

S.S. 675 "UMBRO - LAZIALE"
Sistema infrastrutturale del collegamento del porto
di Civitavecchia con il nodo intermodale di Orte
Tratta Monte Romano est - Civitavecchia
1° Stralcio Monte Romano est - Tarquinia

PROGETTO DEFINITIVO

COD. RM366

R.T.I. di PROGETTAZIONE:



I PROGETTISTI:

Ing. Nicola Cuozzo (Integratore prestazioni specialistiche)
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N. 15447

Ing. Roberto Zanon (il Progettista)
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Padova N.2351

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.:

Ing. Biagio Camaldo

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giampiero Carrieri
Ordine regionale dei Geologi del Piemonte. N. 274

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Geol. Giampiero Carrieri
Ordine regionale dei Geologi del Piemonte. N. 274

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Ing. Achille Devitofranceschi

PROTOCOLLO

—

DATA

GEOLOGIA E GEOTECNICA
Generale
Relazione geologica

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

DPRM0366 D 2201

CODICE
ELAB.

T00GE00GEORE02

A

A

EMISSIONE PD

MARZO 2022

G. Ricci

W. Giulietto

G. Carrieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
1.1	Scopo del lavoro.....	2
1.2	Descrizione del Progetto	2
1.3	Documentazione di riferimento	3
1.4	Riferimenti normativi	4
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO REGIONALE	5
2.1	Geologia	5
2.2	Successione stratigrafica e caratteri delle unità geologiche.....	6
2.3	Geomorfologia	9
2.3.1	<i>Dissesti franosi</i>	<i>10</i>
2.4	Idrogeologia	12
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	14
4	MODELLO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO	15
4.1	Geologia	15
4.2	Geomorfologia e compatibilità dell'opera in progetto secondo i contenuti del Piano di Assetto Idrogeologico	19
4.3	Idrogeologia	21
5	BIBLIOGRAFIA	23

1 PREMESSA

1.1 Scopo del lavoro

La presente relazione geologica fa parte della documentazione costituente la Progettazione Definitiva del 1° stralcio Monte Romano est - Tarquinia di collegamento tra la SS675, posta a est di Monte Romano, con la SS1bis Via Aurelia a circa 3km a ovest dal centro abitato.

Nella presente nota vengono inizialmente descritti i contesti geomorfologico, stratigrafico ed idrogeologico di riferimento; successivamente viene analizzato il tracciato in progetto, per tratti omogenei, con riferimento alle interrelazioni prevedibili fra l'assetto del sottosuolo ed il suo comportamento conseguente alla costruzione delle principali opere previste.

1.2 Descrizione del Progetto

Questo progetto è sostanzialmente lo stralcio di un progetto più esteso sviluppato da ANAS nel 2006 (PD 2006) di collegamento dalla SS675, a est dell'abitato di Monte Romano, al collegamento con la A12 (tratto Tarquinia-Roma).

Il tracciato (Figura 1-1) presenta uno sviluppo di circa 4+950 km, prevedendo la realizzazione della galleria naturale "Monteromano" (L = 1500m circa), una galleria artificiale (L = 125m) di sottoattraversamento della SS675, un ponticello (L=12m) alcuni sottovia per risolvere le interferenze con la viabilità secondaria, e una ottimizzazione plano altimetrica finalizzata a limitare l'altezza dei rilevati e delle trincee di collegamento.

Il nuovo progetto prevede una nuova attribuzione delle progressive chilometriche che andrà in senso inverso al precedente, partendo dalla pk 0+000 (ex pk 14+700) in corrispondenza della connessione del tratto esistente della SS 675 in prossimità del futuro svincolo di Monte Romano, per terminare in corrispondenza della pk 4+630 (ex pk 10+100) dove sarà realizzato il nuovo svincolo (svincolo Tarquinia) di collegamento con la SS1bis Via Aurelia, non previsto dal PD 2006.

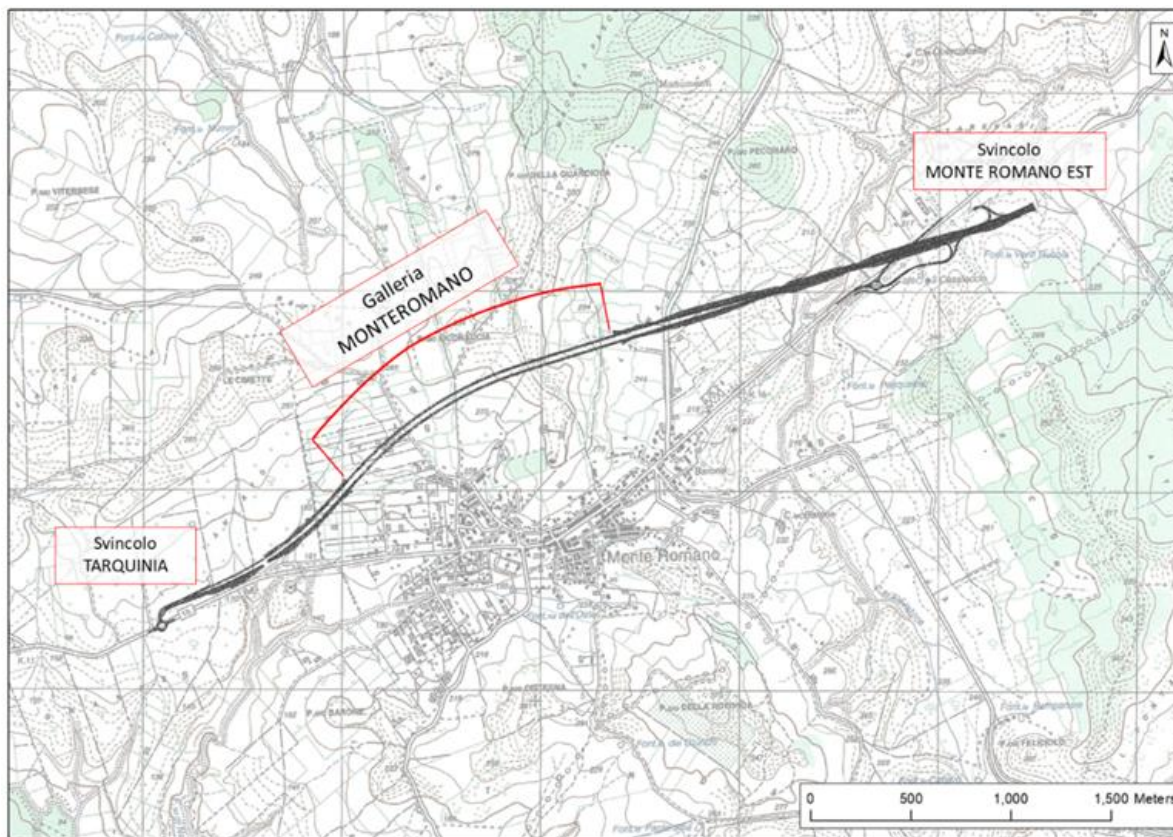


Figura 1-1: Inquadramento territoriale del progetto.

1.3 Documentazione di riferimento

Gli elementi necessari sviluppare lo studio geologico presentato in questa relazione sono stati ricavati a seguito dell'esame della documentazione bibliografica disponibile per l'area in oggetto, dell'analisi diretta delle condizioni geologiche e geomorfologiche, dell'esecuzione di un rilevamento geologico-tecnico originale dell'area in scala 1:5.000, dell'interpretazione di dati geognostici preesistenti, nonché dell'esecuzione delle specifiche indagini geognostiche di seguito elencate:

- Campagna Sondedile (1994);
- Campagna Geostudi Pologeologico (2006).

Si evidenzia che per una esauriente comprensione dello studio geologico svolto, la presente relazione deve essere esaminata parallelamente ai documenti di seguito elencati.

Cod. elaborato	Titolo	Scala
T00GE00GEOCG01/02_A	Carta Geologica	1:5.000 (2 tavole)
T00GE00GEOCG03/04_A	Carta Geomorfologica	1:5.000 (2 tavole)
T00GE00GEOCI01/02_A	Carta Idrogeologica	1:5.000 (2 tavole)
T00GE00GEOFG01/02_A	Profilo Geologico	1:5000/5000 (2 tavole)

1.4 Riferimenti normativi

La presente relazione è redatta in conformità a quanto previsto dal Nuovo Codice Appalti (D- Lgs. 50/2016)¹ ed è parte integrante del Progetto Definitivo, il modello geologico e le sue caratteristiche, infatti, devono costituire un imprescindibile elemento di riferimento affinché si possano inquadrare i problemi connessi con la scelta, la progettazione e il dimensionamento degli interventi.

La relazione recepisce, inoltre, le indicazioni contenute nel Decreto Ministeriale 17/01/2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (NTC18)" e nella relativa Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, C.S.LL.PP: " Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".

¹ Si evidenzia che in relazione alla Progettazione il D. Lgs. 50/2016 NON cambia quanto già previsto nel DPR 207/2010, conseguentemente in merito alla presente relazione vale quanto indicato al "Capitolo II – Sezione III (Progetto Definitivo) Art. da 24 a 32".

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO REGIONALE

2.1 Geologia

L'evoluzione geodinamica dell'area è stata controllata dalla presenza di alcune unità paleogeografico-strutturali sviluppatesi su di un segmento crostale continentale, disarticolato in blocchi, sul quale si sono disposte alcune unità fondamentali, dalla cui interazione è derivato l'assetto di questo settore della catena appenninica. L'evoluzione tettonica di quest'ultima ha visto sovrapporsi diverse fasi, in ordine cronologico dalla più antica:

- una fase compressiva oligocenico-miocenica inferiore (aquitaniano), durante le quali si sono messe in posto, in questo settore, le unità fondamentali della catena, rappresentate dei flysch alloctoni tolfetani (successione di sedimenti torbiditici, calcareo-marnosi, arenacei e argilloscistosi);
- una tettonica miocenica a carattere distensivo, con la disarticolazione del substrato, connessa alle fasi di apertura del Tirreno;
- per ultimo la conseguente ingressione marina a partire dal Pliocene, segnata dalla deposizione di formazioni argillose e sabbioso-conglomeratiche.

I terreni flyschoidi, in questa zona raggruppati in due diverse unità tettoniche, costituiscono l'ossatura centrale del territorio esaminato, affiorando estesamente nell'area a nord di Monte Romano e lungo tutta l'estensione del progetto.

Alle unità sinorogeniche di catena si è succeduta, quindi, la deposizione di formazioni postorogene, sedimentate all'interno di un bacino pliopleistocenico subsidente, all'interno del quale la differenziazione batimetrica operata dalla tettonica, unitamente alle oscillazioni del livello del mare, hanno portato alla differenziazione in unità riferibili ad ambienti deposizionali differenziati, da bacinali a litorali: nel Pliocene inferiore prevalgono sedimenti argillosi di mare aperto, mentre tra il Pliocene medio e superiore prevale la differenziazione di formazioni di ambiente litorale (sabbie con intercalazioni calcarenitiche in facies di "panchina" e calcareniti vere e proprie nelle zone di bassofondo ("macco" Auct.).

I terreni postorogeni, di età compresa fra il Pliocene inferiore ed il Tirreniano, costituiscono la struttura affiorante in tutta la porzione occidentale del territorio interessato dal progetto, dall'Aurelia fin quasi all'altezza di Monte Romano.

L'evoluzione geodinamica dell'area si chiude con la messa in posto delle unità piroclastiche ed ignimbrtiche, collegate all'attività del distretto vulcanico Vicano, stratovulcano ad edificio centrale e chimismo alcalino-potassico la cui attività, essenzialmente esplosiva, ha coperto l'intervallo 800.000 ÷ 90.000 anni fa. La posa delle principali coltri ignimbrtiche, prodotte da eventi di tipo pliniano, è

avvenuta fra 200.000 e 150.000 anni fa. Terreni riferibili a tale contesto costituiscono il plateau ignimbrico che affiora estesamente nel settore orientale dell'area, ad est della valle del Biedano.

L'evoluzione recente, comune a tutto il margine tirrenico, è caratterizzata da sollevamenti della fascia costiera, testimoniati dalla presenza di terrazzi marini posti in posizione elevata. L'assetto risultante può definirsi come una serie di dorsali parallele alla costa, orientate da NW a SE.

Qui di seguito sono elencati, dai termini più antichi a quelli più recenti le formazioni che affiorano nell'area vasta di progetto. In riferimento dal tracciato di progetto esso si sviluppa interamente sulla sequenza delle unità che compongono il Flysch della Tolfa.

I codici che identificano le varie formazioni geologiche sono quelli definiti nella precedente fase progettuale.

Al fondo del paragrafo è fornita una tabella di riferimento per correlare questi termini con quelli adottati dalla recente carta geologica alla scala 1:50.000 prodotta dal progetto CARG (ISPRA).

2.2 Successione stratigrafica e caratteri delle unità geologiche

Serie dei Flysch della Tolfa

Compongono questa serie formazioni a carattere flyscioide, sovrapposte tettonicamente al complesso basale in facies toscana; esse costituiscono, perciò, la copertura alloctona della regione, rappresentando gli affioramenti più meridionali delle "Unità Liguridi" in senso lato. Questo complesso viene suddiviso in più unità tettoniche composte da formazioni in parte coeve: i terreni presenti nell'area in studio appartengono all'unità esterna, corrispondente alla serie cretaco-oligocenica.

Nell'ambito del presente lavoro, indipendentemente da distinzioni di carattere formazionale, ma adottando esclusivamente un criterio litostratigrafico, sono state distinte le unità di seguito descritte

Compongono tale gruppo formazioni a carattere flyscioide, sovrapposte tettonicamente al complesso basale in facies toscana; esse costituiscono, perciò, la copertura alloctona della regione, rappresentando gli affioramenti più meridionali delle Unità Liguridi in senso lato.

Questo complesso viene suddiviso in più unità tettoniche composte da formazioni in parte coeve: i terreni presenti nell'area in studio appartengono all'unità esterna, corrispondente alla serie cretaco-oligocenica.

Nell'ambito del presente lavoro, indipendentemente da distinzioni di carattere formazionale, ma adottando esclusivamente un criterio litostratigrafico, sono state distinte le unità di seguito descritte.

- **Flysch argilloso-scaglioso (fas):** comprende la successione di argille scagliettate grigio-piombo, marnose, a tratti attraversate da vene calcitiche, subordinate argille scagliose rosso-vinaccia e verdastre, calcari marnosi e silicei litoidi, in strati anche di notevole spessore. L'ammasso roccioso è attraversato da frequenti discontinuità per taglio, effetto delle sollecitazioni geodinamiche subite; l'assetto è di tipo caotico. Il rapporto fra la parte pelitica e quella calcareo-marnosa è stato stimato nell'ordine del

70-80%. Non sono presenti buone esposizioni in affioramento della formazione: le principali osservazioni derivano, pertanto, dai dati di sondaggio. La formazione è cronologicamente riferibile al Cretacico ed è quasi costantemente coperta da una coltre eluviale composta da blocchi planari, o a forma di incudine, di calcari marnosi grigi compatti, immersi in suolo limo-argilloso. All'interno di questa formazione si è riscontrata la presenza, evidenziata soprattutto dai dati di sondaggio, di strati litoidi, di spessore generalmente compreso tra 50 e 200 cm, costituiti da calcari grigi, a frattura concoide (fas-a).

- **Flysch argillo-marnoso (fas-b):** Si tratta di un membro della serie del Flysch della Tolfa caratterizzato da argille limoso-sabbiose, marnose, molto dure con, intercalati, livelli marnoso-arenacei teneri, da semi-litoidi a litoidi, dello spessore di circa 10-20 cm. Queste argille presentano un colore grigio, con locali sfumature rosate, in corrispondenza dei livelli maggiormente marnosi e/o arenacei.
- **Flysch calcareo (Fc):** si presenta come un'alternanza di strati calcarenitici, calcilutitici e marnoso-calcarei, da beige a biancastri, fratturati, con interstrati da limoso-argillosi ad argilloso-marnosi. A tratti le porzioni argilloso-marnose si presentano scagliettate. Si è valutato un rapporto in parti uguali fra gli strati litoidi calcarei e gli interstrati terrosi, pelitici. La mancanza di affioramenti non consente di determinare la giacitura prevalente della formazione e, conseguentemente, i rapporti con l'unità argilloso-scagliosa alla quale, nell'area di Monte Romano, risulta costantemente sovrapposta. L'età è riferita al Cretacico superiore-Paleocene.

Unità postorogene

Rappresentano i termini di colmamento del bacino neogenico del Fiora, comprendente serie marine trasgressive sul substrato flyscioide. Nell'area vengono distinte, con riferimento al ciclo pliocenico, una serie —parzialmente comprensiva", includente le formazioni Pa1, Ps1, ed una serie pliocenica —differenziata", in questa zona in rapporto di sovrapposizione trasgressiva sulla precedente. Fra le varie formazioni, in ragione dell'evoluzione tettonica e della differenziazione batimetrica del bacino, i rapporti sono frequentemente di tipo eteropico, il che ostacola la ricostruzione dei relativi rapporti geometrici.

- **Argille grigio-azzurre (Pa1).** Argille limose o con limo, grigio-azzurre, a luoghi debolmente marnose, compatte, da molto consistenti a dure, in facies piacentiana. La composizione granulometrica appare omogenea, priva di intercalazioni di termini differenziati. La loro facies è francamente marina, con abbondante microfauna a foraminiferi planctonici. La formazione di base è costantemente ricoperta, in affioramento, da una coltre eluviale, ossidata ed alterata, localmente interessata da fenomeni di dissesto. Età: Pliocene inferiore.

- **Calcare di Tarquinia (cT).** formazione nota come —Macco" Auctt. Si tratta di una biocalcarenite litoide, in facies da tenera (a luoghi escavabile) a più francamente litoide, giallina-biancastra, a struttura nodulare. L'unità si presenta in strati di spessore variabile e in banchi (50-300 cm). A luoghi di aspetto detritico. A tratti si mostra più tenera, con aspetto farinoso. Depositatasi in continuità di sedimentazione sulle argille Pa1, essa si mostra, a luoghi, eteropica con Ps1. L'assetto è suborizzontale, con lievi basculamenti. L'età di riferimento è il Pliocene inferiore-medio.
- **Sabbie inferiori (Ps1).** L'unità comprende sabbie giallo-ocracee, di diversa granulometria, calcaree, a tratti cementate o intercalate a crostoni calcarei concrezionari, a luoghi affioranti, ricche in macrofossili. Depositi in facies astiana. Localmente eteropiche con l'unità cT. Età: Pliocene inferiore-medio.
- **Argille a coralli (Pa2).** La formazione, insieme alle argille grigio-azzurre basso plioceniche, rappresenta l'unità più diffusa in affioramento nel settore, e comprende termini che vanno dai limi con argilla alle argille limose, a luoghi sabbiose. Di colore grigio scuro, contengono un'abbondante fauna a coralli (*Cladocora coespitosa*), ed accumuli di frammenti di gusci di lamellibranchi. A tratti contengono livelli nerastri organici. Plastiche, di consistenza da media a medio-bassa, si distinguono agevolmente da quelle inferiori per il ricco contenuto fossilifero e per i diversi caratteri di consistenza. In alcuni settori le condizioni rilevate portano ad ipotizzare un passaggio diretto, trasgressivo, tra queste e l'unità Pa1. Cronologicamente sono riferibili al Pliocene medio-superiore.
- **Sabbie superiori (Ps2).** La formazione rappresenta il termine di chiusura del ciclo marino pliocenico. Essa comprende un'alternanza di sabbie, da medio-fini a grossolane, variamente addensate o cementate, di ambiente costiero, con livelli limo-sabbiosi con abbondanti macrofossili (ostreidi, lamellibranchi), frequentemente osservabili in affioramento. Di frequente si intercalano strati di calcari organogeni avana (tipo —Macco") ad anfistegine, o calcareniti biancastre. Le modalità del passaggio stratigrafico tra l'unità Pa1 e l'unità Ps2, ad essa sovrastante, sono gradualali e segnate da alternanze ritmiche, testimonianza di pulsazioni batimetriche che hanno determinato successive variazioni dell'ambiente deposizionale. Età: Pliocene superiore.

Unità piroclastiche

- **Ignimbrite III Vicana (θ):** La formazione corrisponde al Tufo rosso a scorie nere" Auctt. ed è rappresentata da piroclastiti prevalentemente cementate, in facies di colata ignimbratica. Di struttura pomiceo-cineritiche, omogenee, compatte, si mostrano in assetto massivo, di colore per lo più giallastro-rossiccio o decisamente

rosso, talvolta grigio scuro. Frequente il rinvenimento di grosse pomici nere. Lo stato di fratturazione è quasi assente. Oltre alla facies principale, litoide, si rinviene anche in facies pozzolanica, grigio œ nerastra, o agglomeratica. L'età di messa in posto della colata ignimbratica è valutata (De Rita) tra 200.000 e 150.000 anni fa (Pleistocene medio).

Unità recenti e coperture

- **Coltre eluvio-colluviale (e-c).** Coperture eluvio-colluviali, prevalentemente a granulometria limo-sabbiosa, localmente più argillosa, con rari elementi litoidi non elaborati di natura arenacea, alimentate in gran parte dalle unità plioceniche.
- **Alluvioni (a).** Coperture alluvionali dei principali corsi d'acqua, prevalentemente a grana fine (limo-argillosa), con rare intercalazioni sabbiose. In altri casi, a granulometria variabile da limo-argillosa a sabbioso-limoso. Sono comprese, oltre a quelle dei corsi d'acqua minori, le alluvioni del Fiume Mignone, disposte su più ordini di terrazzi, e dotate di maggior estensione e spessore. Terreni di riporto (R).
- **Terreni di riporto (R):** riempimenti artificiali, rilevati stradali.

Con riferimento alla codifica adottata per le diverse unità formazionali si propone (Tabella 2-1) una correlazione tra la codifica utilizzata negli elaborati del presente studio e quella individuata dal Progetto CARG, Foglio 354 —Tarquinia di recente pubblicazione sul sito dell'ISPRA.

Tabella 2-1: Tabella di correlazione tra la codifica utilizzata nel presente lavoro e quella individuata nella cartografia ufficiale del Progetto CARG.

CODIFICA DI PROGETTO	CODIFICA CARG
θ: Ignimbrite III Vicana	WIC: Tufo rosso a scorie nere vicano
pa1: Argille grigio-azzurre	SBM: Unità del Fosso di San Savino
cT: Calcare di Tarquinia	MCC: Macco
ps1: Sabbie inferiori	RGG: Unità di Pian della Regina
pa2: Argille a coralli	TNA: Unità di Macchia della Turchina
ps2: Sabbie superiori	CPS: Unità di Poggio della Sorgente
fas: Flysch argillo-scaglioso	FYT2a: Flysch della Tolfa - Litofacies delle argilliti del Mignone
fc: Flysch calcareo	FYT1: Flysch della Tolfa - Membro di Poggio Vivo

2.3 Geomorfologia

Le caratteristiche geomorfologiche dell'area interessata dal progetto riflettono, come avviene di norma, il suo assetto geostrutturale e le fasi evolutive che hanno presieduto alla sua definizione.

La fascia più esterna del territorio interessato, peritirrenica, allungata parallelamente alla linea di costa, esercita la funzione di raccordo morfologico tra quest'ultima ed i rilievi collinari più interni; su di essa insiste il tratto più occidentale dell'intervento, in corrispondenza del collegamento con la S.S.

1 Aurelia. La sua origine deriva dalla successione di cicli marini trasgressivi, succedutisi durante il Pliocene Superiore ed il Pleistocene, e dalla conseguente formazione di terrazzi marini. Nell'area, questi ultimi s'individuano come superfici pianeggianti, a debole inclinazione verso mare; saltuariamente si osservano gradini morfologici aventi direzione subparallela alla linea di costa.

La successiva azione erosiva lineare dei corsi d'acqua, unita localmente a processi di evoluzione dei versanti, esercitata prevalentemente a spese delle formazioni pelitiche, ha successivamente intaccato tali superfici, delimitandone forme pianeggianti residue, bordate da piccole scarpate, dove prevalgono terreni calcarei concrezionari, litoidi, o da rotture di pendio. Ne consegue la presenza di rilievi a sommità tabulare (tipo mesas), collegati ai sottostanti versanti, i quali sono interessati prevalentemente da forme di erosione da ruscellamento, concentrato e/o diffuso, di erosione accelerata (calanchi, aree denudate ed incise) e da alcuni dissesti, prevalentemente di carattere superficiale.

Nell'attraversamento della struttura di Tarquinia, topograficamente e strutturalmente rilevata (quote anche superiori ai 160 m s.l.m.), in corrispondenza della quale affiorano terreni più competenti, di costituzione calcarenitica, prevalgono le forme tipiche delle emergenze dei terreni litoidi. In questa zona le buone caratteristiche litotecniche del materiale, che ne hanno facilitato l'impiego nelle costruzioni, e la sua relativamente agevole escavabilità, hanno favorito negli scorsi decenni lo sviluppo dell'attività estrattiva, sviluppatasi in più siti ed in parte tuttora in corso. Quest'area ne risulta, pertanto, fortemente caratterizzata, presentando un forte sviluppo di forme di carattere antropico (fronti di scavo subverticali, piazzali di cava, ecc.).

Avvicinandosi all'area di Monte Romano si passa ai caratteri geomorfologici tipici del sistema collinare dei flysch tolfetani, caratterizzato da rilievi poco pronunciati. I tipi litologici presenti, prevalentemente di natura argillosa, alternati a strati litoidi, fratturati, favoriscono l'evoluzione di rilievi di forma irregolare, con versanti arrotondati e poco acclivi, modellati da corsi d'acqua a carattere torrentizio. La morfologia di alcuni rilievi ed il pattern del reticolo idrografico evidenzia con chiarezza l'azione di controllo esercitata su di essi dalla tettonica.

Il tratto posto a nord-est dell'area di progetto corrisponde all'areale di affioramento del plateau ignimbrico vicano, corrispondente ad una vasta distesa subpianeggiante, modellata da un reticolo idrografico di tipo dendritico che, in alcuni casi, determina la presenza di incisioni marcate, con valli dotate di pareti abbastanza ripide; esse presentano sezioni a V laddove prevale tuttora la fase erosiva lineare, e a fondo piatto, invece, dove alla fase erosiva ha fatto seguito un successivo alluvionamento. In tale ambito, peraltro, l'erosione agisce in modo differenziato nel passaggio dai litotipi cementati, quali i tufi compatti, a quelli più sciolti.

2.3.1 Dissesti franosi

L'area che spazia dal Tirreno fino all'area collinare di Monte Romano è interessata da una

propensione al dissesto variabile e localmente non trascurabile, in ragione della natura litologica delle unità affioranti, dello stato evolutivo del reticolo idrografico, delle condizioni microclimatiche e di quelle geostrutturali, nonché dello spessore della coltre di alterazione delle formazioni affioranti.

In tal senso, si osserva una densità di dissesti relativamente contenuta per i termini litologici flyscioidi, se rapportata alla loro struttura complessa, mentre si registra una maggior densità di processi di versante in corrispondenza delle aree di affioramento delle formazioni pelitiche plioceniche.

Le principali forme osservate, di seguito descritte, sono riconducibili, da un lato, a processi prevalentemente di carattere erosivo, dall'altro a processi d'instabilità legati alla gravità.

- Forme e processi di erosione accelerata: aree di denudazione: si tratta di porzioni di versante nelle quali l'azione erosiva ha asportato la copertura superficiale, portando a giorno il substrato, che viene progressivamente intaccato. Forme di questo tipo si determinano di frequente a spese della coltre di alterazione delle formazioni argillose plioceniche.
- Forme e processi dovuti alla gravità: tali manifestazioni vengono distinte in:
 - Frane attive: se prodotte da processi in atto all'epoca del rilevamento o delle indagini ricorrenti a ciclo breve;
 - Frane quiescenti: per le quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze di funzionamento nell'attuale sistema morfodinamico e che, non avendo esaurito la loro evoluzione, possono riattivarsi.
 - Frane inattive: intese come manifestazioni riferibili a condizioni morfoclimatiche diverse dalle attuali oppure come processi che, pur essendosi prodotti nell'attuale sistema morfoclimatico, hanno portato a termine la loro evoluzione o non possono più riattivarsi, anche in caso di eventi pluviometrici di particolare intensità.

Le tipologie di frane presenti sono riconducibili alle seguenti categorie (rif. Cruden & Varnes, 1996):

- **Colamenti di terra (earth flows):** colate di terra ad evoluzione prevalentemente lenta e velocità variabile da un punto all'altro della massa instabile. Si manifestano nell'area con alcuni caratteri tipici, quali: l'esistenza di limiti sfumati fra il corpo di frana ed il substrato adiacente; la forma in pianta a clessidra; l'assenza di vere e proprie superfici di scorrimento ben individuabili; la collocazione in versanti con ondulazioni, rigonfiamenti, depressioni a conca e piccole scarpate; zone di distacco di forma polilobata; la definizione del movimento che avviene lungo diverse e discontinue superfici di rottura, senza una separazione netta fra la massa instabile e quella in posto; l'esistenza di zone di accumulo più rilevate rispetto al pendio adiacente, con rigonfiamenti trasversali; zone di piede di forma lobata, con fessure radiali; la presenza di venute d'acqua dall'unghia di frana. Nell'insieme, esse rappresentano masse ad elevata viscosità, dove la velocità del movimento è funzione della

pendenza del versante e del contenuto d'acqua della massa instabile, interessate da deformazioni plastiche, che coinvolgono uno spessore, generalmente non eccessivo, di terreno in movimento non su una superficie ben definita, quanto piuttosto su una fascia di scorrimento.

- **Scorrimenti traslazionali di terra:** sono generalmente rappresentati da processi nei quali prevale, appunto, la componente traslativa e che possono essere favoriti da condizioni giacitureali, stratigrafiche e strutturali. Fra tali fattori una disposizione a franapoggio delle giaciture può rappresentare un fattore predisponente; l'aumento del tenore in acqua, accompagnato dall'azione di scalzamento al piede, possono agire da cause determinanti. Le manifestazioni individuate e caratterizzate nell'area mostrano alcuni fra gli aspetti tipici del fenomeno: coronamento ben evidente; corpi di frana generalmente frammentati; frequenza di fessure trasversali.
- **Crolli:** si verificano nelle formazioni a comportamento litoide, favoriti da particolari condizioni giacitureali, geomeccanico-geostrutturali e litologiche dell'ammasso. Essi comprendono il distacco ed il rotolamento di elementi rocciosi, ed hanno generalmente evoluzione rapida. Danno origine, al piede del versante che li alimenta, a forme di accumulo di materiale detritico. Nell'area in esame essi sono circoscritti ad alcune manifestazioni, apparentemente quiescenti, presenti lungo la valle del T. Cavone.

2.4 Idrogeologia

Una prima caratterizzazione del quadro idrogeologico dell'area di progetto è desumibile dalla Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio, alla scala 1:100.000, foglio 4. La Figura 2-1 riporta uno stralcio con evidenza del tracciato di progetto, ove la galleria Monteromano (colore verde al centro del tracciato) rappresenta l'opera di maggior impatto potenziale con le risorse idriche sotterranee dell'area.

La Carta Idrogeologica della Regione Lazio identifica diversi complessi idrogeologici costituiti da litotipi con caratteristiche simili. Per ogni complesso è indicato il grado di potenzialità acquifera, definita come la capacità di ciascun complesso di assorbire, immagazzinare e restituire l'acqua.

Come si evidenzia dalla figura seguente, il progetto si sviluppa nel "*Complesso dei Flysch marnoso-argillosi*" classificato a bassissima potenzialità acquifera. Non sono presenti sorgenti lungo l'asse di progetto e nell'aree limitrofe.

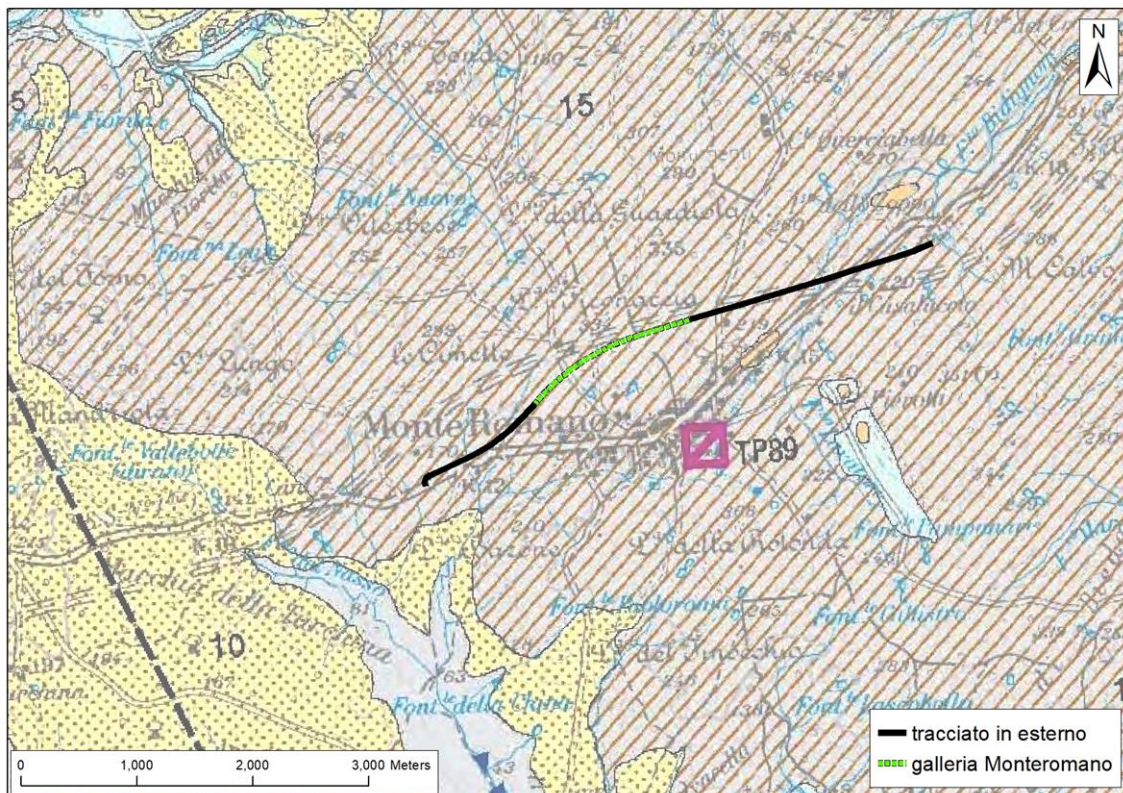


Figura 2-1: Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio, alla scala 1:100.000, foglio 4 (stralcio).

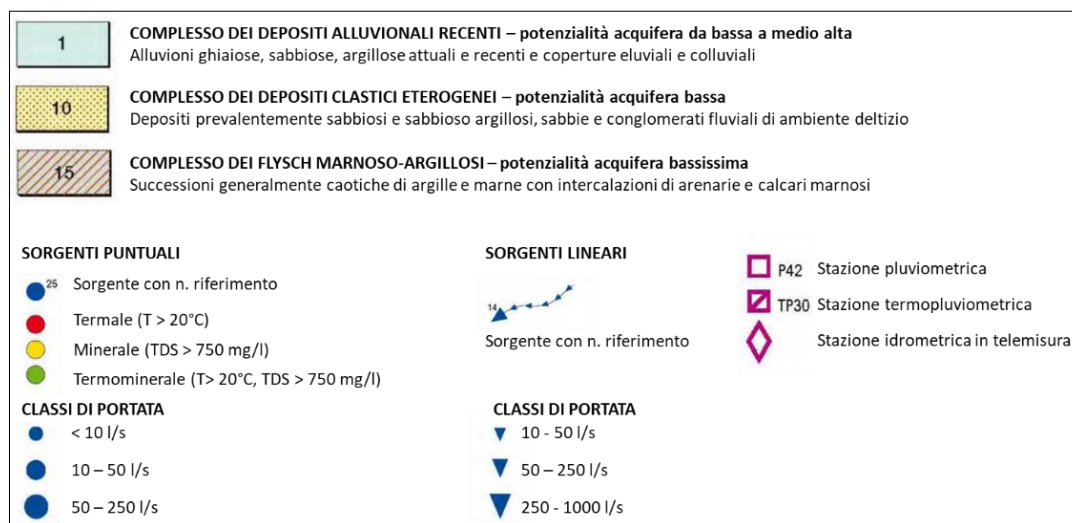


Figura 2-2: Legenda della Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio.

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le aree interessate dal progetto sono state investigate, direttamente o indirettamente, attraverso diverse campagne d'indagine geognostica. Nell'insieme, i dati geognostici utilizzati sono elencati secondo l'ordine cronologico sottoelencato:

- Campagna Sondedile (1994) relativa al tracciato in progetto ed inoltre estesa a una porzione di territorio posta ad est (sui terreni del Flysch della Tolfa) di collegamento con al SS 675. Su un totale di n.55 perforazioni, si possono considerare utilizzabili per il tracciato di progetto n.26 perforazioni e alcune prove down-hole nei fori lungo la galleria Monteromano. Si segnala che i fori lungo la galleria Monteromano sono posizionati fuori dall'asse attuale a distanza variabile da 150m a 450m;
- Campagna programmata per il Progetto Definitivo 2006 (Geostudi, Polo geologico, 2006), ultimata nel mese di novembre 2006, comprendente un totale di n.24 sondaggi geotecnici, pozzetti, CPT, prove sismiche (down-hole e basi a rifrazione). Relativamente al progetto attuale, si possono considerare n.12 sondaggi posizionati lungo l'asse.

Pur con le limitazioni connesse al periodo di esecuzione ed alle modifiche di tracciato, tali indagini hanno consentito di definire il quadro geologico-tecnico di riferimento per il progetto.

4 MODELLO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO

4.1 Geologia

Partendo dall'innesto sulla SS675 (progr 0+000) e procedendo verso ovest, fino alla progr 1+300, il tracciato attraversa (prevalentemente in trincea) i terreni in facies flyschoide prevalentemente argilloso-scagliosa (Fas), ricoperti da una coltre (eluviale e alluvionale), alterata ed ossidata, di spessore variabile. A tratti si evidenzia una variazione di facies verso termini siltoso-calcarei (Fsc), individuabile nel sondaggio S20 (2006), rappresentata da limi sabbiosi beige-ocra alternati a livelli metrici di calcari marnosi grigiastri.

Successivamente e fino alla progr. 1+950 circa il tracciato attraversa, in rilevato, terreni piroclastici, prevalentemente in facies alterata e argillificata, al di sotto dei quali (spessore max 8-9m) si rinvengono i terreni flyschoidi in facies argilloso-scagliosa.

Procedendo verso ovest si arriva all'imbocco della galleria Monteromano (progr. 2+180) dove è presente una frana per colamento di materiale eterogeneo, di natura argilloso-limosa misto a blocchi di calcari marnosi di natura flyschoide, in stato apparentemente quiescente, che interferisce con il progetto limitatamente alla trincea di approccio all'imbocco della carreggiata sud.

La galleria Monteromano (progr. 2+180 ÷ 3+750) attraversa il Flysch della Tolfa in facies prevalentemente argilloso-scagliosa (Fas), tuttavia è possibile che, in alcune tratte siano presenti livelli calcareo-marnosi il cui spessore è, sulla scorta dei sondaggi disponibili, di pochi metri. L'assetto strutturale di questi terreni a quota galleria risulta difficilmente deducibile dai dati di giacitura stante la scarsità di affioramenti.

A livello geologico strutturale occorre evidenziare che il foglio CARG pone in prossimità dell'imbocco est il fronte di sovrascorrimento tra due differenti membri del Flysch della Tolfa. È ipotizzabile che questa porzione di galleria possa attraversare una tratta di elevata caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo.

Dal portale ovest della galleria Monteromano, il tracciato procede sui terreni del Flysch della Tolfa, in facies prevalentemente calcarea (alternanza, in proporzioni confrontabili, di strati calcarenitico-calcilutitici e limi argillosi di colore beige), nella porzione più superficiale. Il tratto a mezzacosta, con successione di rilevati e trincee, dopo lo sbocco della galleria Monteromano e fino allo svincolo Tarquinia, interessa questi terreni, il cui assetto risulta difficilmente deducibile dai dati di giacitura stante la scarsità di affioramenti.

La Figura 4-1 riporta lo stralcio della carta Geologica CARG – Foglio Tarquinia con evidenza del tracciato di progetto.

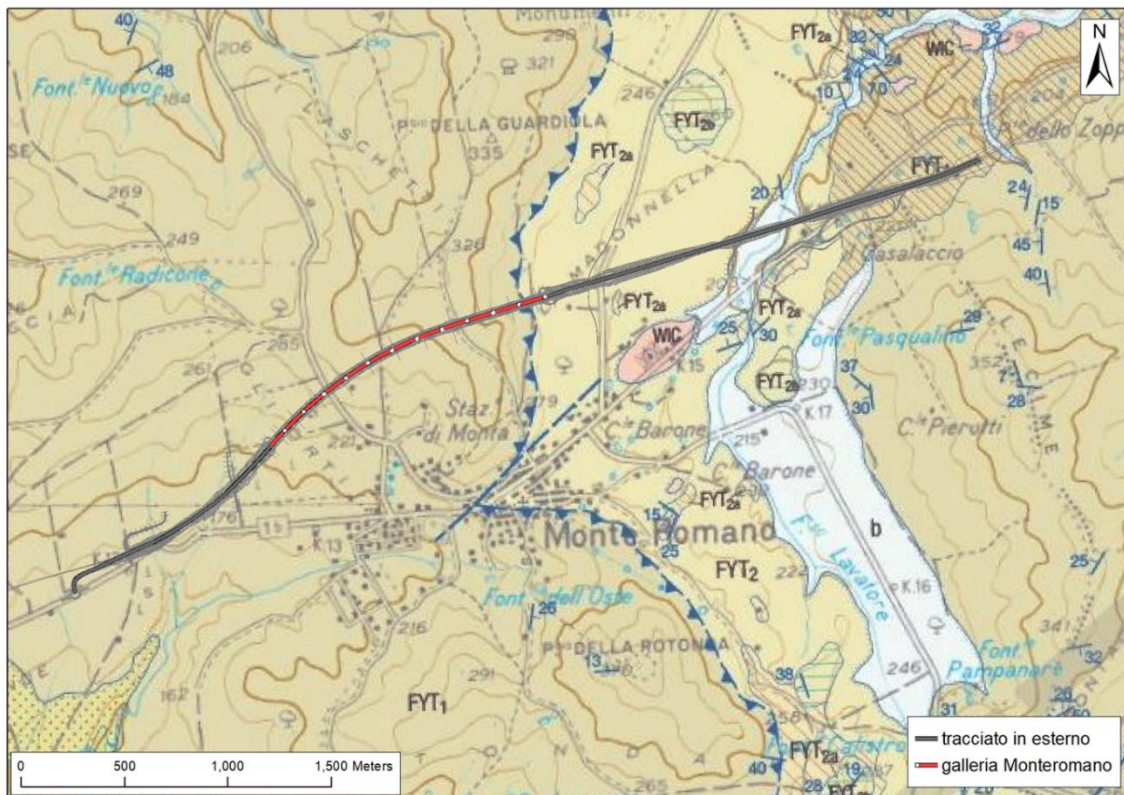


Figura 4-1: Stralcio della carta geologica CARG foglio Tarquinia e tracciato di progetto.

Viene di seguito descritto il contesto geologico riscontrabile in corrispondenza delle principali opere d'arte previste in progetto.

Galleria artificiale di attraversamento della SS675, L=100÷125m			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S20, PZ13 (2006) S1bis, S32 (1994)
Geologia e geotecnica	0+663	0+788	<p>La porzione superiore dello scavo (inferiore ai 7 m) interesserà la coltre di alterazione dei terreni flyschoidi (limo con argilla sabbioso inglobante ghiaia ed elementi litoidi marnosi); i terreni sono classificabili come A₇₋₆ (CNR-UNI 100006). La parte inferiore e la quota di imposta del solettone di base, invece, interesseranno i terreni del flysch siltoso-calcareo (intercalazione di limo ed argilla e calcari litoidi grigi).</p> <p>Alla medesima quota in corrispondenza dell'imbocco ovest, ed a quote inferiori, si riviene la facies argillosa scagliettata del flysch (Fas)</p>

Progetto Definitivo

Ponticello L=10m alla progr. 1+025			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S1-S2 (1994)
Geologia e geotecnica	1+029	1+029	Copertura alluvionale costituita da limo con argilla sabbioso, consistente (NSPT = >50), inglobante frammenti ghiaiosi, classificato come A ₇₋₆ . Al di sotto (5-6 m ca.) è presente il substrato flyscioide argilloso-scaglioso.

Sottovia 10.5x2.2 alla progr. 1+220			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: PZ12 (2006)
Geologia e geotecnica	1+220	1+220	Copertura alluvionale costituita da limo con argilla sabbioso, consistente (NSPT = 19-20), inglobante frammenti ghiaiosi, classificato come A ₇₋₆ . Al di sotto (5 m ca.) è presente il substrato flyscioide argilloso-scaglioso.

Sottovia 10.5x2.2 alla progr. 1+977			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S34, S35, S37 (1994)
Geologia e geotecnica	1+975	1+975	L'opera d'arte interessa, fino a 7 m ca, l'unità del flysch siltoso-calcareo (Fsc), passante lateralmente alle piroclastiti in facies alterata ed argillificata. I terreni sono rappresentati da una matrice limo-sabbiosa, addensata (NSPT = 32), con abbondanti frammenti litoidi calcareo-marnosi. In basso si passa al substrato flyscioide argillo-scaglioso (Fas): marne argillose grigie, scagliettate.

Galleria naturale Monteromano			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S41 – S49 – S50 – S51 - S52 – S53 (1994); S16 – S17 – S18 (2006); BSR13 – BSR 14 - BSR18 – BSR19 (2006)
Geologia	2+180	2+340	Sezione mista in presenza della fascia di passaggio fra argille scagliose Fas (inferiori) e flysch calcareo Fc (straterellil litoidi calcilutitici e marnosi alternati a strati limo-sabbiosi).
	2+340	3+540	Flysch in facies di argille scagliose s.l. (Fas): argille grigie scagliettate con subordinati livelli litoidi calcareo-marnosi grigi, con abbondante calcite. Fortemente strutturate, con numerose superfici di discontinuità lucidate per taglio. A luoghi argille scagliose color rosso-vinaccia e marne scistose e argillose. Assetto generale caotico.

Progetto Definitivo

Galleria naturale Monteromano			
	da progr.	a progr.	Indagini di riferimento: S41 – S49 – S50 – S51 - S52 – S53 (1994); S16 – S17 – S18 (2006); BSR13 – BSR 14 - BSR18 – BSR19 (2006)
	3+540	3+605	Fascia di transizione fra il flysch calcareo (Fc) e le argille scagliose (Fas); il passaggio si prevede graduale, con rapporti geometrici non semplici in ragione dell'assetto caotico. In generale nella parte superiore della sezione di scavo prevarranno i termini calcareo-argillosi, in quella inferiore quelli argilloso-scagliosi.
	3+605	3+754	Flysch calcareo (Fc): Alternanza di strati calcareo-marnosi litoidi, con vene calcitiche, e interstrati di limi argillosi e di argille marnose, parzialmente strutturate.
Faglie ed altri elementi tettonici	2+250	2+520	Discontinuità presunta nelle unità flyscioidi argilloso-scagliose (contatto tra diversi membri Flysch della Tolfa (?): lineamento individuato da fotointerpretazione; si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo.
	3+030	3+175	Lineamento individuato da fotointerpretazione; si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo.
Idrogeologia e afflussi idrici			Il flysch calcareo possiede una permeabilità relativamente maggiore delle argille scagliose ed ospita una debole circolazione idrica. L'unità Fas, complessivamente poco permeabile, evidenzia peraltro livelli piezometrici sostanzialmente in equilibrio con la sovrastante circolazione. Si prevede che lo scavo avvenga in condizioni umide, con locale aumento in corrispondenza delle fasce tettonizzate.
Condizioni degli imbocchi:	Lato SW		L'imbocco intercetta per intero il flysch calcareo in assetto difficilmente identificabile in ragione della scarsità di affioramenti.
	Lato NE		Le opere di sostegno della carreggiata sud cadono all'interno della coltre di frana quiescente, dello spessore massimo accertato di circa 6 m, costituita da una matrice argillosa contenente elementi litoidi calcareo-marnosi.
Caratteristiche del materiale di smarino:			Le caratteristiche del materiale di scavo rendono parzialmente riutilizzabile, per la formazione dei rilevati, previa selezione ed eventuale miscelazione con altre classi granulometriche, le porzioni di flysch calcareo con bassa incidenza di frazione argillosa. I restanti volumi di scavo verranno smaltiti in siti di deposito.

4.2 Geomorfologia e compatibilità dell'opera in progetto secondo i contenuti del Piano di Assetto Idrogeologico

Il progetto si inserisce in una morfologia collinare, con rilievi poco pronunciati, tipica delle aree il cui substrato è costituito dai flysch tolfetani. I tipi litologici presenti, prevalentemente di natura argillosa, alternati a strati litoidi, fratturati, favoriscono l'evoluzione di rilievi di forma irregolare, con versanti arrotondati e poco acclivi, modellati da corsi d'acqua a carattere torrentizio.

Le aree sottoposte a tutela per dissesto idrogeologico, evidenziate nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI²) disponibile sul Geoportale della Regione Lazio, sono riportate nella Figura 4-2 con il tracciato di progetto.

Si evidenzia un'area prossima al portale ovest della galleria Monteromano dove è segnalato un'area a pericolo C.

Nello specifico le Norme di Attuazione del PAI (NTA) identificano le "Aree a pericolo CA come (Art.6) *"aree a pericolo di frana lieve ... che risultano interessate da scivolamenti lenti delle coltri superficiali e/o da frane caratterizzate da piccoli volumi e movimento lento"*. L'art. 18, che disciplina gli interventi su tali aree indica (comma b) *" la realizzazione di opere, scavi e riporti di qualsiasi natura deve essere programmata sulla base di opportuni rilievi ed indagini geognostiche, di valutazioni della stabilità globale dell'area e delle opere nelle condizioni "ante", "post" e in corso d'opera effettuate da un professionista abilitato, secondo la normativa" vigente.*

² Il PAI a disposizione (tavola 2.06 nord alla scala 1:25.000) è aggiornato al febbraio 2015

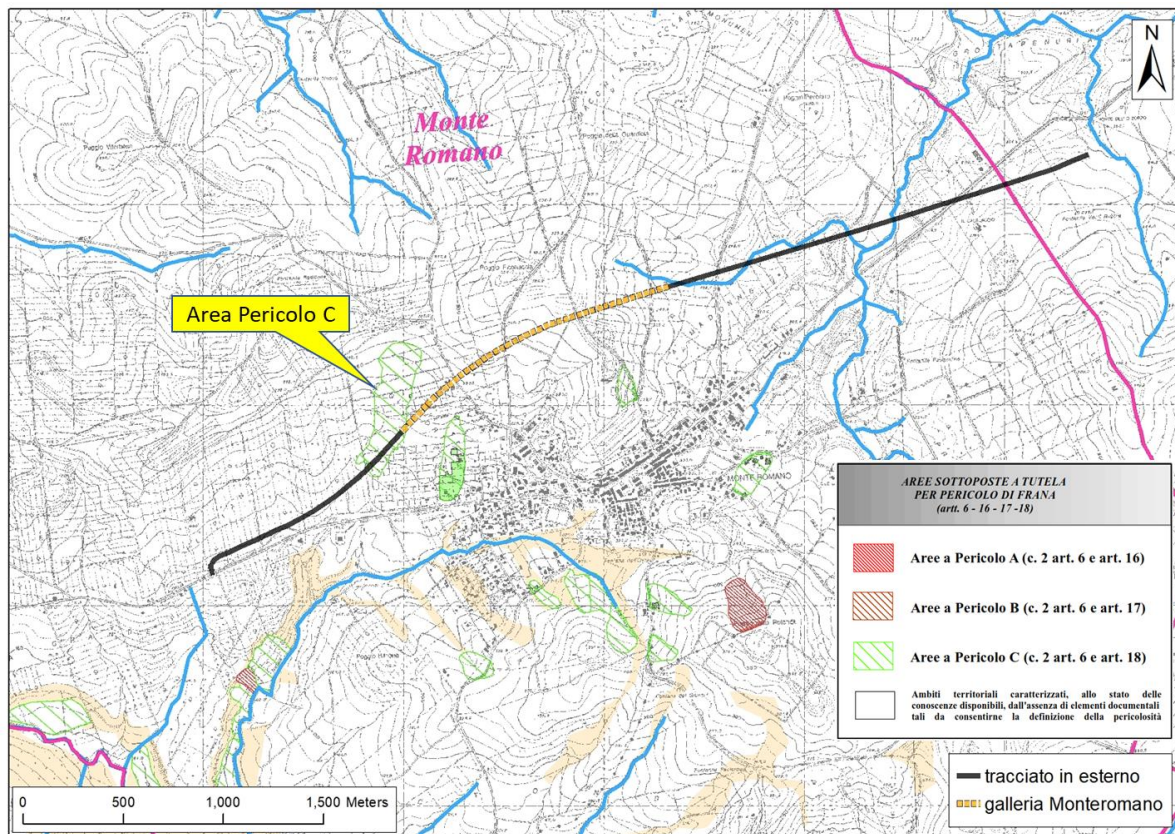


Figura 4-2: Estratto dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

La Figura 4-3 evidenzia il perimetro dell'area PAI in corrispondenza del portale ovest galleria Monteromano



Figura 4-3: Zona del portale ovest gallerie Monteromano, areale PAI (base Google eart).

L'area a pericolo C è circa compresa tra la pk 3+660 (tracciato in trincea) e la pk 4+011 (tracciato in basso rilevato).

Peraltro, dallo studio svolto, non si sono rilevati elementi di pericolosità, ma si deve evidenziare che gli interventi antropici possono aver obliterato precedenti forme.

4.3 Idrogeologia

Il tracciato in progetto si sviluppa per larga parte sui terreni che compongono il **Complesso Idrogeologico dei Flysch tolfetani**. Tale complesso presenta locali distinzioni in relazione alla maggiore o minore incidenza della **componente calcareo-calcilutitica**, che può determinare limitate modifiche al comportamento idrogeologico d'insieme. Il flysch calcareo, infatti, mostra un grado di permeabilità variabile da medio a molto basso, correlato alla fessurazione della componente litoide. In tale unità sono segnalate (non nell'area di progetto) emergenze e piccole sorgenti (con portate stimate dell'ordine della frazione di litro) alimentate da acquiferi di bassa produttività. La permeabilità, di tipo secondario, può essere stimata compresa fra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-8}$ m/sec.

L'unità del **flysch argillo-scaglioso**, in virtù della prevalente componente pelitica scagliettata, è dotata di una permeabilità bassissima (k stimato $< 1 \cdot 10^{-9}$ m/sec) con parziale eccezione per le fasce interessate da forte destrutturazione geomeccanica per effetto di disturbi tettonici.

In corrispondenza della Galleria Monte Romano i livelli piezometrici registrati, anche laddove riferiti direttamente al substrato argilloso, appaiono sostanzialmente in equilibrio con la sovrastante circolazione; essi vengono anche qui interpretati come connessi ad uno stato di saturazione della matrice, piuttosto che alla presenza di un vero e proprio acquifero. Le condizioni del materiale allo scavo, pertanto, sono previste variabili da uno stato umido a stillicidi, ipotizzabili in presenza delle fasce tettonizzate e all'interno della facies calcarea.

Non si prevedono interferenze sfavorevoli in corrispondenza degli scavi in trincea o nelle gallerie artificiali.

Sono inoltre presenti per un tratto antecedente il portale est della galleria Monteromano, due complessi Idrogeologici:

Complesso delle unità piroclastiche:

Comprende le unità ignimbritiche, dotate di un grado di permeabilità medio, variabile in funzione dello stato di cementazione e della fessurazione dell'ammasso. Il coefficiente di permeabilità è stimato compreso tra $1 \cdot 10^{-5}$ ÷ $1 \cdot 10^{-7}$ m/sec. L'unità in questione, sia in termini assoluti che in riferimento alle interazioni con il progetto, è da considerarsi di scarso interesse ai fini idrogeologici.

Complesso Idrogeologico delle alluvioni:

Localizzato in una stretta fascia lungo l'incisione del fosso Lavatore alla progr. 1+050, è costituito da termini litologici prevalentemente a grana fine, da limo argilloso a debolmente sabbiosa, prevalentemente originatesi a spese dei materiali a composizione pelitica o piroclastica. E' dotato mediamente di un grado di permeabilità basso ($k = 1 \cdot 10^{-7}$ ÷ $1 \cdot 10^{-9}$ m/sec) che solo localmente, in presenza di una maggiore frazione limosa o sabbiosa fine, acquisisce valori maggiori. Ad eccezione

dei corsi d'acqua principali non si evidenziano falde subalvee di particolare rilevanza.

5 BIBLIOGRAFIA

- Fazzini et alii: Geologia dei Monti della Tolfa (Lazio Settentrionale; Provincie di Viterbo e Roma). Carta e note illustrative. Mem. Soc. Geol. It., 11 (1972).
- Guide Geologiche Regionali. 5 Lazio. Be.Ma. Editrice. Roma, 1993.
- ISPRA Servizio Geologico d'Italia. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 354 Tarquinia (in via di pubblicazione);
- Lavori di adeguamento della S.S. n.1 "Aurelia" al tipo IIa delle norme C.N.R.. Tratto Civitavecchia – Grosseto (dal km 81+100 al km 177+300). Progetto Definitivo. Relazione Geologica. ANAS – Servizio Progettazione. Roma, 2001.
- SS 1 "Aurelia" – Svincoli di Civitavecchia Nord e Tarquinia Sud. Progetto Preliminare. Relazione Geologica. ANAS – Servizio Progettazione. Roma, 2004.
- SS 675 "Umbro – Laziale" (ex Raccordo Civitavecchia Viterbo-Terni). 3° tronco – 2 lotto Stralcio A. Progetto Definitivo. Relazione Geologica. ANAS – Servizio Progettazione. Roma, 2005.