



CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA
DIREZIONE GENERALE STRUTTURA SPECIALE ALLUVIONE

S.P. n°325 "VAL DI SETTA E VAL DI BISENZIO"

LAVORI DI RIPRISTINO DEFINITIVO DELLA SEDE STRADALE E DELLE SCARPATE
DI MONTE E DI VALLE DELLA S.P. n° 325 "VAL DI SETTA E VAL DI BISENZIO",
NEL C. DI MARZABOTTO (LOC. ALLOCCO) E NEL C. DI MONZUNO (LOC. VADO)
A SEGUITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI DI MAGGIO/GIUGNO 2023

**PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE GEOLOGICA**

PROGETTISTA

Ing. Daniele Mingozi

Ordine Ing. Prov. BO n° 6548/A

RESPONSABILE INTEGRAZIONE

PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Daniele Mingozi

Ordine Ing. Prov. BO n° 6548/A

DIRETTORE TECNICO

Ing. Daniele Mingozi

Ordine Ing. Prov. BO n° 6548/A

*COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN
FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE*

Ing. Federico Galli

Ordine Ing. Prov. BO n° 9688/A

DIRETTORE DEI LAVORI

Ing. Carlo Cremonini

Ordine Ing. Prov. BO n° 6285/A

*RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO*

Arch. Mariangela Varesano

Città Metropolitana di Bologna

Codice: S24154-PE-GL-0001-A

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO
0	Agosto 2025	F. Moruzzi	D. Mingozi
1			
2			

APPROVATO
A. Mastrangelo



ENSER SRL
C.F./P.IVA/Registro Imprese RA 02058800398

WEB: www.enser.it
www.enser.fr

E-MAIL: ingegneria@enser.it
P.E.C.: ensersrl-ra@legalmail.it

SEDE PRINCIPALE
Viale A. Baccarini, 29/2
48018 Faenza (RA)
Tel. (+39) 0546 663423

SEDE DI BOLOGNA
Via E. Zacconi, 16
40127 Bologna (BO)
Tel. (+39) 051 245663

SEDE DI SANTARCANGELO
Via A. Costa, 115
47822 Santarcangelo di Romagna (RN)
Tel. (+39) 0546 663423

SUCCURSALE DI PARIGI
1 Rue de Stockholm
75008 Paris (France)
Tel. +33 (0)6 60688977



INDICE

1	PREMESSA	12
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	15
2.1	NORMATIVA	15
2.2	DOCUMENTAZIONE TECNICA E BIBLIOGRAFIA	15
2.3.	ELENCO ELABORATI	17
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	18
3.1	SITO DI ALLOCCO	19
3.2	SITO DI VADO (1).....	24
3.3	SITO DI VADO (2).....	28
4	GEOLOGIA	30
4.1	ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE.....	30
4.2	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE	33
4.2.1	Sito di Allocco.....	34
4.2.2	Sito di Vado (1).....	40
4.2.3	Sito di Vado (2).....	48
5	IDROGEOLOGIA	57
6	CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ E VINCOLI	59
6.1	INVENTARIO IFFI E PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME RENO	59
6.1.1	Sito di Allocco.....	59
6.1.2	Sito di Vado (1).....	62
6.1.3	Sito di Vado (2).....	65
6.2	PIANO TERRITORIALE METROPOLITANO (PTM) DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA.....	67
6.3	VINCOLO IDROGEOLOGICO	69
7	DISSESTI IN ATTO E POTENZIALI	71
7.1	SITO DI ALLOCCO.....	72
7.1.1	Instabilità coltri	74
7.1.2	Caduta massi.....	78
7.2	SITO DI VADO (1)	82
7.2.1	Colate detritiche	82
7.2.2	Scarpate al piede del versante.....	87
7.3	SITO DI VADO (2)	93
7.3.1	Instabilità coltri	98
7.3.2	Caduta massi.....	102

8	SISMICITÀ	105
8.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	105
8.2	SISMICITÀ STORICA	116
8.2.1	Comune di Marzabotto	116
8.2.2	Comune di Monzuno	118
8.3	SORGENTI SISMOGENETICHE E FAGLIE CAPACI	120
8.4	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO	121
8.5	PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	123
8.5.1	Categoria di sottosuolo	123
8.5.2	Condizioni topografiche	124
9	CONCLUSIONI ED INTERVENTI PROPOSTI.....	125
9.1	SITO DI ALLOCCO	126
9.2	SITO DI VADO (1).....	126
9.3	SITO DI VADO (2).....	127

FIGURE

FIGURA 1-1. UBICAZIONE DELLE DUE TRATTE STRADALI COINVOLTE DAGLI EVENTI ALLUVIONALI DEL MAGGIO 2023, OGGETTO DI INDAGINE. SCALA GRAFICA.	13
FIGURA 3-1. COROGRAFIA A GRANDE SCALA DELL'AREA DI STUDIO (IN TRATTEGGIO GIALLO), A SUD DELLA LOC. VADO.....	18
FIGURA 3-2. INDIVIDUAZIONE DELLA TRATTA STRADALE ATTENZIONATA PER IL SITO DI ALLOCCO, SU ORTOFOTO 2024 E CURVE DI LIVELLO A 10 M.	19
FIGURA 3-3. RIPRESA AEREA DA SUD DELLA SP 325 NELLA PORZIONE SETTENTRIONALE DEL SITO DI ALLOCCO.	20
FIGURA 3-4. RIPRESA AEREA DA NORD DELLA SP 325 NELLA PORZIONE SETTENTRIONALE DEL SITO DI ALLOCCO.....	20
FIGURA 3-5. RIPRESA AEREA DA NORD DELLA SP 325 NELLA PORZIONE CENTRALE DEL SITO DI ALLOCCO. IL RIO ANCINI SOTTOATTRAVERSA LA VIABILITÀ POCO PRIMA DELL'ABITAZIONE VISIBILE IN FOTO.....	21
FIGURA 3-6. RIPRESA AEREA DA SUD-OVEST DELLA SP 325 NELLA PORZIONE CENTRALE DEL SITO DI ALLOCCO.....	21
FIGURA 3-7. RIPRESA AEREA DA NORD-EST DELLA SP 325 NELLA PORZIONE MERIDIONALE DEL SITO DI ALLOCCO.	22
FIGURA 3-8. VISTA FRONTALE DELLA FRANA PER SCIVOLAMENTO OCCORSA DURANTE GLI EVENTI ALLUVIONALI DEL SETTEMBRE-OTTOBRE 2024, IMMEDIATAMENTE A NORD-EST DELL'ATTRAVERSAMENTO DEL RIO CA' NOVA, NELLA PORZIONE SETTENTRIONALE DEL SITO DI ALLOCCO.....	22
FIGURA 3-9. RIPRESA DA TERRA DELLO SPERONE ROCCIOSO PRESENTE A BORDO STRADA, IMMEDIATAMENTE A SUD-OVEST DELL'ATTRAVERSAMENTO DEL RIO CA' NOVA, PRESSO IL LIMITE SETTENTRIONALE DEL SITO DI ALLOCCO.....	23
FIGURA 3-10. INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI STUDIO RELATIVA AL SITO DI VADO (1), A MONTE E A VALLE DELLA TRATTA STRADALE ATTENZIONATA.	24
FIGURA 3-11. RIPRESA AEREA DA NORD-OVEST DELLA SP 325 E DEL VERSANTE SOPRASTANTE RICADENTE NELL'AREA DI STUDIO RELATIVA AL SITO DI VADO (1).	25

FIGURA 3-12. PORZIONE SETTENTRIONALE DELLA TRATTA STRADALE ATTENZIONATA RELATIVA AL SITO DI VADO (1) RIPRESA LATERALMENTE DAL SUO LIMITE NORD.	25
FIGURA 3-13. PORZIONE SETTENTRIONALE DELLA TRATTA STRADALE ATTENZIONATA RELATIVA AL SITO DI VADO (1) RIPRESA LATERALMENTE DAL EST.	26
FIGURA 3-14. PORZIONE CENTRALE DELLA TRATTA STRADALE ATTENZIONATA RELATIVA AL SITO DI VADO (1) RIPRESA LATERALMENTE DAL NORD-EST.	26
FIGURA 3-15. PORZIONE MERIDIONALE DELLA TRATTA STRADALE ATTENZIONATA RELATIVA AL SITO DI VADO (1) RIPRESA LATERALMENTE DAL NORD-EST.	27
FIGURA 3-16. PORZIONE MERIDIONALE DELLA TRATTA STRADALE ATTENZIONATA RELATIVA AL SITO DI VADO (1) RIPRESA LATERALMENTE DAL SUO LIMITE SUD-OVEST.	27
FIGURA 3-17. INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI STUDIO RELATIVA AL SITO DI VADO (2), A MONTE DELLA TRATTA STRADALE ATTENZIONATA.	28
FIGURA 3-18. RIPRESA AEREA FRONTALE DA W-NW DELLA PORZIONE BASALE DELL'AREA DI STUDIO, EVIDENTEMENTE INTERESSATA DAI DISSESTI DEL MAGGIO 2023.	29
FIGURA 3-19. RIPRESA FRONTALE DA TERRA W-NW DELLA PORZIONE BASALE DELL'AREA DI STUDIO, EVIDENTEMENTE INTERESSATA DAI DISSESTI DEL MAGGIO 2023. IN PRIMO PIANO IL MURO DI CONTENIMENTO IN FALDONI LAPIDEI.	29
FIGURA 4-1. CARTA STRUTTURALE DELL'APPENNINO E DEL MAR TIRRENO. OR, LINEA ORTONA-ROCCAMONFINA; (1) ISOBATE DEL LIMITE PLIOCENE/QUATERNARIO AL DI SOTTO DELL'AVANFOSSA PADANA (LINEE TRATTEGGIATE CON I NUMERI CHE INDICANO I CHILOMETRI DI PROFONDITÀ); (2) FRONTE DELLA CATENA; (3) PRINCIPALI SOVRASCORRIMENTI POST-TORTONIANO; (4) FAGLIE NORMALI; (5) ANTIFORMI; (6) SINFORMI; (7) <i>TREND</i> REGIONALE DELLE STRUTTURE; (8), (9) VULCANISMO E CORPI INTRUSIVI. (DA VAI & MARTINI, 2001).	31
FIGURA 4-2. SCHEMA DELLE PRINCIPALI FASI DELL'EVOLUZIONE DELL'APPENNINO: (A) SITUAZIONE NEL TARDO GIURASSICO-CRETACEO; (B) FASE DEL CRETACEO SUPERIORE-PALEOCENE INFERIORE DI SUBDUZIONE "ALPINA" CON FORMAZIONE DEL CUNEO DI ACCREZIONE A DOPPIA VERGENZA DELLE LIGURIDI INTERNE; (C) EOCENE SUPERIORE, SUBDUZIONE OVEST-VERGENTE CHE GIUNGE FINO ALL'ACME DELLA COLLISIONE CONTINENTALE, SI DEPOSITANO LE EPIGURI IN BACINI DI WEDGE-TOP; (D) SITUAZIONE ALL'OLIGOCENE INFERIORE IN CUI LE SUBLIGURIDI SONO STATE SOVRASCORSE ED IMPILATE NEL CUNEO DI ACCREZIONE. MODIFICATO DA CONTI ET AL. (2020).	32
FIGURA 4-3. ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA S24154-PE-GL-1001-A.....	34
FIGURA 4-4. ESTRATTO MODIFICATO DELLA CARTA GEOLOGICA RELATIVA AL SITO DI ALLOCCO, NEL QUALE SONO STATE OMESSE LE COPERTURE QUATERNARIE. SI NOTI COME L'INTERA TRATTA STRADALE INDAGATA SI IMPOSTI SUL MEMBRO DELL'ANCONELLA DELLA FORMAZIONE DELLE MARNE DI ANTIGNOLA (ANT4).	35
FIGURA 4-5. RIPRESA DAL BASSO DI UN FRONTE ROCCIOSO NELLA PARTE MERIDIONALE DELL'AREA INDAGATA. SI NOTI LA NATURA MASSIVA DEL SUBSTRATO, CHE L'ALTERAZIONE SUPERFICIALE, TENDE A MODELLARE IN FORME SMUSSATE ED ARROTONDATE.....	36
FIGURA 4-6. RIPRESA AEREA DI UN FRONTE ROCCIOSO NELLA PARTE CENTRALE DELL'AREA INDAGATA. QUI PIÙ CHE ALTROVE È POSSIBILE APPREZZARE LA STRATIFICAZIONE A TRAVERPOGGIO RISPETTO ALLA PARETE, E LA PRESENZA DI FRATTURE SUBVERTICALI, PIÙ APERTE NEI PRESSI DEL CIGLIO, CHE PREDISPONGONO A POTENZIALI DISTACCHI.	36
FIGURA 4-7. ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA S24154-PE-GL-2001-A.....	40
FIGURA 4-8. ESTRATTO MODIFICATO DELLA CARTA GEOLOGICA RELATIVA AL SITO DI VADO (1), NEL QUALE SONO STATE OMESSE LE COPERTURE QUATERNARIE. SI NOTI COME L'INTERA TRATTA STRADALE INDAGATA SI IMPOSTI SULLA FORMAZIONE DI LOIANO (LOI).	41
FIGURA 4-9. AFFIORAMENTO DI LOI IN CORRISPONDENZA DELLO SBOCCO A VALLE DELLA PIÙ SETTENTRIONALE DELLE INCISIONI CHE SOLCANO L'AREA DI STUDIO. SI NOTI LA FAGLIA CHE TAGLIA IN FONDO CANALE LUNGO LA SCARPATA ROCCIOSA.	42

FIGURA 4-10. DETTAGLIO DI UN SOTTILE LIVELLO ARGILLOSO GRIGIO-SCURO LL'INTERNO DELLE ARENARIE DELLA FORMAZIONE DI LOIANO (LOI).	42
FIGURA 4-11. RIPESA, DA MONTE VERSO VALLE, DEL DEPOSITO DI FRANA ATTIVA PER COMPLESSA (A1G) INDIVIDUATO NELLA PARTE SUPERIORE DELLA PIÙ SETTENTRIONALE DELLE INCISIONI DELL'AREA DI INDAGINE (BACINO 1).	44
FIGURA 4-12. COLTRE DETRITICA LUNGO I FIANCHI DELL'INCISIONE DI UN CORSO D'ACQUA CHE, ERODENDOLA, NE HA PRESO IN CARICO UNA PARTE. 46	
FIGURA 4-13. COLTRE DETRITICA LUNGO IL FONDO CANALE DELL'INCISIONE DI UN CORSO D'ACQUA EFFIMERO CHE, IN OCCASIONE DELLE PIENE PUÒ PRENDERLA IN CARICO.	46
FIGURA 4-14. DETTAGLIO DI UN DEPOSITO ELUVIO COLLUVIALE POGGIANTE SUL SUBSTRATO ROCCIOSO, LUNGO IL FIANCO DESTRO DI UN'INCISIONE CHE NE HA EROSO LA BASE. QUESTI DEPOSITI SONO STATI CARTOGRAFDATI COME "DEPOSITO DI VERSANTE (A3)". . 47	
FIGURA 4-15. ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA S24154-PE-GL-3001-A.	48
FIGURA 4-16. ESTRATTO MODIFICATO DELLA CARTA GEOLOGICA RELATIVA AL SITO DI VADO (2), NEL QUALE SONO STATE OMESSE LE COPERTURE QUATERNARIE E MANTENUTI I SOPRASSEGNI LEGATI ALLA GEOMORFOLOGIA. SI NOTI COME L'INTERA TRATTA STRADALE INDAGATA SI IMPOSTI SULLA FORMAZIONE DI LOIANO (LOI).	49
FIGURA 4-17. AFFIORAMENTO DELLE ARENARIE DELLA FORMAZIONE DI LOIANO (LOI) NELLE PORZIONI ALTE DEL VERSANTE INDAGATO, A MONTE DELLA SUPERFICIE DENUDATA DAGLI EVENTI DEL MAGGIO 2023, DOVE LA COPERTURA BOSCHIVA SI È MANTENUTA.....	50
FIGURA 4-18. LE ARENARIE DELLA FORMAZIONE DI LOIANO (LOI) AL PIEDE DEL VERSANTE MESSE A NUDO IN SEGUITO AI DISSESTI DEL MAGGIO 2023 ED AI SUCCESSIVI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA. DA QUESTA VISTA LATERALE DA NORD, SI APPREZZA LA COMPONENTE A REGGIPOGGIO DELL'ASSETTO DELLA STRATIFICAZIONE.	51
FIGURA 4-19. ALTRA VISTA, QUESTA VOLTA FRONTALE, DELLE ARENARIE DELLA FORMAZIONE DI LOIANO (LOI) AL PIEDE DEL VERSANTE MESSE A NUDO IN SEGUITO AI DISSESTI DEL MAGGIO 2023 ED AI SUCCESSIVI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA. DA QUESTA VISTA LATERALE DA NORD-OVEST, SI APPREZZA INVECE LA COMPONENTE A TRAVERPOGGIO DELL'ASSETTO DELLA STRATIFICAZIONE.	51
FIGURA 4-20. COLTRE DETRITICA LUNGO IL FONDO CANALE DI DUE DIVERSE INCISIONI DI CORSI D'ACQUA EFFIMERI CHE, IN OCCASIONE DI FORTI PRECIPITAZIONI POSSONO ATTIVARSI E PRENDERE IN CARICO ALIQUOTE VARIABILI DEL MATERIALE.....	53
FIGURA 4-21. ESEMPIO DI DEPOSITO DI VERSANTE (A3), IMMEDIATAMENTE A MONTE DELLA CORONA DI DISTACCO DELLA FRANA DEL MAGGIO 2023. IN SUPERFICIE SI NOTANO ANCHE ALCUNI BLOCCHI LAPIDEI RICONDUCIBILI A DISTACCHI DA FRONTI ROCCIOSI PIÙ A MONTE. 54	
FIGURA 4-22. DETTAGLIO DI UN DEPOSITO ELUVIO COLLUVIALE POGGIANTE SUL SUBSTRATO ROCCIOSO, RIMASTO IN POSTO ANCHE SUCCESSIVAMENTE AGLI EVENTI DEL MAGGIO 2023. QUESTI DEPOSITI SONO STATI CARTOGRAFDATI COME "DEPOSITO DI VERSANTE (A3)". SI NOTI COME L'EVOLVERSI DEL RETICOLO DRENANTE POST-EVENTO, STIA ERODENDOLO SUL FIANCO SINISTRO, ASPORTANDO PREVALENTEMENTE LA MATRICE FINE E LASCIANDO IN POSTO GLI INCLUSI LAPIDEI.	54
FIGURA 4-23. ESEMPI DI AREE POTENZIALMENTE SOGGETTE A DISTACCHI DI BLOCCHI IN VIRTÙ DELLA FRATTURAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO. 55	
FIGURA 4-24. RIPRESA AEREA DALL'ALTO DELLA SUPERFICIE DENUDATA DALLA FRANA DEL MAGGIO 2023 E DAI SUCCESSIVI INTERVENTI. 56	
FIGURA 5-1. RIVOLI E VENUTE D'ACQUA INDIVIDUATI LUNGO LE SCARPATE STRADALI PER IL SITO DI ALLOCCO (STELLE GIALLE). IL BACINO 6 E IL BACINO 8 AFFERISCONO RISPETTIVAMENTE AL RIO ANCINI E AL RIO CA' NOVA, DA CONSIDERARSI CORSI D'ACQUA PERENNI. 58	
FIGURA 5-2. DEPOSITI TRAVERTINOSI CREATI DALLO STILLICIDIO IN CORRISPONDENZA DELLO SBocco LUNGO LA SCARPATA STRADALE DELL'INCISIONE PRINCIPALE DEL BACINO 2, PRESSO IL SITO DI ALLOCCO.	58
FIGURA 6-1. CARTOGRAFIA DELL'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI ITALIANI (IFFI), A CURA DELL'ISPRA (SCALA GRAFICA). NEI PRESSI DELLA TRATTA STRADALE OGGETTO DI STUDIO (LINEA ROSSA) NON SONO CARTOGRAFATE FRANE CHE RAGGIUNGANO LA	

VIABILITÀ. SI SEGNA LA PRESENZA DI UNA FRANA PER SCIVOLAMENTO ROTAZIONALE/TRASLATIVO (ID: 0370926300), CON STATO DI ATTIVITÀ CLASSIFICATO “QUIESCENTE”, CHE DISCENDE DAL VERSANTE SINO A LAMBIRE IL CIGLIO DELLA SCARPATA STRADALE. 60

FIGURA 6-2. ESTRATTO MODIFICATO DAL WEBGIS DISPONIBILE SUL SITO DEL PORTALE IDROGEO DI ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/PIR/C/37036>) CHE DEFINISCE IL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ DA FRANA. LA TRATTA STRADALE OGGETTO DI STUDIO (LINEA ROSSA) SI COLLOCA IN UN CONTESTO CLASSIFICATO COME “AREE DA ATTENZIONARE” (AA). 60

FIGURA 6-3. ESTRATTO MODIFICATO DAL WEBGIS DISPONIBILE SUL SITO DEL PORTALE IDROGEO DI ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/PIR/C/37036?@=44.33150846816585,11.269556394317407,19>) CHE IDENTIFICA LE AREE INTERESSATE DA PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI E NE DEFINISCE IL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ. LA TRATTA STRADALE OGGETTO DI STUDIO (LINEA ROSSA) RICADE QUASI INTERAMENTE IN UN CONTESTO CARATTERIZZATO DA PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI MEDIA. 61

FIGURA 6-4. ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA DEL COMUNE DI MARZABOTTO (BO) RELATIVA AL “PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (ULTIMO AGGIORNAMENTO APRILE 2022) - IL CICLO DI ATTUAZIONE - SCENARI DI PERICOLOSITÀ NELLE AREE ALLAGABILI” A CURA DELL’AUTORITÀ DI BACINO DEL PO E DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA, DISPONIBILE AL SITO <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/layer-cartografici-taglio-per-comune>. I DATI COINCIDONO CON QUELLI DI FIGURA 6-3. IN TRATTEGGIO ROSSO, L’AREA DI INDAGINE..... 61

FIGURA 6-5. CARTOGRAFIA DELL’INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI ITALIANI (IFFI), A CURA DELL’ISPRA (SCALA GRAFICA). NEI PRESSI DELLA TRATTA STRADALE OGGETTO DI STUDIO (LINEA ROSSA) NON SONO CARTOGRAFATE FRANE CHE RAGGIUNGANO LA VIABILITÀ. SI SEGNA LA PRESENZA DI UNA FRANA PER CROLLO/RIBALTAMENTO (ID: 0370795000), CON STATO DI ATTIVITÀ CLASSIFICATO “ATTIVO/RIATTIVATO/SOSPESO”, CHE SI IMPOSTA LUNGO LA PARETE A MONTE DI UNA CIVILE ABITAZIONE NELLA PARTE CENTRALE DELL’AREA DI STUDIO. 62

FIGURA 6-6. ESTRATTO MODIFICATO DAL WEBGIS DISPONIBILE SUL SITO DEL PORTALE IDROGEO DI ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/PIR/C/37036?@=44.3101017708793,11.262245374574784,19>) CHE DEFINISCE IL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ DA FRANA. LUNGO LA TRATTA STRADALE ATTENZIONATA E LE SUE PERTINENZE NON VIENE INDICATA ALCUNA PERICOLOSITÀ DA FRANA). 63

FIGURA 6-7. ESTRATTO MODIFICATO DAL WEBGIS DISPONIBILE SUL SITO DEL PORTALE IDROGEO DI ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/PIR/C/37036?@=44.3101017708793,11.262245374574784,19>) CHE IDENTIFICA LE AREE INTERESSATE DA PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI E NE DEFINISCE IL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ. LA TRATTA STRADALE OGGETTO DI STUDIO (LINEA ROSSA), LAMBISCE UN’AREA CARATTERIZZATA DA PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI MEDIA (M-P2). LA PORZIONE DELL’AREA DI STUDIO COMPRESA TRA LA SP 325 E L’ALVEO DEL SETTA, INVECE, VI RICADE ALL’INTERNO. 63

FIGURA 6-8. ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA DEL COMUNE DI MONZUNO (BO) RELATIVA AL “PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (ULTIMO AGGIORNAMENTO APRILE 2022) - IL CICLO DI ATTUAZIONE - SCENARI DI PERICOLOSITÀ NELLE AREE ALLAGABILI” A CURA DELL’AUTORITÀ DI BACINO DEL PO E DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA, DISPONIBILE AL SITO <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/layer-cartografici-taglio-per-comune>. I DATI COINCIDONO CON QUELLI DI FIGURA 6-7. IN TRATTEGGIO ROSSO, L’AREA DI INDAGINE..... 64

FIGURA 6-9. CARTOGRAFIA DELL’INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI ITALIANI (IFFI), A CURA DELL’ISPRA (SCALA GRAFICA). ALL’INTERNO DELL’AREA DI STUDIO (TRATTEGGIO GIALLO) NON SONO CARTOGRAFATE FRANE CENSITE..... 65

FIGURA 6-10. ESTRATTO MODIFICATO DAL WEBGIS DISPONIBILE SUL SITO DEL PORTALE IDROGEO DI ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/PIR/C/37044?@=44.30235523171518,11.249088392525316,17>) CHE DEFINISCE IL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ DA FRANA ALL’INTERNO DELL’AREA DI STUDIO (TRATTEGGIO GIALLO) NON VIENE INDICATA ALCUNA PERICOLOSITÀ DA FRANA. 65

FIGURA 6-11. ESTRATTO MODIFICATO DAL WEBGIS DISPONIBILE SUL SITO DEL PORTALE IDROGEO DI ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/PIR/C/37044?@=44.30045609443724,11.247428302560078,19>) CHE

IDENTIFICA LE AREE INTERESSATE DA PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI E NE DEFINISCE IL LIVELLO DI PERICOLOSITÀ. L'AREA DI STUDIO (TRATTEGGIO GIALLO), LAMBIACE UN'AREA CARATTERIZZATA DA PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI MEDIA (M-P2).	66
FIGURA 6-12. ESTRATTO MODIFICATO DELLA TAVOLA DEL COMUNE DI MONZUNO (BO) RELATIVA AL "PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (ULTIMO AGGIORNAMENTO APRILE 2022) - II CICLO DI ATTUAZIONE - SCENARI DI PERICOLOSITÀ NELLE AREE ALLAGABILI" A CURA DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL PO E DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA, DISPONIBILE AL SITO HTTPS://AMBIENTE.REGIONE.EMILIA-ROMAGNA.IT/IT/SUOLO-BACINO/SEZIONI/PIANO-DI-GESTIONE-DEL-RISCHIO-ALLUVIONI/LAYER-CARTOGRAFICI-TAGLIO-PER-COMUNE . I DATI COINCIDONO CON QUELLI DI FIGURA 6-10. IN TRATTEGGIO ROSSO, L'AREA DI INDAGINE.....	66
FIGURA 6-13. ESTRATTO DELLA TAVOLA 2 "CARTA DEGLI ECOSISTEMI" DEL PTM DI BOLOGNA. IN TRATTEGGIO ROSSO I TRE SITI DI INTERESSE. NON IN SCALA.	67
FIGURA 6-14. ESTRATTO DELLA TAVOLA 3 "CARTA DI AREA VASTA DEL RISCHIO IDRAULICO, RISCHIO DA FRANA E DELL'ASSETTO DEI VERSANTI" DEL PTM DI BOLOGNA. IN TRATTEGGIO ROSSO I TRE SITI DI INTERESSE. NON IN SCALA.....	68
FIGURA 6-15. ESTRATTO NON IN SCALA DELLA CARTOGRAFIA UFFICIALE DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA PER LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO (IN TRASPARENZA) E QUELLE NON SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO (IN GIALLO). IN TRATTEGGIO ROSSO L'AREA DI INDAGINE RELATIVA AL SITO DI ALLOCCO, CHE RISULTA SOTTOPOSTA A VINCOLO IDROGEOLOGICO.	69
FIGURA 6-16. ESTRATTO NON IN SCALA DELLA CARTOGRAFIA UFFICIALE DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA PER LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO (IN TRASPARENZA) E QUELLE NON SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO (IN GIALLO). IN TRATTEGGIO ROSSO L'AREA DI INDAGINE RELATIVA AL SITO DI VADO (1), CHE RISULTA SOTTOPOSTA A VINCOLO IDROGEOLOGICO.	70
FIGURA 6-17. ESTRATTO NON IN SCALA DELLA CARTOGRAFIA UFFICIALE DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA PER LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO (IN TRASPARENZA) E QUELLE NON SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO (IN GIALLO). IN TRATTEGGIO ROSSO L'AREA DI INDAGINE RELATIVA AL SITO DI VADO (2), CHE RISULTA SOTTOPOSTA A VINCOLO IDROGEOLOGICO.	70
FIGURA 7-1. ESTRATTO MODIFICATO RELATIVO ALLA PARTE NORD DELLA TAVOLA "CARTA DELL'ACCLIVITÀ DEL TERRENO ED AREE INSTABILI" S24154-PE-GL-1002-A DEL SITO DI ALLOCCO.....	72
FIGURA 7-2. ESTRATTO MODIFICATO RELATIVO ALLA PARTE SUD DELLA TAVOLA "CARTA DELL'ACCLIVITÀ DEL TERRENO ED AREE INSTABILI" S24154-PE-GL-1002-A DEL SITO DI ALLOCCO.....	72
FIGURA 7-3. IMMAGINE TRATTA DAL WEB (HTTPS://ABOUTBOLOGNA.IT/ALLUVIONE-EMILIA-ROMAGNA-FOTOGRAFI-BOLOGNA/) RITRAENTE LO SBOCCO A VALLE DEL RIO ANCINI, IN CORRISPONDENZA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA SP 325 (COMPLETAMENTE SOMMERSA) NEI GIORNI IMMEDIATAMENTE SUCCESSIVI ALL'ALLUVIONE DEL MAGGIO 2023.	73
FIGURA 7-4. RIPRESA AEREA DI DETTAGLIO DEL LIMITE TRA SUBSTRATO ROCCIOSO (ANT4) E DEPOSITO ALLUVIONALE TERRAZZATO (AES8A); SI NOTINO I TIPICI CIOTTOLI ARROTONDATI RICONDUCEBILI AL TRASPORTO FLUVIALE. IN PARTICOLARE, LA FOTO RITRAE LA PARETE ROCCIOSA SOGGETTA A CADUTA MASSI DENOMINATA A_009 E LA SOPRSTANTE AREA SOGGETTA ALL'INSTABILITÀ DI COLTRI DENOMINATA A_008.	74
FIGURA 7-5. RIPRESA DELL'AREA DENOMINATA A_002 (SULLA DESTRA) E DELL'AREA A_003 (SULLA SINISTRA). LA PRIMA È SOGGETTA ALL'INSTABILITÀ DI COLTRI CHE HA CAUSATO LO SCIVOLAMENTO DELLE STESSE NEL 2024. PRESSO LA SECONDA POSSONO VERIFICARSI SIA DISTACCHI DI BLOCCHI DAL FRONTE ROCCIOSO CHE INSTABILIZZAZIONE DELLE CORTI IN TESTA ALLA SCARPATA E TRATTENUTE DALLA RETE METALLICA PRESENTE.	75
FIGURA 7-6. RIPRESA FRONTALE DELLE AREE SOGGETTE A CADUTA MASSI (A_009), A SCIVOLAMENTO DI COLTRE IN TESTA ALLE SCARPATE (A_008) O LUNGO LE SCARPATE STESSE (A_027 E A_026). L'AREA A_026, DOVE LA ROCCIA AFFIORA LOCALMENTE, È SOGGETTA SIA ALLA CADUTA MASSI SIA ALL'INSTABILITÀ DELLE COLTRI CHE RICOPRONO IL SUBSTRATO.	75
FIGURA 7-7. DETTAGLIO DI UNA SUPERFICIE DI FRANA PER SCIVOLAMENTO, POI EVOLUTASI IN COLATA (A_006), RICADENTE NELL'AREA INSTABILE DENOMINATA A_007 (FIGURA 7-2), IN TESTA ALL'INCISIONE A SUD-OVEST DEL RIO ANCINI. SI NOTA LA ROCCIA	

DENUDATA CHE HA FUNTO DA SUPERFICIE DI SCIVOLAMENTO E LA PRESENZA DI MATERIALE SCIOLTO (COLTRE) ACNORA SOSPESO IN TESTA ALLA SCARPATA..... 76

FIGURA 7-8. IL CORPO DELLA FRANA COMPLESSA (SCIVOLAMENTI DI COLTRE EVOLUTISI IN COLATA), DENOMINATO A_006, RIMASTO SOSPESO ALL'INTERNO DELL'INCISIONE. SULLA SINISTRA VIENE RIPRESO DA MONTE, SULLA DESTRA DA VALLE. 76

FIGURA 7-9. VISTA LATERALE E FRONTALE DELL'AREA DENOMINATA A_011. QUI LA SCARPATA COSTITUISCE UNA SORTA DI "PRUA" NELLA PORZIONE SUPERIORE CHE DETERMINA UN DETENSIONAMENTO MARCATO SU 3 LATI. SISTEMI DI FRATTURE (O DI SUPERFICI DI DEBOLEZZA) HANNO DEFINITO VOLUMI ROCCIOSI UNITARI FINO AD OLTRE 1 M³, ATTUALMENTE TRATTENUTI DALLA RETE E DALLE FUNI NEL RAFFORZAMENTO CORTICIAE ESISTENTE, CHE VERSA PERTANTO IN CONDIZIONI ESTREMAMENTE. UNA VASTA PORZIONE (DIVERSI METRI CUBI) DI ROCCIA È ISOLATA DA FRATTURE BEANTI E SI PRESENTA PROSSIMA AL RIBALTAMENTO. LA RETE, INOLTRE RISULTA PIENA DI MATERIALE RICUNDUCIBILE A DISTACCHI "MINORI" E AL DISFACIMENTO DELLA ROCCIA ALTERATA, DUNQUE ULTERIORMENTE IN TIRO.

78

FIGURA 7-10. RIPRESA AEREA FRONTALE DELLA "PRUA" PRESENTE AL LIMITE OVEST DELL'AREA DENOMINATA A_004. SI NOTI L'INTENSA FRATTURAZIONE A CARICO DELLE PORZIONI DI AMMASSO ROCCIOSO PIÙ PROSSIME AL CIGLIO. QUESTA HA DETERMINATO IL DISTACCO DI BLOCCHI TRATTENUTI DAL RAFFORZAMENTO ESISTENTE. LA PRESENZA DI APPARATI IN CRESCITA ALL'INTERNO DELL'FRATTURE, NE PROMUOVE L'APERTURA E PUÒ COSTITUIRE UN MECCANISMO DI INNESCO DI DISTACCHI A SEGUITO DELL'OSCILLAZIONE DEGLI ALBERI ESPOSTI ALL'AZIONE DEL VENTO. SI NOTI COME, NONOSTANTE GLI SFALCI ESEGUITI, LA COLTRE VEGETATA IN AGGETTO SULLA PARETE ROCCIOSA, NE IMPEDISCA PARZIALMENTE L'ISPEZIONE. 79

FIGURA 7-11. VISTA COMPLESSIVA E DI DETTAGLIO DELL'AREA DENOMINATA A_015, PRESSO LA QUALE DI RICONOSCONO DISCONTINUITÀ A FRANAPOGGIO MOLTO PERSISTENTI. QUESTE APPAIONO ATTUALEMMTE SERRATE O APERTE PER POCHI MM, MA LA FORTE TENDENZA ALL'ALTERAZIONE DELLA ROCCIA (SPECIE SE ESPOSTA AGLI AGENTI ATMOSFERICI O ALLA CIRCOLAZIONE DI ACQUA LUNGO SUPERFICI PREFERENZIALI) FAVORISCE IL DECADIMENTO DELLE RESISTENZE LUNGO LE PARETI DEI GIUNTI. NON SI PUÒ PERTENTO ESCLUDERE UN'EVOLOUZIONE VERSO L'INSTABILITÀ NEL MEDIO TERMINE..... 80

FIGURA 7-12. DETTAGLIO DI UN RIEMPIMENTO A TERGO DELLA RETE DI UN RAFFORZAMENTO CORTICALE. LA GRAN QUANTITÀ DI CIOTTOLI ARROTONDATI TESTIMONIA L'INSTABILITÀ DELLE CORTI SOPRASTATNI, COSTITUITE IN PARTE DA DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (AES8A). 81

FIGURA 7-13. IMMAGINI RICAVATE DA GOOGLE STREET VIEW RELATIVA ALL'AREA DI STUDIO (VISTA DA NORD) CHE PERMETTONO IL CONFRONTO TRA IL MESE DI GIUGNO 2022 E DI GIUGNO 2023 (POST ALLUVIONE). 82

FIGURA 7-14. RIPRESA AEREA GENERALE DEL VERSANTE A MONTE DELLA SP 325 RELATIVA AL SITO DI VADO (1). SI NOTINO LE NUMEROSE INCISIONI SEPRATA DA PARETI DORSALI ROCCIOSE CHE NE COSTITUISCONO LE TESTATE ED I FIANCHI. SI NOTANO DIVERSI SETTORI IN CUI LA COPERTURA BOSCHIVA È STATA ASPORTATA DAGLI SCIVOLAMENTI E DALLE COLATE DETRITICHE. IN ALCUNI CASI A RIMANERE ESPOSTO È DIRETTAMENTE IL SUBSTRATO (LOI), IN ALTRI CASI PERMANGONO SPESSORI DI COLTRE ANCORA MOBILIZZABILI O COMUNQUE ERODIBILI. 83

FIGURA 7-15. SCHEMATIZZAZIONE DEI DEPOSITI LUNGO UN'INCISIONE AL PIEDE DI UNA PARETE ROCCIOSA. IN VERDE I DEPOISITI MISTI, A PREVALENZA ELUVIO COLLUVIALE, CON INCLUSI LAPIDEI IN QUANTITÀ VARIABILE. IN ROSSO COLTRI DETRITICHE ALMENO PARZIALMENTE RIMANEGGIATE DALLO SCORRERE DELLE ACQUE LUNGO IL FONDO CANALE. PIÙ A MONTE IL SUBSTRATO AFFIORA PRESSOCHÈ CONTINUATIVAMENTE. 84

FIGURA 7-16. DETTAGLIO DI UN ACCUMULO DI COLTRE POGGIANTE SUL SUBSTRATO LUNGO IL FIANCO DI UN'INCISIONE. IN CORRISPONDENZA DEL FONDO CANALE, DOVE IL FLUSSO SUPERFICIALE CHE SI INSTAURA IN OCCASIONE DELLE PRECIPITAZIONI PUÒ RAGGIUNGERE PORTATE SIGNIFICATIVE, SI POSSONO NOTARE I SEGNI DELL'EROSIONE E SCALZAMENTO DEL PIEDE DEL DEPOSITO DA PARTE DELLE ACQUE SUPERFICIALI. 84

FIGURA 7-17. DETTAGLIO DI ALCUNE INCISIONI, NELLA PARTE SUD DELL'AREA DI STUDIO, IN CUI LA COPERTURA BOSCHIVA È STATA ASPORTATA DAGLI SCIVOLAMENTI E DALLE COLATE DETRITICHE. 85

FIGURA 7-18. RIPORESA AEREA DEL VERSANTE NELLA PARTE NORD DELL'AREA DI STUDIO, DOVE SI NOTANO I SENGI DEL PASSAGGIO DI UNA COLATA DETRITICA MOLTO RETTILINA. ESSA RIVCADE NEL BACINO N°2 (IL SECONDO DA NORD). 85

FIGURA 7-19. ESEMPIO DI COLTRE DI GENESI MISTA (DETRITICA NELLA PARTE SUPERIORE E PREVALENTEMENTE ELUVIO COLLUVIALE NELLA PARTE BASALE) POGGIANTE SUL SUBSTRATO LUNGO IL FIANCO DI UN'INCISIONE AL PIEDE DI UNA PARETE ROCCIAOSA. IN OCCASIONE DI EVENTI METEOROLOGICI PARTICOLARMENTE SIGNIFICATIVI, L'AZIONE COMBINATA DELLE SOVRAPPRESSIONI ALL'INTERNO DEL MATERIALE, DELLO SCALZAMENTO DEL PIEDE A CAUSA DELL'EROSIONE DELLE ACQUE DI RUSCELLAMENTO E L'INSTAURARSI DI UN FLUSSO AL CONTATTO COLTRE/SUBSTRATO, POSSONO MOBILIZZARE IN PARTE O DEL TUTTO IL DEPOSITO. UN SUO SCIVOLAMENTO PUÒ POI EVOLVERE ALIMENTANDO UNA COLATA DETRITICA.	86
FIGURA 7-20. ESTRATTO MODIFICATO DELLA CARTA DEI VOLUMI MOBILIZZABILI (DOC. S24154-PE-GL-2003-A).	87
FIGURA 7-21. VISTA FRONTALE DELLA DORSALE INTERPOSTA TRA IL PRIMO (A SX) ED IL SECONDO CANALE (A DX), PRESSO LA QUALE LE COLTRI DI COPERTURA SONO STATE RIMOSSE COMPLETAMENTE O QUASI.	88
FIGURA 7-22. VISTA FRONTALE DELLA DORSALE INTERPOSTA TRA IL SECONDO (A SX) ED IL TERZO CANALE (A DX), DOVE LA RIPROFILATURA NON SI È SPINTA SINO AL SUBSTRATO E LE COPERTURE HANNO RIVEGETATO.	88
FIGURA 7-23. VISTA FRONTALE E LATERALE DELLE RIPROFILATURE ESEGUITE AL PIEDE DEL VERSANTE NELLA PARTE MERIDIONALE DEL SITO DI VADO (1). SI PUÒ OSSERVARE COME SPESSORI DI COLTRE, PREVALENTEMENTE SABBIOSA, ANCHE SUPERIORI AL METRO SIANO RIMASTI IN POSTO, LUNGO SCARPATE MOLTO ACCLIVI, CHE VENGONO EROSE DALLE ACQUE METEORICHE. GRANDI QUANTITATIVI DI SABBIA SI ACCUMULANO PERTANTO A VALLE, A TERGO DEL MURO. SI NOTINO I SOLCHI EROSIVI LUNGO LA SCARPATA RIPROFILATA ED I SEGNI DELLA BENNA CHE, LAVORANDO DALLA SEDE STRADALE, HA RIMOSSO SOLO PARzialmente TALI ACCUMULI.	89
FIGURA 7-24. VISTA LATERALE DEL MURO DI CONTENIMENTO REALIZZATO IN FALDONI LAPIDEI.	90
FIGURA 7-25. DETTAGLIO DEI VARCHI LASCIATI TRA I FALDONI AL PIEDE DEL MURO DI CONTENIMENTO REALIZZATO SUCCESSIVAMENTE ALL'ALLUVIONE 2023. QUESTI RIVERSANO GRAN QUANTITÀ DI SABBIA LUNGO LA CUNETTA ALLA FRANCESE, CON CONSEGUENTE INVASIONE DELLA SEDE STRADALE.	90
FIGURA 7-26. RIPRESA AEREA FRONTALE DEL SETTORE MERIDIONALE DELL'AREA DI INDAGINE RELATIVA AL SITO DI VADO (1). SI NOTINO LE SCARPATE PARzialmente RIPROFILATE CHE, LADDOVE IL SUBSTRATO SIA RICOPERTO DA COLTRI (ELUVIO-COLLUVIALI E DETRITICHE), PRESENTANO EVIDENTI SEGNI DI EROSIONE. POSSIBILI DISTACCHI DI BLOCCHI POSSONO AVVERIRE DAL CIGLIO DELLO SPERONE ROCCIOSO (FRECCIA GIALLA).	91
FIGURA 7-27. VISTA LATERALE DEL PIEDE DELLA SCARPATA E DEL MURO IN FALDONI LAPIDEI. SI NOTINO L'IRREGOLARITÀ DEL MURO LATO MONTE, CHE OSTACOLA LE OPERAZIONI DI PULIZIA DEGLI ACCUMULI A TERGO DELLO STESSO E GLI EVIDENTI SOLCHI EROSIVI. ...	91
FIGURA 7-28. L'EVIDENTE SPERONE ROCCIOSO PRESENTE TRA IL BCINO N°6 E N°7, IN AFFACCIO QUASI DIRETTO SULLA SP 325. LO SPERONE COSTITUISCE IN TESTA UNA SORTA DI "PRUA" LIBERA SU 3 LATI E PERTANTO PARTICOLARMENTE SOGGETTA A DENTENSIONAMENTO. CIÒ SI TRADUCE NELLA PRESENZA DI FRATTURE SUBVERTICALI, ALL'INTERNO DELLE QUALI SI SVILUPPANO APPARATI RADICALI CHE CON LA LORO CRESCITA PROMUOVONO L'APERTURA DELLE DISCONTINUITÀ, PREDISPONENDO O ADDIRITTURA INNESCANDO POTENZIALI DISTACCHI.	92
FIGURA 7-29. IMMAGINI RICAVATE DA GOOGLE STREET VIEW RELATIVA ALL'AREA DI STUDIO (VISTA DA NORD) CHE PERMETTONO IL CONFRONTO TRA IL MESE DI GIUGNO 2022 E DI LUGLIO 2023 (POST ALLUVIONE).	93
FIGURA 7-30. ORTOFOTO DI PARETE DA MODELLO 3D RICAVATO DA RILIEVO FOTOGRAMMETRICO CON DRONE. LA LINEA VERDE INDIVIDUA IL PERIMETRO DELLA PORZIONE DI VERSANTE LUNGO LA QUALE È STATA ESEGUITA LA RIPROFILATURA TRAMITE RIMOZIONE DELLA COLTRE DI TERRENO SCIOLTO. IN ARANCIONE LA TRACCIA DELLA PISTA REALIZZATA DAGLI ESCAVATORI PER ESEGUIRE LA RIPROFILATURA. IN ROSSO ALCUNI SPESSORI DI COLTRE RIMASTI IN POSTO (ASCRIVIBILI ALL'AREA "M_007" DI FIGURA 7-32).	94
FIGURA 7-31. PORZIONI DI COLTRE RIMASTE IN POSTO E NON RIMOSSA DALLA PULIZIA ESEGUITA CON ESCAVATORI SUCCESSIVAMENTE AGLI EVENTI DEL MAGGIO 2023. COINCIDE CON L'AREA DENOMINATA "M_007" DI FIGURA 7-32.	94
FIGURA 7-32. ESTRATTO MODIFICATO DELLA "CARTA ACCLIVITÀ DEL TERRENO E AREE INSTABILI" (DOC. S24154-PE-GL-3002-A).	95
FIGURA 7-33. RIPRESA AEREA DEL MURO IN FALDONI LAPIDEI REALIZZATO AL PIEDE DEL VERSANTE SUCCESSIVAMENTE ALLA SUA RIPROFILATURA. SI SOVRAPPONE PARzialmente AL MURO IN CLS CHE SOSTENEVA IL TERRENO POI RIMOSSO A SEGUITO DELLA FRANA.	

IL MURO IN FALDONI SI RACCORDA VERSO S-E AL FIANCO SINISTRO DI UN'INCISIONE LUNGO LA QUALE, IN OCCASIONE DI PRECIPITAZIONI, SI ATTIVA UN CORSO D'ACQUA EFFIMERO; IL MURO FUNGE COSÌ DA ARGINE DI CONTENIMENTO VERSO VALLE. 95

FIGURA 7-34. RIPRESA AEREA FRONTALE DELLA PARTE DESTRA DELLA PROBABILE CORONA DEL FRANAMENTO DEL MAGGIO 2023, O DELLA SUPERFICIE SUCCESSIVAMENTE RIPROFILATA. È VISIBILE LA SCOGLIERA IN FALDONI LAPIDEI LiE_007. SONO ALTRESÌ INDIVIDUABILI ALCUNE AREE SOGGETTE ALL'INSTABILITÀ DELLE COLTRI. PER QUANTO RIGUARDA LE AREE M_001 ED M_002 L'INSTABILITÀ È DATA PER LO PIÙ DAL DISEQUILIBRIO DOVUTO ALLA MANCANZA DI CONFINAMENTO E SOSTEGNO AL PIEDE A SEGUITO DELLA FRANA E DELLA RIPROFILATURA. PER L'AREA M_003 SI AGGIUNGE IL POSSIBILE SCALZAMENTO AL PIEDE DEI FIANCHI DELL'INCISIONE DOVUTO AL RUSCELLAMENTO CONCENTRATO ALL'INTERNO DELLA STESSA IN OCCASIONE DI EVENTI METEOROLOGICI IMPORTANTI..... 96

FIGURA 7-35. RIPIEMIMENTO DEL BACINO A TERGO DEL MURO IN FALDONI CON DEPOSITI SABBIOSI PRODOTTI DALL'EROSIONE DELLA SCARPATA DI FRANA/RIPROFILATA. IL BACINO È STATO RAGIONEVOLMENTE GIÀ STATO PIÙ VOLTE SVUOTATO, COME SEMBRANO TESTIMONIARE I DEPOSITI "TERRAZZATI" AL PIEDE DELLA SCARPATA (FRECCHE GIALLE). 97

FIGURA 7-36. VISTA DALL'ALTO DEL CIGLIO DELLA CORONA DELLA FRANA DEL MAGGIO 2023 RIPRESA PRESSO L'AREA DENOMINATA M_002. SI NOTI IL SALTO MORFOLOGICO CHE TESTIMONIA LA MANCANZA DI SOSTEGNO AL PIEDE DI TALI SPESSORI. 99

FIGURA 7-37. VISTA DALL'ALTO DEL CIGLIO DELLA CORONA DELLA FRANA DEL MAGGIO 2023 RIPRESA DAL FONDO CANALE PRESSO L'AREA DENOMINATA M_003. SI NOTI IL SALTO MORFOLOGICO E LA SCOGLIERA LiE_007 CHE DEVIA VERSO DESTRA LE ACQUE PROVENIENTI DALL'INCISIONE, IMPEDENDO LORO DI INNESCARE POSSIBILI SCIVOLAMENTI NELLE COLTRI BLANDAMENTE VEGETATE IN SECONDO PIANO RISPETTO ALLA SCOGLIERA. 99

FIGURA 7-38. VISTA DAL BASSO DEL FONDO CANALE PRESSO L'AREA DENOMINATA M_006. IN PARTICOLARE, È VISIBILE LA PARTE BASALE DELL'ACCUMULO DI COLTRE DETRITICA RIMASTO SOSPESO NELL'INCISIONE. SI NOTINO LE TRACCE DELLO SCIVOLAMENTO DI COLTRE SUL FIANCO SINISTRO DELL'INCISIONE (A DX NELL'IMMAGINE), RAGIONEVOLMENTE INNESCATO DALLO SCALZAMENTO AL PIEDE DOVUTO ALL'AZIONE EROSIVA DELLE ACQUE A FONDO CANALE. LUNGO TALE SUPERFICIE EMERGONO AGGETTI IN ROCCIA RICONDUCIBILI A STRATI PIÙ COMPETENTI DI ALTRI, MESSI IN RILIEVO DALL'EROSIONE DIFFERENZIALE. 100

FIGURA 7-39. VISTA DALL'ALTO DELLO SBOCCO DEL CANALE CHE OSPITA PRESSO L'AREA DENOMINATA M_006 VERSO LA SCARPATA RIPROFILATA SOTTOSTANTE. SI NOTI IL SALTO MORFOLOGICO ED IL SOLCO LUNGO IL DETRITO SOVRAINCISO. TALE SOLCO PUÒ APPROFONDIRSI ED ESPANDERSI IN OCCASIONE DI "PIENE" DEL CANALE, PRENDENDO IN CARICO I DEPOSITI DI FONDO CANALE E SCALZANDO QUELLI SUI FIANCHI. 100

FIGURA 7-40. VISTA DALL'ALTO DELLO SBOCCO DEL CANALE CHE OSPITA PRESSO L'AREA DENOMINATA M_014 VERSO LA SCARPATA RIPROFILATA SOTTOSTANTE. QUI GLI EVENTI DEL 2023 (COME PLAUSIBILMENTE QUELLI DEL 2024), HANNO APPARENTEMENTE MOBILIZZATO UN'ALIQUTA MAGGIORE DEL MATERIALE PRESENTE LUNGO IL FONDO CANALE. SI NOTI ANCHE IL FIANCO SINISTRO EROSO. 101

FIGURA 7-41. TENSION CRACK, PROFONDA CIRCA 70 CM, INDIVIDUATA IN TESTA AD UN DEPOSITO DI COLTRE ELUVIO COLLUVIALE. 101

FIGURA 7-42. RIPRESA DAL BASSO DELL'AREA M_005, PRESSO LA QUALE IL SUBSTRATO È SOLTANTO SUBAFFIORANTE, MA SI MANIFESTA CON ALCUNI PICCOLI SPERONI SPORGENTI (RICONDUCIBILI A STRATI PIÙ COMPETENTI) CHE POTREBBERO MOBILIZZARSI. NON PUÒ ESSERE DEL TUTTO ESCLUSA ANCHE L'INSTABILIZZAZIONE PARZIALE DELLE COLTRI CHE RICOPRONO IL SUBSTRATO. 103

FIGURA 7-43. RIPRESA DAL BASSO DEL FRONTE ROCCIOSO RICADENTE ALL'INTERNO DELL'AREA DENOMINATA M_012. SI NOTI LA PRESENZA DI DISCONTINUITÀ SUBVERTICALI, TALVOLTA PERVASIVE, L'AUMENTO DELLA FRATTURAZIONE NEI PRESSI DEL CIGLIO, DOVUTO AL MAGGIORE DETENSIONAMENTO E DELL'APERTURA DEI GIUNTI IMPUTABILE, TRA GLI ALTRI, ALLA CRESCITA DI APPARATI RADICALI. SI RICONOSCONO ANCHE NICCHIE DI DISTACCO FRESCHE..... 103

FIGURA 7-44. TESTIMONI MUTI RICONDUCIBILI A CROLLI RECENTI ARRESTATISI AI PIEDI DEL FRONTE ROCCIOSO DELL'AREA M_012. 104

FIGURA 7-45. ALTRI TESTIMONI MUTI ARRESTATISI CONTRO ALBERI RINVENUTI LUNGO IL VERSANTE. 104

FIGURA 8-1. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELL'EMILIA-ROMAGNA. 105

FIGURA 8-2. MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA ESPRESSA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO (A_{MAX}) CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 10% IN 50 ANNI RIFERITA A SUOLI MOLTO RIGIDI ($V_{s30} > 800$ m/s) – DA INGV	106
FIGURA 8-3. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI MARZABOTTO [44.341, 11.205]	117
FIGURA 8-4. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI MONZUNO [44.278, 11.269]	119
FIGURA 8-5. SORGENTI SISMOGENETICHE CONTENUTE NELLA NUOVA VERSIONE DEL “DATABASE OF POTENTIAL SOURCES FOR EARTHQUAKES LARGER THAN M 5.5 IN ITALY” PER I 3 DIVERSI SITI IN OGGETTO (CERCHI ROSSI). SCALA GRAFICA	120
FIGURA 8-6. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA COMPOSITA CASTELVETRO DI MODENA-CASTEL SAN PIETRO TERME (ITCS047).	121
FIGURA 8-7. ZONE SISMOGENETICHE PER LA MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DI RIFERIMENTO.	122
FIGURA 8-8. VALORI DI M_{WMAX} PER LE ZONE SISMOGENETICHE DI ZS9.	122

1 PREMESSA

La strada provinciale SP 325 “di Val di Setta e Val di Bisenzio” è una strada provinciale il cui percorso ha origine a Sasso Marconi (BO) per terminare sulla strada statale 67 Tosco Romagnola in località Ponte a Signa (FI).

Nel tratto emiliano, gestito dalla Città Metropolitana di Bologna, la strada attraversa i comuni di Sasso Marconi, Marzabotto, Monzuno, Grizzana Morandi, San Benedetto Val di Sambro, Castiglione dei Pepoli e Camugnano.

Gli intensi eventi meteorologici occorsi fra l' 1 e il 4 maggio 2023 e fra il 16 e il 18 maggio 2023 hanno colpito maggiormente i territori delle provincie di Forlì – Cesena, Ravenna e della città metropolitana di Bologna, generando esondazioni ed alluvioni soprattutto nelle aree di pianura e molteplici effetti al suolo nelle aree collinari e appenniniche dove sono state censite un totale di oltre 65'000 frane.

Relativamente all'estesa della SP325 “di Val di Setta e Val di Bisenzio”, la sede stradale è stata interessata da smottamenti e allagamenti, fra questi si segnalano:

- **Sito di Allocco, al km 6+735 - 6+840** - in sponda opposta alla località Allocco (Comune di Marzabotto): l'esondazione del Rio Ancini, affluente destro del Torrente Setta e, lungo le scarpate a monte della viabilità, scivolamenti di coltre e locali fenomeni di caduta massi;
- **Sito di Vado (1), al km 10+080 - 10+425** - poco a sud della località Vado (Comune di Monzuno): colate di detrito provenienti dalle incisioni a monte della viabilità e vari smottamenti lungo le scarpate stradali;
- **Sito di Vado (2), al km 12+215 - 12+275** – presso al località Bellaria (Comune di Monzuno), in sponda opposta alla località Murazze, a sud della località Vado: frane per scivolamento e colate detritiche che hanno mobilitato le coltri di ricoprimento del substrato roccioso; sussiste inoltre un pericolo di caduta massi per distacchi dai fronti rocciosi lungo la scarpata.

Le tre tratte stradali di cui sopra sono individuabili in Figura 1-1.

Altri due eventi meteorologici estremi, con epicentro il territorio della città metropolitana di Bologna, sono occorsi tra il 17 e il 19 settembre e tra il 17 e 21 ottobre 2024, comportando nuovamente esondazioni di moltissimi corsi d'acqua e l'attivazione/riattivazione di una moltitudine frane. Le scarpate e i versanti a monte delle tratte stradali attenzionate, già colpite nel maggio 2023, Sono avvenute plausibilmente parziali riattivazioni e re-incisioni dei depositi franosi mobilitatisi l'anno precedente.



Figura 1-1. Ubicazione delle due tratte stradali coinvolte dagli eventi alluvionali del maggio 2023, oggetto di indagine. Scala grafica.

Nel gennaio 2025, la Città Metropolitana di Bologna ha affidato alla scrivente ENSER srl l'incarico per la progettazione esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione e direzione lavori dell'intervento denominato "Lavori di ripristino definitivo della sede stradale e delle scarpate di monte e di valle della SP325 "Val di setta e Val di Bisenzio", nel Comune di Marzabotto (località Allocco) e nel Comune di Monzuno (Località Vado) a seguito degli eventi alluvionali di maggio/giugno 2023".

L'incarico prevede la suddivisione in n°3 stralci:

- 1° stralcio "Sfalci e pulizia"
- 2° stralcio "Località Allocco"
- 3° stralcio "Località Vado".

I lavori relativi al 1° stralcio "Sfalci e pulizia" si sono conclusi a maggio 2025.

Il presente studio ha come obiettivo principale la comprensione della geologia, della geomorfologia e delle dinamiche evolutive delle scarpate e dei versanti che insistono sulla SP325, presso i tre diversi siti indagati, ai fini dell'individuazione dei dissesti pregressi, in atto e potenziali.

Sulla scorta delle informazioni derivanti dal presente studio, sono stati definiti gli interventi necessari alla mitigazione del rischio idrogeologico insistente sulla viabilità.

La progettazione è stata sviluppata secondo i seguenti passi:

- rilevamenti ed ispezioni dirette in sito eseguite da geologi ed ingegneri, volte all'individuazione dei dissesti in atto e potenziali ascrivibili alla caduta massi;
- rilievi topografici e fotogrammetrici dell'area mediante droni;
- selezione delle tipologie di intervento per gli specifici siti in oggetto e per le specifiche problematiche di dissesti rilevati;
- definizione dei criteri di calcolo e dimensionamento di massima delle opere;
- produzione degli elaborati progettuali.

Il presente documento sintetizza le informazioni di carattere geologico, geomorfologico e sismico lungo la SP325 Val di Setta e Bisenzio, presso i tre diversi siti indagati, in Comune di Marzabotto e di Monzuno (BO), ed è articolato come segue:

- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area;
- descrizione dello stato dei luoghi con individuazione dei dissesti in atto e potenziali;
- individuazione dei vincoli territoriali in essere;
- inquadramento e caratterizzazione sismica del sito;
- indicazioni finali di fattibilità geologica.

2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA

- Rif. [1] D.M. 17/01/2018, aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- Rif. [2] Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21/01/2019, n.7 recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018".
- Rif. [3] O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni.
- Rif. [4] O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- Rif. [5] D.G.R. n.146/2023 "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna".
- Rif. [6] R.D.L. n. 3267 del 30/12/1923 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani".
- Rif. [7] Raccomandazioni AGI giugno 1977 "Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- Rif. [8] UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- Rif. [9] UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.

2.2 DOCUMENTAZIONE TECNICA E BIBLIOGRAFIA

- Rif. [1] Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Linee guida per la presentazione dei progetti per l'esame e parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, novembre 2019;
- Rif. [2] PGRA: "Variante di coordinamento tra il PGRA e i Piani Stralcio di bacino" approvata, per il territorio di competenza, dalla Giunta Regionale Emilia-Romagna con deliberazione n. 2111 del 05.12.2016.
- Rif. [3] PSAI: "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico"; (Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Reno con delibera C.I. AdB Reno n 1/1 del 06.12.2002.);
- Rif. [4] PTM: "Piano Territoriale Metropolitano" della Città Metropolitana di Bologna, approvato con Consiglio Metropolitano n.16 del 12/05/2021;
- Rif. [5] Hammerstein, James & Di Cuia, Raffaele & Cottam, Michael & Zamora Valcarce, Gonzalo & Butler, R.W.H. (2020); Fold and thrust belts; structural style, evolution and exploration: an introduction. 10.1144/SP490-2020-81.
- Rif. [6] Vannucchi P., Bettelli G. (2002); Mechanisms of subduction accretion as implied from the broken formations in the Apennines, Italy. *Geology* 2002; 30 (9): 835–838. doi: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2002\)030<0835:MOSAAI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0835:MOSAAI>2.0.CO;2)

- Rif. [7] Ricci Lucchi F. (1990); Turbidites in foreland and on-thrust basins of the northern Apennines, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Volume 77, Issue 1, 887651990, Pages 51-66, ISSN 0031-0182, [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(90\)90098-R](https://doi.org/10.1016/0031-0182(90)90098-R).
- Rif. [8] Scrocca D., Carminati E., Doglioni C., Marcantoni D. (2007); Slab Retreat and Active Shortening along the Central-Northern Apennines. In: Lacombe O., Roure F., Lavé J., Vergés, J. (eds) *Thrust Belts and Foreland Basins. Frontiers in Earth Sciences*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69426-7_25
- Rif. [9] Note Illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50'000 – Foglio 237 – Sasso Marconi
- Rif. [10] ARPAE – Agenzia Prevenzione Ambiente Energia Emilia-Romagna – Struttura Idro-Mero-Clima (2023), Rapporto degli eventi meteorologici di piena e di frana del 16-18 maggio 2023.

2.3. ELENCO ELABORATI

						ELABORATI GENERALI	
1	S24154	PE	EE	0001	A	Elenco elaborati	-
2	S24154	PE	RE	0001	A	Relazione generale	-
3	S24154	PE	TV	0001	A	Corografia	1:10000
4	S24154	PE	TV	1001	A	Sito di Allocco - Stato di fatto su ortofoto	1:1000
5	S24154	PE	TV	2001	A	Sito di Vado (1) - Stato di fatto su ortofoto	1:1000
6	S24154	PE	TV	3001	A	Sito di Vado (2) - Stato di fatto su ortofoto	1:1000
						DOCUMENTAZIONE TECNICO-AMMINISTRATIVA	
7	S24154	PE	CS	0001	A	Capitolato speciale di appalto - Parte Prima	-
8	S24154	PE	CS	0002	A	Capitolato speciale di appalto - Norme tecniche	-
9	S24154	PE	CR	0001	A	Cronoprogramma dei lavori	-
10	S24154	PE	SC	0001	A	Schema di contratto	-
						COMPUTI E STIME	
11	S24154	PE	EP	0001	A	Elenco Prezzi Unitari e analisi nuovi prezzi	-
12	S24154	PE	SG	0001	A	Stima generale	-
13	S24154	PE	CM	0001	A	Computo metrico estimativo	-
14	S24154	PE	QI	0001	A	Quadro incidenza della manodopera	-
15	S24154	PE	QE	0001	A	Quadro economico	-
						SICUREZZA	
16	S24154	PE	SC	0001	A	Piano di Sicurezza e Coordinamento	-
						PIANO DI MANUTENZIONE	
17	S24154	PE	PE	0001	A	Piano di manutenzione	-
						GEOLOGIA	
19	S24154	PE	GL	0001	A	Relazione geologica	
20	S24154	PE	GL	1001	A	Sito di Allocco - Carta geologica e geomorfologica	1:1000
21	S24154	PE	GL	1002	A	Sito di Allocco - Carta dell'acclività del terreno ed aree instabili	1:1000
22	S24154	PE	GL	2001	A	Sito di Vado (1) - Carta geologica e geomorfologica	1:1000
23	S24154	PE	GL	2002	A	Sito di Vado (1) - Carta dell'acclività del terreno	1:1000
24	S24154	PE	GL	2003	A	Sito di Vado (1) - Carta dei volumi mobilizzabili	1:1000
25	S24154	PE	GL	3001	A	Sito di Vado (2) -Carta geologica e geomorfologica	1:1000
26	S24154	PE	GL	3002	A	Sito di Vado (2) - Carta acclività del terreno e aree instabili	1:1000
						IDRAULICA	
27	S24154	PE	ID	0001	A	Relazione idrologica e idraulica	
28	S24154	PE	ID	1001	A	Sito di Allocco - Planimetria dei bacini - inquadramento	1:2000
29	S24155	PE	ID	1002	A	Sito di Allocco - Planimetria di dettaglio dei bacini	1:1000
29	S24154	PE	ID	2001	A	Sito di Vado (1) - Planimetria dei bacini	1:1000
30	S24154	PE	ID	3001	A	Sito di Vado (2) - Planimetria dei bacini	1:1000
						SITO DI ALLOCCO DA PK 6+890 A PK 7+530	
31	S24154	PE	PL	1001	A	Planimetria generale di progetto	1:1000
32	S24154	PE	PP	1001	A	Planoprofilo di progetto - 1 di 2	1:500/1:250
33	S24154	PE	PP	1002	A	Planoprofilo di progetto - 2 di 2	1:500/1:250
34	S24154	PE	SZ	1001	A	Sezioni tipo	
35	S24154	PE	DT	1001	A	Dettagli interventi su reti	VARIE
36	S24154	PE	SZ	1001	A	Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici	1:200
						SITO DI VADO (1) (PK 10+100)	
37	S24154	PE	PL	2001	A	Planimetria generale di progetto	1:1000
38	S24154	PE	PL	2002	A	Planimetria su ortofoto, su catastale e tracciamento	1:500
39	S24154	PE	PL	2003	A	Planimetria di progetto e sezioni tipiche	1:500/1:50
40	S24155	PE	SZ	2001	A	Sezioni correnti	1;200
41	S24154	PE	PL	2004	A	Planimetria, sezioni e particolari costruttivi idraulici	VARIE
42	S24154	PE	AR	2001	A	Armatura pozzetti	
43	S24154	PE	DT	2001	A	Particolari costruttivi barriera anticolata H=4.5m	VARIE
44	S24155	PE	DT	2002	A	Particolari costruttivi barriera anticolata H=6.0m	VARIE
45	S24155	PE	DT	2003	A	Dettagli interventi su reti	VARIE
46	S24156	PE	CA	2001	A	Carpenteria e armatura muri paracolata	1:100/1:50
47	S24156	PE	RE	2001	A	Relazione di calcolo muri	
						SITO DI VADO (2) (PK 12+250)	
48	S24154	PE	PL	3001	A	Planimetria generale di progetto	1:1000
49	S24156	PE	PP	3001	A	Planoprofilo di progetto e sezioni tipiche	1:500/1:50
50	S24156	PE	DT	3001	A	Dettagli costruttivi barriera anticolata H=6.00m	1:500/1:50

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le aree di studio sono situate nella porzione centro meridionale del territorio della Città Metropolitana di Bologna, in Comune di Marzabotto (sito di Allocco) e in Comune di Monzuno (siti di Vado (1) e di Vado (2)), a nord e a sud di Vado, principale centro abitato della zona



Figura 3-1. Corografia a grande scala dell'area di studio (in tratteggio giallo), a sud della loc. Vado.

Si inseriscono nel contesto del medio Appennino bolognese, lungo il fondo valle del Torrente Setta, in sinistra idrografica allo stesso, estendendosi, a partire dalla piana di fondovalle, alle scarpate stradali e ai versanti soprastanti.

Di seguito vengono viene illustrata nel dettaglio, mediante estratti cartografici e fotografie, l'ubicazione delle aree indagate relative ai n°3 diversi siti di interesse.

3.1 SITO DI ALLOCCO

Si colloca lungo la SP 325 a nord di Vado, approssimativamente tra le pk 6+890 e 7+530. In questo tratto la sede stradale è compresa tra il piede del versante ed il rilevato del vecchio tracciato dell'A1, oggi dismesso. Proprio su questa tratta autostradale dismessa, a seguito degli eventi alluvionali del maggio 2023, è stato deviato il traffico della SP 325. Nella parte centrale della tratta indagata intercetta lo sbocco a valle del Rio Ancini, affluente destro del Setta, che risulta attualmente tombato nella tratta che sottoattraversa la SP 325 e la vecchia autostrada. Presso il limite sud della tratta è invece il Rio Ca' Nova a sottoattraversare le infrastrutture viarie prima di confluire nel Setta.

La sede stradale, sub-pianeggiante, in leggerissima salita verso sud, corre a quote comprese tra 144 m e 147 m circa. Sono state indagate nel dettaglio le scarpate, naturali ed antropiche, direttamente in affaccio sulla SP 325, le principali incisioni che le solcano, e le porzioni prossime al ciglio dei ripiani soprastanti le scarpate stesse. La vallata del Rio Ancini non rientra nell'area indagata.

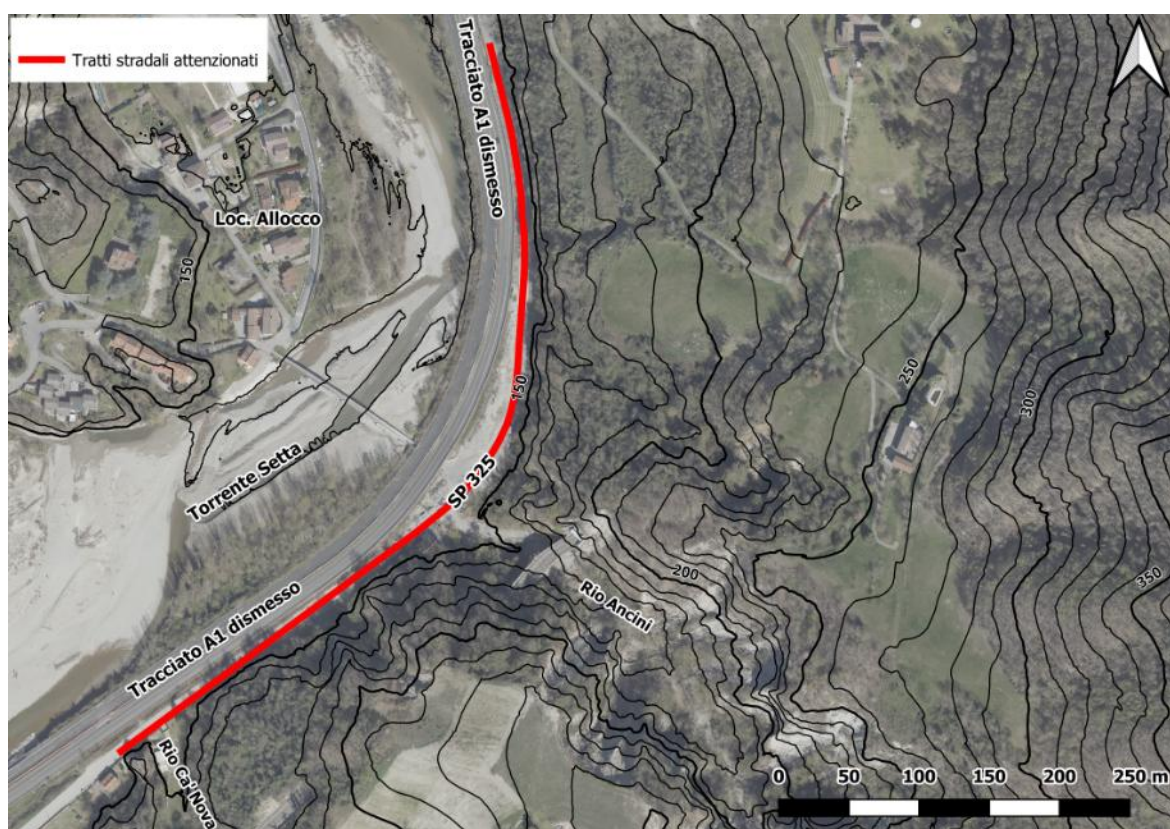


Figura 3-2. Individuazione della tratta stradale attenzionata per il sito di Allocco, su ortofoto 2024 e curve di livello a 10 m.



Figura 3-3. Ripresa aerea da sud della SP 325 nella porzione settentrionale del sito di Allocco.



Figura 3-4. Ripresa aerea da nord della SP 325 nella porzione settentrionale del sito di Allocco.



Figura 3-5. Ripresa aerea da nord della SP 325 nella porzione centrale del sito di Allocco. Il Rio Ancini sottoattraversa la viabilità poco prima dell'abitazione visibile in foto.



Figura 3-6. Ripresa aerea da sud-ovest della SP 325 nella porzione centrale del sito di Allocco.



Figura 3-7. Ripresa aerea da nord-est della SP 325 nella porzione meridionale del sito di Allocco.



Figura 3-8. Vista frontale della frana per scivolamento occorsa durante gli eventi alluvionali del settembre-ottobre 2024, immediatamente a nord-est dell'attraversamento del Rio Ca' Nova, nella porzione settentrionale del sito di Allocco.



Figura 3-9. Ripresa da terra dello sperone roccioso presente a bordo strada, immediatamente a sud-ovest dell'attraversamento del Rio Ca' Nova, presso il limite settentrionale del sito di Allocco.

3.2 SITO DI VADO (1)

L'area indagata si sviluppa in destra idrografica al Setta, a partire dal suo letto sino al crinale costituente la testata dei canaloni incisi che insistono sul tracciato della SP325; questa corre lungo il fondovalle a ridosso del piede del versante.

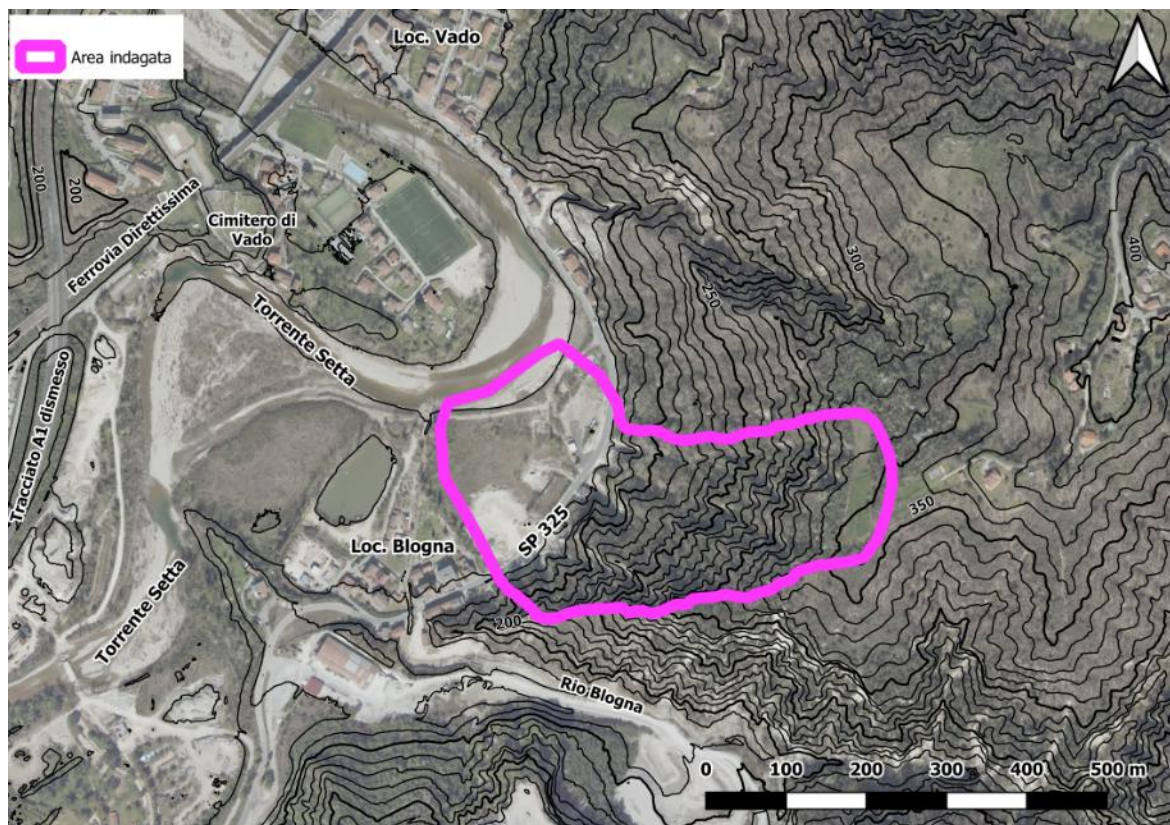


Figura 3-10. Individuazione dell'area di studio relativa al sito di Vado (1), a monte e a valle della tratta stradale attenzionata.

Il tratto di SP325 attenzionato è quello compreso tra le Pk 10+080 e 10+405 circa; corre lungo il fondovalle a ridosso del piede del versante, tra le quote circa 166 e 170 m slm, in leggera salita muovendosi verso sud.



Figura 3-11. Ripresa aerea da nord-ovest della SP 325 e del versante soprastante ricadente nell'area di studio relativa al sito di Vado (1).



Figura 3-12. Porzione settentrionale della tratta stradale attenzionata relativa al sito di Vado (1) ripresa lateralmente dal suo limite nord.



Figura 3-13. Porzione settentrionale della tratta stradale attenzionata relativa al sito di Vado (1) ripresa lateralmente dal est.



Figura 3-14. Porzione centrale della tratta stradale attenzionata relativa al sito di Vado (1) ripresa lateralmente dal nord-est.



Figura 3-15. Porzione meridionale della tratta stradale attenzionata relativa al sito di Vado (1) ripresa lateralmente dal nord-est.



Figura 3-16. Porzione meridionale della tratta stradale attenzionata relativa al sito di Vado (1) ripresa lateralmente dal suo limite sud-ovest.

3.3 SITO DI VADO (2)

L'area indagata si sviluppa in destra idrografica al Setta, in località Bellaria, ed include la tratta di SP 325 compresa tra le Pk 12+215 e 12+275 e la porzione di versante soprastante, esteso sino alla testata dei bacini idrografici afferente alla tratta stradale attenzionata. La quota della sede stradale si attesta sui 190 m.

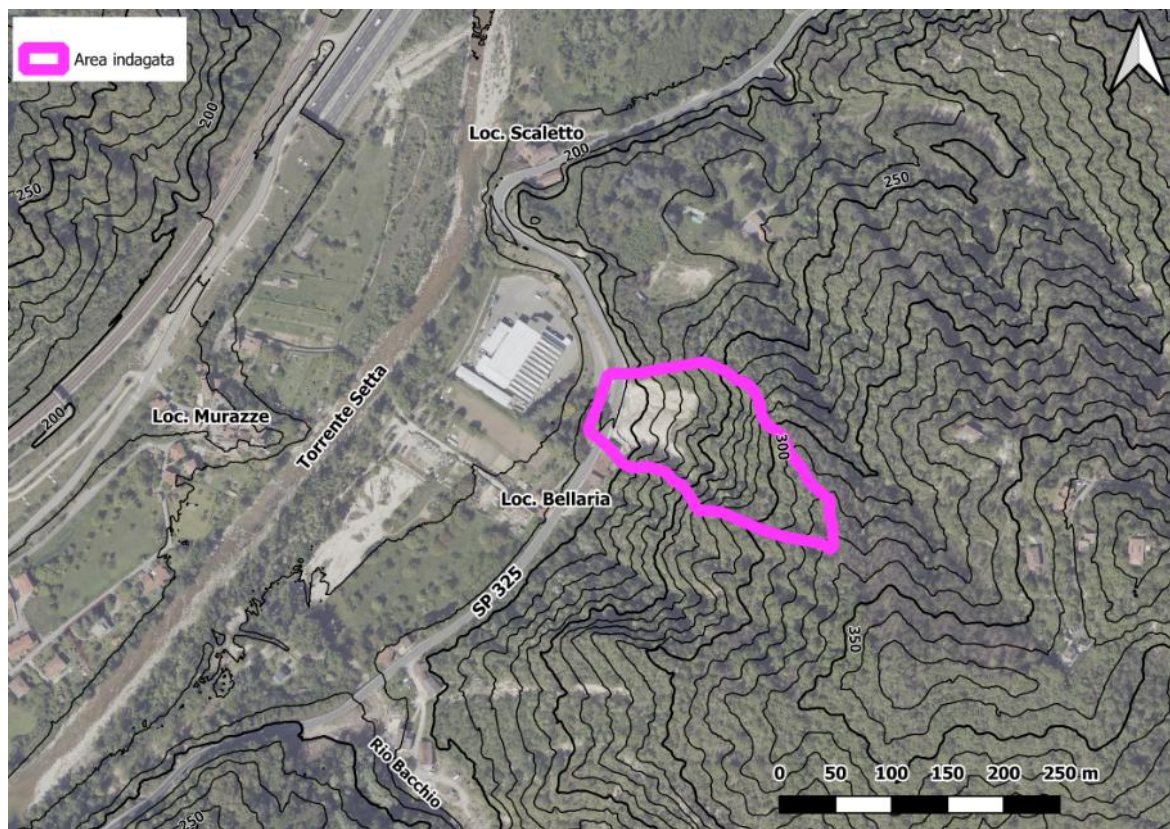


Figura 3-17. Individuazione dell'area di studio relativa al sito di Vado (2), a monte della tratta stradale attenzionata.

Il versante soprastante si presenta, per i primi 30 m di quota completamente denudato a causa dei dissesti del maggio 2023. Più a monte e ai lati, si è mantenuta la copertura boschiva presente.

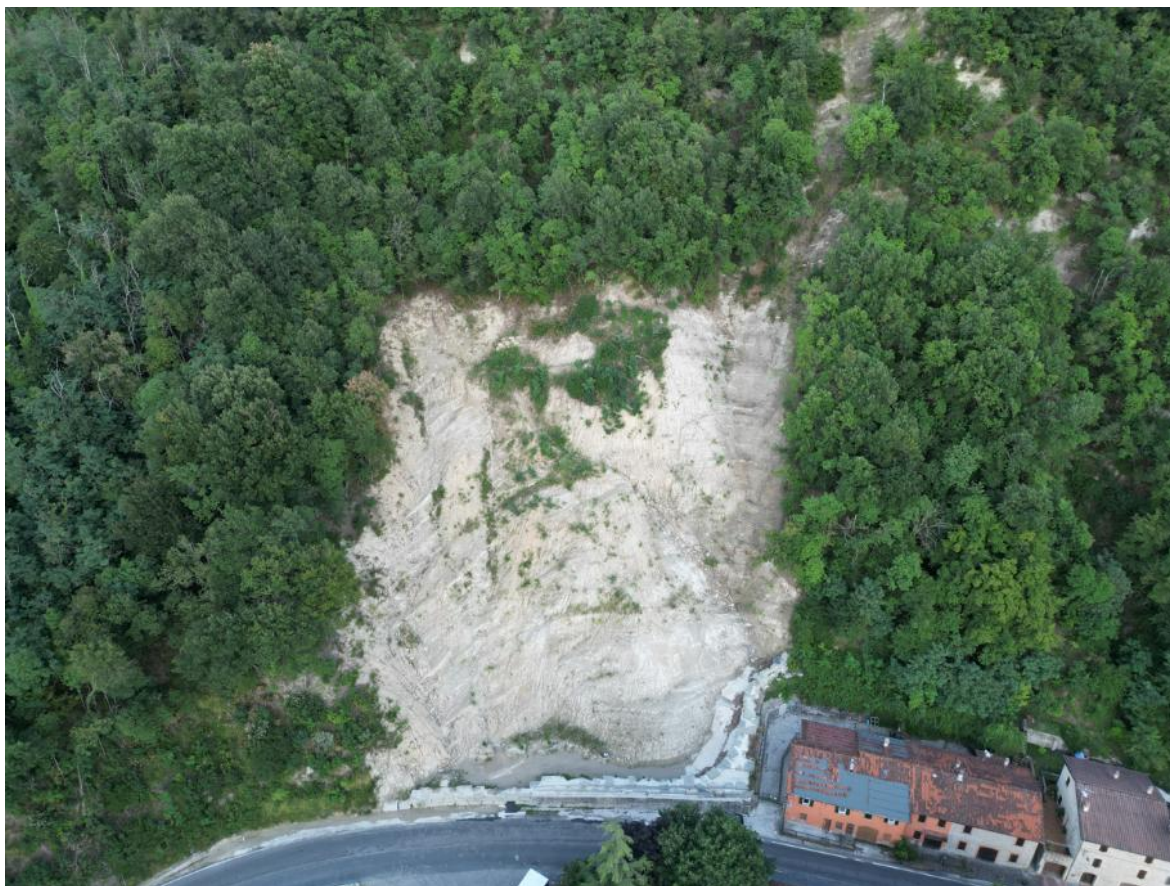


Figura 3-18. Ripresa aerea frontale da W-NW della porzione basale dell'area di studio, evidentemente interessata dai dissesti del maggio 2023.



Figura 3-19. Ripresa frontale da terra W-NW della porzione basale dell'area di studio, evidentemente interessata dai dissesti del maggio 2023. In primo piano il muro di contenimento in faldoni lapidei.

4 GEOLOGIA

4.1 ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area oggetto di studio ricade all'interno del foglio 237 "Sasso Marconi" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000. Per quanto concerne la cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna, l'area di studio ricade nella tavola 237110 della Carta Geologica regionale in scala 1: 10.000.

L'inquadramento geologico generale dell'area di studio è tratto dalle "Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 237 Sasso Marconi" a cui si rimanda per le note bibliografiche.

L'Appennino settentrionale è una catena orogenica di tipo *fold and thrust* (*sensu Hammerstein et al 2020*), sviluppatasi principalmente nel Terziario a seguito in seguito alla collisione tra due blocchi continentali rappresentati dalla zolla europea, o sardo-corsa, e dalla microplacca Adria o Apula o Adriatico-Padana, inizialmente connessa alla zolla africana (BOCCALETTI et alii, 1971; BOCCALETTI & GUAZZONE, 1972).

La rotazione del blocco di pertinenza europea (Sardo-Corso), ha comportato la progressiva chiusura dell'oceano ligure-piemontese interposto tra le placche e l'impilamento di falde tettoniche appartenenti a domini strutturali/paleogeografici meso-cenozoici molto diversi: il Dominio ligure di pertinenza oceanica, il Dominio sub-ligure sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica, e il Dominio tosco-umbro di pertinenza adriatico-padana. A partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate si imposta la sedimentazione delle unità che costituiranno il Dominio epiligure (Figura 4-2 a, b).

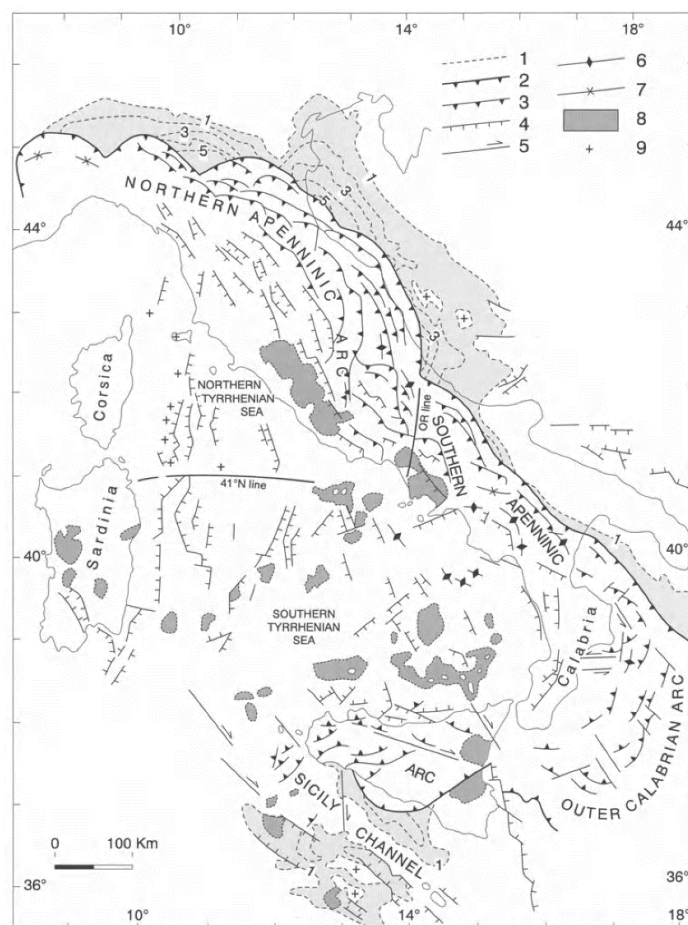


Figura 4-1. Carta strutturale dell'Appennino e del Mar Tirreno. OR, Linea Ortona-Roccamonfina; (1) isobate del limite Pliocene/Quaternario al di sotto dell'avanfossa padana (linee tratteggiate con i numeri che indicano i chilometri di profondità); (2) fronte della catena; (3) principali sovrascorrimenti post-Tortoniano; (4) faglie normali; (5) antiformali; (6) sinformi; (7) *trend* regionale delle strutture; (8), (9) vulcanismo e corpi intrusivi. (da Vai & Martini, 2001).

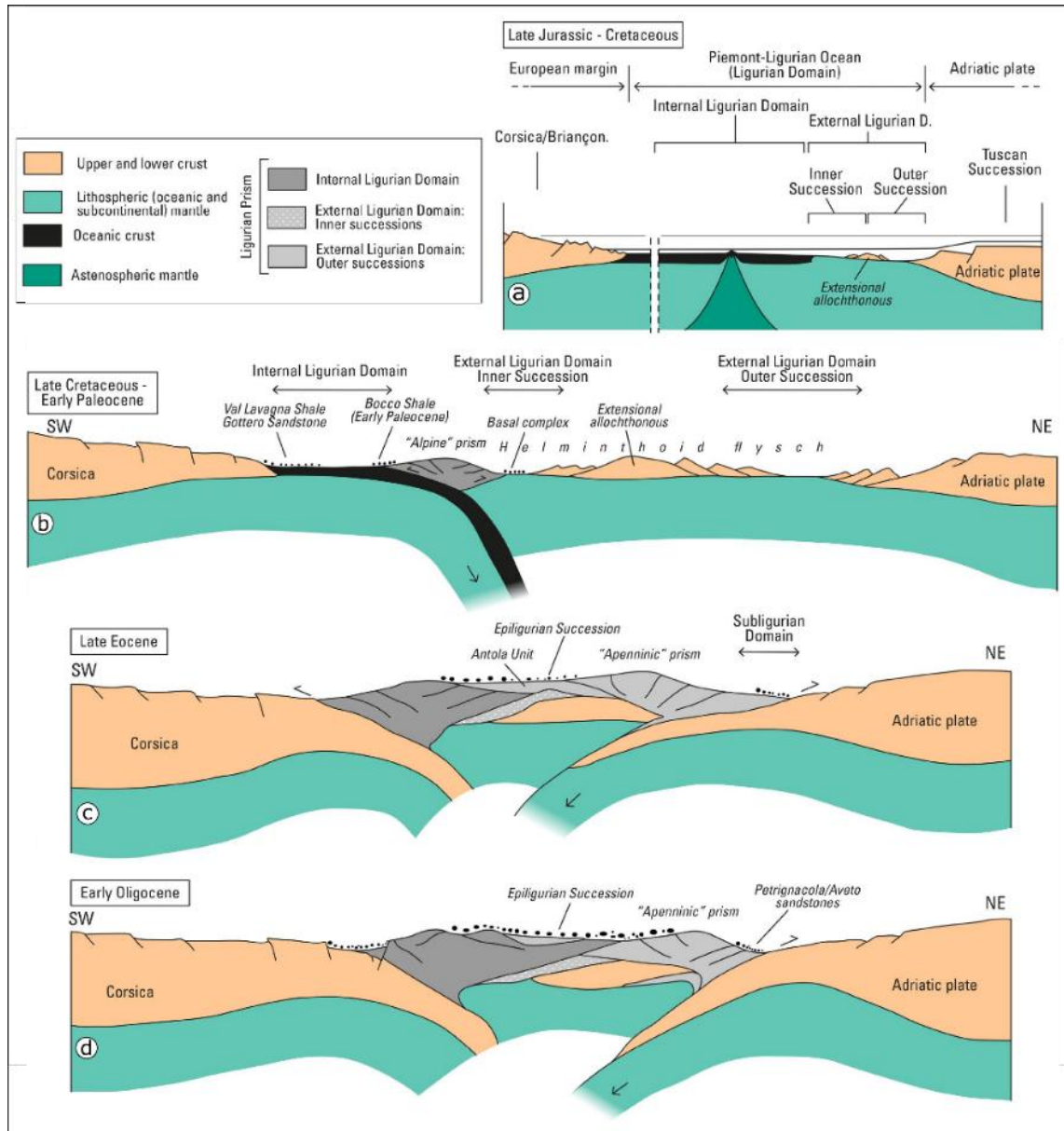


Figura 4-2. Schema delle principali fasi dell'evoluzione dell'Appennino: (a) situazione nel tardo Giurassico-Cretaceo; (b) fase del Cretaceo superiore-Paleocene inferiore di subduzione "alpina" con formazione del cuneo di accrezione a doppia vergenza delle Liguridi interne; (c) Eocene superiore, subduzione ovest-vergente che giunge fino all'acme della collisione continentale, si depositano le Epiliguri in bacini di wedge-top; (d) situazione all'Oligocene Inferiore in cui le Subliguridi sono state sovrascorse ed impilate nel cuneo di accrezione. Modificato da Conti et al. (2020).

Le principali fasi deformative che hanno portato alla formazione del prisma di accrezione ligure, denominate nel complesso "fase ligure" (o mesoalpina), terminano nell'Eocene medio (Figura 4-2c) con l'inizio della deposizione (sin- e post-tettonica) della Successione Epiligure, che continuerà fino al Miocene superiore. Queste unità semi-alloctone poco deformate, note in letteratura "bacini satellite" (Ricci Lucchi, 1990), composte da corpi torbidity fino a depositi di mare basso, si depositano in discordanza sul "dorso" del cuneo di accrezione in movimento verso E-NE. Questi bacini risentono fortemente della tettonica sin-sedimentaria e, in particolare, della presenza di lineamenti trasversali alla catena.

A partire dal Burdigaliano (Miocene inferiore), si assiste al graduale spostamento del fronte compressivo appenninico verso le porzioni più esterne e all'instaurarsi di un regime estensionale nella parte più interna (occidentale) della catena direttamente correlato all'apertura del Mar Tirrenico (Scrocca *et al.*, 2007). Questa fase di estensione tettonica determina la formazione di bacini sedimentari con allungamento NO-SE.

Nelle fasi evolutive tardo neogeniche-quadernarie la catena emerge definitivamente come testimoniato dal graduale passaggio ad una sedimentazione di tipo continentale tra il Pliocene e il Pleistocene medio, e dall'*uplift* registrato dai terrazzi quadernari. In definitiva la strutturazione dell'Appennino settentrionale risulta strettamente connessa da un lato all'evoluzione estensionale del Mediterraneo occidentale e dall'altro al contemporaneo sotto-scorrimento del basamento padano-adriatico e delle coperture meso-cenozoiche al di sotto di quello ligure-toscano. Queste dinamiche hanno portato alla definizione di un quadro lito-stratigrafico e tettonico complesso che vede le unità tettoniche liguri e subliguri, con sovrapposte stratigraficamente le formazioni epiliguri, a costituire una estesa coltre alloctona che a partire dal Miocene inferiore si accavalla via via sugli altri domini (quelli toscani e umbro marchigiani) sino al margine padano dell'Appennino. Il fronte della catena, sepolto dai sedimenti quadernari padano-adriatici e deformato dai vari sistemi di pieghe e sovrascorrimenti si sviluppa nel Pliocene e nel Pleistocene.

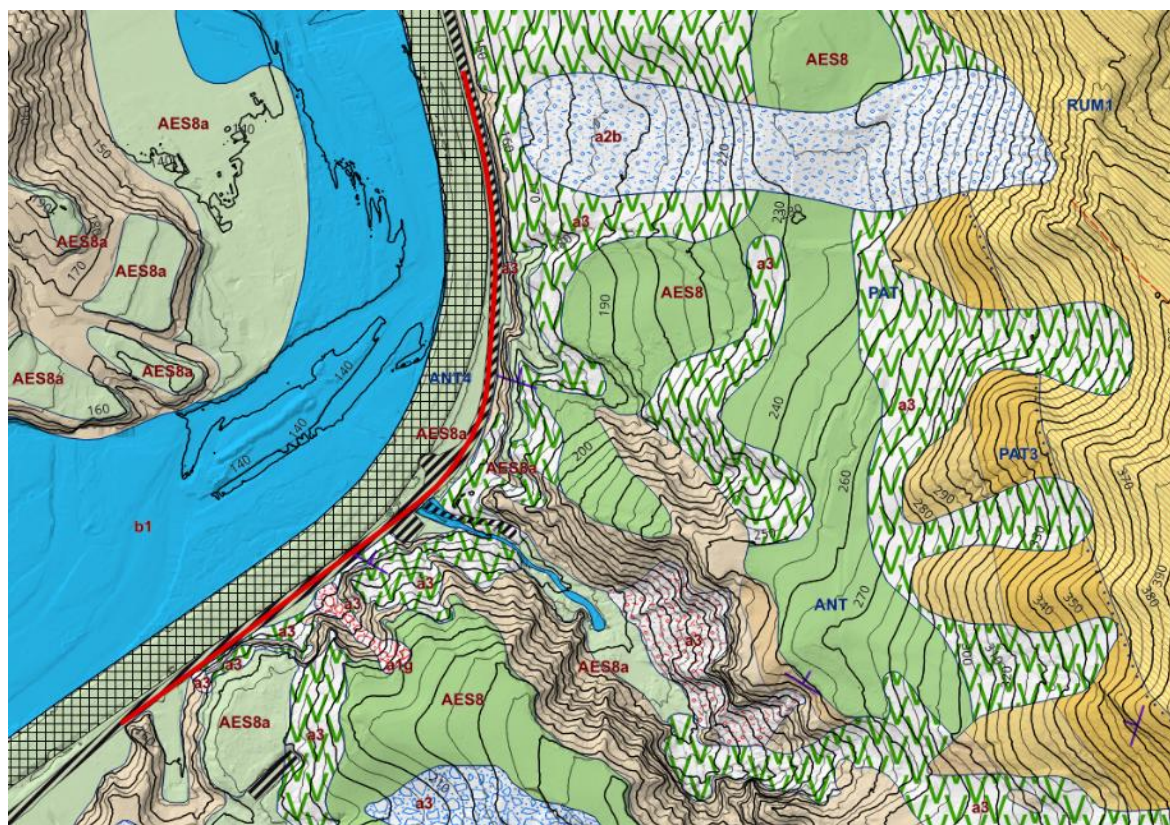
4.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

Per ognuno dei 3 siti indagati, è stata prodotta la relativa carta geologica (si vedano le tavole S24154-PE-GL-1001-A, S24154-PE-GL-2001-A e S24154-PE-GL-3001-A). Le informazioni riassunte nelle tavole citate derivano dai dati di base della Carta Geologica Regionale in scala 1: 10.000 e della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto CARG – Foglio 237 "Sasso Marconi"), integrati con un rilievo geomorfologico di dettaglio eseguito per ognuna delle 3 aree.

Di seguito vengono illustrate le caratteristiche geologiche locali dei tre diversi siti di interesse.

4.2.1 SITO DI ALLOCCO

In Figura 4-3 si riporta un estratto della Carta Geologica e Geomorfologica del sito di riferimento (doc S24154-PE-GL-1001-A). Nei seguenti paragrafi ne vengono illustrate le caratteristiche.



Legenda

— Tratti stradali attenzionati	Coperture Quaternarie	Stratificazione
Geologia	AES8 - Substema di Ravenna	— stratificazione dritta
Unità geologiche	AES8a - Unità di Modena	Forme antropiche
ANT - Marne di Antognola	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento	— Superficie pianeggiante di origine antropica
ANT4 - Marne di Antognola - membro di Anconella	a1g - Deposito di frana attiva complessa	— Depositi e rilevati antropici
PAT - Formazione di Pantano	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento	
PAT3 - Formazione di Pantano - membro di Calvenzano	a2g - Deposito di frana quiescente complessa	
RUM1 - Formazione di Monterumici - membro di Scascol	a3 - Deposito di versante s.l.	
	b1 - Deposito alluvionale in evoluzione	
	Limiti unità geologiche	
	— contatto stratigrafico inconforme certo	
	— contatto stratigrafico o litologico certo	
	--- faglia incerta	
	— limite di natura incerta	

Figura 4-3. Estratto modificato della tavola S24154-PE-GL-1001-A.

4.2.1.1 UNITÀ GEOLOGICHE

All'interno dell'area indagata, da intendersi estesa dal letto del setta alle porzioni più prossime al ciglio dei ripiani soprastanti le scarpate che bordano a monte la SP 325, risulta affiorante soltanto il Membro dell'Anconella della Formazione delle Marne di Antognola (ANT4), costituito da sabbie e areniti poco cementate (Figura 4-4). È questo il substrato affiorante lungo le scarpate e lungo i fianchi delle incisioni che insistono ai lati della sede stradale.

Successione Epiligure:

- **Formazione delle Marne di Antognola - Membro dell'Anconella (ANT4):** Arenarie risedimentate a composizione quarzoso-feldspatica a grana da fine a molto grossolana e di color grigio-chiaro o giallastro se alterate. Gli strati, da medi a molto spessi fino a banchi plurimetrici, spesso tra loro amalgamati, sono in genere tabulari, ma con molte irregolarità a scala metrica e decametrica; a tetto compaiono sporadici intervalli centimetrici di peliti nerastre o grigio-scuri, siltose e marne argillose grigioverdi. Le strutture sedimentarie interne agli strati non sono in genere ben visibili; oltre ad una grossolana gradazione sono presenti a luoghi lamine piano-parallele spesse nelle porzioni superiori degli strati.

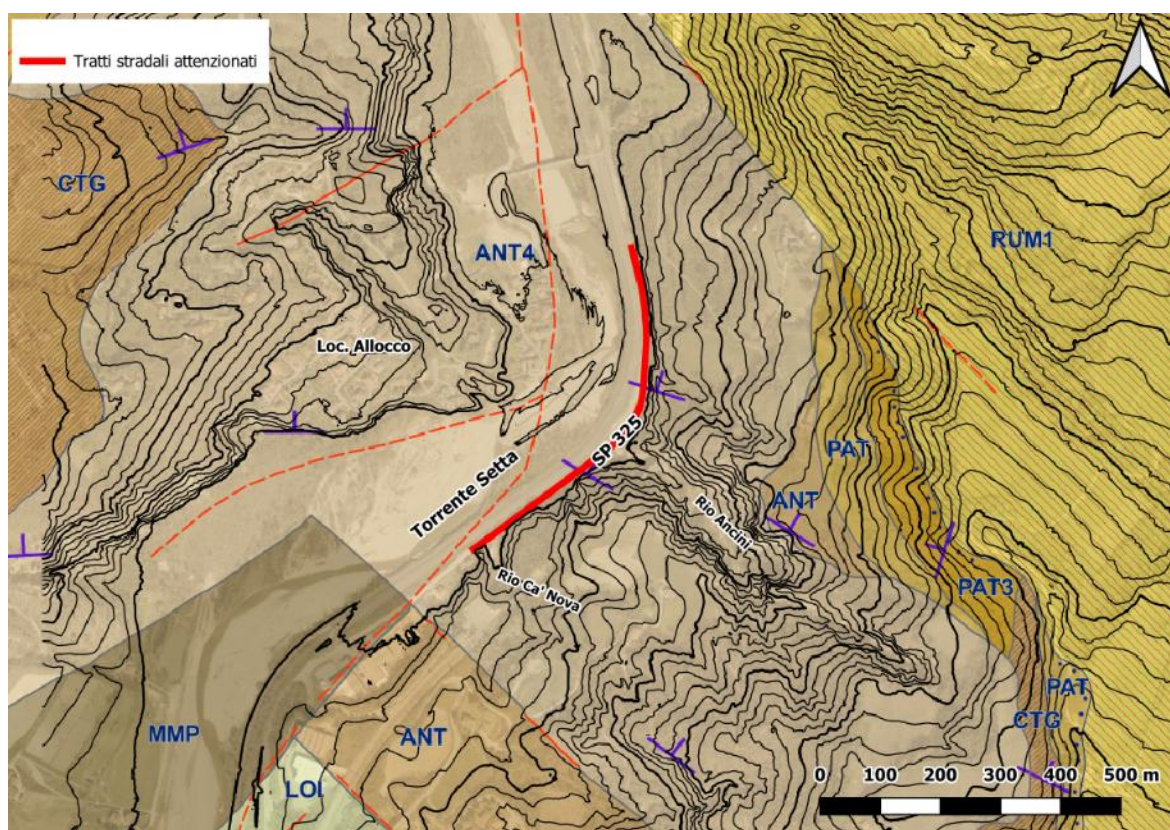


Figura 4-4. Estratto modificato della carta geologica relativa al sito di Allocco, nel quale sono state omesse le coperture quaternarie. Si noti come l'intera tratta stradale indagata si imponi sul Membro dell'Anconella della Formazione delle Marne di Antognola (ANT4).

In particolare, nell'area di studio, le arenarie del Membro dell'Anconella si presentano piuttosto massive; la stratificazione, solo localmente riconoscibile, presenta ondulazione plurimetrica e potenza da metrica a plurimetrica, solo raramente pluridecimetrica. Le fratture, generalmente rare, risaltano quando ad alto angolo e qui possono predisporre crolli e ribaltamenti.

La scarsa cementazione si traduce in affioramento nella propensione all'alterazione superficiale della roccia, che si disgrega sottoforma di sabbie sciolte, e nelle forme smussate delle pareti; gli spigoli vivi delle fratture vengono velocemente arrotondati dai processi erosivi e, in generale, dall'alterazione. In base alle condizioni morfologiche e topografiche, si può stimare un'alterazione degli spessori parietali del substrato affiorante variabile tra 10 cm a oltre mezzo metro.



Figura 4-5. Ripresa dal basso di un fronte roccioso nella parte meridionale dell'area indagata. Si noti la natura massiva del substrato, che l'alterazione superficiale, tende a modellare in forme smussate ed arrotondate.



Figura 4-6. Ripresa aerea di un fronte roccioso nella parte centrale dell'area indagata. Qui più che altrove è possibile apprezzare la stratificazione a traverpoggio rispetto alla parete, e la presenza di fratture subverticali, più aperte nei pressi del ciglio, che predispongono a potenziali distacchi.

4.2.1.2 ASSETTO STRUTTURALE

Alla scala del problema (stabilità delle scarpate direttamente in affaccio alla viabilità), l'assetto stratigrafico è approssimativamente monoclinale a traverspoggio rispetto alle scarpate rocciose. La stratificazione, infatti, immerge verso N-NE di circa 35°.

Lungo il fondovalle vengono descritte alcune faglie incerte con orientazione N-S e WSW-ENE.

Un'ulteriore faglia, a S-W dell'area indagata, presenta orientazione NW-SE e mette a contatto il Membro dell'Anconella (ANT4) con le Marne di Antognola (ANT) e con le Marne di Monte Piano (MMP). Tali faglie non sembrano produrre effetti significativi sui dissesti in atto e potenziali oggetto del presente studio.

Verso nord-est, la carta geologica individua il passaggio, per limite di natura incerta, nuovamente alle Marne di Antognola (ANT), lungo il fianco destro della valle del Rio Ancini, e quindi, per probabile continuità stratigrafica, alla formazione del Pantano (PAT) e del relativo Membro di Calvenzano (PAT3). Su quest'ultima poggia, in discordanza (per limite inconforme), la base della successione Pliocenica, costituita dalla Formazione di Monterumici (RUM), in particolare dal membro di Scascoli (RUM1).

4.2.1.3 COPERTURE QUATERNARIE

Al di sopra del substrato roccioso, sono state distinte e mappate le coperture quaternarie, costituite da depositi essenzialmente riconducibili a:

- Deposizione fluviale;
- Processi gravitativi;
- Disgregazione, alterazione del substrato roccioso ed eventuale trasporto del materiale prodotto da tali processi.

Con riferimento all'estratto della carta geologica di Figura 4-3, alle Note Illustrative del Foglio 237 del CARG ed alla Carta Geologica Regionale in scala 1:10'000, vengono di seguito illustrate.

Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES):

Con questa denominazione vengono compresi i depositi alluvionali più recenti (età comprese tra il sub-attuale e il Pleistocene medio), affioranti in ambito regionale sia nelle zone di pianura, sia in quelle di conoide allo sbocco delle aste fluviali, sia in quelle intravallive. Nei dintorni dell'area di studio sono esclusivamente presenti depositi intravallivi; essi sono ubicati a varie quote sui versanti, a partire da un paio di metri più in alto rispetto al fondovalle attuale. Sono costituiti prevalentemente da ghiaie, spesso embricate, e subordinatamente da sabbie e limi. Essi sono in genere di spessore limitato (pochi metri) e con una superficie inferiore discordante ed erosiva sul substrato; verso l'alto è frequente una copertura limosa, spessa anche alcuni metri, di depositi colluviali di versante

- **Subsintema di Ravenna (AES8):** Comprende i depositi terrazzati più prossimi al fondovalle attuale. Sulle superfici dei depositi terrazzati sono stati ritrovati insediamenti Etruschi e Romani. L'età è riferibile all'Olocene-Attuale, per posizione stratigrafica e contenuto archeologico.
 - **Unità di Modena (AES8a):** Nei settori intravallivi, quale quello oggetto di studio, è costituita da ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Limite superiore sempre affiorante (coincide con l'attuale piano campagna) dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti

archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive. Spessore massimo di 7-10 metri. Età: post-romana (IV-VI sec. d.C. - attuale; datazione archeologica).

Depositi alluvionali attuali e coperture quaternarie continentali

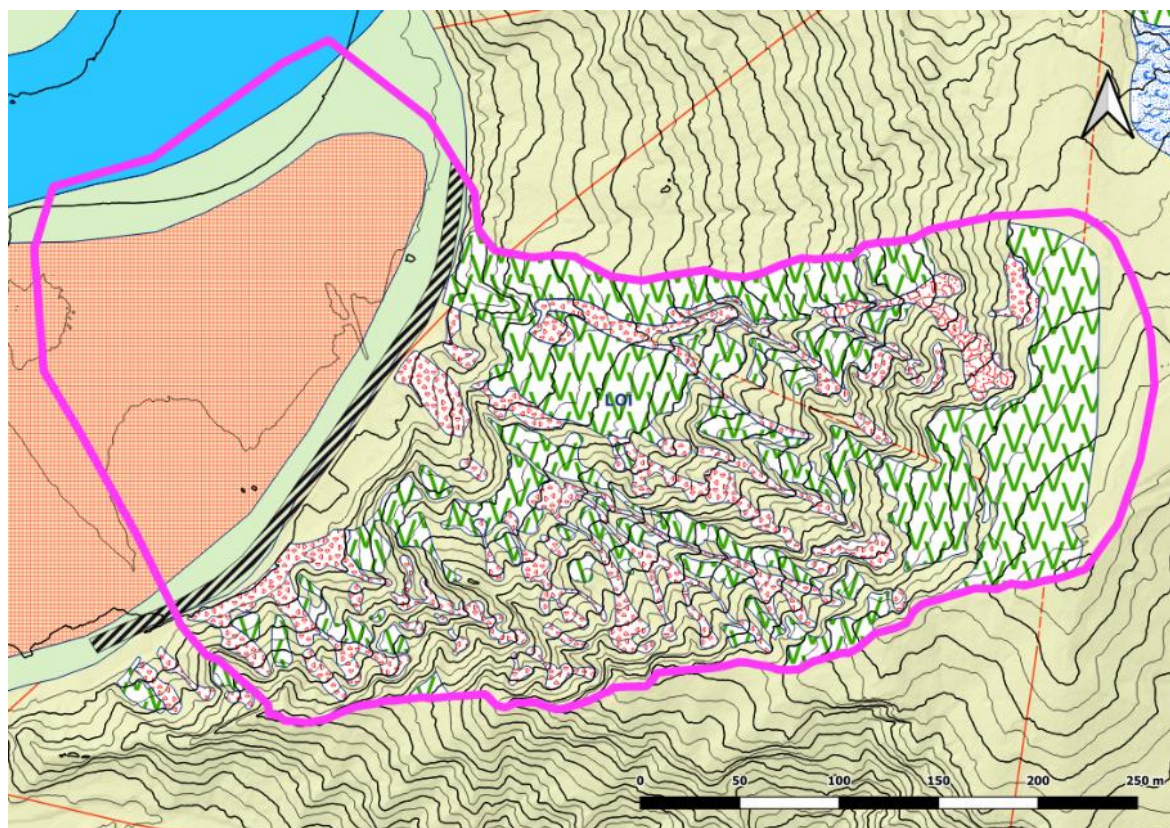
- **Deposito di frana attiva per scivolamento (a1b):** Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura ben definita o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio. Non vengono distinti tra loro gli scivolamenti traslativi o rotazionali. Ha manifestato evidenze di movimenti in atto nell'ultimo ciclo stagionale, indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi. Vengono incluse in questa categoria anche frane che, pur non presentando sicure evidenze di movimento nell'ultimo ciclo stagionale, denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno smosso). Sono altresì incluse anche frane con movimento rilevabile solo attraverso monitoraggi. Nel sito di Allocco, viene utilizzata la stessa simbologia anche per indicare una superficie di frana per scivolamento nei pressi del Rio Ca' Nova.
- **Deposito di frana attiva per complessa (a1g):** Deposito costituito dalla combinazione di due o più tipologie di movimento. Le frane complesse più frequenti sul territorio appenninico sono costituite da scivolamenti accompagnati da colamenti di fango o detrito. Ha manifestato evidenze di movimenti in atto nell'ultimo ciclo stagionale, indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi. Vengono incluse in questa categoria anche frane che, pur non presentando sicure evidenze di movimento nell'ultimo ciclo stagionale, denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno smosso). Sono altresì incluse anche frane con movimento rilevabile solo attraverso monitoraggi.
- **Deposito di frana quiescente per scivolamento (a2b):** Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura ben definita o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio. Il deposito gravitativo è privo di evidenze di movimenti in atto o recenti alla data del rilevamento. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.
- **Deposito di frana quiescente complessa (a2g):** Deposito costituito dalla combinazione di due o più tipologie di movimento. Le frane complesse più frequenti sul territorio appenninico sono costituite da scivolamenti accompagnati da colamenti di fango o detrito. Il deposito gravitativo è privo di evidenze di movimenti in atto o recenti alla data del rilevamento. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a

quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.

- **Deposito di versante s.l. (a3):** Deposito di genesi incerta. Non si esclude che esso sia realmente attribuibile a una frana, tuttavia mancano, almeno in parte, i caratteri morfologici tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato l'accumulo e la sua attribuzione ad altre categorie (depositi soprattutto eluvio-colluviali). Generalmente l'accumulo è costituito da materiale prevalentemente fine, pelitico e/o sabbioso con inclusi lapidei più o meno abbondanti.
- **Deposito alluvionale in evoluzione (b1):** Sabbie, ghiaie o limi di origine fluviale, attualmente soggetti a evoluzione dovuta alla dinamica fluviale attiva.

4.2.2 SITO DI VADO (1)

In Figura 4-7 si riporta un estratto della Carta Geologica e Geomorfologica del sito di riferimento (doc S24154-PE-GL-2001-A). Nei seguenti paragrafi ne vengono illustrate le caratteristiche.



Legenda

 Area indagata	Coperture Quaternarie	Limiti unità geologiche
Geologia	 AES8a - Unità di Modena	 faglia certa
Unità geologiche	 a1g - Deposito di frana attiva complessa	 faglia incerta
 LOI - Formazione di Loiano	 a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango	Forme antropiche
	 a3 - Deposito di versante s.l.	 Sede stradale
	 a6 - Coltri detritiche (anche rimaneggiate dalle acque superficiali)	
	 b1 - Deposito alluvionale in evoluzione	
	 h3-2 - Cava inattiva	

Figura 4-7. Estratto modificato della tavola S24154-PE-GL-2001-A.

4.2.2.1 UNITÀ GEOLOGICHE

All'interno dell'area indagata, il substrato è interamente ascrivibile alla Formazione di Loiano (LOI), costituito da sabbie e areniti stratificate con eventuale rara presenza di livelli pelitici, poco cementate (Figura 4-9 e Figura 4-10). Sono questi materiali a costituire l'ossatura del versante a monte della SP325 nella tratta di interesse.

Successione Epiligure

- **Formazione di Loiano (LOI).** Arenarie risedimentate a composizione arcossica a grana da fine a molto grossolana, di caratteristico colore grigio-biancastro o beige se alterate e, a luoghi,

con intervalli di brecce e microconglomerati. Gli strati sono in genere da medi a molto spessi e a luoghi massicci, tabulari su distanze decametriche, ma anche irregolari ed in alcuni casi cuneiformi a scala minore. Essi presentano sporadicamente a tetto sottili livelli argillosi grigio-scuri (Figura 4-10). Le amalgamazioni degli strati sono frequenti; il rapporto A/P è da indefinito a generalmente molto maggiore di 1. Entro gli strati in molte località sono presenti concrezioni diagenetiche sub sferoidali e ovoidali, allungate parallelamente alla stratificazione, dove le arenarie appaiono più cementate e resistenti all'alterazione (cogoli).
Luteziano – Priaboniano.

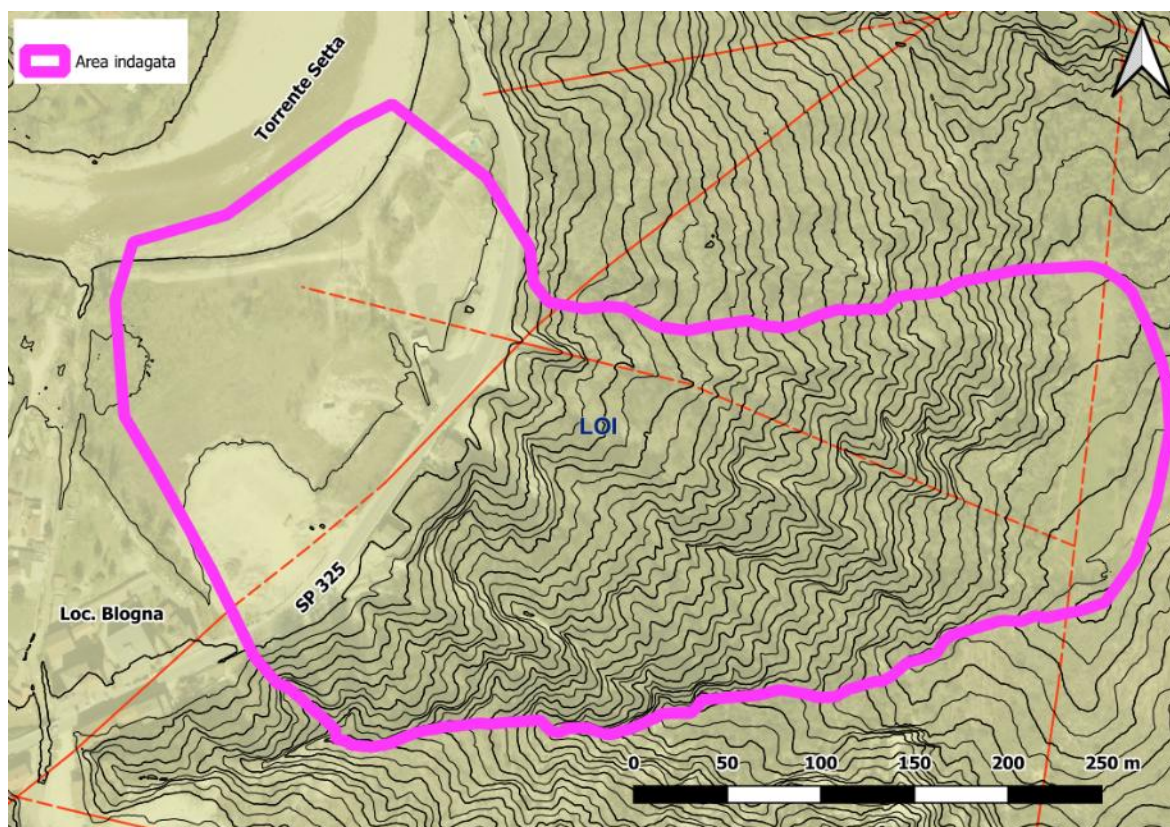


Figura 4-8. Estratto modificato della carta geologica relativa al sito di Vado (1), nel quale sono state omesse le coperture quaternarie. Si noti come l'intera tratta stradale indagata si imponi sulla Formazione di Loiano (LOI).

In particolare, nell'area di studio, le arenarie della Formazione di Loiano (LOI) presentano una stratificazione solo localmente riconoscibile con potenza da pluridecimetrica a metrica, talora plurimetrica. Gli strati sono tuttavia sovente amalgamati e non riconoscibili, a formare bancate apparentemente omogenee.

La scarsa cementazione si traduce in affioramento nella propensione all'alterazione superficiale della roccia, che si disgrega sotto forma di sabbie sciolte, e nelle forme smussate delle pareti; gli spigoli vivi delle fratture vengono velocemente arrotondati dai processi erosivi e, in generale, dall'alterazione. In base alle condizioni morfologiche e topografiche, si può stimare un'alterazione degli spessori parietali del substrato affiorante variabile tra 10 cm a oltre mezzo metro.



Figura 4-9. Affioramento di LOI in corrispondenza dello sbocco a valle della più settentrionale delle incisioni che solcano l'area di studio. Si noti la faglia che taglia in fondo canale lungo la scarpata rocciosa.



Figura 4-10. Dettaglio di un sottile livello argilloso grigio-scuro all'interno delle arenarie della Formazione di Loiano (LOI).

4.2.2.2 ASSETTO STRUTTURALE

Alla scala del problema (stabilità delle scarpate direttamente in affaccio alla viabilità) e per quanto riconoscibile, l'assetto della stratificazione è apparentemente sub-orizzontale.

La carta geologica individua alcune faglie certe e incerte con orientazione SW-NE ed altre, con orientazione appenninica (WNW-ESE). Una di queste, particolarmente evidente, coincide con il fondo canale del più settentrionale dei solchi delle incisioni che raggiungono la SP 325 (Figura 4-9). Sembrerebbe trattarsi di una faglia normale, con rigetto di 15 cm circa.

4.2.2.3 COPERTURE QUATERNARIE

Al di sopra del substrato roccioso, sono state distinte e mappate le coperture quaternarie, costituite da depositi essenzialmente riconducibili a:

- Deposizione fluviale;
- Processi gravitativi;
- Disgregazione, alterazione del substrato roccioso ed eventuale trasporto del materiale prodotto da tali processi.

Con riferimento all'estratto della carta geologica di Figura 4-7, alle Note Illustrative del Foglio 237 del CARG ed alla Carta Geologica Regionale in scala 1:10'000, vengono di seguito illustrate.

Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES):

Con questa denominazione vengono compresi i depositi alluvionali più recenti (età comprese tra il sub-attuale e il Pleistocene medio), affioranti in ambito regionale sia nelle zone di pianura, sia in quelle di conoide allo sbocco delle aste fluviali, sia in quelle intravallive. Nei dintorni dell'area di studio sono esclusivamente presenti depositi intravallivi; essi sono ubicati a varie quote sui versanti, a partire da un paio di metri più in alto rispetto al fondovalle attuale. Sono costituiti prevalentemente da ghiaie, spesso embricate, e subordinatamente da sabbie e limi. Essi sono in genere di spessore limitato (pochi metri) e con una superficie inferiore discordante ed erosiva sul substrato; verso l'alto è frequente una copertura limosa, spessa anche alcuni metri, di depositi colluviali di versante

- **Subsintema di Ravenna (AES8):** Comprende i depositi terrazzati più prossimi al fondovalle attuale. Sulle superfici dei depositi terrazzati sono stati ritrovati insediamenti Etruschi e Romani. L'età è riferibile all'Olocene-Attuale, per posizione stratigrafica e contenuto archeologico.
 - **Unità di Modena (AES8a):** Nei settori intravallivi, quale quello oggetto di studio, è costituita da ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Limite superiore sempre affiorante (coincide con l'attuale piano campagna) dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive. Spessore massimo di 7-10 metri. Età: post-romana (IV-VI sec. d.C. - attuale; datazione archeologica).

Depositi alluvionali attuali e coperture quaternarie continentali

- **Deposito di frana attiva per complessa (a1g):** Deposito costituito dalla combinazione di due o più tipologie di movimento. Le frane complesse più frequenti sul territorio appenninico sono costituite da scivolamenti accompagnati da colamenti di fango o detrito. Ha

manifestato evidenze di movimenti in atto nell'ultimo ciclo stagionale, indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi. Vengono incluse in questa categoria anche frane che, pur non presentando sicure evidenze di movimento nell'ultimo ciclo stagionale, denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno smosso). Sono altresì incluse anche frane con movimento rilevabile solo attraverso monitoraggi. All'interno dell'area di studio questo tipo di deposito è stato assegnato al corpo di una colata detritica originatasi, a partire da scivolamenti di coltre in testa ad alcuni canaloni, rimasta parzialmente sospesa lungo l'incisione, mantenendo la sua continuità longitudinale (Figura 4-11).



Figura 4-11. Ripresa, da monte verso valle, del deposito di frana attiva per complessa (a1g) individuato nella parte superiore della più settentrionale delle incisioni dell'area di indagine (Bacino 1).

- **Deposito di frana quiescente per colamento di fango (a2d):** Deposito messo in posto da un movimento spazialmente continuo all'interno della massa spostata costituita da materiale fangoso saturo di acqua che si comporta come un fluido viscoso. Le superfici di taglio all'interno della massa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili. Il deposito gravitativo è privo di evidenze di movimenti in atto o recenti alla data del rilevamento. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e

assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.

- **Deposito di frana quiescente complessa (a2g):** Deposito costituito dalla combinazione di due o più tipologie di movimento. Le frane complesse più frequenti sul territorio appenninico sono costituite da scivolamenti accompagnati da colamenti di fango o detrito. Il deposito gravitativo è privo di evidenze di movimenti in atto o recenti alla data del rilevamento. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.
- **Coltri detritiche anche rimaneggiate dalle acque superficiali (a6).** Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, con frammenti litoidi di diametri variabili da centimetrici a pluridecimetrici, raramente metrici, spesso immerso in una matrice sabbiosa, di origine gravitativa frequentemente alla base di pareti e scarpate rocciose e lungo i versanti più acclivi. Il detrito può essere stato anche rielaborato da fenomeni di gelo-disgelo e dal ruscellamento delle acque superficiali; si rinviene infatti anche lungo le incisioni dove costituisce accumuli allungati con spessori variabili da pochi decimetri ad alcuni metri, che possono venire ciclicamente presi in carico dalle piene dei corsi d'acqua effimeri (Figura 4-12 e Figura 4-13).



Figura 4-12. Coltre detritica lungo i fianchi dell'incisione di un corso d'acqua che, erodendola, ne ha preso in carico una parte.



Figura 4-13. Coltre detritica lungo il fondo canale dell'incisione di un corso d'acqua effimero che, in occasione delle piene può prenderla in carico.

- **Deposito di versante s.l. (a3):** Deposito di genesi incerta. Non si esclude che esso sia realmente attribuibile a una frana, tuttavia mancano, almeno in parte, i caratteri morfologici tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato l'accumulo e la sua attribuzione ad altre categorie (depositi soprattutto eluvio-colluviali). Generalmente l'accumulo è costituito da materiale prevalentemente fine, pelitico e/o sabbioso con inclusi lapidei più o meno abbondanti.

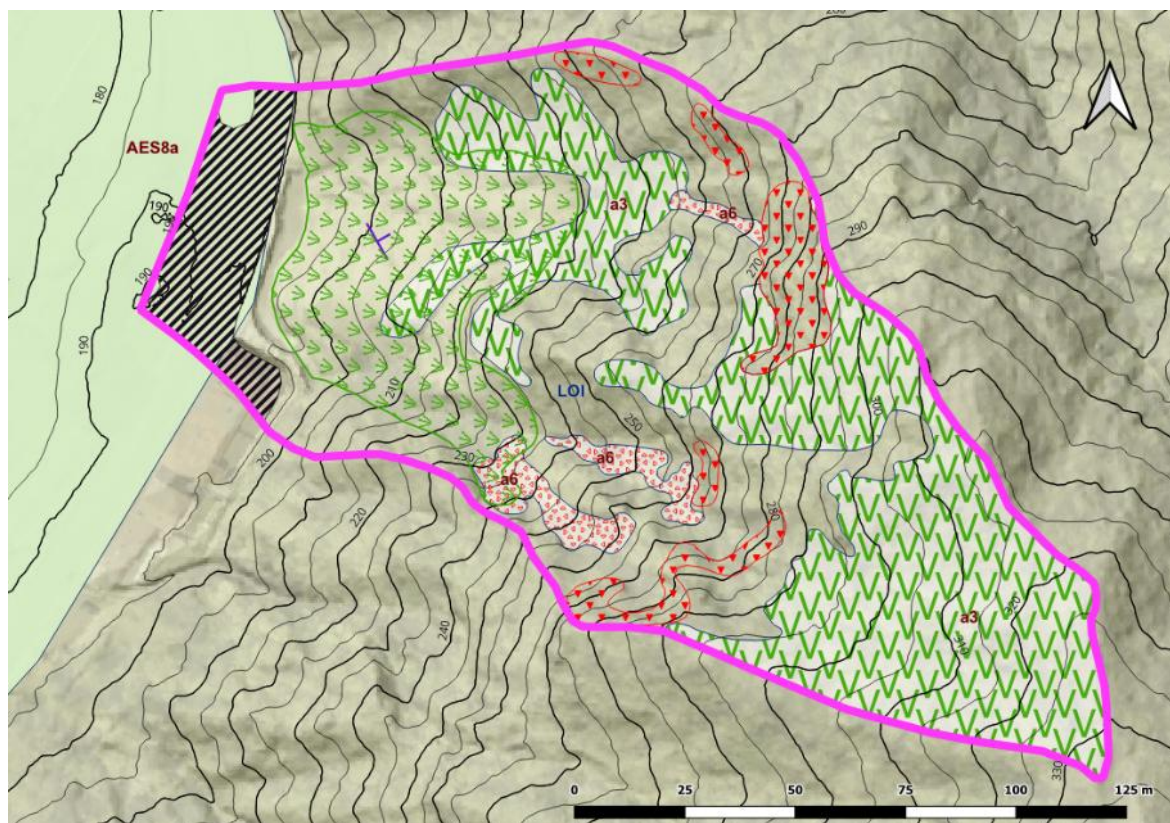


Figura 4-14. Dettaglio di un deposito eluvio colluviale poggiante sul substrato roccioso, lungo il fianco destro di un'incisione che ne ha eroso la base. Questi depositi sono stati cartografati come "Deposito di versante (a3)".

- **Deposito alluvionale in evoluzione (b1):** Sabbie, ghiaie o limi di origine fluviale, attualmente soggetti a evoluzione dovuta alla dinamica fluviale attiva.
- **Riporti e manufatti.** Si intendono, in questo caso, la **sede stradale** e la cava attiva a sud dell'area indagata (**h3-1**).

4.2.3 SITO DI VADO (2)

In Figura 4-15 si riporta un estratto della Carta Geologica e Geomorfologica del sito di riferimento (doc S24154-PE-GL-3001-A). Nei seguenti paragrafi ne vengono illustrate le caratteristiche.



Legenda

 Area indagata

Geologia

Unità geologiche

 LOI - Formazione di Loiano

Coperture quaternarie

 AES8a - Unità di Modena

 a3 - Deposito di versante s.l.

 a6 - Coltri detritiche (anche rimaneggiate dalle acque superficiali)

Geomorfologia

 Superficie pianeggiante antropica (inclusa sede stradale)

 Area soggetta a distacco di blocchi

 Superficie di frana in roccia denudata esposta in erosione

Stratificazione

 stratificazione dritta

Figura 4-15. Estratto modificato della tavola S24154-PE-GL-3001-A.

4.2.3.1 UNITÀ GEOLOGICHE

All'interno dell'area indagata, il substrato è interamente ascrivibile alla Formazione di Loiano (LOI), costituito da sabbie e areniti stratificate con eventuale rara presenza di livelli pelitici, poco cementate (Figura 4-17, Figura 4-18, Figura 4-19). Sono questi materiali a costituire l'ossatura del versante a monte della SP325 nella tratta di interesse.

Successione Epiligure

- **Formazione di Loiano (LOI).** Arenarie risedimentate a composizione arcossica a grana da fine a molto grossolana, di caratteristico colore grigio-biancastro o beige se alterate e, a luoghi, con intervalli di brecce e microconglomerati. Gli strati sono in genere da medi a molto spessi e a luoghi massicci, tabulari su distanze decametriche, ma anche irregolari ed in alcuni casi cuneiformi a scala minore. Essi presentano sporadicamente a tetto sottili livelli argillosi grigio-scuri (Figura 4-10). Le amalgamazioni degli strati sono frequenti; il rapporto A/P è da indefinito a generalmente molto maggiore di 1. Entro gli strati in molte località sono presenti concrezioni diagenetiche sub sferoidali e ovoidali, allungate parallelamente alla stratificazione, dove le arenarie appaiono più cementate e resistenti all'alterazione (cogoli).
Luteziano – Priaboniano.

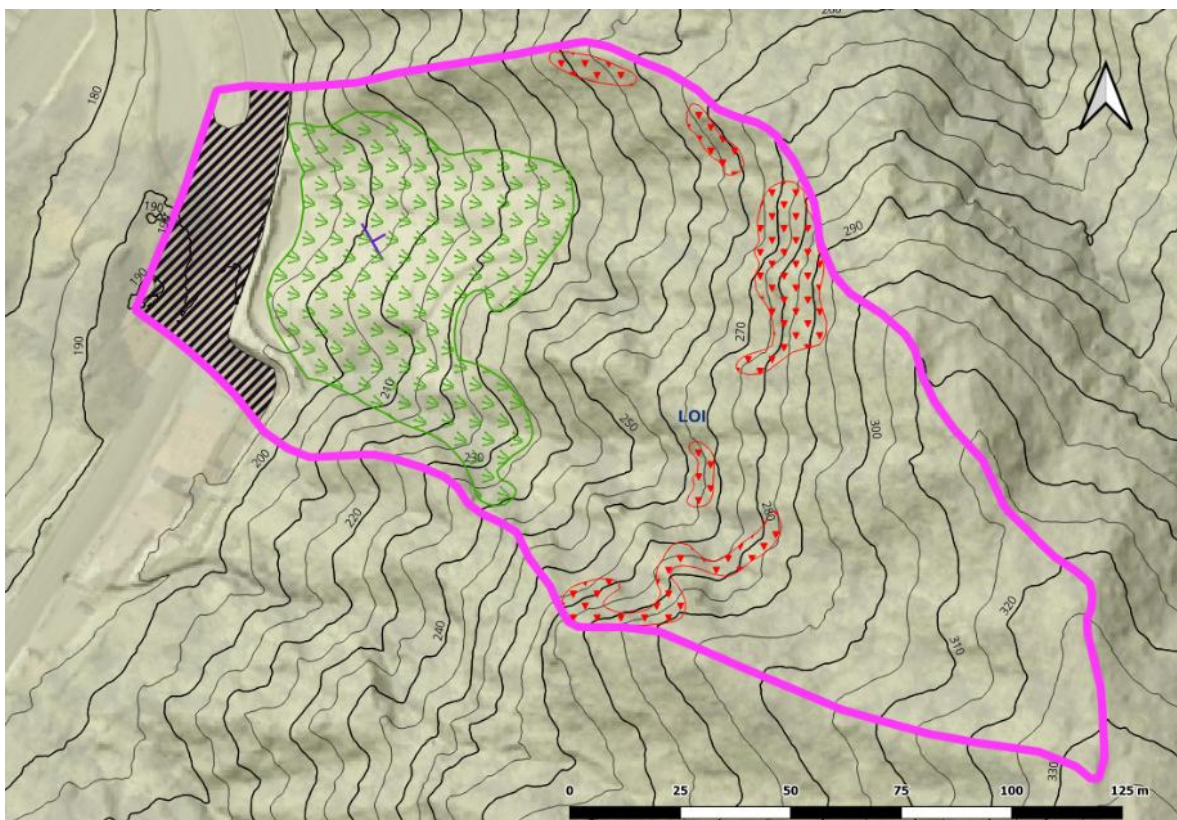


Figura 4-16. Estratto modificato della carta geologica relativa al sito di Vado (2), nel quale sono state omesse le coperture quaternarie e mantenuti i soprassegni legati alla geomorfologia. Si noti come l'intera tratta stradale indagata si imponi sulla Formazione di Loiano (LOI).

In particolare, nell'area di studio, le arenarie della Formazione di Loiano (LOI) si presentano più stratificate rispetto al sito di Vado (1); la potenza degli strati varia da decimetrica a pluridecimetrica, talora metrica (Figura 4-18 e Figura 4-19).



Figura 4-17. Affioramento delle arenarie della Formazione di Loiano (LOI) nelle porzioni alte del versante indagato, a monte della superficie denudata dagli eventi del maggio 2023, dove la copertura boschiva si è mantenuta.

La scarsa cementazione si traduce in affioramento nella propensione all'alterazione superficiale della roccia, che si disgrega sottoforma di sabbie sciolte, e nelle forme smussate delle pareti; gli spigoli vivi delle fratture vengono velocemente arrotondati dai processi erosivi e, in generale, dall'alterazione. In base alle condizioni morfologiche e topografiche, si può stimare un'alterazione degli spessori parietali del substrato affiorante variabile tra 10 cm a oltre mezzo metro. Da notare come anche il substrato che soltanto negli ultimi 2 anni è stato direttamente esposto agli agenti atmosferici (ovvero quello denudato dalla frana del maggio 2023) manifesti già alterazione spinta che comporta il suo sgretolamento in sabbia sciolta che viene poi lisciviata verso valle dal ruscellamento delle acque di versante.



Figura 4-18. Le arenarie della Formazione di Loiano (LOI) al piede del versante messe a nudo in seguito ai dissesti del maggio 2023 ed ai successivi interventi di messa in sicurezza. Da questa vista laterale da nord, si apprezza la componente a reggipoggio dell'assetto della stratificazione.



Figura 4-19. Altra vista, questa volta frontale, delle arenarie della Formazione di Loiano (LOI) al piede del versante messe a nudo in seguito ai dissesti del maggio 2023 ed ai successivi interventi di messa in sicurezza. Da questa vista laterale da nord-ovest, si apprezza invece la componente a traverspoggio dell'assetto della stratificazione.

4.2.3.2 ASSETTO STRUTTURALE

Alla scala del versante indagato, la stratificazione immerge generalmente verso N-E con inclinazioni comprese tra 20° e 30°. Ciò comporta un assetto generalmente a reggipoggio- traverpoggio rispetto all'esposizione media del versante (W-NW).

La cartografia geologica disponibile ed i dati derivanti dal rilievo geologico-geomorfologico eseguito non individuano, all'intero dell'area di studio, strutture tettoniche significative.

4.2.3.3 COPERTURE QUATERNARIE

Al di sopra del substrato roccioso, sono state distinte e mappate le coperture quaternarie, costituite da depositi essenzialmente riconducibili a:

- Deposizione fluviale;
- Processi gravitativi;
- Disgregazione, alterazione del substrato roccioso ed eventuale trasporto del materiale prodotto da tali processi.

Con riferimento all'estratto della carta geologica di Figura 4-15, alle Note Illustrative del Foglio 237 del CARG ed alla Carta Geologica Regionale in scala 1:10'000, vengono di seguito illustrate.

Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES):

Con questa denominazione vengono compresi i depositi alluvionali più recenti (età comprese tra il sub-attuale e il Pleistocene medio), affioranti in ambito regionale sia nelle zone di pianura, sia in quelle di conoide allo sbocco delle aste fluviali, sia in quelle intravallive. Nei dintorni dell'area di studio sono esclusivamente presenti depositi intravallivi; essi sono ubicati a varie quote sui versanti, a partire da un paio di metri più in alto rispetto al fondovalle attuale. Sono costituiti prevalentemente da ghiaie, spesso embricate, e subordinatamente da sabbie e limi. Essi sono in genere di spessore limitato (pochi metri) e con una superficie inferiore discordante ed erosiva sul substrato; verso l'alto è frequente una copertura limosa, spessa anche alcuni metri, di depositi colluviali di versante

- **Subsintema di Ravenna (AES8):** Comprende i depositi terrazzati più prossimi al fondovalle attuale. Sulle superfici dei depositi terrazzati sono stati ritrovati insediamenti Etruschi e Romani. L'età è riferibile all'Olocene-Attuale, per posizione stratigrafica e contenuto archeologico.
 - **Unità di Modena (AES8a):** Nei settori intravallivi, quale quello oggetto di studio, è costituita da ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Limite superiore sempre affiorante (coincide con l'attuale piano campagna) dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive. Spessore massimo di 7-10 metri. Età: post-romana (IV-VI sec. d.C. - attuale; datazione archeologica).

Depositi alluvionali attuali e coperture quaternarie continentali

- **Deposito di frana quiescente per scivolamento (a2b):** Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura ben definita o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio. Il deposito gravitativo è privo di evidenze di movimenti in atto o

recenti alla data del rilevamento. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.

- **Coltri detritiche anche rimaneggiate dalle acque superficiali (a6).** Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, con frammenti litoidi di diametri variabili da centimetrici a pluridecimetrici, raramente metrici, spesso immerso in una matrice sabbiosa, di origine gravitativa frequentemente alla base di pareti e scarpate rocciose e lungo i versanti più acclivi. Il detrito può essere stato anche rielaborato da fenomeni di gelo-disgelo e dal ruscellamento delle acque superficiali; si rinviene infatti anche lungo le incisioni dove costituisce accumuli allungati con spessori variabili da pochi decimetri ad alcuni metri, che possono venire ciclicamente presi in carico dalle piene dei corsi d'acqua effimeri (Figura 4-20).



Figura 4-20. Coltri detritica lungo il fondo canale di due diverse incisioni di corsi d'acqua effimeri che, in occasione di forti precipitazioni possono attivarsi e prendere in carico aliquote variabili del materiale.

- **Deposito di versante s.l. (a3):** Deposito di genesi incerta. Non si esclude che esso sia realmente attribuibile a una frana, tuttavia mancano, almeno in parte, i caratteri morfologici tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato l'accumulo e la sua attribuzione ad altre categorie (depositi

soprattutto eluvio-colluviali). Generalmente l'accumulo è costituito da materiale prevalentemente fine, pelitico e/o sabbioso con inclusi lapidei più o meno abbondanti.



Figura 4-21. Esempio di Deposito di versante (a3), immediatamente a monte della corona di distacco della frana del maggio 2023. In superficie si notano anche alcuni blocchi lapidei riconducibili a distacchi da fronti rocciosi più a monte.



Figura 4-22. Dettaglio di un deposito eluvio colluviale poggiante sul substrato roccioso, rimasto in posto anche successivamente agli eventi del maggio 2023. Questi depositi sono stati cartografati come “Deposito di versante (a3)”. Si noti come l’evolversi del reticolo drenante post-evento, stia erodendolo sul fianco sinistro, asportando prevalentemente la matrice fine e lasciando in posto gli inclusi lapidei.

- **Deposito alluvionale in evoluzione (b1):** Sabbie, ghiaie o limi di origine fluviale, attualmente soggetti a evoluzione dovuta alla dinamica fluviale attiva.

Per il sito in esame, si è scelto di introdurre alcuni soprassegni geomorfologici che identificano, oltre alla sede stradale, alcune aree soggette a processi evolutivi che verranno poi ripresi nel §0. Nello specifico, vengono identificate:

- **Aree soggette a distacco di blocchi:** si tratta di fronti rocciosi costituiti da pareti continue o da scarpate con roccia da affiorante a subaffiorante presso i quali la presenza di discontinuità (stratificazione e giunti) definisce ed isola elementi lapidei potenzialmente mobilizzabili (Figura 4-23).



Figura 4-23. Esempi di aree potenzialmente soggette a distacchi di blocchi in virtù della fratturazione dell'ammasso roccioso.

- **Superficie di frana con roccia denudata esposta all'erosione:** coincide con l'evidente scarpata principale dell'area. Fino al maggio 2023 il substrato che costituisce l'attuale superficie topografica, era ricoperto da coltri ragionevolmente ascrivibili ai depositi di

versante e alle coltri detritiche, mobilizzatesi per scivolamento in occasione degli eventi alluvionali. Tale superficie è stata successivamente oggetto di interventi di pulizia e riprofilatura, che hanno asportato la totalità o quasi del materiale sciolto, lasciando la roccia esposta agli eventi atmosferici (Figura 4-24).

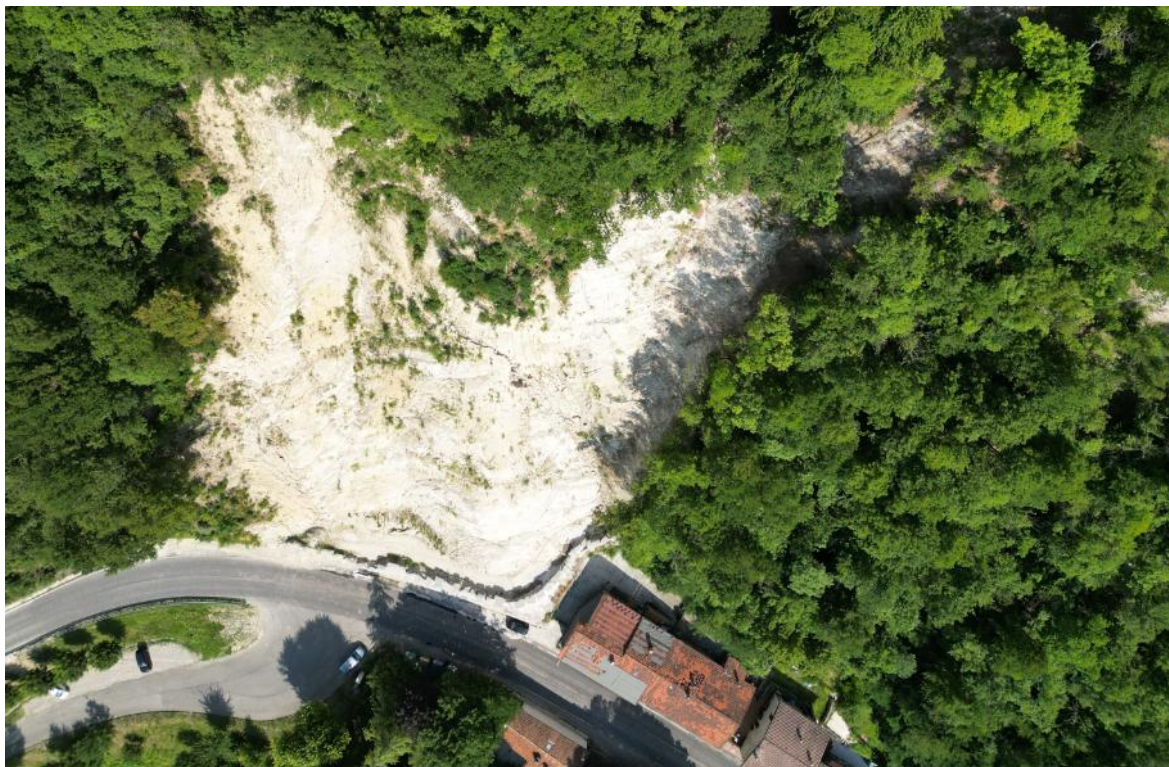


Figura 4-24. Ripresa aerea dall'alto della superficie denudata dalla frana del maggio 2023 e dai successivi interventi.

5 IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico, per tutti e tre i siti di interesse, è ragionevole ipotizzare che la circolazione sotterranea sia governata:

- dalla permeabilità per porosità, all'interno delle coltri superficiali (depositi alluvionali terrazzati, eluvio-colluviali e detritici) e dei corpi di frana;
- dalla permeabilità per fratturazione, all'interno dell'ammasso roccioso.

Date le caratteristiche litologiche delle formazioni coinvolte (LOI e ANT4 – si veda il § 4), costituite da sabbie e arenarie poco cementate, un'aliquota della circolazione all'interno dell'ammasso roccioso è tuttavia da attendersi anche a carico della permeabilità primaria (per porosità). La fratturazione dell'ammasso, generalmente scarsa, limita, peraltro, la permeabilità secondaria (per fratturazione, appunto). In corrispondenza della faglia presente lungo il primo canale del sito di Vado (1) visibile in Figura 4-9, è stata identificata una venuta d'acqua "solforosa" che testimonia la circolazione idrica all'interno delle porzioni di ammasso più fratturate dalla tettonica.

Le acque di precipitazione si infiltrano all'interno degli spessori delle coltri, andando a ricaricare falde sostenute al letto dal substrato roccioso. La circolazione avviene pertanto all'interno delle coltri ed è da attendersi particolarmente concentrata al contatto con il substrato sottostante. L'andamento del *bedrock* sepolto influenza notevolmente la circolazione sotterranea, che viene richiamata verso i "bassi" del tetto del substrato. Su alcuni di questi si sono impostate i corsi d'acqua effimeri o perenni, che vengono ricaricati direttamente dalle falde o da sorgenti.

Come verrà più volte esplicitato al § 7, il contrasto di permeabilità e il flusso sotterraneo concentrato all'interfaccia substrato-copertura, risulta determinate nell'innescare dei fenomeni di scivolamento di coltre.

All'infuori del Rio Ancini e del Rio Ca' Nova (sito di Allocco) non sono presenti, per i 3 siti di interesse, veri e propri corsi d'acqua perenni. Piccoli rivoli e venute d'acqua sono stati individuati in corrispondenza della già citata faglia di Figura 4-9 per il sito di Vado (1) e lungo il ciglio della scarpata in corrispondenza di due incisioni nel sito di Allocco (bacino 2 e bacino 3 di Figura 5-1). In corrispondenza del rivolo del bacino 2, lo stillicidio ha dato forma a depositi travertinosi che hanno inglobato la rete metallica del rivestimento e resti vegetali (Figura 5-2).

Le acque del versante, sotterranee e superficiali, vanno infine a ricaricare le alluvioni attuali del fondovalle e dunque il Torrente Setta.

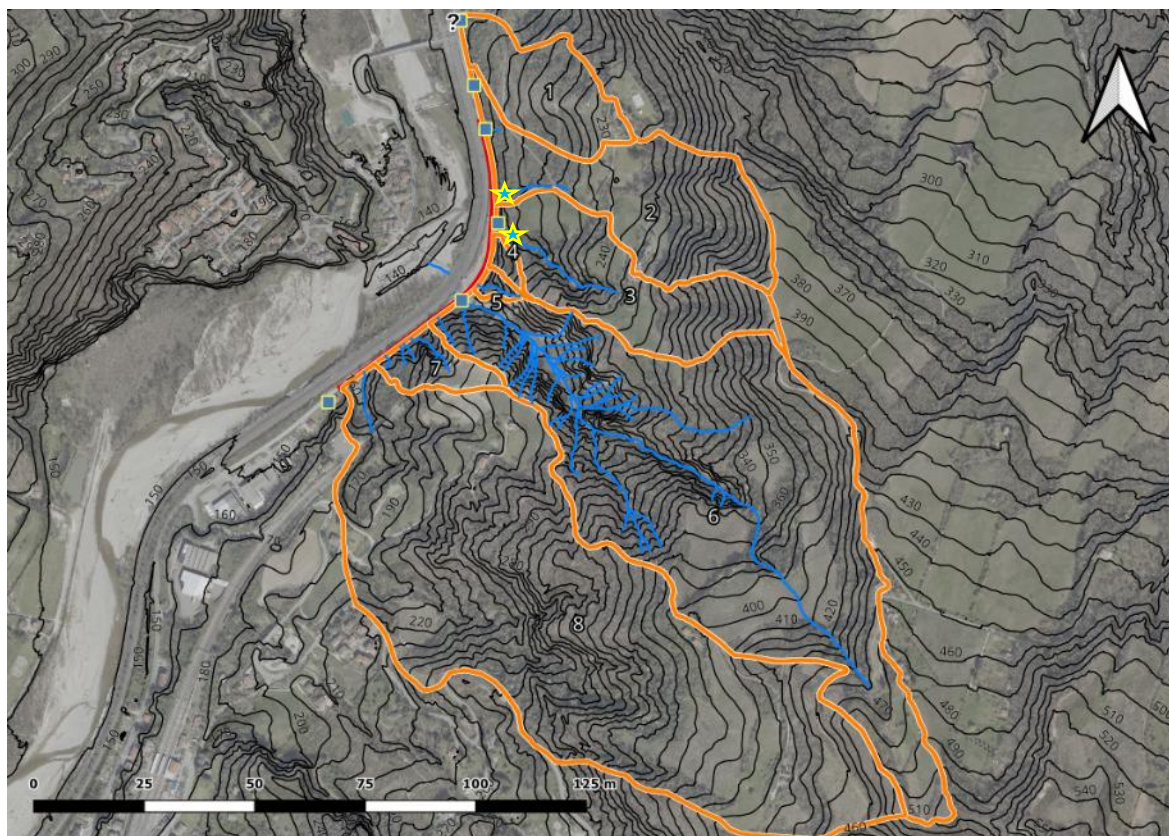


Figura 5-1. Rivoli e venute d'acqua individuati lungo le scarpate stradali per il sito di Allocco (stelle gialle). Il bacino 6 e il bacino 8 afferiscono rispettivamente al Rio Ancini e al Rio Ca' Nova, da considerarsi corsi d'acqua perenni.



Figura 5-2. Depositi travertinosi creati dallo stillicidio in corrispondenza dello sbocco lungo la scarpata stradale dell'incisione principale del bacino 2, presso il sito di Allocco.

6 CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ E VINCOLI

Nel seguito del capitolo viene analizzata la parte di vincolistica a supporto della caratterizzazione geologica del sito in oggetto.

Tramite il sito è possibile visualizzare le mappe aggiornate relative a:

- Pericolosità e rischio, sulla base di dati forniti dal [Rapporto ISPRA 2024 su Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio](#)
- Inventario frane IFFI

6.1 INVENTARIO IFFI E PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME RENO

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) è la banca dati nazionale e ufficiale sulle frane. E' realizzato dal ISPRA in collaborazione con le Regioni e Province Autonome (art. 6 comma g della L. 132/2016). Archiviare le informazioni sui fenomeni franosi è un'attività strategica per una corretta pianificazione territoriale, tenuto conto che gran parte delle frane si riattivano nel tempo, anche dopo lunghi periodi di quiescenza di durata pluriennale o plurisecolare. L'Inventario IFFI è un importante strumento conoscitivo di base utilizzato per la valutazione della pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), la progettazione preliminare di interventi di difesa del suolo e di reti infrastrutturali e la redazione dei Piani di Emergenza di Protezione Civile. Ad oggi le frane censite nell'Inventario sono oltre 620.000.

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), anche successivamente alla riforma che recepisce la "Direttiva Alluvioni", mantiene i propri contenuti e le proprie norme d'uso per quanto riguarda la pericolosità ed il rischio da frana nel bacino. Il PAI "frane" continua a costituire lo strumento del Piano di Bacino per l'individuazione delle aree a pericolosità da frana e impone agli strumenti pianificatori locali vincoli e condizioni per l'analisi del territorio. Le norme di PAI continuano a mantenere la loro operatività per tutti gli articoli della normativa facenti riferimento a pericolosità e rischio da frana.

Il PAI, in quanto stralcio del Piano di bacino, ai sensi dell'art. 65, c.1 del Dlgs 152/06 e s.m.i., è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico al fine di garantire un livello di sicurezza adeguato rispetto ai pericoli di natura idraulica e geologica e mitigare le condizioni di rischio tutelando gli aspetti ambientali e paesaggistici ad esse connesse.

6.1.1 SITO DI ALLOCCO

Come si evince dalla cartografia relativa alla perimetrazione dei processi franosi censiti nel catalogo IFFI, consultabile tramite il portale cartografico IdroGEO dell'ISPRA, all'indirizzo web <https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi/f/0370926300>, riportato in Figura 6-1, nei pressi della tratta stradale oggetto di studio (linea rossa) non sono cartografate frane che raggiungano la viabilità. Si segnala la presenza di una frana per scivolamento rotazionale/traslato (ID: 0370926300), con stato di attività classificato "quiescente", che discende dal versante sino a lambire il ciglio della scarpata stradale. È stata individuata mediante fotointerpretazione.



Figura 6-1. Cartografia dell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI), a cura dell'ISPRA (scala grafica). Nei pressi della tratta stradale oggetto di studio (linea rossa) non sono cartografate frane che raggiungano la viabilità. Si segnala la presenza di una frana per scivolamento rotazionale/traslattivo (ID: 0370926300), con stato di attività classificato “quiescente”, che discende dal versante sino a lambire il ciglio della scarpata stradale.

Il sito IdroGEO fornisce, inoltre, una classificazione della pericolosità da frana. Come si evince dall'estratto modificato riportato in Figura 6-2, tutta la tratta stradale attenzionata e le sue pertinenze si collocano in un contesto classificato come “Aree da Attenzionare” (AA).

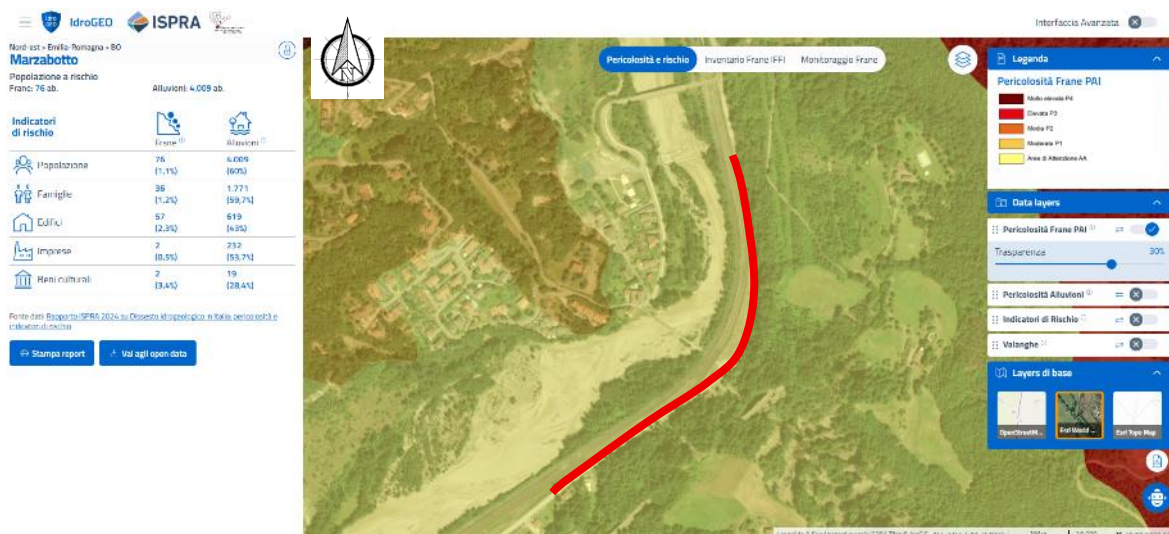


Figura 6-2. Estratto modificato dal Webgis disponibile sul sito del Portale IdroGEO di ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/pir/c/37036>) che definisce il livello di pericolosità da frana. La tratta stradale oggetto di studio (linea rossa) si colloca in un contesto classificato come “Aree da Attenzionare” (AA).

In riferimento al Rischio Alluvioni la SP 235, nel tratto attenzionato, lambisce e in gran parte è compresa in un'area caratterizzata da Pericolosità per Alluvioni Media (M-P2: Alluvioni meno frequenti (TR: 100-200 anni) - media probabilità), si veda la Figura 6-3 e la Figura 6-4. Tale classificazione è stata definita nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (30/07/2024) per il Distretto idrografico del fiume Po (Figura 6-4).

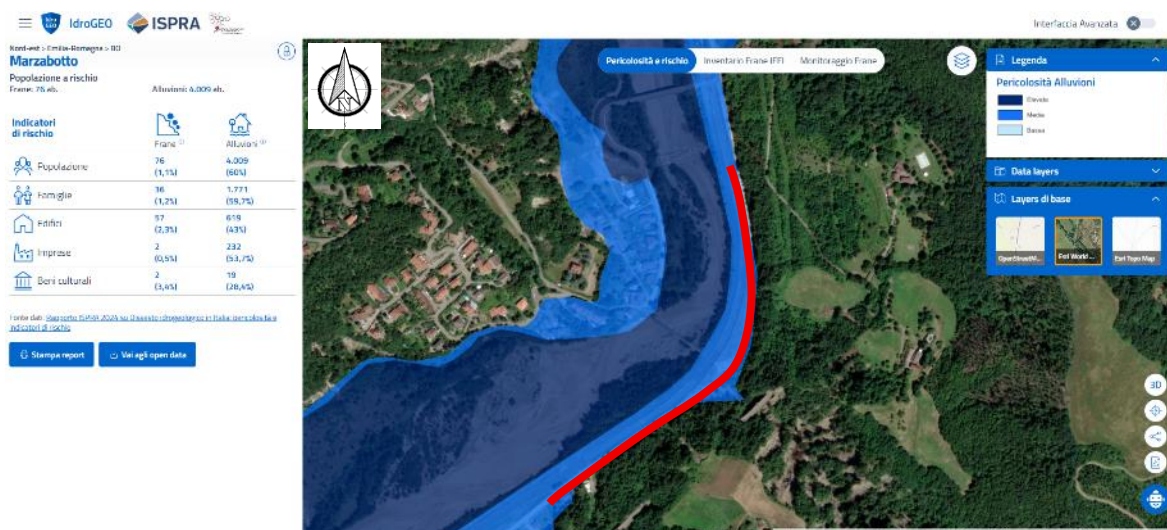


Figura 6-3. Estratto modificato dal Webgis disponibile sul sito del Portale IdroGEO di ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/pir/c/37036?@=44.33150846816585,11.269556394317407,19>) che identifica le aree interessate da Pericolosità per Alluvioni e ne definisce il livello di pericolosità. La tratta stradale oggetto di studio (linea rossa) ricade quasi interamente in un contesto caratterizzato da pericolosità per alluvioni Media.

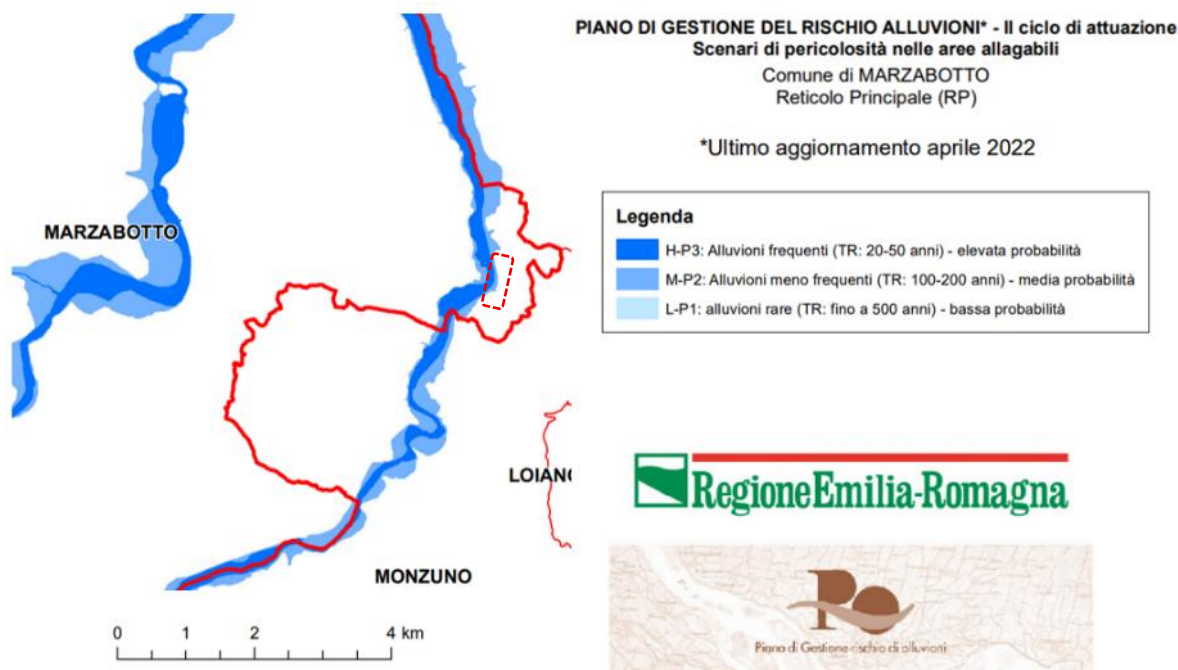


Figura 6-4. Estratto modificato della tavola del Comune di Marzabotto (B0) relativa al “PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (ultimo aggiornamento aprile 2022) - Il ciclo di attuazione - Scenari di pericolosità nelle aree allagabili” a cura dell’Autorità di Bacino del Po e della Regione Emilia-Romagna, disponibile al sito <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/layer-cartografici-taglio-per-comune>. I dati coincidono con quelli di Figura 6-3. In tratteggio rosso, l’area di indagine.

6.1.2 SITO DI VADO (1)

Come si evince dalla cartografia relativa alla perimetrazione dei processi franosi censiti nel catalogo IFFI, consultabile tramite il portale cartografico IdroGEO dell'ISPRA, all'indirizzo web <https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi/f/0370795000>, riportato in Figura 6-5, nei pressi della tratta stradale oggetto di studio (linea rossa) non sono cartografate frane che raggiungano la viabilità. Si segnala la presenza di una frana per crollo/ribaltamento (ID: 0370795000), con stato di attività classificato "attivo/riattivato/sospeso", che si imposta lungo la parete a monte di una civile abitazione nella parte centrale dell'area di studio. È stata individuata mediante fotointerpretazione.

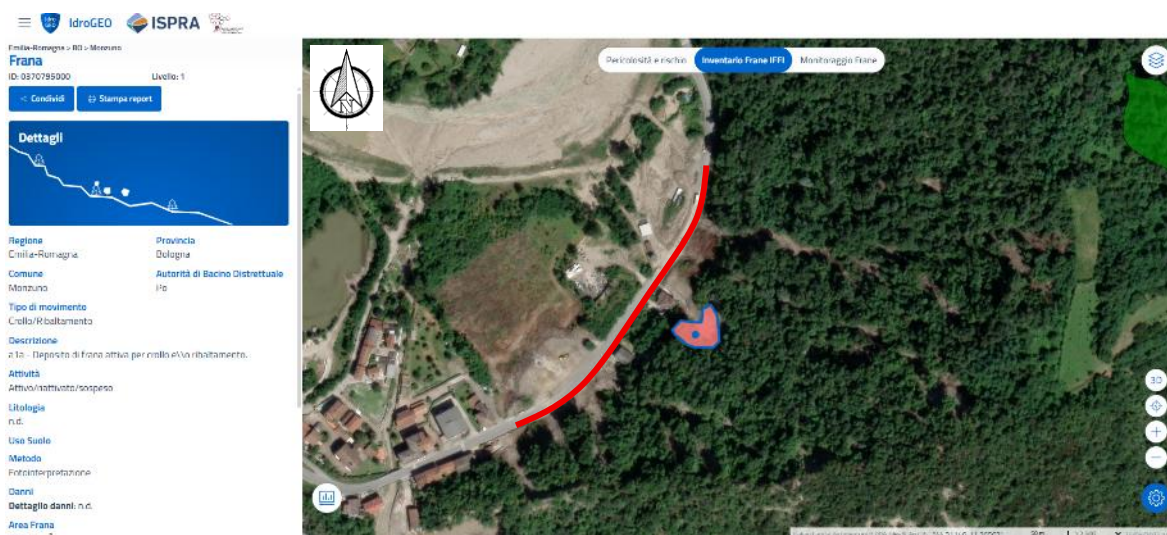
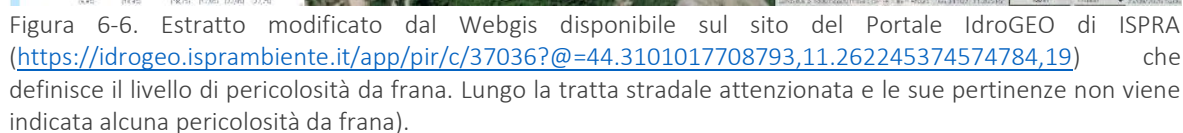
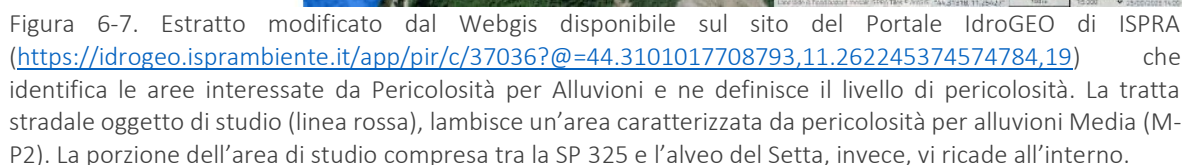


Figura 6-5. Cartografia dell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI), a cura dell'ISPRA (scala grafica). Nei pressi della tratta stradale oggetto di studio (linea rossa) non sono cartografate frane che raggiungano la viabilità. Si segnala la presenza di una frana per crollo/ribaltamento (ID: 0370795000), con stato di attività classificato "attivo/riattivato/sospeso", che si imposta lungo la parete a monte di una civile abitazione nella parte centrale dell'area di studio.

Il sito IdroGEO fornisce, inoltre, una classificazione della pericolosità da frana. Come si evince dall'estratto modificato riportato in Figura 6-6, lungo la tratta stradale attenzionata e le sue pertinenze non viene indicata alcuna pericolosità da frana.



In riferimento al Rischio Alluvioni la SP 235, nel tratto attenzionato, lambisce un'area caratterizzata da Pericolosità per Alluvioni Media (M-P2: Alluvioni meno frequenti (TR: 100-200 anni) - media probabilità), si vedano la Figura 6-7 e la Figura 6-8. La porzione dell'area di studio compresa tra la SP 325 e l'alveo del Setta ricade all'interno dell'area a Pericolosità Media (M-P2). Tale classificazione è stata definita nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (30/07/2024) per il Distretto idrografico del fiume Po (Figura 6-8).



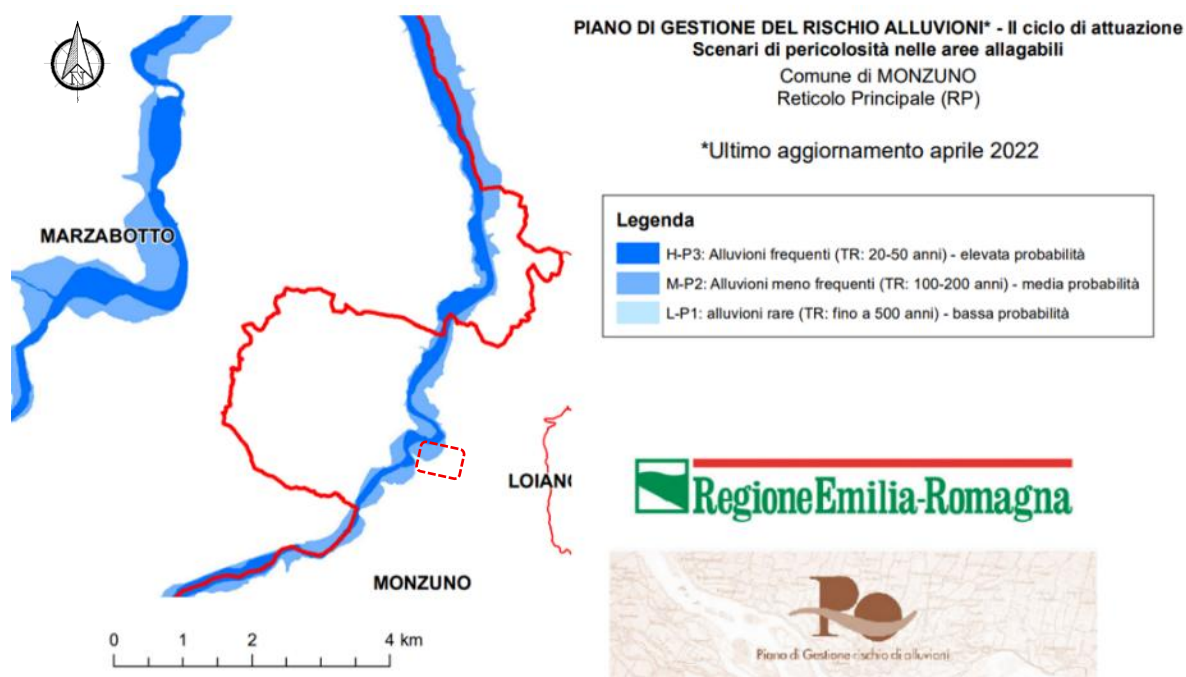


Figura 6-8. Estratto modificato della tavola del Comune di Monzuno (BO) relativa al “PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (ultimo aggiornamento aprile 2022) - Il ciclo di attuazione - Scenari di pericolosità nelle aree allagabili” a cura dell’Autorità di Bacino del Po e della Regione Emilia-Romagna, disponibile al sito <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/layer-cartografici-taglio-per-comune>. I dati coincidono con quelli di Figura 6-7. In tratteggio rosso, l’area di indagine.

6.1.3 SITO DI VADO (2)

Come si evince dalla cartografia relativa alla perimetrazione dei processi franosi censiti nel catalogo IFFI, consultabile tramite il portale cartografico IdroGEO dell'ISPRA, all'indirizzo web <https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi/c/37044?@=44.300456094437266,11.247428302560078,19>, riportato in Figura 6-9, all'interno dell'area di studio (tratteggio giallo) non sono cartografate frane censite.

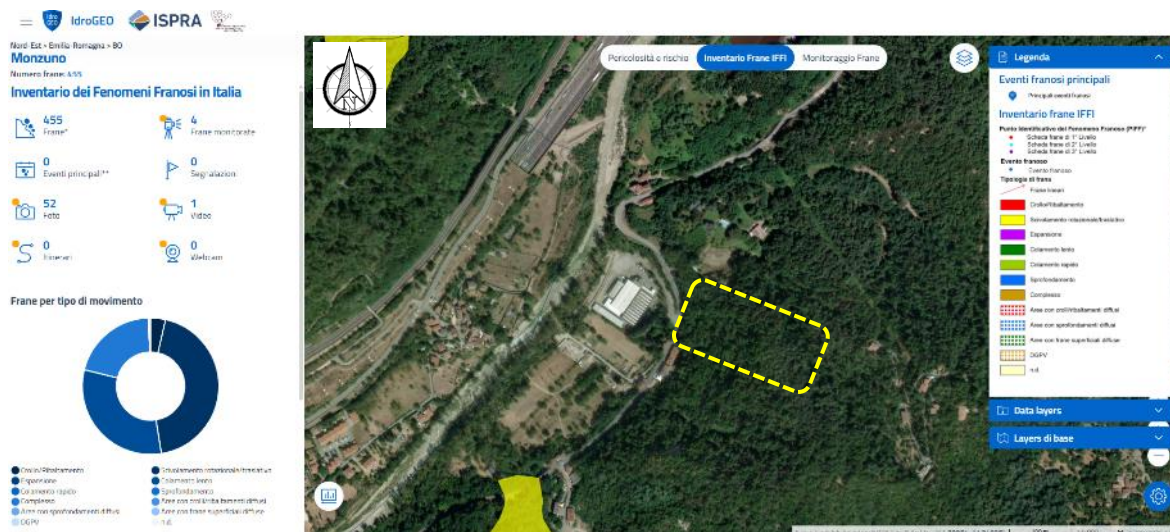


Figura 6-9. Cartografia dell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI), a cura dell'ISPRA (scala grafica). All'interno dell'area di studio (tratteggio giallo) non sono cartografate frane censite.

Il sito IdroGEO fornisce, inoltre, una classificazione della pericolosità da frana. Come si evince dall'estratto modificato riportato in Figura 6-10, lungo la tratta stradale attenzionata e le sue pertinenze non viene indicata alcuna pericolosità da frana.

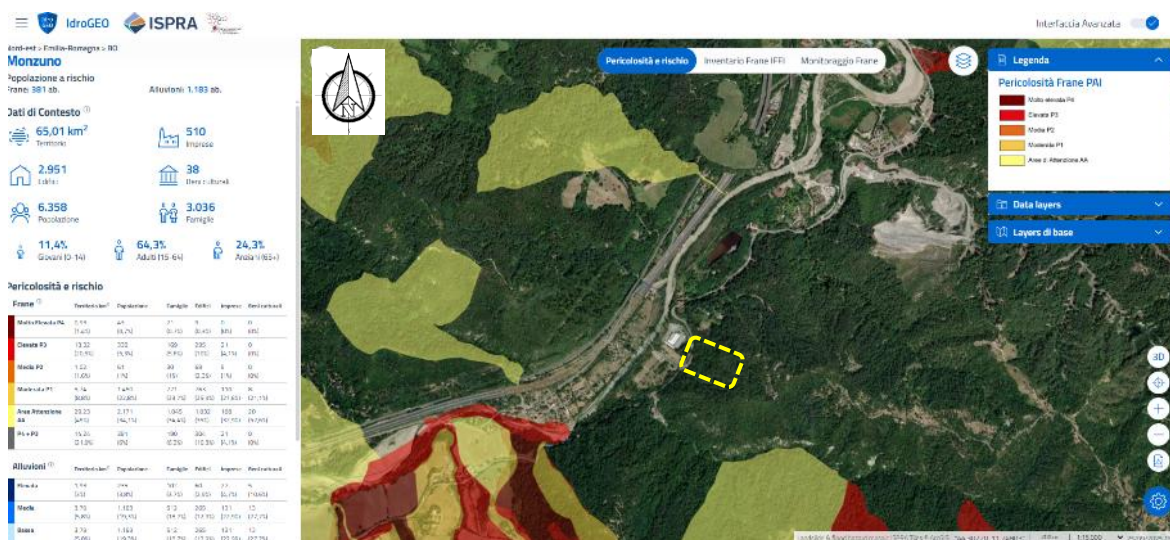


Figura 6-10. Estratto modificato dal Webgis disponibile sul sito del Portale IdroGEO di ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/pir/c/37044?@=44.30235523171518,11.249088392525316,17>) che definisce il livello di pericolosità da frana all'interno dell'area di studio (tratteggio giallo) non viene indicata alcuna pericolosità da frana.

In riferimento al Rischio Alluvioni, nel tratto attenzionato, la SP 235 lambisce un'area caratterizzata da Pericolosità per Alluvioni Media (M-P2: Alluvioni meno frequenti (TR: 100-200 anni) - media probabilità), si vedano la Figura 6-11 e la Figura 6-12. Tale classificazione è stata definita nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (30/07/2024) per il Distretto idrografico del fiume Po (Figura 6-12).

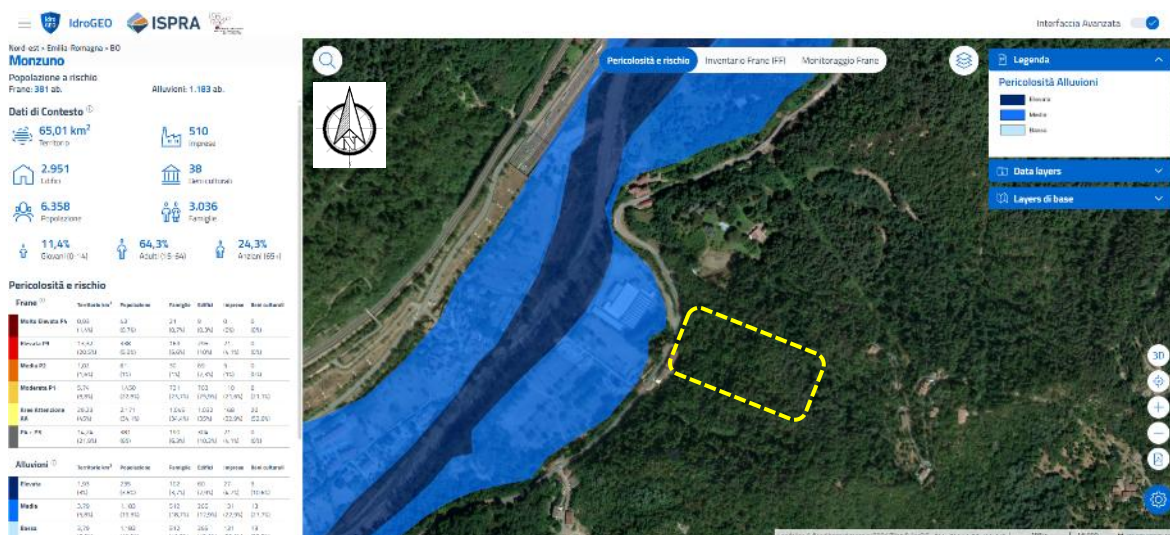


Figura 6-11. Estratto modificato dal Webgis disponibile sul sito del Portale IdroGEO di ISPRA (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/pir/c/37044?@=44.30045609443724,11.247428302560078,19>) che identifica le aree interessate da Pericolosità per Alluvioni e ne definisce il livello di pericolosità. L'area di studio (tratteggiato giallo), lambisce un'area caratterizzata da pericolosità per alluvioni Media (M-P2).

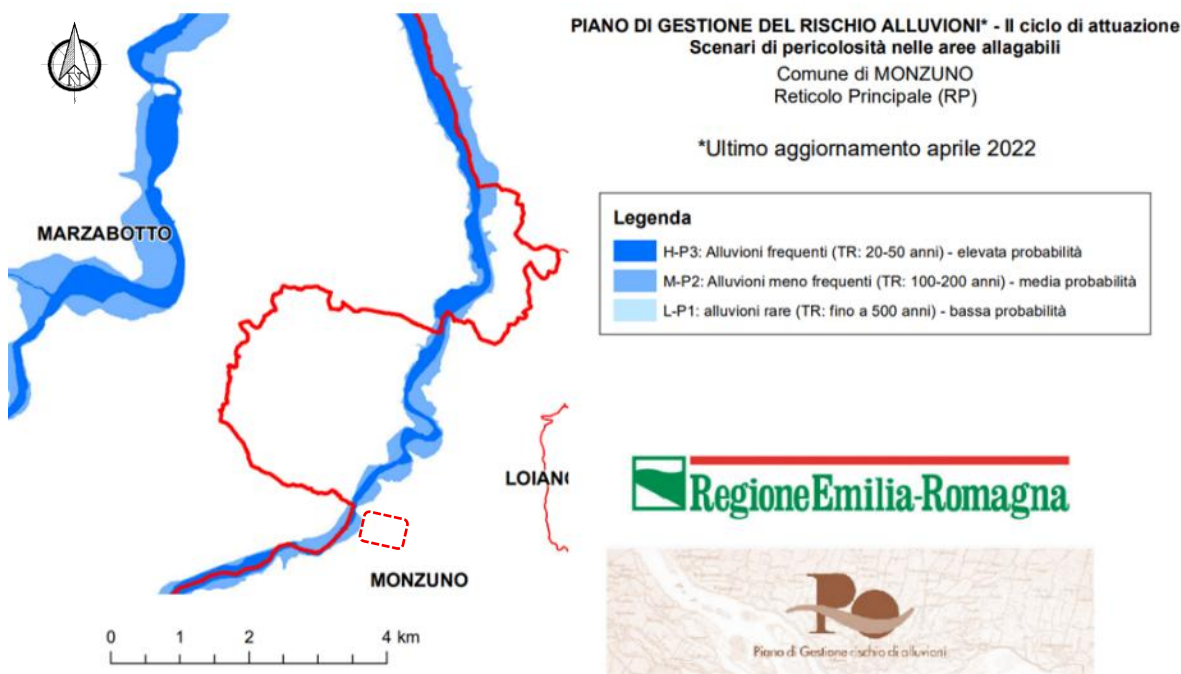


Figura 6-12. Estratto modificato della tavola del Comune di Monzuno (BO) relativa al "PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (ultimo aggiornamento aprile 2022) - Il ciclo di attuazione - Scenari di pericolosità nelle aree allagabili" a cura dell'Autorità di Bacino del Po e della Regione Emilia-Romagna, disponibile al sito <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/layer-cartografici-taglio-per-comune>. I dati coincidono con quelli di Figura 6-10. In tratteggio rosso, l'area di indagine.

6.2 PIANO TERRITORIALE METROPOLITANO (PTM) DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA

Con Delibera del Consiglio Metropolitano n.16 del 12/05/2021, è stato approvato il Piano Territoriale Metropolitano della Città Metropolitana di Bologna. Gli elaborati sono consultabili all'indirizzo web https://www.ptmbologna.it/ptm_approvato.

Dalla consultazione della Tavola 2 "Carta degli ecosistemi", della quale si riporta un estratto modificato in Figura 6-13, risulta come le aree di intervento ricadano:

- Al limite tra "Fasce perifluviali di montagna, collina, pedecollina/pianura" (Art. 21), "Ecosistemi Forestali" (Art. 24) e "Aree agricole nelle aree montano-collinari intravallive" (Art. 16 e 17);
- Al di fuori di Aree protette e Siti della Rete Natura 2000 e di Protezione acque sotterranee e superficiali e prive di Elementi di interesse storico, archeologico e paesaggistico cartografati.

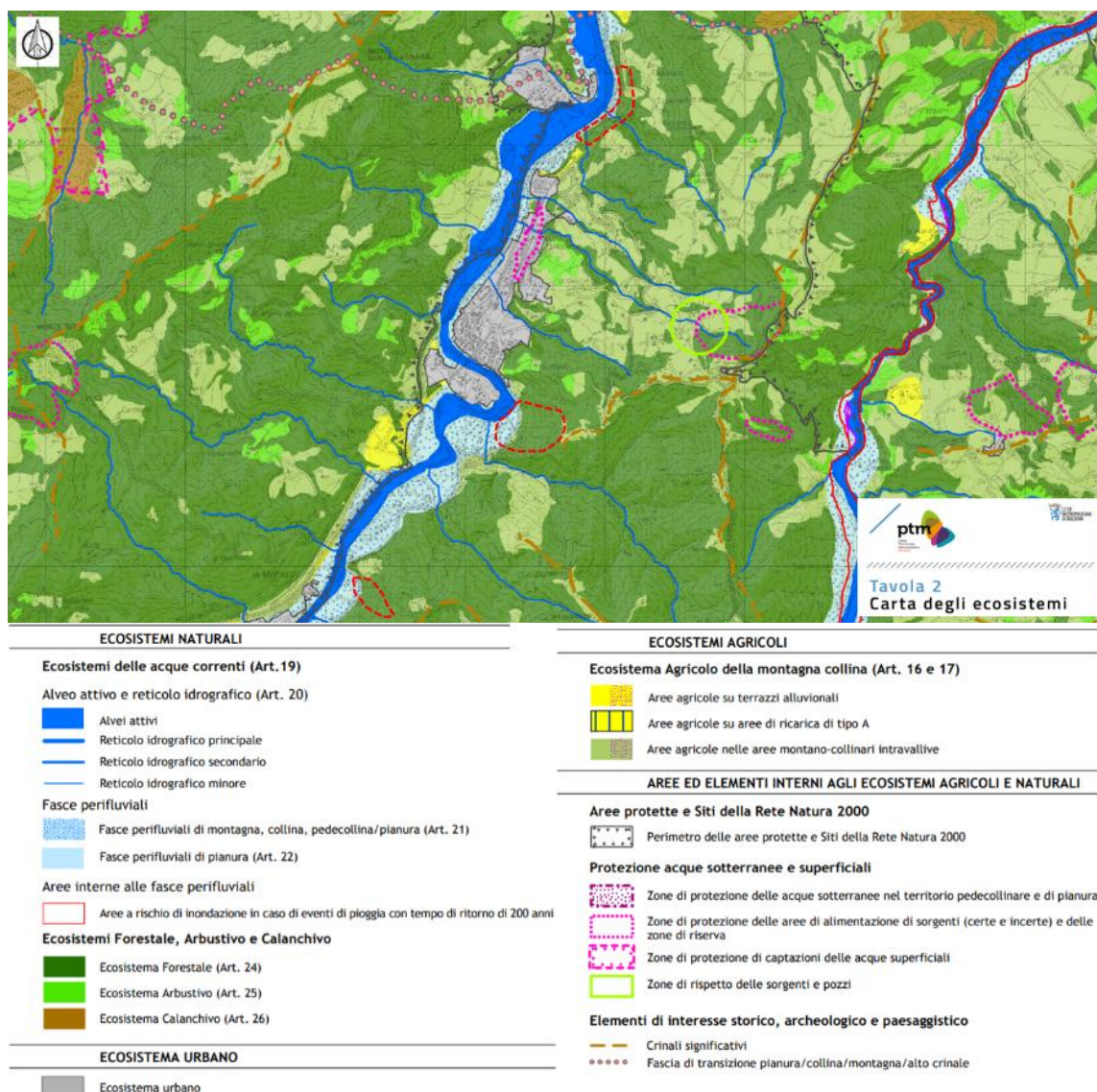


Figura 6-13. Estratto della Tavola 2 "Carta degli ecosistemi" del PTM di Bologna. In tratteggio rosso i tre siti di interesse. Non in scala.

In Figura 6-14 si riporta un estratto modificato della Tavola 3 “Carta di area vasta del rischio idraulico, rischio da frana e dell'assetto dei versanti”.

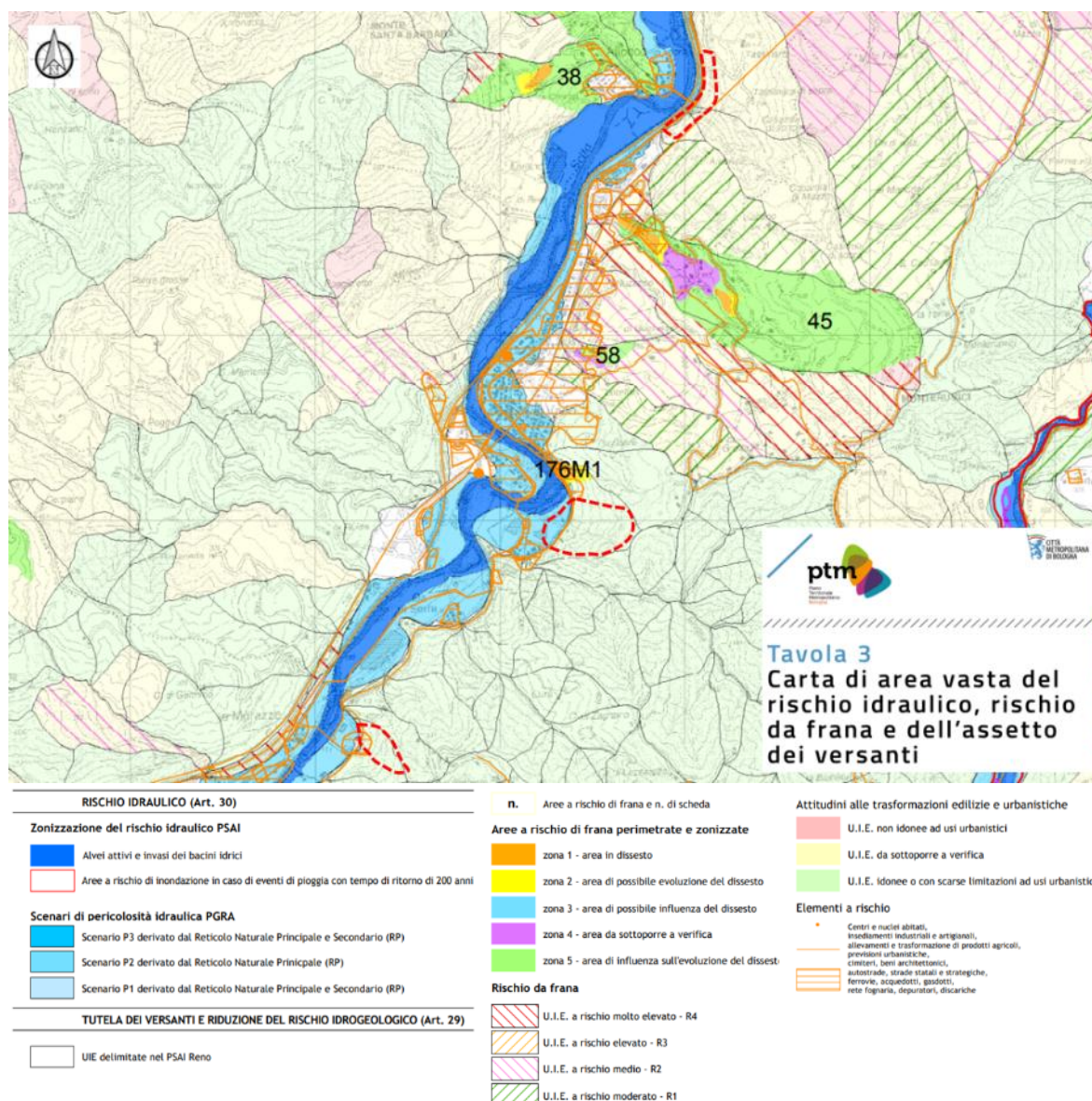


Figura 6-14. Estratto della Tavola 3 “Carta di area vasta del rischio idraulico, rischio da frana e dell'assetto dei versanti” del PTM di Bologna. In tratteggio rosso i tre siti di interesse. Non in scala.

Dalla sua consultazione emerge come le tre aree di studio:

- Ricadano all'interno di Unità Idrogeologiche Elementari (U.I.E.), delimitate nel PSAI Reno, da sottoporre a verifica (Art. 29), per eventuali trasformazioni edilizie e urbanistiche;
- Risultino esterne alle aree classificate a rischio da frana;
- Ricadano marginalmente ricadenti in aree a Rischio Idraulico (Art. 30), con Scenario di Pericolosità idraulica P” derivato dal Reticolo Naturale Principale. Questa classificazione interessa il Sito di Allocco e quello di Vado (1) e coincide con quella del PGRA, già illustrata in Figura 6-4 e Figura 6-8.

6.3 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il Vincolo Idrogeologico, istituito con il R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267, ha lo scopo di preservare l'ambiente fisico e sottopone a vincolo i terreni di qualsiasi natura e destinazione, al fine di prevenire attività e interventi che possano causare eventuali dissesti, erosioni e squilibri idrogeologici. Gli interventi, ricadenti all'interno delle aree soggette a vincolo idrogeologico, dovranno essere eseguiti in ottemperanza con quanto disposto e previsto dal DGR 1117/2000 "Direttiva Regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico, ai sensi ed in attuazione degli artt. 148,149, 150 e 151 della L.R. 21 aprile 1999 n. 3".

Di seguito si riportano estratti cartografici delle tavole che delimitano le aree sottoposte a vincolo idrogeologico (in trasparenza) e quelle non sottoposte a Vincolo Idrogeologico (in giallo), disponibili sul sito della Città Metropolitana di Bologna all'indirizzo web: https://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/SIT_e_cartografia_interattiva/Cartografia_Vincolo_idrogeologico.

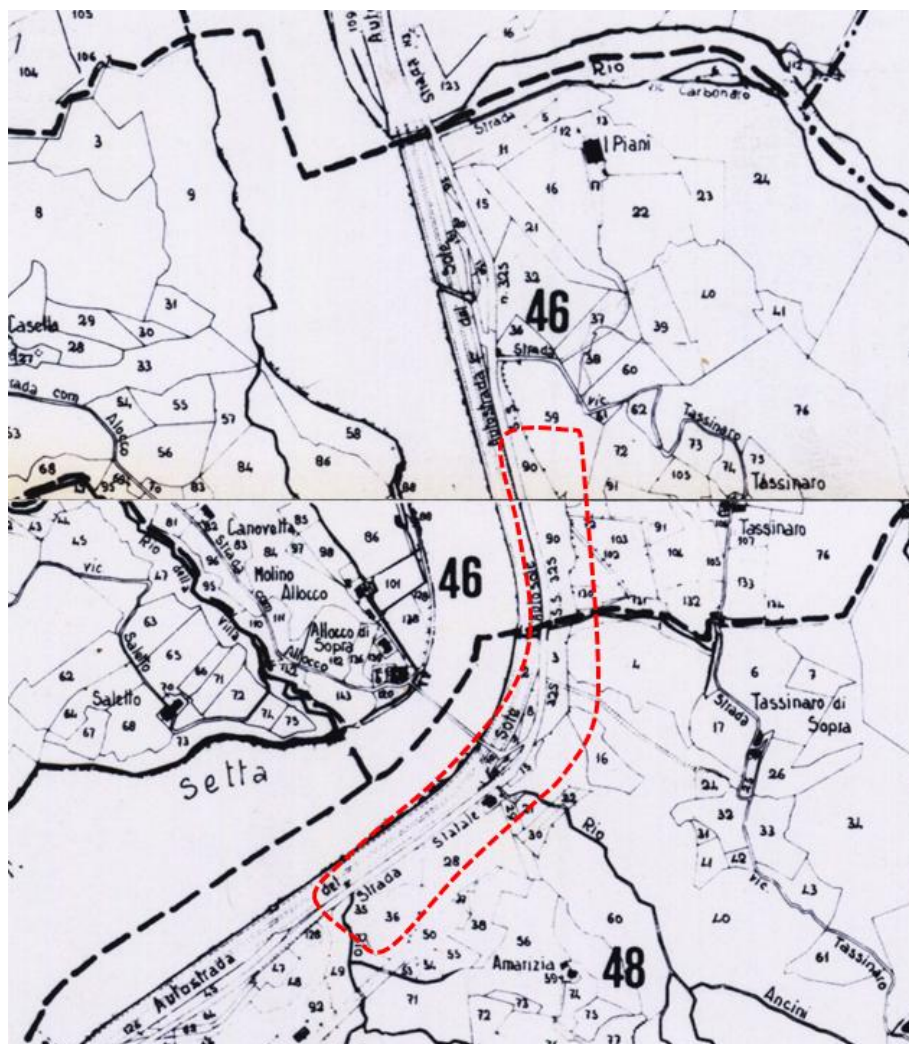
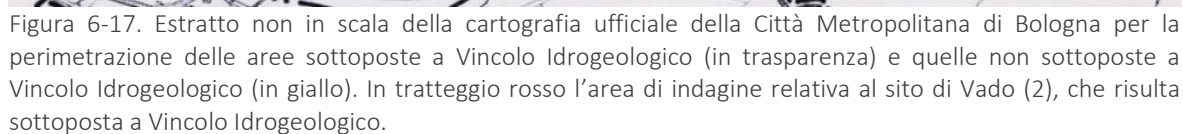
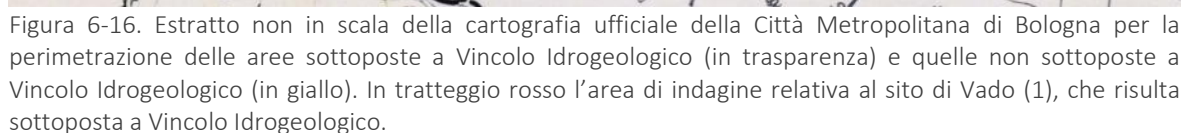


Figura 6-15. Estratto non in scala della cartografia ufficiale della Città Metropolitana di Bologna per la perimetrazione delle aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico (in trasparenza) e quelle non sottoposte a Vincolo Idrogeologico (in giallo). In tratteggio rosso l'area di indagine relativa al sito di Alocco, che risulta sottoposta a Vincolo Idrogeologico.



7 DISSESTI IN ATTO E POTENZIALI

Nel corso della primavera/estate 2025, a seguito della conclusione dei lavori di sfalcio, sono stati realizzati, congiuntamente da Geologi ed Ingegneri della scrivente Enser srl, numerosi sopralluoghi mirati all'individuazione dei dissesti attualmente in evoluzione e quelli potenziali che possono minacciare la viabilità della SP 325 lungo le n°3 diverse tratte attenzionate.

L'attività di campagna ha permesso di raccogliere dati volti alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche delle scarpate, dei versanti e dell'intorno della sede stradale che possa essere coinvolto dai dissesti o influire sulla progettazione degli interventi necessari alla messa in sicurezza della viabilità.

Ognuno dei 3 siti esaminati è caratterizzato da specifiche problematiche che hanno richiesto approcci differenti in sede di progettazione, ma le tipologie di dissesto presenti possono essere riassunte in n°3 macrocategorie:

- **Instabilità delle coperture quaternarie (coltri);**
- **Fenomeni idraulici quali esondazioni e colate detritiche (*debris-flow*);**
- **Caduta massi**

Durante i sopralluoghi eseguiti sono state individuati e censiti tutti gli interventi di protezione già presenti, antecedenti e successivi all'alluvione 2023. La loro perimetrazione cartografica (planimetrica e spesso anche in prospettiva su ortofoto di parete realizzata dagli scriventi nel corso dei sopralluoghi) è riportata all'interno delle tavole "Stato di fatto su ortofoto" (doc. S24154-PE-TV-1001-A, S24154-PE-TV-2001-A e S24154-PE-TV-3001-A) e nelle tavole "Plano-profili di progetto" del sito di Allocco (doc. S24154-PE-PP-1001-A, S24154-PE-PP-1002-A).

7.1 SITO DI ALLOCCO

Nelle seguenti Figura 7-1 e Figura 7-2, vengono riportati stralci modificati della tavola “Carta dell’acclività del terreno ed aree instabili” S24154-PE-GL-1002-A del sito di Allocco rispettivamente relativi alla tratta a nord e a sud del Rio Ancini.

La tavola permette di individuare le aree identificate in campagna come instabili. Queste sono classificate in base alla tipologia di dissesto, sostanzialmente riconducibili all’instabilità delle coltri, alla caduta massi, o ad entrambe le tipologie di dissesto.

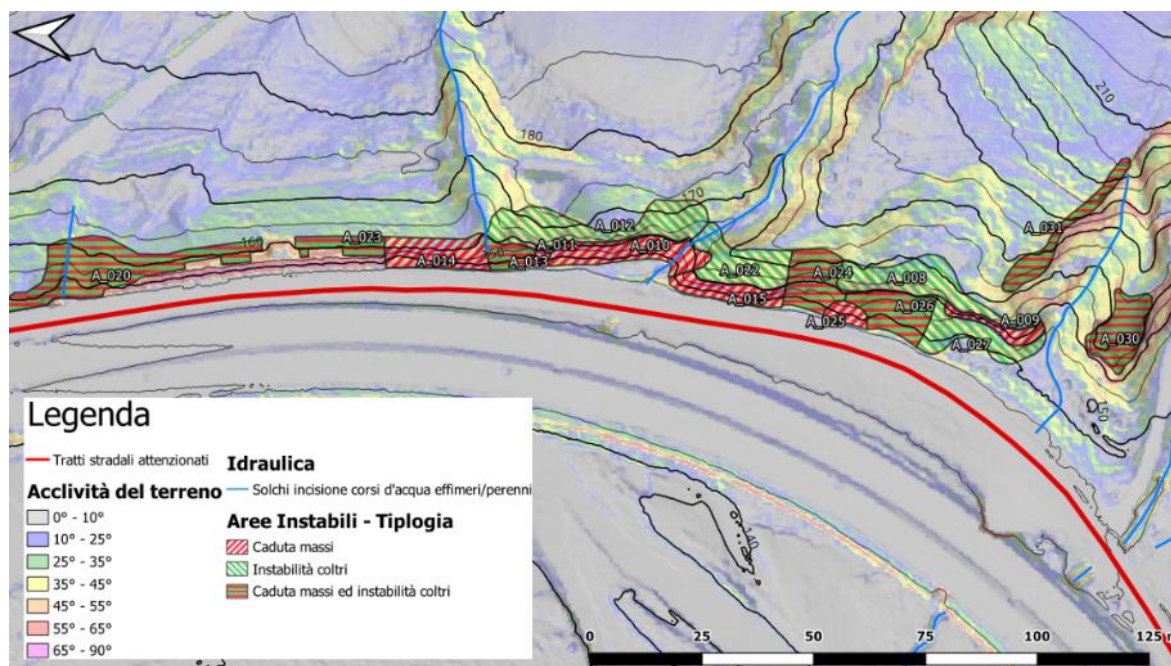


Figura 7-1. Estratto modificato relativo alla parte nord della tavola “Carta dell’acclività del terreno ed aree instabili” S24154-PE-GL-1002-A del sito di Allocco.

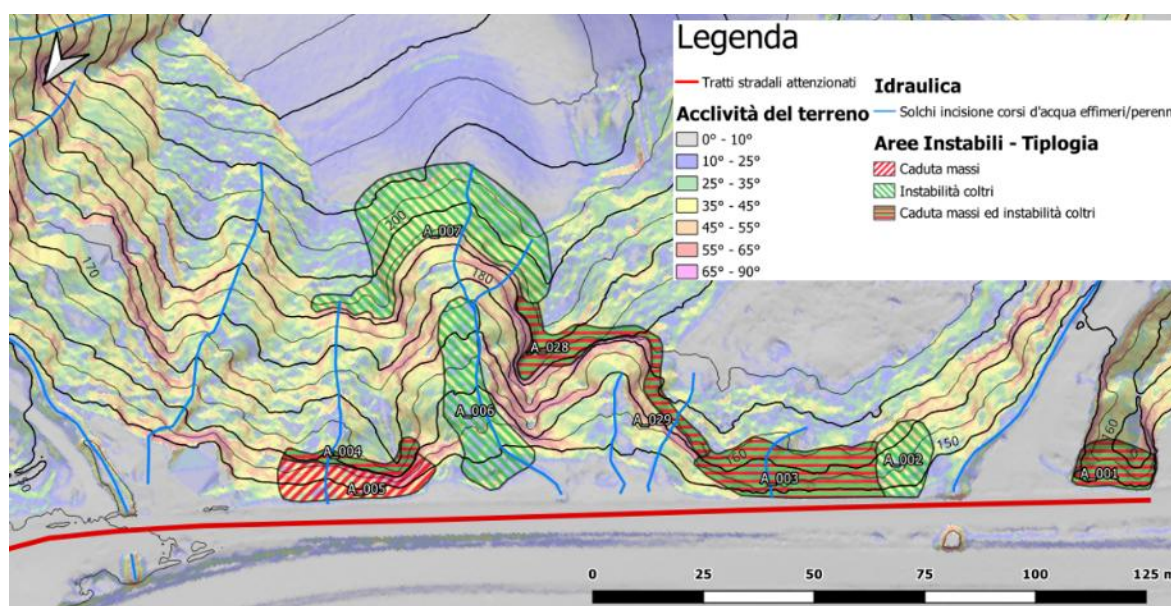


Figura 7-2. Estratto modificato relativo alla parte sud della tavola “Carta dell’acclività del terreno ed aree instabili” S24154-PE-GL-1002-A del sito di Allocco.

Un terzo tipo di problematica che ha pesantemente interessato il sito di Allocco, di natura idraulica, è legato al sottoattraversamento della SP 325 da parte del Rio Ancini. In occasione delle precipitazioni straordinarie del maggio 2023, le portate del Rio Ancini, presso la sezione di chiusura sulla SP 325, hanno superato i $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale portata, unitamente alla grandissima quantità di materiale preso in carico, non potendo essere assolutamente gestita dall'attraversamento esistente ($\text{DN} < 1000 \text{ mm}$), ha comportato l'esondazione del Rio e l'invasione della sede stradale e delle pertinenze (tra cui la civile abitazione in sinistra al Rio) da parte di una gran quantità di detrito (a prevalenza sabbiosa) e resti vegetali (Figura 7-3).



FRANE AD ALLOCCO, VADO E MONZUNO, ALLAGAMENTO AL FARNETO (APPENNINO BOLOGNESE) | FOTO DI ALESSANDRO RUGGERI

Figura 7-3. Immagine tratta dal web (<https://aboutbologna.it/alluvione-emilia-romagna-fotografi-bologna/>) ritraente lo sbocco a valle del Rio Ancini, in corrispondenza dell'attraversamento della SP 325 (completamente sommersa) nei giorni immediatamente successivi all'alluvione del maggio 2023.

Come già espresso, il presente studio non indaga i processi franosi e, in generale, i dissesti presenti nella valle del Rio Ancini. Nell'ambito del presente progetto è tuttavia previsto il rifacimento del sottoattraversamento idraulico della SP 325 (rivelatosi totalmente insufficiente), dimensionato tramite i necessari calcoli idraulici, secondo le vigenti normative e gli standard progettuali.

Si segnala come, sostanzialmente, la totalità delle opere di regimazione delle acque superficiali lungo la viabilità (recapiti, pozzetti, attraversamenti, ...) necessiti di manutenzione o di totale rifacimento, a causa delle occlusioni o dell'insufficienza del dimensionamento.

Di seguito, vengono illustrate le due tipologie di processi franosi identificate lungo le scarpate a monte della strada, oggetto di studio.

7.1.1 INSTABILITÀ COLTRI

La mobilitazione di spessori di terreni sciolti è da attendersi per lo più al contatto tra substrato roccioso e coltri di copertura.

La natura delle coltri può essere sostanzialmente riconducibile a due tipologie:

- depositi alluvionali terrazzati (ascrivibili per lo più all'“Unità di Modena” - AES8a), spesso sospesi in testa al ciglio delle scarpate rocciose subverticali, caratterizzati dall'abbondanza di ciottoli arrotondati tipici del trasporto fluviale, insieme alla matrice prevalentemente sabbiosa (Figura 7-4);
- al materiale eluvio colluviale derivante dalla degradazione del substrato roccioso, rimaneggiato o meno dal trasporto gravitativo e dal dilavamento (ascrivibile al “Deposito di versante s.l.” – a3) costituito da sabbie fini, limi e più rari inclusi lapidei.

Queste due tipologie sono tra loro localmente ben distinguibili, altrove risultano parzialmente amalgamate o comunque mascherate dalla vegetazione.



Figura 7-4. Ripresa aerea di dettaglio del limite tra substrato roccioso (ANT4) e deposito alluvionale terrazzato (AES8a); si notino i tipici ciottoli arrotondati riconducibili al trasporto fluviale. In particolare, la foto ritrae la parete rocciosa soggetta a caduta massi denominata A_009 e la soprastante area soggetta all'instabilità di coltri denominata A_008.

Le aree soggette a instabilità potenzialmente interferente con la SP 325 possono essere localizzate:

- presso le scarpate a bordo strada, in testa o lungo le scarpate stesse (Figura 7-5, Figura 7-6);
- all'interno delle incisioni che raggiungono la sottostante viabilità (Figura 7-8);
- in testa a scarpate rocciose più decentrate rispetto alla SP 325, che costituiscono i fianchi delle incisioni che raggiungono la sottostante viabilità (Figura 7-7).



Figura 7-5. Ripresa dell'area denominata A_002 (sulla destra) e dell'area A_003 (sulla sinistra). La prima è soggetta all'instabilità di coltri che ha causato lo scivolamento delle stesse nel 2024. Presso la seconda possono verificarsi sia distacchi di blocchi dal fronte roccioso che instabilizzazione delle corti in testa alla scarpata e trattenute dalla rete metallica presente.

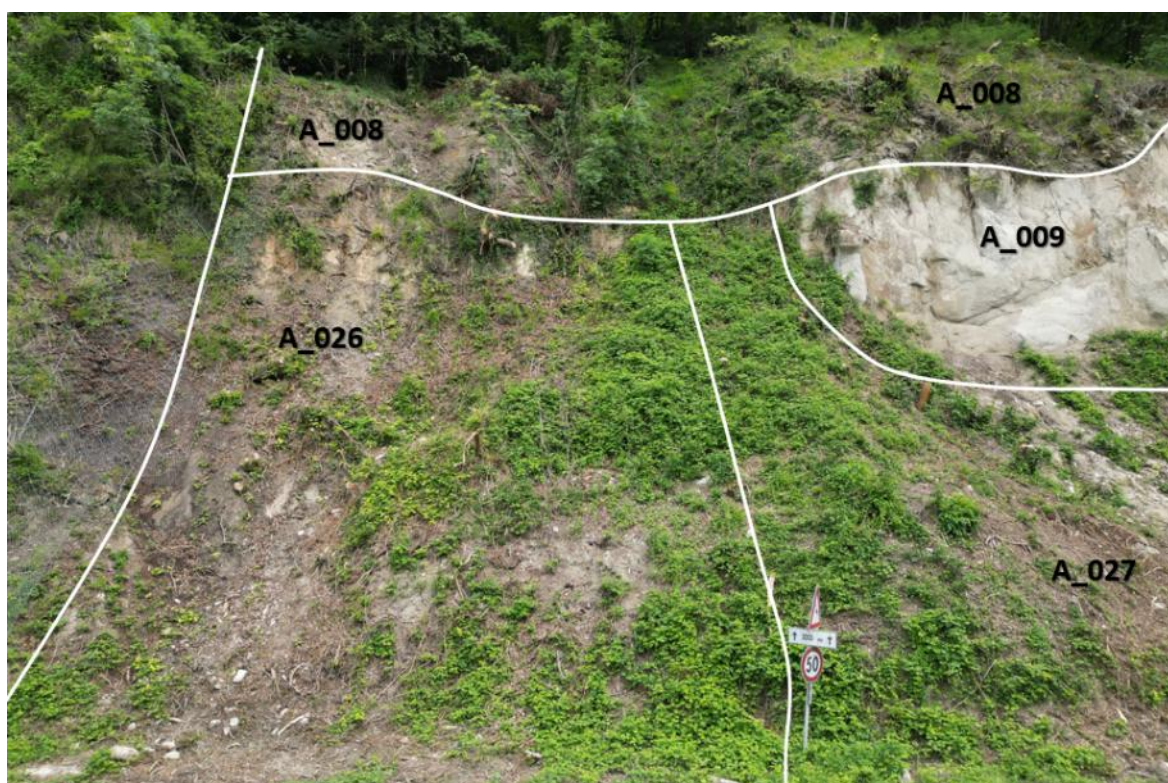


Figura 7-6. Ripresa frontale delle aree soggette a caduta massi (A_009), a scivolamento di coltri in testa alle scarpate (A_008) o lungo le scarpate stesse (A_027 e A_026). L'area A_026, dove la roccia affiora localmente, è soggetta sia alla caduta massi sia all'instabilità delle coltri che ricoprono il substrato.



Figura 7-7. Dettaglio di una superficie di frana per scivolamento, poi evolutasi in colata (A_006), ricadente nell'area instabile denominata A_007 (Figura 7-2), in testa all'incisione a sud-ovest del Rio Ancini. Si nota la roccia denudata che ha funto da superficie di scivolamento e la presenza di materiale sciolto (coltre) ancora sospeso in testa alla scarpata.



Figura 7-8. Il corpo della frana complessa (scivolamenti di coltre evolutisi in colata), denominato A_006, rimasto sospeso all'interno dell'incisione. Sulla sinistra viene ripreso da monte, sulla destra da valle.

I fattori predisponenti agli scivolamenti di coltre sono da ricercarsi:

- nelle proprietà meccaniche dei materiali costituenti le coltri stesse, essenzialmente granulari e privi di coesione (se non coesione apparente);
- nel contrasto di permeabilità tra i materiali costituenti le coltri stesse e il sottostante substrato roccioso (assumibile come impermeabile alla scala del problema);
- nelle condizioni morfologiche in cui le coltri si trovano (ciglio scarpate, richiami morfologici di acque superficiali o subsuperficiali, ..)

I fattori innescanti gli scivolamenti di coltre sono sostanzialmente dati dalla disponibilità idrica e dai regimi di circolazione che si instaurano all'interno del terreno in occasione di grani precipitazioni. In occasione degli eventi del 2023 (e del 2024), gli straordinari apporti di precipitazione hanno instaurato all'interno delle coltri pressioni interstiziali importanti, che hanno fatto decadere le resistenze disponibili all'interno dei terreni. L'instaurarsi di un flusso concentrato all'interfaccia substrato-terreno è risultato determinante nell'innescare il movimento.

Al meccanismo sopra descritto si aggiunge il deflusso superficiale delle acque di versante che, in virtù delle portate date dalle precipitazioni eccezionali e concentrate, esercitava un'importante azione erosiva lungo il fondo canale degli impluvi, favorendo il trasporto solido e lo scalzamento al piede delle coltri sospese lungo i fianchi.

Si ritiene che i fossi di guardia presenti in testa alle scarpate presso il limite nord dell'area indagata abbiano prevenuto e, se mantenuti, siano in grado di prevenire l'innescio di numerosi scivolamenti in quei settori.

7.1.2 CADUTA MASSI

In linea generale, la natura piuttosto massiva dell'ammasso roccioso (ANT4), la sua tendenza all'alterazione, unitamente alla presenza diffusa di interventi in parete, per quanto ormai datati e/o danneggiati, limita la predisposizione al distacco di blocchi. Questi, infatti, sono da attendersi per lo più in corrispondenza dei cigli delle pareti, dove il detensionamento è maggiore, o in corrispondenza di discontinuità aperte (Figura 4-6, Figura 7-4, Figura 7-6, Figura 7-9 e Figura 7-10).



Figura 7-9. Vista laterale e frontale dell'area denominata A_011. Qui la scarpata costituisce una sorta di "prua" nella porzione superiore che determina un detensionamento marcato su 3 lati. Sistemi di fratture (o di superfici di debolezza) hanno definito volumi rocciosi unitari fino ad oltre 1 m³, attualmente trattenuti dalla rete e dalle funi nel rafforzamento corticale esistente, che versa pertanto in condizioni estremamente precarie. Una vasta porzione (diversi metri cubi) di roccia è isolata da fratture benanti e si presenta prossima al ribaltamento. La rete, inoltre, risulta piena di materiale ricunducibile a distacchi "minori" e al disfacimento della roccia alterata, dunque ulteriormente in tiro.

Un certo grado di attività, localmente elevato, è testimoniato dai riempimenti a tergo delle rivestimenti e dei rafforzamenti corticali esistenti, che hanno trattenuto blocchi delle più svariate dimensioni fino a oltre 1 m³ (Figura 7-9 e Figura 7-10). Una parte del materiale che costituisce le sacche di riempimento delle reti è costituito da ciottoli arrotondati (Figura 7-12) franati a valle dai soprastanti terrazzi fluviali (instabilità coltri).



Figura 7-10. Ripresa aerea frontale della “prua” presente al limite ovest dell’area denominata A_004. Si noti l’intensa fratturazione a carico delle porzioni di ammasso roccioso più prossime al ciglio. Questa ha determinato il distacco di blocchi trattenuti dal rafforzamento esistente. La presenza di apparati in crescita all’interno delle fratture, ne promuove l’apertura e può costituire un meccanismo di innesco di distacchi a seguito dell’oscillazione degli alberi esposti all’azione del vento. Si noti come, nonostante gli sfalci eseguiti, la coltre vegetata in aggetto sulla parete rocciosa, ne impedisca parzialmente l’ispezione.

Le caratteristiche del substrato roccioso, già descritte al §4.2.1.1 e richiamate qui sopra, non sono tuttavia sufficienti ad escludere, nel medio termine, la possibilità che avvengano distacchi di blocchi anche in settori dei fronti rocciosi che attualmente non presentano particolari indizi di instabilità. La presenza di superfici di debolezza persistenti, specie subparallele all’andamento del fronte o a franapoggio, può essere parzialmente celato dalla natura “duttile” (poco fragile) delle arenarie debolmente cementate (Figura 7-11). La presenza di molti interventi in parete, e della vegetazione (nonostante gli sfalci eseguiti) impediscono l’ispezione particolareggiata di diversi settori delle scarpate.



Figura 7-11. Vista complessiva e di dettaglio dell'area denominata A_015, presso la quale si riconoscono discontinuità a franapoggio molto persistenti. Queste appaiono attualmente serrate o aperte per pochi mm, ma la forte tendenza all'alterazione della roccia (specie se esposta agli agenti atmosferici o alla circolazione di acqua lungo superfici preferenziali) favorisce il decadimento delle resistenze lungo le pareti dei giunti. Non si può pertanto escludere un'evoluzione verso l'instabilità nel medio termine.

In virtù della posizione estremamente critica delle scarpate nei confronti della viabilità e delle considerazioni sopra esposte, si ritiene pertanto necessario intervenire con sistemi di mitigazione del pericolo da caduta massi sulla totalità dei fronti rocciosi in affaccio diretto alla SP 325.



Figura 7-12. Dettaglio di un riempimento a tergo della rete di un rafforzamento corticale. La gran quantità di ciottoli arrotondati testimonia l'instabilità delle corti soprastanti, costituite in parte da depositi alluvionali terrazzati (AES8a).

I fattori predisponenti la caduta massi sono riconducibili a:

- Presenza di fratture e superfici di discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso;
- Graduale decadimento delle resistenze disponibili lungo le pareti delle discontinuità.

L'apertura delle fratture e il citato decadimento delle resistenze è favorito da processi graduali che tuttavia, in occasione di eventi particolari (specie meteorologici), possono al contempo costituire fattori innescanti i distacchi:

- Crescita apparati radicali in spinta all'interno delle fratture ed effetto leva a causa dell'azione del vento;
- Gelo disgelo e altri sbalzi termici;
- Circolazione idraulica lungo superfici di debolezza e fratture con conseguente alterazione del substrato coinvolto;

A questi processi "graduali" si aggiungono potenziali cause innescanti più repentine, quali:

- Spinta dell'acqua in occasione di importanti eventi meteorologici;
- Sollecitazioni sismiche.

7.2 SITO DI VADO (1)

Il sito di Vado (1) è stato interessato, nel maggio 2023, da importanti dissesti originatisi da un sovrapporsi di processi, che ha determinato l'invasione della sede stradale da parte di molte centinaia/alcune migliaia di metri cubi di materiale, costituito prevalentemente da sabbia, inclusi lapidei e resti vegetali (rami e tronchi).

Gli eventi del maggio 2023 hanno profondamente modificato il paesaggio e, parzialmente, la topografia dell'area di studio. In Figura 7-13 si riporta un confronto tra il "pre" ed il "post" alluvione 2023, estratto da Google Street View.



Figura 7-13. Immagini ricavate da Google Street View relativa all'area di studio (vista da nord) che permettono il confronto tra il mese di giugno 2022 e di giugno 2023 (post alluvione).

7.2.1 COLATE DETRITICHE

Come già descritto in precedenza ed all'interno della "Carta geologica e geomorfologica" (doc. S24154-PE-GL-2001-A), il versante a monte della SP 325, nel sito di Vado (1) è costituito da una serie di canali incisi, separati da dorsali rocciose (LOI) che costituiscono le testate ed i fianchi, spesso subverticali, delle incisioni stesse (Figura 7-14).



Figura 7-14. Ripresa aerea generale del versante a monte della SP 325 relativa al sito di Vado (1). Si notino le numerose incisioni seprata da pareti dorsali rocciose che ne costituiscono le testate ed i fianchi. Si notano diversi settori in cui la copertura boschiva è stata asportata dagli scivolamenti e dalle colate detritiche. In alcuni casi a rimanere esposto è direttamente il substrato (LOI), in altri casi permangono spessori di coltre ancora mobilizzabili o comunque erodibili.

In testa alle scarpate subverticali ed alle vere proprie pareti, oltre i cigli delle stesse, il substrato è generalmente ricoperto da coltri vegetate, per lo più eluvio colluviali (deposito di versante s.l.) costituite da sabbie e, secondariamente, da inclusi lapidei (Figura 4-14).

Solo localmente si ritrovano superfici meno acclivi e più regolari e qui le coperture raggiungono gli spessori massimi.

Lungo il fondo canale delle incisioni e al piede delle pareti rocciose principali, sono presenti coltri detritiche, talora rimaneggiate dalle acque superficiali, costituite da clasti litoidi prevalenti, con contenuto di matrice sabbiosa variabile a seconda del grado di dilavamento cui il materiale è stato esposto (Figura 4-13).



Figura 7-15. Schematizzazione dei depositi lungo un'incisione al piede di una parete rocciosa. In verde i depositi misti, a prevalenza eluvio colluviale, con inclusi lapidei in quantità variabile. In rosso coltri detritiche almeno parzialmente rimaneggiate dallo scorrere delle acque lungo il fondo canale. Più a monte il substrato affiora pressoché continuamente.



Figura 7-16. Dettaglio di un accumulo di coltri poggianti sul substrato lungo il fianco di un'incisione. In corrispondenza del fondo canale, dove il flusso superficiale che si instaura in occasione delle precipitazioni può raggiungere portate significative, si possono notare i segni dell'erosione e scalzamento del piede del deposito da parte delle acque superficiali.

L'assetto geomorfologico qui sopra riassunto predispone il versante a scivolamenti di coltre (detritica o eluvio colluviale), da attendersi prevalentemente (ma non esclusivamente) al contatto con il sottostante substrato roccioso. Una volta mobilizzatisi, il materiale può essere preso in carico dalle acque superficiali, che, nel caso di importanti eventi meteorologici, può dare luogo a vere e proprie colate detritiche (*debris-flow*).



Figura 7-17. Dettaglio di alcune incisioni, nella parte sud dell'area di studio, in cui la copertura boschiva è stata asportata dagli scivolamenti e dalle colate detritiche.

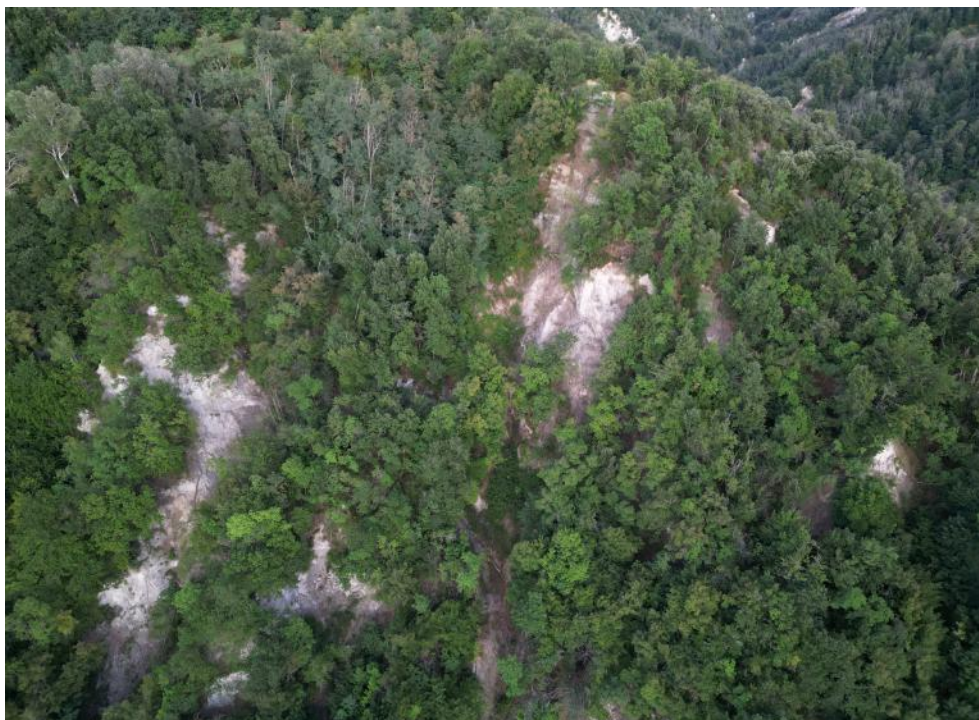


Figura 7-18. Ripresa aerea del versante nella parte nord dell'area di studio, dove si notano i segni del passaggio di una colata detritica molto rettilinea. Essa ricade nel bacino n°2 (il secondo da nord).

Importanti deflussi concentrati lungo i solchi delle incisioni, conseguenti a forti precipitazioni, oltre a prendere in carico i depositi degli scivolamenti di coltre che dovessero raggiungere il fondo canale, possono erodere i depositi già presenti lungo i fianchi delle incisioni (Figura 4-12) e scalzare al piede quelli rimasti “sospesi”, promuovendo così ulteriori scivolamenti.



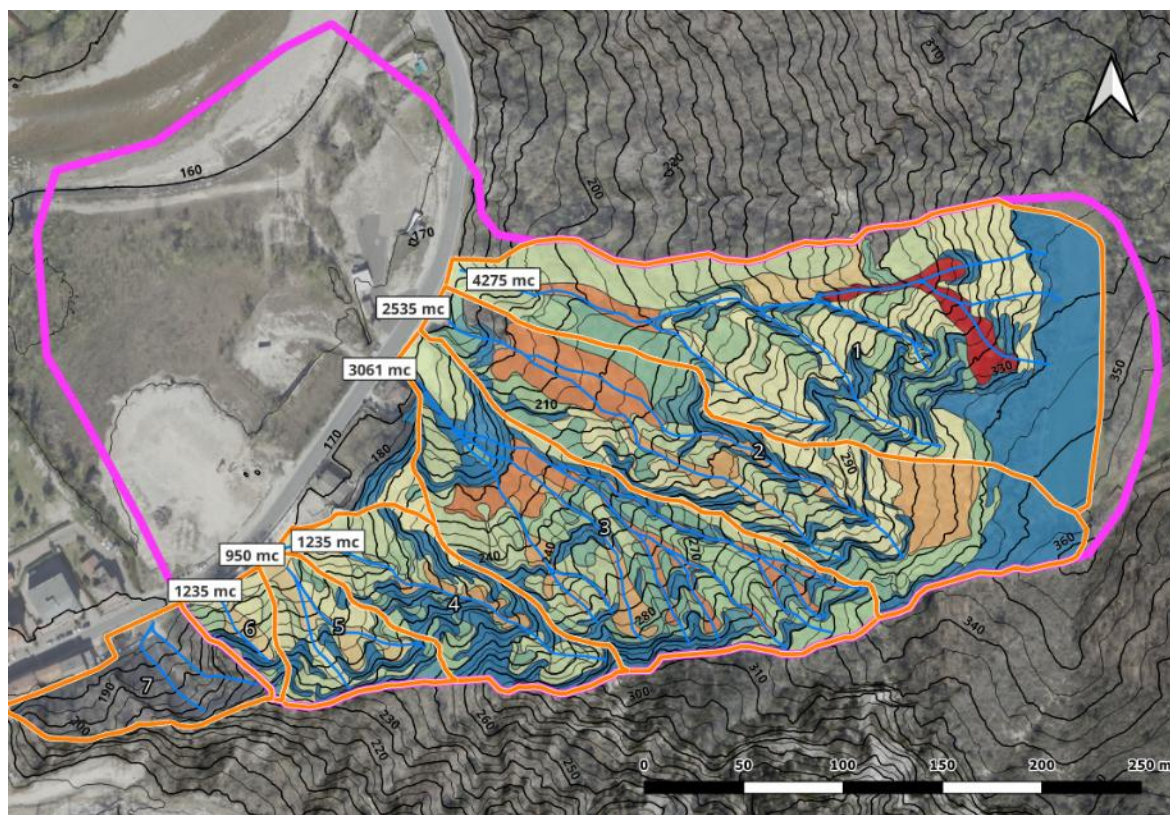
Figura 7-19. Esempio di coltre di genesi mista (detritica nella parte superiore e prevalentemente eluvio colluviale nella parte basale) poggianti sul substrato lungo il fianco di un'incisione al piede di una parete rocciosa. In occasione di eventi meteorologici particolarmente significativi, l'azione combinata delle sovrappressioni all'interno del materiale, dello scalzamento del piede a causa dell'erosione delle acque di ruscellamento e l'instaurarsi di un flusso al contatto coltre/substrato, possono mobilizzare in parte o del tutto il deposito. Un suo scivolamento può poi evolvere alimentando una colata detritica.

La campagna di rilevamento geologico/geomorfologico eseguita ha permesso di individuare le tipologie di dissesto presenti, di comprenderne i meccanismi predisponenti e di innesco, di stimare gli spessori ed i volumi mobilizzabili.

In Figura 7-20, si riporta un Estratto modificato della Carta dei volumi mobilizzabili (doc. S24154-PE-GL-2003-A). Le valutazioni circa i volumi mobilizzabili sono state eseguite sulla base di osservazioni dirette nelle porzioni di versante relativamente “accessibili” e di ragionamenti ed assunzioni di carattere morfologico e comparativo.

I volumi mobilizzabili riportati in carta sono da intendersi come la quantità massima di materiale che, in occasione di precipitazioni straordinarie, potrebbe mobilizzarsi in corrispondenza dell'area del relativo poligono. Si ritiene poco probabile che, nel contesto di un singolo evento, o di eventi ravvicinati, venga mobilizzato tutto il materiale potenzialmente instabile, “simultaneamente” da ogni poligono.

Per contro, possono rappresentare una stima del materiale, che nel medio lungo termine, potrebbe raggiungere la sede stradale, a seguito di una serie di eventi particolarmente intensi, nell'arco di diversi cicli stagionali.



Legenda

 Area indagata

Idraulica

 Solchi incisione corsi d'acqua effimeri/perenni

 Bacini Idrografici

Volumi Mobilizzabili [mc]

 0
 0 - 5
 5 - 15

 15 - 30
 30 - 50
 50 - 100
 100 - 200
 200 - 400
 400 - 800
 1500 - 10000

Figura 7-20. Estratto modificato della Carta dei volumi mobilizzabili (doc. S24154-PE-GL-2003-A).

7.2.2 SCARPATE AL PIEDE DEL VERSANTE

A seguito degli eventi del 2023, sono stati realizzati alcuni interventi di ripristino e mitigazione.

Nella porzione settentrionale (a nord delle due civili abitazioni), il materiale franato è stato completamente rimosso e la base delle scarpate, ove sfociano 3 diverse incisioni (bacino 1, 2 e 3), riprofilata fino alla messa a nudo del substrato, per le prime 2 incisioni, lasciando invece in posto, presso lo sbocco del terzo canale, alcuni decimetri di spessore di coltre, dove oggi la vegetazione ha già largamente attecchito (Figura 7-21, Figura 7-22).



Figura 7-21. Vista frontale della dorsale interposta tra il primo (a sx) ed il secondo canale (a dx), presso la quale le coltri di copertura sono state rimosse completamente o quasi.

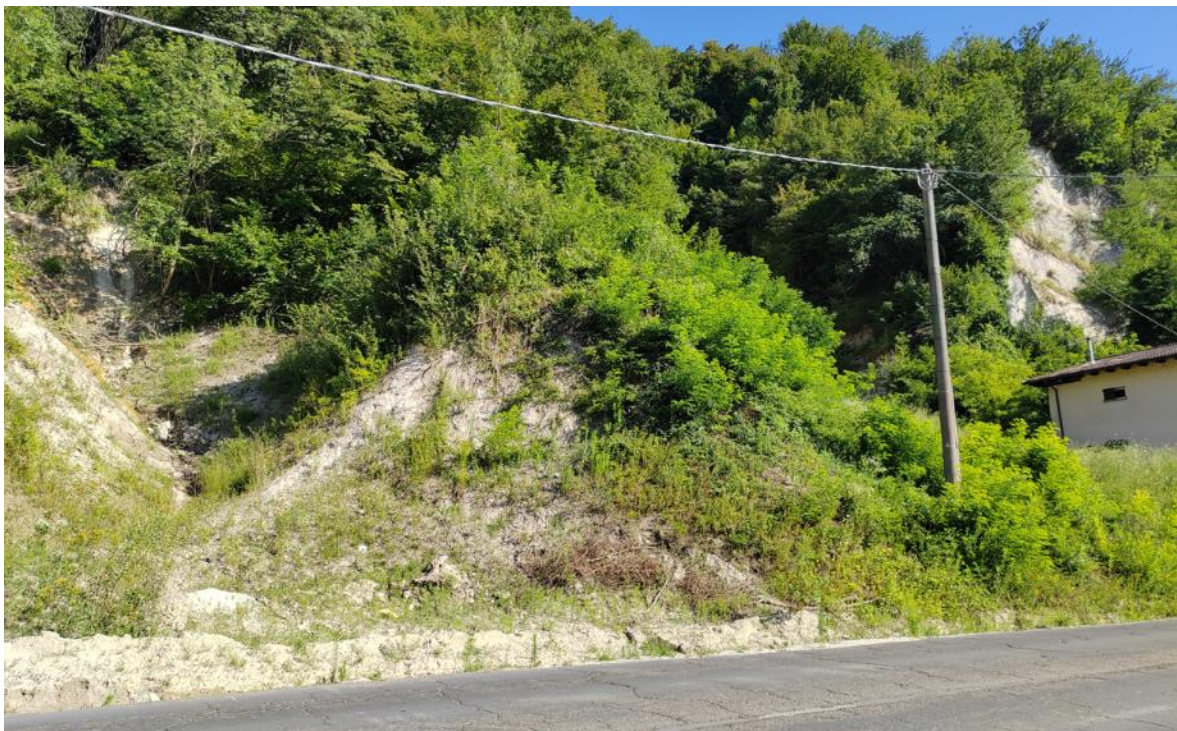


Figura 7-22. Vista frontale della dorsale interposta tra il secondo (a sx) ed il terzo canale (a dx), dove la riprofilatura non si è spinta sino al substrato e le coperture hanno rivegetato.

Nel settore sud dell'area di indagine, le riprofilature si sono spinte solo localmente fino al substrato, lasciando in posto coltri per spessori stimati che localmente superano il metro. Al piede della scarpata, a bordo strada, è stato realizzato un muro di contenimento in faldoni di pietra naturale,

alto circa 2 m, regolare lato strada e molto irregolare lato monte (Figura 7-23, Figura 7-24, Figura 7-25, Figura 7-26 e Figura 7-27).



Figura 7-23. Vista frontale e laterale delle riprofilature eseguite al piede del versante nella parte meridionale del sito di Vado (1). Si può osservare come spessori di coltre, prevalentemente sabbiosa, anche superiori al metro siano rimasti in posto, lungo scarpate molto acclivi, che vengono erose dalle acque meteoriche. Grandi quantitativi di sabbia si accumulano pertanto a valle, a tergo del muro. Si notino i solchi erosivi lungo la scarpata riprofilata ed i segni della benna che, lavorando dalla sede stradale, ha rimosso solo parzialmente tali accumuli.

Tra i faldoni lapidei basali, sono stati lasciati varchi, larghi circa 40 cm, che permettessero il drenaggio delle acque nella cunetta alla francese a bordo strada (Figura 7-23, Figura 7-24 e Figura 7-25).

Laddove le pendenze ottenute con la riprofilatura sono elevate, l'erosione procede a ritmi più sostenuti rispetto alla capacità di attecchimento della vegetazione. Si notano infatti numerosi e diffusi solchi erosivi creati dal ruscellamento delle acque meteoriche e di versante che incidono il materiale granulare delle coltri di ricoprimento, trasportandolo a valle e depositandolo a tergo del muro.

Insieme alle acque, i varchi al piede del muro riversano gran quantità di sabbia lungo la cunetta alla francese, con conseguente invasione della sede stradale. Gli accumuli di sabbia a tergo del muro vengono ricaricati ad ogni precipitazione. La pulizia dello spazio compreso tra il piede della scarpata e il muro è al momento possibile soltanto dalla sede stradale e l'irregolarità dei faldoni lato monte la rende solo parzialmente realizzabile (Figura 7-23).



Figura 7-24. Vista laterale del muro di contenimento relizzato in faldoni lapidei.



Figura 7-25. Dettaglio delli varchi lasciati tra i faldoni al piede del muro di contenimento realizzato successivamente all'alluvione 2023. Questi riversano gran quantità di sabbia lungo la cunetta alla francese, con conseguente invasione della sede stradale.

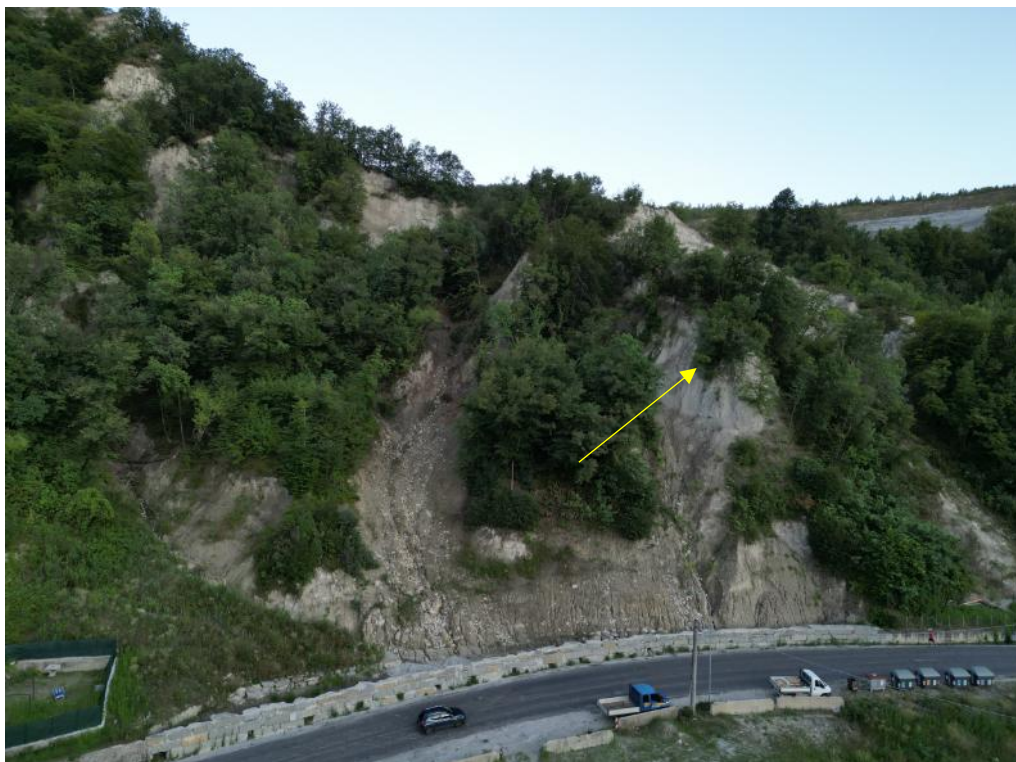


Figura 7-26. Ripresa aerea frontale del settore meridionale dell'area di indagine relativa la sito di Vado (1). Si notino le scarpate parzialmente riprofilate che, laddove il substrato sia ricoperto da coltri (eluvio-colluviali e detritiche), presentano evidenti segni di erosione. Possibili distacchi di blocchi possono avverire dal ciglio dello sperone roccioso (freccia gialla).



Figura 7-27. Vista laterale del piede della scarpata e del muro in faldoni lapidei. Si notino l'irregolarità del muro lato monte, che ostacola le operazioni di pulizia degli accumuli a tergo dello stesso e gli evidenti solchi erosivi.

Lo sperone roccioso, presente tra i bacini n°6 e n°7, in affaccio quasi diretto sulla SP 325 costituisce una sorta di “prua” libera su 3 lati e pertanto particolarmente soggetta a dentensionamento. Tale condizione morfologica comporta la presenza di fratture subverticali, all’interno delle quali si sviluppano apparati radicali che con la loro crescita promuovono l’apertura delle discontinuità. L’infiltrazione di acque meteoriche, l’effetto gelo/disgelo, la predisposizione di questo tipo di roccia all’alterazione, costituiscono fattori predisponenti ai distacchi. Le potenziali casue innescanti possono essere rappresentati da scuotimenti sismici, azione combinata del vento e degli apparati radicali e la circolazione di acqua all’interno delle fratture in occasione di eventi piovosi particolarmente intensi.



Figura 7-28. L’evidente sperone roccioso presente tra il bacino n°6 e n°7, in affaccio quasi diretto sulla SP 325. Lo sperone costituisce in testa una sorta di “prua” libera su 3 lati e pertanto particolarmente soggetta a dentensionamento. Ciò si traduce nella presenza di fratture subverticali, all’interno delle quali si sviluppano apparati radicali che con la loro crescita promuovono l’apertura delle discontinuità, predisponendo o addirittura innescando potenziali distacchi.

7.3 SITO DI VADO (2)

Il sito di Vado (2) è stato interessato, nel maggio 2023, da un importante dissesto apparentemente riconducibile ad un vasto scivolamento di coltre, che ha determinato l'invasione della sede stradale da parte di molte centinaia/alcune migliaia di metri cubi di materiale, costituito prevalentemente da sabbia, inclusi lapidei e resti vegetali (rami e tronchi) derivanti dalla folta copertura boschiva, franata insieme al terreno sottostante.

Anche in questo sito, gli eventi del maggio 2023 hanno profondamente modificato il paesaggio e la topografia dell'area di studio. In Figura 7-29 si riporta un confronto tra il "pre" ed il "post" alluvione 2023, estratto da Google Street View.

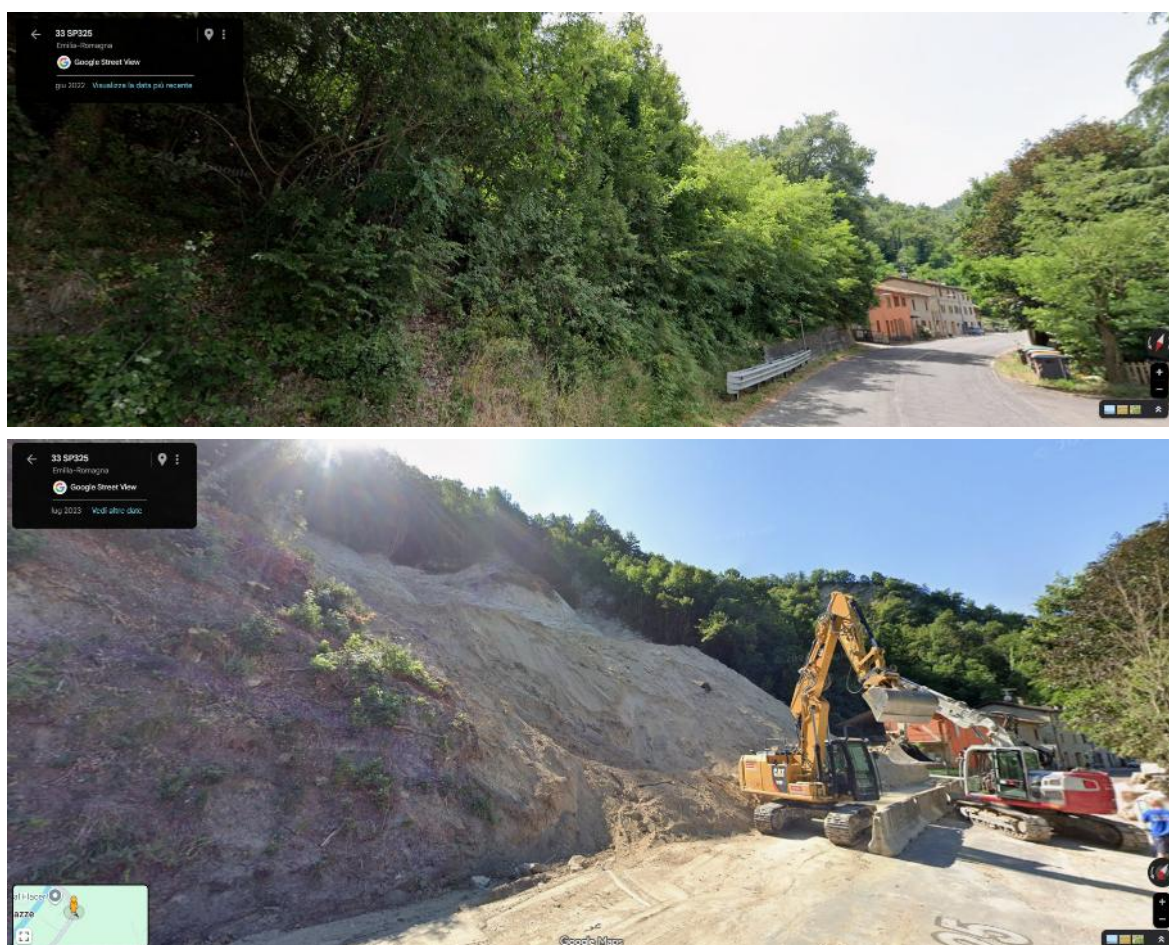


Figura 7-29. Immagini ricavate da Google Street View relativa all'area di studio (vista da nord) che permettono il confronto tra il mese di giugno 2022 e di luglio 2023 (post alluvione).

Il dissesto occorso a maggio 2023 sembra riconducibile ad una frana per scivolamento di coltre (eluvio colluviale e detritica). Questa potrebbe essere il prodotto di più scivolamenti, o di un unico scivolamento (lungo una superficie continua). La profondità dello/degli scivolamento/i può aver raggiunto l'interfaccia substrato/coltre, anche solo localmente.

Come si può evincere anche dall'immagine di Figura 7-29 relativa al luglio 2023, il materiale franto (e probabilmente anche quello instabile, all'epoca ancora in posto), è stato rimosso mediante escavatori, a partire dall'alto. Si riconoscono, lungo l'attuale superficie topografica, tracce delle piste degli escavatori che hanno eseguito la rimozione del materiale (Figura 7-30).



Figura 7-30. Ortofoto di parete da modello 3D ricavato da rilievo fotogrammetrico con drone. La linea verde individua il perimetro della porzione di versante lungo la quale è stata eseguita la riprofilatura tramite rimozione della coltre di terreno sciolto. In arancione la traccia della pista realizzata dagli escavatori per eseguire la riprofilatura. In rosso alcuni spessori di coltre rimasti in posto (ascrivibili all'area "M_007" di Figura 7-32).

Limitatamente alla porzione di versante riprofilata, la problematica relativa all'instabilità delle coltri è stata risolta mediante l'asportazione della medesima. Solo localmente sussistono alcuni spessori di terreno sciolto a ricoprire il substrato. Questi sono soggetti ad erosione che li sta gradualmente smantellando, ma non può essere esclusa una loro instabilizzazione in seguito a precipitazioni particolarmente intense (Figura 7-31). Il reticolo di drenaggio naturale è visivamente poco organizzato ed in evoluzione, con solchi ancora poco definiti e segni di ruscellamento diffusi.



Figura 7-31. Porzioni di coltre rimasta in posto e non rimossa dalla pulizia eseguita con escavatori successivamente agli eventi del maggio 2023. Coincide con l'area denominata "M_007" di Figura 7-32.

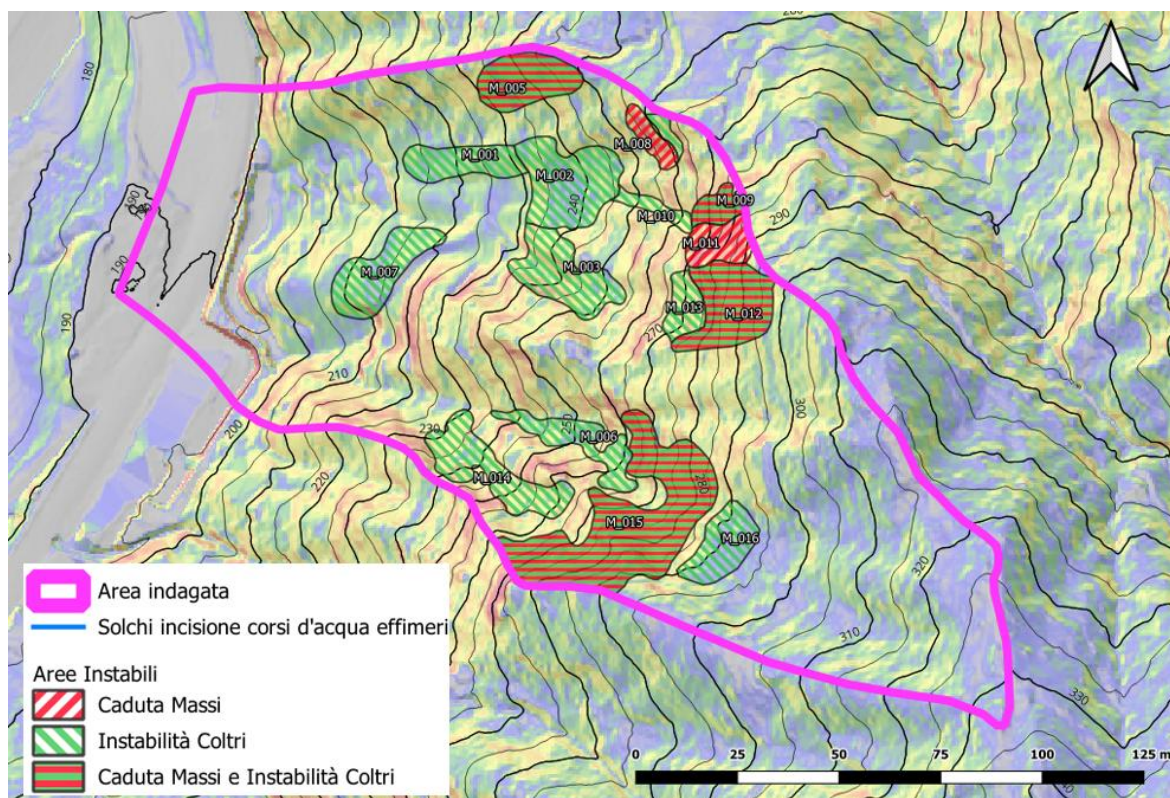


Figura 7-32. Estratto modificato della “Carta acclività del terreno e aree instabili” (doc. S24154-PE-GL-3002-A).

Insieme alla riprofilatura della porzione di versante franata, è stato realizzato un muro in faldoni lapidei (Figura 7-33), parzialmente sovrapposto al muro in calcestruzzo che sosteneva il piede del versante anteriormente agli eventi del maggio 2023 (si veda la prima immagine di Figura 7-29).



Figura 7-33. Ripresa aerea del muro in faldoni lapidei realizzato al piede del versante successivamente alla sua riprofilatura. Si sovrappone parzialmente al muro in cls che sosteneva il terreno poi rimosso a seguito della frana. Il muro in faldoni si raccorda verso S-E al fianco sinistro di un’incisione lungo la quale, in occasione di precipitazioni, si attiva un corso d’acqua effimero; il muro funge così da argine di contenimento verso valle.

Un'ulteriore opera di difesa realizzata durante i primi interventi nella primavera estate 2023 (post alluvione 2023) è data da una scogliera in faldoni lapidei (codice LiE_007) a presidio dello sbocco di un'incisione sulla superficie oggi denudata a seguito della frana e della riprofilatura (Figura 7-34). Tale opera è probabilmente finalizzata ad indirizzare le acque nel morbido impluvio, ancora poco marcato, in roccia esposta e privo di coltri che possano mobilizzarsi.

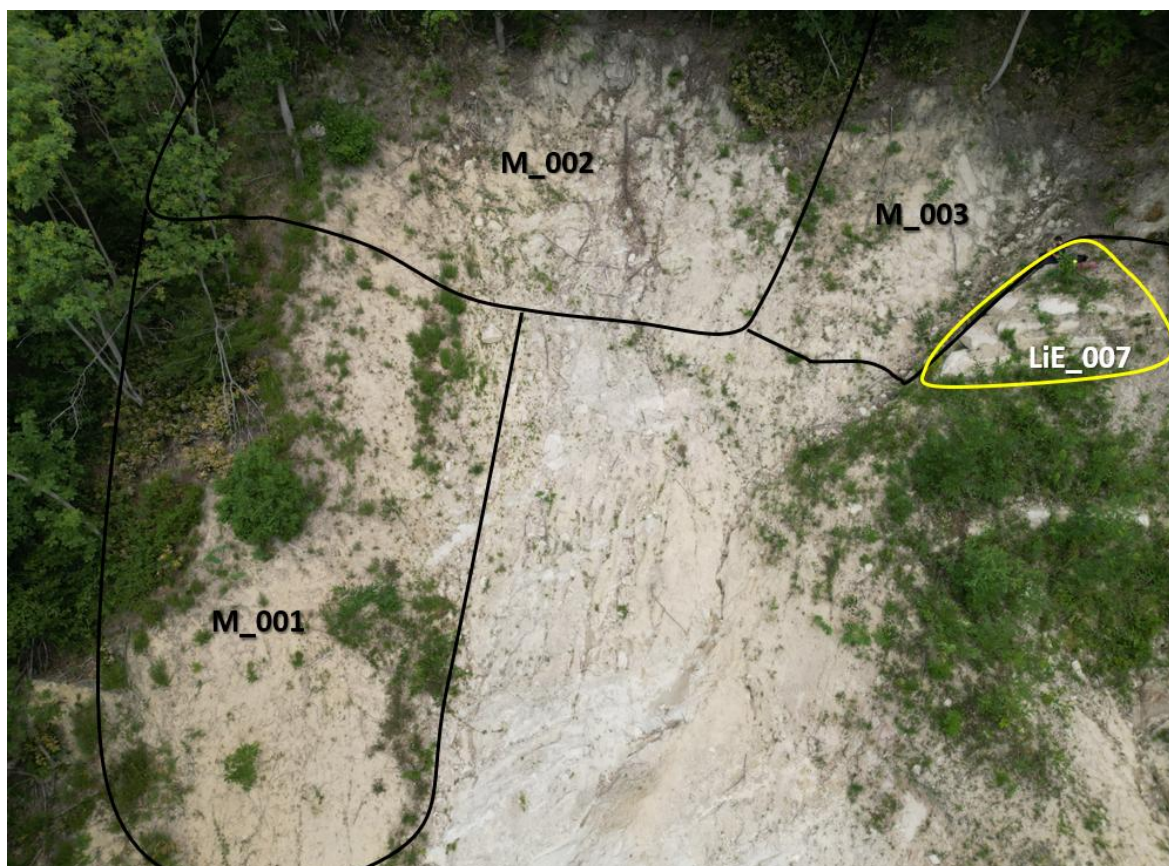


Figura 7-34. Ripresa aerea frontale della parte destra della probabile corona del franamento del maggio 2023, o della superficie successivamente riprofilata. È visibile la scogliera in faldoni lapidei LiE_007. Sono altresì individuabili alcune aree soggette all'instabilità delle coltri. Per quanto riguarda le aree M_001 ed M_002 l'instabilità è data per lo più dal disequilibrio dovuto alla mancanza di confinamento e sostegno al piede a seguito della frana e della riprofilatura. Per l'area M_003 si aggiunge il possibile scalzamento al piede dei fianchi dell'incisione dovuto al ruscellamento concentrato all'interno della stessa in occasione di eventi meteorologici importanti.

Come si evince dall'estratto modificato della "Carta acclività del terreno e aree instabili" (doc. S24154-PE-GL-3002-A) di Figura 7-32, all'interno dell'area di studio sono stati individuate e perimetrate aree potenzialmente instabili. I dissesti possibili sono sostanzialmente classificabili come:

- Instabilità delle coltri
- Caduta massi

A questi si aggiungono problematiche di natura idraulica legate alle acque di ruscellamento provenienti dal versante, che tuttavia possono costituire una minaccia per la SP 325 solo nel caso queste prendano in carico volumi di terreno mobilizzabile (dunque riconducibile all'instabilità delle coltri). La presenza del muro in faldoni e del bacino ricavato a tergo dello stesso costituiscono un importante presidio di mitigazione del pericolo, che tuttavia non può ritenersi sufficiente nel medio termine e in occasione di eventi estremi paragonabili a quelli avvenuti nel 2023 e 2024.

Pioggia e ruscellamento al di sopra della superficie di frana/riprofilata comportano la sua costante erosione, quasi ovunque a tassi assai più rapidi dell'attecchimento della vegetazione. Ciò determina il continuo apporto di grandi quantità di sabbia presso il bacino a tergo del muro in faldoni, con conseguente intasamento del sistema di recapito al tombino che sottoattraversa la SA 325 e drastica riduzione della capacità contenitiva del bacino stesso in caso di frane e colete detritiche provenienti da monte.



Figura 7-35. Riempimento del bacino a tergo del muro in faldoni con depositi sabbiosi prodotti dall'erosione della scarpata di frana/riprofilata. Il bacino è stato ragionevolmente già stato più volte svuotato, come sembrano testimoniare i depositi "terrazzati" al piede della scarpata (freccie gialle).

Vengono di seguito illustrate le due tipologie di dissesto rilevate ed illustrate nella "Carta acclività del terreno e aree instabili" (doc. S24154-PE-GL-3002-A).

7.3.1 INSTABILITÀ COLTRI

Lungo il versante, a monte e sui fianchi delle porzioni denudate dai dissesti del maggio 2023 e dalle successive operazioni di riprofilatura, sono stati individuati settori nei quali, con diversi gradi di probabilità, precipitazioni intense possono innescare scivolamenti di coltri eluvio colluviali (deposito di versante s.l.) e detritiche.

Le cause predisponenti sono da ricercarsi:

- Nel contrasto di permeabilità tra le coltri di ricoprimento ed il sottostante substrato, assumibile come impermeabile alla scala del problema (Figura 4-20 Figura 7-38);
- Nel disequilibrio morfologico di alcuni accumuli, particolarmente marcato nei pressi del ciglio e dei fianchi della superficie di frana riprofilata e in roccia esposta (Figura 7-34, Figura 7-36, Figura 7-37, Figura 7-39 e Figura 7-40).

I fattori innescanti gli scivolamenti di coltre sono sostanzialmente dati dalla disponibilità idrica e dai regimi di circolazione che si instaurano all'interno del terreno in occasione di grandi precipitazioni. Durante gli eventi del 2023, gli straordinari apporti di precipitazione hanno instaurato all'interno delle coltri pressioni interstiziali importanti, che hanno fatto decadere le resistenze disponibili all'interno dei terreni. L'instaurarsi di un flusso concentrato all'interfaccia substrato-terreno è risultato determinante nell'innescare il movimento.

Al meccanismo sopra descritto si aggiunge il deflusso superficiale delle acque di versante che, in virtù delle portate date dalle precipitazioni eccezionali e concentrate, esercitava un'importante azione erosiva lungo il fondo canale degli impluvi, favorendo il trasporto solido e lo scalzamento al piede delle coltri sospese lungo i fianchi (Figura 7-38, Figura 7-39 e Figura 7-40).

Sono state anche localmente osservate fratture di trazione (*tension-cracks*), di estensione limitata, in testa ad accumuli di coltre, che, oltre a favorire l'infiltrazione delle acque all'interfaccia roccia-substrato, testimoniano l'incipiente movimento degli spessori di terreno sciolto (Figura 7-41).



Figura 7-36. Vista dall'alto del ciglio della corona della frana del maggio 2023 ripresa presso l'area denominata M_002. Si noti il salto morfologico che testimonia la mancanza di sostegno al piede di tali spessori.



Figura 7-37. Vista dall'alto del ciglio della corona della frana del maggio 2023 ripresa dal fondo canale presso l'area denominata M_003. Si noti il salto morfologico e la scogliera LiE_007 che devia verso destra le acque provenienti dall'incisione, impedendo loro di innescare possibili scivolamenti nelle coltri blandamente vegetate in secondo piano rispetto alla scogliera.



Figura 7-38. Vista dal basso del fondo canale presso l'area denominata M_006. In particolare, è visibile la parte basale dell'accumulo di coltre detritica rimasto sospeso nell'incisione. Si notino le tracce dello scivolamento di coltre sul fianco sinistro dell'incisione (a dx nell'immagine), ragionevolmente innescato dallo scalzamento al piede dovuto all'azione erosiva delle acque a fondo canale. Lungo tale superficie emergono aggetti in roccia riconducibili a strati più competenti di altri, messi in rilievo dall'erosione differenziale.



Figura 7-39. Vista dall'alto dello sbocco del canale che ospita presso l'area denominata M_006 verso la scarpata riprofilata sottostante. Si noti il salto morfologico ed il solco lungo il detrito sovrainciso. Tale solco può

approfondirsi ed espandersi in occasione di “piene” del canale, prendendo in carico i depositi di fondo canale e scalzando quelli sui fianchi.



Figura 7-40. Vista dall'alto dello sbocco del canale che ospita presso l'area denominata M_014 verso la scarpata riprofilata sottostante. Qui gli eventi del 2023 (come plausibilmente quelli del 2024), hanno apparentemente mobilitato un'aliquota maggiore del materiale presente lungo il fondo canale. Si noti anche il fianco sinistro eroso.



Figura 7-41. Tension crack, profonda circa 70 cm, individuata in testa ad un deposito di coltre eluvio colluviale.

7.3.2 CADUTA MASSI

La problematica relativa alla caduta massi è, per il sito in esame, da considerarsi secondaria. Le aree di potenziale distacco di blocchi si trovano infatti a monte della superficie attualmente denudata della frana e dalla riprofilatura. Tuttavia, la totale assenza di vegetazione lungo tale superficie, le conferisce le caratteristiche più adatte alla propagazione verso valle dei potenziali corpi di crollo. L'assenza di coltri di ricoprimento e la presenza di roccia affiorante, per quanto tenera, limita la dissipazione dell'energia cinetica associata ai blocchi in scendimento, ostacolandone l'arresto. Qualora un corpo di crollo dovesse raggiungere la scarpata attualmente denudata, questo acquisirebbe velocità e altezze di rimbalzo assai pericolose, certamente in grado di minacciare la sottostante viabilità.

In linea generale, la tendenza dell'ammasso roccioso (LOI) all'alterazione superficiale, limita la predisposizione alla definizione e al distacco di blocchi di dimensioni significative. Questi, infatti, sono da attendersi per lo più in corrispondenza dei cigli delle modeste pareti, dove il detensionamento è maggiore (Figura 4-23, Figura 7-43). Per quanto non particolarmente marcata, trova localmente espressione morfologica, l'erosione differenziale; strati più competenti rispetto a quelli alla base e al tetto danno forma a modesti aggetti e risalti morfologici che si trovano in condizioni di minor equilibrio e possono più facilmente mobilizzarsi (Figura 7-38, Figura 7-42).

Un certo grado di attività, localmente elevato, è testimoniato dalla presenza di numerosi blocchi arrestatisi contro alberi (Figura 7-44, Figura 7-45). Il volume del blocco maggiore individuato non raggiunge gli 0.4 m^3 .

I fattori predisponenti la caduta massi sono riconducibili a:

- Presenza di fratture e superfici di discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso (inclusa la stratificazione);
- Erosione differenziale tra strati più o meno competenti
- Graduale decadimento delle resistenze disponibili lungo le pareti delle discontinuità.

L'apertura delle fratture e il citato decadimento delle resistenze è favorito da processi graduali che tuttavia, in occasione di eventi particolari (specie meteorologici), possono al contempo costituire fattori innescanti i distacchi:

- Crescita apparati radicali in spinta all'interno delle fratture ed effetto leva a causa dell'azione del vento;
- Gelo disgelo e altri sbalzi termici;
- Circolazione idraulica lungo superfici di debolezza e fratture con conseguente alterazione del substrato coinvolto;

A questi processi "graduali" si aggiungono potenziali cause innescanti più repentine, quali:

- Spinta dell'acqua in occasione di importanti eventi meteorologici;
- Sollecitazioni sismiche.



Figura 7-42. Ripresa dal basso dell'area M_005, presso la quale il substrato è soltanto subaffiorante, ma si manifesta con alcuni piccoli speroni sporgenti (riconducibili a strati più competenti) che potrebbero mobilizzarsi. Non può essere del tutto esclusa anche l'instabilizzazione parziale delle coltri che ricoprono il substrato.



Figura 7-43. Ripresa dal basso del fronte roccioso ricadente all'interno dell'area denominata M_012. Si noti la presenza di discontinuità subverticali, talvolta pervasive, l'aumento della fratturazione nei pressi del ciglio, dovuto al maggiore detensionamento e dell'apertura dei giunti imputabile, tra gli altri, alla crescita di apparati radicali. Si riconoscono anche nicchie di distacco fresche.



Figura 7-44. Testimoni muti riconducibili a crolli recenti arrestatisi ai piedi del fronte roccioso dell'area M_012.

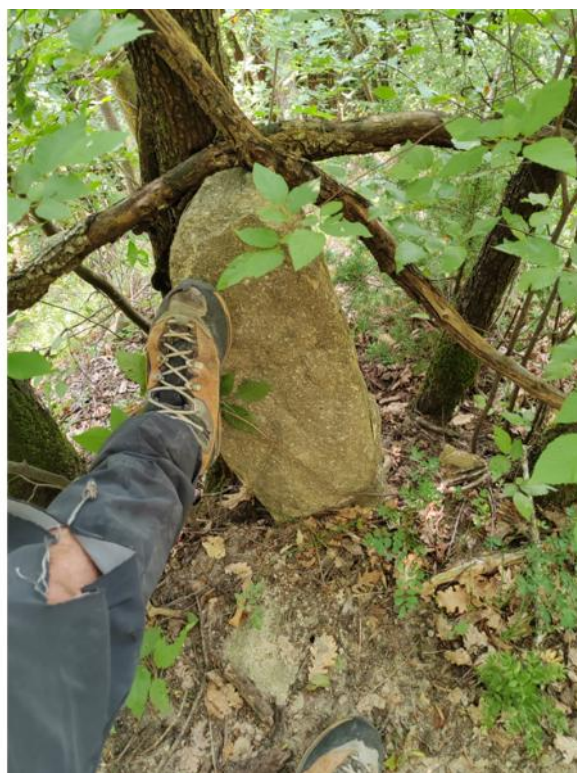


Figura 7-45. Altri testimoni muti arrestatisi contro alberi rinvenuti lungo il versante.

8 SISMICITÀ

8.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata elaborata e rivista in seguito ai principali terremoti; tra questi, in particolare, quelli verificatisi in Irpinia nel 1980 ed in Molise nel 2002.

Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione; la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S.

Per quanto concerne la classificazione sismica del territorio in esame, come indicato nella Delibera di Giunta Regionale n.1677/2005, a decorrere dal 23/10/2005 trova attuazione la classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia Romagna, stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n.3274/2003, la quale ha introdotto una nuova classificazione sismica, suddividendo il territorio nazionale in quattro zone caratterizzate da diverso grado di sismicità e sottoposte alle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Le zone sono definite rispettivamente ad alta sismicità la zona 1, a media sismicità la zona 2 e a bassa sismicità la zona 3, mentre nella zona 4 viene demandata alle regioni la facoltà di imporre o meno l'obbligo della normativa.

Come stabilito dall'allegato B della D.G.R. n.146/2023, il Comune di Sasso Marzabotto e quello di Monzuno risultano entrambi classificati in zona "3", come riportato in Figura 8-1.

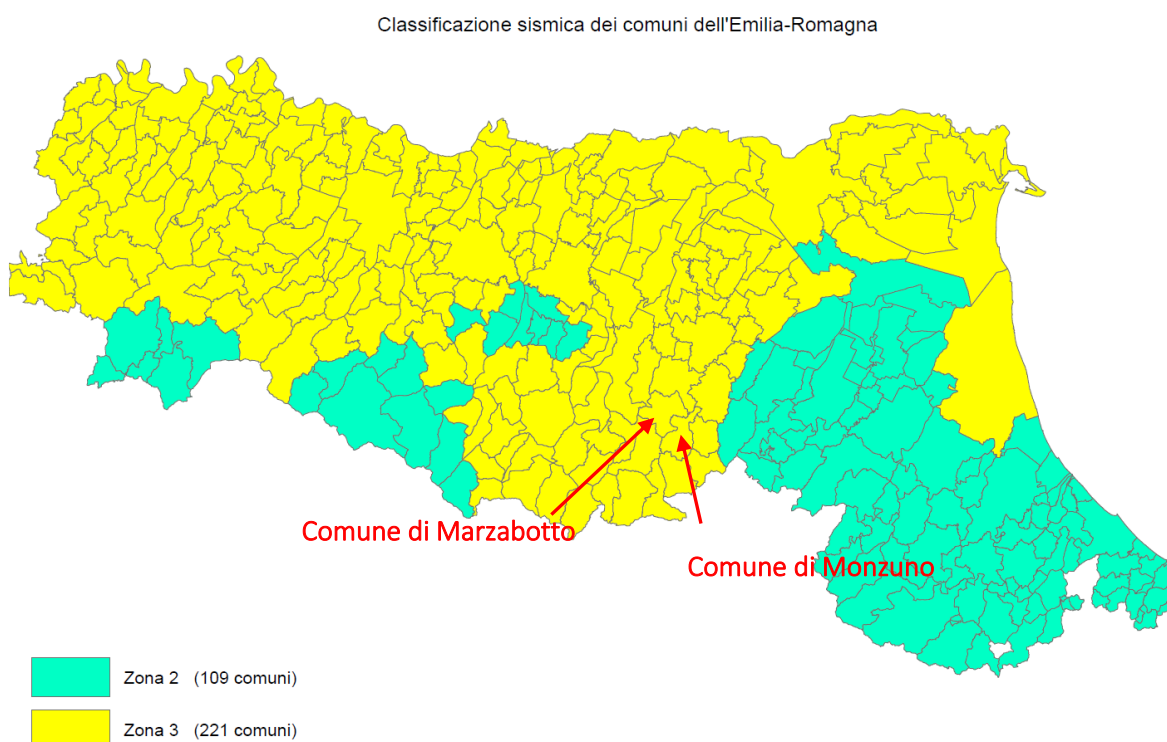


Figura 8-1. Classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia-Romagna.

Rispetto alla classificazione sismica dei Comuni di Marzabotto e Monzuno ed in base alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 28/04/2006 n.3519), il range di accelerazione massima del suolo, con probabile eccedenza del 10% in 50 anni, nell'area in studio è compresa tra 0.15 e 0.175 g (Tabella 8-1).

Tabella 8-1. Valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, a_g/g)
1	>0.25	0.35
2	$0.15 \div 0.25$	0.25
3	$0.05 \div 0.15$	0.15
4	<0.05	0.05



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

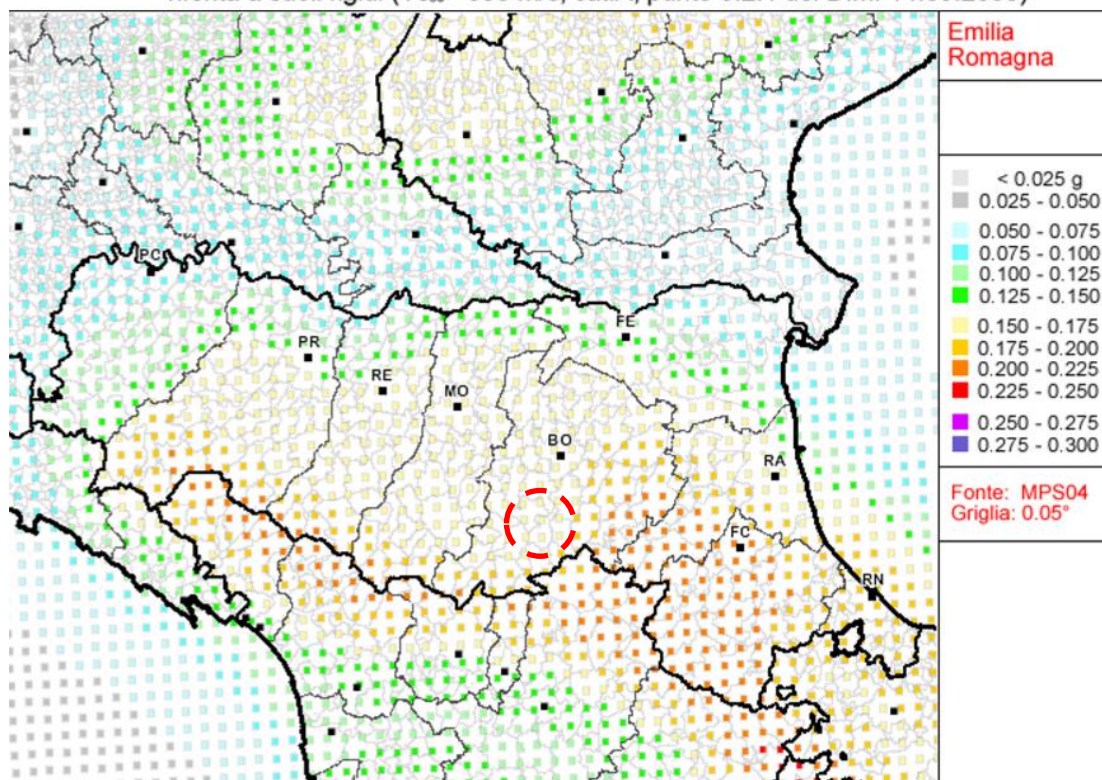


Figura 8-2. Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s) – da INGV

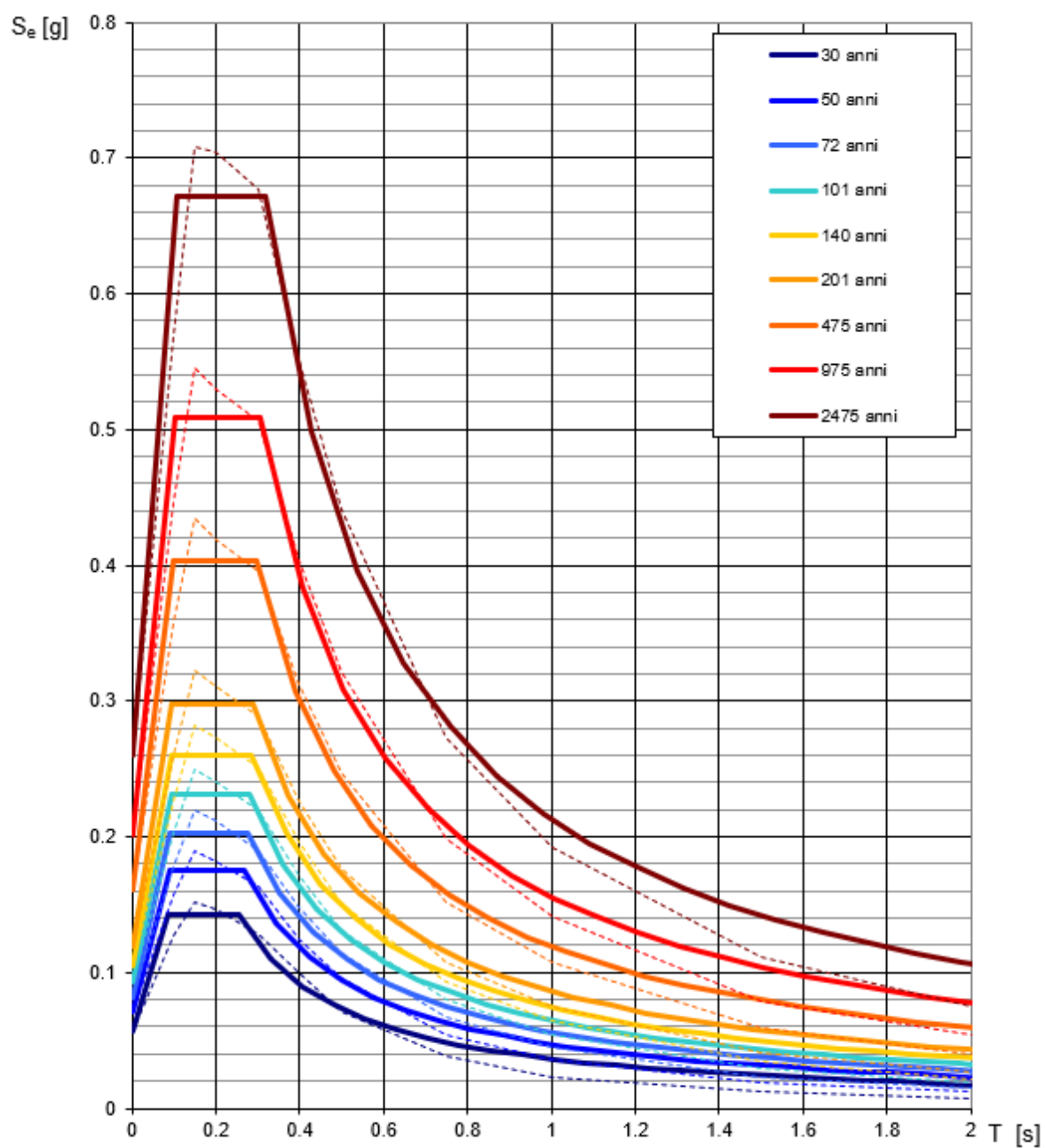


In

Tabella

8-2

e



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

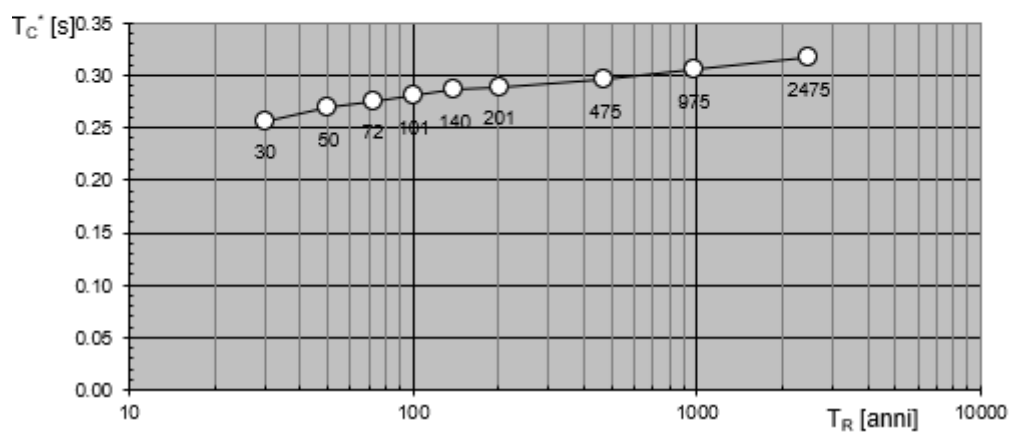
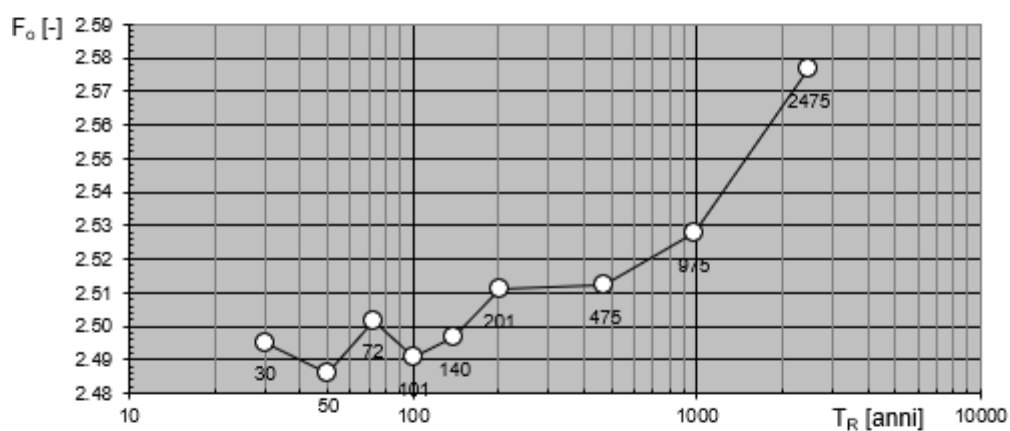
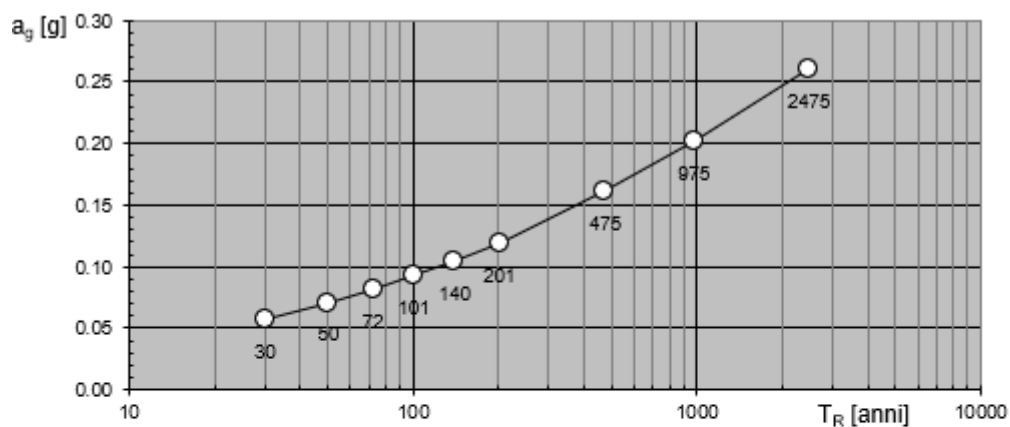


Tabella 8-3 vengono forniti, rispettivamente per il Comune di Marzabotto e per quello di Monzuno, per periodi di ritorno T_R di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_{c^*} da utilizzare per definire l'azione sismica nei diversi stati limite considerati.

Nel dettaglio:

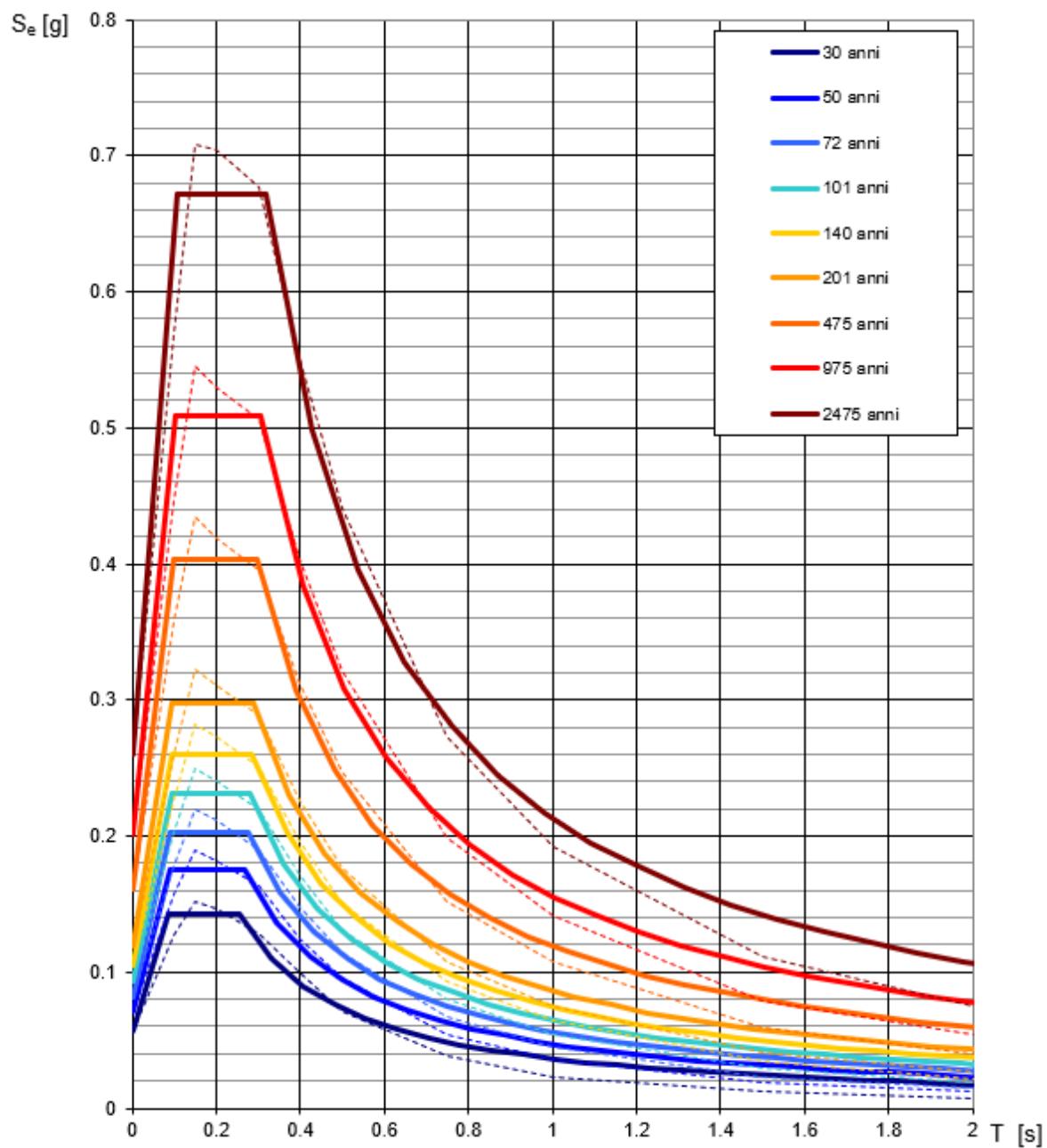
a_g = accelerazione orizzontale massima al sito su suolo tipo A;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{c^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tabella 8-2 Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_{c^*} per i periodi di ritorno T_R di riferimento, per il Comune di Marzabotto.

TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_{c^*}
30	0.057	2.495	0.257
50	0.071	2.486	0.269
72	0.081	2.502	0.276
101	0.093	2.491	0.281
140	0.104	2.497	0.286
201	0.119	2.511	0.289
475	0.161	2.512	0.296
975	0.201	2.528	0.306
2475	0.261	2.576	0.318



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

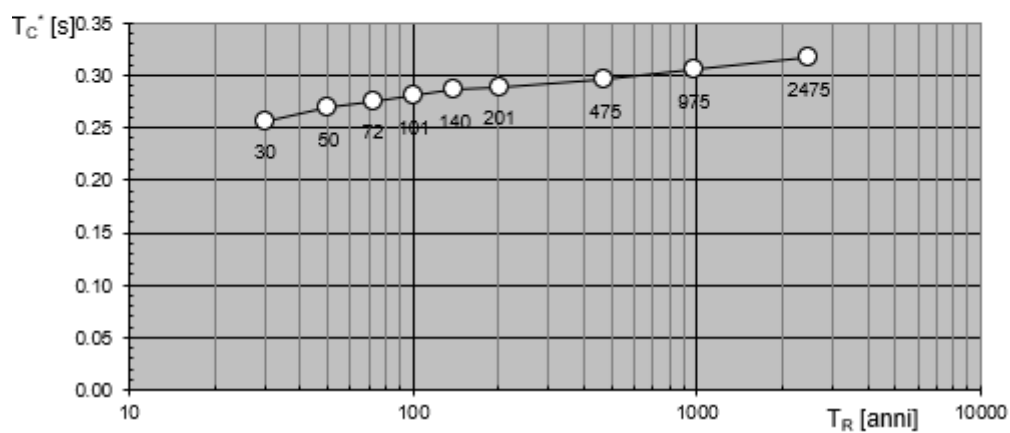
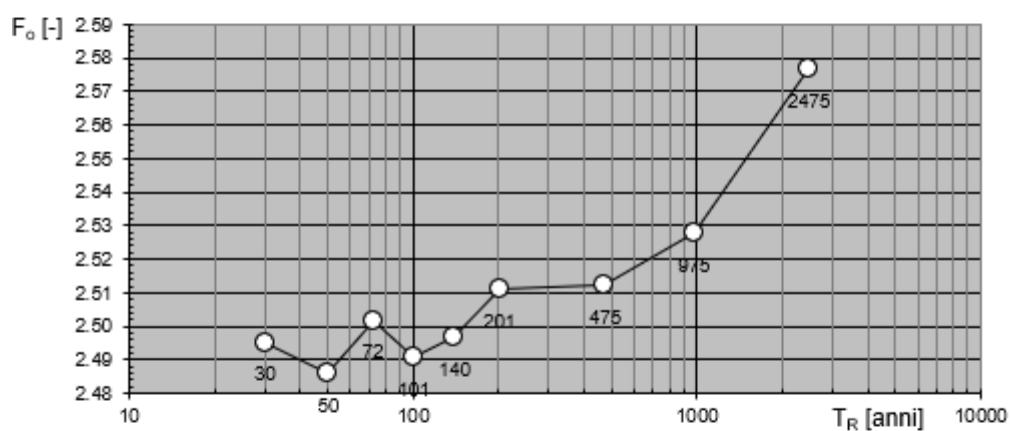
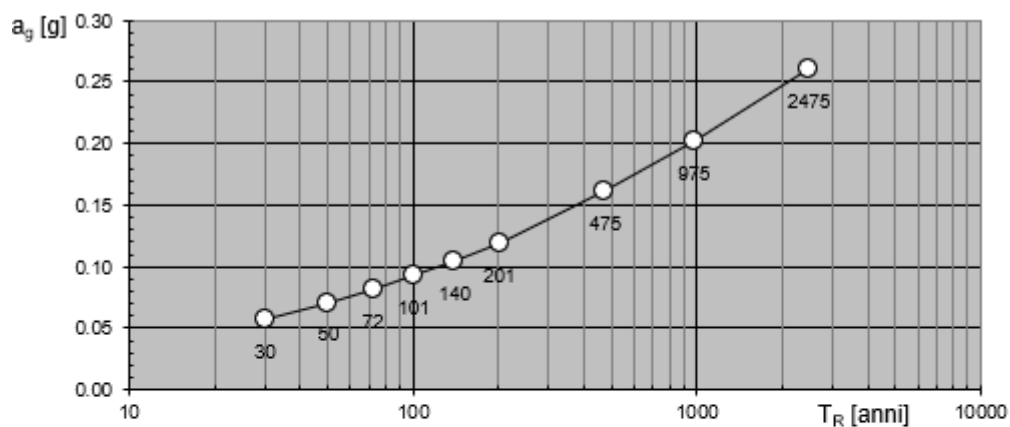
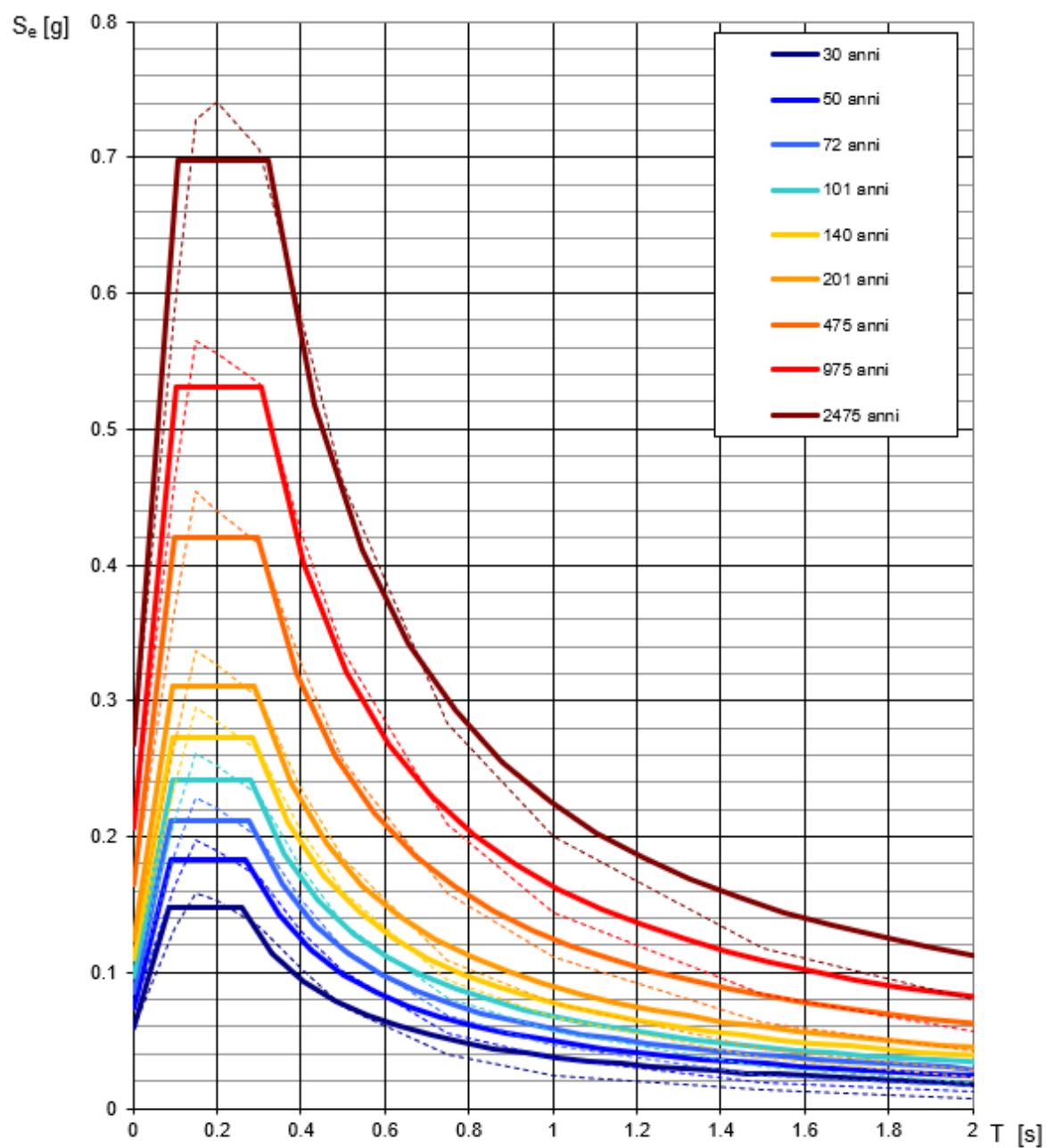


Tabella 8-3 Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_{c^*} per i periodi di ritorno T_R di riferimento, per il Comune di Monzuno.

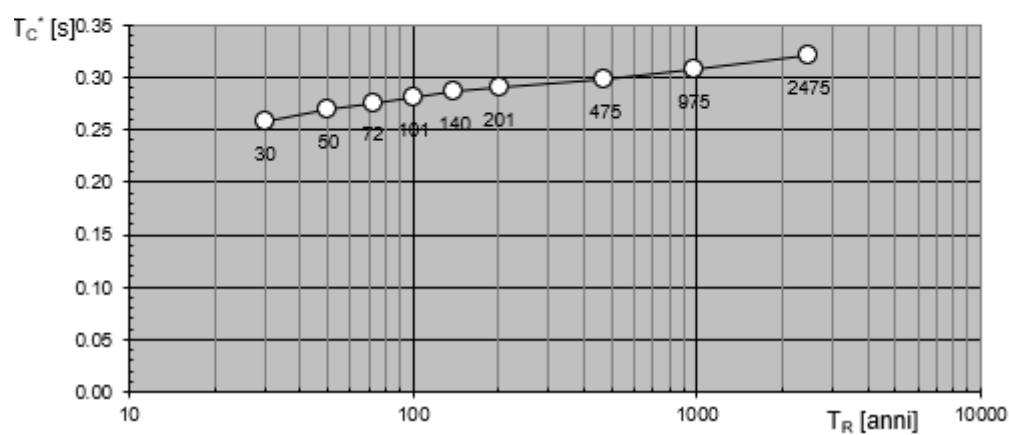
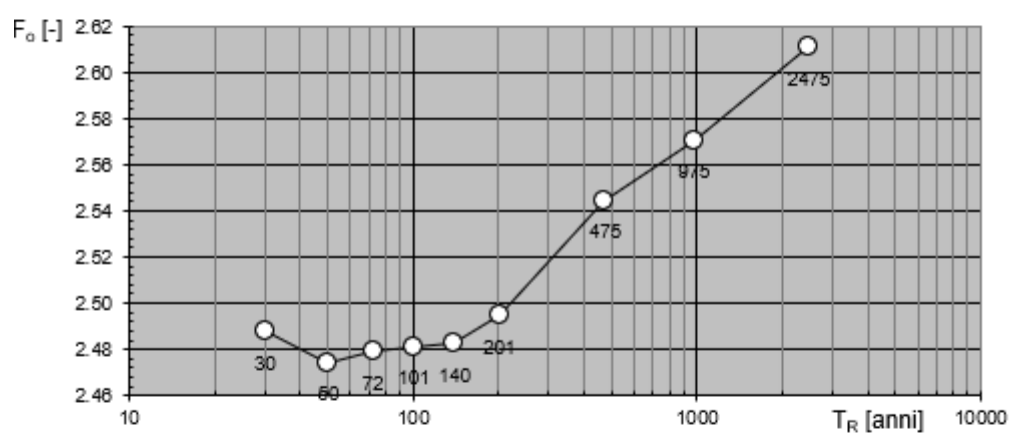
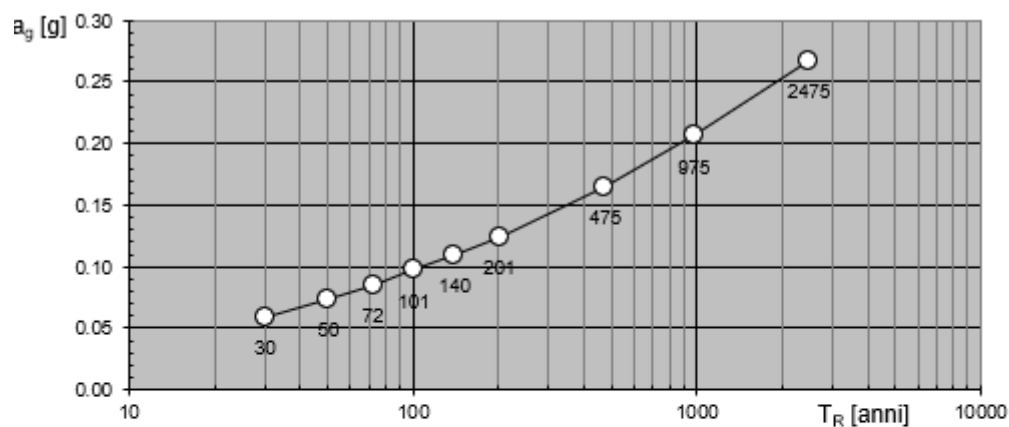
TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_{c^*}
30	0.059	2.488	0.258
50	0.074	2.474	0.269
72	0.085	2.479	0.276
101	0.097	2.481	0.280
140	0.110	2.482	0.286
201	0.124	2.495	0.290
475	0.165	2.545	0.298
975	0.207	2.571	0.308
2475	0.267	2.611	0.321

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.



8.2 SISMICITÀ STORICA

8.2.1 COMUNE DI MARZABOTTO

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Marzabotto.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 versione 4.0, il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (consultabile on-line al sito <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>)

Nella successiva Tabella 8-5 sono indicati con i seguenti simboli:

Is = intensità in sito (MCS);

Anno = anno Me = mese Gi = giorno Or = ora;

NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

Tabella 8-4. Storia sismica del Comune di Marzabotto [44.341, 11.205]

Effetti	In occasione del terremoto del												
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw			
7		1869	06	25	13	58	Appennino bolognese	18	7-8	5.43			
5		1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36			
5		1929	04	20	01	10	Bolognese	109	7	5.36			
4		1956	04	26	03	00 0	Appennino bolognese	89	6	4.74			
NF		1986	12	06	17	07 1	Ferrarese	604	6	4.43			
NF		1992	04	17	11	59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11			
NF		2002	06	08	20	13 0	Frignano	115	4	4.23			
NF		2002	06	18	22	23 3	Frignano	186	4	4.30			
5		2003	09	14	21	42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24			
NF		2005	07	15	15	17 1	Forlivese	173	4-5	4.29			

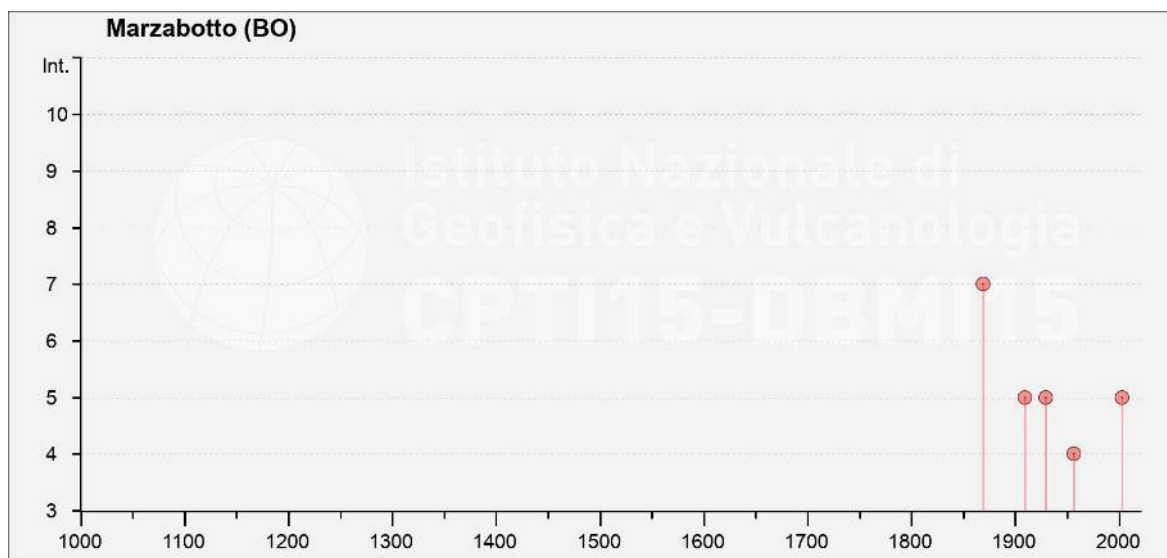


Figura 8-3. Storia sismica del Comune di Marzabotto [44.341, 11.205]

8.2.2 COMUNE DI MONZUNO

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Monzuno.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 versione 4.0, il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (consultabile on-line al sito <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>)

Nella successiva Tabella 8-5 sono indicati con i seguenti simboli:

Is = intensità in sito (MCS);

Anno = anno Me = mese Gi = giorno Or = ora;

NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

Tabella 8-5. Storia sismica del Comune di Monzuno [44.278, 11.269]

Effetti	In occasione del terremoto del												
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw			
5-6	 1892	12	29	13	47	4	Castel del Rio	36	5-6	4.37			
4-5	 1964	09	05	21	09		Appennino tosco-emiliano	22	5	4.35			
NF	 1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43			
NF	 1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11			
3	 1995	08	24	17	27	3	Appennino pistoiese	56	6	4.45			
NF	 1996	03	14	01	56	3	Appennino tosco-romagnolo	20	4-5	3.56			
NF	 2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08			
NF	 2000	05	08	12	29	5	Faentino	126	5	4.67			
NF	 2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82			
NF	 2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30			
NF	 2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03			
5-6	 2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24			
NF	 2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18			
NF	 2005	07	15	15	17	1	Forlivese	173	4-5	4.29			

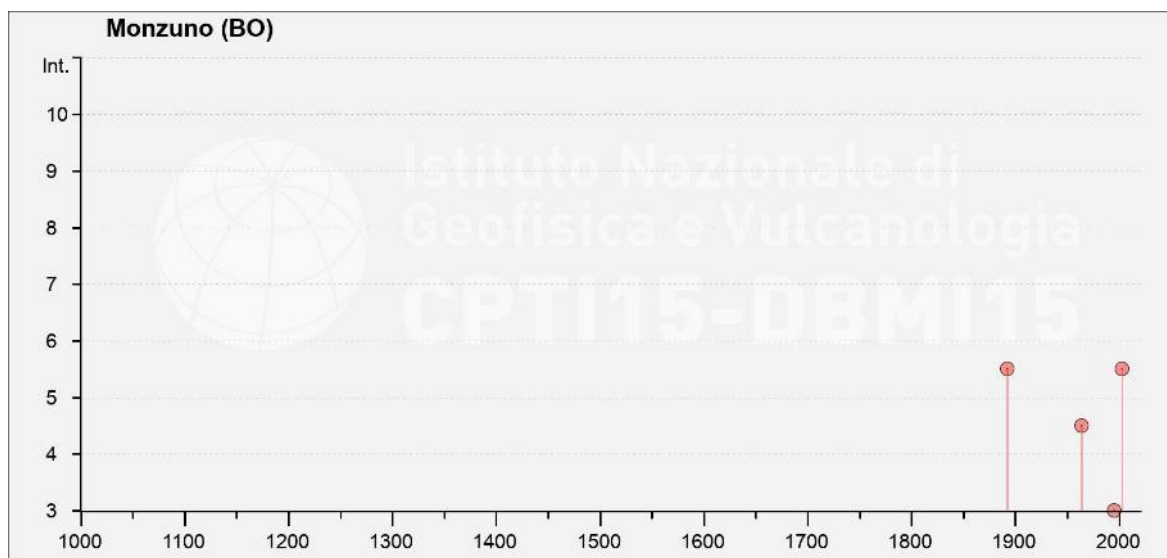


Figura 8-4. Storia sismica del Comune di Monzuno [44.278, 11.269]

8.3 SORGENTI SISMOGENETICHE E FAGLIE CAPACI

Il Database “A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas” (vers. 3.3.0), contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti.

L’assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull’andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Dall’esame del Database, il sito di studio ricade circa 2 km a sud del margine meridionale della sorgente sismogenetica composta Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme (Figura 8-5). Le principali informazioni di riferimento per la sorgente sono riportate in Figura 8-6.

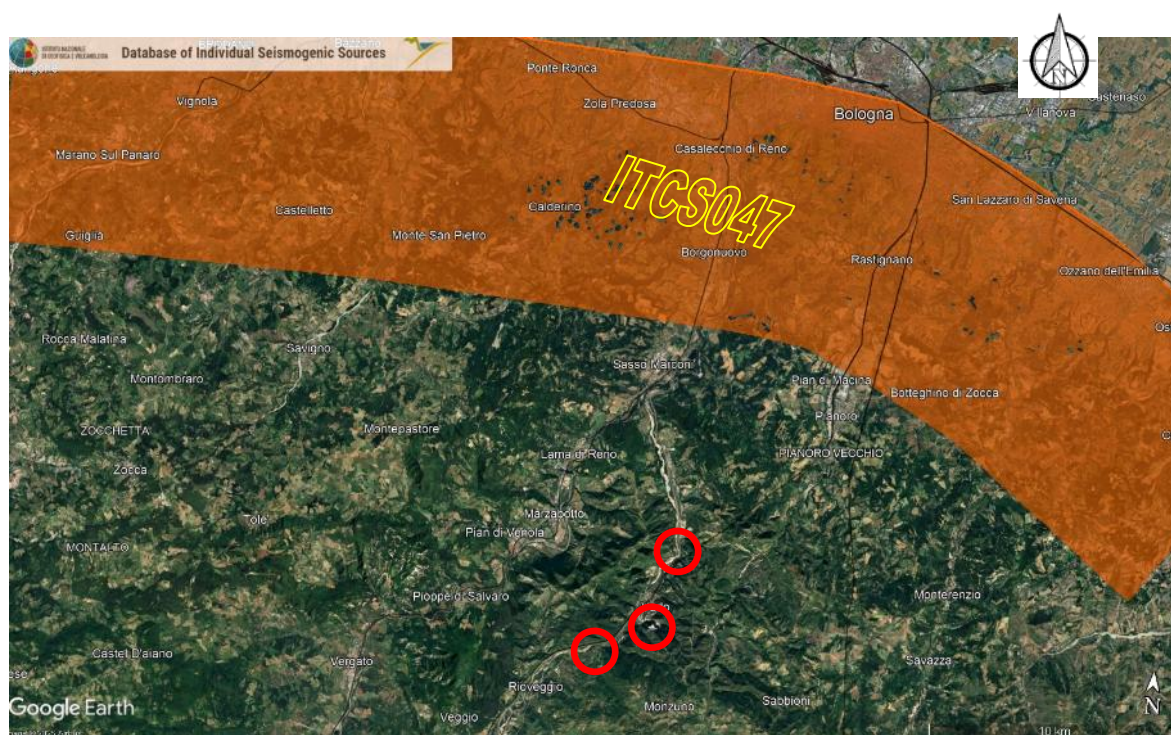


Figura 8-5. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del “Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy” per i 3 diversi siti in oggetto (cerchi rossi). Scala grafica

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	2.0	OD Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	85...135	OD Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	20...40	OD Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.2400... 0.6300	EJ Inferred from geological data by Ponza et al. (2010) and Gunderson et al. (2013)
Max Magnitude [Mw]	6.8	ER Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Figura 8-6. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme (ITCS047).

Per quanto riguarda le faglie attive e capaci, ovvero quei lineamenti tettonici che presentano evidenze di scorrimento avvenuto nel corso degli ultimi 40.000 anni o che sono ritenuti capaci di produrre fagliazione in superficie dall'analisi del Database Ithaca non se ne riscontra la presenza nell'area di studio e nemmeno nei suoi dintorni.

8.4 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i rate di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica (Figura 8-7) è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento Mw.

Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

Il territorio in oggetto ricade all'interno della zona sismogenetica 913, caratterizzata da Mw=6.14 (Figura 8-8).

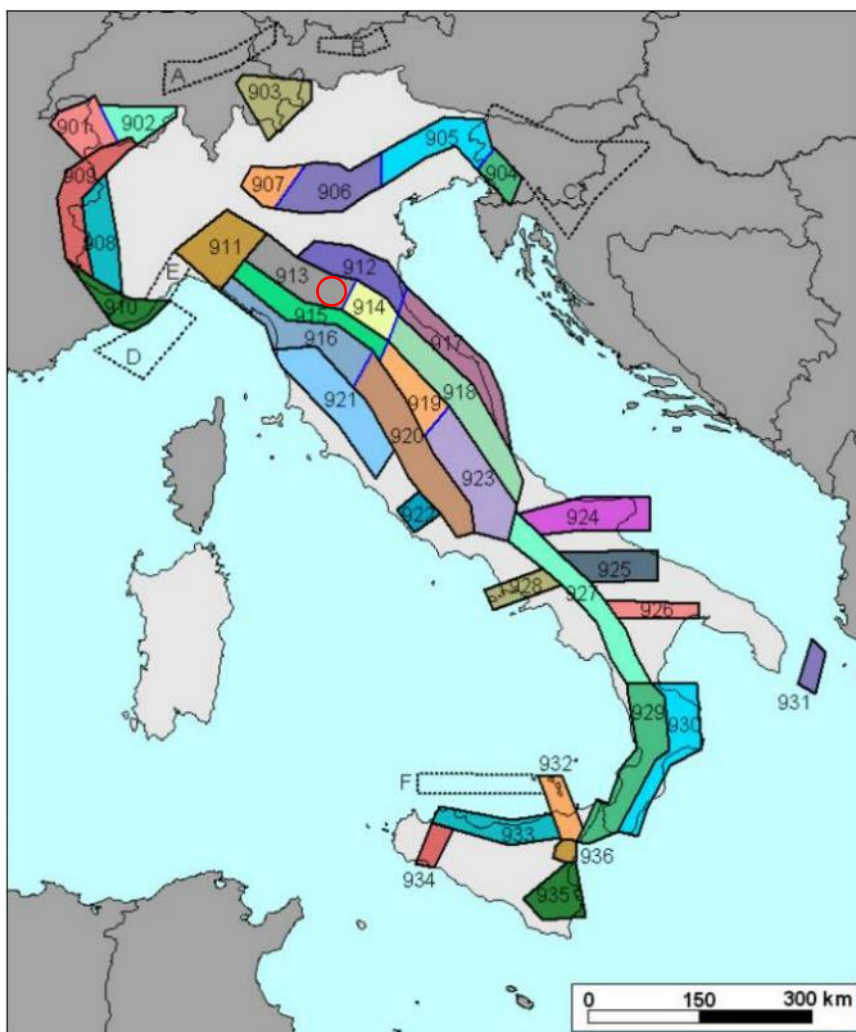


Figura 8-7. Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento.

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 8-8. Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9.

8.5 PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di sottosuolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

8.5.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per la determinazione del tipo di suolo secondo Normativa, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Il valore della $V_{s,eq}$ è calcolato attraverso la media ponderata del contributo dei vari orizzonti mediante la relazione:

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

Dove:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N : numero di strati;

H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

In assenza di specifiche eseguite nell'area, sulla base delle evidenze morfologiche e del rilevamento geologico eseguito, si ritiene di poter classificare i terreni in sito come suolo di tipo “B” ovvero *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*.

8.5.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica questa risulta acclive, con inclinazione superiore ai 15°. Per questo motivo le morfologie possono essere ricondotte ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.III.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

In particolare, il sito in oggetto può essere classificato di categoria **T2**, “Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$ ”, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1,2$.

9 CONCLUSIONI ED INTERVENTI PROPOSTI

Durante gli eventi meteorologici del maggio 2023, l'enorme disponibilità di acqua sia superficiale che sub-superficiale, abbia mobilitato volumi di coltri, principalmente eluvio-colluviali e detritiche, che ragionevolmente si accumulavano sopra il substrato da molti decenni. Le precipitazioni occorse tra il 16 e 17 maggio (il secondo dei due eventi) hanno superato, nel medio Appennino delle valli del Reno e del Setta, i 150 mm/36h, superando i massimi storici del 1961.

L'imbibizione dei terreni costituenti le coltri, di natura quasi esclusivamente granulare, l'instaurarsi di flusso concentrato all'interfaccia con il sottostante substrato e lo scalzamento al piede dei depositi sospesi sui fianchi delle incisioni causato dalle grandi portate all'interno delle incisioni, ha comportato l'innescò di una gran quantità di scivolamenti, di varie dimensioni, lungo i versanti a monte delle tratte della SP 325 attenzionate. I corpi di frana di tali scivolamenti sono spesso stati presi in carico dai corsi d'acqua effimeri che in quell'occasione hanno registrato portate record, generando così numerose colate detritiche che hanno invaso la sede stradale con accumuli di materiale proveniente anche da movimenti a quote assai superiori a quelle del piano stradale.

Un'ulteriore tipologia di dissesto che ha interessato le tratte stradali attenzionate, più marginale nel contesto degli eventi del 2023, è rappresentata dalla caduta massi.

Tra il 17 e il 19 settembre ed il 17 e 21 ottobre 2024, altri due importanti eventi meteorologici si sono abbattuti sul territorio regionale, colpendo in particolar modo il medio Appennino, con apporti che hanno localmente superato i 150 mm/24h e i 100 mm/12h.

Questi nuovi eventi meteo hanno comportato, oltre alle importanti piene fluviali ed esondazioni, l'attivazione e riattivazione di molti movimenti superficiali. Si può affermare tuttavia come l'impatto sulle frane degli eventi del 2024, rispetto a quelli dell'anno precedente, sia stato minore. Ciò è riconducibile alla minor disponibilità di materiale mobilizzabile, un'aliquota importante delle coltri, depositatesi al di sopra del substrato roccioso nel corso dei decenni (secoli) risultava già franato con gli eventi del 2023.

Allo stato attuale, lungo le tratte attenzionate, sussistono sostanzialmente 3 tipologie di dissesto, illustrate al §7:

- Instabilità delle coperture quaternarie (coltri);
- Fenomeni idraulici quali esondazioni e colate detritiche (*debris-flow*);
- Caduta massi

A questi si aggiunge la tematica dell'intensa erosione superficiale causata dalla scomparsa della copertura vegetale conseguente agli scivolamenti occorsi.

Sulla scorta dei rilievi di dettaglio eseguiti lungo i versanti, sono stati individuati e perimetrati i settori interessati da una o più delle tipologie di dissesto descritte. Sono stati altresì individuati gli interventi di mitigazione del pericolo già esistenti e di questi sono stati valutati lo stato di conservazione e l'efficacia.

A valle dello studio eseguito, si è formulata definita la proposta di interventi finalizzata al ripristino della circolazione in condizioni di sicurezza lungo i tratti attenzionati della SP 325; tale proposta è stata sviluppata nell'ambito del presente progetto esecutivo.

Di seguito vengono illustrati per sommi capi gli interventi previsti a bordo strada e lungo i versanti per i n°3 diversi siti attenzionati.

9.1 SITO DI ALLOCCO

Lungo le scarpate rocciose in affaccio diretto alla viabilità sono presenti numerosi interventi di rivestimento e rafforzamento corticale, realizzati attraverso varie combinazioni geometriche di rete metallica a doppia torsione, localmente integrata con pannelli di fune, funi spirodali in acciaio ed ancoraggi in barre d'acciaio. Si prevede una manutenzione ordinaria e straordinaria di tali interventi, e in diversi casi, la loro integrazione o sostituzione.

Lungo tutte le scarpate in affaccio diretto alla viabilità, interessate o meno dalla presenza di interventi esistenti, sono previste operazioni di pulizia e disgaggio dei volumi instabili. Sono previsti anche locali abbattimenti di volumi superiori al metro cubo da realizzarsi tramite mezzi meccanici.

Gli interventi lungo le scarpate sono finalizzati:

- ad impedire, specie nel breve termine, il maggior numero possibile di distacchi di blocchi lapidei dalle pareti;
- ad impedire la mobilizzazione delle coltri che, oltre il ciglio delle scarpate, ricoprono il substrato;
- nel medio termine, a trattenere in parete o, nel caso dei semplici rivestimenti, ad accompagnare in sicurezza al piede della scarpata il detrito prodotto dagli eventuali distacchi di materiale.

Nelle scarpate con acclività compatibile con la presenza di vegetazione, siano esse state coinvolte o meno dai dissesti del 2023 e 2024, viene proposta l'installazione di rafforzamenti corticali accoppiati con tessuto antierosivo in fibra di cocco, che inibisca l'erosione e promuova la ripresa della vegetazione. Ciò permetterà la stabilizzazione di quei settori della scarpata e di limitare drasticamente gli apporti di materiale sabbioso lungo la strada e nel sistema di gestione delle acque superficiali.

Si prevede la riprofilatura di alcune scarpate, soprattutto al piede delle stesse.; ciò avverrà attraverso la rimozione, oltre che del materiale da disaggiare e di quello attualmente presente a tergo degli interventi esistenti, degli accumuli al piede delle scarpate, così da ricavare una superficie pianeggiante che costituisca un franco tra la sede stradale e la scarpata stessa. Laddove le geometrie della scarpata rispetto alla sede stradale siano compatibili, parte di questo materiale verrà impiegato per la realizzazione di argini contenitivi che possano impedire la propagazione di potenziali corpi di crollo e contenere eventuali apporti di terreno provenienti dalle incisioni a monte della strada.

9.2 SITO DI VADO (1)

Si prevede l'installazione, presso lo sbocco a valle delle tre incisioni più settentrionali dell'area di studio, di altrettante barriere anti-colata (h 4.5 m e h 6 m, montante in aderenza ai fianchi delle incisioni, che possano trattenere il materiale trasportato a valle dalle potenziali colate detritiche (*debris-flow*). Come ulteriore opera di presidio nei confronti di questa tipologia di evento, si prevede la realizzazione di due muri di contenimento h 2 m da bordo strada, in parte sovrapposti per permettere l'accesso ai mezzi meccanici (escavatori e camion) che verranno impiegati nelle

operazioni di pulizia e manutenzione ordinaria e straordinaria del bacino di contenimento che si verrà così a creare.

Nella parte meridionale dell'area di studio, a sud delle due civili abitazioni, dove è presente a bordo strada un muro di protezioni in faldoni lapidei realizzato a seguito degli eventi del 2023, vengono proposte riprofilature delle scarpate, attualmente estremamente esposte all'erosione, volte a ricavare anche qui uno spazio sufficiente da contenere il materiale trasportato a valle dalle potenziali colate detritiche (*debris-flow*). È prevista la parziale modifica del muro esistente al fine di permettere, come più a nord, l'accesso ai mezzi di manutenzione.

Lungo le scarpate in erosione è prevista, successivamente alla riprofilatura, l'installazione di un rafforzamento corticale antierosivo (tessuto in fibra di cocco accoppiato alla rete metallica a doppia torsione), che possa favorire l'attecchimento della vegetazione lungo le superfici non eccessivamente verticali, attualmente denudate, siano esse costituite da roccia affiorante o sepolta sotto coltri di copertura. Ciò permetterà la stabilizzazione di quei settori della scarpata e di limitare drasticamente gli apporti di materiale sabbioso lungo la strada e nel sistema di gestione delle acque superficiali.

In testa all'evidente sperone roccioso al limite meridionale dell'area di indagine, che mostra evidenze di detensionamento, con fratture aperte che predispongono al distacco di blocchi, si prevede, previa operazioni di pulizia e disaggio, l'installazione di un adeguato rafforzamento corticale che impedisca il più possibile il distacco di blocchi e possa eventualmente trattenerli.

9.3 SITO DI VADO (2)

Al fine di contrastare l'erosione accelerata cui è soggetta la vasta superficie di frana, successivamente riprofilata ($>5'000\text{ m}^2$), viene prevista l'installazione di un rafforzamento corticale antierosivo (tessuto in fibra di cocco accoppiato alla rete metallica a doppia torsione), che possa favorire l'attecchimento della vegetazione lungo la scarpata attualmente denudata, prevalentemente costituita da roccia affiorante tenera e superficialmente molto alterabile/disgregabile (solo localmente sepolta sotto coltri di copertura). Ciò permetterà di limitare drasticamente gli apporti di materiale sabbioso lungo la strada e nel sistema di gestione delle acque superficiali.

Lungo i solchi dove si prevede lo scorrere concentrato delle acque di ruscellamento, si prevede di installare una serie di piccole briglie realizzate in legno di castagno, eventualmente ancorate al substrato mediante barre d'acciaio, che permettano di rallentare la velocità dell'acqua e dunque limitarne la capacità di erodere il substrato e danneggiare il rafforzamento corticale antierosivo.

In testa alla scarpata denudata, nei pressi del fianco destro, si prevede l'installazione di un rafforzamento corticale in pannelli di fine armati con funi incrociate, che impediscano l'instabilizzazione degli spessori di coltre che ricoprono il substrato, che conseguentemente alla frana del 2023, sono attualmente privi di sostegno al piede.

L'instabilizzazione delle coltri detritiche presenti lungo il fondo canale e sui fianchi delle due incisioni presenti a monte del fianco sinistro della scarpata di frana/riprofilata, potrebbe generare, in occasione di importanti eventi piovosi, l'originarsi di colate detritiche (*debris-flow*). Al fine della protezione della viabilità nei confronti di questo tipo di dissesto, è prevista l'installazione di una barriera anti-colata poco a valle delle confluenze delle due incisioni.

Per mitigare il pericolo da caduta massi, è prevista l'installazione di una barriera paramassi da 100 kJ, h 2.5 m, lunga 36 m, poco sotto il ciglio della scarpata principale, a valle del rafforzamento corticale a pannelli di fune.

Si prevede infine di creare un accesso ai mezzi meccanici (escavatore), tramite parziale modifica del muro in faldoni lapidei realizzato successivamente agli eventi del 2023 e alla riprofilatura del versante. Ciò permetterà la pulizia e la manutenzione del bacino di contenimento già presente a tergo del muro.