



COMUNE DI SALANDRA
PROVINCIA DI MATERA
REGIONE BASILICATA

**PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO AGRI-FOTOVOLTAICO
DI POTENZA DI PICCO P= 19'800 kWp
E POTENZA NOMINALE E DI IMMISSIONE P=19'756,10 kW
NEL COMUNE DI SALANDRA**

Proponente

SOLAR ENERGY TRENTUNO Srl
VIA SEBASTIAN ALTMANN n. 9 - 39100 BOLZANO (BZ)
n°REA: BZ-234087 - C.F.: 03123900213
solarenergytrentuno.srl@legalmail.it

Progettazione



SEDE LECCE: via O. De Donno, 7 - 73100 Lecce
SEDE BARI: via O. Mazzitelli, 264 - 70124 Bari
sito web: www.sitea.info e-mail: info@sitea.info Tel/Fax:080/5798661
Azienda certificata UNI EN ISO 9001:2015



Preparato
Ing. G. NUZZO

Verificato
Ing. T. FARENGA

Approvato
Ing. T. FARENGA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

**IMPIANTO AGRI-FOTOVOLTAICO
STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA**

Elaborato N.

A.5

Data emissione
12/05/22

Nome file
Studio di compatibilità geomorfologica

N. Progetto
SOL025

Pagina
COVER

00	12/05/22	PRIMA EMISSIONE
REV.	DATA	DESCRIZIONE

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI SOLAR ENERGY TRENTUNO S.R.L. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.
THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SOLAR ENERGY TRENTUNO S.R.L. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTE BY LAW.

INDICE

1. PREMESSA	2
2. I DISSESTI INTERFERENTI CON LE OPERE DI PROGETTO: TIPOLOGIA E CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	16
3. COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA, GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA.....	32
3.1. Area Fr1 - Analisi di stabilità.....	33
3.2. Area Fr7 - Analisi di stabilità.....	39
3.3. Area Fr8 - Analisi di stabilità.....	45
3.4. Area Fr12 - Analisi di stabilità.....	51
3.5. Area Fr14 - Analisi di stabilità.....	56
 APPENDICE A DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	 63
APPENDICE B ANALISI DI STABILITA' DI PENDIO - RELAZIONE METODOLOGICA (Geostru Software "SLOPE").....	86
APPENDICE C1 ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr1 - TABULATI.....	97
APPENDICE C2 ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr7 - TABULATI.....	100
APPENDICE C3 ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr8 - TABULATI.....	107
APPENDICE C4 ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr12 - TABULATI.....	114
APPENDICE C5 ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr14 - TABULATI.....	120
APPENDICE D TAVOLE.....	126

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1. PREMESSA

La presente relazione riporta gli studi geomorfologici e geotecnici mirati alla definizione della compatibilità geomorfologica/geotecnica/idrogeologica dell'area di un parco fotovoltaico e relativi cavidotti, ubicati in una vasta area ricadente a cavallo dell'abitato di Salandra (cfr.Figg.1-2 e Tav.CG1), tra la località "La Montagnola" a quota 585m.slm e la località C.Vaccarizza a quota 280m.slm. (cfr. Figg.1-2 e Tav.CG1).

Lo studio di compatibilità geomorfologica e geotecnica riporta in particolare gli studi sulla stabilità dell'area di ubicazione del parco fotovoltaico e del cavidotto che, come evidenziato dalla Fig.3, costeggia o attraversa numerose (14) zone in frana, con rischi variabili da R2 ad R4. Gli studi sono volti ad accertare che possibili fenomeni di instabilità anche superficiale non compromettano l'efficienza e durabilità dei pannelli fotovoltaici e dell'opera lineare di trasporto dell'energia rinnovabile.

Lo studio affronta il problema della stabilità dell'area di ubicazione del parco fotovoltaico e della fascia di territorio interessata dal tracciato del cavidotto esterno, sulla base dell'osservazione morfologica dei luoghi (documentazione fotografica in Appendice A e documentazione cartografica di Tav.CG1 e Figg.1 e 2), sulla base del censimento delle aree in frana disponibile come "**servizio in linea**" del portale cartografico tematico della Regione Basilicata **RSDI** (cfr. Figg.3 e 4) e sulla base dei rilievi geologici di superficie (cfr. Relazione Geologica a firma del Dott.Saracino e carta geologica di Fig.5).

In particolare la Regione Basilicata, tramite il progetto IFFI e gli studi dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (Sede Basilicata) ha definito la perimetrazione di numerosi corpi di frana caratterizzati, come detto, da rischio variabile in funzione della presenza di strade ed abitazioni e più in generale della presenza di animali e uomini (Figg.3 e 4).

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Fig.1a - Parco fotovoltaico in località La Montagnola e cavidotto esterno su ortofoto

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

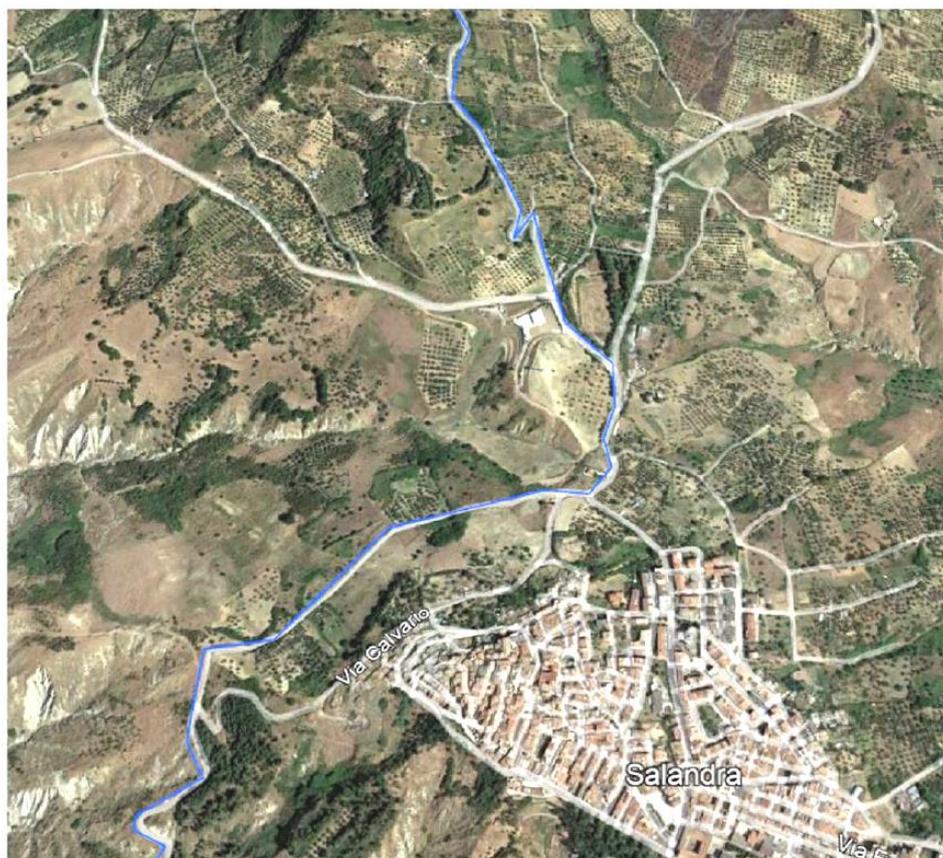
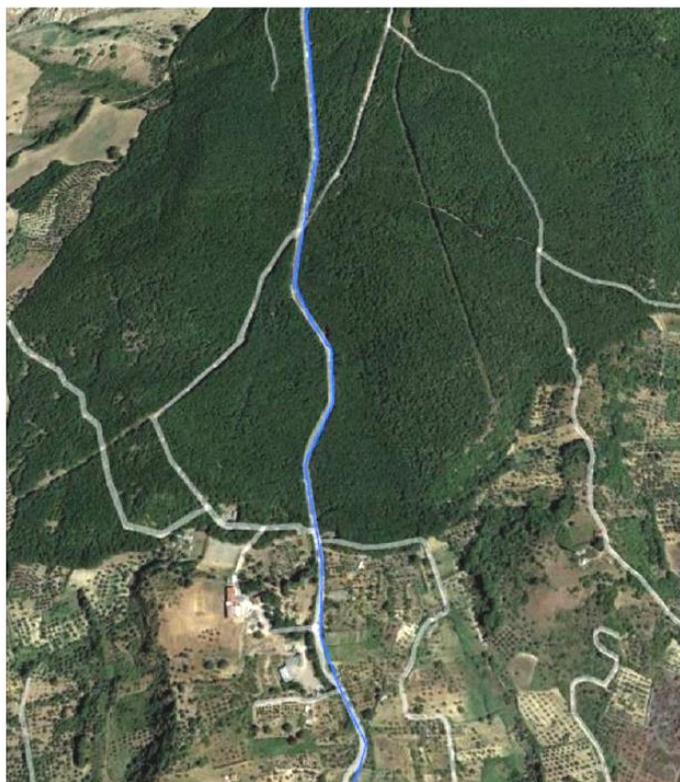


Fig.1b - Tracciato Nord-Sud del cavidotto esterno su ortofoto

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Fig.1c - Tracciato del cavidotto esterno da Salandra alla valle del T.Salandrella e termine in zona C.Vaccarizza, su ortofoto

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

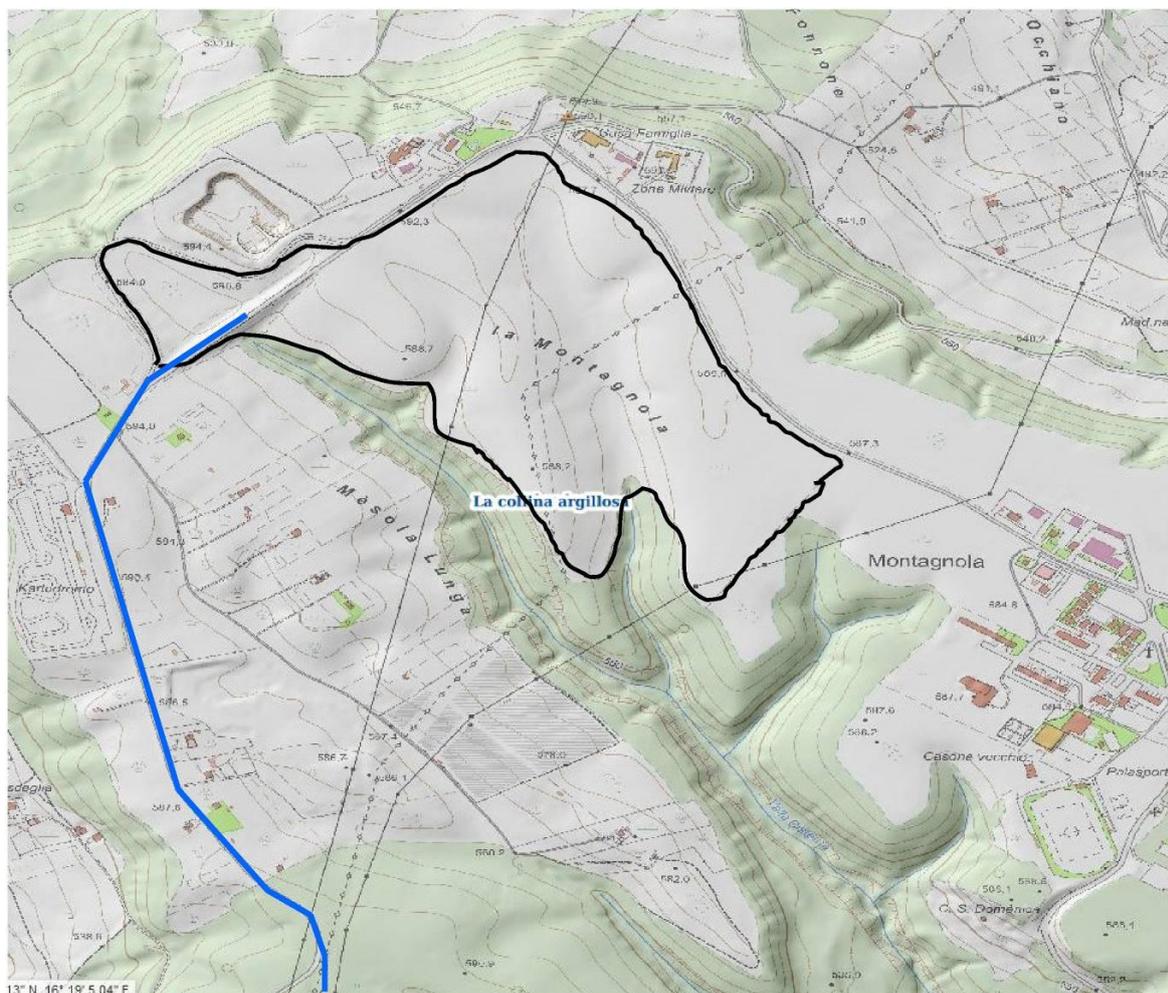


Fig.2a - Parco fotovoltaico in località La Montagnola e cavidotto esterno su CTR/rilievo

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

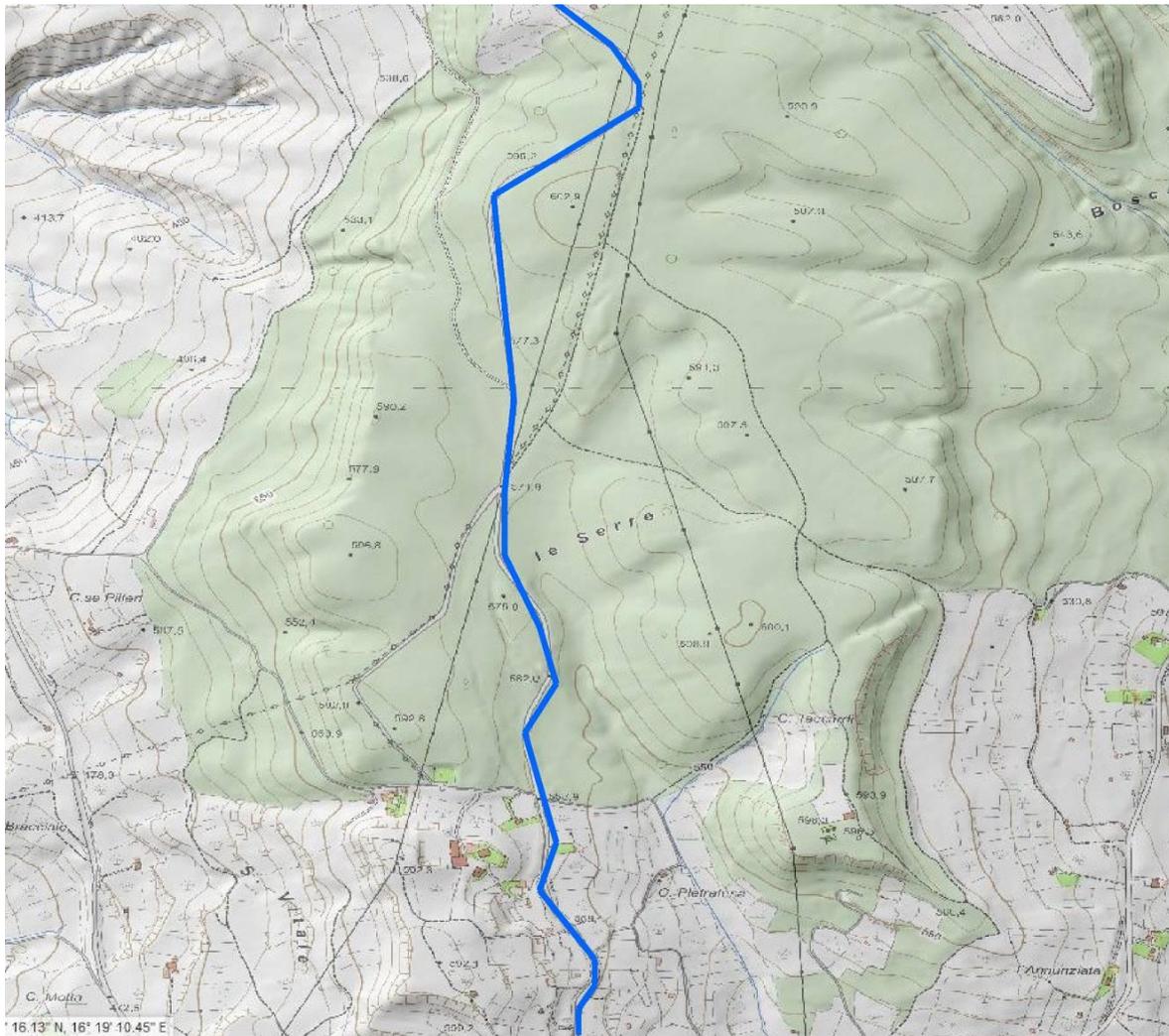


Fig.2b - Tracciato Nord-Sud del cavidotto esterno su CTR/rilievo

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

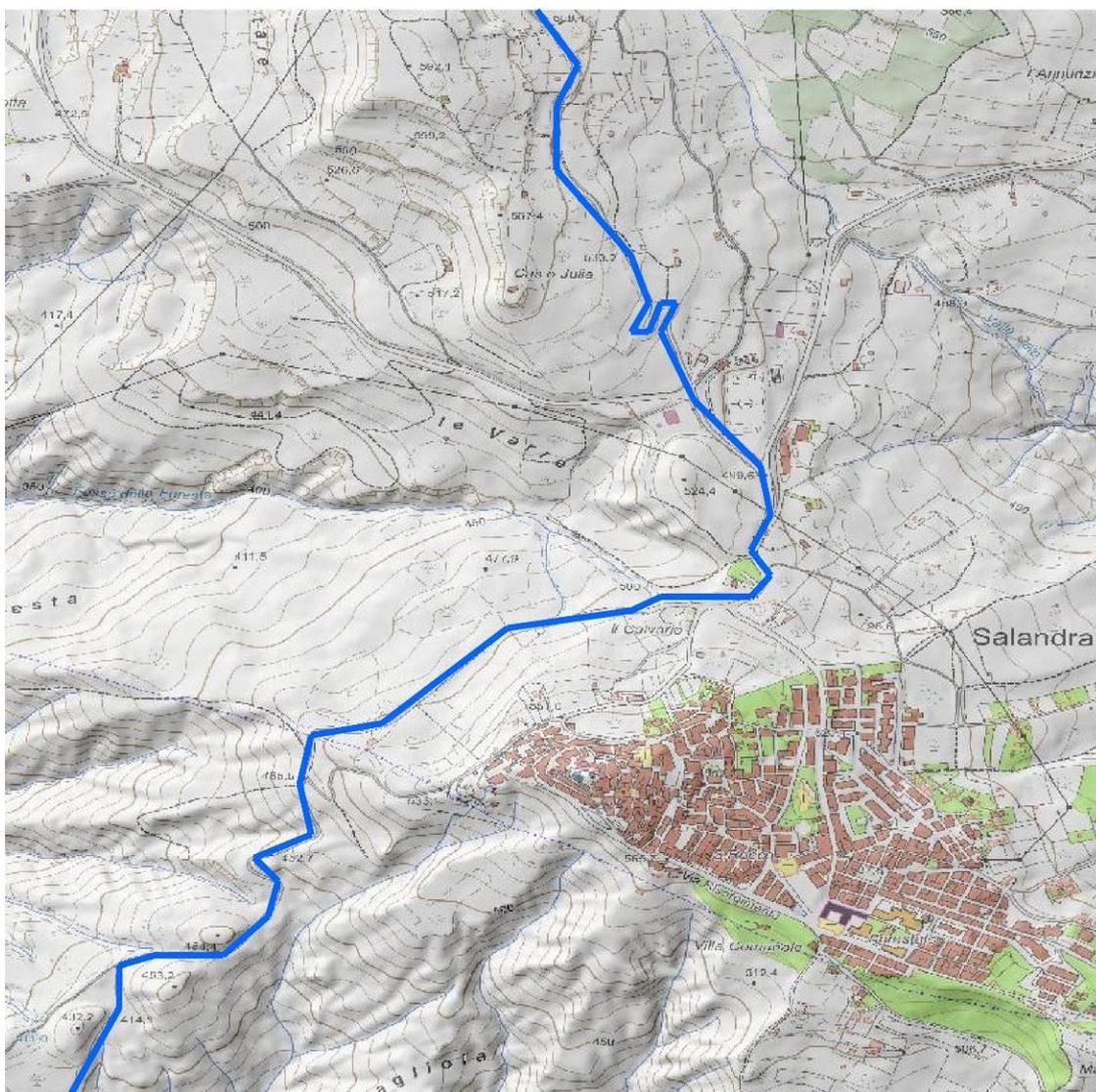


Fig.2c - Tracciato del cavidotto esterno a nord e ad ovest dell'abitato di Salandra, su CTR/rilievo

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

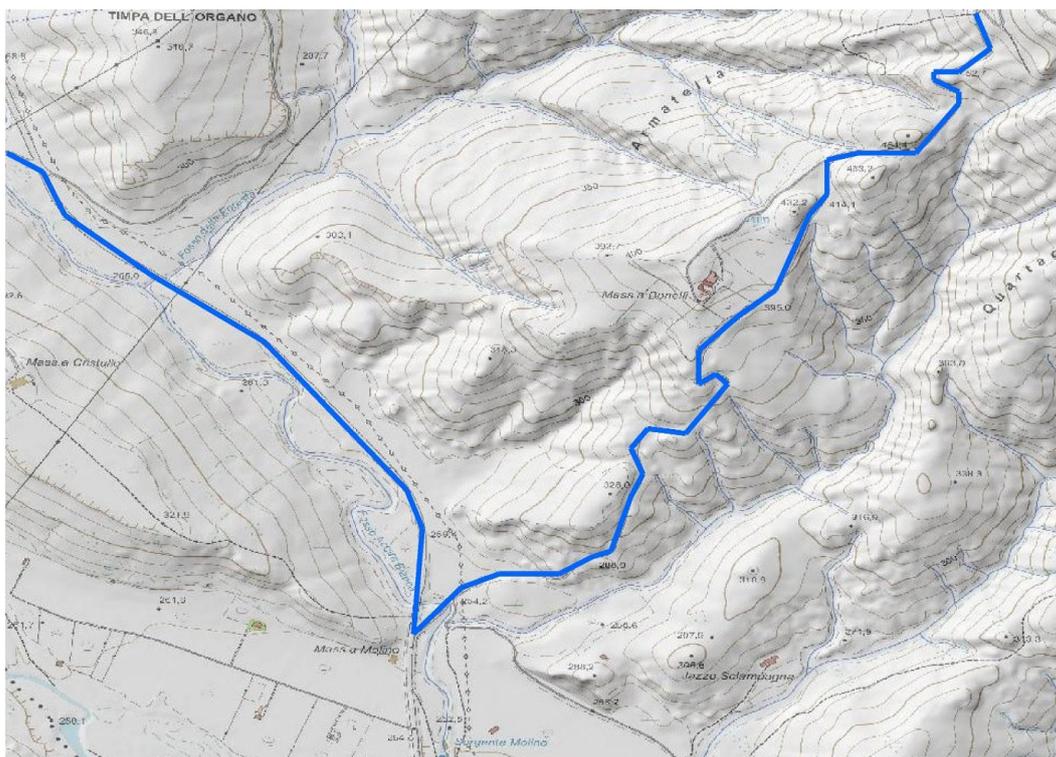


Fig.2d - Tracciato del cavidotto esterno da Salandra alla valle del T.Salandrella su CTR/rilievo

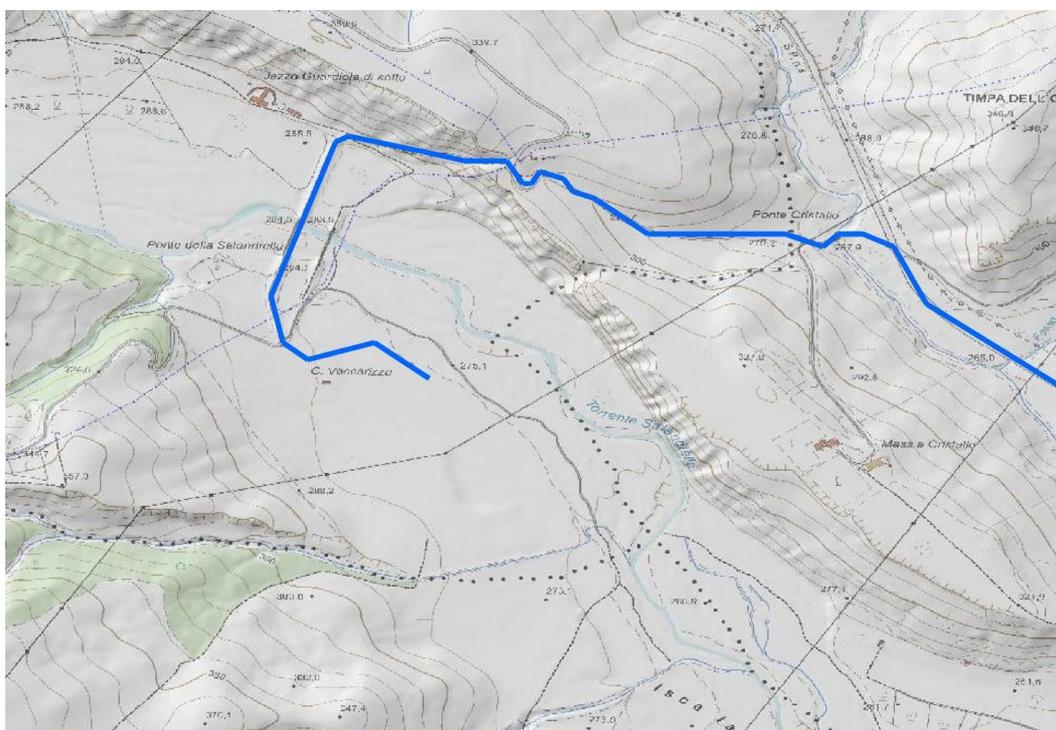


Fig.2e - Tracciato del cavidotto esterno lungo la valle del T.Salandrella e termine nell'area della sottostazione elettrica in località C.Vaccarizza, su CTR/rilievo

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

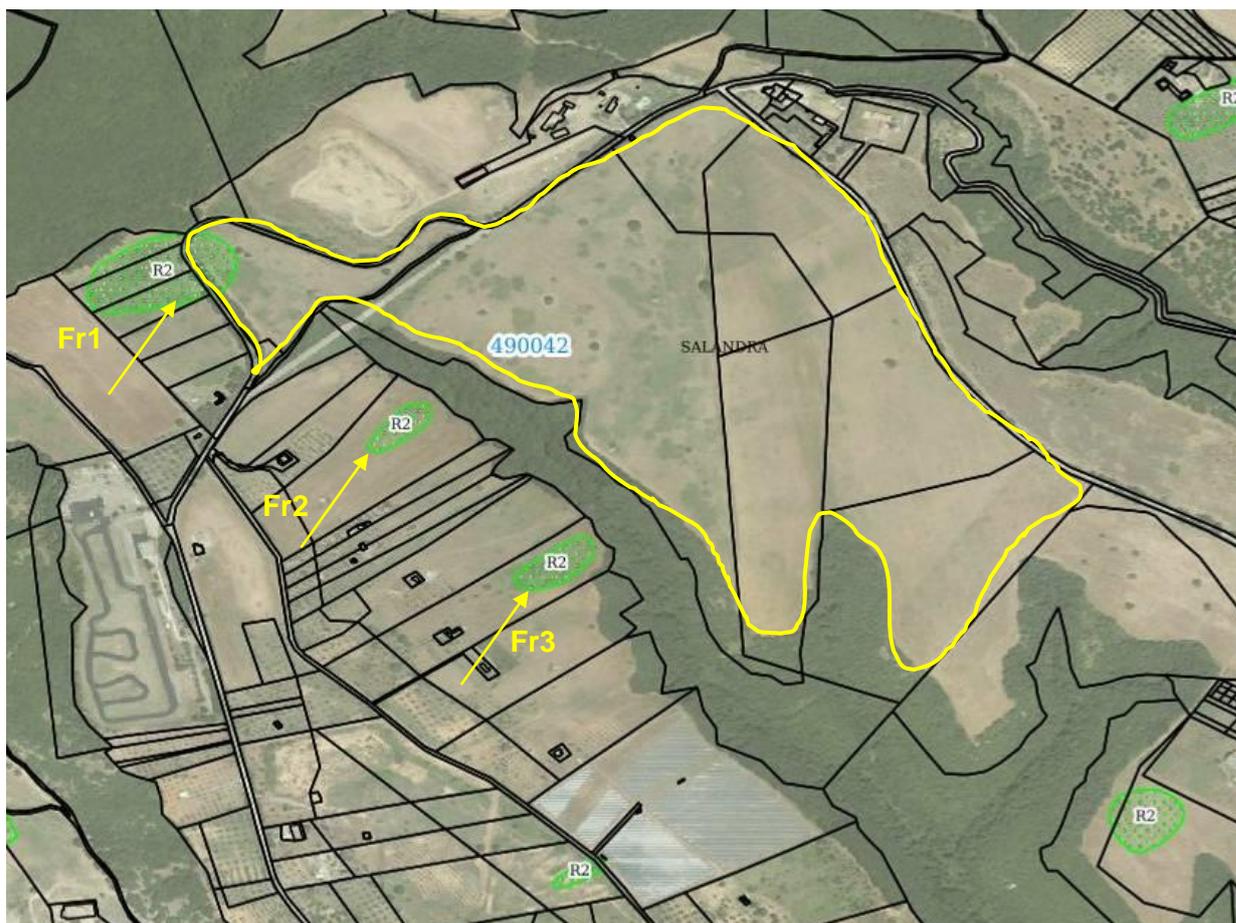


Fig.3a - Localizzazione delle frane Fr1-Fr2-Fr3

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

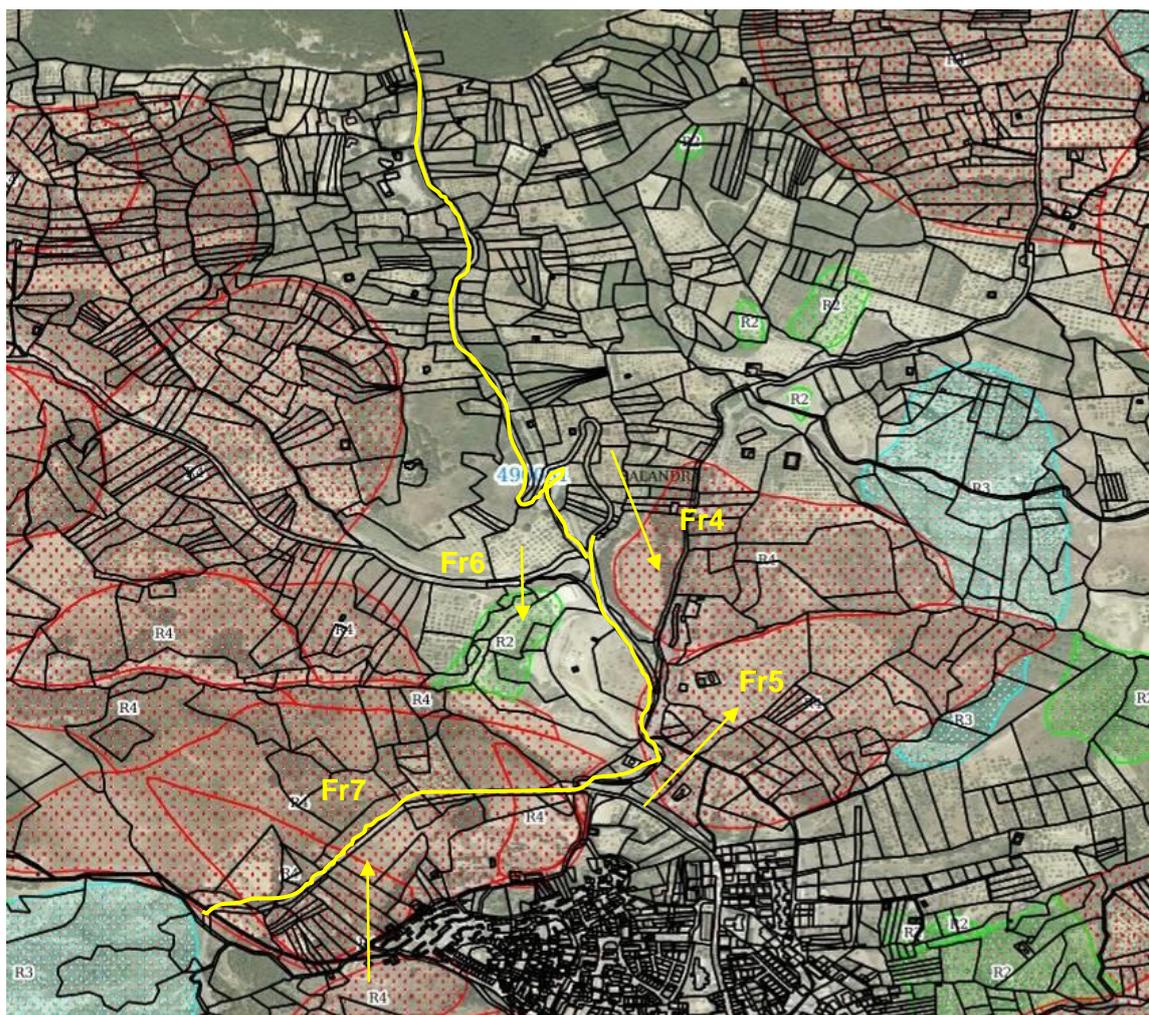


Fig.3b - Localizzazione frane Fr4-Fr5-Fr6-Fr7 lungo il tracciato del cavidotto esterno

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

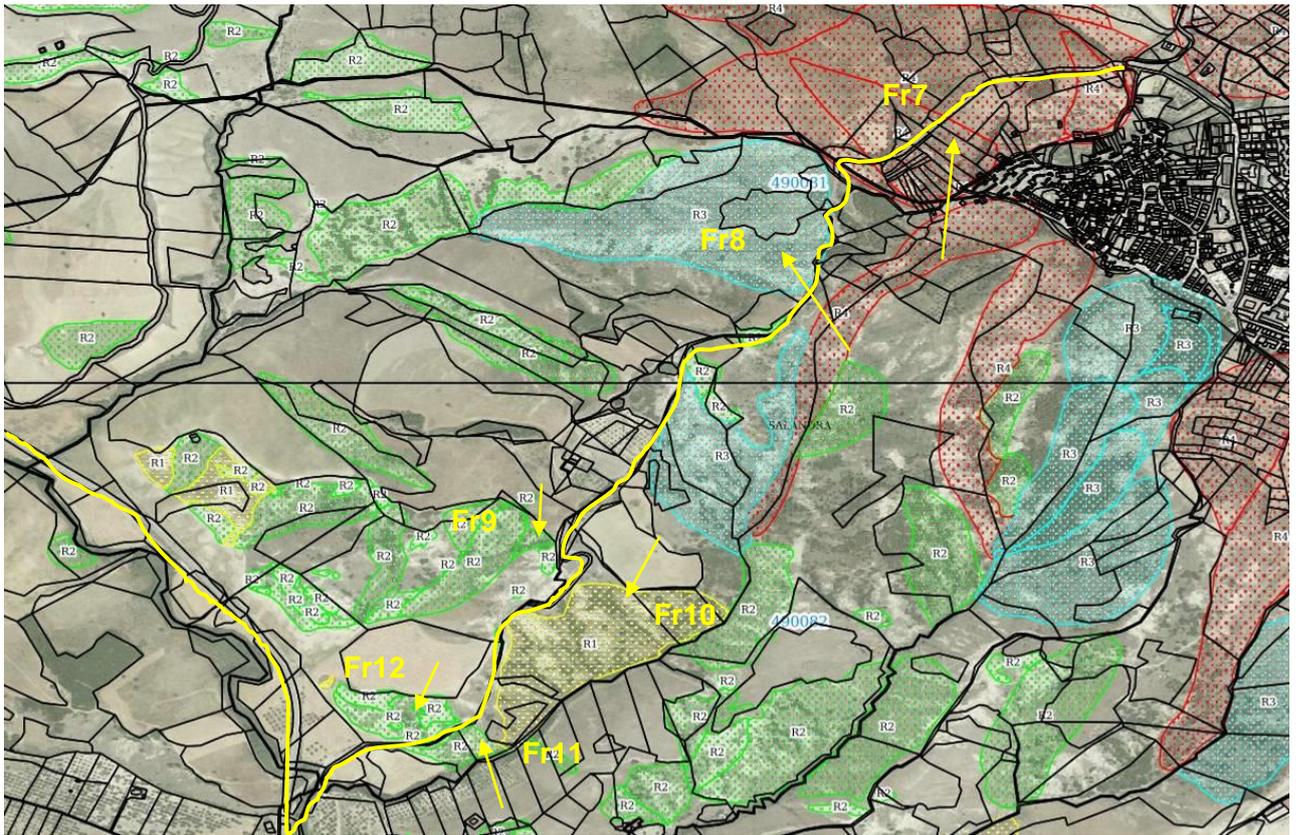


Fig.3c - Localizzazione frane Fr7-Fr8-Fr9-Fr10-Fr11-Fr12 lungo il tracciato del cavidotto esterno

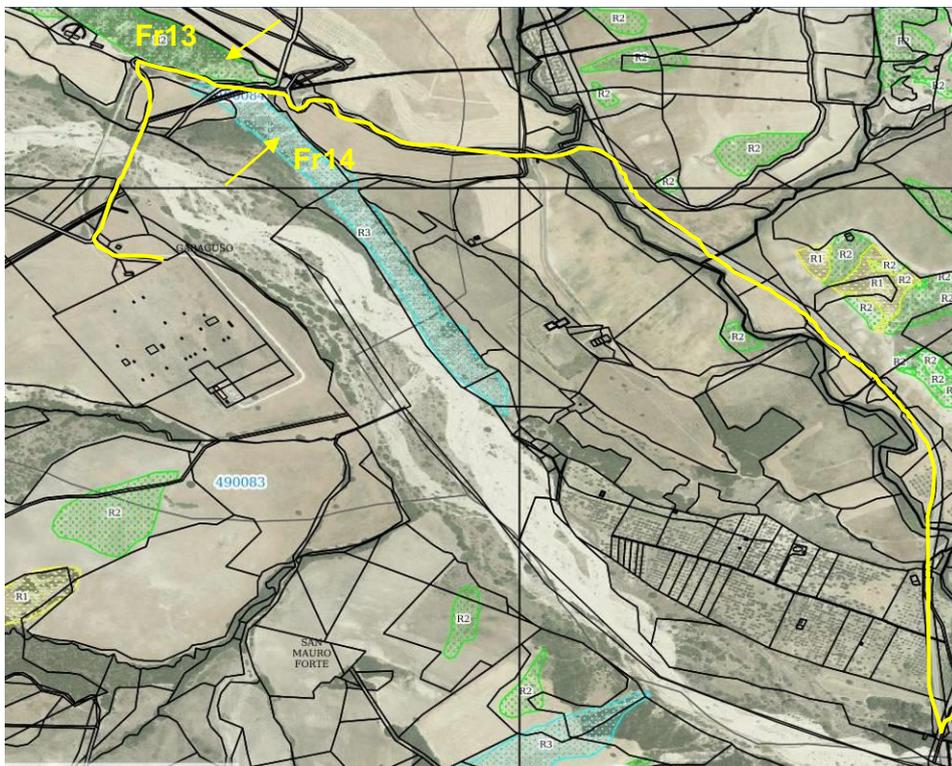


Fig.3d - Localizzazione frane Fr13-Fr14 lungo il tracciato del cavidotto esterno

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

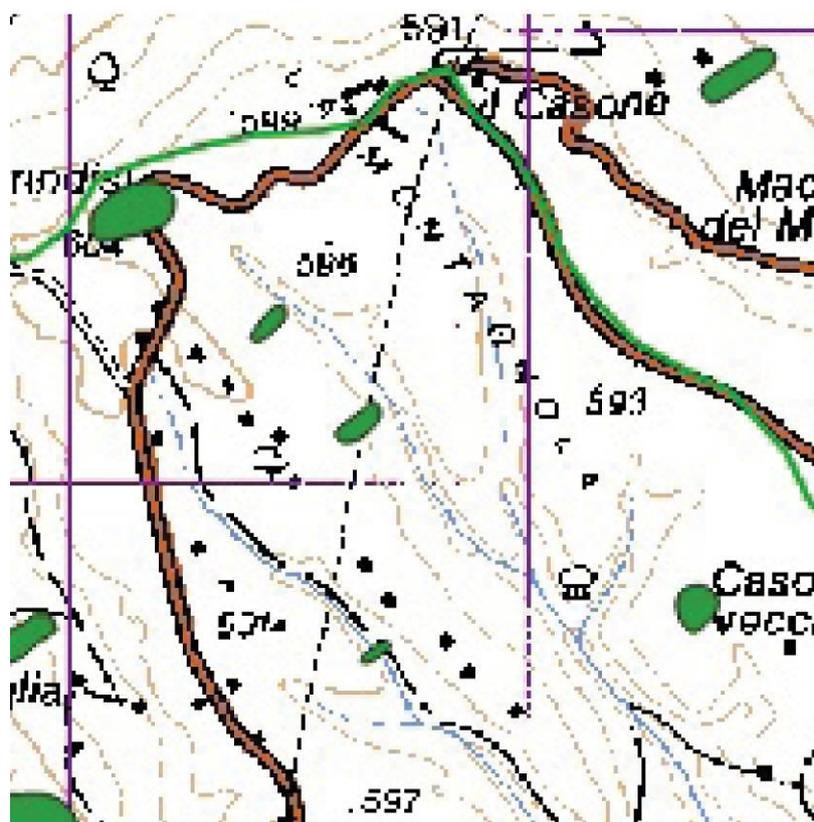
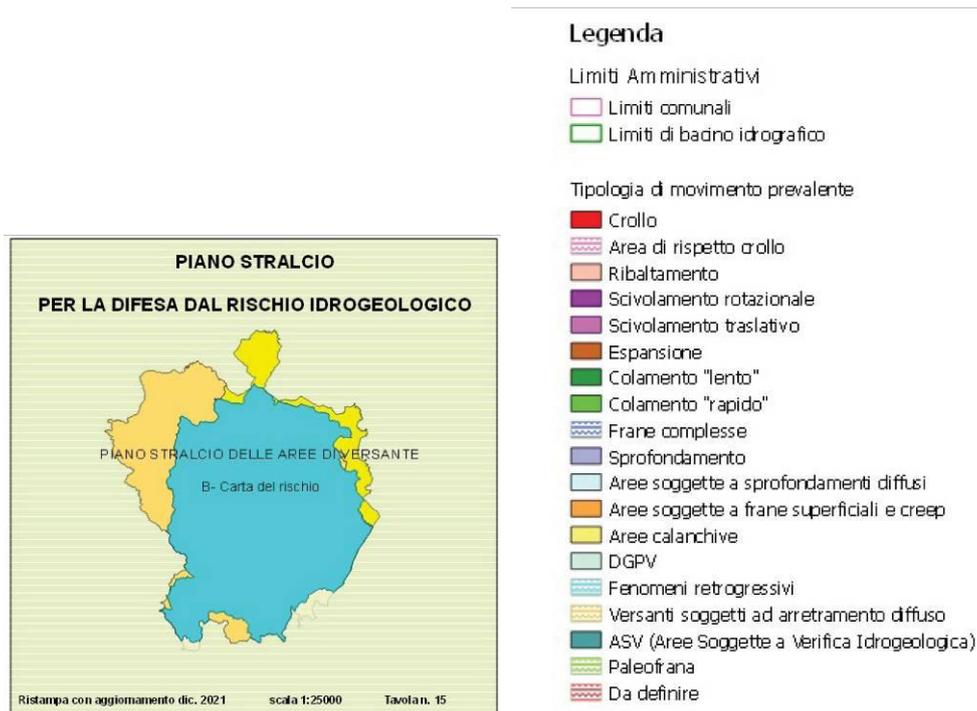


Fig.4a - Censimento delle aree instabili di versante (o potenzialmente tali).
Area Parco Montagnola

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

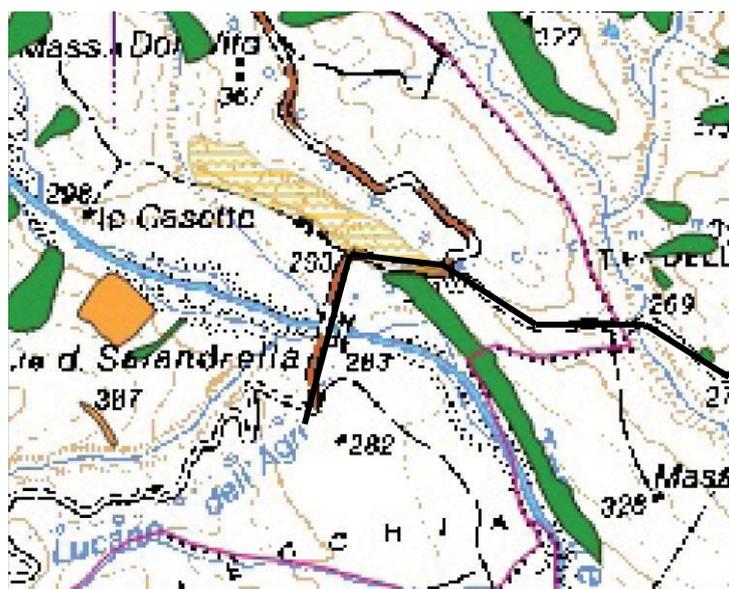
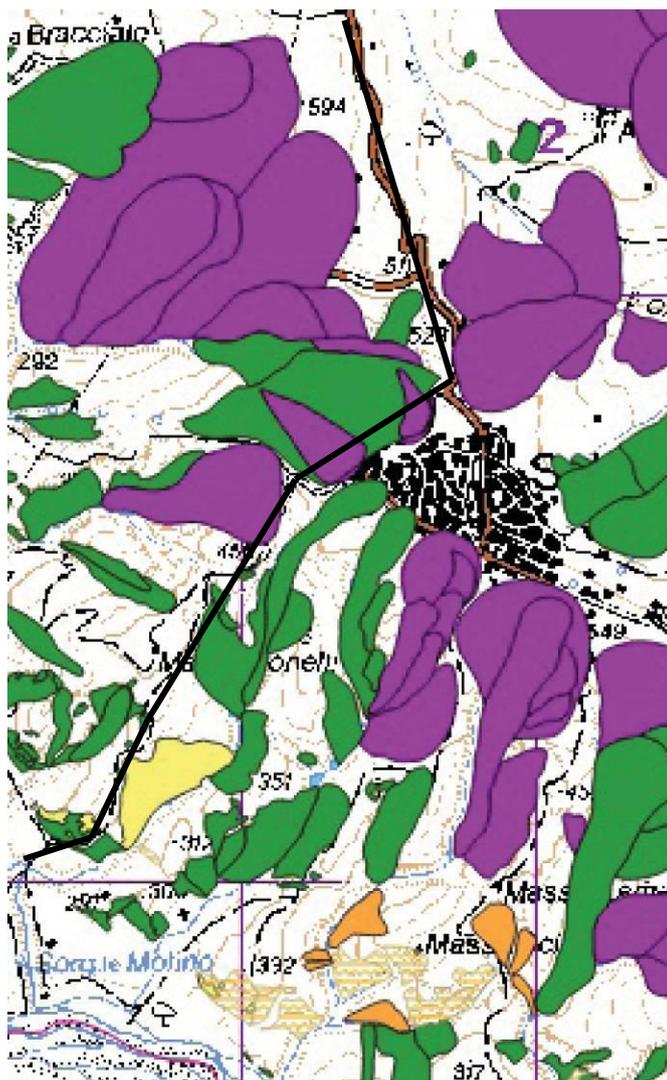


Fig.4b-4c - Censimento delle aree instabili di versante (o potenzialmente tali) - cavidotto.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

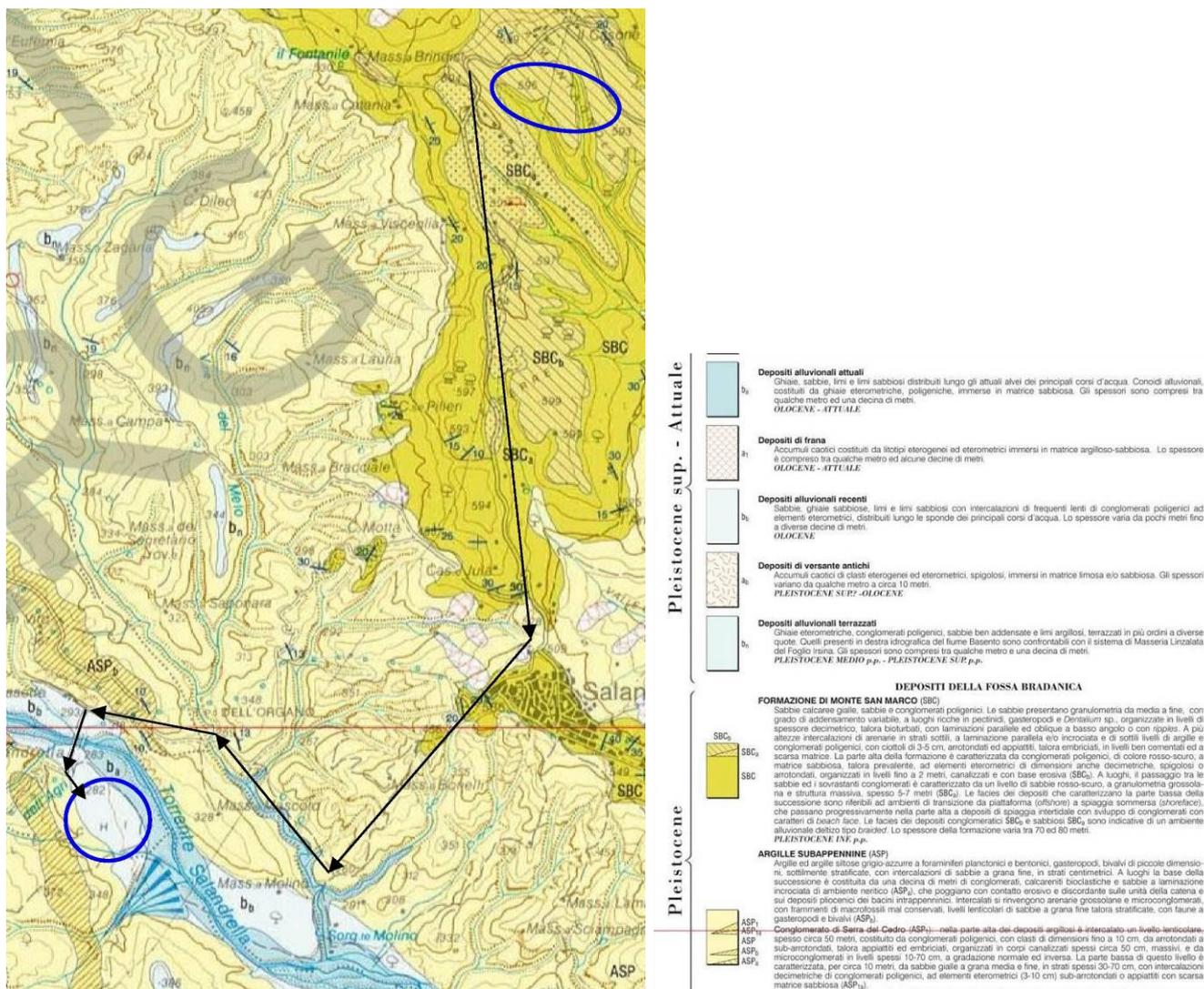


Fig.5 - Planimetria geologica con ubicazione dell'area parco e del cavidotto esterno

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2. I DISSESTI INTERFERENTI CON LE OPERE DI PROGETTO:

TIPOLOGIA E CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Anche se risulta sempre difficile inquadrare i fenomeni di dissesto in schemi classificatori rigidi e precostituiti, non si è potuto evidentemente prescindere dal riferimento ad una determinata classificazione.

I movimenti franosi potenziali e reali cartografati nelle vicinanze o in corrispondenza delle opere di progetto e sinteticamente evidenziati dalle carte tematiche dell'AdB/Basilicata di Figg.3 e 4, **derivano essenzialmente da fenomeni erosivi.**

I termini adottati per quanto concerne i fenomeni erosivi, prodotti cioè essenzialmente dall'azione delle acque di scorrimento superficiale, sia sotto forma laminare e diffusa (Foto A) che con concentrazione lungo linee preferenziali o incanalata lungo il reticolo idrografico (Foto B), non richiedono particolari chiarimenti, essendo quelli di norma usati dai vari Autori, e con significato ben preciso, nella letteratura specializzata. Va tuttavia evidenziato, come da un punto di vista pratico, possano a volte, in fase di rilevamento, sorgere obiettive difficoltà di attribuzione tra «erosione diffusa» e «erosione a rivoli o solchi», e ciò non perché i due fenomeni non siano ben differenziati tra loro, ma in quanto, rappresentando spesso diverse fasi di uno stesso processo evolutivo, vengono ad aversi delle situazioni di passaggio in cui l'attribuzione all'una o all'altra delle due classi considerate può definirsi soltanto in base ad un concetto di prevalenza.

I terreni prevalentemente argillosi e sabbiosi risultano particolarmente vulnerabili a tale fenomeno, talora complicato anche dalla presenza di modesta ma pericolosa circolazione idrica sotterranea e dall'assenza di vegetazione grimpante.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Foto A - Erosione incanalata di versante



Foto B - Erosione diffusa di versante a carattere calanchivo

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

In Fig.3 sono mostrate 14 aree franose che direttamente o indirettamente possono interferire con le opere di progetto ed in particolare con il cavidotto che collega la zona della Montagnola alla zona valliva del Torrente Salandrella.

Di seguito si fornisce una descrizione di queste aree instabili o potenzialmente tali che fa capo alla documentazione fotografica in Appendice A.

- AREA DI FRANA Fr1

Come si evince dalla Fig.3a, dalla Tav.GC1 e dalla documentazione fotografica in Appendice A, il movimento franoso interessa una piccola parte dell'area più settentrionale della zona in cui è localizzato il parco fotovoltaico di Fig.6. La cartografia tematica di Fig.4a definisce il movimento franoso Fr1 come "colamento lento". Si tratta di una zona depressa bordata dalla scarpata della strada che la circonda, a sua volta posta a mezza costa nel versante di moderata pendenza (10% circa). La Tav.CG2 mostra il profilo della frana Fr1 che, come si evince dalla carta geologica di Figg.5 e 7, ricade in terreni sabbioso-conglomeratici di notevole spessore (Formazione di Monte San Marco - **SBC**).

La strada che costeggia l'area di impianto di Fig.6, in corrispondenza del movimento franoso appare in buono stato, mentre le scarpate della stessa strada (lato monte e lato valle) potrebbero essere consolidate localmente con una fila di gabbioni (Foto C). L'area subpianeggiante di impianto appare priva di fenomeni deformativi, mentre i terreni permeabili possono contenere una modesta falda superficiale, come testimoniato dal pozzo esistente poco a valle della strada perimetrale (Foto D e Fig.7).

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Foto C - Scarpata lato monte



Foto D - Pozzo ubicato immediatamente a valle della strada provinciale Ferrandina-Salandra

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

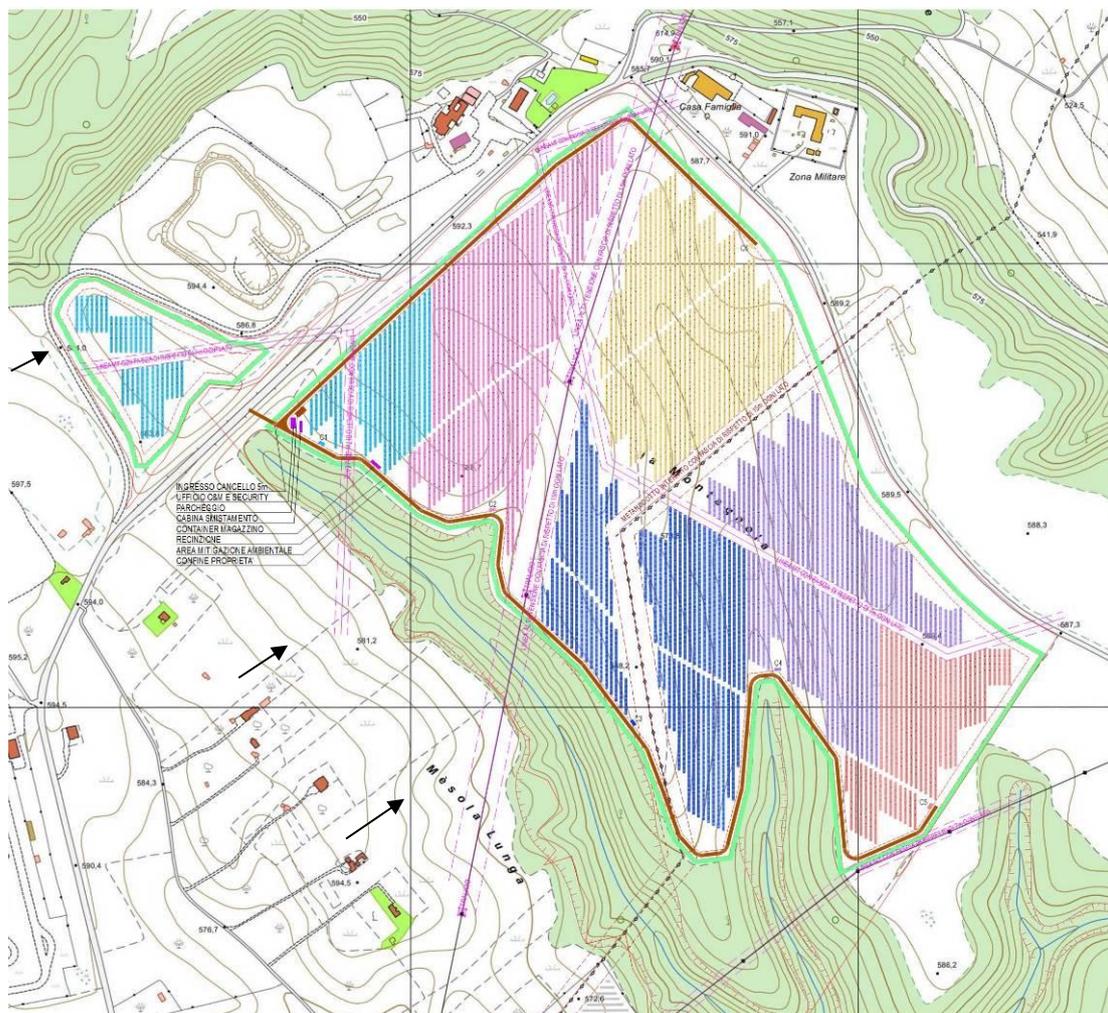
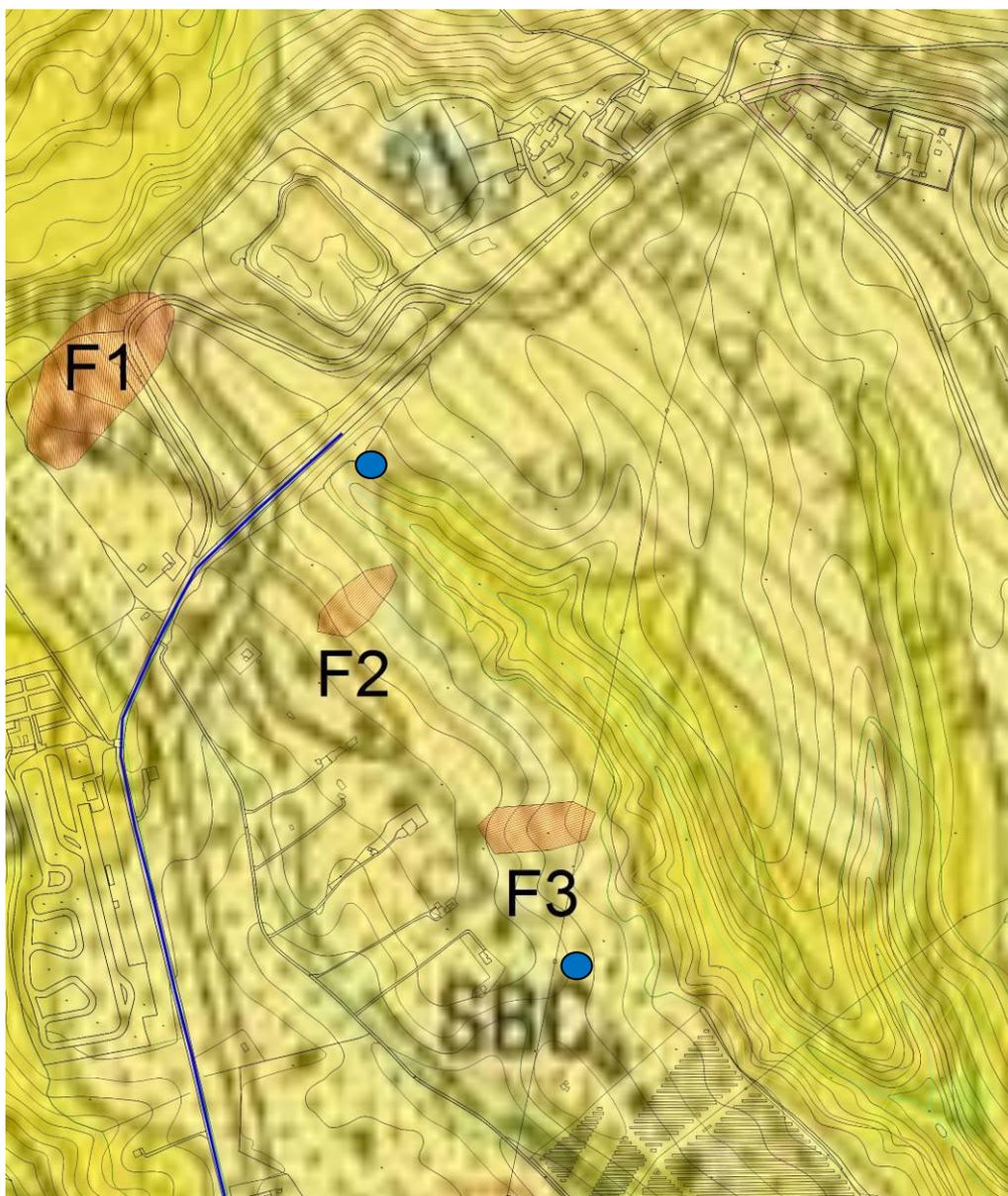


Fig.6 - Lay-out del parco fotovoltaico in località Montagnola con ubicazione delle frane Fr1-Fr2-Fr3

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione


FORMAZIONE DI MONTE SAN MARCO (SBC)

Sabbie calcaree gialle, sabbie e conglomerati poligenici. Le sabbie presentano granulometria da media a fine, con grado di addensamento variabile, a luoghi ricche in pectinidi, gasteropodi e *Dentalium* sp., organizzate in livelli di spessore decimetrico, talora bioturbati, con laminazioni parallele ed oblique a basso angolo o con *ripples*. A più altezze intercalazioni di arenarie in strati sottili, a laminazione parallela e/o incrociata e di sottili livelli di argille e conglomerati poligenici, con ciottoli di 3-5 cm, arrotondati ed appiattiti, talora embriciati, in livelli ben cementati ed a scarsa matrice. La parte alta della formazione è caratterizzata da conglomerati poligenici, di colore rosso-scuro, a matrice sabbiosa, talora prevalente, ad elementi eterometrici di dimensioni anche decimetriche, spigolosi o arrotondati, organizzati in livelli fino a 2 metri, canalizzati e con base erosiva (SBC_b). A luoghi, il passaggio tra le sabbie ed i sovrastanti conglomerati è caratterizzato da un livello di sabbie rosso-scuro, a granulometria grossolana e struttura massiva, spesso 5-7 metri (SBC_a). Le facies dei depositi che caratterizzano la parte bassa della successione sono riferibili ad ambienti di transizione da piattaforma (*offshore*) a spiaggia sommersa (*shoreface*), che passano progressivamente nella parte alta a depositi di spiaggia intertidale con sviluppo di conglomerati con caratteri di *beach face*. Le facies dei depositi conglomeratici SBC_b e sabbiosi SBC_a sono indicative di un ambiente alluvionale deltico tipo *braided*. Lo spessore della formazione varia tra 70 ed 80 metri.

PLEISTOCENE INE, p.p.

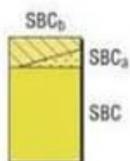


Fig.7 - Carta Geologica con ubicazione delle frane Fr1-Fr2-Fr3 e dei pozzi censiti

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

- **AREE DI FRANA Fr2-Fr3**

Come si evince dalla Fig.3a, dalla Tav.GC1 e dalla documentazione fotografica in Appendice A, i movimenti franosi non interessano direttamente la zona in cui è localizzato il parco fotovoltaico di Fig.6. La cartografia tematica di Fig.4a definisce i movimenti franosi Fr2-Fr3 come "colamenti lenti". Si tratta di un versante di moderata pendenza (15% circa). La Tav.CG2 mostra i profili delle frane Fr2-Fr3 che, come si evince dalla carta geologica di Fig.7, ricadono in terreni sabbioso-conglomeratici di notevole spessore (Formazione di Monte San Marco - **SBC**).

L'area di versante appare priva di fenomeni deformativi (cfr. documentazione fotografica in Appendice A), mentre i terreni permeabili possono contenere una modesta falda superficiale, come testimoniato dal pozzo esistente in destra idraulica del Fosso della Montagnola (Foto E e Fig.7).

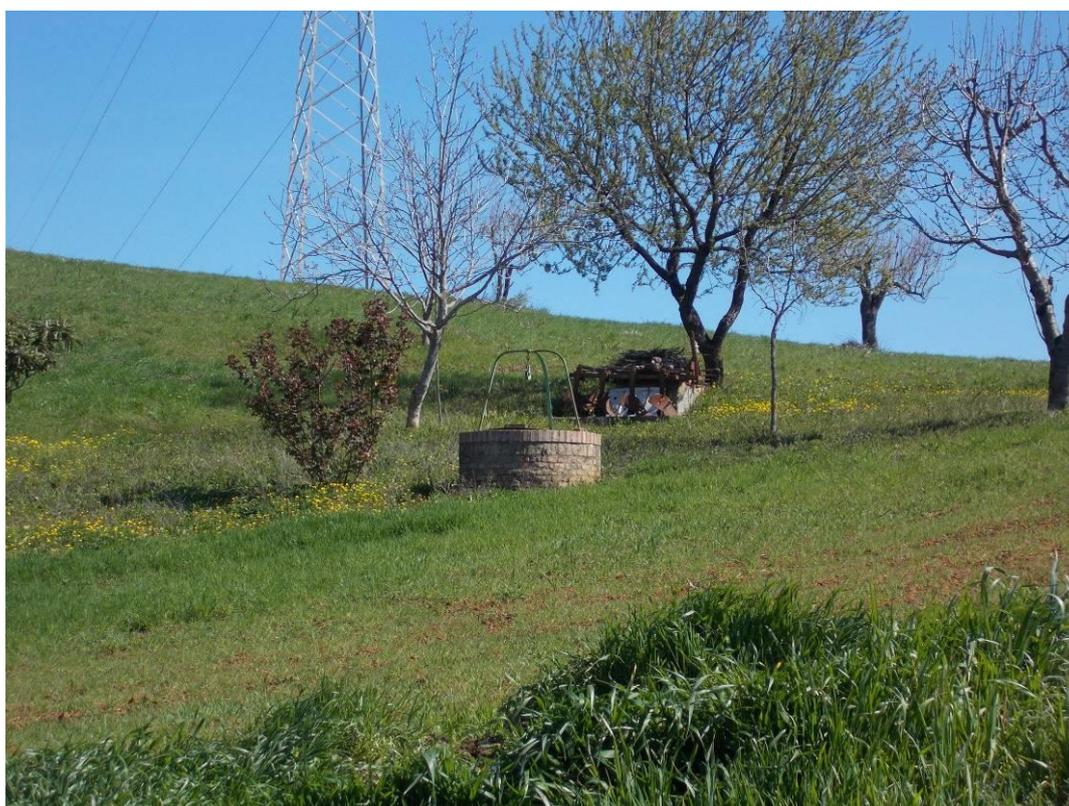


Foto E - Pozzo rilevato nei pressi dell'area di impianto e della Frana Fr3 di Fig.7

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

- **AREE DI FRANA Fr4-Fr5-Fr6**

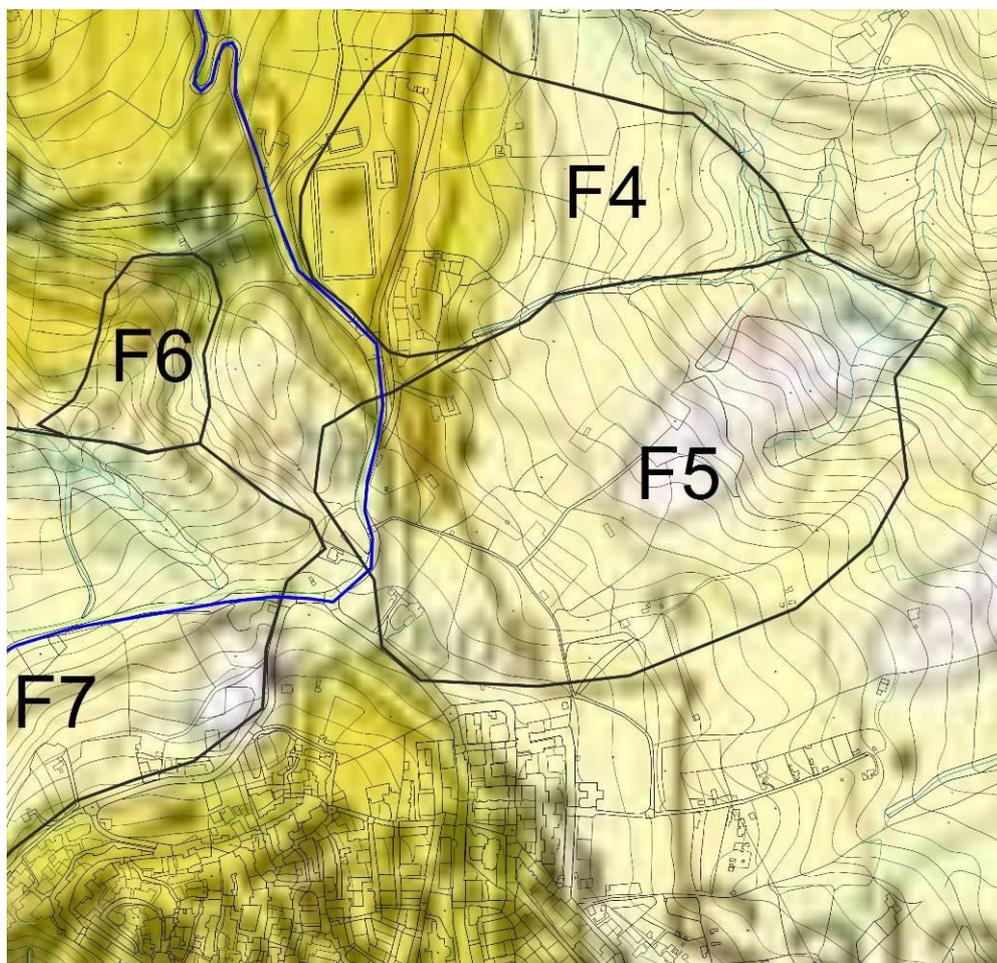
Come si evince dalla Fig.3b, dalla Tav.GC1 e dalla documentazione fotografica in Appendice A, i movimenti franosi Fr4 ed Fr5 lambiscono la strada su cui corre il tracciato del cavidotto, mentre il movimento Fr6 non interessa direttamente la strada. La cartografia tematica di Fig.4b definisce i movimenti franosi Fr4-Fr5 "scivolamenti rotazionali" ed il movimento Fr6 "colamento lento". Si tratta di versanti di moderata pendenza (15÷23%). La carta geologica di Fig.8 fa ricadere le aree Fr4 ed Fr6 in terreni sabbioso-conglomeratici (Formazione di Monte San Marco - **SBC**), mentre l'area Fr5 ricade in terreni argillosi (**ASP** di Fig.8).

Per quanto riguarda le aree Fr4 ed Fr6 non si segnalano possibili interferenze con la sede stradale dove correrà il cavidotto in scavo (cfr. documentazione fotografica in Appendice A). In corrispondenza dell'area Fr5 si rilevano soltanto fessurazioni localizzate nella pavimentazione stradale (Foto F).



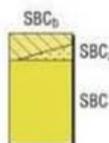
Foto F - Fessurazioni della pavimentazione stradale

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

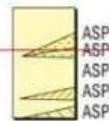

FORMAZIONE DI MONTE SAN MARCO (SBC)

Sabbie calcaree gialle, sabbie e conglomerati poligenici. Le sabbie presentano granulometria da media a fine, con grado di addensamento variabile, a luoghi ricche in pectinidi, gasteropodi e *Dentalium* sp., organizzate in livelli di spessore decimetrico, talora bioturbati, con laminazioni parallele ed oblique a basso angolo o con *ripples*. A più altezze intercalazioni di arenarie in strati sottili, a laminazione parallela e/o incrociata e di sottili livelli di argille e conglomerati poligenici, con ciottoli di 3-5 cm, arrotondati ed appiattiti, talora embriciati, in livelli ben cementati ed a scarsa matrice. La parte alta della formazione è caratterizzata da conglomerati poligenici, di colore rosso-scuro, a matrice sabbiosa, talora prevalente, ad elementi eterometrici di dimensioni anche decimetriche, spigolosi o arrotondati, organizzati in livelli fino a 2 metri, canalizzati e con base erosiva (SBC_b). A luoghi, il passaggio tra le sabbie ed i sovrastanti conglomerati è caratterizzato da un livello di sabbie rosso-scuro, a granulometria grossolana e struttura massiva, spesso 5-7 metri (SBC_a). Le facies dei depositi che caratterizzano la parte bassa della successione sono riferibili ad ambienti di transizione da piattaforma (*offshore*) a spiaggia sommersa (*shoreface*), che passano progressivamente nella parte alta a depositi di spiaggia intertidale con sviluppo di conglomerati con caratteri di *beach face*. Le facies dei depositi conglomeratici SBC_b e sabbiosi SBC_a sono indicative di un ambiente alluvionale deltico tipo *braided*. Lo spessore della formazione varia tra 70 ed 80 metri.

PLEISTOCENE INF. p.p.


ARGILLE SUBAPPENNINE (ASP)

Argille ed argille siliose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici e bentonici, gasteropodi, bivalvi di piccole dimensioni, sottilmente stratificate, con intercalazioni di sabbie a grana fine, in strati centimetrici. A luoghi la base della successione è costituita da una decina di metri di conglomerati, calcareniti bioclastiche e sabbie a laminazione incrociata di ambiente neritico (ASP₂), che poggiano con contatto erosivo e discordante sulle unità della catena e sui depositi pliocenici dei bacini intrappenninici. Intercalati si rinvengono arenarie grossolane e microconglomerati, con frammenti di macrofossili mal conservati, livelli lenticolari di sabbie a grana fine talora stratificate, con faune a gasteropodi e bivalvi (ASP₃).



Conglomerato di Serra del Cedro (ASP₁) nella parte alta dei depositi argillosi è intercalato un livello lenticolare, spesso circa 50 metri, costituito da conglomerati poligenici, con clasti di dimensioni fino a 10 cm, da arrotondati a sub-arrotondati, talora appiattiti ed embriciati, organizzati in corpi canalizzati spessi circa 50 cm, massivi, e da microconglomerati in livelli spessi 10-70 cm, a gradazione normale ed inversa. La parte bassa di questo livello è caratterizzata, per circa 10 metri, da sabbie gialle a grana media e fine, in strati spessi 30-70 cm, con intercalazioni decimetriche di conglomerati poligenici, ad elementi eterometrici (3-10 cm) sub-arrotondati o appiattiti con scarsa matrice sabbiosa (ASP_{1a}).

L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un'area di piattaforma neritica a profondità variabile, a luoghi racchiusa

Fig.8 - Carta Geologica con ubicazione delle frane Fr4-Fr5-Fr6

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

- **AREE DI FRANA Fr7-Fr8**

Come si evince dalle Figg.3b-3c, dalla Tav.GC1 e dalla documentazione fotografica in Appendice A, i movimenti franosi Fr7 ed Fr8 interessano direttamente la strada su cui corre il tracciato del cavidotto. La cartografia tematica di Fig.4b definisce il movimento franoso Fr7 "colamento lento" ed il movimento Fr8 "scivolamento rotazionale". La Tav.CG2 riporta i profili delle sezioni di frana SFr7 e SFr8. Si tratta di versanti ad elevata pendenza (27÷31%). La carta geologica di Fig.9 fa ricadere le aree Fr7 ed Fr8 in terreni argillosi (ASP).

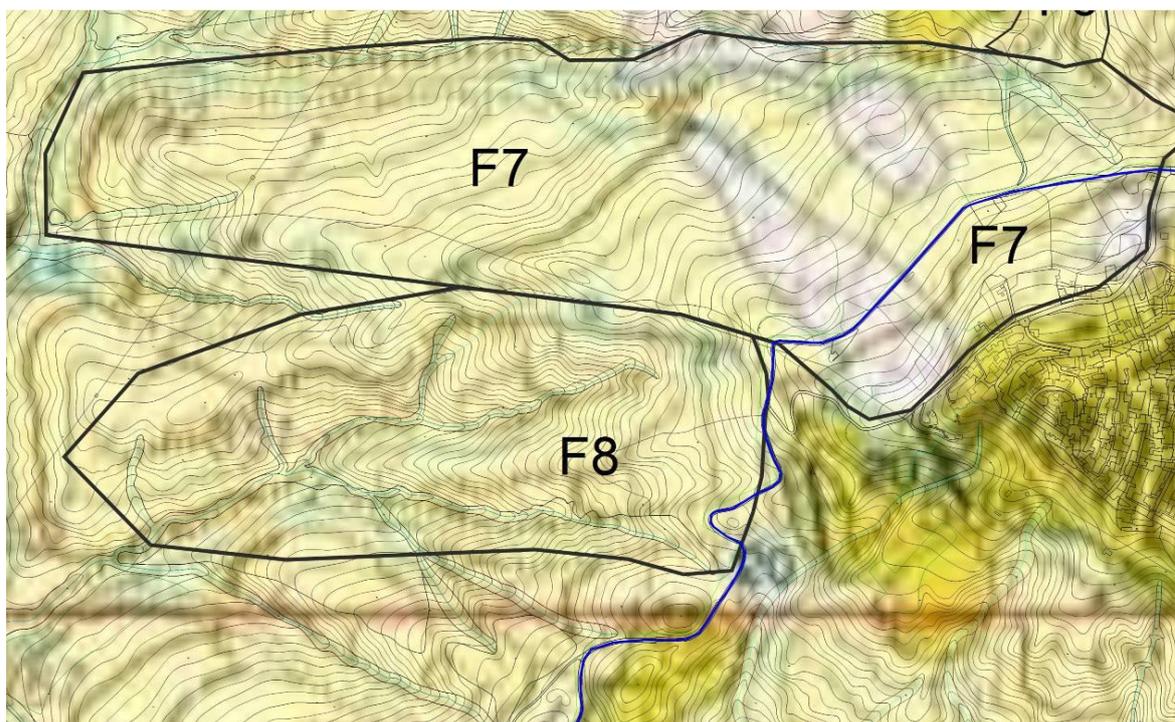
Per quanto riguarda l'area Fr7 si segnalano vistosi spancamenti della gabbionata lato monte associati ad un cedimento notevole della sede stradale, segnali che denotano una frana in atto (Foto G e documentazione fotografica in Appendice A). La sede di scavo del cavidotto dovrà essere protetta per tutto lo sviluppo dell'area Fr7, come si vedrà in seguito.

In corrispondenza dell'area Fr8 non si rilevano particolari segni di dissesto in quanto la strada passa in cresta all'area di frana che si sviluppa verso valle (cfr. documentazione fotografica in Appendice A e Tav.CG1). Si consiglia di passare lato monte con lo scavo, anche se si rileva un tombino (Foto H) e di proteggere lo stesso scavo sia dal punto di vista geotecnico che idraulico.

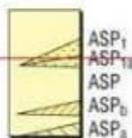


Foto G - Deformazioni delle gabbionate e della sede stradale

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione


ARGILLE SUBAPPENNINE (ASP)

Argille ed argille siltose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici e bentonici, gasteropodi, bivalvi di piccole dimensioni, sottilmente stratificate, con intercalazioni di sabbie a grana fine, in strati centimetrici. A luoghi la base della successione è costituita da una decina di metri di conglomerati, calcareniti bioclastiche e sabbie a laminazione incrociata di ambiente neritico (ASP₃), che poggiano con contatto erosivo e discordante sulle unità della catena e sui depositi pliocenici dei bacini intrappenninici. Intercalati si rinvergono arenarie grossolane e microconglomerati, con frammenti di macrofossili mal conservati, livelli lenticolari di sabbie a grana fine talora stratificate, con faune a gasteropodi e bivalvi (ASP₆).



~~Conglomerato di Serra del Cedro (ASP₁): nella parte alta dei depositi argillosi è intercalato un livello lenticolare, spesso circa 50 metri, costituito da conglomerati poligenici, con clasti di dimensioni fino a 10 cm, da arrotondati a sub-arrotondati, talora appiattiti ed embriciati, organizzati in corpi canalizzati spessi circa 50 cm, massivi, e da microconglomerati in livelli spessi 10-70 cm, a gradazione normale ed inversa. La parte bassa di questo livello è caratterizzata, per circa 10 metri, da sabbie gialle a grana media e fine, in strati spessi 30-70 cm, con intercalazioni decimetriche di conglomerati poligenici, ad elementi eterometrici (3-10 cm) sub-arrotondati o appiattiti con scarsa matrice sabbiosa (ASP_{1a}).~~

~~L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un'area di piattaforma neritica a profondità variabile, a luoghi raggiunta da correnti sabbiose e conglomeratiche provenienti da sistemi deltici adiacenti in ambiente...~~

Fig.9 - Carta Geologica con ubicazione delle frane Fr4-Fr5-Fr6

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



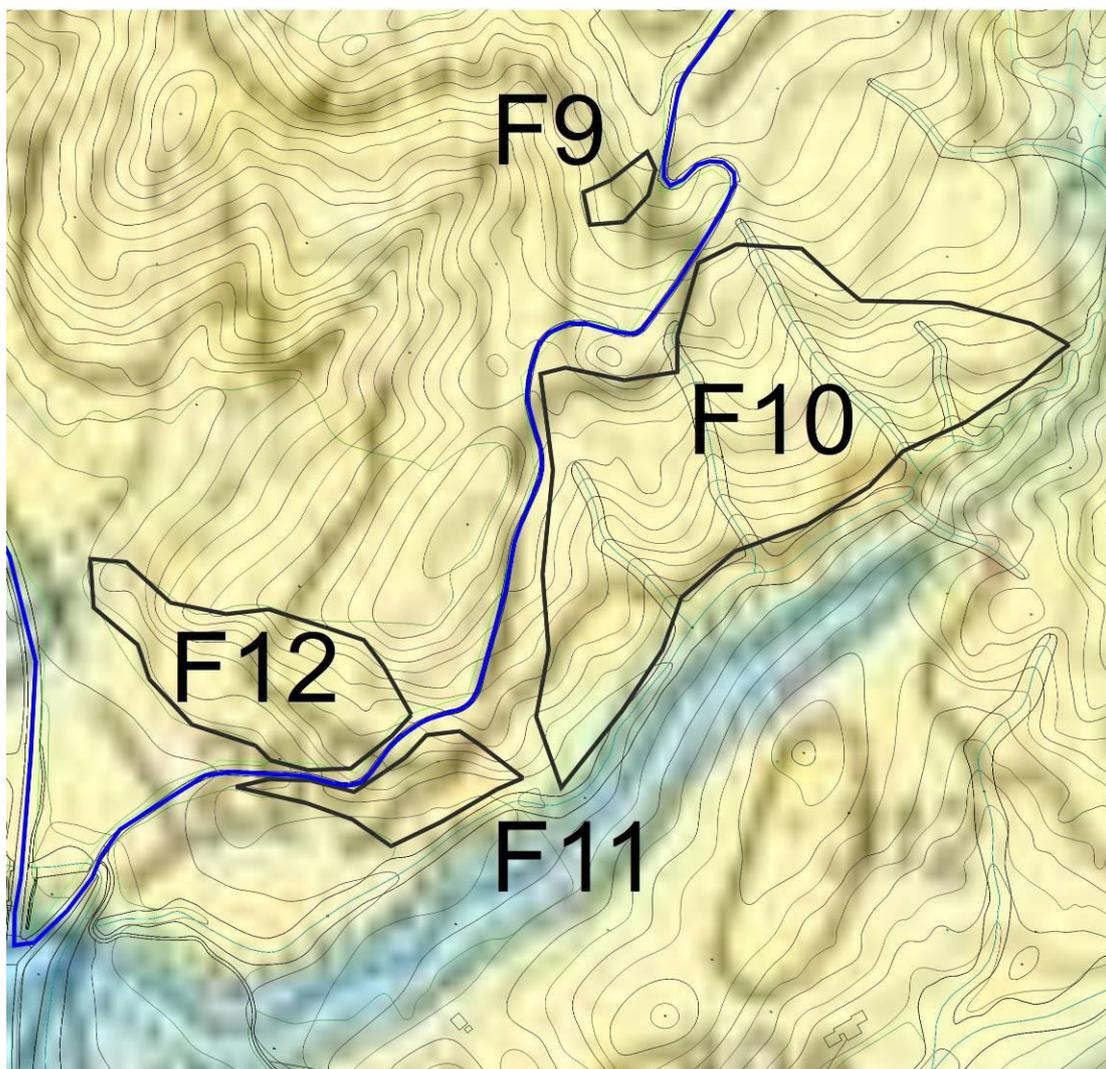
Foto H - Tombino lato monte della sede stradale in corrispondenza di Fr8

- AREE DI FRANA Fr9-Fr10-Fr11-Fr12

Come si evince dalla Fig. 3c, dalla Tav.GC1 e dalla documentazione fotografica in Appendice A, i movimenti franosi Fr9÷Fr12 lambiscono la strada su cui corre il tracciato del cavidotto. La cartografia tematica di Fig.4b definisce i movimenti franosi Fr9-Fr11-Fr12 "colamenti lenti" ed il movimento Fr10 "calanchivo". La Tav.CG2 riporta il profilo della sezione di frana SFr12. Si tratta di versanti ad elevata pendenza (33÷48%). La carta geologica di Fig.10 fa ricadere tutte le aree in terreni argillosi (ASP).

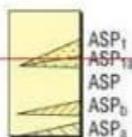
Per quanto riguarda le aree Fr9÷Fr11 non si segnalano dissesti anche minimi lungo la strada (documentazione fotografica in Appendice A). La sede di scavo del cavidotto potrà non essere protetta dal punto di vista geotecnico. In corrispondenza dell'area Fr12 non si rilevano particolari segni di dissesto lato monte, dove sarà opportuno passare in forma protetta se le verifiche di stabilità lo richiederanno. Lato valle si rilevano numerosi dissesti (documentazione fotografica in Appendice A).

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



ARGILLE SUBAPPENNINE (ASP)

Argille ed argille siltose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici e bentonici, gasteropodi, bivalvi di piccole dimensioni, sottilmente stratificate, con intercalazioni di sabbie a grana fine, in strati centimetrici. A luoghi la base della successione è costituita da una decina di metri di conglomerati, calcareniti bioclastiche e sabbie a laminazione incrociata di ambiente neritico (ASP₂), che poggiano con contatto erosivo e discordante sulle unità della catena e sui depositi pliocenici dei bacini intrappenninici. Intercalati si rinvergono arenarie grossolane e microconglomerati, con frammenti di macrofossili mal conservati, livelli lenticolari di sabbie a grana fine talora stratificate, con faune a gasteropodi e bivalvi (ASP₆).



~~Conglomerato di Serra del Cedro (ASP₁): nella parte alta dei depositi argillosi è intercalato un livello lenticolare, spesso circa 50 metri, costituito da conglomerati poligenici, con clasti di dimensioni fino a 10 cm, da arrotondati a sub-arrotondati, talora appiattiti ed embriciati, organizzati in corpi canalizzati spessi circa 50 cm, massivi, e da microconglomerati in livelli spessi 10-70 cm, a gradazione normale ed inversa. La parte bassa di questo livello è caratterizzata, per circa 10 metri, da sabbie gialle a grana media e fine, in strati spessi 30-70 cm, con intercalazioni decimetriche di conglomerati poligenici, ad elementi eterometrici (3-10 cm) sub-arrotondati o appiattiti con scarsa matrice sabbiosa (ASP₁₃).~~

~~L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un'area di piattaforma neritica a profondità variabile, a luoghi raggiunta da correnti turbide e sabbie sottili e sabbie fini di sistemi deltici e fluviali in ambiente neritico.~~

Fig.10 - Carta Geologica con ubicazione delle frane Fr9-Fr10-Fr11-Fr12

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

- **AREE DI FRANA Fr13-Fr14**

Come si evince dalla Fig.3d, dalla Tav.GC1 e dalla documentazione fotografica in Appendice A, i movimenti franosi Fr13 ed Fr14 interessano direttamente la strada su cui corre il tracciato del cavidotto. La cartografia tematica di Fig.4c definisce il movimento franoso Fr13 "colamento lento" ed il movimento Fr14 "paleofrana". La Tav.CG2 riporta il profili della sezione di frana SFr14, sicuramente incombente sulla strada del tracciato. Si tratta di versanti a pendenza molto elevata (46÷58%). La carta geologica di Fig.11 fa ricadere le aree Fr13 ed Fr14 in terreni argillosi con intercalazioni arenacee (**ASPb**).

Per quanto riguarda l'area Fr13 che si sviluppa a valle della strada ci sono svariati elementi di dissesto e soprattutto un notevole salto di quota che consiglia di passare lato monte (documentazione fotografica in Appendice A e Foto I)



Foto I - Salto di quota a valle della strada

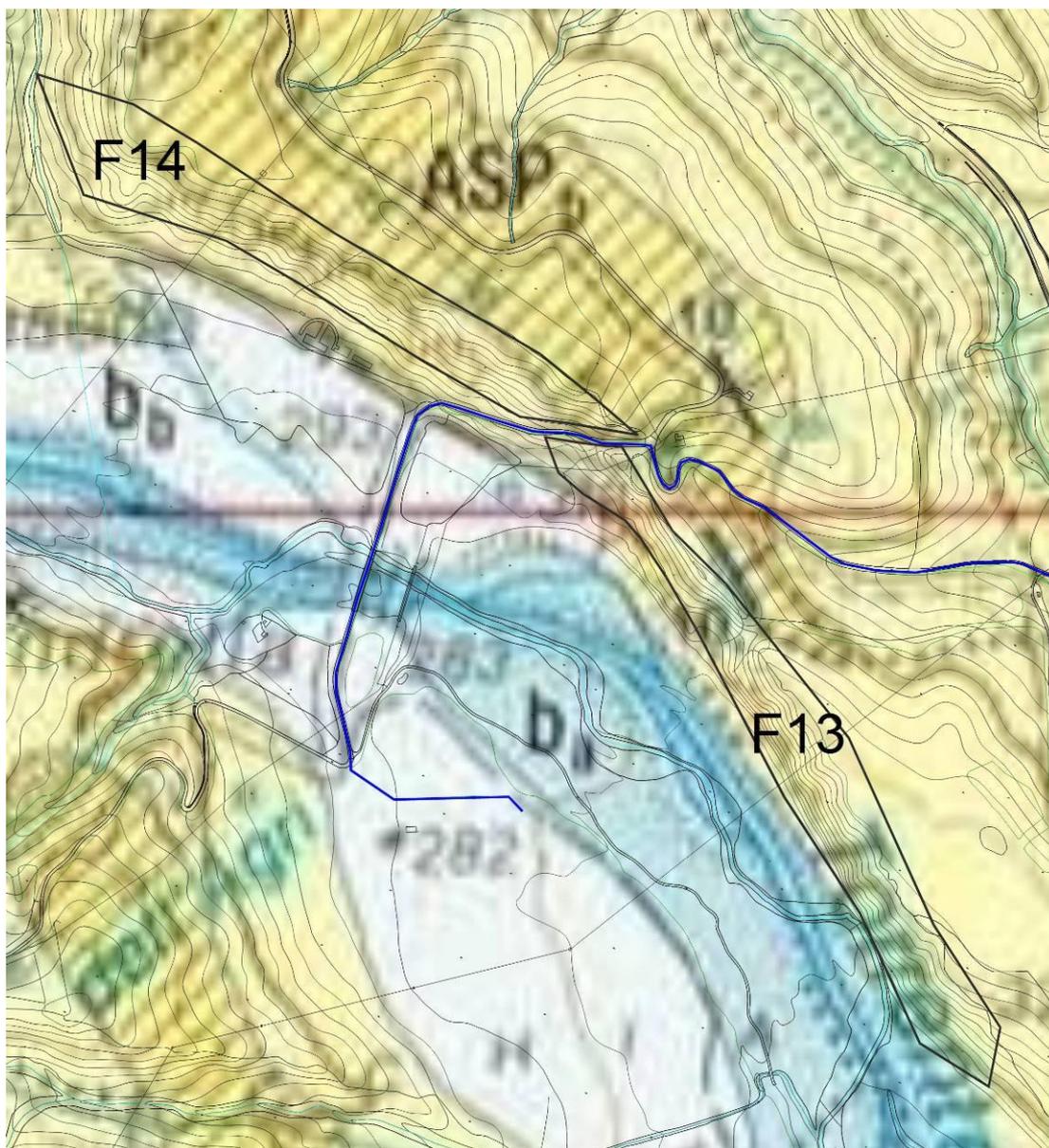
Di contro, lato monte incombe una parete acclive in frana reale e non già paleofrana (Foto L e documentazione fotografica in Appendice A).La sede di scavo del cavidotto dovrà essere protetta per tutto lo sviluppo dell'area Fr14, come si vedrà in seguito.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



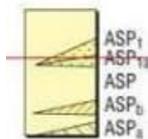
Foto L - Frana in atto, interessante la parte bassa del versante classificato Fr14

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



ARGILLE SUBAPPENNINE (ASP)

Argille ed argille siltose grigio-azzurre a foraminiferi planctonici e bentonici, gasteropodi, bivalvi di piccole dimensioni, sottilmente stratificate, con intercalazioni di sabbie a grana fine, in strati centimetrici. A luoghi la base della successione è costituita da una decina di metri di conglomerati, calcareniti bioclastiche e sabbie a laminazione incrociata di ambiente neritico (ASP₃), che poggiano con contatto erosivo e discordante sulle unità della catena e sui depositi pliocenici dei bacini intrappenninici. Intercalati si rinvengono arenarie grossolane e microconglomerati, con frammenti di macrofossili mal conservati, livelli lenticolari di sabbie a grana fine talora stratificate, con faune a gasteropodi e bivalvi (ASP_b).



Conglomerato di Serra del Cedro (ASP₁): nella parte alta dei depositi argillosi è intercalato un livello lenticolare, spesso circa 50 metri, costituito da conglomerati poligenici, con clasti di dimensioni fino a 10 cm, da arrotondati a sub-arrotondati, talora appiattiti ed embriciati, organizzati in corpi canalizzati spessi circa 50 cm, massivi, e da microconglomerati in livelli spessi 10-70 cm, a gradazione normale ed inversa. La parte bassa di questo livello è caratterizzata, per circa 10 metri, da sabbie gialle a grana media e fine, in strati spessi 30-70 cm, con intercalazioni decimetriche di conglomerati poligenici, ad elementi eterometrici (3-10 cm) sub-arrotondati o appiattiti con scarsa matrice sabbiosa (ASP_{1a}).

L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un'area di piattaforma neritica a profondità variabile, a luoghi racchiusa da pareti calcaree e conglomerati calcareo-argillosi di sistemi detritici e di sedimenti in situ.

Fig.11 - Carta Geologica con ubicazione delle frane Fr13-Fr14

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3. COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA, GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA

Nel paragrafo precedente è stata eseguita un'analisi descrittiva dei versanti segnalati nella cartografia del P.A.I./Basilicata come movimenti di massa di svariate tipologie, attivi o quiescenti.

Da tale analisi preliminare è emersa la necessità di sottoporre a verifiche di stabilità talune sezioni ritenute più significative in termini di coinvolgimento diretto delle aree interessate dai pannelli fotovoltaici o della strada interessata dal tracciato del cavidotto esterno di collegamento Montagnola-T.Salandrella.

Le sezioni in parola, riportate in traccia sulla Tav.CG1 ed in profilo sulla Tav.CG2, appartengono alle seguenti aree in frana descritte nel paragrafo precedente:

Fr1 - Fr7 - Fr8 - Fr12 - Fr14

Le sezioni corrispondenti (Tav.CG2) sono state sottoposte ad analisi di stabilità ai sensi delle NTC/2018, in ottemperanza al Titolo IV delle N.T.A. del P.A.I./Basilicata ed in particolare agli Art.15-16-17-18-19 relativi alla compatibilità di opere ricadenti in aree a rischio geomorfologico/idrogeologico variabile.

E' bene precisare che si fa riferimento a due tipologie di opere, rappresentate dal vero e proprio Parco fotovoltaico (Fig.6) e del cavidotto esterno che corre esclusivamente in scavo su strada, salvo locali necessità rappresentate dall'interferenza con opere di attraversamento idraulico (cfr. Relazione di compatibilità idraulica).

Nel primo caso l'unica area di frana interferente è la Fr1, mentre le altre quattro interferiscono con la strada Ferrandina-Salandra che costituisce la sede del cavidotto.

Di seguito vengono esemplificati i risultati delle analisi di stabilità, eseguite sulla base della caratterizzazione geotecnica in condizioni di parametri residui decisamente prudenziali.

Prima della fase esecutiva saranno eseguite indagini geognostiche e geotecniche di dettaglio.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.1. Area Fr1 - Analisi di stabilità

- **Ubicazione** : Zona Parco Fotovoltaico "La Montagnola" (Tav.CG1 e Fig.12)
- **Geologia**: Sabbie e conglomerati (formazione SBC di Fig.7)
- **Idrogeologia**: falda stagionale ipotizzata a -2m dal p.c. lato valle
- **Parametri geotecnici di picco**: $\gamma=1,85 \text{ t/m}^3$; $c'=0,2 \text{ kg/cm}^2$; $\phi'=27^\circ$
- **Parametri geotecnici residui**: $\gamma=1,85 \text{ t/m}^3$; $c'=0,1 \text{ kg/cm}^2$; $\phi'=25^\circ$
- **Categoria sismica del terreno**: B (cfr. Tab.1)
- **Categoria topografica**: T2 (cfr.Tab.1)

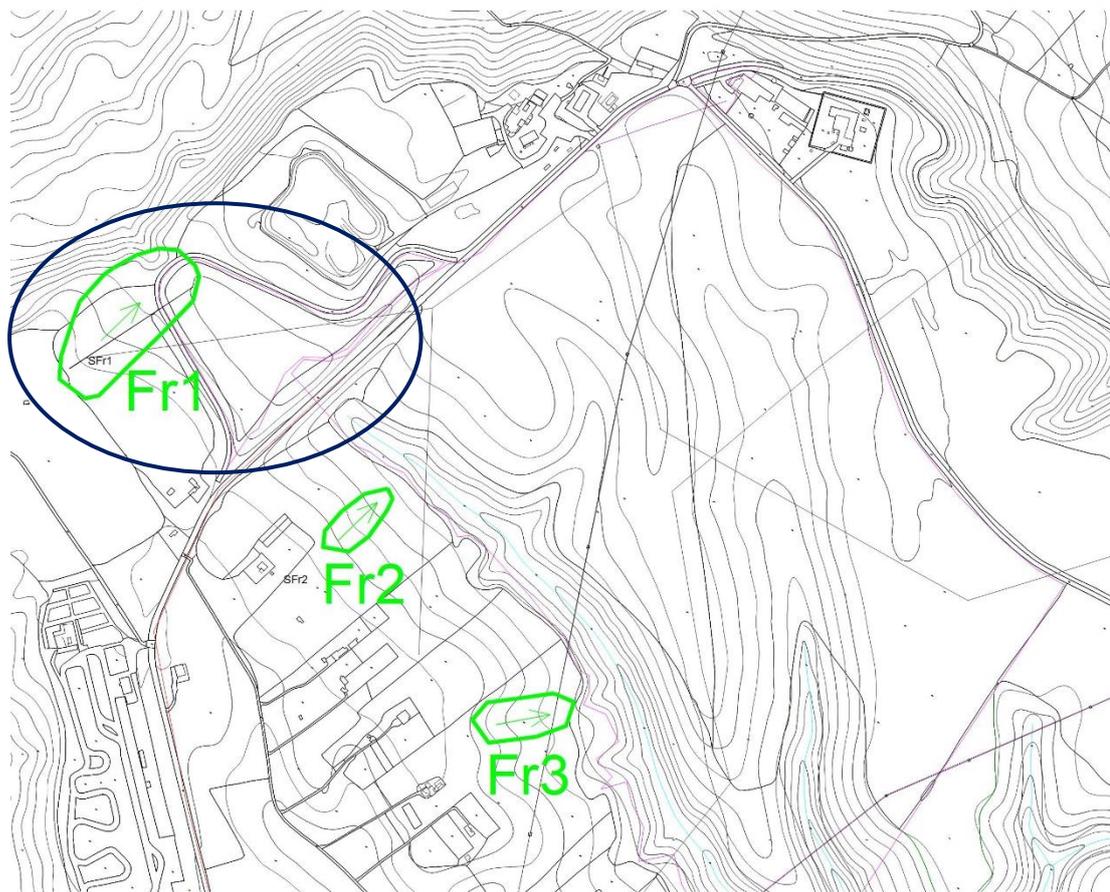


Fig.12 - Localizzazione dell'area di frana Fr1 e traccia della Sezione SFr1 di Tav.CG2

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Tab.1 - Parametri sismici di riferimento
Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Sito in esame.

latitudine: 40,526099
 longitudine: 16,311093
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 34341	Lat: 40,5511	Lon: 16,2534	Distanza: 5610,577
Sito 2	ID: 34342	Lat: 40,5495	Lon: 16,3192	Distanza: 2687,092
Sito 3	ID: 34564	Lat: 40,4995	Lon: 16,3170	Distanza: 2999,673
Sito 4	ID: 34563	Lat: 40,5011	Lon: 16,2513	Distanza: 5766,252

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,044 g
 Fo: 2,417
 Tc*: 0,291 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,057 g
 Fo: 2,477
 Tc*: 0,315 [s]

Segue Tab.1
Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,156 g
 Fo: 2,484
 Tc*: 0,356 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,199 g
 Fo: 2,520
 Tc*: 0,362 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,200
Kh: 0,013
Kv: 0,006
Amax: 0,620
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,390
St: 1,200
Kh: 0,017
Kv: 0,008
Amax: 0,812
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,350
St: 1,200
Kh: 0,054
Kv: 0,027
Amax: 2,205
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,350
St: 1,200
Kh: 0,069
Kv: 0,034
Amax: 2,805
Beta: 0,240

I terreni in esame risultano pseudocoerenti e di discrete caratteristiche geotecniche, come testimoniato dalla presenza di cave nei pressi dell'area in esame (Fig.13).

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

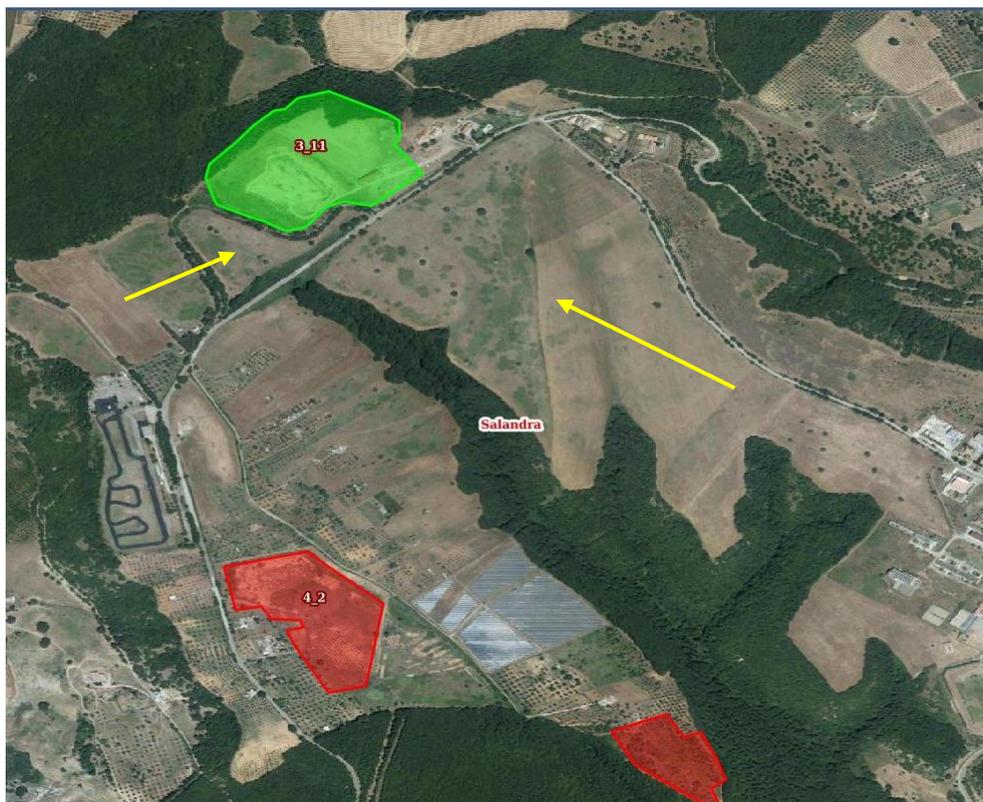


Fig.13 - Perimetrazione cave nei pressi dell'area di impianto (fonte RSDI/Basilicata)

La sezione SFr1 di Tavv.CG1 e CG2 e Fig.12 è stata sottoposta ad analisi di stabilità ai sensi delle NTC/2018, utilizzando i parametri geotecnici residui precedentemente esposti, valutati attraverso i dati di letteratura.

La Fig.14 mostra la sezione sottoposta a verifica di stabilità con il metodo di Bell in condizioni estreme A2M2R2 - SLV. Il fattore di sicurezza minimo è risultato pari a **Fs=1,85>1,1**

Non sono state eseguite verifiche in condizioni A1M1R1 e in condizioni di assenza di sisma e riduzione dei parametri geotecnici, in quanto tutte meno conservative di quella descritta.

In Appendice B è riportata la Relazione metodologica di calcolo e nell'Appendice C1 i tabulati di calcolo.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

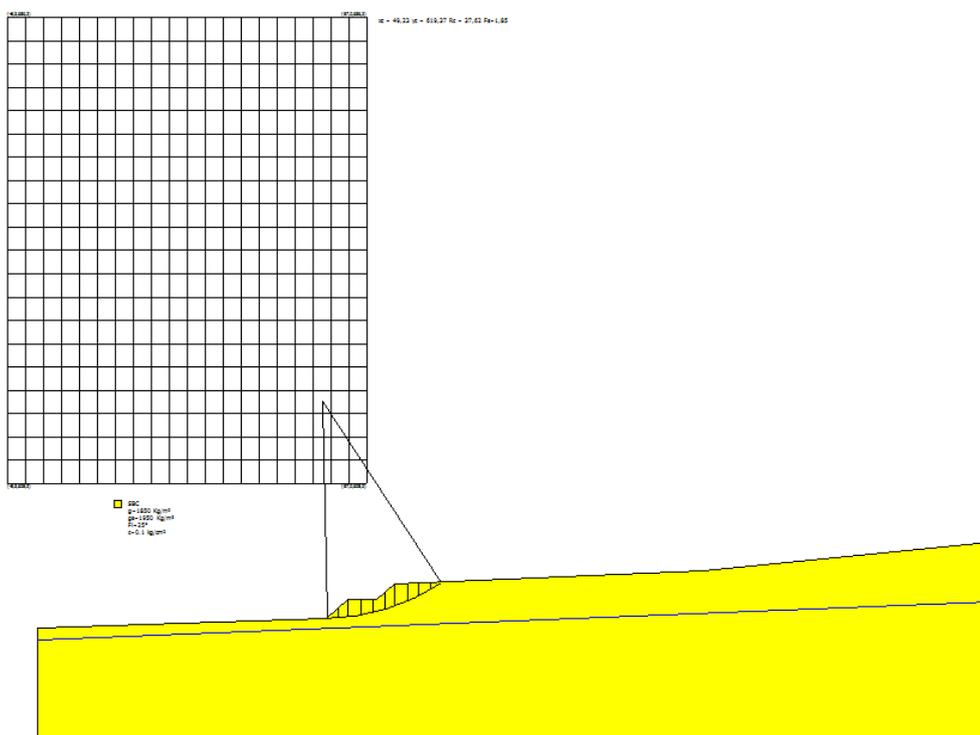


Fig.14 - Sezione di verifica SFr1 e superficie critica di calcolo in A2M2R2

La Fig.15 mostra la totalità delle superfici di calcolo.

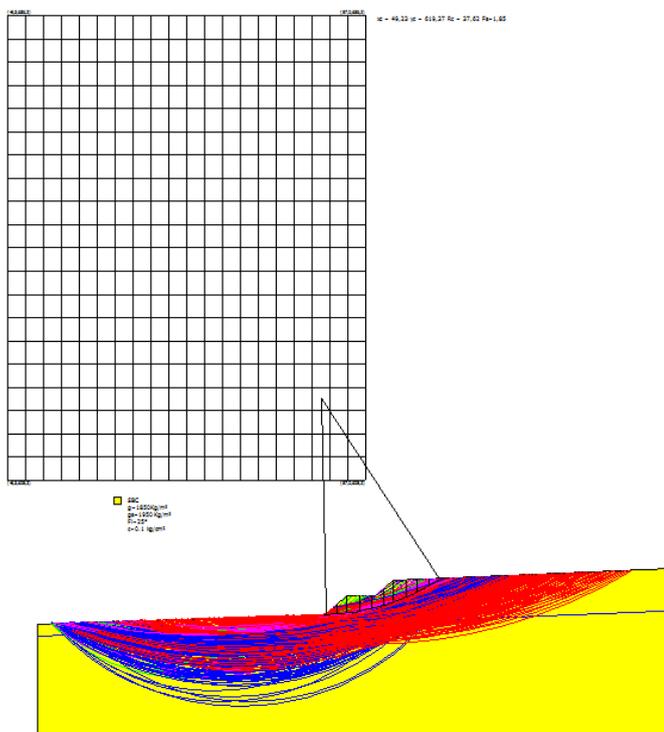


Fig.15 - Superfici di calcolo

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Non vi sono quindi problemi di stabilità globale, ma soltanto di eventuale stabilità locale. Nella fattispecie **le scarpate della stessa strada (lato monte e lato valle) potrebbero essere consolidate localmente con una fila di gabbioni in corrispondenza dell'area di frana (Fig.16).**

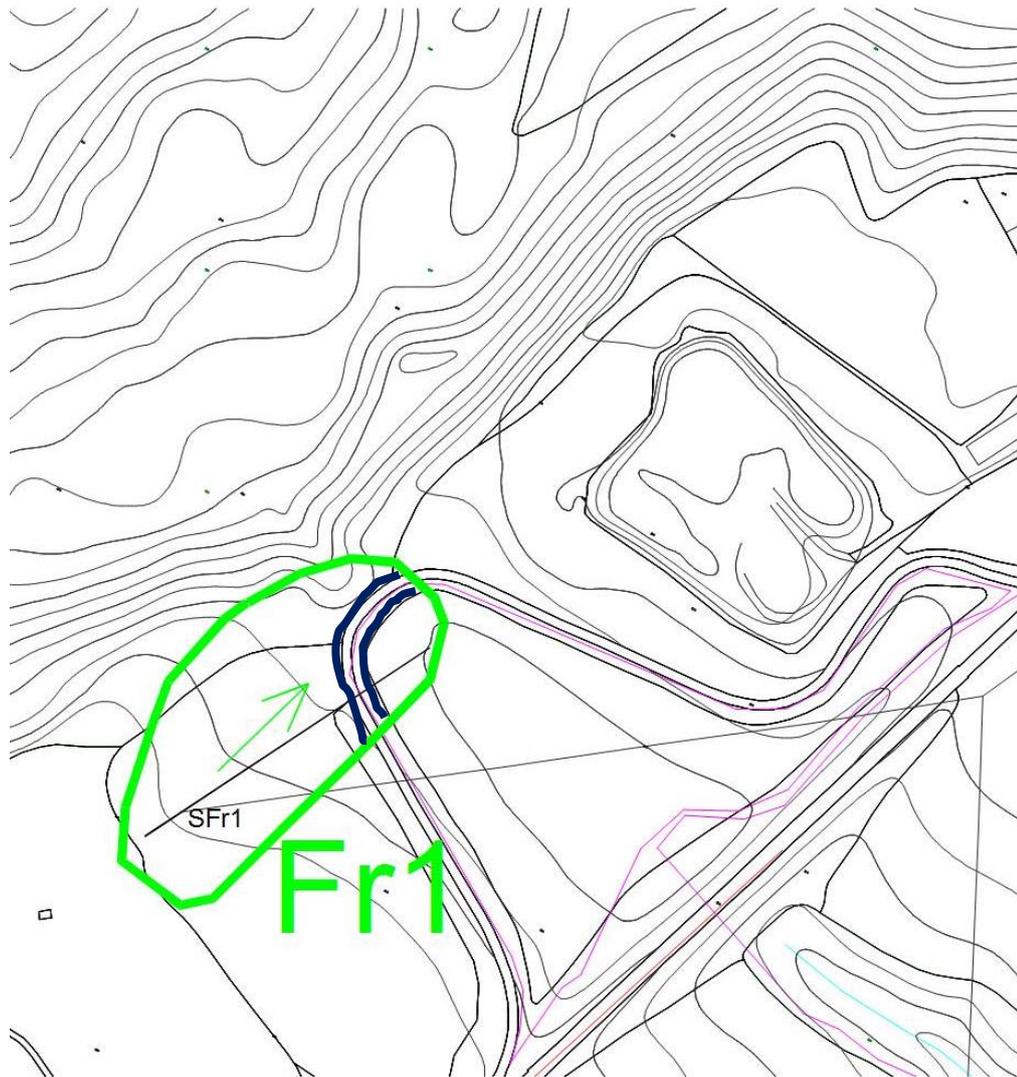


Fig.16 - Localizzazione delle gabbionate di sottoscarpa e controripa dell'area di frana Fr1

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.2. Area Fr7 - Analisi di stabilità

- **Ubicazione** : Strada cavidotto ovest Salandra (Tav.CG1 e Fig.17)
- **Geologia**: Argille subappennine siltose (formazione ASP di Fig.9)
- **Idrogeologia**: falda assente
- **Parametri geotecnici di picco**: $\gamma=1,95 \text{ t/m}^3$; $c'=0,4 \text{ kg/cm}^2$; $\phi'=22^\circ$
- **Parametri geotecnici residui**: $\gamma=1,95 \text{ t/m}^3$; $c'=0,2 \text{ kg/cm}^2$; $\phi'=20^\circ$
- **Categoria sismica del terreno**: C (cfr. Tab.2)
- **Categoria topografica**: T2 (cfr.Tab.2)

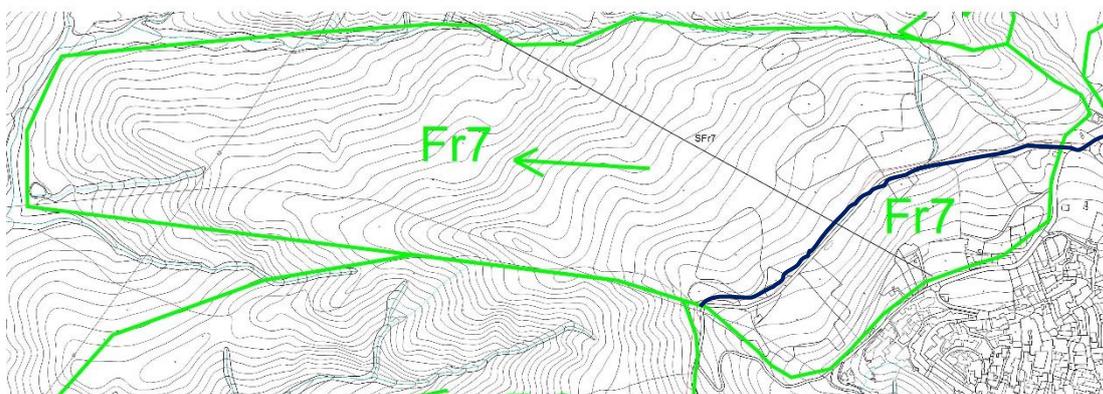


Fig.17 - Localizzazione dell'area di frana Fr7 e traccia della Sezione SFr7 di Tav.CG2

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Tab.2 - Parametri sismici di riferimento
Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Sito in esame.

latitudine: 40,526099
 longitudine: 16,311093
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 34341	Lat: 40,5511	Lon: 16,2534	Distanza: 5610,577
Sito 2	ID: 34342	Lat: 40,5495	Lon: 16,3192	Distanza: 2687,092
Sito 3	ID: 34564	Lat: 40,4995	Lon: 16,3170	Distanza: 2999,673
Sito 4	ID: 34563	Lat: 40,5011	Lon: 16,2513	Distanza: 5766,252

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,044 g
 Fo: 2,417
 Tc*: 0,291 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,057 g
 Fo: 2,477
 Tc*: 0,315 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,156 g
 Fo: 2,484
 Tc*: 0,356 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,199 g
 Fo: 2,520
 Tc*: 0,362 [s]

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii
SLO:

Ss: 1,500
 Cc: 1,580
 St: 1,200
 Kh: 0,016
 Kv: 0,008
 Amax: 0,774
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
 Cc: 1,540
 St: 1,200
 Kh: 0,021
 Kv: 0,010
 Amax: 1,014
 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,470
 Cc: 1,480
 St: 1,200
 Kh: 0,066
 Kv: 0,033
 Amax: 2,702
 Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,400
 Cc: 1,470
 St: 1,200
 Kh: 0,080
 Kv: 0,040
 Amax: 3,272
 Beta: 0,240

La sezione SFr7 di Tavv.CG1 e CG2 e Fig.17 è stata sottoposta ad analisi di stabilità ai sensi delle NTC/2018, utilizzando i parametri geotecnici residui precedentemente esposti, valutati attraverso i dati di letteratura.

La Fig.18 mostra la sezione sottoposta a verifica di stabilità con il metodo di Bell in condizioni estreme A2M2R2 - SLV. Il fattore di sicurezza minimo è risultato pari a **Fs=0,87<1,1, denotando INSTABILITA'**.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

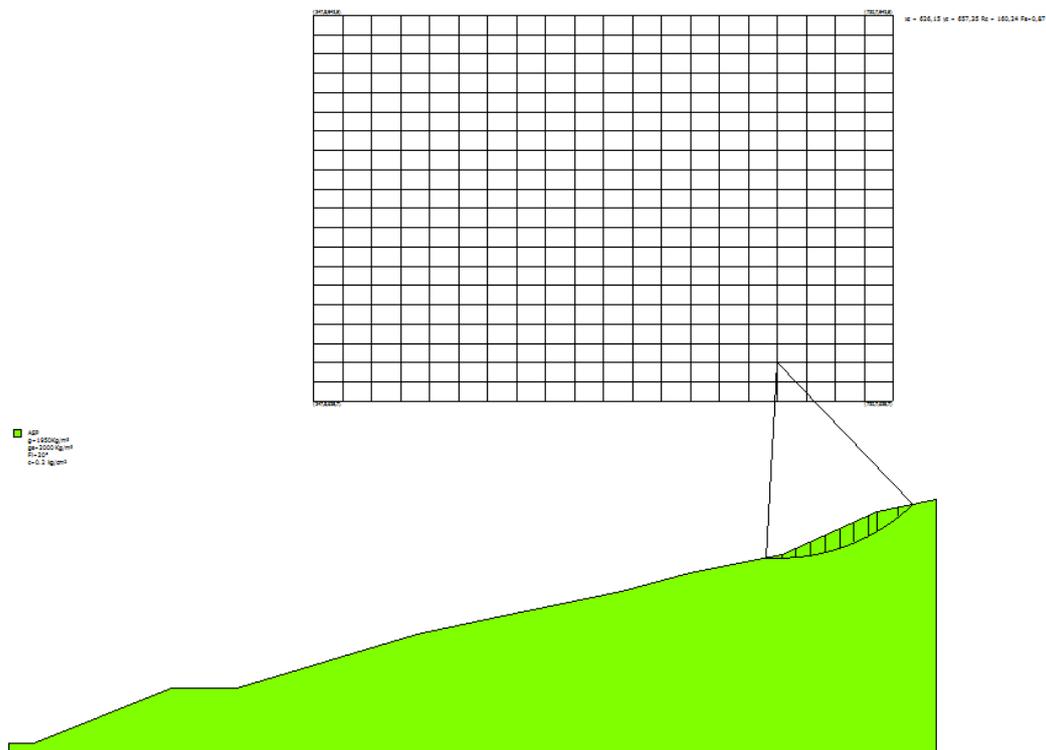


Fig.18 - Sezione di verifica SFr7 e superficie critica di calcolo in A2M2R2

La Fig.19 mostra la totalità delle superfici di calcolo.

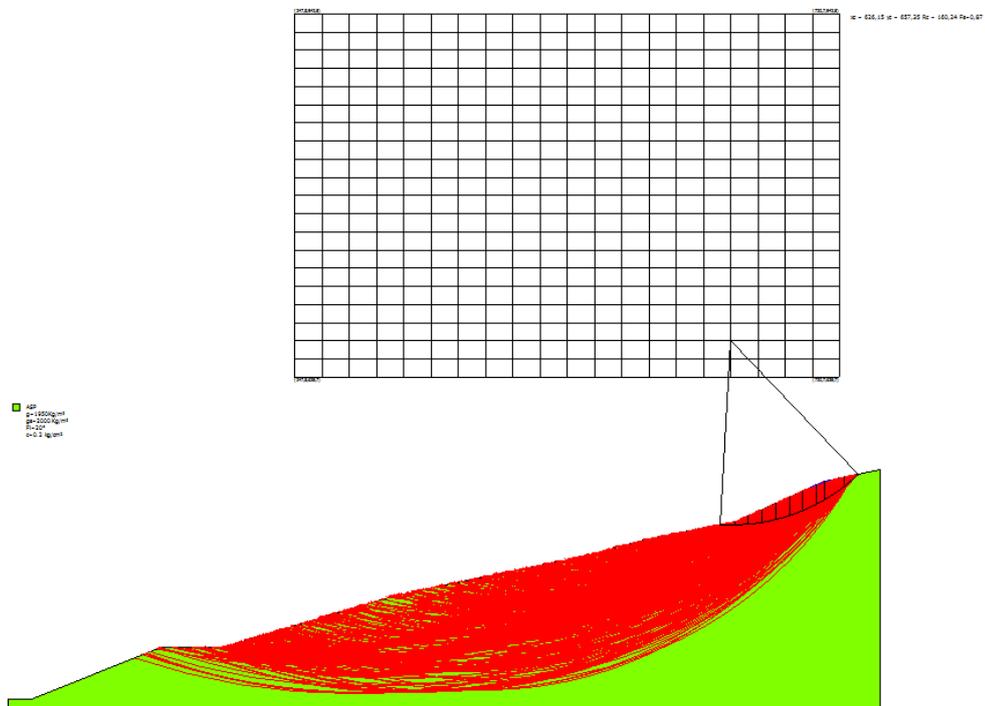


Fig.19 - Superfici di calcolo

Sono state eseguite verifiche in condizioni A1M1R1 e in condizioni di assenza

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

di sisma e riduzione dei parametri geotecnici, per verificare l'andamento del fattore di sicurezza in condizioni meno conservative.

La Tab.3 mostra i risultati ottenuti

Condizione	A2M2R2	No SISM	A1M1R1
Fs	0,87	0,99	1,07

Tab.3

I risultati evidenziano una situazione di instabilità in tutte e tre le condizioni di calcolo, come del resto dimostrato dallo stato dei luoghi (Foto G).

Allo scopo quindi di proteggere il cavidotto da movimenti di massa ancorchè superficiali, in tutte le situazioni possibili, si propone di collocarlo in tubazioni in HDPE di adeguato spessore, tali da renderlo resistente a modeste spinte del terreno con deformazioni di tipo plastico. Tale soluzione poi, in corrispondenza di questa zona franosa non altrimenti superabile, potrebbe essere accompagnata dallo zavorraggio del tubo con riempimento dello scavo con pietrame e dall'infissione di paletti di legno a monte e a valle dello scavo capaci di stabilizzare localmente i terreni attraversati dal cavidotto (cfr. schema di Fig.20 e sviluppo planimetrico in Fig.21).

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

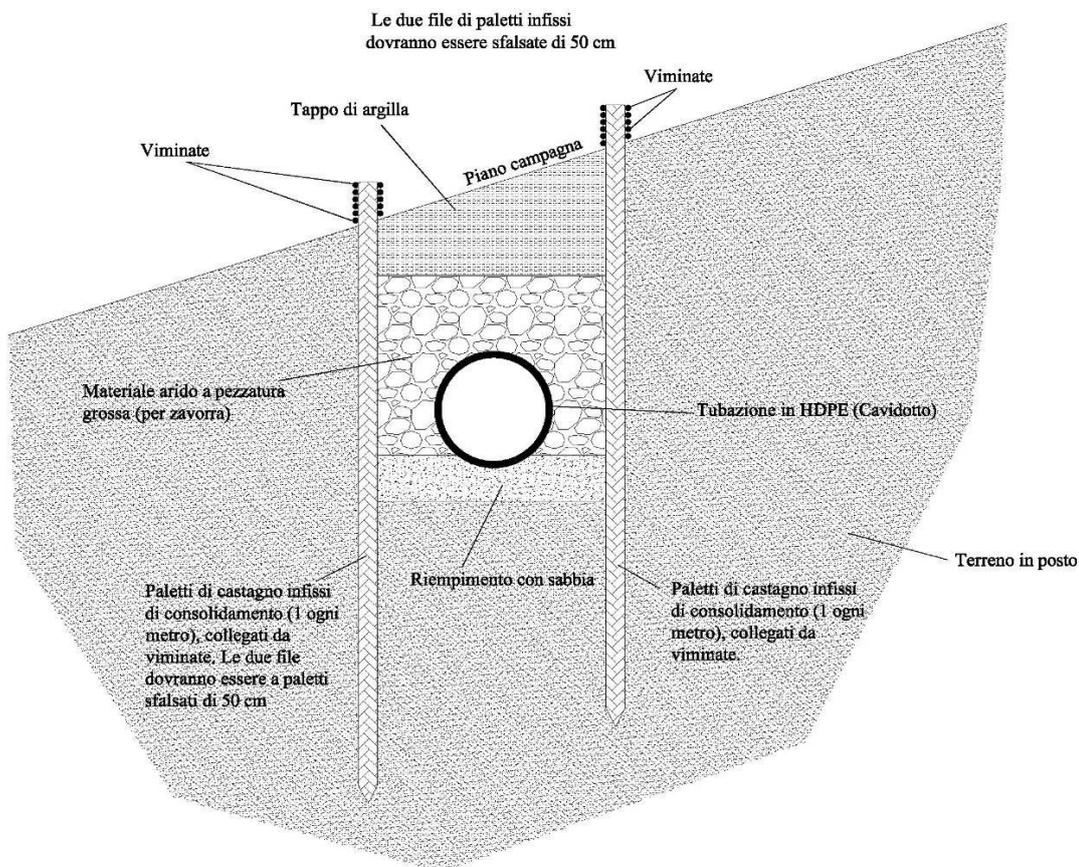


Fig.20

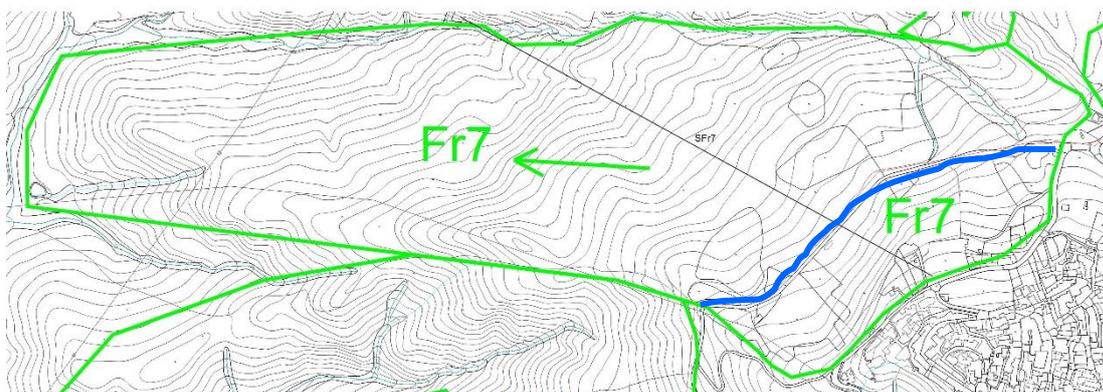


Fig.21 - Localizzazione dell'intervento di protezione del cavidotto per l'area di frana Fr7

In Appendice B è riportata la Relazione metodologica di calcolo e nell'Appendice C2 i tabulati di calcolo nelle tre condizioni considerate in Tab.3.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.3. Area Fr8 - Analisi di stabilità

- **Ubicazione** : Strada cavidotto ovest Salandra (Tav.CG1 e Fig.22)
- **Geologia**: Argille subappennine siltose (formazione ASP di Fig.9)
- **Idrogeologia**: falda assente
- **Parametri geotecnici di picco**: $\gamma=1,95 \text{ t/m}^3$; $c'=0,4 \text{ kg/cm}^2$; $\phi'=22^\circ$
- **Parametri geotecnici residui**: $\gamma=1,95 \text{ t/m}^3$; $c'=0,2 \text{ kg/cm}^2$; $\phi'=20^\circ$
- **Categoria sismica del terreno**: C (cfr. Tab.4)
- **Categoria topografica**: T2 (cfr.Tab.4)

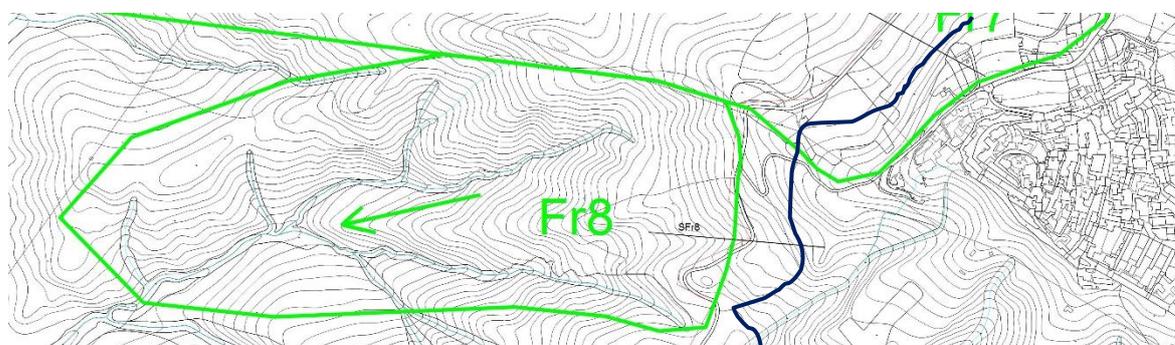


Fig.22 - Localizzazione dell'area di frana Fr7 e traccia della Sezione SFr8 di Tav.CG2

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Tab.4 - Parametri sismici di riferimento
Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Sito in esame.

latitudine: 40,526099
 longitudine: 16,311093
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 34341	Lat: 40,5511	Lon: 16,2534	Distanza: 5610,577
Sito 2	ID: 34342	Lat: 40,5495	Lon: 16,3192	Distanza: 2687,092
Sito 3	ID: 34564	Lat: 40,4995	Lon: 16,3170	Distanza: 2999,673
Sito 4	ID: 34563	Lat: 40,5011	Lon: 16,2513	Distanza: 5766,252

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,044 g
 Fo: 2,417
 Tc*: 0,291 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,057 g
 Fo: 2,477
 Tc*: 0,315 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,156 g
 Fo: 2,484
 Tc*: 0,356 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,199 g
 Fo: 2,520
 Tc*: 0,362 [s]

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii
SLO:

Ss: 1,500
 Cc: 1,580
 St: 1,200
 Kh: 0,016
 Kv: 0,008
 Amax: 0,774
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
 Cc: 1,540
 St: 1,200
 Kh: 0,021
 Kv: 0,010
 Amax: 1,014
 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,470
 Cc: 1,480
 St: 1,200
 Kh: 0,066
 Kv: 0,033
 Amax: 2,702
 Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,400
 Cc: 1,470
 St: 1,200
 Kh: 0,080
 Kv: 0,040
 Amax: 3,272
 Beta: 0,240

La sezione SFr8 di Tavv.CG1 e CG2 e Fig.22 è stata sottoposta ad analisi di stabilità ai sensi delle NTC/2018, utilizzando i parametri geotecnici residui precedentemente esposti, valutati attraverso i dati di letteratura.

La Fig.23 mostra la sezione sottoposta a verifica di stabilità con il metodo di Bell in condizioni estreme A2M2R2 - SLV. Il fattore di sicurezza minimo è risultato pari a **Fs=0,96<1,1, denotando LATENTE INSTABILITA'**.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

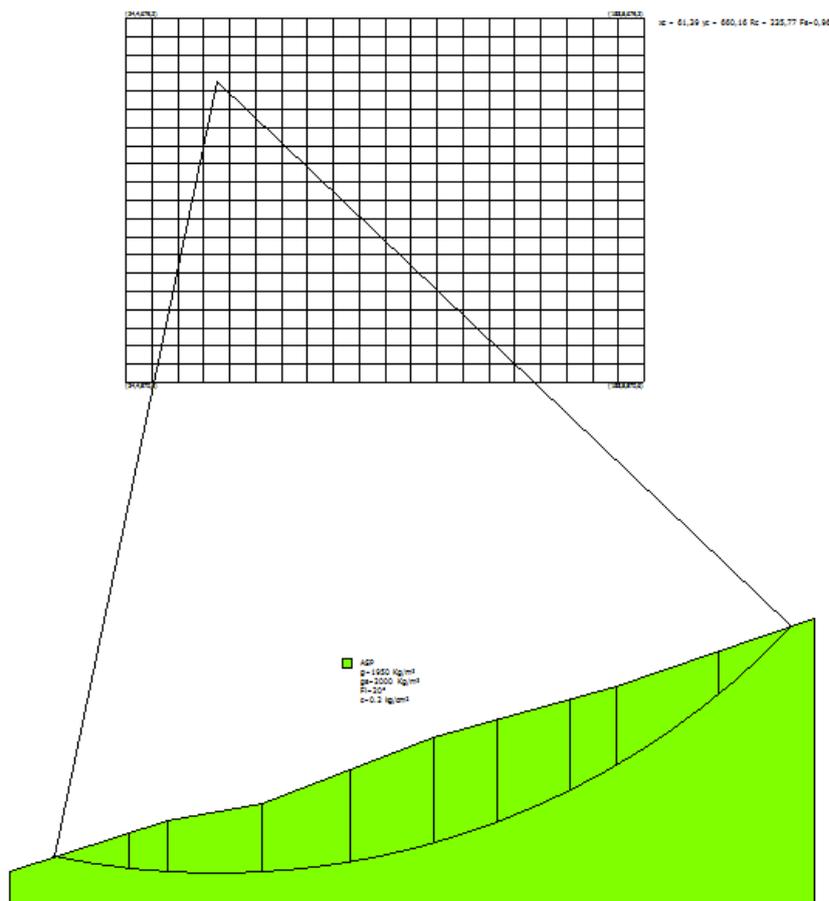


Fig.23 - Sezione di verifica SFr8 e superficie critica di calcolo in A2M2R2

La Fig.24 mostra la totalità delle superfici di calcolo.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

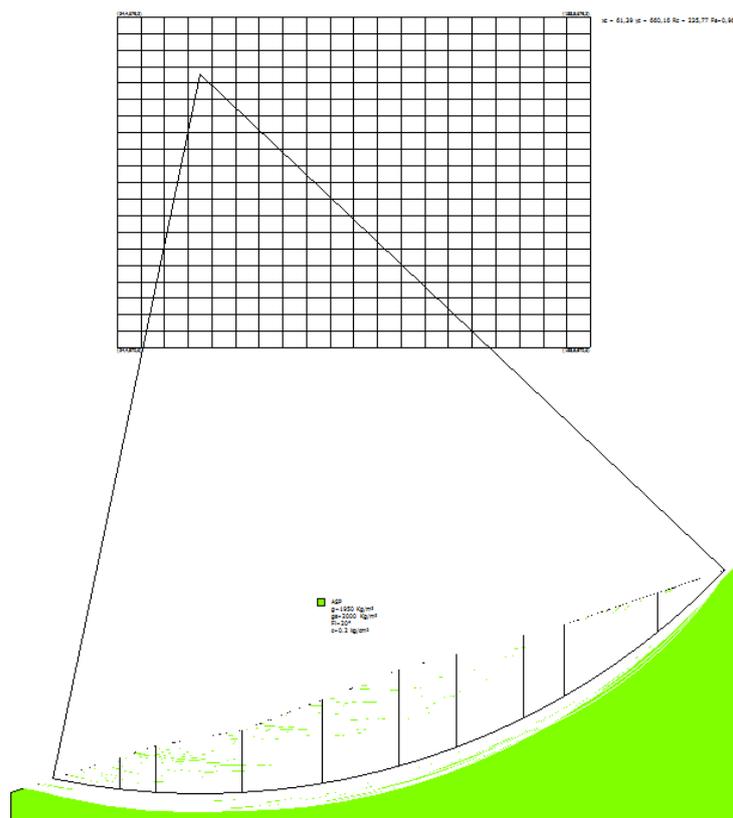


Fig.24 - Superfici di calcolo

Sono state eseguite verifiche in condizioni A1M1R1 e in condizioni di assenza di sisma e riduzione dei parametri geotecnici, per verificare l'andamento del fattore di sicurezza in condizioni meno conservative.

La Tab.5 mostra i risultati ottenuti

Condizione	A2M2R2	No SISM	A1M1R1
FS	0,96	1,19	1,20

Tab.5

I risultati evidenziano una situazione di instabilità solo nella prima condizione di calcolo.

Allo scopo quindi di proteggere il cavidotto da movimenti di massa ancorchè superficiali, in tutte le situazioni possibili, si propone di collocarlo in tubazione in HDPE di adeguato spessore, tale da renderlo resistente a modeste spinte del terreno con deformazioni di tipo plastico soltanto in corrispondenza del tombino stradale. Tale soluzione poi, in corrispondenza di questa zona franosa non altrimenti

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

superabile, potrebbe essere accompagnata dallo zavorraggio del tubo con riempimento dello scavo con pietrame e dall'infissione di paletti di legno a monte e a valle dello scavo capaci di stabilizzare localmente i terreni attraversati dal cavidotto (cfr. schema di Fig.25 e sviluppo planimetrico in Fig.26).

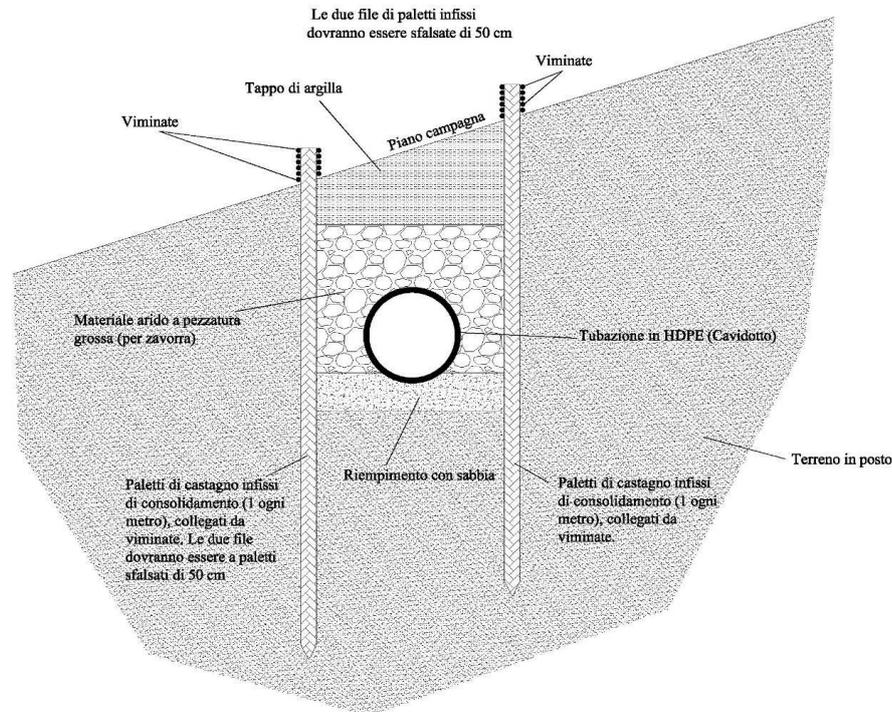


Fig.25

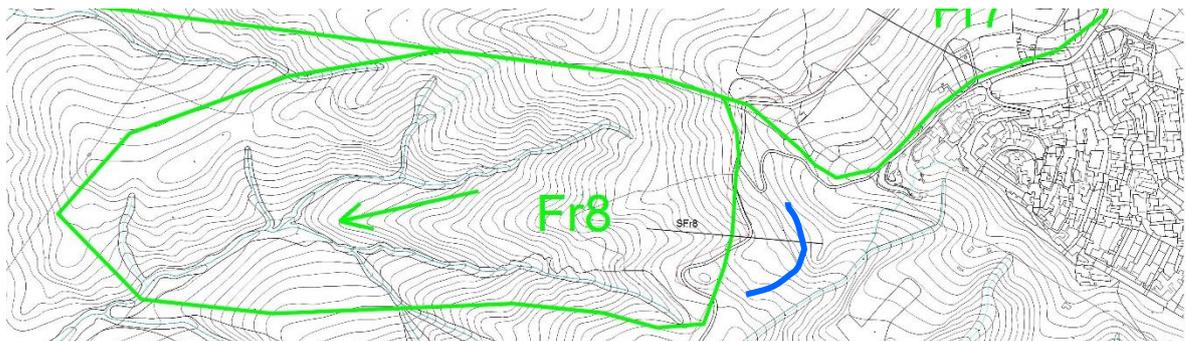


Fig.26 - Localizzazione dell'intervento di protezione del cavidotto per l'area di frana Fr8

In Appendice B è riportata la Relazione metodologica di calcolo e nell'Appendice C3 i tabulati di calcolo nelle tre condizioni considerate in Tab.5.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.4. Area Fr12 - Analisi di stabilità

- **Ubicazione** : Strada cavidotto sud Salandra (Tav.CG1 e Fig.27)
- **Geologia**: Argille subappennine siltose (formazione ASP di Fig.10)
- **Idrogeologia**: falda assente
- **Parametri geotecnici di picco**: $\gamma=1,95 \text{ t/m}^3$; $c'=0,4\text{kg/cm}^2$; $\phi'=22^\circ$
- **Parametri geotecnici residui**: $\gamma=1,95 \text{ t/m}^3$; $c'=0,2\text{kg/cm}^2$; $\phi'=20^\circ$
- **Categoria sismica del terreno**: C (cfr. Tab.6)
- **Categoria topografica**: T2 (cfr.Tab.6)

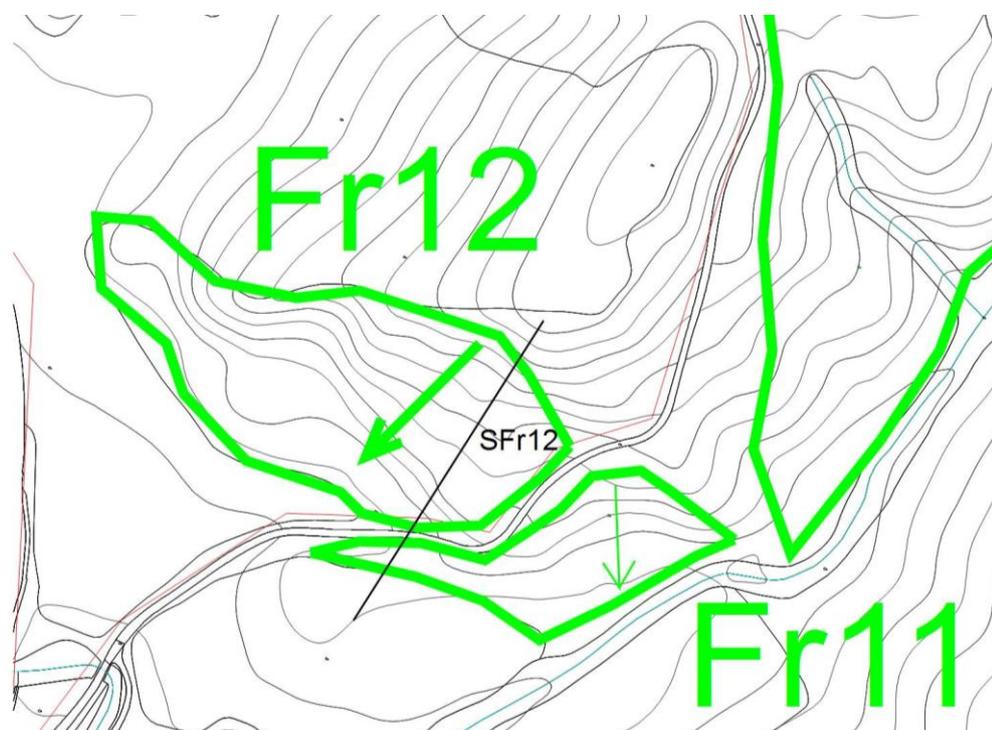


Fig.27 - Localizzazione dell'area di frana Fr12 e traccia della Sezione SFr12 di Tav.CG2

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Tab.6- Parametri sismici di riferimento
Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Sito in esame.

latitudine: 40,526099
 longitudine: 16,311093
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 34341	Lat: 40,5511	Lon: 16,2534	Distanza: 5610,577
Sito 2	ID: 34342	Lat: 40,5495	Lon: 16,3192	Distanza: 2687,092
Sito 3	ID: 34564	Lat: 40,4995	Lon: 16,3170	Distanza: 2999,673
Sito 4	ID: 34563	Lat: 40,5011	Lon: 16,2513	Distanza: 5766,252

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,044 g
 Fo: 2,417
 Tc*: 0,291 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,057 g
 Fo: 2,477
 Tc*: 0,315 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,156 g
 Fo: 2,484
 Tc*: 0,356 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,199 g
 Fo: 2,520
 Tc*: 0,362 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

SLO:

Ss: 1,500
 Cc: 1,580
 St: 1,200
 Kh: 0,016
 Kv: 0,008
 Amax: 0,774
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
 Cc: 1,540
 St: 1,200
 Kh: 0,021
 Kv: 0,010
 Amax: 1,014
 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,470
 Cc: 1,480
 St: 1,200
 Kh: 0,066
 Kv: 0,033
 Amax: 2,702
 Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,400
 Cc: 1,470
 St: 1,200
 Kh: 0,080
 Kv: 0,040
 Amax: 3,272
 Beta: 0,240

La sezione SFr12 di Tavv.CG1 e CG2 e Fig.27 è stata sottoposta ad analisi di stabilità ai sensi delle NTC/2018, utilizzando i parametri geotecnici residui precedentemente esposti, valutati attraverso i dati di letteratura.

La Fig.28 mostra la sezione sottoposta a verifica di stabilità con il metodo di Bell in condizioni estreme A2M2R2 - SLV. Il fattore di sicurezza minimo è risultato pari a **Fs=0,95<1,1, denotando LATENTE INSTABILITA'**.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

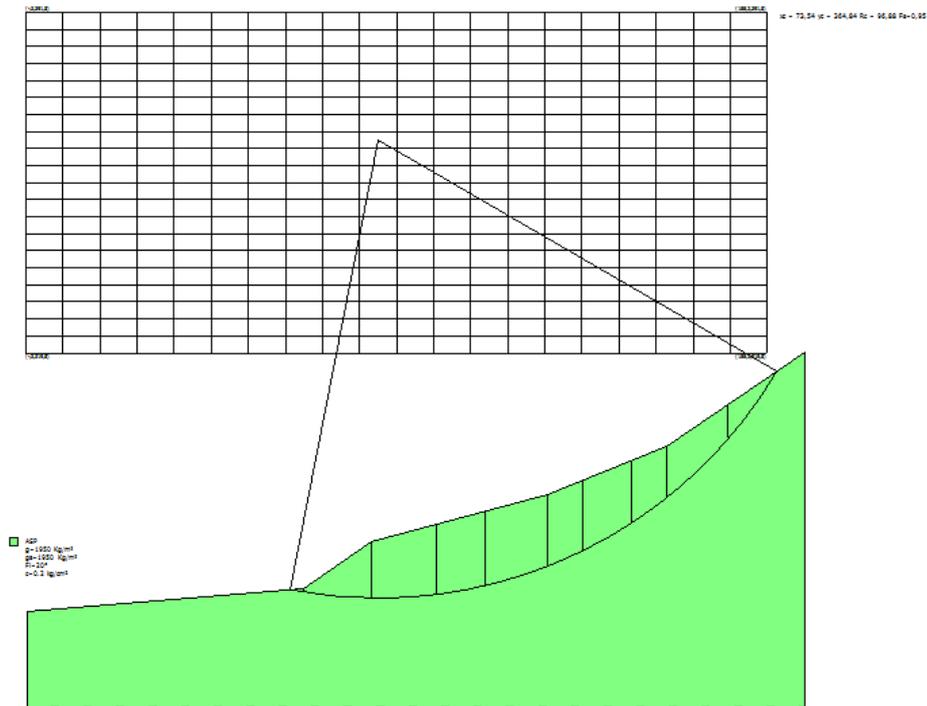


Fig.28 - Sezione di verifica SFr12 e superficie critica di calcolo in A2M2R2

La Fig.29 mostra la totalità delle superfici di calcolo.

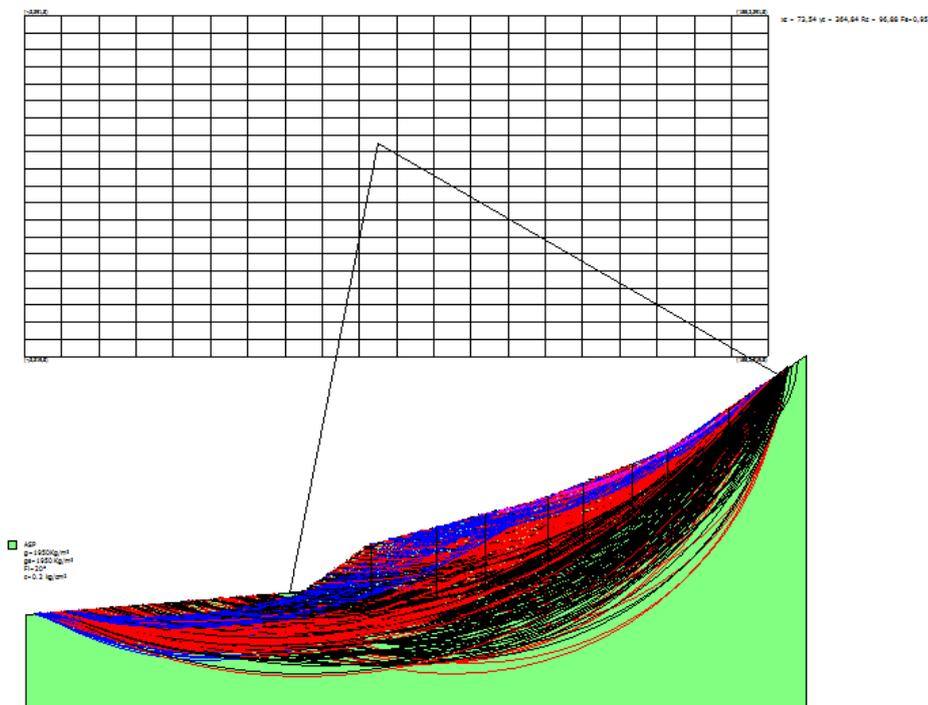


Fig.29 - Superfici di calcolo

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Sono state eseguite verifiche in condizioni A1M1R1 e in condizioni di assenza di sisma e riduzione dei parametri geotecnici, per verificare l'andamento del fattore di sicurezza in condizioni meno conservative.

La Tab.7 mostra i risultati ottenuti

Condizione	A2M2R2	No SISM	A1M1R1
FS	0,95	0,98	1,18

Tab.7

I risultati evidenziano una situazione di instabilità solo nella prima condizione di calcolo.

Allo scopo di proteggere il cavidotto da movimenti di massa ancorchè superficiali, in tutte le situazioni possibili, si propone di collocarlo in tubazione in HDPE di adeguato spessore, tale da renderlo resistente a modeste spinte del terreno con deformazioni di tipo plastico (cfr sviluppo lato monte in Fig.30). Dall'analisi dei luoghi non sembra necessario zavorrare lo scavo ed il tubo di contenimento del cavidotto con pietrame e proteggere il tutto con l'infissione di paletti di legno a monte e a valle dello scavo capaci di stabilizzare localmente i terreni attraversati.

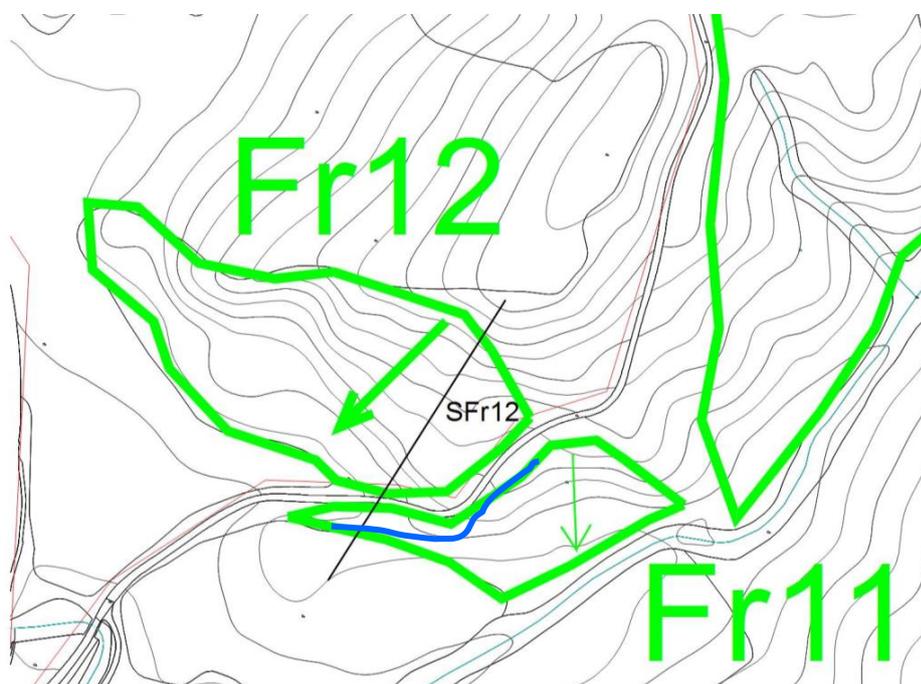


Fig.30 - Localizzazione dell'intervento di protezione del cavidotto per l'area di frana Fr12

In Appendice B è riportata la Relazione metodologica di calcolo e nell'Appendice C4 i tabulati di calcolo nelle tre condizioni considerate in Tab.7.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.5. Area Fr14 - Analisi di stabilità

- **Ubicazione** : Strada C.Vaccarizza fondovalle T.Salandrella (Tav.CG1 e Fig.31)
- **Geologia**: Argille subappennine siltose con interc. arenacee (formazione ASPb di Fig.11)
- **Idrogeologia**: falda assente
- **Parametri geotecnici di picco**: $\gamma=1,95 \text{ t/m}^3$; $c'=0,4 \text{ kg/cm}^2$; $\phi'=24^\circ$
- **Parametri geotecnici residui**: $\gamma=1,95 \text{ t/m}^3$; $c'=0,2 \text{ kg/cm}^2$; $\phi'=22^\circ$
- **Categoria sismica del terreno**: C (cfr. Tab.8)
- **Categoria topografica**: T2 (cfr.Tab.8)

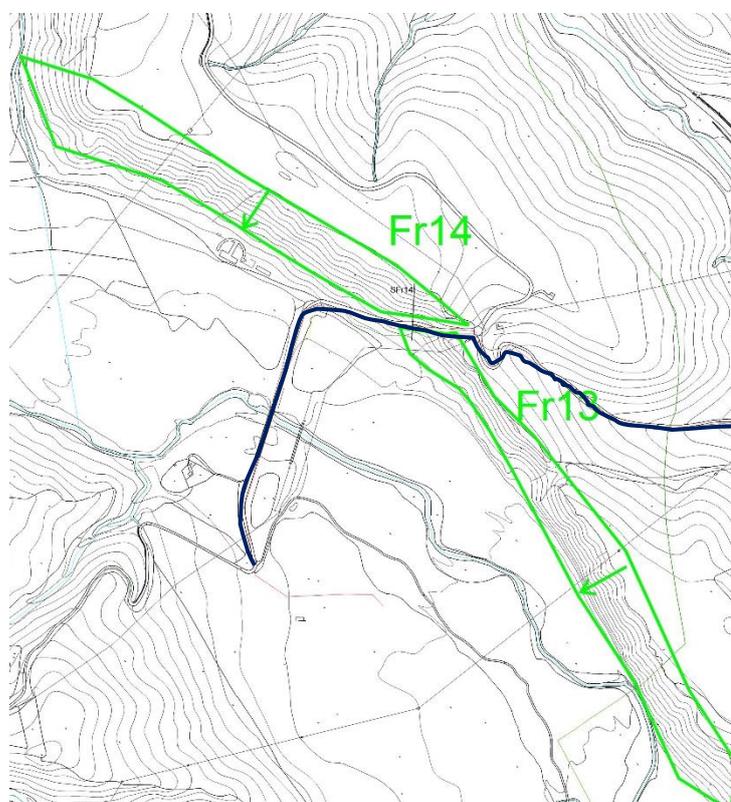


Fig.31 - Localizzazione dell'area di frana Fr7 e traccia della Sezione SFr14 di Tav.CG2

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Tab.8 - Parametri sismici di riferimento
Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Sito in esame.

latitudine: 40,526099
 longitudine: 16,311093
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 34341	Lat: 40,5511	Lon: 16,2534	Distanza: 5610,577
Sito 2	ID: 34342	Lat: 40,5495	Lon: 16,3192	Distanza: 2687,092
Sito 3	ID: 34564	Lat: 40,4995	Lon: 16,3170	Distanza: 2999,673
Sito 4	ID: 34563	Lat: 40,5011	Lon: 16,2513	Distanza: 5766,252

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,044 g
 Fo: 2,417
 Tc*: 0,291 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,057 g
 Fo: 2,477
 Tc*: 0,315 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,156 g
 Fo: 2,484
 Tc*: 0,356 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,199 g
 Fo: 2,520
 Tc*: 0,362 [s]

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii
SLO:

Ss: 1,500
 Cc: 1,580
 St: 1,200
 Kh: 0,016
 Kv: 0,008
 Amax: 0,774
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
 Cc: 1,540
 St: 1,200
 Kh: 0,021
 Kv: 0,010
 Amax: 1,014
 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,470
 Cc: 1,480
 St: 1,200
 Kh: 0,066
 Kv: 0,033
 Amax: 2,702
 Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,400
 Cc: 1,470
 St: 1,200
 Kh: 0,080
 Kv: 0,040
 Amax: 3,272
 Beta: 0,240

La sezione SFr14 di Tavv.CG1 e CG2 e Fig.31 è stata sottoposta ad analisi di stabilità ai sensi delle NTC/2018, utilizzando i parametri geotecnici residui precedentemente esposti, valutati attraverso i dati di letteratura.

La Fig.32 mostra la sezione sottoposta a verifica di stabilità con il metodo di Bell in condizioni estreme A2M2R2 - SLV. Il fattore di sicurezza minimo è risultato pari a **Fs=0,78<1,1, denotando INSTABILITA'**.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

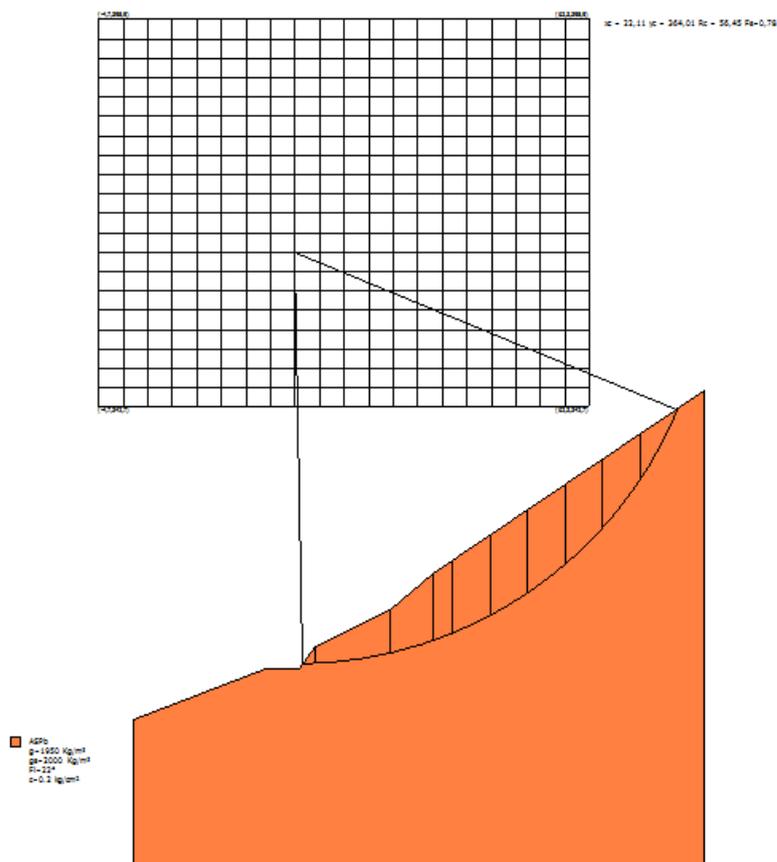


Fig.32 - Sezione di verifica SFR14 e superficie critica di calcolo in A2M2R2

La Fig.33 mostra la totalità delle superfici di calcolo.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

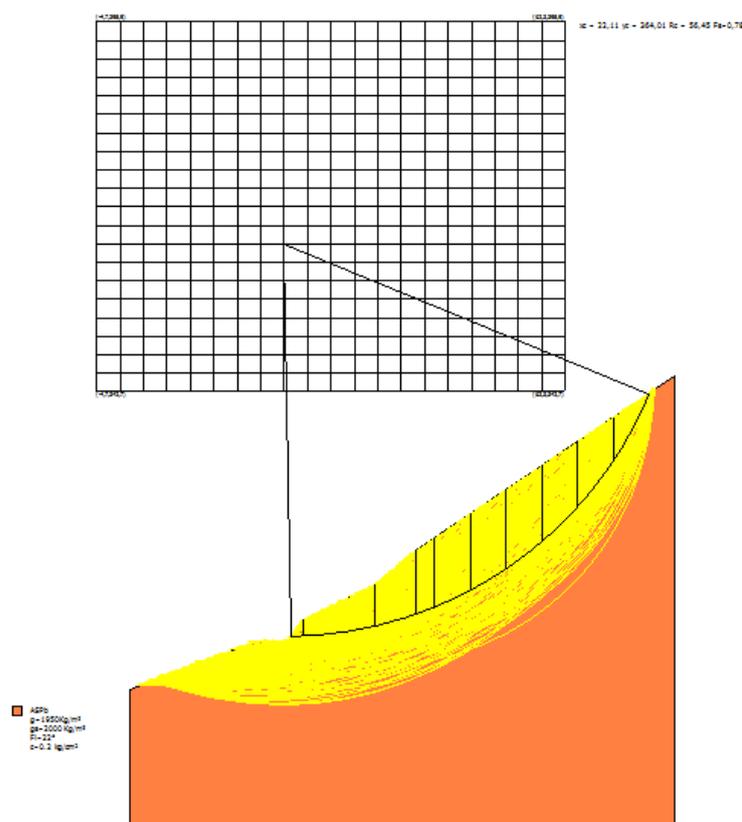


Fig.33 - Superfici di calcolo

Sono state eseguite verifiche in condizioni A1M1R1 e in condizioni di assenza di sisma e riduzione dei parametri geotecnici, per verificare l'andamento del fattore di sicurezza in condizioni meno conservative.

La Tab.9 mostra i risultati ottenuti

Condizione	A2M2R2	No SISM	A1M1R1
Fs	0,78	0,83	0,97

Tab.9

I risultati evidenziano una situazione di reale instabilità in tutte e tre le condizioni di calcolo, come del resto dimostrato dallo stato dei luoghi (Foto L).

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Allo scopo quindi di proteggere il cavidotto da movimenti di massa ancorchè superficiali, in tutte le situazioni possibili, si propone di collocarlo (lato monte) in tubazioni in HDPE di adeguato spessore, tali da renderlo resistente a modeste spinte del terreno con deformazioni di tipo plastico.

Tale soluzione poi, in corrispondenza di questa zona franosa non altrimenti superabile, potrebbe essere accompagnata dallo zavorraggio del tubo con riempimento dello scavo con pietrame e dall'infissione di paletti di legno a monte e a valle dello scavo capaci di stabilizzare localmente i terreni attraversati dal cavidotto (cfr. schema di Fig.33b e sviluppo planimetrico in Fig.34).

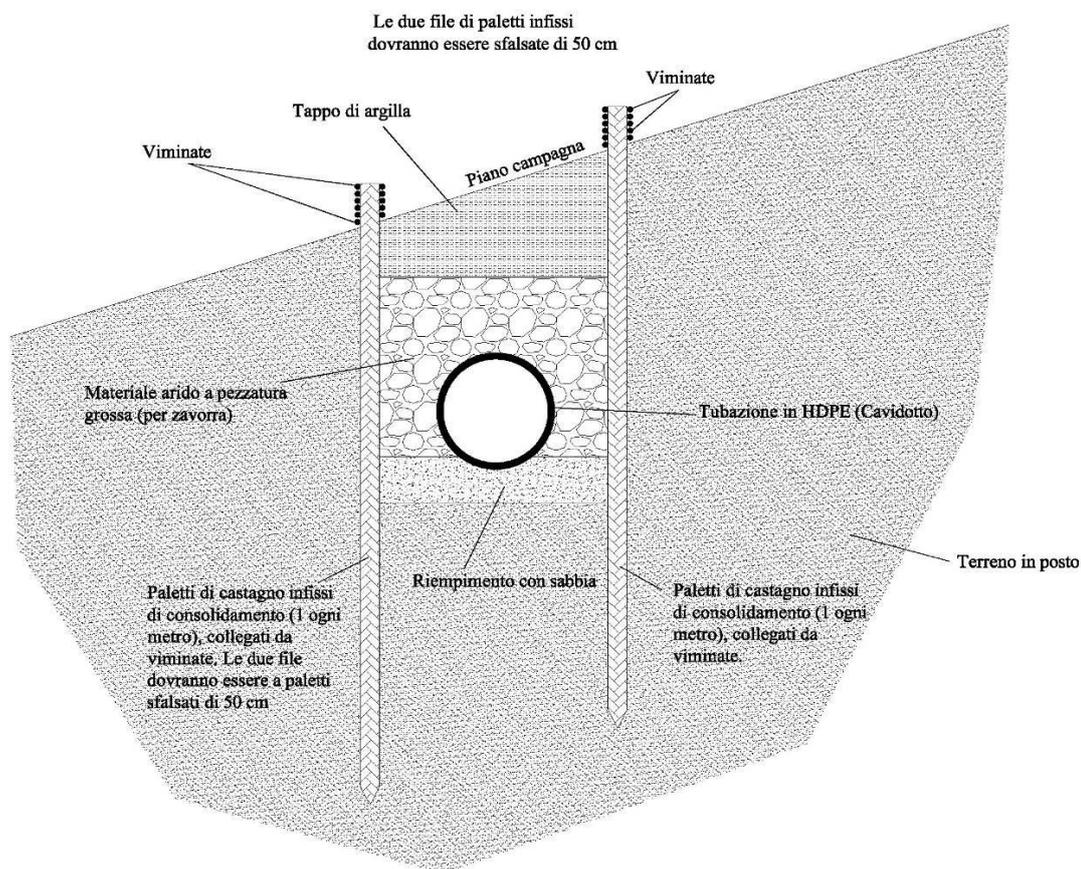


Fig.33b

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

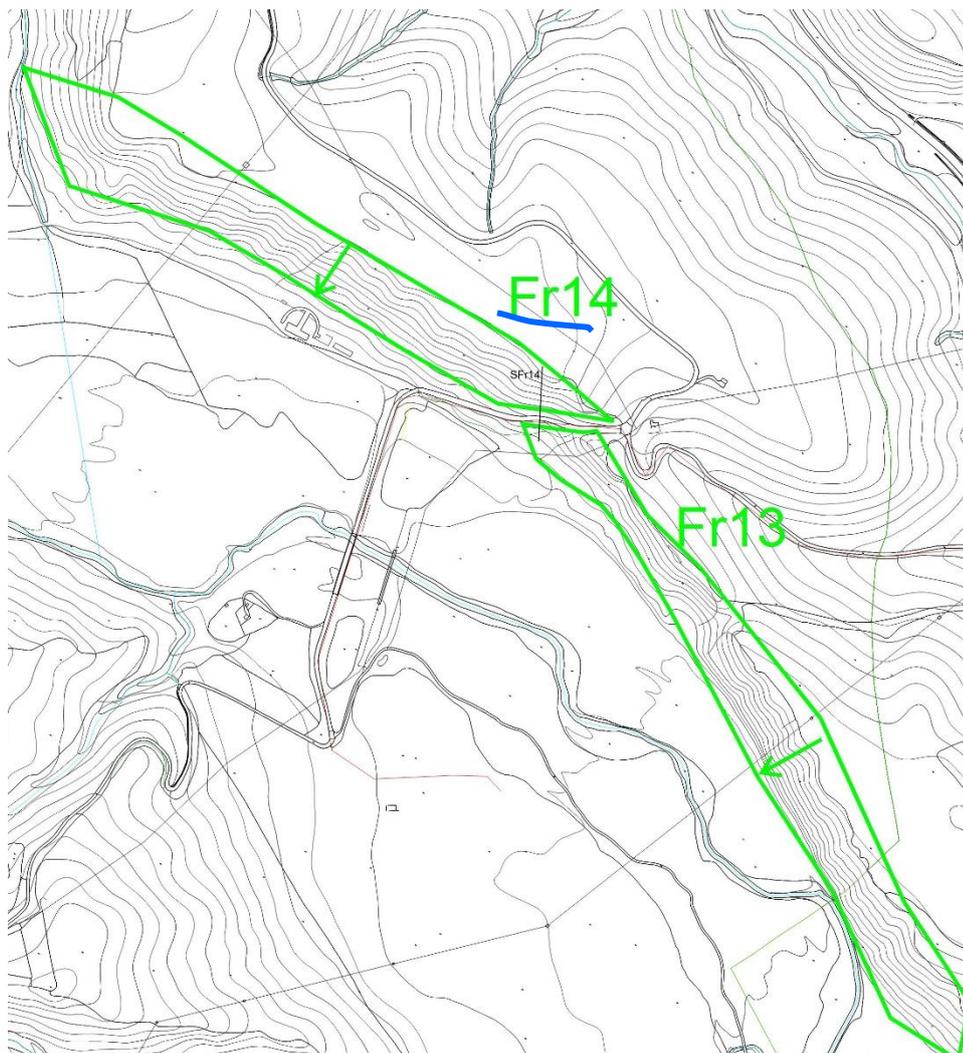


Fig.34 - Localizzazione dell'intervento di protezione del cavidotto per l'area di frana Fr14

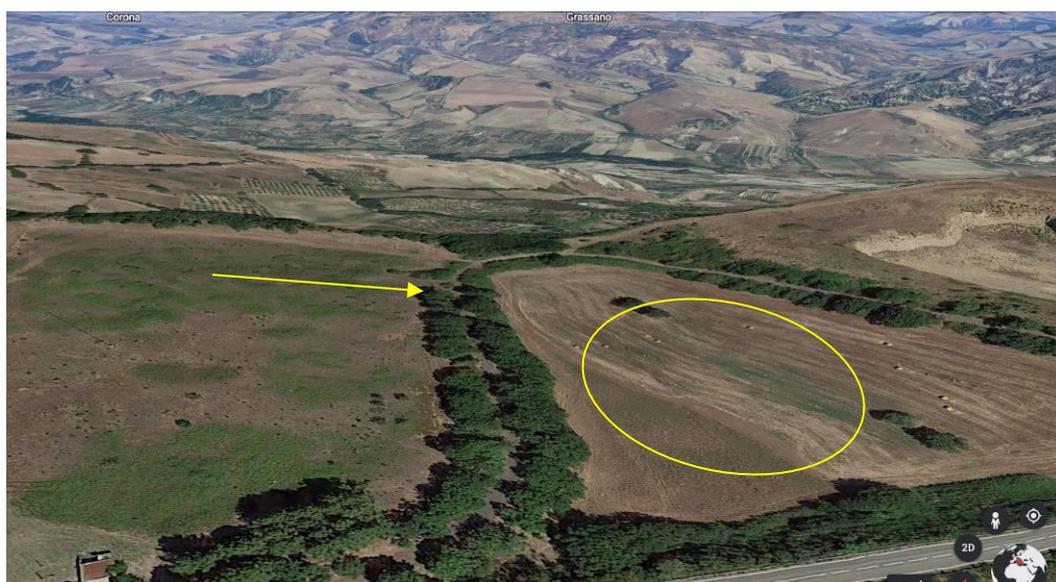
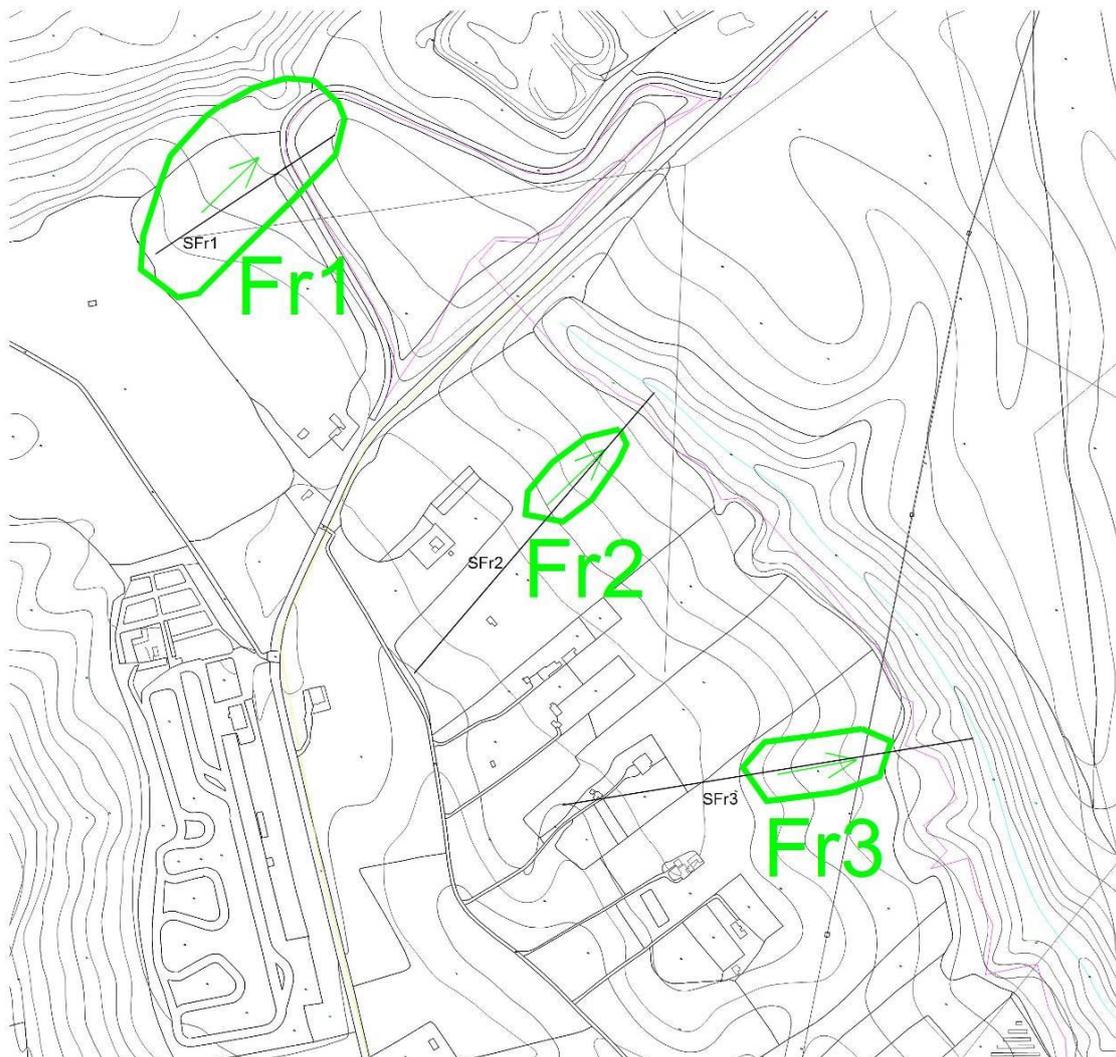
In Appendice B è riportata la Relazione metodologica di calcolo e nell'Appendice C5 i tabulati di calcolo nelle tre condizioni considerate in Tab.9.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

APPENDICE A
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

AREE DI FRANA Fr1-Fr2-Fr3 - LOC. MONTAGNOLA



Fr1

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Fr1



scarpata pista lato monte Fr1



scarpata pista lato valle Fr1

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

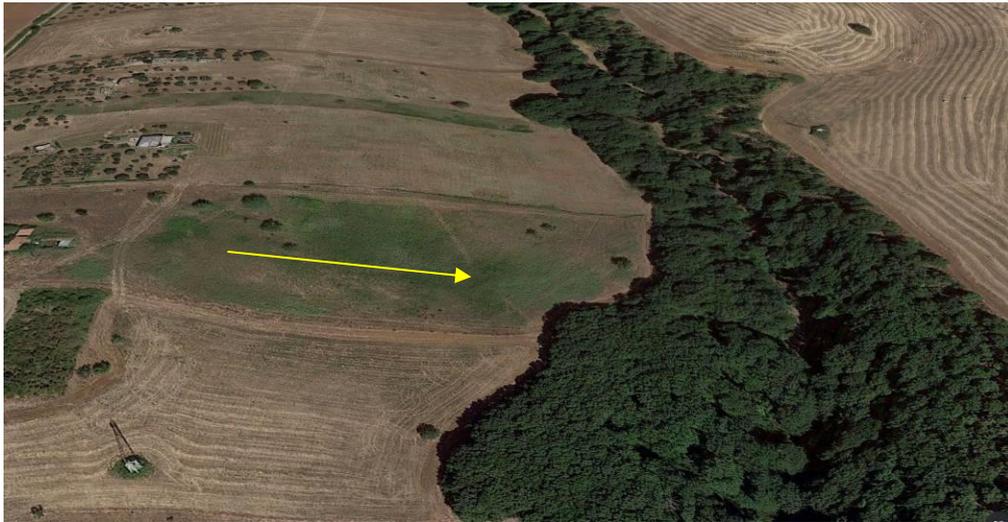
**area di impianto lato Fr1**

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr2

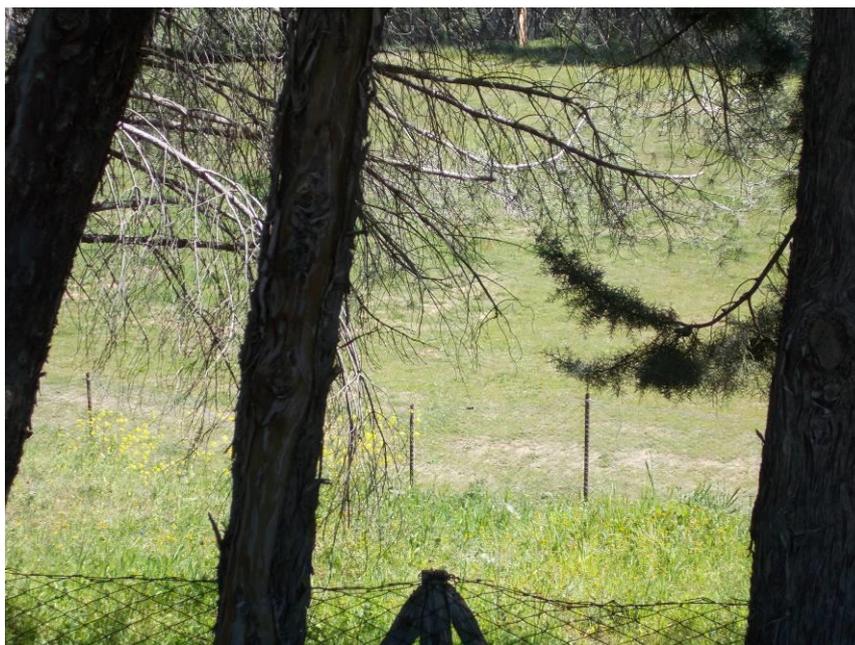
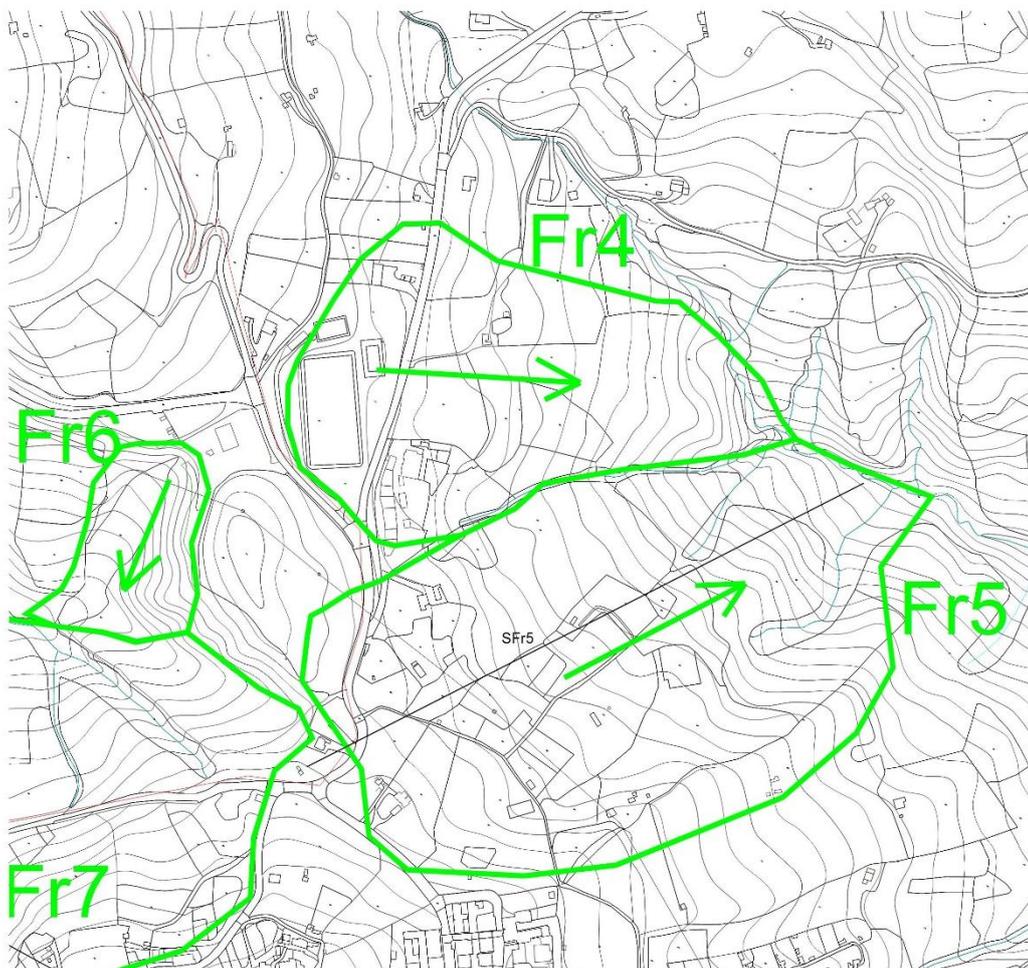
00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr3

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

AREE DI FRANA Fr4-Fr5-Fr6 - Nord Salandra

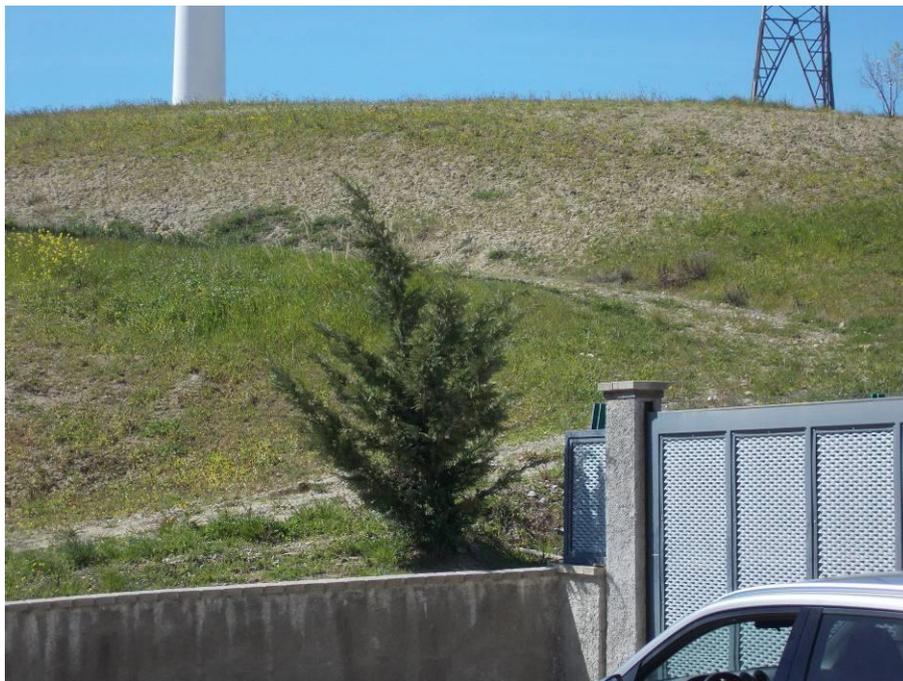


Area Fr4

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr5



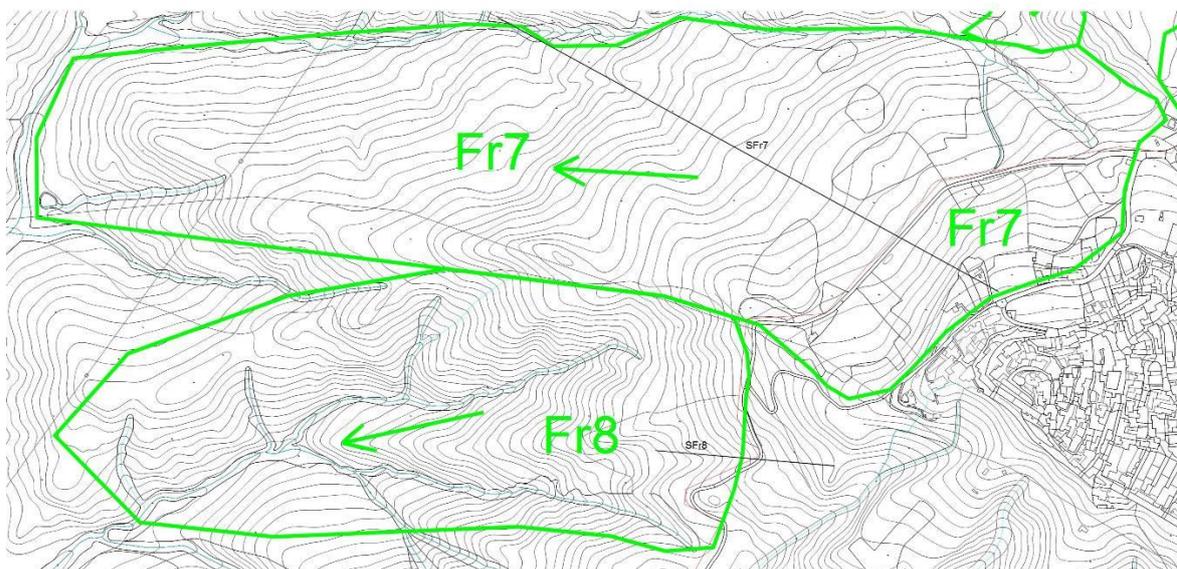
Area Fr6

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

**Area Fr6**

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

AREE DI FRANA Fr7-Fr8 - Ovest Salandra



Area Fr7

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr7

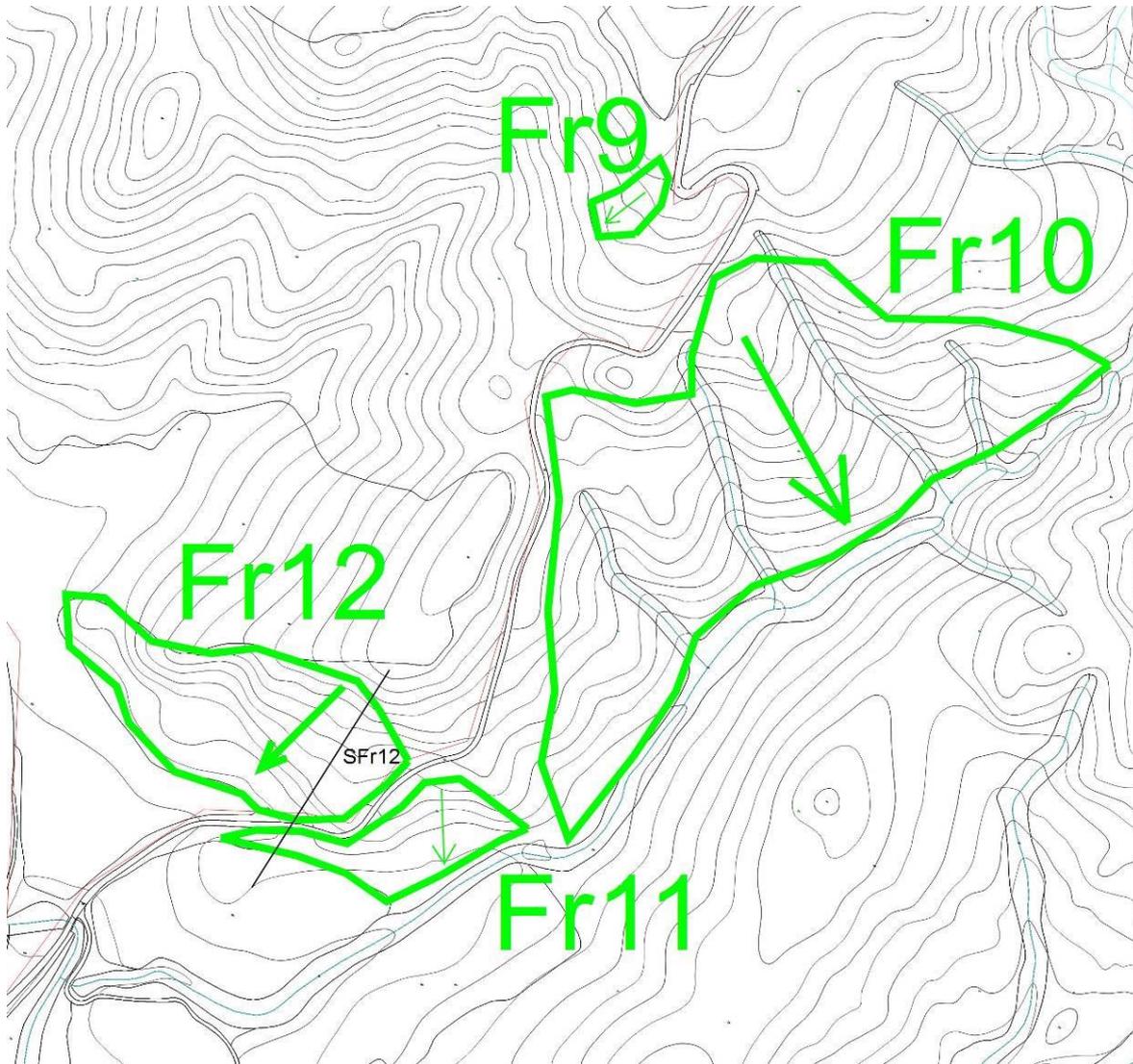
00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr8

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

AREE DI FRANA Fr9-Fr10-Fr11-Fr12 - Sud Salandra

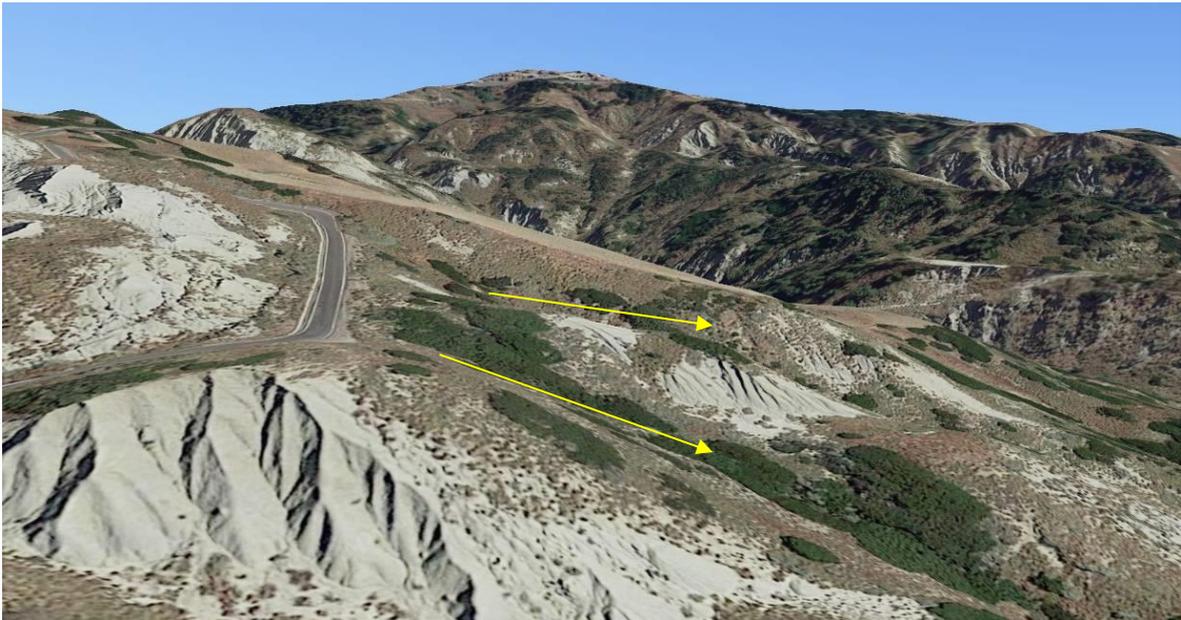


00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr9

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr10

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr10

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr11

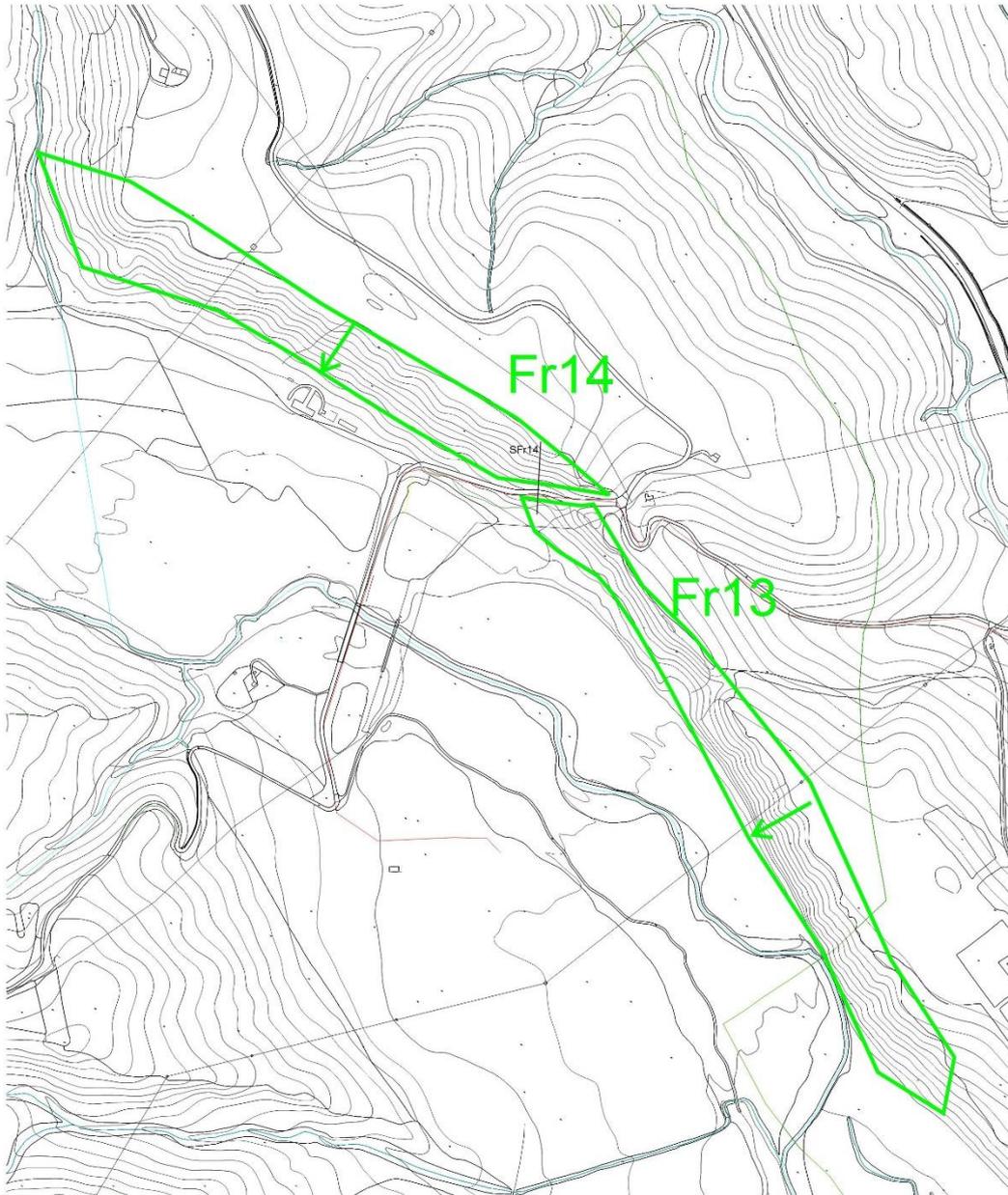
00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr12

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

AREE DI FRANA Fr13-Fr14 - Fondovalle T.Salandrella



00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



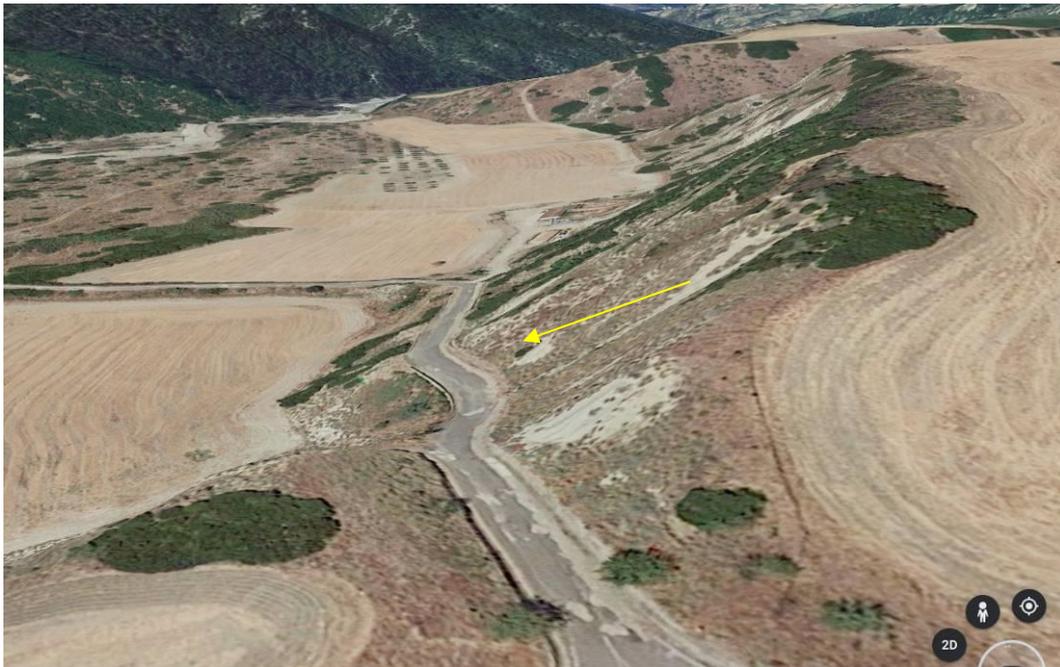
Area Fr13

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr13

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr14

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Area Fr14

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

APPENDICE B

ANALISI DI STABILITA' DI PENDIO - RELAZIONE METODOLOGICA

(Geostru Software "SLOPE")

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzodeviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

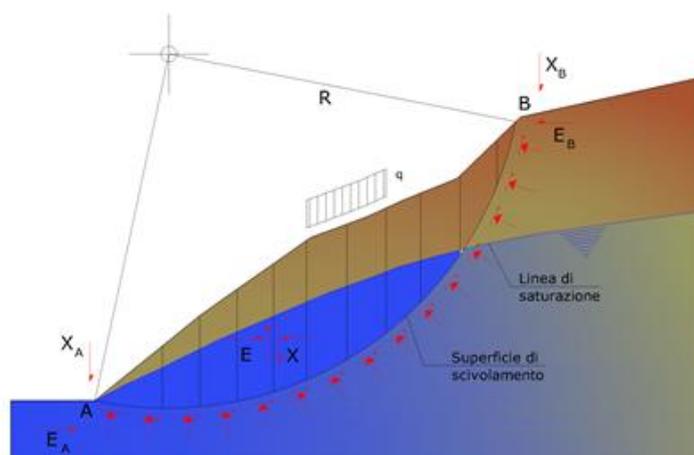
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j ;
- $(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_j sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

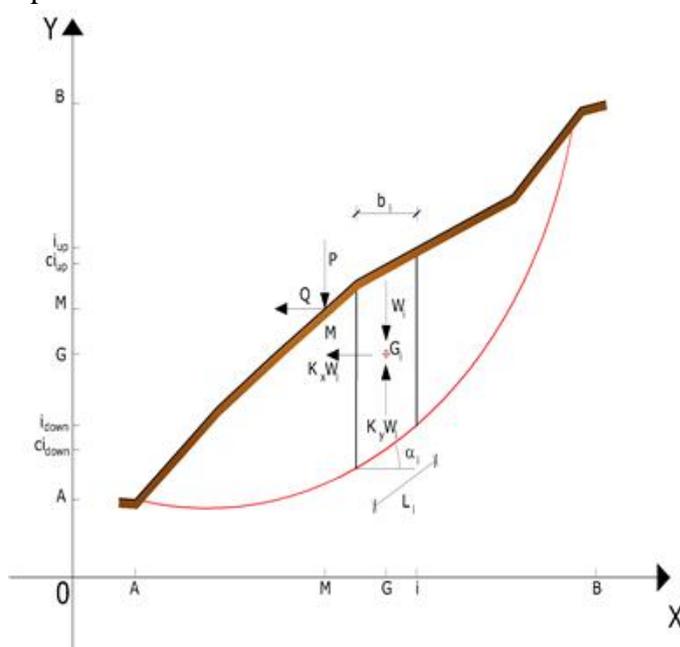
$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i$ = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$



00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa. Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

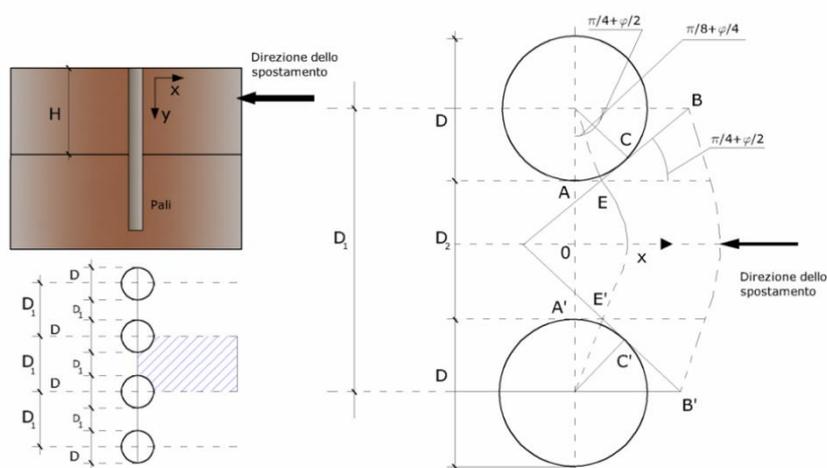
La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativo nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo-terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinte attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B';
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \phi/2)$ e $-(45 + \phi/2)$;
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidezza a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \left[1 / (N_\phi \text{tag}\phi) \left(e^{K_2} - 2(N_\phi)^{1/2} \text{tag}\phi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\phi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

ϕ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D_1 = interasse tra i pali;

D_2 = spazio libero fra due pali consecutivi;

N_ϕ = $\text{tag}^2(\pi/4 + \phi/2)$

$$K_1 = (N_\phi)^{1/2} \text{tag}\phi + N_\phi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2) / D_2 \cdot N_\phi \text{tag}(\pi/8 + \phi/4)$$

$$K_3 = \left[2\text{tag}\phi + 2(N_\phi)^{1/2} + 1 / (N_\phi)^{1/2} \right] / \left[(N_\phi)^{1/2} \text{tag}\phi + N_\phi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\phi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

$$P(z) = C [D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \operatorname{tag} \pi/8) - 2(D_1 - D_2)] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H [D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \operatorname{tag} \pi/8) - 2(D_1 - D_2)] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P, influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0 \rightarrow P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1 \rightarrow P \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

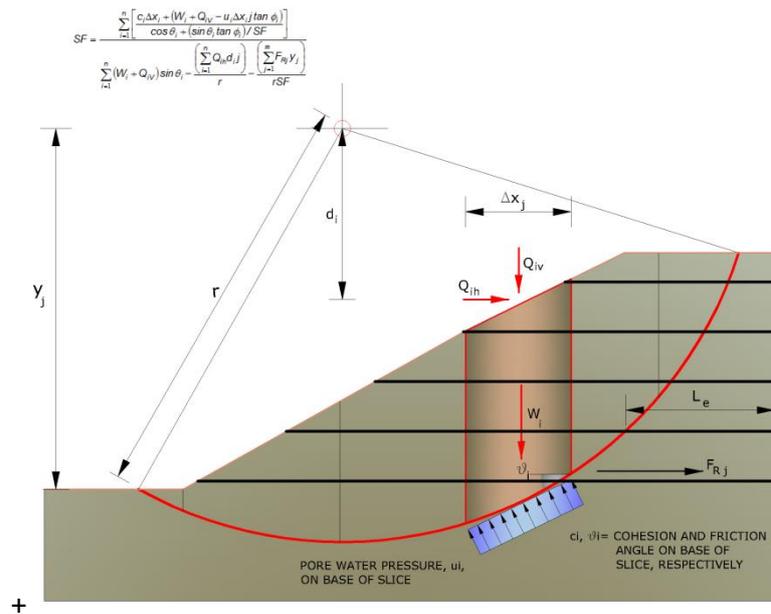
Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento.

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione. L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{Pullout} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\phi)}$$

dove:

δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;

$T_{Pullout}$ Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;

L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;

f_b Coefficiente di *Pullout*;

σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T' .

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Ancoraggi

Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

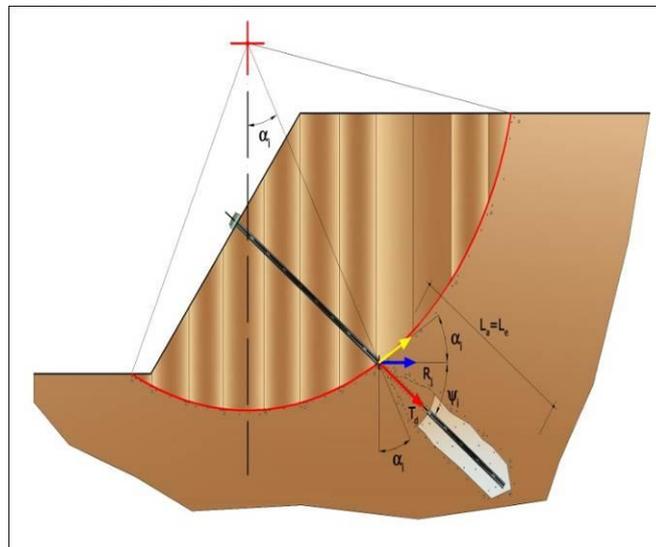
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

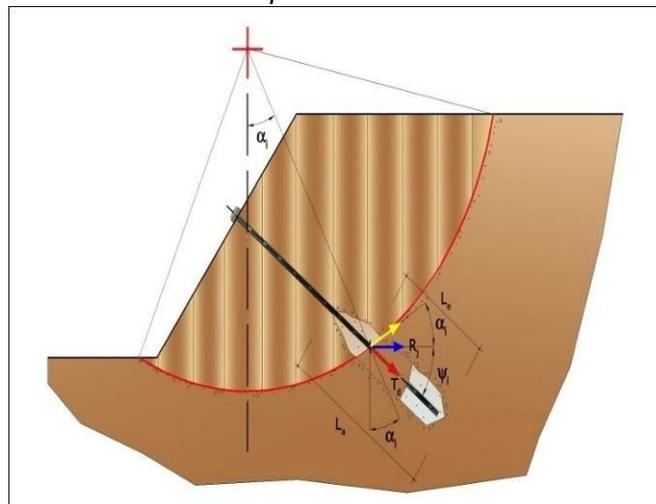
Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene

realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo e per i chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;

Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;

i interasse;

L_e lunghezza efficace;

L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l' i -esimo concio e il j -esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell' i -esimo concio.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

APPENDICE C1**ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr1 - TABULATI**

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL - Sezione SFr1

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,1

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-5,31 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	605,2 m
Ascissa vertice destro superiore xs	57,02 m
Ordinata vertice destro superiore ys	686,19 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,53
Longitudine:	16,31
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,43	2,42	0,29
S.L.D.	50,0	0,56	2,48	0,32
S.L.V.	475,0	1,53	2,48	0,36
S.L.C.	975,0	1,95	2,52	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6192	0,2	0,0126	0,0063
S.L.D.	0,8064	0,2	0,0164	0,0082
S.L.V.	2,2032	0,24	0,0539	0,027
S.L.C.	2,807	0,24	0,0687	0,0343

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0539
Coefficiente azione sismica verticale	0,027

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	580,0
2	50,0	581,7
3	53,6	585,0
4	58,6	585,0
5	61,7	587,6
6	115,0	590,0
7	165,0	595,0

Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	578,0
2	165,0	584,6

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0.1	25	1850	1950	SBC

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]
Fs minimo individuato
1,85

Ascissa centro superficie

49,23 m

Ordinata centro superficie

619,37 m

Raggio superficie

37,62 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei concii. Superficie...xc = 49,229 yc = 619,373 Rc = 37,616 Fs=1,8516

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh ·Wi (Kg)	Kv ·Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	1,99	2,8	1,99	3216,43	173,37	86,84	0,08	20,5	0,0	5239,9	1914,1
2	1,54	5,5	1,55	6740,92	363,34	182,0	0,08	20,5	0,0	4187,2	1509,5
3	2,43	8,5	2,46	12715,98	685,39	343,33	0,08	20,5	0,0	7921,8	2646,9
4	1,99	12,0	2,03	8918,2	480,69	240,79	0,08	20,5	0,0	5887,7	2044,6
5	1,99	15,1	2,06	8433,42	454,56	227,7	0,08	20,5	0,0	5861,0	2039,2
6	1,69	18,0	1,78	10318,24	556,15	278,59	0,08	20,5	0,0	5749,0	1890,3
7	2,28	21,2	2,44	14106,85	760,36	380,88	0,08	20,5	0,0	10187,0	3037,1
8	1,99	24,8	2,19	9326,48	502,7	251,81	0,08	20,5	0,0	6836,1	2235,7
9	1,99	28,1	2,25	6025,47	324,77	162,69	0,08	20,5	0,0	4931,1	1851,8
10	1,99	31,6	2,33	2161,19	116,49	58,35	0,08	20,5	0,0	1974,2	1256,1

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

APPENDICE C2**ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr7 - TABULATI**

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr7 - A2M2R2

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,1

Superficie di forma circolare
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	247,82 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	625,67 m
Ascissa vertice destro superiore xs	720,74 m
Ordinata vertice destro superiore ys	942,46 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]
Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,53
Longitudine:	16,31
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,43	2,42	0,29
S.L.D.	50,0	0,56	2,48	0,32
S.L.V.	475,0	1,53	2,48	0,36
S.L.C.	975,0	1,95	2,52	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,774	0,2	0,0158	0,0079
S.L.D.	1,008	0,2	0,0206	0,0103
S.L.V.	2,6949	0,24	0,066	0,033
S.L.C.	3,2744	0,24	0,0801	0,0401

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,066
Coefficiente azione sismica verticale	0,033

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	345,0
2	20,0	345,0
3	132,0	390,0
4	185,0	390,0
5	332,0	435,0
6	403,0	450,0
7	499,0	470,0
8	554,0	485,0
9	630,0	500,0
10	707,0	535,0
11	755,0	545,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	20	1950	2000	ASP

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]
Fs minimo individuato
0,87

Ascissa centro superficie

626,15 m

Ordinata centro superficie

657,35 m

Raggio superficie

160,24 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 626,153 yc = 657,353 Rc = 160,242 Fs=0,8695

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	U _i (Kg)	N _i (Kg)	T _i (Kg)
1	13,24	-1,0	13,24	40240,58	2655,88	1327,94	0,16	16,2	0,0	23303,2	32167,1
2	10,7	3,3	10,72	105563,4	6967,18	3483,59	0,16	16,2	0,0	82343,4	47269,1
3	11,97	7,4	12,07	213706,3	14104,61	7052,31	0,16	16,2	0,0	325156,0	130911,8
4	11,97	11,7	12,23	293811,6	19391,57	9695,78	0,16	16,2	0,0	686259,3	251831,6
5	11,97	16,1	12,46	351628,3	23207,47	11603,73	0,16	16,2	0,0	1129232,0	400166,3
6	11,97	20,6	12,79	385846,2	25465,85	12732,92	0,16	16,2	0,0	1604230,0	559225,0
7	11,97	25,3	13,24	394524,6	26038,62	13019,31	0,16	16,2	0,0	2050958,0	708817,3
8	6,43	29,0	7,36	205379,5	13555,04	6777,52	0,16	16,2	0,0	673765,7	237459,1
9	17,51	34,1	21,14	420667,8	27764,07	13882,04	0,16	16,2	0,0	4560823,0	1559464,0
10	11,97	40,7	15,79	97039,72	6404,62	3202,31	0,16	16,2	0,0	914302,7	328194,6

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr7 - NO SISM

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	246,81 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	564,35 m
Ascissa vertice destro superiore xs	719,73 m
Ordinata vertice destro superiore ys	881,13 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	345,0
2	20,0	345,0
3	132,0	390,0
4	185,0	390,0
5	332,0	435,0
6	403,0	450,0
7	499,0	470,0
8	554,0	485,0
9	630,0	500,0
10	707,0	535,0
11	755,0	545,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia	
1	0.2	20	1950	2000		ASP

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Fs minimo individuato	0,99
Ascissa centro superficie	636,97 m
Ordinata centro superficie	603,95 m
Raggio superficie	107,6 m

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 636,971 yc = 603,948 Rc = 107,597 Fs=0,9864

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	U_i (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	10,91	-6,6	10,98	39409,7	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	-53443,7	1918,3
2	9,69	-1,1	9,7	110220,2	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	-22559,4	9064,4
3	10,3	4,2	10,33	203030,9	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	163669,4	65025,2
4	10,3	9,7	10,45	271822,7	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	512075,3	167876,1
5	10,3	15,4	10,68	319868,0	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	965121,3	301617,0
6	10,3	21,2	11,05	345752,7	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	1468839,0	450316,5
7	10,3	27,2	11,58	347117,2	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	1957102,0	594453,3
8	10,3	33,6	12,36	320183,0	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	2332001,0	705124,9
9	5,5	38,7	7,05	147708,7	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	694602,8	213972,6
10	15,1	46,5	21,92	211434,5	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	3580395,0	1081442,0

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr7 - A1M1R1

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	246,81 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	564,35 m
Ascissa vertice destro superiore xs	719,73 m
Ordinata vertice destro superiore ys	881,13 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]
Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,53
Longitudine:	16,31
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,43	2,42	0,29
S.L.D.	50,0	0,56	2,48	0,32
S.L.V.	475,0	1,53	2,48	0,36
S.L.C.	975,0	1,95	2,52	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,774	0,2	0,0158	0,0079
S.L.D.	1,008	0,2	0,0206	0,0103
S.L.V.	2,6949	0,24	0,066	0,033
S.L.C.	3,2744	0,24	0,0801	0,0401

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,066
Coefficiente azione sismica verticale	0,033

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	345,0
2	20,0	345,0
3	132,0	390,0
4	185,0	390,0
5	332,0	435,0
6	403,0	450,0
7	499,0	470,0
8	554,0	485,0
9	630,0	500,0
10	707,0	535,0
11	755,0	545,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0,2	20	1950	2000	ASP

Risultati analisi pendio A1M1R1
Fs minimo individuato
1,07

Ascissa centro superficie

636,97 m

Ordinata centro superficie

603,95 m

Raggio superficie

107,6 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 636,971 yc = 603,948 Rc = 107,597 Fs=1,0734

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	U_i (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	10,91	-6,6	10,98	39409,7	2601,04	1300,52	0,2	20,0	0,0	-12948,3	15935,1
2	9,69	-1,1	9,7	110220,2	7274,53	3637,27	0,2	20,0	0,0	6871,2	20391,6
3	10,3	4,2	10,33	203030,9	13400,04	6700,02	0,2	20,0	0,0	167465,9	75979,9
4	10,3	9,7	10,45	271822,7	17940,29	8970,15	0,2	20,0	0,0	467652,1	177770,7
5	10,3	15,4	10,68	319868,0	21111,29	10555,64	0,2	20,0	0,0	859032,9	310484,7
6	10,3	21,2	11,05	345752,7	22819,68	11409,84	0,2	20,0	0,0	1294561,0	458168,7
7	10,3	27,2	11,58	347117,2	22909,73	11454,87	0,2	20,0	0,0	1716597,0	601277,5
8	10,3	33,6	12,36	320183,0	21132,08	10566,04	0,2	20,0	0,0	2039813,0	710877,2
9	5,5	38,7	7,05	147708,7	9748,77	4874,39	0,2	20,0	0,0	608545,8	216602,6
10	15,1	46,5	21,92	211434,5	13954,67	6977,34	0,2	20,0	0,0	3121661,0	1086667,0

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

APPENDICE C3

ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr8 - TABULATI

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr8 - A2M2R2

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,1

Superficie di forma circolare
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	34,41 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	570,57 m
Ascissa vertice destro superiore xs	188,54 m
Ordinata vertice destro superiore ys	679,16 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]
Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,53
Longitudine:	16,31
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,43	2,42	0,29
S.L.D.	50,0	0,56	2,48	0,32
S.L.V.	475,0	1,53	2,48	0,36
S.L.C.	975,0	1,95	2,52	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,774	0,2	0,0158	0,0079
S.L.D.	1,008	0,2	0,0206	0,0103
S.L.V.	2,6949	0,24	0,066	0,033
S.L.C.	3,2744	0,24	0,0801	0,0401

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,066
Coefficiente azione sismica verticale	0,033

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	425,0
2	47,0	440,0
3	75,0	445,0
4	126,0	465,0
5	180,0	480,0
6	239,0	500,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0,2	20	1950	2000	ASP

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]
Fs minimo individuato
0,96

Ascissa centro superficie

61,39 m

Ordinata centro superficie

660,16 m

Raggio superficie

235,77 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 61,387 yc = 660,156 Rc = 235,769 Fs=0,961

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	21,88	-9,0	22,15	234360,2	15467,77	7733,89	0,16	16,2	0,0	-723609,6	-182818,8
2	11,64	-4,9	11,68	292474,6	19303,32	9651,66	0,16	16,2	0,0	-252476,5	-57123,7
3	28,0	-0,1	28,0	988986,8	65273,1332	636,56	0,16	16,2	0,0	19236,8	52445,8
4	26,0	6,5	26,17	1227148,0	80991,7840	495,89	0,16	16,2	0,0	3542597,0	1116648,0
5	25,0	12,8	25,64	1456688,0	96141,41	48070,7	0,16	16,2	0,0	7994378,0	2463819,0
6	18,76	18,3	19,76	1145075,0	75574,9837	787,49	0,16	16,2	0,0	6862610,0	2110511,0
7	21,88	23,6	23,88	1244854,0	82160,39	41080,2	0,16	16,2	0,011479340,0	3514521,0	
8	13,36	28,4	15,19	664405,8	43850,7921	1925,39	0,16	16,2	0,0	4623711,0	1423177,0
9	30,39	34,7	36,97	1132820,0	74766,0937	383,04	0,16	16,2	0,022958260,0	7006662,0	
10	21,88	42,8	29,83	301790,9	19918,2	9959,1	0,16	16,2	0,0	5892644,0	1821822,0

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr8 - NO SISM

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	34,41 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	570,57 m
Ascissa vertice destro superiore xs	188,54 m
Ordinata vertice destro superiore ys	679,16 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	425,0
2	47,0	440,0
3	75,0	445,0
4	126,0	465,0
5	180,0	480,0
6	239,0	500,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	20	1950	2000	ASP

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,19
Ascissa centro superficie	88,36 m
Ordinata centro superficie	646,58 m
Raggio superficie	207,45 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi dei conci. Superficie...xc = 88,359 yc = 646,582 Rc = 207,448 Fs=1,186

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh ·Wi (Kg)	Kv ·Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Li (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	18,8	-6,3	18,92	107619,1	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	-234603,8	-32228,9
2	16,59	-1,4	16,59	292904,2	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	-124849,4	-8276,5
3	17,69	3,3	17,72	534419,1	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	575547,0	165168,6
4	16,72	8,1	16,89	668731,5	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	1665776,0	431507,1
5	18,67	13,1	19,17	839902,3	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	3811240,0	960853,6
6	17,69	18,3	18,64	794000,1	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	4859597,0	1216912,0
7	17,64	23,6	19,24	727891,2	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	5845401,0	1458850,0
8	17,75	29,0	20,3	619552,9	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	6373140,0	1588570,0
9	17,69	34,8	21,55	444638,9	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	5711658,0	1426095,0
10	17,69	41,0	23,45	177245,0	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	2849489,0	723426,3

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr8 - A1M1R1

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	34,41 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	570,57 m
Ascissa vertice destro superiore xs	188,54 m
Ordinata vertice destro superiore ys	679,16 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]
Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,53
Longitudine:	16,31
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,43	2,42	0,29
S.L.D.	50,0	0,56	2,48	0,32
S.L.V.	475,0	1,53	2,48	0,36
S.L.C.	975,0	1,95	2,52	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,774	0,2	0,0158	0,0079
S.L.D.	1,008	0,2	0,0206	0,0103
S.L.V.	2,6949	0,24	0,066	0,033
S.L.C.	3,2744	0,24	0,0801	0,0401

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,066
Coefficiente azione sismica verticale	0,033

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	425,0
2	47,0	440,0
3	75,0	445,0
4	126,0	465,0
5	180,0	480,0
6	239,0	500,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0,2	20	1950	2000	ASP

Risultati analisi pendio
Fs minimo individuato
1,2

Ascissa centro superficie

61,39 m

Ordinata centro superficie

660,16 m

Raggio superficie

235,77 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 61,387 yc = 660,156 Rc = 235,769 Fs=1,2013

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh Wi (Kg)	Ks Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	U _i (Kg)	N _i (Kg)	T _i (Kg)
1	21,88	-9,0	22,15	234360,2	15467,77	7733,89	0,2	20,0	0,0	-723604,2	-182815,7
2	11,64	-4,9	11,68	292474,6	19303,32	9651,66	0,2	20,0	0,0	-252474,1	-57122,5
3	28,0	-0,1	28,0	988986,8	65273,1332	636,56	0,2	20,0	0,0	19240,7	52446,5
4	26,0	6,5	26,17	1227148,0	80991,7840	495,89	0,2	20,0	0,0	3542591,0	1116637,0
5	25,0	12,8	25,64	1456688,0	96141,41	48070,7	0,2	20,0	0,0	7994361,0	2463793,0
6	18,76	18,3	19,76	1145075,0	75574,9837	787,49	0,2	20,0	0,0	6862595,0	2110489,0
7	21,88	23,6	23,88	1244854,0	82160,39	41080,2	0,2	20,0	0,0	11479320,0	3514484,0
8	13,36	28,4	15,19	664405,8	43850,7921	2925,39	0,2	20,0	0,0	4623702,0	1423162,0
9	30,39	34,7	36,97	1132820,0	74766,0937	383,04	0,2	20,0	0,0	22958200,0	7006586,0
10	21,88	42,8	29,83	301790,9	19918,2	9959,1	0,2	20,0	0,0	5892630,0	1821803,0

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

APPENDICE C4**ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr12 - TABULATI**

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr12 - A2M2R2

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,1

Superficie di forma circolare
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-0,35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	319,84 m
Ascissa vertice destro superiore xs	155,2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	391,84 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]
Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,53
Longitudine:	16,31
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,43	2,42	0,29
S.L.D.	50,0	0,56	2,48	0,32
S.L.V.	475,0	1,53	2,48	0,36
S.L.C.	975,0	1,95	2,52	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,774	0,2	0,0158	0,0079
S.L.D.	1,008	0,2	0,0206	0,0103
S.L.V.	2,6949	0,24	0,066	0,033
S.L.C.	3,2744	0,24	0,0801	0,0401

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,066
Coefficiente azione sismica verticale	0,033

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	265,0
2	58,0	270,0
3	72,0	280,0
4	109,0	290,0
5	134,0	300,0
6	163,0	320,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	20	1950	1950	ASP

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]
Fs minimo individuato
0,95

Ascissa centro superficie

73,54 m

Ordinata centro superficie

364,84 m

Raggio superficie

96,88 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 73,536 yc = 364,837 Rc = 96,878 Fs=0,9466

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	U _i (Kg)	N _i (Kg)	T _i (Kg)
1	2,97	-10,1	3,02	2349,43	155,06	77,53	0,16	16,2	0,0	7934,4	7465,1
2	14,0	-5,1	14,05	181923,1	12006,92	6003,46	0,16	16,2	0,0	-173944,3	-29843,2
3	13,68	3,1	13,7	366668,1	24200,11	12100,05	0,16	16,2	0,0	291925,8	112926,0
4	10,22	10,3	10,38	310233,3	20475,39	10237,7	0,16	16,2	0,0	561870,6	190110,7
5	13,1	17,4	13,73	405046,8	26733,09	13366,54	0,16	16,2	0,0	1589857,0	511207,3
6	7,33	23,8	8,02	218157,4	14398,39	7199,19	0,16	16,2	0,0	676880,0	220615,8
7	10,22	29,7	11,76	285791,8	18862,26	9431,13	0,16	16,2	0,0	1581378,0	503725,3
8	7,45	35,9	9,19	177121,9	11690,04	5845,02	0,16	16,2	0,0	906774,8	291525,2
9	12,99	44,0	18,04	244543,6	16139,88	8069,94	0,16	16,2	0,0	2894259,0	912268,8
10	10,22	54,5	17,6	86297,98	5695,67	2847,83	0,16	16,2	0,0	1167872,0	376525,1

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr12 - NO SISM

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-0,35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	319,84 m
Ascissa vertice destro superiore xs	155,2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	391,84 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	265,0
2	58,0	270,0
3	72,0	280,0
4	109,0	290,0
5	134,0	300,0
6	163,0	320,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0,2	20	1950	1950	ASP

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]
Fs minimo individuato 0,98

Ascissa centro superficie	131,86 m
Ordinata centro superficie	323,44 m
Raggio superficie	28,25 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 131,864 yc = 323,439 Rc = 28,248 Fs=0,9785

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$\frac{K_h \cdot W_i}{(Kg)}$	$\frac{K_v \cdot W_i}{(Kg)}$	c (kg/cm ²)	Fi (°)	$\frac{U_j}{(Kg)}$	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	3,5	-11,6	3,58	7639,82	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	-6653,6	3750,7
2	3,5	-4,4	3,51	20572,73	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	-6650,2	3751,7
3	2,54	1,8	2,54	21227,43	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	1666,9	4647,0
4	4,47	8,9	4,53	52398,48	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	41669,1	19709,5
5	3,5	17,3	3,67	53551,02	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	66290,3	25456,4
6	3,5	24,9	3,86	60864,48	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	112800,2	39296,2
7	3,5	33,1	4,18	64162,2	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	166908,6	55397,1
8	3,5	42,1	4,72	62341,04	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	225233,2	72752,6
9	3,5	52,8	5,79	53033,6	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	279268,0	88831,6
10	3,5	68,4	9,5	29071,35	0,0	0,0	0,16	16,2	0,0	293046,8	92931,7

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr12 - A1M1R1

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-0,35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	319,84 m
Ascissa vertice destro superiore xs	155,2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	391,84 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]
Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,53
Longitudine:	16,31
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,43	2,42	0,29
S.L.D.	50,0	0,56	2,48	0,32
S.L.V.	475,0	1,53	2,48	0,36
S.L.C.	975,0	1,95	2,52	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,774	0,2	0,0158	0,0079
S.L.D.	1,008	0,2	0,0206	0,0103
S.L.V.	2,6949	0,24	0,066	0,033
S.L.C.	3,2744	0,24	0,0801	0,0401

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,066
Coefficiente azione sismica verticale	0,033

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	265,0
2	58,0	270,0
3	72,0	280,0
4	109,0	290,0
5	134,0	300,0
6	163,0	320,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0,2	20	1950	1950	ASP

Risultati analisi pendio
Fs minimo individuato
1,18

Ascissa centro superficie

73,54 m

Ordinata centro superficie

364,84 m

Raggio superficie

96,88 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 73,536 yc = 364,837 Rc = 96,878 Fs=1,1832

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh ·Wi (Kg)	Kv ·Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	2,97	-10,1	3,02	2349,43	155,06	77,53	0,2	20,0	0,0	7934,7	7465,2
2	14,0	-5,1	14,05	181923,1	12006,92	6003,46	0,2	20,0	0,0	-173942,7	-29842,5
3	13,68	3,1	13,7	366668,1	24200,11	12100,05	0,2	20,0	0,0	291926,1	112925,6
4	10,22	10,3	10,38	310233,3	20475,39	10237,7	0,2	20,0	0,0	561869,9	190109,7
5	13,1	17,4	13,73	405046,8	26733,09	13366,54	0,2	20,0	0,0	1589854,0	511204,2
6	7,33	23,8	8,02	218157,4	14398,39	7199,19	0,2	20,0	0,0	676878,7	220614,5
7	10,22	29,7	11,76	285791,8	18862,26	9431,13	0,2	20,0	0,0	1581374,0	503722,2
8	7,45	35,9	9,19	177121,9	11690,04	5845,02	0,2	20,0	0,0	906772,9	291523,4
9	12,99	44,0	18,04	244543,6	16139,88	8069,94	0,2	20,0	0,0	2894252,0	912263,0
10	10,22	54,5	17,6	86297,98	5695,67	2847,83	0,2	20,0	0,0	1167869,0	376522,8

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

APPENDICE C5

ANALISI DI STABILITA' SEZIONE Fr14 - TABULATI

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr14- A2M2R2

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,1

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-4,7 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	342,75 m
Ascissa vertice destro superiore xs	62,32 m
Ordinata vertice destro superiore ys	395,9 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,53
Longitudine:	16,31
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,43	2,42	0,29
S.L.D.	50,0	0,56	2,48	0,32
S.L.V.	475,0	1,53	2,48	0,36
S.L.C.	975,0	1,95	2,52	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,774	0,2	0,0158	0,0079
S.L.D.	1,008	0,2	0,0206	0,0103
S.L.V.	2,6949	0,24	0,066	0,033
S.L.C.	3,2744	0,24	0,0801	0,0401

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,066
Coefficiente azione sismica verticale	0,033

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	300,0
2	18,0	307,0
3	22,7	307,0
4	24,8	310,0
5	35,0	315,0
6	41,0	320,0
7	78,0	345,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	22	1950	2000	ASPb

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]
Fs minimo individuato
0,78

Ascissa centro superficie

22,11 m

Ordinata centro superficie

364,01 m

Raggio superficie

56,45 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 22,108 yc = 364,009 Rc = 56,451 Fs=0,7783

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	U _i (Kg)	N _i (Kg)	T _i (Kg)
1	1,7	1,9	1,7	3968,55	261,92	130,96	0,16	17,9	0,0	9146,0	7299,3
2	10,2	8,0	10,3	87537,13	5777,45	2888,73	0,16	17,9	0,0	145198,9	81269,7
3	6,0	16,4	6,25	89601,33	5913,69	2956,84	0,16	17,9	0,0	146833,7	73314,3
4	2,58	21,0	2,76	48171,18	3179,3	1589,65	0,16	17,9	0,0	46296,1	24526,8
5	5,12	25,2	5,66	105267,0	6947,62	3473,81	0,16	17,9	0,0	214522,8	99616,9
6	5,12	31,1	5,98	112463,5	7422,59	3711,3	0,16	17,9	0,0	285465,6	129079,2
7	5,12	37,5	6,45	112216,5	7406,29	3703,15	0,16	17,9	0,0	354978,1	157947,6
8	5,12	44,4	7,16	102606,3	6772,01	3386,01	0,16	17,9	0,0	409909,3	180760,3
9	5,12	52,2	8,36	80073,22	5284,83	2642,42	0,16	17,9	0,0	419238,3	184634,7
10	5,12	62,0	10,92	36499,38	2408,96	1204,48	0,16	17,9	0,0	277328,8	125700,1

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr7 - NO SISM

Numero di strati 1,0
 Numero dei conci 10,0

Superficie di forma circolare
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi -4,7 m
 Ordinata vertice sinistro inferiore yi 342,75 m
 Ascissa vertice destro superiore xs 62,32 m
 Ordinata vertice destro superiore ys 395,9 m
 Passo di ricerca 10,0
 Numero di celle lungo x 20,0
 Numero di celle lungo y 20,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	300,0
2	18,0	307,0
3	22,7	307,0
4	24,8	310,0
5	35,0	315,0
6	41,0	320,0
7	78,0	345,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0,2	22	1950	2000	ASPb

Risultati analisi pendio
Fs minimo individuato
0,83

Ascissa centro superficie 22,11 m
 Ordinata centro superficie 364,01 m
 Raggio superficie 56,45 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 22,108 yc = 364,009 Rc = 56,451 Fs=0,8339

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh ·Wi (Kg)	Kv ·Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	U i (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	1,7	1,9	1,7	3968,55	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	243,0	3361,6
2	10,2	8,0	10,3	87537,13	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	134483,2	71693,6
3	6,0	16,4	6,25	89601,33	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	169988,7	77396,8
4	2,58	21,0	2,76	48171,18	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	51171,5	24779,8
5	5,12	25,2	5,66	105267,0	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	273222,8	115721,0
6	5,12	31,1	5,98	112463,5	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	374301,3	154897,6
7	5,12	37,5	6,45	112216,5	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	473504,4	193347,3
8	5,12	44,4	7,16	102606,3	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	552811,1	224085,3
9	5,12	52,2	8,36	80073,22	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	569656,3	230614,3
10	5,12	62,0	10,92	36499,38	0,0	0,0	0,16	17,9	0,0	378928,2	156690,9

Revisione	Data	Descrizione
00	12-05-2022	Prima Emissione

Analisi di stabilità dei pendii con BELL Sezione SFr14- A1M1R1

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-4,7 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	342,75 m
Ascissa vertice destro superiore xs	62,32 m
Ordinata vertice destro superiore ys	395,9 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	40,53
Longitudine:	16,31
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,43	2,42	0,29
S.L.D.	50,0	0,56	2,48	0,32
S.L.V.	475,0	1,53	2,48	0,36
S.L.C.	975,0	1,95	2,52	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,774	0,2	0,0158	0,0079
S.L.D.	1,008	0,2	0,0206	0,0103
S.L.V.	2,6949	0,24	0,066	0,033
S.L.C.	3,2744	0,24	0,0801	0,0401

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,066
Coefficiente azione sismica verticale	0,033

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	300,0
2	18,0	307,0
3	22,7	307,0
4	24,8	310,0
5	35,0	315,0
6	41,0	320,0
7	78,0	345,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo;

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia
1	0.2	22	1950	2000	ASPb

Risultati analisi pendio
Fs minimo individuato
0,97

Ascissa centro superficie

22,11 m

Ordinata centro superficie

364,01 m

Raggio superficie

56,45 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 22,108 yc = 364,009 Rc = 56,451 Fs=0,9729

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	U_i (Kg)	Ni (Kg)	Ti (Kg)
1	1,7	1,9	1,7	3968,55	261,92	130,96	0,2	22,0	0,0	9145,9	7299,3
2	10,2	8,0	10,3	87537,13	5777,45	2888,73	0,2	22,0	0,0	145198,8	81270,2
3	6,0	16,4	6,25	89601,33	5913,69	2956,84	0,2	22,0	0,0	146833,8	73314,9
4	2,58	21,0	2,76	48171,18	3179,3	1589,65	0,2	22,0	0,0	46296,1	24527,0
5	5,12	25,2	5,66	105267,0	6947,62	3473,81	0,2	22,0	0,0	214523,2	99617,8
6	5,12	31,1	5,98	112463,5	7422,59	3711,3	0,2	22,0	0,0	285466,2	129080,4
7	5,12	37,5	6,45	112216,5	7406,29	3703,15	0,2	22,0	0,0	354978,9	157949,0
8	5,12	44,4	7,16	102606,3	6772,01	3386,01	0,2	22,0	0,0	409910,3	180761,9
9	5,12	52,2	8,36	80073,22	5284,83	2642,42	0,2	22,0	0,0	419239,3	184636,3
10	5,12	62,0	10,92	36499,38	2408,96	1204,48	0,2	22,0	0,0	277329,5	125701,2

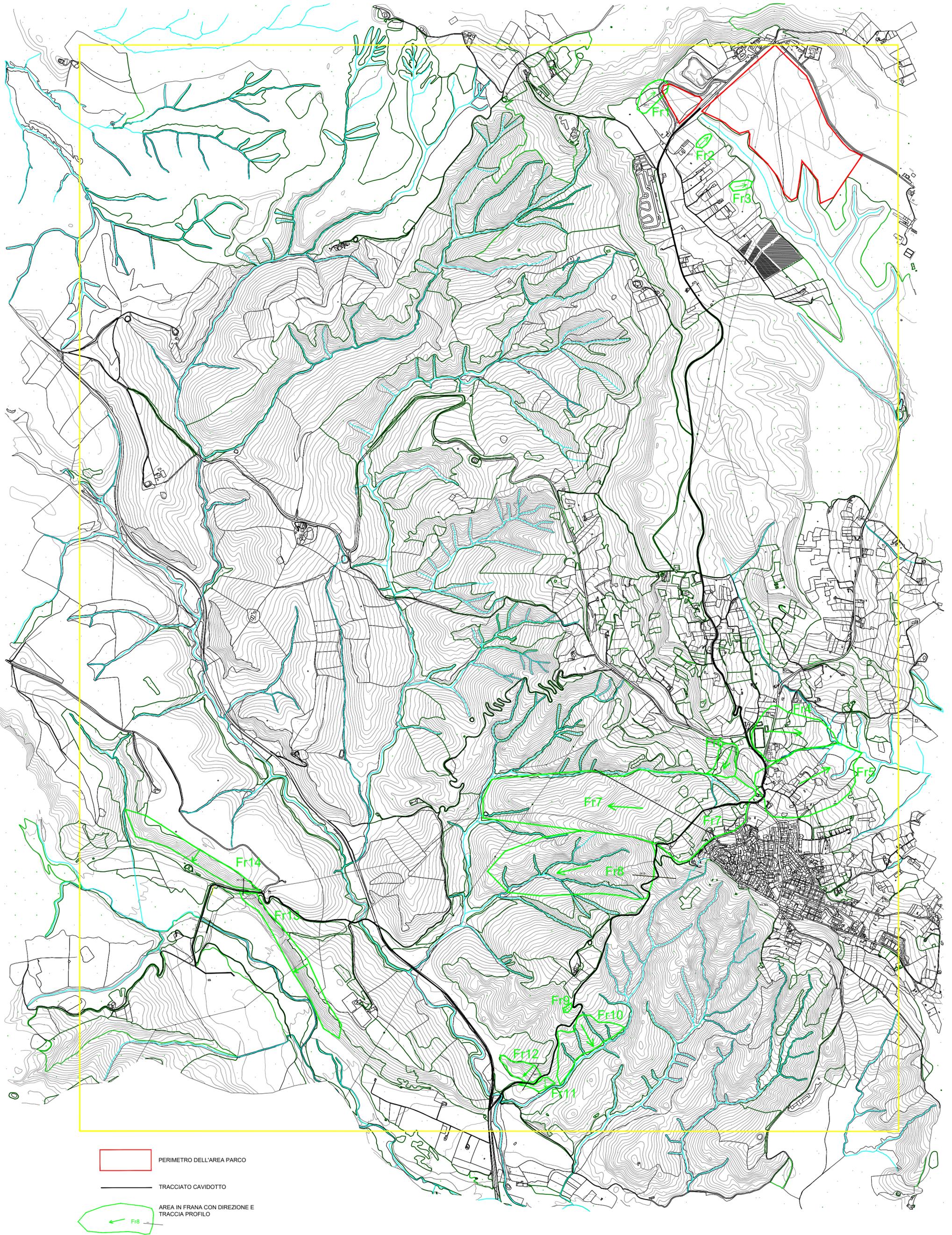
00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

APPENDICE D

TAVOLE

00	12-05-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

TAV.CG.1 - CARTA DEI MOVIMENTI DI FRANA PRESENTI NELLE AREE INTERESSATE DALLE OPERE DI PROGETTO



PERIMETRO DELL'AREA PARCO

TRACCIATO CAVIDOTTO

AREA IN FRANA CON DIREZIONE E TRACCIA PROFILO

Fr8

TAV.CG.2 - PROFILI DEI VERSANTI IN FRANA INTERFERENTI CON IL CAVIDOTTO

