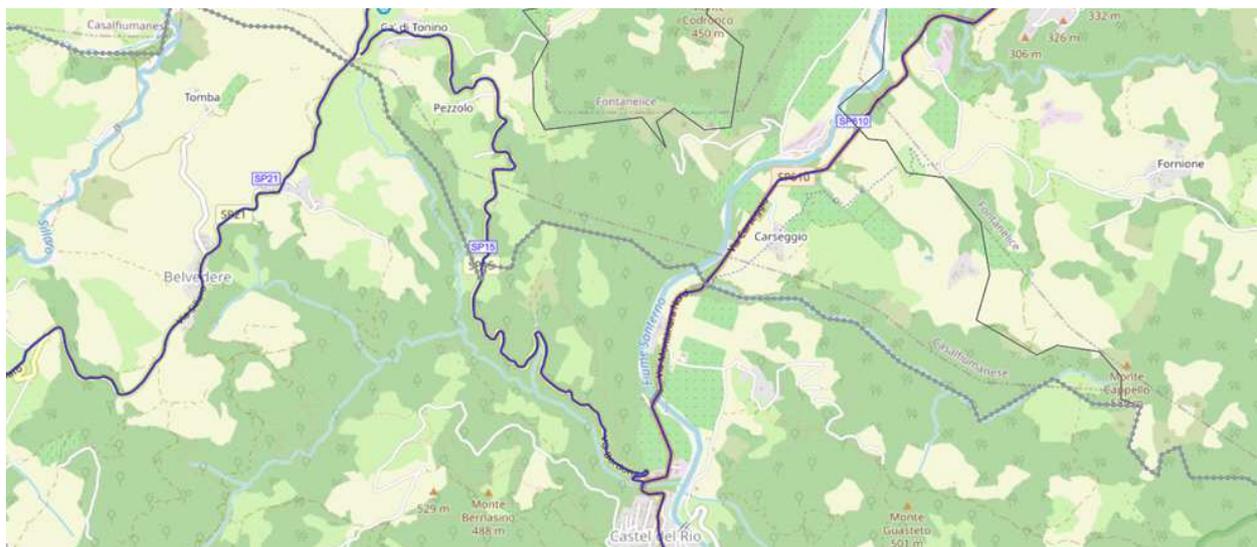




**CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA**  
 Area Sviluppo delle Infrastrutture  
 Settore Strade, Sicurezza e Ciclovie  
 via San. felice, 25 - 40131 BOLOGNA

**LAVORI DI RIPRISTINO DEFINITIVO DELLA SEDE STRADALE E DELLE SCARPATE DI MONTE E DI VALLE DELLA S.P. 15 "BORDONA" NEI COMUNI DI CASALFIUMANESE E CASTEL DEL RIO**  
 CUP C57H24000260001 - CIG B1329839A9



proprietà e diritti del presente disegno sono riservati - la riproduzione e' vietata  
 ownership and copyright are reserved - reproduction is strictly forbidden

COMMITTENTE:



Area Sviluppo delle Infrastrutture  
 Settore Strade, Sicurezza e Ciclovie  
 via San. felice, 25 - 40131 BOLOGNA

FUNZIONI PROCEDIMENTO:

Responsabile Unico Procedimento:  
 Ing. MAURIZIO MARTELLI

PROGETTO:



**THESEENGINEERING**  
 Studio Tecnico di Ingegneria

40037 Sasso Marconi (BO) - via Castello n.7  
 tel. +39.51.6750312 fax. +39.51.6750370  
 E-mail: thesis@studiothesis.it

Prof. Ing. CLAUDIO COMASTRI

REVISIONI: AGGIORNAMENTI:	4	CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	MODIFICA CONSOLIDAMENTO SCARPATA A MONTE E INSERIMENTO NUOVO TRATTO DI FRANA KM 3+100	THS2024005.S04.Qb.III.01_R03	03/07/2025	
	3	CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	INTEGRAZIONE PROGETTO SU RICHIESTE DA CITTA' METROPOLITANA	THS2024005.S04.Qb.III.01_R03	24/06/2025	
	2	CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	INTEGRAZIONE PROGETTO SU RICHIESTE DA CITTA' METROPOLITANA	THS2024005.S04.Qb.III.01_R03	24/04/2025	
	1	CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	INSERIMENTO NUOVO TRATTO DI FRANA KM 2+700	THS2024005.S04.Qb.III.01_R03	15/01/2025	
	1° EMISS.	CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	CONSEGNA	THS2024005.S04.Qb.III.01_R03	24/12/2024	
RICHIEDENTE/APPLICANT:			OGGETTO:	FILE:	DATA:	
ELABORATO/DRAWN BY:		Geom. C. Lamma	CONTROLLATO/ CHECKED BY:	Ing. E. Comastri	APPROVATO/APPROVED BY:	Ing. Claudio Comastri
FIRMA/SIGNATURE			DATA/DATE	FIRMA/SIGNATURE	DATA/DATE	FIRMA/SIGNATURE

PROGETTO:	UBICAZ:	STRADA PROVINCIALE N. 15 "BORDONA"						
	OPERA:	COMUNI DI CASALFIUMANESE E CASTEL DEL RIO						
ELAB.	Titolo	RELAZIONE SU INDAGINI E STATO DEI LUOGHI	SCALA:	[-]	REVISIONE:	Rev.4	DATA:	03/07/2025
	Titolo 2	[-]	TAVOLA N.:	<b>R03</b>				

## 1 CODICI E TITOLI

### 1.1 Codice e titolo

**Codice Commessa:** THS2024005.S04

**Committente:** Città Metropolitana di Bologna, via San Felice 24 – 40100 Bologna

**Responsabile Unico Procedimento:** ing. Maurizio MARTELLI (Città Metropolitana di Bologna)

**Opera:** Strada Provinciale n.15 "Bordona" Comuni di Castel del Rio e Casalfiumanese

**Incarico:** Contratto per il servizio di architettura e ingegneria per la progettazione esecutiva e coordinamento sicurezza in fase di progettazione relativo ai lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della S.P.15 "Bordona", nei Comuni di Casalfiumanese e Castel del Rio. CUP C57H24000260001, CIG B1329839A9

### 1.2 Progettazione

prof. ing. Claudio Comastri (Titolare studio ThesisEngineering): Responsabile Progettazione

### 1.3 Redazione del documento:

Codice: THS2024.005.S04 QIII.01-R03

Titolo: Relazione sulle indagini e stato dei luoghi

Pagine numerate, n.:21

Fogli A4, n.:22

Fogli A3, n.:0

Redazione: ing. Claudio Comastri

Controllo: ing. Claudio Comastri

Approvazione per emissione: ing. Claudio Comastri

Rev.:[-]

Data di approvazione:03 Luglio 2025

### 1.4 Trasmissione progetto:

Indirizzo: Città Metropolitana di Bologna, via San Felice 25 Bologna

c.a., ing. Maurizio Martelli,

n. copie del progetto: 1 formato digitale.

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 2 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

## SOMMARIO

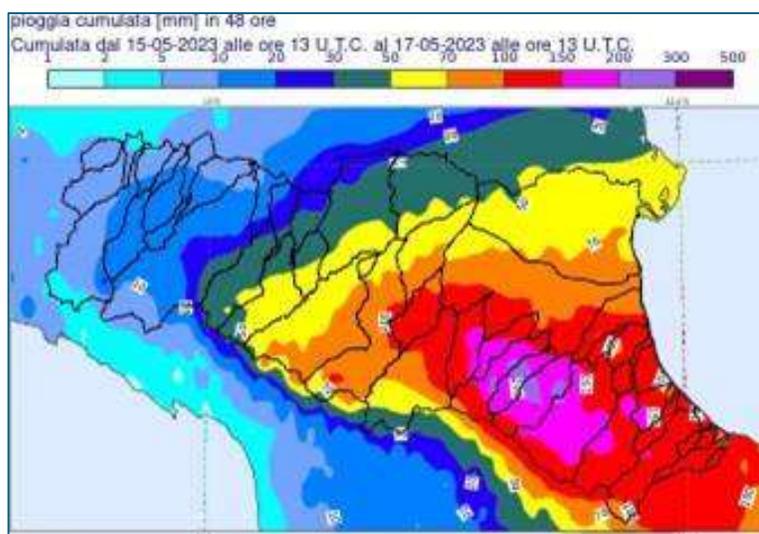
1	CODICI E TITOLI .....	2
1.1	Codice e titolo.....	2
1.2	Progettazione.....	2
1.3	Redazione del documento: .....	2
1.4	Trasmissione progetto:.....	2
2	PREMESSA.....	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
4	LEGGI E NORME TECNICHE .....	6
4.1	Nazionali.....	6
4.2	Regione Emilia-Romagna.....	6
4.3	Eurocodici .....	6
4.4	Codici e Raccomandazioni .....	6
5	PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE .....	8
6	INTRODUZIONE .....	10
7	STATO DEI LUOGHI .....	11
8	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	18
8.1	Geografia .....	18
9	CARATTERISTICHE DELLE FRANE .....	20
10	INDAGINI E PROVE .....	21
10.1	Generalità.....	21
10.2	Km 0+00-0+300.....	21
10.3	Km 2+700.....	21
11	CONSIDERAZIONI SULLO STATO DEI LUOGHI.....	22

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 3 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

## 2 PREMESSA

L'alluvione del maggio 2023 ha colpito la regione Emilia Romagna, ed in parte le Regioni Marche, Toscana, provocando movimenti franosi, dissesti delle reti viarie, allagamenti e danni agli edifici, alle abitazioni, alle strutture, alle coltivazioni: sono stati stimati in diversi milioni di euro i danni provocati da questo evento estremo. Molte Persone hanno dovuto lasciare la propria casa o la propria attività lavorativa, per impossibilità di abitare e utilizzare gli stessi edifici inondati da acqua e fango, e per la impossibilità di collegamento con il territorio per i crolli e le interruzioni delle strade e dei percorsi alternativi franati in diversi punti.

La rete viaria della Città Metropolitana di Bologna ha subito una serie di frane che hanno determinato in molti casi la necessità di interrompere temporaneamente l'agibilità del traffico veicolare e, in antri casi, la necessità di ridurre la larghezza della piattaforma stradale al tratto non collassato. Volumi importanti di terreno sono scivolati da monte a valle, coinvolgendo tratti di strade di lunghezza anche superiori al kilometro: in questi casi sono state semaforizzati i tratti agibili per consentire il mantenimento del collegamento. In tempi brevi sono state aperte tutte le strade ancorché con riduzione della carreggiata, con semaforizzazioni, con segnaletica e barriere di sicurezza.



La figura sopra riportata, tratta da cartografia Regione Emilia – Romagna, mostra la pioggia cumulata (mm) in 48 ore nel territorio della Regione Emilia-Romagna

I lavori di consolidamento delle aree interessate dalle frane, delle scarpate di monte e di valle delle strade e delle strade stesse sono stati pianificati dalla Città Metropolitana di Bologna e sono state individuati i tratti di lavori con i relativi impegni economici di previsione.

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 4 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

La Città Metropolitana ha incaricato Studi e Società di Professionisti per elaborare i progetti esecutivi degli interventi di consolidamento.

Lo Studio ThesisEngineering è stato incaricato per la progettazione esecutiva di tratti stradali dell'alto Imolese:

SP15 (via Bordona) Comune di Castel del Rio e Comune di Casalfiumanese

SP33 (via Casolana) Comune di Fontanelice

SP34 (via Gesso ) Comune di Fontanelice e Comune di Casalfiumanese

SP21 (via Sillaro) Comune di Castel del Rio

In questa relazione si tratta dell'inquadramento generale degli interventi di consolidamento/ri-facimento dei tratti stradali della SP15 "Bordona" colpiti dalle frane, e del consolidamento delle scarpate a monte ed a valle dei tratti stradali.

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per il progetto esecutivo del consolidamento del versante a monte e a valle dei tratti di strada interessati dalle frane si è fatto riferimento ai risultati delle indagini condotte immediatamente dopo l'evento alluvionale, alle informazioni ottenute dagli Abitanti dei luoghi, alle informazioni acquisite dalle cartografie regionali sulle condizioni geomorfologiche dei territori, dalle carte geologiche, dalla storia e dallo sviluppo del territorio negli ultimi anni.

Sono stati presi a riferimento:

- ♦ *Piani Regionali e Comunali tratti dagli archivi del Comune e della Regione;*
- ♦ *Informazioni e cartografie disponibili presso i Servizi della Città Metropolitana di Bologna.*
- ♦ *Piano Territoriale Metropolitano: Pubblicazione ai sensi dell'articolo 17 del D.lgs. 152/2006 e dell'articolo 46 comma 7 della L.R. 24/2017;*
- ♦ *ISPRA Quadro di sintesi dissesto frane Emilia-Romagna, Italia (aggiornamento 19/05/2023)*
- ♦ *Regione Emilia-Romagna: Carta inventario delle frane ed Archivio Storico delle frane*
- ♦ *Emilia Romagna "Carta della Stabilità dei versanti 1:25.000 - Prima edizione"*

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 5 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

## 4 LEGGI E NORME TECNICHE

### 4.1 Nazionali

- [1]. Legge 5 novembre 1971 n. 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- [2]. Circ.Min.LL.PP.14/02/1974,n.11951–Applicazione della L.5 novembre1971, n. 1086;
- [3]. Legge 2 febbraio 1974 n. 64, “Recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- [4]. D.M. Infrastrutture e Trasporti del 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
- [5]. Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008;
- [6]. D.M. Infrastrutture e Trasporti del 17/01/2018 – “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;

### 4.2 Regione Emilia-Romagna

- ♦ L.R. Emilia-Romagna del 30 ottobre 2008, n. 19 “Norme per la riduzione del rischio sismico”.
- ♦ L.R. Emilia Romagna del 28 dicembre 2023, N.17 “Disposizioni collegate alla Legge Regionale di Stabilità per il 2024”

### 4.3 Eurocodici

- ♦ Eurocodice EC1: Basi della progettazione ed azioni sulle strutture
- ♦ Eurocodice EC2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo
- ♦ Eurocodice EC3: Progettazione delle strutture in acciaio
- ♦ Eurocodice EC4: Progettazione delle strutture composte acciaio/calcestruzzo
- ♦ Eurocodice EC5: Progettazione delle strutture di legno
- ♦ Eurocodice EC6: Progettazione delle strutture in muratura
- ♦ Eurocodice EC7: Progettazione geotecnica (parti 1,2,3)
- ♦ Eurocodice EC8: Regole progettuali per strutture antisismiche (parte 5).

### 4.4 Codici e Raccomandazioni

- ♦ Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Central.
- ♦ ASTM D4253 “Standard test methods for maximum index density and unit weight of soils using a vibratory table”.
- ♦ ASTM D4254 “Standard test method for minimum index density and unit weight of soils and

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 6 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

calculation of relative density”.

- ♦ ASTM D1557 “Test method for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort”.
- ♦ CNR B.U., anno XXVI, n° 146 “Determinazione dei moduli di deformabilità Md e Md' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 7 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

## 5 PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE

- ◆ Pozzati P., Ceccoli C, (1977) "Teoria e Tecnica delle strutture" Ed. Utet.
- ◆ Capurso M. (1970) "Scienza delle Costruzioni" Ed.Pitagora.
- ◆ Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36 , n° 1.
- ◆ Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" Proceedings of Symposium on Eval. Dens., ASTM STP 523.
- ◆ Robertson P.K. (1986) "I situ testing and its application to foundation engineering" Can.Geot.Journ. vol.23, n.4, pp 573-594
- ◆ Poulos H.G. (1968) "Analysis of the settlement on pile group" Geotechnique, vol.18 pp 449-471.
- ◆ Poulos H.G., Davis E.H. (1980) "Pile foundation analysis and design" – J.Wiley & Sons, 397pp.
- ◆ Burland J.B.,(1971), "A method of estimating the pore pressure and displacements beneath embankments on soft natural clay deposits." Proc.Roscoe Memorial Symp. Pp. 505-536.
- ◆ Bromhead E.N. (1986) "Stabilità dei pendii" – Ed. Flaccovio.
- ◆ Anderson M.G. ,Richards L.S. (1987) "Slope stability" - Ed .J.Wiley&Sons
- ◆ Berardi R. (1999) "Non linear elastic approaches in foundation design" Pre-failure Deformation Characteristics of Geomaterials, Torino, Balkema.
- ◆ Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36 , n° 1.
- ◆ Burland J.B. (1990) "On the compressibility and shear strength of natural clays" Géotechnique 40, n° 3, pag. 329.
- ◆ Cestari F. (1996) "Prove geotecniche in sito" , II edizione, ed. GEO-GRAPH s.n.c., SEGRATE;
- ◆ Chandler R.J., de Freitas M.H., Marinou P. (2004) "Geotechnical characterisation of soils and rocks: a geological perspective" Advances in Geotechnical Engineering, The Skempton Conference, 2004, Thomas Telford, London.
- ◆ Charles J.A. (1989) "Geotechnical properties of coarse grained soils" General Report, Discussion Session 8, Proceedings XII ICSMFE, vol.4, Rio de Janeiro.
- ◆ Cubrinowski M., Ishihara K. (1999) "Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils" Soils and Foundations, vol. 39, n° 5, pp. 61-71.
- ◆ Elson W.K. (1984) "Design of laterally-loaded piles" CIRIA Report 103.
- ◆ Lo Presti D.C.F. (1989) "Proprietà dinamiche dei terreni" Atti delle Conferenze di Geotecnica di Torino, 14th Ciclo, Comportamento dei terreni e delle fondazioni in campo dinamico.
- ◆ Matlock, H., Reese, L.C. (1960). "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles". Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, V.86, No.SM5, pp.63-91.
- ◆ Mitchell J.K. (1976) "Fundamentals of soil behavior" John Wiley & Sons.
- ◆ Nagaraj T.S., Miura N. (2001) "Soft clay behaviour – Analysis and assessment" Balkema, Rotterdam.
- ◆ NAVFAC (1971) "Design Manual DM7" U.S. Naval Publication and Formations Center, Philadelphia.
- ◆ Randolph M.F., Wroth C.P.T. (1981) "Application of the failure state in undrained simple shear to the shaft capacity of driven piles" Géotechnique.
- ◆ Reese L.C., Cox W.R., Koop F.D. (1974) "Analysis of laterally loaded piles in sand" Proc. VI Offshore Technology Conference, OTC 2080, Houston, Texas.

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 8 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

- ♦ Rix, G.J. and Stokoe, K.H. (1992). "Correlation of initial tangent modulus and cone resistance". Proc. of the International Symposium on Calibration Chamber Testing, Potsdam, N.Y. Edit. Elsevier.
- ♦ Robertson P.K., Campanella R.G., Wightman A. (1983) "SPT-CPT Correlations" Journal of the Geotechnical Eng. Division, ASCE, Vol. 109.
- ♦ Schofield A.N. & Wroth C.P. (1968) "Critical state soil mechanics" Mc Graw-Hill.
- ♦ Seed H.B., De Alba P. (1986) "Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands" Proceedings of In-Situ '86, Virginia Tech., Blacksburg, Geotechnical Special Publication n° 6, ASCE.
- ♦ Simpson B., Calabresi G., Sommer H., Wallays M. (1979) "Design parameters for stiff clays" General Report, Proc. 7th ECSMFE, Brighton.
- ♦ Bustamante M., Doix B., (1985), Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés, Bulletin de Liaison Laboratoire Ponts et Chaussées, Paris.
- ♦ Viggiani C. (2000) "Fondazioni" – Ed. Hevelius
- ♦ Lancellotta R., Calavera J. (1999) "Fondazioni" Ed. McGraw-Hill
- ♦ AICAP(1993) "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce – Raccomandazioni"
- ♦ Rodio G. "Micropali tubifix di elevata capacità portante" tratto da Rivista Italiana di Geotecnica – 1968.
- ♦ Canadian Foundation Engineering Manual 3rd Edition (1992) – Canadian Geotechnical Society
- ♦ Raccomandazioni ISRM – Rivista Italiana di Geotecnica 1993.
- ♦ Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale (2011) "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica dei tiranti di ancoraggio per uso geotecnico di tipo attivo".
- ♦ Barla G., Barla M., 2006, Instabilità di versante: interazioni con le infrastrutture, i centri abitati e l'ambiente, PATRON EDITORE, Bologna

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 9 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

## 6 INTRODUZIONE

Costituisce oggetto del presente documento, l'illustrazione dello stato dei luoghi della S.P. n.15 "Bordona" in Comune di Castel del Rio e di Casalfiumanese, Città Metropolitana di Bologna, relativamente ai tratti interessati dalle frane conseguenti all'alluvione del maggio 2023, e la descrizione degli interventi finalizzati al ripristino definitivo degli stessi tratti stradali.

L'alluvione del maggio 2023 interessò la strada provinciale con frane che coinvolsero l'intera piattaforma stradale in diversi punti del tracciato, interrompendo completamente la strada.

Il progetto di ripristino della sede stradale nei diversi punti interessati dalle frane, prevede una serie di interventi di tipo estensivo e di tipo intensivo. Gli interventi intensivi sono costituiti da opere d'arte quali muri di sostegno, palificate e altre tipologie per interventi locali; gli interventi di tipo estensivo sono le opere di regimazione idraulica e le opere di protezione delle scarpate e di consolidamento del terreno.

Le opere sono state progettate dopo le necessarie analisi ed elaborazione delle informazioni, dei documenti e dei dati che sono stati tratti dagli archivi della Regione Emilia e Romagna per quanto riguarda la geologia, e le caratteristiche sismiche e ambientali del sito di interesse.

In corrispondenza dei movimenti franosi sono state eseguite indagini visive e misurazioni sulle scarpate in affioramento per determinare le caratteristiche di resistenza dei materiali con prove sclerometriche, con rilievi delle immersioni degli strati della formazione marnoso arenacea.

Questo documento e tutti i documenti del progetto esecutivo di cui si tratta sono esclusivamente riferiti al sito, alle condizioni generali e particolari dei problemi analizzati, relativamente alle frane che sono state rilevate lungo la Strada Provinciale SP n.15. In nessun caso la documentazione di cui è parte la presente relazione potrà essere utilizzata complessivamente o parzialmente per qualunque situazione diversa da quella per la quale è stata redatta.

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 10 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

## 7 STATO DEI LUOGHI

La strada provinciale SP15 è stata oggetto di frane che hanno interessato direttamente la strada con perdita per crollo di lunghi tratti della corsia e del ciglio prossimi alla esistente scar-

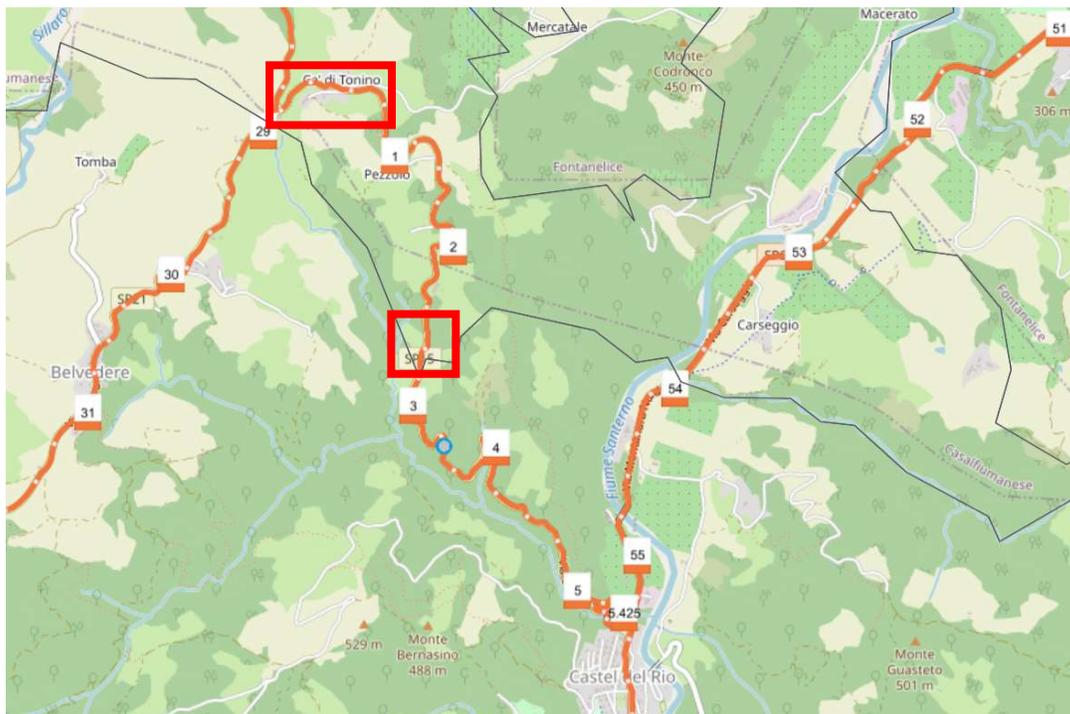


Figura 1: Mappa del territorio sul quale si sviluppa la SP15, con indicazione dei cippi chilometrici e dei tratti oggetto di studio.

ata. La figura 1 mostra il comparto territoriale che in parte è del Comune di Casalfiumanese ed in parte del Comune di Castel del Rio.

La strada provinciale SP15 si sviluppa dall'incrocio con la SP21 (coord. Long. 44°14'27.77";Lat. 11°28'52.81") all'abitato di Castel del Rio dove incrocia la SP610 (coord. Long. 44°13'02.12";Lat. 11°30'11,35"). La lunghezza della strada è di 5425m, e collega i due punti posti rispettivamente a quota 491m s.l.m.m. all'incrocio con la SP21, ed a quota 197m s.l.m.m. all'incrocio con la SP610. La piattaforma stradale ha una larghezza media di 5,50m; essa è stata costruita, per la parte alta, a mezza costa, ricavandone la sede a ridosso della parete rocciosa. Nella parte centrale e finale, verso Castel del Rio, la sede stradale è posta lungo un corridoio naturale meno critico dal punto di vista della stabilità strutturale. Le immagini riportate nella figura 2 mostrano la strada nella parte alta, dalla progressiva km 0+00 in avanti, prima dell'evento franoso; la figura 3 mostra la mappa satellitare elaborata dopo l'evento franoso, dove sono già indicati i segni delle frane accadute per l'evento alluvionale del maggio 2023.

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 11 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



Figura 2: Immagini del tratto stradale dall'incrocio con SP21: si vede la posizione della piattaforma stradale rispetto alle caratteristiche morfologiche del territorio, per la parte alta della strada.

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 12 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



Figura 3:: Mappa satellitare (google earth) del tratto SP15 dalla progr.km 0+00 alla progr. km1+00: evidenti i segni dei crolli causati dall'alluvione.



Figura 4: Mappa satellitare della frana al km 2+700

L'immagine della figura 3 mostra la mappa aggiornata al 2024: sono evidenti i segni che indicano i crolli accaduti, ancorchè limitati a quanto è stato possibile rilevare dal satellite. Il perimetro indicato in rosso comprende la parte territoriale interessata direttamente ed indirettamente dagli eventi franosi che hanno dissestato la strada e la scarpata di valle, fino al suo piede

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 13 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

dove risiede una Azienda con strutture di allevamento bestiame oltre alla residenza.  
La figura 4 mostra la posizione sulla mappa satellitare del tratto di strada alla progressiva km 2+700 dove la corsia sud, verso Castel del Rio è crollata a valle, per una lunghezza di circa 60,0m.



Figura 5: Ulteriori tratti di riduzione della piattaforma causata dalle frane



Figura 6: Riduzione carreggiata causa frana al km 0+200

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 14 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



*Figura 7 Vista di uno dei crolli dalla base*



*Figura 8: Foto della rotatoria al km 0.00 della strada*

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 15 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



Figura 9: vista della frana al km 2+700 presa dalla piattaforma stradale verso valle

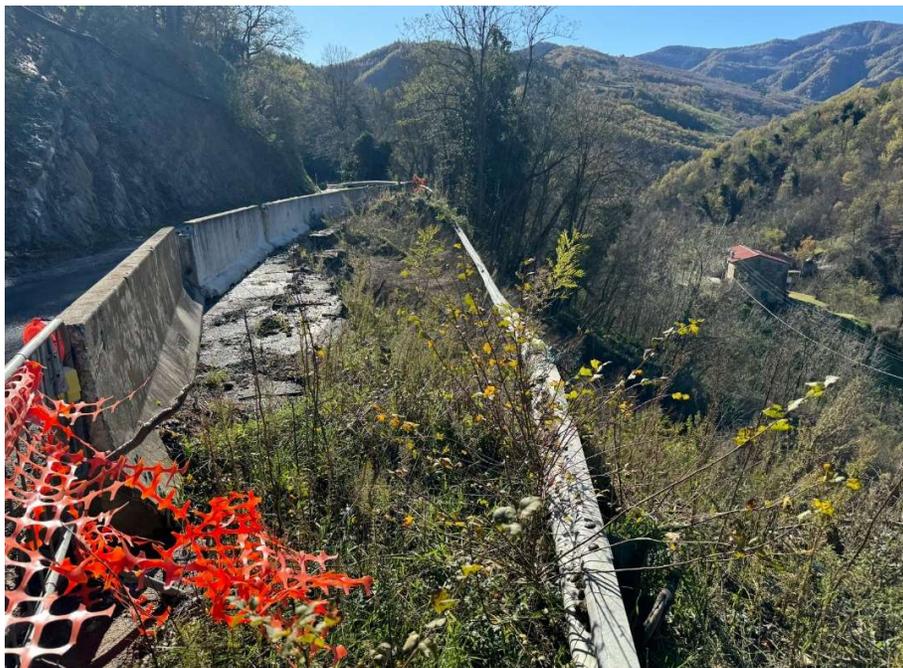


Figura 10: Vista della frana verso SUD

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 16 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



Figura 11: affioramento della formazione a monte della strada in corrispondenza della frana a valle



Figura 12: Vista della formazione e del relativo grado di fratturazione

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 17 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

## 8 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

### 8.1 Geografia

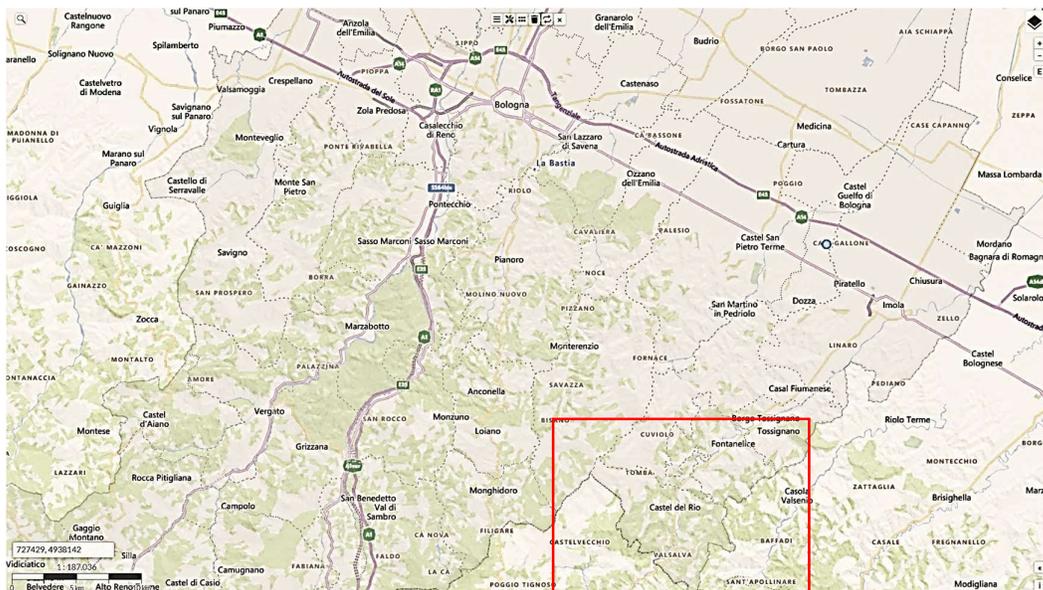


Figura 13: Mappa geografica con riquadro sul territorio in cui si sviluppa la strada provinciale SP15

Le figure 13,14,15, mostrano la posizione geografica della strada provinciale Sp15 della Città Metropolitana di Bologna. Essa si sviluppa dall'incrocio con la SP21 a quota 492m s.l.m.m. fino

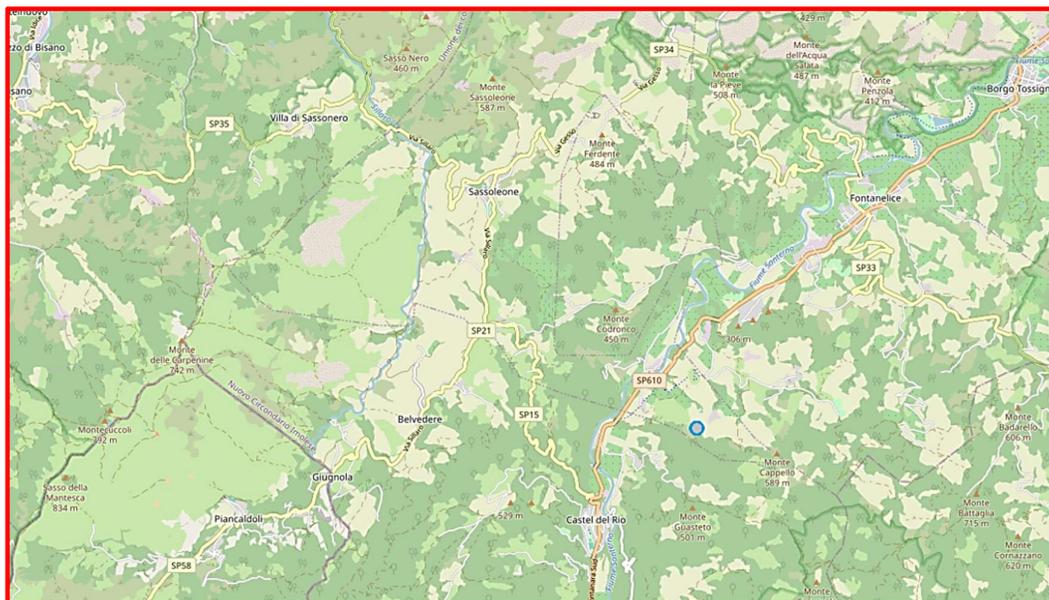
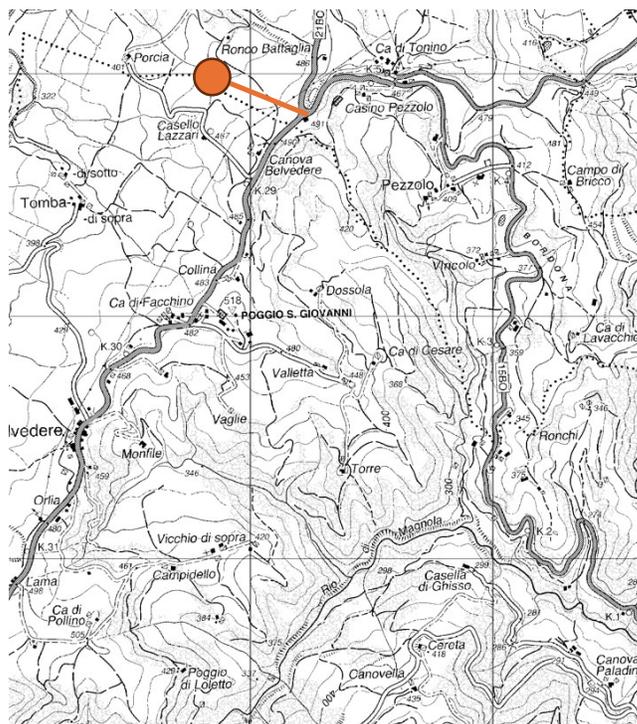


Figura 14: Mappa del territorio ingrandita ripresa dal riquadro della figura 1.

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 18 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



I due segnali indicano inizio e termine della SP 15 "Bordona". Essa collega le due strade provinciali SP21 e SP61o.

Essa si sviluppa nella parte alta all'interno del territorio del comune di Casalfiumanese e nella parte bassa nel comune di Castel del Rio. L'andamento planimetrico è relativamente tortuoso dovendo seguire le curve di livello che sono molto articolate, come si può rilevare dallo stralcio della carta CTR a lato.

La piattaforma stradale è stata ricavata a mezza costa incidendo la formazione marnoso arenacea che domina e configura la morfologia del territorio. Si tratta di una formazione stratificata con andamenti a traversopoggio e talora a franapoggio rispetto alla stessa strada. Ingenti le venute idriche da monte soprattutto in corrispondenza degli eventi meteorici. La strada è totalmente asfaltata e sul ciglio di valle sono presenti le barriere di sicurezza: nei tratti crollati le barriere sono state divelte e spostate a valle.

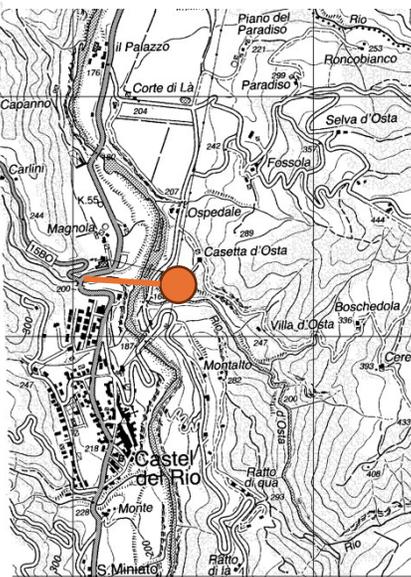


Figura 15: CTR 25.000 Bologna

all'abitato di Castel del Rio, immettendosi alla SP610, a quota 216m s.l.m.m.. Il tracciato ha una lunghezza di 5,250km con una pendenza longitudinale media del 5,3%, localmente minore e maggiore rispetto a tale valore. Lo sviluppo della strada è a mezza costa rispetto al versante che si erge sul lato sinistro e destro della stessa strada, percorrendola dalla sommità in corrispondenza dell'incrocio con la SP21, verso Castel del Rio. La larghezza della strada è variabile in un intorno relativamente stretto di 4,50m per tutta la sua lunghezza.

Lungo il suo percorso la strada è collegata ad Aziende e edifici che traggono beneficio da tale infrastruttura per il collegamento con la rete viaria territoriale: l'interruzione, ancorché parziale ha creato problemi molto importanti che gli interventi temporanei hanno parzialmente risolto.

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 19 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

## 9 CARATTERISTICHE DELLE FRANE

Le frane che hanno interessato la Strada Provinciale SP34 sono simili alla quasi totalità di quelle che si sono manifestate nel comparto territoriale dell'alto imolese, oggetto dell'incarico che la Città Metropolitana di Bologna ha conferito al presente Studio di ingegneria ThesisEngineering.

La tipologia delle frane avvenute è riconducibile a frane per scorrimento planare e scorrimento rotazionale (vedi immagini seguenti). Per valutare le condizioni che hanno determinato le frane, sono stati programmate e realizzate indagini nel sottosuolo con perforazioni, prove in foro e prelievo di campioni di terreno.

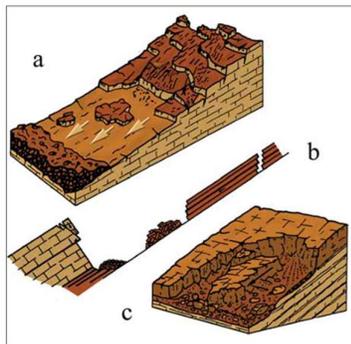
Le immagini seguenti sono tratte da ISPRA relativamente alle tipologie di frane che hanno riguardato il territorio preso in esame con il progetto di cui si tratta nella presente relazione, facente parte del progetto esecutivo di consolidamento.

### SCORRIMENTI TRASLATIVI

#### 1.1.1.1.3 Scorrimenti traslativi

Riferimenti bibliografici: DE ANTONIS & MOLINARI 2003; REGIONE PIEMONTE, 1998; VALLARIO, 1992; VARNES, 1978.  
Sinonimi: scorrimenti traslazionali, scivolamenti traslativi, scivolamenti traslazionali.  
Inglese: *translational slides*.

Figura 1.14 – Modelli schematici evolutivi di scorrimenti traslativi in depositi lapidei stratificati, disposti a franapoggio e contenenti interstrati poco coerenti, che favoriscono il movimento. Si osserva, infatti, che gli spostamenti avvengono lungo delle superfici planari, corrispondenti a dei piani di stratificazione. (Tratta da VALLARIO, 1992; parzialmente modificata).



#### Scorrimenti traslativi PRINCIPALI CARATTERI DI RICONOSCIMENTO

Gli scorrimenti traslativi avvengono con un movimento planare lungo superfici piane di discontinuità preesistenti e poco scabrose, lungo la loro direzione di massima pendenza (figure 1.14 e 1.15). La principale condizione preponderante è che tali superfici di discontinuità devono essere orientate nello stesso senso del versante, ossia con giacitura a franapoggio, e abbiano un'inclinazione uguale o minore a quella del pendio.

Le superfici di discontinuità possono corrispondere a: giunti di stratificazione, piani di faglia, fratturazioni tettoniche, fessurazioni di varia natura, piani di scistosità o di laminazione, superfici di contatto tra materiali aventi caratteristiche geomeccaniche differenti.

La massa dislocata può sia essere completamente destrutturata e disarticolata, sia rimanere relativamente integra o scomporsi in molteplici blocchi, i quali possono conservare la loro struttura interna.

Questo tipo di movimento si può sviluppare in tutti i tipi di materiali (rocce, detriti e terre) ed è tipico delle successioni stratificate, soprattutto di quelle costituite da alternanze di litotipi a diverso grado di coesione.

La velocità di movimento può essere estremamente variabile, da lenta a estremamente rapida.

### SCORRIMENTI ROTAZIONALI

#### 1.1.1.1.2 Scorrimenti rotazionali

Riferimenti bibliografici: VALLARIO, 1992.  
Sinonimi: scivolamenti rotazionali.  
Inglese: *rotational slides*.

Figura 1.10 – Modello schematico di scorrimento rotazionale. Si evidenzia la forma arcuata della superficie di rottura, la rotazione verso monte del corpo di frana, che può portare alla formazione di aree in contropendenza, e la completa disarticolazione di una parte del corpo di frana. (Tratta dal sito web della Provincia della Columbia Britannica: <http://www.cem.gov.bc.ca>; parzialmente modificata).

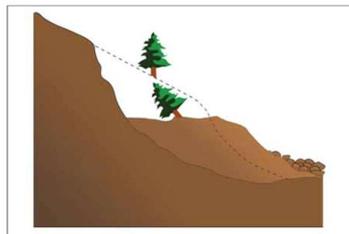
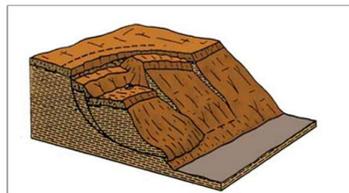


Figura 1.11 – Modello schematico tridimensionale di uno scorrimento rotazionale multiplo. Si evidenzia la tipica forma arcuata delle superfici di rottura. (Tratta da CARACIA *et alii*, 1985; parzialmente modificata).



#### Scorrimenti rotazionali PRINCIPALI CARATTERI DI RICONOSCIMENTO

Gli scorrimenti rotazionali avvengono con un movimento di rotazione intorno ad un punto o un asse esterno al versante e posto al di sopra del baricentro della massa spostata. La superficie di rottura presenta di solito una forma arcuata, con la concavità verso l'alto (figura 1.10).

La massa in movimento, frequentemente, si scompone in più blocchi (figura 1.11), ruotati in diverse direzioni, sia verso monte sia verso valle, che talvolta possono rimanere relativamente integri al loro interno, senza subire una caotizzazione. La massa dislocata si muove oltre la superficie di rottura, sovrappendosi alla sottostante superficie di terreno originaria.

Nella parte bassa dell'area in frana si possono verificare rigonfiamenti e avvallamenti, disposti trasversalmente. Qualora siano coinvolti nello scorrimento litotipi prevalentemente argillosi e marmosi, l'alterazione delle caratteristiche geotecniche dei materiali coinvolti comporta la frequente evoluzione del movimento in un colamento lento.

Gli scorrimenti rotazionali possono verificarsi nelle rocce, nei detriti e nelle terre.

Figura 16: Cinematismi di frana

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	Pag. 20 di 22
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

## 10 INDAGINI E PROVE

### 10.1 Generalità

L'ambito geologico e morfologico dei tratti interessati dalle frane sulla SP15, sono stati oggetto di indagini visive e prove speditive sugli strati della formazione marnoso arenacea in affioramento per tutta la lunghezza dei tratti in esame.

Le indagini condotte in campo e in laboratorio sono state finalizzate alla determinazione/stima dei parametri geomeccanici e geotecnici necessari per il dimensionamento e le verifiche delle opere di stabilizzazione delle scarpate e della stessa piattaforma stradale. Nello studio della formazione marnoso arenacea che caratterizza il comparto territoriale in cui si sviluppa la SP15, sono state eseguite prove sclerometriche sulle componenti della formazione e sono state condotte misure per valutare le dimensioni degli strati di arenaria e di marne, le direzioni e le immersioni degli strati rispetto alla linea ed al piano della strada e della piattaforma stradale.

### 10.2 Km 0+00-0+300

Al km 0+00 della SP15, fino al km 0+300, a monte della strada, è presente la formazione coperta da vegetazione che affonda le proprie radici nello spessore di copertura terrosa che si trova sopra la formazione. Dalle fotografie della zona prese prima delle frane, le stesse condizioni di formazione con copertura di spessore variabile da 0,50m a 1,0m circa, sulla quale si sviluppavano alberi e vegetazione spontanea. Le frane hanno riguardato principalmente la coltre superficiale della scarpata di valle e con essa la porzione di strada più esterna rispetto al substrato della formazione.

### 10.3 Km 2+700

Al km 2+700 la frana ha riguardato un tratto di strada di lunghezza 60m circa per una larghezza massima di 2,0m. La corsia Sud, diretta verso il Centro di Castel del Rio, è crollata insieme al corpo di frana costituito dalla coltre della scarpata di valle avente spessore superiore al metro. La stratificazione della formazione marnoso arenacea è costituita da bancate di arenaria che possono raggiungere il metro di spessore, almeno per quanto è possibile vedere negli affioramenti. Tra le bancate di arenaria sono interiti strati di marne di spessori variabili e comunque meno potenti rispetto alle arenarie. Soprattutto le marne, negli affioramenti presentano un alto grado di fratturazione; le arenarie presentano anche esse, in alcuni casi, dei giunti e delle discontinuità milonizzate. Nei tratti di interesse la struttura della formazione appare immersa a traverpoggio e reggipoggio: questo consente di confermare che le frane sono state alimentate dalle coltri superficiali che, aumentando il proprio peso da un lato e perdendo resistenza a taglio dall'altro, a causa dell'alluvione, hanno costituito i corpi di frana registrati anche per la

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 21 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

SP 15.

## 11 CONSIDERAZIONI SULLO STATO DEI LUOGHI

Una analisi complessiva del territorio in cui si sono manifestate le frane lungo la SP15 porta a formulare alcune considerazioni relative alle condizioni di stabilità dell'intero comparto territoriale attraversato dalla strada provinciale. E' indubbio che le criticità che hanno portato alla formazione dei dissesti devono essere imputate alla quantità di acqua che ha invaso il territorio, peraltro in un periodo di tempo molto ridotto: questo fatto ha modificato l'assetto idrogeologico del territorio rendendolo instabile in diverse parti e determinando i dissesti franosi rilevati.

Le alluvioni che un tempo, nemmeno tanto remoto, venivano considerate eventi straordinari oramai devono essere considerate "consuetudini". Il clima è cambiato e le manifestazioni meteo hanno assunto dimensioni estremamente maggiori di quanto si poteva ipotizzare fino a qualche anno fa. Seguendo il tracciato della SP15 dall'inizio fino all'abitato di Castel del Rio, si possono rilevare diversi punti del tutto simili a quelli che hanno subito il dissesto franoso. Con le piogge tradizionali dei tempi trascorsi, il territorio era in grado di elaborare e regimare autonomamente le acque di pioggia: ora non è più così e questo impone un nuovo modo di progettare e di mantenere il territorio: questo è contenuto nello spirito dei Criteri Ambientali Minimi ed ancora di più nella disciplina promossa dal PNRR.

-----  
Ing. Claudio Comastri

THS2024005-S04.QbIII.01_R03	4	03.07.2025	C.Comastri	.Comastri	C.Comastri	<b>Pag. 22 di 22</b>
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	