



COMUNE DI SORRENTO



Provincia di Napoli

Sistemazione idrogeologica del costone sottostante la Villa Tritone/Astor nel Comune di Sorrento (NA)



RELAZIONE TECNICA GENERALE

Impresa

CARDINE srl

via Fangarielli, 5 - 84131 SALERNO

Dicembre 2017

Rev 01

Team di progettazione

Dott. Angelo Grimaldi

(Coordinatore)

Dott. Geol. Luca Cozzolino

(Rilievi geologici e geostrutturali)

Dott. Ing. Gabriele Petroccelli

(Consulente aspetti geotecnici e strutturali)

Dott. Ing. Daniele Giaffrida

(Consulente aspetti geotecnici e strutturali)

INDICE

1. PREMESSA.....	2
1. RILIEVO GEOMETRICO TRIDIMENSIONALE	3
1.1. SOPRALLUOGHI E RILIEVI.....	3
1.2. ELABORAZIONI.....	4
2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOSTRUTTURALE DELL'AREA DI STUDIO	8
2.1. METODOLOGIA DI INDAGINE	15
2.2. RISULTATI DELLE ISPEZIONI	16
2.3. SINTESI RILIEVO GEOSTRUTTURALE	19
3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PROPOSTI	20
4. CONCLUSIONI.....	28

1. PREMESSA

Gli scriventi *Dott. Ing. Gabriele Petroccelli*, laureato in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno con n. 5647, con Studio professionale sito in Sala Consilina (SA) alla Via Giuseppe Mezzacapo n°85/A e *Dott. Ing. Daniele Giaffrida*, laureato in Ingegneria Civile presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno con n. 5672, con Studio professionale sito in Sala Consilina (SA) alla Via Pozzillo n°9, hanno ricevuto incarico dal Committente società *Cardine srl* di redigere la progettazione degli interventi di sistemazione idrogeologica del costone tufaceo sul quale insiste Villa Tritone/Astor nel Comune di Sorrento (Na).

Il sito di interesse è ubicato nel Comune di Sorrento in località Marina grande a ridosso del porticciolo sottostante.

Di seguito verranno descritti gli interventi proposti per la sistemazione idrogeologica del costone de quo, per i settori presi in esame.



1. RILIEVO GEOMETRICO TRIDIMENSIONALE

Nel presente capitolo si rappresentano i metodi e le procedure eseguite per lo svolgimento dei rilievi e restituzione dati, del costone della splendida Villa Astor in Sorrento (Na).

1.1 SOPRALLUOGHI E RILIEVI

Analizzata l'area da rilevare e i risultati che si intendono raggiungere, si è stabilito di conseguenza il tipo di rilievo da compiere e la strumentazione da utilizzare.

L'obiettivo finale è stato quello di creare un modello digitale tridimensionale geometrico esatto, dal quale estrarre informazioni metriche, geo-meccaniche, morfologiche, ecc.

L'estensione dell'area ha di fatto indirizzato al tipo di rilievo e alla strumentazione da adoperare, si è optato infatti per un rilevamento misto utilizzando metodologie geomatiche mediante l'uso di apparati per la ricezione di segnali satellitari artificiali GNSS, utilizzando strumentazioni elettroottiche quali Stazioni Totali Laser e Sistemi A Pilotaggio Remoto.

Mediante il rilievo GNSS utilizzando apparati marca TopCon mod. GR-3 (Matricola S/N 442-2267) nella modalità NRTK, con precisioni H: $\pm(10\text{mm}+1 \text{ ppm} \times D)$ V: $\pm(15\text{mm}+15 \text{ ppm} \times D)$, sono stati georeferiti n°6 caposaldi di rete primaria, materializzati con centrini topografici in lega di zinco tipo 9x50 T ½ T cava miniato.

Successivamente mediante l'utilizzo di una Stazione Totale Robotica Avanzata, marca TopCon Serie Quick Station QS (autoinseguimento/ auto centramento/ controllo remoto) modello QS-1A (Matricola n°P00170) e misura modalità senza prisma LNP 2000m, deviazione angolare (DIN 18723) di 1" (0.3mgon) precisione di misura (M.S.E.) $\pm(2\text{mm}+2 \text{ ppm} \times D \text{ e.q.m.})$; sono stati rilevati punti di appoggio e di controllo in parete, previa individuazione di n°86 target.

Infine a seguito di programmazione e pianificazione dei parametri di volo, si è proseguito con Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto, nella fattispecie un quadricottero ad ala mobile, dotato di sensore fotografico che ha permesso di eseguire fotogrammi di prossimità.

L'acquisizione dei fotogrammi è avvenuta con il sensore direzionato e orientamento pseudo-nadirale e pseudo-ortogonale rispetto alle pareti.

1.1. ELABORAZIONI

Eseguita la fase di rilevamento, si è proceduto all'elaborazioni geotopografiche e processamento dei dati rilevati, utilizzando diversi programmi software.

Dalle analisi dei dati scaturiti, si è riscontrato che gli errori massimi commessi delle misure si ritengono tolleranti e rientranti negli obbiettivi previsti.

Anche in questo caso si distinguono varie fasi, infatti il primo stadio ha comportato il processamento dei dati della rete topografica, la sua compensazione plano-altimetrica, con il risultato finale di estrazione di listato coordinate (N, E, Q) dei caposaldi. Le coordinate piane ricavate, sono nel sistema nazionale ETRF2000 Fuso 33 Nord, mentre la quota è ricavata dalla rete di livellazione IGM.

L'ultima fase è la realizzazione del modello digitale tridimensionale georeferito, tramite tecniche di fotogrammetria digitale, importando n°207 fotogrammi, ed assegnando ai target in essi contenuti le coordinate calcolate.

Il risultato finale ha determinato la (*dense cloud*), nuvola densa di punti di circa 91 milioni, si è controllata in questa fase di post-processamento l'accuratezza del dato raggiunto e le deformazione del modello.

Sono state estratte, infine, informazioni per diversi tipi di analisi quali la creazione di isoipse, indicazione delle pendenze, creazione di un modello digitale di elevazione-(DEM), di un Modello Digitale della Superficie-(DSM), estratte orto immagini su un piano di proiezione orizzontale nonché verticale, oltre a misurare, calcolarne aree e volumi ed estrarre profili e sezioni.

Schema di rete geo-topografica di caposaldi su CTR





Vista modello dense cloud lato Nord, Marina Grande



Vista modello dense cloud lato Nord Est





Vista modello *dense cloud* lato Nord-Est, particolare porzione sommitale



Vista modello *dense cloud* lato Nord-Est, particolare porzione intermedia



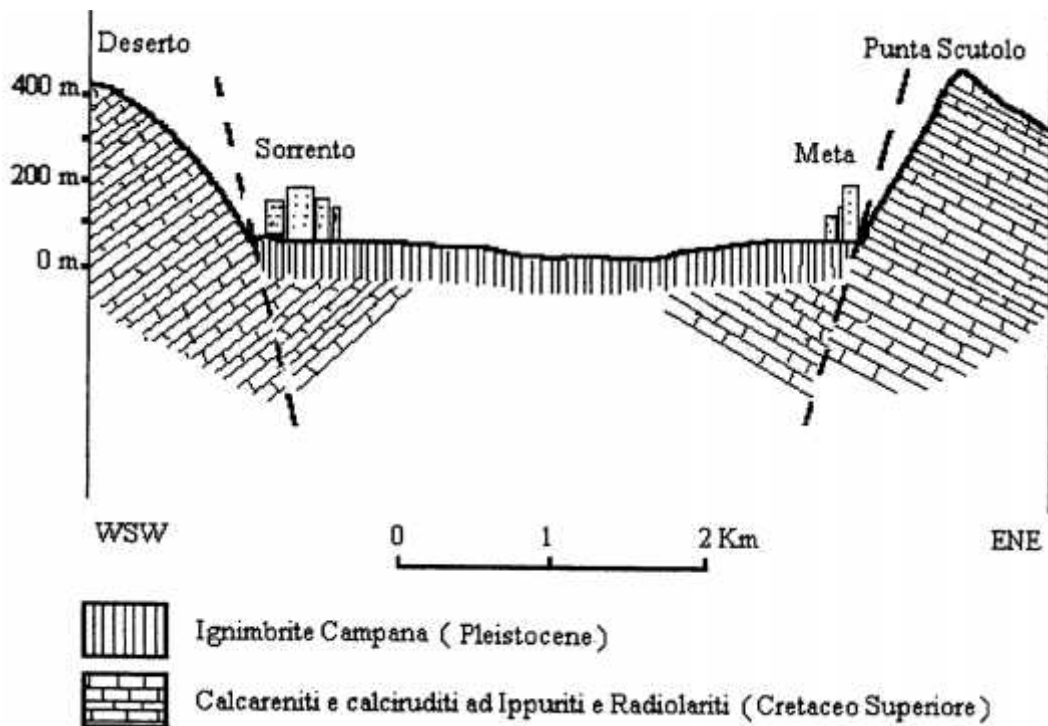


Fig. 3) Schema strutturale della Penisola Sorrentina. 1: lineamenti strutturali principali; 2: principali faglie trascorrenti; 3 depressioni costiere subtriangolari e rispettivi angoli al vertice.

La fossa tettonica accennata precedentemente è stata colmata, circa 39.000 anni fa da materiali piroclastici provenienti dai vulcani presenti nell'area flegrea (Ignimbrite Campana) che, sono arrivati come grandi nubi ardenti ad alta temperatura e riempirono mantellando le vecchie morfologie del terreno.

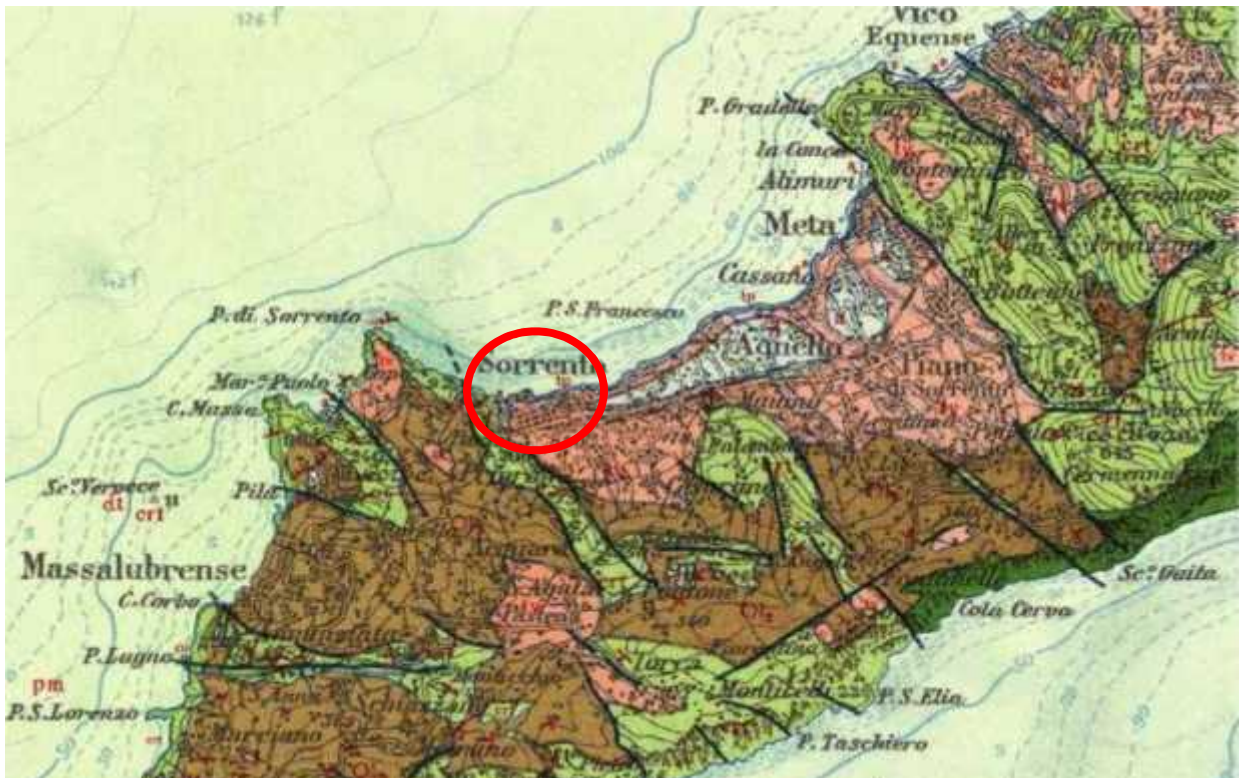


Fig. 4) Carta geologica d'Italia foglio Sorrento n. 196 IV NE

Le successive fasi di raffreddamento della massa piroclastica ha dato luogo al consolidamento del materiale, e alla formazione di fessurazioni verticali che scompongono la roccia in colonne più o meno regolari che spesso sono soggette a ribaltamento in mare, originando instabilità lungo il versante che si ripercuotono sulle strutture che si ergono sulla sommità del versante. Questo tipo di materiale interessa la verticale che compone il substrato dell'area per diverse decine di metri e costituisce il basamento litoide dell'intera piana di Sorrento.

Inoltre in successione sull'Ignimbrite Campana si rinvengono i prodotti delle eruzioni del complesso vulcanico "Somma-Vesuvio" che in Penisola Sorrentina sono rappresentati da piroclastiti di colore marrone, bruno-rossastro che in qualche caso sono interessati da fenomeni di argillificazione.

Tali prodotti sono frammisti a piccole pomice alterate, scorie e lapilli ed intercalate da esili orizzonti di pomice grigio chiaro-biancastre a pezzatura da millimetrica a centimetrica; la parte sommitale di tali cineriti (1 ÷ 2 m) in seguito a processi di umificazione dà origine ad un ottimo terreno agrario.

Gli horst calcarei che delimitano il suindicato graben si identificano a sud-ovest con il pilastro della zona del Capo mentre a nord-est con la struttura di Monte Sant'Angelo.





TUFO GRIGIO CAMPANO (Ignimbrite Campana Aucct.)

Cinerite massiva con alla base un livello a piroclastiti massive costituite da pomici da caduta di colore grigio chiaro di spessore variabile tra 20 e 70 cm, da porfiritiche a sub-afiriche (sanidino), seguite da potenti depositi da flusso ignimbritico di colore grigio-scuro, talora giallastro o giallo-marrone, con fessurazione colonnare, a diverso grado di litificazione e zeolitizzazione, e contenuto variabile di cristalli di sanidino e di pomici grigio-scure, scorie e litici lavici, di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Lo spessore varia da pochi metri ad alcune decine di metri (fino a 70). La composizione va da trachiti a trachiti-fonolitiche iperalcaline. *Età: 39,28 ± 0,11 ka (De Vivo et alii, 2001)*



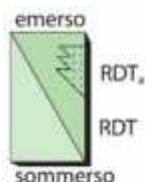
SINTEMA VESUVIANO-FLEGREO (VEF)

Il sistema Vesuviano-Flegreo è compreso tra la discontinuità erosiva bacinale, localmente di non deposizione (paleosuolo), presente al tetto dei depositi del Tufo Grigio Campano (39 ka), e la superficie topografica. Esso comprende tutte le unità stratigrafiche dal Pleistocene superiore all'Attuale più giovani di 39 ka. Solo tra Vico Equense e Gagnano la presenza di sezioni naturali e di "incastri" morfo-stratigrafici consente di distinguere i due subsistemi di Scanzano (VEF_{1a}) e subsistema dell'Agro (VEF₂).

Ai piedi dei Monti di Sarno e nella parte orientale dei Monti Lattari il sistema è caratterizzato da due litofacies la prima è costituita da una successioni alluvionali di conoidi prevalentemente ghiaiose ricche in matrice e di intercalazioni piroclastiche. Numerosi sondaggi pregressi consentono di assegnare uno spessore di diverse decine di metri (b); la seconda litofacies è costituita da piroclastiti sciolte più o meno alterate, che ricoprono i rilievi ed i terrazzi della penisola sorrentina con spessore variabile. Provengono da numerose eruzioni esplosive dei centri vulcanici napoletani(l).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. - OLOCENE

Settore della piana del Sarno e dei rilievi carbonatici circostanti



CALCARI A RADIOLITIDI

Alternanza di dolomie cristalline grigie, calcari micritici e biomicritici avana, grigi e marroni con rare intercalazioni di conglomerati intrabacinali con matrice marnosa verdastra. Tra Punta del Capo e Massalubrense litofacies calcareo dolomitiche intensamente bioturbate, fino a pseudobrecciate, con matrice marnosa verdastra e frequenti slumping. Il contenuto fossilifero è rappresentato da Radiolitidae, Requieridae, gasteropodi (tra cui Nerineidae), *Arcaealveolina reicheli* (DE CASTRO), *Cisalveolina fraasi* (GUMBEL), *Pseudorhapydionina dubia* (DE CASTRO), *Pseudolituonella reicheli* MARIE, *Sellialveolina viallii* COLALONGO, Miliolidae, Nezzazatidae, Rotalidae nella parte media della successione; nella parte alta Hippuritidae, *Accordiella conica* FARINACCI, *Montcharmontia apenninica* (DE CASTRO), *Scandonea sannitica* DE CASTRO, *Aeolisaccus kotari* RADOICIC, *Sgrossoella parthenopeia* DE CASTRO, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RANIERI), Rotalidae, Miliolidae, Discorbidae, rari foraminiferi planctonici. Si intercala nella parte bassa della successione una litofacies costituita da breccie dolomitiche (RDT_a). Questa si ritrova nell'area di Monte Pezzulli ed è caratterizzata da breccie eterometriche ad elementi dolomitici, subordinatamente calcarei, e matrice dolomitica microcristallina, eteropiche della parte medio-bassa dell'unità (Aptiano sommitale - Albiano). In passaggio graduale su CRQ. Ambiente deposizionale di piattaforma aperta da prossimale a distale, localmente con scarpate intrapiattaforma. Spessore circa 1.100 m.

APTIANO SUPERIORE p.p.- SANTONIANO

Fig 5) Carta geologica Carg foglio Sorrento n. 466-485 Sorrento - Termini

Sul substrato calcareo è presente poi, soprattutto lungo le parti medio basse dei versanti, una copertura detritico-piroclastica di ridotto spessore (per lo più inferiore a 5 metri) costituita da piroclastiti incoerenti o pseudocoerenti (granulometricamente: sabbie e sabbie limose) di accumulo diretto o rimaneggiate, frammiste a detrito calcareo (ciottoli, ghiaie) proveniente dallo smantellamento dei versanti carbonatici. Questi prodotti, che occupano anche le zone sommitali pianeggianti, sono spesso trattenuti da caratteristici muri a secco

(macere), aventi lo scopo di delimitare dei terrazzamenti antropici sede di coltivazioni agrumicole (limoni).

Ai piedi delle scarpate di faglia e alla base dei versanti più acclivi sono presenti, in forma stratoide, livelli di puddinghe e breccie calcaree in abbondante cemento calcitico tale da conferire una consistenza litioidi ai depositi (fig. 5).

2.1. METODOLOGIA DI INDAGINE

Le indagini realizzate sul costone roccioso sono state rese possibili attraverso l'utilizzazione di un geologo rocciatore (Fig.6) che calandosi con tecniche speleo-alpinistiche lungo il fronte ha eseguito una serie di ispezioni e misurazioni i cui risultati vengono riportati nel fotomosaico allegato.

Le ispezioni condotte sul fronte tufaceo hanno avuto come principale obiettivo l'individuazione dei seguenti elementi geomorfologici e geologici-strutturali:

- blocchi rocciosi e pinnacoli di roccia instabili;
- fratture lungo il fronte roccioso;
- presenza di cavità;
- stato delle opere murarie;
- Esecuzioni di stazioni geomeccaniche puntuali.

Per ogni blocco roccioso individuato sono state rilevate la posizione, le dimensioni ed è stata misurata l'orientazione delle fratture che lo hanno delimitato.

Le misure effettuate sulle fratture sono state eseguite con bussola e clinometro e riguardano l'orientazione nello spazio della frattura come direzione di immersione rispetto al nord e l'angolo di inclinazione, inoltre si sono misurati altri parametri fondamentali come la lunghezza, l'apertura e la rugosità dei lembi di frattura.

Lungo le calate effettuate sono state individuate anche alcune cavità antropiche scavate direttamente nel costone tufaceo, per ogni cavità è stata valutata principalmente la presenza di fratture e la stabilità della volta.

Infine particolare attenzione è stata posta alla stabilità delle opere murarie presenti sul costone tufaceo e alle opere di sistemazione già realizzate.

Le calate lungo il fronte si sono rese necessarie anche per l'esecuzione di stazioni geomeccaniche puntuali, realizzate in n° di 5 ed eseguite nei punti ritenuti più significativi.



Fig.6) ispezioni su corda del fronte in oggetto

2.2. RISULTATI DELLE ISPEZIONI

o **Settore A:**

Le prime quattro calate ispettive effettuate hanno riguardato il lato orientale del fronte tufaceo (Settore A), si tratta di un costone roccioso verticale alto mediamente 30 metri, che in alcuni tratti si presenta aggettante (con inclinazione maggiore di 90°), la parte più alta è interessata dalla presenza di strutture murarie le cui fondazioni poggiano direttamente sul banco di tufo.

Il muro in mattoni di tufo non si presenta in buone condizioni, tutta l'area è infatti caratterizzata da una intensa erosione eolica che agisce anche sulla malta presente tra i vari mattoni del muro erodendola e provocando il distacco dei mattoni. Più in particolare, nella parte alta del muro, lungo il confine di proprietà di Villa Tritone all'altezza dello spigolo, il muro risulta disarticolato con evidente deformazione, tale instabilità è stata già individuata in passato ed oggetto di sistemazione attraverso un pannello di rete (Fig. 7).

Come accennato in precedenza le fondazioni del muro di tufo poggiano sul costone tufaceo che nella parte alta è interessato dalla presenza di alcune chiodature incassate, in particolare le chiodature hanno riguardato alcuni blocchi presenti nell'area del ciglio.



Fig 7. muro disarticolato con pannello di



Fig 8. Pinnacolo di roccia in posizione di ribaltamento già oggetto di intervento con

Per quanto riguarda il costone le instabilità incontrate sono relative alla presenza di alcuni blocchi e/o pinnacoli così come segnati nel foto mosaico allegato, si tratta di masse rocciose che sono state già individuate in passato ed oggetto di sistemazione attraverso chiodature (Fig. 8).

Le ispezioni nel settore A si sono concluse alla base del costone dove sono presenti alcune fratture che hanno interessato anche le scale di accesso ai resti archeologici di epoca romana.

Infine sempre alla base del costone troviamo alcune cavità di origine antropiche la cui volta però si presenta in buone condizioni di stabilità.

○ **Settore B:**

Successivamente le ispezioni si sono concentrate nell'area denominata "Settore B", si tratta dell'area di costone sottostante l'edificio principale, il costone si presenta molto antropizzato, si sono infatti rilevate alcune strutture murarie che in alcuni casi fungono da sottofondazione in altri come chiusura dell'accesso ad alcune cavità antropiche presenti sul costone.

L'area si presenta molto fratturata e l'intersezione tra queste fratture porta alla formazione di alcuni blocchi instabili in posizione di ribaltamento dislocati lungo il costone, si tratta di blocchi rocciosi le cui dimensioni sono prossime al metro cubo (fig.9).

Infine alla base del costone, al livello del mare, è presente una cavità di origine antropica che non presenta grossi segni di instabilità.

Fig. 9 Pinnacolo di roccia in posizione di ribaltamento con frattura alle spalle



Fig 10. muro di contenimento con evidenti problemi di stabilità

○ **Settore C:**

Il settore C riguarda la porzione di costone situato in corrispondenza del porticciolo, l'area è stata già interessata da alcune opere di sistemazione puntuali, come opere di sottofondazione in muratura di tufo e pannelli di rete.

La muratura di tufo si presenta in buone condizioni di stabilità tranne che nella zona di spigolo dove è presente una frattura che interessa tutto il muro per l'intera altezza, tale punto viene individuato con il punto n°38 nel fotomosaico allegato (Fig. 10).

Lungo le porzioni del costone di tufo affiorante, le calate effettuate, hanno individuato la presenza di alcuni blocchi tufacei in precarie condizioni di stabilità, si tratta di blocchi rocciosi che possono arrivare ad una volumetria di 2-3mc (Fig. 11). Sempre nella stessa zona in corrispondenza dello spigolo del muro di tufo, proprio a monte delle abitazioni, sono state individuate ulteriori opere di sistemazione che nel caso specifico hanno riguardato interventi di spritz beton.



Fig 11. alcuni blocchi di roccia tufaceo in posizione di scivolamento

2.3. SINTESI RILIEVO GEOSTRUTTURALE

Le ispezioni condotte lungo il fronte investigato hanno permesso di individuare quelle porzioni di costone tufaceo soggette ad instabilità.

Le instabilità interessano sia la parte antropica che la parte naturale: gli elementi della parte antropica ispezionati sono essenzialmente i muri di mattoni di tufo che circondano Villa Astor (muri a gravità) e le scale presenti lungo il costone. I principali elementi di instabilità rilevati relativi alla parte antropizzata sono:

- deformazioni nella muratura di tufo (rigonfiamenti/spanciamenti);
- Lesioni presenti nella muratura di tufo ;
- insufficiente drenaggio delle acque da parte dei muri di sostegno;



Fig. 7: blocco in parete

- mattoni disarticolati e senza malta.

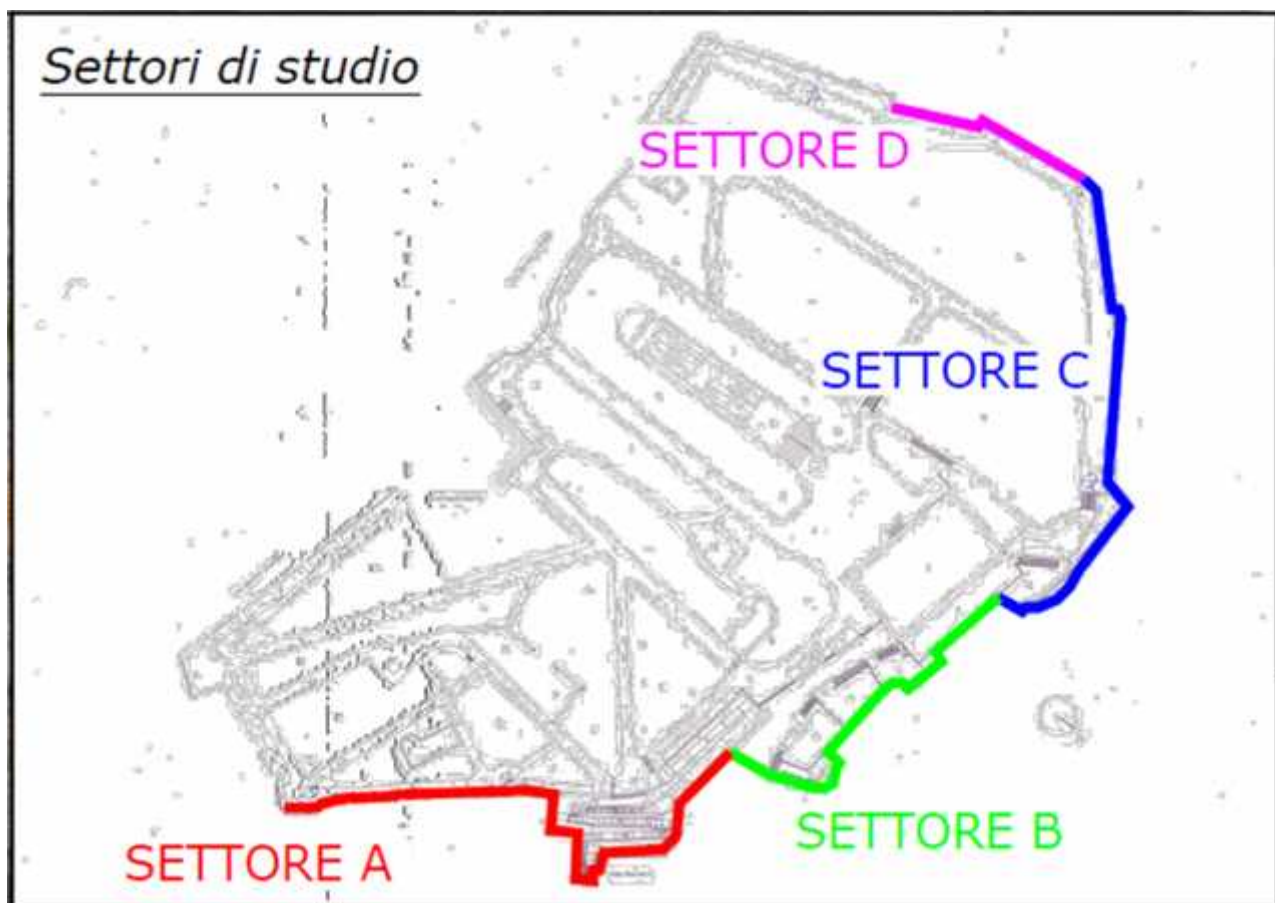
Per quanto riguarda le ispezioni condotte sul costone naturale, di natura tufacea, le principali criticità rilevate hanno riguardato la presenza di:

- blocchi e pinnacoli dislocati ed in precarie condizioni di equilibrio;
- fratture persistenti e beanti;
- presenza di cavità antropiche;
- scarsa manutenzione delle opere di sistemazione già presenti sul costone tufaceo.

Le instabilità rilevate sono diverse e di diversa tipologia e necessitano di interventi mirati e dimensionati caso per caso, il tutto al fine di contenere i costi e rispettando la vincolistica comunale e regionale presente.

3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PROPOSTI

Alla luce delle risultanze dei rilievi geometrico e geostrutturale dei fronti lapidei in esame esperiti, per ogni settore studiato (settori A,B,C e D) sono stati individuati, ad ho,c una serie di interventi di ingegneria geotecnica atti a mitigare il pericolo di crolli lungo il costone roccioso de quo.



Carta dei settori di costone roccioso studiati

INTERVENTI PREVISTI

Rimozione della rete metallica esistente (riferimento punto n.1 carta degli interventi)

Rimozione e smaltimento della rete metallica presente sul paramento murario.

Demolizione e ricostruzione del muro esistente (riferimento punti n.1-25 carta degli interventi)

Demolizione e ricostruzione del muro esistente con blocchi di pietra tufacea delle medesime caratteristiche di quella presente in loco.

La muratura ordinaria di pietrame con malta dovrà essere eseguita con scapoli di cava delle maggiori dimensioni possibili e ad ogni modo non inferiori a 25 cm in senso orizzontale, a 20 cm in senso verticale e a 25 cm in profondità. Nelle fondazioni e negli angoli saranno messi quelli più grossi e più regolari. Le pietre, prima del collocamento in opera, dovranno essere diligentemente

ripulite e, ove occorra lavate. Nella costruzione la muratura sarà eseguita a corsi piani estesi a tutta la grossezza del muro saldando le pietre col martello, rinzeppandole diligentemente con scaglie e con abbondante malta sicché ogni pietra resti avvolta dalla malta e non rimanga alcun vano o interstizio. Tanto nel caso in cui le facce-vista della muratura non debbano avere alcuna speciale lavorazione, quanto nel caso delle facce contro terra, verranno impiegate, per le medesime, pietre delle maggiori dimensioni possibili con le facce esterne piane e regolari, disponendole di punta per il miglior collegamento della parte interna del muro. I muri si eleveranno a strati orizzontali (da 20 a 30 cm di altezza), disponendo le pietre in modo da evitare la corrispondenza delle connessioni verticali fra due corsi orizzontali consecutivi. Il nucleo della muratura di pietrame deve essere sempre costruito contemporaneamente agli speciali rivestimenti esterni che fossero ordinati. Le cinture ed i corsi di spianamento, da intercalarsi a conveniente altezza nella muratura ordinaria di pietrame, devono essere costruiti con scelti scapoli di cava lavorati alla grossa punta riquadrati e spianati non solo nelle facce-vista ma altresì nelle facce di posa e di combaciamento ovvero essere formati con mattoni o con strati di calcestruzzo di cemento.

Cordolo di sottofondazione in c.a. rivestito mediante pietre di tufo (riferimento punti n.1-7-8 carta degli interventi)

Al fine di evitare lo scalzamento del paramento murario si prevede la realizzazione di un cordolo di fondazione della lunghezza di 30 mt. Tale cordolo verrà rivestito, per la parte a vista, mediante pietre in tufo della stessa natura e caratteristiche di quelle costituenti il muro, in modo da mitigare l'impatto visivo dell'opera.

Si prevede inoltre, l'ammorsamento del realizzando cordolo alla roccia integra a mezzo di tiranti $\Phi 24$ di lunghezza 4 mt, con inclinazione variabile tra 15 e 30°, posti ad interasse longitudinale di 1,50 mt.

Cordolatura in c.a., a livello di fondazione, di dimensioni 60x40 cm, realizzata con calcestruzzo C25/30 acciaio B450C, con quantità di armatura non inferiore a 70 kg/mc di calcestruzzo. Tale intervento produrrà un allargamento della base di scarico della fondazione, con conseguente riduzione delle pressioni unitarie.

Ripristino funzionale del sistema di drenaggio del muro mediante pulizia delle feritoie ostruite e alloggiamento aste drenanti sub-orizzontali microfessurate in pvc di lunghezza 6 mt (riferimento punti n.1-8-40-41 carta degli interventi)

I muri di sostegno esistenti si presentano in più punti deformati (spanciati) a causa del cattivo funzionamento dei sistemi di drenaggio, pertanto tale condizione potrebbe, nel tempo, a causa dell'ulteriore incremento delle pressioni neutre, compromettere la stabilità delle opere di sostegno presenti. Dunque, la scrivente, propone di installare delle aste drenanti, le quali verranno messe in opera a partire dal muro esistente e spinte in profondità per una lunghezza pari a 6 mt, al fine di drenare le acque di infiltrazione a tergo delle opere murarie.

Tali dreni sono di tipo profondo, costituiti normalmente da materiale plastico percorso da fori e vengono protetti, per evitare intasamenti, con materiali polimerici (tessuto-non tessuto). I tubi vengono realizzati con trivellatrici e devono essere inclinati verso monte in modo che l'acqua scenda a gravità e per evitare l'inflessione per il peso proprio (di circa 10°).

Pulizia generale dell'area (riferimento punti n.2-17 carta degli interventi)

Pulizia generale delle balze morfologiche n.2 e 17 della carta degli interventi.

Preparazione di parete rocciosa parzialmente ricoperta di vegetazione spontanea, resa fatiscente da radici, infiltrazioni ed altro, fessurata e con elementi distaccati e pericolanti, eseguita mediante diserbo, estirpazione delle radici, scarnitura profonda delle connessure a punta di scarpello, raschiatura e pulizia delle fessure, asportazione di elementi e massi in precario equilibrio, da eseguirsi anche con l'ausilio di personale specializzato (rocciatori). Compreso il trasporto dei materiali di rifiuto all'interno del cantiere e successivo riempimento delle connessure con malta cementizia sino alla loro completa sigillatura.

Trattamento protettivo passivante dei tiranti presenti corrosi (riferimento punti n.3-5-9-10 carta degli interventi)

Trattamento protettivo passivante dell'acciaio dei tiranti passivi presenti che mostrano evidenti segni di corrosione.

Applicazione di trattamento protettivo passivante dei ferri d'armatura, rispondente ai requisiti della Uni En 1504-7 con pH superiore a 12, in due mani a pennello, a distanza di almeno due ore l'una dall'altra. La ricopertura dei ferri dovrà essere eseguita accuratamente, lungo tutta la superficie esposta, in maniera omogenea e senza lasciare parti non trattate.

Verifica delle chiodature esistenti ed eventuale integrazione delle stesse (riferimento punti n.-5-10 carta degli interventi)

Al fine di valutare la funzionalità degli ancoraggi esistenti in parete, si propone la verifica degli stessi mediante l'esecuzione su ognuno di essi di una prova di collaudo condotta secondo le NTC08 e le raccomandazioni AICAP. Di seguito si descrivono le modalità di esecuzione della prova

Svolgimento della prova. Ai sensi della procedura di messa in tensione si farà riferimento ai seguenti carichi:

- $N_0 = 0.1 N_{es}$ = forza di allineamento
- N_{es} = forza di esercizio
- $N_c = 1.2 N_{es}$ = forza di collaudo
- N_t = forza di tesatura.

il tensionamento avverrà attraverso le seguenti fasi (come previsto nelle raccomandazioni AICAP):

- a) viene applicato il carico di allineamento N_0 ; la corrispondente deformazione farà da riferimento per la misura dei successivi allungamenti;
- b) il campo $N_c - N_0$ viene diviso in $n \geq 6$ gradini, DN; ad ogni gradino si misureranno le corrispondenti deformazioni a carico costante mantenuto per un tempo:
 $dt \geq 5$ minuti per ancoraggi in roccia o in terreni incoerenti;
 $dt \geq 15$ minuti per ancoraggi nei terreni coesivi;
- c) raggiunto il carico N_c , il tirante viene scaricato sino al valore N_0 , misurando il relativo allungamento residuo;
- d) vengono inseriti i dispositivi per il bloccaggio e si provvede ad applicare il carico N_t .

Qualora non sia prevista l'esecuzione della prova di collaudo il carico di tensionamento viene applicato durante la fase "b", avendo suddiviso il campo $N_t - N_0$ in $n \geq 3$ gradini DN.

Per ciascun ancoraggio collaudato si fornirà la relativa documentazione, completa di tabelle e grafici.

Le apparecchiature utilizzate per i tensionamenti di prova di collaudo saranno provviste di certificato di taratura emesso da un Laboratorio Ufficiale, inoltre le letture strumentali saranno fatte correttamente e con il grado di precisione richiesto, oltre ad applicare i dispositivi di bloccaggio.

Chiodature di ancoraggio passive in barra di acciaio $\Phi 25$ lunghezza variabile a seconda della geometria del blocco da stabilizzare (riferimento punti n.10-11-16-18-29-34 carta degli interventi)

L'intervento consiste nel placcaggio diretto dei blocchi rocciosi removibili potenzialmente instabili, aventi volumetrie consistenti ($>3,00$ mc), mediante tiranti passivi tipo "GEWT"

Si precisa che, al fine di mitigare l'impatto visivo che le piastre dei tiranti potrebbero comportare sul paesaggio, si è preferito nascondere il tirante all'interno di un cuneo di roccia, incapsulandolo (vedi particolari)

Rete metallica doppia torsione a maglie esagonali 8×10 filo $\Phi 3$ rivestita in pvc color roccia (riferimento punti n.4-10-12-13-20-37 carta degli interventi)

L'intervento di rafforzamento corticale adottato consiste nel dispiegare una rete metallica, installata quanto più possibile in aderenza alla parete da consolidare, in modo da aderire alla morfologia del versante.

Le lavorazioni e i materiali da utilizzare per eseguire la realizzazione della rete di contenimento del detrito minuto sono i seguenti:

- il posizionamento e la distesa lungo il versante della rete metallica in aderenza di larghezza pari a 3.0m; la rete metallica in acciaio ricotto (resistenza 39.0/51.0 kg/mm²) a doppia torsione con maglia esagonale 8×10 in filo $\Phi 3$ mm (UNI 8018).
- il posizionamento alla sommità del versante di una fune $\Phi 16$ mm (6x19+WS) per il sostegno della rete e alla base del versante di una fune $\Phi 12$ mm (6x19+WS) per il bloccaggio della rete; la fune da utilizzare è di tipo a trefoli con resistenza unitaria del filo elementare di 1770N/mm² (UNI ISO 2408) zincata secondo la ISO 2232.
- il bloccaggio delle funi in sommità e al piede è realizzato attraverso ancoraggi in barra d'acciaio $\Phi 20$ mm filettati ad un'estremità (+ golfaro femmina M20 secondo DIN 582) e di lunghezza 3 mt; questi ancoraggi sono posizionati sia alla sommità che al piede con un interasse non superiore a 3 mt; le barre sono in acciaio del tipo B450C.
- Le barre di ancoraggio sono infisse nel terreno previa formazione di fori $\Phi 40$ mm e iniettati con boiaccia di cemento additivata con prodotti antiritiro;
- Le funi di sommità e di piede sono collegate agli ancoraggio passando nell'occhio del golfaro femmina e il loro bloccaggio è realizzato con delle asole morsettate (morsetti tipo DIN741 $\Phi 12-16$ mm in quantità di 4 per ogni asola) da realizzarsi ogni 30 mt di sviluppo del rivestimento;
- I teli di rete sono ripiegati attorno alle funi di sommità e di piede e legati con filo metallico zincato ogni 50cm di lunghezza;

- I teli di rete sono bloccati fra di loro per tutta l'altezza del rivestimento con maglie aperte di giunzione zincate $\varnothing 6$ mm disposte in quantità di una maglia per ogni 30 cm;
- compreso l'onere per il lavoro eseguito fino ad un'altezza di 20 mt e per qualsiasi dimensione dell'area da proteggere, la fornitura e il trasporto di tutti i materiali necessari.

Placcaggio di sperone roccioso soggetto a ribaltamento mediante chiodature passive e rivestimento con rete metallica doppia torsione a maglie esagonali 8x10 filo $\Phi 3$ rivestita in pvc color roccia (riferimento punti n.11-16 carta degli interventi)

L'intervento consiste nel placcaggio diretto dei blocchi rocciosi removibili potenzialmente instabili, aventi volumetrie consistenti (>3,00 mc), mediante tiranti passivi tipo "GEWT" e il dispiegamento di una rete metallica, installata quanto più possibile in aderenza, in modo da aderire alla morfologia del versante.

Si precisa che, al fine di mitigare l'impatto visivo che le piastre dei tiranti potrebbero comportare sul paesaggio, si è preferito nascondere il tirante all'interno di un cuneo di roccia, incapsulandolo (vedi particolari).

Stabilizzazione di un pinnacolo di roccia soggetto a ribaltamento mediante chiodature passive e rivestimento con rete metallica doppia torsione a maglie esagonali 8x10 filo $\Phi 3$ rivestita in pvc color roccia (riferimento punti n.18 carta degli interventi)

L'intervento consiste nel placcaggio diretto dei blocchi rocciosi removibili potenzialmente instabili, aventi volumetrie consistenti (>3,00 mc), mediante tiranti passivi tipo "GEWT" e il dispiegamento di una rete metallica, installata quanto più possibile in aderenza, in modo da aderire alla morfologia del versante.

Si precisa che, al fine di mitigare l'impatto visivo che le piastre dei tiranti potrebbero comportare sul paesaggio, si è preferito nascondere il tirante all'interno di un cuneo di roccia, incapsulandolo (vedi particolari)

Rifunzionalizzazione della rete esistente mediante la realizzazione di nuovi ancoraggi passivi in barra di acciaio $\Phi 24$ lunghezza 4 mt, ritesatura delle funi esistenti e fasciatura mediante funi romboidali maglia 3x6 diametro $\varnothing 12$ (riferimento punti n.32-35 carta degli interventi)

L'intervento di rafforzamento corticale adottato consiste nel dispiegare un reticolo di funi.

Tale rete metallica sarà armata con un reticolo di funi sovrapposto alla rete metallica in aderenza precedentemente descritta. In particolare l'intervento consiste nelle seguenti operazioni:

- formazione di reticolo di contenimento di forma romboidale (3.0m (base) X 6.0m (altezza)) oppure 3x3 m con funi $\varnothing 12$ mm (6x19+WS); sul perimetro esterno del rivestimento sono posizionate anche delle funi di contenimento verticali; la fune da utilizzare è di tipo a trefoli con resistenza unitaria del filo elementare di 1770N/mm² (UNI ISO 2408) zincata secondo la ISO 2232;
- sulla sommità e alla base le funi del reticolo di contenimento sono bloccate sulle asole degli ancoraggi precedentemente realizzati per il posizionamento del sistema di protezione; altri ancoraggi devono essere posizionati sui bordi laterali dell'intervento e sugli incroci del reticolo romboidale in fune; questi ancoraggi sono in barra d'acciaio $\varnothing 20$ mm filettati ad un'estremità (+ golfaro femmina M20 secondo DIN 582) e di

lunghezza variabile fra 1.0m (roccia) e 2.0m (terreno sciolto); le barre sono in acciaio del tipo B450C.

- Le barre di ancoraggio sono infisse nel terreno previa formazione di fori $\varnothing 40.0\text{mm}$ e iniettati con boiaccia di cemento additivata con prodotti antiritiro;
- Il collegamento delle funi del reticolo agli ancoraggi si realizza con un asola e morsetti (tipo DIN741 $\varnothing 12\text{ mm}$ in quantità di 3 per ogni asola);
- compreso l'onere per il lavoro eseguito fino ad un'altezza di 20 m e per qualsiasi dimensione dell'area da proteggere, la fornitura e il trasporto di tutti i materiali necessari.

Miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura mediante la rigenerazione dei giunti di malta (riferimento punti n.1-8-40-41 carta degli interventi)

L'intervento prevede il miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura mediante la rigeneratura dei giunti di malta (stilatura profonda dei giunti).

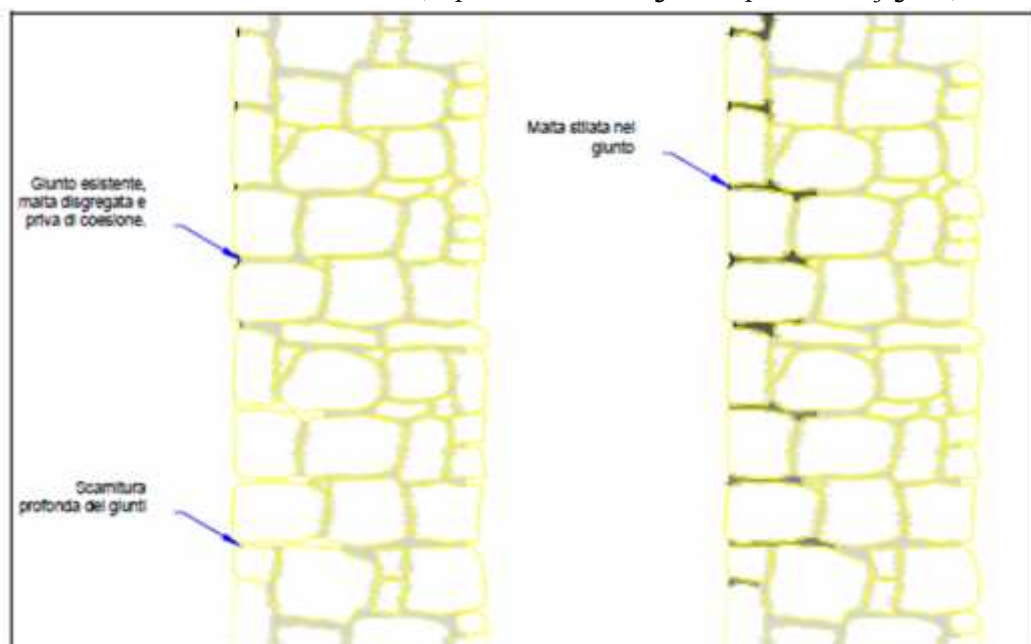
Esso sarà eseguito su tutti i muri di sostegno in pietra tufacea, comportando un sensibile aumento delle caratteristiche meccaniche della struttura.

Generalmente, tale intervento si effettua ove il materiale presenta un buono stato di conservazione e la malta ha perduto le sue proprietà leganti in superficie. Particolare cura dovrà essere rivolta alla scelta della malta che avrà le stesse caratteristiche di quella originaria non degradata, o almeno un accettabile grado di compatibilità.

Per quanto concerne l'esecuzione si dovrà procedere come segue:

- a) Scarnitura profonda dei giunti murari mediante raschietti evitando scalpellature ed uso di attrezzi meccanici.
- b) Lavaggio con acqua possibilmente spruzzata a pressione.
- c) Stilatura dei giunti di malta.

Questo tipo di intervento consente di seguire momento per momento il procedimento di rafforzamento, il quale essendo eseguito sulla superficie, non presenta incognite di eventuali lacune celate all'interno della muratura (v. particolare di seguito riportato in figura).



Disgaggio di blocchi lapidei potenzialmente instabili di volumetria di circa 1 mc (riferimento punti n.14-15-21-22-28-30-33 carta degli interventi)

L'intervento di disgaggio consiste nel rimuovere piccoli blocchi lapidei removibili potenzialmente instabili (volume circa 1 mc) in condizione di incipiente crollo.

Gli interventi di disgaggio, saranno preceduti da un'ispezione puntuale del costone roccioso, operando in cordata, con tecniche alpinistiche, con l'asportazione della vegetazione (scerbatura) e degli elementi lapidei di piccole dimensioni in procinto di crollo. Tale lavorazione deve considerare la presenza di edifici alla base della parete.

Particolare attenzione deve essere posta ai massi instabili di volume inferiore al metro cubo che dovranno essere allontanati dalla pendice.

Tali lavorazioni, oltre a diminuire la necessità di manutenzioni nei primi periodi post intervento, hanno valenza di sicurezza per gli operatori che dovranno porre in essere le lavorazioni di seguito indicate.

In particolare, la scrivente ha previsto, principalmente, il disgaggio di blocchi di piccola volumetria, che al momento dell'ispezione in parete, da eseguirsi a monte dell'implementazione degli interventi di difesa attiva previsti, risultassero in procinto di crollo e la cui asportazione non inneschi fenomeni di instabilità nella roccia retrostante.

È stato previsto un disgaggio di tipo meccanico, ove possibile, oppure la frantumazione mediante prodotti espansivi chimici, ovvero a mezzo di agenti di demolizione non esplosivi, che hanno la proprietà di disgregare in tutta sicurezza la roccia senza produrre rumore, vibrazioni, lancio di detriti.

Intervento di cuci e scuci sulla lesione sub verticale rilevata (riferimento punto n.38 carta degli interventi)

Intervento di "cuci e scuci" sui maschi murari interessati da lesioni

L'intervento, finalizzato ad incrementare la resistenza delle murature esistenti, sarà articolato secondo le seguenti fasi:

- d) Togliere il vecchio intonaco mettendo a vivo la muratura;*
- e) Asportare gli elementi di muratura interessati dalla lesione ed alcuni adiacenti fino a formare un vano di dimensioni atte a ricevere nuovi elementi murari, ponendo cura nel formare un andamento perimetrale del vano atto a realizzare buoni ammorsamenti fra nuova e vecchia muratura;*
- f) Inserire nuovi elementi (pietra calcarea), previa pulizia e lavaggio del vano, ponendo particolare cura nella realizzazione di detti ammorsamenti. Si useranno malte a ritiro nullo o meglio leggermente espansivo confezionate comunque con inerti simili a quelli che costituiscono la malta esistente. Inoltre si consiglia di utilizzare, sulle superfici di contatto nuovo/vecchio, adesivi per riprese di getto.*

Allungamento della pluviale esistente (riferimento punto n.17 carta degli interventi)

L'intervento consiste nel prolungamento della pluviale esistente mediante una tubazione delle medesime caratteristiche di quella esistente (geometria, materiale, colore,...) in modo di evitare sversamenti di acque meteoriche in maniera indisciplinata sul costone roccioso sottostante.

Protezione e copertura della tubazione affiorante (riferimento punto n.36 carta degli interventi)

L'intervento consiste nella copertura della tubazione affiorante in modo da mascherarla e proteggerla allo stesso tempo. Tale lavorazione prevede la copertura della tubazione con uno strato di malta che ingloba al suo interno una rete antiritiro in modo da aumentare la durabilità dell'intervento.

Pulizia del canale antropico realizzato all'interno della cavità (riferimento punto n.23 carta degli interventi)

L'intervento consiste nella pulizia del canale presente all'interno della cavità antropica, dal materiale accumulatosi nel tempo che ne rende impossibile l'utilizzo per il quale è stato realizzato.

4. CONCLUSIONI

Si ritiene opportuno, a parere di chi scrive, evidenziare che con gli interventi sopra descritti, compatibilmente con le somme a disposizione della Committenza, si potrà ridurre sensibilmente il pericolo di crollo imminente sul costone roccioso oggetto di studio. Tuttavia, non si può ritenere “nulla” la condizione di rischio, sia per la potenzialità di situazioni di pericolo “*imprevedibili*” (in quanto al momento “*non visibili*”), sia per la naturale evoluzione dei versanti che può, nel tempo, rendere in equilibrio instabile singoli elementi lapidei e/o aree estese attualmente in condizioni di equilibrio. Del resto, in nessun settore dell’ingegneria, ma anche nella semplice vita quotidiana, si può considerare “*nulla*” la condizione di pericolo.

Nel caso specifico un ulteriore strumento per controllare le residue condizioni di pericolo consiste nella “prevenzione” attraverso:

1. il monitoraggio delle aree in esame;
2. la manutenzione delle opere di difesa idrogeologica da realizzare.

Infine, l’intervento a farsi risulta fattibile anche da un punto di vista ambientale, compatibile con le prescrizioni di piani territoriali ed urbanistici vigenti e con i vincoli presenti sul territorio.

Salerno li, Dicembre 2017

I Progettisti

Dott. Ing. Gabriele Petroccelli

Dott. Ing. Daniele Giaffrida