

COMUNE DI PALERMO

Area Tecnica della Riqualificazione Urbana e delle Infrastrutture

Ufficio Infrastrutture - U.O. Infrastrutture per la viabilità e consolidamento delle pareti rocciose

*INTERVENTI DI URGENZA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLE
SCARPATE DI MONTE DEL LUNGOMARE C. COLOMBO, FRA
L'ADDAURA E VERGINE MARIA, NEI TRATTI COMPRESI FRA I
CIVICI N° 1062 E N° 1356 (zona "A") E FRA I CIVICI
N° 1626 E N° 1824 (zona "B")*

PROGETTO ESECUTIVO

TAVOLA:

R. 2

OGGETTO:

Relazione Geologica

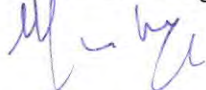
DATA: dicembre 2015

AGG.:

SCALA 1: //

Il Progettista:

ing. Massimo Verga



Il R.U.P.

ing. Filippo Carcara

IL FUNZIONARIO TECNICO

Geol. Aldo C. Pisano



1. Premesse

Su indicazioni del Dirigente dell'Area Tecnica "Infrastrutture" Ing. C. Di Mauro, lo scrivente è stato incaricato di redigere uno studio geologico finalizzato agli interventi di consolidamento delle scarpate stradali lungo la via Cristoforo Colombo, nel tratto compreso tra i civici 1062 e 1824, tra il "Mammellone" di Vergine Maria e la Torre del Rotolo.

La necessità di predisporre degli interventi di consolidamento di questo tratto stradale, deriva dai diversi episodi di trasporto solido e dalla caduta di qualche masso che dal 2009 si verificano a seguito di eventi meteorici di particolare intensità e che puntualmente invadono parte della sede stradale.

Il Servizio di Protezione Civile, attivato da numerose segnalazioni pervenute dai cittadini, ha potuto constatare, nei vari sopralluoghi effettuati, la presenza di materiale lapideo in blocchi proveniente dalla fascia pedemontana, massi lungo il pendio stabilizzare ed il franamento di materiale detritico frammisto a porzioni di suolo (terre rosse) sul ciglio stradale.

Questo materiale solido eterogeneo depositatosi al piede della scarpata ha, in eventi successivi, occupato parte della sede stradale ed è stato successivamente colonizzato da vegetazione spontanea, costituendo un serio pericolo per la viabilità e la pubblica incolumità.

Inoltre è stato accertato, anche da segnalazione degli abitanti, la presenza di popolazioni di cinghiali che con l'azione di escavazione prodotta dalle loro abitudini alimentari, producono il sollevamento di porzioni di suolo che con le piogge intense viene mobilizzato e trascinato a valle.

Sulla base di queste premesse lo scrivente, a seguito dell'incarico, ha effettuato diversi sopralluoghi sull'area interessata dai dissesti, individuando sulla base delle caratteristiche geomorfologiche, litologiche e tipologiche dei dissesti riscontrati, gli interventi che meglio si prestano per mettere definitivamente in sicurezza le scarpate dei due tratti stradali.

Da sottolineare che l'area in questione è stata sottoposta, già in passato, ad interventi di somma urgenza per la messa in sicurezza di blocchi ciclopici presenti sul ciglio stradale, mediante ancoraggi degli stessi con funi d'acciaio e reti metalliche di contenimento; mentre sui più recenti eventi, gli Uffici Comunali competenti, in attesa della redazione del presente progetto esecutivo, si sono attivati per un'estensione dell'Ordinanza di limitazione del traffico veicolare con relativa chiusura della semicarreggiata in direzione Vergine Maria, imponendo la circolazione in senso unico alternato nei soli tratti interessati dai dissesti.

Le zone interdette al traffico veicolare e pedonale sono state delimitate con apposite rete di segnalazione, per uno sviluppo di circa 170m dal civico 1626 al civ. 1824 e di circa 200 m dal civ. 1062 al civ. 1356. (v. fig 1- *Planimetria dell'area di intervento scala 1:2.000*).

2. Inquadramento geologico-territoriale

L'area in esame ricade lungo la fascia pedemontana costiera presente in corrispondenza del versante orientale del rilievo di Monte Pellegrino, come meglio rappresentata dalla corografia a scala 1:25.000.

Fisiograficamente siamo in corrispondenza del limite inferiore dell'ampia coltre detritica che si origina a partire dalla base delle falesie calcaree del Monte Pellegrino sino a raggiungere la fascia costiera in corrispondenza del sopralitorale.

Trattasi di un deposito che nella letteratura geologica viene comunemente denominato "**detrito di falda**", ed in genere è costituito da materiale eterogeneo di natura, in questo caso, prevalentemente calcarea o calcareo-dolomitica. Le dimensioni degli elementi detritici sono molto varie e si va dalla ghiaia più minuta ai blocchi decimetrici, sino ai massi ciclopici di diversi m³ di volume.

Gli elementi rocciosi inglobati nel materasso detritico, in genere sono legati da una matrice sabbiosa/ghiaiosa che nelle porzioni più superficiali, dove si esplicano maggiormente i processi chimico-fisici di alterazione, sono arricchiti delle parti residuali non solubili, in genere ad alto contenuto di ossidi ferro, che conferiscono a questi suoli la tipica colorazione rossastra (terre rosse).

Inoltre parte degli elementi di questa matrice sabbiosa, risulta legata da cemento calcitico secondario che si deposita per effetto delle acque di infiltrazione, che scorrendo su materiale carbonatico, si arricchiscono di questo elemento per poi ridepositarlo sottoforma di carbonato di calcio.

Questa cementazione della matrice sabbiosa determina un miglioramento delle caratteristiche meccaniche complessive dell'intero ammasso detritico, riducendone la comprimibilità che è tipica di questi terreni.

Il detrito di falda, si origina a causa dell'azione erosiva fisico-chimica degli agenti atmosferici che si intensifica in corrispondenza di fronti rocciosi sub verticali dotati di un certo grado di fratturazione, producendo fenomeni di crollo o ribaltamento di porzioni rocciose più o meno voluminose che si depositano al piede della falesia o che si distribuiscono lungo il pendio detritico per rotolamento e/o successivi rimbalzi.

E' stato accertato che nell'area in questione questi depositi raggiungono, spessori che possono superare anche i 30m (Addaura) (*Cusimano G.- Di Cara A., 1995*), in funzione della pendenza e della morfologia del substrato sottostante.

In questo settore, la coltre detritica è delimitata, a monte, dalle alte **falesie calcaree** appartenenti al Monte Pellegrino, che in certi punti superano i 200 m di altezza; geologicamente appartengono alle formazioni del Dominio Panormide ed in particolare all'U.S.S. Cozzo di Lupo (*Abate B., Catalano R., Renda P., 1982*) di età compresa tra il Cretaceo inf e superiore (v. fig. 2 – Carta geologica – scala 1:5000).

Questa formazione si presenta in affioramento, a struttura generalmente massiva e consistenza lapidea, anche se nel complesso la compagine rocciosa è interessata da una diffusa fratturazione dovuta ai notevoli stress tettonici subiti nel corso dell'evoluzione geodinamica di questo tratto costiero.

A questa condizione strutturale si aggiunge l'azione carsica delle acque di scorrimento che trovano una facile via di penetrazione lungo le fratture, ampliando e disgregando ulteriormente la formazione rocciosa in elementi isolati che in seguito possono dar luogo a ribaltamenti o scivolamenti lungo giunti di strato o di frattura.

3. Quadro geomorfologico generale del versante

I dati e le informazioni acquisite in occasione dei vari sopralluoghi hanno consentito di ricostruire le caratteristiche geomorfologiche del versante e risalire alle cause che hanno innescato gli eventi franosi trattati nel presente progetto.

I terreni interessati dai dissesti, riguardano i terreni appartenenti alla coltre detritica presente lungo tutto il tracciato stradale della Via C. Colombo. Questo deposito da luogo ad un pendio che presenta un angolo di scarpata naturale mediamente intorno ai 20-25°.



(Foto 1 - visione morfologica dell'area - da Google Earth)

Si può facilmente affermare che la principale causa del disequilibrio geomorfologico, è la presenza del taglio stradale stesso, operato sulla coltre detritica che normalmente non è dotato di buone caratteristiche meccaniche, in quanto trattasi di terreni sciolti o mediamente addensati con un basso grado di cementazione dei sedimenti e pertanto potenzialmente predisposti all'instabilità.

L'assenza, inoltre, delle opportune opere di contenimento del paramento di monte e relative opere di regimazione delle acque di scolo, hanno sicuramente favorito ed in parte accelerato tutti quei processi di degradazione del versante che nel tempo si sono evoluti in forme di instabilità più complesse.

Dall'analisi delle foto aeree e da una verifica in campo dei due settori interessati dagli interventi, è stato possibile differenziare condizioni geomorfologiche alquanto diverse e questa diversità come descritto più avanti, influisce chiaramente sulle caratteristiche dei dissesti in atto, in particolare:

Settore A

La fascia detritica posta a monte di questo settore presenta una certa uniformità e regolarità morfologica riguardo i valori di acclività del versante (20-25°) e non sono presenti grossi accumuli di massi ciclopici alla base delle falesie. La granulometria degli elementi che compongono il materasso detritico varia da elementi decimetrici ai blocchi che difficilmente superano il m³. Ciò è determinato da una migliore condizione dell'assetto strutturale complessivo delle pareti retrostanti, in riferimento allo stato fessurativo ed alla densità delle superfici di stratificazione dell'ammasso roccioso.

Riguardo alle condizioni morfometriche della scarpata stradale, in questo tratto il taglio operato sul deposito detritico non supera i 4m di altezza ed ha una inclinazione sub verticale con angoli tra i 45 e i 70°; lungo la superficie esposta sono affioranti diversi blocchi calcarei di dimensioni variabili ma tutti inferiori al m³, alcuni dei quali in condizioni di equilibrio precario.

Settore B

A differenza del precedente, nel settore di monte, è presente alla base delle pareti calcaree, un'ampia conoide di detrito (v. fig.2), larga circa 300m nella parte mediana, che si estende verso valle sino all'asse stradale.

E'costituita da numerosi blocchi ciclopici di diversi metri cubi di volume, alcuni dei quali nel loro moto hanno anche raggiunto e superato la sede stradale sottostante.

Il pendio di monte pertanto non è uniforme ed i valori di pendenza variano sia in senso longitudinale che trasversale alla linea di massima pendenza, raggiungendo angoli tra i 30 e i 35° gradi di pendenza, sino ai 45-50° in vicinanza del ciglio stradale.

Questa diversa conformazione morfologica del pendio è da attribuire alle condizioni strutturali delle pareti retrostanti che presentano un maggior disturbo tettonico a causa di

numerose fratture sub verticali che si sovrappongono e si intersecano con altre superfici di discontinuità, formando prismi rocciosi di notevoli dimensioni che si sono staccati ed accumulati nel tempo lungo tutto il pendio.

E' bene precisare che la condizione geomorfologica complessiva delle falesie del Monte Pellegrino esposte su questo versante, non sono oggetto degli interventi previsti nel presente progetto, la cui soluzione invece andrebbe affrontata quanto prima e con opportune risorse finanziarie, considerate la complessità e l'estensione degli interventi di consolidamento.

Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'Assessorato Regionale Territorio Ambiente, conferma tale situazione di pericolosità geomorfologica, classificando questa zona a rischio geomorfologico R4 e pericolosità geomorfologica P4 come riportato nella relativa cartografia di fig. 3.

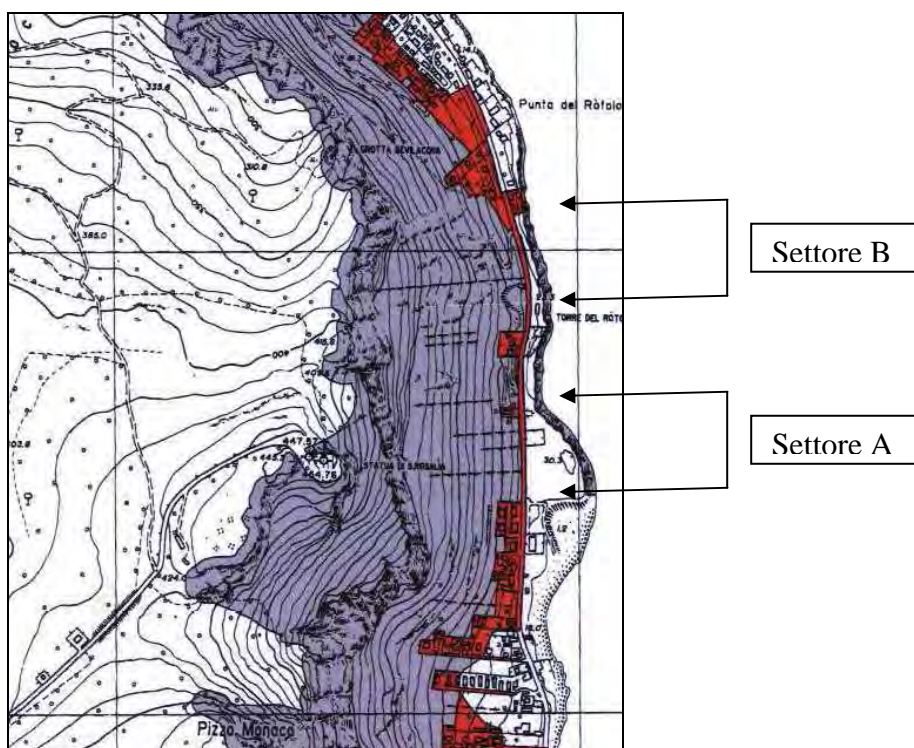


Fig.3- Classificazione del rischio geomorfologico, secondo il P.A.I., lungo la fascia costiera che comprende i due settori di intervento (A) e (B)

- R4 – Rischio molto elevato
- P4 – Area soggetta a pericolosità molto elevata per fenomeni di crollo e/o ribaltamento

Di contro, in riferimento agli interventi da realizzare, questi rientrano tra le attività consentite dalle norme di attuazione del PAI nelle aree a rischio classificate come R4 e P4; nelle norme di attuazione infatti, sono ammessi gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità o gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria, straordinaria e di consolidamento delle opere infrastrutturali e delle opere pubbliche o di interesse pubblico.

4. Descrizione dei dissesti oggetto degli interventi

L'area che è stata sottoposta ai rilievi di dettaglio corrisponde alla fascia di terreni presenti lungo la scarpata di controripa più direttamente a contatto con la sede stradale.

Nel complesso la tipologia di dissesto riscontrata riguarda fenomeni di erosione superficiale con asportazione della coltre presente entro i primi 30 cm di suolo, con trasporto verso la sede stradale di elementi detritici centimetrici con alcuni blocchi decimetrici, frammisti a terre rosse e sabbie grossolane residuali; quest'ultime rappresentano la matrice entro cui gli elementi lapidei sono contenuti più o meno diffusamente. (v. foto 2)



Foto 2 - Settore (B) materiale detritico frammisto a porzioni di suolo trascinati sulla sede stradale dall'azione erosiva dalle acque di ruscellamento

Su questi terreni poco coerenti, i cui elementi detritici sono legati da una matrice limo-sabbiosa scarsamente addensata e cementata, a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi e concentrati su brevi periodi, si verifica un'azione erosiva superficiale e conseguente trasporto delle porzioni detritiche lungo la scarpata stradale, la cui massa in movimento riesce anche a mobilitare elementi più grossolani di dimensioni decimetriche.

L'azione di asportazione delle porzioni più fini si esplica anche attorno agli elementi lapidei più grossolani, che se poco radicati all'interno della formazione detritica può

determinare uno scalzamento al piede di questi elementi, provocandone il crollo o il rotolamento di tali massi sulla sede stradale. (v. foto 3).



Foto 3 – Settore (A) - La presenza di blocchi poco radicati lungo la scarpata può essere causa di crolli di massi sulla sede stradale.

Si è notato che anche in corrispondenza di versanti ricoperti da rete protettiva, l'azione di trasporto e dilavamento della porzione superficiale del suolo è avvenuta in egual modo, a conferma che la sola rete protettiva non risulta sufficiente a bloccare il fenomeno, sia per la scarsa aderenza della rete sulla superficie del suolo che per le dimensioni delle maglie stesse che non riescono a trattenere materiale così fine e soprattutto non impedisce l'azione di erosione da impatto (*splash erosion*) (foto 4).

Questa situazione è stata riscontrata prevalentemente lungo le superfici della scarpata prive o quasi di copertura vegetale. In alcuni settori, anche se in presenza di pendenza attorno ai 40-45° ma con una discreta copertura vegetale, non si verificano fenomeni così evidenti di erosione della coltre di suolo, segno che gli apparati radicali e la parte aerea della vegetazione comunque svolgono un'azione fondamentale per contrastare sia l'erosione da impatto che il trascinarsi delle particelle di suolo.



Foto 4 – Settore (B) Trascinamento della coltre detritica sulla sede stradale anche in presenza di reti di protezione esistenti.

Localmente, specie nel settore (B), sono stati rinvenuti massi calcarei con volumi superiori al m^3 , interessati da fratture beanti, posizionati in vicinanza del bordo superiore della scarpata stradale e pertanto soggetti a rischio di crollo. In tali condizioni si suggerisce l'ancoraggio degli stessi mediante imbracatura con funi di acciaio da fissare al suolo con tiranti a bulbo.



Foto 5 – Settore (B) Alcuni blocchi calcarei presenti sul bordo superiore della scarpata che andrebbero stabilizzati mediante imbracatura con funi in acciaio.

E' bene precisare che il fenomeno erosivo è aggravato dall'attività di escavazione prodotta molto probabilmente da gruppi di "cinghiali", che nutrendosi di radici e tuberi nel

sottosuolo, provocano una vera e propria “aratura” dei terreni attraversati, rendendo i pendii acclivi molto instabili, almeno nelle porzioni più superficiali (v. foto 6).



Foto 6 - Porzioni di suolo rimosse dall'escavazione dei cinghiali

Anche per questi motivi il posizionamento della rete, anche laddove apparentemente non necessiterebbe, ha una funzione di dissuasore nei confronti della fauna selvatica che presenta questi abitudini trofiche.

Nella parte superiore del taglio della scarpata, dove le pendenze si riducono ed assumono valori prossimi all'angolo di scarpata naturale, non sono stati rilevati dissesti in atto che interessano lo strato detritico, ma esiste comunque il rischio di rotolamento di massi provenienti da monte, che potrebbero raggiungere il ciglio della scarpata stradale.

Pertanto riassumendo si può stabilire che le scarpate stradali nei settori A e B sono caratterizzati dai seguenti fenomeni di instabilità:

- Fenomeni di erosione superficiale entro i primi 30 cm di suolo, con scalzamento ed asportazione di porzioni di suolo a granulometria fine e materiale detritico lapideo di dimensioni centimetriche e decimetriche;
- Condizioni di equilibrio limite di massi lapidei presenti sul bordo superiore o inglobati ed affioranti lungo la superficie della scarpata stradale, con volumi prevalentemente inferiori al m³;

- Presenza di massi superiori al m^3 fratturati, che necessitano interventi di stabilizzazione tramite funi di ancoraggio e/o reti;

5. Caratteristica idrogeologica del versante e proprietà fisico/meccanica dei terreni costituenti la scarpata

I processi di alterazione fisico-chimica che intervengono in questa tipologia di depositi, nell'interfaccia aria-sedimento, sono riconducibili sinteticamente in:

- processi di alterazione per ossidazione;
- trasporto solido e risedimentazione;
- fenomeni di lisciviazione ovvero di allontanamento di materiali solubili e di traslocazione di materiale argillo/limoso molto fine verso gli orizzonti più profondi del profilo, in presenza di acqua di circolazione;
- scalzamento al piede della matrice limo-sabbiosa

Questi processi condizionano così le principali proprietà fisiche/chimiche del suolo (struttura, stabilità degli aggregati, ritenzione idrica, capacità di scambio), ma anche meccaniche come la riduzione della coesione, aumento della comprimibilità, riduzione della resistenza agli sforzi di taglio ecc.

Tra gli agenti dominanti, l'acqua assume il ruolo più significativo non solamente perché instaura i primi processi di alterazione, ossidazione, solubilizzazione, precipitazione ed idrolisi dei minerali, ma anche perché favorisce processi erosivi e scalzamento sia sulle porzioni fini che su quelle grossolane.

Dal punto di vista fisico e strutturale si tratta di terreni con una grossa componente scheletrica in questo caso di natura prevalentemente calcarea e gli elementi lapidei che compongono questo deposito detritico mostrano un basso grado di arrotondamento ed un'estrema variabilità dimensionale dal centimetro ai massi ciclopici anche di alcuni metri di diametro.

La componente scheletrica è legata superficialmente da una matrice costituita da un silt sabbioso (terre rosse) proveniente dall'ossidazione del residuo insolubile dello scheletro calcareo. Questa matrice residuale può essere talvolta cementata da patine di calcite secondaria, depositata dalle acque di circolazione rappresentando il legante principale della porzione più scheletrica.

Per quanto riguarda gli aspetti idrologici l'estrema permeabilità primaria per porosità di questi depositi, favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo e pertanto in superficie non si riscontra un reticolo idrografico vero e proprio.

I deflussi si esplicano prevalentemente nel sottosuolo, ma in occasione di eventi eccezionali una parte delle acque di precipitazione non riesce ad essere interamente assorbita dal terreno defluendo, senza essere incanalate, lungo la superficie del pendio.

I valori di permeabilità variano in funzione della percentuale del contenuto limo/argilloso ma su questi terreni, in generale, si attestano tra 10^{-2} e 10^{-4} cm/s, dando luogo a falde sotterranee la cui entità è funzione della natura idrogeologica del substrato.

Nel caso in questione dato che il deposito detritico poggia direttamente sui calcari mesozoici e in parte sulle calcareniti quaternarie, entrambi permeabili, i livelli piezometrici, in questo settore si attestano grosso modo poco al disopra della quota del livello del mare, senza escludere la possibilità che alcune condizioni locali (formazione di orizzonti limo-argillosi) possono determinare delle piccole falde sospese.

Dal punto di vista meccanico, sulla base di dati geotecnici in possesso dello scrivente, relativi a prove effettuate su terreni simili, i valori dei parametri geotecnici riferibili alla formazione del "Detrito di Falda" sono generalmente i seguenti:

coesione

$$c' = 0 \text{ ton/m}^2$$

angolo di attrito interno

$$\phi = 22^\circ$$

peso dell'unità di volume

$$\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$$

In relazione alla categoria del sottosuolo, in ottemperanza alle recenti norme tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, considerata la tipologia dei terreni, questi possono essere ascrivibili **alla categoria "C"** e cioè: *"Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori ai*

30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

6. Descrizione degli interventi di mitigazione e prescrizioni tecniche in fase esecutiva

Sulla base delle considerazioni e le problematiche espresse nei paragrafi precedenti in riferimento alle cause che determinano l'attuale condizione di instabilità del fronte e del ciglio della scarpata stradale, il gruppo di progettazione, ognuno con i propri contributi ha stabilito i seguenti interventi progettuali, volti all'arresto dei fenomeni franosi e la messa in sicurezza della sede stradale C. Colombo.

Sinteticamente gli interventi possono essere così raggruppati:

- Disgaggio, pulizia e regolarizzazione della scarpata stradale;
- Copertura con strato di geostuoie tridimensionali
- Ricoprimento della geostuoia con rete in acciaio zincato a doppia torsione;
- Idrosemina delle superfici trattate;
- Interventi di ancoraggio e stabilizzazione di massi ciclopici;
- Pulizia e ripristino delle canalette di smaltimento delle acque meteoriche sul bordo stradale.

Per i particolari della posa in opera delle reti e geostuoie e l'individuazione delle aree in cui impiegare questi materiali, si rimanda alle indicazioni presenti negli elaborati allegati al progetto (v. Tavole di progetto dalla 1 alla 12) individuate per settore (A) e (B).

Disgaggio e regolarizzazione della scarpata stradale

Questa azione risulta necessaria e preventiva fra tutti gli interventi, vista la presenza di massi in stato di equilibrio precario, presenti a varie altezze sia sul bordo superiore della scarpata che a metà altezza; questi dovranno necessariamente essere rimossi manualmente o con l'uso di mezzi meccanici e nei casi in cui il masso appare radicato nel substrato si dovrà ricorrere all'uso di resine espansive per ridurre il volume e facilitare il disgaggio.

Considerato che le terre e rocce derivanti dagli scavi non verranno reimpiegati nel sito lo si dovrà considerare necessariamente come rifiuto e pertanto dovrà essere raccolto per il conferimento in apposita discarica, autorizzata per accogliere materiale inerte.

Prima di posizionare la geostuoia, bisognerà regolarizzare il profilo della scarpata e renderlo quanto più uniforme possibile eliminando i restanti massi sporgenti, o eventuali rigonfiamenti e irregolarità del terreno lungo la scarpata.

Questo consentirà una migliore posa della geostuoia evitando il verificarsi di vuoti nell'interfaccia terreno/geostuoia.

Le condizioni di aderenza della geostuoia al substrato è fondamentale per garantire un migliore attecchimento dei semi o rizomi.

Non si esclude che in questa fase si possa intervenire in alcuni tratti della scarpata per ridurre la pendenza e rendere più stabile il versante.

Infine laddove si renderà necessario non si esclude il ricorso ad interventi di potatura sulla vegetazione esistente, al fine di rendere più agevole l'accesso ai luoghi e la posa dei manufatti previsti come reti e geostuoie, picchetti e tiranti.

Copertura con strato di geostuoia tridimensionale

Una volta regolarizzata la superficie, si prevede di posizionare sulla scarpata le geostuoie tridimensionali distribuendole a "macchia di leopardo" in particolare su quelle superfici che presentano una scarsa copertura vegetale naturale.

Le geostuoie sono impiegate principalmente con funzione antierosiva nei pendii instabili con elevata inclinazione in attesa che cresca la vegetazione spontanea e considerato l'elevato indice dei vuoti (circa 90%) si presta facilmente come supporto per interventi di idrosemina e rinverdimento delle superfici scoperte.

Le geostuoie sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene od altro), aggrovigliati in modo da formare un materassino molto flessibile dello spessore di 10-20 mm.

Per quanto riguarda la posa della geostuoia si prevede di ancorare la stessa mediante un tondino in acciaio, come da voce computo metrico, posto longitudinalmente

sopra il bordo superiore tale da essere perpendicolare alla massima pendenza e fissato successivamente tramite picchetti in acciaio.

Rete in acciaio zincato a doppia torsione

Considerate le elevate pendenze della scarpata, la posa della rete zincata risulta necessaria nei due settori di intervento, (A) e (B) sia in presenza di geostuoia che non, al fine di stabilizzare e contenere la scarpata stradale da eventuali rilasci di caduta di blocchi e/o materiale detritico di varia pezzatura.

La rete avrà una triplice funzione sia di protezione e ancoraggio della geostuoia, dove presente, sia come struttura di contenimento e consolidamento della scarpata da possibili fenomeni di crollo o rotture di bordo della scarpata stessa che infine come dissuasore per l'azione di escavazione dei suoli operata dai cinghiali o altra fauna.

La rete dovrà essere ancorata al piede della scarpata ed in cima al paramento di controripa, dopo aver superato di alcuni metri il bordo della scarpata più acclive.

Per migliorare le caratteristiche di resistenza agli sforzi di trazione e l'aderenza della rete al substrato, sulla stessa si prevede la posa di funi in acciaio da disporre orizzontalmente e verticalmente al paramento di monte, in modo da formare una maglia quadrata ed utilizzando come ancoraggi della stessa appositi tiranti, la cui profondità non deve essere inferiore ai 2 m.

Infine a protezione della sede stradale, da eventuali massi rotolanti provenienti da aree poste molto più a monte e non interessate dagli interventi progettuali, si ritiene necessario apporre nelle parti superiori della scarpata stradale, delle piccole reti di cattura in acciaio e/o in alternativa la realizzazione di opportuni fossi di guardia.

Idrosemina delle superfici trattate con la geostuoia

Sulle superfici trattate con geostuoia antierosiva, si dovrà intervenire mediante idrosemina con apposita miscela di sementi di specie erbacee perenni a radicazione profonda. Le specie dovranno appartenere alla flora endemica del territorio, ed il materiale di propagazione dovrà essere sparso unitamente a concimi e collanti naturali mediante l'utilizzo di mezzi meccanici o altri sistemi.

L'intervento dovrà essere effettuato su superfici aventi pendenze non superiori a 60°.

Nel rispetto del contesto ambientale in cui si andrà ad operare, copresenza di un Sito di Interesse Comunitario ed una Riserva Naturale Orientata "Monte Pellegrino", si prescrive che il materiale vegetale impiegato nell'idrosemina, dovrà essere costituito da una miscela di materiale di propagazione (semi, rizomi ecc) provenienti da essenze locali, ciò al fine di conservare sia l'habitat esistente che il germoplasma locale.

Tra le specie da utilizzare, in particolare si dovrà preferire l'utilizzo di sementi o rizomi appartenenti alla specie (*Ampelodesmos mauritanicus* (Poiret) Dur. & Sch.) che è un grosso cespuglio perenne che appartiene alla famiglia delle Graminaceae ed è ampiamente diffuso nell'area in oggetto (v. foto 7). L'utilità dell'*Ampelodesma* per proteggere il suolo dall'erosione, come specie per la stabilizzazione dei versanti, è dovuta alla grande resistenza alla trazione delle sue radici, paragonabili al ferro nel cemento armato.



Foto 7 - Colonizzazione spontanea dell'*Ampelodesmos mauritanicus* su superfici nude in vicinanza dell'area oggetto degli interventi

Inoltre rappresenta una specie pioniera, poiché si sviluppa su suoli aridi e poveri di humus riuscendo a colonizzare substrati rocciosi; da qui deriva la sua importanza ecologica, vista la capacità di preparare il terreno per l'insediamento di specie più evolute a più alto fusto.

Per questo motivo l'habitat costituito da "Praterie ad *Ampelodesmos mauritanicus*" è inserito nelle direttiva europea 92/43, come habitat prioritario, in quanto rappresenta il

primo stadio vegetazionale che anticipa e prepara il terreno a formazioni vegetali più evolute come quella presenti nelle aree boscate.

Infine i cespi di *Ampelodesma* reagiscono bene al passaggio del fuoco, emettendo nuove foglie dopo appena 10 giorni dall'incendio, fattore determinante per la sopravvivenza e mantenimento dell'intervento proposto, considerati gli innumerevoli episodi di incendi dolosi che stagionalmente interessano il sito.

Interventi di ancoraggio e stabilizzazione di massi ciclopici

Nel settore (B) sono stati individuati dei massi rocciosi, in condizioni di equilibrio precario in quanto si trovano ubicati su pendio molto acclive 45-50° di pendenza, strutturalmente interessati da fratture e poggiati su un deposito di terre rosse dove non è stato possibile accertare l'esatta profondità di radicamento degli stessi.

Su questi elementi si sconsiglia il disaggio sia per le dimensioni ma soprattutto non conoscendo con precisione la profondità della parte immersa nel detrito, il loro disaggio potrebbe aggravare le condizioni di equilibrio del versante, in quanto la loro presenza ha anche una funzione contenitiva del versante stesso.

Pertanto si consiglia l'ancoraggio mediante funi di acciaio da fissare nel substrato detritico mediante tiranti spinti ad una profondità non inferiore a 2m.

Pulizia e ripristino delle canalette di smaltimento delle acque meteoriche

A completamento degli interventi sopraesposti, è previsto il ripristino delle canalette di scolo delle acque piovane poste alla base della scarpata. Attualmente sono occultate da materiale detritico franato dalla scarpata, frammisto a terra e vegetazione spontanea che negli anni si è impiantata su questa copertura.

L'intervento verrà effettuato alla base della scarpata su quasi tutto lo sviluppo dei due settori di intervento A e B; inoltre non si esclude che l'intervento si estenderà anche su eventuali pozzetti di raccolta che necessitano di un intervento manutenzione per il ripristino della loro funzionalità di smaltimento idrico.

7. Considerazioni conclusive

Gli elementi diagnostici sin qui acquisiti, provenienti prevalentemente da rilievi sul campo, indicano che la scarpata stradale presente nei tratti del Lungomare Cristoforo Colombo denominati (A) e (B), oggetto degli interventi progettuali, è interessata da fenomeni di instabilità prevalentemente superficiali, innescati dalla elevata pendenza del paramento di monte e soprattutto dalla mancanza oggettiva di opere di contenimento e protezione superficiale dalle acque di ruscellamento.

Dal punto di vista litologico la sede stradale della Via C. Colombo è stata realizzata all'interno dei terreni semicoerenti che costituiscono la formazione del "detrito di falda" molto frequente alla base delle pendici di Monte Pellegrino. L'asse stradale risulta realizzato a mezza costa ed in entrambi i tratti stradali mancano tutte quelle opere di completamento e di salvaguardia della stabilità ed integrità delle scarpate di controripa.

L'assenza di queste opere di contenimento e di protezione della scarpata unita alle scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati dalla sede stradale, ha dato luogo nel tempo, a processi di erosione ed asportazione di materiale detritico e di suolo che si è depositato al piede della scarpata, successivamente colonizzato da vegetazione spontanea.

Pertanto dal punto di vista delle condizioni geomorfologiche si può tranquillamente affermare che non sono state riscontrate forme di instabilità profonde; le uniche evidenti forme di pericolosità geomorfologica derivano sostanzialmente dalla presenza di alcuni massi con volumi superiori al m^3 che presentano fratture beanti e posti ad una certa altezza (circa 10m –Tratto B) dalla sede stradale e su un versante in forte pendenza.

E' bene precisare che la presenza, sul bordo di questo tratto stradale, di massi ciclopici di diversi decine di m^3 , è il risultato di antichi eventi franosi che si sono verificati nelle retrostanti falesie calcaree distanti dalla strada alcune centinaia di metri, e che hanno subito un trasporto per rotolamento, tale da interessare la strada stessa, ma che al momento non sono oggetto degli interventi previsti nel presente progetto. Questa problematica, a parere dello scrivente andrebbe affrontata urgentemente e con un progetto apposito e opportune risorse finanziarie, di cui il presente progetto non dispone.

Le caratteristiche geotecniche di questi terreni detritici, risultano alquanto scadenti, in quanto trattasi di sedimenti poco coerenti costituiti da uno scheletro lapideo con elementi eterogenei a basso grado di arrotondamento, immersi in una matrice limo-sabbiosa grossolana poco cementata, almeno nelle parti superiori. Inoltre sono terreni mediamente addensati, anche se questo parametro migliora con la profondità e sono dotati di una elevata permeabilità primaria per porosità. Quasi tutta l'acqua di precipitazione meteorica tende ad infiltrarsi nel materasso detritico e conseguentemente in superficie non è presente un reticolo idrografico ben sviluppato e definito.

In occasione di eventi meteorici particolarmente intensi, condizione che negli ultimi anni si verifica sempre più frequentemente, le acque non incanalate producono su questi terreni incoerenti, un'azione erosiva con scalzamento delle porzioni più superficiali del suolo, ancora più evidente su superfici scoperte con un basso grado di copertura vegetale.

Tali forme di erosione da ruscellamento possono determinare anche forme di instabilità più complesse, che possono coinvolgere parte della scarpata e alcuni blocchi di una certa dimensione presenti sia sul bordo superiore che inglobati all'interno del deposito.

Al fine di contrastare questa condizione di instabilità e mettere in sicurezza i due fronti stradali, si è stabilito concordemente con il gruppo di progettazione di effettuare i seguenti interventi, di seguito sintetizzati:

- Disgaggio, pulizia e regolarizzazione della scarpata stradale;
- Copertura con strato di geostuoie tridimensionali
- Ricoprimento della geostuoia con rete in acciaio zincato a doppia torsione;
- Idrosemina delle superfici trattate;
- Interventi di ancoraggio e stabilizzazione di massi ciclopici;
- Pulizia e ripristino delle canalette di smaltimento delle acque meteoriche sulla sede stradale

Il funzionario Geologo
Dott. Aldo Carmelo Pisano

INDICE

1. Premesse.....	pag. 1
2. Inquadramento geologico-territoriale	” 3
3. Quadro geomorfologico generale del versante.....	” 5
4. Descrizione dei dissesti oggetto degli interventi.....	” 9
5. Caratteristica idrogeologica del versante e proprietà fisico/meccanica dei terreni costituenti la scarpata.....	” 14
6. Descrizione degli interventi di mitigazione e prescrizioni tecniche in fase esecutiva.....	” 17
7. Considerazioni conclusive.....	” 22