

**ITINERARIO "SALERNO – POTENZA – BARI"**

Adeguamento delle sedi esistenti e tratti di nuova realizzazione IV tratta  
da zona industriale Vaglio a svincolo S.P. Oppido S.S. 96

Codice CIG - 70219264A5

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12)

Dott. Ing. **GIORGIO GUIDUCCI**  
ORDINE INGEGNERI  
ROMA  
N° 14035



Dott. Geol. **Giuseppe Cerchiaro**  
Ordine dei geologi della Calabria n. 528

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. **Silvia Besozzi**  
Ordine Architetti Provincia di Roma n. 10846

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. **Massimiliano Fidenzi**

PROGETTAZIONE ATI:

(Mandataria)

**GPI INGEGNERIA**  
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl

(Mandante)



(Mandante)



(Mandante)



(Mandante)



**GEOLOGIA GEOTECNICA**

Parte generale

Relazione Geologica

CODICE PROGETTO

LO714APF1801

NOME FILE

T00GE00GEORE01\_C

REVISIONE

SCALA

CODICE ELAB.

T00GE00GEORE01

C

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C	Revisione	Feb. '22	Iannini	Cerchiaro	Guiducci
B	Revisione	Dicembre '19	Iannini	Cerchiaro	Guiducci
A	Emissione	Sett. '19	Iannini	Cerchiaro	Guiducci

## INDICE

<b><u>1. PREMESSA</u></b> .....	<b><u>3</u></b>
1.1. OGGETTO E SCOPO.....	4
1.2. METODOLOGIE UTILIZZATE.....	5
1.3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
<b><u>2. CARATTERI GEOLOGICI</u></b> .....	<b><u>8</u></b>
2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE.....	8
2.2. RILEVAMENTO GEOLOGICO E FORMAZIONI GEOLOGICHE RILEVATE.....	10
2.3. ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREALE DI PROGETTO.....	21
2.1. ANALISI GEOLOGICA DELLE ALTERNATIVE.....	26
2.1.1. <i>Alternativa 1.1</i> .....	26
2.1.2. <i>Alternativa 1.2</i> .....	27
2.1.3. <i>Alternativa 2</i> .....	27
2.1.4. <i>Alternativa 3</i> .....	28
2.1.5. <i>Alternativa 3.1</i> .....	29
<b><u>3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI</u></b> .....	<b><u>33</u></b>
3.1. APPROCCIO METODOLOGICO.....	33
3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	33
3.3. ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL COMPARTO IN ESAME.....	36
3.4. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI RILEVATI.....	40
3.5. ANALISI DELLE ALTERNATIVE.....	43
3.5.1. <i>Alternativa 1.1</i> .....	43
3.5.2. <i>Alternativa 1.2</i> .....	44
3.5.3. <i>Alternativa 2</i> .....	44
3.5.4. <i>Alternative 3 e 3.1</i> .....	44
<b><u>4. CARATTERI IDROGEOLOGICI</u></b> .....	<b><u>49</u></b>
4.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE.....	49
4.2. ANALISI ALTERNATIVE.....	50
4.2.1. <i>Alternative 1.1 e 1.2</i> .....	52
4.2.2. <i>Assetto idrogeologico Alternativa 2</i> .....	54
4.2.3. <i>Assetto idrogeologico Alternative 3 e 3.1</i> .....	55
4.3. IDROGRAFIA.....	57
<b><u>5. SISMICITÀ</u></b> .....	<b><u>59</u></b>
5.1. MACROZONAZIONE SISMICA.....	59

5.2.	PERICOLOSITÀ SISMICA .....	61
5.3.	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	63
<b>6.</b>	<b><u>VINCOLI TERRITORIALI .....</u></b>	<b>66</b>
<b>7.</b>	<b><u>INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</u></b>	<b>71</b>
7.1.	INDAGINI PREGRESSE .....	71
7.2.	INDAGINI ESEGUITE PER LA PRESENTA FASE PROGETTUALE .....	71
<b>8.</b>	<b><u>CARATTERIZZAZIONE GEOSTRUTTURALE PRELIMINARE .....</u></b>	<b>75</b>
<b>9.</b>	<b><u>MODELLO GEOLOGICO-TECNICO.....</u></b>	<b>82</b>
<b>10.</b>	<b><u>CONCLUSIONI.....</u></b>	<b>90</b>

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono discussi gli aspetti geologici, idrogeologici, geomorfologici e sismici delle aree interessate Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica dell'intervento denominato "Itinerario "Salerno-Potenza-Bari" – Adeguamento delle sedi esistenti e tratti di nuova realizzazione IV tratta da zona industriale Vaglio a svincolo S.P. Oppido S.S.96".

Dal punto di vista geologico, l'area in esame si suddivide in due principali comparti, nei quali affiorano, rispettivamente, formazioni geologiche marine di età compresa tra il Cretacico inferiore ed il Miocene e tra il Miocene ed il Pleistocene inferiore, alle quali, in entrambi i casi, si aggiungono depositi continentali di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene.

Successivamente, sono stati eseguiti rilievi geologici e geomorfologici di campagna e si è dato corso ad una campagna geognostica, finalizzata alla progettazione preliminare, incentrata sulle maggiori lacune interpretative ereditate dalla fase precedente; la presente relazione si completa con i seguenti elaborati grafici, cui si rimanda per maggiori dettagli:

ELABORATI GRAFICI		
Codice	Titolo	Scala
T00GE01GEOCO01_C	Carta Geologica e Strutturale di inquadramento	1:25.000
T00GE01GEOCO02_C	Carta Geomorfologica di inquadramento	1:25.000
T00GE01GEOCO03_C	Carta Aree PAI	1:25.000
T00GE01GEOCG01_C	Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 1 di 6	1:5.000
T00GE01GEOCG02_C	Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 2 di 6	1:5.000
T00GE01GEOCG03_C	Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 3 di 6	1:5.000
T00GE01GEOCG04_C	Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 4 di 6	1:5.000
T00GE01GEOCG05_C	Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 5 di 6	1:5.000
T00GE01GEOCG06_C	Carta geologica Tracciato selezionato - Tav. 6 di 6	1:5.000
T00GE06GEOCG01_C	Carta geologica Alternative - Tav. 1 di 10	1:5.000
T00GE06GEOCG02_C	Carta geologica Alternative - Tav. 2 di 10	1:5.000
T00GE06GEOCG03_C	Carta geologica Alternative - Tav. 3 di 10	1:5.000
T00GE06GEOCG04_C	Carta geologica Alternative - Tav. 4 di 10	1:5.000
T00GE06GEOCG05_C	Carta geologica Alternative - Tav. 5 di 10	1:5.000
T00GE06GEOCG06_C	Carta geologica Alternative - Tav. 6 di 10	1:5.000
T00GE06GEOCG07_C	Carta geologica Alternative - Tav. 7 di 10	1:5.000
T00GE06GEOCG08_C	Carta geologica Alternative - Tav. 8 di 10	1:5.000
T00GE06GEOCG09_C	Carta geologica Alternative - Tav. 9 di 10	1:5.000
T00GE06GEOCG10_C	Carta geologica Alternative - Tav. 10 di 10	1:5.000
T00GE04GEOFG01_C	Profilo geologico - Tav. 1 di 4	1:5.000/5000
T00GE04GEOFG02_C	Profilo geologico - Tav. 2 di 4	1:5.000/5000
T00GE04GEOFG03_C	Profilo geologico - Tav. 3 di 4	1:5.000/5000
T00GE04GEOFG04_C	Profilo geologico - Tav. 4 di 4	1:5.000/5000
T00GE05GEOSG01_B	Sezioni geologiche	1:1.000
T00GE02GEOCG01_C	Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 1 di 6	1:5.000
T00GE02GEOCG02_C	Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 2 di 6	1:5.000
T00GE02GEOCG03_C	Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 3 di 6	1:5.000
T00GE02GEOCG04_C	Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 4 di 6	1:5.000
T00GE02GEOCG05_C	Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 5 di 6	1:5.000
T00GE02GEOCG06_C	Carta geomorfologica Tracciato selezionato - Tav. 6 di 6	1:5.000
T00GE07GEOCG01_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 1 di 10	1:5.000
T00GE07GEOCG02_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 2 di 10	1:5.000
T00GE07GEOCG03_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 3 di 10	1:5.000

PROGETTAZIONE ATI:

<b>ELABORATI GRAFICI</b>		
<b>Codice</b>	<b>Titolo</b>	<b>Scala</b>
T00GE07GEOCG04_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 4 di 10	1:5.000
T00GE07GEOCG05_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 5 di 10	1:5.000
T00GE07GEOCG06_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 6 di 10	1:5.000
T00GE07GEOCG07_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 7 di 10	1:5.000
T00GE07GEOCG08_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 8 di 10	1:5.000
T00GE07GEOCG09_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 9 di 10	1:5.000
T00GE07GEOCG10_C	Carta geomorfologica Alternative - Tav. 10 di 10	1:5.000
T00GE08GEOCG01_C	Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 1 di 6	1:5.000
T00GE08GEOCG02_C	Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 2 di 6	1:5.000
T00GE08GEOCG03_C	Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 3 di 6	1:5.000
T00GE08GEOCG04_C	Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 4 di 6	1:5.000
T00GE08GEOCG05_C	Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 5 di 6	1:5.000
T00GE08GEOCG06_C	Carta idrogeologica Tracciato selezionato - Tav. 6 di 6	1:5.000
T00GE03GEOCG01_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 1 di 10	1:5.000
T00GE03GEOCG02_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 2 di 10	1:5.000
T00GE03GEOCG03_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 3 di 10	1:5.000
T00GE03GEOCG04_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 4 di 10	1:5.000
T00GE03GEOCG05_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 5 di 10	1:5.000
T00GE03GEOCG06_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 6 di 10	1:5.000
T00GE03GEOCG07_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 7 di 10	1:5.000
T00GE03GEOCG08_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 8 di 10	1:5.000
T00GE03GEOCG09_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 9 di 10	1:5.000
T00GE03GEOCG10_C	Carta idrogeologica Alternative - Tav. 10 di 10	1:5.000
T00GE06GETCS01_C	Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 1 di 3	1:10.000
T00GE06GETCS02_C	Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 2 di 3	1:10.000
T00GE06GETCS03_C	Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 3 di 3	1:10.000

**Tabella 1-1 - Elaborati grafici redatti a supporto del presente studio.**

### **1.1. OGGETTO E SCOPO**

Scopo della presente relazione è fornire, sulla base della documentazione e delle indagini disponibili, le informazioni necessarie per lo sviluppo della progettazione delle opere.

Il presente documento, redatto attraverso l'ausilio di studi mirati sul territorio permette quindi di:

- ✓ ricostruire dettagliatamente gli aspetti naturalistici del territorio ove sono collocate le opere;
- ✓ rappresentare ed illustrare le informazioni geologiche, stratigrafiche, strutturali ed idrogeologiche;
- ✓ riconoscere le principali forme di erosione, di accumulo e più in generale di pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica nelle aree limitrofe e/o direttamente interessate dai lavori;
- ✓ definire la distribuzione e la caratterizzazione delle principali falde idriche presenti nel sottosuolo;
- ✓ illustrare gli esiti delle indagini geognostiche eseguite;
- ✓ fornire il modello geologico-stratigrafico, geologico-strutturale, idrogeologico, geotecnico e sismico da porre a base della progettazione;
- ✓ individuare le interazioni fra le opere ed i terreni fornendo gli elementi per una corretta progettazione geologica, idrogeologica e sismica;

PROGETTAZIONE ATI:

- ✓ individuare la presenza di situazioni tali da determinare vincoli nell'ambito dello sviluppo della fase progettuale o durante l'esecuzione dei lavori.

## 1.2. METODOLOGIE UTILIZZATE

Il lavoro è stato svolto seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche. In particolare, alla fase preliminare di disamina, che ha visto l'acquisizione di tutte le conoscenze significative sull'area, basata sulla consultazione del materiale disponibile e sull'apposita raccolta di materiale bibliografico, è seguita una fase di studio di dettaglio, consistente in primo luogo nell'analisi foto interpretativa e nel rilevamento di superficie.

Nel dettaglio il lavoro ha previsto una prima fase di analisi, basata su:

- ✓ lo studio della documentazione redatta nel corso della precedente fase progettuale;
- ✓ la consultazione di documentazione bibliografica reperita presso Enti di Ricerca e Amministrazioni;
- ✓ fotointerpretazione di fotogrammi di riprese aeree effettuate in passato.

I risultati di tale analisi sono stati quindi verificati ed integrati con quelli dall'indagine geologica, costituita dal rilevamento geologico e morfologico di campagna, oltre che dai dati emersi dalla campagna di indagini geognostiche. È stato così possibile definire la distribuzione spaziale dei litotipi, l'individuazione degli elementi strutturali e morfologici, la caratterizzazione degli elementi geologici e idrogeologici significativi per la successiva descrizione geologico-geotecnica; gli stessi rilievi di campagna sono stati svolti secondo successive fasi d'approfondimento.

Di seguito sono descritte nel dettaglio le attività sopra descritte per quanto concerne l'approccio metodologico adottato.

**Indagine bibliografica:** è stata eseguita un'approfondita ricerca bibliografica, analizzando materiali pubblicati da istituti universitari e di ricerca (ISPRA, CNR, Università) e dai vari enti amministrativi e territoriali interessati dal progetto (Centro Cartografico della Regione Basilicata, Comune di Tolve, Comune di Vaglio della Basilicata, Comune di Oppido Lucano, Provincia di Potenza e Autorità di Bacino della Basilicata). Inoltre, è stata eseguita un'approfondita disamina della documentazione progettuale redatta per lo studio di fattibilità, la cui analisi ha consentito di condividere gli studi precedenti e di sintetizzare le previsioni relative al contesto geologico, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico e successivamente di individuare, rispetto alle informazioni ed agli scenari in esso delineati, le principali criticità ed incertezze residue da cui si è partiti per sviluppare le successive fasi di studio ed indagine.

Tutte le informazioni sull'assetto geologico-strutturale, idrogeologico, geomorfologico e ambientale ricavate da questa fase di lavoro, oltre a far comprendere meglio l'assetto territoriale su cui intervenire, sono state utilizzate per calibrare la successiva fase di lavoro.

**Rilievi di campagna ed analisi fotointerpretativa:** in base alle informazioni acquisite, sono stati effettuati rilievi di campagna preliminari, per una fascia significativamente ampia, preceduti ed integrati dall'analisi fotointerpretativa. Le informazioni ed i dati raccolti hanno così permesso di approfondire la distribuzione spaziale dei litotipi, il modello geologico-stratigrafico, l'assetto geologico-strutturale e verificare gli elementi geomorfologici caratteristici del territorio; in tal modo è stato possibile definire con maggiore dettaglio, il modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico da porre a base del progetto. Tutti i dati raccolti sono stati, poi, confrontati ed integrati con quelli scaturiti dalla campagna indagini eseguita.

**Indagini geognostiche:** indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche sono state eseguite allo scopo di verificare/integrare il modello geologico e geotecnico a base della progettazione ed installare la strumentazione per il monitoraggio idrogeologico e morfologico. L'ubicazione dei punti d'indagine è stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo da ottemperare alle specifiche di capitolato, verificare il quadro informativo disponibile, approfondire gli studi relativamente a quelle aree e/o aspetti che in sede di studio di fattibilità evidenziavano le maggiori difficoltà o lacune interpretative. Con l'occasione si è anche proceduto ad una caratterizzazione ambientale

PROGETTAZIONE ATI:

delle terre e rocce da scavo e ad una valutazione delle possibilità di riutilizzo, nell'ambito dei lavori, dei materiali da scavo.

### **1.3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione e gli studi ad essa associati sono redatti in conformità a quanto previsto dalla normativa tecnica, fra cui di seguito sono elencati i principali riferimenti:

- ✓ R.D.3267/23: *"Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani"*;
- ✓ L. 10/05/76 n. 319: *"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"*;
- ✓ L. 08/08/1985 n. 431: *"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)"*;
- ✓ L. 08/07/86 n. 349: *"Istituzione del Ministero dell'Ambiente e norme in materia di danno ambientale"*;
- ✓ D.M. 11/03/88: *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce..."*;
- ✓ D.P.R. 24/05/88 n. 236: *"Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano", ai sensi dell'art. 15 della legge 183 del 16/04/1987*;
- ✓ L. 18/05/89 n. 183: *"Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"*;
- ✓ D.P.C.M. 23/03/1990: *"Atto di indirizzo e coordinamento al fini della elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"*;
- ✓ L. 07/08/1990 n.253: *"Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"*;
- ✓ L. 06/12/91 n. 394: *"Legge quadro sulle aree protette"*;
- ✓ D.P.R. 07/01/1992: *"Programmazione attività conoscitive"*;
- ✓ D.P.R. 14/04/1993: *"Criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica"*;
- ✓ L. 05/01/1994 n. 37: *"Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche L. 5 gennaio 1994, n. 36. Disposizioni in materia di risorse idriche"*;
- ✓ D.P.R. 14/04/1994: *"Delimitazione bacini"*;
- ✓ D.P.R. 18/07/1995: *"Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino"*;
- ✓ D.M. 14/02/1997: *"Direttive tecniche per l'individuazione perimetrazione, da parte delle regioni delle aree a rischio idrogeologico"*;
- ✓ D.L. 11/06/1998, n. 180: *"Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania"*;
- ✓ L. 03/08/1998 n. 267: *"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania"*;
- ✓ D.P.C.M. 29/09/1998: *"Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180"*;
- ✓ D.L. 11/05/99 n. 152: *"Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva CEE 91/271 e 91/676"*;
- ✓ L. 13/07/1999 n. 226 (G.U. 14.07.1999, n. 112): *"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto - legge 13 maggio 1999, n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile." (in vigore dal 15.7.1999)*;
- ✓ D.L. 18/08/2000 n. 258: *"Disposizioni correttive ed integrative del D.L. 152/99"*;

PROGETTAZIONE ATI:

- ✓ L. 11/12/2000 n. 365: *"Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonche' a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamita' idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000"*;
- ✓ L. 23/03/2001 n. 93: *"Disposizioni in campo ambientale"*;
- ✓ D.G.R. 31/07/2002 n.20: *"Approvazione/Adozione Linee Guida PAI"*.
- ✓ D.P.R 6 giugno 2001 n. 380: *"Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"*;
- ✓ D.M. 18/09/2001 n. 468: *"Regolamento recante programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale"*;
- ✓ D.L. 03/04/2006 n. 152: *"Norme in materia ambientale"*;
- ✓ D.M. 14/01/2008: *"Nuove Norme tecniche per le costruzioni"*.
- ✓ O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: *"Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico"*;
- ✓ D.M. 17/01/2018: *"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"*.



## **2. CARATTERI GEOLOGICI**

### **2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE**

L'Appennino meridionale è un segmento arcuato a falde di ricoprimento, compreso tra l'arco dell'Appennino centro-settentrionale e l'Arco Calabro Peloritano, formatosi in gran parte durante il Neogene; i numerosi autori che hanno studiato la catena appenninica meridionale hanno dato differenti interpretazioni sull'assetto e la geometria dei suoi elementi tettonici, mentre è sempre stata condivisa la generale vergenza orientale delle traslazioni tettoniche.

Schematicamente, questo settore di catena appenninica, è costituito da quattro elementi tettonici regionali:

1) l'elemento più alto ed occidentale è formato da un insieme di successioni depostesi nel dominio oceanico interno (Neotetide) e da successioni silicoclastiche inframioceniche di bacino di avanfossa (Gruppo del Cilento; Amore et alii, 1988a); seguono, in Calabria, le unità dell'Arco Calabro (Unità Calabridi);

2) il secondo elemento consta di un insieme di unità tettoniche impilate, costituite da depositi carbonatici mesozoici di piattaforma carbonatica e dei suoi margini (Piattaforma Sud-appenninica) e da depositi calcareo-clastici, pelitici e silico-clastici miocenici, connessi ai successivi momenti di annegamento degli stessi domini di piattaforma;

3) il terzo elemento è costituito da unità cenozoiche e mesozoiche di bacino impostato su crosta continentale assottigliata (Bacino di Lagonegro) e successioni di bacino di avanfossa del Miocene medio-superiore, a struttura imbricata;

4) l'elemento strutturale più basso è costituito da un esteso sistema di foreland thrust belt, prevalentemente sepolto, riconosciuto dall'Abruzzo al Golfo di Taranto; esso è rappresentato dalla Piattaforma apula interna strutturata (Mostardini & Merlini, 1986). Tale dominio strutturale si individua sia in affioramento nella porzione abruzzese-molisana con l'Unità di Casoli-Bomba (Patacca et alii, 1992b) sia nella porzione campano-lucana della catena con l'Apulian thrust system (Lentini et alii, 1990, 2002), ove è sepolto dalle falde di provenienza più interna, ed è affiorante al Monte Alpi (Van Dijk et alii, 2000) e subaffiorante a nord della sinclinale dell'Ofanto (Matano & Di Nocera, 2001). Esso è costituito da depositi meso-cenozoici di piattaforma carbonatica di mare basso, stratigraficamente ricoperti da depositi terrigeni marini del Messiniano-Pliocene.

Tali elementi giacciono direttamente sui sedimenti dell'Avanfossa Bradanica, costituiti da depositi plio-quadernari discordanti sulle successioni carbonatiche della Piattaforma Apula esterna.

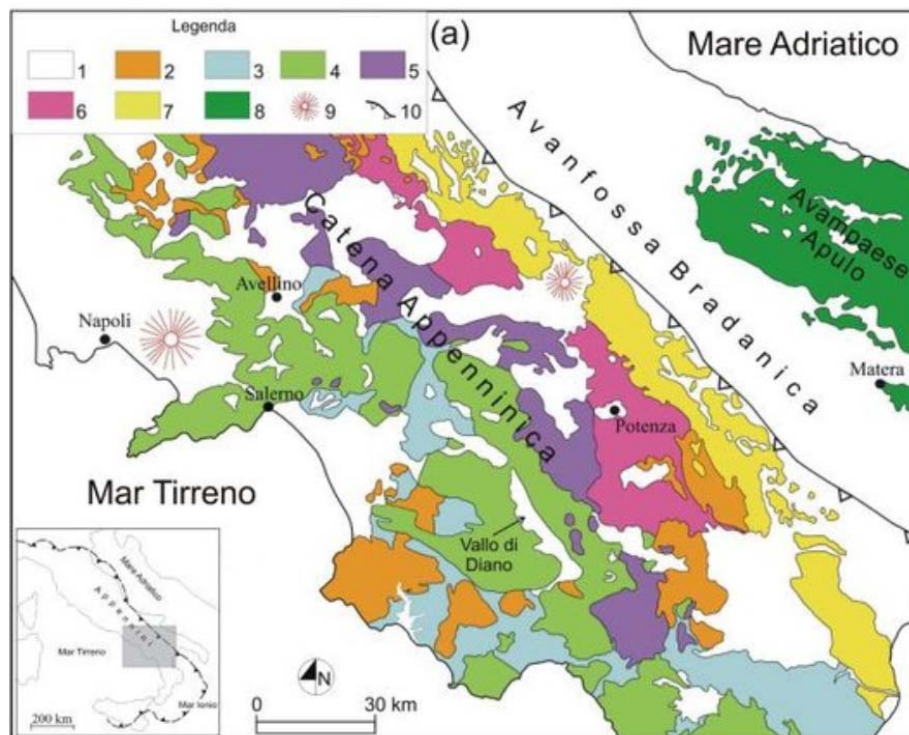
L'evoluzione tettonica mio-pliocenica dell'orogene sud-appenninico si colloca in un contesto di tettonica post-collisionale, legata all'interazione tra la zolla africana, la zolla europea e la microzolla adriatico-apula. Nel Miocene la costruzione della catena è avvenuta mediante impulsi di maggiore trasporto orogenico ("fasi tettoniche"), intervallati da periodi di relativa calma tettonica e di subsidenza.

Le unità di provenienza paleogeografica più interna (unità liguridi, calabridi e sicilidi) si sono strutturate nel corso di fasi tettonogenetiche precedenti l'apertura tirrenica; il loro impilamento è avvenuto, infatti, dall'Eocene al Miocene inferiore in corrispondenza della convergenza delle placche europea ed africana (Cretacico inferiore-medio/Oligocene superiore-Miocene inferiore) e della rotazione antioraria del blocco sardo-corso (Oligocene/Miocene inferiore) (Patacca et alii, 1992b; Pescatore et alii, 1992).

Nel Miocene inferiore, a seguito di un'accentuazione del trasporto orogenico dell'edificio appenninico verso l'avampaese adriatico, vengono deformate le unità riferite al settore meridionale del dominio di piattaforma carbonatica sud-appenninica.

Un'altra importante fase di trasporto orogenico è avvenuta nel Tortoniano ed è considerata l'ultimo evento compressivo prima dell'apertura tirrenica; un brusco cambiamento nell'evoluzione tettonica appenninica si ha, infatti, nel Tortoniano superiore a seguito dell'inizio dei processi di rift nell'area tirrenica settentrionale ed occidentale (Patacca & Scandone, 1989; Patacca et alii, 1990).

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 2-1 - : Schema geologico dell'Appennino meridionale. Legenda: 1. Depositi plio-quadernari e vulcaniti quadernarie; 2. Unità sinorogene mioceniche; 3. Unità interne ofiolitifere cretaceo-oligoceniche (Unità Liguridi); 4. Unità carbonatiche meso-cenozoiche di mare basso della Piattaforma Appenninica (Unità AlburnoCervati-Pollino, Unità Bulgheria-Verbicaro, Unità dei Monti della Maddalena; Unità Matese-Monte Maggiore); 5. Unità Lagonegrese di Monte Arioso (Triassico inferiore-medio-Miocene); 6. Unità Lagonegrese di Groppa d'Anzi (Triassico inferiore-medio-Miocene); 7. Unità Lagonegrese di Campomaggiore (CretacicoMiocene); 8. Unità carbonatiche meso-cenozoiche di mare basso della Piattaforma Apula; 9. Edifici vulcanici; 10. Fronte di sovrascorrimento della catena.**

L'attuale assetto dell'Appennino meridionale è dunque in gran parte dovuto a fasi compressive e traslative avvenute tra il Tortoniano superiore ed il Pleistocene inferiore, controllate dall'arretramento flessurale della piastra di avampaese cui si accompagnava l'ampliarsi del bacino di retroarco tirrenico (Patacca & Scandone, 1989).

L'assetto strutturale dell'Appennino meridionale può essere in sintesi inquadrato come il risultato di una tettonica:

- a) con sovrascorrimenti il cui orizzonte di scollamento basale diventa più superficiale procedendo dalla zona interna della catena verso l'avampaese (thrust ramping);
- b) con sovrascorrimenti recenti e profondi, che propagandosi verso l'alto troncano pre-esistenti sovrascorrimenti più superficiali, che possono essere interpretati come breaching (Butler, 1983). Questi ultimi, coinvolgono l'avampaese apulo strutturato alla base della catena (Cell o et alii, 1987; Patacca & Scandone, 1989; Carbone et alii, 1988, 1991) o anche la stessa Moho (Casero et alii, 1988).

## 2.2. RILEVAMENTO GEOLOGICO E FORMAZIONI GEOLOGICHE RILEVATE

Da un punto di vista geologico-strutturale generale, il territorio in esame ricade nell'Appennino meridionale, più precisamente nel comparto noto come "Appennino Lucano", il quale risulta costituito da una pila di falde tettoniche, strutturate prevalentemente secondo una vergenza ENE. Tali falde tettoniche sono costituite da successioni sedimentarie di età compresa tra il Mesozoico ed il Pliocene, poggianti su una successione carbonatica riferibile al settore interno dell'Avampese apulo, non affiorante nell'area di studio; in particolare, si distinguono unità tettoniche di età meso-cenozoica, che si sono strutturate durante le fasi mioceniche della costruzione della catena appenninica ed unità plioceniche, deposte in bacini interni alla catena (bacini intrappenninici), deformati durante le fasi tettonogenetiche tardive nel corso del Pliocene e del Pleistocene.

Al fine raccogliere dettagliate informazioni circa la costituzione geologica dell'area in esame, è stato condotto un approfondito rilevamento di campagna attraverso il susseguirsi di diverse fasi, con lo scopo finale di identificare la natura litologica dei terreni affioranti ed i loro rapporti laterali e verticali, ovvero riconoscendo le diverse unità geologiche, nonché i loro limiti geologici.

In particolare, il lavoro è stato svolto seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche, partendo da una preliminare raccolta del maggior numero di informazioni sull'area in esame, attraverso il reperimento di carte topografiche, carte geologiche e foto aeree. Parallelamente, sono state studiate numerose pubblicazioni scientifiche riferite al territorio di interesse e prima di procedere al rilevamento vero e proprio, si è preceduto con l'analisi fotointerpretativa, al fine di riconoscere i lineamenti principali e di ottenere indicazioni geolitologiche, dedotte dalla conformazione geomorfologica del territorio.

Complessivamente, il rilevamento geologico di campagna, al termine del quale è stata redatta la cartografia geologica, è stato condotto al fine di ricostruire i rapporti tra le formazioni geologiche individuate, nonché i loro limiti stratigrafici e tettonici. Inoltre, si è cercato di raccogliere il maggior numero di informazioni possibili, al fine di acquisire dati quali litologia, tessitura, stratificazione, grado di cementazione e rapporti giacaturali.

Tutti i dati raccolti sono stati, poi, confrontati ed integrati con quelli scaturiti dalla campagna indagini eseguita.

Dunque, a seguito del rilevamento geologico di dettaglio e delle indagini geognostiche eseguite nelle diverse fasi, sono state individuate le formazioni geologiche affioranti nell'area in esame, con particolare attenzione a quelle affioranti lungo il tracciato stradale in progetto.

Per la nomenclatura delle formazioni e unità geologiche, si è fatto riferimento alla cartografia ufficiale CARG dell'ISPRA ed in particolare, ai Fogli 470 "Potenza" e 471 "Irsina"; le unità e formazioni geologiche rilevate sono descritte di seguito.

### DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI UNITA' UBIQUITARIE

**Depositi di versante:** terreni eterometrici costituiti da clasti grossolani e blocchi a spigoli vivi, a luoghi cementati, immersi in una matrice sabbioso-limoso che localmente assumono un colore rossastro; lo spessore è di pochi metri. OLOCENE

**Depositi di frana:** detriti sciolti con giacitura caotica, da ghiaiosi ad argillosi, in dipendenza del tipo di movimento e della successione originaria coinvolta; il movimento franoso presenta indizi di evoluzione in atto. OLOCENE



**Foto 2-1 - Esempi di depositi di frana rilevati durante la presente fase progettuale e interferenti con le alternative di tracciato considerate.**

**Depositi di frana antica:** corpi di frana non più rimobilizzati nelle condizioni morfoclimatiche attuali, costituiti da detriti caotici, a luoghi pedogenizzati ed alterati, da ghiaiosi ad argillosi in dipendenza della successione originaria coinvolta. PLEISTOCENE SUP. (?) - OLOCENE

**Depositi alluvionali attuali:** ghiaie e ghiaie sabbiose con lenti di sabbia e di limo, comprendono depositi di alveo e/o di golena, e depositi di conoide torrentizia attiva. Lo spessore complessivo è fino a qualche decina di metri. OLOCENE

**Depositi alluvionali recenti:** ghiaie e ghiaie sabbiose debolmente cementate, con lenti di sabbie e limi, oppure da sabbie limose con lenti ghiaiose, e da limi, localmente pedogenizzati. Si tratta di alluvioni incise, e/o terrazzate con superfici poste mediamente a + 8-10 m sul letto attuale; comprendono anche depositi di conoidi torrentizie inattive e incise. Gli spessori variano da pochi metri a qualche decina di metri. PLEISTOCENE SUP. (?) - OLOCENE



**Foto 2-2 – Depositi Alluvionali posti in corrispondenza del T. Castagno**

**Coltre eluvio-colluviale:** terreni bruni o bruno-nerastri sabbiosi e limosi con piccoli ciottoli di natura calcareo-marnoso-arenacea, frammisti a depositi piroclastici rimaneggiati e pedogenizzati. Gli spessori sono generalmente di pochi metri. PLEISTOCENE SUP. (?) - OLOCENE

PROGETTAZIONE ATI:



Foto 2-3 – Porzione di coltre eluvio-colluviale parzialmente pedogenizzata associata a fenomeni di dissesto in atto

### SUPERSINTEMA DEL FIUME BRADANO

**Sintema di Pezza Chiarella:** depositi sabbioso-conglomeratici e conglomeratici, spesso ascrivibili a lembi di conoide, affioranti tra 218 e 384 m s.l.m.; lo spessore è dell'ordine di 10m. PLEISTOCENE MEDIO - SUP.

**Sintema di Torre d'Oppido:** si rinviene da quota 265 a quota 443 metri s.l.m. e si riferisce sia a depositi fluviali attribuibili a piane braided, che depositi di conoide alluvionale; questi depositi, significativamente antropizzati per motivi agricoli, presentano spessori massimi residui non superiori a 15m; si riconoscono depositi da conglomeratici e conglomeratico-sabbiosi a sabbioso-conglomeratici e siltoso-sabbiosi. PLEISTOCENE MEDIO - SUP.

**Sintema di Piani la Colonna:** si rinviene da quota 315 a quota 380 metri s.l.m., e ad esso vengono attribuiti sia depositi fluviali riferibili a piane braided che depositi di conoide alluvionale, quasi tutti subaffioranti e frequentemente antropizzati e con spessori massimi osservabili di circa 10 metri. Si tratta prevalentemente di depositi conglomeratici e conglomeratico-sabbiosi nelle aree più elevate, e di depositi sabbioso-conglomeratici e siltoso-sabbiosi nelle aree meno elevate.. PLEISTOCENE MEDIO - SUP.

### DEPOSITI MARINI PLIOCENICI E QUATERNARI

#### UNITA' DELLA FOSSA BRADANICA

**Argille subappennine:** argille siltose, silt argillosi e, a luoghi, da silt sabbiosi di colore grigio-azzurro, con intercalazioni sabbiose o, più raramente, conglomeratiche (ASP). L'assetto è sostanzialmente monoclinale con immersione prevalente degli strati verso NE e inclinazioni variabili da suborizzontali fino a un massimo di circa 10°-15°. Solo in corrispondenza di alcuni lineamenti tettonici si osserva un andamento differente, con immersioni a NO o verso i quadranti meridionali. EMILIANO



Foto 2-4 – Area sub pianeggiante posta in corrispondenza del tratto in adeguamento del tracciato in cui terreni sono ascrivibili alle argille subappenniniche

### **UNITA' DEI BACINI PLIOCENICI INTRAPPENINICI - UNITA' DEL BACINO DI POTENZA TRICARICO - SUPERSINTEMA DI ARIANO IRPINO**

**Sintema di Tolve-Subsintema di Acerenza:** comprende due litofacies caratterizzate da rapporti parzialmente eteropici. Alla base si rinvencono generalmente facies sabbioso-arenacee-conglomeratiche (TLV2a), cui segue una porzione pelitica formata da argille-siltose (TLV2b) parzialmente eteropica. Spessore medio di 500m. PLIOCENE MEDIO - SUP.



Foto 2-5 – Evidenze delle facies TLV2a (a dx) e TLV2b (a sx) riscontrate durante il rilevamento geologico e le fasi di carotaggio.



**Foto 2-6 -** Porzione di versante posto in sinistra idrografica del Torrente Castagno con evidenza in affioramento della litofacies pelitica (TLV2b) del Subsistema di Acerenza

**Subsistema di Potenza:** tale subsistema dallo spessore totale di 500m a 800m, nell'area di studio è rappresentato dalla litofacies conglomeratico-sabbiosa (TLV1a), costituita da conglomerati poligenici in strati e banchi. PLIOCENE MEDIO



**Figura 2-2 –** Porzione in affioramento ascrivibile alla litofacies conglomeratica del Subsistema di Potenza TLV1a, posto in prossimità del Viadotto Cerro (Alt.3.1).

PROGETTAZIONE ATI:

**Sintema di Tricarico:** è rappresentato da una sequenza deposizionale, nella quale si distinguono depositi arenaceo-conglomeratici (TCRa), per uno spessore totale di circa 50 metri e argille siltoso-sabbiose con intercalazioni arenacee (TCRb), per uno spessore totale di circa 100 metri. PLIOCENE INF.

## UNITA' TETTONICHE DELLA CATENA APPENNINICA

### UNITA' TETTONICA MONTE ARIOSO

**Flysch numidico:** quarzoareniti torbiditiche di colore grigio o giallo arancio a cemento siliceo, in strati e banchi, con granuli di quarzo arrotondato a grana media e grossa, e quarzosiltiti con, a luoghi, subordinate intercalazioni marnoso-argillose e calcareo-marnose. Spessore inferiore ai 100m. BURDIGALIANO SUP.-LANGHIANO **Flysch Rosso ("interno" Auct.):** alternanza di calcareniti torbiditiche bioclastiche grigie e biancastre, calcilutiti e calcari marnosi bianchi e rosati, spesso bioturbati, con stratificazione sottile e tabulare, argille, argilliti marnose e marne di colore rosso, grigio e verde, talora parzialmente silicizzate e lenti di calciruditi bioclastiche. CRETACICO SUP.-MIOCENE INF.

**Flysch galestrino:** alternanze, in strati sottili, di spessore variabile da qualche centimetro a pochi decimetri, di calcilutiti e calcisiltiti grigie e giallastre, marne calcaree e silicifere con radiolari e spicole di spugne, argilliti silicee fogliettate a frattura prismatica nere, grigie e verdastre e rare calcareniti. Nella porzione inferiore della formazione si rinviene una facies calcareo-pelitica silicizzata (FYGa) costituita da un'alternanza di marne silicee, argilliti con fratturazione aciculare grigio-scure, violacee, verdastre, completamente silicizzate e di calcilutiti grigie e giallastre. Spessore di 300-400m. CRETACICO INF.

### UNITA' TETTONICA GROPPA D'ANZI

**Flysch numidico:** quarzoareniti e quarzosiltiti torbiditiche in strati e banchi di colore grigio o giallo arancio, con granuli di quarzo arrotondato a grana media e grossa a cemento siliceo, a luoghi con subordinate intercalazioni marnoso-argillose e calcareo-marnose. Spessore di 200-350m. BURDIGALIANO SUP.-LANGHIANO

**Formazione di Paola Doce:** la formazione è costituita da una successione arenaceo-argilloso-calcareo spessa circa 600 m di età Oligocenica, i cui caratteri litostratigrafici sono molto variabili sia verticalmente sia lateralmente; sono presenti prevalenti litofacies arenacee (PDOb). OLIGOCENE SUP.



Foto 2-7 – Affioramento inerente la Formazione di Paola Doce in litofacies arenacea ubicata in prossimità del Vallone Tricarico.



**Formazione di Corleto-Perticara:** è formata da alternanze di strati e banchi di marne calcaree, calcari marnosi, calcilutiti massive o con laminazione piano-parallela e ondulata di colore grigio chiaro, , rare calcareniti biancastre a grana fine, e marne ed argille marnoso-siltose bruno-grigiastre con rari e sottili livelli siltoso-arenacei; si distingue una litofacies arenaceo-marnosa CPAa, che costituisce generalmente la parte superiore della formazione. Spessore di 250m. EOCENE-MIOCENE INF.



**Foto 2-8 - Affioramento inerente la di Corleto – Perticara riscontrata lungo il Vallone Tricarico.**

**Gruppo delle Argille Variegata:** argille, argilliti marnose, marne silicifere ed argille marnoso-siltose generalmente grigie e talora policrome con intercalazioni in strati e banchi di marne calcaree, calcilutiti e calcareniti torbiditiche bioclastiche con alveoline, nummuliti, frammenti di lamellibranchi, gasteropodi e alghe, e talora con selce e diaspri; verso l'alto si intercalano rari livelli di quarzareniti e di areniti arcose e tuffitiche. I litotipi calcarei si presentano variamente silicizzati ed alterati. Spessore di 100-400m. CRETACICO SUP.-MIOCENE INF.



**Foto 2-9 – Esempi in affioramento (Vallone Tricarico – Alt. 2) e da carotaggio del Gruppo delle Argille Varicolori**

**Flysch galestrino:** alternanze in strati sottili di calcilutiti e calcisiltiti grigie e giallastre localmente silicizzate, calcari marnosi silicei, marne calcaree e marne silicifere a frattura concoide con radiolari e spicole di spugne, argilliti silicee a frattura prismatica grigio-verdastre od ocracee se alterate, e rare calcareniti. Spessore di 200-350m. CRETACICO INF.

### UNITA' TETTONICA VAGLIO BASILICATA

**Flysh numidico:** successione, potente almeno 400 m, composta di quarzareniti a grana grossa e micro-quarzoruditi massive malstratificate con intervalli di quarzareniti gradate intercalate ad argille grigio chiare e gialline. BURDIGALIANO SUP.-LANGHIANO

**Flysch Rosso ("esterno" Auct):** è costituita da alternanza di argille, argilliti marnose e marne di colore rosso, grigio e verde, talora parzialmente silicizzate, con subordinate intercalazioni di calcilutiti e calcari marnosi bianchi e rosati, spesso bioturbati, e calcareniti torbiditiche bioclastiche grigie e biancastre o rosate con stratificazione sottile e tabulare; alla base sono presenti sottili livelli di radiolariti, argille marnose talora silicizzate rosse e brune. Si sono riconosciute due litofacies (FYRa calcareo-clastica e FYRb pelitica), che presentano uno spessore complessivo di 450m, mentre alla base si presenta il membro diasprigno (FYR1) CRETACICO INF.-MIOCENE INF.



Foto 2-10 – Affioramento associato al Flysch Rosso dell'unità tettonica di Vaglio della Basilicata ubicato in prossimità dell'alternativa 3.1



Foto 2-11 – Facies calcareo-clastica FYRa del Flysch Rosso

**Flysch galestrino:** alternanze in strati sottili di argilliti silicee grigie a frattura prismatica, marne silicifere grigio-azzurre, o se alterate, di colore ocreo a frattura concoide con radiolari e spicole di spugne, in strati da centimetrici a decimetrici, calcilutiti grigie o nerastre in strati centimetrici, calcisiltiti e calcari siliciferi, in strati decimetrici. Spessori di 200-350m. CRETACICO INF.



Foto 2-12 – Affioramento del Flysch del Galestrino (FYG) visibile lungo il Vallone degli Zingari ed interferente con l'Alternativa 1

PROGETTAZIONE ATI:

### **UNITA' TETTONICA SAN CHIRICO**

**Formazione di Serra Palazzo:** successioni torbiditiche, nell'ambito delle quali sono stati distinti due membri. Il membro di Vallone Forluso (PAA2), dallo spessore di 500-800m, è costituito da alternanze di arenarie torbiditiche arcose e quarzoso-feldspatiche, talora poco cementate, con intercalazioni di siltiti, argille siltose, marne, e rari livelli di calcareniti e areniti ibride. Il membro di Pantano dei Gamberi (PAA3), dallo spessore di 400m è costituito da un'alternanza di torbiditi a grana fine, sia a composizione silicoclastica che calciclastica (al 50% circa), a cui si intercalano calcilutiti, marne siltose e marne calcaree. LANGHIANO SUP.-SERRAVALLIANO SUP.



**Foto 2-13 - Affioramento di di arenarie torbiditiche arcose afferente al membro di Vallone Forluso (PAA2) ubicato a nord dell'abitato di Tolve in prossimità del fondo valle del Torrente Castagno, interferente con l'alternativa 1.1**

**Flysh numidico:** quarzareniti di colore grigio, o giallo arancio, con granuli di quarzo arrotondato a grana media e grossa e con cemento siliceo, in strati e banchi a luoghi con subordinate intercalazioni marnoso-argillose e/o calcareo-marnose. Spessore di 300-400m. BURDIGALIANO SUP.-LANGHIANO.



Figura 2-3 - Stralcio cartografia geologica ufficiale CARG dell'ISPRA, ottenuto dall'unione dei fogli 470 "Potenza" e 471 "Irsina", con riportate le alternative di tracciato oggetto di studio.

PROGETTAZIONE ATI:

### **2.3. ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREALE DI PROGETTO**

Così come si evince dalla figura precedente e dalla cartografia geologica redatta a supporto del presente studio, l'area in esame si suddivide in due principali comparti, nei quali affiorano, rispettivamente, formazioni geologiche marine di età compresa tra il Cretacico inferiore ed il Miocene e tra il Miocene ed il Pleistocene inferiore, alle quali, in entrambi i casi, si aggiungono depositi continentali di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene.

In particolare, il settore meridionale, coincidente con il territorio compreso tra i centri abitati di Brindisi di Montagna e Tolve, in cui si sviluppa la prima parte del tracciato selezionato (Alt 3.1) di nuova realizzazione, vede la presenza di tre Unità Tettoniche denominate "Monte Arioso", "Groppa d'Anzi" e "Vaglio Basilicata", costituite da dominanti litotipi flyshoidi, ascrivibili alle formazioni del "Flysch Rosso" e del "Flysch di Galestrino", cui si aggiungono minori lembi di "Flysch Numidico". Da un punto di vista litologico, si ha a che fare in parte con successioni flyshoidi costituite da abbondanti litotipi argillitici, ascrivibili al "Flysch di Galestrino" ed al "Flysch Rosso esterno", in parte con successioni caratterizzate anche da una importante frazione arenacea e calcareo-marnosa, riferibili al "Flysch Rosso interno" ed al "Flysch Numidico", con quest'ultimo costituito da prevalenti litotipi arenacei. Unicamente nell'estremo comparto più meridionale, l'Unità Tettonica di Groppa d'Anzi vede la presenza dei depositi argillitici del "Gruppo delle Argille Variegate", dei litotipi arenaceo-marnosi e calcareo marnosi della "Formazione di Corleto Porticara" e delle arenarie della "Formazione di Paola Doce".

Nell'area in cui si sviluppa la parte settentrionale del tracciato di nuova realizzazione, nei pressi dell'abitato di Tolve, sono riconoscibili due principali comparti, il più a sud dei quali è caratterizzato sia dall'Unità Tettonica di San Chirico, sia dall'Unità dei Bacini Pliocenici Intrappenninici – Unità del Bacino Potenza Tricarico. Nel primo caso, si ha a che fare con i prevalenti litotipi torbiditici arenacei, con intercalazioni siltoso-argillose, marnose e calcarenitiche della "Formazione di Serra Palazzo", cui si aggiungono le quarzareniti del "Flysch Numidico"; per quanto riguarda i depositi pliocenici, sono presenti prevalentemente le due litofacies del "Sintema di Tolve - Subsintema di Acerenza", rispettivamente, sabbioso-arenaceo-conglomeratica ed argilloso-siltosa. Si aggiungono, inoltre, lembi conglomeratico-sabbiosi del "Subsintema di Potenza" e arenaceo-conglomeratici del "Sintema di Tricarico", con quest'ultimo rappresentato anche da scarsi affioramenti argilloso-siltoso-sabbiosi.

Procedendo ulteriormente verso nord, nel tratto di adeguamento della SP123, l'area si chiude con i depositi marini dell'Unità della Fossa Bradanica, rappresentati dai dominanti litotipi argilloso-siltosi delle "Argille subappennine", diffusamente ricoperte da antichi depositi alluvionali terrazzati del "Supersintema del Fiume Bradano", affioranti da circa 250m fino ad oltre 400m di quota e riuniti nei sintemi di "Torre d'Oppido" e "Piani la Colonna".

Infine, nell'intera area di studio, le formazioni descritte sono ricoperte nelle aree di fondovalle dai "Depositi alluvionali attuali" e dai "Depositi alluvionali recenti", mentre lungo i rilievi da "Depositi di versante", "Depositi di frana", "Depositi di frana antica" e "Coltri eluvio-colluviali".

Durante la campagna di indagini, e nello specifico in corrispondenza dei carotaggi, nonché a valle dei rilievi geologici e geomorfologici realizzati per questa fase progettuale, è stato possibile riscontrare la presenza di un orizzonte superficiale, dell'ordine dei 7-8 m, associato ad un livello di alterazione spinto delle formazioni flyshoidi e delle unità plioceniche intrappenniniche, più o meno costante lungo i diversi tracciati analizzati.



Foto 2-14 – Esempi di livelli alterati superficiali associati alle litologie prevalentemente argillose (a sx) e flyshoidi (a dx)

Per quanto riguarda l'assetto strutturale dell'intera area, quest'ultima comprende il bordo esterno dell'orogene appenninico a cavallo fra il dominio di catena e quello di avanfossa. In particolare, il dominio di catena, il quale presenta un assetto strutturale particolarmente complesso legato a tettonica polifasica miocenico-quadernaria, in linea generale, può essere descritto come un sistema di *thrust* e pieghe adriatico-vergenti di età neogenico-quadernaria, complicato da strutture trascorrenti e distensive plio-pleistoceniche (dirette sia in direzione appenninica che anti-appenninica).

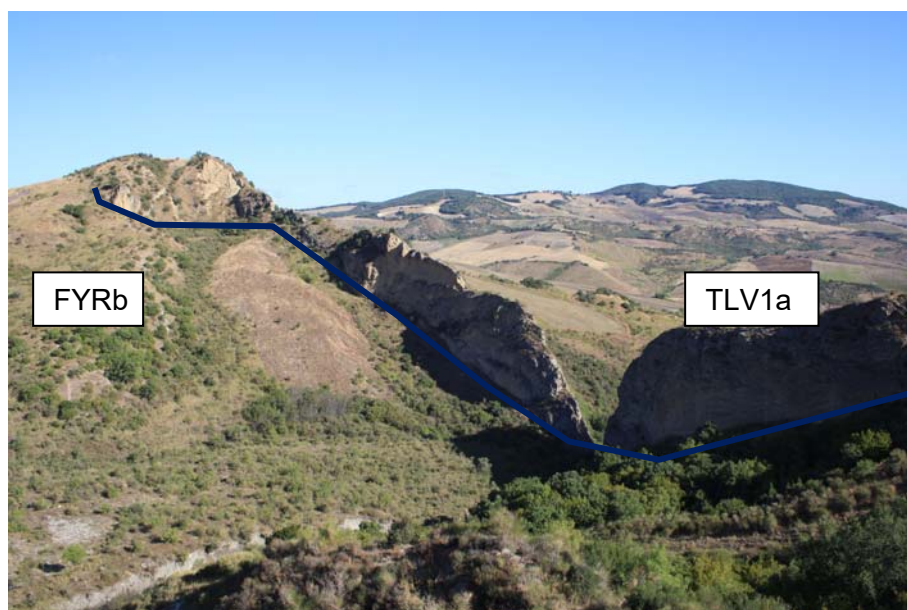
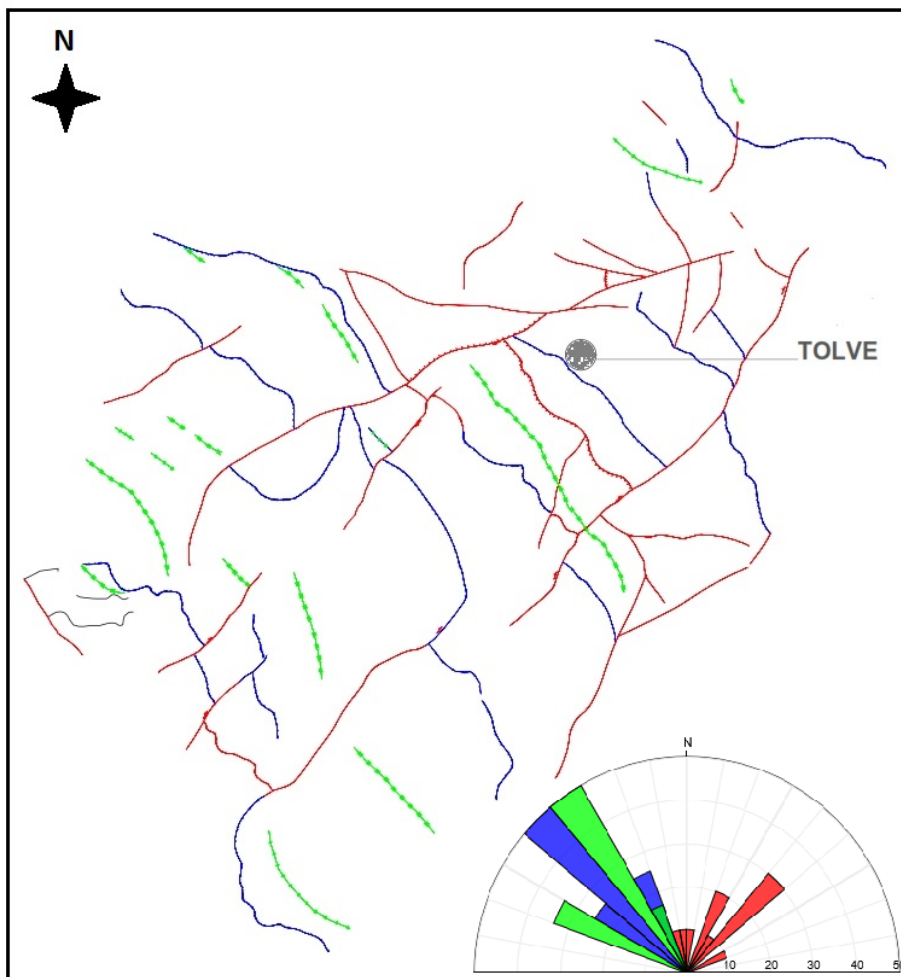


Foto 2-15 – Esempio di *thrust* presente nell'area di interesse e comprendente le formazioni del FYR che sovrascorrono sulle litologie plioceniche del Sintema di Potenza (TLV1a)

Nell'ambito di tale settore di transizione sono state distinte due unità tettoniche geometricamente sovrapposte, delle quali quella interna, in posizione geometrica superiore, è rappresentata dall'Unità Tettonica di Vaglio di Basilicata, mentre l'unità più esterna, geometricamente sottostante, è rappresentata dall'Unità Tettonica di San Chirico. Il limite tra le due unità è rappresentato da un fronte di sovrascorrimento di importanza regionale non più antico del Pliocene superiore. Il settore di catena, inoltre, è dislocato trasversalmente da più faglie dirette e/o transtensive, prevalentemente con componente trascorrente destra, che si sviluppano in direzione SO-NE. Passando al dominio di avanfossa, quest'ultimo comprende parte del settore occidentale della Fossa Bradanica e presenta un generale assetto tabulare, ovvero monoclinale con inclinazioni massime di pochi gradi (in genere verso NE), mentre solo localmente si osservano faglie subverticali.

In particolare, lo studio cartografico di dettaglio condotto nell'area strettamente di interesse ha permesso di riconoscere i principali caratteri strutturali presenti, rappresentati nella mappa tettonica della figura seguente e relativo diagramma stellare, contenete i diversi trend delle strutture tettoniche riconosciute.

In generale, l'area in esame è caratterizzata da thrust, faglie dirette talvolta con componente trascorrente generalmente destra e diversi piegamenti.



**Figura 2-4 - Carta tettonica dell'area in esame. In rosso vengono evidenziate le faglie dirette con andamento trascorrente, in blu i thrust, mentre in verde gli assi dei piegamenti associati ai thrust. In basso a destra viene riportato il diagramma stellare contenente i dati mesostrutturali evidenziati con i rispettivi colori per ogni struttura.**

PROGETTAZIONE ATI:



Nel dettaglio, i *thrust* costituiscono le strutture più antiche ed hanno un trend NW-SE ed una vergenza nei quadranti occidentali; questi favoriscono la progressione di diversi piegamenti con assi orientati in uguale direzione dei thrust, e con geometria maggiormente sinforme, talvolta antiforme; tali piegamenti generalmente presentano fianchi abbastanza regolari e si distinguono piegamenti da aperti a chiusi.

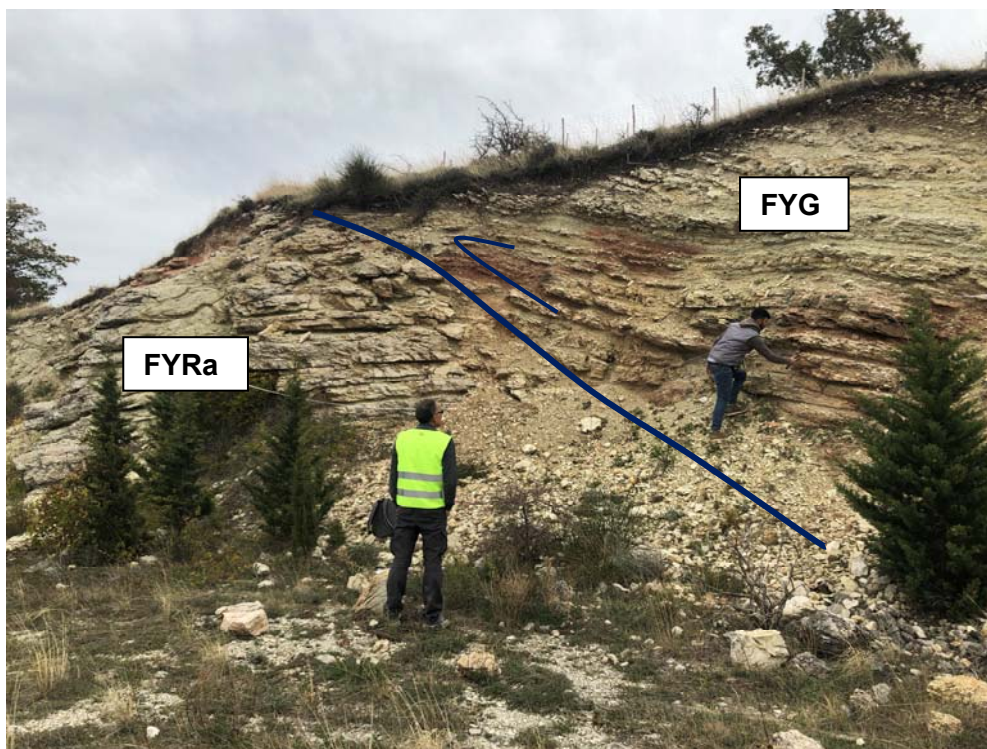


Foto 2-16 – Esempio di sovrascorrimento visibile in un taglio stradale che comprende le litologie del FYG e FYRa, con presenza di strati interessati da piegamenti secondari.



Foto 2-17 – Immagini rappresentative delle strutture associate alle dinamiche tettoniche, a sx è visibile una piega con asse in evidenza, creata nelle litologie Flyshoidi, a dx un deposito breccioso ben saldato ascrivibile a breccia di frizione composto da clasti di natura calcareo-marnosa e grossi cristalli di calcite.

PROGETTAZIONE ATI:

Infine, le faglie dirette ad alto angolo mostrano un *trend* con componente trascorrente tipicamente destra e raramente sinistra; quest'ultime dislocano in più punti i *thrust* antichi ed in queste aree si osservano rigetti moderati.

## **2.1. ANALISI GEOLOGICA DELLE ALTERNATIVE**

Di seguito viene descritto l'assetto geologico delle varie alternative di tracciato prese in esame, denominate "1.1", "1.2", "2", "3" e "3.1", con quest'ultima corrispondente al tracciato stradale selezionato.

### **2.1.1. ALTERNATIVA 1.1**

L'alternativa 1.1 interessa in egual misura i due comparti dell'area in esame nei quali affiorano, rispettivamente, formazioni geologiche marine di età compresa tra il Cretacico inferiore ed il Miocene e tra il Miocene ed il Pliocene medio-superiore.

Procedendo dal settore meridionale, il tracciato si sviluppa a partire dallo svincolo della SS407 – Basentana posto in località "Foresta Grancia"; il tratto di fondovalle in questione, caratterizzato dalla presenza del futuro Viadotto Basento, è impostato per circa 350 m, nei depositi alluvionali attuali del Fiume Basento. Tali depositi poggiano in modo erosivo sui dominanti litotipi argillitici del "Gruppo della Argille Variegate", affioranti lungo entrambi i fianchi vallivi, ma interessate solo per un breve tratto dal tracciato stradale, il quale si dirige in sinistra idrografica, dove sono immediatamente sovrastate tettonicamente da una spessa sequenza flyshoide; quest'ultima, a partire dalla pk 0+550 circa, è intercettata dal tracciato per circa 7 km ed è costituita dalle formazioni del "Flysch Rosso" e del "Flysch di Galestrino", localmente coperte da "Depositoli di frana".

Le due formazioni flyschoidi in questione sono costituite, rispettivamente, da litotipi argillitici, alternati a livelli calcarei e calcarenitici e da fitte alternanze argillitico-calcaree. Per quanto concerne i relativi rapporti, per circa 5 km le due formazioni si trovano in contatto tettonico lungo una struttura estensionale trascorrente a generale direzione NE-SW, ovvero orientata secondo l'andamento della futura Galleria naturale "Monte Bosco Le Piane". Di conseguenza, lo scavo in sotterraneo interessa un comparto caratterizzato da un assetto geologico piuttosto complesso, avvenendo parallelamente al contatto tra le due formazioni flyschoidi.

Superato il tratto in galleria, il tracciato intercetta i litotipi flyshoidi argillitico-calcarei del "Flysch del Galestrino", il quale dopo circa 1.5 km viene in contatto tettonico, con il "Flysch Rosso" e più precisamente alla pk 5+800 circa; quest'ultimo risulta sovrastato lungo un sovrascorrimento orientato circa in direzione NNW-SSE; lungo i successivi 2 km e comunque fino alla pk 7+700 circa, il "Flysch Rosso" si presenta costituito da dominanti litotipi diasprigni e marnosi (FYR1), con intercalazioni, di significativi spessori, argillitico-calcareo-marnose; tali litologie interesseranno le opere previste da progetto per tale tratto e relative a viadotti ed a gallerie artificiali che attraverseranno le incisioni vallive caratterizzate anche da forme calanchive ed erosive.

Procedendo ulteriormente verso nord, in sinistra del Torrente "Fiumarella del Bosco", un sovrascorrimento orientato in direzione NW-SE, segna il passaggio al comparto più settentrionale del tracciato stradale in esame, caratterizzato per i primi 3.0 km circa, da una sequenza che vede attraversare i litotipi sabbioso-arenaceo-conglomeratici e argilloso-siltosi del "Subsistema di Acerenza" poggianti stratigraficamente sulle quarzoareniti del "Flysch Numidico" alternati alla presenza delle litologie arenarie torbiditiche della "Formazione di Serra Palazzo" associata alla Unità tettonica di San Chirico; inoltre, in tale tratto risultano abbondanti i depositi di copertura, in quanto oltre ai depositi alluvionali attuali e recenti del Torrente "Fiumarella del Bosco", by-passati dal tracciato attraverso il viadotto omonimo allo stesso Torrente che precede i successivi Viadotti "Contrada Condotta 1 e 2, poggianti in destra idrografica dello stesso Torrente, sui quali versanti risultano presenti "Depositoli di frana" e "Depositoli di frana antica". Per quanto concerne l'assetto geologico-stratigrafico-strutturale del comparto in questione, il "Flysch Numidico", sovrastato tettonicamente dal "Flysch Rosso", si trova stratigraficamente sottoposto al "Subsistema di Acerenza" ed affiora lungo entrambi i versanti vallivi del Torrente "Fiumarella del Bosco", trovandosi ai fianchi di una struttura plicativa sinclinale, orientata in direzione NW-SE e delimitata anche verso nord da un sovrascorrimento, sempre con direzione NW-SE.

PROGETTAZIONE ATI:

Lungo quest'ultimo il "Flysch Numidico" sovrascorre sui depositi sabbioso-arenaceo-conglomeratici del "Subsistema di Acerenza", totalmente coperti lungo il tracciato stradale da "Depositi di frana antica", presenti per circa 200 m, i quali mascherano il passaggio stratigrafico alle arenarie della "Formazione di Serra Palazzo"; queste ultime sono presenti per circa 400 m in destra idrografica del Torrente "Fiumarella del Bosco", ma sempre con diffusa presenza di coperture di frana, sui quali poggeranno i viadotti previsti in progetto ed associati a tale alternativa.

L'alternativa "1.1", una volta by-passato il fondovalle alluvionale in corrispondenza della confluenza dei Torrenti "Castagno e Fiumarella del Bosco", incassati nelle arenarie della "Formazione di Serra Palazzo", prosegue in sinistra idrografica dello stesso Torrente "Castagno", sviluppandosi lungo i versanti oggetto di fenomeni gravitativi in passato, anche attraverso tratti in viadotto ed in galleria artificiale. Il tracciato in questione, intercetterà per circa 700 m e comunque fino alla pk 12+200 circa, sempre gli stessi litotipi arenacei, coperti, per estesi tratti, da "Depositi di frana", per poi passare lungo una probabile struttura tettonica estensionale, orientata in direzione NNE-SSW, al "Subsistema di Acerenza"; quest'ultimo, a parte un primo piccolo lembo sabbioso-arenaceo-conglomeratico è rappresentato per tutta la parte restante del tracciato stradale da litotipi argilloso-siltosi, pertanto anche lo svincolo di Tolve sarà compreso in tali litologie, che saranno interrotte, solo nel tratto finale, dai depositi alluvionali attuali di un affluente del Torrente Alvo, nonché dai litotipi sabbioso-arenaceo-conglomeratico del "Subsistema di Acerenza", posti verosimilmente in contatto tettonico con le torbiditi a grana fine del Membro di "Pantano dei Gamberi" della "Formazione di Serra Palazzo", con quest'ultima ricoperta diffusamente da depositi di frana.

Infine, per il tratto di adeguamento della SP123 si veda di seguito quanto esposto relativamente all'Alternativa 3.1.

### **2.1.2. ALTERNATIVA 1.2**

L'alternativa 1.2 coincide sostanzialmente con l'alternativa 1.1, tranne che nel tratto a ridosso dell'abitato di Tolve. La variante ha inizio al km 10+700 circa, dove il tracciato, invece di curvare verso Ovest, procede verso Nord attraversando la Fiumara di Tolve e collegandosi alla SP123 al km 13+300 circa, dove è previsto lo svincolo "Tolve". Successivamente coincide nuovamente con l'alternativa 1.1.

In tale tratto, nei primi 600 m, sono intercettate le arenarie della "Formazione di Serra Palazzo", diffusamente ricoperte da depositi di frana (sia antichi che recenti) ed un piccolo lembo di "Flysch Numidico", posto immediatamente in destra idrografica della Fiumara di Tolve, dove sembra sovrastare tettonicamente la "Formazione di Serra Palazzo" lungo un sovrascorrimento incerto. Procedendo verso nord, nel successivo tratto di circa 500 m vengono by-passati i depositi alluvionali attuali e recenti della Fiumara di Tolve, in sinistra del quale è, inoltre, presente un terrazzo alluvionale, intercettato per circa 150 m. Nella parte terminale della è intercettato unicamente il "Subsistema di Acerenza", rappresentato nella porzione mediana da circa 650 m di litotipi argilloso-siltosi, interposti tra i litotipi sabbioso-arenaceo-conglomeratici, affioranti per circa 150 m e 500 m, rispettivamente, verso sud e verso nord e comunque fino allo svincolo di Tolve.

### **2.1.3. ALTERNATIVA 2**

L'alternativa 2 interessa grosso modo in egual misura i due comparti dell'area in esame nei quali affiorano, rispettivamente, formazioni geologiche marine di età cretacico-miocenica e pliocenica.

Procedendo da sud ed in particolare dallo svincolo di Vaglio – Zona Industriale sulla SS407 - Basentana, il primo tratto di fondovalle è impostato nei depositi alluvionali terrazzati recenti del Fiume Basento alternati alle Argille Variegate poste ai fianchi dell'incisione associata al Vallone Tricarico.

Difatti, i depositi alluvionali poggiano erosivamente sul "Gruppo della Argille Variegate", a cui seguono i litotipi della "Formazione di Corleto-Porticara", entrambe intercettate dal tracciato stradale attraverso il viadotto di collegamento alla SS407, denominato "Ferrovia" e lungo il vallone

PROGETTAZIONE ATI:

citato precedentemente, posto in sinistra del Fiume Basento, in corrispondenza del quale si imposta una struttura di faglia trascorrente che disloca le diverse porzioni delle litologie presenti. In particolare, i litotipi argillitici, presenti in posizione stratigraficamente inferiore, affiorano per complessivi 900 m circa, mentre i litotipi calcareo-marnosi della "Formazione di Corleto-Porticara", affiorano per poco più di 100m, con l'intero tratto estesamente coperto da "Depositi di frana"; in successione, la "Formazione di Corleto-Porticara" è sostituita dalle soprastanti arenarie della "Formazione di Paola Doce" e dalle quarzoareniti del "Flysch Numidico", complessivamente presenti per circa 150 m, ma quasi totalmente coperti da "Depositi di frana".

Questi ultimi, procedendo verso nord e più precisamente alla pk 1+450 circa, mascherano un sovrascorrimento che segna il passaggio alla formazione del "Flysch Rosso", presente in posizione tettonica superiore e rappresentata da argilliti con intercalazioni calcareo-arenacee, intercettate per circa 2.1 km, oltre i quali si passa stratigraficamente al sottostante "Flysch del Galestrino"; quest'ultimo, costituito da fitte alternanze argillitico-calcaree che affiorano per circa 2.3 km, fino ad un nuovo sovrascorrimento, orientato con direzione NW-SE, lungo il quale si trova sovrapposto tettonicamente al "Flysch Rosso".

Il tratto appena descritto è quello interessato dalla estesa Galleria naturale "Valico Pazzano", la quale intercetta il "Flysch Rosso" alla pk 1+850 e per circa 1.7 km, oltre i quali si passa stratigraficamente al "Flysch del Galestrino" intercettato per circa 2.0 km, e successivamente, attraverso contatto tettonico di tipo sovrascorrimento, alla formazione del "Flysch Rosso"; con quest'ultima, costituita per circa 525 m dalla facies calcareo-clastica e per i restanti 250 m sempre dai precedenti litotipi argillitici, con intercalazioni calcareo-arenacee.

I litotipi flyschoidi interessati dal tratto in galleria sono interessati da diverse strutture tettoniche, in corrispondenza delle quali va considerata la presenza di fasce di fratturazione. In particolare, nella zona dell'imbocco Sud, dove l'opera intercetta una faglia trascorrente ed a cavallo della pk 5+525 dove viene intercettato un sovrascorrimento orientato trasversalmente all'asse viario, peraltro, dislocato orizzontalmente da una faglia trascorrente che si sviluppa circa parallelamente al tracciato.

Superato il tratto in galleria, il "Flysch Rosso" caratterizza anche i successivi 700 m circa, intervallato dalla presenza di depositi di frana che allo stato attuale, attraverso le indagini eseguite in questa fase progettuale e per quelle pregresse, ubicate prossime al tracciato di riferimento, presentano potenziali spessori significativi. Oltre questo tratto si ha il passaggio tettonico sia per faglia estensionale che sovrascorrimento al comparto del tracciato stradale impostato nei depositi pliocenici, rappresentati per un breve tratto di circa 100m dai litotipi conglomeratico-sabbiosi del "Subsistema di Potenza" (TLV1a), dai quali si passa stratigraficamente al "Subsistema di Acerenza" (TLV2). Quest'ultimo è rappresentato per tutta la parte retante dell'Alternativa 2 dalla litofacies argilloso-siltosa (TLV2b). Tali litotipi a grana fine, caratterizzati da diffuse forme calanchive, sono interrotti soltanto dai depositi alluvionali associati al Torrente "Castagno", bypassati attraverso un tratto in viadotto, posto tra la pk 9+420 e pk 10+000, che posiziona il tracciato in sinistra idrografica rispetto allo stesso Torrente.

Infine, a partire dalla p.k. 13+000 circa, ovvero nell'ultimo tratto precedente il "tratto in adeguamento", il tracciato stradale dell'Alternativa 2 si imposta sul tracciato stradale esistente, così come l'Alternativa 3.1; per l'assetto geologico a partire dalla suddetta progressiva, dunque, si veda il paragrafo dedicato all'Alternativa 3.1.

#### **2.1.4. ALTERNATIVA 3**

L'alternativa 3 interessa grosso modo, in egual misura, i due comparti dell'area in esame, nei quali affiorano, rispettivamente, formazioni geologiche marine di età cretacico-miocenica e pliocenica.

In particolare, a partire dallo svincolo, quest'ultimo è fondato sui depositi alluvionali recenti del Fiume Basento, i quali poggiano erosivamente sui litotipi flyshoidi affioranti lungo i rilievi posti in sinistra idrografica (dall pk alla pk 1+100), lungo i quali si sviluppa il Viadotto Vallone Tricarico. In particolare, quest'ultimo intercetta per il "Gruppo della Argille Variegate", a cui seguono i litotipi

PROGETTAZIONE ATI:

della "Formazione di Corleto-Porticara", con tali unità geologiche interessate da una struttura estensionale trascorrente. In particolare, i litotipi argillitici, presenti in posizione stratigraficamente inferiore, affiorano lungo il tratto iniziale, per oltre 400m, mentre i litotipi calcareo-marnosi della "Formazione di Corleto-Porticara", sono presenti per poco meno di 250m, e localmente coperti da "Depositi di frana", che mascherano il passaggio stratigrafico alle arenarie della "Formazione di Paola Doce; queste ultime sono intercettate dal tracciato per i successivi 100m circa, prima di passare lungo un sovrascorrimento, parzialmente mascherato da "Depositi di frana", alla formazione del "Flysch Rosso" presente in posizione tettonicamente superiore e sui quali si sviluppa la parte finale del viadotto citato per circa 600m e comunque fino alla pk 1+840 circa.

I successivi 1400 m, all'aperto, interessano la formazione del "Flysch Rosso", rappresentata da argilliti con intercalazioni calcareo-arenacee, con locali (3+280-3+430) coperture di "Depositi di frana".

Il tracciato, quindi, entra in galleria interessando, per i primi 2,2 km circa il "Flysch del Galestrino", costituito da fitte alternanze argillitico-calcaree, passando con contatto tettonico, di tipo sovrascorrimento, alla formazione del "Flysch Rosso", costituita per circa 500m dalla facies calcareo-clastica e per i restanti 240m sempre dai precedenti litotipi argillitici con intercalazioni calcareo-arenacee

I litotipi flyschoidi interessati dal tratto in galleria per la gran parte dello scavo non sono interessati da strutture tettoniche di rilievo ad eccezione del tratto corrispondente alla p.k. 6+240, dove passa un sovrascorrimento orientato trasversalmente rispetto all'asse viario (con direzione NO-SE); dunque, in corrispondenza di tale struttura è da considerare la presenza di una spessa fascia di intensa fratturazione, con estensione dell'ordine di 50-100. Inoltre, procedendo verso le progressive crescenti, la presenza di litotipi intensamente fratturati potrebbe perdurare per altri 200m metri circa, data la presenza di una struttura estensionale orientata circa parallelamente rispetto al tracciato, con conseguente dislocazione del suddetto sovrascorrimento, in particolare intercettato da una faglia trascorrente sinistra; quest'ultima presenta la massima vicinanza al tracciato nel tratto compreso tra le p.k. 6+240 (dove il tracciato intercetta il sovrascorrimento) e p.k. 6+350.

Dall'imbocco Nord della galleria "Valico di Pazzano", che termina con una galleria artificiale e successiva paratia in sinistra l'alternativa 3 coincide con l'alternativa 2, di cui già discusso nel precedente paragrafo.

### **2.1.5. ALTERNATIVA 3.1**

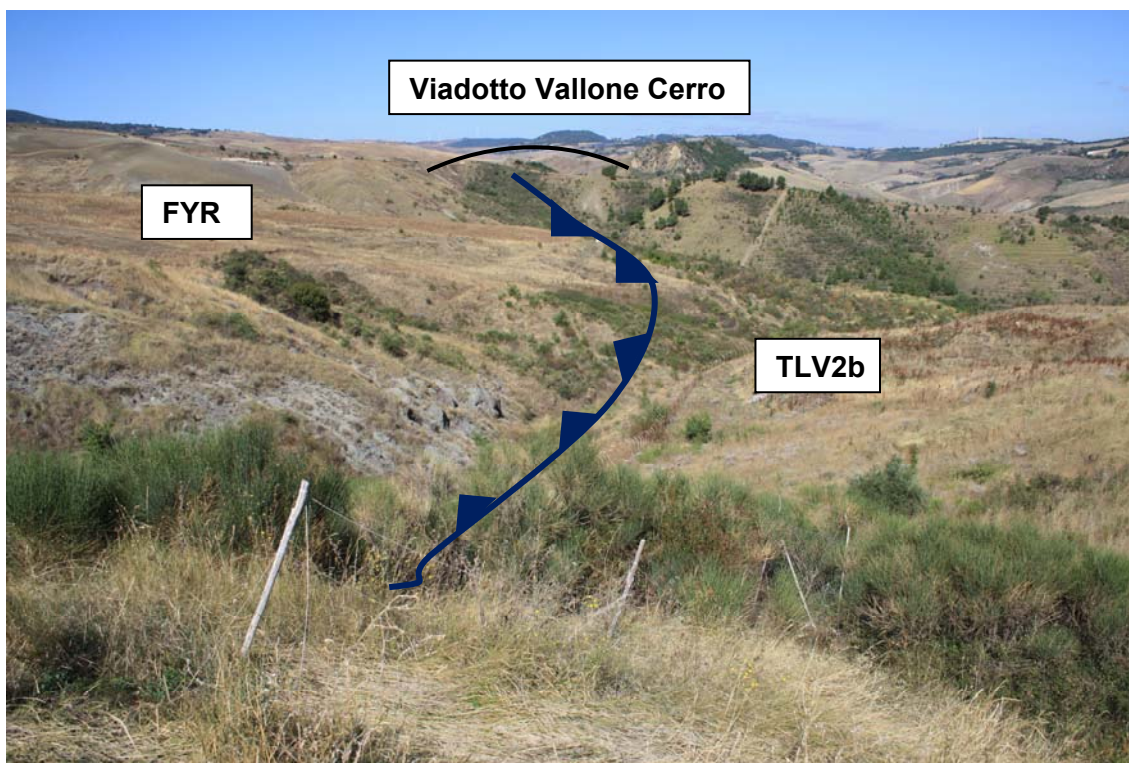
L'alternativa in esame dal km 0 fino al km 7+000 coincide con l'alternativa 3, mentre successivamente, si discosta al fine di assicurare un andamento planimetrico meno tortuoso; dunque, per l'assetto geologico della prima parte del tracciato, si veda quanto esposto nel precedente paragrafo.

In particolare, superato il tratto in galleria, che come visto intercetta il "Flysch Rosso" in maggior presenza con la sua facies calcareo-clastica, quest'ultima unità caratterizza anche i successivi 700 m circa, intervallata da depositi di frana, caratterizzati da potenziali spessori rilevanti ed associati a fenomeni attivi, laddove saranno realizzate una serie di Gallerie Artificiali.



**Foto 2-18 – Area di imbocco nord (cerchiata in rosso) della Galleria naturale Valico Pazzano impostata nei depositi flyshoidi del FYR**

Oltre, si ha il passaggio al comparto del tracciato stradale impostato nei depositi pliocenici; tale passaggio avviene lungo un sovrascorrimento, orientato in generale direzione ONO-ESE, con passaggio ai litotipi argilloso-siltosi del "Sintema di Tolve-Subsintema di Acerenza" (TLV2b), entro i quali si sviluppa la gran parte del "Viadotto Vallone Cerro" (da Km 7+319 a 7+887), che circa alla p.k. 7+720 è intercettato dalla suddetta struttura tettonica; di conseguenza, la spalla sud risulta impostata nei litotipi del Flysch Rosso (FYR), ovvero con notevole variazione litologica e litotecnica, rispetto ai litotipi a grana fine del "Subsintema di Acerenza" (TLV2b).



**Foto 2-19 - - Panoramica rivolta verso il Vallone della Botte ed interferente con alternativa 3.1 dal quale si evince la struttura tettonica (sovrascorrimento) che mette a contatto i litotipi flyshoidi (FYR) con le litologie plioceniche argillose TLV2b**

PROGETTAZIONE ATI:

Questi ultimi, procedendo verso le progressive crescenti, sono intercettati per quasi 5Km dal tracciato, ovvero per quasi tutta la parte restante del tracciato che raggiunge il tratto in adeguamento. In tale porzione, i suddetti litotipi argilloso-siltosi del subsistema di Acerenza, caratterizzati da diffuse forme calanchive, sono intercettati dal Viadotto Torrente Castagno e dal Viadotto Mezzanelle, nonché dallo Svincolo di Tolve. Solo in destra idrografica del Torrente Castagno per circa 150m sono intercettati i depositi sabbioso-arenaceo-conglomeratici della litofacies TLV2a, sui quali fonda, dunque, parte del Viadotto Castagno. Quest'ultimo bypassa la valle dell'omonimo torrente, lungo il cui fondovalle per circa 90m in direzione del tracciato sono presenti depositi alluvionali di fondovalle (ba), il cui substrato è rappresentato in parte dalla suddetta litofacies sabbioso-arenacea-conglomeratica (TLV2a), in parte dalla litofacies argilloso-siltosa (TLV2b); infatti, gli esiti delle perforazioni di sondaggio eseguite in tale comparto, unitamente al rilevamento geologico, hanno messo in evidenza la presenza di una potenziale struttura tettonica sepolta presente in corrispondenza dell'asse vallivo, ovvero con direzione circa antimeridiana, la quale mette in contatto le due suddette litofacies.



**Foto 2-20 – Porzione di versante posto in destra idrografica rispetto al T. Castagno sul quale si svilupperà parte del Viadotto Torrente Castagno**



**Foto 2-21 – Fondovalle del Torrente Castagno con i depositi alluvionali attuali (a sx) e panoramica del versante posto in sinistra idrografica impostato interamente nelle litologie argillose della Facies TLV2b del Subsistema di Acerenza.**

Nell'ultimo tratto precedente il "tratto in adeguamento", il tracciato stradale a partire dalla p.k. 12+200 si imposta sul tracciato stradale esistente, seguendo, a partire dalla p.k. 12+400, il decorso della valle del Torrente Cirifuolo, affluente del Torrente Alvo, immediatamente in destra del quale si

PROGETTAZIONE ATI:



sviluppa il tracciato stradale, a partire dalla p.k. 12+550 circa. Per quanto riguarda i litotipi presenti in quest'ultimo tratto, dalla p.k. 12+450 alla p.k. 12+750, la valle del Torrente Cirifuolo è impostata nei litotipi argilloso-siltosi del Subsistema di Acerenza (TLV2b), sostituiti verso le progressive crescenti dalla litofacies sabbioso-arenaceo-conglomeratica (TLV2a), che si ritrova fino alla p.k. 12+920, in contatto stratigrafico sepolto dalle alluvioni con i litotipi conglomeratico sabbiosi del Subsistema di Potenza (TLV1a), affioranti immediatamente in sinistra idrografica. Infine, in corrispondenza della p.k. 12+920, lungo una struttura tettonica estensionale orientata con direzione NO-SE, si verifica il passaggio tettonico tra il Subsistema di Acerenza e la formazione di Serra Palazzo (Unità tettonica San Chirico), rappresentata dai litotipi torbiditici a grana fine del membro di Pantano dei Gamberi (PAA3), costituito da arenarie fini, con intercalazioni calcaree e marnose; tali litotipi sono ricoperti per estesi tratti da Depositi di frana olocenici (A1a) e Depositi di frana antichi (a1b)

Passando al tratto di adeguamento della SP123, che ha inizio con il Viadotto Cirifuolo (esistente) che bypassa la valle del Torrente Alvo, affiorano formazioni geologiche marine di età compresa tra il Miocene ed il Pliocene medio-superiore, diffusamente ricoperte da depositi continentali di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene. In particolare, procedendo da sud, un primo tratto si sviluppa in destra idrografica del Torrente Alvo, intercettando i litotipi arenacei della "Formazione di Serra Palazzo", ricoperti da "Depositi di frana" (a1a) e dai depositi alluvionali (ba e bb) del Torrente Alvo, come detto, oltrepassato dal suddetto viadotto Girifuolo; verso nord, il tracciato intercetta per circa 800 m il "Subsistema di Acerenza", costituito nei primi 250 m da depositi sabbioso-arenaceo-conglomeratici e per il resto da depositi argilloso-siltosi. Nonostante la presenza di un contatto tettonico, depositi pelitici sono presenti anche nel tratto successivo, in quanto il "Subsistema di Acerenza" sovrascorre sulla formazione delle "Argille subappennine" presenti per circa 3.7 km ed estendendosi fino alla fine del tracciato, anche se diffusamente ricoperte da antichi depositi alluvionali; infatti, per estesi tratti il tracciato intercetta terrazzi alluvionali ascrivibili al "Supersistema del Fiume Bradano" ("Sintema di Torre d'Oppido" e "Sintema di Piani la Colonna"), costituiti da depositi grossolani conglomeratico-sabbiosi, interessando complessivamente circa 1250 m.

### **3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI**

#### **3.1. APPROCCIO METODOLOGICO**

Il rilevamento geomorfologico ha avuto principalmente come scopo quello di individuare eventuali criticità interferenti con il tracciato stradale in progetto, attraverso l'individuazione di elementi e forme del paesaggio che possano favorire fenomeni di dissesto di varia natura. Il rilevamento ha avuto inizio a partire da ricerche preliminari, atte a raccogliere il maggior numero di informazioni sull'area di interesse e durante le quali sono state reperite carte topografiche, immagini telerilevate, studi, pubblicazioni scientifiche e relazioni tecniche. Successivamente, l'acquisizione di dati, elementi ed informazioni di tipo geomorfologico è avvenuta sia attraverso osservazioni dirette di terreno, sia attraverso l'esame di foto aeree, ortofoto ed immagini satellitari (Linee guida al rilevamento geomorfologico del Servizio Geologico Nazionale, 1994). Considerando le finalità del lavoro richiesto, nonché l'estensione dell'area da indagare ed il livello di precisione da raggiungere, per il rilevamento geomorfologico sono state utilizzate carte in scala da 1:25.000 a 1:5.000.

Gli esiti dello studio sono rappresentati graficamente nella cartografia geomorfologica, nella quale sono state distinte le forme ed i processi in base all'"agente morfogenetico" che li ha prodotti (Canuti et alii, 1992; Linee guida al rilevamento geomorfologico del Servizio Geologico Nazionale, 1994), ovvero la "gravità" e le "acque superficiali". Inoltre, i movimenti franosi sono stati distinti sia in base alla tipologia di movimento, sia in base al tipo di materiale coinvolto, sia in base allo stato di attività (Carrara et alii, 1987; Del Prete et alii, 1992; Bisci & Dramis, 1992; Cruden & Varnes, 1996).

La determinazione dello stato di attività è stata compiuta sulla base di fattori relativi all'assetto morfologico generale deducibile dall'esame delle foto aeree, ma anche sulla base del rilievo di dettaglio in situ degli indizi di movimento in atto oppure al momento sospesi, ma attivi in tempi recenti. Nel caso di frane quiescenti, gli indizi del movimento, al momento non attivo, sono stati evidenziati con la stessa metodologia dei movimenti attivi; in tale caso, però, la momentanea stabilizzazione del fenomeno, è stata quasi sempre ricondotta alla presenza di una copertura vegetale sulla massa spostata, alla parziale modificazione delle scarpate ad opera della degradazione meteorica, e in minor misura, ad interventi di modificazione del profilo ad opera dell'uomo.

#### **3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE**

Il territorio nel quale ricade l'area in esame risulta caratterizzato da versanti a varia acclività, in funzione dei diversi litotipi affioranti. Questi ultimi, infatti, danno origine ad una morfologia più aspra ed in generale a rilievi più acclivi, laddove consistono in litotipi maggiormente resistenti all'erosione; diversamente, forme relativamente più dolci sono impostate nei litotipi più erodibili.



**Foto 3-1 – Caratteristiche morfologiche dei versanti in corrispondenza di una porzione del Vallone Tricarico**

Inoltre, forme a basso gradiente coincidono con gli accumuli delle falde detritiche, le quali molto spesso sono dotate di una certa continuità seguendo più o meno regolarmente l'andamento dei versanti. In altri casi, forme a basso gradiente sono diffuse lungo gli assi vallivi, laddove coincidono con terrazzi fluviali di diverso ordine sviluppatasi nel corso del Quaternario, oppure coincidono con forme litostrutturali formatesi a discapito delle successioni caratterizzate dall'alternanza di litotipi a diverso grado di erodibilità ed a giacitura degli strati suborizzontale o a basso angolo.

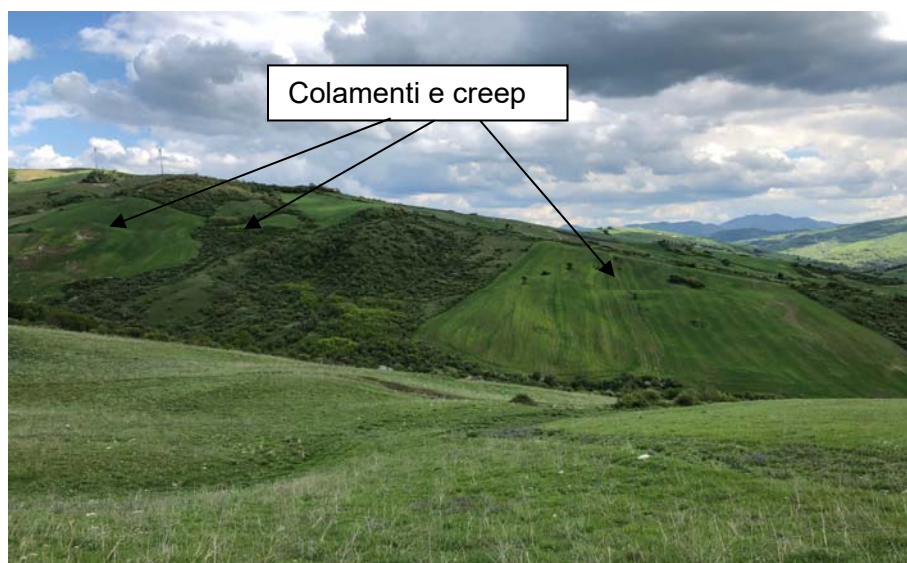
Da un punto di vista idrografico, la morfologia è costantemente interrotta da un reticolo idrografico in cui le valli principali sono drenate da aste fluviali a carattere torrentizio tipico dei corsi d'acqua braided. I corsi d'acqua principali costituiscono il recapito finale di una fitta rete idrografica minore che costituisce un sistema di tipo "dendritico", ovvero, caratterizzato da una serie di corsi d'acqua di dimensioni relativamente minori, ognuno dei quali è variamente ramificato in solchi, impluvi e compluvi, fossi e valloni. I corsi idrici minori, a sviluppo idrografico semplice, con bacini poco estesi ed alvei piuttosto brevi e rettilinei, fungendo da collettori di drenaggio, determinano la raccolta sia delle acque meteoriche sia di quelle defluenti in superficie e di quelle provenienti dalle modeste emergenze sorgentizie.



**Figura 3-1 – Vista panoramica dall’abitato di Tolve verso la valle del Torrente Fiumarella del Bosco interessata dall’alternativa 1 e rappresentativa di una morfologia condizionata da tali aste fluviali tipo braided.**

A parte i corsi d’acqua principali, quelli minori sono quasi sempre in secca e sono solcati da acque solo per limitati periodi dell’anno. Poiché drenano valloni stretti e incise, questi ultimi, soprattutto quando la vegetazione è scarsa, sono interessati da processi erosivi, anche a carattere accelerato, soprattutto laddove le pendenze sono relativamente maggiori ed affiorano litotipi caratterizzati da scarsa resistenza all’erosione.

Per quanto riguarda le dinamiche di versante, le condizioni litostratigrafiche e climatiche fanno sì che il territorio sia, per propria natura, predisposto al dissesto idrogeologico. In particolare, per quanto concerne le dinamiche gravitative, i fenomeni franosi sono diffusi e spesso rappresentano la riattivazione di antiche aree in frana, le cui evidenze morfologiche sono ancora conservate; in particolare, si tratta per lo più di frane di tipo scorrimento-rotazionale e complesse (scorrimenti e colamenti associati), zone franose profonde e superficiali, colamenti e creep superficiali, con la distribuzione dei cinematismi che riflette le caratteristiche litologiche e giaciture, del degrado superficiale, nonché delle caratteristiche strutturali dei versanti. Infatti, complessivamente, la complessità e l’alta pericolosità geomorfologica caratterizzante l’area è da attribuirsi in primo luogo alla conformazione geologica dell’area, ovvero allo stile tettonico ed alle litologie affioranti.



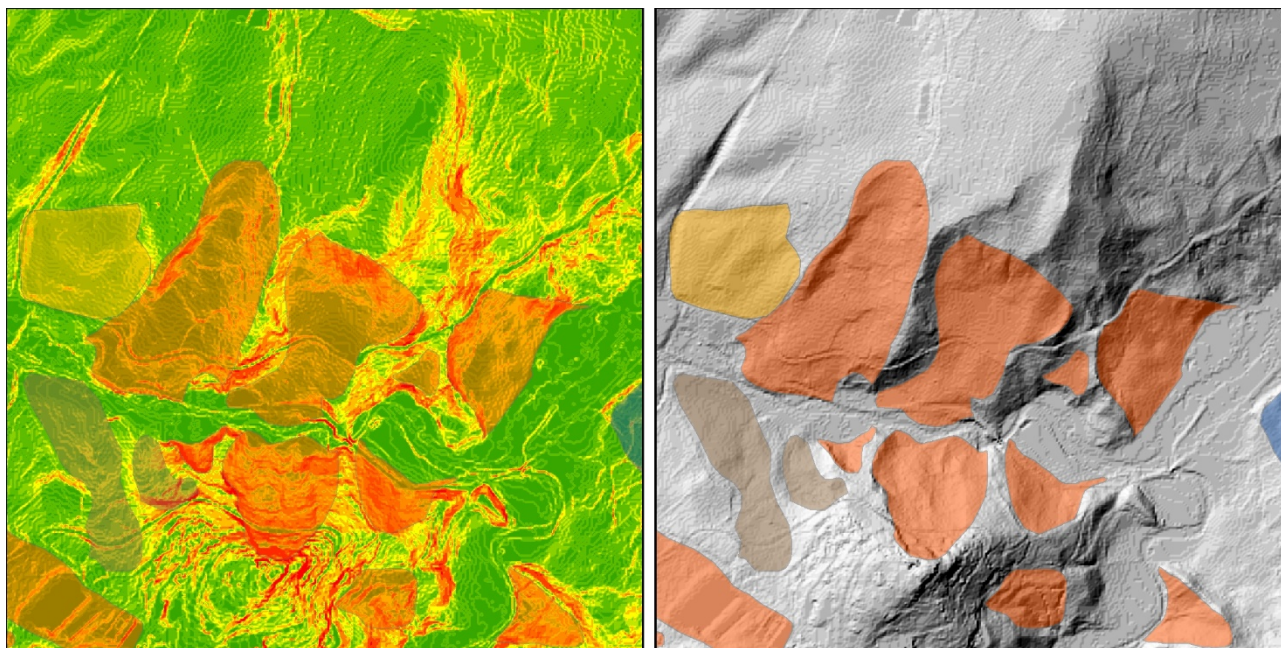
**Foto 3-2 – Forme di versante che caratterizzano l'areale di progetto in corrispondenza del Vallone Tricarico: visibile forme lobate associate a processi di creep in atto con colate che si innescano lungo gli impluvi degli che drenano le acque superficiali.**

Molto diffusi sono anche i fenomeni erosivi, chiaramente soprattutto in corrispondenza delle formazioni a grana fine, entro le quali, normalmente, i fenomeni di dissesto lungo i versanti sono evidenti durante o immediatamente dopo la stagione umida, mentre in quella arida generalmente si arrestano venendo poi in parte, o completamente, occultati dalle lavorazioni agricole, dalla ricrescita della vegetazione e/o da un susseguirsi di annate particolarmente aride.

### **3.3. ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL COMPARTO IN ESAME**

Il presente studio di carattere geomorfologico è frutto di un iter che passa da una prima fase di studio bibliografico e di analisi di lavori pregressi, da una seconda fase di rilievi geologico/geomorfologico e infine da una terza fase di carattere prettamente di analisi geospaziale.

Nella fase preliminare è stato eseguito un attento studio dei lavori tematici svolti nell'area di interesse progettuale, con particolare attenzione alle carte del PAI; a questa fase è seguita la campagna di rilievo geomorfologico. L'attività di campo si è posta l'obiettivo di individuare fenomeni interferenti con l'area di progetto non cartografati negli studi precedenti, e di valutare lo stato di attività ed il cinematisimo di quelli segnalati nei lavori pregressi. Alla fase di rilievo ne è seguita una di analisi geospaziale, che attraverso i dati del modello digitale del suolo forniti dalla regione Basilicata, ha eseguito studi relativi alle pendenze, all'esposizione dei versanti, all'ombreggiatura ed ai raggi di curvatura della superficie, che hanno portato ad una definizione approfondita delle aree coinvolte da fenomeni gravitativi o erosivi ed al loro stato di attività.



**Figure 3-1 - Esempio di analisi geospaziale (slope map – Hillshade map) per la perimetrazione dei fenomeni di instabilità.**

Dal punto di vista morfologico l'area di interesse progettuale può essere suddivisa in relazione alle caratteristiche litologiche strutturali in due zone distinte. La prima, più meridionale, dall'innesto con la Basentana fino all'attraversamento del Torrente Alvo, corrisponde ad un'area propriamente appenninica, la seconda, la più settentrionale corrisponde alla Fossa Bradanica.

L'area appenninica da un punto di vista orografico è rappresentata da una serie di dorsali che si allungano parallelamente tra loro, con direzione NNO-SSE, le forme risultano poco accentuate ed elaborate dalle azioni erosive; tale situazione è il risultato delle caratteristiche litologiche delle unità affioranti nell'area, nonché dei caratteri geometrici dei thrust che costituiscono il bordo appenninico, il quale fra l'altro appare a luoghi abbastanza articolato in relazione agli spostamenti differenziati del fronte delle coltri, che si producono in corrispondenza di faglie anti appenniniche ad alto angolo.

Anche l'idrografia è legata ai caratteri strutturali dell'area. Si distinguono infatti sia corsi d'acqua ad andamento O-E e SO-NE che ad andamento NNO-SSE e N-S. I primi tagliano perpendicolarmente le dorsali, come ad esempio il Torrente Castagno e la Fiumara di Tolve; gli altri corsi d'acqua, affluenti dei precedenti diretti all'incirca da NNO a SSE o da N a S, scorrono nelle depressioni comprese tra una dorsale e l'altra in piccole valli asimmetriche.

L'area bradanica, che interessa solo marginalmente l'area di interesse progettuale, è caratterizzata da una morfologia nel complesso più regolare. L'elemento peculiare dell'area è rappresentato dalla presenza di rilievi collinari di tipo tabulare a sommità pianeggiante, costituiscono dorsali poste a 500-400 m s.l.m., separate da corsi d'acqua.

L'area esaminata nella fase di rilievo di dettaglio è interessata da movimenti franosi, che si concentrano principalmente nel settore appenninico e solo subordinatamente in quello bradanico. In molti casi i fenomeni, cartografati negli elaborati della geomorfologia presentano chiari segni di evoluzione in corso.

In funzione del loro stato di attività i fenomeni gravitativi sono stati definiti, negli elaborati, come attivi se in fase di rilievo sono stati riconosciuti segni di movimento recente; sono stati invece definiti come quiescenti se non sono stati riconosciuti segni di movimento recente ma che possono essere riattivati dalle loro cause naturali. Inoltre negli elaborati di carattere geologico vengono individuati i depositi di frane relitte: frane inattive che si sono sviluppate in condizioni geomorfologiche differenti e che non possono essere riattivate; assumono un'importanza dal punto

PROGETTAZIONE ATI:

di vista progettuale perché andranno considerate come depositi dalle caratteristiche geomeccaniche più scarse.

Per quanto riguarda la distribuzione dei cinematismi, questa riflette le caratteristiche litologiche e giaciture, del degrado superficiale, nonché delle caratteristiche strutturali dei versanti; nel settore di catena la tettonica ha un ruolo predominante.

La complessità e l'alta pericolosità geomorfologica caratterizzante in generale l'area è da attribuirsi in primo luogo alla conformazione geologica dell'area: allo stile tettonico e alle litologie affioranti. Da una parte la tettonica a Thrust ha portato al sollevamento ed al basculamento delle unità litologiche, dall'altra parte la natura prevalentemente limoso-argillosa delle stesse unità le rende facilmente alterabili. Un ulteriore fattore predisponente ed innescante dei diffusi dissesti è da ricercarsi nello stile torrentizio dei corsi d'acqua, che combinato alla bassa permeabilità dei terreni, favorisce fenomeni erosivi sui versanti e l'approfondimento delle valli.



**Foto 3-3 - Vallone degli Zingari, il cui attraversamento da parte delle alternative 1.1 e 1.2 (km 4+300) è previsto in viadotto**

Si può infatti notare come gran parte dei versanti, privi di vegetazione, sia affetto da fenomeni erosivi e gravitativi superficiali. Le forme erosive di ruscellamento, calcanchive e protocalanchive tendono ad impostarsi sui versanti con pendenze superiori ai 20°; mentre si riconoscono fenomeni di soliflusso e reptazione anche su versanti caratterizzati da pendenze inferiori ai 10°.



**Foto 3-4 - Area a Nord di Tolve in sinistra idraulica del T. Castagno, affetta da fenomeni di creep e forme erosive profonde, interessata dalle Alternative 2 e 3.**

I fenomeni superficiali il più delle volte degenerano in meccanismi cinematicamente più pericolosi, come colamenti rapidi e lenti o scorrimenti. Si segnala inoltre la diffusione di fenomeni "complessi" (scorrimento/colamento rapido) che vengono innescati inizialmente come frane per scorrimento, il materiale coinvolto nel movimento dopo il definitivo cedimento del versante collassa e si fluidifica, evolvendo, quindi in colata.



**Foto 3-5 - Nella foto a sinistra è mostrato un deposito di frana per scorrimento quiescente, interessato dal tratto nord dell'alternativa 1.1 (al km 11+700 circa); nella foto a destra, è mostrata una frana per scorrimento attiva, lungo l'attuale SP123 a Nord di Tolve, in corrispondenza del bivio con la SP96 (tratto non interessato dalle alternative considerate).**

PROGETTAZIONE ATI:



### 3.4. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI RILEVATI

Di seguito si riporta la descrizione dei morfotipi rilevati e rappresentati nella cartografia geomorfologica, distinguendo le forme ed i processi in base all' "agente morfogenetico" che li ha prodotti (Canuti *et alii*, 1992; Linee guida al rilevamento geomorfologico del Servizio Geologico Nazionale, 1994), ovvero le "acque superficiali" e la "gravità".

#### **Processi dovuti all'azione delle acque superficiali**

I processi rilevati e cartografati in questa classe di morfotipi sono caratterizzati da forme di denudazione e erosione. In particolare, relativamente alla dinamica delle acque superficiali, sulla base del rilievo geomorfologico, sono state identificati sia fenomeni di erosione areale che concentrata.

**Aree a calanchi e forme simili:** sono aree sottoposte all'azione erosiva delle acque di ruscellamento, che si verifica soprattutto nelle aree prive o quasi di vegetazione e dotate di una certa pendenza; spesso, a questi morfotipi sono associati accumuli detritici che in occasione degli eventi meteorici più importanti possono essere presi in carico dalle acque dilavanti e trasportati verso il basso.



Foto 3-6 – Versante caratterizzato alla base da forme calanchive tipiche dei processi erosivi intensi processi erosivi intensi agenti sulle formazioni prevalente granulometria fine.

**Solco erosivo di ruscellamento concentrato:** si tratta degli impluvi affluenti dei corsi d'acqua principali, i quali, soprattutto nel corso degli eventi meteorici più abbondanti sono soggetti a fenomeni intensa erosione verticale, con conseguente ampliamento degli stessi.

**Alveo in incisione:** intensi fenomeni erosivi sono stati rilevati lungo gli alvei che drenano le valli principali, soggetti sia a fenomeni di approfondimento verticale, sia a fenomeni erosivi di sponda, che producono orli di scarpata fluviale in continua evoluzione.

#### **Processi gravitativi:**

Relativamente allo stato di attività si sono distinti fenomeni:

✓ *attivi*, attualmente in movimento o comunque con indizi di movimento entro l'ultimo ciclo stagionale;

PROGETTAZIONE ATI:



**Foto 3-7 – Fenomeno franoso attivo riscontrato in corrispondenza del versante posto all’imbocco Nord della Galleria Naturale, e sul quale si impostano le alternative 2-3 e 3.1(pk 7+180 circa).**

✓ *quiescenti*, attualmente non in movimento, ma per le quali comunque permangono le condizioni naturali che lo hanno prodotto.



**Foto 3-8 – Versante posto in sinistra idraulica del T. Fiumarella del Bosco con fenomeni di scivolamento riconosciuti come quiescenti ed interferenti con l’Alternativa 1.**

La determinazione dello stato di attività è stata compiuta sulla base di fattori relativi all’assetto morfologico generale deducibile dall’esame delle foto aeree, ma anche sulla base del rilievo di dettaglio *in situ* degli indizi di movimento in atto oppure al momento sospesi, ma attivi in tempi recenti. Per questo tipo di fenomeni è stata posta una particolare attenzione nei casi in cui essi coinvolgono aree prossime all’asse stradale in progetto, al fine di non introdurre fattori di accelerazione e ampliamento dei fenomeni gravitativi. Nel caso di frane quiescenti, gli indizi del movimento, al momento non attivo, sono stati evidenziati con la stessa metodologia dei movimenti attivi. In tale caso, però, la momentanea stabilizzazione del fenomeno, è stata quasi sempre ricondotta alla presenza di una copertura vegetale sulla massa spostata, alla parziale modificazione delle scarpate ad opera della degradazione meteorica, e in minor misura, ad interventi di modificazione del profilo ad opera dell’uomo.

I fenomeni franosi sono fenomeni naturali, consistenti in movimenti controllati dalla gravità, superficiali o profondi, rapidi o lenti, che interessano i materiali che formano i versanti. L’instabilità

PROGETTAZIONE ATI:

di un versante è raramente originata da una singola causa, ma generalmente, è il risultato dell'interazione simultanea di più fattori che hanno contribuito, con modalità e misure diverse, alla rottura dell'equilibrio. I fattori che regolano i processi morfodinamici legati alla instabilità di un pendio sono di ordine geologico, morfologico, idrogeologico, climatico e antropico.

Secondo le nomenclature maggiormente utilizzate (Dikau *et al.*, 1996; UNESCO, 1993; Varnes & Cruden, 1994; Servizio Geologico d'Italia, C.N.R. (G.N.D.C.I.), 1996], i movimenti franosi rilevati e riconosciuti sono stati distinti in :

**Scorrimenti:** frane che si verificano per superamento della resistenza di taglio dei materiali lungo una o più superfici di neoformazione o preesistenti; il corpo di frana può scomporsi in diversi blocchi limitati da fessure trasversali e longitudinali. Tali fenomeni, dopo una fase iniziale estremamente rapida, con spostamenti evidenti, possono portare al progressivo collasso del pendio. Nell'area di studio sono stati osservati scorrimenti rotazionali, caratterizzati da movimenti di rotazione che avvengono intorno ad un punto esterno al versante e al di sopra del baricentro della massa in movimento; la forma delle superfici di scorrimento è, di solito, arcuata e con la concavità verso l'alto, l'andamento abbastanza regolare della superficie consente di prevedere il suo andamento anche all'interno del rilievo interessato.

**Frane complesse:** si tratta di movimenti complessi di tipo scorrimento-colata, ovvero, scorrimenti che evolvono in colamenti, in genere legati alla saturazione dei terreni superficiali.

**Orlo di scarpata gravitativa:** porzioni di versante ad elevata acclività, lungo le quali si verifica il distacco di materiali litoidi o semi-litoidi e più raramente di terra da un pendio acclive, lungo una superficie dove lo spostamento di taglio è nullo o limitato ed il materiale si muove per caduta libera, rimbalzo, rotolamento e talora, scivolamento..

**Corpo di frana per colamento rapido:** zone franose caratterizzate da movimenti gravitativi superficiali, spesso non delimitabili singolarmente; in particolare, si tratta di limitati smottamenti e talora piccole frane complesse (scorrimenti che evolvono in colamenti), con profondità dell'ordine di pochi metri, con formazione di rapide colate detritiche.

**Corpo di frana per colamento lento:** zone franose caratterizzate da movimenti gravitativi superficiali, spesso non delimitabili singolarmente; in particolare, si tratta di colamenti, talora originati da piccole frane complesse (scorrimenti che evolvono in colamenti), con profondità dell'ordine di pochi metri, che interessano le litologie a grana fine.

**Area in dissesto generalizzato per fenomeni di creep, soliflusso e geliflusso:** si tratta di zone soggette a deformazione superficiale lenta, caratterizzate movimenti lentissimi a carattere areale, che non necessitano di pendenze particolarmente elevate, visibili in superficie e che si esauriscono in profondità (1-3 m), diffusi soprattutto lungo i versanti impostati nelle litologie a grana fine e nelle coltri eluvio-detritico-colluviali. Questo fenomeno è evidenziato dalla presenza di piccole colate, lobi e increspature, pali inclinati verso valle e tronchi d'albero incurvati.



**Foto 3-9 – Testimonianze dei processi di creep e dissesti superficiali in atto nell'areale di progetto considerato.**

PROGETTAZIONE ATI:

### **3.5. ANALISI DELLE ALTERNATIVE**

#### **3.5.1. ALTERNATIVA 1.1**

L'alternativa 1.1 attraversa un territorio caratterizzato da diffusa instabilità geomorfologica, legata principalmente alle alte pendenze ed alle caratteristiche litologiche dei terreni coinvolti.

In particolare, dalla Pk 0+850 alla Pk 1+620 il tracciato percorre un'area affetta da un fenomeno gravitativo superficiale di tipo viscoso, by-passata, per i primi 500 m mediante la realizzazione di un viadotto. Nella restante porzione sono previste opere di regimazione idraulica per impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche che sono il principale agente innescante di tale fenomeno. Dalla Pk 1+780 alla Pk 4+180 il tracciato supera il Monte Bosco le Piane in galleria, bypassando un'ampia area affetta da fenomeni di soliflusso.

All'imbocco Nord della galleria, il tracciato scavalca il Vallone degli Zingari, corso d'acqua caratterizzato da regime torrentizio e da una forte azione erosiva, tanto da attivare per scalzamento, su entrambe le sponde fenomeni gravitativi di scivolamento e complessi, tali fenomeni sono stati by-passati mediante viadotto.

Dalla Pk 5+550 alla Pr 6+500 il percorso prosegue su un versante solcato da una serie di impluvi, che confluiscono in un fosso, affluente di sinistra della Fiumarella del Bosco, quest'area è caratterizzata da forme erosive superficiali legate principalmente al dilavamento lineare generato dai solchi; l'attraversamento di quest'area è previsto sia in trincea che in rilevato, il progetto prevede opere di regimazione idraulica sul versante, muri di sottoscarpa sui pali per i tratti in rilevato e rinforzi delle trincee con geostuoie. Sullo stesso versante, tra le Pk 7+150 e 7+220 e le Pk 7+350 e 7+610, si rinvengono altre zone caratterizzate da forme erosive ad opera delle acque dilavanti; il primo intervallo, è parzialmente bypassato attraverso un viadotto ed una galleria artificiale, mentre il secondo, nel quale si rinvengono forme protocalanchive, è previsto un passaggio in trincea, sulle quali sono previste geostuoie, o in rilevato con muri di sottoscarpa su pali.

In modo da bypassare delle aree instabili tra le Pk 8+300 e Pk 10+430, è stata prevista una serie di tre viadotti, per poi giungere tra le Pk 10+500 e Pk 10+760 in due aree caratterizzate da depositi di frana, la prima attribuibile ad un cinematiso complesso, la seconda ad un movimento di scorrimento, probabilmente attivazioni successive di un unico movimento di dimensioni maggiori; entrambi i fenomeni non presentano segni di riattivazione recente, ma in via cautelativa il progetto prevede un muro di sottoscarpa su pali per il passaggio in rilevato del primo fenomeno e una paratia di pali tirantata per il passaggio in trincea del secondo.

Il tracciato, quindi, volge verso Ovest entrando nella valle del Torrente Castagno, correndo in sinistra idraulica, lungo il versante meridionale del Monte Stallone. In questa zona sono stati rilevati una serie di fenomeni gravitativi con cinematiso di scorrimento classificati quiescenti; in particolare, tra le Pk 11+520 e 11+680 il progetto prevede un passaggio in Galleria artificiale, che alla Pk 11+600 è coinvolta in frana; dall'imbocco Ovest alla Pk 11+800, il tracciato interferisce con un fenomeno di instabilità e per i tratti in trincea sono previste paratie tirantate; lo stesso tipo di intervento è stato previsto per il deposito di frana tra le Pr 11+850 e 12+160.

Tra le Pk 15+160 e 15+915 il tracciato attraversa con tratti in trincea o in rilevato tre depositi di frana, attribuibili a fenomeni di scorrimento, i quali non presentano alcun tipo di attivazione recente; nei passaggi in trincea sono previste paratie, mentre per i passaggi in rilevato sono previsti interventi di consolidamento attraverso l'installazione di dreni a nastro.

Infine, dalla Pk 15+950 alla fine della alternativa, il tracciato percorre un'area a bassa pericolosità geomorfologica e non si segnalano passaggi in area a rischio.

### **3.5.2. ALTERNATIVA 1.2**

L'alternativa 1.2 coincide con l'alternativa 1.1 fino al km 10+700 circa, dove il tracciato, invece di curvare verso Ovest, procede verso Nord attraversando la Fiumara di Tolve e collegandosi alla SP123 al km 13+300 circa, dove è previsto lo svincolo "Tolve".

In tale tratto il tracciato attraversa un fenomeno di colamento tra le Pk 11+140 e 11+300, tale fenomeno nella parte mediana presenta fenomeni di attivazione recente; si prevede la regimazione idraulica del versante coinvolto dalla frana e una paratia per il passaggio in trincea.

Tra le Pk 13+090 e 14+070 il tracciato attraversa con tratti in trincea o in rilevato quattro depositi di frana, attribuibili a fenomeni di scorrimento, i quali non presentano alcun tipo di attivazione recente; nei passaggi in trincea sono previste paratie, mentre per i passaggi in rilevato sono previsti interventi di consolidamento attraverso l'installazione di dreni a nastro.

### **3.5.3. ALTERNATIVA 2**

L'alternativa 2 presenta un grado di rischio connesso a fattori geomorfologici inferiore alle due precedenti.

Complessivamente, interessa nel suo percorso alcuni depositi di frana, connessi a fenomeni gravitativi attivi o quiescenti, per evitare parte dei quali sono stati previsti tratti in viadotto ed in galleria.

In particolare, nel tratto iniziale, l'alternativa in esame si sviluppa in viadotto fino alla Pk 1+260, bypassando una serie di fenomeni di instabilità. Alla fine del viadotto, intorno alla Pk 1+260, il tracciato interseca fino alla Pk 1+400 un deposito di frana per scivolamento, che non presenta segni di riattivazione recente; il progetto in quest'area è in rilevato e onde evitare cedimenti eccessivi si è valutato di installare dreni a nastro.

Dalla Pk 1+420 alla 1+500 il tracciato, in trincea, attraversa un deposito di frana, connesso ad una frana dal cinematismo complesso, che non presenta riattivazioni; per evitare detensionamenti al piede, il progetto prevede in quest'area una paratia.

Dalla Pk 1+910 alla 6+325, il tracciato si sviluppa in galleria. Subito dopo l'imbocco Nord è stata rilevata una frana a cinematismo complesso quiescente (Pk 6+335 - Pk 6+420), in corrispondenza del quale il progetto prevede una paratia.

Successivamente, il tracciato si snoda per circa 3 km su un rilievo marginale posto tra il "vallone" della Botte e la valle del torrente Castagno, per poi attraversare quest'ultimo in viadotto. È stato evitato il passaggio in destra idrografica, in prossimità della viabilità attuale, per la presenza di una serie di fenomeni di instabilità.

Il tracciato, quindi, attraversa una serie di fossi affluenti di sinistra del T. Castagno; uno di questi, il Vallone della Torre, attraversato tra le Pk 10+220 e 10+250, presenta un tasso erosivo alto per cui sono state previste sistemazioni idrauliche per mitigare la sua azione.

Tra le Pk 13+750 e 14+500, il tracciato attraversa con tratti in trincea o in rilevato tre depositi di frana, attribuibili a fenomeni di scorrimento, i quali non presentano alcun tipo di attivazione recente; nei passaggi in trincea sono previste paratie, mentre per i passaggi in rilevato sono previsti interventi di consolidamento attraverso l'installazione di dreni a nastro.

Infine, dalla Pk 14+500 alla fine della alternativa il tracciato percorre un'area a bassa pericolosità geomorfologica e non si segnalano passaggi in area a rischio.

### **3.5.4. ALTERNATIVE 3 E 3.1**

L'alternativa 3 coincide con l'alternativa 3.1 fino al Km 6.5, ovvero fino alla galleria artificiale presente oltre l'imbocco nord della Galleria Valico Pazzano, mentre procedendo verso le progressive crescenti, l'Alternativa 3 coincide con quella "2"; diversamente, l'Alternativa 3.1 si discosta al fine di assicurare un andamento planimetrico meno tortuoso.

Per quanto riguarda la prima parte del tracciato, così come si evince dalla cartografia geomorfologica, in particolare il Viadotto Vallone Tricarico, intercetta corpi franosi per stesi tratti. Tuttavia, si tratta di fenomeni franosi consistenti in fenomeni di soliflusso e colamenti, i quali

PROGETTAZIONE ATI:

seppur in stato attivo non costituiscono criticità geomorfologiche impattanti, trattandosi di fenomeni del tutto superficiali; in particolare, fenomeni di soliflusso sono intercettati circa tra le p.k. 1+450 – 1+710 e p.k. 2+350 – 2+480, un colamento rapido tra le p.k. 1-750 – 1-780 ed infine, un colamento lento tra le p.k. 1+900 – 1+970.



**Foto 3-10 – Vista panoramica verso il versante in sinistra idrografica del Vallone Tricarico con evidenza delle forme lobate e fenomeni di natura prevalentemente superficiale che si innescano nella porzione alterata/alteritica del substrato**

Procedendo verso le progressive crescenti, il tracciato è esente da criticità geomorfologiche fino all'imbocco nord della Galleria Valico Pazzano, a parte uno scivolamento intercettato tra le p.k. 3+275 – 3+440. In particolare, si tratta di un corpo franoso quiescente sviluppato in direzione monte-valle (SE-NW) per circa 320m, con un'estensione longitudinale massima di circa 150m in corrispondenza del tracciato stradale; per quanto riguarda la profondità, così come si evince dalla sezione geologica, è stato ipotizzato uno spessore dell'ordine di 2-5m, da valutare e verificare con maggior dettaglio nelle fasi progettuali successive.

Procedendo verso le progressive crescenti, sono stati rilevati due fenomeni franosi complessi in corrispondenza della galleria artificiale presente immediatamente oltre l'imbocco nord della Galleria Valico Pazzano. In particolare, il fenomeno più esteso è compreso circa tra le p.k. 6+950 – 7+130 e consiste in un corpo franoso attivo esteso in direzione monte-valle (NW-SE) per oltre 500m, con scarpata di frana ubicata a monte e nello specifico in corrispondenza della strada di collegamento tra Tolve e la Basentana, dalla quale risultano evidenti deformazioni significative del manto stradale. Tale perimetrazione e riconoscimento risulta confermato non solo dal rilevamento geomorfologico realizzato, che ha messo in evidenza, a monte, la disarticolazione e la perdita di funzionalità della paratia di pali posta a protezione del rilevato stradale, ma anche dalla tomografia geoelettrica eseguita perpendicolarmente al corpo di frana e longitudinalmente al tracciato in progetto. Ad avvalorare la configurazione riportata in carta, è stato un progetto realizzato nel 2018 dal Dott. Geol. Antonio De Carlo per conto del Comune di Tolve, dal quale si evince, anche all'ausilio di Sondaggi a carotaggio continuo eseguiti in corrispondenza della strada, la presenza di un livello caotico di circa 12 m associato alla frana, potenzialmente riscontrabili più a valle e quindi lungo il tracciato stradale, e riconosciuta con cinematismo di tipo complesso con tendenza retrogressiva. A questo fenomeno gravitativo se ne aggiunge un altro, complesso attivo, posto poco più a nord e nello specifico tra le p.k. 7+160 – 7+230, instauratosi all'interno della stessa litologia del fenomeno precedente e con spessori ipotizzabili dell'ordine di 5-6 m, ma con una

PROGETTAZIONE ATI:

potenziale tendenza evolutiva più rapida. Ad ogni modo, in corrispondenza di tali fenomeni saranno previste una serie di paratie di pali lato monte, ma considerando il tipo di movimento e la generale predisposizione al dissesto dell'intero versante, sarà necessario indagare in modo più approfondito, con metodi diretti, al fine di inquadrare con maggior dettaglio la configurazione morfologica degli stessi movimenti sia arealmente che in profondità e dimensionare con maggior dettaglio le opere di mitigazione e protezione da progettare.



Foto 3-11 – Porzione della area in frana tra le p.k. 7+160 – 7+230 con formazione di scarpate secondarie e frattura in contropendenza.



Foto 3-12 – Dettaglio dell'area in frana tra le p.k. 7+177 – 7+190 con di gradini morfologici di neoformazione

PROGETTAZIONE ATI:



**Foto 3-13 – Disarticolazione del corpo della paratia posta esistente ubicata a protezione della strada ad indicare l'attività del movimento franoso considerato.**

Procedendo verso le progressive crescenti, circa tra le p.k. 7+310 – 7+410, il tracciato lambisce la porzione a monte di un esteso soliflusso, che tuttavia non ha rilevanza progettuale, trattandosi di fenomeni del tutto superficiali ed essendo prevista, inoltre, in tale tratto la realizzazione di una paratia.

Diversamente, decisamente più impattanti sono i fenomeni di scivolamento attivo presenti in corrispondenza del Viadotto Cerro, trattandosi di cinematisimi che si innescano per una serie combinati di fattori morfologici e geologici, per i quali ai processi erosivi in atto prevale la presenza di un sovrascorrimento che avrà sicuramente influenzato le caratteristiche scadenti delle litologie interessate;



PROGETTAZIONE ATI:





**Foto 3-14 – Fenomeni gravitativi attivi agenti lungo il versante interessato dall’opera del Viadotto Cerro e nello specifico dalla Spalla Nord.**

Ulteriori scivolamenti attivi sono presenti in corrispondenza del Viadotto Castagno, dove tuttavia il tracciato lambirà o sarà parzialmente interessato da tali movimenti, che come dimostrano le deformazioni rilevate lungo il versante posto in destra idrografica del T. Castagno e sul quale poggeranno le future pile del Viadotto omonimo. Ad ogni modo si raccomanda, nelle fasi progettuali successive, un maggior approfondimento, con riferimento alla verifica degli spessori coinvolti nelle fenomenologie riscontrate.



**Foto 3-15 – Immagine del muro di contenimento della strada comunale esistente con presenza di un evidente “rotazione” del III concio verso valle per circa 10 cm, a dimostrazione di un dissesto in atto agente sul versante.**

Infine, sono stati rilevati fenomeni franosi unicamente nel comparto del tratto in adeguamento compreso tra le p.k12+800 e 13+680, dove sono presenti estesi scivolamenti quiescenti;

## **4. CARATTERI IDROGEOLOGICI**

### **4.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE**

Il territorio oggetto di studio si presenta molto eterogeneo dal punto di vista idrogeologico e la circolazione idrica sotterranea è influenzata dalla successione di terreni caratterizzati da valori di permeabilità estremamente variabili, così come si evince dalla carta idrogeologica redatta a supporto del presente studio.

In particolare, bassi valori di permeabilità si hanno in corrispondenza dei litotipi flyschoidi cretacicomiocenici e argilloso-siltosi plio-pleistocenici, nei quali solitamente una parziale infiltrazione/circolazione delle acque meteoriche può interessare al massimo i primi metri della colonna di terreno, degradati e fessurati, instaurando una modesta e temporanea circolazione idrica sotterranea delimitata alla base dal substrato compatto.

Diversamente, al deflusso sotterraneo più superficiale se ne aggiunge uno più profondo lungo le sequenze flyschoidi caratterizzate da abbondanti litotipi calcareo-marnoso-arenacei, ovvero allorché la frazione litoide fratturata presenta spessori significativi, prevalendo su quella argillitica, generalmente, con formazione di accumuli idrici compartimentati (considerato che la circolazione è comunque condizionata dalla presenza dei livelli argillitici); infatti, il tipo di permeabilità relativa è variabile da basso (porzioni argillitiche) a medio (porzioni litoidi fratturate). Alla luce di quanto detto, i litotipi flyschoidi sono stati differenziati in due complessi idrogeologici, rispettivamente, denominati "Flyschoidi argillitico" e "Flyschoidi arenaceo-calcareo-marnoso"; il primo è costituito da argille, argilliti-marnose, argille marnoso-siltose e marne, con intercalazioni calcaree, marnoso-calcaree e calcarenitiche; il secondo è costituito, invece, da arenarie, calcareniti, calcari-marnosi, marne-calcaree, marne e calcari, con intercalazioni argillitico-siltose, siltitiche e più raramente conglomeratiche. Infatti, nel primo caso l'infiltrazione delle acque di precipitazione è bassa e le acque di ruscellamento tendono a scorrere in superficie, favorendo, di conseguenza, i fenomeni di erosione; nel secondo caso, può instaurarsi una certa, talora cospicua, circolazione sotterranea. Quest'ultima, inoltre, tende a concentrarsi lungo le principali strutture tettoniche fragili (faglie e sovrascorrimenti), lungo le quali si instaura una fascia di circolazione sotterranea idrica preferenziale, favorita dall'elevato grado di fratturazione.

Bassi di valori di permeabilità caratterizzano il complesso di natura eluvio-detritico-colluviale, costituito dalle coltri di versante e da depositi di frana. Infatti, il complesso è costituito dai materiali ad elementi eterogenei di natura carbonatica ed arenacea, con matrice sabbioso-limoso o limoso-argilloso; tuttavia, tale complesso ha scarsa rilevanza, poiché ospita accumuli idrici effimeri e temporanei.

Valori di permeabilità medio-alti si hanno in corrispondenza dei depositi conglomeratico-sabbioso-arenacei plio-pleistocenici, entro i quali le acque di infiltrazione possono muoversi con relativa certa facilità, con formazione di accumuli idrici sotterranei, soprattutto laddove sono presenti litotipi a grana fine in posizione di impermeabile di base.

Infine, il grado di permeabilità è variabile nei depositi di natura alluvionale, essendo costituiti da materiali eterogenei da un punto di vista granulometrico. Infatti, la permeabilità è medio-elevata nelle dominanti porzioni a granulometria sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa, mentre diminuisce in corrispondenza dei depositi a grana fine, entro i quali diviene da bassa a medio-bassa; non a caso lungo le zone di fondovalle è possibile osservare aree con acque stagnanti. Per quanto riguarda il tipo di alimentazione gli accumuli idrici sono alimentati sia dalle precipitazioni dirette, sia dal deflusso sotterraneo delle acque provenienti dalle zone più interne e circolanti nei rilievi collinari che fungono da displuvi, sia dall'infiltrazione delle acque di subalveo entro le ampie aree golenali, nelle quali si instaura una falda idrica sotterranea persistente, soprattutto dove presenti successioni flyschoidi e argilloso-siltose che fungono da impermeabile di base. Tale meccanismo assicura una falda freatica persistente, il cui pelo libero assume un gradiente piezometrico che aumenta verso la zona collinare, con una pendenza che segue pressappoco quella topografica. Il

PROGETTAZIONE ATI:

livello statico è soggetto durante l'anno a variazioni verticali molto marcate dovute a periodi di maggiori afflussi idrici alternati a periodi di magra e/o siccitosi con un meccanismo che rispecchia, con un ritardo di pochi giorni se non addirittura di ore, quello dei corsi d'acqua.

A tal riguardo si rammenta come, nell'attuale fase progettuale e nello specifico durante la campagna geognostica, alcuni fori di sondaggio, realizzati in corrispondenza delle litologie prettamente flyshoidi siano stati attrezzati con piezometri a tubi aperto e che i rilievi piezometrici ottenuti abbiano evidenziato la presenza di accumuli idrici. Tuttavia in tali litologie, considerando le loro caratteristiche intrinseche, ma soprattutto l'assetto geostrutturale locale, che ha modificato incisivamente i rapporti geometrici degli stessi, risulta non ipotizzabile ricostruire l'andamento degli scorrimenti idrici sotterranei attraverso la definizione di una falda continua e correlabile ai livelli piezometrici rilevati. Pertanto, al fine di avere un maggior dettaglio delle possibili diverse configurazioni dell'assetto idrogeologico locale, si dovranno prevedere, nelle fasi progettuali successive, approfondimenti attraverso l'esecuzione di indagini dirette ed indirette.

#### **4.2. ANALISI ALTERNATIVE**

Di seguito per ciascuna alternativa di tracciato stradale presa in considerazione, viene fornita una descrizione dell'assetto idrogeologico, rappresentato graficamente nella cartografia idrogeologica redatta nel corso della presente fase progettuale, un cui stralcio è riportato nella figura seguente, con riportato l'andamento planimetrico dei diversi tracciati stradali valutati.

Inoltre, con riferimento alla carta idrogeologica, per ciascuna alternativa vengono proposte delle tabelle riassuntive, riferite ad una stima dei complessi idrogeologici intercettati, ovvero saranno oggetto agli interventi in progetto, suddivisi per tratti delle opere costituenti l'asse stradale. Tale stima è stata redatta con l'intento di produrre un quadro generale dell'assetto idrogeologico di interesse calibrato rispetto alla presente fase di progettazione.

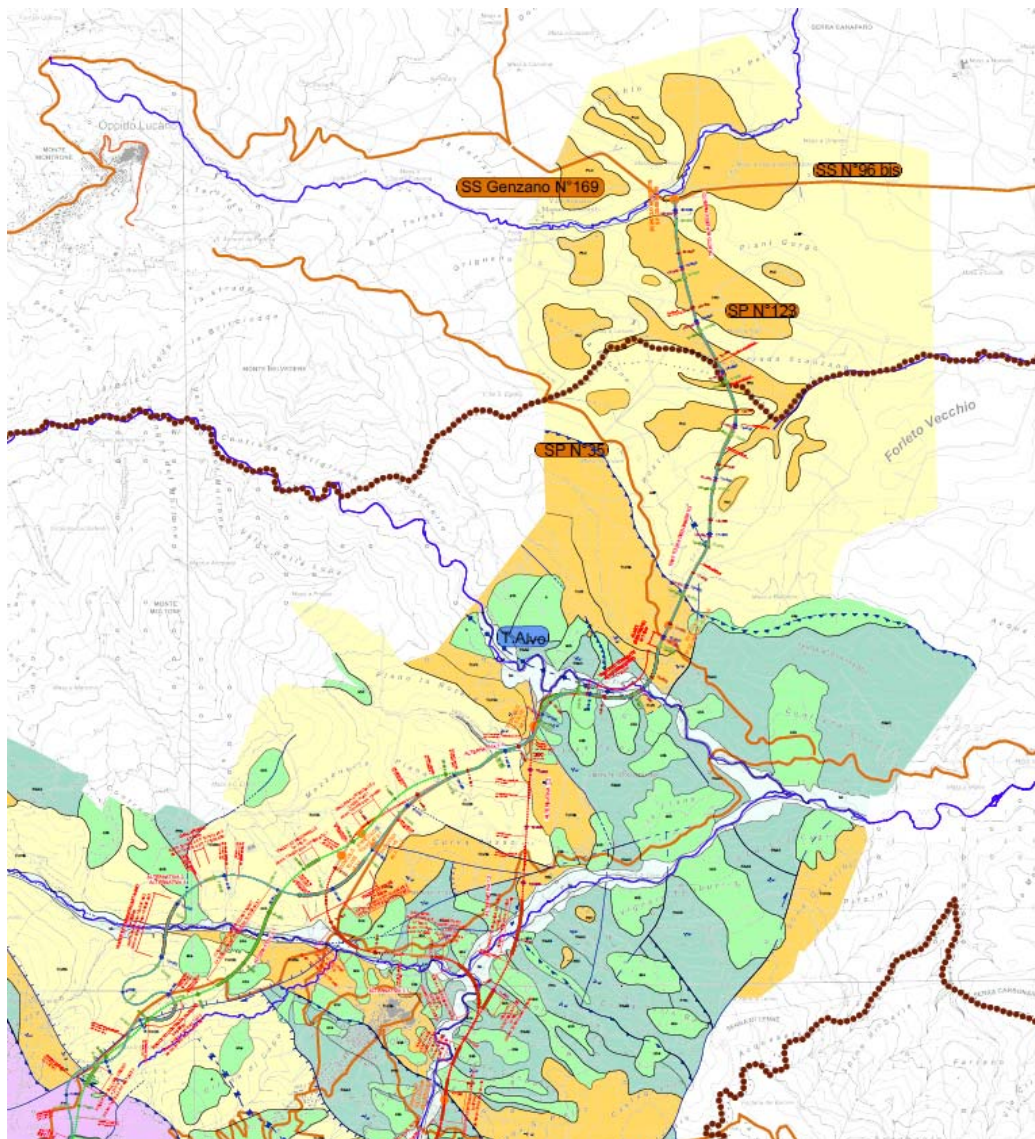


Figura 4.1: Stralcio della carta idrogeologica nel tratto in adeguamento.

PROGETTAZIONE ATI:

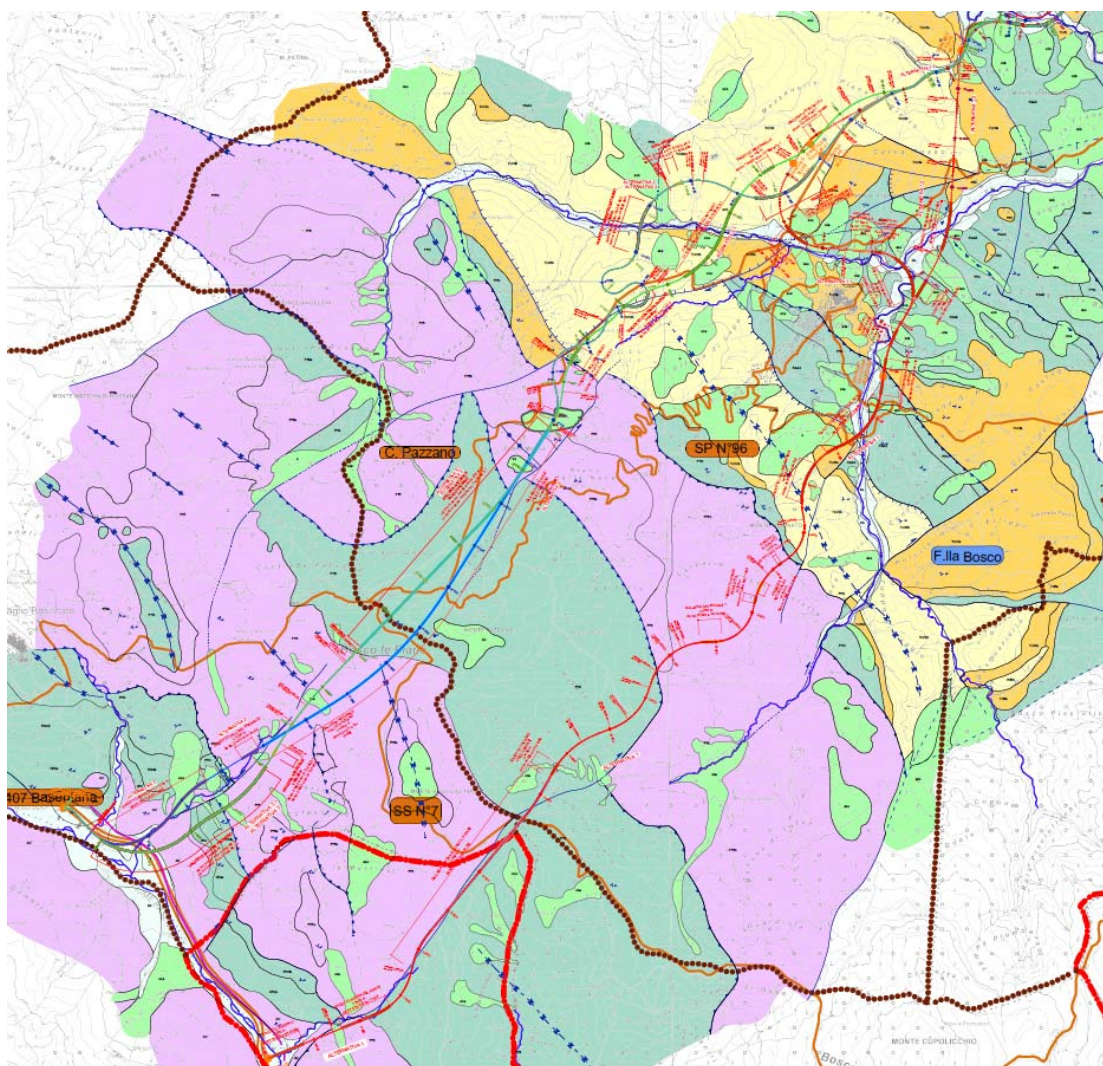


Figura 4.2: Stralci della carta idrogeologica con indicazione delle alternative di tracciato studiate.

#### 4.2.1. ALTERNATIVE 1.1 E 1.2

Per le alternative in oggetto, i complessi flyschoidi arenaceo – calcareo marnoso e flyschoidi argillitico sono quelli più rappresentativi e direttamente intercettati dalle opere. Tali litotipi sono rappresentati da una permeabilità per fessurazione e porosità, differenziandosi per il grado complessivamente basso associato al complesso flyschoidi argillitico, ma con un aumento in corrispondenza delle intercalazioni litoidi fratturate, e per il grado di permeabilità complessivamente medio, associato al complesso flyschoidi arenaceo – calcareo marnoso, con aumento dello stesso in corrispondenza delle intercalazioni litoidi più fratturate e contemporaneamente con relativa diminuzione in corrispondenza delle intercalazioni argilloso-marnoso-siltitiche.

Procedendo dal settore meridionale e più precisamente dall’inizio del tracciato, si può notare come i primi viadotti sono interessati da terreni aventi una marcata eterogeneità nel grado di permeabilità relativa, per la presenza anche dei depositi alluvionali, intercettati nei primi 350 m.

A tale configurazione si aggiunge la complessità strutturale di tale comparto, con la presenza di una struttura estensionale, lungo la quale si imposta la futura Galleria naturale "Monte Bosco Le Piane", il cui scavo interessa entrambi i complessi flyschoidi descritti precedentemente, con

PROGETTAZIONE ATI:

probabile presenza di una fascia di circolazione sotterranea idrica preferenziale., associata alla suddetta struttura tettonica.

Successivamente alla galleria, anche il tratto all'aperto vede la presenza dapprima e fino alla p.k. 5+800 circa del complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso, al quale localmente si sostituisce, nella parte più superficiale, il complesso detritico – colluviale, influenzando, a seconda della granulometria prevalente, il grado di permeabilità relativa.

In seguito, il complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso risulta sovrastare tettonicamente quello flyschoide argillitico, caratterizzato prevalentemente da un maggior ruscellamento delle acque superficiali, per effetto un minor infiltrazione delle acque di precipitazione, favorendo, di conseguenza, i fenomeni di erosione, che risultano attivi nel tratto considerato.

Procedendo verso Nord, il tracciato, mantenendosi in sinistra idrografica al Torrente "Fiumarella del Bosco", viene interessato per circa 900 m dal complesso argilloso – siltoso dei terreni plio-pleistocenici, caratterizzata da una permeabilità medio-bassa, che potrebbe aumentare solo in corrispondenza delle intercalazioni sabbiose ed arenacee, ospitando comunque in superficie effimeri accumuli idrici.

Il tratto successivo, vede la presenza di opere in viadotto che si estendono fino alla diramazione del tracciato nelle 2 alternative 1.1 e 1.2, intercettando in prevalenza il complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso, ma diffusamente ricoperto dal complesso detritico – colluviale, costituito dai materiali ad elementi eterogenei di natura carbonatica ed arenacea, con matrice sabbioso-limosa o limoso-argillosa, ma di scarsa rilevanza idrogeologica, poiché potrebbe ospitare accumuli idrici effimeri e temporanei.

L'alternativa "1.1", una volta by-passato il fondovalle alluvionale in corrispondenza della confluenza dei Torrenti "Castagno e Fiumarella del Bosco" attraverso un viadotto, che viene pertanto interessato dal complesso alluvionale), percorre ed intercetta, per un tratto relativamente esteso di circa 1km, in sinistra idrografica del Torrente Castagno, il complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso, ma diffusamente ricoperto dal complesso detritico – colluviale, associato ai depositi di frana.

Il restante tratto di nuova costruzione con limitate porzioni che ripercorrono l'esistente SP123, almeno fino alla pk 13+300, risulta impostato nei depositi argilloso –siltosi associati al complesso idrogeologico corrispondente, seguito dal complesso detritico-colluviale, sovrastante quello flyschoide arenaceo – calcareo marnoso.

Successivamente, gli interventi interessano il tratto in adeguamento, associato alla SP123, prevalentemente impostato nel complesso sabbioso - arenaceo – conglomeratico, con grado di permeabilità da medio a medio-elevato, passante alla p.k. 17+300, attraverso contatto tettonico, al complesso argilloso – siltoso, caratterizzato da litotipi da basso a medio – grado di permeabilità, con, in superficie, possibili accumuli idrici temporanei e sospesi.

Infine, al fine di fornire un quadro riassuntivo generale, nelle tabelle seguenti viene fornita una stima quantitativa dell'estensione dei vari complessi idrogeologici lungo le alternative descritte.

<b>Alternativa 1.1</b>	Tratti in Viadotto (m circa)	Tratti in Galleria (m circa)	Tratti all'aperto (m circa)
Complesso detritico colluviale	450	100	1540
Complesso alluvionale di fondovalle	800	-	420
Complesso sabbioso arenaceo conglomeratico	340	-	170
Complesso argilloso siltoso	570	230	2650
Complesso flyschoide argillitico	430	1040	1740
Complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso	960	1760	2560

Tabella 4-1: Tabella riassuntiva dei complessi idrogeologici interferenti con l'Alternativa 1.1.

<b>Alternativa 1.2</b>	Tratti in Viadotto (m circa)	Tratti in Galleria (m circa)	Tratti all'aperto (m circa)
Complesso detritico colluviale	480	-	1.320
Complesso alluvionale di fondovalle	780	-	290
Complesso sabbioso arenaceo conglomeratico	370	-	740
Complesso argilloso siltoso	430	-	1160
Complesso flyschoide argillitico	430	1.040	1740
Complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso	1160	1.720	2280

Tabella 4-2: Tabella riassuntiva dei complessi idrogeologici interferenti con l'Alternativa 1.2.

<b>Alternativa 1 – tratto in adeguamento</b>	Tratti in Viadotto (m circa)	Tratti in Galleria (m circa)	Tratti all'aperto (m circa)
Complesso detritico colluviale	45	-	-
Complesso alluvionale di fondovalle	480	-	-
Complesso sabbioso arenaceo conglomeratico	310	115	1740
Complesso argilloso siltoso	-	-	2360
Complesso flyschoide argillitico	-	-	-
Complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso	-	-	-

Tabella 4-3: Tabella riassuntiva dei complessi idrogeologici interferenti con il tracciato in adeguamento.

#### **4.2.2. ASSETTO IDROGEOLOGICO ALTERNATIVA 2**

Procedendo dall'inizio del tracciato, corrispondente ai depositi alluvionali del Fiume Basento e pertanto rappresentati dal complesso alluvionale di fondovalle, si nota fin da subito che il viadotto in progetto denominato "Ferrovia", di significativa estensione sia, per quasi la sua intera lunghezza, interferente con i complessi flyschoidi di tipo arenaceo – calcareo marnoso e argilloso siltoso, che si succedono anche attraverso strutture tettoniche di tipo sovrascorrimento.

La presenza di tali strutture e di una faglia trascorrente destra, posta lungo il Vallone di Tricarico, da cui risale il viadotto, favorisce presumibilmente la creazione di una fascia di circolazione idrica sotterranea.

Lungo il percorso, oltre il viadotto, i terreni interferenti con gli interventi rientrano ancora all'interno del complesso flyschoide argilloso siltoso, almeno fino alla pk 3+360 circa, per poi alternarsi con il complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso fino almeno alla pk 6+950. In tal senso, nel primo caso l'infiltrazione delle acque di precipitazione può risultare bassa favorendo ruscellamento superficiale, con conseguente innesco di processi di erosione, anche intensi; diversamente, nel secondo caso, può instaurarsi una certa, talora cospicua, circolazione sotterranea, concentrandosi in corrispondenza delle strutture fragili.

Il tratto appena descritto interessa anche la estesa Galleria naturale "Valico Pazzano", per la quale le problematiche idrogeologiche connesse allo scavo potrebbero esplicitarsi prevalentemente in corrispondenza del sovrascorrimento intercettato circa 700 m prima dell'imbocco nord, a causa di un elevato grado di fratturazione.

Il comparto successivo, dopo un breve tratto nel complesso sabbioso –arenaceo- conglomeratico, risulta quasi interamente interferente con il complesso argilloso-siltoso dei terreni plio-pleistocenici, caratterizzati da un grado di permeabilità da basso a medio-basso, talora con locali aumenti in

corrispondenza delle intercalazioni sabbiose – arenacee, ma che in superficie possono ospitare effimeri accumuli idrici temporanei e sospesi.

Il tratto in adeguamento, associato alla SP123, risulta prevalentemente impostato nel complesso sabbioso - arenaceo – conglomeratico, con grado di permeabilità da medio a medio-elevato, passante alla pk 17+300, attraverso contatto tettonico, al complesso argilloso – siltoso caratterizzato litotipi da basso a medio – grado di permeabilità, con in superficie possibili accumuli idrici temporanei e sospesi.

Infine, al fine di fornire un quadro riassuntivo generale, nelle tabelle seguenti viene fornita una stima quantitativa dell'estensione dei vari complessi idrogeologici lungo l'alternativa in esame.

<b>Alternativa 2</b>	Tratti in Viadotto (m circa)	Tratti in Galleria (m circa)	Tratti all'aperto (m circa)
Complesso detritico colluviale	-	-	1.530
Complesso alluvionale di fondovalle	260	-	420
Complesso sabbioso arenaceo conglomeratico	-	-	400
Complesso argilloso siltoso	1.480	90	3.720
Complesso flyschoidale argillitico	1000	2.500	800
Complesso flyschoidale arenaceo – calcareo marnoso	500	2.000	70

Tabella 4-4: Tabella riassuntiva dei complessi idrogeologici interferenti con l'Alternativa 2.

<b>Alternativa 2 – tratto in adeguamento</b>	Tratti in Viadotto (m circa)	Tratti in Galleria (m circa)	Tratti all'aperto (m circa)
Complesso detritico colluviale	45	-	-
Complesso alluvionale di fondovalle	480	-	-
Complesso sabbioso arenaceo conglomeratico	310	115	1740
Complesso argilloso siltoso	-	-	2360
Complesso flyschoidale argillitico	-	-	-
Complesso flyschoidale arenaceo – calcareo marnoso	-	-	-

Tabella 4-5: Tabella riassuntiva dei complessi idrogeologici interferenti con il tracciato in adeguamento.

#### **4.2.3. ASSETTO IDROGEOLOGICO ALTERNATIVE 3 E 3.1**

Le alternative 3 e 3.1 coincidono fino all'imbocco nord della Galleria Valico Pazzano; successivamente il tracciato dell'alternativa 3 coincide con l'alternativa 2, mentre l'alternativa 3.1, ovvero quella selezionata per la realizzazione del progetto, si discosta al fine di assicurare un andamento planimetrico meno tortuoso.

Complessivamente, l'assetto idrogeologico del primo tratto in comune tra l'alternativa 3 e quella 3.1 è molto simile a quello descritto per l'alternativa 2, in quanto anche in questo caso i terreni interferenti con le opere in progetto risultano essere quelli associati ai complessi flyschoidali di tipo arenaceo – calcareo marnoso e argilloso siltoso, interessati anche da strutture fragili, lungo le quali si possono instaurare significative fasce di circolazione idrica sotterranea.

In linea generale, nel caso del complesso flyschoidale argilloso siltoso, l'infiltrazione delle acque di precipitazione risulta molto bassa favorendo un ruscellamento superficiale, con conseguente innesco di processi di erosione, anche intensi; diversamente, nel caso del complesso flyschoidale arenaceo – calcareo marnoso, può instaurarsi una certa, talora cospicua, circolazione sotterranea.



Per quanto riguarda la Galleria naturale "Valico Pazzano", la quale per la gran parte intercetta il complesso flyshoide-arenaceo (dall'imbocco sud fino alla p.k. 6+230 circa) ed in minor misura quello prevalentemente argillitico, i litotipi flyschoidi interessati per la gran parte dello scavo non sono interessati da strutture tettoniche di rilievo ad eccezione del tratto corrispondente alla p.k. 6+230, dove passa un sovrascorrimento orientato trasversalmente rispetto all'asse viario (con direzione NO-SE); dunque, in corrispondenza di tale struttura è da considerare la presenza di una spessa fascia di intensa fratturazione, con estensione dell'ordine di 50-100, la quale potrebbe essere sede di cospicui accumuli idrici, che, verso le progressive crescenti, nonostante la presenza del complesso flyshoide argillitico, potrebbero perdurare per ulteriori 200m, data la presenza di una struttura estensionale orientata circa parallelamente rispetto al tracciato, con conseguente dislocazione del suddetto sovrascorrimento, in particolare dislocato da una faglia trascorrente sinistra; infatti, quest'ultima presenta la massima vicinanza al tracciato nel tratto compreso tra le p.k. 6+230 (dove il tracciato intercetta il sovrascorrimento) e p.k. 6+430.

In ogni caso, non si esclude neanche la presenza di accumuli idrici, posti in prossimità dell'imbocco sud, anche per il rilievo piezometrico riscontrato nel sondaggio S9, con livello dell'acqua posto a -19.20 m dal piano campagna, ancor più se, come dimostrato dal sondaggio, la litologia superficiale è associata alla facies calcareo-clastica del Flysch Rosso, con alla base la stessa formazione del FYR formata da argille, argilliti marnose e marne.

Terminata la galleria, come detto in precedenza, l'alternativa 3.1 si separa dalla 3 (che segue il decorso dell'alternativa 2 di già discusso in precedenza) ed è impostata per altri 700m circa nel complesso flyshoide argillitico, per poi passare, intorno alla p.k. 7+720 circa (dove il tracciato attraversa un sovrascorrimento), all'esteso settore impostato nel dominio dei depositi pliocenici, rappresentati in netta prevalenza dal complesso argilloso-siltoso. Infatti, quest'ultimo viene intercettato fino alla p.k. 12+420 circa, ovvero per quasi 5Km, lungo i quali potrebbe essere esclusa la presenza di accumuli idrici di rilievo, poichè come detto il tracciato è per la gran parte impostato in litotipi argilloso-siltosi a medio-bassa permeabilità, nei quali è possibile prevalentemente la formazione di esigui accumuli idrici superficiali associato principalmente alla porzione alteritica superficiale degradata e fessurata; analogamente, esigui accumuli idrici superficiali possono essere ospitati dal complesso detritico-colluviale associato ai depositi di frana. Ad ogni modo, durante i sondaggi eseguiti in tali litologie, è stata rilevata la presenza di acqua nei fori non condizionati con piezometro, dai quali si potrà partire come base di partenza, nelle fasi progettuali successive per definire un andamento idrico sotterraneo adeguato al contesto litostratigrafico e geostrutturale locale.

Solo nell'ultimissima parte prima del tratto in adeguamento, il tracciato fonda in parte sul complesso sabbioso-arenaceo-conglomeratico pliocenico ed in parte su litotipi arenacei flyshoidi, con presenza di sottili coperture di depositi alluvionali e di frana; tuttavia, in tale comparto è da escludere l'interazione con accumuli idrici sotterranei, essendo prevista semplicemente la sistemazione della sede stradale esistente.

Diversamente, maggiore attenzione è da rivolgere al comparto a cavallo della valle del Torrente Castagno, ovvero in corrispondenza dell'omonimo viadotto; infatti, in tale settore, in destra idrografica il tracciato è impostato sul complesso sabbioso-arenaceo-conglomeratico per circa 150m. Dunque, accumuli idrici sono attesi entro il complesso alluvionale presente lungo la valle del Torrente Castagno, dove la falda si trova praticamente coincidente con il piano campagna e probabilmente in connessione idraulica con lo stesso torrente ed inoltre, entro il complesso sabbioso-arenaceo-conglomeratico affiorante in destra idrografica,

Infine, il tratto in adeguamento, associato alla SP123, risulta prevalentemente impostato nel complesso sabbioso - arenaceo – conglomeratico, con grado di permeabilità da medio a medio-elevato, passante alla pk 15+030, attraverso contatto tettonico, al complesso argilloso – siltoso caratterizzato litotipi da basso a medio – grado di permeabilità.

In conclusione, al fine di fornire un quadro riassuntivo generale, nelle tabelle seguenti viene fornita una stima quantitativa dell'estensione dei vari complessi idrogeologici lungo l'alternativa in esame.

PROGETTAZIONE ATI:

<b>Alternativa 3.1</b>	Tratti in Viadotto (m circa)	Tratti in Galleria (m circa)	Tratti all'aperto (m circa)	Svincolo Vaglio Isca D'Ecclesia
Complesso detritico colluviale	160	-	550	
Complesso alluvionale di fondovalle	514	-	1181	506
Complesso sabbioso arenaceo conglomeratico	150	-	-	-
Complesso argilloso siltoso	1.120	-	3.380	-
Complesso flyschoide argillitico	1.200	750	2200	-
Complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso	350	2.250	-	-

Tabella 4.6: Tabella riassuntiva dei complessi idrogeologici interferenti con l'alternativa 3.1.

<b>Alternativa 3 – Tratto in adeguamento</b>	Tratti in Viadotto (m circa)	Tratti in Galleria (m circa)	Tratti all'aperto (m circa)
Complesso detritico colluviale	45	-	-
Complesso alluvionale di fondovalle	480	-	-
Complesso sabbioso arenaceo conglomeratico	310	115	1740
Complesso argilloso siltoso	-	-	2360
Complesso flyschoide argillitico	-	-	-
Complesso flyschoide arenaceo – calcareo marnoso	-	-	-

Tabella 4.7: Tabella riassuntiva dei complessi idrogeologici interferenti con il tracciato in adeguamento.

### 4.3. IDROGRAFIA

Il territorio studiato ricade nei bacini idrografici di due dei principali fiumi della Basilicata: il Basento ed il Bradano. In particolare, l'area di sviluppo del segmento di tratta compreso tra la SS 407 ed il valico di Pazzano – Bosco Le Piane ricade nel bacino del Basento, mentre tutto il percorso restante ricade nel bacino del Bradano. Lo spartiacque morfologico tra i due bacini idrografici è rappresentato dalla dorsale orientata NO-SE che risulta dall'allineamento di M.te Bosco le Piane (quota 925 m s.l.m.) e M.te Cupolicchio (quota 1097 m s.l.m.) e viene superato in galleria dalle alternative di percorso proposte (galleria di valico).

Lo sviluppo e l'andamento del reticolo idrografico dipendono principalmente dalla distribuzione delle diverse litologie affioranti e dalle condizioni morfologico-strutturali.

Per quanto riguarda i parametri idrogeologici, la quasi totalità dei terreni che formano il substrato geologico dell'area in esame mostrano una permeabilità relativa da media a bassa, essendo generalmente caratterizzati da litologie prevalentemente argilloso e argilloso-marnose. Di conseguenza, l'idrografia si esplica generalmente attraverso una diffusa laminazione superficiale delle acque meteoriche, che confluiscono in depressioni morfologiche più o meno profonde localizzate in corrispondenza degli affioramenti litologici maggiormente erodibili.

Tenendo conto quindi dei valori generalmente limitati di permeabilità relativa dei terreni affioranti, il principale fattore che determina le differenze di tipologia del reticolo idrografico è la pendenza media dei versanti.

Il settore meridionale compreso tra la S.S. n.407 e l'abitato di Tolve, caratterizzato dai rilievi più elevati e dai versanti più acclivi, è attraversato da un reticolo ben sviluppato e ramificato di corsi d'acqua, il cui regime torrentizio è dovuto alla mancanza di importanti sorgenti di alimentazione e di precipitazioni meteoriche nel periodo estivo. Questi corsi d'acqua diventano gerarchicamente più importanti da monte a valle e sono ben lontani dal loro ideale profilo di equilibrio, come dimostra la loro generalizzata tendenza all'approfondimento in alveo. I corsi d'acqua di questo primo settore

PROGETTAZIONE ATI:

divergono, in corrispondenza dello spartiacque morfologico formato dalla dorsale M.te Bosco le Piane - M.te Cupolicchio, verso il bacino del Basento a SO e verso il bacino del Bradano a NE. Il bacino del F. Basento viene attraversato dal tracciato marginalmente, nella sua parte medio-alta ricadente nella fascia altimetrica compresa tra circa 500-600 m. s.l.m. (fondovalle del F. Basento) e 800-900 m. s.l.m. (linea di spartiacque) e individuata morfologicamente dagli impluvi del Vallone Rummolo, verso O, e del Vallone Serra del Ponte, verso E, entrambi affluenti di sinistra del F. Basento.

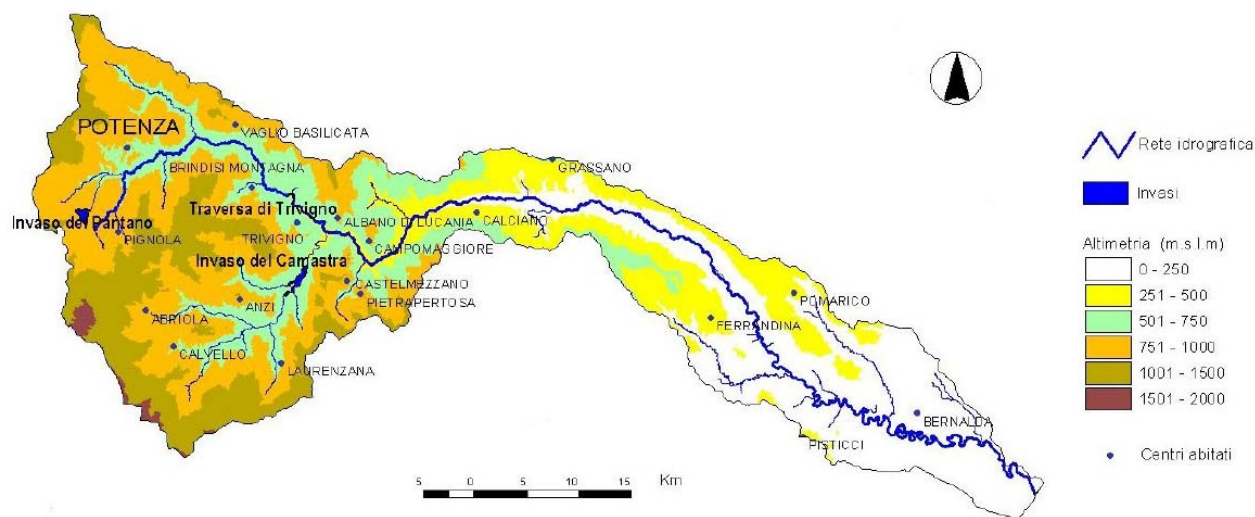


Figura 4.3: Bacino del Fiume Basento – Carta altimetrica.

Superata la linea di spartiacque principale, il tracciato si sviluppa interamente all'interno del bacino idrografico del F. Bradano, in una fascia altimetrica compresa tra circa 350 m. s.l.m. e 800-900 m. s.l.m. (linea di spartiacque).

## 5. SISMICITÀ

### 5.1. MACROZONAZIONE SISMICA

Negli ultimi anni, e fino al 2002, la zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone et alii, 1996) ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana. Gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello di zonazione. Per superare questo stato di cose si è convenuto di disegnare una nuova zonazione denominata ZS9. Rispetto alle zonazioni precedenti le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale, e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente. L'area in esame, così come si vede dalle figure seguenti si pone esternamente alle cosiddette zone-sorgente individuate dalla zonazione ZS9. In particolare, si trova nel comparto occupato dalle zone dell'"Appennino meridionale e avampaese apulo", denominate 925, 926 e 927, ricadendo all'interno della zona 926 per buona parte della sua estensione.

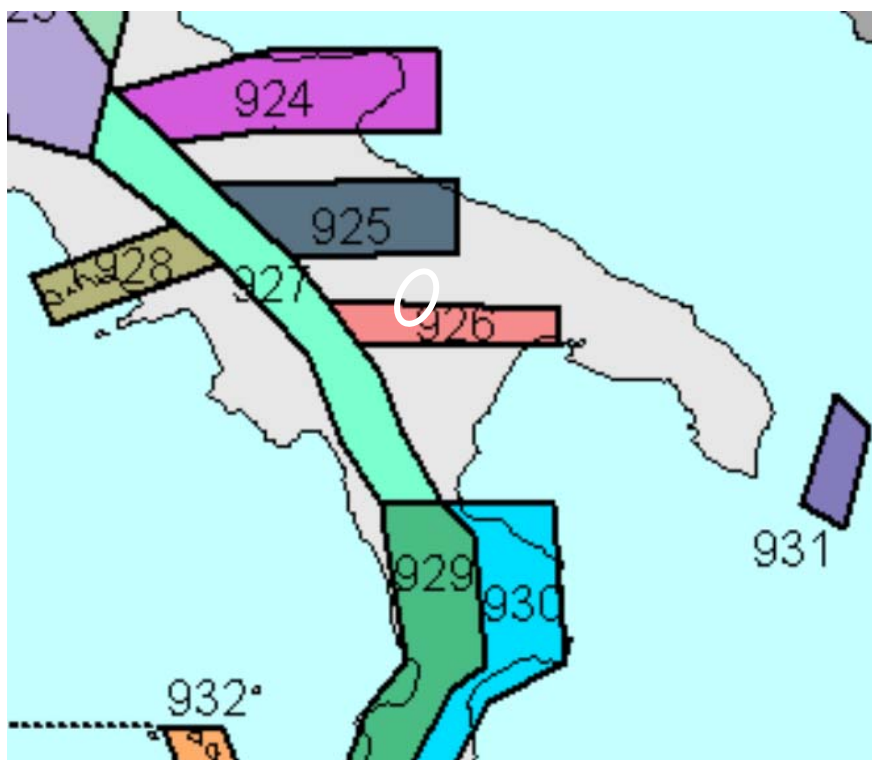


Figura 5-1 - Zonazione sismogenetica ZS9, con indicazione dell'area in esame

La geometria delle zone-sorgente dell'Appennino meridionale (zone da 56 a 64 in ZS4; zone da 924 a 928 in ZS9), inteso come il settore appenninico tra la Majella e il Pollino, è stata sensibilmente modificata nella sua configurazione generale rispetto alla ZS4.

In particolare, la zona 927 include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da ca. 0.7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990). Tale zona comprende tutte le precedenti zone di ZS4 coincidenti con il settore assiale della catena, fino al confine calabro-lucano (massiccio del Pollino). Quest'ultimo settore (zona 64 in ZS4) non è caratterizzato dalla forte sismicità propria di altre aree incluse nella

PROGETTAZIONE ATI:

zona-sorgente 927. Dalle analisi paleosismologiche emerge tuttavia un potenziale sismogenetico confrontabile con quello dell'Irpinia e della Val d'Agri (Michetti et al., 1997; Cinti et al., 1997).

La zona 57 di ZS4, corrispondente alla fascia costiera tirrenica, è stata in gran parte cancellata. La parte rimanente è rappresentata nella zona 928. Infatti si ritiene che, in caso di zonazione della fascia tirrenica, la sismicità non sarebbe tale da consentire una definizione affidabile dei tassi di sismicità. Peraltro, il contributo che verrebbe alla PGA sarebbe del tutto trascurabile rispetto agli effetti che su questa stessa zona verrebbero dall'attivazione di sorgenti nella zona 927. Per valutare in maniera cautelativa la pericolosità sismica dell'area napoletana si è invece deciso di estendere verso l'Appennino la zona 56 di ZS4, modificata in 928 nella presente proposta. Tale zona include così parte dei terremoti che prima ricadevano nella zona 57.

Sull'area al confine tra la catena e la Puglia, vale a dire l'area dell'avanfossa e dell'avampaese apulo, sono state operate scelte che cambiano decisamente la percezione del potenziale sismogenetico dell'area. Su queste scelte hanno pesato le nuove chiavi di lettura della sismicità del settore (Di Bucci e Mazzoli, 2003; Valensise et al., 2004) suggerite dalle caratteristiche della sequenza sismica del Molise (ottobre-novembre 2002), originata da sorgenti con direzione circa E-W e dotate di cinematica trascorrente destra. Questi dati consentono di individuare una zona (924) orientata circa E-W nella quale collocare tutta la sismicità dell'area (es. terremoto del 1627), e che include la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva con una cinematica simile a quella del terremoto del 2002 (es. Piccardi, 1998; Piccardi et al., 2002).

Le caratteristiche sismogenetiche della piattaforma apula fanno ipotizzare che zone di rottura ad andamento E-W non siano limitate all'area garganica. La zona 925, la cui geometria in parte trae spunto dalla zona 62 di ZS4, include la sorgente del terremoto del 1930, ad andamento WNW-ESE in Valensise e Pantosti (2001) e per la quale anche Galli et al. (2002) ipotizzano una orientazione circa E-W. Un'ulteriore fascia E-W è stata definita come zona 926 in base all'allineamento di terremoti di magnitudo medio-bassa tra cui gli eventi di Potenza del 1990 e 1991 (Fracassi et al., 2003).

La zona 80 di ZS4, cui corrisponde con limitate modifiche la zona 931 della nuova proposta, risultava dal più ampio quadro cinematico dell'interazione tra la microplacca adriatica e la placca eurasiatica lungo i fronti compressivi delle strutture dinaridi e ellenidi (come mostrato in Slejko et al., 1999). Questa zona è stata definita per rendere ragione della pericolosità della penisola salentina, area che storicamente ha risentito del forte terremoto del 1743, localizzato in catalogo proprio nel canale d'Otranto. La zona-sorgente è comunque mal definita dal punto di vista della sismicità (solo 7 eventi nel suo sottocatalogo, che si riducono a 4 per l'applicazione dei criteri di completezza del catalogo).

Vi è infine da ricordare che tutte le zone E-W sono caratterizzate da sismicità relativamente profonda (10-20 km), come mostrato chiaramente dai dati strumentali disponibili per i terremoti di Potenza del 1990-91 e del Molise del 2002 e come suggerito dai piani quotati dei principali terremoti storici (es. terremoto del Foggiano del 1731).

Nella tabella seguente sono riportati i dettagli delle misurazioni strumentali effettuate con riferimento alla zona 926, nella quale ricade il comparto strettamente di interesse.

ZONA	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (Km)	Profondità efficace (Km)
926	85	55	15	5.0	12-20	13

**Tabella 5-1 - Dati emersi dal monitoraggio strumentale della zona 926, nella quale ricade il comparto strettamente di interesse.**

Nella sottostante tabella si riporta la magnitudo momento massima "Mwmax" attesa.

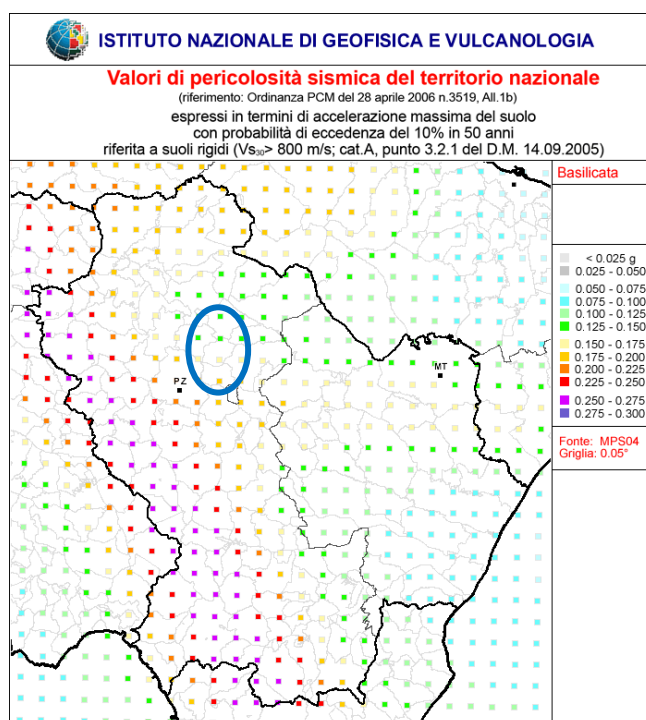
Numero zona sismica	Mwmax
<b>926</b>	<b>5.91</b>

**Tabella 5-2 - Valore della Magnitudo momento massima "Mwmax" per la Zona Sismogenetica ZS9 926 (estratto da "Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica"-2004).**

## 5.2. PERICOLOSITÀ SISMICA

In data 24 ottobre 2005 entra in vigore il D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni". La norma suddivide il territorio in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore di parametro  $a_g$ , che rappresenta l'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. L'area in esame, con riferimento progettuale al tracciato selezionato (Alt. 3.1) ricade nei Comuni di Tolve, Vaglio Basilicata e Oppido Lucano dichiarati a rischio sismico II, è caratterizzata da un valore di  $0.15 \leq a_g < 0.25g$ . La norma afferma che le zone 1,2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto ai massimi di ciascuna zona e intervallati da valori non minori di 0,025. In tal caso i vari territori saranno assegnati alle sottozone in base ai valori di  $a_g$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni".

Con l'OPCM 3519 del 28/04/2006 viene proposta una nuova zonizzazione con suddivisione degli intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0,025. La figura successiva è tratta dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/sec; cat. A). Come si può notare, l'area in esame ricade in un settore caratterizzato da valori di accelerazione massima del suolo compresi tra 0,125g fino a 0,200g.



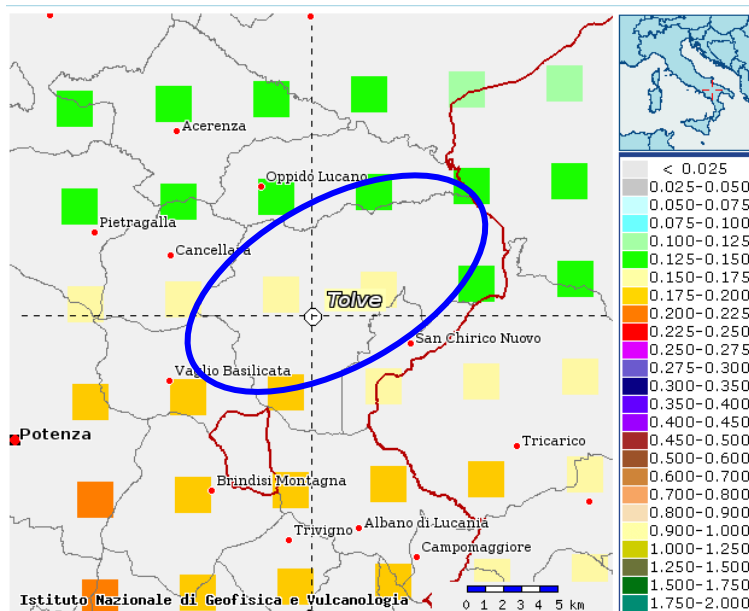
**Figura 5-2 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM n.3519/2016), con indicazione dell'area di studio.**

Secondo la mappa di classificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 e Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/09/2005) aggiornata al Gennaio 2019, l'areale di progetto è classificato in Zona 2, caratterizzata congruentemente da valori di  $0.15 \leq a_g < 0.25g$ .

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica <b>alta</b> . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica <b>media</b> , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica <b>bassa</b> , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica <b>molto bassa</b> . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

**Tabella 5-3 - Livello di pericolosità delle zone sismiche, suddivise in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).**

Più in dettaglio, dalla mappa di pericolosità sismica della figura seguente si evince come i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (*Peak Ground Acceleration*, ovvero accelerazione massima al suolo) nel settore di interesse siano compresi nel range 0.125 – 0.200, con valori decrescenti procedendo da SO verso NE.



**Figura 5-3 - Mappa di pericolosità sismica di base tratta dal sito dell'INGV, con indicazione del settore di interesse.**

In conclusione, in accordo con la normativa vigente, l'area d'interesse progettuale si inserisce in un contesto di medio-alta pericolosità sismica.

PROGETTAZIONE ATI:

### 5.3. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella seguente, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio "VS". I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio VSeq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,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, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di 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 di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
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 tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati 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 equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati 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 tra 100 e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 5.7: Categorie di sottosuolo NTC 2018.

Alla luce delle indagini geofisiche eseguite, l'areale di progetto è caratterizzato dalle categorie di sottosuolo 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 tra 360 m/s e 800 m/s" e C "Depositati di

PROGETTAZIONE ATI:

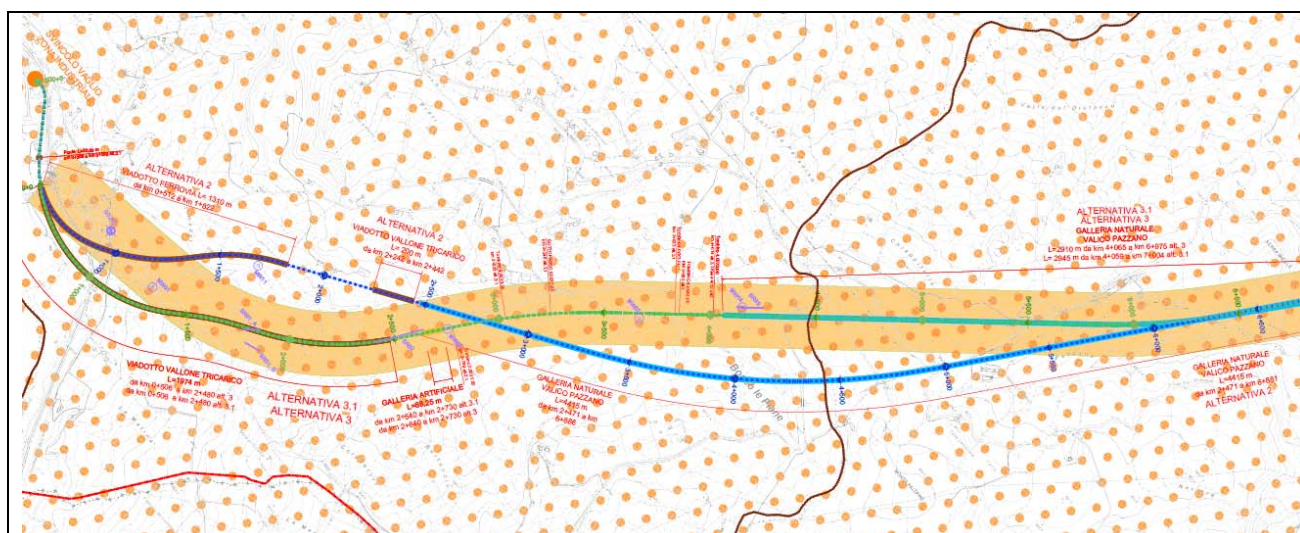


*terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s", così come si evince dalla tabella seguente, nella quale sono indicati i valori di Vs equivalente ottenuti dalle prospezioni MASW e down-hole.*

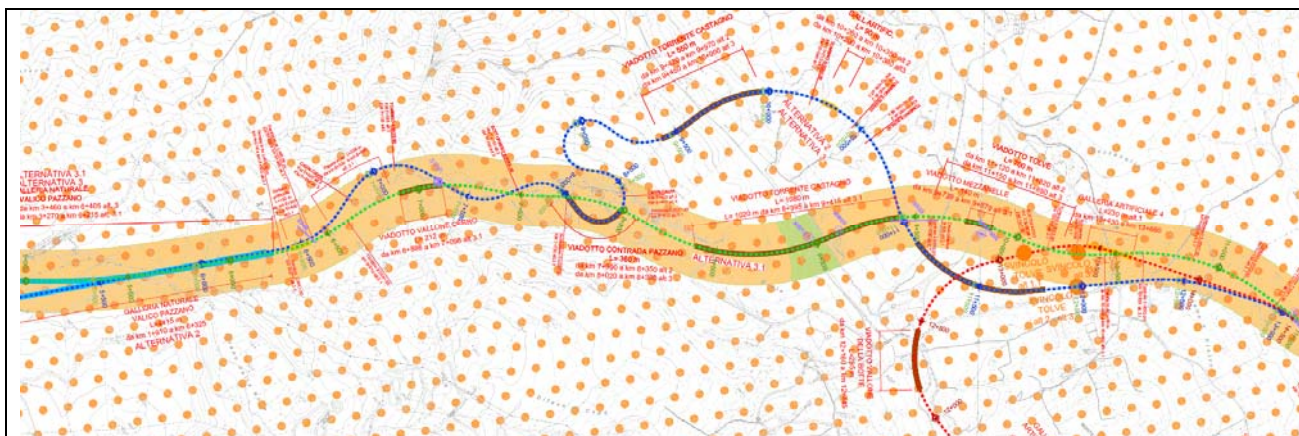
Opera di riferimento/progressiva	Tipo d'indagine	Tipo d'indagine	Vs,eq m/s	Categ. Sott.	
Viadotto V.ne Tricarico	MASW	MW01	432	B	
V.ne Tricarico – Trincea e Galleria artif.		MW02	445	B	
Trincea e Paratia		MW03	373	B	
Viadotto Torrente Castagno		MW05	387	B	
Pk 11+450,00		MW06	376	B	
Viadotto Girifuolo (esistente)		SR04+MW	471	B	
Viadotto Mezzanelle		SR10+MW	373	B	
Galleria Artificiale (esistente)		MW12	284	C	
Viadotto Torrente Castagno		MW13	359	C	
V.ne Tricarico - Imbocco Galleria Naturale Valico Pazzano		MW14	450	B	
Viadotto V.ne Tricarico		DOWN - HOLE	S02DH	389	B
Viadotto V.ne Cerro			S12DH	363	B

**Tabella 5-4 - Risultati prospezioni MASW e down-hole.**

Per la distribuzione planimetrica delle due categorie di sottosuolo identificate lungo il tracciato stradale in progetto, si veda la "Carta di classificazione sismica del territorio", un cui stralcio è riportato nella figura seguente.



PROGETTAZIONE ATI:



**Figure 5-1 – Stralcio della Planimetria di classificazione sismica del territorio redatta per l'attuale fase progettuale, con specifico riferimento al tracciato selezionato.**

PROGETTAZIONE ATI:

## **6. VINCOLI TERRITORIALI**

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o PAI (Piano Assetto Idrogeologico), redatto ai sensi dell'art.65 del D.Lgs 152/2006 (il D.Lgs 152/2006 abroga e sostituisce il precedente riferimento di legge costituito dalla L.183/89 e s.m.i.). Esso ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico e idrogeologico del territorio compreso nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale che ha recentemente assorbito l'estinta Autorità di Bacino regionale della Basilicata; di seguito l'autorità di Bacino competente sarà denominata Autorità di Bacino o AdB.

Il Piano Stralcio, pertanto, si prefigge lo scopo di, mitigare o prevenire i maggiori rischi derivanti da fenomeni calamitosi di natura geomorfologica (dissesti gravitativi dei versanti) o di natura idraulica (esondazioni dei corsi d'acqua) e costituisce uno stralcio tematico e funzionale del Piano di Bacino ai sensi dell'art.65, c.8 del D.Lgs 152/2006.

Nei casi in cui le attività di pianificazione degli ulteriori stralci, riguardanti specifici settori funzionali, fatta salva la pianificazione relativa al bilancio idrico, non possono prescindere dal riferimento territoriale regionale, l'AdB cura la redazione dei piani stralcio, sulla base di specifiche direttive e/o atti di indirizzo della/e Regione/i. In alternativa gli stessi stralci possono essere redatti dagli Uffici Regionali competenti, d'intesa con l'Autorità di Bacino.

Il Piano ha l'obiettivo di promuovere gli interventi di manutenzione del suolo e delle opere di difesa, quali elementi essenziali per assicurare il progressivo miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità ambientale del territorio, nonché di promuovere le azioni e gli interventi necessari a favorire:

- le migliori condizioni idrauliche e ambientali del reticolo idrografico, eliminando gli ostacoli al deflusso delle piene in alveo e nelle aree golenali;
- le buone condizioni idrogeologiche e ambientali dei versanti;
- la piena funzionalità delle opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e idrogeologica.

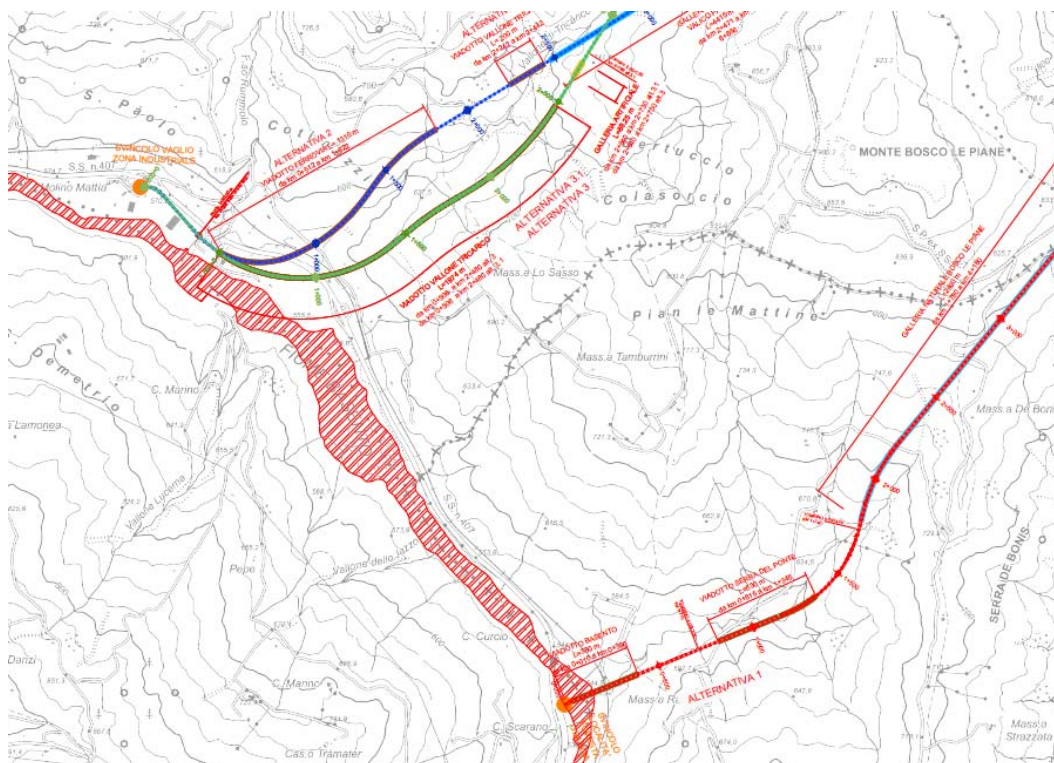
A tal fine il Piano privilegia l'attuazione da parte dei proprietari di aree prospicienti i corsi d'acqua nonché di aree agricole e boschive, di interventi idonei a prevenire fenomeni di dissesto idrogeologico, da incentivare anche mediante l'individuazione e messa in atto di meccanismi premiali a cura delle Regioni competenti. La successiva regolamentazione delle attività sarà effettuata compatibilmente con la disponibilità di risorse finanziarie all'uopo destinate.

Il rischio idrogeologico od idraulico, correlato ai livelli di pericolosità registrati o stimati nelle singole porzioni di territorio, è la misura del danno arrecabile dagli eventi calamitosi in una determinata area.

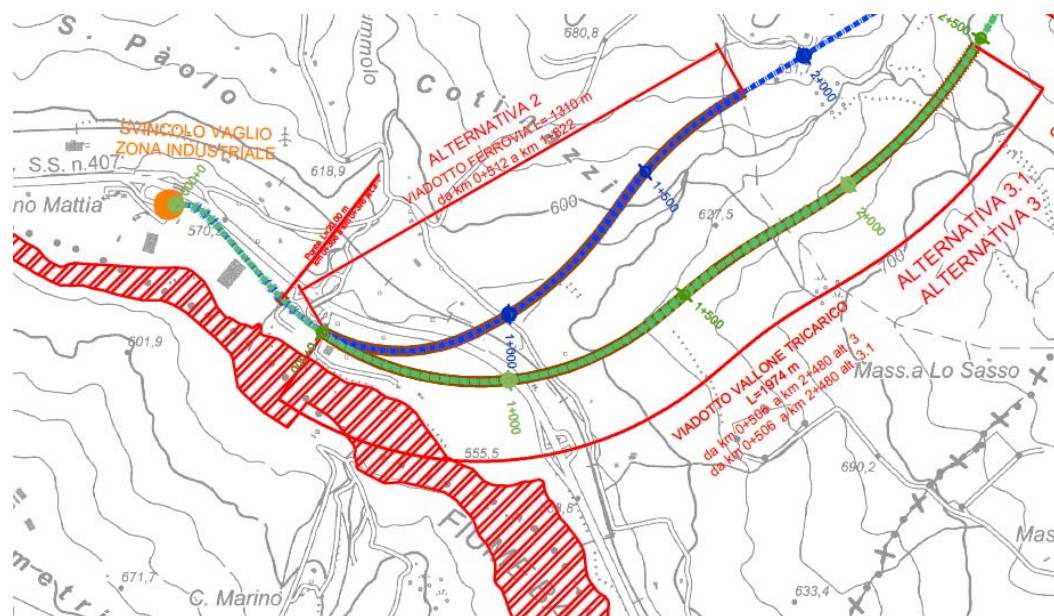
Il rischio totale è espresso dal prodotto della pericolosità (probabilità di accadimento) moltiplicato il valore degli elementi a rischio moltiplicato la vulnerabilità. Per quanto concerne il rischio idrogeologico, vengono definite 4 classi di rischio:

- R4: Rischio molto elevato;
- R3: Rischio elevato;
- R2: Rischio medio;
- R1: Rischio moderato.

Così come riportato nel Piano Stralcio delle fasce fluviali e come si evince dalla cartografia redatta nella presente fase progettuale e mostrato nello stralcio della figura seguente, l'area a rischio inondazione più prossime all'area in esame è quella delle zone presenti lungo il Fiume Basento, intercettata solo dal tratto iniziale dell'alternativa 1, ovvero dal Viadotto Basento. Diversamente, l'alternativa di tracciato selezionata, così come si evince dalle figure seguenti, ne rimane al di fuori con una distanza minima di circa 75m.



**Figura 6-1 - Stralcio planimetrico mostrante le aree a rischio idraulico censite dal PAI lungo la valle del Fiume Basento, rispetto alle quali l'alternativa di tracciato selezionata rimane al di fuori, a differenza del tratto iniziale dell'Alternativa 1.**



**Figura 6-2 - Particolare della figura precedente, da quale si evince come l'alternativa di tracciato selezionata non ricade nell'area a rischio idraulico presente lungo la valle del Fiume Basento**

Diversamente, l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di numerose aree a rischio idrogeologico, così come censite nel Piano Stralcio delle aree di versante e che in misura diversa interessano le diverse alternative progettuali.

In particolare, aree a rischio idrogeologico molto elevato (R4) sono intercettate solo dalle alternative 1.1 e 1.1, più precisamente in prossimità del centro abitato di Tolve, dove tali aree a rischio interessano ampie porzioni di versante.

Passando alle aree a rischio idrogeologico elevato (R3), queste ultime interessano, seppur in limitati punti, tutte le alternative di progetto, ad esclusione del Tratto in adeguamento; per quanto riguarda l'alternativa di tracciato selezionata, tali aree a rischio R3 sono intercettate tra le p.k. 0+430 - 0+656, lungo il Viadotto Vallone Tricarico e tra le p.k. 2+150 – 2+420, lungo un tratto stradale in rilevato.

Notevolmente più diffuse sono le aree a rischio idrogeologico medio (R2), le quali anche in tal caso non interessano il Tratto in adeguamento e che sono intercettate in modo particolarmente frequente soprattutto dalle alternative 1.1 e 1.2; per quanto riguarda l'alternativa di tracciato selezionata, tali aree a rischio R2 lambiscono l'areale strettamente di intervento in numerosi punti, ma sono intercettate solo lungo il Viadotto Vallone Tricarico e verso le progressive crescenti localmente solo in alcuni punti, così come tra le p.k. 2+670 e 2+720, p.k.6+400 – 6+430 e p.k. 6+610 – 6+625.

Meno diffuse sono le aree a rischio idrogeologico moderato (R1), le quali, inoltre, corrispondono a comparti di versante di minore estensione, intercettati a luoghi da tutte le alternative di tracciato; per quanto riguarda l'alternativa di tracciato selezionata, tali aree a rischio R1 sono intercettate in corrispondenza del Viadotto Vallone Tricarico, della galleria artificiale nord della Galleria Valico Pazzano, del Viadotto Castagno ed infine, in prossimità dello Svincolo di Tolve.

Infine, abbastanza diffuse sono anche le Aree soggette a verifica idrogeologica (ASV), le quali in alcuni punti lambiscono anche la prima parte del Tratto in adeguamento e che, così come le aree a rischio R1, corrispondono per lo più a comparti di versante di minore estensione.

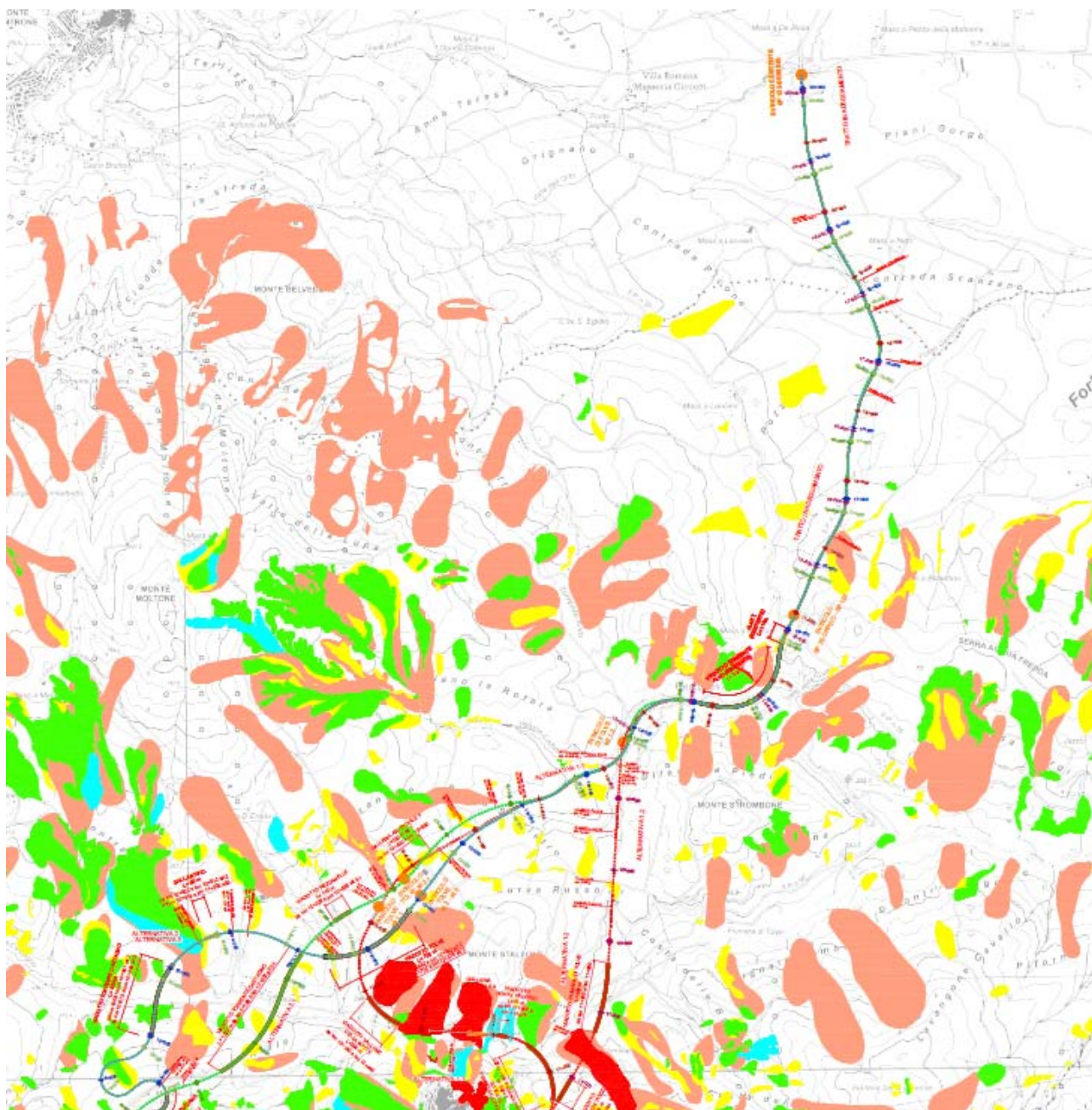


Figura 6-3 - Stralcio planimetrico con riportate le aree a rischio idrogeologico censite dal PAI nell'area relativa al tratto in adeguamento.

PROGETTAZIONE ATI:



## **7. INDAGINI GEOGNOSTICHE**

### **7.1. INDAGINI PREGRESSE**

L'areale di progetto risulta essere stato indagato dal punto di vista geognostico in progettazioni e studi specialistici pregressi che sono stati ritenuti un valido supporto alla definizione della ricostruzione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del modello geologico di riferimento associato alle alternative di tracciato e con particolare riferimento a quello selezionato come progettuale.

In tal senso sono stati consultate le risultanze delle indagini disponibili e afferenti alla Progettazione Preliminare ANAS inerente "INFRASTRUTTURA STRATEGICA SALERNO-POTENZA-BARI - TRATTA COMPRESA TRA LA S.S.407 (BIVIO VAGLIO ISCA D'ECCLESIA) E LA VARIANTE DI ALTAMURA (S.S.96-S.S.99), realizzata nel 2007.

Ulteriori indagini ed informazioni sono state attinte da alcuni studi geologici – geomorfologici condotti recentemente e per conto del Comune di Tolve, datati Ottobre 2018 ed inerenti gli "Interventi di ripristino della viabilità comunale nei tratti denominati Tre Ponti - Pozzillo e Tre Ponti - Pazzano, quale collegamento tra la S.P. n.123 e la S.S. n.407 Basentana" redatti dal Dott. Geol. Antonio De Carlo, da cui sono state ritenute valide per l'individuazione e perimetrazione di diversi dissesti gravitativi potenzialmente interferenti con i tracciati considerati.

### **7.2. INDAGINI ESEGUITE PER LA PRESENTA FASE PROGETTUALE**

Le indagini eseguite per la presente fase progettuale sono state finalizzate ad ottenere un quadro conoscitivo esaustivo, riguardante il modello geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, ovvero tutte le informazioni necessarie a determinare il comportamento dei terreni su cui si svilupperà il tracciato stradale prescelto, con particolare riguardo alle opere d'arte maggiori.

La campagna di indagini geognostiche è stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo da ottemperare alle specifiche di Capitolato, verificare il quadro informativo disponibile ed approfondire gli studi relativamente a quelle aree e/o aspetti che nella precedente fase progettuale evidenziavano le maggiori difficoltà o lacune interpretative; infatti, le indagini sono state finalizzate ad ottenere un quadro conoscitivo esaustivo, riguardante il modello geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, ovvero tutte le informazioni necessarie a determinare il comportamento dei terreni su cui si svilupperà il tracciato ferroviario in progetto.

La campagna di indagini è consistita in:

- n. 10 sondaggi geognostici, con esecuzione di prove in foro e prelievo di campioni per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- n. 6 installazioni di piezometri;
- n. 2 installazioni di tubi inclinometrici;
- n. 10 tomografie sismiche a rifrazione (n. 9 eseguite sull' alternativa di tracciato selezionata e n. 1 realizzata sull'alternativa di tracciato n."1.2");
- n. 12 prospezioni geofisiche MASW rifrazione (n. 10 eseguite sulla alternativa di tracciato selezionata e n. 2 realizzate sulle alternative di tracciato n."1.2" e n."2");
- n. 6 tomografie geoelettriche (n. 4 eseguite sull' alternativa di tracciato selezionata e n. 2 realizzata sull'alternativa di tracciato n."1");
- n. 2 prospezioni geofisiche in foro di sondaggio di tipo *down-hole*;
- n. 9 prove penetrometriche superpesanti di tipo DPSH;
- n. 7 pozzetti esplorativi.

I risultati ottenuti e le modalità esecutive sono dettagliatamente riportati nell'elaborato "Relazione sulle indagini geologiche e geotecniche" (T00GE00GEORE04\_B); per l'ubicazione dei singoli punti d'indagine si rimanda agli elaborati tematici redatti nell'attuale fase di progettazione'.

PROGETTAZIONE ATI:



La campagna di indagini è consistita innanzitutto nell'esecuzione di n.10 fori di sondaggio a carotaggio continuo, di profondità compresa tra 25m e 94m, per un totale di 384m. Tali sondaggi sono stati finalizzati alla ricostruzione dell'assetto geologico-stratigrafico-strutturale ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni. Infatti, nel corso delle perforazioni sono state eseguite prove in foro fra cui: n. 20 prove penetrometriche standard tipo SPT (Standard Penetration Test) e n.2 prova di permeabilità di tipo Lefranc (LF).

Si è, inoltre, provveduto al prelievo di campioni geotecnici tra i quali n.17 indisturbati, n.18 semindisturbati e n.2 rimaneggiati, sottoposti ad analisi di laboratorio finalizzate alla caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e di n.8 campioni sottoposti ad analisi ambientali.

Infine, l'installazione dei piezometri ha consentito già nella presente fase progettuale di avere informazioni inerenti le profondità piezometriche, mentre per avere informazioni significative dagli inclinometri bisognerà attendere almeno la prossima fase progettuale o comunque, una volta in possesso di misurazioni relative ad un intero ciclo annuale.

Le caratteristiche tecniche dei sondaggi, nonché delle indagini in generale realizzate durante la presente campagna sono riassunte nella tabella seguente;

PROGETTAZIONE ATI:

SCHEDA SINTETICA DELLE INDAGINI																													
Riferimento di progetto		Sigla indagine proposta	Ubicazione (Prog. km)	Sondaggi a carotaggio continuo								Dist. Nucleo	Piez.	Incl.	DPSH		DH	Rifraz onde P		Geolettrica		MAS W		Pozzetti geognostici			Prelevo campioni di terreno ambientali	Prelevo campioni di acqua ambientali	
				n°	ml.	SPT	camp. ind.	camp. Csi	camp. rim. lap.	Prove MPM	Lefranc				Rilevo GAS in foro di sondaggio	ml.		ml.	ml.	n.	ml	ml.	n°	ml.	n°	ml.			n°
Viadotto Vallone Tricarico (L=1860 m)	S02dh	0+211	1	35	3	3										35										2			
	MW01	0+530																			1								
	S03pz	0+650	1	30	3	1	3									30										3	1		
	SR01	1+050																	1	170									
	SR02	1+750																	1	240									
Galleria artificiale	DPSH01	1+940												1	11,8														
Galleria artificiale/Trincea	MW02	1+964																		1									
Trincea	S05pz	2+076	1	30	2		4	1							30											3			
Trincea/Rilevato	TE-01	2+219																	1	150									
Trincea/Rilevato	DPSH02	2+325											1	11,2															
Rilevato/Frana	TE-02	2+551																	1	150									
Rilevato/Frana	DPSH03	2+552											1	14															
Trincea	MW03	2+873																		1									
Galleria Naturale Valico Pazzano	MW014	3+360																		1									
	SR09	3+400																1	120										
	S08pz	4+711	1	19		3						75	94													2			
	S09pz	6+062	1	45	1	3							45													3	1		
Paratie/Galleria Artificiale	TE03	6+330																1	200										
	SR08	6+400																1	120										
Trincea	DPSH04	6+670												1	8,2														
Viadotto Vallone Cerro	S11pz	6+886	1	30	2	2	2		1				30													3	1		
	S12dh	7+099	1	35	2	3												35											
Rilevato	Pz02	7+710																			1	2	2	2	2	2	2		
Rilevato	Pz03	8+291																			1	2	2	2	2	2	2		
Viadotto Torrente Castagno	S14in	8+484	1	30	1	4								30													2		
	S15pz	8+965	1	25	3		3	1	2				25																
	MW13	8+965																		1									
	S16in	9+101	1	30	3	1	4							30													3		
	MW05	9+101																			1								
	SR03	9+500																		1	240								
	DPSH09	9+500													1	13													
Viadotto Mezzanelle	SR10	9+850																											
	MASW	9+850																			1								
Rilevato	Pz04	10+369																			1	2	1	1	1	1	1		
Rilevato	Pz05	10+650																			1	2	1	1	1	1	1		
Trincea	DPSH05	11+400												1	8														
Trincea	MW06	11+420																			1								
Rilevato	Pz06	12+050																				1	2	1	1	1	1		
Trincea	DPSH06	12+170												1	6,2														
Trincea	DPSH07	12+413												1	10,4														
Viadotto Girifuolo (esistente)	SR04	13+310																	1	78									
	MASW	13+310																				1							
	SR05	13+475																											
Galleria artificiale esistente	DPSH08	13+800												1	8,2														
	MASW12	13+820																			1								
Rilevato	Pz08	16+048																				1	2	1	1	1	1		
Rilevato	Pz10	17+950																				1	2	2	2	2	2		
Galleria Bosco Le Piane	TE04	2+600																		1	200								
	TE05	3+800																			1	200							
Viadotto Fiumara di Tolve	TE09	11+350																			1	200							
	MW-R09	11+400																				1							
Viadotto Ferrovia	TE11	1+255																				1	200						
	MW11	1+116																					1						
<b>TOTALE</b>		46		10	309	20	20	16	2	0	4	0	75	254	60	9	91	70	9	1196	7	1300	12	7	14	10	10	31	3

PROGETTAZIONE ATI:

Le informazioni litostratigrafiche ricavate dai sondaggi sono state integrate attraverso l'esecuzione di:

- ✓ n.9 prove penetrometriche dinamiche continue superpesanti (DPSH), finalizzate alla ricostruzione del profilo litostratigrafico ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni ed al reperimento di eventuali accumuli idrici superficiali.
- ✓ n.10 pozzetti esplorativi, i quali hanno consentito di verificare in dettaglio la stratigrafia degli orizzonti più superficiali di terreno, nonché lo spessore del terreno vegetale e l'eventuale presenza di falda freatica superficiale.

Inoltre, in corrispondenza di ciascun pozzetto:

- sono state eseguite prove di carico su piastra, attraverso le quali è stato possibile risalire al "modulo di compressibilità" dei terreni e ricostruire i cedimenti corrispondenti all'intervallo di carico prescelto, al fine di ottenere importanti informazioni utili per la progettazione dei rilevati; in particolare, le prove di carico su piastra sono state eseguite in conformità alla norma CNR "Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare"(pubblicata sul Bollettino Ufficiale del CNR - Norme Tecniche Anno XXVI - N. 146).
- sono stati prelevati campioni rimaneggiati sottoposti ad analisi di laboratorio ai fini della classificazione CNR UNI 10006.

Passando alle indagini geofisiche, sono state eseguite:

- n. 10 tomografie sismiche a rifrazione;
- n. 12 prospezioni geofisiche MASW;
- n. 6 tomografie geoelettriche;
- n. 2 prospezioni geofisiche *down-hole*;

Complessivamente, le tomografie sismiche a rifrazione e le tomografie geoelettriche sono state finalizzate:

- alla ricostruzione dei rapporti latero-verticali tra le unità geologiche, ovvero del profilo litostratigrafico;
- alla ricostruzione dell'andamento del substrato sepolto dai depositi alluvionali, detritico-colluviali e di frana;
- al reperimento di informazioni sulle caratteristiche elasto-meccaniche dei litotipi indagati (tomografie sismiche);
- al reperimento di informazioni sulle caratteristiche idrogeologiche dei litotipi indagati, al riconoscimento di accumuli idrici sotterranei ed all'approfondimento dello studio dei fenomeni franosi (tomografie geoelettriche).

Passando alle prospezioni MASW ed alle *down-hole*, queste ultime sono state finalizzate alla misurazione profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) e conseguente alla stima del parametro "Vsequivalente", mediante il quale:

- assegnare la corrispondente categoria di suolo di fondazione in ottemperanza alle NTC 2018.

Complessivamente, le indagini svolte hanno interessato tutti i comparti dell'areale di progetto, per ognuno dei quali sono stati definiti i rapporti stratigrafici e/o tettonici tra le diverse unità geologiche. In particolare, i rapporti laterali e verticali tra le unità geologiche sono stati determinati attraverso l'interpretazione sia delle indagini dirette che geofisiche; tale approccio ha consentito di riconoscere l'organizzazione stratigrafica delle singole formazioni geologiche, nell'ambito delle quali sono state riconosciute le diverse litofacies ed i reciproci rapporti latero-verticali; inoltre, è stato possibile caratterizzare i litotipi da un punto di vista idrogeologico. Infine, la caratterizzazione geotecnica dei litotipi intercettati dal tracciato stradale è stata definita in base ai risultati delle indagini dirette, ovvero alla luce dei risultati delle prove geotecniche in foro di sondaggio, delle prove penetrometriche dinamiche continue e delle prove di laboratorio.

## 8. CARATTERIZZAZIONE GEOSTRUTTURALE PRELIMINARE

Nel corso della presente fase progettuale, sono stati condotti rilevamenti geologici di dettaglio e rilievi geologico-strutturali in affioramenti ascrivibili alle formazioni flyshoidi prossimi alle opere più rilevanti del tracciato prescelto (Alt. 3.1); tale studio ha permesso di definire in maniera preliminare e qualitativa l'assetto geometrico, i rapporti giaciture e le caratteristiche geo-strutturali delle formazioni in esame. Come ampiamente descritto in precedenza, l'area di interesse risulta caratterizzata dalla presenza di diverse strutture plicative orientate prevalentemente in modo perpendicolare al tracciato selezionato (Alt. 3.1).

Ai fini di una ricostruzione più affidabile e approfondita dell'andamento geologico e strutturale dell'area è stato realizzato anche un modello digitale di elevazione in 3D (DEM), a partire dalla disponibilità di un DTM con risoluzione dell'ordine di 5 m, riportando, in una seconda fase, le strutture plicative e fragili riconosciute nell'ambito prevalente della Galleria Naturale Valico Pazzano.

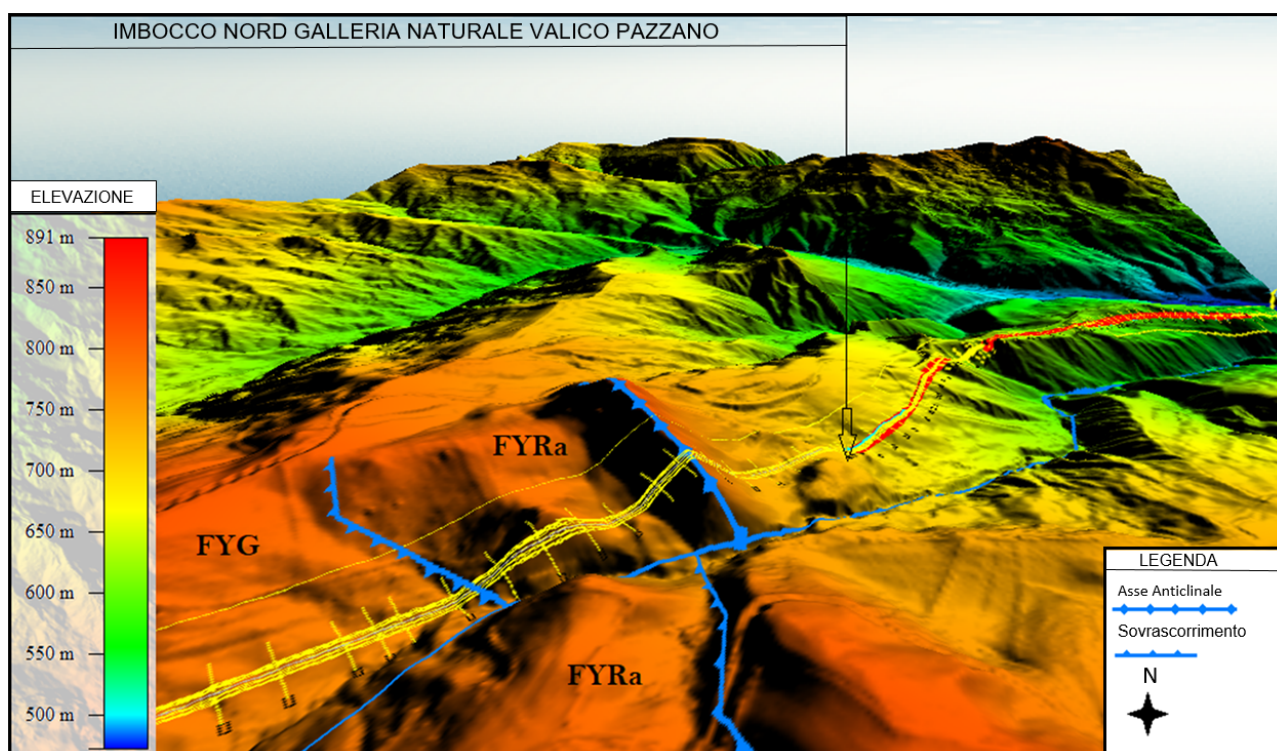


Figura 8-1 – DTM con risoluzione nell'ordine di 5m con sovrapposizione delle strutture plicative e fragili riconosciute.

Nello specifico si riscontrano sovrascorrimenti immergenti verso SO (Figura 8.1, Foto 8.1) e dislocati da faglie dirette con componente trascorrente; nonchè piegamenti principali a geometria antiforme, ai quali sono associati diverse strutture secondarie riconoscibili anche alla mesoscala (Foto 8.2).



**Foto 8-1 – Sovrascorrimento visibile in corrispondenza di un taglio stradale e prossimo al tracciato con riferimento alla Galleria Naturale Valico Pazzano. Si nota il contatto tettonico con il litotipo FYG che sovrascorre rispetto alla facies flyshoide calcareo-clastica del FYR (FYRa)**



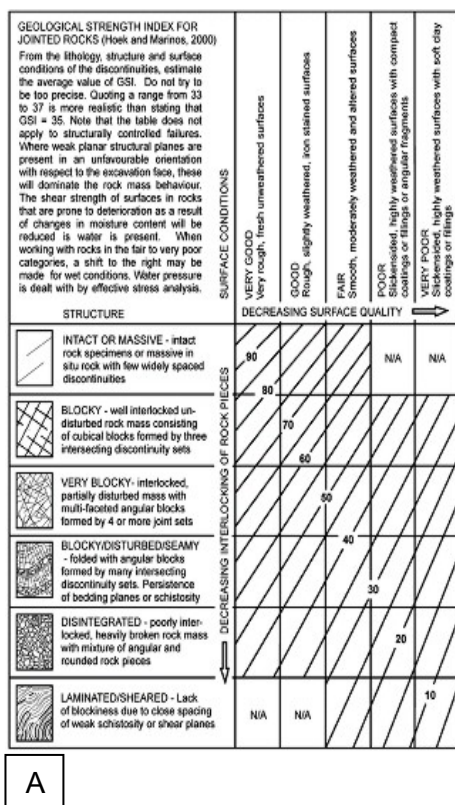
**Foto 8.2 Esempio di piegamento antiforme associato al sovrascorrimento prossimo al tracciato con riferimento alla Galleria Naturale Valico Pazzano.**

PROGETTAZIONE ATI:

Tale studio è stato eseguito secondo i metodi classici della Geologia Strutturale (Ramsay, 1963; Turner & Weiss, 1967; Hobbs, 1976; Ramsay & Huber, 1987) e secondo le procedure definite dall'International Society of Rock Mechanics (1981).

In particolare, lo studio è avvenuto attraverso:

- esecuzione di rilievi geostrutturali su affioramenti rocciosi significativi e raggiungibili, attraverso i quali, è stato possibile inquadrare gli ammassi rocciosi dal punto di vista geostrutturale, definendo le condizioni geometriche e fisiche delle principali discontinuità, con particolare riferimento all'elemento volumetrico unitario rappresentativo (ISMR, 1981; Palmstrøm, 2000).
- quantificazione speditiva dei parametri relativi delle classificazioni geomeccaniche per la derivazione degli indici di qualità dell'ammasso (GSI e RMI).



B

RMI	Qualità		Resistenza (MPa)
< 0.001	Estremamente bassa	Estremamente debole	Estremamente debole
0.001 – 0.01	Molto bassa	Molto debole	Molto debole
0.01 – 0.1	Bassa	Debole	Debole
0.1 – 1.0	Media	Media	Media
1.0 – 10	Alta	Resistente	Resistente
10 – 100	Molto alta	Molto resistente	Molto resistente
>100	Estremamente alta	Estremamente resistente	Estremamente resistente

**Figura 8-2 - Carta di Hoek per la valutazione del GSI (A) e Parametri considerati per la definizione dell'indice RMI di Palmstrøm e relativa tabella di classificazione (B)**

L'indice *Rock Mass Index (RMI)*, è stato utilizzato come metodo di confronto del *GSI*. Riguardo al metodo di determinazione dell'indice *GSI*, è opportuno innanzitutto osservare come inizialmente gli Autori indicavano una derivazione dagli indici *RMR* e *Q*, previa opportuna correzione, per tener conto solo delle caratteristiche intrinseche delle masse rocciose. In seguito, tuttavia, E. Hoek ha progressivamente abbandonato tale procedura a favore di una determinazione diretta, basata unicamente sulla valutazione qualitativa delle caratteristiche geologico-strutturali della massa

rocciosa e delle relative caratteristiche delle discontinuità. Il senso logico di tale evoluzione è probabilmente da ricercarsi, da un lato, nell'esigenza di un indice unicamente "geostrutturale" e, dall'altro, di un metodo di stima qualitativa ritenuto più adatto per i contesti più sfavorevoli ( $GS < 35$ ). Nelle figure precedenti si riporta la Carta di Hoek, nella versione per ammassi metamorfici. Inoltre, è riportata anche la tabella dei parametri che sono stati inseriti per la valutazione dell'indice  $RMi$  di Palmstrøm e la tabella riepilogativa per la classificazione degli ammassi rocciosi in termini di qualità e di resistenza.

Infine, è stato valutato il grado di alterazione degli ammassi rocciosi, sulla base del sistema classificativo della *Geological Society of London (GSL, 1995)*, che prevede la definizione del grado di alterazione del materiale geologico, con ripartizione in 6 classi, dalla condizione di roccia sana (W1) a quella di suolo residuale (W6).

<b>GRADO DI ALTERAZIONE</b>	
<b>Sigla</b>	<b>Descrizione</b>
W1	Roccia sana, non modificata dal suo aspetto originario
W2	Leggero scolorimento ed indebolimento
W3	Considerevole indebolimento, scolorimento penetrativo, moderata resistenza meccanica (*)
W4	Il materiale presenta bassa resistenza meccanica (*); non si disaggrega rapidamente quando immerso in acqua
W5	Considerevolmente indebolito; si disaggrega rapidamente in acqua; l'originaria struttura è tuttavia mantenuta
W6	Suolo residuale; l'originaria struttura della roccia è completamente scomparsa

**Tabella 8-1 - Classificazione dell'alterazione del materiale roccioso (gsi, 1995).**

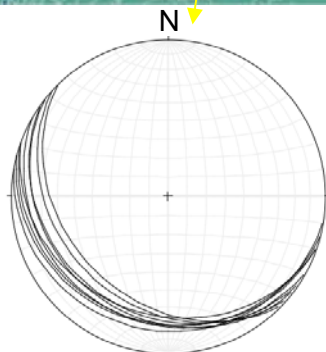
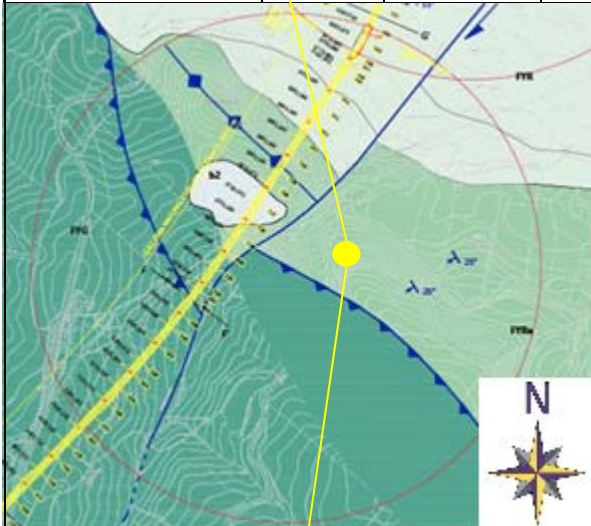
Di seguito vengono riportate alcune schede contenenti le analisi geosturali realizzate nella presente fase progettuale. Quest'ultime sono state elaborate in base alla disponibilità dei dati raccolti durante il rilevamento geologico-strutturale, nello specifico sono stati analizzati affioramenti con volumetria ed estensione tale da permettere di valutare i differenti dati mesostrutturali ascrivibili alle litologie flyshoidi del FYR FYRa e FYG. Complessivamente la qualità delle formazioni analizzate risulta tendenzialmente scadente e con un grado di alterazione di tipo quattro. Visti i dati ottenuti ed analizzando l'assetto tettonico in dettaglio si possono tranquillamente associare le condizioni degli ammassi rocciosi e quindi il grado di alterazione alle azioni delle diverse fasi tettoniche; quindi lì dove non sono presenti aree intensamente tettonizzate come la presente, le condizioni tendono di conseguenza a migliorare.

**SCHEDA GEOSTRUTTURALE DELLA FORMAZIONE FLYSHOIDE "FYRa"**

**GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)**  
From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak plane structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Vapour pressure is dealt with by effective stress analysis.

STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS			
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR
	Very rough, fresh unweathered surfaces	Rough, slightly weathered, for striated surfaces	Smooth, moderately weathered and altered surfaces	Stippled, highly weathered surfaces with compact coatings of filings or angular fragments
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	N/A	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	70	60		
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	50	40		
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	30	20		
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				10
LAMINATED/DEWEARED - Lack of cohesiveness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A		

FORMAZIONE	GSI	Rmi	GRADO DI ALTERAZIONE	QUALITA' SCADENTE
FYRa	35	0.01	W4	SCADENTE



**SCHEDA RIASSUNTIVA DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE MESO-STRUTTURALI DELLA FORMAZIONE FLYSHOIDE FYRa**

In alto a sinistra viene riportata una foto di un affioramento di FYRa alla quale è stata affiancata una scheda comparativa da HOECK and MARINOS 2000, usata per la determinazione del parametro GSI.

Di fianco viene riportato uno stralcio della Carta Geologica contenente l'ubicazione dell'indagine.

In basso viene riportata una proiezione delle ciclografiche rappresentative della stratificazione immergente verso sud-ovest con un'inclinazione sub-orizzontale.

PROGETTAZIONE ATI:



**SCHEDA GEOSTRUTTURALE DELLA FORMAZIONE FLYSHOIDE "FYG"**

**GEOLOGICAL STRENGTH INDEX (GSI) FOR HETEROGENEOUS ROCK MASSES SUCH AS FLYSCH**  
(V. Marinos, 2007, under publication)

Heterogeneous rockmasses are those with alternating layers of clearly defined lithology types with significant differences in their strength properties. For flysch, a typical formation with heterogeneous rock masses, these differences are consisting of sandstones and siltstones. Clay shales may be present. From a description of the lithology, structure and surface conditions of discontinuities (particularly of the bedding planes), choose a box in the chart. The selection of the structure should be based on the bedrock description (undisturbed, slightly disturbed, strongly disturbed - folded, disintegrated, sheared), the proportion of siltstones against sandstones and the exposed or not stratification inside the siltstone layers. In the type IV and V when the thickness of sandstone beds exceed 50cm, an increase of the GSI value by 5 is suggested. From type IV and the following types, the stratification planes are perpendicular inside the siltstone mass. Locate the position in the box that corresponds to the conditions and estimate the average value GSI from the contours. The determination of the structure and the condition of discontinuities may range between two adjacent fields. Note that the Rock - blown criterion does not apply to structurally controlled failures. Where undisturbed oriented continuous weak shear discontinuities are present, these will dominate the behaviour of the rock mass. The strength of some rock masses is reduced by the presence of groundwater and this can be allowed for by a slight shift to the right in the columns for fair, poor and very poor conditions. Water pressure does not change the value of GSI and it is dealt with by using effective stress analysis.

**STRUCTURE AND COMPOSITION**

<b>TYPE I.</b> Undisturbed, with thick to medium thickness sandstone beds with sporadic thin films of siltstone-in-stallop (slopes or dips, where confinement is poor) the usage of the value has a schematic character: contoured "in-situ bedding planes and GSI is meaningless	<b>TYPE II.</b> Undisturbed massive siltstone (stratification planes are imperceptible), with sporadic thin interlayers of sandstones
<b>TYPE III.</b> Moderately disturbed sandstones with thin films of interlayers of siltstone	<b>TYPE IV.</b> Moderately disturbed rockmass with sandstone and siltstone similar amounts
<b>TYPE V.</b> Moderately disturbed siltstones with sparse sandstone interlayers	<b>TYPE VI.</b> Moderately disturbed siltstones with sparse sandstone interlayers
<b>TYPE VII.</b> Strongly disturbed, folded rockmass that retains its structure, with sandstone and siltstone in similar extent	<b>TYPE VIII.</b> Strongly disturbed, folded rockmass, with siltstone and sandstone mixtures. The structure is retained and deformation - shearing is not strong
<b>TYPE IX.</b> Deintegrated rockmass that can be found in wide zones of faults or/and of high weathering. In this type mainly brittle material is present, with some disturbed siltstones between rock pieces	<b>TYPE X.</b> Tectonically deformed intensely folded, tauter siltstone or clay shale with broken and deformed sandstone layers forming an amorphous structure
<b>TYPE XI.</b> Tectonically strongly sheared siltstone or clayey shale forming a chaotic structure with pockets of clay. This layers of sandstone are transformed into small rock pieces. Ultimately the ground behavior is that of a soil	

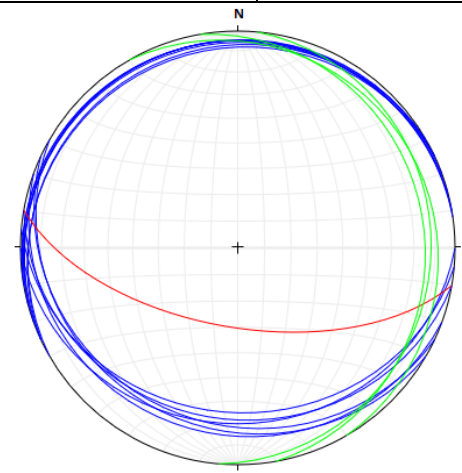
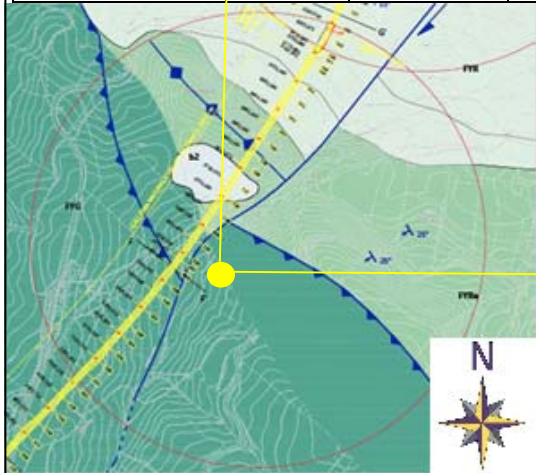
**QUALITY OF DISCONTINUITIES**

VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Slightly weathered or oxidized surfaces	FAIR Moderately weathered and altered surfaces	POOR Very smooth, occasionally disintegrated surfaces with compact coatings or fillings with angular fragments	VERY POOR Highly irregular, interlocked or highly weathered surfaces with soft clay coating or fillings
---	---	---	---	--

**DECREASE OF THE QUALITY OF DISCONTINUITIES**

**FYG**

FORMAZIONE	GSI	RMI	GRADO DI ALTERAZIONE	QUALITA'
FYG	30	0.01	W5	SCADENTE




**SCHEDA RIASSUNTIVA DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE MESO-STRUTTURALI DELLA FORMAZIONE FLYSHOIDE FYG**

In alto viene riportata una foto di un affioramento del FYG alla quale è stata affiancata una scheda comparativa da HOECK and MARINOS 2000, usata per la determinazione del parametro GSI.  
In basso si riporta uno stralcio della Carta Geologica contenente l'ubicazione dell'indagine con affianco le proiezioni delle ciclografiche. In blu viene rappresentata la stratificazione, in verde gli assi delle pieghe, mentre in rosso viene rappresentato il sovrascorrimento.

PROGETTAZIONE ATI:

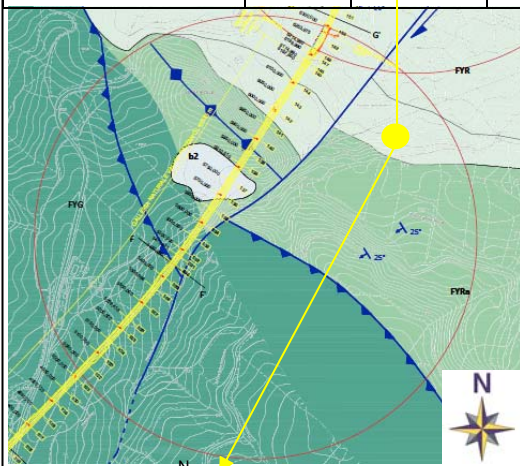
**SCHEDA GEOSTRUTTURALE DELLA FORMAZIONE FLYSHOIDE "FYR"**



**GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)**  
From the lithology structure and surface conditions of the discontinuities estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to celerocrustion as a result of changes in moisture content will be reduced in winter is present. When working with rocks in the low to very low categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure in depth will be effective stress in dry.

STRUCTURE	VERY GOOD Very tough, fresh unweathered surface	GOOD Rough, slightly weathered, non-stalact surfaces	Fair Smooth, moderately weathered and altered surface	POOR Rough, highly weathered, surfaces with irregular coatings or fillings or angular fragments	VERY POOR Disintegrated, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	60	50
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70	60	50	40
VERY BLOCKY - interlocked, serially distributed mass with multi-sorted angular blocks formed by 4 or more joints sets	70	60	50	40	30
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - bedded with a regular blocks formed by more intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60	50	40	30	20
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50	40	30	20	10
LAMINATE/DIFFERENTIAL - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or other planes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

FORMAZIONE	GSI	RMi	GRADO DI ALTERAZIONE	QUALITA'
FYR	38	0.1	W3	MEDIOCRE

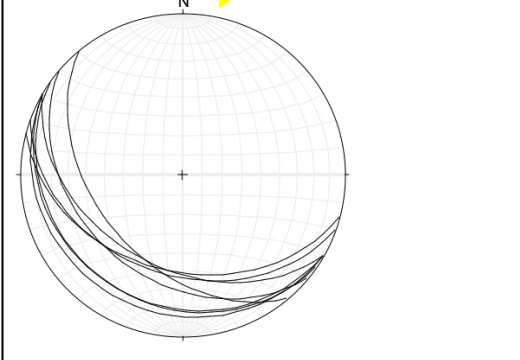


**SCHEDA RIASSUNTIVA DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE MESO-STRUTTURALI DELLA FORMAZIONE FLYSHOIDE FYRa**

In alto a sinistra viene riportata una foto del FYRa alla quale è stata riportata una scheda comparativa da HOECK and MARINOS 2000, usata per la determinazione del parametro GSI.

Di fianco viene riportata uno stralcio della Carta Geologica contenente l'ubicazione dell'indagine.

In basso viene riportata una proiezione delle ciclografiche rappresentative della stratificazione immergente verso sud-ovest con inclinazione di circa 35°.



PROGETTAZIONE ATI:

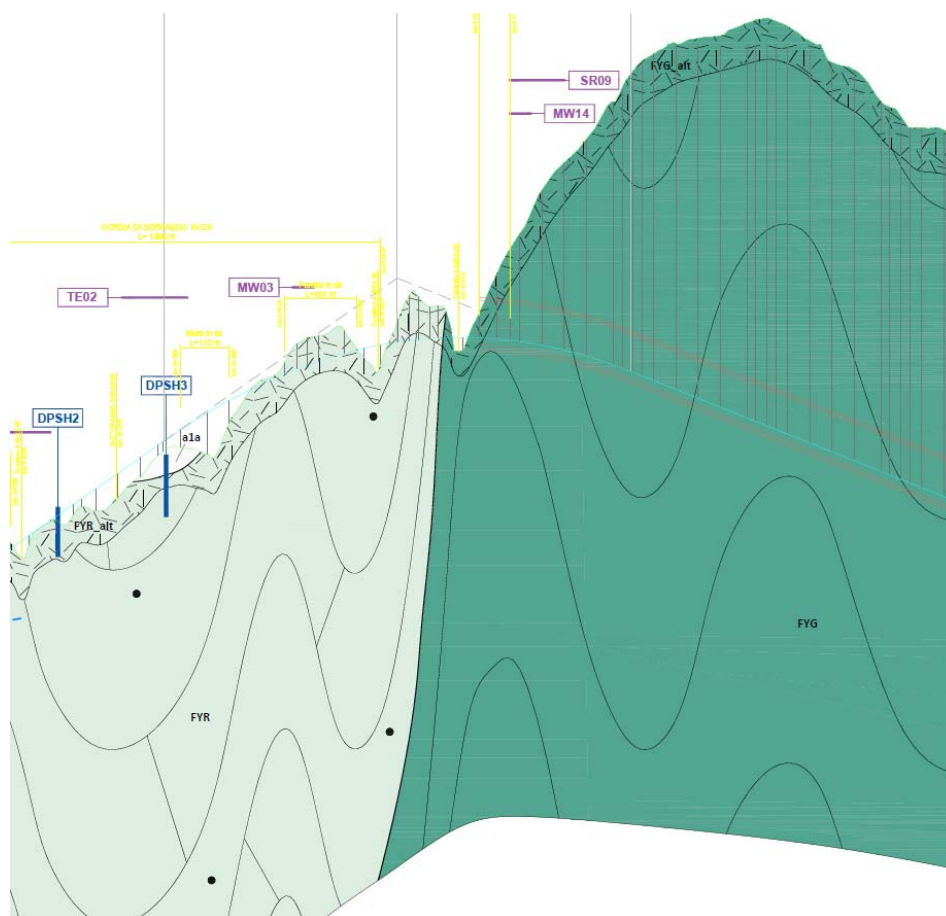
## **9. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO**

Sulla base del modello geologico di riferimento definito alla luce del rilevamento di terreno e dei risultati della campagna di indagini geognostiche, rappresentato negli elaborati cartografici, cui si rimanda per maggiori dettagli ed illustrato nei capitoli precedenti, viene di seguito descritto l'assetto geologico-strutturale-stratigrafico e le caratteristiche litotecniche dei litotipi lungo il tracciato stradale in progetto, coincidente con l'alternativa 3.1.

Per quanto riguarda i litotipi intercettati dal tracciato stradale, quelli che rivestono una elevata rilevanza progettuale sono sicuramente le litologie flyschoidi appartenenti alle varie unità tettoniche appenniniche ed i depositi argilloso-siltosi del Sintema di Tolve-Subsintema di Acerenza, in quanto si tratta dei litotipi maggiormente interferiti, poichè complessivamente interessano il tracciato stradale per oltre il 75% e che saranno intercettati dalle opere d'arte maggiori, ovvero dalla galleria naturale ed artificiali, nonché dai viadotti.

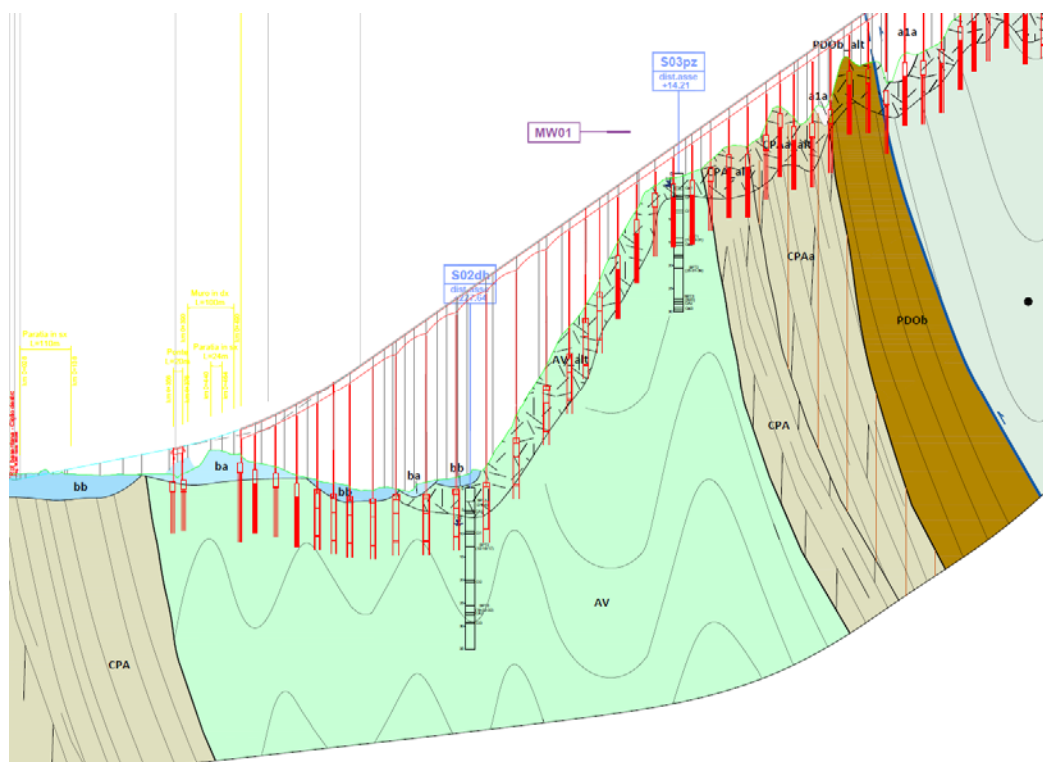
Iniziando con i **litotipi flyschoidi**, essi presentano caratteristiche litotecniche molto variabili e nel complesso, mediamente scadenti in corrispondenza delle fasce di tettonizzate, che per effetto delle strutture sia plicative che fragili presenti risultano potenzialmente diffuse, più scadenti in superficie, dove i litotipi si presentano notevolmente allentati, in quanto alterati e fessurati; in tal caso, è stato verificato anche attraverso i carotaggi eseguiti nella presente fase progettuale, come tale livello alteritico-alterato sia pressoché costante e spinto alle profondità massime di 7-8 m, in tal caso si presentano con valori medio-bassi in termini resistenza e deformabilità e possono essere plastici, in presenza di abbondante frazione argillitica. Più in profondità, le caratteristiche geotecniche aumentano sensibilmente, in quanto si passa ad un substrato mediamente più compatto, il quale può essere costituito prevalentemente da frazione argillitica o in alternativa prevalentemente litoide. In particolare, nel primo caso, si ha a che fare con argille, argilliti-marnose, argille-marnoso-siltose e marne, con intercalazioni calcaree, marnoso-calcaree e calcarenitiche; diversamente, nel secondo caso, si tratta di prevalenti arenarie, calcareniti, calcari-marnosi, marne-calcaree e calcari, con subordinate marne e argille-marnose e intercalazioni argillitico-siltose.

Con riferimento alle unità geologiche intercettate dal tracciato stradale, sono di natura prevalentemente litoide i litotipi del "Flysch Galestrino" (FYG), della "Formazione di Corleto-Porticara" (CPA) e della "Formazione di Paola Doce" (PDOb). Più precisamente, i primi sono intercettati da un esteso tratto di scavo della galleria naturale "Valico Pazzano", compreso tra le p.k. 4+000 e p.k. 6+200 circa, interessando anche la galleria artificiale all'imbocco sud, mentre le altre due formazioni sono intercettate dal "Viadotto Vallone Tricarico", circa tra le p.k. 1+500 e p.k. 1+800; si aggiungono, infine, i litotipi della "Formazione di Serra Palazzo" (PAA3), ma di scarsa rilevanza progettuale, in quanto affioranti nell'ultima parte del tracciato prima del "Tratto in adeguamento" e lungo quest'ultimo, dove il tracciato si sviluppa su quello esistente.



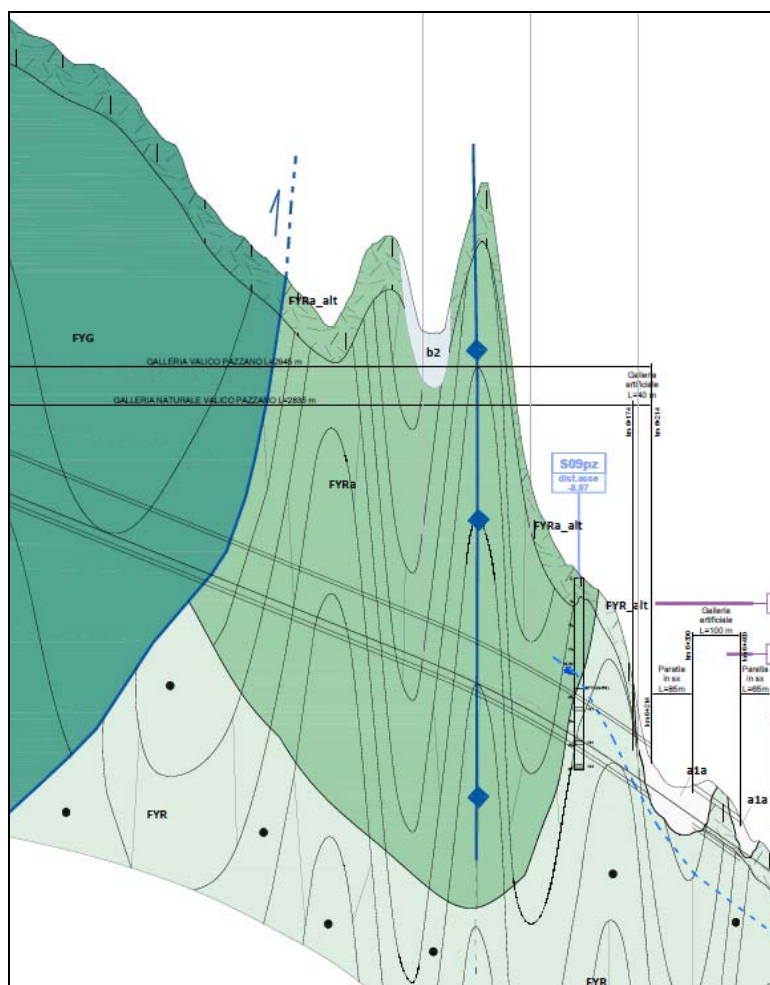
**Figura 9-1 – Stralcio del Profilo geologico riportante un tratto della Galleria Naturale, zona Imbocco Sud, con interferenza durante lo scavo della presenza del Flysch del Galestrino (FYG)**

Diversamente, tutte le restanti formazioni flyshoidi, interferenti con il tracciato, sono caratterizzate da una prevalente componente argillitica (FYR e AV), fermo restando la facies calcareo-clastica del Flysch Rosso (FYRa), posta in contatto tettonico (sovrascorrimento) con il FYG e la quale sarà potenzialmente interferente con la quasi totalità della restante porzione della “Galleria di Valico Pazzano”, compresa tra p.k. 5+300 e p.k. 6+040 circa. Nello specifico della componente argillitica flyshoide, la stessa potrà essere intercettata oltre che dalla parte restante dal “Viadotto Vallone Tricarico” e dalla Galleria, da tutte le restanti opere previste nel primo tratto di tracciato entro la p.k. 6+930, compresa la spalla sud del Viadotto Vallone Cerro, ovvero fino al passaggio al dominio dei terreni pliocenici, cui si passa per sovrascorrimento.



**Figura 9-2 – Stralcio del Profilo geologico con riferimento alla porzione di tracciato del Viadotto Vallone Tricarico**

Chiaramente, considerata l'eterogeneità litologica delle formazioni flyshoidi, la suddetta differenziazione in litotipi prevalentemente litoidi e argillitici non implica una netta suddivisione in due diverse unità geotecniche, ma più semplicemente si riferisce a quella che è la composizione prevalente dei litotipi intercettati dai vari tratti stradali; questi ultimi, infatti, potranno o meno essere caratterizzati da un maggiore componente litoide o argillitica, che, dunque, influiranno sul comportamento geotecnico complessivo. Infatti, ad esclusione della porzione alteritica superficiale, ovvero nell'ambito del substrato compatto, i litotipi a grana fine presentano un grado di consistenza molto elevato e plasticità da bassa a media, mentre quelli litoidi, si presentano da moderatamente ad altamente fratturati e da poco a moderatamente alterati. Dunque, il rapporto quantitativo tra la componente litoide e argillitica determinerà la tendenza verso un certo comportamento geotecnico, il quale, considerata l'elevata eterogeneità litologica dei Flysch, anche nell'ambito di una singola formazione, andrà valutato per i singoli tratti, facendo riferimento alle indagini puntuali e agli esiti del rilevamento litotecnico di terreno a scala di versante.

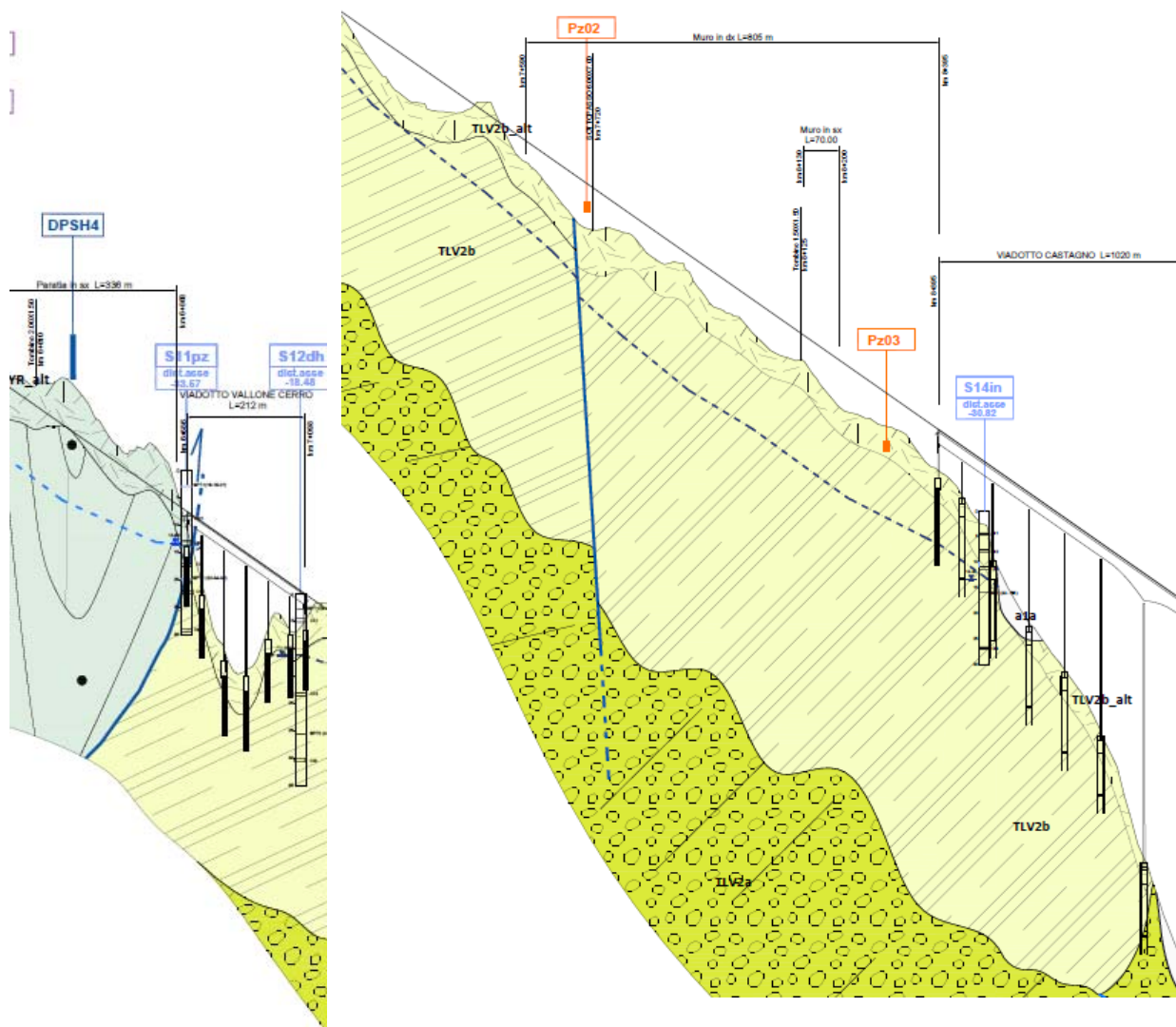


**Figura 9-3 – Tratto terminale della Galleria naturale Valico Pazzano con potenziale presenza della facies calcareo-clastica del Flysch Rosso (FYRa) e dello stesso Flysch in corrispondenza dell'imbocco Nord.**

Tuttavia, la composizione litologica prevalente influirà anche sul comportamento idrogeologico prevalente, ovvero sul grado idrogeologico, che potrà essere basso, in caso di dominante componente argillitica o al limite medio-basso, in caso di abbondante frazione litoide; infatti, anche in caso di abbondante frazione litoide, la presenza delle intercalazioni poco permeabili, che si ritrovano sotto forma di una fitta alternanza, inibisce la circolazione idrica. Infatti, in genere, solo nella porzione alteritica possono formarsi effimeri e temporanei accumuli idrici sospesi, in occasione degli eventi/periodi piovosi più abbondanti. Tuttavia, accumuli idrici profondi possono formarsi lungo le fasce di fratturazione, ovvero a cavallo delle strutture tettoniche; di conseguenza, sarà da affrontare con elevata attenzione lo scavo compreso tra le p.k. 5+400 e p.k. 5+700, data la presenza un sovrascorrimento orientato trasversalmente rispetto alla direzione di scavo e dislocato da una struttura da una faglia trascorrente sinistra, orientata circa parallelamente rispetto alla direzione di scavo.

In considerazione di tali valutazioni, si raccomanda un maggior approfondimento nelle fasi progettuali successive, nella definizione dell'andamento della possibile/possibili circolazioni sotterranee associate alle formazioni flyshoidi interferenti con gli scavi.

Come accennato in precedenza, anche i **depositi argilloso-siltosi** del Sintema di Tolve-Subsintema di Acerenza, rivestono un'elevata rilevanza progettuale, in quanto intercettati dal tracciato stradale per oltre 5Km, tra le p.k. 6+930 e p.k. 12+000, dunque, costituendo la base fondale di numerose opere, tra le quali il Viadotto Mezzanelle e della gran parte dei viadotti Castagno (in parte fondato su litofacies sabbioso-arenaceo-conglomeratiche) e di buona parte del Vallone Cerro (come visto in precedenza la spalla sud di quest'ultimo è impostata nel Flysch Rosso).



**Figure 9-1 – Stralci del Profilo geologico inerente la porzione di tracciato interferente con la litologia TLV2b e visibile fino al versante in destra idrografica del T. Castagno.**

PROGETTAZIONE ATI:

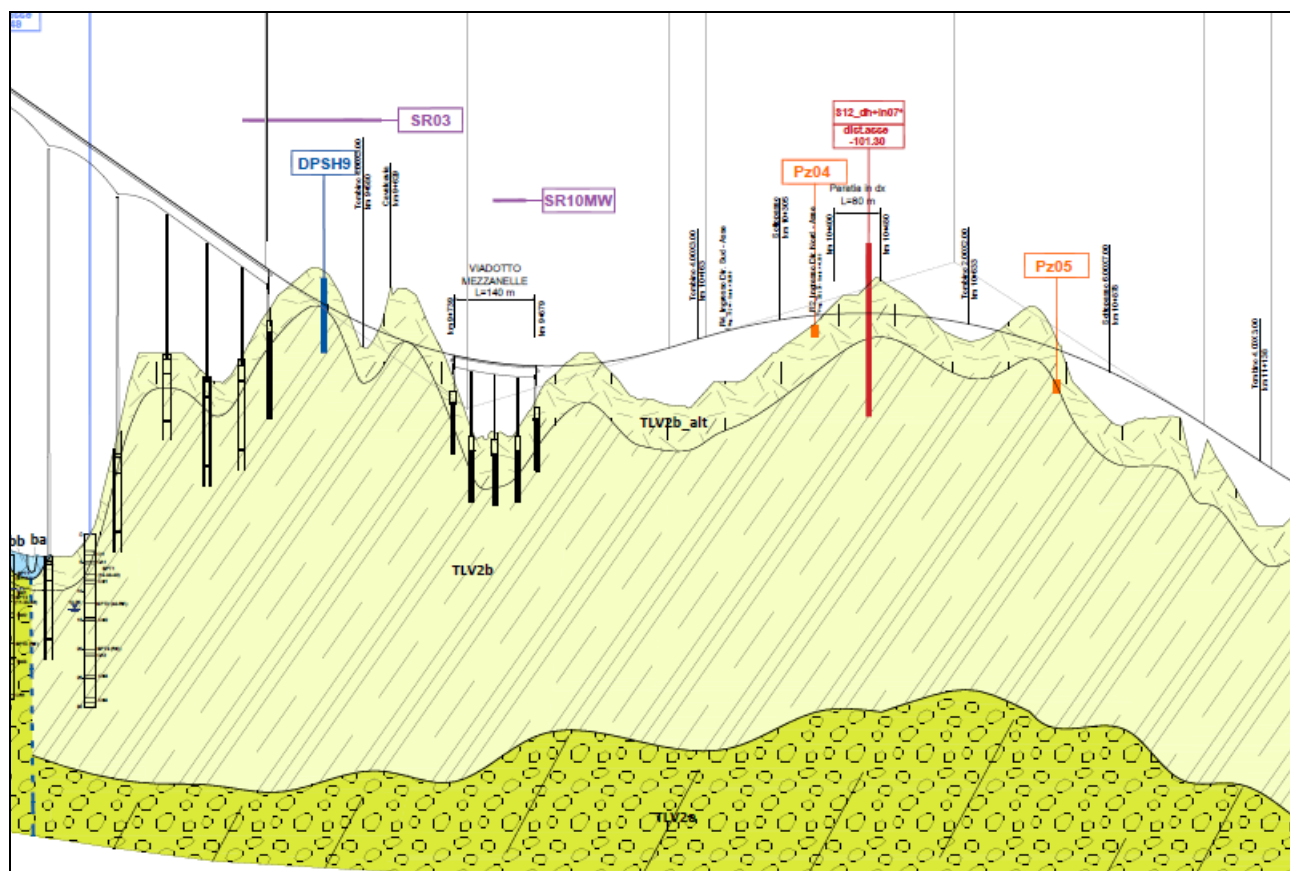


Figura 9-4 – Stralcio del Profilo Geologico rappresentante la porzione di tracciato successiva al T. Castagno e interferente con la litologia TLV2b

Inoltre, anche lungo il "Tratto in adeguamento" depositi argilloso-siltosi sono presenti per oltre 3Km, in quanto presenti dalla p.k. 14+300 fino alla fine del tracciato e sono in tal caso associati alla formazione delle "Argille subappennine (ASP), stavolta, però con scarsa rilevanza progettuale, considerato che in tal caso è previsto semplicemente un adeguamento della sede stradale esistente.

In particolare, si tratta dei litotipi identificati dalla sigla "TLV2b" nella carta geologica e consistenti in depositi argilloso-siltosi pliocenici, che disegnano morfologie collinari dalle forme generalmente gibbose ed arrotondate, che con le loro pendenze naturali rispecchiamo le caratteristiche di resistenza ed erodibilità dei materiali costituenti.

Così come emerso dalle osservazioni di campagna e dalle indagini geognostiche, la formazione presenta proprietà geotecniche scadenti negli spessori superficiali, che costituiscono la coltre di alterazione entro la quale i litotipi si presentano degradati, allentati e fessurati con colorazione bruno giallastra.

Le caratteristiche divengono migliori procedendo man mano in profondità, dove i litotipi in esame presentano buona consistenza.

La permeabilità è medio-bassa nella parte superficiale con ulteriore riduzione procedendo in profondità, e la resistenza all'erosione è scarsa, così come dimostra la diffusa presenza di forme calanchive nell'intera area in esame.

Da un punto di vista geotecnico, si tratta di materiali puramente coesivi, dotati di buona consistenza, i quali si presentano per lo più da mediamente a molto plastici e da consistenti a



molto consistenti, come detto ad esclusione della coltre superficiale allentata e degradata; di conseguenza, si tratta di litotipi soggetti a cedimenti a lungo termine.

Inoltre, i litotipi in esame sono associati a diffuse condizioni di criticità e pericolosità geomorfologica, legate alle scadenti caratteristiche delle coltri superficiali soggetti sia a fenomeni di *creep* e dissesto superficiale a decorso stagionale, sia a fenomeni franosi per scorrimento e complessi (scorrimenti che evolvono in colamenti, così come avviene in corrispondenza del Viadotto Cerro o nel tratto interessato dal Viadotto Castagno).

Come accennato in precedenza, il Viadotto Castagno è in parte fondato su litotipi sabbioso-arenaceo-conglomeratici. Questi ultimi appartengono sempre al Sintema di Tolve-Subsintema di Acerenza, nell'ambito del quale sono identificati dalla sigla (TLV2a) ed affiorano per circa 150 in sinistra del Torrente Castagno, costituendo anche in parte il substrato dei depositi alluvionali di fondovalle, i quali mascherano un contatto tettonico con la suddetta litofacies argilloso-siltosa (TLV2b).



**Foto 9-1 – Evidenza di faccette triangolari poste in sinistra idrografica del T. Castagno a dimostrazione di una potenziale struttura fragile posta in corrispondenza dello stesso torrente causando la dislocazione della facies TLV2b rispetto alla TLV2a riscontrata sul versante in destra idrografica.**

Da un punto di vista litotecnico, si ha a che fare con depositi discretamente costipati a permeabilità complessivamente medio-elevata, che presentano una moderata resistenza all'erosione ovvero si tratta di terreni a comportamento geotecnico prevalentemente incoerenti, che si presentano da moderatamente addensati ad addensati.

Oltre che nel tratto appena descritto, affioramento significativi di litotipi sabbioso-arenaceo-conglomeratici sono presenti solo nel "Tratto in adeguamento" e sono associati in parte al Subsintema di Acerenza (TLV2a) ed in parte al Subsintema di Potenza (TLV1a); in tal caso, però, rivestono scarsa rilevanza progettuale, poiché il tracciato si sviluppa su quello esistente. Inoltre, caratteristiche simili a quelle dei depositi sabbioso-arenaceo-conglomeratici pleistocenici presentano i depositi appartenenti al "Sintema di Torre dell'Oppido" (TPD), presente nell'ultima parte del tratto in adeguamento (stratigraficamente al di sopra delle "Argille subappennine"), dove è rappresentano da depositi da conglomeratico-sabbiosi a siltoso-sabbiosi; anche in tal caso, si ha una scarsa rilevanza progettuale.

Infine, da un punto di vista idrogeologico, i litotipi sabbioso-arenaceo-conglomeratici, in virtù del loro grado di permeabilità, sono sede di potenziale falda acquifera, con maggiore probabilità di interferenza in corrispondenza del fondovalle T. Castagno associato al Viadotto omonimo, così come si evince dal profilo geologico.

PROGETTAZIONE ATI:

Passando ai depositi di natura alluvionale, quelli che rivestono rilevanza progettuale sono quelli attuali (ba) e recenti (bb), i quali presentano caratteristiche molto variabili, trattandosi di materiali molto eterogenei, da ghiaioso-sabbiosi (con matrice da sabbiosa a sabbioso-limoso-argillosa ed abbondanti blocchi) a limoso-argilloso-sabbiosi, lungo successioni caratterizzate da una grossolana stratificazione suborizzontale, con rapide e spiccate eteropie di *facies* sia laterali che verticali; la permeabilità è variabile a seconda della granulometria ed è complessivamente medio-elevata; il contatto con le unità basali è erosivo e irregolare. Nel complesso, si tratta di depositi prettamente incoerenti (debolmente coesivi in presenza di abbondante matrice fine), che si presentano da sciolti a poco addensati verso l'alto stratigrafico e moderatamente addensati più in profondità.

I depositi di natura alluvionale attuali e recenti, sono intercettati nella prima parte del tracciato stradale, ovvero in corrispondenza dello Svincolo Vaglio Zona Industriale, lungo la valle del Fiume Basento, dove presentano spessore variabile da 3m a 5m, con il substrato costituito dalla formazione argillitica delle "Argille Varicolori (AV). I depositi alluvionali verranno, inoltre, intercettati lungo la valle del Torrente Castagno, dove è prevista la realizzazione dell'omonimo viadotto; in tal caso, lo spessore è dell'ordine di circa 3-4m ed il substrato è rappresentato dai litotipi del Subsistema di Acerenza. Infine, di scarsa rilevanza progettuale sono i depositi alluvionali intercettati nell'ultimo tratto stradale prima del "Tratto in adeguamento", dove il progetto si sviluppa sulla sede stradale esistente, la quale intercetta i depositi di fondovalle del Torrente Cirifuolo di ridotto spessore, che verso le progressive crescenti, si interdigitano con quelli della valle del Torrente Alvo. Dal punto di vista idrogeologico, i depositi alluvionali costituiscono un importante complesso idrogeologico, sede di acquiferi sostenuti inferiormente dalle sequenze flyshoidi o dai depositi argilloso-siltosi pliocenici, alimentato principalmente dalle precipitazioni dirette e dalle infiltrazioni in alveo dei corsi d'acqua. La profondità della falda dipende dalla distanza dall'asse vallivo, dove viene a subaffiorare, con l'andamento del tetto segue grosso modo quello topografico. In generale, valori di profondità più bassi si registrano in corrispondenza ed in prossimità delle aree golenali dei torrenti, ovvero nelle aree più depresse.

Per quanto riguarda la falda acquifera si è deciso di non riportare un andamento continuo, sia per effetto delle caratteristiche litologiche dei litotipi rappresentati che per l'assetto geostrutturale locale che influisce incisivamente nella definizione della circolazione idrica sotterranea preferenziale. A tal riguardo si auspica uno studio di approfondimento da realizzarsi nelle fasi progettuali successive. In tal senso, per una migliore valutazione di tale assetto si rimanda al profilo geologico redatto.

Ultima tipologia di depositi intercettati dal tracciato stradale è rappresentata dalle coperture di versante associate ai depositi di frana (a1a e a1b), i quali sono intercettati localmente lungo l'intero tracciato stradale. Coperture di frana sono intercettate localmente lungo il Viadotto Vallone Tricarico, nel comparto compreso tra quest'ultimo e la galleria, precisamente tra le p.k.2+500 e 2+650, nel tratto successivo all'imbocco Sud della stessa Galleria naturale ed infine, nell'ultima parte del tracciato che precede il "Tratto in adeguamento, in quest'ultimo caso, con scarsa rilevanza progettuale. Per quanto riguarda le caratteristiche litotecniche, si tratta di materiali da sabbioso-limosi a limoso-argillosi, a seconda dei litotipi prevalenti affioranti, con clasti immersi, di dimensioni eterometriche fino a quelle dei blocchi; tali terreni, caratterizzati da spessori massimi dell'ordine di pochi metri, si presentano poco consistenti, da poco plastici a plastici, facilmente erodibili e con permeabilità variabile e generalmente bassa; complessivamente, le caratteristiche geotecniche sono molto scadenti. Infine, da un punto di vista idrogeologico, i litotipi in esame possono essere sede solo localmente di effimeri accumuli idrici temporanei e sospesi, sostenuti inferiormente dal substrato argilloso-siltoso pliocenico o flyshoide a bassa permeabilità.

## **10. CONCLUSIONI**

Il presente elaborato è stato redatto sulla base di rilievi geologici e geomorfologici di campagna, studio di foto aeree e risultati di indagini geognostiche.

In particolare le indagini eseguite sono consistite in: n. 10 sondaggi geognostici, con esecuzione di prove in foro e prelievo di campioni di laboratorio, n. 6 installazioni di piezometri, n. 2 installazioni di inclinometri, n. 10 tomografie sismiche a rifrazione, n. 12 prospezioni geofisiche MASW, n. 6 tomografie geoelettriche, n. 2 prospezione geofisica *down-hole*, n. 9 prove penetrometriche superpesanti di tipo DPSH e n. 10 pozzetti esplorativi.

Dal punto di vista geologico, così come si evince dalla cartografia geologica e dal profilo geologico, l'area in esame si suddivide in due principali comparti, nei quali affiorano, rispettivamente, formazioni geologiche marine di età compresa tra il Cretacico inferiore ed il Miocene e tra il Miocene ed il Pleistocene inferiore, alle quali, in entrambi i casi, si aggiungono depositi continentali di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene.

In particolare, l'alternativa di tracciato selezionata presenta un primissimo tratto di fondovalle impostato nei depositi alluvionali recenti del Fiume Basento, sui quali si fonda lo svincolo che collega il tracciato in progetto con la statale esistente. Procedendo verso le progressive crescenti, il Viadotto Vallone Tricarico risale i rilievi collinari presenti in sinistra idrografica del Fiume Basento, impostati interamente in litotipi flyshoidi ("Gruppo della Argille Variegata", "Formazione di Corleto-Porticara", "Formazione di Paola Doce" e "Flysch Rosso"). Questi ultimi sono interessati anche dallo scavo della galleria "Valico di Pazzano", che in particolare per i primi 2,2 km circa intercetta il "Flysch del Galestrino", costituito da fitte alternanze argillitico-calcaree, passando con contatto tettonico, di tipo sovrascorrimento, alla formazione del "Flysch Rosso", costituita per circa 500m dalla facies calcareo-clastica e per i restanti 240m sempre dai precedenti litotipi argillitici con intercalazioni calcareo-arenacee. I litotipi flyshoidi interessati dal tratto in galleria per la gran parte dello scavo non sono interessati da strutture tettoniche di rilievo ad eccezione del tratto corrispondente alla p.k. 6+250 circa, dove passa un sovrascorrimento orientato trasversalmente rispetto all'asse viario, in corrispondenza del quale è da considerare la presenza di una spessa fascia di intensa fratturazione, data anche la contemporanea presenza di una struttura estensionale orientata circa parallelamente rispetto al tracciato. Superato il tratto in galleria, il "Flysch Rosso" è presente anche per i successivi 700 m circa, oltre i quali si ha il passaggio al comparto del tracciato stradale impostato nei depositi pliocenici; tale passaggio avviene lungo un sovrascorrimento, oltre il quale si passa ai litotipi argilloso-siltosi del "Sintema di Tolve-Subsintema di Acerenza" (TLV2b), i quali sono intercettati per quasi 5Km dal tracciato, costituendo la base fondale del "Viadotto Vallone Cerro", del "Viadotto Contrada Pazzano", del "Viadotto Torrente Castagno" e del "Viadotto Tolve", oltre ad essere intercettati dalla "Galleria artificiale 4". Solo in destra idrografica del Torrente Castagno per circa 150m sono intercettati i depositi sabbioso-arenaceo-conglomeratici della litofacies TLV2a, sui quali fonda, dunque, parte del "Viadotto Castagno". Inoltre, quest'ultimo bypassa la valle dell'omonimo torrente, lungo il cui fondovalle per circa 90m in direzione del tracciato sono presenti depositi alluvionali di fondovalle (ba). Nell'ultimo tratto precedente il "Tratto in adeguamento", il tracciato stradale intercetta sia litotipi sabbioso-arenaceo-conglomeratico pliocenici ("Subsintema di Potenza"), sia litotipi flyshoidi prevalentemente arenaceo-calcarei ("Formazione di Serra Palazzo" e "Membro di Pantano dei Gamberi), con locali coperture alluvionali e di frana antica, ma con scarsa rilevanza progettuale, non essendo previste lavorazioni di rilievo. Infine, nel tratto di adeguamento della SP123, che ha inizio con il Viadotto Cirifuolo (esistente) che bypassa la valle del Torrente Alvo, affiorano formazioni geologiche marine di età compresa tra il Miocene ed il Pliocene medio-superiore, diffusamente ricoperte da depositi continentali di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene. In particolare, procedendo da sud, un primo tratto si sviluppa in destra idrografica del Torrente Alvo, intercettando i litotipi arenacei della "Formazione di Serra Palazzo", ricoperti da "Depositi di frana" (a1a) e dai depositi alluvionali (ba e bb) del Torrente Alvo; verso nord, il

PROGETTAZIONE ATI:

tracciato intercetta per circa 800 m il "Subsistema di Acerenza", costituito in parte da depositi sabbioso-arenaceo-conglomeratici ed in parte da depositi argilloso-siltosi; questi ultimi sono presenti anche successivamente e fino alla fine del tracciato, essendo presente la formazione delle "Argille subappennine", ricoperta per estesi tratti da terrazzi alluvionali ascrivibili al "Supersistema del Fiume Bradano".

I rapporti laterali e verticali tra le singole unità geologiche sono rappresentati sul profilo geologico, sul quale sono anche riportate le opere principali e minori, le indagini eseguite e la profondità di progetto della falda.

Alla luce dell'assetto geologico rilevato lungo il tracciato stradale in progetto, i litotipi che rivestono rilevanza progettuale sono sicuramente le litologie flyschoidi appartenenti alle varie unità tettoniche appenniniche ed i depositi argilloso-siltosi del Sistema di Tolve-Subsistema di Acerenza, in quanto si tratta dei litotipi maggiormente interferiti, poiché complessivamente interessano il tracciato stradale per oltre il 75% e che saranno intercettati dalle opere d'arte maggiori, ovvero dalla galleria naturale ed artificiali, nonché dai viadotti.

Infine, per quanto riguarda i tratti all'aperto, i piani di posa dei rilevati fonderanno su litotipi flyschoidi e su litotipi argilloso-siltosi (solo subordinatamente sui litotipi arenaceo-conglomeratico-sabbiosi) ed in base ai riscontri geognostici potranno essere realizzati previa asportazione dell'intero spessore della coltre di terreno vegetale, con cedimenti che avranno una entità ed un decorso per lo più nel lungo termine.

Dal punto di vista geomorfologico, come si evince dalla cartografia geomorfologica redatta a supporto del presente studio e così come confermato dal PAI, l'area studiata è interessata da diffuse criticità geomorfologiche, che in differente misura interessano le diverse alternative di tracciato studiate ed infatti, l'aspetto geomorfologico rappresenta uno dei principali motivi nella scelta dell'alternativa selezionata. Nonostante ciò, considerata le caratteristiche dell'area, che come visto è altamente predisposta a fenomeni franosi e la notevole estensione del tracciato, inevitabilmente quest'ultimo intercetta alcune aree in dissesto. In particolare, in corrispondenza del "Viadotto Vallone Tricarico" il tracciato intercetta corpi franosi per estesi tratti. Tuttavia, si tratta di fenomeni franosi consistenti in fenomeni di soliflusso e colamenti, i quali seppur in stato attivo non costituiscono criticità geomorfologiche impattanti, trattandosi di fenomeni del tutto superficiali.

Procedendo verso le progressive crescenti, sono stati rilevati due fenomeni franosi complessi in corrispondenza della galleria artificiale presente immediatamente oltre l'imbocco nord della Galleria Valico Pazzano. In particolare, il fenomeno più esteso è compreso circa tra le p.k. 6+950 – 7+150 e consiste in un corpo franoso attivo esteso in direzione monte-valle (NW-SE) per oltre 500m, quello successivo è identificato da un fenomeno gravitativo tra le p.k. 7+160 – 7+230, con una potenziale tendenza evolutiva più rapida. Tuttavia, in questa prima fase progettuale saranno previste una serie di paratie ubicate lato monte atte a mitigare i fenomeni e proteggere futura strada.

Altri fenomeni di scivolamento attivi sono presenti in corrispondenza del Viadotto Cerro, cinematisimi che si innescano per una serie combinati di fattori morfologici e geologici, per i quali ai processi erosivi in atto prevale la presenza di un sovrascorrimento che avrà sicuramente influenzato le caratteristiche scadenti delle litologie interessate.

Per quanto riguarda il PAI, il tracciato in progetto intercetta aree a rischio idrogeologico elevato (R3), medio (R2) e moderato (R1), nelle quali tutti gli interventi sono stati progettati cercando di arrecare il minor disturbo possibile all'assetto morfologico e idrogeologico esistente.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici, secondo la documentazione PAI, il tracciato stradale in progetto, così come la viabilità esistente, non interessa aree a rischio idraulico e nelle aree di fondovalle, la livelletta rimane a quote di sicurezza idraulica.

Passando agli aspetti idrogeologici, alla luce degli approfondimenti eseguiti nella presente fase progettuale, è possibile stabilire come lungo la gran parte del tracciato, i lavori potranno non interferire con la falda acquifera. Fanno eccezione i brevi tratti impostati nei depositi alluvionali, dove è prevista la realizzazione di fondazioni profonde e lo scavo della galleria "Valico Pazzano".

Infatti, nel primo caso, i depositi alluvionali sono sede di acquiferi sostenuti inferiormente dalle sequenze flyshoidi o dai depositi argilloso-siltosi pliocenici e nei quali la profondità della falda dipende dalla distanza dall'asse vallivo, dove viene a subaffiorare, con l'andamento del tetto segue grosso modo quello topografico. Nel secondo caso, sarà da affrontare con elevata attenzione lo scavo di galleria compreso tra le p.k. 6+200 e p.k. 6+400, data la presenza un sovrascorrimento orientato trasversalmente rispetto alla direzione di scavo e dislocato da una struttura da una faglia trascorrente sinistra, orientata circa parallelamente rispetto alla direzione di scavo; infatti, in tale zona si suppone siano presenti litotipi flyshoidi altamente fratturati e pertanto sede di accumuli idrici, che tuttavia, saranno facilmente gestibili.

Ad ogni modo, considerata la potenziale variabilità per effetto delle litologie presenti e soprattutto per l'assetto geostrutturale presente, sarà indispensabile produrre un approfondimento della ricostruzione dell'assetto idrogeologico locale, anche attraverso l'esecuzione di nuove indagini dirette ed indirette, da realizzarsi nelle fasi progettuali successive.

Infine, da un punto di vista sismico, l'areale di progetto si inserisce in un contesto di medio-alta pericolosità. In ottemperanza alle NTC 2018, sono state eseguite numerose prospezioni geofisiche (MASW e down-hole) finalizzate alla definizione della Vsequivalente, ovvero alle categorie di sottosuolo, tra le quali, sono state identificate la "C" e la "B". Inoltre, in caso di evento sismico, non sono attesi fenomeni di instabilità, ovvero modificazioni permanenti del terreno, quali fenomeni di liquefazione o densificazione, fagliazione superficiale, ecc., ovvero dalla valutazione della pericolosità sismica locale, l'areale di progetto risulta caratterizzato da un comportamento sismico omogeneo per estesi tratti e non soggetto a fenomeni di amplificazione locale del moto sismico, legati alle condizioni lito-stratigrafiche. Solo nei limitati tratti di fondovalle, ulteriori approfondimenti geognostici da eseguire nelle fasi progettuali successive, saranno utili al fine di escludere la possibilità che possano verificarsi fenomeni di liquefazione nei depositi alluvionali. In conclusione, fermo restando le indicazioni e prescrizioni fornite nel presente elaborato, si esprime parere geologico favorevole alla realizzazione del progetto.