

S.S.16 "Adriatica"
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica"
con il Porto di Ancona

Opera commissariata ai sensi dell'art.4 della Legge 55/2019

PROGETTO DEFINITIVO

COD. AN255

PROGETTAZIONE: VIA INGEGNERIA S.R.L.

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giulio Filippucci (Ord. Ing. Prov. Roma 14711)

RESPONSABILI D'AREA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*
Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*

GEOLOGO:

Dott. Geol. Maurizio Lanzini (Ord. Geo. Regione Lazio 385)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Nicchiarelli (Ord. Ing. Prov. Roma 14711)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Vincenzo Catone

GRUPPO DI PROGETTAZIONE



GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA
Relazione geologica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

COAN0099 D 22

NOME FILE

T00GE00GEO_testatine

CODICE ELAB.

T00GE00GEORE01

REVISIONE

SCALA:

A

D

C

B

A

REV.

EMISSIONE

DESCRIZIONE

APR. 2022

DATA

F.PONTONI

REDATTO

M.LANZINI

VERIFICATO

G. FILIPPUCCI

APPROVATO

AN255 - SS 16 "Adriatica" Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		 anas GRUPPO FS ITALIANE
AN255	Relazione Geologica	

INDICE

1	PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE	2
2	NORME DI RIFERIMENTO	3
3	DESCRIZIONE SOMMARIA DEL TRACCIATO E DELLE OPERE	4
4	GEOLOGIA	5
	4.1 Inquadramento geologico.....	5
	4.2 Inquadramento geologico-strutturale generale.....	6
	4.3 Successione litostratigrafica e unità geologico-tecniche.....	7
	4.3.1 <i>Ec - depositi eluvio-colluviali (unità geotecnica C)</i>	9
	4.3.2 <i>FL - depositi fluvio-lacustri (unità geotecnica FL)</i>	9
	4.3.3 <i>PEL – Argille azzurre (Associazione pelitica) - (unità geotecnica S substrato)</i>	9
5	GEOMORFOLOGIA.....	10
6	IDROGEOLOGIA	12
7	MACROSISMICITA' E RISCHIO DI LOCALI AMPLIFICAZIONI SISMICHE	16
8	MODELLO GEOLOGICO E PROBLEMATICHE GEOLOGICO-APPLICATIVE.....	19
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	23

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	<i>Relazione Geologica</i>	

1 PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE

La presente relazione geologica si riferisce al progetto definitivo dei lavori dell'Intervento AN255 - SS 16 "Adriatica" Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona.

Il tracciato in progetto risulta ubicato interamente nel territorio comunale di Ancona. Tale area si colloca nella fascia costiera marchigiana, in un contesto morfologico prevalentemente collinare e costiero.

Le indagini propedeutiche alla progettazione definitiva dell'opera in oggetto sono state eseguite in ottemperanza alle "Prescrizioni per la redazione del Progetto definitivo" di cui al Capitolato d'oneri di ANAS Spa.

Tali indagini sono state così articolate:

- Analisi bibliografica in merito alle caratteristiche geologiche generali dell'area in studio. In particolare, si è fatto riferimento a specifiche pubblicazioni a carattere scientifico relativamente alla natura dei terreni presenti ed alle formazioni geologiche di riferimento, oltre che alle cartografie ufficiali pubblicate dalla Regione Marche nell'ambito del progetto CARG (carta geologica regionale - Sezz. 282140-293020). Un'approfondita ricerca bibliografica è stata eseguita in merito agli studi disponibili per la cosiddetta "Grande frana di Ancona" avvenuta il 13/12/1982 (vedi relazione Elab. T00GE00GEORE02A e studi pregressi allegati al progetto).
- Sulla scorta delle risultanze dello studio bibliografico e dall'analisi di fotointerpretazione, è stato eseguito un rilievo geologico e geomorfologico di superficie a scala 1:2.000, relativo ad una fascia lungo il tracciato, esteso anche ad un'area più ampia per la comprensione dei fenomeni di versante, con restituzione grafica complessiva in scala 1:5000 e lungo il tracciato in scala 1:2000. I rilievi di dettaglio dell'area sono stati realizzati secondo le metodologie classiche che prevedono il rilevamento degli elementi morfologici e dei parametri giacaturali e strutturali macroscopici, con l'individuazione delle aree instabili, delle principali discontinuità, delle zone di faglia e di disturbo tettonico e delle coperture recenti. Nell'ambito delle fasi di rilievo sono state distinte le unità litologiche principali con riferimento alle unità formazionali codificate in bibliografia. In tutta l'area di studio la natura delle formazioni presenti appartenenti al campo delle terre e la mancanza di affioramenti sufficientemente estesi, non ha consentito la realizzazione di rilievi geomeccanici di superficie e degli elementi tettonico-strutturali.
- Verifiche della compatibilità degli interventi previsti con le aree in dissesto idrogeologico individuate nel PAI (vedi Elab. T00GE00GEORE02A).
- Elaborazione ed analisi di tutti i dati derivanti dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite, riportate in allegato.
- Analisi dei risultati delle misure eseguite in corrispondenza della rete di monitoraggio geotecnico installata (tubi inclinometrici e piezometrici).
- Ricostruzione del modello geologico di riferimento mediante stesura del profilo geologico, delle sezioni geologiche trasversali eseguite per la definizione dei fenomeni di instabilità dei versanti potenzialmente interagenti con la nuova infrastruttura e delle carte tematiche.

AN255 - SS 16 "Adriatica"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	<i>Relazione Geologica</i>	

2 NORME DI RIFERIMENTO

- D.M. 11/03/1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare LL.PP. 24/09/1988 n.30483 – L.2.2.1974, n.64 - art.1 – Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11/03/1988.
- Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) Regione Marche approvato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 42 del 7/5/2003 e successive modificazioni e integrazioni – Elaborato d: Norme di Attuazione.
- L. R. Marche 04/01/2018, n. 1 - Nuove norme per le costruzioni in zone sismiche nella regione Marche.
- D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti;
- Circolare esplicativa n. 7 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018".

AN255 - SS 16 "Adriatica"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	<i>Relazione Geologica</i>	

3 DESCRIZIONE SOMMARIA DEL TRACCIATO E DELLE OPERE

A partire dalla città di Ancona, il tracciato inizia dopo il viadotto di scavalco esistente che permette l'accesso al Porto di Ancona e prosegue con un tracciato in rettilineo lungo l'attuale sede della strada Flaminia. Ciò è consentito dal previsto spostamento verso nord dei binari della ferrovia Adriatica, dal by pass della palombella fino alla stazione RFI di Torrette, che libera lo spazio necessario per la nuova Flaminia (asse di progetto AP02) e consente di inserire, là dove oggi corre la Flaminia attuale, il nuovo collegamento Porto-S.S. 16 (asse di progetto AP01).

Prima di giungere alla frazione di Torrette il tracciato curva salendo in direzione sud-ovest, interessando il rilievo collinare al cui colmo corre via della Grotta (curva di raggio 410m), in buona parte con la galleria artificiale Torrette I di 470m di lunghezza. Dopo un tratto in breve rettilineo con attraversamento di due piccoli fossi il tracciato corre, sempre salendo, nella galleria naturale Torrette II di lunghezza 650m, al di sotto di un rilievo collinare, con una curva di raggio 510m.

L'ultimo tratto del tracciato sale ancora correndo a mezza costa su un versante esposto a Nord, con il viadotto Lolò di 285m di lunghezza che si rende necessario per superare una linea di compluvio del versante.

Il percorso termina allacciandosi alla rotatoria prevista con il raddoppio della S.S. 16 al km 3 + 480,00.

La pendenza massima del nuovo asse non supera il 4,5%, mantenendo pendenze ottimali del 3% nel tratto in galleria naturale.

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	<i>Relazione Geologica</i>	

4 GEOLOGIA

4.1 Inquadramento geologico

Nella Fig. 4.1.1 è riportato uno stralcio della Carta geologica della Regione Marche alla scala 1:10.000 derivante dal progetto CARG (F. 282 "Ancona" e F.293 Osimo della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000).

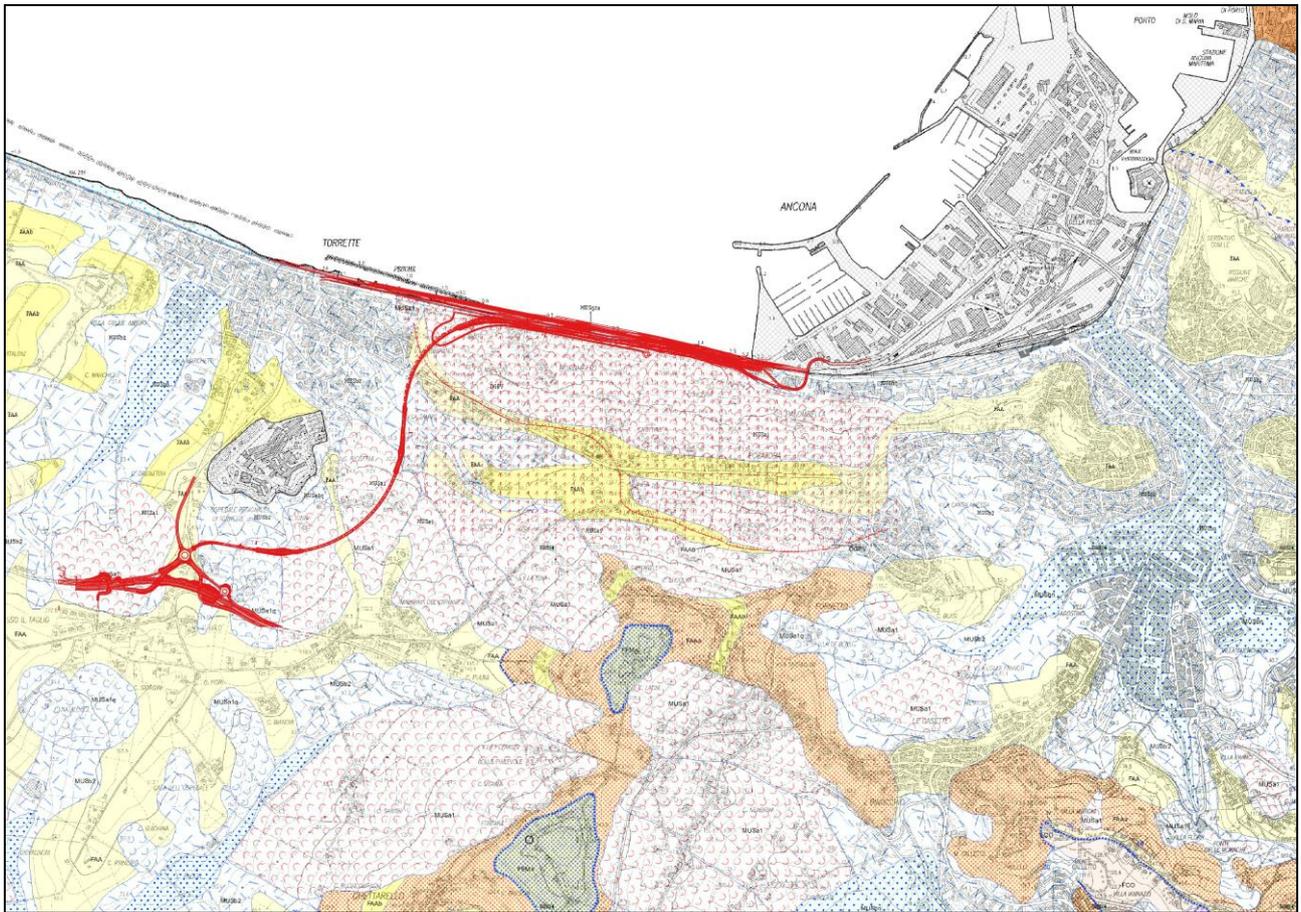


Fig. 4.1.1

Il substrato è formato dai depositi marini plio-pleistocenici costituiti essenzialmente da due successioni: quella più antica si sarebbe deposta nel Pliocene inferiore e medio, mentre quella più recente pleistocenica marcherebbe la ripresa della sedimentazione dopo un hiatus sedimentario che avrebbe interessato larga parte del Pliocene superiore.

Il tracciato interessa la Formazione delle Argille azzurre (FAA) che è quella più monotona a livello litologico, mentre quella pleistocenica è stata divisa in cinque unità informali che rappresentano cicli deposizionali trasgressivo -regressivi, costituiti da un membro basale pelitico e da un soprastante membro che può essere pelitico-arenaceo, arenaceo-pelitico o arenaceo-conglomeratico.

AN255 - SS 16 "Adriatica"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	Relazione Geologica	

La Formazione delle Argille azzurre è costituita da argille marnose in strati da qualche decimetro a un metro di spessore, sia massivi che sottilmente laminati. La stratificazione è poco evidente ed è marcata da sottili interstrati limoso-sabbiosi.

Dal punto di vista geologico-strutturale i terreni plio-pleistocenici risultano blandamente deformati con inclinazioni degli strati di 5° - 10°. L'area costiera è caratterizzata dalla cosiddetta "sinclinale di Tavernelle", con asse pressochè parallelo alla costa e strati poco inclinati, strutturatasi alla fine del Pliocene medio. Non sono evidenti faglie e/o fratture.

A causa della facile erodibilità dei terreni presenti, depositi eluvio-colluviali limoso-sabbioso-argillosi (MUSb2) ricoprono diffusamente i versanti, questi ultimi spesso coinvolti in movimenti franosi superficiali ed a lenta evoluzione (MUSa1).

4.2 Inquadramento geologico-strutturale generale

L'area in oggetto fa parte del dominio esterno dell'Appennino centrale, dove affiorano diffusamente i depositi terrigeni mio-plio-pleistocenici, coinvolti con buona continuità nelle diverse fasi deformative neogeniche, evidenziate da marcate variazioni lito-stratigrafiche e sedimentologiche.

In questo settore periadriatico le strutture geologiche legate alla formazione della catena centro-appenninica sono sepolte al di sotto delle successioni torbiditiche di avanfossa depostesi a partire dal Miocene (Fig. 4.2.1). In particolare, nella nostra area la successione di avanfossa che sutura le strutture appenniniche è costituita dai sedimenti riferibili al ciclo deposizionale plio-pleistocenico del bacino marchigiano esterno ascrivibili alla Formazione della Argille azzurre.

In questo settore, tra la fine del Pliocene inferiore e parte del Pliocene medio si deposita una successione condensata prevalentemente argillosa, seguita in discordanza da una successione arenaceo-pelitica di età Pleistocene inferiore. Nel Pleistocene medio a seguito di un sollevamento a scala regionale tutta l'area marchigiana esterna risulta ormai emersa, tanto che si assiste a rimodellamenti del paesaggio ad opera degli agenti morfogenetici ed alla deposizione delle alluvioni, delle coltri colluviali e dei depositi marini e di frana. I terreni pliocenici hanno generalmente un assetto monoclinale con inclinazioni di 5°-10° verso NE. Nel settore costiero tra Torrette ed Ancona le argille plioceniche formano una blanda sinclinale (sinclinale di Tavernelle). Nei terreni del Pleistocene sono state evidenziate blande pieghe con lunghezza d'onda di circa 500m ed asse ENE-OSO.

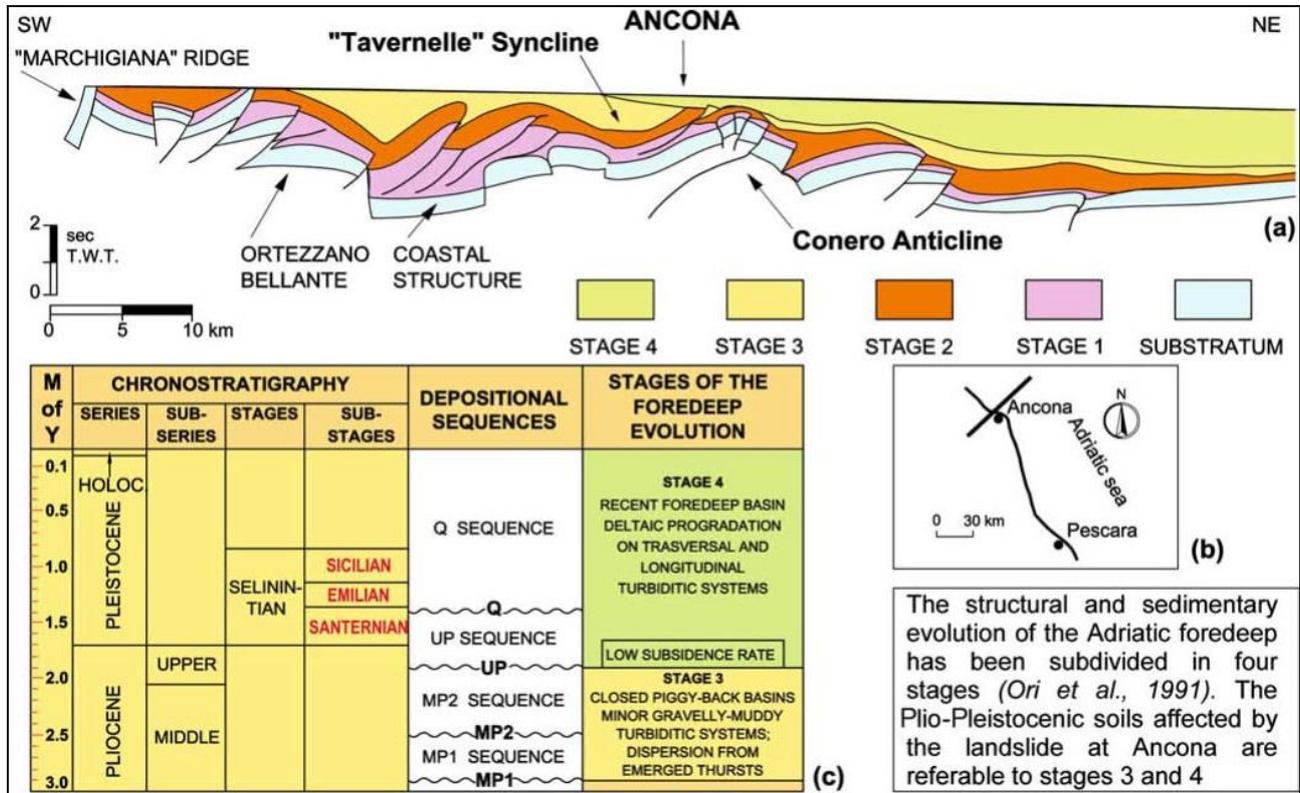


Fig. 5.2.1 – Sezione geologico-strutturale nella parte centrale dell'avanfossa Adriatica (a); traccia della sezione simica (b); schema stratigrafico dei depositi dell'avanfossa Adriatica – c – (tratta da Cotecchia, 2006)

4.3 Successione litostratigrafica e unità geologico-tecniche

La successione litostratigrafica dei terreni presenti nell'area è stata individuata sia per mezzo dei rilievi geologici di superficie, che attraverso la campagna geognostica realizzata allo scopo nel periodo gennaio-aprile 2022.

La suddetta campagna è consistita in (Tab. 4.3.1):

- n.15 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità massima di 70 m, di cui n.6 attrezzati con tubo piezometrico (S2, S4, S5, S7, S15, S16), n.4 con tubo inclinometrico (S3, S10, S12bis, S14) e n.4 con tubazione per prova sismica Down-Hole (S6, S8, S11, 13);
- n. 5 sondaggi a distruzione di nucleo, spinti fino alla profondità massima di 40 m, di cui n. 2 attrezzati con tubo piezometrico (S10bis, S12), n.2 con tubo inclinometrico (S5bis, S7bis), n.1 con tubazione per prova sismica Down-Hole (S2bis).
- prove pressiometriche tipo Menard;
- n. 30 prelievi di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- n. 15 prelievi di campioni ambientali;
- n. 3 pozzetti esplorativi con prove di carico su piastra.

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	Relazione Geologica	

SONDAGGIO	TIPO DI SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m)	PIEZOMETRO (m)	INCLINOMETRO (m)	DOWN HOLE (m)	CAMPIONI SHELBY	CAMPIONI AMBIENTALI	PROVE PRESSIOMETRICHE
S1	Carotaggio continuo	40				2	3	
S2	Carotaggio continuo	40	40			2	3	1
S2bis	Distruzione	40			40			
S3	Carotaggio continuo	70		70		2		2
S4	Carotaggio continuo	40	40			2		1
S5	Carotaggio continuo	40	40			2	3	1
S5bis	Distruzione	40		40				
S6	Carotaggio continuo	40			40	2		
S7	Carotaggio continuo	30	30			3		1
S7bis	Distruzione	30		30				
S8	Carotaggio continuo	30			30	2	3	
S10	Carotaggio continuo	30		30		3		1
S10bis	Distruzione	30	30					
S11	Carotaggio continuo	40			40	3		1
S12	Distruzione	40	40					1
S12bis	Carotaggio continuo	40		40		3	3	
S13	Carotaggio continuo	40			40	3		1
S14	Carotaggio continuo	25		25		1		1
S15	Carotaggio continuo	20	20					
S16	Carotaggio continuo	20	20					

Tab. 4.3.1

La successione litostratigrafica riscontrata nell'area di studio, dall'alto verso il basso, è la seguente:

Depositi continentali:

- ec - Depositi di copertura eluvio-colluviali, alluvionie riporti con spessore >3m (Olocene);
- FL – Depositi fluvio-lacustri (Pleistocene?);

Depositi marini:

- FEM - Formazione di Fermo: alternanza di sabbie in strati da sottili a spessi con geometrie lenticolari e laminazioni piano-parallele e incrociate e conglomerati medio grossolani (Pleistocene inferiore? - medio);
- PEL - Argille Azzurre (Associazione pelitica): argille e argille marnose stratificate e sottilmente laminate e sottili interstrati siltoso-sabbiosi con facies neritiche ed epibatiali (Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore? – medio);
- PA - Argille Azzurre (Associazione pelitico-arenacea): argille e argille marnose stratificate e sottilmente laminate alternate a strati siltoso-sabbiosi di colore giallastro (Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore? – medio);
- AP - Argille Azzurre (Associazione arenaceo-pelitica): sabbie ed arenarie medie e fini alternate ad argille e argille marnose stratificate e sottilmente laminate (Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore? – medio).

Di seguito si descrivono le unità geologico-tecniche interessate dal tracciato stradale e dalle opere con riferimento alle unità geotecniche.

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	Relazione Geologica	

4.3.1 Ec - depositi eluvio-colluviali (unità geotecnica C)

Si tratta di terreni limoso-argillosi, debolmente sabbiosi, di colore generalmente marrone-giallastro, con concrezioni carbonatiche millimetriche e frustoli vegetali. Costituiscono le coperture detritiche dei versanti con spessori mediamente di 3-5m, localmente fino a 15m. Comprendono localmente anche la porzione superiore del substrato fortemente alterato, dove non è riconoscibile l'originaria struttura.

Sono stati rinvenuti in tutti i sondaggi eseguiti e inglobano anche il terreno vegetale.

4.3.2 FL - depositi fluvio-lacustri (unità geotecnica FL)

L'unità è costituita da argille e limi di colore grigio chiaro, con abbondante materiale organico nerastro e con frammenti millimetrici di fossili a guscio calcareo, di origine fluvio-lacustre. Stratificazione non evidente.

L'unità è stata intercettata esclusivamente nel sondaggio S5 tra le profondità di 13,30m e 30,90m.

Tale unità stratigrafica corrisponderebbe al colmamento di una trincea legata all'evoluzione della deformazione gravitativa profonda legata alla frana di Ancona, non più riattivabile.

4.3.3 PEL – Argille azzurre (Associazione pelitica) - (unità geotecnica S substrato)

Rappresenta il substrato in tutto il nuovo tracciato stradale. E' costituita da argille limose, debolmente marnose di colore grigio e di consistenza medio-alta. Sporadicamente sono presenti livelli millimetrici a maggiore componente sabbiosa.

La stratificazione è poco evidente e comunque sottile e segnata da variazioni granulometriche minime; le inclinazioni variano da 0° a 10°.

Nei sondaggi S2 ed S3 sono stati rilevati tratti di pochi cm di spessore a struttura caotica e debolmente plastici.

Il substrato presenta in genere una fascia superficiale di alterazione, con spessore variabile tra 1.5 m e 19 m, contrassegnata da tracce di ossidazione e fratturazione, indicata nel profilo e nelle sezioni geologiche con la sigla PELa (unità geotecnica Sa). Questa unità è stata rinvenuta in tutti i sondaggi eseguiti.

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	<i>Relazione Geologica</i>	

5 GEOMORFOLOGIA

Il tracciato del nuovo collegamento stradale si sviluppa ad Ovest di Ancona, nella zona collinare prospiciente il mare Adriatico.

A partire dalla nuova rotatoria sulla SS16 Adriatica, un primo tratto di circa 1,5km si sviluppa a mezza costa, tra le quote 70m e 40m circa sul mare, nei versanti collinari di natura argillosa esposti a Nord e Nord-Ovest ai piedi dei quali è situato l'Ospedale Regionale di Torrette.

Tali versanti mostrano deboli pendenze del 10-12% (6°-7°) e sono interessati localmente da lenti movimenti di frana superficiali che interessano le coltri di copertura e la porzione più alterata del substrato.

I fenomeni più evidenti sono quelli in corrispondenza dell'Ospedale dove, al piede degli stessi, sono stati effettuati in passato scavi significativi per la realizzazione dei parcheggi con importanti opere di sostegno tirantate.

Il secondo tratto di circa 2,0km, una volta attraversato in galleria artificiale il rilievo collinare di via della Grotta (q.48,5m s.m.), scende fino al piede del versante costiero seguendo la strada Flaminia che corre parallelamente alla costa alla quota di 4-5m s.m. fino all'imbocco dell'attuale bretella per il Porto.

Questo tratto rientra nel perimetro della cosiddetta "Grande frana di Ancona", avvenuta il 13 Dicembre 1982, che ha segnato profondamente la Città di Ancona determinando numerosi e ingenti danni al suo patrimonio edilizio ed infrastrutturale.

La frana ha interessato un'area di circa 340ha con un fronte lato mare esteso per circa 1.700m.

Si tratta di un fenomeno complesso e profondo, che coinvolge il substrato argilloso pliocenico ed interessa il versante costiero del Montagnolo (q. 237m s.m.), caratterizzato da più corpi di frana e da superfici di scorrimento subcircolari multiple, situate a notevole profondità (fino ad almeno 95m). Tale frana avrebbe costituito la parziale riattivazione di una frana di più grandi dimensioni molto più antica, legata all'evoluzione del pendio durante la trasgressione glacio-eustatica Flandriana, con un livello del mare molto più basso dell'attuale (-100m), a partire da circa 10.000 anni fa.

Nell'attuale trasgressione del livello del mare (fase interglaciale – innalzamento del mare) la porzione più profonda della paleofrana sarebbe stata stabilizzata dall'accumulo di imponenti depositi marini mentre la porzione più superficiale (frana di Ancona) è stata riattivata più volte in epoche recenti.

L'evento di frana parossistico del Dicembre 1982 è stato caratterizzato da spostamenti molto significativi verificatisi in poche ore, sia planimetrici (5-11m), che altimetrici (abbassamenti nelle zone di trincea di 1-2m ed innalzamenti al piede fino a 3-4m). Successivamente la frana ha subito lenti movimenti di assestamento che allo stato attuale sono estremamente ridotti in alcune zone specifiche o sono del tutto assenti.

Il tracciato in progetto interferisce con le seguenti aree a rischio idrogeologiche a rischio frana del PAI con livello di pericolosità P3 (Fig. 5.1):

- F13-0154 – F13-0201 ("Grande frana di Ancona): Livello rischio R4 – Livello pericolosità P3;
- F13-0158: Livello rischio R2 – Livello pericolosità P3;

- F13-0159 – F.13-0160 (Frane versante Ospedale Torrette): Livello rischio R2 – Livello pericolosità P3.

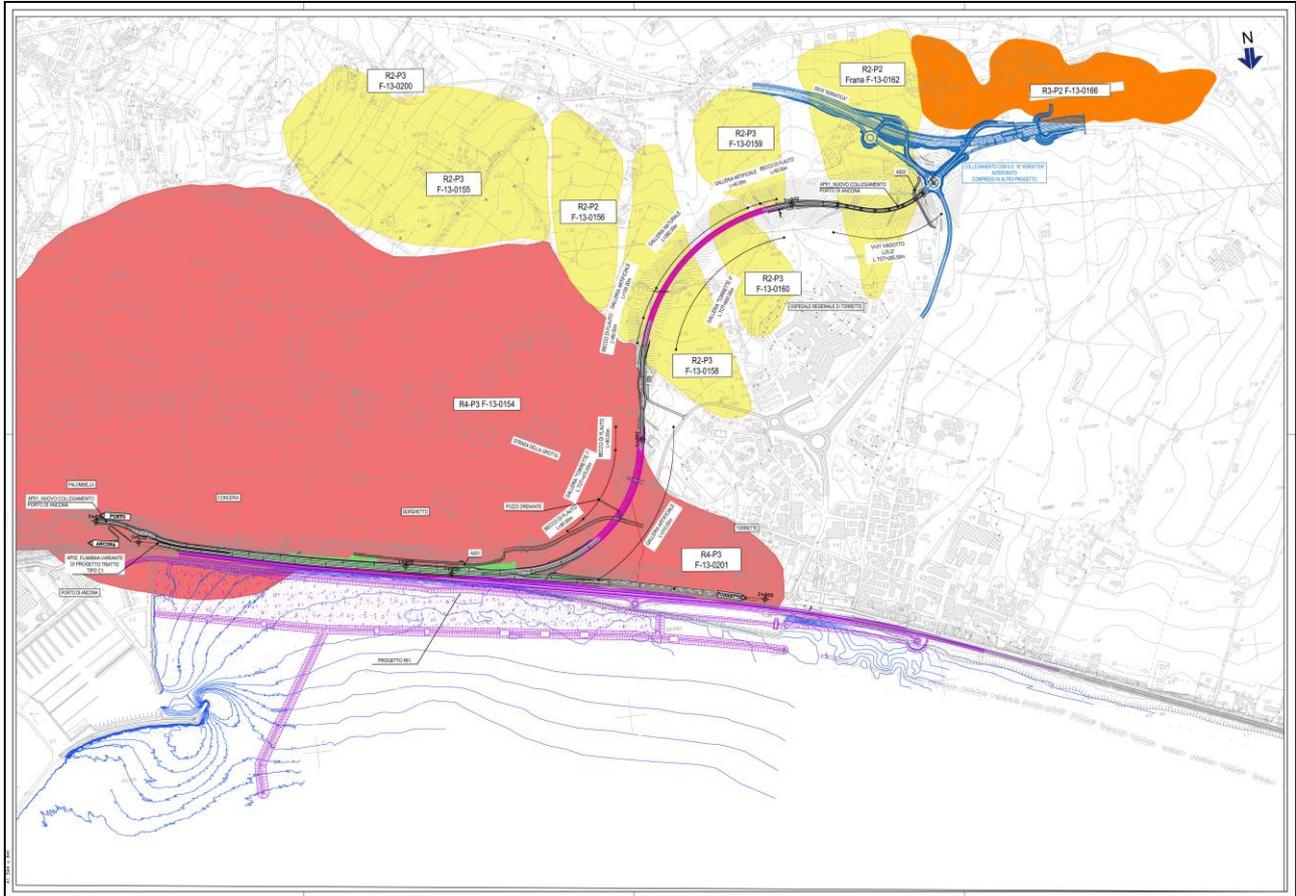


Fig. 5.1 – Stralcio Carta del Rischio Idrogeologico PAI Marche – Tavole RI 31a – RI 22b

Le opere stradali in progetto rientrano tra quelle consentite nel punto j) dell'art. 12, che cita: *“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.”*

Nel comma 5 dell'art. 12 delle norme di attuazione del PAI si prescrive, inoltre, che: *“Tutti gli interventi consentiti dal presente articolo sono subordinati 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 rischio esistente. Tale verifica, redatta e firmata da un tecnico abilitato, deve essere allegata al progetto di intervento.”*

E' stata, pertanto, eseguita la prescritta verifica tecnica che ha consentito di verificare la compatibilità delle opere in progetto con le effettive condizioni delle aree a rischio e di individuare gli interventi di mitigazione necessari. Per tutti i dettagli si rimanda alla *“Relazione di verifica tecnica ai sensi art. 12, c. 5, Norme di Attuazione PAI Marche”* (Elab. AN255T00GE00GETRE02A).

AN255 - SS 16 "Adriatica"		 GRUPPO FS ITALIANE
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	Relazione Geologica	

6 IDROGEOLOGIA

Per quanto riguarda gli aspetti climatici, lungo la zona costiera a nord di Ancona il clima è subcontinentale con sbalzi di temperatura da stagione a stagione: estati calde, ma in genere rinfrescate dalla brezza marina, e inverni piuttosto freddi (ad Ancona la temperatura media di gennaio è di 5°C).

A sud di Ancona la subcontinentalità si attenua per lasciare posto a un clima più sublitoraneo che assume caratteri più tipicamente mediterranei.

L'area è caratterizzata da un clima umido marittimo con precipitazioni ripartite su tutto l'arco dell'anno; le precipitazioni medie annue si attestano intorno a circa 780 mm, mediamente distribuite in 83 giorni, con minimo relativo in inverno, picco massimo in autunno e massimo secondario in estate per gli accumuli totali stagionali (Tab. 6.1).

Marche	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Ancona													
T°C Media	5	6	9	12	16	20	22	23	19	15	10	6	13
T°C Max	8	10	13	17	22	25	28	28	24	20	14	10	18
T°C Min	1	2	4	6	10	14	16	17	14	10	6	2	9
Pioggia	51	53	68	54	60	55	52	84	73	72	80	74	776

Tab. 6.1

L'area è caratterizzata da uno scarso reticolo idrografico; nel versante costiero della frana di Ancona sono presenti solchi trasversali disposti secondo la massima pendenza, che si sono instaurati nei terreni argillosi per effetto del ruscellamento delle acque meteoriche. Tali solchi di drenaggio superficiale sono a deflusso occasionale e temporaneo (spesso risultano asciutti) e si attivano in concomitanza con cospicue precipitazioni meteoriche. Questi fossetti raccolgono anche le acque delle varie emergenze idriche diffuse presenti nelle zone in frana (vedi carta idrogeologica).

Nel versante Ovest e Nord-Ovest del Montagnolo le acque superficiali e verosimilmente quelle infiltratesi a quote superiori defluiscono tramite due fossi verso Torrette; questi ultimi vengono attraversati dal tracciato tra le due gallerie Torrette I e II.

Nel versante a valle della strada comunale del Carmine, sovrastante l'Ospedale Regionale, sono presenti alcuni fossi con portate effimere; quello in corrispondenza del nuovo viadotto raccoglie anche le acque di piattaforma dello svincolo di Torrette della SS16 Adriatica.

E' da evidenziare, inoltre, che i movimenti di frana, in particolare quella di Ancona, creano aree depresse (trincee) dove si raccolgono e si infiltrano le acque meteoriche, mancando sfoghi naturali o essendo questi insufficienti.

Per quanto riguarda il grado di permeabilità dei terreni si è fatto riferimento agli studi sulla frana di Ancona.

AN255 - SS 16 "Adriatica"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	Relazione Geologica	

I dati disponibili, basati su prove eseguite nei piezometri a varie profondità, indicano valori di permeabilità compresi tra 10^{-5} e 10^{-7} m/sec per i terreni di copertura con spessori tra 5m e 40m e valori compresi tra 10^{-7} e 10^{-8} m/sec per i terreni del substrato (COMUNE DI ANCONA, 1987).

Nella carta idrogeologica sono stati distinti i terreni presenti in base al loro grado di permeabilità (Tab. 6.2).

I terreni che interessano il tracciato stradale presentano permeabilità variabili da medio-basse a molto basse.

COMPLESSI IDROGEOLOGICI		PERMEABILITA'						POROSITA'		
		GRADO				TIPO		P	S	
		A	M	B	MB	P	F			C
1	COPERTURE DETRITICHE SUPERFICIALI: depositi detritico-colluviali/eluvium – alluvioni – riporti (ec)									
2	SUBSTRATO PELITICO E PELITICO-ARENACEO: depositi fluvio-lacustri (FL) – Argille azzurre, Associazione pelitica e pelitico-arenacea (PEL - PA)									
3	SUBSTRATO ARENACEO-PELITICO: Argille azzurre, Associazione arenaceo-pelitica (AP) – (FEM)									

Grado di permeabilità: (A) alto $K > 10^{-2}$ m/s; (M) medio $10^{-2} > K > 10^{-4}$ m/s; (B) basso $10^{-4} > K > 10^{-8}$ m/s; (MB) molto basso $K < 10^{-8}$ m/s.

Tipo di permeabilità: (P) per porosità; (F) per fratturazione; (C) per fratturazione e carsismo.

Tipo di porosità: (P) primaria; (S) secondaria.

Tab. 6.2

Per quanto attiene il regime di filtrazione delle acque sotterranee, nella zona della frana di Ancona uno schema interpretativo è quello riportato nella Fig. 6.1. Nell'area centrale della frana le linee di flusso sarebbero più o meno parallele al versante ed interessano una fascia di terreno relativamente più permeabile, costituita dai depositi colluviali e dalle argille del substrato alterate e fessurate. Le linee equipotenziali avrebbero, invece, un andamento perpendicolare al pendio.

Dalla Fig. 6.1 si può osservare come i livelli piezometrici siano generalmente decrescenti con la profondità delle celle piezometriche nella parte alta della frana e viceversa al piede vicino alla costa dove si hanno livelli fino a 15m superiori al livello del mare.

Nelle parti occidentale (verso Torrette) e orientale (Palombina) della frana di Ancona il verso del moto di filtrazione sarà verosimilmente ad Ovest e ad Est per effetto dell'andamento delle principali depressioni di Posatora e Fornetto e per l'andamento delle nicchie di frana principali, oltre che per motivi di quote.

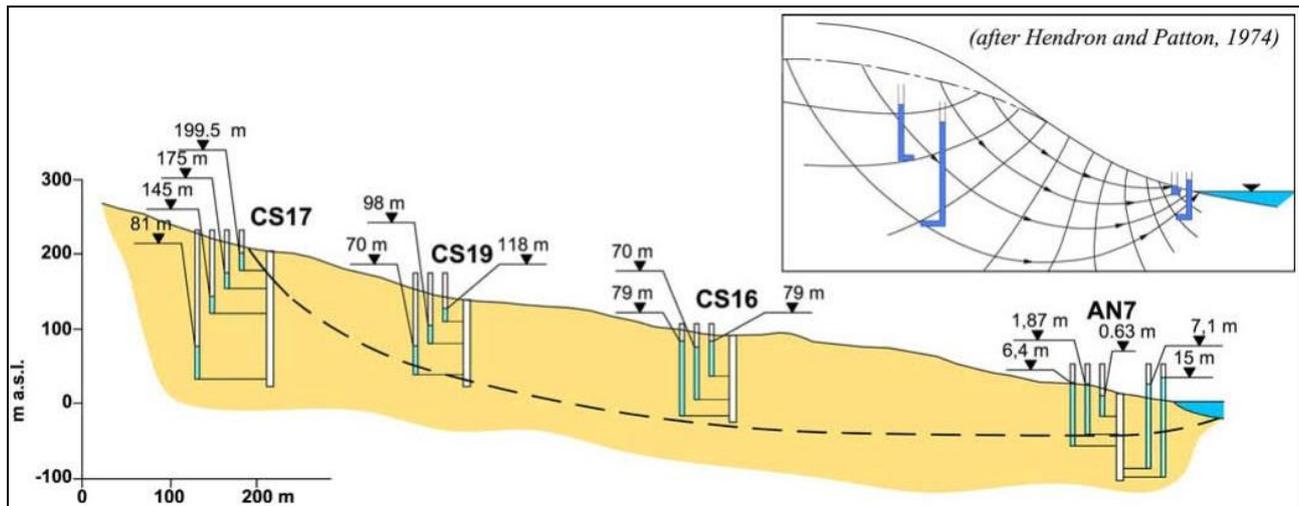


Fig. 6.1 – Livelli piezometrici in una sezione rappresentativa della frana di Ancona. Nella figura piccola viene rappresentato una possibile rete di flusso (tratta da: Cotecchia, 2006).

Questo aspetto è evidente nell'area più ad ovest della frana di Ancona (corpo 3 nella carta geomorfologica attraversato dalla galleria artificiale Torrette I) sono presenti varie emergenze idriche, sia alla base della scarpata di frana sommitale, immediatamente sottostante a via della Grotta, che nelle zone di trincea; ciò testimonierebbe la presenza di una circolazione idrica nelle argille del substrato lungo vie preferenziali rappresentate dalle linee di frattura disposte Est-Ovest.

In particolare, nella trincea sommitale del corpo 3 è presente una sorgente idrica che emerge dal basso in un terreno in piano (segno di una falda in pressione), alimentata da flussi provenienti da Est, con portata variabile ma significativa (dell'ordine di qualche decina di litri al minuto). Nei pressi della sorgente è presente il pozzo P1 con livello costante al piano di campagna (Tab. 1).

Per quanto riguarda la restante parte del tracciato, una modesta circolazione idrica sotterranea è presente nei depositi detritici di versante (ec) e nella porzione più alterata e fratturata del substrato (PELa). I livelli di falda, misurati fino ad ora a mezzo di piezometri a tubo aperto nel periodo Feb. – Apr. 2022, indicano profondità comprese tra 6m e 12m circa, con modeste escursioni dei livelli (Tab. 6.3). Il livello di falda presenta un andamento all'incirca parallelo alla superficie topografica e non si può escludere, in analogia a situazioni simili, che lo stesso possa raggiungere il piano campagna in occasione di precipitazioni abbondanti e persistenti. Solo in corrispondenza del sondaggio S7 si è riscontrato un livello di falda leggermente superiore al piano campagna, che potrebbe essere imputabile ad una falda in pressione connessa probabilmente alla presenza di livelli sabbiosi nel substrato riscontrati a 27-30m di profondità.

AN255 - SS 16 "Adriatica"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	Relazione Geologica	

BRETELLA SS16 - PORTO DI ANCONA												
PIEZOMETRI A TUBO APERTO												
PIEZ. N.	Quota m s.m.	H boccaforo (m)	03/02/2022		15/03/2022		24/03/2022		14/04/2022		26/04/2022	
			Prof. dal boccaforo (m)	Quota m s.m.	Prof. dal boccaforo (m)	Quota m s.m.	Prof. dal boccaforo (m)	Quota m s.m.	Prof. dal boccaf	Quota m s.m.	Prof. dal boccaforo (m)	Quota m s.m.
S2-PZ	26,17	0,25	9,90	16,52	10,50	15,92	-	-	-	-	10,70	15,72
S4-PZ	50,58	0,30	11,80	39,08	11,50	39,38	-	-	-	-	11,75	39,13
S5-PZ	37,07	0,30	10,20	27,17	-	-	-	-	-	-	-	-
S7-PZ*	39,52	0,26	-	-	-	-	0,11	39,67	0,26	39,52	-	-
S8-PZ	62,50	0,20	-	-	1,50	61,20	-	-	-	-	-	-
S10-PZ	63,50	0,30	-	-	8,10	55,70	-	-	7,90	55,90	-	-
S12-PZ	54,50	0,38	-	-	-	-	7,70	47,18	7,08	47,80	-	-
S15-PZ	60,00	0,20	-	-	6,10	54,10	-	-	6,20	54,00	-	-
S16-PZ	97,00	0,35	-	-	12,35	85,00	-	-	-	-	-	-
Pozzo P1	42,00	1,00	1,00	42,00	-	-	1,00	42,00	-	-	-	-

(*) - acqua in pressione

Tab. 6.3 – Misure livelli idrici piezometri e pozzi

7 MACROSISMICITA' E RISCHIO DI LOCALI AMPLIFICAZIONI SISMICHE

Il territorio del Comune di Ancona ricade nella Zona Sismica II, definita da un valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante compreso tra 0,175–0,200g (O.P.C.M. n.3274/2003, D.G.R. Marche n. 1046 del 29.07.2003).

Nella "Mappa di pericolosità sismica" tratta dal sito dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) l'accelerazione massima al suolo viene fornita con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 475 anni (Fig. 7.1).

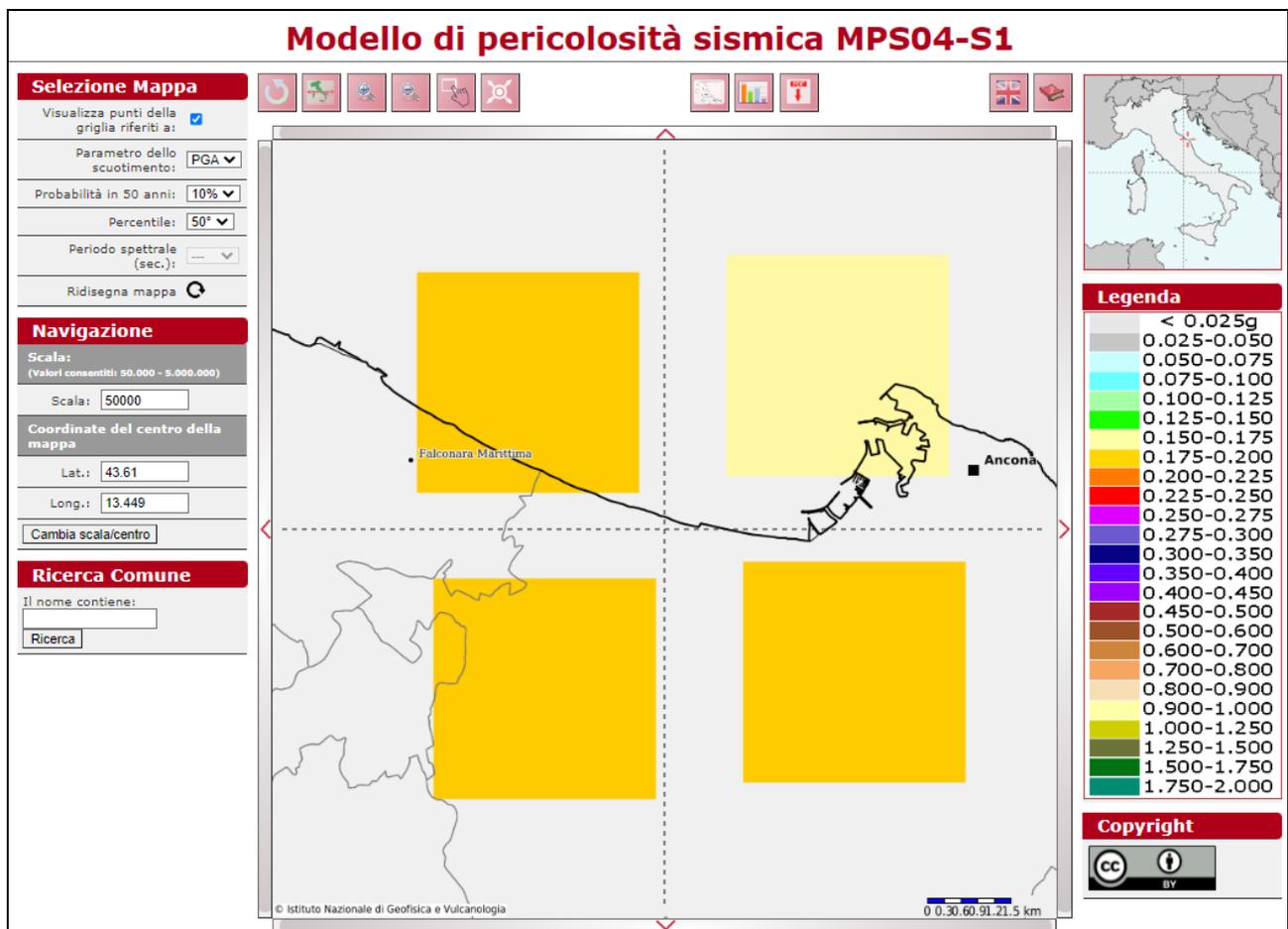


Fig. 7.1

Le strutture sismogenetiche prossime al territorio del comune di Ancona, sulla base del loro assetto geometrico e degli eventi da esse generate, risultano volumetricamente modeste non essendo in grado di generare terremoti di magnitudo maggiore a Mw 6.37.

Nello schema interpretativo di una delle linee sismiche attraverso la costa Adriatica all'altezza del M. Conero, caratterizzato da numerosi fronti sepolti con faglie inverse (o thrust), la faglia indicata in rosso è una delle possibili sorgenti sismiche attive nella regione (Fig. 7.2).

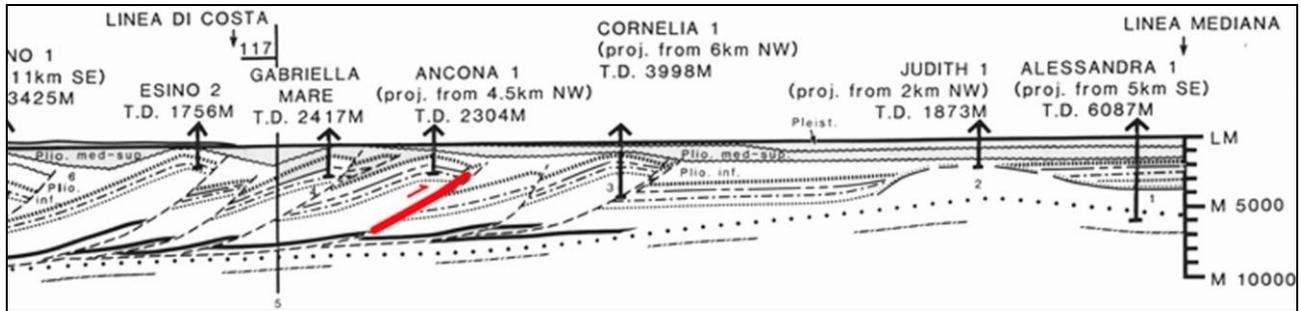


Fig. 7.2

Tra i terremoti più forti e recenti accaduti nell'area anconetana si evidenzia la crisi sismica caratterizzata da diverse scosse a partire da quella del 25 gennaio 1972. Il periodo sismico interessò complessivamente oltre 80 località dell'Italia centrale del versante adriatico. I danni maggiori si ebbero in seguito alle scosse del 4-5 febbraio e del 14 giugno. Le province più colpite furono quelle di Ancona, Pesaro e Macerata, con un indice di danno particolarmente elevato ad Ancona, Camerano, Camerata Picena e Montemarciano (Fig. 7.3).

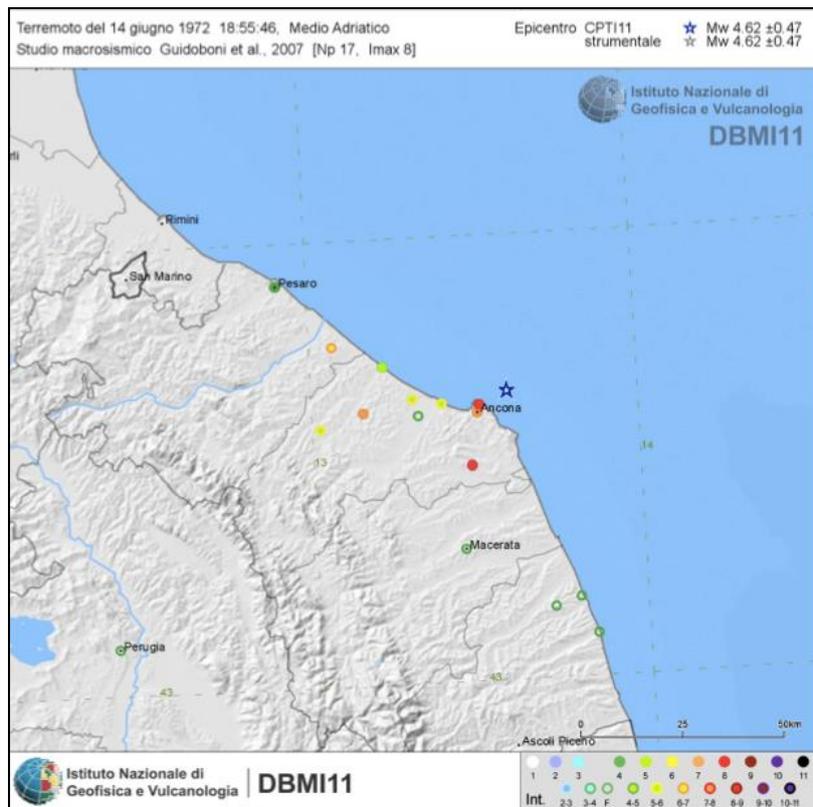


Fig. 7.3

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	<i>Relazione Geologica</i>	

Per quanto riguarda i risultati delle indagini sismiche eseguite per il presente progetto si rimanda agli specifici elaborati di progetto (AN255T00GE00GEORE01A: Relazione sismica e AN255T00GE00GEOCS01A: Carta zonazione sismica).

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	<i>Relazione Geologica</i>	

8 MODELLO GEOLOGICO E PROBLEMATICHE GEOLOGICO-APPLICATIVE

Il modello geologico, ricostruito nel profilo geologico, è caratterizzato da un'unica tipologia di substrato, costituito da argille marnose stratificate (PEL - S), di consistenza medio-alta, con giaciture da suborizzontali a poco inclinate (5°-10°). Il substrato presenta sempre una fascia di alterazione di spessore compreso tra 1,5 e 19m, individuata nei sondaggi dalle tracce di ossidazione e fratturazione (PELa – Sa).

Al di sopra del substrato suddetto, in discordanza, sono sempre presenti coperture detritiche di versante (depositi eluvio-colluviali) costituite da terreni limoso-argillosi, debolmente sabbiosi, con concrezioni carbonatiche millimetriche e frustoli vegetali e di medio-bassa consistenza (ec – C). Comprendono localmente anche la porzione superiore del substrato fortemente alterato (eluvium), dove non è riconoscibile l'originaria struttura e superiormente anche locali riporti e il terreno vegetale. Il loro spessore risulta mediamente di 3-5m, localmente si spinge fino a 15m.

Tra le progressive 1+870 e 2+070, in corrispondenza del sondaggio S5, sono presenti, al di sotto dei depositi colluviali, depositi di origine fluvio-lacustre per uno spessore di circa 17m, costituiti da argille e limi con abbondante materiale organico, di media consistenza e con stratificazione non evidente.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni suddetti presentano permeabilità bassa e molto bassa. Una modesta circolazione idrica sotterranea è presente nei depositi detritici di versante (ec) e nella porzione più alterata e fratturata del substrato (PELa). I livelli di falda, misurati per ora a mezzo di piezometri a tubo aperto nel periodo Feb. – Apr. 2022, indicano profondità comprese tra 6m e 12m circa, con modeste escursioni dei livelli. Il livello di falda presenta un andamento all'incirca parallelo alla superficie topografica e non si può escludere, in analogia a situazioni simili, che lo stesso possa raggiungere il piano campagna in occasione di precipitazioni abbondanti e persistenti. Solo in corrispondenza del sondaggio S7 si è riscontrato un livello di falda leggermente superiore al piano campagna, che potrebbe essere imputabile ad una falda in pressione connessa probabilmente alla presenza di livelli sabbiosi nel substrato riscontrati a 27-30m di profondità. Nel tratto all'aperto che ricalca l'attuale strada Flaminia, in corrispondenza del piede della frana di Ancona, sono segnalati livelli piezometrici che possono superare il piano campagna che tendono ad aumentare con la profondità.

Per quanto riguarda le problematiche geologico-applicative, queste riguardano principalmente la stabilità dei versanti. A tale proposito il rilievo geomorfologico e l'analisi dei dati disponibili, in particolare per la frana di Ancona, hanno permesso di ricostruire i possibili modelli di frana al fine di verificare le eventuali interferenze con le opere in progetto.

Nel primo tratto, tra le progressive 0+000 e 1+380, il tracciato interessa il piede della frana di Ancona; questo è il tratto della frana di Ancona che nel 1982 subì significativi spostamenti dell'ordine di diversi metri, sia planimetrici verso Nord, che di sollevamento (corpi 1 e 2 nella carta geomorfologica – Fig. 8.1). Il nuovo tratto stradale corre all'aperto sull'attuale sedime della strada Flaminia, in leggero rilevato, senza opere significative.

Tra le progressive 1+380 e 1+740 il tracciato devia verso Sud attraversando l'estrema propaggine occidentale della frana di Ancona (corpo 3 nella carta geomorfologica – Fig. 8.1); questa porzione della frana ha subito anch'essa una riattivazione nell'evento parossistico del 1982, con spostamenti però molto più limitati (probabilmente dell'ordine dei centimetri sulla base dei dati disponibili). In questa porzione, infatti, l'energia di rilievo è molto più limitata rispetto ai corpi 1 e 2; il coronamento del corpo 3 raggiunge solo le massime quote di 40-60m s.m. del crinale di via della Grotta, mentre il coronamento dei corpi 1 e 2 raggiunge quote comprese tra 100m e 210m s. m. (Colle del Montagnolo). Le superfici di scorrimento sono preesistenti, probabilmente anche più profonde di quella ipotizzata nel modello di frana riportato nel profilo geologico e nella sezione trasversale 01, e sono riferibili alla frana più antica e di più grandi dimensioni (indicata come "deformazione gravitativa profonda" nella carta geomorfologica), connessa a condizioni climatiche e morfologiche molto diverse dall'attuale (trasgressione glacio-eustatica Flandriana, con un livello del mare molto più basso dell'attuale, a partire da circa 10.000 anni fa).

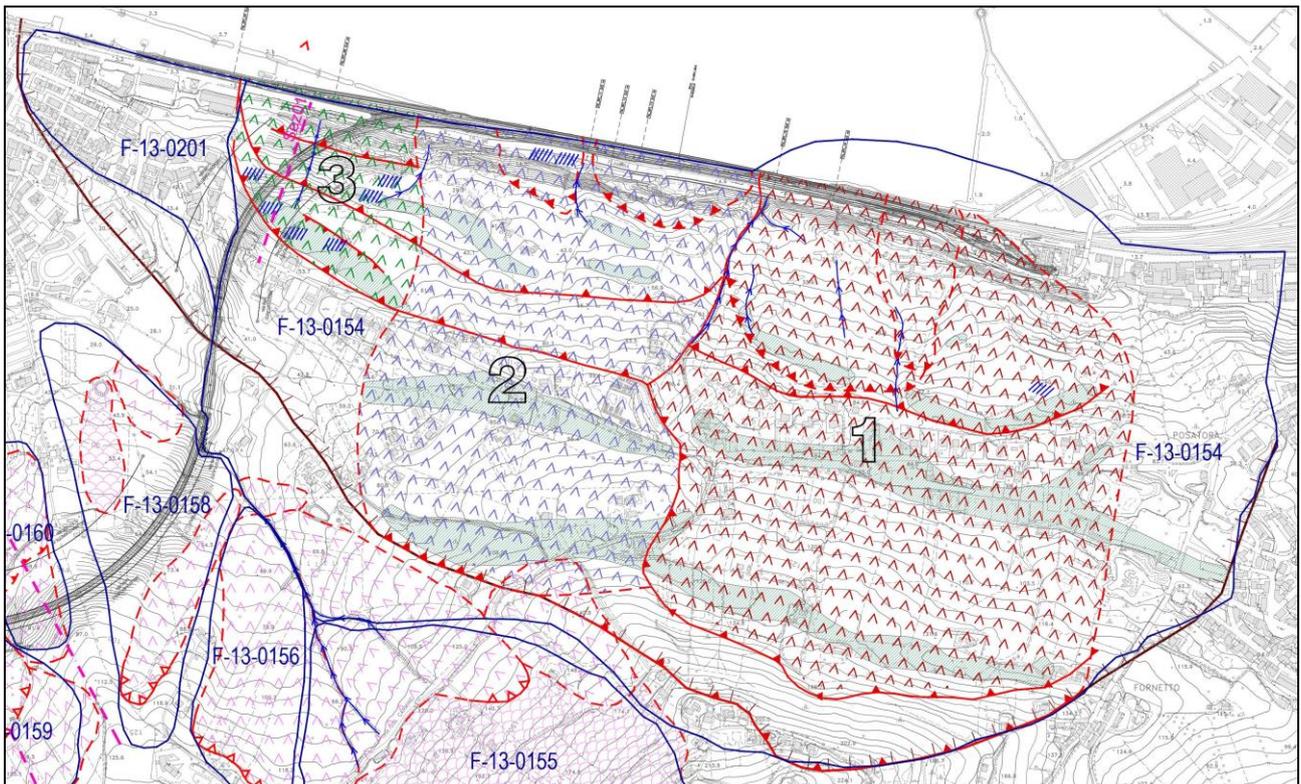


Fig. 8.1 – Stralcio Carta geomorfologica

Nel corpo di frana 3 è stato appositamente installato un tubo inclinometrico di profondità pari a 70m (S3) che allo stato attuale non ha evidenziato spostamenti significativi (misura di zero Marzo 2022). Nelle immediate vicinanze, nell'area dell'abitato di Torrette sono disponibili alcuni dati inclinometrici che evidenziano spostamenti di 1,0-1,5mm/anno a profondità di 25-30m (Inclinometri S1 ed S2 – dati da Unifirenze, 2021).

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	<i>Relazione Geologica</i>	

Sempre nel corpo di frana 3 è da segnalare la presenza di varie emergenze idriche, sia alla base della scarpata di frana sommitale, immediatamente sottostante a via della Grotta, che nelle zone di trincea, che testimonierebbero la presenza di una circolazione idrica nelle argille del substrato lungo vie preferenziali rappresentate dalle linee di frattura disposte Est-Ovest. In particolare, nella trincea sommitale del corpo 3 è presente una sorgente idrica che emerge dal basso in un terreno in piano (segno di una falda in pressione), alimentata da flussi provenienti da Est, con portata variabile ma significativa (dell'ordine di qualche decina di litri al minuto).

Il corpo 3 della frana di Ancona viene attraversato mediante una galleria artificiale (Torrette I – 470m) per la quale sono stati adottati particolari accorgimenti costruttivi, consistenti sia in opere strutturali (paratie di pali, puntoni) che opere di drenaggio (dreni tubolari), nonché un'importante opera di drenaggio esterna alla galleria, costituita da un pozzo strutturale di grande diametro, di profondità 15m, attrezzato con 3 livelli di dreni tubolari. Questo pozzo è stato posizionato verso Est rispetto alla galleria in modo tale da intercettare i flussi idrici, localmente in pressione, legati al sistema di fratture e depressioni della frana di Ancona.

Procedendo con il tracciato, dopo aver superato con la galleria artificiale Torrette I il rilievo di via della Grotta, con gli scavi limitrofi ad alcuni edifici isolati, si ha un tratto all'aperto in leggero rilevato che attraversa un'ampia vallecchia con due piccoli fossi.

Il tracciato entra quindi di nuovo in galleria (galleria naturale Torrette II – 650m) con un imbocco al piede del versante collinare che non presenta problematiche di stabilità. All'uscita della galleria tra le progressive 2+770 e 3+010 sono presenti due movimenti di frana per scorrimento, che sono stati presumibilmente causati e/o accentuati dagli scavi eseguiti al piede del versante per la realizzazione dei parcheggi dell'Ospedale Regionale di Torrette. Tali frane corrispondono in parte a due perimetrazioni di aree a rischio idrogeologico segnalate nel PAI Marche con grado di pericolosità molto elevato P3 (F13-0159 e F13-0160).

I modelli di frana sono schematizzati nelle sezioni trasversali 02 e 03, dove lo spessore di 6-7m delle frane è stato ipotizzato sulla base delle evidenze riscontrate nei sondaggi. Anche qui i due inclinometri installati (S10 ed S14) non hanno per ora evidenziato spostamenti significativi.

Queste due frane possono interferire con il tratto in artificiale della galleria Torrette II e con il tratto all'aperto in rilevato immediatamente successivo (vedi profilo geologico). Anche in questo caso, nel progetto sono state previste specifiche opere di sostegno e di drenaggio.

Per quanto riguarda lo scavo della galleria naturale Torrette II non si ravvisano particolari problematiche con riguardo alla circolazione idrica sotterranea, che, come già sopra esposto è di limitata entità, visto il basso grado di permeabilità dei terreni, e circoscritta ai terreni di copertura detritica superficiali.

Occorre segnalare, invece, che i terreni interessati dallo scavo in sotterraneo, costituiti dalla Formazione delle Argille azzurre e dai depositi fluvio-lacustri, essendo di natura argillosa con presenza di materiale organico più o meno abbondante, non esclude la possibilità di venute di gas all'interno del cavo.

Nell'ultimo tratto, il progetto prevede l'attraversamento di un'ampia vallecchia con un viadotto (Lolò - 285m). Il rilievo geomorfologico non ha evidenziato problematiche di stabilità del versante. Alcuni modesti movimenti di frana attivi sono presenti più a monte del tracciato a debita distanza dallo stesso. Tutta la vallecchia è

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	<i>Relazione Geologica</i>	

cartografata nel PAI come area a rischio frana P2. Anche qui è stato installato un inclinometro (S12) che per ora non ha evidenziato spostamenti significativi.

AN255 - SS 16 "Adriatica"		
Nuovo collegamento viario della S.S. 16 "Adriatica" con il Porto di Ancona		
AN255	Relazione Geologica	

9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ✓ Cotecchia V., 2006. *The Second Hans Cloos Lecture. Experience drawn from the great Ancona landslide of 1982*. Bull. Eng. Geol. Env. (65), 1-41.
- ✓ ISPRA - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2011) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 282 Ancona.
- ✓ ISPRA - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2011) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 293 Osimo.
- ✓ COMUNE DI ANCONA (1987) – Studio sulle opere di stabilizzazione della frana di Posatora e Borghetto. Rapporto inedito interno a cura di Italgeo, Colombo, Esu, Jamiolkowski, Tazioli.
- ✓ OGS Macerata (2002) – Campo medio della precipitazione annuale e stagionale sulle Marche per il periodo 1950 -2000. Rapporto Protezione Civile Regione Marche (<https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartageologicaregionale10000>).
- ✓ REGIONE MARCHE – Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000 – Progetto CARG – Sezioni 282140 "Palombina Nuova" e 293020 "Montesicuro".
- ✓ UNIFIRENZE (2021) – *Revisione della perimetrazione della frana di Ancona mediante analisi di dati radar satellitari*. Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale. Rapporto inedito.