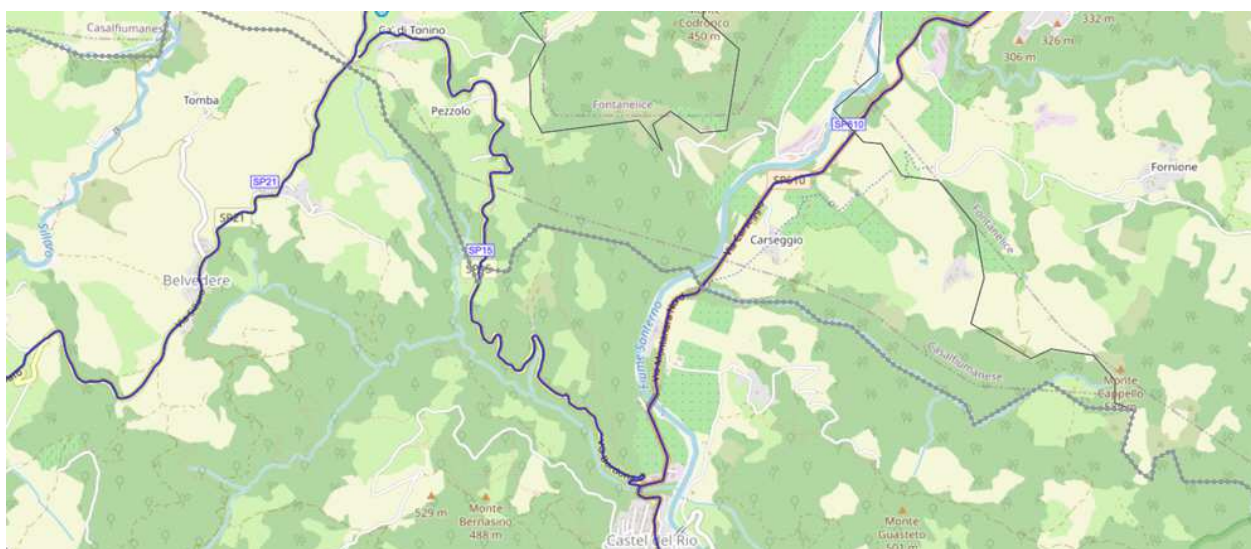




CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA
Area Sviluppo delle Infrastrutture
Settore Strade, Sicurezza e Ciclovie
via San. felice, 25 - 40131 BOLOGNA

**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 l'uso non autorizzati sono espressamente vietati 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		PROGETTO:	 THESISENGINEERING 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		
	FUNZIONI PROCEDIMENTO:	Responsabile Unico Procedimento: Ing. MAURIZIO MARTELLI			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_R02	03/07/2025		
	3	CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	INTEGRAZIONE PROGETTO SU RICHIESTE DA CITTA' METROPOLITANA	THS2024005.S04.Qb.III.01_R02	24/06/2025		
1° EMISS.	2	CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	INTEGRAZIONE PROGETTO SU RICHIESTE DA CITTA' METROPOLITANA	THS2024005.S04.Qb.III.01_R02	24/04/2025		
	1	CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	INSERIMENTO NUOVO TRATTO DI FRANA KM 2+700	THS2024005.S04.Qb.III.01_R02	15/01/2025		
		CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	CONSEGNA	THS2024005.S04.Qb.III.01_R02	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 GENERALE			SCALA:	REVISIONE:	DATA:
	2	[-]			[-]	Rev.4	03/07/2025
				TAVOLA N.:	R02		

1 CODICI E TITOLI

1.1 Codice e titolo

Codice Commessa: THS2024005.S04

Committente: Città Metropolitana di Bologna, via San Felice 25 – 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-R02

Titolo: Relazione Tecnica Generale

Pagine numerate, n.:45

Fogli A4, n.:46

Fogli A3, n.:0

Redazione: ing. Claudio Comastri

Controllo: ing. Elia 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_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 2 di 46
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	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
4	LEGGI E NORME TECNICHE	8
4.1	Nazionali	8
4.2	Regione Emilia-Romagna	8
4.3	Eurocodici	8
4.4	Codici e Raccomandazioni	9
5	PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE	9
6	INTRODUZIONE	11
7	STATO DEI LUOGHI	12
8	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	19
8.1	Geografia	19
9	CARATTERISTICHE DELLE FRANE	21
10	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO	22
10.1	Geologia	22
10.1.1	Formazione Marnoso Arenacea Membro di Fontanelice.	22
10.1.2	Caratteristiche delle discontinuità principali	22
10.2	Morfologia	24
10.3	Morfodinamica - Processi in atto	24
10.4	Idrogeologia	24
10.5	Vincoli di Legge	26
10.6	Sismica	26
10.7	Sismicità osservata	26
11	GEOTECNICA.....	30
11.1	Generalità	30
11.2	Modelli Geotecnici di progetto.....	30

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 3 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

11.2.1	Componente arenacea	30
11.2.2	Componente marnosa.....	30
11.2.3	Terre di alterazione superficiale e coltri superficiali	31
12	INTERVENTI DI RICOSTRUZIONE DEI TRATTI STRADALI FRANATI.....	32
12.1	Generalità	32
12.2	Interventi di ripristino nel tratto dalla progr. Km 0+00 e progr. km 0+300.....	32
12.2.1	Generalità	32
12.2.2	Intervento a monte della corsia Nord della strada.....	32
12.2.3	Interventi sulle scarpate di valle erose dall'alluvione	33
12.2.4	Interventi sulla piattaforma stradale	34
12.3	Interventi di ripristino nel tratto corrispondente alla progr. Km 2+700	34
12.3.1	Generalità	34
12.3.2	Interventi di ripristino della strada	34
12.4	Interventi di ripristino nel tratto corrispondente alla progr. Km 1+800	35
12.5	Interventi al km 3+100.....	35
13	CRITERI DI CALCOLO PER GLI INTERVENTI DA KM 0+00 A KM 0+300	36
13.1	Generalità	36
13.2	Ripristino del tratto stradale dalla progr.km0.00 alla progr.km0+300	37
13.2.1	Stabilizzazione delle scarpate a valle della strada	38
13.2.2	Stabilizzazione della scarpata a monte della strada	38
13.2.3	Struttura stradale	39
14	CRITERI DI CALCOLO PER GLI INTERVENTI AL KM 2+700	39
15	CRITERI DI CALCOLO PER GLI INTERVENTI AL KM 1+800	40
16	CRITERI DI CALCOLO PER L'INTERVENTO AL KM 3+100	41
17	INTERFERENZE	41
18	ESPROPRI E INDENNIZZI	41
19	TERRE E ROCCE DA SCAVO	41
20	STRUTTURA DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE.....	41
21	ELEMENTI DI SICUREZZA STRADALE	42
21.1	Classi delle barriere di sicurezza stradale	43
22	CRITERI AMBIENTALI MINIMI E DNSH	44

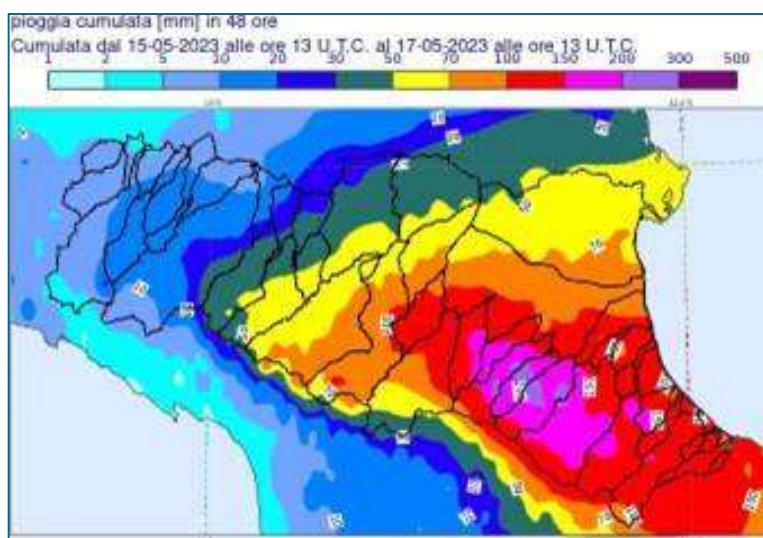
23	QUADRO ECONOMICO	45
24	CONCLUSIONI	46

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 5 di 46
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_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 6 di 46
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/rifacimento 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_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 7 di 46
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”;
- [7]. Decreto del Ministero dell'Ambiente e della sicurezza energetica del 5 agosto 2024 “Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione ed esecuzione dei lavori di costruzione, manutenzione e adeguamento delle infrastrutture stradali (CAM Strade)”. (24A04332) (GU n.197 del 23-8-2024).
- [8]. Legge 29 aprile 2024, n. 56 “conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 2 marzo 2024, n. 19, recante ulteriori disposizioni urgenti per l'attuazione del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). (24G00074).

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).

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 8 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

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 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 M_d e M_d' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.

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., Marinos 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.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 9 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

- ♦ 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.
- ♦ 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_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 10 di 46
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_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 11 di 46
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

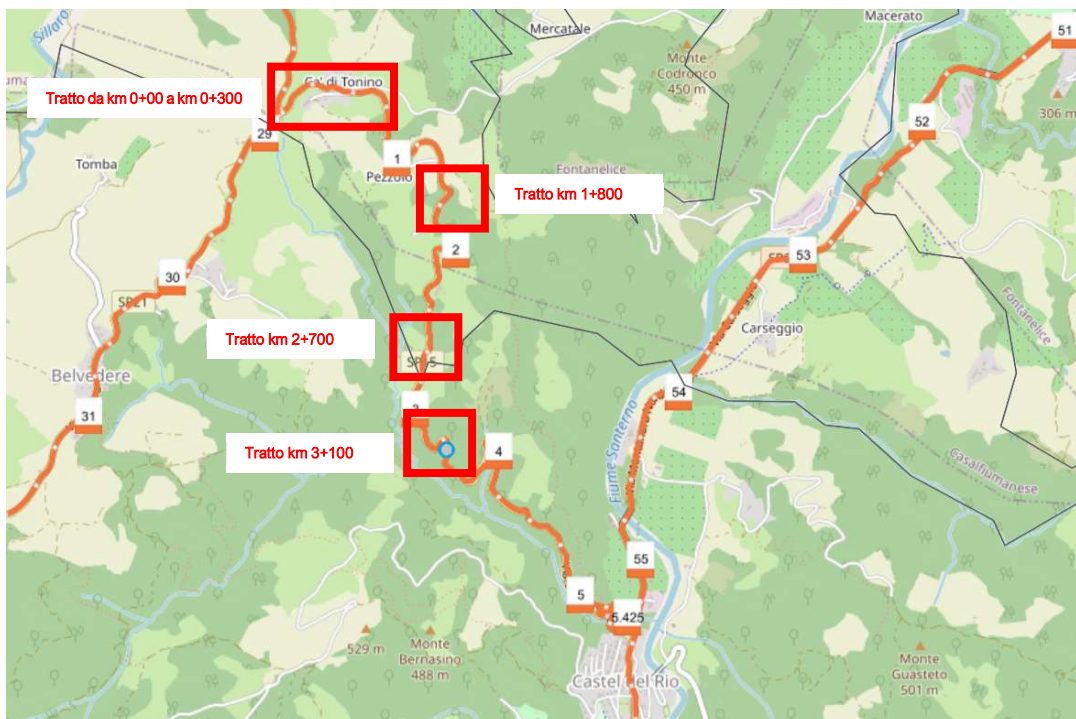


Figura 1: Mappa del territorio sul quale si sviluppa la SP15, con indicazione dei cippi kilometrici e dei tratti oggetto di studio.

scarpata. 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_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 12 di 46
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_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 13 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

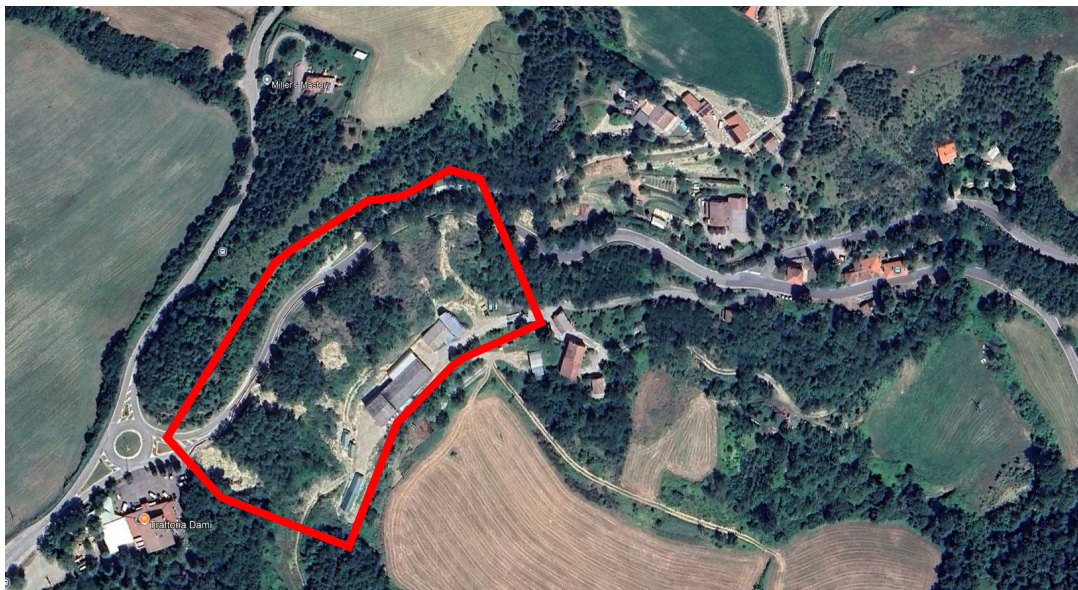


Figura 3:: Mappa satellitare (google earth) del tratto SP15 dalla progr.km 0+00 alla progr. km1+00: evidenti i segni dei crolli causati dall'alluvione.



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, ancorché 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

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 14 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

suo piede 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. La figura 4bis mostra la posizione, sulla mappa satellitare, del tratto in corrispondenza della progressiva km 1+800 dove una colata dalla scarpata di monte ha invaso la strada senza però creare danni importanti alla piattaforma stradale.



Figura 4bis: Mappa satellitare con la posizione della frana di colata alla progressiva km1+800.



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

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 15 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



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



Figura 7 Vista di uno dei crolli dalla base

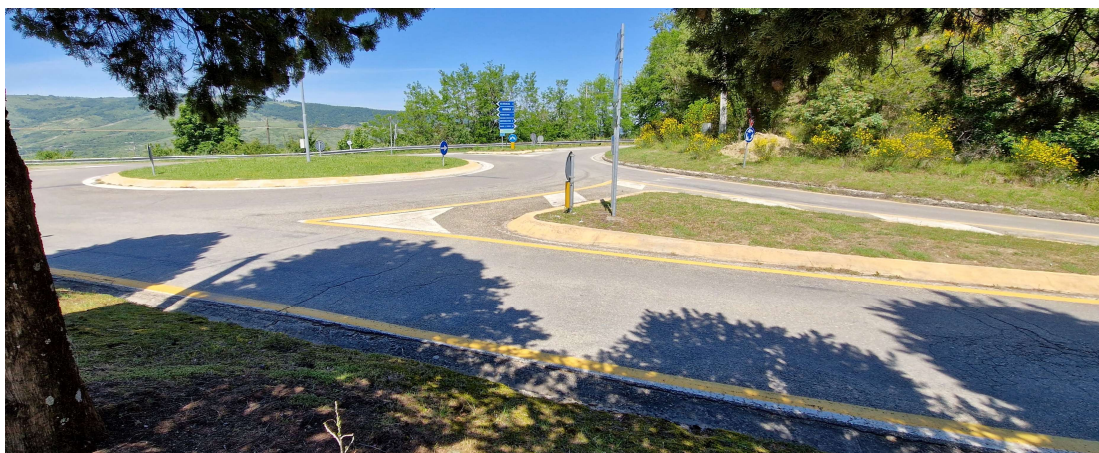


Figura 8: Foto della rotatoria al km 0.00 della strada

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 16 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



Figura 8bis: Vista della scarpata di monte alla progressiva km 1+800, prima della colata di frana.

La figura 7 mostra una delle colate che hanno interessato la scarpata di valle del tratto stradale dalla progressiva 0+00 alla progressiva km 0+300. La foto è stata presa dalla base della scarpata e non consente di avere una visione tridimensionale della scarpata, che darebbe ragione della elevata pendenza che la caratterizza.

La figura 8 mostra la rotatoria dalla quale si stacca la SP15: nel progetto esecutivo di cui si tratta, essa è oggetto di adeguamento con il recupero di parte di ciglio laterale per lo spostamento dell'asse della SP15, verso monte.

La figura 8bis mostra la scarpata alla progressiva km 1+800 dove si è verificato una colata di frana che ha interessato la piattaforma stradale. La figura mostra la situazione antecedente l'accadimento della frana.

Dissesto alla progressiva km 3+100

Le fotografie seguenti (figg.8 ter,8 quater) mostrano il crollo del ciglio di valle della strada al la progressiva km 3+100, dove la corsia verso Castel del Rio ha ceduto per il crollo della scarpata di valle.

Si tratta di un crollo quasi verticale della scarpata, con un taglio netto in corrispondenza del limite della pavimentazione stradale, con un cedimento della corsia stradale dove sono presenti ampie fessure che testimoniano la sconnessione del sottofondo stradale con probabili erosioni con trasporto di materiale verso valle. Il cedimento parte quindi dalla mezzeria della strada, verso valle.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 17 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



Figura 8ter: Foto corsia strada km 3+100



Figura 8 quater: Particolare del crollo della scarpata della strada al km 3+100

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 18 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

8 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

8.1 Geografia

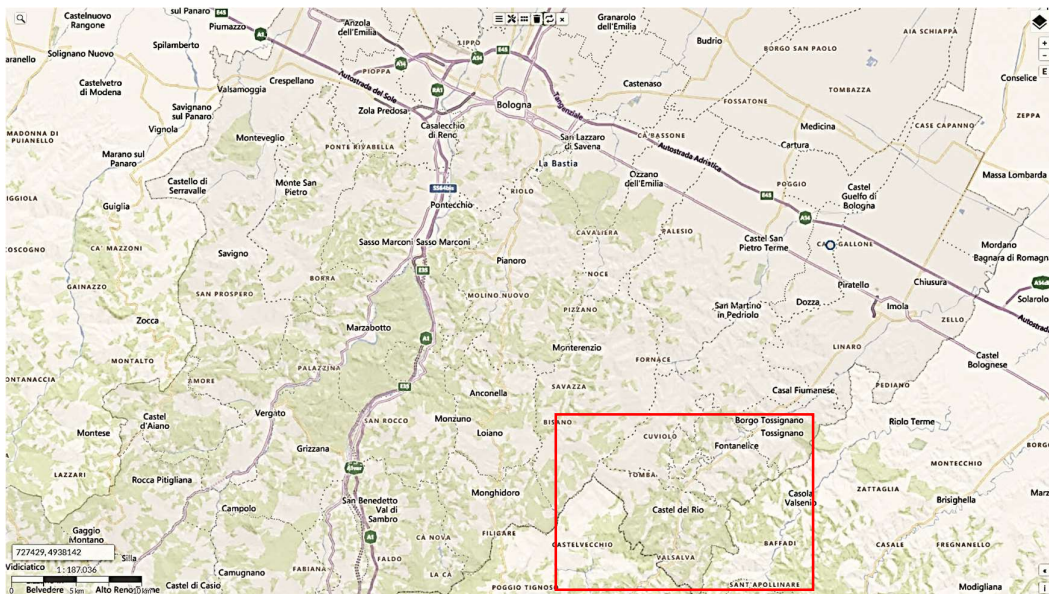


Figura 9: Mapa geografica con riquadro sul territorio in cui si sviluppa la strada provinciale SP15

Le figure 9,10,11 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

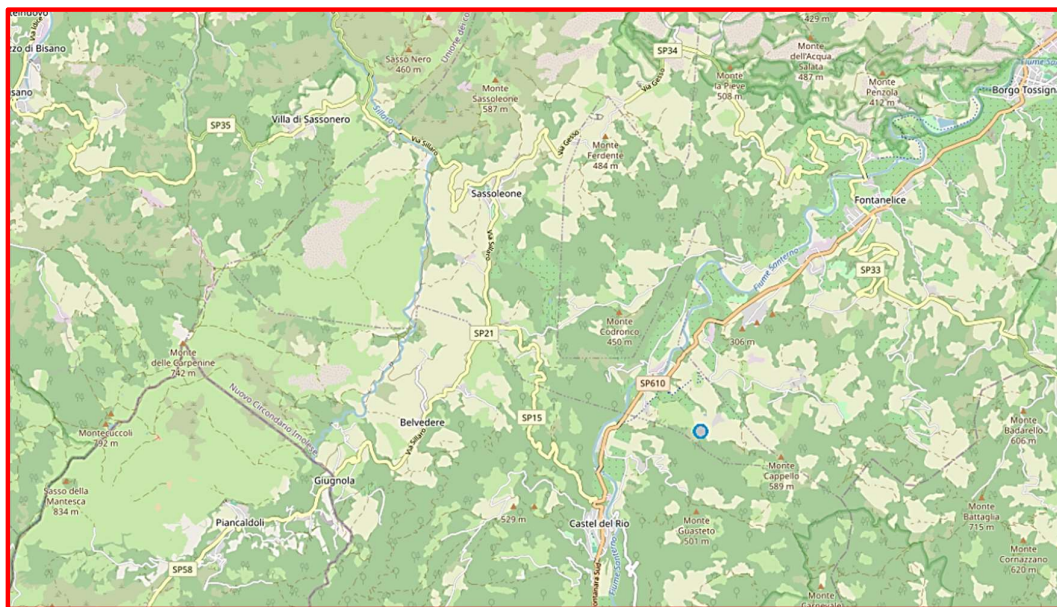
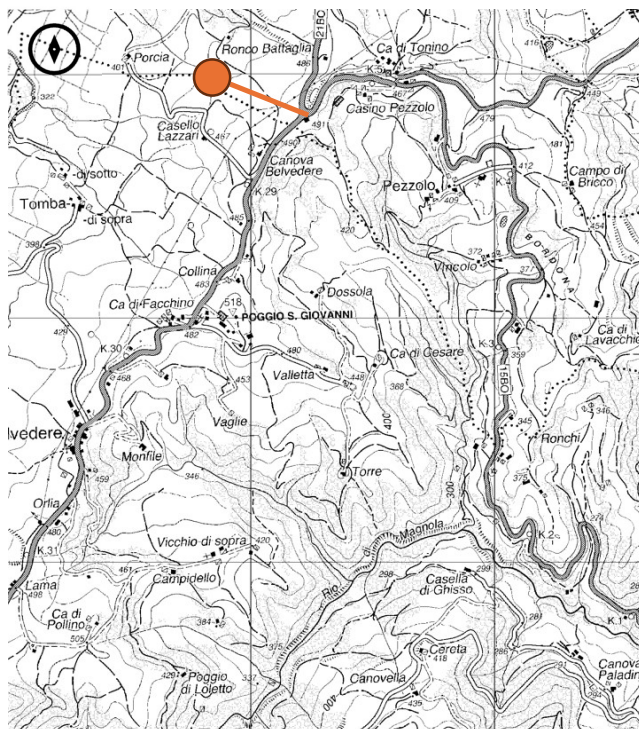


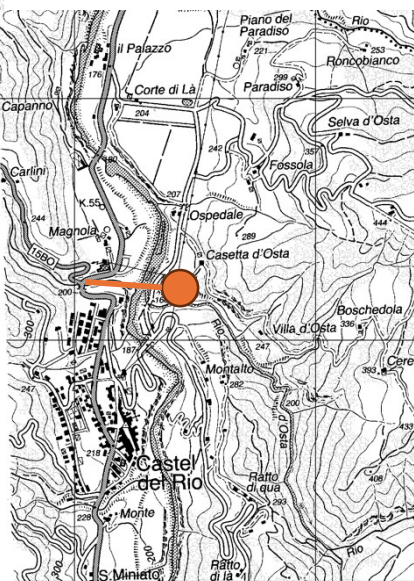
Figura 10: Mapa del territorio ingrandita ripresa dal riquadro della figura 1.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 19 di 46
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 SP610.

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 11: 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 5,50m 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_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione

9 CARATTERISTICHE DELLE FRANE

Le frane che hanno interessato la Strada Provinciale SP15 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.

Le tipologie delle frane avvenute lungo la strada provinciale SP15 sono riconducibili a frane per scorrimento planare e scorrimento rotazionale (vedi immagini seguenti).

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.

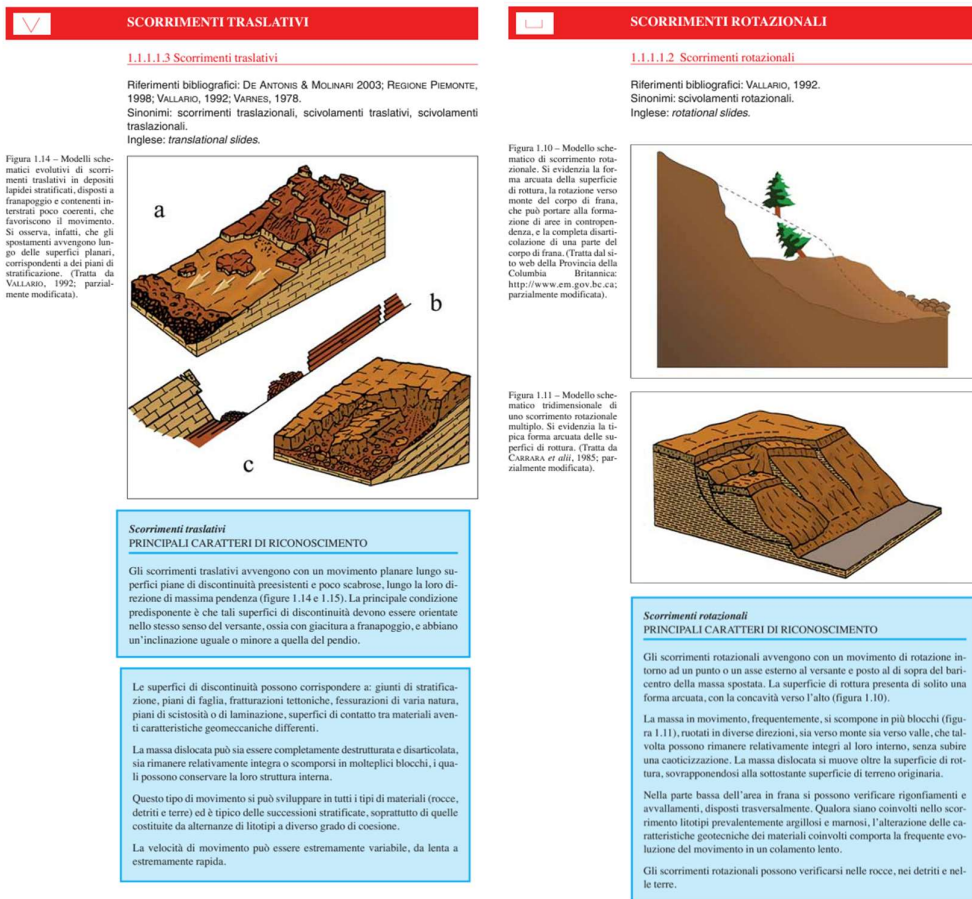


Figura 12: Cinematismi di frana

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 21 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

10 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO

10.1 Geologia

L'area ricade in una zona di versante sita in prossimità di un crinale principale, che divide il Torrente Santerno a Est dal Sillaro a Ovest.

10.1.1 Formazione Marnoso Arenacea Membro di Fontanelice.

Si tratta di rocce costituite da alternanze tra livelli lapidei quali arenarie cementate, calcareniti e calcilutiti e livelli pelitici, anch'essi lapidei con prevalente arenaria. Rapporto L/P > 3.

Il Membro di Fontanelice, sub affiorante, è in contatto stratigrafico inferiormente con il Membro di Borgo Tossignano, sempre appartenente alla medesima Formazione Marnoso Arenacea. In questo caso si tratta di rocce costituite da livelli pelitici prevalenti. In particolare, l'ammasso è strutturalmente ordinato ed è costituito da alternanze tra livelli lapidei quali arenarie cementate, calcareniti e calcilutiti e livelli pelitici, anch'essi lapidei con prevalente pelite. Rapporto L/P < 1/3.

Nella porzione sottostante la zona di studio, la cartografia ufficiale della Regione Emilia Romagna, segnala la presenza di un deposito di versante, di origine incerta (a3).

Giacitura degli strati: nel Membro di Fontanelice poco più a sud del sito è rilevabile una giacitura che ha direzione N40° e inclinazione 15° verso NW, mentre a Nord, la giacitura degli strati sembra avere direzione N30° e inclinazione 10° verso NW.

Nel Membro di Borgo Tossignano le giaciture sembrano concordare con quelle appena descritte per il membro superiore (cfr carta geologica Figg. 13 e 14)

10.1.2 Caratteristiche delle discontinuità principali

La cartografia ufficiale segnala l'esistenza di una discontinuità di qualche centinaio di metri di lunghezza a nord della zona di interesse. La faglia, che risale FMA14, ha una direzione WNW – ESE e una inclinazione 70° verso SW. Una seconda discontinuità è situata a Sud della zona di studio: sembra avere la stessa giacitura della precedente, ma un'inclinazione più vicina ai 90°. Si vedano le mappe seguenti.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 22 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

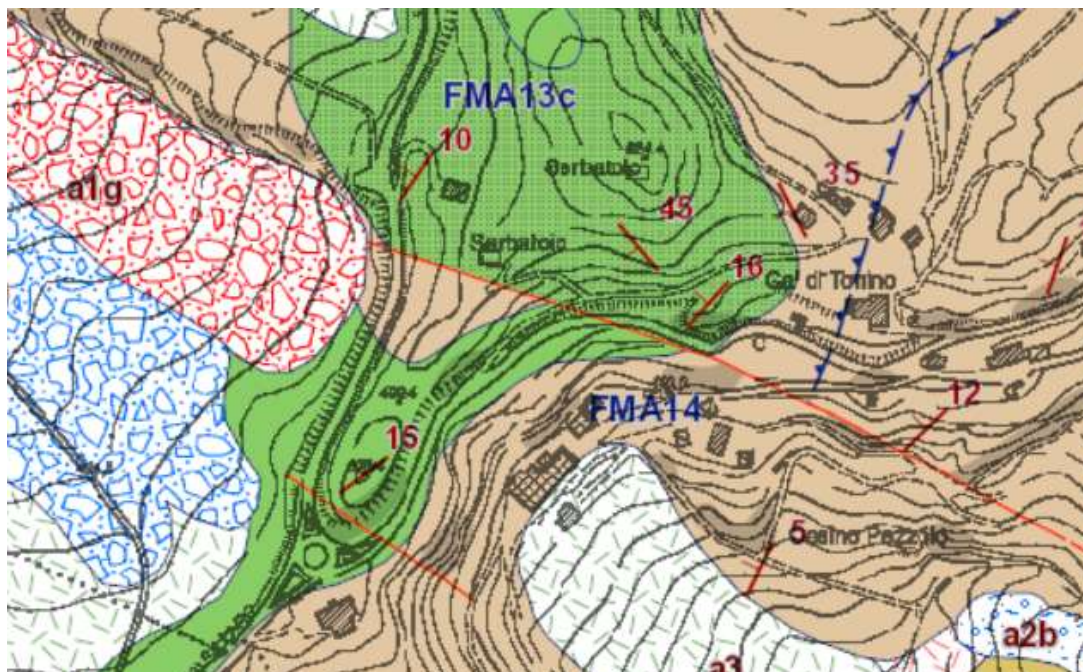


Figura 13: stralcio della Carta Geologica dell'area in esame alla scala 1:5000 (tratta dal sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna).

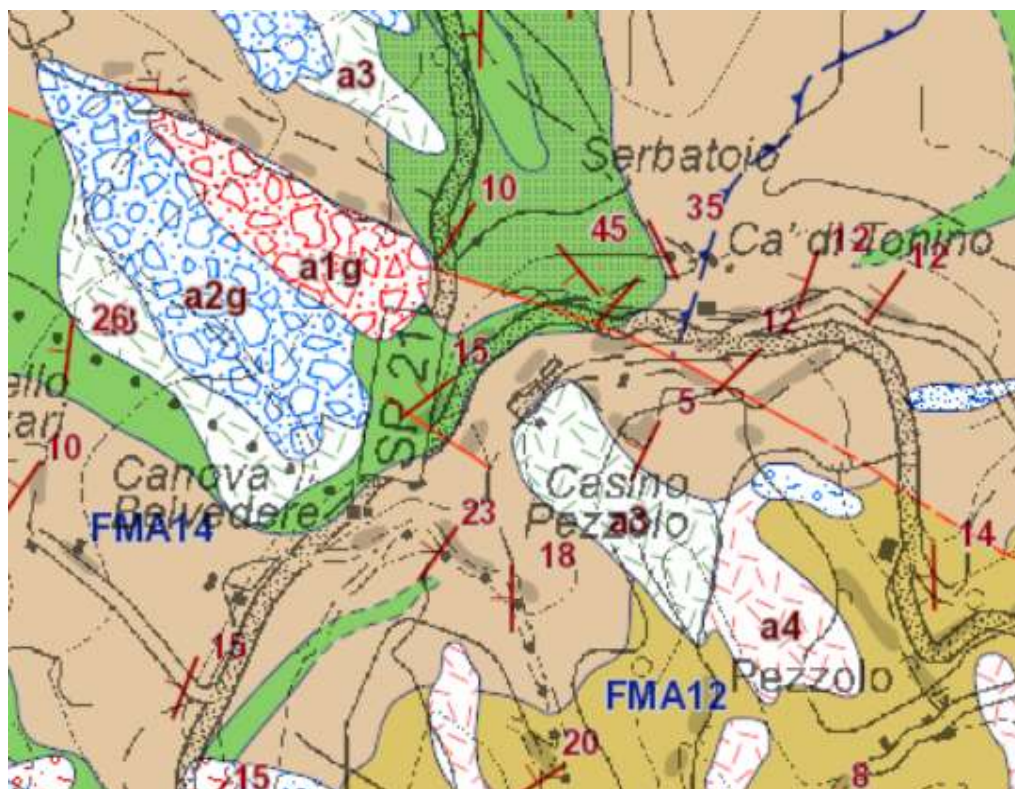


Figura 14: stralcio della Carta Geologica dell'area in esame alla scala 1:10000 (tratta dal sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna).

10.2 Morfologia

Si riportano le definizioni relative alla morfologia del sito.

Collina: prossima alla fascia della montagna. Crinale e adiacente versante piuttosto acclive, che solo più a valle del toponimo Casino Pezzolo diminuisce di inclinazione.

Inclinazione delle scarpate: il tratto di interesse si trova praticamente a monte e a valle della Strada Provinciale 15, dove le pendenze risultano molto elevate, e dell'ordine dei 45 – 50°.

In pratica, la zona dove occorrerà effettuare il consolidamento è compresa tra il crinale e l'estesa stalla situata entro l'impluvio, ben visibile in cartografia.

La Carta dell'Inventario del Dissesto della RER alla scala 1:10000 (Fig. 5 – Casalfiumanese Tavola 3 Edizione Giugno 2018), evidenzia che nella porzione di versante sottostante alcuni capannoni agricoli, a valle della strada provinciale, è cartografato un deposito di versante (a3) di incerta origine. Si tratta di un accumulo di cui non si può escludere l'attribuzione ad un movimento gravitativo passato, anche se mancano, almeno in parte, i caratteri morfologici tipici delle frane. La legenda, asserisce che solo un'indagine approfondita potrebbe rivelare la natura dei processi che hanno generato il deposito. In ogni caso, quest'ultimo è costituito da materiale prevalentemente fine, pelitico e/o sabbioso con inclusi lapidei più o meno abbondanti.

10.3 Morfodinamica - Processi in atto

Il rilievo speditivo eseguito nel sito ha messo in evidenza un franamento per colata della porzione superficiale del versante. In più punti, durante e in seguito all'evento piovoso del maggio 2023, la coltre arenacea che copriva il substrato arenaceo, una volata saturata è franata colando verso valle, coinvolgendo la strada provinciale. Analogamente, la scarpata di valle dell'infrastruttura, insieme alla porzione sottostante del pendio, in seguito al nuovo carico applicato e alla saturazione indotta dalle piogge, in alcune zone è scesa per colamento, mettendo a nudo l'ammasso della sottostante formazione rocciosa.

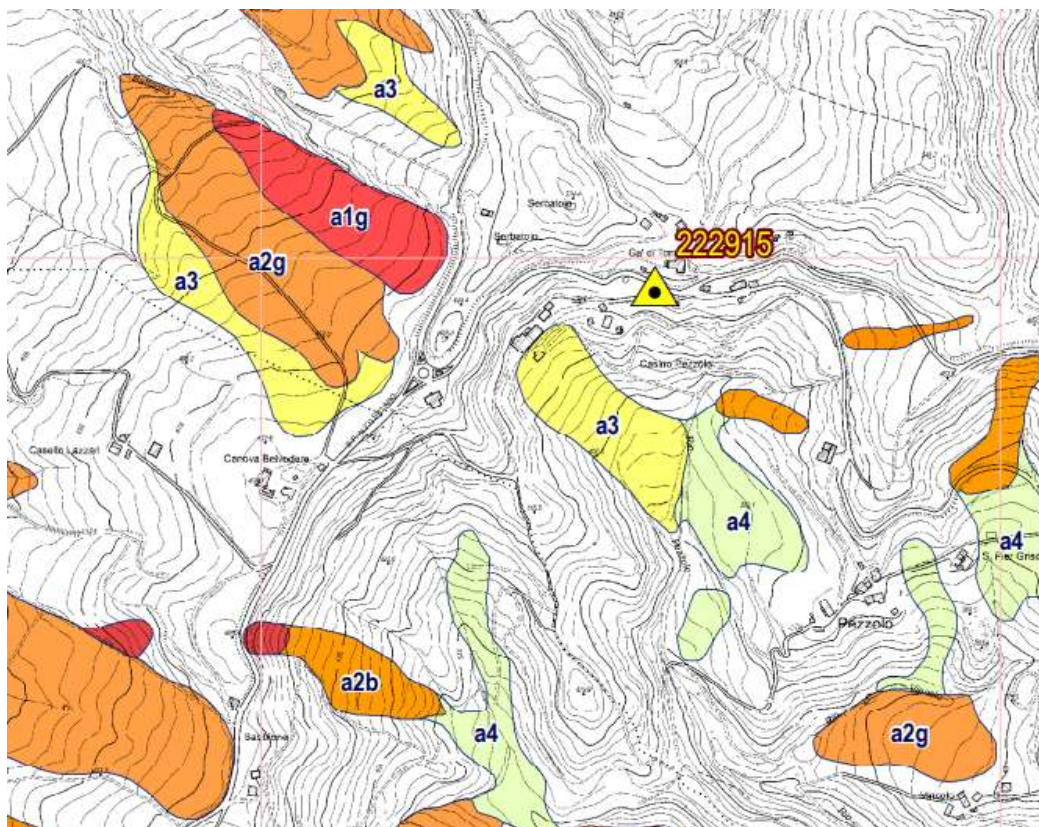
La tipologia di processo è comune a quanto accaduto in tutta la regione in occasione dell'evento citato.

10.4 Idrogeologia

Falda: sono assenti venute di acqua sorgiva lungo i versanti posti nelle vicinanze della zona di progetto.

Non si esclude che locali infiltrazioni possano verificarsi nelle zone di maggior spessore della coltre (dove ancora presente), in corrispondenza di infiltrazioni copiose legate a eventi meteo particolarmente intensi e/o prolungati ovvero allo scioglimento della neve.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 24 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	



Depositi di frana

- a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
- a1a - Deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento
- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1e - Deposito di frana attiva per colamento detritico
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV

Eventi di frana storicamente documentati

- ▲ Frana con eventi storicamente documentati di limitata estensione
- Frana con eventi storicamente documentati

Altri depositi di versante

- a6 - Detrito di falda
- a3 - Deposito di versante s.l.; a5 - Antico deposito di versante
- a4 - Deposito eluvio-colluviale; e1 - Deposito di salsa; d1 - Deposito eolico; f1 - Deposito palustre; f2 - Deposito lacustre

Depositi alluvionali

- b1 - Depositi alluvionali attualmente in evoluzione
- bn - Depositi alluvionali attualmente non in evoluzione

Figura 15: ubicazione dell'area di studio su stralcio della Carta dell'inventario del Dissesto alla scala 1:10000 pubblicata nel 2018 dalla RER

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 25 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

10.5 Vincoli di Legge

Vincolo Idrogeologico: l'area è vincolata ai sensi del R.D. 3267 del 1923 e della L.R. 47/78 e sue successive applicazioni.

10.6 Sismica

Dal punto di vista della sismicità delle aree interessate dai dissesti descritti, occorre far riferimento a un quadro molto più esteso, dal momento che lo scuotimento sismico può avere origine anche in corrispondenza di strutture lontane da quest'area.

La figura che segue illustra, per l'Appennino tosco-emiliano-romagnolo e la Pianura Padana centrale e orientale, il confronto tra le zone in grado di generare terremoti di magnitudo almeno pari a 5,5 (DISS Working Group, 2015) e le principali faglie attive riconosciute (Martelli et al, 2017). Come già evidenziato, faglie attive potenzialmente sismogenetiche, capaci di generare forti terremoti in Emilia-Romagna, sono localizzate in profondità, nel basamento del medio e alto Appennino, lungo il margine appenninico-padano e in corrispondenza degli archi formati dalle strutture sepolte della pianura padana (Pieghe Emiliane, Pieghe Ferraresi e Pieghe Adriatiche). I dati strumentali, relativi ai terremoti dal 1981 in avanti (vedi catalogo ISIDe, INGV; ISIDe Working Group, 2015), indicano che i terremoti emiliano-romagnoli hanno origine per lo più a profondità comprese tra 35 e 5 km; i terremoti più profondi si concentrano soprattutto nella zona del margine appenninico-padano e del basso e medio Appennino. Le strutture sismogenetiche sono strutture geologiche (faglie, accavallamenti) che possono generare terremoti

10.7 Sismicità osservata

I Comuni di Fontanelice e Casalfiumanese sono stati interessati da terremoti di diversa intensità e, come tutta la Regione Emilia Romagna, hanno storicamente risentito, e tuttora possono risentire, di forti terremoti avvenuti in aree sismogenetiche extraregionali, alcune delle quali hanno generato terremoti di magnitudo maggiore di 6, come la Garfagnana, il Mugello, la Valtiberina e le Marche settentrionali.

Nella figura che segue sono rappresentati gli epicentri dei principali terremoti (magnitudo stimata almeno uguale a 4) che hanno interessato il territorio regionale negli ultimi 1.000 anni. Epicentri dei principali terremoti ($MW \geq 4$) che hanno interessato l'Emilia-Romagna negli ultimi 1.000 anni (Rovida et al., 2016; ISIDe Working Group, 2015).

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 26 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

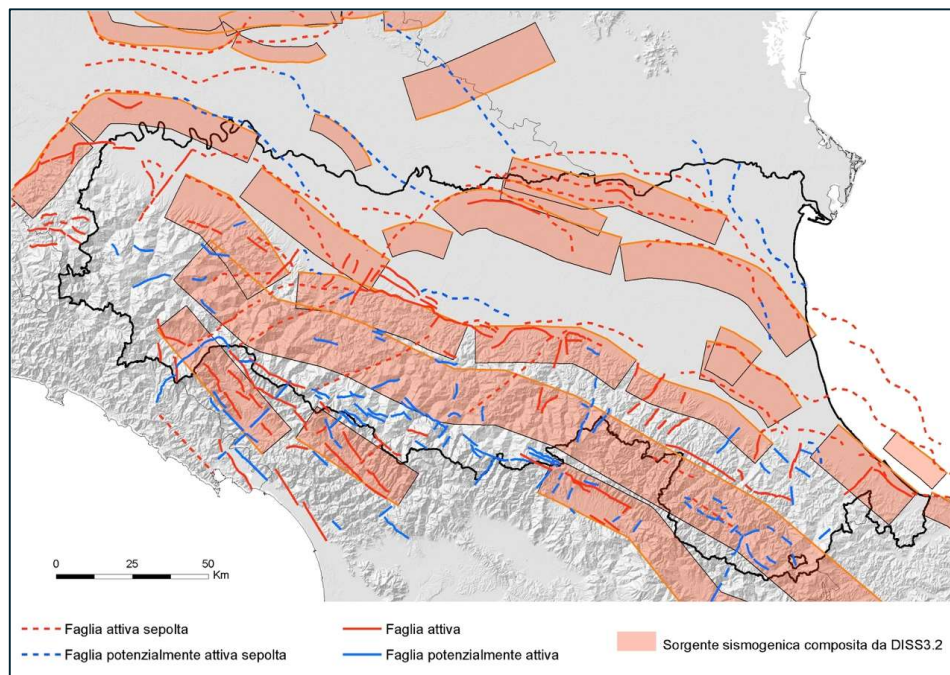


Figura 16: Confronto tra le zone sismogenetiche in grado di generare terremoti $M > 5,5$ (DISS Working Group, 2015) e le principali faglie attive riconosciute (Martelli et al., 2017a) nell'Appennino toscano-emiliano-romagnolo e la Pianura Padana centrale e orientale.

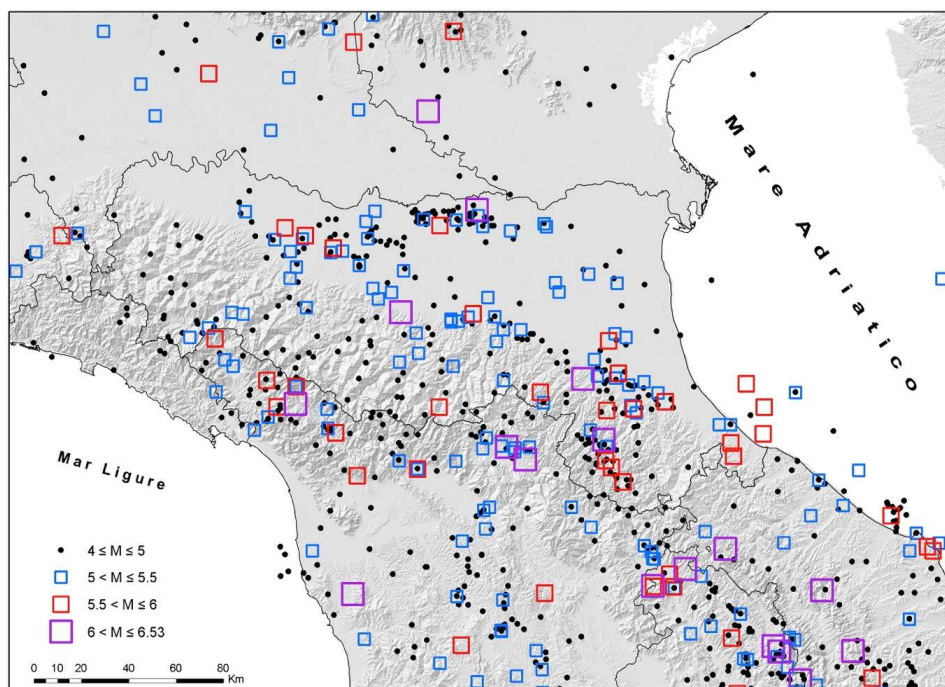


Fig. 17 : Epicentri dei principali terremoti (magnitudo stimata almeno uguale a 4) che hanno interessato il territorio regionale negli ultimi 1.000 anni

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 27 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

Di seguito si riportano i dati ricavati dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani dal 1000 al 2020 consultabile nel sito di INGV all'indirizzo:

https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_39296

relativi ai Comuni di Castel del Rio, Casalfiumanese. di seguito si riportano i grafici relativi, a partire dall'anno 1000.

Riferimenti:

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2022). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0 [Data set]*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/cpti/cpti15.4>

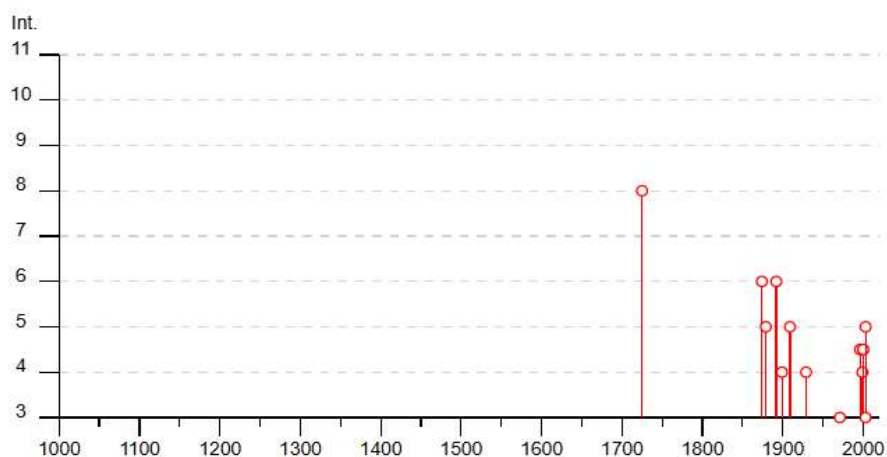
Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). *The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). *Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0 [Data set]*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/dbmi/dbmi15.4>

Castel del Rio



PlaceID IT_39453
Coordinate (lat, lon) 44.212, 11.505
Comune (ISTAT 2015) Castel del Rio
Provincia Bologna
Regione Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati 19



Casalfiumanese



PlaceID IT_39427
Coordinate (lat, lon) 44.298, 11.617
Comune (ISTAT 2015) Casalfiumanese
Provincia Bologna
Regione Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati 11

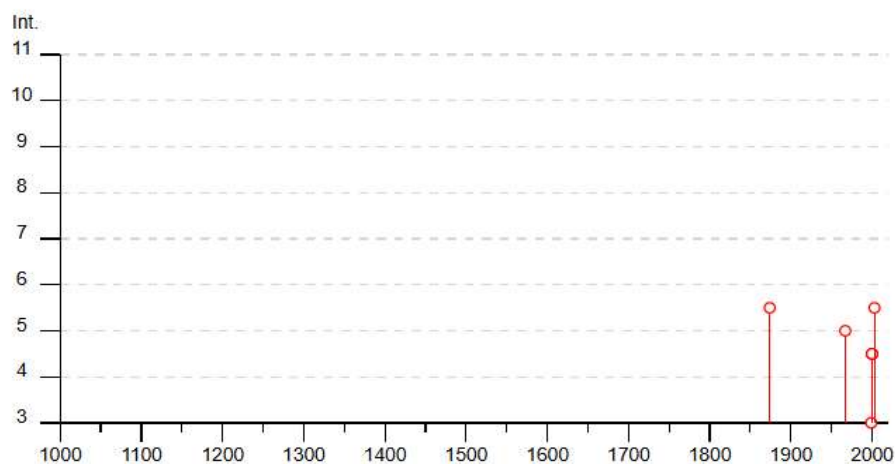


Figura 18::Catalogo terremoti per i Comune di Cartel del Rio e Casalfiumanese

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 29 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

11 GEOTECNICA

11.1 Generalità

Le caratteristiche geotecniche del sistema che costituisce l'ambiente geostrutturale dei siti interessati dalle frane sono variabili. In questo ambito territoriale si trovano formazioni marnoso arenacee con diverse declinazioni. Il modello geotecnico di riferimento per la progettazione è articolato per singole unità lito tecniche. In fase di studio e di progettazione è stato modellato uno schema geotecnico rappresentativo della struttura litotecnica degli ammassi presenti lungo il tracciato della Sp15.

Gli affioramenti che si trovano lungo la strada hanno consentito di fare delle prove sui litotipi direttamente in sito acquisendo i dati necessari ad elaborare il modello geotecnico in cui ai litotipi sono assegnati i valori dei parametri geotecnici.

11.2 Modelli Geotecnici di progetto

11.2.1 Componente arenacea

Si tratta di una roccia, talora molto compatta se nella parte interna dell'ammasso, meno compatta se in affioramento ma comunque di elevate caratteristiche di resistenza meccanica.

Litotipo: arenaria

Peso di volume: $\gamma = 22,0-23,0 \text{ kN/m}^3$

Angolo di resistenza a taglio: $\phi' = 36^\circ \div 40^\circ$

Coesione (vera): $c' = 40,0-80,0 \text{ kPa}$

Modulo deformazione elastica: $E = 1000,0 \div 3000,0 \text{ MPa}$

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0,30 \div 0,20$

11.2.2 Componente marnosa

Si tratta di un materiale che, se contenuto all'interno dell'ammasso, presenta una elevata resistenza in direzione ortogonale alla eventuale stratificazione. In affioramento è altamente degradabile per effetti di agenti esogeni (sole, acqua vento neve). La componente argillosa della marna la rende particolarmente alterabile in presenza con acqua.

Litotipo: marna argillosa

Peso di volume: $\gamma = 20,0-22,0 \text{ kN/m}^3$

Angolo di resistenza a taglio: $\phi' = 33^\circ \div 35^\circ$

Coesione (vera): $c' = 0,0 \text{ kPa}$

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 30 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

Modulo deformazione elastica: $E = 100,0 \div 3000,0$ MPa

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0,30 \div 0,20$

11.2.3 Terre di alterazione superficiale e coltri superficiali

Si tratta del terreno che ricopre il marnoso arenaceo di formazione. Parte di tale terreno è frutto della decomposizione ed alterazione superficiale della formazione, parte è frutto di scorrimenti superficiali. E' un materiale entro il quale si sviluppano le radici di apparati vegetali, dai cespugli agli alberi spontanei che in alcune zone hanno raggiunto altezze di diversi metri. E' un materiale che ha deboli caratteristiche geotecniche, ridotte ai minimi termini dall'acqua che lo appesantisce e ne fa perdere le minime caratteristiche meccaniche.

Litotipo: terra costituita da percentuali variabili di limo, sabbia, argilla, generalmente interessata da apparati radicali.

Peso di volume: $\gamma = 16,0-19,0$ kN/m³

Angolo di resistenza a taglio: $\phi' = 20^\circ \div 22^\circ$

Angolo di resistenza a taglio residuo: $\phi' = 4^\circ \div 8^\circ$

Coesione (vera): $c' = 0,0$ kPa

Modulo deformazione edometrica: $E = 3 \div 5$ MPa

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0,45$

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 31 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

12 INTERVENTI DI RICOSTRUZIONE DEI TRATTI STRADALI FRANATI

12.1 Generalità

I tratti stradali interessati dalle frane presentano le stesse condizioni di dissesto e disservizio: si tratta della perdita di tratti della corsia Sud, verso Castel del Rio, della strada provinciale.

La strada, per buona parte è a mezza costa: parete subverticale a monte (corsia est) e scarpata più o meno ripida e alta, a valle (corsia ovest). I tratti in frana sono compresi tra la progressiva km 0+00 e la progressiva km 0+300 e in un tratto di 60m in corrispondenza del km 2+700: la tipologia di frana è la stessa, cambia la dimensione della scarpata, molto alte per le prime, più ridotta e dolce per la frana al km 2+700.

12.2 Interventi di ripristino nel tratto dalla progr. Km 0+00 e progr. km 0+300

12.2.1 Generalità

In questo tratto stradale si sono manifestate quattro frane che hanno interessato le scarpate di valle, la cui altezza è variabile intorno al valore medio di 30m, su una lunghezza in pianta di 45m circa: la pendenza della scarpata è dell'ordine del 60%. Sul lato a monte della corsia ancora disponibile della strada è presente una scarpata vegetata, sub verticale, che con il proprio piede definisce il limite della corsia. Ci si trova di fronte ad una situazione molto critica, in cui il tratto stradale interessato dai crolli è stato ridotto ad una larghezza utile di 2,5m rispetto ai 5,0m originari e il traffico deve necessariamente essere alternato per l'intero tratto, e semaforizzato: questa condizione è quella che fu realizzata in fase di emergenza subito dopo l'alluvione. Una ulteriore criticità è rappresentata dalla stabilità delle scarpate di valle, ancora esposte a possibili ulteriori crolli, erosioni, con richiamo della parte di piattaforma stradale ancora utile.

Per risolvere le condizioni di dissesto occorre operare a monte della strada, a valle della strada e nella strada stessa: l'obiettivo è quello di ripristinare la piattaforma stradale assegnandole una struttura stabile e capace di affrontare anche eventi come quello che ha portato al crollo nei tratti indicati.

12.2.2 Intervento a monte della corsia Nord della strada

A monte della corsia Nord della strada sono stati realizzati durante le fasi di urgenza, degli allargamenti temporanei di dimensioni variabili in funzione delle dimensioni necessarie per recuperare fasce di piattaforma. Gli allargamenti richiedono necessariamente il taglio della vegetazione che copre la scarpata e la successiva riprofilatura della stessa scarpata, stabilendo il nuovo piede della scarpata con la costruzione di un'opera di sostegno alla base.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 32 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

L'allargamento a monte è possibile, in alcuni tratti, per una larghezza di 1,00m-1,5m; per altri tratti l'allargamento non può superare il metro di larghezza.

12.2.3 Interventi sulle scarpate di valle erose dall'alluvione

Come descritto nei punti precedenti, le scarpate sono molto alte e ripide. Le frane hanno denudato le superfici delle scarpate dalla vegetazione che, nelle parti adiacenti, è ancora ben evidente e rigogliosa anche se mostra segni di trazione verso valle.

L'altezza e la pendenza delle scarpate non consentono di recuperare la morfologia precedente all'alluvione con interventi di ricomposizione del terreno franato. Il crollo è avvenuto a partire dalla quota della strada ed è nella parte superiore delle scarpate che è necessario intervenire con la stabilizzazione della scarpata, riducendo gli interventi nelle parti centrali delle scarpate per completarne il consolidamento al piede, con un'opera di sostegno.

L'intervento in scarpata consiste nella chiodatura con inclusioni metalliche disposte ad interasse variabile in funzione della morfologia superficiale raggiunta con il dissesto. Si tratta di chiodi metallici realizzati con barre di acciaio autoperforanti che raggiungono la lunghezza massima di 8,0m e sono iniettate con malta di cemento. L'intervento è realizzato dalla quota sommitale della scarpata fino a 10,0m dal ciglio superiore che coincide con il ciglio della parte di strada non crollata. Questa operazione è necessaria per stabilizzare la scarpata soprattutto nella fascia superiore dove, con il terzo intervento si opera realizzando un sistema di micropali. Ulteriori chiodature sono previste dalla quota raggiunta con la prima fase di altezza 10m fino alla quota di 25m circa, con interassi e lunghezze diverse da quelle previste per la fascia superiore. I chiodi inseriti nell'ammasso di cui le scarpate sono la parte in affioramento, mantengono una lunghezza di circa 0,30m all'esterno della superficie della scarpata per consentire il collegamento dello strato di copertura previsto, alla parte stabile del sistema. Il manto di copertura della scarpata denudata dalla frana è costituito da un telo geosintetico permeabile sottoposto a teli di rete metallica con orditura esagonale, a sua volta ancorata con cavi e chiodi di acciaio all'ammasso stabile.

Una volta realizzata la copertura della scarpata con i materiali indicati in precedenza, si procede all'idrosemina, anche essa fondamentale per la protezione della scarpata.

L'opera di sostegno al piede delle scarpate è realizzata con gabbioni metallici.

Essi hanno lo scopo di mantenere confinato il piede della scarpata mantenendo la permeabilità e consentendo anche modesti spostamenti. Sarà un'opera di altezza 2,0- 2,5m, di lunghezza 200m. Al piede anteriore della gabbionata è prevista una canaletta in terra per la raccolta e la regimazione dell'acqua meteorica.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 33 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

12.2.4 Interventi sulla piattaforma stradale

Un aspetto importante ed anche critico nella realizzazione degli interventi di consolidamento e ripristino stradale consiste nella necessità di mantenere in esercizio il traffico veicolare per tutta la durata del cantiere: per questo gli interventi in piattaforma saranno realizzati dopo i lavori di consolidamento della scarpata e la realizzazione della serie di micropali che dovranno essere realizzati per stabilizzare la scarpata e per collegare la piattaforma al sottosuolo.

Solo dopo la formazione della piattaforma in c.a. nei tratti dove la riduzione della strada si è estesa oltre la mezzzeria verso monte, si potrà procedere agli interventi di allargamento verso monte e al completamento dei lavori di costruzione della strada sulle piattaforme realizzate e collegate al sottosuolo con i micropali di fondazione.

Al termine di lavori la pavimentazione sarà completamente ricostruita con le pendenze longitudinali e trasversali stabilite per la regimazione idraulica e saranno installate le barriere di sicurezza unitamente alla segnaletica verticale e orizzontale.

12.3 Interventi di ripristino nel tratto corrispondente alla progr. Km 2+700

12.3.1 Generalità

Il tipo di dissesto che si è manifestato al km 2+700 e del tutto simile a quelli avvenuti alle progressive da km 0+00 e km 0+300, ma con dimensioni decisamente ridotte. La strada è stata coinvolta in una frana avvenuta con un cinematismo riconducibile alla tipologia di scorrimento rotazionale. La corsia Sud della strada, verso Castel del Rio, è stata coinvolta per una lunghezza di circa 60m e per una larghezza di circa 2,50m; con essa è stata distrutta la barriera di sicurezza. In fase transitoria per consentire il passaggio veicolare è stato organizzato un transito su unica corsia semaforizzato.

12.3.2 Interventi di ripristino della strada

La scarpata di valle della strada, quella che ha subito il dissesto, ha un andamento relativamente ameno ed una dimensione decisamente inferiore alle scarpate della parte iniziale della strada. Il terreno coinvolto è costituito da terre limo argillose, argille sabbiose derivanti dalle alterazioni del sistema manoso arenaceo che è in affioramento in corrispondenza del ciglio della corsia nord, verso l'incrocio con la SP21.

L'intervento che si prevede consiste nella formazione di un'opera di sostegno a valle della strada e un rilevato in terra rinforzata fino alla quota di imposta della pavimentazione della parte di strada ricostruita. Si tratta di un'opera di sostegno costituita da gabbioni impostati su una platea di fondazione in cemento armato direttamente collegata al terreno, posta a valle del ciglio stradale da recuperare.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 34 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

Sopra alla gabbionata si realizza un rilevato in terra rinforzata, utilizzando il terreno franato, disposto per strati di 40cm intervallati con geosintetico "strutturale" fino al raggiungimento della quota di imposta della struttura della pavimentazione.

I lavori di ricostruzione della strada si completano con la realizzazione della pavimentazione stradale, la segnaletica e la nuova barriera di sicurezza. Sul lato a monte l'intervento consiste nella posa in opera di un geosintetico antierosione con sovrapposizione di una rete a trama esagonale ancorata all'ammasso con cavi e chiodi di acciaio.

12.4 Interventi di ripristino nel tratto corrispondente alla progr. Km 1+800

Al km 1+800 il movimento franoso consiste in una colata della coltre superficiale della scarpata. La coltre superficiale della scarpata costituita da terre con apparati radicali, vegetazione spontanea, per uno spessore variabile da 0,50m fino a 1,50m, per una altezza che non raggiunge la quota della vetta della scarpata ma si eleva per circa 6-7m dal piano stradale. Il materiale che si è accumulato alla base della scarpata è stato, in parte, tolto dalla strada.

Trattandosi di una porzione di scarpata che può mantenere nel tempo una propensione al dissesto in caso di forti piogge, è necessario predisporre e fare realizzare un intervento di presidio lungo la scarpata.

Si interviene, quindi, con la realizzazione di una protezione del fronte della scarpata con teli di geocomposito e rete di ancoraggio chiodata all'ammasso.

L'immagine a fianco è uno schema del sistema di protezione previsto.



Figura 19: Schema della copertura della scarpata

12.5 Interventi al km 3+100

Gli interventi di ripristino definitivo della strada consistono nel consolidamento della parte superiore della scarpata con chiodatura, nella realizzazione di una mensola in cemento armato con fondazioni costituite da micropali e la ricostruzione della piattaforma stradale. L'intervento è simile, come tipologia, all'intervento previsto per il tratto dalla progr.km0+00 in avanti.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 35 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

13 CRITERI DI CALCOLO PER GLI INTERVENTI DA KM 0+00 A KM 0+300

13.1 Generalità

Si descrivono, in questo paragrafo, i criteri di calcolo assunti per il dimensionamento e le verifiche degli interventi previsti per la stabilizzazione delle scarpate a monte e valle della strada e per il ripristino della struttura stradale colpiti dalle frane che ne hanno determinato il dissesto. Nella Relazione Tecnica allegata al progetto esecutivo di cui è parte la presente relazione sono riportate le analisi e le verifiche condotte e sinteticamente illustrate nella presente relazione. Alla alluvione del maggio 2023 ne sono seguite altre della stessa portata e violenza; questo fa riflettere sulla reale possibilità che il cambiamento del clima ci porti oramai a dovere affrontare eventi meteo di forte intensità, concentrati in pochi giorni, con impatti di straordinaria importanza sul territorio. Il progetto degli interventi di ripristino e di nuove opere, in genere, deve considerare gli eventi meteo che si valutavano anni fa come straordinari, come eventi di ordinaria manifestazione per il futuro immediato e a lungo termine.

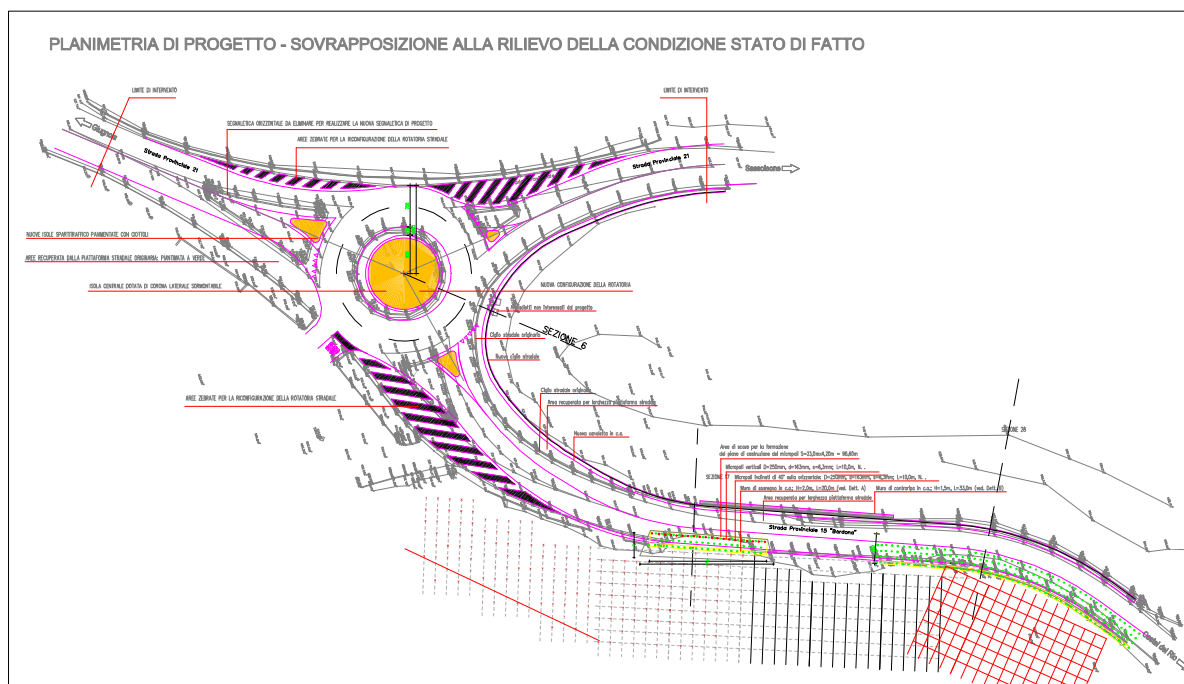


Figura 20: planimetria di progetto sovrapposta al rilievo topografico della strada dal km 0+00 al km 0+300, dopo l'evento franoso.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 36 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

13.2 Ripristino del tratto stradale dalla progr.km0.00 alla progr.km0+300

È questo un tratto relativamente critico: a valle della strada, è presente una scarpata molto ripida e profonda, a monte è presente un ammasso roccioso, strutturato, coperto da vegetazione spontanea. Questa condizione riguarda il primo tratto della SP15 per una lunghezza anche superiore alla progr. Km0+300 dove terminano le frane di erosione che hanno distrutto la corsia Sud della strada. Simile alle condizioni che hanno portato alle frane è anche la condizione dei tratti interconnessi tra le fasce localizzate, dissestate. Gli interventi progettati e di cui si illustrano i criteri di calcolo, sono finalizzati a ripristinare la strada incrementandone sensibilmente la sicurezza in termini di stabilità locale e generale.

Come già descritto nei capitoli precedenti, gli interventi di consolidamento riguardano:

- ♦ la scarpata a valle della strada;
- ♦ la scarpata a monte della strada;
- ♦ la struttura stradale stessa.

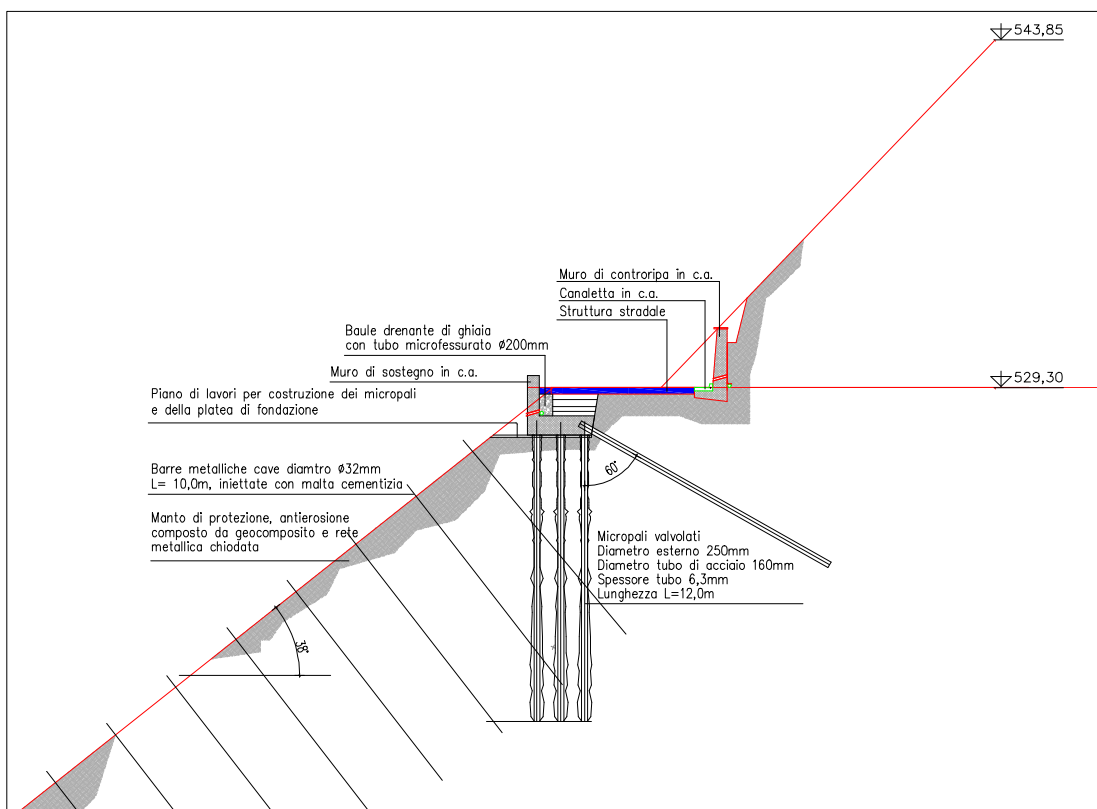


Figura 21: Sezione tipo di progetto.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 37 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

13.2.1 Stabilizzazione delle scarpate a valle della strada

Le frane che si sono manifestate hanno riguardato la coltre superficiale dell'ammasso roccioso sottostante. La pioggia ha appesantito la coltre e ne ha aumentato la pressione interstiziale, privandola della necessaria resistenza a taglio per mantenere le originarie condizioni di equilibrio. Le coltri sono scivolote alla base delle scarpate trascinando alberi e piante e una ampia porzione della corsia Sud della strada.

Si tratta ora di recuperare la piattaforma stradale e per questo occorre anche recuperare "confidenza" sulla stabilità della scarpata di valle.

Il criterio che è stato adottato consiste nella valutazione della stabilità del sistema nelle attuali condizioni determinate dalle frane per studiare il sistema di consolidamento della scarpata. Si è quindi proceduto alla back analysis del sistema alla ricerca dei parametri geotecnici operativi in condizioni limiti a rottura; successivamente è stata di nuovo condotta analisi di stabilità con inserimento nell'ammasso di elementi di acciaio per definirne il numero sufficiente per il raggiungimento delle condizioni di stabilità previste dalla vigente normativa. Definito il numero e le caratteristiche delle inclusioni di acciaio, è stato studiato il sistema di protezione superficiale della scarpata: intervento necessario a ridurre l'erosione provocata dagli agenti esogeni (pioggia, neve, ghiaccio, vento, sole). Alla base della scarpata è prevista un'opera di sostegno costituita da una gabbionata di lunghezza 200m per una altezza di 3m.

La "Relazione di calcolo e verifiche di stabilità" (THS2024005-V02 – R06) allegata al progetto, illustra i calcoli condotti per la definizione del tipo e delle dimensioni delle chiodature con le barre di acciaio iniettate con malta di cemento. Gli elaborati grafici allegati al progetto mostrano gli interventi di consolidamento e i sistemi di protezione antierosioni delle scarpate di valle.

13.2.2 Stabilizzazione della scarpata a monte della strada

A monte della strada, per il tratto di interesse, si trova in affioramento la formazione marnosa arenacea. Non sono state rilevate frane, spostamenti, della parte soprastante la strada. La pendenza del fronte di scarpata è simile a quello delle scarpate di valle.

L'interesse per la stabilità della scarpata di monte deriva dalla necessità di incidere la base della scarpata per spostare sensibilmente a monte la piattaforma stradale, ponendola in una posizione più stabile. Data la pendenza della scarpata, l'arretramento verso monte della piattaforma stradale è di circa 1,7m: questo spostamento impone la realizzazione di un'opera di controripa in cemento armato, necessaria per la sostituzione dell'unghia di roccia asportata. Le caratteristiche strutturali le relative verifiche sono riportate nella citata Relazione di Calcolo e Verifiche di Stabilità.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 38 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

13.2.3 Struttura stradale

Il progetto di ricomposizione della struttura stradale prevede, nell'ordine:

- ♦ Realizzazione di una piattaforma in cima alla scarpata di valle, dalla quale realizzate micropali verticali e sub-orizzontali di fondazione.
- ♦ Costruzione dei micropali che collegano al sottosuolo la piastra che costituisce la fondazione del muro di sostegno;
- ♦ Costruzione della platea di fondazione in cemento armato;
- ♦ Costruzione del muro verticale in cemento armato
- ♦ Costruzione del riempimento tra la parete verticale e la strada:
- ♦ Costruzione della massicciata stradale e della pavimentazione.

Questa operazione di ricostruzione della struttura stradale è consentita dopo la conclusione degli altri interventi: l'allargamento a monte nei tratti necessari; il consolidamento con chiodatura della scarpata di valle; la protezione della scarpata di valle con geocompositi e rete installata con funi di acciaio e chiodi.

Il progetto prevede, nell'ordine, il calcolo della portanza di ciascun micropalo e della palificata, utilizzando il metodo "Bustamante Doix"; successivamente prevede il calcolo del muro in c.a. compresa la platea di fondazione. con il metodo Mohr-Coulomb; da ultimo prevede le verifiche di stabilità globali secondo le prescrizioni della vigente normativa italiana.

Le verifiche di stabilità sono condotte con il programma di calcolo SLOPE/W. Il progetto strutturale con le relative verifiche sono poste nella relazione di calcolo già citata "Relazione di Calcolo e verifiche di Stabilità) allegata al progetto (Elaborato THS2024005-V02 – R06).

14 CRITERI DI CALCOLO PER GLI INTERVENTI AL KM 2+700

La frana occorsa al km 2+700 ha riguardato un tratto di 60m della corsia Sud verso Castel del rio, della SP 15 "Bordona". Anche in questo caso una ampia parte della corsia ha subito uno scorrimento rototraslativo che l'ha portata alcuni metri a valle compresa la pavimentazione, la barriera di sicurezza. La scarpata di valle della strada è molto meno acclive del caso trattato dal km 0+00 al km 0+300 e questo consente di trattare il problema, anche per le ridotte dimensioni, con tecniche più semplici.

L'intervento consiste nelle seguenti attività e fasi operative:

Il primo intervento consiste nella asportazione del guardrail franato con la strada e con le rimodellazione del versante distribuendo il terreno del corpo di frana lungo il versante. Successivamente si procede alla realizzazione del piano di appoggio dell'opera di sostegno, individuando la quota alla quale si trova un terreno stabile. Si realizza la fondazione (1) in

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 39 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

cemento armato, per poi posizionare e realizzare il primo elemento di gabbione di dimensioni 2,0mx1,0mx1,0m. Dalla sommità della prima fila di elementi esce verso monte una rete metallica dello stesso tipo del contenitore della ghiaia, per una lunghezza di 2,0m, appoggiata sul piano predisposto a monte della prima fila di gabbioni. A questo punto si stende il geotessuto tessuto, da 300g/mq, su tutto il piano mantenendo i lembi estremi più lunghi della dimensione del piano di appoggio del terreno. Si procede alla costruzione della seconda linea di gabbioni e quindi alla messa in opera e compattazione del terreno tratto dal corpo di frana. I lembi del geotessuto si risvoltano sopra lo strato. Si procede alla stesura del secondo strato di geotessuto e di terreno in sequenza fino alla terza linea di gabbioni. Si conclude il lavoro con la posa degli strati di terreno rinforzato fino alla quota di posa dello stabilizzato naturale che rappresenta la fondazione della struttura stradale. I

Il calcolo della struttura di sostegno è riportato nella Relazione di Calcolo e Verifiche di Stabilità allegata agli elaborati del progetto esecutivo di cui è parte la presente relazione.

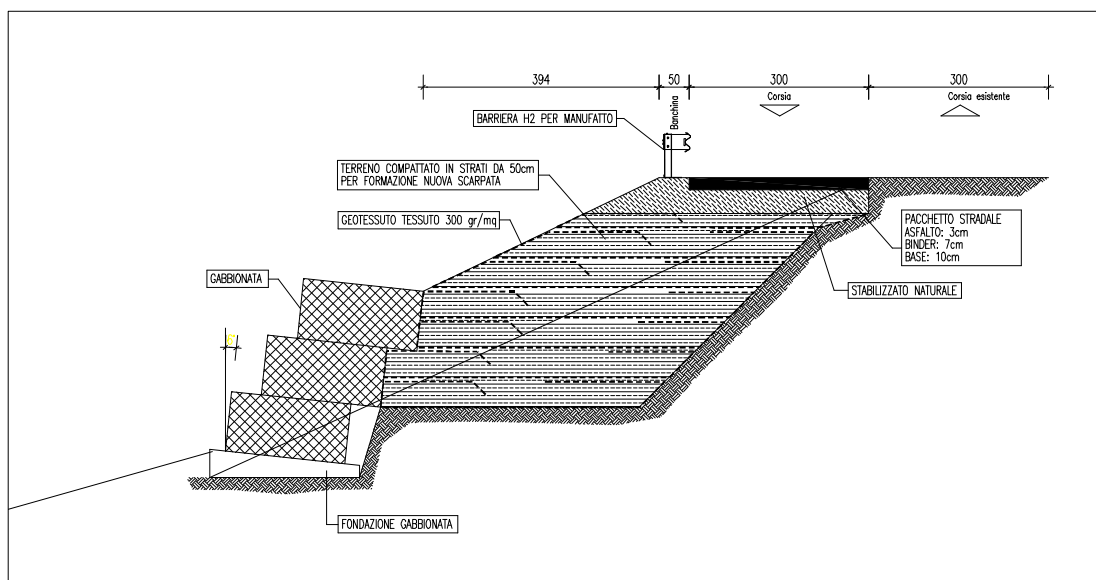


Figura 22: Sezione tipo di progetto per la ricostruzione della corsia sud della strada al km 2+700

15 CRITERI DI CALCOLO PER GLI INTERVENTI AL KM 1+800

L'intervento di protezione della scarpata a monte della strada non richiede calcoli particolari, specifici. Il geocomposito e la rete a maglia esagonale sono ancorati alla parete con chiodatura attrezzata in testa con piastre strutturali in modo da fungere come golfari per il passaggio delle funi di acciaio di diametro $d=16\text{mm}$ disposte secondo un reticolo di $3,0\text{m} \times 3,0\text{m}$. Gli ancoraggi dei golfari sono costituiti da barre di acciaio inserite nel terreno per una lunghezza di 1,0m

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 40 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

16 CRITERI DI CALCOLO PER L'INTERVENTO AL KM 3+100

Sono stati adottati gli stessi criteri adottati per gli interventi di consolidamento del tratto dalla progr. 0+00 in avanti.

17 INTERFERENZE

Nei due cantieri della SP15 non sono rilevate interferenze con linee aeree e sottoservizi.

18 ESPROPRI E INDENNIZZI

Per quanto riguarda le frane della SP15 sono previsti espropri unicamente per il tratto dal km 0+00 al km 0+300, per l'allargamento a monte della piattaforma stradale. La Relazione sugli espropri è allegata alla documentazione di progetto di cui è parte la presente relazione generale. E' previsto un esproprio in corrispondenza del km 2+700 dove si realizza la gabbionata di sostegno della corsia sud della strada.

19 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il progetto esecutivo di cui è parte la presente relazione contiene la Relazione delle Terre e Rocce da scavo. Nei due interventi di consolidamento è prevista una movimentazione del terreno abbastanza importante e questo aspetto è trattato nella rispettiva relazione. Per la frana al km 0+00 – km0+300 si tratta di scavare terreno a monte della piattaforma stradale per spostare l'asse della strada a monte, in posizione più stabile rispetto alle condizioni originarie. Nel caso della frana al km 2+700 si esegue un movimento terra nel corpo di frana per consentire la realizzazione della gabbionata di sostegno della corsia sud della piattaforma stradale: non si prevede di spostare terreno oltre il cantiere.

20 STRUTTURA DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE

Le dimensioni e le caratteristiche della struttura della pavimentazione stradale sono stabilite dai risultati dei calcoli condotti in relazione al tipo di terreno di fondazione, al tipo e intensità di

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 41 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

traffico, alla vita nominale stabilità per la strada. La strada è di tipo "C" ed ha un traffico pesante significativo ma non eccessivamente intenso. I terreni su cui la strada deve essere realizzata non hanno caratteristiche meccaniche elevate e, soprattutto, ricopre un ruolo fondamentale, per la stabilità, la presenza o meno di venute idriche importanti, l'incremento della pressione interstiziale nel terreno. Anche per questa opera si utilizzeranno materiali con una quota di riciclato che consentirà di far ritenere i materiali stessi, ottemperanti ai protocolli CAM.

21 ELEMENTI DI SICUREZZA STRADALE

Per quanto riguarda gli elementi di sicurezza, si tratta di barriere da installare sul muro di sostegno a valle del tratto stradale ricostruito dalla progressiva km 0+100 alla progressiva 0+300 e dalla progressiva km2+600 alla progressiva km2+750. Si tratta per entrambi i lavori, di barriere tipo H2.

Le soluzioni progettuali espone nei documenti di progetto sono dimensionate e verificate in relazione alle principali tipologie di barriere installabili secondo normativa presenti sul mercato. Dato che il progetto riguarda l'installazione di manufatti prefabbricati e che le caratteristiche dei supporti (arginelli, cordoli di opere d'arte, testa dei muri di sostegno) influenzano le modalità d'installazione dei manufatti stessi, non potendo prescrivere in progetto l'impiego di prodotti commerciali specifici, si è operato secondo i criteri di seguito precisati:

- Tutte le soluzioni previste in progetto sono state studiate in modo da essere adeguate alle caratteristiche di almeno due barriere installabili secondo normativa presenti sul mercato. Pertanto, si precisa che laddove i disegni e i dettagli costruttivi indicati nel progetto delle barriere fanno riferimento alle caratteristiche costruttive di specifici modelli di barriere, questi hanno un valore puramente indicativo, utile solo ad identificare la soluzione progettuale proposta. Di conseguenza, tutti i disegni e i dettagli costruttivi dovranno, in fase costruttiva, essere adeguati alle caratteristiche delle barriere effettivamente installate. Le soluzioni tecniche dovranno però rispettare tutti i criteri progettuali e prestazionali prescritti nel presente progetto;
- Per consentire comunque, in fase costruttiva, l'utilizzo di qualsiasi tipo di barriera impiegabile al momento dell'appalto, negli elaborati che costituiscono il progetto sono stati definiti i criteri prestazionali che devono essere rispettati, indipendentemente dal tipo di barriera utilizzata.

Ne consegue che l'Appaltatore in generale e il/i progettista/i dei dispositivi saranno tenuti a rendere disponibili:

- 1) gli elaborati costruttivi e che dipendono dalle caratteristiche dei dispositivi scelti (transizioni, terminali, cuspidi, schema di montaggio attenuatori d'urto) accompagnati da opportune relazioni tecnico illustrative e di calcolo e/o verifica (ad es. idoneità del sistema di ancoraggio) e da elaborati planimetrici in cui si indicano, tra l'altro, i modelli di barriere, il tipo di transizione, terminale, cuspidi ecc (con rimandi agli specifici elaborati);
- 2) tutte le certificazioni previste. Nel merito si rappresenta che ai sensi del DM 28.06.2011 "Disposizioni

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 42 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale" l'Appaltatore dovrà rendere disponibile alla Stazione appaltante quanto meno:

- Certificato CE di conformità;
- Dichiarazione CE di conformità (o dichiarazione CE di prestazione);
- Report crash test;
- Manuale per l'utilizzo e l'installazione dei dispositivi di ritenuta, con i contenuti minimi di cui all'All.1 del citato decreto.

Nei casi in cui i criteri progettuali fanno riferimento alla larghezza operativa W (vedi Norma EN 1317- 2), questa deve essere intesa in maniera conforme al significato attribuito ad oggi a tale grandezza dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ai fini dell'omologazione dei dispositivi di ritenuta e a quanto indicato nel doc. in rif. A9, ossia come lo spazio occupato in condizioni dinamiche dal complesso barriera-veicolo; quindi, di fatto, come la grandezza maggiore tra la massima posizione laterale della barriera e la massima posizione laterale del veicolo. Qualora tale definizione dovesse essere modificata, il requisito progettuale dovrà comunque intendersi riferito al maggiore tra i due valori misurati durante la prova d'urto.

21.1 Classi delle barriere di sicurezza stradale

La strada in esame si configura come strada extraurbana secondaria "C", con traffico di progetto di tipo "II"

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriera spartitraffico	Barriera bordo laterale	Barriera bordo ponte	
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I II III	H2 H3 H3-H4	H1 H2 H2-H3	H2 H3 H3-H4	
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I II III	H1 H2 H2	N2 H1 H2	H2 H2 H3	
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali	I II III	N2 H1 H1	N1 N2 H1	H2 H2 H2	

La strada in esame è configurata come strada extraurbana secondaria di tipo "C", con traffico di progetto di tipo "II". Con i dati relativi alla strada in oggetto con la tabella A soprariportata, tratta dall'art. 6 del DM 21.06.2004, sono definite le classi minime di dispositivi da applicare: tipo h1 per le barriere bordo laterale e H2 per le barriere bordo ponte.

Tenendo poi conto della ridotta lunghezza di intervento, della presenza di varie opere d'arte e del criterio di uniformità di cui all'art.6 del D.M. 21.06.2004, cioè "Per motivi di ottimizzazione

della gestione della strada, il progettista cercherà di minimizzare i tipi da utilizzare seguendo un criterio di uniformità", si è deciso di adottare su tutta le estesa barriere di sicurezza di tipo H2.

22 CRITERI AMBIENTALI MINIMI E DNSH

A seguito dell'entrata in vigore del D.M. 5 agosto 2024 recante Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento del servizio di progettazione ed esecuzione dei lavori di costruzione, manutenzione e adeguamento delle infrastrutture stradali, si redige il seguente paragrafo in ottemperanza all'art 57 comma 2 del D.Lgs. 36/2023.

Il progetto di ripristino della SP15 relativamente al criterio di sostenibilità ambientale dell'opera si è concentrato sull'utilizzo di materiali alternativi provenienti da materiali riciclati e/o sottoprodotti: tale scelta, insieme a tecnologie di produzione avanzate, è tale da contribuire a ridurre l'impatto ambientale delle infrastrutture stradali. Gli aggregati riciclati derivanti da asfalto recuperato consentono di massimizzare il riciclo delle risorse a livello di legante e miscela di asfalto: gli aggregati derivanti dall'asfalto recuperato vanno a sostituire parzialmente gli aggregati necessari alla resa del prodotto e il legante in essi incorporato sostituisce in parte quello dei leganti bituminosi aggiunti insieme ai polimeri di modifica.

La soluzione progettuale adottata è stata scelta per rispettare il criterio di durata della pavimentazione, garantendo una vita utile pari a 5 anni (intervento di risanamento superficiale) Per lo strato di usura (c.b. modificati) è previsto l'utilizzo in osservanza al D.M. 5 agosto 2024 di materiali bituminosi con un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al peso del prodotto finito, non inferiore al 10%, con l'utilizzo possibilmente del materiale proveniente dalla fresatura dello stesso corpo stradale. Per i tratti in cui viene rinnovata anche lo strato di binder il contenuto minimo dovrà essere non inferiore al 20%.

La demolizione del corpo stradale dovrà essere eseguita in modo da massimizzare il recupero del materiale.

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 44 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	

23 QUADRO ECONOMICO

Si specifica che l'elenco prezzi utilizzato per il computo metrico estimativo dei lavori e per la determinazione degli oneri per la sicurezza è quello della Regione Emilia e Romagna infrannuale 2022: eventuali prezzi mancanti sono stati tratti dal prezziario ANAS 2022.

QUADRO ECONOMICO SP15 CON RIBASSO			
A	LAVORI		
A1	Importo lavori a misura/corpo (escluso oneri sicurezza)	2 290 066,08	
A1a	di cui incidenza mano d'opera €488888,20		
A2	Oneri della sicurezza (non soggetti a ribasso)	78 926,20	
A3	TOTALE A BASE GARA	2 368 992,28	
A3a	a detrarre ribasso d'asta AQ pari al 3,75% su Importo Lavori	-85 877,48	
A3b	Importo Lavori al netto del ribasso		2 204 188,60
	Oneri della sicurezza (non soggetti a ribasso)		78 926,20
	TOTALE LAVORI IN APPALTO AL NETTO DEL RIBASSO		2 283 114,80
B	SOMME A DISPOSIZIONE		
B1	Spese tecniche (Progettazione, CSP (compresi oneri ed IVA, al netto del ribasso)	230 453,84	
B2	Incentivo funzioni tecniche (art.113 comma 3 D.Lgs. 50/2016) all'80% su A3)	34 836,63	
B3	Spese tecniche per D.L., CSE (compresi oneri ed IVA, al netto del ribasso)	150 000,00	
B4	Spese tecniche per Certificato di Collaudo (compresi oneri ed IVA, al netto del ribasso)	10 000,00	
B5	Spese di laboratorio e prove di collaudo su pali	35 000,00	
B6	IVA sui Lavori in Appalto	502 285,26	
B7	Espropri ed indennizzi	11 683,75	
B8	Imprevisti	46 116,71	
B9	Economie da ribasso (IVA Inclusa)		
B9a	Economie da ribasso su A	96 509,02	
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE		1 116 885,20
C	TOTALE GENERALE (A+B)		3 400 000,00

24 CONCLUSIONI

Le frane che si sono manifestate a seguito dell'alluvione del 2023 nel territorio Emiliano-Romagnolo hanno interessato le reti viarie con crolli che ne hanno interrotto la fruibilità per molto tempo fino alla riapertura provvisoria che ha consentito il necessario, indispensabile mantenimento del transito veicolare. Gli interventi di ripristino definitivi sono oggetto delle progettazioni di cui sono parte quelle descritte nella presente relazione, relative alla strada provinciale SP15.

Il progetto per il ripristino del tratto compreso tra la progressiva km 0+00 ed il km 0+300 prevede l'allargamento a monte della piattaforma stradale e la costruzione di un'opera di sostegno a valle collegata al sottosuolo con micropali di fondazione. Il consolidamento della scarpata di valle è stato progettato con inserimento di un sistema di chiodature con barre di acciaio autoperforanti, iniettate con malta di cemento.

Per il tratto di circa 60m al km 2+700, l'intervento per il ripristino prevede la ricostruzione della piattaforma stradale è costituito dalla costruzione di un'opera di sottoscarpa con gabbionata.

Per il tratto stradale al km 3+100 si adotta lo stesso tipo di intervento previsto per il tratto iniziale della strada.

Il progetto degli interventi di ripristino dei tratti stradali e delle scarpate è stato concepito seguendo, per quanto possibile, i criteri ambientali minimi, le prescrizioni derivanti dal PNRR.

Ing. Claudio Comastri

THS2024005-S04.QbIII.01_R02	4	03.07.2025	C.Comastri	E.Comastri	C.Comastri	Pag. 46 di 46
File	Rev.:	Data:	Redazione	Controllo	Approva- zione	