (Figura 7-37) che consente di visualizzare l'intero versante.

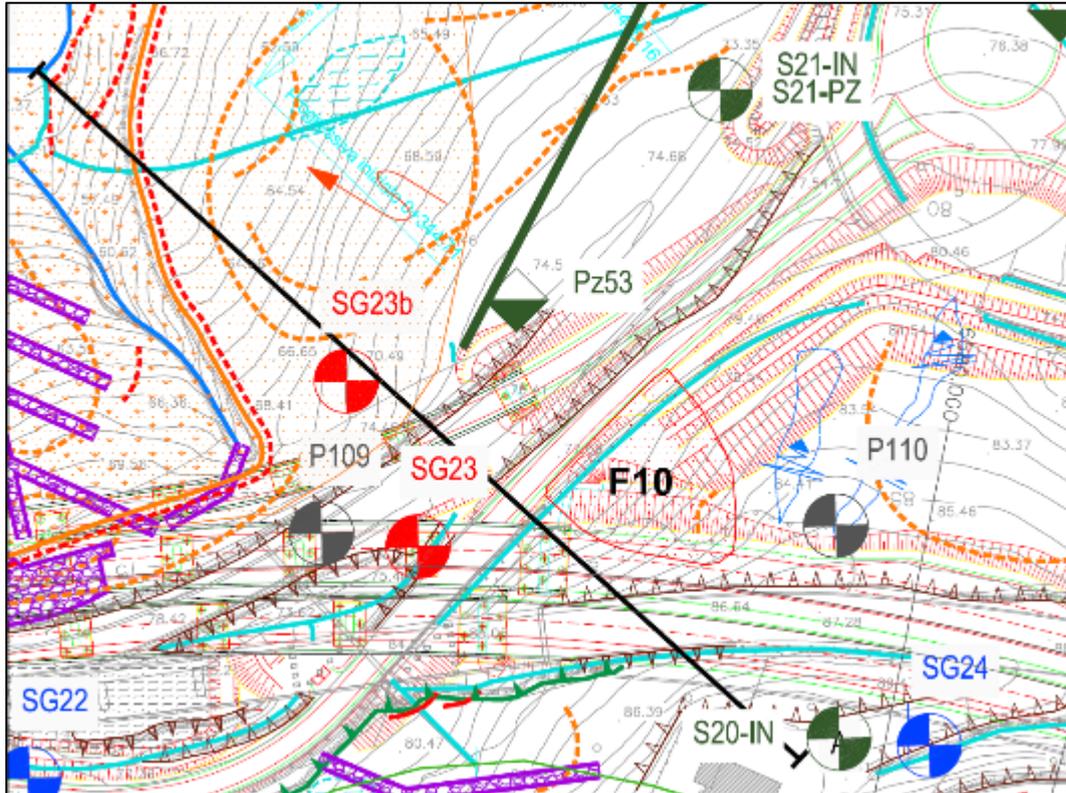


Figura 7-35 - Frana 10 e frana quiescente E8 con locali riattivazioni: Viadotto Taglio Svincolo Torrette (pressi) km 6+400 – 6+530 lato valle

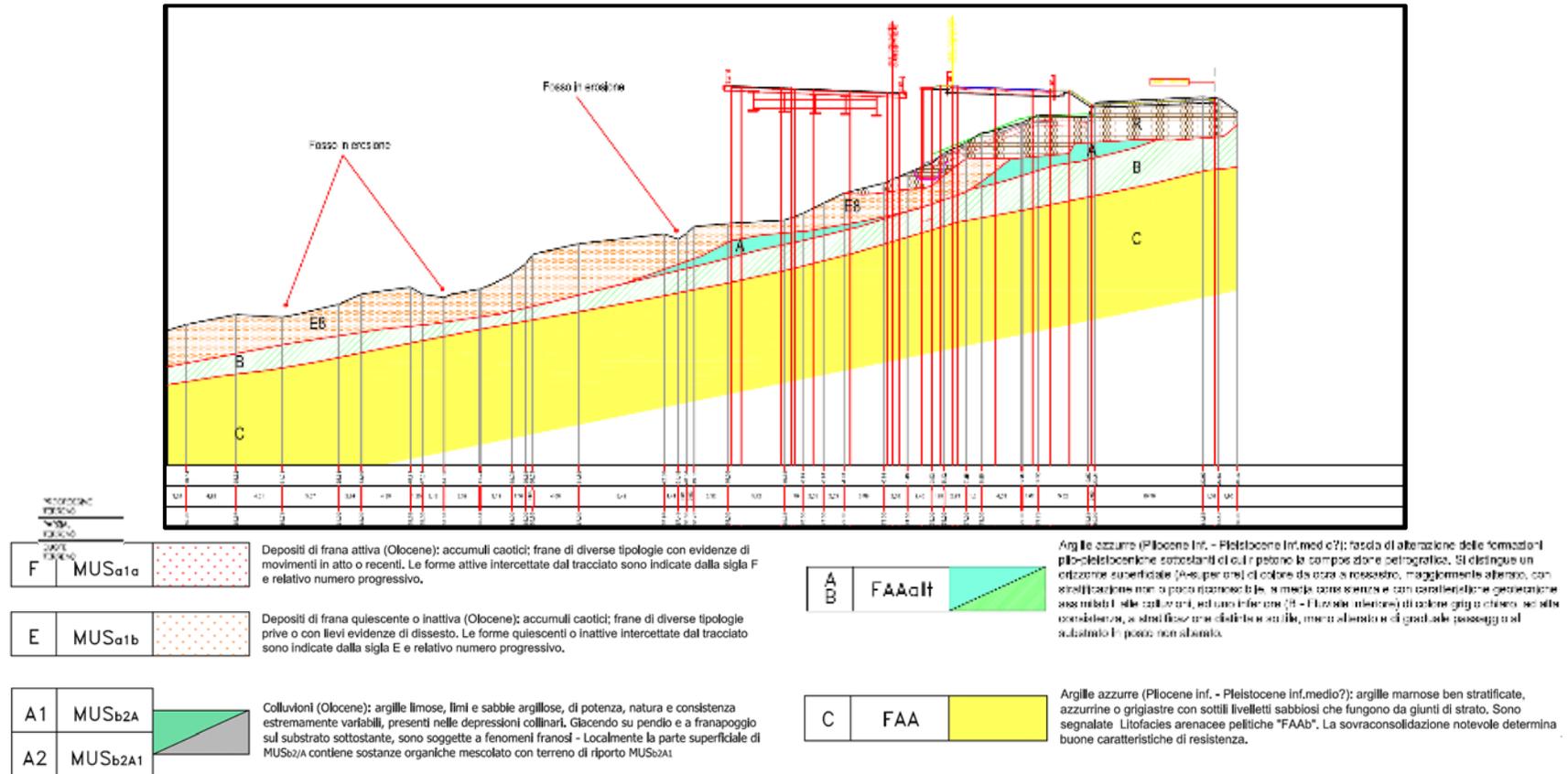


Figura 7-36 - Frana quiescente E8 – Sezione geologica



Figura 7-37 - Frane attiva F10 e quiescente E8 – Foto area delle zone in dissesto (anno 2007)

MANDATARIA



MANDANTE



Nella campagna 2018 sono stati eseguiti:

- n° 2 Sondaggi attrezzati con inclinometro (S19-IN; S19-PZ; S20-IN)
- n° 1 pozzetto esplorativo (PZ53)
- n° 1 Profili sismici a rifrazione (RIFR 11L-B – Figura 7-38)

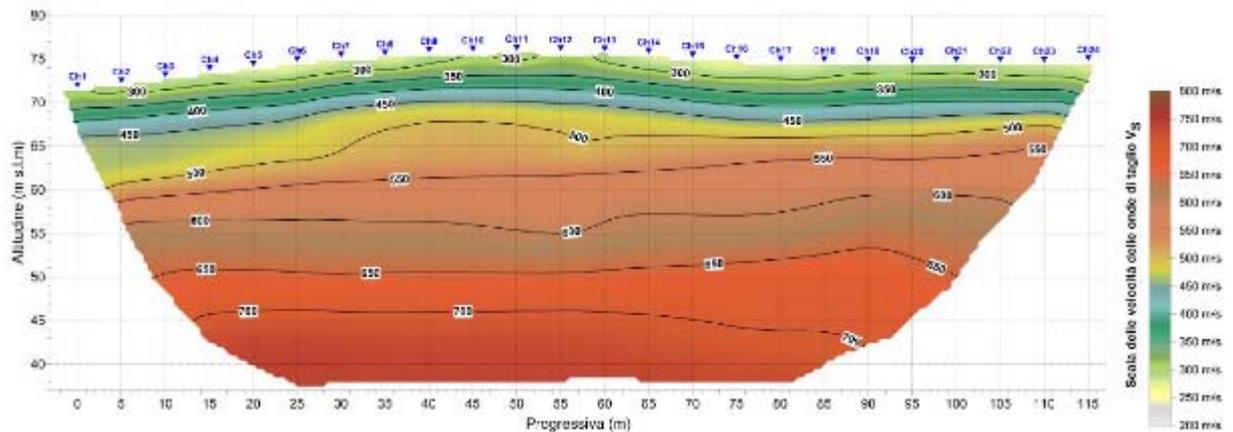


Figura 7-38 - Sezione sismostratigrafica RIFR 11L (anno 2018)



Foto 7.34 Vista di insieme del settore interessato da diffusi fenomeni erosivi e gravitativi quiescenti (E8) posto a valle della SS16.



Foto 7.35 Particolare traslazione muro di contenimento SS16 in corrispondenza del piede della Frana F10.



Foto 7.36 Flussi idrici provenienti dal terreno situato a monte della SS16 in corrispondenza del dissesto in oggetto.



Foto 7.37 Vista dalla basso dell'area interessata dal dissesto F10.



Foto 7.38 Muro posizionato al piede della frana F10.

L'area è stata oggetto in passato di fenomeni deformativi attualmente in condizioni di stabilità a seguito della realizzazione delle trincee drenanti (riportate in colore viola nella Figura 7-35) e in corrispondenza delle rampe di svincolo di pali di grande diametro a sostegno degli scavi. Diffuse condizioni di ristagno idrico permangono comunque a valle della SS16, immediatamente a ovest delle trincee drenanti.

Le risultanze delle indagini sono ben rappresentate dalla traversa sismica SIS21, che mostra una modesta profondità del substrato alterato; lo spessore interessato dal rifrattore più lento è nell'ordine di 1-2 m.

Tali valori sono confermati dalle indagini dirette; infatti il sondaggio SG23 riporta il substrato alla profondità di circa 2 m da p.c. Il monitoraggio sullo stesso inclinometro condotto nell'arco della campagna di misure 2011-2012 è ben coerente con la stratigrafia e con l'indagine geofisica evidenziando deformazioni superficiali concentrate nei primi 3 m da p.c.

Nel corso dei sopralluoghi del 2011-2012 e del 2018 non sono state riscontrate lesioni o evidenti quadri fessurativi a carico della SS16 in questo tratto.

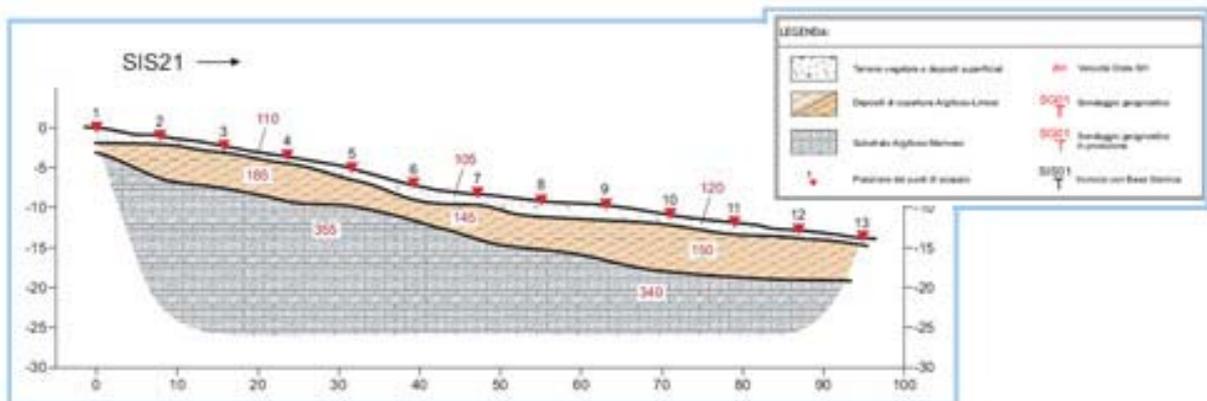


Figura 7-39 - - Sezione sismostratigrafica per lo stendimento SIS21 (a valle SS16)

7.1.12 Altre aree in dissesto attivo

Rampe di approccio ai cavalcavia 34 e 35

Nel corso dei sopralluoghi condotti nel 2018 sono state osservate lesioni longitudinali a carico dei rilevati che costituiscono le rampe di approccio di alcuni cavalcavia che scavalcano la SS16 lungo il tratto in progetto. Tali fenomeni risultano particolarmente evidenti in corrispondenza dei cavalcavia 34 (circa pk 1+800) e 35 (circa pk 2+200) di più recente realizzazione.

L'ubicazione dei dissesti è riportata nella carta geomorfologica (elab. T00-GE00-GEO-CG09) di cui si riportano stralci planimetrici nelle Figura 7-40 e Figura 7-41.

Monitorati da Anas anche mediante inclinometri (non facenti parte del presente appalto) dalle informazioni fornite sono imputabili a cedimenti del corpo del rilevato, realizzato con materiale argilloso trattato a calce, e/o ad uno scivolamento del corpo del rilevato in corrispondenza o prossimità del relativo piano di posa. Tali elementi sottolineano da un lato la necessità di operare un'adeguata stabilizzazione a calce dei materiali argillosi qualora se ne preveda il reimpiego e dall'altro di prevedere una corretta preparazione dei piani di posa asportando la coltre colluviale e parte dei terreni plio-pleistocenici argillosi costituenti il basamento ammalorato.; la costituzione del piano di posa dei rilevati è di primaria importanza, come la realizzazione di opere in grado di drenare eventuali acque di infiltrazione, circolanti in profondità, inoltre buona norma realizzare, se necessario, delle gradonature per la costituzione del piano d'appoggio. Particolare cura deve essere inoltre posta nell'individuare ed eliminare eventuali fenomeni di ristagno/accumulo idrico.

Nelle campagna geognostiche precedenti sono stati eseguiti:

- n° 2 Sondaggi per il cavalcavia 34 (S1-S2)
- n° 2 Sondaggi per il cavalcavia 35 (S3-S4)

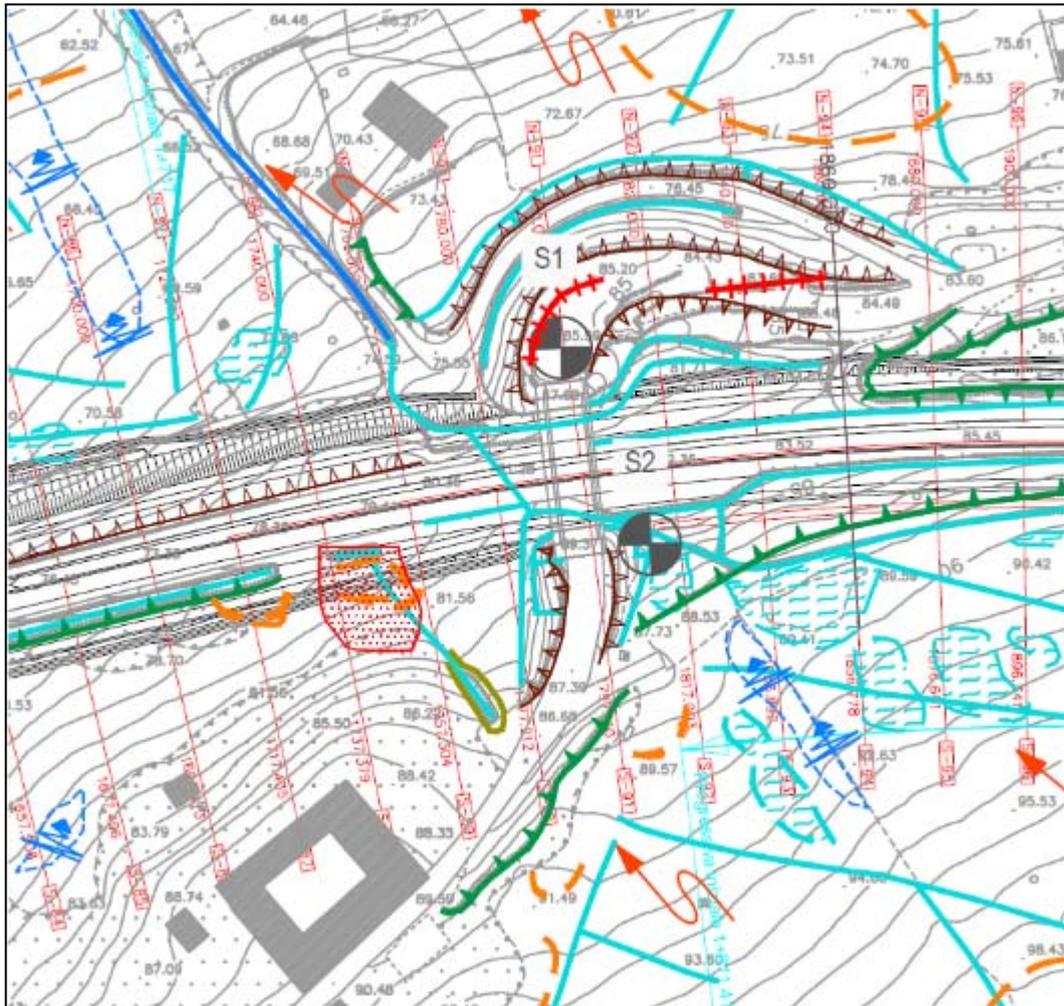


Figura 7-40 - Rampa di accesso al cavalcavia 34 interessata da Lesioni sub-circolari e deformazioni.

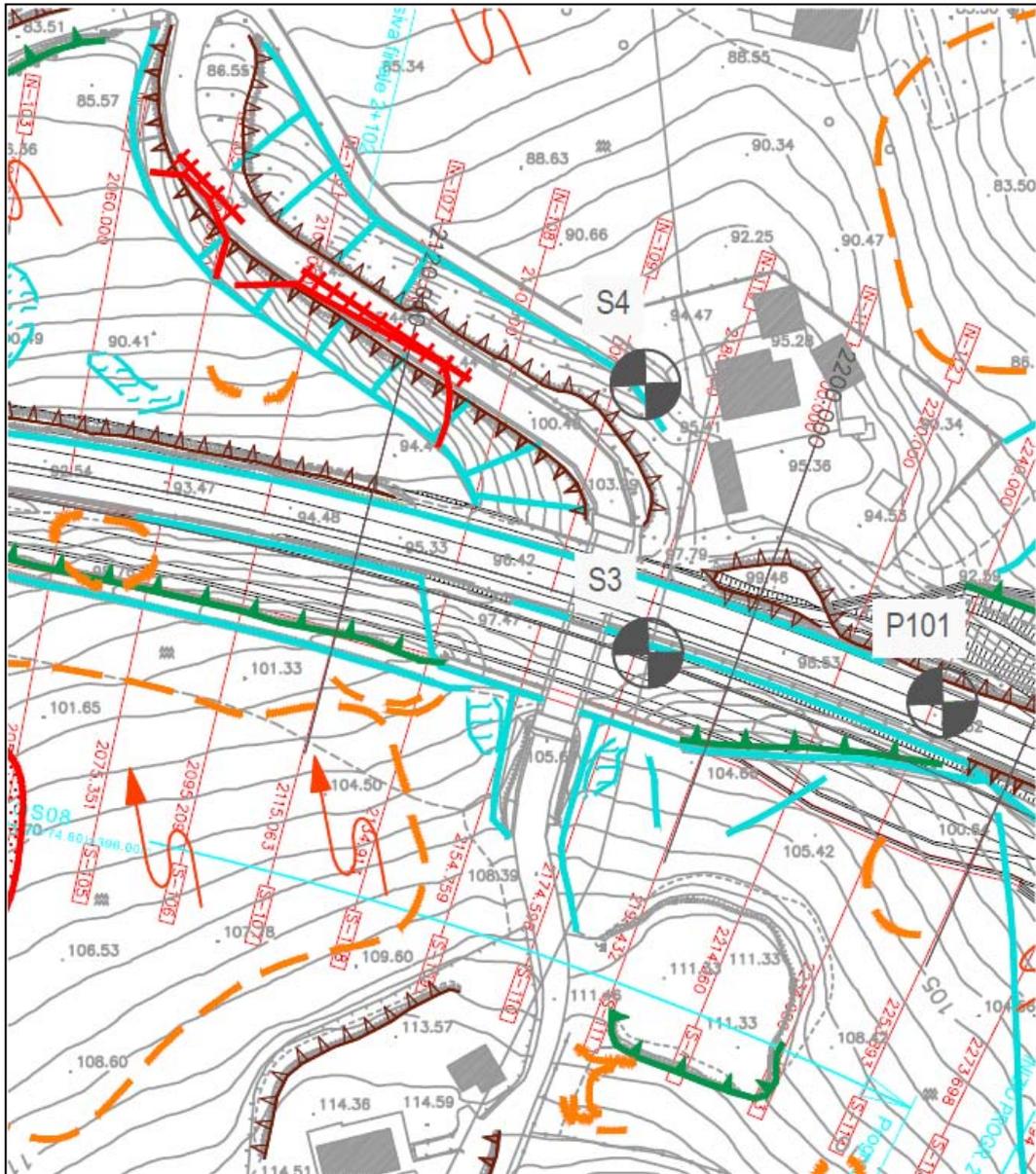


Figura 7-41 - Rampa di accesso al cavalcavia 35 interessata da Lesioni sub-circolari e deformazioni.



Foto 7.39 Lesioni sub-circolari e deformazioni che hanno interessato la rampa di accesso al cavalcavia 34.



Foto 7.40 Lesioni sub-circolari e deformazioni che hanno interessato la rampa di accesso al cavalcavia 35.

Prima di esporre le risultanze del monitoraggio inclinometrico si ritiene opportuno fornire alcune precisazioni sulle modalità di acquisizione delle letture

Nel campo del monitoraggio geotecnico l'utilizzo della strumentazione inclinometrica per la misura di movimenti orizzontali nei terreni rappresenta un sistema consolidato e diffuso che fornisce elevata precisione ed affidabilità relativamente alla profondità, direzione e velocità di movimento di una massa instabile.

L'inclinometro è costituito da una tubazione deformabile (solitamente in alluminio o ABS, mentre sono da evitare vetroresina e PVC) costituita da spezzoni manicottati inseriti in un foro di sondaggio e resi solidali al terreno mediante cementazione. Nel caso specifico si sono utilizzati tubi in alluminio. La protezione in testa è assicurata mediante pozzetto metallico sporgente di almeno 50 cm. Nel caso specifico si sono utilizzati pozzetti verniciati di rosso contrassegnati dal numero dello strumento (ad es SG1) ed evidenziati da una palina. I proprietari dei terreni in cui ricadono gli strumenti sono stati sensibilizzati e, infatti, dopo 6 anni praticamente quasi tutti gli inclinometri sono ancora pienamente operativi.

Per quanto attiene la modalità di acquisizione della lettura una sonda inclinometrica munita di carrello con rotelle, collegata tramite cavo inestensibile ad una centralina di acquisizione, viene calata nell'inclinometro. La misura, elaborata e restituita tramite appositi software, fornisce lo scostamento della misura effettuata, definita di esercizio, rispetto alla prima misura di riferimento o misura di zero.

I tubi inclinometrici sono dotati di 4 guide la cui numerazione è definita per convenzione. (Figura 7-42) Una guida viene presa a riferimento e contrassegnata in maniera indelebile; denominata A1 solitamente si tratta di quella disposta a nord (o più prossima al nord). La misura può essere effettuata su 2 guide o 4 guide. Diverse raccomandazioni prevedono che la misura di zero sia effettuata su 4 guide; le misure successive sono raccomandate su 4 guide ma possono essere svolte anche su 2. Nel caso specifico la misura di zero del 2011-2012 è stata condotta su 4 guide e le misure di esercizio successive su 2 guide; la guida di riferimento è sempre quella a nord. La misura del 2017 è stata condotta su 2 guide e prende come riferimento la guida diretta verso valle. In entrambi i casi si adotta un passo di lettura di 0,5 m.l

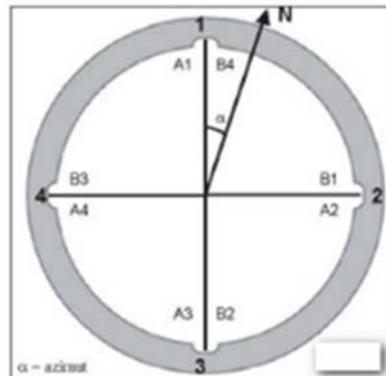


Figura 7-42 - Posizione e numerazione convenzionale delle guide in un tubo inclinometrico

Pur se lo svolgimento di una lettura è di per se una procedura semplice esiste un'ampia bibliografia scientifica oltre a norme e raccomandazioni (ISRM, ASTM, AGI, ANISIG ecc) di riferimento in quanto una non corretta installazione della tubazione inclinometrica, errori nella acquisizione/elaborazione/restituzione della misura o problemi di taratura della sonda possono portare alla restituzione di grafici inclinometrici di ambigua interpretazione, da cui possono derivare erronee valutazioni circa l'entità degli spostamenti registrati, la direzione di spostamento o la profondità del piano di scivolamento. Per limitare gli errori dovuti a deriva strumentale la sonda inclinometrica deve essere sottoposta a taratura annuale. Nel caso specifico sono state utilizzate due diverse sonde. La ditta Methodo nel 2011-2012 ha effettuato le misure con una sonda Sisgeo provvista di recente certificato di taratura (allegato). La ditta Elletipi per conto di Anas ha effettuato la misura con una sonda Soil Instruments di cui non è stato fornito il certificato di taratura.

In tutti i casi le misure sono riferite al piano campagna locale.

Le normative e raccomandazioni prescrivono che all'atto del collaudo la tubazione inclinometrica abbia una deviazione dalla verticale inferiore al 2,5%. La misura di zero del 2011 rispetta ampiamente questa condizione fatta eccezione per il tubo SG1, che fornisce una deviazione di poco superiore e pari al 2,73%. La misura del 2017 mostra ancora una deviazione inferiore al 2,5% per tutti gli strumenti fatta eccezione per il tubo SG1. Ne consegue una deformazione registrata nell'arco di 6 anni sostanzialmente modesta o relativamente tale (fatta eccezione per i tubi non più leggibili) e un'accettabile qualità della strumentazione ancora in posto.

Dopo alcuni anni di esercizio è normalmente raccomandata una verifica delle tubazioni (videoispezione) e un lavaggio per eliminare residui o concrezioni che potrebbero localmente influenzare la misura. Nessun intervento risulta sia stato fatto dopo il 2012.

La letteratura esistente in materia, prodotta in gran parte dalla compagnia statunitense Slope indicator riporta che, per un'installazione inclinometrica standard correttamente montata di lunghezza 30 m, con passo delle letture 0,5 m, l'accuratezza del sistema è di +/-8 mm. Tale valore è considerato cautelativo e deriva da errori di tipo random o sistematico imputabili a diverse cause. A

pure titolo di esempio fonti di errore possono derivare dalla mancata stabilizzazione della sonda alla temperatura dell'acqua in foro, da errato posizionamento della profondità, da malfunzionamenti dell'amplificatore, da problemi con il cavo di trasmissione, da una deriva del bias (rappresenta il valore di non zero letto dalla sonda in perfetta verticalità) ecc.

E' opportuno segnalare infine che gli inclinometri, pur protetti da pozzetti metallici, ricadono in terreni privati sottoposti a periodiche lavorazioni ed aratura. Ne consegue la possibilità, almeno a livello corticale, di urti e/o variazioni del grado di compattazione del terreno.

TUBO SG1

Per il periodo 2011-2012 le letture sono contrastate. Fra le profondità di 0 - 6,0 m da p.c. i grafici hanno andamenti anomali nella loro evoluzione nel tempo e a livello di direzione degli spostamenti. Ad esempio in data 5/2012 si registra uno spostamento massimo in testa di oltre 16 mm che in data 7/2012 e 9/2012 scende a circa 8 mm. Uno spianamento del tubo intorno a 4 - 5 m da p.c. nelle date del 7/2012 e 9/2012 non è seguito da uno spostamento del terreno soprastante. La direzione di spostamento è concorde con la morfologia nella misura del 5/2012 (che, come sopra esposto, successivamente rientra) mentre in altre letture è diretta verso monte. Il tubo inclinometrico è probabilmente affetto da una "deriva di testa tubo" imputabile a problemi di installazione o perdita di aderenza della cementazione. Nel complesso lo strumento in questo arco temporale non evidenzia deformazioni significative. Non vengono riscontrate lesioni o fessurazioni a carico della sottostante SS76, peraltro protetta da un alto muro in c.a.

La misura del 2017, effettuata su una guida di riferimento diversa dalle precedenti, mostra uno spostamento massimo in testa di circa 6 cm che si annulla a circa 6,5 m da p.c. La direzione di spostamento del 2017 è in accordo con la morfologia.

TUBO SG4

Per il periodo 2011-2012 le deformazioni riportate dai grafici sono concentrate entro i primi 2 m da p.c. con un valore massimo in testa tubo di circa 10 mm. La direzione è ben congruente con la morfologia locale. Gli spostamenti riportati a profondità maggiori sono prevalentemente imputabili ad una deriva strumentale e/o errori di diverso tipo, come evidenziato dal fatto che la direzione diventa spesso non concorde con la morfologia (parallelo alle curve di livello), lo spostamento nella misura più recente (9/2012) rientra rispetto alle due letture precedenti, e l'entità massima della deformazione rimane compresa nell'ordine di 2mm senza apprezzabili variazioni nel tempo. Il quadro restituito è compatibile con condizioni di lento e stagionale soliflusso corticale e/o variazioni stagionali in un terreno a composizione argillosa.

La misura del 2017, effettuata su una guida di riferimento diversa dalle precedenti, mostra uno spostamento massimo in testa di circa 1 cm sino a circa 2 – 2,5 m da p.c., sostanzialmente invariato rispetto al periodo 2011-2012.

TUBO SG6

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano una deformazione concentrata entro la profondità di 1,5 m da p.c. Lo spostamento massimo è di circa 3 mm, non sempre coerente nel tempo e con la morfologia. Il quadro complessivo è compatibile con una situazione di sostanziale stabilità o al più condizioni di lento e stagionale soliflusso corticale, o ancora variazioni stagionali in un terreno a composizione argillosa.

Nel 2017 l'inclinometro non viene riscontrato.

TUBO SG7

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro i primi 2,5 m da p.c. di entità massima in testa non superiore a 7.5 mm. Gli spostamenti non sono sempre coerenti nel tempo e non sono coerenti con la morfologia (la massima pendenza è verso NW mentre la direzione assunta dagli spostamenti è NE o SW). Il quadro complessivo è compatibile con una situazione di sostanziale stabilità o al più condizioni di lento e stagionale soliflusso corticale, o ancora variazioni stagionali in un terreno a composizione argillosa.

La misura del 2017, effettuata su una guida di riferimento diversa dalle precedenti, mostra uno spostamento massimo in testa di circa 7 mm sino a circa 2,5 m da p.c., confermando una condizione di stabilità.

TUBO SG8

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro i primi 4 m da p.c. di entità massima in testa pari a 15 mm. Ottima la correlazione fra spostamenti e periodi piovosi. La direzione di spostamento non è coerente con la morfologia essendo diretta verso SE mentre la direzione di massima pendenza è NW. Le deformazioni registrate nel tubo a profondità superiori 4 m da p.c. sono estremamente modeste, generalmente prossime o inferiori alla precisione strumentale. Il quadro complessivo è compatibile con una condizione di lento e irregolare soliflusso corticale, o ancora variazioni stagionali in un terreno a composizione argillosa. Nelle immediate vicinanze dell'inclinometro una strada e abitazioni private non presentano evidenti deformazioni all'atto dei rilievi del 2011-2012 e 2017. L'apparente contraddizione della direzione di spostamento può' essere spiegata con un errore nell'impostazione della guida di riferimento o con problemi di cementazione del tubo.

La misura del 2017, effettuata su una guida di riferimento diversa dalle precedenti, mostra uno spostamento massimo in testa di circa 16mm. L'incremento rispetto alle letture precedenti è praticamente nullo. Oltre i 4 m da p.c. lo spostamento massimo è compreso fra 0 – 3 mm e pertanto trascurabile in ragione della sensibilità strumentale e dell'ampio periodo di osservazione. La direzione è congruente con la morfologia.

TUBO SG9bis

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni entro i primi 5,5 m da p.c. in rapida evoluzione nel tempo. La direzione di spostamento è ottimamente congruente con la morfologia e con i riscontri in sito. Lo spostamento massimo misurato è di circa 36 mm nell'arco di 9 mesi, evidenziando con ciò una deformazione superiore rispetto a quanto registrato dagli altri inclinometri. Il tubo SG9bis è ubicato in corrispondenza di un fenomeno di colata superficiale, passante a scivolamento in profondità, che mostra una buona progressione anche con piogge assai poco intense. A valle dello strumento i muri di contenimento della SS16 evidenziano diversi quadri fessurativi, oltre a disallineamenti in corrispondenza dei giunti. Notizie reperite riportano di colate che hanno scavalcato i muri di sostegno riversando materiale sulla sottostante sede stradale. Nel settembre 2012 in coincidenza o prossimità di importanti eventi atmosferici Anas è intervenuta sul posto riprofilando il terreno, inserendo alcune file di gabbioni e tracciando nuovi fossi di guardia. Tali lavori, che hanno comportato la distruzione dell'inclinometro, hanno almeno apparentemente posto in sicurezza l'area. Il quadro complessivo osservato fino al 2012 è compatibile con fenomeni di colata superficiale (spessore circa 1,5 m) che verso il basso e fino alla profondità di circa 5,5 m da p.c. evolvono in uno scivolamento.

Il tubo, asportato nel 2012, non viene riscontrato nel 2017.

TUBO SG11

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro i primi 1,5 m da p.c. ben congruenti con la morfologia. Lo spostamento massimo in testa tubo è di 12,5 mm con una evidente accentuazione a seguito degli eventi meteorici più intensi. Il quadro complessivo è compatibile con condizioni di periodico lento soliflusso corticale e/o variazioni stagionali.

La misura del 2017, effettuata su una guida di riferimento diversa dalle precedenti, mostra uno spostamento massimo in testa di 13 mm sino a circa 1,5 m da p.c. sostanzialmente congruente con le misure del periodo 2011-2012 rispetto alle quali non si registra un evidente incremento.

TUBO SG14

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro i primi 2-3 m da p.c. ben congruenti con la morfologia. Lo spostamento massimo in testa tubo è 35 mm, con una

evidente attivazione a seguito dei più importanti eventi atmosferici. Il quadro complessivo è compatibile con condizioni di periodico soliflusso corticale e/o variazioni stagionali.

Durante la misura del 2017 la sonda non scende oltre la profondità di 1,5 m da p.c. confermando un quadro di soliflusso corticale.

TUBO SG16

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro i primi 7 m da p.c. La direzione è verso N-NE e discretamente congruente con la morfologia. Lo spostamento massimo è di 10 mm. Evidente anche in questo caso la correlazione fra spostamenti e i più intensi eventi meteorici. Lungo la SS16, posta nelle immediate vicinanze dello strumento e protetta da bassi muri di contenimento, non si osservano evidenti effetti del fenomeno deformativo.

La misura del 2017, effettuata su una guida di riferimento diversa dalle precedenti, mostra uno spostamento di circa 8,5 cm sino alla profondità di circa 7 m da p.c. con medesima direzione delle letture precedenti. Il trend medio è di 14 mm l'anno.

TUBO SG17

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro i primi 1,5-2 m da p.c. ben congruenti con la morfologia. Lo spostamento massimo in testa tubo è 17 mm con la maggiore accentuazione a seguito dei più importanti eventi atmosferici. Il quadro complessivo è compatibile con condizioni di periodico e lento soliflusso corticale e/o variazioni stagionali.

La misura del 2017, effettuata su una guida di riferimento diversa, mostra uno spostamento massimo in testa di circa 4 cm sino a circa 1,5 - 2 m da p.c. nella medesima direzione. Rispetto alla misura precedente si apprezza un incremento di 23 mm in 5 anni confermando condizioni di lento e irregolare soliflusso corticale o variazioni stagionali

TUBO SG18

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro i primi 4,0 da p.c. in rapida evoluzione nel tempo. La direzione di spostamento è ottimamente congruente con la morfologia. Lo spostamento massimo misurato è di circa 50 mm, evidenziando con ciò una deformazione maggiore rispetto a quelle registrate dagli altri inclinometri. Il tubo è ubicato in corrispondenza di un fenomeno di colata superficiale, passante a scivolamento in profondità, che mostra una buona progressione a seguito degli eventi meteorici più intensi. Il fenomeno franoso cartografato si arresta a monte dell'attuale SS16 la quale, congruentemente, non mostra evidenti lesioni. Diffusi ristagni idrici si osservano in prossimità e nell'intorno dello strumento. Il quadro

complessivo è compatibile con fenomeni di colata e/o scivolamento che si sviluppano sino alla profondità di circa 4,0 m da p.c.

Durante la misura del 2017 la sonda non scende la profondità di 2,5 m da p.c. per effetto di una accentuata deformazione imputabile ai fenomeni di colata superficiale.

TUBO SG19

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro il primo metro non sempre coerenti nel tempo e con la morfologia. Andamenti anomali di entità in ogni caso estremamente modesta sono evidenti fra 1 e 3 m da p.c; infatti lo spostamento massimo registrato nel 9/2012 a 2 m è di 5 mm, superiore alla lettura in testa tubo (3 mm). La lettura del 3/2012 è anomala e nelle date successive il relativo spostamento rientra. Il quadro complessivo è compatibile con lento soliflusso e/o variazioni stagionali in terreni a composizione limoso argillosa, e/o con una perdita di cementazione della tubazione e/o uno schiacciamento localizzato e comunque superficiale del tubo .

La misura del 2017, effettuata su una guida di riferimento diversa dalle precedenti, mostra uno spostamento massimo in testa di circa 2 cm sino a circa 2 m da p.c. in direzione sud, quindi non congruente con la morfologia. Si conferma un contesto di lento soliflusso e/o di variazioni stagionali. Spostamenti al di sotto di questa quota sono al massimo nell'ordine di 3-4 mm e pertanto trascurabili in relazione alla sensibilità strumentale e all'ampio periodo di osservazione.

TUBO SG19bis

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro la profondità di 3 m da p.c. ben coerenti con la morfologia. Lo spostamento massimo registrato è di circa 20 mm. Fessurazioni e avvallamenti sono osservabili sul vicino sedime stradale (Via del Tesoro). Il quadro complessivo è compatibile con condizioni di lento e periodico soliflusso e/o variazioni stagionali in terreni a composizione limoso argillosa.

La misura del 2017 effettuata su una diversa guida di riferimento mostra uno spostamento massimo di 1,4 cm sino alla profondità' di 2,5 m da p.c., la direzione non è completamente congruente con la morfologia.

TUBO SG23

Per il periodo 2011–2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro la profondità di 3 m da p.c. non sempre coerenti con la morfologia. Lo spostamento è concentrato fra 0 – 2m da p.c. mentre fra 2 m e 3 m da p.c. sembra esserci uno schiacciamento del tubo o un problema in corrispondenza del punto di giunzione fra spezzoni di tubo. Lo spostamento massimo registrato in testa è di 7,5 mm. La misura del 5/2012 è anomala ed affetta da un evidente errore; la deformazione

registrata viene interamente recuperata con le due letture successive. Il quadro complessivo è al più compatibile con condizioni di lento soliflusso e/o variazioni stagionali in terreni a composizione limoso argillosa.

La misura del 2017, effettuata su una diversa guida di riferimento, mostra uno spostamento massimo in testa di 2,3 cm che diminuisce rapidamente sino ad annullarsi alla profondità di 6,5 m da p.c. La direzione è compatibile con la morfologia. L'entità dello spostamento massimo registrato è modesta in relazione al periodo di osservazione, ed inferiore a 10 mm già a partire da 4,5 m da p.c. La lettura evidenzia un contesto compatibile con condizioni di soliflusso superficiale e/o variazioni stagionali. Durante i rilievi di campagna non si riscontrano fessure o ondulazioni del manto stradale

TUBO SG26

Per il periodo 2011-2012 i grafici restituiti mostrano deformazioni contenute entro la profondità di 1,5 - 2 m da p.c. coerenti con la morfologia. Lo spostamento massimo registrato è di circa 7,5 mm in testa. Deformazioni oltre questa profondità sono estremamente contenute non coerenti nel tempo e con la morfologia. Il quadro complessivo è compatibile con condizioni di lento soliflusso corticale e/o variazioni stagionali in terreni a composizione limoso argillosa.

La misura del 2017, effettuata su una guida di riferimento diversa dalle precedenti, mostra uno spostamento di circa 5 mm sino alla profondità di circa 2 - 2,5 m da p.c, indicando una condizione invariata rispetto alle letture precedenti.

In sintesi le misure disponibili a seguito del primo ciclo annuale (2011 - 2012) segnalano per la maggior parte degli strumenti spostamenti massimi in testa molto modesti e compresi fra 4 - 20 mm. Fanno eccezione i tubi SG9bis, SG14 ed SG18 i cui spostamenti sono francamente maggiori e compresi fra 35 - 50 mm; questi tubi all'atto della misura del 2017 non risulteranno più accessibili.

A seguito della misura del 2017, e quindi dopo 6 anni dalla lettura di zero, la massima deformazione in testa registrata sui tubi ancora operativi rimane modesta ed inferiore a 7 - 23 mm; fanno eccezione i tubi SG1 con 60 mm ed SG16 con 85 - 90 mm.

La maggior parte degli strumenti mostra deformazioni superficiali, limitate a profondità comprese fra 1 e circa 3 m da p.c., riconducibili a dinamiche tipo creeping, soliflusso o variazioni stagionali in terreni a composizione argillosa. Significative evidenze a profondità superiori si registrano essenzialmente nei tubi SG1, SG9bis, SG18 ed SG16.

Per i tubi SG9bis ed SG18 trattasi di fenomeni di colata superficiale passanti in profondità a scivolamento, molto chiari ed evidenti, con spostamenti pluridecimetrici su base annua, ottimamente coerenti con i rilievi di superficie e con le indagini geofisiche, che si spingono rispettivamente sino a 5,5 m e 4,0 m da p.c. L'ubicazione delle colate è riportate nella carta geomorfologica mentre le superfici di scivolamento individuate sono rappresentate nel profilo geologico e nelle sezioni geologiche trasversali.

Per SG1 le deformazioni strumentali sono poco chiare, modeste, contrastate e diminuiscono rapidamente con la profondità arrivando a zero attorno a 6-6,5 m da p.c.. Ancora modeste in relazione all'ampio periodo di osservazione sono le deformazioni per il tubo SG16, che si mantengono intorno a 8,5 – 9 cm sino a 7 m da p.c. In un approccio cautelativo alla progettazione anche in questi casi si è voluto considerare, nel dimensionamento delle opere di sostegno e come riportato nel profilo geologico e nelle sezioni geologiche trasversali, la presenza di un possibile piano di scivolamento alle profondità evidenziate dal monitoraggio strumentale.

In linea generale risulta buona la corrispondenza fra il monitoraggio inclinometrico ed i riscontri geognostici, siano essi sondaggi o traverse sismiche

Il confronto fra le letture inclinometriche ed il periodo stagionale ha messo in luce la relazione esistente fra i fenomeni deformativi e gli eventi meteorici più intensi. La tabella 7.2 riepiloga la piovosità mensile registrata alla stazione meteorologica di Ancona Falconara nel corso del 2012; da essa si evince una particolare intensità pluviometrica nel mese di settembre 2012, con oltre 200 mm di pioggia. La lettura inclinometrica effettuata a fine settembre 2012 mostra, particolarmente sui tubi SG8 – SG11 – SG14 – SG16 (Figura 7-42) un evidente incremento degli spostamenti rispetto alle precedenti letture di marzo, maggio e luglio.

Con una precipitazione media annua riferita al periodo 1971 – 2000 per questa stazione di 780 mm, i 941 mm registrati nel 2012 possono dirsi ben rappresentativi.

Ancona. Precipitazione mensili 2012 (mm)					
Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
37	46	18	137	66	28
Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
59	53	202	105	96	94

Tabella 7.2 Precipitazioni mensili anno 2012 (Stazione meteo di Ancona Falconara)

Sito: SS16 Tubo: Sg16

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:09/08/2011

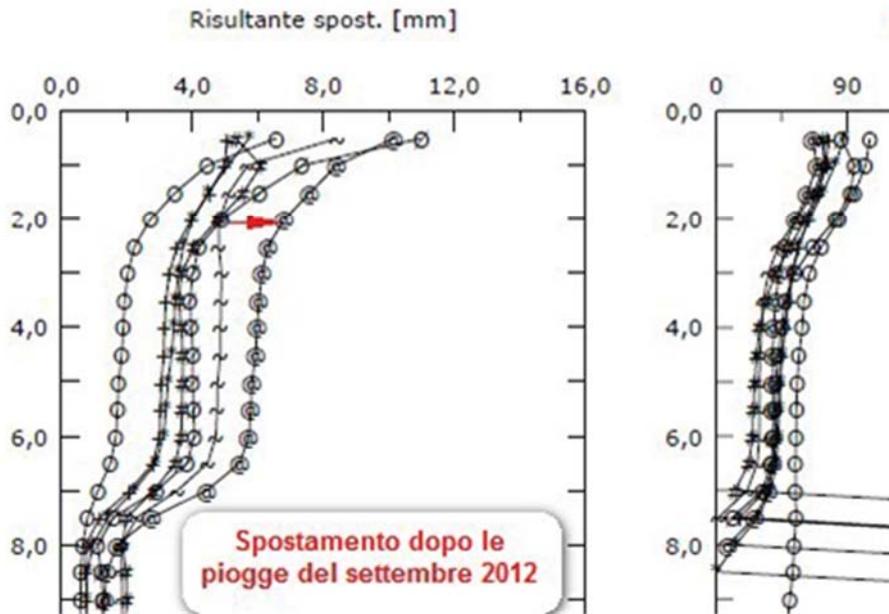


Figura 7-42 - 0Deformata inclinometrica del tubo SG16 con evidenza dell'incremento di spostamento a seguito delle intense precipitazioni del settembre 2012

Appare opportuno sottolineare in questa sede come diversi grafici inclinometrici associno spostamenti modesti a profondità concentrate fra 1,5 – 3 m da p.c. Nelle misure del 2011- 2012 tali spostamenti hanno spesso direzioni tra loro discordi e non congruenti con l'orientazione del versante, ed il massimo spostamento non è sempre associato all'ultima lettura. Tale comportamento può essere ritenuto indice di una sostanziale stabilità, e le discrepanze tra le letture insieme alla loro modesta entità possono essere riconducibili a cicli di imbibizione – essiccamento del terreno e/o a "deriva di testa tubo", e non a deformazioni gravitative caratterizzate da un movimento apprezzabile secondo una precisa direzione come si osserva, ad esempio, nei tubi SG9bis, SG18 o SG16. Quanto descritto è ancora più valido se si considera che l'errore strumentale ha ordine di grandezza spesso analogo agli spostamenti misurati. La lettura del 2017, eseguita su una diversa guida di riferimento, è stata elaborata e restituita utilizzando una procedura non standard che, se da un lato permette di osservare il trend deformativo dei fenomeni maggiormente evidenti, dall'altro può perdere in definizione ed affidabilità nei confronti degli spostamenti più modesti.

7.3 PROSECUZIONE DEL MONITORAGGIO

Per quanto sopra, per una doverosa verifica del modello geologico in vista della successiva fase costruttiva e per valutare l'effettiva interazione opere terreni in corso d'opera e nel post opera, si è prevista la prosecuzione del monitoraggio inclinometrico in tutta la fase costruttiva. Tale attività sarà condotta a cura del compartimento Anas delle Marche tramite letture a cadenza trimestrale o quadrimestrale. Gli strumenti danneggiati, asportati o comunque non più utilizzabili saranno sostituiti e, ove ritenuto necessario, integrati.

Il monitoraggio inclinometrico dovrà quindi proseguire nella fase di progettazione esecutiva, protrarsi durante il corso dei lavori ed estendersi anche nel post opera. A tale scopo in computo sono previsti 4 anni di letture su tutti i tubi inclinometrici. Per un maggiore dettaglio e per un confronto incrociato dei dati è prevista una verifica del quadro deformativo mediante l'installazione di una rete GNSS ad alta precisione a terra ed in corrispondenza delle teste degli inclinometri.

8.IDROGEOLOGIA

A livello di comprensorio il complesso idrogeologico di interesse regionale con flusso significativo si ha nei depositi della pianura alluvionale del fiume Esino. Acquiferi di modesta entità e estensione sono presenti nei depositi eluvio-colluviali e alluvionali dei fossi affluenti del fiume Esino.

Prendendo come riferimento la "Carta Idrogeologica della parte Medio Bassa del Bacino del Fiume Esino" (D'Acervia et al.) di cui uno stralcio è rappresentato in Figura 8-1, l'infrastruttura di progetto, rientra nella quasi totalità, nel "Complesso idrogeologico delle argille ed argille marnose (Pliocene e Plio-Pleistocene)": Le argille costituiscono l'aquicluda della pianura alluvionale e delle eluvio-colluvioni di fondo valle.

I fenomeni di ruscellamento e di evapotraspirazioni data la natura argillosa prevalente dei litotipi affioranti sui versanti risultano preponderanti a discapito dell'infiltrazione nel terreno.

Localmente, specie nel tratto compreso fra lo svincolo di Falconara e il M.te Barcagione la bibliografia segnala litotipi associabili al "Complesso idrogeologico dei corpi arenacei ed arenaceo pelitici intercalati alle argille (Pliocene sup – Pleistocene)": in tali corpi, caratterizzati da permeabilità elevata, possono essere localizzate falde che alimentano sorgenti a regime annuale. L'alimentazione è da attribuire essenzialmente alle precipitazioni stagionali.



Figura 8-1 - Carta idrogeologica della parte medio bassa del bacino del Fiume Esino (stralcio da D'Acervia et al. 2002)

Il substrato in posto, a composizione prevalentemente argilloso limosa ed elevata consistenza, presenta una bassa permeabilità valutata attorno a valori medi di $K = 10^{-9}$ m/s per i depositi del substrato ed una circolazione idrica probabilmente frammentata e confinata all'interno delle sottili intercalazioni sabbiose.

I depositi di copertura argilloso - limosi debolmente sabbiosi sono caratterizzati da una permeabilità modesta, valutata fra $K = 10^{-8} - 10^{-7}$ m/s, leggermente superiore rispetto al substrato argilloso per via di una maggiore presenza di vuoti e porosità. Tali litotipi possono essere sede di falde sospese specialmente laddove è prevalente la componente sabbiosa.

Vista la ridotta permeabilità dei terreni di progetto la maggior parte delle precipitazioni va ad alimentare il ruscellamento superficiale e sub-superficiale all'interno del livello areato, come evidenziato dai numerosi scoli e fossi di sistemazioni idrauliche ed agrarie presenti nell'area di studio. Questi impluvi presentano acqua fino a diversi giorni dopo la fine dell'evento piovoso.

La circolazione sotterranea avviene in seno al substrato secondo linee di flusso parallele al pendio ed è confinata all'interno delle sottili intercalazioni sabbiose. Questi orizzonti sono caratterizzati da un livello piezometrico confinato e quindi superiore rispetto a quello dell'argilla incassante.

All'interno delle coltri invece possono instaurarsi accumuli idrici stagionali, più o meno temporanei, con ancora linee di flusso sub parallele al pendio.

Per effetto della modesta permeabilità dei terreni nel periodo invernale e primaverile, a seguito di eventi meteorici intensi, si segnalano diffusi fenomeni di ristagno, talvolta favoriti da contropendenze del terreno o da pratiche agricole mal condotte.

I terreni riferibili al substrato possono, soprattutto nella zona di Costa del Tesoro, essere alimentati da corpi arenacei intercalati alla sequenza pliocenica e plio-pleistocenica, con un'infiltrazione favorita dagli affioramenti quaternari posti sempre a monte del tracciato.

Pur in presenza di terreni sostanzialmente impermeabili l'infiltrazione delle acque di pioggia all'interno delle coltri di copertura è favorita dall'intensa attività agricola che rimuovendo il terreno determinano condizioni di porosità e quindi d'infiltrazione oltre a condizioni di ristagno idrico.

Le osservazioni dirette delle condizioni dei versanti indicano la presenza di una rete di fossi di guardia e agricoli non rivestiti, da estese ed ampie crepe, fessure e poligoni di disseccamento nei periodi estivi (foto 8.1) che si riscontrano a seguito della stagione arida.

Pozzi lungo i versanti e all'apice delle colline testimoniano la presenza di piccole falde all'interno del substrato; più precisamente all'interno dei corpi arenacei intercalati alle unità della sequenza pliocenica e plio-pleistocenica.



Foto 8.1. Crepe e fessure da disseccamento favoriscono, con le piogge autunnali, l'infiltrazione dell'acqua nel primo sottosuolo

Nel corso delle campagne 2011 e 2018 sono stati installati piezometri con cella Casagrande su numerosi sondaggi. In tabella 8.1 e 8.2 si riportano per ciascun sondaggio le profondità d'installazione della cella Casagrande ed i valori piezometrici registrati nell'ambito dei monitoraggi condotti.

Le misure effettuate mostrano frequenti valori piezometrici mediamente compresi fra 2,0 – 5 m da p.c. Non mancano però casi di piezometri asciutti (3 su un totale di 12). Tale contesto è compatibile con uno schema idrico sotterraneo complesso, frammentato e non continuo, con una presenza idrica spesso confinata nelle coltri colluviali o al contatto fra queste e il sottostante substrato ed alimentata, come sopra esposto, dal ristagno idrico, dalle pratiche agricole, da canali e fossi di guardia non rivestiti.

L'elaborato che illustra le discontinue informazioni piezometriche dell'intero tracciato è il "*Profilo geotecnico*", lungo il quale sono riportati i livelli idrici puntualmente riscontrati in corrispondenza dei singoli piezometri installati nel 2011 e nel 2018.

Il risultato dei rilievi di campagna, il contributo fornito dai dati desunti da fonti bibliografiche e da progetti precedenti, l'interpretazione delle foto aeree alle diverse date di ripresa, gli esiti delle indagini geofisiche e geognostiche vengono sintetizzati, con riferimento all'aspetto idrogeologico, nella:

- "Carta Idrogeologica Tav. da 1 a 7 – scala 1:2.000" (elab. T00-GE00-GEO-CI01-07).

Sondaggio n°	Profondità sondaggio (m)	Profondità cella Casagrande (m)	Unità litotecnica	10/08/2011 (m dal p.c.)	22/09/2011 (m dal p.c.)	11/11/2011 (m dal p.c.)
SG2	13.00	7	B	3,25	4,90	3,85
SG3	20.00	15	B	2,86	5,00	3,23
SG5	15.00	10	B	2,52	3,93	2,71
SG12	10.5	5	B	asciutto	asciutto	asciutto
SG13	18.50	13	B	3,50	5,37	5,69
SG15	12.50	6,5	B	5,1	6,50	4,72
SG18bis	7.50	5	B	2,9	4,38	2,87
SG20	14.00	7,5	B	2,24	5,11	5,45
SG21	13.00	7,5	C	5,84	asciutto	asciutto
SG22	12.00	4,5	B	asciutto	4,30	2,41
SG24	20.00	12,5	B	asciutto	asciutto	asciutto
SG25	12.00	6,5	B	1,65	3,50	2,66
Sondaggio n°	12/01/2012 (m dal p.c.)	12/03/2012 (m dal p.c.)	12/05/2012 (m dal p.c.)	12/07/2012 (m dal p.c.)	12/09/2012 (m dal p.c.)	28/03/2017 (m dal p.c.)
SG2	3,77	2,04	3,90	3,53	3,36	2,33
SG3	2,55	1,95	2,05	4,52	1,90	1,52
SG5	0,21	0,45	2,55	2,86	2,30	0,00
SG12	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto
SG13	6,42	3,09	4,06	5,17	3,92	3,15
SG15	4,87	4,79	5,24	5,26	5,06	mancante
SG18bis	0,96	0,66	1,81	3,40	1,63	1,33
SG20	6,80	2,09	4,10	4,92	2,20	1,94
SG21	5,09	4,87	6,62	7,28	4,32	asciutto
SG22	2,62	1,11	3,65	2,56	2,64	1,55
SG24	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	asciutto	11,65
SG25	3,14	1,65	3,93	2,95	2,27	1,46

Tabella 8.1- Letture piezometriche da agosto 2011 a novembre 2012 e marzo 2017

Sondaggio n°	Profondità piezometro(m)	Profondità falda(m)
S03 PZ	20.00	3,00
S09 PZ	20.00	3,30

S10 PZ	20.00	9.80
S13 PZ	20.00	Assente
S15 PZ	15.00	Assente
S17bis P Z	15.00	6,30
S19 PZ	15.00	4,10
S21 PZ	20.00	4,50

Tabella 8.2- Letture piezometriche luglio 2018

9.SISMICITA'

In seguito al terremoto del Molise del 2002, in Italia è stato avviato un percorso per la stima della pericolosità sismica secondo dati aggiornati e metodi condivisi a livello internazionale, dove per pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. Con ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3274 del 20/03/2003, il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ha adottato la nuova riclassificazione sismica nazionale con le nuove normative tecniche per gli edifici, i ponti e le opere di fondazione e sostegno dei terreni.

Nel 2004 è stata rilasciata una nuova mappa di pericolosità sismica (Figura 9-1) che fornisce un quadro delle aree più pericolose in Italia. I valori massimi delle accelerazioni orizzontali sono riferiti a un ipotetico suolo omogeneo con buone caratteristiche per le fondazioni. L'Ordinanza PCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale

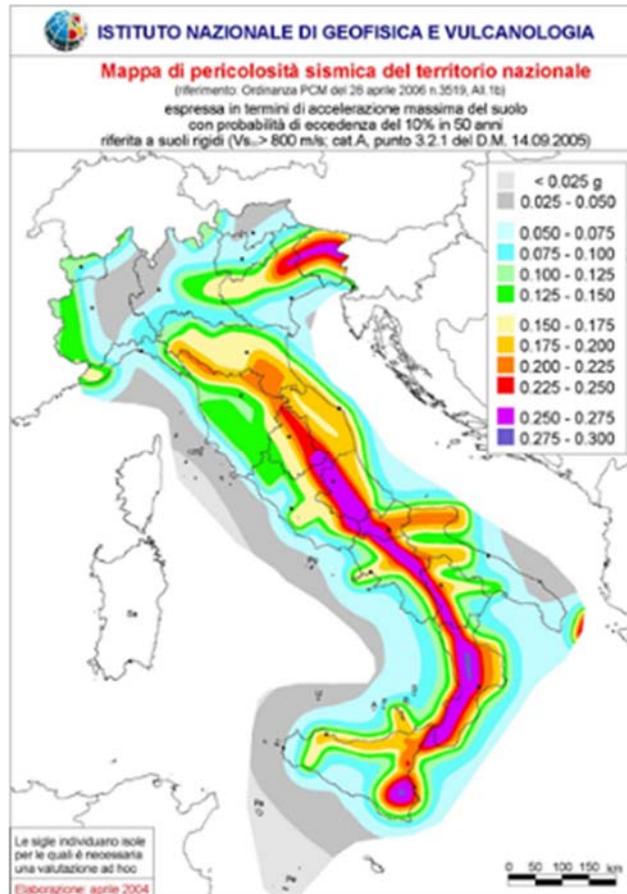


Figura 9-1 - - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06)

9.1 SISMICITÀ REGIONALE

Dal punto di vista geologico la sismicità dell'area marchigiana è riconducibile all'attività di faglie trasversali che svincolano movimenti del fronte appenninico aventi spostamenti prevalentemente trascorrenti. Tali faglie, come dimostrano anche eventi sismici recenti (1972-1975) sono tuttora attive (Crescenti et al. 1977; Lechi et al 1977).

In un quadro di pericolosità sismica la figura seguente mostra i valori di intensità massima sull'intera regione, con i valori più elevati concentrati lungo la dorsale appenninica umbro marchigiana.

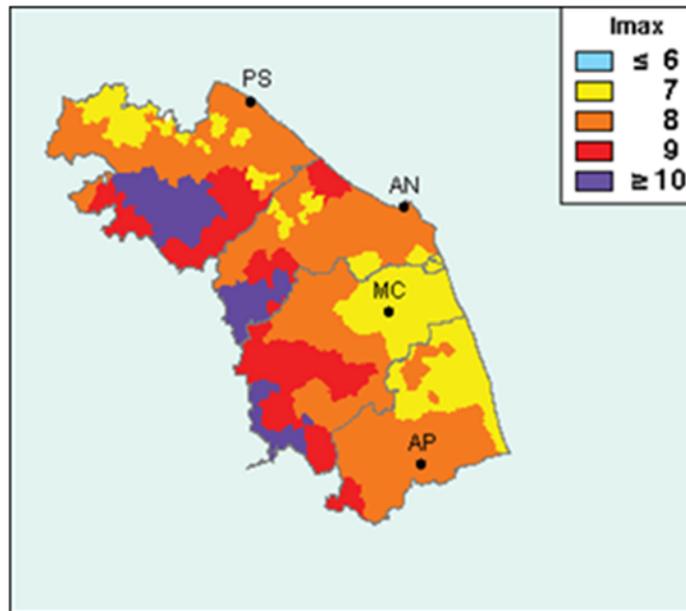


Figura 9-2 - Regione Marche. Massima intensità sismica (fonte GNDT-INGV)

9.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLE MARCHE

L'Ordinanza PCM n. 3274/2003 ha aggiornato l'assegnazione dei Comuni alle zone sismiche, adottando un criterio cautelativo e introducendo la zona 4 che indica pericolosità moderata. Per le Marche è stata confermata la precedente classificazione tranne per 6 Comuni colpiti dal terremoto del 1997 classificati in zona 1 e per i Comuni prima non classificati inseriti in zona 2 e 3. Con la Delibera di Giunta Regionale n. 1046/2003 la Regione ha recepito le assegnazioni del 2003 (Figura 9-3).

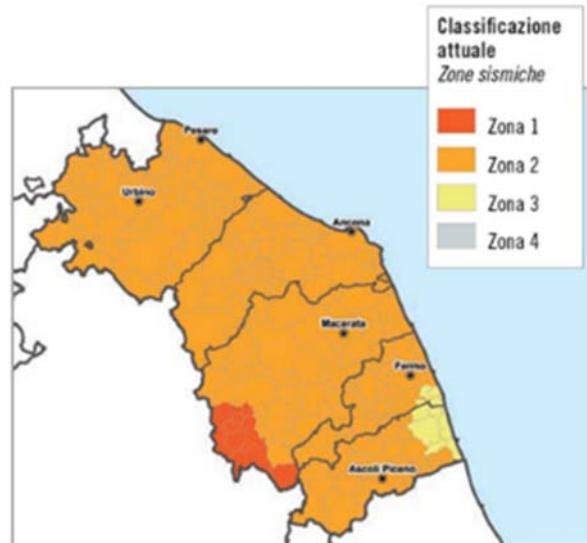


Figura 9-3 - Classificazione sismica (DGR n. 1046/2003 che ha recepito OPCM n. 3274/2003)

9.3 PERICOLOSITÀ SISMICA NELLE MARCHE

Il territorio regionale è caratterizzato da una pericolosità sismica abbastanza uniforme e di livello medio-elevato. I valori di accelerazione previsti dal modello di pericolosità sismica sono compresi tra 0.15 e 0.25 g, con i valori più elevati in corrispondenza dell'Appennino umbro-marchigiano (Figura 9-4).

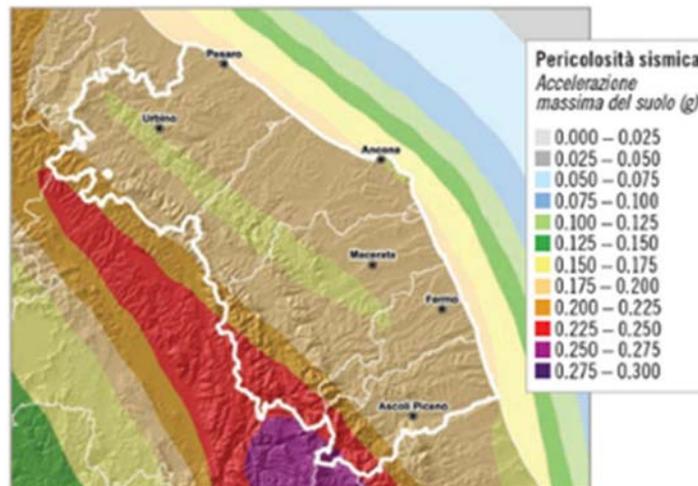


Figura 9-4 - Pericolosità sismica nelle Marche

9.4 SISMICITÀ DELL'AREA D'INDAGINE

Dall'analisi del Catalogo Parametrico dei terremoti italiani, redatto dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (GNDT), ora inserito nell'ambito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), si possono osservare le massime intensità macrosismiche risentite nell'area d'indagine.

Dalle Figura 9-5, Figura 9-6 e Figura 9-7, si evince che la massima intensità macrosismica storica, risentita nella Provincia di Ancona, e rispettivamente nei territori di Ancona e Falconara Marittima, ha un valore stimato pari "Imax =

Massime intensità macrosismiche osservate nella provincia di Ancona

Comune	Re	Pr	Com	Lat.	Lon	Imax
AGUGLIANO	11	42	1	43.54401	13.38854	8
ANCONA	11	42	2	43.60315	13.50743	8
<u>ARCEVIA</u>	11	42	3	43.49882	12.93959	8
BARBARA	11	42	4	43.57922	13.02513	7
BELVEDERE OSTRENSE	11	42	5	43.57969	13.16685	8
CAMERANO	11	42	6	43.52987	13.55126	8
CAMERATA PICENA	11	42	7	43.57755	13.35261	8
CASTELBELLINO	11	42	8	43.48612	13.14523	8
CASTEL COLONNA	11	42	9	43.67871	13.10708	8
CASTELFIDARDO	11	42	10	43.46336	13.55023	7
CASTELLEONE DI SUASA	11	42	11	43.60833	12.97736	7
CASTELPLANIO	11	42	12	43.49298	13.08248	8
CERRETO D'ESI	11	42	13	43.32035	12.98507	9
CHIARAVALLE	11	42	14	43.60122	13.32586	8
CORINALDO	11	42	15	43.64894	13.04815	8
CUPRAMONTANA	11	42	16	43.44505	13.11620	8
FABRIANO	11	42	17	43.33549	12.90514	>=10
FALCONARA MARITTIMA	11	42	18	43.62644	13.39901	8
<u>FILOTRANO</u>	11	42	19	43.43446	13.35107	7
GENGA	11	42	20	43.42895	12.93521	9
JESI	11	42	21	43.52219	13.24481	8
LORETO	11	42	22	43.43953	13.61018	7
MAIOLATI SPONTINI	11	42	23	43.47620	13.12036	8
MERGO	11	42	24	43.47138	13.03692	9
MONSANO	11	42	25	43.56281	13.25038	8
MONTECAROTTO	11	42	26	43.52601	13.06346	8
MONTEMARCIANO	11	42	27	43.63882	13.31039	8
MONTERADO	11	42	28	43.69704	13.09217	8
MONTE ROBERTO	11	42	29	43.48072	13.13859	8
MONTE SAN VITO	11	42	30	43.60057	13.27057	8
MORRO D'ALBA	11	42	31	43.60124	13.21374	8
NUMANA	11	42	32	43.51206	13.62152	8
OFFAGNA	11	42	33	43.52713	13.44173	8
OSIMO	11	42	34	43.48544	13.48253	8
OSTRA	11	42	35	43.61248	13.15782	7
OSTRA VETERE	11	42	36	43.60349	13.05896	8
POGGIO SAN MARCELLO	11	42	37	43.51115	13.07643	8
POLVERIGI	11	42	38	43.52456	13.39409	8
RIPE	11	42	39	43.67118	13.10677	8
ROSORA	11	42	40	43.47078	13.06721	8
SAN MARCELLO	11	42	41	43.57551	13.20673	8
SAN PAOLO DI JESI	11	42	42	43.45416	13.17412	8
SANTA MARIA NUOVA	11	42	43	43.49523	13.31011	8
SASSOFERRATO	11	42	44	43.43366	12.85788	8
SENIGALLIA	11	42	45	43.71392	13.22321	9
SERRA DE'CONTI	11	42	46	43.54267	13.03687	7
SERRA SAN QUIRICO	11	42	47	43.44708	13.01513	9
SIROLO	11	42	48	43.52140	13.62014	8
STAFFOLO	11	42	49	43.43221	13.18660	8

Figura 9-5 - Massime intensità macrosismiche nella provincia di Ancona

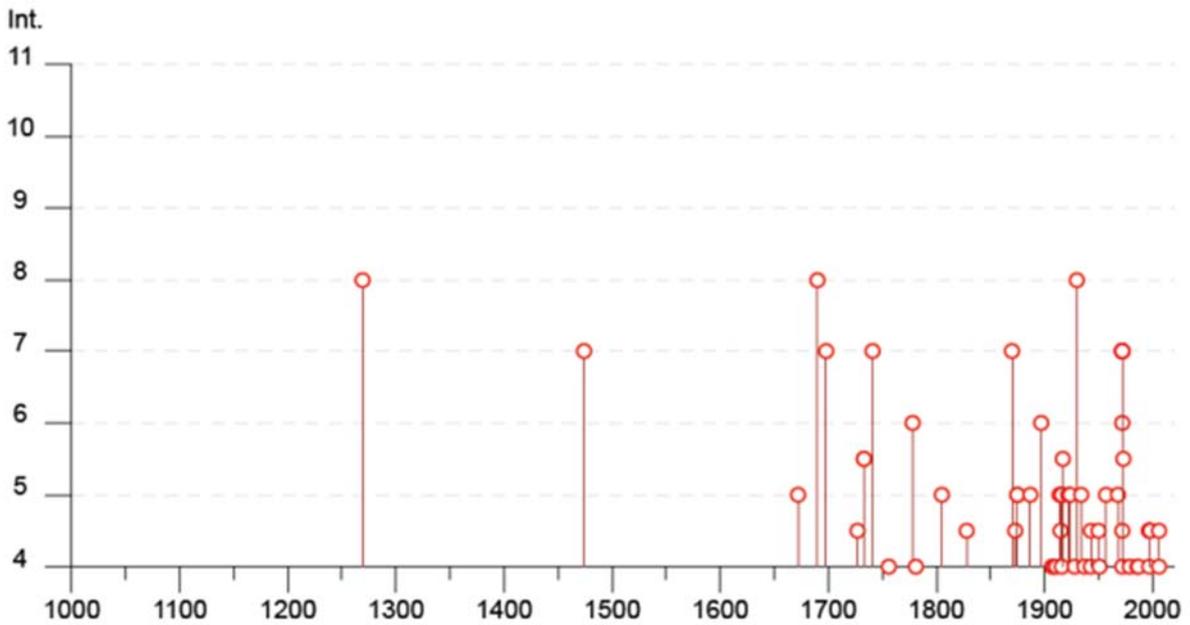


Figura 9-6 - Diagramma dei terremoti storici di massima intensità - Ancona

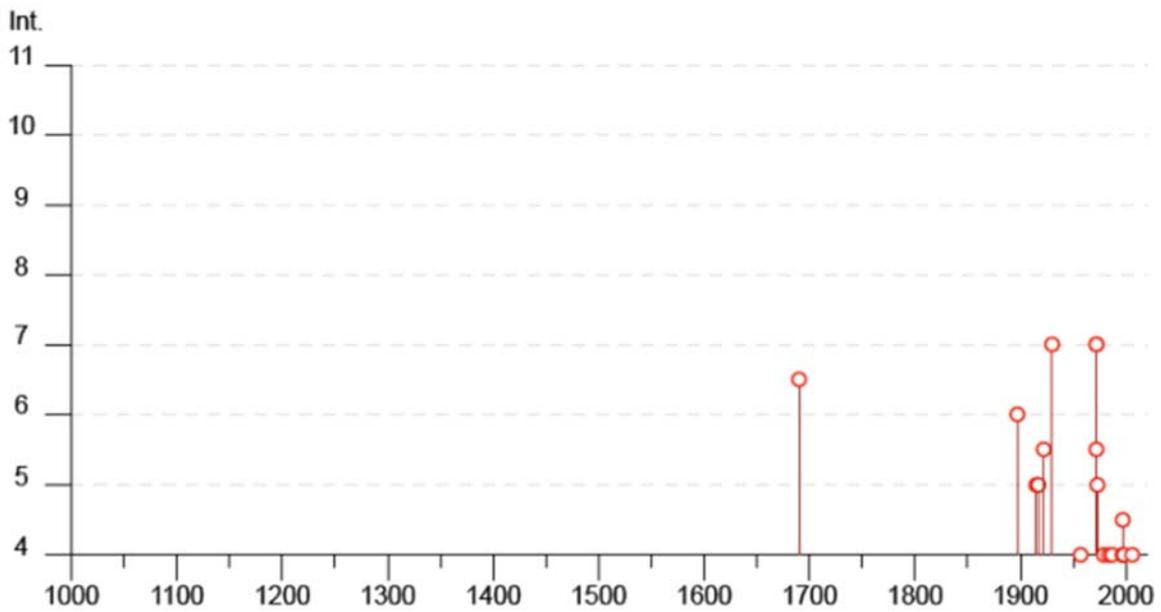


Figura 9-7 - Diagramma dei terremoti storici di massima intensità - Falconara Marittima

9.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA D'INDAGINE

Come è noto, un terremoto può trasmettere sia sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale, che dare luogo a fenomeni di instabilità dinamica con cedimenti, liquefazione e frane. Pertanto in fase di progettazione di opere in zone sismiche, è necessario partire dall'ipotesi di un "terremoto di progetto", basato sulla conoscenza della sismicità della zona.

In base all'emanazione dei criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale tramite l'OPCM 3274/03, in seguito aggiornata con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale", si evidenzia che il Comune di Ancona e il Comune di Falconara Marittima (AN), in riferimento alla Classificazione sismica dei comuni italiani aggiornata 2015 dal Dipartimento della Protezione Civile, ricade in una zona identificata come "zona 2" (vedi Tabella 9.1).

Regione	Provincia	Cod_Istat	Denominazione	Zona sismica 2014
Marche	Ancona	42001	Ancona	2
Marche	Ancona	42018	Falconara Marittima	2

Tabella 9.1 – Estratto da "Classificazione sismica dei comuni italiani – 2015 - Dipartimento della Protezione Civile".

9.6 PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA D'INDAGINE

Si evidenzia che le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. del 14/01/2008 e succ. agg. Del 17/01/2018), hanno superato il concetto della classificazione del territorio nelle quattro zone sismiche e propongono una nuova zonazione fondata su un reticolo di punti di riferimento con intervalli di ag pari a 0.025 g, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di ag e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale e verticale su suoli rigidi e pianeggianti, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo d'inizio del tratto dello spettro a velocità costante T^*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>, attraverso le coordinate geografiche del sito (Figura 9-8).

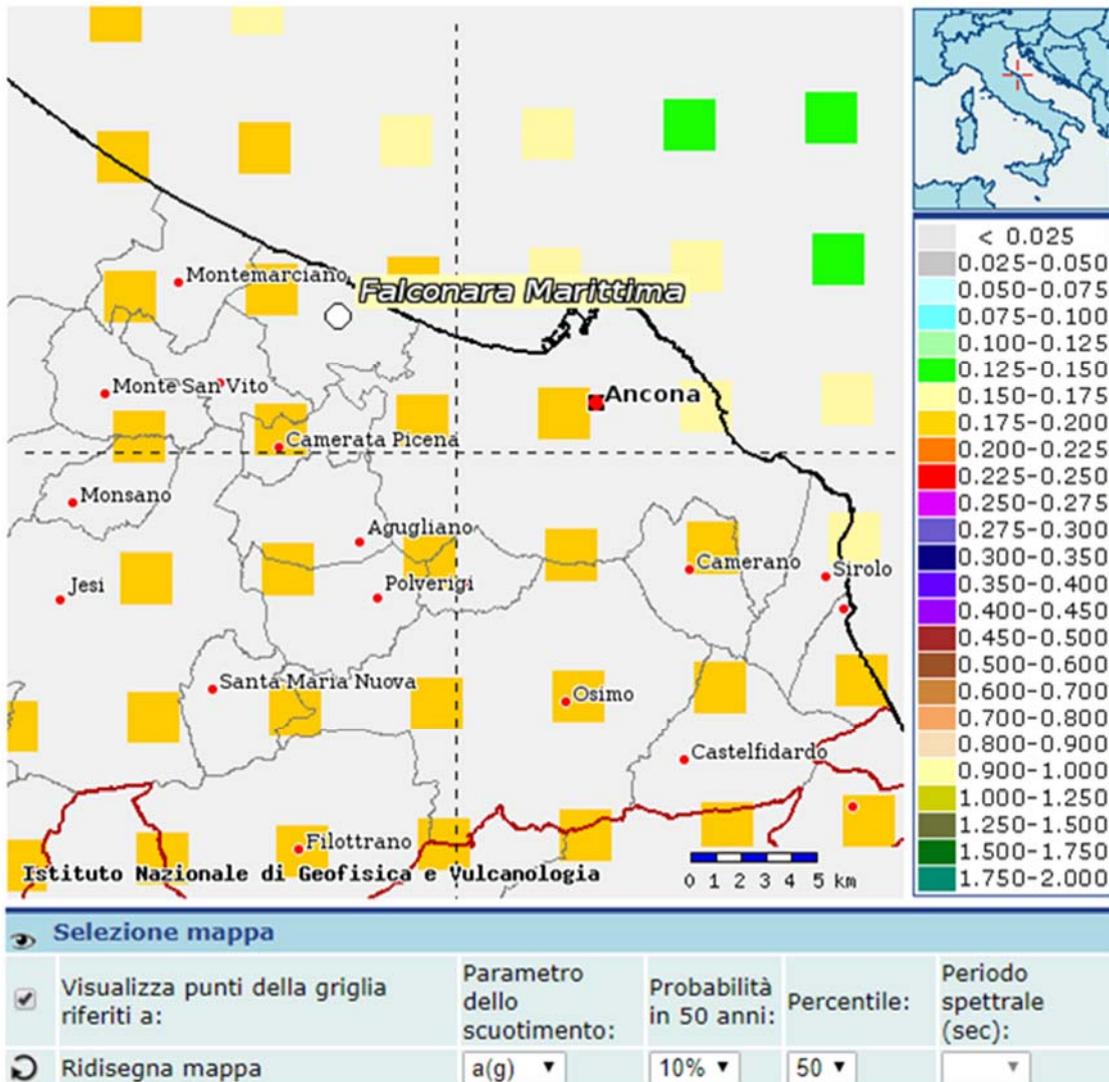


Figura 9-8 - Mappa interattiva di pericolosità sismica (fonte INGV)

Prendendo in considerazione la "Mappa interattiva della pericolosità sismica" del territorio nazionale, edita dall'INGV, si evince, per il territorio comunale di **Ancona** e di **Falconara Marittima**, una probabilità pari al 10% di raggiungimento o superamento di un'accelerazione di picco compresa tra **0.175** e **0.200** (g) su terreno rigido nell'intervallo temporale di 50 anni (Figura 9-8)

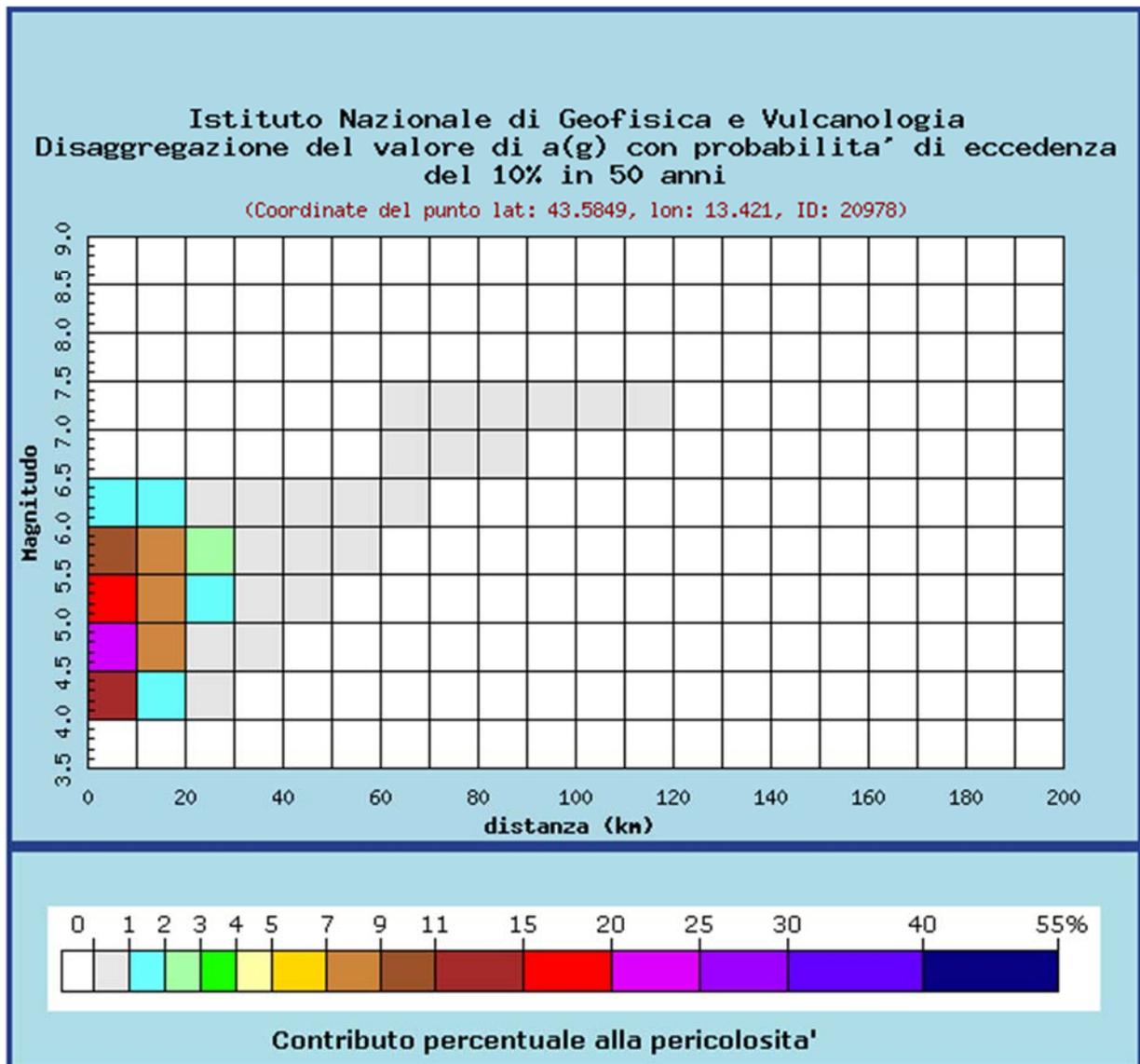


Figura 9-9 - Grafico inerente alla Disaggregazione del valore di $a(g)$

Dal grafico presente in Figura 9-9 si possono fare le seguenti conclusioni per SLV:

- Eventi sismici aventi Magnitudo (Mw) compresi tra 4.0 e 6.5;
- Distanze epicentrali R degli eventi comprese tra 0 e 30 Km.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.5849, lon: 13.421, ID: 20978)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	11.200	24.300	17.400	10.700	1.470	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.990	7.110	8.890	8.680	1.620	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.012	0.440	1.450	2.310	0.907	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.141	0.592	0.404	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.117	0.161	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.010	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.120	9.180	0.757

Figura 9-10 - Tabella dei valori Distanza/Magnitudo inerente alla Disaggregazione del valore di ag

In Figura 9-10 viene riportata l'indicazione della Magnitudo, della distanza e della deviazione standard del terremoto di scenario. Da questa risulta che la massima probabilità, pari al 24,3%, si ha per magnitudo compresa tra 4,5 e 5,0 con distanza epicentrale entro i 10 km.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), di cui al D.M. 14 gennaio 2008 successivamente aggiornate nel 2018, la definizione delle azioni sismiche viene legata non

più al Comune di appartenenza bensì al periodo di riferimento (a sua volta funzione della tipologia ed importanza dell'opera) ed alle coordinate geografiche specifiche del sito:

Il periodo di riferimento VR si ricava, per ciascun tipo di opera, moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \times CU$$

La vita nominale VN di un'opera è intesa come il numero di anni in cui la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Nel caso in argomento Vita nominale VN = 50 anni (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale).

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, in presenza di azioni sismiche, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. La classe d'uso viene stabilita sulla base della tipologia di viabilità.

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

Sulla base dei valori di VN e di CU sopra definiti ne consegue che il Periodo di Riferimento risulta pari a:

$$VR = VN \times CU = 50 \times 2 = 100 \text{ anni}$$

9.7 AZIONE SISMICA, CATEGORIA DI SUOLO E CONDIZIONI TIPOGRAFICHE

Le azioni sismiche vengono definite a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito ove ricadono le opere. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale (categoria di sottosuolo A, ammassi rocciosi o terreni molto rigidi con $V_{s,30}$: 800m/s), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

Sono individuati, in corrispondenza dell'origine del sistema di riferimento $T=0$ s, il valore $S_e = a_g \cdot S$ ed i valori TB (periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante) e TC (periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro), con $TB = TC/3$

Ai fini delle Normativa vigente le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su suolo rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nella relazione sismica sono forniti i valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche per tutti i siti interessati dal tracciato delle opere. Tali valori sono ottenuti interpolando, nei punti della maglia al cui interno ricade il comune interessato, i dati dei parametri a_g , F_0 e T_c^* forniti nell'allegato B alle Norme Tecniche per le costruzioni

La nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopracitate normative. Il profilo delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito

- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s è possibile determinare una velocità equivalente rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8.

Il calcolo della V_s equivalente viene eseguito utilizzando la seguente formula:

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

dove :

h_i spessore dell' i -esimo strato

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato

N numero di strati

H profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiori a 800 m/sec

La classificazione si effettua sulla base dei valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità o entro profondità inferiori nel caso si sia in presenza di un substrato sismico ($v_s > 800$ m/sec) profondità inferiori di 30 m. Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

Di seguito si riporta la originaria tabella contenuta nell'OPCM 3274/2003 in base allo schema di classificazione dei siti in vigore fino al 2008.

Classificazione del tipo di suolo secondo la nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 – NTC 14/01/2008		
Suolo	Descrizione geotecnica	V_{s30} (m/s)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m	>800
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360÷800
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri	180÷360

D	Depositi granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti	<180
E	Strati superficiali allentati (5 - 20 m) tipo C e D soprastanti substrato tipo A	
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (IP>40) e contenuto d'acqua	<100
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	<50

In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni", entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie A,B,C,D ed E eliminando le categorie S1 ed S2 prevedendo che nei casi in cui le condizioni di sottosuolo non siano classificabili nelle categorie A,B,C,D ed E è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale .

Classificazione del tipo di suolo secondo le Nuove NORME tecniche sulle costruzioni NTC 17/01/2018		
Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30(m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori ad 800 m/sec eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessori massimo pari a 3 m	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 e 800 m/sec.	360÷800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/sec	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 100 e 180 m/sec	100÷180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

Nell'ambito delle campagne d'indagini svolte nel 2011 per il Progetto Definitivo e nel 2008 per il progetto di alcuni viadotti sono state effettuate lungo il tracciato n° 7 verticali down-hole spinte fino a 25 (campagna 2008) e 30 m (campagna 2011) di profondità da piano campagna. Nella tabella che segue (Tabella 9.2) si riassumono i risultati delle suddette prospezioni Down hole con le relative classificazioni sismiche valutate in base alle NTC 2008 e succ. agg 2018 e alla OPC 3274/2003.

SONDAGGIO	CAMPAGNA	PROFONDITA'	VS ₃₀ O VS _{eq} in caso di fori inferiori ai 30/m	CATEGORIA SUOLO
SG4-DH1	2011	30	231	C
SG7- DH2	2011	30	270	C
SG14-DH4	2011	30	271	C
SG18-DH5	2011	30	257	C
SG23-DH6	2011	30	244	C
SG26-DH7	2011	30	259	C
DH2	2008	25	220	C

Tabella 9.1 - Categorie di suolo di fondazione (tab 3.2. II DM 18/01/2008)

I valori ottenuti dalle prove down hole risultano in generale congruenti con altre indagini sismiche di caratterizzazione effettuate da Anas in corrispondenza dei principali viadotti che mostrano valori sempre ben congruenti con Vs₃₀ compresa tra 210 e 300 m/s, confermando l'appartenenza alla categoria di suolo di fondazione tipo C.

Per le condizioni topografiche si fa riferimento alla seguente classificazione (Tabella 9.3)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 9.3 - Condizioni topografiche (DM 17/01/2018)

Le sopra espone categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

La morfologia del territorio in cui ricadono le opere è tale per cui è possibile considerare una categoria topografica media T1 da verificare in corrispondenza delle singole opere di progetto.

In funzione di una categoria topografica T1 ed utilizzando le tabelle del NTC 2008 si valuta un coefficiente di amplificazione topografica St uguale ad 1.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

9.8 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

In funzione delle caratteristiche granulometriche, stratigrafiche e idrogeologiche del sito si è ritenuto necessario procedere ad una verifica della suscettibilità alla liquefazione dei litotipi di fondazione del nuovo muro.

Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi.

Durante una sollecitazione sismica, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

- dal grado di addensamento;
- dalla granulometria e forma dei granuli;
- dalle condizioni di drenaggio;
- dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- dall'età del deposito;
- dalla profondità della linea di falda.

Normalmente con l'aumentare della profondità aumenta anche la resistenza alla liquefazione a causa dell'aumento della resistenza allo sconfinamento.

Per quanto stabilito dal D.M. 14/01/08 e succ. agg del 17/01/2018 nei confronti della liquefazione, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

-profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

-depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$,

-distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione (D.M. 14/01/08)

L'analisi dei risultati delle indagini eseguite in funzione delle considerazioni sopra fatte consente di escludere il rischio di liquefazione dei terreni presenti nell'area di progetto. La presenza di litotipi caratterizzati da un fuso granulometrico completo limoso argilloso e solo occasionalmente sabbioso e la assenza di terreni sabbiosi saturi nei primi 15 m a partire dal pc consente di considerare il rischio di liquefazione come nullo.

10. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato in progetto è compreso fra le progressive chilometriche pk 0+00 e pk 7+200 circa con numerazione che inizia da Falconara verso Ancona.

L'allargamento della carreggiata esistente avviene a monte rispetto la sede stradale attuale e si sviluppa prevalentemente in scavo su terreno naturale. Il nuovo asse stradale in progetto è posto quindi per la maggior parte in trincea, più raramente a raso, su rilevato o a mezza costa. L'altezza degli scavi ove possibile è stata limitata in modo da ridurre le spinte sulle opere di contenimento. I rilevati hanno altezze nell'ordine di 2 - 5 m, con valori massimi raggiunti in solo due tratte fino a circa 10 m. Rilevati con altezze del medesimo ordine sono già presenti in corrispondenza della sede stradale attuale. Le opere principali, poste in affiancamento di quelle esistenti, sono rappresentate dai viadotti Falconara II, Barcaglione, Orciani e Taglio I, e dalle gallerie naturali Barcaglione e Orciani. Opere minori sono costituite dai cavalcavia di sovrappasso sulla stessa SS16 e da sottovia in corrispondenza dello svincolo Torrette, oltre ai manufatti idraulici.

Dall'esame della carta geologica (Elab. T00-GE00-GEO-CG 01-07) e del profilo geologico ricostruito in scala 1:1.000/1:100 (Elab. T00-GE00-GEO-FG 01-09) si evince una diffusa presenza di depositi di copertura che mostrano, dalle indagini geognostiche e geofisiche, spessore metrico o plurimetrico. Al di sotto giace il substrato alterato avente spessore variabile fra 2 - 12 m, cui soggiace il substrato sano delle argille azzurre che si spinge sino a profondità molto superiori rispetto quelle raggiunte dalle indagini ed influenzate dalle opere.

Dalla carta geomorfologica si osserva come le perimetrazioni PAI si susseguano lungo buona parte del tracciato di progetto, spesso separate le une dalle altre da crinali che costituiscono aree stabili dove il substrato è sub-affiorante o a modesta profondità e dove storicamente sono allocati piccoli nuclei abitati o vecchie masserie. I rilievi fotogeologici, di superficie e strumentali hanno evidenziato come le perimetrazioni PAI non debbano essere viste come grandi ed uniche frane bensì rappresentano aree con una particolare vulnerabilità geomorfologica che si manifesta attraverso singoli e più contenuti fenomeni.

Il diffuso dissesto idrogeologico del tratto in studio, che sottolinea la sensibile pericolosità geomorfologica evidenziata da tutta la documentazione di pianificazione territoriale esaminata, deriva da una serie di cause che possono riassumersi nella natura argilloso limosa dei materiali presenti, nella diffusa estensione di coltri colluviali più o meno rimaneggiate, in condizioni di giacitura a franapoggio degli strati, nella scarsità del reticolo idrografico naturale, nell'assenza di una vegetazione naturale arborea e, per alcuni periodi dell'anno, anche erbacea, nelle pratiche agricole che arano e frantumano il terreno lasciandolo esposto agli agenti esogeni, nella diffusa presenza di condizioni di ristagno idrico, fossi di guardia e canali agricoli non rivestiti.

Nella stessa carta geomorfologica sono riportati i risultati dei rilievi di campagna e da foto aerea con rappresentazione delle aree di ristagno idrico, ruscellamento diffuso, ruscellamento concentrato, forme di accumulo, aree soggette ad erosione profonda, scarpate di degradazione, fenomeni di creeping e soliflusso. Le forme di accumulo, in particolare, sono distinte in attive, quiescenti ed inattive. Fra quelle attive è stata fatta una distinzione ulteriore in base al meccanismo fra colate, o misti colata/scivolamento, e scivolamenti. In carta si è inoltre riportata la rete di scoli e fossi di sistemazione agraria e/o idraulica, e sono cartografate le aree dove in corrispondenza della SS16 e della viabilità limitrofa sono state osservate le più evidenti fessurazioni in corrispondenza delle opere. E' opportuno chiarire in questa sede che la SS16 oggi e nei suoi anni di attività pur attraversando un contesto geomorfologico difficile ha mantenuto piena funzionalità; dalle informazioni disponibili risultano eseguiti periodici interventi di manutenzione/ripristino/consolidamento in contesti locali.

Le principali evidenze riscontrabili sul terreno relative a fenomeni deformativi attivi sono relative a colate corticali, talvolta passanti in profondità a scivolamento laddove interessano superfici maggiormente estese, condizioni di soliflusso o creep superficiale e stagionale. Questi fenomeni si concentrano all'interno delle coltri di copertura a composizione francamente argilloso limosa le quali, pervase da evidenti fessure da ritiro per essiccamento, rimaneggiate ed esposte agli agenti esogeni a seguito dell'aratura, private di qualsiasi copertura erbacea ed arborea, gravate da ristagni idrici e solcate da fossi e canali non rivestiti, a seguito delle piogge vengono permeate ed imbibite specialmente negli orizzonti superficiali. Localmente i fenomeni deformativi possono interessare anche le porzioni superficiali maggiormente alterate ed areate del substrato marnoso argilloso.

Le evidenze morfologiche di superficie connesse a fenomeni deformativi sono particolarmente evidenti fra la fine dell'inverno e la primavera; successivamente vengono almeno in parte spianate dalle pratiche agricole per ricomparire l'anno successivo. Laddove interessano viabilità esistenti o muri di contenimento sono molto più evidenti e marcate per la sovrapposizione delle deformazioni durante diversi cicli annuali.

Attorno ai corsi d'acqua principali e secondari, e più in generale alle linee di deflusso, si riconoscono marcati indizi di erosione superficiale e/o concentrata e/o franosità diffusa delle sponde.

In carta sono evidenti alcuni specchi d'acqua (invasi artificiali) che raccolgono l'acqua piovana per permetterne l'utilizzo, durante la stagione arida, a scopo agricolo. Tali bacini dal punto di vista geomorfologico rappresentano punti critici in quanto la stagnazione delle acque favorisce la saturazione delle coltri e le relativa instabilità. Non a caso attorno ad essi è spesso cartografato un perimetro di aree instabili e sono evidenti fessurazioni sul terreno. La scarsa manutenzione ha fatto sì che molti di questi si siano progressivamente riempiti nel tempo limitando così il relativo effetto.

Considerato che il tracciato in progetto rappresenta un allargamento in sede dell'attuale SS16, e che tale allargamento avviene sul lato di monte, buona parte del tracciato di progetto si sviluppa in corrispondenza di sezioni in scavo o più raramente in rilevato a mezza costa.

Per effetto dell'evidente vulnerabilità geomorfologica del tratto di territorio attraversato il progetto sostanzialmente esclude la presenza di scavi non sostenuti, introducendo in maniera praticamente sistematica opere di sostegno costituite da pali di grande diametro tirantate su più ordini. Tali opere fra le altre cose, impostate prima degli scavi, evitano o comunque minimizzano possibili detensionamenti a carico dei terreni. Riconosciuta una forte responsabilità delle acque superficiali e sub-superficiali nell'alimentare i fenomeni deformativi sono stati previsti sistematici fossi di guardia rivestiti in cls, tubazioni di raccolta, vasche di accumulo e più in generale sistemi di allontanamento delle acque superficiali. Tutte le acque captate dalle opere di sostegno vengono collettate ed allontanate.

Per i motivi di cui sopra le vasche di laminazione previste in progetto per l'invarianza idraulica sono state impermeabilizzate.

Lungo l'asse di progetto sono presenti alcuni interventi di stabilizzazione agroforestale (Figura 10-1) in corrispondenza dei quali non sono riscontrabili evidenze di fenomeni di dissesto attivo; essi confermano l'importante ruolo che può assumere una vegetazione erbacea ed arborea perenne nella mitigazione del dissesto idrogeologico. Il progetto ha quindi previsto una particolare cura nella rivegetazione delle scarpate estendendo questo intervento anche nelle aree d'impronta al di sotto dei viadotti.



Figura 10-1 - Interventi di stabilizzazione agroforestale attorno alla pk 6+000 circa

La diffusa estensione di paratie di pali di grande diametro tirantate in luogo dei muri di sostegno oggi presenti a monte della SS16, l'adozione di una rete di intercettazione e smaltimento delle acque superficiali e sub-superficiali e lo sviluppo di una vegetazione perenne

lungo le scarpate sono interventi volti a favorire non solo la stabilità delle opere in progetto ma incrementare, rispetto alla condizione attuale, il livello di sicurezza lungo la SS16 attenuando le criticità riscontrate. La funzionalità delle opere ed in particolare l'efficienza dei drenaggi e dei fossi di guardia dovrà essere periodicamente verificata e soggetta ad una attenta manutenzione.

Al fine di intercettare le colate che talvolta gravano sulla SS16 i cordoli delle paratie sono previsti fuori terra costituendo così una sorta di "muro di pulizia".

Tutti i ritombamenti sulle gallerie artificiali saranno realizzati con materiale avente le medesime caratteristiche tecniche e prestazionali del rilevato stradale.

Ad integrazione e completamento di quanto già esposto al paragrafo 7.1 di seguito viene proposta una descrizione del tracciato lungo le progressive crescenti.

I dissesti intercettati dal tracciato sono stati identificati dalla lettera F seguita da un numero progressivo nel caso di frane attive, e dalla lettera E seguita da un numero progressivo nel caso di fenomeni quiescenti. Questa numerazione è riportata anche sulla cartografia geomorfologica ricostruita in scala 1:2.000.

A partire da inizio intervento il primo tratto posto in fregio all'attuale SS76 fra le pk 0+000 e 0+450 circa si sviluppa in scavo protetto da una paratia di pali di grande diametro (OS01) a monte della quale rimane l'inclinometro SG1. Le letture su questo strumento sono contrastate con spostamenti modesti, anomali nel tempo e della direzione spinti fino alla profondità massima di circa 6 m da p.c. All'interno delle aree PAI 12-0112 e PAI 12-0098 non sono stati riscontrati fenomeni franosi attivi ma ondulazioni riconducibili a fenomeni inattivi- quiescenti o condizioni di ruscellamento diffuso. Non si segnalano lungo la SS76, protetta lato monte da un alto muro in c.a., fenomeni fessurativi o lesioni. Le sezioni geologiche interpretative 17-19-23 ed il profilo geotecnico illustrano i rapporti esistenti fra i diversi terreni in conformità con un approccio cautelativo alle risultanze inclinometriche che ha portato a considerare la presenza di una possibile superficie di scivolamento posta attorno alla profondità massima di 6 m da p.c., che non interferisce con le opere in progetto.

Lo svincolo di Falconara si sviluppa circa fra le pk 0+500 – 1+000 prevalentemente su rilevato in un'area dove non sono evidenti sul terreno fenomeni deformativi ma solo di erosione concentrata in alveo. Sono presenti condizioni di ristagno idrico, incisioni minori o canali e ondulazioni riconducibili a fenomeni quiescenti o inattivi. Gli scavi sono protetti da una paratia di pali di grande diametro (OS19). Lo svincolo, a margine del quale ricade l'inclinometro SG4 che evidenzia spostamenti superficiali assai modesti nel periodo 2011- 2012, senza incrementi apprezzabili fino al 2017, non interessa aree PAI.

Dalla pk 1.000 alla pk 2.300 circa il tracciato attraversa un settore caratterizzato da evidenze riconducibili a condizioni di soliflusso, ruscellamento diffuso, fenomeni di dissesto attivi, quiescenti o inattivi posti sia a monte che a valle del tracciato. Diversi sono i ristagni idrici così come diffusi sono i canali e scoli di sistemazione agraria. Tutta l'area ricade entro il perimetro

della frana PAI R2 F-12-0060 P1. Attorno alla pk 1+160 si incontra una colata superficiale (dissesto F1), il cui coronamento è individuabile immediatamente a monte rispetto all'attuale SS16. La genesi è imputabile a ristagni idrici localizzati all'imbocco di un sottopasso promiscuo (idraulico e per mezzi agricoli) che, deformato in più parti, ostacola il deflusso idrico. L'asse stradale in questo tratto viene spostato significativamente verso valle allontanandolo dall'area in dissesto. E' inoltre prevista la demolizione del sottopasso e la relativa sostituzione con una nuova opera idraulica. Alcune deformazioni a carico dell'attuale SS16 e fessurazioni sui muri di sostegno si notano in corrispondenza delle corsie di accelerazione e decelerazione dell'area di servizio (lato monte) fra le pk 1+400 e pk 1+500 (dissesto F2); sono probabilmente un'eredità dei lavori di realizzazione del piazzale della stessa area di servizio; non si registra una evoluzione delle deformazione nel 2017 rispetto ai rilievi del 2012. Un ampio fenomeno misto colata/scivolamento si trova a monte del piazzale dell'area di servizio; è stato oggetto di uno specifico monitoraggio e di opportuni interventi di consolidamento nel periodo 2000-2001. Ulteriori opere di mitigazione sono state realizzate nel corso dell'anno 2016; i rilievi eseguiti nel 2017 hanno confermato un deciso miglioramento delle condizioni di stabilità

L'attraversamento di questo settore ha comportato il ricorso a paratie di pali di grande diametro (opere OS04, OS06, OS02) a sostegno degli scavi anche laddove le altezze sono estremamente contenute (Figura 10-2). Nei tratti dove lo sbalzo è maggiore sono previste fino a due file di tiranti.

Le sezioni geologiche interpretative ed il profilo geotecnico illustrano i rapporti fra i terreni evidenziando la presenza quasi continua di opere di sostegno ed altezze di scavo generalmente contenute.

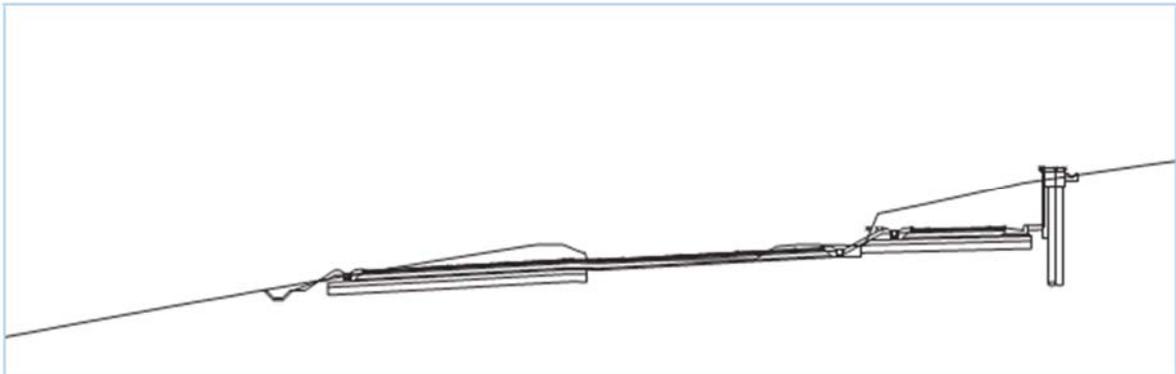


Figura 10-2 - Sezione trasversale alla pk 1+280. Corsia di decelerazione area di servizio lato Ancona

Un dosso divide la perimetrazione PAI R2 F-12-0060 P1 dalla successiva perimetrazione PAI R2 F-12-0034 P3, che si pone circa fra le pk 2.300 – 2800 occupando l'area depressa scavalcata dal viadotto Falconara II. In corrispondenza del viadotto Falconara II sono censiti fenomeni di soliflusso superficiale, ruscellamento ed erosione concentrata con erosione laterale delle scarpate fluviali. Gli spessori delle coltri maggiormente allentate, coinvolte dalle deformazioni

superficiali, sono compresi fra 1 – 2 m come evidenziato dalle indagini sismiche e dai riscontri sui tubi inclinometrici SG6 ed SG7 posti ai due estremi dell'opera. La spalla sud del Viadotto Falconara II e l'imbocco della limitrofa Galleria Barcaglione intercettano un deposito di frana quiescente (E3) caratterizzata da spessori massimi di circa 5 m. Dal punto di vista geologico-geotecnico le condizioni del viadotto attuale, fondato su pali di grande diametro, e la mancanza di lesioni o fessurazioni sulle opere confermano la sostanziale stabilità delle aree. Le fondazioni dell'opera sono previste su pali di grande diametro con plinti intestati ad una profondità non inferiore a 3 m da p.c. in modo da superare le coltri sul substrato per quanto alterato. La sezione geologica, il profilo geotecnico generale ed il profilo geotecnico del viadotto Falconara II illustrano i rapporti fra i terreni in corrispondenza del rilevato di approccio al viadotto.

La galleria Barcaglione posta fra le pk 2.810 – 3.400, al cui imbocco nord viene intercettata la frana quiescente E3 sopra citata, attraversa un crinale con l'inclinometro SG8 posto in corrispondenza del tratto in naturale ed a valle di una serie di abitazioni. Le deformazioni registrate dallo strumento sono modeste e senza apprezzabili incrementi fra il 2012 e 2017; congruentemente nessuna evidente lesione è stata osservata sulle vicine abitazioni. La galleria naturale rimane in buona parte esterna alle perimetrazioni PAI e si sviluppa prevalentemente nel substrato argilloso alterato con interessamento delle coltri di copertura in zona d'imbocco e calotta. La particolarità di quest'opera consiste nella bassa copertura che, unitamente alle modeste caratteristiche dei terreni, ha reso necessario la previsione di un sistematico ricorso a interventi di preconsolidamento al contorno ed al fronte. Un fabbricato di civile abitazione si trova ad una distanza di 25 m, copertura minima circa 10 m, dall'asse galleria (lato monte). Non sono attese ripercussioni sulla struttura ma, cautelativamente, si prevede il relativo monitoraggio ed uno stato di consistenza nella fase immediatamente ante operam.

Entrambi gli imbocchi della galleria ed i tratti in artificiale saranno approcciati mediante scavi sostenuti da paratie di pali di grande diametro. Particolare sviluppo ha il tratto in artificiale lato Torrette (oltre 350 m) della galleria, in modo da scavalcare completamente la perimetrazione PAI R2 F-13-0187 P2 entro la quale è stata cartografata una colata attiva (dissesto F3 fra le pk 3+110 e 3+275), passante in profondità a scivolamento, che rappresenta la parziale riattivazione della sottostante frana quiescente E4. La spiccata pericolosità del settore è sottolineata dal fatto che qui Anas è dovuta intervenire più volte, anche recentemente, con interventi di pulizia, messa in sicurezza, consolidamento, manutenzione e ripristino per far fronte a colate che si riversavano sulla carreggiata stradale. Le deformazioni registrate dall'inclinometro SG9bis mostrano un interessamento dell'intero spessore della coltre colluviale e, probabilmente, anche della porzione più superficiale del substrato alterato sino alla profondità di 5,5 m da p.c. Gli attuali muri di contenimento della SS16 mostrano fessurazioni e disallineamenti in corrispondenza dei giunti. Il tratto in artificiale viene realizzato all'interno della protezione di una doppia fila di pali di grande diametro contrastati dalla stessa struttura dell'artificiale. Poco oltre l'inclinometro SG9bis ed esternamente alla frana attiva cartografata è installato l'inclinometro SG11, che rileva

una situazione di sostanziale stabilità fatta eccezione per spostamenti corticali. Le sezioni geologiche interpretative, il profilo geotecnico di progetto ed il profilo geomeccanico della galleria Barcaglione illustrano i rapporti esistenti fra i terreni in corrispondenza dei tratti in naturale ed artificiale, ed in particolare gli spessori coinvolti dai fenomeni di colata e scivolamento attivi.

In prossimità della spalla meridionale del viadotto Barcaglione si incontra una frana quiescente (E5); gli spessori delle coltri maggiormente allentate e coinvolte dalle deformazioni superficiali sono compresi fra 1 – 2 m come evidenziato dalle indagini sismiche.

In prossimità della spalla lato Torrente del viadotto Barcaglione è installato l'inclinometro SG14 che alla misura del 2017 risultava interrotto alla profondità di 1,5 m da p.c. Le condizioni del viadotto attuale, fondato su pali di grande diametro, e l'assenza di quadri fessurativi lungo l'opera confermano la sostanziale stabilità dell'area al di là di deformazioni superficiali. Per il viadotto sono previste fondazioni su pali di grande diametro con plinto posto a profondità non inferiore a 3 m in modo tale da superare le coltri superficiali areate poggiando sul substrato in posto, per quanto alterato. Il profilo geotecnico di progetto ed il profilo geotecnico del viadotto Barcaglione illustrano i rapporti esistenti fra i terreni.

Raggiunta la Pk 3+980 e fino alla 4+240 si rileva la presenza del dissesto F4 imputabile alla circolazione idrica superficiale che ha innescato alcune colate attive e fenomeni quiescenti e inattivi a monte e valle della SS16, oltre a condizioni di soliflusso ed erosione concentrata in alveo con franosità delle sponde. Al centro di questo settore si trova il viadotto Orciani, in corrispondenza del quale non sono segnalati fenomeni deformativi ricadenti in asse all'opera esistente ed a quella in progetto. Alcune evidenze a valle sono imputabili a erosione concentrata per restituzione e concentrazione delle acque ruscellanti raccolte lungo l'attuale sedime stradale. La carreggiata attuale del viadotto, che in fondazione non mostra alcuna lesione o fessurazione, rimane in viadotto con fondazioni su pali di grande diametro e plinto posto ad oltre 3 m da p.c. La conformazione del terreno non ha permesso però di realizzare un viadotto anche sulla carreggiata di monte. E' stato quindi previsto un rilevato protetto/sostenuto al piede da un muro tirantato fondato su pali di grande diametro allo scopo di migliorare la stabilità del complesso opera/terreno limitando l'ingombro del rilevato stesso, che viene allontanato dalle fondazioni del viadotto evitando al contempo possibili retrogradazioni dei fenomeni erosivi cartografati a valle (Figura 10-3).

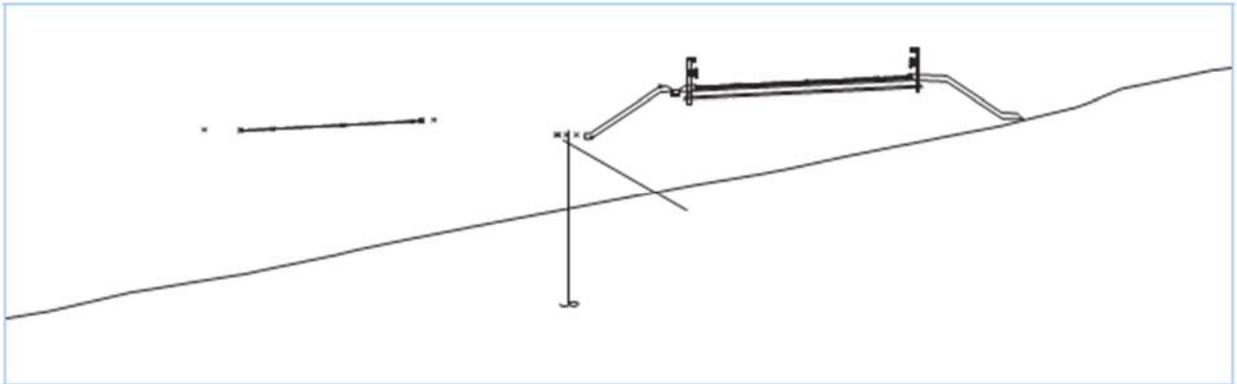


Figura 10-3 - Sezione trasversale alla pk 3+940 con viadotto in carreggiata di valle e rilevato (con paratia di pali al piede) in quella di monte.

Alcune colate superficiali, che talvolta in passato hanno portato del materiale sulla carreggiata stradale, sono cartografate fra le pk 4+080 – 4+300. A monte sono segnalati fossi in terra non rivestiti che contribuiscono ad imbibire le coltri. In questo settore si incontra il dissesto F4bis monitorato dagli inclinometri SG16 e SG13In, che mostrano deformazioni contenute rispettivamente a 8 m e a 13 m dal p.c.. La sezione stradale di progetto è in scavo e va ad eliminare una parte delle coltri soggette a fenomeni di colata. La geometria del dissesto, in assenza di qualunque tipo di evidenza superficiale, è stata eseguita utilizzando le letture inclinometriche e geometrizzando il corpo franoso anche in base a back analisi geotecniche.

A protezione della carreggiata, sul lato di monte è prevista una lunga paratia costituita da una doppia fila di pali di grande diametro (opera OS11) con un numero di livelli di tiranti variabile da 1 a 3 (Figura 10-4). Anche a valle della carreggiata è presente una paratia costituita da doppia fila di pali di grande diametro (opera OS25b) con 1 ordine di tiranti.

Attorno alla pk 4+200 è cartografato anche un dissesto a valle dell'asse stradale imputabile, almeno in parte, alla concentrazione e restituzione delle acque intercettate dalla carreggiata stradale.

Alle date dei sopralluoghi nessun evidente quadro deformativo o lesione si registra in corrispondenza della SS16.

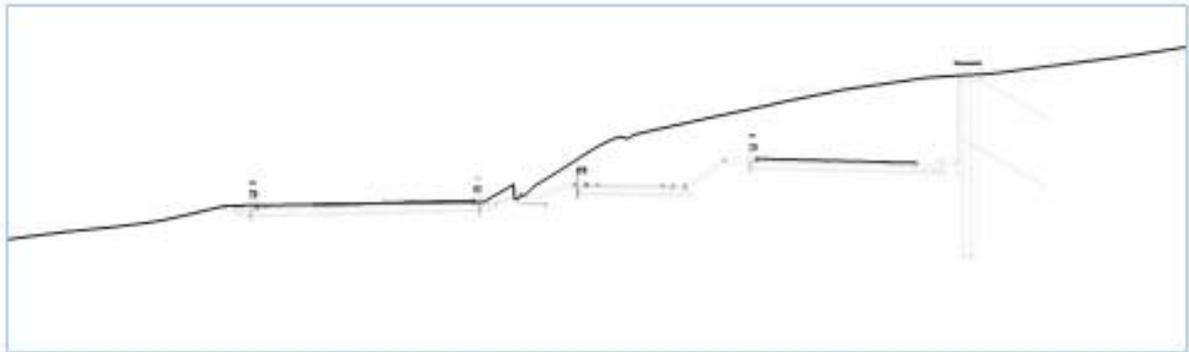


Figura 10-4 - Sezione trasversale alla pk 4+100 con paratia tirantata lato monte.

Fra le pk 4+420 – 4+480 circa un crinale interessato da dissesti (dissesto F5) viene superato dalla galleria naturale Orciani. La buona stabilità generale di questo ambito è confermata dai riscontri sull'inclinometro SG17 e dalla presenza di alcune abitazioni sulla verticale ed in adiacenza della galleria. La Orciani come e più della Barcaglione si sviluppa prevalentemente all'interno del substrato alterato, con interessamento delle coltri di copertura in zona d'imbocco e calotta. La particolarità di quest'opera consiste nella bassa copertura che, unitamente alle modeste caratteristiche dei terreni, ha reso necessario un sistematico ricorso a interventi di preconsolidamento al contorno ed al fronte. Come sopra anticipato lungo lo sviluppo del tratto in naturale sono presenti due fabbricati ricadenti all'interno di un'unica proprietà. Per il più piccolo dei due, che si trova esattamente sulla verticale della galleria con coperture nell'ordine di circa 7m, è stato previsto l'esproprio. Il fabbricato più grande rimane invece almeno 30 m a monte dell'asse stradale; per esso si prevede un monitoraggio ed uno stato di consistenza nella fase ante operam. Gli imbocchi vengono risolti con paratie di pali di grande diametro. Analogamente paratie provvisorie di pali di grande diametro proteggono da ambo i lati gli scavi dei tratti in artificiale. Il profilo geomeccanico della galleria Orciani illustra i rapporti esistenti fra i terreni.

Fra l'imbocco est della galleria naturale Orciani pk 4+520 circa e la pk 4+950 circa sono presenti i dissesti attivi F6 ed F7 (all'interno della perimetrazione PAI R2 F-13-0178 P3) posizionati rispettivamente all'imbocco est della galleria Orciani, attorno alle pk 4+520 - 4+625 e attorno alle progressive pk 4+900 e 4+950. Tali dissesti saranno attraversati in corrispondenza di un tratto posto in artificiale protetto su ambo i lati da paratie di pali di grande diametro. L'inclinometro SG18 posto a monte dopo aver segnalato deformazioni piuttosto evidenti sino alla profondità di 4 m da p.c. nel corso della misura del 2017 è risultato non operativo a causa di una eccessiva deformazione. Dissesti planimetricamente più estesi sono confinati a valle del tracciato di progetto e della attuale SS16 e sono attribuibili a colate superficiali e fenomeni di erosione concentrata; i rilievi del 2017 hanno evidenziato una retrogradazione del fenomeno

erosivo con una maggiore apertura di alcune fessure già precedentemente osservate sui muri in fregio all'imbocco lato Torrette della galleria (lato valle).

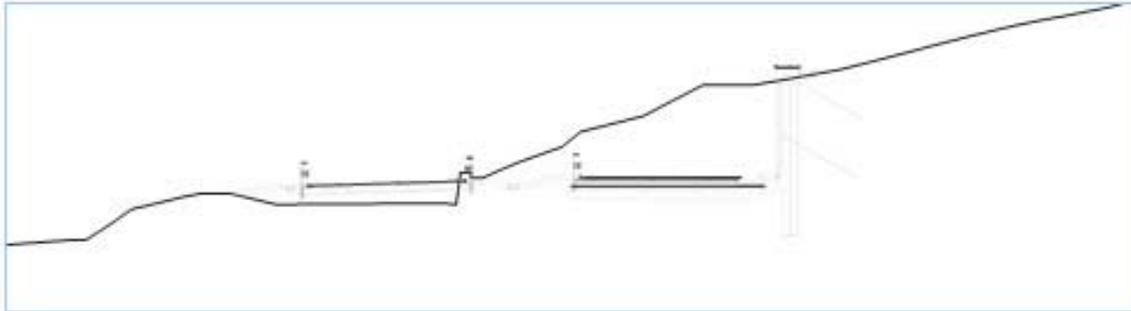


Figura 10-5 - Sezione trasversale alla pk 4+820 con paratia tirantata lato monte.

Fra le pk 4+950 e pk 5+500 si sviluppa un crinale principale lungo il quale non sono censite aree PAI e non sono evidenti lesioni a carico della SS16. Fanno eccezione locali evidenze di soliflusso superficiale ed una colata, denominata Dissesto F8 (pk 5+400-5+500), che costituisce la riattivazione della frana quiescente E6, che prenta deformazione del sedime stradale di Via del Barcaglione, a cavallo della pk 5+480, dove si riscontrano modesti rigonfiamenti sul terreno. L'inclinometro SG19bis mostra spostamenti estremamente contenuti in ragione dell'ampio periodo di osservazione non sempre congruenti con la morfologia e comunque superficiali. L'allargamento della SS16 avviene ancora sul lato di monte dov'è prevista una modesta altezza di scavo sostenuta da una paratia di pali di grande diametro tirantata con drenaggi profondi sul fronte e fosso di guardia rivestito a tergo. A valle il dislivello con l'attuale SS16 viene risolto con un muro in c.a (vedi Figura 10-6). L'area in dissesto interclusa fra la SS16 e via del Barcaglione è interamente soggetta ad esproprio; qui si è prevista una bonifica del materiale in sito per uno spessore di circa 2 m (evidenziato dalla indagini sismiche) oltre ad una sistemazione idraulica dell'intera area con canalette e fossi di guardia rivestiti. Le sezioni geologiche interpretative, il profilo geotecnico di progetto ed il profilo geotecnico delle opere minori (cavalcavia n° 3) illustrano i rapporti fra i terreni e gli spessori delle coltri instabili soggette a fenomeni deformativi attivi.

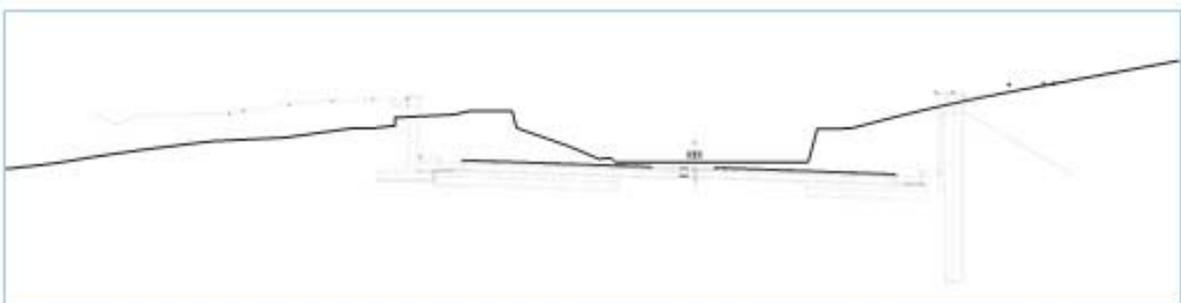


Figura 10-6 - . Sezione alla pk 5+400 con paratia di pali lato monte e muro in c.a. lato valle.

Fra le pk 5+500 e 6+000 si attraversa un'area, cartografata nella perimetrazione PAI R2 F-13-0173 P3, nella quale però non si riscontrano dissesti a carico della SS16 ed anche le evidenze sul terreno a monte della stessa SS16 sono piuttosto modeste e limitate. Una sistemazione agroforestale puntualmente cartografata evidenzia la mitigazione del dissesto idrogeologico che può essere ottenuta garantendo una copertura perenne erbacea ed arborea. A valle del tracciato è presente un vaso utilizzato a scopo irriguo il cui riempimento sembra essere il motore di fenomeni deformativi recenti e quiescenti posti attorno alle sponde, oltre a diffuse condizioni di erosione incanalata e di sponda in corrispondenza dell'impluvio che lo alimenta. Il profilo geotecnico di progetto illustra i rapporti fra i terreni in un tratto che si sviluppa a mezza costa o su bassi rilevati.

Fra la pk 6+000 e 6+250 circa ha inizio un tratto in scavo di approccio allo svincolo di Torrette. Evidenze di piccole colate superficiali poste in fregio all'attuale SS16 sono segnalate attorno alla pk 6+050 - 6+250, tratto in cui si riscontrano dapprima la frana quiescente E7 ed il dissesto F9. L'allargamento della sezione in progetto avviene verso monte asportando parte delle coltri instabili e sostenendo gli scavi mediante una lunga paratia di pali di grande diametro tirantata (OS13) con dreni al fronte e fossi di guardia. I rapporti fra i terreni sono illustrati nelle sezioni geologiche interpretative 301-309-311 oltre che nel profilo geotecnico di progetto e nel profilo geotecnico delle opere minori (cavalcavia 4). Tutta l'area è già stata oggetto di sistemazione agroforestale mediante interventi di ingegneria naturalistica.

Superata la pk 6+250, lo svincolo di Torrette ricade in corrispondenza di un ampio dosso ed in area esterna a perimetrazioni PAI; solo la porzione orientale ricade nell'area PAI R2 F13-0162 (P2). Fenomeni di erosione diffusa e dissesti superficiali sono evidenti a valle del viadotto Taglio I, attorno alle pk 6+350 - 6+480 circa (dissesto quiescente E8), specie a margine delle incisioni che convogliano l'acqua verso il bacino idrico posto più a valle. In quest'area sono presenti alcune trincee drenanti realizzate da Anas intorno alla metà degli anni '70 la cui efficienza deve essere mantenuta/ripristinata nel corso dei lavori. Paratie di pali di grande diametro proteggono le attuali corsie di svincolo. Nei tratti in scavo pur con altezze ridotte si sono previste paratie di pali di grande diametro (Figura 10-7) a sostegno dei terreni. I rilevati hanno in quest'area le massime altezze e per limitarne gli ingombri sono localmente sostenuti da muri fondati su pali. Per il viadotto Taglio, che scavalca l'area depressa entro la quale sono realizzate le trincee drenanti, sono previste fondazioni su pali di grande diametro e plinti attestati ad oltre 3 m da p.c. in modo da poggiare direttamente sul substrato in posto, per quanto alterato. In corrispondenza di quest'opera ed immediatamente a margine della carreggiata attuale è posizionato l'inclinometro SG23 che pur con deformazioni non sempre coerenti con la morfologia evidenzia dinamiche sostanzialmente stagionali e superficiali.

Un ultimo dissesto denominato F10 interessa una rampa dello svincolo torrette .

Le sezioni geologiche interpretative 330-332-334-342-343-345-347-357-350, il profilo geotecnico di progetto, il profilo geotecnico delle opere minori (sottovia 1 e 2) ed il profilo geotecnico del viadotto Taglio illustrano i rapporti fra i terreni.

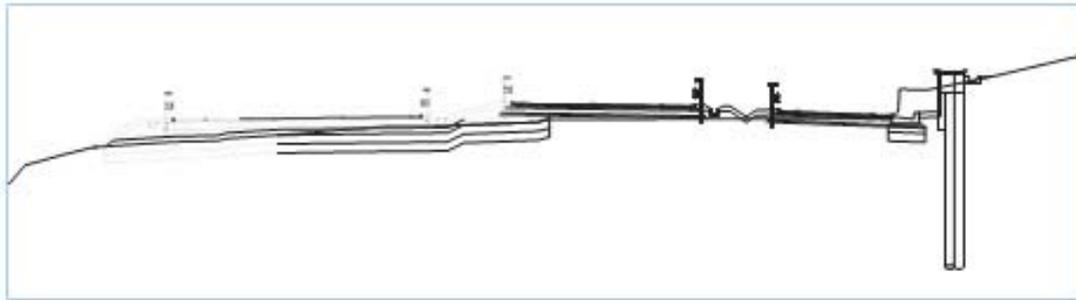


Figura 10-7 - Sezione 6+280 con paratia di pali a monte pur in presenza di scavi modesti

11. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO E CONSIDERAZIONI PROGETTUALI

Il modello geologico di riferimento per la progettazione è tarato sulla base di rilievi di campagna, studio su foto aeree, risultanze delle indagini geognostiche pregresse, indagini geognostiche specificamente effettuate per la revisione del progetto definitivo e risultanze del monitoraggio piezometrico ed inclinometrico eseguito. I relativi risultati sono riassunti nella documentazione cartografica a corredo del presente progetto, ed in particolare nella carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica, profilo geomeccanico e sezioni geologiche trasversali.

I risultati delle indagini sono contenuti negli specifici elaborati e suddivisi per tematiche (indagini geognostiche, indagini geofisiche, prove di laboratorio, monitoraggi, indagini pregresse).

In estrema sintesi gli elementi caratterizzanti il tracciato in studio possono riassumersi in:

- substrato marnoso argilloso consistente e francamente sovraconsolidato ma alterabile dagli agenti esogeni e pertanto assai raramente visibile in affioramento;
- estesa presenza di depositi di copertura sostanzialmente limoso argillosi, di spessore metrico, derivanti dal sottostante substrato per fenomeni di erosione, trasporto e/o rimaneggiamento;
- fra substrato sano e coltre colluviale si localizza uno strato intermedio definito substrato alterato, o deposito eluviale. Lo spessore è variabile da luogo a luogo. Nella parte sommitale mostra caratteristiche compatibili con i materiali di copertura, nella parte basale con il sottostante substrato sano;
- la circolazione idrica è complessa e frammentata, governata da sostanziali condizioni di modesta permeabilità/impermeabilità. I piezometri installati e monitorati su base annuale mostrano livelli idrici posti a profondità mediamente comprese fra 2 – 5 m da p.c. ovvero prevalentemente entro i depositi di copertura o fra questi e il substrato. Per il dimensionamento delle opere di sostegno si è voluta considerare, cautelativamente ed indipendentemente dalla presenza dei sistemi di drenaggio, una profondità di falda comunque non superiore a 2 m da p.c.;
- condizioni di dissesto idrogeologico ed elevata pericolosità geomorfologica diffusi e tali da costituire l'elemento caratterizzante del progetto. Sono imputabili ad una serie di cause preparatorie (natura litologica del substrato, diffusione di coltri di materiale sciolto prevalentemente coesivo), predisponenti (fattore antropico che ha determinato la scomparsa della vegetazione arborea sostituita da pratiche agricole che lasciano scoperto il terreno, carenza di una rete di deflusso idrico naturale sostituita da canali e

scoli agricoli non rivestiti, aratura periodica che rimaneggia ed espone agli agenti esogeni (precipitazioni superficiali) e determinanti (ristagno idrico con conseguente assorbimento d'acqua, pratiche agricole mal condotte, fenomeni meteorici intensi e persistenti, accumuli di materiale di riporto, scavi non adeguatamente sostenuti).

Il modello stratigrafico e geotecnico di riferimento è concettualmente semplice e relativamente omogeneo, caratterizzato da un substrato argilloso consistente cui si sovrappongono orizzonti che rappresentano un diverso e progressivo grado di alterazione crescente verso l'alto. In pratica, e con spessori variabili dà luogo a luoghi come dettagliatamente illustrato nel profilo geologico e geotecnico e nelle sezioni geologiche trasversali, sono presenti le principali unità:

-Depositi antropici (Olocene) "MUSnR";(Unità' geotecnica R)

-Depositi di frana attiva o quiescente (Olocene) "MUSa1a" - MUSa1b – Unità' Geotecnica F)

-Coltri eluvio-colluviale con e senza torba (Olocene) "MUSb2A-A1" – (Unità geotecniche A1-A2)

-Depositi alluvionali terrazzati (Olocene) "MUSbn" .

-Argille Azzurre (Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore-medio) – "FAA" – FAAb - FAAalt (Unità geotecniche A-B-C)

Per maggiori dettagli sulle unità geotecniche si rimanda alla relazione geotecnica generale.

Con riferimento al profilo geologico ed al profilo geotecnico è qui opportuno specificarne la relativa modalità di costruzione adottata in progetto. Il profilo del terreno è tracciato in corrispondenza dell'asse della pista per Ancona. Trattandosi di un allargamento verso monte di una strada esistente tale asse ricade in prossimità del ciglio di monte dell'attuale SS16. Il profilo illustra quindi i terreni e la relativa variabilità con riferimento ai lavori di allargamento previsti. Per un più completo inquadramento, e per meglio comprendere i rapporti fra viabilità esistente e viabilità in allargamento, si rimanda alle sezioni geologiche interpretative.

Dal punto di vista geotecnico i terreni indagati sono riconducibili ad argille inorganiche ad alta plasticità.

Le prove con pocket penetrometer e torvaine, condotte sistematicamente sulle carote provenienti dai sondaggi, mostrano un progressivo incremento del grado di consistenza con la profondità, ovvero con la diminuzione del grado di decompressione ed alterazione.

Come risulta dalla relazione geotecnica le differenze fisiche e tecniche fra le diverse unità sono in buona parte riconducibili ad una diminuzione del grado di alterazione e decompressione con la profondità, in ottima coerenza con l'andamento dell'indice di plasticità IP. In particolare per l'indice di plasticità IP si hanno i seguenti campi di valori:

20 – 45 % per unità A;

20 – 40 % per unità B;

20 – 35 % per unità C che si riducono a 20 – 25 % al di sotto dei 20 m di profondità

Gli orizzonti superficiali mostrano un contenuto naturale d'acqua superiore al limite di plasticità; procedendo verso il basso il contenuto d'acqua diminuisce portandosi a valori prossimi ed inferiori ad Ip.

Per i parametri di resistenza e di rigidità desunti dalla caratterizzazione geotecnica dei terreni si rimanda alla relazione geotecnica generale.

L'unità F, corrispondente ai principali fenomeni franosi attivi individuati dai rilievi geomorfologico di campo, dallo studio fotogeologico e dal monitoraggio inclinometrico.

I sondaggi mostrano uno spessore di terreno vegetale compreso fra 20 – 50 cm, con eccezionali punte (in stratigrafia) di 1 m. Le stratigrafie dei pozzetti mostrano uno spessore del vegetale pari a 50 cm, con l'eccezione di PZ 5 dove sono indicati 40 cm e di PZ1 dove sono 70 cm. In ambito progettuale si è considerato uno spessore medio del terreno vegetale pari a 50 cm. In corrispondenza dei piani di posa dei rilevati si è quindi previsto uno scotico di 20 cm con successiva bonifica di ulteriori 30 cm.

Alla profondità di 50 cm da p.c. sono state eseguite prove di carico con piastra in corrispondenza dei singoli pozzetti. Tali prove, effettuate durante la stagione arida e quindi con terreno asciutto, sono normalmente negative al primo ciclo di carico e positive al secondo. In considerazione del fatto che le aree in progetto sono rappresentate da terreni agricoli dove l'aratura si è spinta in profondità, della spiccata alterabilità delle argille e della possibile escursione della falda, sul piano di posa di rilevati e trincee è stata prevista una stabilizzazione a calce del terreno in sito per ulteriori 50 cm. In corso d'opera ed in coerenza con il capitolato norme tecniche l'eventuale riscontro di terreni cedevoli impone l'adozione di una maggiore bonifica. Sul terreno trattato è prevista la posa di un geotessuto avente funzione di separazione. La bonifica viene colmata con materiale proveniente da scavi trattato con calce. Alla quota dell'originario piano campagna si è prevista, in ragione della modesta profondità della falda, la posa di un anticapillare costituito da materiale arido avvolto da geotessuto.

I rilevati stradali saranno realizzati con materiale proveniente da scavi opportunamente trattato con calce. Ciò risponde alle prescrizioni sul progetto definitivo posto a base di gara, e permette di ridurre sensibilmente il ricorso a cava di prestito minimizzando gli spostamenti di mezzi da e per il cantiere.

Gli spessori di scotico e di trattamento previsti in progetto sono pari a:

- scotico 30 cm + bonifica 20 cm per Asse principale,
- scotico 20 cm + bonifica 30 cm per le rampe di svincolo e viabilità minori,
- scotico 20 cm + bonifica 50 cm per le rampe del CV03 e CV0474.

La bonifica del terreno dovrà essere effettuata con idoneo materiale arido o con materiale da rilevato; al di sopra del piano di posa verrà predisposto uno strato anticapillare dello spessore di 30 cm con ghiaie lavate, pezzature 30-75 mm, separato dal piano di posa da uno strato filtrante in tessuto non tessuto.

Al di sotto dello strato bonificato si prevede, inoltre, la stabilizzazione a calce del terreno per uno spessore di 50 cm per migliorare le caratteristiche meccaniche del terreno.

In questa fase progettuale è stato proposto l'impiego per la costruzione dei rilevati dei materiali stessi provenienti dagli scavi anche qualora argilloso-limosi, resi idonei mediante trattamento di stabilizzazione con calce e/o cemento.

Un terreno trattato con leganti chimici quali calce e/o cemento è una miscela composta da terra, calce viva o idrata e/o cemento ed acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche della terra.

Finalità del trattamento con legante chimico è l'ottenimento di una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica, con miglioramento delle sue caratteristiche di deformabilità e della stabilità all'azione di acqua e gelo.

Trattando con legante a calce o cemento i materiali di scavo di natura argilloso-limosa o di caratteristiche geotecniche scadenti si prevede la realizzazione di strati di rilevato, di sottofondo o di fondazione costituiti in materiale stabilizzato.

Le normative di riferimento sono la CNR BU 36/73 in ambito italiano e la UNI EN 14227:2006 dal titolo "Miscele con leganti idraulici" che nella parte 10 tratta le stabilizzazioni a cemento e nella parte 11 tratta le stabilizzazioni a calce.

Il nostro progetto prevede la stabilizzazione a calce di uno spessore di circa 50 cm di terreno al di sotto dello strato di bonifica.

L'effetto calce si esplica nei modi seguenti: aumento della lavorabilità di terre fini plastiche; drastica riduzione dei rigonfiamenti; notevole incremento delle resistenze all'erosione e al gelo-disgelo; eliminazione della possibile contaminazione dello strato trattato da parte di particelle fini limo-argillose presenti nelle terre naturali sottostanti lo stesso; indurimento lento e graduale dovuto allo svolgersi di reazioni pozzolaniche cementanti.

Il trattamento a mezzo di calce è indicato per i terreni limosi e/o argillosi (A6-A7), altrimenti non utilizzabili. Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaioso-argillose, ghiaioso-limose, sabbioso-argillose e sabbioso-limose (tipo A2-6 e A2-7) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0.4 UNI non inferiore al 35%, e le "vulcaniti vetrose" costituite da rocce pozzolaniche ricche di silice amorfa reattiva.

Le terre che saranno repute idonee alla stabilizzazione a calce dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Granulometria si veda fuso granulometrico secondo norma CNR B.U. n.36 (vedi

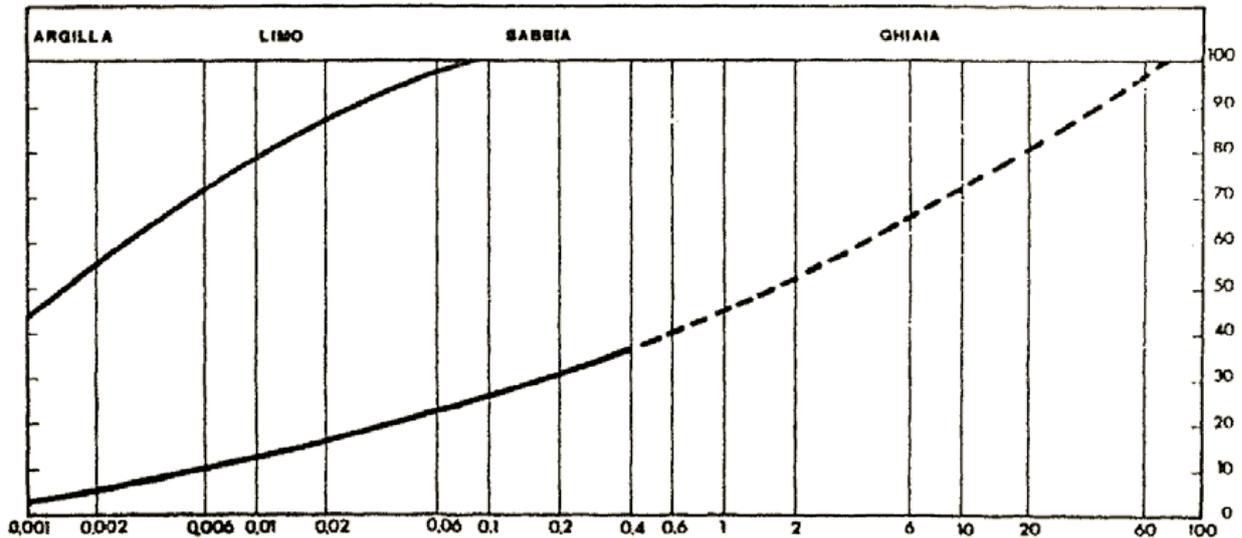


Figura 11-1)

Passante al setaccio 0.4 UNI $\geq 35\%$

Indice di plasticità consigliato $IP \geq 10$

(UNI EN 14227:2006: soglia minima non prevista, valore consigliato $IP > 5$, Tabella D.11)

Sostanze organiche $< 2\%$

Solfati totali (solfati e solfuri) $< 1\%$ Nitrati $< 0.1\%$

Contenuto d'acqua $W_n < 1.3 W_{opt}$ (standard) □

La terra da stabilizzare dovrà essere libera di vegetazione e di qualsiasi altro materiale estraneo.

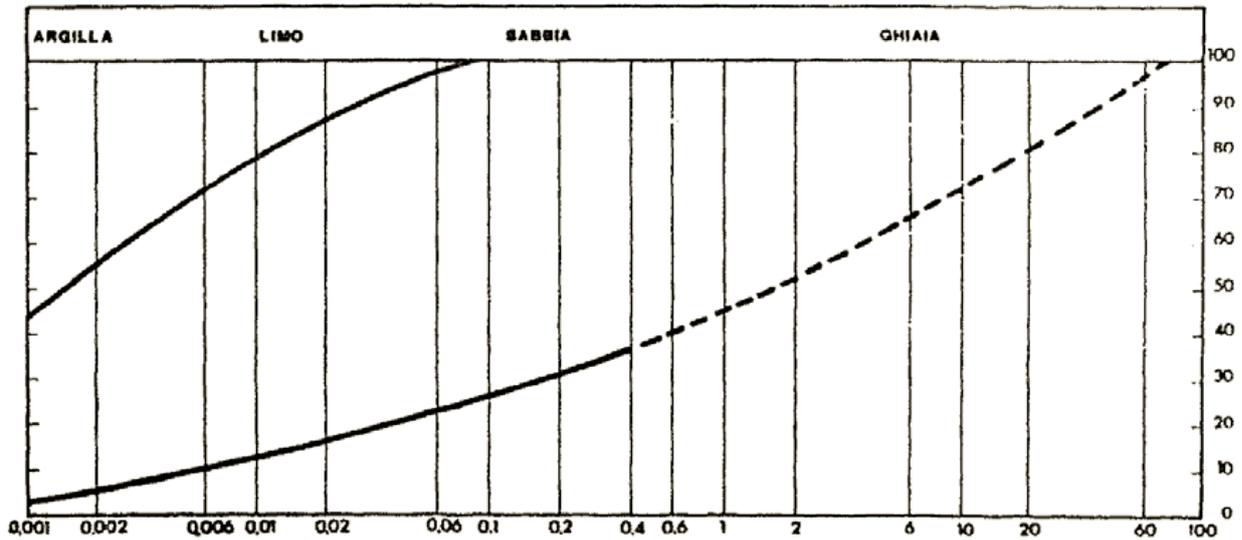


Figura 11-1 - Fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione con calce, riportato nella norma CNR B.U. n.3

La presenza di sostanza organica riduce l'efficacia del trattamento poiché tende a reagire con la calce, rendendola indisponibile alle reazioni pozzolaniche con la componente argillosa. Sono noti in letteratura valori tollerabili di sostanza organica anche maggiori del 2% e compresi fino al 4%.

La presenza di solfati e solfuri è invece dannosa poiché lo zolfo interagisce con la calce in reazioni di tipo espansivo, dando origine a fenomeni di rigonfiamento. Sono da considerarsi ottimali valori di contenuto in solfati e solfuri inferiori allo 0.25%. Devono essere attentamente verificati in laboratorio e con campi prova gli effetti della stabilizzazione in terre con contenuti in solfati compresi nel range 0.25÷1.0%. Tuttavia, sono note in letteratura sperimentazioni condotte su terreni con contenuto di solfati >1% che hanno previsto lo studio di miscele particolari di leganti. È stato riscontrato che l'aggiunta di scorie d'altoforno alla miscela terra-calce riduce i problemi di rigonfiamento.

Esaminando le prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati prelevati nelle varie unità geotecniche interferenti con il tracciato è stato possibile classificare secondo la norma CNR UNI 10006 (che fa a sua volta riferimento al sistema ARB-AASHTO) di cui si riportano due estratti relativi ai terreni e a quelli grossolani:

Classificazione generale		Terre ghiaioso - sabbiose. Frazione passante alla stacci 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						
Gruppo		A ₁		A ₃	A ₂			
Sottogruppo		A _{1-a}	A _{1-b}		A ₂₋₄	A ₂₋₅	A ₂₋₆	A ₂₋₇
Anali granulometrica	Passante (%) allo staccio 2 UNI	≤50	-	-	-	-	-	-
	Passante (%) allo staccio 0,42 UNI	≤30	≤50	>50	-	-	-	-
	Passante (%) allo staccio 0,075 UNI	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,42 UNI	Limite liquido	-		-	≤40	>40	≤40	>40
	Indice di plasticità	≤6		Non plastico	≤10	≤10	>10	>10
Indice di gruppo	0			0	0		≤4	
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo		Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa			
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono						Da mediocre a scadente	
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve				Media			
Ritiro o rigonfiamento	Nullo				Nullo o lieve			
Permeabilità	Elevata				Media o scarsa			
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente identificabili a vista	Aspri al tatto Incoerenti allo stato asciutto		La maggior parte dei granuli sono individuabili a occhio nudo, aspri al tatto, una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla				

Classificazione generale		Terre ghiaioso - sabbiose. Frazione passante alla stacci 0,075 UNI 2332 >35%					Torbe e terre organica
Gruppo		A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo		-	-	-	A7-5	A7-6	-
Anali Granulometrica	Passante (%) allo staccio 0,075 UNI	>35	>35	>35	>35	>35	-
	Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,42 UNI	Limite liquidi	≤40	>40	≤40	>40	>40
	Indice di plasticità	≤10	≤10	>10	>10 (I _p ≥w _L -30)	>10 (I _p ≥w _L -30)	-
Indice di gruppo	≤8	≤12	≤16	≤20		-	
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo		Limi poco compressibili	Limi fortemente compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Torbe, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da mediocre a scadente						Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Molto elevata		Media	Elevata	Media	-	
Ritiro o rigonfiamento	Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato	-	
Permeabilità	Media o scarsa		Scarsa o nulla				-
Identificazione dei terreni in sito	Reagiscono alla prova di scuotimento*, polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto, non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento*, tenaci allo stato asciutto, facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di color bruno o nero, facilmente individuabili a vista	

(*) Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente tra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera che scomparirà comprimendo il campione tra le dita.

Figura 11-2 - Classificazione CNR Uni 10006.

Nella tabella che segue si riporta tutte le unità geologiche che interferiscono con il tracciato classificate, dove possibile, secondo i risultati delle prove di laboratorio eseguite.

Unità geotecnica	Unità Geologica	Granulometria	Limite liquido	Indice di plasticità	Classificazione CNR UNI 10006
A1	MUSb2a Colluvioni	Argille limose, limi sabbie	Come A	Come A	A7
A2	MUSbaA1 Colluvioni torbose	Argille limose con torba	Come A ridotti	Come A Ridotto	A7-A8
	Dep all. terrazzati	Ghiaie, sabbie e limi	---	---	Non classificabile stimato A3
A	FAAb Argille grigio azzurre alterate superiori	Argille Limose	50-70	20-40	A7
B	FAAb Argille grigio azzurre alterate inferiori	Argille Limose	50-70	20-40	A7
C/C1	FAA -Argille grigio azzurre integre	Argille Limose	50-65	20-35	A7
F	MUSa1a Frane attive - MUSa1b Frane quiescenti	Corpi di frana eterogenei grossolani	---	---	Non classificabile stimato A1-A3
R	MUSnR	Riporti antropici eterogenei	----	---	Non classificabile stimato A1- A3

Sulla base di tale esame si evince che le unità geotecniche A, A1, A2, B e C risultano certamente trattabili, mentre le rimanenti unità risultano difficilmente trattabili. Per quanto riguarda le prove da effettuare, prima dell'inizio dei lavori, in merito al trattamento a calce dei terreni per la realizzazione di rilevati si rimanda al Capitolato Speciale Norme Tecniche (elab. T00-CT00-TAM-ET02-B).

La generale idoneità dei litotipi argillosi ad essere trattati a calce è confermata dai risultati di alcune prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno prelevati su alcuni pozzetti esplorativi eseguiti nella campagna di indagine eseguita nel 2011 e distribuiti lungo tutto il corridoio di progetto.

CODICE PUNTO	LOCALIZZAZIONE SUL TRACCIATO
SUO 01	Prossimità dello svincolo Falconara
SUO 03	Tra lo svincolo Falconara II e la galleria Barcaglione
SUO 04	Tra lo svincolo Falconara II e la galleria Barcaglione
SUO 05	Prossimità della galleria Orciani
SUO 06	Tra la galleria Orciani e lo svincolo Torrette
SUO 07	Tra la galleria Orciani e lo svincolo Torrette

Tabella 11.3 Posizione punti di indagine ambientale campagna 2011

Le analisi chimiche, condotte ai sensi del D.Lgs. 152/2006.

Il campionamento è stato effettuato nel "top soil" (primi 50 cm di terreno) di terreno superficiale; la scelta di questo tipo di campionamento è giustificata dal tipo di contaminazione che le lavorazioni possono generare. Le determinazioni analitiche sono eseguite sulla frazione fine (presentante cioè una granulometria < 2 mm.) mentre le concentrazioni degli analiti nei campioni sono determinate riferendosi alla totalità dei materiali secchi giunti in laboratorio, comprensivi anche dello scheletro (frazione granulometrica > 2 cm

Dalle prove effettuate risulta che tutti i campioni analizzati rispettano i requisiti di qualità ambientale richiesti dalle Linee Guida di cui alla "Del.G.R. Regione Marche n..884 del 20 giugno 2011: LR n.24/2009 art.2 c.1 lett.e) - Approvazione delle linee guida ed indicazioni operative per l'utilizzo di terre e rocce derivanti da operazioni di scavo ai sensi dell'art. 186 del D-Lgs. 3 aprile 2006 n.152'.

Per i risultati delle analisi si rimanda all'elaborato relativo alle prove di laboratorio, volume 2.

Sempre nel corso della campagna d'indagini geognostiche del 2011 sono stati prelevati nel corso dei sondaggi numerosi campioni di terreno. Sulla quasi totalità di essi si sono eseguite le usuali prove di classificazione geotecnica fra cui, in particolare, granulometria per setacciatura e/o sedimentazione e limiti di Atterberg.

I risultati delle analisi mostrano una condizione di sostanziale omogeneità, come d'altronde è lecito aspettarsi visto che i diversi termini di substrato – eluvioni – colluvioni hanno origine comune, ed un'ottima congruenza con gli esiti delle indagini pregresse.

Il passante al vaglio 200, ovvero la percentuale di limo e argilla, è normalmente superiore al 95%, il limite di liquidità compreso fra 50 – 70%, l'indice di plasticità compreso fra 30- 40%. Ai sensi della classifica CNR UNI 10006 le terre provenienti da scavi sono classificabili prevalentemente come A7-5, più limitatamente A7-6 confermando la trattabilità a calce dei litotipi analizzati.

L'elevata alterabilità ed erodibilità dei terreni naturali impone una particolare attenzione e cura nel pronto e completo inerbimento delle scarpate, siano esse naturali o artificiali, per assicurare il quale è particolarmente indicato l'utilizzo di sementi a rapido ed elevato sviluppo della parte ipogea e l'integrazione con specie arboree.

Nei tratti a mezza costa o lungo pendii anche con pendenze molto modeste, e nell'ammorsamento di nuovo rilevato su rilevato esistente, è necessaria una preventiva gradonatura dei piani di posa con debole contropendenza verso l'interno. In corso d'opera è importante assicurare l'assenza di accumuli idrici in prossimità dei piani di posa di rilevati, trincee ed opere in genere.

11.1 PRESCRIZIONI PER IL PIANO DI MANUTENZIONE

Le diffuse condizioni di dissesto idrogeologico dell'area in cui ricade il tracciato in progetto hanno reso necessario un ampio ricorso ad opere di sostegno curando con particolare attenzione il drenaggio dei terreni, la rivegetazione delle scarpate, diffusi e generalizzati interventi di bonifica e stabilizzazione a calce dei piani di posa.

Si ritiene opportuno concludere con alcune prescrizioni da inserire nel piano di manutenzione.

A seguito di eventi meteorici intensi fenomeni di erosione accelerata, colate o dissesti superficiali portano materiale francamente argilloso ad accumularsi al di sopra o al limite delle opere di sostegno (oggi rappresentate da muri in c.a.) con la possibilità che possa poi fluire sulla sottostante carreggiata stradale. Ciò comporta condizioni di rischio per la circolazione stradale e impone onerosi interventi di pulizia con parzializzazione del traffico. In tale contesto le paratie di pali di grande diametro che costituiscono le opere a sostegno degli scavi sono previste con cordolo parzialmente fuori terra (Figura 11-3). Tale cordolo funziona come "muretto di pulizia", evitando o limitando il tracimamento del materiale al di sopra dell'opera di presidio. Affinché tale funzione sia garantita nel tempo è necessaria un'ispezione almeno annuale con rimozione dell'eventuale materiale accumulato a tergo del cordolo.

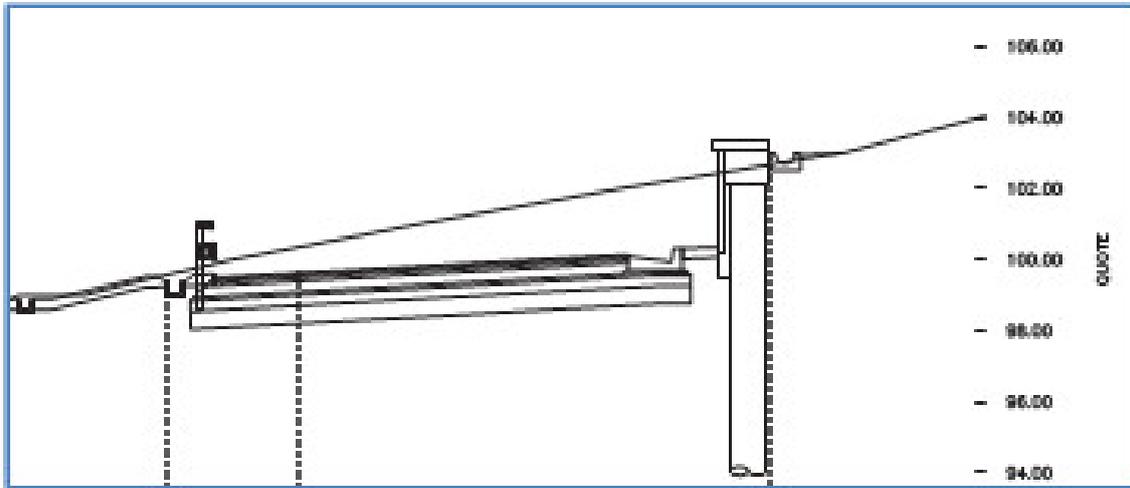


Figura 11-3 - Paratia di pali con cordolo fuori terra

A monte delle paratie di pali poste a presidio degli scavi sono previsti fossi di guardia che intercettano ed allontanano le acque meteoriche superficiali. Sul fronte delle paratie è presente una maglia di dreni, mentre a tergo delle stesse paratie sono disposti pali drenanti in ghiaia. La funzionalità di tali sistemi deve essere garantita e preservata nel tempo:

- verificando e ove necessario riparando, almeno stagionalmente, eventuali lesioni/disallineamenti a carico dei fossi di guardia che potrebbero favorire la dispersione delle acque sui terreni;
- verificando e ripristinando, periodicamente, l'operatività dei drenaggi il cui intasamento potrebbe favorire ristagni idrici e conseguenti sovraccarichi a tergo delle paratie stesse (i muri lungo l'attuale SS16 hanno i dreni quasi sempre occlusi).

A seguito dei lavori è importante prestare la massima cura nella rivegetazione delle scarpate di rilevati e scavi. Il mancato e pronto attecchimento della vegetazione determina l'asportazione del suolo (inibendo così anche in futuro una crescita vegetale), l'intasamento di canalette e drenaggi, e l'instaurarsi di fenomeni di erosione accelerata se non, talvolta, di vere e proprie colate. E' opportuno quindi che ad un anno dal termine dei lavori, e successivamente con cadenza stagionale, si verifichi l'effettivo attecchimento della vegetazione, erbacea ed arborea, provvedendo con opportuni nuovi trattamenti ove necessario.

In sede di progettazione definitiva ed esecutiva è stata installata una rete di inclinometri per il monitoraggio dei versanti nel tempo. Il progetto prevede il proseguimento del monitoraggio durante tutte le successive fasi realizzative con una estensione anche nelle fasi di corso d'opera e post opera al fine di verificare il modello geologico e monitorare l'effettiva interazione opere/terreni. Gli strumenti eventualmente fuori uso, danneggiati o asportati dovranno essere sostituiti.