

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME	4
2.1	ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	4
2.2	ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFIA	9
3.	INDAGINI ESEGUITE	15
4.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO	17
5.	ANALISI DI STABILITA'	30
6.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	33
7.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	36
8.	APPENDICE 1	38
9.	APPENDICE 2	43
10.	APPENDICE 3	48
11	APPENDICE 4	52

1. PREMESSA

In seguito all'affidamento da parte dell'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Sele del "*Progetto di rivisitazione del piano stralcio per il rischio da frana ed il rischio idraulico – P.O.R. Campania 2000-2006 Misura 1.5 Azione D' all'A.T.S. Strago S.r.l. – Prof. P. Versace è stato svolto, come previsto nella Relazione Tecnico-Metodologica, uno studio di dettaglio su un versante interessato da frane in formazioni strutturalmente complesse. La frana interessa un dolce versante posto in corrispondenza dello svincolo di Vietri di Potenza lungo il raccordo autostradale Sicignano-Potenza.*

Più nel dettaglio, l'area è ubicata nel settore orientale del Comune di Vietri di Potenza (a circa 4 km a NE del capoluogo comunale) ed, in piccola parte, nel territorio del Comune di Picerno (PZ).

Nell'area ricadono alcune importanti infrastrutture quali:

- il raccordo autostradale Sicignano-Potenza (E-847);
- lo svincolo di Vietri di Potenza;
- la S.S. n°94 del valico di Pietrastretta;
- viabilità minore (es.: Strada Comunale di Serra Muletta), linee elettriche ad alta tensione, fabbricati isolati adibiti sia a civili abitazioni sia ad attività commerciali.

Allo scopo di definire le principali caratteristiche geologico-strutturali, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area in esame è stato realizzato un accurato rilevamento geologico-geomorfologico di campagna integrato dall'esame di foto aeree adatte alla visione stereoscopica. Gli elementi geologici e geomorfologici così acquisiti sono stati confrontati ed integrati con quelli derivanti dalla raccolta dati d'archivio (scientifici e professionali). Inoltre, al fine di eseguire alcune verifiche di stabilità di tipo geotecnico, sono stati raccolti e criticamente esaminati una serie di dati relativi a campagne di indagini geognostiche e prove di laboratorio.

Nello specifico, per la definizione del modello geologico del sottosuolo e la conseguente parametrizzazione geotecnica dei litotipi intercettati dalle perforazioni, si è utilizzata una campagna di indagini geognostica con annesse prove di laboratorio eseguita dall'ANAS S.p.A. (Compartimento della Viabilità della Basilicata) negli anni 2003-2004.

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME

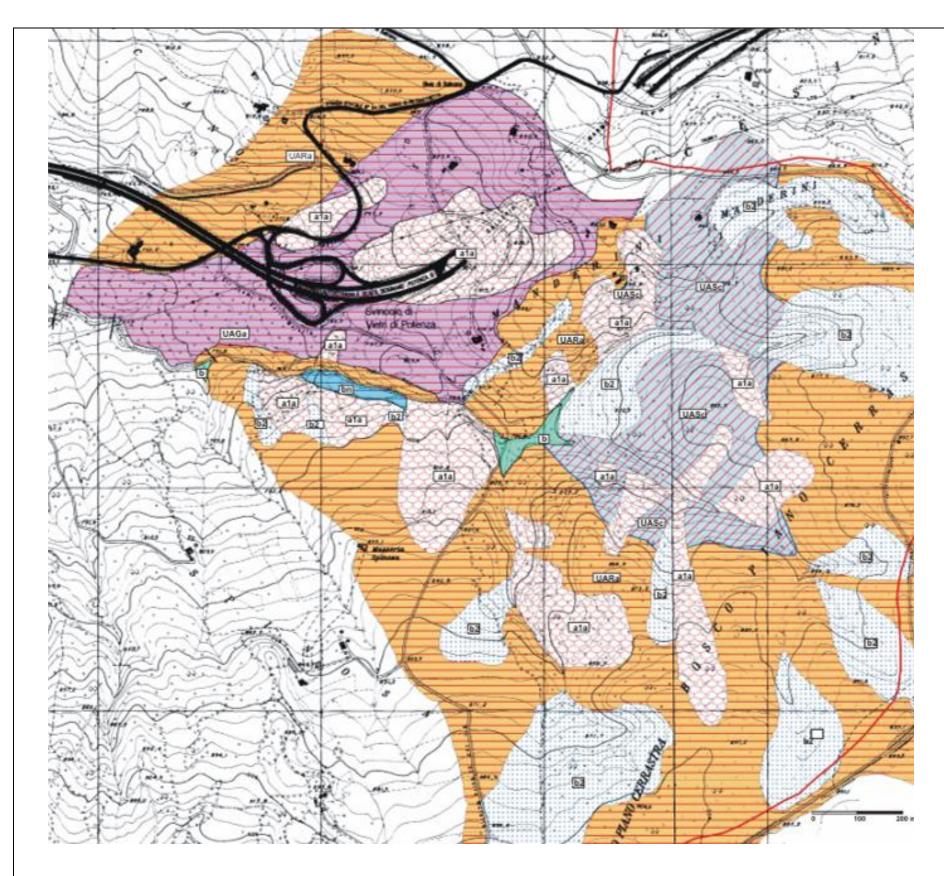
2.1 Assetto geologico-strutturale

La zona in studio ricade in un settore dell'Appennino meridionale tra i più complessi dal punto di vista geologico-strutturale, dove vengono a contatto alcune delle principali Unità tettoniche della Catena.

Nei limiti delle specifiche finalità di questo studio, la ricostruzione geologica di quest'area risulta molto problematica a causa della scarsità di affioramenti continui, della mancanza di stringenti vincoli stratigrafici, dello stato di disarticolazione delle successioni (poste in vicinanza di fronti di accavallamento tettonico) e della presenza di diffusi fenomeni di dissesto.

In affioramento, sono presenti, a luoghi, una coltre eluvio-colluviale e materiali di riporto antropici di limitato spessore ed estensione, questi ultimi derivati, per lo più, dallo "smarino" estratto dalla galleria "del Marmo" oltre che dalla movimentazione di terre e detriti e dal conseguente rimodellamento del versante, in connessione della costruzione delle opere stradali ed accessorie per il raccordo autostradale.

In Figura 2.1 è riportato uno stralcio della Carta geolitologica realizzata nell'area di interesse. A causa della loro esigua estensione areale, non è stato possibile rappresentare, alla scala di rilevamento 1:5000, i depositi eluvio-colluviali ed i riporti antropici, a luoghi presenti nell'area, come evidenziato anche nei sondaggi stratigrafici disponibili, ubicati in prossimità dell'imbocco (quota 802 m s.l.m.) ed in corrispondenza dell'asse della galleria "del Marmo", sul raccordo autostradale Sicignano-Potenza (per i dettagli si rimanda al $\S 3$).



Legenda:

(a_{1a}) deposito di frana

Accumuli gravitativi con assetto caotico, argilloso-limosi e subordinatamente a clasti eterometrici, con evidenze di evoluzione in atto del movimento franoso; la natura degli elementi e della matrice dipende dalla successione originaria coinvolta. Spessore fino a 10 m. circa (Olocene - Attuale)

(b) deposito alluvionale

Ghiaie e sabbie con elementi carbonatici e flyschoidi, da subangolosi ad arrotondati, eterometrici fino a grandi blocchi. Localmente prevalgono sabbie e limi. Depositi fluviali in alveo e di golena. Depositi di conoide torrentizia attiva e localmente inattiva o quiescente. Spessore fino 10 m.(Olocene – Attuale)

(b₂) coltre eluvio-colluviale

Coltri alteritiche e paleosuoli con fenomeni di pedogenesi ancora in atto; sabbie e limi argillosi brunorossastri ed argille nerastre. Presenza di clasti di varia natura ed, a luoghi elementi piroclastici rimaneggiati.

Depositi derivanti da processi di alterazione in situ delle successioni affioranti e depositi per processi di accumulo in paleoconche per trasporto meteorico e/o gravitativo lungo i versanti. Spessore fino a 10 m circa. (Pleistocene – Attuale)

(b_n) deposito alluvionale terrazzato

Ghiaie ad elementi eterometrici e sabbie medio-grossolane, variamente addensate e/o pedogenizzate, poste fino a 50 m sul letto fluviale.

Conglomerati e brecce sospesi ad alta quota, talvolta basculati in contropendenza.

Alluvioni incise o terrazzate, depositi di conoide torrentizia inattiva e incisa. Lo spessore è di qualche decina di metri. (Pleistocene inf. - Pleistocene medio-sup).

(UARa) Sub-Unità Pelitico-arenacea

Argille siltose biancastre, giallastre e grigiastre, marne argillose micacee brunastre e grigioazzurre, arenarie di colore grigio-ferro, avana e, per alterazione, ocracee; litareniti mediogrossolane grigie, avana e brunastre, ricche in frammenti litici di natura sedimentaria e/o cristallina. Ambiente marino. Lo spessore stimato è di alcune centinaia di metri. Tali litotipi sono diffusi nelle seguenti unità litostratigrafiche: Formazione di Pollica (Ietto et alii, 1965), Formazione di Castelvetere (Pescatore et alii, 1970), Formazione di Monte Sierio (Boenzi et alii, 1969), Brecce ed Arenarie di Piaggine (Sgrosso, 1981). (Miocene medio -Miocene superiore)

(UASc) Sub-Unità Argillitica Silicifera

Argilliti più o meno silicifere di colore nerastro, o anche grigio cenere, violaceo, verdognolo, dalla tipica alterazione in forme prismatiche appuntite ("galestri"), associate a calcareniti fini e calcilutiti silicifere, calcari marnosi e marne di colore ocraceo o biancastro. Radiolariti policrome e diaspri. I calcari marnosi possono essere massivi o laminati, silicizzati e alterati, grigi o giallognoli-rossastri, talora "paesiniformi" con frattura prismatica. Le argille marnose e le argilliti silicee sono di color grigio scuro con livelli violacei, giallognoli e azzurrastri; si osservano anche rari livelli di calcareniti e brecciole gradate. Ambiente marino bacinale.

Tali litotipi sono diffusi nelle seguenti unità litostratigrafiche: Flysch Galestrino (Scandone, 1967), Scisti Silicei (Scandone, 1967). (Triassicoo superiore p.p.- Cretacico inferiore)

(UAGa) Sub-Unità Variegata

Argille ed argille siltose, talvolta marnose di colore grigio, rosse, verdi e violacee localmente chiare o scure, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi bianco-giallastri in strati di dimensione variabili da 0.5 cm fino ad alcuni decimetri; tali intercalazioni diventano più frequenti ed aumentano di spessore verso la parte alta della successione. Occasionalmente si rinvengono arenarie e siltiti.

La Sub-Unità Variegata è presente anche come olistostromi all'interno di altre unità (UARa e UARb) Tali litotipi sono diffusi nelle seguenti unità litostratigrafiche: Argille Varicolori Superiori (Ogniben, 1969). (Eocene – Miocene inferiore)

Fig. 2.1. Stralcio della Carta geolitologica dell'area di studio (scala originale 1:5000).

Nel settore di interesse è possibile distinguere un substrato, affiorante in una vasta porzione del territorio, costituito da terreni in *facies* bacinale attribuibili dal punto di vista litostratigrafico alle "Argille Varicolori Superiori"; in una più ristretta porzione nord-occidentale affiorano invece terreni in *facies* bacinale e flyscioidi terrigeni di età miocenica, attribuibili, dubitativamente, alla "Formazione di Monte Sierio". I rapporti tra queste Unità, probabilmente di tipo tettonico, non sono, tuttavia, ben osservabili in affioramento. Le Argille Varicolori sembrano inglobare, a luoghi, piccoli lembi (sradicati dalla tettonica) riferibili a porzioni delle Unità Lagonegresi; tali lembi sono confrontabili con formazioni quali il Flysch Galestrino e il Flysch Rosso *Auctt.*, presenti in affioramento a NE dell'area in esame.

Il substrato del settore nord-occidentale è riferibile ad una sub-Unità Pelitico-Arenacea. Sembrano prevalere, inoltre, livelli spessi di tipo argilloso e marnoso, ma si ritrovano anche intervalli con arenarie quarzolitiche, litareniti, calcari marnosi, calcareniti e brecciole calcaree e poligeniche. Le condizioni di affioramento e la ridotta estensione dell'area interessata dallo studio non permettono di ricostruire con sufficiente precisione la successione stratigrafica.

I settori centrale e sud-orientale dell'area in esame sono riferiti, in termini di substrato relativo, alla sub-Unità Argillosa Variegata. I litotipi prevalenti in affioramento sono di tipo argilloso (argille ed argille marnose), di colore variabile dal rossastro al grigio verdastro, inglobanti pezzame lapideo di varia dimensione costituito, per lo più, da frammenti di calcari marnosi di colore grigio avana, grigio verdognolo e azzurrognolo chiaro, calcareniti, brecciole e rare calciruditi. Talora sono presenti intercalazioni di straterelli diasprigni grigiastri o di strati sottili di marne calcaree e calcari marnosi rossastri e grigio-giallastri.

Una più dettagliata ricostruzione geolitologica dei terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in studio è stata effettuata analizzando i sondaggi meccanici disponibili (13 perforazioni a carotaggio continuo, di cui 9 ricadenti nell'area del corpo di frana), realizzati per conto dell'ANAS S.p.A. nell'aprile 2004 (§ 3), spinti fino a profondità di 30÷46 m dal piano campagna.

Al di sotto della coltre di alterazione (attribuibile in buona parte a depositi di frana per lo più caotici a prevalente componente pelitica) e di eventuali riporti antropici, i sondaggi hanno intercettato un substrato riferibile alle Argille Varicolori. In definitiva, i dati stratigrafici disponibili consentono di individuare, dall'alto verso il basso, i seguenti complessi litologici, i cui rapporti geometrici sono evidenziati nelle sezioni geolitologiche (Fig. 2.2):

- Suolo (S), di colore marroncino brunastro, a prevalente granulometria argillosa con dispersi clasti carbonatici. Tale orizzonte si presenta privo di consistenza e plastico.
- Materiale di riporto antropico (MRA), costituito da argille con inclusi clasti carbonatici grigiastri con venature di calcite, di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Tale litotipo presenta struttura caotica ed è privo di consistenza, plastico e compressibile.
- Argilloscisti varicolori alterati (AVA). Argille mediamente plastiche di colore variabile dal marroncino al grigiastro, con intercalazioni di elementi carbonatici grigiastri di dimensioni variabili. A varie altezze stratigrafiche si rinvengono livelli decimetrici di argille grigiastre molto consistenti e compatte con intercalazioni di calcari scuri. Tale orizzonte è il risultato dell'alterazione del substrato argilloso sottostante.
- ❖ Argilloscisti varicolori (AV). Argille marnose di colore prevalentemente grigiastro con livelli marroncini e vinaccia, sovraconsolidate ed a struttura scagliosa, talora caotica, con intercalazioni di livelli più marnosi, consistenti e fittamente fratturati. Talora, nelle perforazioni, si sono rinvenuti straterelli biancastri costituiti da dickite, in corrispondenza dei quali è stata riscontrata la presenza di sacche di metano in pressione. La presenza di gas, secondo testimonianze locali, fu riscontrata anche durante la perforazione di pozzi profondi per acqua, ubicati a poche centinaia di metri al di fuori dell'area di studio.

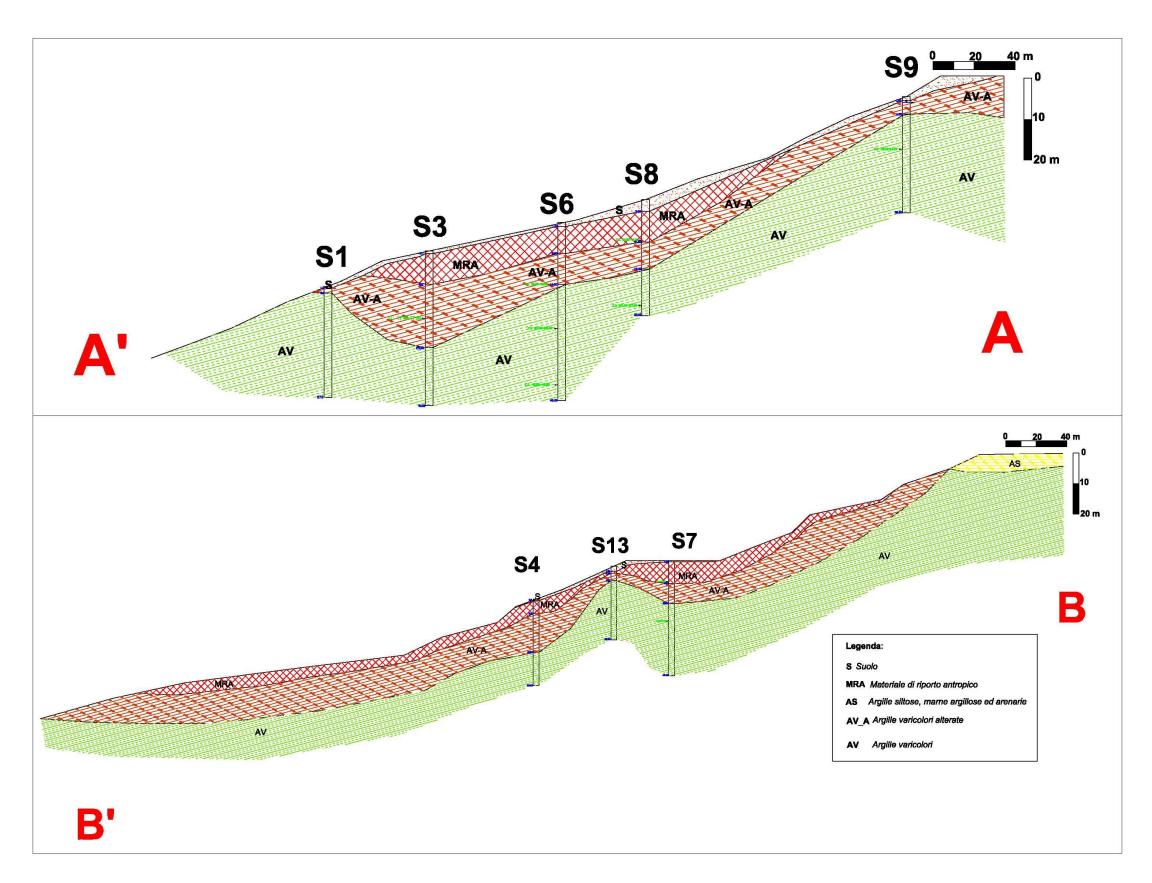


Fig. 2.2. Sezioni geolitologiche. Sn = sondaggio. Per le tracce di sezione si veda la Figura 3.1.

2.2 Assetto geomorfologico ed idrografia

Il settore di versante in esame ricade dal punto di vista geografico nell'Appennino lucano e si estende a quote comprese tra 860 m s.l.m. e 730 m s.l.m..

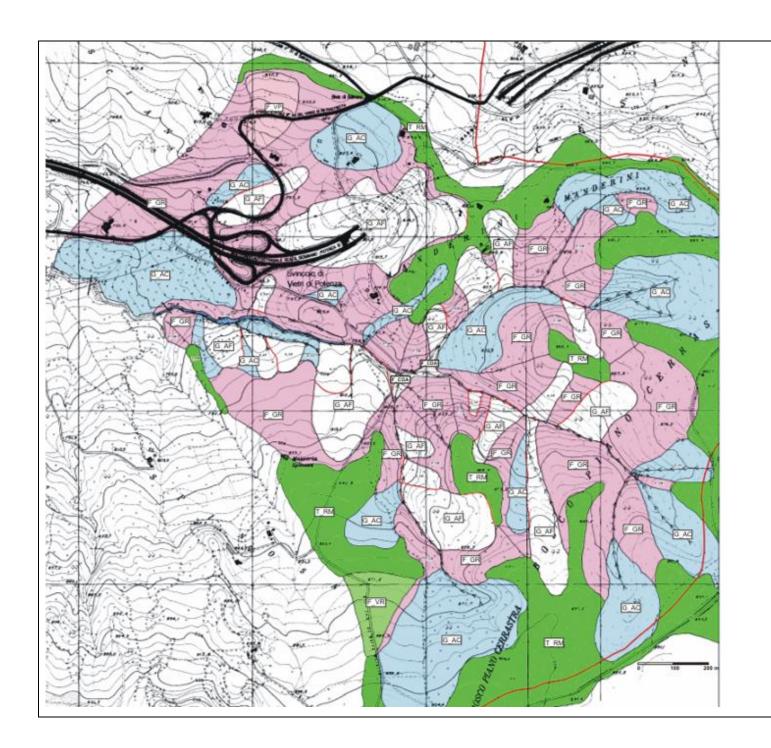
L'area, interamente compresa nel bacino del F. Sele, ricade quasi totalmente nel sottobacino del F. Landro-Fiumarella di Vietri, mentre solo nell'estremo settore nordorientale è drenata da alcuni torrenti che affluiscono in sinistra della Fiumara di Picerno.

Gran parte del settore di studio mostra forti evidenze di antropizzazione, dovute soprattutto alla costruzione delle strutture viarie del raccordo Sicignano-Potenza i cui effetti hanno fortemente alterato gli originari caratteri geomorfologici, rendendo la lettura dell'attuale paesaggio alquanto difficile, anche in mancanza della necessaria documentazione dello stato originario dei luoghi.

Tale area, infatti, non è mai stata oggetto di specifici studi geomorfologici di carattere scientifico, se non a scala molto ampia e generale. La stessa area è stata tuttavia parzialmente oggetto di indagini geomorfogiche nell'ambito di studi a scala di dettaglio effettuati alcuni anni addietro per conto dell'ANAS S.p.A..

L'area in esame è caratterizzata da morfologie relativamente dolci di tipo collinare, pur essendo altimetricamente situata in una fascia di bassa montagna. Al limite nordorientale si individua uno stretto settore di cresta Figura 2.3, sub-pianeggiante ed a bassa pendenza (ripiano morfologico e crinale a debole pendenza), che separa un versante sud-occidentale, drenato da corsi d'acqua tributari della Fiumarella di Vietri, da un versante nord-orientale, esterno all'area di studio, ricadente nel sottobacino della Fiumara di Picerno. Questo ripiano è parte di un lembo di un terrazzo orografico di erosione, di probabile età pleistocenica inferiore, che in quest'area è intagliato in terreni alloctoni meso-cenozoici in *facies* bacinale e flyscioide.

Il reticolo idrografico minore è stato in parte modificato antropicamente nell'area dello svincolo autostradale, nel corso dei lavori di costruzione della galleria "del Marmo", con deviazioni di piccoli impluvi naturali e la realizzazione di canalette e impluvi artificiali.



Legenda:

Forme Tettoniche e Strutturali

(T_RM) - Ripiano morfologico e crinale a debole pendenza

Forme di versante dovute alla gravità

(G_AC) – Area interessata da deformazioni lente diffuse

(G_AF) – Area in frana

Forme Fluvio-Torrentizie e di versante dovute a dilavamento

(F-CDA) – Conoide detritico – alluvionale attivo , poco o non reinciso

(F_GR) – Area di bacino caratterizzata da reticolo idrografico gerarchizzato

(F_VP) - Vallecola a fondo piatto

Fig. 2.3. Stralcio della Carta geomorfologica dell'area di studio (scala originale 1:5000).

L'analisi del versante oggetto di questo studio ha evidenziato una notevole irregolarità della sua morfologia, che si manifesta attraverso ampie svasature, numerose depressioni e rigonfiamenti, nonché in piccole scarpate, elementi questi che possono, nel complesso, essere interpretati come indicatori di una franosità diffusa. Spesso le forme rilevate risultano di difficile interpretazione al fine della ricostruzione de Iprocesso che le ha generate, il che rende verosimile la loro appartenenza a "sistemi" alquanto antichi o, per lo meno, molto evoluti. La notevole antropizzazione rende difficile anche la lettura dell'insieme degli elementi appartenenti a fenomeni franosi pregressi ed attuali. Comunque, riguardo a questi ultimi si riconosce nella parte alta del pendio e poco al di sotto del ripiano morfologico di cresta, il coronamento di un esteso e complesso movimento franoso attivo, che ha coinvolto la porzione di versante attraversata dalla galleria "del Marmo" e l'area del suo imbocco meridionale.

L'area in frana si estende per quasi 600 m, all'incirca da quota 860 m s.l.m. fino a quota 790 m s.l.m. circa, con direzione media W-SW. Lo stato di attività della frana è stato dedotto attraverso alcuni elementi caratteristici di dissesto molto recenti (Fig. 2.4), nonché dalle notizie acquisite dall'ANAS riguardanti i dati di studio e di monitoraggio strumentale dell'area.



Fig. 2.4. Loc. Manderini. In primo piano, fessure longitudinali. In secondo piano, particolare di una scarpata secondaria e della scarpata principale della frana che interessa la galleria "del Marmo".

Tale frana è parte di un altro dissesto più antico, presumibilmente riattivato dai movimenti di terra operati durante la costruzione della galleria stradale. Durante questa fase, infatti, da quanto si è appreso da una Relazione tecnica in possesso dell'ANAS, furono danneggiati dai movimenti gravitativi due fabbricati rurali (poi totalmente distrutti dal terremoto del 1980 (Fig. 2.5), sostituiti da nuovi fabbricati realizzati dall'impresa esecutrice dei lavori autostradali.

L'attuale morfologia dell'area in frana è il risultato, quindi, di più processi deformativi tra loro coalescenti, riconducibili a scorrimenti, in fase iniziale, evolventi in colate di terra. Si riconosce, anche attraverso la fotointerpretazione, una zona di distacco caratterizzata da due scarpate principali, ubicate una in corrispondenza dell'asse della galleria e l'altra immediatamente a SE della prima (Figg. 2.5 e 2.6); coronamenti secondari si rilevano, invece, lungo i due fianchi della frana.



Fig. 2.5. Loc. Manderini. In primo piano, scarpata secondaria della frana; in secondo piano, particolare della scarpata principale della frana. Si notano i ruderi di un fabbricato rurale coinvolto dall'evento franoso durante la costruzione della galleria del Marmo.



Fig. 2.6. Loc. Manderini. Zona di distacco della frana.

È da notare che lo spessore dei terreni di copertura (in calotta della galleria che attraversa in senso trasversale il versante) varia da alcuni metri a circa 30 m; la galleria stessa, secondo quanto riportato dalle indagini condotte per conto dell'ANAS, è interessata da deformazioni gravitative. In particolare la canna Nord (tratto compreso tra 130 e 180 m dall'imbocco lato Vietri) sarebbe interessata da due superfici di rottura gravitative del versante corrispondenti, in profondità, a zone di deformazione plastica che sono ritenute responsabili del cronico avvallamento e sollevamento della pavimentazione della galleria. Anche le deformazioni del manto stradale, in un tratto di circa 80 m posto all'esterno di questo imbocco, sono attribuibili ad una superficie di rottura della frana. La zona di cumulo è attualmente visibile in gran parte a Nord dell'asse viario ed è contraddistinta da un'evidente forma convessa su cui si riconoscono diversi gradini con zone sollevate o in contropendenza (Fig. 2.7).

A conferma dello stato di attività della frana sono state inoltre registrate evidenze di sollevamento, con basculamento del muro perimetrale del raccordo autostradale (lato Nord) in prossimità dell'imbocco della galleria. E' stato, infine, rilevato che i terreni interessati dalla frana sono, in alcune aree, coinvolti da ulteriori movimenti superficiali del tipo soliflusso.



Fig. 2.7. Zona di accumulo della frana, con depressioni e rigonfiamenti, a Nord dell'asse viario (direzione Potenza) del raccordo Sicignano-Potenza presso l'imbocco (lato Sicignano) della galleria "del Marmo".

Ulteriori fenomeni di frana, con tipologia da scorrimento-colata, si rilevano anche nel settore NW della galleria, con un dissesto che coinvolge parte della S.S. 94, estendendosi per circa 300 m in direzione SW fino ad arrivare in prossimità dello svincolo con il raccordo autostradale intorno alla quota 774 m s.l.m., e nella parte bassa del versante a Sud del raccordo autostradale, ove una frana si sviluppa dalla quota di circa 785 m s.l.m. in direzione S-SW ed è limitata inferiormente da un fosso in erosione, affluente della Fiumarella di Vietri.

Il medesimo fosso delimita inferiormente nella parte bassa del versante anche un'estesa area sede di dissesti diffusi ascrivibili per lo più a *soil creep*. Nella parte media del versante si rilevano altre zone in *creep*, poste perimetralmente alla frana ubicata a Nord del raccordo autostradale. Nella parte sommitale del versante, a partire dal Bivio di Balvano all'incrocio tra la S.P. 51 di Balvano e la S.S. 94 del Valico di Pietrastretta, è stata, inoltre, rilevata un'estesa area interessata da deformazioni superficiali diffuse. Infine si riscontrano, quale indizii di franosità incipiente, un'estesa fratturazione del manto stradale lungo la S.S. 94, l'inclinazione di pali di supporto alla rete elettrica e la deformazione di alcuni muretti di cinta.

3. INDAGINI ESEGUITE

Ai fini dello studio del fenomeno franoso sono stati considerati i risultati emersi da una campagna di indagini in sito, eseguita nell'aprile 2004 e resa disponibile ai fini del presente studio.

La campagna è consistita nella realizzazione di 13 sondaggi geotecnici spinti ad una profondità compresa tra i 25.50 ed i 46 m, la cui ubicazione è riportata in Figura 3.1. Durante la realizzazione di detti sondaggi sono stati prelevati n. 15 campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio come sintetizzato in Tabella 3.1. I sondaggi sono stati condizionati con tubi inclinometrici (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S11, S12 e S13) e tubi piezometrici (S9 ed S10).

Per i dettagli sulle colonne stratigrafiche di ciascun sondaggio si rimanda all'elaborato "Lavori di indagini geognostiche per lo studio delle problematiche dei versanti attraversati dalla Galleria "del Marmo" sul raccordo autostradale Potenza-Sicignano nel Comune di Vietri di Potenza (PZ)"; si rinvia invece all'elaborato "Analisi di laboratorio" per le schede relative alle analisi geotecniche condotte sui campioni prelevati.

Sondaggio	Profondità investigata (m)	Campioni indisturbati			Piezometro	Falda (m dal p.c.)
S1	30,0	-		SI		
S2	30,0	CI 1	10,7-11,0	SI		
S3	40,0	CI 1	17,4-17,8	SI		
S4	30,0	-		SI		
S5	30,0	CI 1	11,2-11,6	SI		
S6	46,0	CI 1	16,0-16,5	SI		
		CI 2	27,5-28,0			
		CI 3	42,0-42,5			
S7	40,0	CI 1	7,30-7,70	SI		
		CI 2	21,0-21,5			
S8	30,0	CI 1	10,5-11,0	SI		
		CI 2	27,4-27,9			
S9	30,0	CI 1	13,6-14,0	-	SI	1,50
S10	41,5	CI 1	38,5-38,8		SI	2,75
S11	30,0	CI 1	9,60-9,90	SI		
		CI 2	28,3-28,5			
S12	30,0	-		SI		
S13	25,5	1		SI		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

Tab. 3.1. Sintesi della campagna di indagine realizzata nell'aprile 2004.

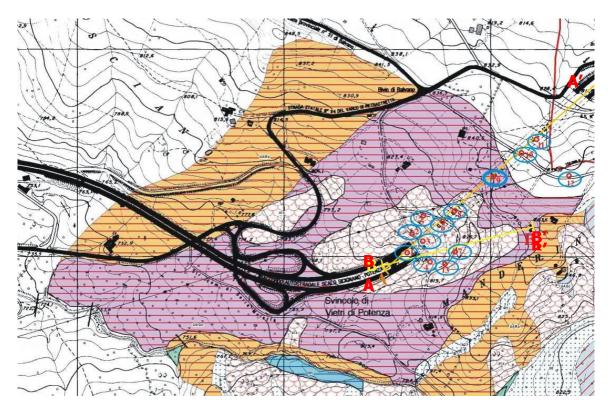


Fig. 3.1. Ubicazione dei sondaggi realizzati nell'aprile 2004. A-A', B-B' = tracce delle sezioni di cui alla Figura 2.2.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

Per la caratterizzazione geologico-geotecnica dei terreni si è fatto riferimento ai rilievi di campagna ed ai dati ottenuti dalle indagini in sito ed in laboratorio. Il modello geologico-tecnico adottato prevede la suddivisione del sottosuolo in tre orizzonti, come di seguito riportati (Fig. 4.1):

- litotipo 1 Suolo e Materiale di Riporto Antropico (MRA);
- litotipo 2 Argilloscisti Varicolori Alterati (AVA);
- ❖ Litotipo 3 Argilloscisti Varicolori (AV).

Il quadro sinottico delle principali proprietà geotecniche dei vari complessi è riportato in Tabella 4.1.

Il *Materiale di Riporto Antropico* (*litotipo 1 - MRA*) presenta, in virtù della sua genesi, caratteristiche geotecniche estremamente variabili. In ogni caso le prove geotecniche su di esso eseguite hanno evidenziato un valore di γ_n di 2.19 g/cm³ (Fig. 4.2), una porosità n (Fig. 4.3) con valore medio di circa il 25%, mentre l'indice dei vuoti e assume un valore medio pari a 0.33 (Fig. 4.4); il contenuto d'acqua medio w (Fig. 4.5) è pari al 9% circa, mentre il grado di saturazione Sr (Fig. 4.6) è compreso fra il 66.5% ed il 77.6%, con media del 72%. Per quanto riguarda i limiti di consistenza, questi assumono il valore medio di 29% e 19%, rispettivamente, per w_L e w_P (Figg. 4.7 e 4.8), mentre l'indice di plasticità I_P assume un valore medio dell'11% e l'indice di consistenza Ic di 1.94 (Figg. 4.9 e 4.10). Le prove di taglio diretto eseguite in restituiscono, in termini di resistenze di picco, valori medi di coesione (c) ed angolo di attrito (ϕ) pari, rispettivamente, a 6 kN/m² e 27° (Figg. 4.11 e 4.12); in condizioni di resistenza residua forniscono invece valori medi di coesione (c_P) ed angolo di attrito residui (ϕ P) pari ad 1 kN/m² e 22° (Figg. 4.13 e 4.14).

Gli *Argilloscisti Varicolori Alterati* (*litotipo 2 - AVA*) sono caratterizzati da una granulometria assimilabile ad una sabbia limoso argillosa, con γ_n medio pari a 2.21 g/cm³ (Fig. 4.2). La porosità n (Fig. 4.3) ha un valore medio di 25.5%, mentre l'indice dei vuoti e assume un valore medio pari a 0.34 (Fig. 4.4); il contenuto d'acqua medio w (Fig. 4.5) è dell'11%, il grado di saturazione Sr (Fig. 4.6) è compreso tra il 76% ed il 94%, con media dell'87%. Per quanto riguarda i limiti di consistenza, questi assumono il valore medio di 27% e 16%, rispettivamente, per w_L e w_P (Figg. 4.7 e 4.8);

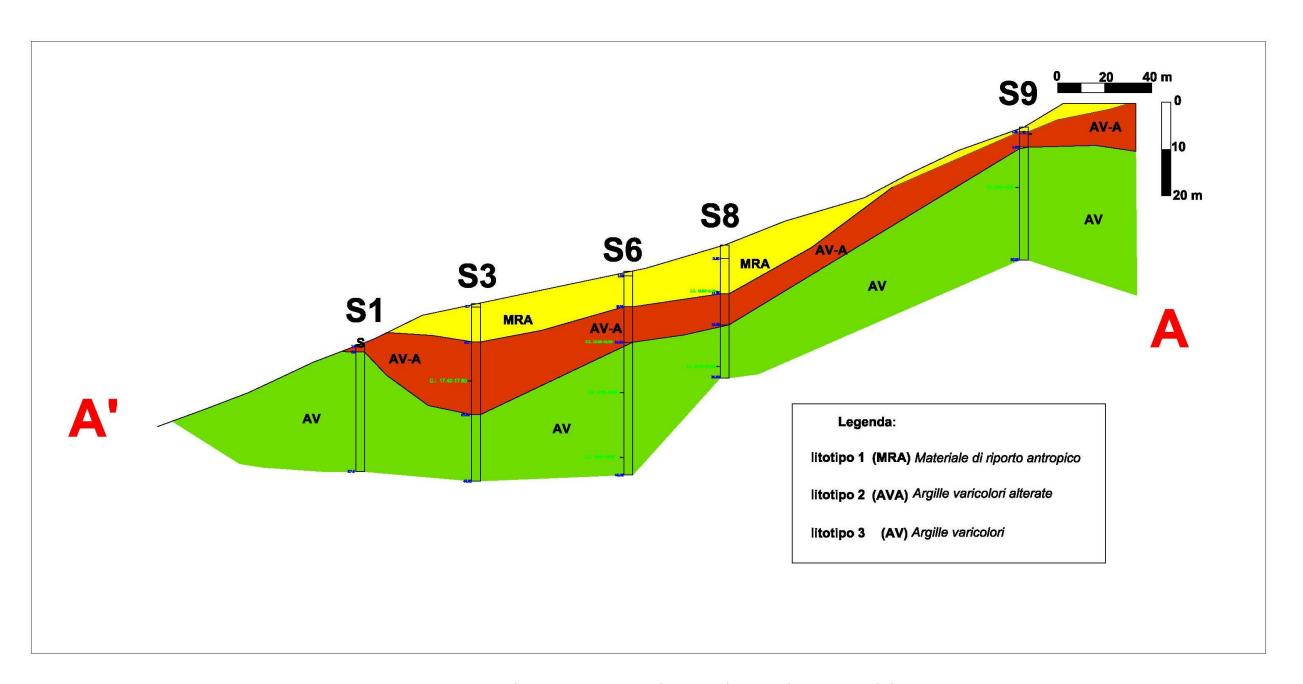


Fig. 4.1. Sezione geologico-tecnica. Sn = sondaggio. Per la traccia di sezione si veda la Figura 3.1.

l'indice di plasticità I_P e l'indice di consistenza Ic (figg. 4.11 e 4.12) assumono rispettivamente valori medi pari a 10% ed 1.54. Da una prova di taglio diretto si sono ottenuti valori dell'angolo d'attrito (ϕ) e della coesione (c) pari a circa 7 kN/m² e 28° (Figg. 4.11 e 4.12), rispettivamente; in termini di resistenza residua la stessa prova ha evidenziato valori di c_r e ϕ_r pari ad 1 kN/m² e 24° (Figg. 4.13 e 4.14). Inoltre, in tale materiale è stata eseguita anche una prova triassiale consolidata non drenata, che ha fornito valori di coesione e di angolo di attrito pari a 37 kN/m² e 18°, in termini di sforzi totali (Figg. 4.15 e 4.16), e di 13 kN/m² e 30°, in termini dsi sforzi efficaci (Figg. 4.17 e 4.18).

Per quanto attiene agli $Argilloscisti \ Varicolori \ (litotipo 3 - AV)$, essi sono caratterizzati da una granulometria assimilabile ai limi argillosi. Le prove di laboratorio eseguite sui campioni hanno restituito un valore medio di γ_n pari a 2.15 g/cm³ (Fig. 4.2); la porosità n (Fig. 4.3) è, in media, del 29%, mentre l'indice dei vuoti e è di 0.41 (Fig. 4.4); il contenuto d'acqua e (Fig. 4.5) varia dal 6% al 22%, assumendo un valore medio del 13%; il grado di saturazione e (Fig. 4.6) è pari, in media, all'82%. Per quanto concerne i limiti di consistenza, questi assumono valori medi del 45% (e) e 26% (e) (Figg. 4.7 e 4.8); l'indice di plasticità e e l'indice di consistenza e assumono valori medi, rispettivamente, di 19% ed 1,76 (figg. 4.9 e 4.10). Le prove di taglio diretto hanno fornito valori di picco di e e pari, rispettivamente, a 21° e 36 kN/m² (Figg. 4.11 e 4.12), mentre i valori medi di coesione (e) e angolo di attrito (e) residui sono pari a 20 kN/m² e 18° (Figg. 4.13 e 4.14). Infine, le prove triassali eseguite in condizioni consolidate non drenate hanno offerto valori medi di coesione e di angolo di attrito pari a 24 kN/m² e 17°, in termini di sforzi totali (Figg. 4.15 e 4.16), e di 15 kN/m² e 24°, in termini di sforzi efficaci (Figg. 4.17 e 4.18).

In merito ai parametri di resistenza al taglio, deve in generale osservarsi che i valori desunti dalle prove disponibili sono sensibilmente più alti di quelli riportati nella copiosa letteratura scientifica prodotta negli ultimi decenni con riferimento a formazioni strutturalmente complesse quali le Argille Varicolori (cfr. riferimenti bibliografici). In particolare, per quanto attiene ai parametri di resistenza residua, l'angolo d'attrito è di norma inferiore ai 18° e più di frequente compreso tra 8° e 12°, mentre la coesione di rado supera i 10 kPa (Bilotta et al., 1985).

Sondaggio	Profondità (m dal p.c.)	Litologia	γ _n (g/cm ³)	γ _d (g/cm³)	γs (g/cm³)	n (%)	e (-)	W (%)	Sr (%)	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Wı (%)	W _p (%)	I _p (%)	I _c (-)
7	7,30-7,70	MRA	2,23	2,05	2,67	23,10	0,301	8,73	77,58	14,58	17,47	41,82	26,14	30	18	12	1,77
8	10,50-11,00	MRA	2,14	1,96	2,68	26,70	0,365	9,06	66,45	28,69	23,66	31,25	16,40	28	19	9	2,10
2	10.70-11.00	AVA	2,20	1,97	2,66	26,20	0,355	12,09	90,78	30,10	45,33	14,92	9,65	25	15	10	1,29
3	17,40-17,80	AVA	2,18	1,98	2,67	25,70	0,346	9,89	76,33	24,53	39,37	22,86	13,24	23	16	7	1,87
5	11,20-11,60	AVA	2,25	2,02	2,67	24,50	0,324	11,42	94,20	5,79	36,42	30,72	27,07	32	18	14	1,47
5	29,30-29,70	AV	2,06	1,70	2,70	37,00	0,587	21,07	96,89	1,46	3,55	47,37	47,62	87	40	47	1,40
6	16,00-16,50	AV	2,21	2,00	2,65	24,60	0,326	10,45	85,02	15,96	37,34	29,17	17,53	29	17	12	1,55
6	27,50-28,00	AV	2,09	1,76	2,71	35,10	0,541	18,81	94,25	3,18	2,09	51,78	42,95	54	32	22	1,60
6	42,00-42,50	AV	2,03	1,66	2,68	38,00	0,612	22,29	97,63	5,70	3,50	48,17	42,63	78	47	31	1,80
7	21,00-21,50	AV	2,19	2,00	2,68	25,30	0,339	9,31	73,70	16,95	37,22	29,52	16,31	29	17	12	1,64
8	27,4-27,9	AV	2,12	1,87	2,74	31,60	0,463	13,29	78,70	0,06	0,49	54,74	44,72	66	40	26	2,03
9	13,60-14,00	AV	2,21	2,09	2,67	21,80	0,279	5,89	56,47	41,44	17,68	24,96	15,92	26	18	8	2,51
10	38,50-38,8	AV	2,22	2,06	2,66	22,70	0,294	8,02	72,55	29,83	21,62	24,01	24,54	33	18	15	1,67
11	9,60-9,90	AV	2,18	2,01	2,68	25,00	0,333	8,40	67,55	21,15	45,97	24,46	12,43	26	17	9	1,96
11	28,30-28,5	AV	2,19	1,96	2,65	26,80	0,366	12,86	93,13	23,41	29,52	28,67	18,41	26	17	9	1,46

Tab. 4.1. Sintesi dei valori delle proprietà indice desunti dalle prove di laboratorio disponibili.

Sondaggio Profondita		Litologia	Prove di taglio diretto - picco		Prove di taglio diretto - residuo		TRX-CU sforzi totali		TRX-CU sforzi efficaci	
	(m da p.c.)		c (kN/m²)	ф (°)	c _r (kN/m²)	фr (°)	c (kN/m²)	ф (°)	c (kN/m²)	ф (°)
7	7,30-7,70	MRA	7,48	27,54	1,22	24,41				
8	10,50-11,00	MRA	4,94	26,9	0,52	20,44				
2	10.70-11.00	AVA								
3	17,40-17,80	AVA					36,50	17,5	12,50	29,50
5	11,20-11,60	AVA	7,17	27,54	1,15	24,31				
5	29,30-29,70	AV					20,50	13,5	19,00	18,50
6	16,00-16,50	AV	25,90	20,58	14,9	14,74				
6	27,50-28,00	AV					13,00	15	7,90	21,50
6	42,00-42,50	AV					24,00	18	12,00	24,50
7	21,00-21,50	AV	35,70	17,01	23,83	14,3	28,00	18	17,70	25,00
8	27,4-27,9	AV					46,50	19	42,00	26,00
9	13,60-14,00	AV	24,04	21,6	10,78	21,5				
10	38,50-38,8	AV					31,00	21	5,50	31,50
11	9,60-9,90	AV	59,40	23,13	30,09	23,07				
11	28,30-28,5	AV					3,00	15,5	0,50	23,00

Tab. 4.2. Sintesi dei risultati delle prove di taglio diretto e triassiali.

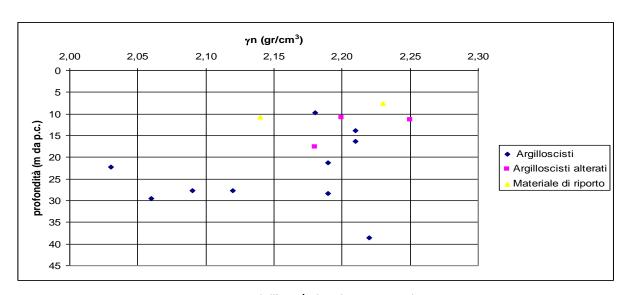


Fig.4.2. Peso dell'unità di volume naturale.

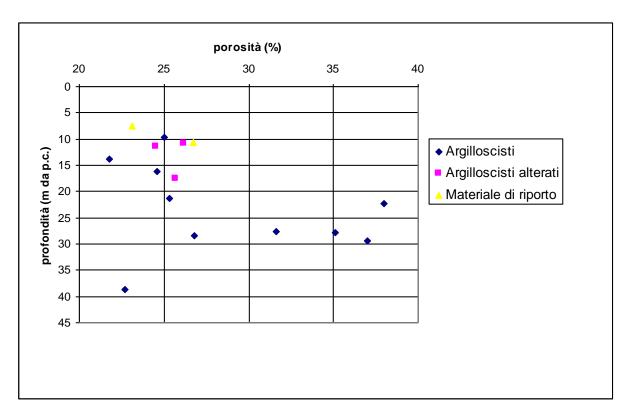


Fig. 4.3. Porosità.

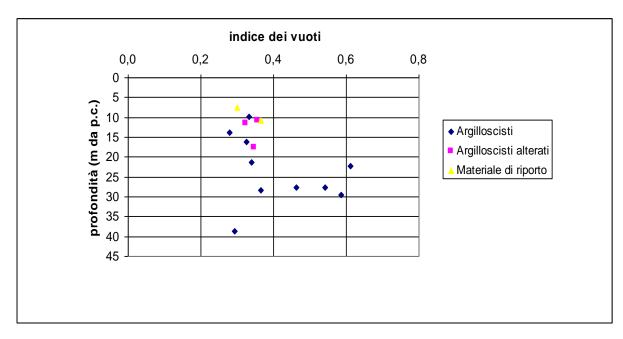


Fig. 4.4. Indice dei vuoti.

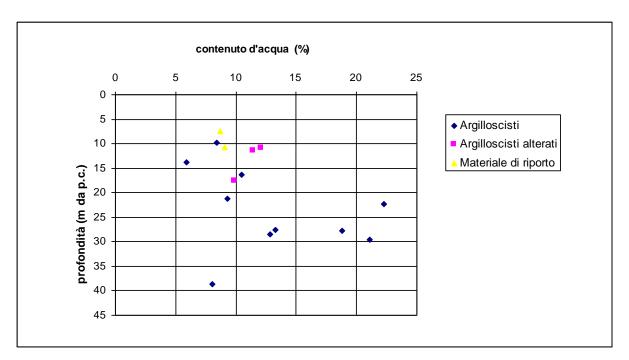


Fig. 4.5. Contenuto d'acqua.

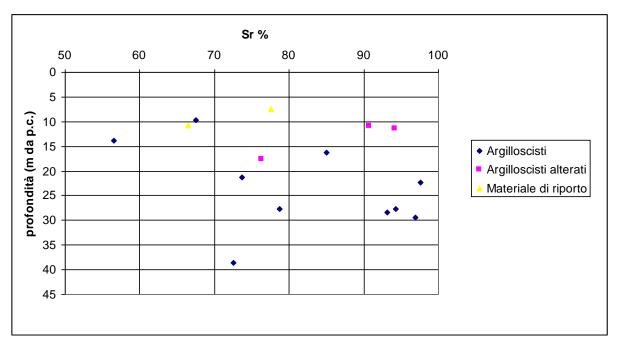


Fig. 4.6. Grado di saturazione.

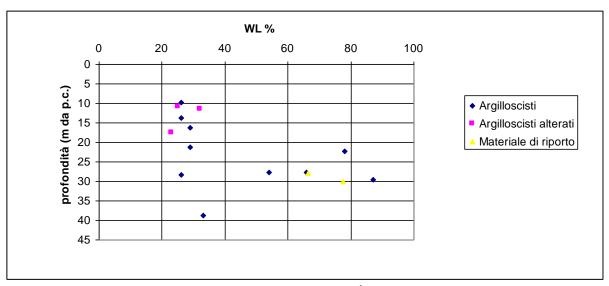


Fig. 4.7. Limite di Liquidità.

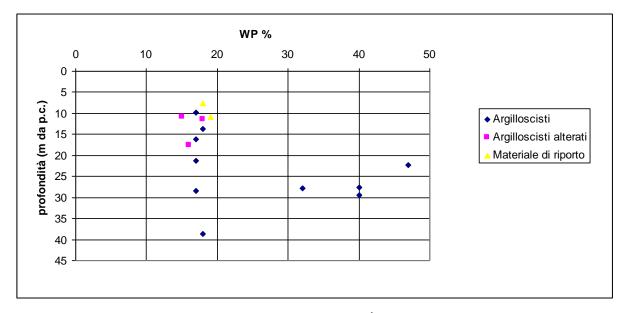


Fig. 4.8. Limite di Plasticità.

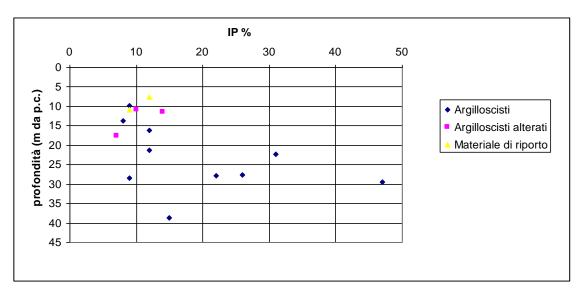


Fig. 4.9. Indice di Plasticità.

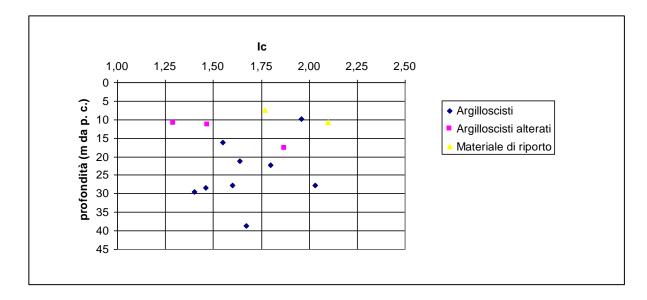


Fig. 4.10. Indice di consistenza.

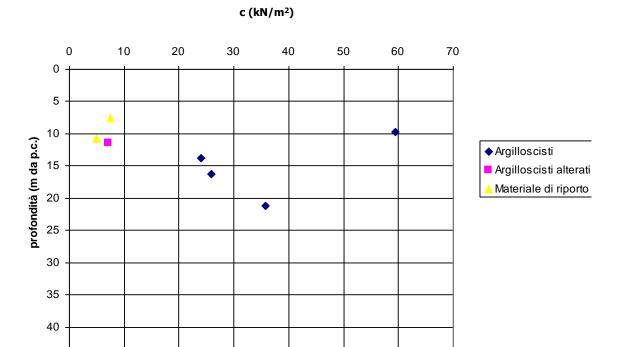


Fig. 4.11. Valori della coesione derivanti dalle prove di taglio diretto.

45 -

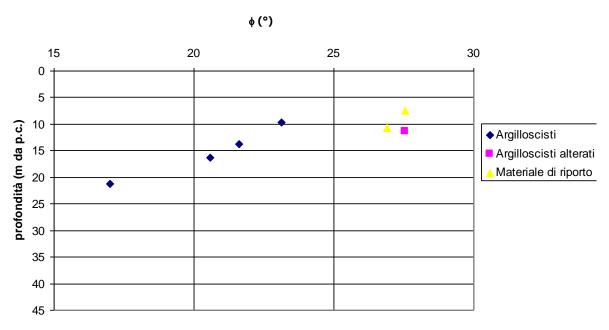


Fig. 4.12. Valori dell'angolo di attrito derivanti dalle prove di taglio.

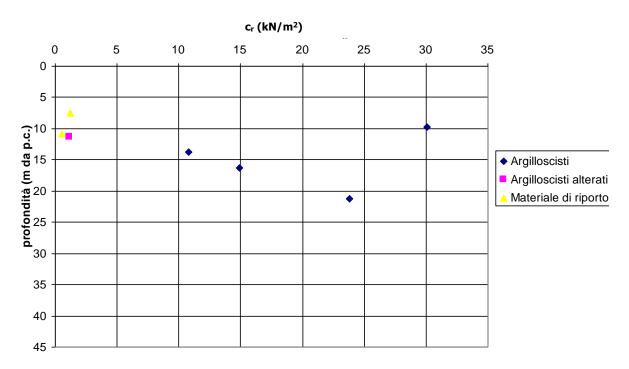


Fig. 4.13. Valori della coesione derivanti dalle prove di taglio diretto eseguite in condizioni di resistenza residua.

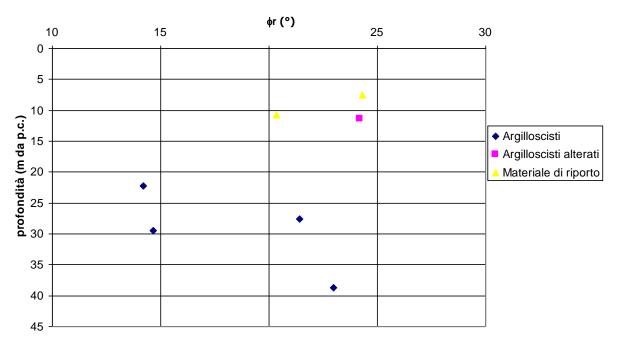


Fig. 4.14. Valori dell'angolo di attrito derivanti dalle prove di taglio diretto eseguite in condizioni di resistenza residua.

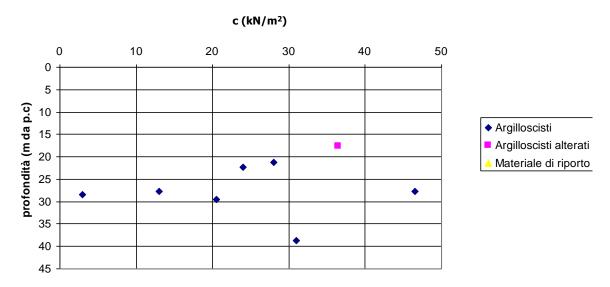


Fig. 4.15. Valori della coesione derivanti dalle prove triassiali consolidate non drenate in termini di tensioni totali.

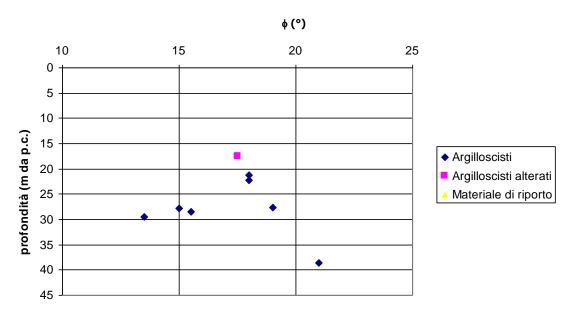


Fig. 4.16. Valori dell'angolo di attrito derivanti dalle prove triassiali consolidate non drenate in termini di tensioni totali.

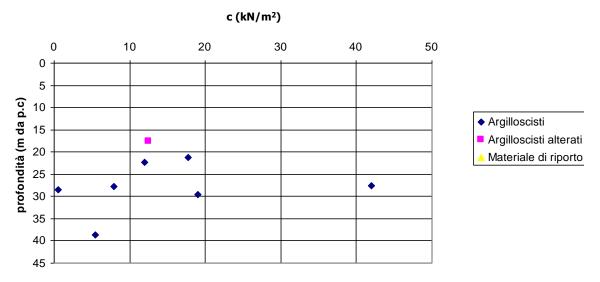


Fig. 4.17. Valori della coesione derivanti dalle prove triassiali consolidate non drenate in termini di tensioni efficaci.

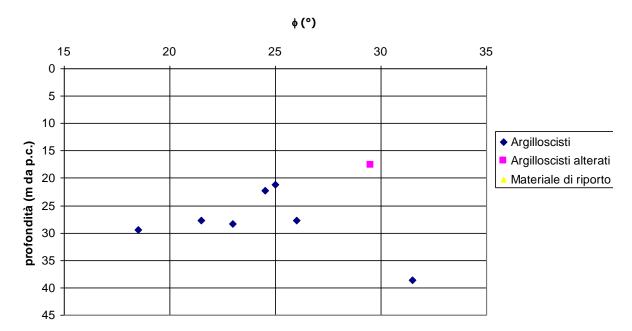


Fig. 4.18. Valori dell'angolo di attrito derivanti dalle prove triassiali consolidate non drenate in termini di tensioni efficaci.

5. ANALISI DI STABILITA'

Le analisi di stabilità sono state eseguite con riferimento alla sezione A-A' (Fig. 4.1), che attraversa i sondaggi S1, S3, S6, S9, S 10 ed S11.

In considerazione dell'assetto geologico del sottosuolo, delle caratteristiche litotecniche dei terreni e della mancanza di dati utili alla corretta definizione della superficie di rottura della frana, si sono prospettate quattro ipotesi di calcolo sulle quali sono state svolte le verifiche di stabilità con il metodo di Janbu (1967).

Il metodo, noto anche come metodo generalizzato delle strisce, è utilizzabile per frane con superficie di scivolamento del tutto generica. Considerata nota la posizione della risultante normale di interstriscia E, in generale assunta pari ad 1/3 dell'altezza complessiva della striscia, le equazioni di equilibrio delle strisce sono riscritte in modo da assicurare esattamente l'equilibrio globale alla traslazione orizzontale e verticale, ma solo in modo approssimato l'equilibrio alla rotazione. Si ottiene in questo caso una formula implicita da risolvere per iterazione.

$$F = \frac{\sum \left\{c_{i} \times b + (W_{i} - u_{i} \times b_{i} + \Delta X_{i}) \times \tan \varphi_{i}\right\} \times \frac{\sec^{2} \alpha_{i}}{1 + \tan \alpha_{i} \times \tan \varphi_{i} / F}}{\sum W_{i} \times \tan \alpha_{i}}$$

Di seguito sono sintetizzate le ipotesi a base dei calcoli eseguiti rimandando, per i dettagli, alle Appendici 1, 2, 3 e 4.

Ipotesi 1

Si è ipotizzato, *in primis*, che la superficie di rottura seguisse il limite stratigrafico Argille Alterate (litotipo 2 - AVA) – Argille Varicolori (litotipo 3 - AV). In questo caso si sono assegnati ai terreni interessati dalla frana i parametri di resistenza al taglio residua (Tab . 5.1).

La verifica, eseguita in condizioni drenate ed in presenza di falda e di azione sismica (*Appendice 1*), ha evidenziato come il coefficiente di sicurezza sia pari a 3.28 e quindi ben superiore alla condizione di equilibirio limite (Fs = 1).

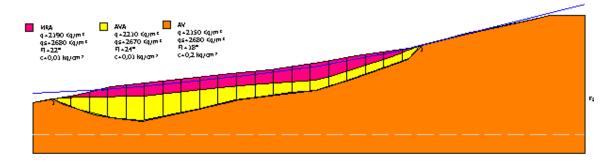


Fig. 5.1. Ipotesi 1 - Sezione di calcolo.

Ipotesi 2

In questo caso si è ipotizzato che la superficie di rottura seguisse il limite Materiale di Riporto (litotipo 1 - MRA) - Argille Alterate (litotipo 2 - AVA). Anche in questo caso la verifica, operata nelle stesse condizioni di cui all'ipotesi 1 (Appendice 2), per valori residui della coesione e dell'angolo di attrito (Tab. 5.1), ha offerto un coefficiente di sicurezza superiore all'unità, ed esattamente Fs = 2.29.

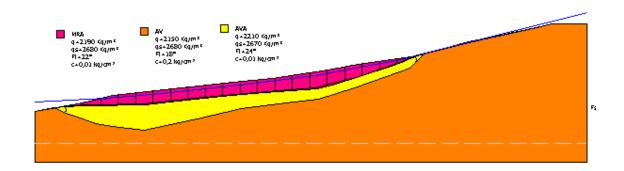


Fig. 5.2. Ipotesi 2 - Sezione di calcolo.

Ipotesi 3

In questo caso si è ipotizzato, ancora una volta, che il piano di rottura seguisse il limite Materiale di Riporto (litotipo 1 - MRA) - Argille Alterate (litotipo 2 - AVA) ma che la rottura avvenisse in condizioni non drenate e statiche (Tab. 5.1). Tale verifica ha restituito un coefficiente di sicurezza nettamente inferiore all'unità (Fs = 0.1).

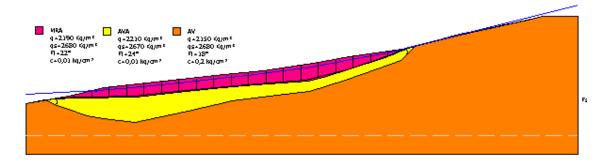


Fig. 5.3. Ipotesi 3 - Sezione di calcolo.

Ipotesi 4

Si è ipotizzato che la superficie di rottura seguisse il limite Materiale di Riporto (litotipo 1 - MRA) - Argille Alterare (litotipo 2 - AVA) e che la rottura avvenisse in condizioni drenate, in presenza di sisma ed in assenza di falda (Tab. 5.1). Tale verifica ha restituito un coefficiente di sicurezza pari a 3.23.

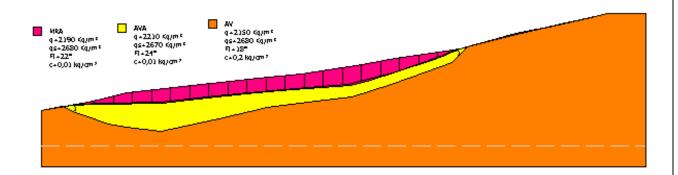


Fig. 5.4. Ipotesi 4 - Sezione di calcolo.

				TG resi	duo	TRX CU σ'		
IPOTESI	Posizione sup.	γn	γsat	Cr	фr	С	ф	
11 0 1 2 31	scorrimento	(kg/m^3)	(kg/m³)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)	(°)	
Ipotesi 1	AVA – AV	2210	2670	0.01	24	0.13	30	
Ipotesi 2	MRA – AVA	2190	2680	0.01	22			
Ipotesi 3	MRA – AVA	2190	2680	0.01	22			
Ipotesi 4	MRA – AVA	2190	2680	0.01	22			

Tab. 5.1. Parametri geotecnici utilizzati nelle diverse analisi di stabilità eseguite.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La procedura descritta nei praragrafi precedenti, seppur condizionata dalla parziale significatività dei dati disponibili, assume valenza metodologica per lo studio di pendii interessati da frane a cinematica lenta e ad attività intermittente. In questa categoria rientrano varie tipologie di dissesto che coinvolgono numerose formazioni strutturalmente complesse diffuse sul territorio d'interesse. Si tratta infatti di: scivolamenti rotazionali e traslativi, colamenti lenti, frane complesse (in prevalenza scivolamenti evoluti in colate) e deformazioni areali lente (*creep*, soliflusso). Si tratta di frane che si muovono di norma con basse velocità di spostamento, ma che possono subire incrementi repentini. In tali frane sia il primo movimento, inteso come rottura o prima deformazione di un materiale di versante indisturbato, sia movimenti successivi, intesi come ulteriori spostamenti di una massa già deformata, presentano una velocità da estremamente lenta, cioè inferiore a 16 mm/anno, a moderata, ovvero fino a 1.8 m/ora, con punte di velocità anche dell'ordine dei m/s (Cruden & Varnes, 1996).

Una delle caratteristiche peculiari delle frane moderate e lente, al contrario di quelle a cinematismo rapido (es. crolli e colate detritiche), è quella che il corpo di frana, dopo il primo distacco, può subire una più o meno lunga storia evolutiva, contraddistinta da fasi di riattivazione del movimento, che lo porta a modificazioni di forma, di volume, di consistenza e di cinematismo. In generale, le riattivazioni lungo superfici di scorrimento preesistenti si traducono in spostamenti relativamente lenti e piccoli, in contrapposizione alle attivazioni di frane di prima generazione, ove si registrano di norma ampie e rapide dislocazioni.

Per frane a a cinematica lenta e ad attività intermittente ben si adatta la procedura metodologica delineata da Pellegrino (2006) sia per le frane in atto che per quelle temute. Tale procedura comprende le seguenti fasi:

- 1) studio geologico, comprendente sia il rilievo geologico, sia la storia dell'area in esame, inquadrata nel più ampio ambito regionale;
- 2) studio geomorfologico, con individuazione dell'area in frana o potenzialmente instabile;
- 3) delimitazione del corpo di frana;
- 4) caratterizzazione del corpo di frana: identificazione dei terreni, individuazione

- della stratigrafia, determinazione dei caratteri strutturali;
- 5) determinazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni, in particolare la resistenza al taglio;
- 6) individuazione del regime delle falde idriche all'interno del corpo di frana, prima e dopo il fenomeno franoso;
- 7) definizione della cinematica del fenomeno franoso;
- 8) modellazione del sottosuolo e del fenomeno franoso: sintesi dei punti precedenti e schematizzazione in termini che consentono l'analisi numerica del fenomeno stesso;
- 9) verifica di stabilità per accertare che il modello proposto sia congruente con la realtà (pendio in frana o potenzialmente instabile) e per la messa a punto di un modello e di un procedimento di calcolo da utilizzare successivamente nella progettazione dell'intervento;
- 10) valutazione della necessità e/o dell'opportunità di un intervento;
- 11) progetto dell'intervento: scelta della tipologia e dimensionamento.

Nei paragrafi precedenti, in virtù dei rilievi all'uopo eseguiti e dei dati disponibili, si è dato conto di attività riferibili ai punti 1, 2, 4, 5, 7 e 9. Come già richiamato al § 4, la significatività di alcuni parametri geotecnici, ed in particolare dei valori di resistenza al taglio, appare molto limitata, se confrontata con quanto desumibile dalla letteratura di settore. Pertanto, le verifiche di stabilità di cui al § 5 assumono mero valore esemplificativo di un *iter* metodologico che, peraltro, necessita di dati quantitativamente e qualitativamente idonei per poter correttamente passare alle fasi terminali della procedura delineata da Pellegrino (2006).

Nella procedura richiamata, con particolare riferimento per lo studio di frane a cinematica lenta e ad attività intermittente, centrale è il ruolo del monitoraggio strumentale, finalizzato all'osservazione dei possibili fattori di controllo del cinematismo del corpo di frana. Tra questi fattori si riconoscono:

- Fattori esterni al pendio (condizioni meteorologiche, deflussi dei corsi d'acqua, eventuali vibrazioni, eventuali modifiche della geometria del pendio, eventuali variazioni dei livelli di invaso, ecc.);
- Fattori interni al pendio (spostamenti o deformazioni in superficie ed in profondità, situazione idraulica - pressioni interstiziali, suzione, deflussi da

- drenaggi -, caratteristiche del terreno permeabilità, velocità sismica -, fenomeni di rottura);
- Comportamento delle strutture (carichi trasmessi al terreno, deformazioni delle strutture)

La definizione del quadro conoscitivo relativo ad un singolo movimento franoso richiede un sistema di monitoraggio talora particolarmente complesso ed oneroso. Sono infatti necessarie:

- misure topografiche dirette, eventualmente integrate da aerofotografie e/o telerilevamento;
- misure estensimetriche in superficie ed in profondità;
- misure piezometriche;
- misure inclinometriche;
- misure dei principali parametri ambientali (precipitazione, temperatura, umidità);
- misure di eventuali deformazioni e/o danni al patrimonio costruito.

Avvalendosi delle risultanze del monitoraggio strumentale e sulla base di un adeguato studio geologico e geotecnico del corpo di frana, la stabilizzazione di un fenomeno a cinematica intermittente può essere ottenuta mediante il ricorso ad una o più delle seguenti tecniche:

- rimodellamento del terreno;
- drenaggio dell'acqua;
- opere di sostegno;
- opere di rinforzo (tiranti, ancoraggi, ecc.);
- protezione dall'erosione del piede del pendio.

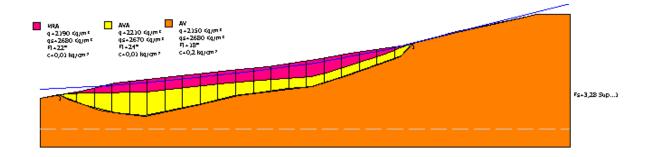
A sua volta, la scelta del tipo ed il dimensionamento dell'intervento di stabilizzazione più adatto e conveniente per un dato pendio è condizionata da numerosi fattori, tra i quali si ricordano in particolare:

- a) la stabilità attuale del pendio;
- b) il tipo, le dimensioni (estensione e spessore) e la velocità della frana;
- c) le situazioni relative all'ambiente fisico (caratteri geografici e fisiografici) ed a quello socio-economico (caratteri storici, destinazioni d'uso dell'area, ecc.);
- d) gli effetti collaterali dell'intervento;
- e) le disponibilità economiche.

7. Riferimenti bibliografici

- APAT (2002) Atlante delle opere di sistemazione dei versanti . Collana "Manuali e linee guida" 10/2002, 132 pp..
- Bilotta E., Pellegrino A., Picarelli L. (1985) Geotechnical properties and slope stability in structurally complex clay soils. Chap. 3: Physical and mechanical properties. Geotechnical Engineering in Italy. An overview. Associazione Geotecnica Italiana, Roma: 195-214.
- Cicolella A., Picarelli L. (1990) Decadimento meccanico di una tipica argilla a scaglie di elevata plasticità. Riv. It. Geotecnica, 24(1), 5-23.
- Cotecchia V., Del Prete M. (1984) The reactivation of large flows in the parts of southern Italy affected by the earthquake of November 1980, with reference to the evolutive mechanism. Proc. 4th Int. Symp. on Landslides, Toronto, 2: 33-38.
- Cotecchia V., Del Prete M., Federico A., Fenelli G.B., Pellegrino A., Picarelli L. (1984) Some observations on a typical mudslide in a highly tectonized formation in Southern Apennines. Proc. 4th Int. Symp. on Landslides, Toronto, 2: 39-44.
- Cotecchia V., Del Prete M., Federico A., Fenelli G.B., Pellegrino A., Picarelli L. (1986) Studio di una colata attiva in formazioni strutturalmente complesse presso Brindisi di Montagna Scalo (PZ). XVI Conv. Naz. Geot. A.G.I., vol. 1, 253-264.
- Cotecchia V., Federico A., Guerricchio A., Melidoro G., Petley D. J. (1983) Introductory back-analyses of landslides in some complex formations of Southern Apennines, Italy. Geol. Appl. e Idrogeologia, 18(1), 241-259.
- Cotecchia V., Lenti V., Salvemini A., Spilotro G. (1986) Reactivation of the large "Buoninventre" slide by the Irpinia earthquake of 23 november 1980. Geol. Appl. e Idrogeologia, 21(4), 217-253.
- Cotecchia V., Salvemini A., Simeone V., Tafuni N. (1992) Comportamento geotecnico delle Unità Sicilidi ed Irpine affioranti nelle alte valli dei fiumi Sele ed Ofanto ad elevato rischio sismotettonico. Geol. Appl. e Idrog., 27, 1-47.
- Cruden D.M., Varnes D.J. (1996) Landslide types and processes. In Turner A.K., Schuster R.L. (eds.) Landslides: investigation and mitigation. Nat. Res. Counc., Transp. Res. Board Sp. Rep. 247, 36-75.
- Fenelli G.B., Paparo Filomarino M., Picarelli L., Rippa F. (1982) Proprietà fisiche e meccaniche di argille varicolori dell'Irpinia. Riv. It. Geotecnica, 16(3), 110-124.
- Pellegrino A. (2006) La conoscenza dell'ambiente fisico per l'analisi dei fenomeni franosi. In Barla G., Scarpelli G. (ed.), Corso di Cultura Geotecnica. Associazione Geotecnica Italiana, 261-309, Pàtron Editore, Bologna.
- Pellegrino A., Picarelli L. (1985) Formazioni argillose intensamente tettonizzate. Contributo alla caratterizzazione geotecnica. Geol. Appl. e Idrogeologia, 20(2), 155-192.
- Picarelli L. (1986) Caratterizzazione geotecnica dei terreni strutturalmente complessi nei problemi di stabilità dei pendii. Atti XVI Conv. Ital. di Geotecnica, Bologna, 3: 155-170.
- Picarelli L. (1988) Modellazione e monitoraggio di una colata in formazioni strutturalmente complesse. Proc. Conv. Cartografia e Monitoraggio dei Movimenti Franosi, Bologna: 119-130.
- Picarelli L. (1993) Structure and properties of clay shales involved in earthflows. Proc. Int. Symp. The Geotechnical Engineering of Hard Soils-Soft Rocks, Athens, 3: 2009-2019.
- Picarelli L., Leroueil S., Urciuoli G., Guerriero G., Delisle M.C. (1995) Occurrence and features of shear zones in clay. Proc. Int. Symp. on Localisation and Bifurcation Theory for Soils and Rocks, Gifu: 259-270.
- Picarelli L., Napoli V. (2003) Some features of two large earthflows in intensely fissured tectonized clay shales and criteria for risk mitigation. Proc. Int. Conf. Fast Slope Movements Prediction and Prevention for Risk Mitigation, Napoli, 1.
- Picarelli L., Russo C., Mandolini A. (1999) Long-term movements of an earthflow in tectonized clay shales. Proc. Int. Symp. Slope Stability Engineering: Geotechnical and Geoenvironmental aspects, Matsuyama, 2: 1151-1158.

vol. 1, 401-	The dedlectime	s of Structurally (опірієх гоппацо	ns", Cap



Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

=======================================	=======================================
====	
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	20,0
Superficie di forma generica	
=======================================	

Azione sismica

=====

Parametri di riferimento su sito rigido orizzontale

Accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento rigido 0,057 m/sec² Valore massimo fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale 2,402 Periodo di inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale 0,276

	sec
Parametri di Zona	
Categoria sottosuolo	В
Categoria topografica	T2
Coefficienti	
Amplificazione stratigrafica	1,2
Coef. funzione categoria suolo	1,423
Amplificazione topografica	1,2
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	0,806 m/sec ²
Accelerazione massima (amax/g)	0,082
Coefficiente riduzione acceler. massima attesa al sito	0,2
	========
Coefficients science signification by	0.016
Coefficiente azione sismica orizzontale Kh	0,016
Coefficiente azione sismica Verticale Kv	0,008

Vertici profilo

N	X	У
	m	m
1	0,0	0,0
2	26,1	4,69
3	36,5	7,02
4	48,39	9,87
5	64,13	11,62
6	122,19	17,7
7	146,59	20,42
8	161,4	22,61
9	180,54	25,61
10	199,36	28,9
11	215,46	31,56
12	235,85	34,35
13	267,74	42,76
14	291,56	47,81
15	319,42	54,12
16	340,63	54,06

Falda

Nr.	Х	У
	m	m
1	0,0	5,88
2	43,24	8,3
3	65,36	9,55
4	94,93	12,78
5	115,06	15,26
6	136,43	17,25
7	158,79	19,98
8	176,44	22,47
9	200,79	27,44
10	223,16	31,41
11	234,09	34,15
12	340,63	60,79

N	Χ	У
	m	m
1	0,0	0,0
2	16,94	3,04
3	31,17	3,26
4	39 ,4 9	3,41
5	62,78	3,85
6	67,81	3,26 3,41 3,85 3,95
7	93,78	6,81
8	115,27	9,19
9	127,79	10,57

141,49	11,75
158,06	12,9
174,26	14,03
185,67	16,74
199,73	21,16
219,72	27,72
226,14	30,15
229,06	31,4
231,46	32,43
234,66	33,8
236,03	34,4
241,71	35,9
245,85	36,99
262,63	41,42
295,12	48,62
309,9	51,96
319,42	54,12
340,63	54,06
	158,06 174,26 185,67 199,73 219,72 226,14 229,06 231,46 234,66 236,03 241,71 245,85 262,63 295,12 309,9

N	Χ	V
IN		У
4	m	m
1	0,0	0,0
2	11,46	2,06
3 4	17,18	-0,44
	27,64	2,06 -0,44 -4,15 -6,44 -7,5
5	34,39	-6,44
6	37,52	-7,5
7	47,31	-9,64
8	67,18	-11,62 -4,62
9	100,17	-4,62
10	127,22	1,53
11	154,87	1,53 5,12 7,34 14,42 18,35
12	175,21	7,34
13	196,92	14,42
14	208,54	18,35
15	231,48	26,72
16	240,05	35.46
17	262,63	41,42
18	267,74	41,42 42,76
19	277,76	44,71
20	291,56	47,81
20 21 22 23	307,1	51,33
22	319,42	54,12
23	336,97	54,07
24	340,63	54,06

Vertici superficie Nr...1

N	X	У
	m	m
1	11,78	2,22
2	28,06	-3,97
3	48,44	2,22 -3,97 -9,51
4	67,05	-11,01
5	104,28	-3,47
6	124,91	1,56
7	143,02	3,83
8	159,37	6,09
9	174,47	1,56 3,83 6,09 7,6
10	196,1	14,64
11	217,48	14,64 22,19
12	232,07	27,22
13	239,16	

Stratigrafia

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

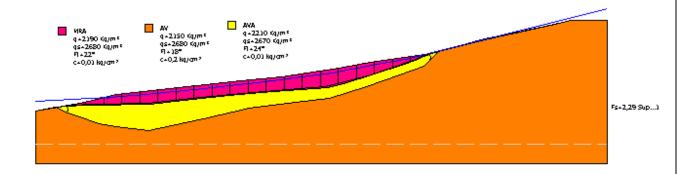
Strato	С	Fi	G	Gs	K	Litologia	
	(kg/cm ²)	(°)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/cm ³)		
1	0,01	22	2190	2680	0,00		Argilla o
	-						argilla
							limosa
							media
2	0,01	24	2210	2670	0,00		Argilla
							Alterata
3	0,2	18	2150	2680	0,00		Argilla o
							argilla
							limosa
							media

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.

=====

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=3,28

Alfa Li Wi Kh•Wi Kv•Wi Fi Ui N'i Nr. В C Τi (°) (Kg) (kg/cm²) (°) m m (Kg) (Kg) (Kg) (Kg) (Kg) 11,36 -20,8 12,1560287,65 964,6 482,3 0,01 24,0 0,068928,1 12483,6 1 2 11,36 -17,6 11,91176748,9 2827,981413,99 0,01 24,0 0,0195646,533880,0 3 11,36 -15,2 11,77289870,2 4637,922318,96 0,01 24,0 0,0314394,753500,6 4 0,01 24,0 11,36 -6,9 11,44592379,7 9478,084739,04 0,0608824,4100298,0 5 11,36 -2,2 11,37654870,310477,925238,96 0,01 24,0 0,0659540,3107903,8 6 11,5 11,59662530,110600,485300,24 0,01 24,0 11,36 0,0654319,0109156,4 7 11,36 11,5 11,59629068,310065,095032,55 0,01 24,0 0,0621267,8103664,5 0,01 24,0 8 11,36 11,5 11,59595781,5 9532,514766,25 0,0588389,398201,3 9 11,36 0,01 24,0 13,4 11,68557036,9 8912,594456,3 0,0551155,692715,1 10 11,36 13,4 11,67511511,9 8184,194092,1 0,01 24,0 0,0506060,885141,3 11 11,36 7,1 11,45486015,4 7776,253888,12 0,01 24,0 0,0479974,879194,8 11,36 12 7,5 11,45480228,2 7683,653841,83 0,01 24,0 0,0474157,978301,6 13 11,36 7,8 11,46479747,7 7675,963837,98 0,01 24,0 0,0473597,178276,7 14 11,36 5,7 11,41489781,5 7836,53918,25 0,01 24,0 0,0484295,779681,2 14,4 11,72481580,2 7705,283852,64 15 11,36 0,01 24,0 0,0477112,480648,0 11,36 18,0 11,94441599,3 7065,593532,8 0,01 24,0 16 0,0440896,375969,8 11,36 17 19,1 12,02387601,2 6201,623100,81 0,01 24,0 0,0388191,767383,3 18 11,36 19,4 12,04324675,0 5194,82597,4 0,01 24,0 0,0325442,756670,1 19 11,36 19,1 12,02257171,4 4114,742057,37 0,01 24,0 0,0257454,844825,2 20 11,36 39,8 14,79107465,3 1719,45859,72 0,01 24,0 0,0122827,026757,7



Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

=======================================	=======================================
=====	
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	20,0
Superficie di forma generica	·
	=======================================
====	

Azione sismica

=====

Parametri di riferimento su sito rigido orizzontale

Accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento rigido 0,057 m/sec² Valore massimo fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale 2,402 Periodo di inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale 0,276

·	sec
Parametri di Zona	
Categoria sottosuolo	В
Categoria topografica	T2
Coefficienti	
Amplificazione stratigrafica	1,2
Coef. funzione categoria suolo	1,42
Amplificazione topografica	1,2
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	0,806 m/sec ²
Accelerazione massima (amax/g)	0,082
Coefficiente riduzione acceler. massima attesa al sito	0,2
=======================================	=========
====	
Coefficiente azione sismica orizzontale Kh	0,016
Coefficiente azione sismica Verticale Kv	0,008

Vertici profilo

N	X	У
	m	m
1	0,0	0,0
2	26,1	4,69
3	36,5	7,02
4	48,39	9,87
5	64,13	11,62
6	122,19	17,7
7	146,59	20,42
8	161,4	22,61
9	180,54	25,61
10	199,36	28,9
11	215,46	31,56
12	235,85	34,35
13	267,74	42,76
14	291,56	47,81
15	319,42	54,12
16	340,63	54,06

Falda

Nr.	Х	У
	m	m
1	0,0	5,88
2	43,24	8,3
3	65,36	9,55
4	94,93	12,78
5	115,06	15,26
6	136,43	17,25
7	158,79	19,98
8	176,44	22,47
9	200,79	27,44
10	223,16	31,41
11	234,09	34,15
12	340,63	60,79

N	Χ	У
	m	m
1	0,0	0,0
2	16,94	3,04
3	31,17	3,26
4	39 ,4 9	3,41
5	62,78	3,85
6	67,81	3,26 3,41 3,85 3,95
7	93,78	6,81
8	115,27	9,19
9	127,79	10,57

10	141,49	11,75
11	158,06	12,9
12	174,26	14,03
13	185,67	16,74
14	199,73	21,16
15	219,72	27,72
16	226,14	30,15
17	229,06	31,4
18	231,46	32,43
19	234,66	33,8
20	236,03	34,4
21	241,71	35,9
22	245,85	36,99
23	262,63	41,42
24	295,12	48,62
25	309,9	51,96
26	319,42	54,12
27	340,63	

N	Χ	V
IN		У
4	m	m
1	0,0	0,0
2	11,46	2,06
3 4	17,18	-0,44
	27,64	2,06 -0,44 -4,15 -6,44 -7,5
5	34,39	-6,44
6	37,52	-7,5
7	47,31	-9,64
8	67,18	-11,62 -4,62
9	100,17	-4,62
10	127,22	1,53
11	154,87	1,53 5,12 7,34 14,42 18,35
12	175,21	7,34
13	196,92	14,42
14	208,54	18,35
15	231,48	26,72
16	240,05	35.46
17	262,63	41,42
18	267,74	41,42 42,76
19	277,76	44,71
20	291,56	47,81
20 21 22 23	307,1	51,33
22	319,42	54,12
23	336,97	54,07
24	340,63	54,06

Vertici superficie Nr...1

N	X	У
	m	m
1	18,17	3,36
2	36,82	4,06
3	66,72	4,57
4	98,42	7,92
5	129,35	11,01
6	156,93	13,33
7	172,9	14,62
8	198,16	21,07
9	224,97	30,09
10	234,24	34,16

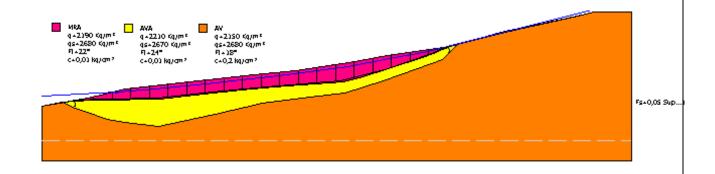
Stratigrafia

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

1 100010	ai williaci						
Strato	С	Fi	G	Gs	K	Litologia	
	(kg/cm ²)	(°)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/cm ³)		
1	0,01	22	2190	2680	0,00		MRA
2	0,01	24	2210	2670	0,00		Argilla
							Alterata
3	0,2	18	2150	2680	0,00		Argilla o
							argilla
							limosa
							media

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=2,29

Alfa Li N'i Nr. В Wi Kh•Wi Kv•Wi Fi Ui Τi C (°) (Kg) (kg/cm²) (°) (Kg) m m (Kg) (Kg) (Kg) (Kg) 10,76 2,1 10,7713871,29 221,94110,97 0,01 22,039297,613752,0 3478,4 1 2 10,76 1,7 10,7749544,08 792,71396,35 0,01 22,041878,549232,210993,0 3 10,76 1,0 10,77141020,7 2256,331128,17 0,01 22,045604,795080,120697,9 4 10,76 1,0 10,77174885,1 2798,161399,08 0,01 22,050116,8124330,726891,8 5 10,76 3,8 10,79193353,0 3093,651546,82 0,01 22,053010,8138780,330014, 6 10,76 6,0 10,82199422,5 3190,761595,38 0,01 22,055895,1141413,830677, 7 10,76 6,0 10,82199383,4 3190,141595,07 0,01 22,056309,0140970,530583 8 10,76 5,8 10,82200234,0 3203,741601,87 0,01 22,057624,1140553,430483, 9 10,76 5,7 10,82202424,3 3238,791619,4 0,01 22,060213,3140195,630400,4 10 10,76 5,7 10,82203983,9 3263,741631,87 0,01 22,060944,3141014,730574 11 10,76 5,0 10,81208207,0 3331,311665,66 0,01 22,060747,1145499,931494,0 12 10,76 10,8216030,8 3456,491728,25 0,01 22,063484,0150580,432562,0 4,8 13 10,76 4,8 10,8231139,2 3698,231849,11 0,01 22,067946,8161101,334795,6 14 10,76 4,6 10,8251248,5 4019,982009,99 0,01 22,073682,3175342,437812, 15 10,76 0,01 22,074912,0177787,438982,0 11,4 10,98255274,5 4084,392042,2 16 10,76 14,3 11,11237502,3 3800,041900,02 0,01 22,071879,7164211,136481,5 17 10,76 15,8 11,19209857,0 3357,711678,86 0,01 22,064557,1144707,832451,4 18 10,76 18,6 11,36166866,3 2669,861334,93 0,01 22,050685,6116850,626731,4 19 10,76 18,6 11,36112636,0 1802,18901,09 0,01 22,031277,981554,318846,5 20 10,76 23,0 11,6941568,03 665,09332,54 0,01 22,011467,930667,7 7717,5



Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

====

Numero di strati 3,0 Numero dei conci 20,0

Superficie di forma generica

====

Vertici profilo

N	Χ	У
	m	m
1	0,0	0,0
2	26,1	0,0 4,69
3	36,5	7,02
4	48,39	7,02 9,87
5	64,13	11,62
6	122,19	17,7
7	146,59	20,42
8	161,4	22,61
9	180,54	25,61
10	199,36	28,9
11	215,46	31,56
12	235,85	34,35
13	267,74	42,76
14	291,56	47,81
15	319,42	54,12
16	340,63	

Falda

Nr.	Χ	У
	m	m
1	0,0	5,88
2	43,24	5,88 8,3
3	65,36 94,93	9,55
4	94,93	12,78

5	115,06	15,26
6	136,43	17,25
7	158,79	19,98
8	176,44	22,47
9	200,79	27,44
10	223,16	31,41
11	234,09	34,15
12	340,63	60,79

··· T		
N	X	У
	m	m
1	0,0	0,0
3	16,94	3,04
3	31,17	3,26
4	39,49	3,41
5	62,78	3,85
5 6 7	67,81	3,04 3,26 3,41 3,85 3,95
	93,78	6,81
8	115,27	9,19
9	127,79	10,57
10	141,49	11,75
11	158,06	12.9
12 13	174,26	14,03 16,74 21,16
13	185,67	16,74
14	199,73	21,16
15	219,72	27,72
16	226,14	30,15
17	229,06	27,72 30,15 31,4
18	231,46	32,43 33,8
19	234,66	33,8
20	236,03	34,4 35,9
21	241,71	35,9
21 22	245,85	36,99
23 24 25 26	262,63	41,42
24	295,12	48,62
25	309,9	51,96
26	319,42	54,12
27	340,63	54,06

N	Х	У
	m	m
1	0,0	0,0
2	11,46	2,06
3	17,18	-0,44
4	27,64	-4,15
5	34,39	-6,44

23 24	336,97 340,63	54,07 54.06
22	319,42	54,12
21	307,1	51,33
20	291,56	47,81
19	277,76	
18	267,74	42,76
17	262,63	41,42
16	240,05	35,46
15	231,48	26,72
14	208,54	18,35
13	196,92	14,42
12	175,21	7,34
11	154,87	5,12
10	127,22	1,53
9	100,17	-4,62
8	67,18	-11,62
7	47,31	-9,64
6	37,52	-7,5

Vertici superficie Nr...1

N	X	У
	m	m
1	18,17	3,36
2	36,82	3,36 4,06
3	66,72	4,57
4	98,42	7,92
5	129,35	11,01
6	156,93	11,01 13,33 14,62
7	172,9	14,62
8	198,16	21,07
9	224,97	30,09
10	234,24	34,16

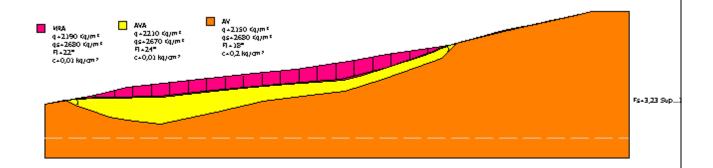
Stratigrafia

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

Strato	С	Fi	G	Gs	K	Litologia	
	(kg/cm ²)	(°)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/cm ³)		
1	0,01	22	2190	2680	0,00		MRA
2	0,01	24	2210	2670	0,00		Argilla
							Alterata
3	0,2	18	2150	2680	0,00		Argilla o
							argilla
							limosa
							media

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=0,05

Nr.	В	Alfa	Li	Wi	Kh∙Wi	Kv∙Wi	С	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(kg/cm ²)	(°)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	10,76	2,1	10,77221	.28,01	0,0	0,0	0,01	0,0	0.021	1230,6	24635,8
2	10,76	1,7	10,77790	•	0,0	0,0	0,01	0,0	•	•	24624,9
3	10,76	1,0	10,77145	•	0,0	0,0	0,01	0,0	•	•	24609,3
4	10,76	1,0	10,77183	967,3	0,0	0,0	0,01	0,0	•		24609,3
5	10,76	3,8	10,79204	897,2	0,0	0,0	0,01	0,0	0,020	3711,9	24710,3
6	10,76	6,0	10,82210	711,2	0,0	0,0	0,01	0,0	0,020	9270,1	.24876,8
7	10,76	6,0	10,82210	416,5	0,0	0,0	0,01	0,0	0,020	8973,8	324876,8
8	10,76	5,8	10,82210	660,9	0,0	0,0	0,01	0,0	0,020	9230,7	24859,1
9	10,76	5,7	10,82211	.788,8	0,0	0,0	0,01	0,0	0,021	.0372,6	24848,0
10	10,76	5,7	10,82213	261,2	0,0	0,0	0,01	0,0	0,021	1852,4	124848,0
11	10,76	5,0	10,81218	3507,2	0,0	0,0	0,01	0,0	•	•	24793,8
12	10,76	4,8	10,8226	•	0,0	0,0	0,01	0,0	•	•	.24776,1
13	10,76	4,8	10,8242	•	0,0	0,0	0,01	0,0	•		24773,6
14	10,76	4,6	10,8263	•	0,0	0,0	0,01	0,0	•	•	24762,0
15	10,76	11,4	10,98268	,	0,0	0,0	0,01	0,0	•	•	25596,7
16	10,76	14,3	11,11248		0,0	0,0	0,01	0,0	•	•	26203,0
17	10,76	15,8	,	•	0,0	0,0	0,01	0,0	•		26573,8
18	10,76	•	11,36175	•	0,0	0,0	0,01	0,0	•	•	27388,4
19	10,76	•	11,36120	•	0,0	0,0	0,01	0,0	•	•	27388,4
20	10,76	23,0	11,69445	37,23	0,0	0,0	0,01	0,0	0,037	7047,6	29021,0



Analisi di stabilità dei pendii con JANBU

=======================================	=======================================
====	
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	20,0
Superficie di forma generica	·
=======================================	=======================================
====	

Azione sismica

=====

Parametri di riferimento su sito rigido orizzontale

Accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento rigido 0,057 m/sec² Valore massimo fattore di amplificazione spettro in accelerazione orizzontale 2,402 Periodo di inizio tratto a velocità costante spettro in accelerazione orizzontale 0,276

	sec
Parametri di Zona	
Categoria sottosuolo	В
Categoria topografica	T2
Coefficienti	
Amplificazione stratigrafica	1,2
Coef. funzione categoria suolo	1,42
Amplificazione topografica	1,2
Accelerazione orizzontale massima attesa al sito	0,806 m/sec ²
Accelerazione massima (amax/g)	0,082
Coefficiente riduzione acceler. massima attesa al sito	0,2
	=========
====	
Coefficiente azione sismica orizzontale Kh	0,016
Coefficiente azione sismica Verticale Kv	0,008

Vertici profilo

N	Χ	У
	m	m
1	0,0	0,0
2	26,1	4,69
3	36,5	7,02
4	48,39	0,0 4,69 7,02 9,87 11,62 17,7 20,42 22,61
5	64,13	11,62
6	122,19	17,7
7	146,59	20,42
8	161,4	22,61
9	180,54	25,61 28,9
10	199,36	28,9
11	215,46	31,56
12	235,85	34,35
13	267,74	42,76
14	291,56	47,81
15	319,42	31,56 34,35 42,76 47,81 54,12
16	340,63	54,06

1		
N	X	У
	m	m
1	0,0	0,0
3	16,94	3.04
3	31,17	3,26
4	39,49	3,41
5	62,78 67,81 93,78	3,26 3,41 3,85
6	67,81	3,95 6,81
7	93,78	6,81
8	115,27	9,19
9	127,79	10,57
10	127,79 141,49	10,57 11,75
11	158,06	12.9
12 13	174,26	14,03
13	185,67	16,74
14	199,73	21,16
15	219,72	27,72
16	226,14	30,15 31,4
17	229,06	31,4
18	231,46	32,43
19	234,66	33,8
20	236,03	33,8 34,4
21	241,71	35,9
22	245,85	36,99
22 23	262,63	41,42
24	295,12	48,62

25	309,9	51,96
26	319,42	54,12
27	340,63	54,06

N	Χ	У
	m	m
1	0,0	0,0
2	11,46	2,06
3 4	17,18	-0,44
	27,64	2,06 -0,44 -4,15 -6,44
5	34,39	-6,44
6 7	37,52	/ L
	47,31	-9,64
8	67,18	-11,62
9	100,17	-4,62
10	127,22	1,53
11	154,87	-7,3 -9,64 -11,62 -4,62 1,53 5,12 7,34 14,42
12 13	175,21	7,34
13	196,92	14,42
14	208,54	18,35
15	231,48	18,35 26,72
16	240,05	35,46
17	262,63	35,46 41,42
18	267,74	42,76
19	277,76	44,71
20	291,56	47,81
21 22 23	307,1	51,33
22	319,42	54.12
23	336,97	54,07
24	340,63	54,06

Vertici superficie Nr...1

2 4 ±		
N	X	У
	m	m
1	18,17	3,36
2	36,82	3,36 4,06 4,57
3	36,82 66,72	4,57
4	98,42	7,92
5	129,35	11,01
6	156,93	13,33
7	172,9	14,62
8	198,16	21,07
9	224,97	30,09
10	234,24	34,16

Stratigrafia

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

Strat	0	С	Fi	G	Gs	K	Litologia	
		(kg/cm ²)	(°)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/cm ³)		
	1	0,01	22	2190	2680	0,00		MRA
	2	0,01	24	2210	2670	0,00		Argilla
								Alterata
	3	0,2	18	2150	2680	0,00		Argilla o
								argilla
								limosa
								media

Superficie Nr1	Fattore di sicurezza=3,23	

Nr.	В	Alfa	Li	Wi	Kh∙Wi	Kv∙Wi	С	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(kg/cm	²) (°)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	10,76	2 1	10 7718	.082 21	289,321	44 66	0,01	22,0	0.01	7979,8	3100,5
2	10,76	-			1033,355		0,01	22,0	•	•	10055,4
3	10,76	•	•	•	1898,849	-	0,01	22,0	•	•	18168,3
4	10,76	•	,		2405,31	•	,	22,0	•	•	22907,8
5	10,76	•	•	•	2678,961	•	•	22,0	,	,	25386,5
6	10,76	•	,		2754,971	•	•	•	•	•	26118,8
7	10,76	-		-	2751,121		-	22,0	0,017	, 70161,1	26082,8
8	10,76	5,8	10,8217	2144,5	2754,311	377,16	0,01	22,0	0,017	70386,7	26107,4
9	10,76	5,7	10,8217	3066,2	2769,061	384,53	0,01	22,0	0,017	71318,2	26242,0
10	10,76	5,7	10,8217	4269,4	2788,311	.394,16	0,01	22,0	0,017	72509,5	26421,7
11	10,76	5,0	10,8117	8556,3	2856,91	.428,45	0,01	22,0	0,017	76871,8	27049,6
12	10,76	4,8	10,818	5033,1	2960,531	480,27	0,01	22,0	0,018	3338,5	28013,6
13	10,76	4,8	10,819	7960,8	3167,371	.583,69	0,01	22,0	0,019	96158,0	29942,8
14	10,76	4,6	10,821	5261,0	3444,181	.722,09	0,01	22,0	0,02	13345,5	32523,4
15	10,76	11,4	10,9821	9287,9	3508,611	.754,3	0,01	22,0	0,02	17045,5	33640,2
16	10,76	14,3	11,1120	3374,3	3253,991	.626,99	0,01	22,0	0,020	02047,1	31718,4
17	10,76	15,8	11,1917	9420,2	2870,721	.435,36	0,01	22,0	0,017	78759,3	28312,8
18	10,76	18,6	11,3614	3327,6	2293,241	146,62	0,01	22,0	0,014	1 3820,9	23217,9
19	10,76	18,6	11,3698	110,41	1569,777	'84 , 88	0,01	22,0	0,09	8405,4	16026,8
20	10,76	23,0	11,6936	394,22	582,312	91,15	0,01	22,0	0,03	6991,1	6500,9