

## SUI FENOMENI DI INSTABILITÀ NEI COSTONI DI TUFO GIALLO NAPOLETANO

A. Evangelista<sup>\*</sup>, A. Scotto di Santolo<sup>\*</sup>, G. Lombardi<sup>\*\*</sup>, N. Nocilla<sup>\*\*\*</sup>, M. Danzi<sup>\*\*\*\*</sup>, D. Viviano<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Dipartimento di Ingegneria Geotecnica, Università di Napoli Federico II, Napoli

<sup>\*\*</sup> Ufficio Difesa del Suolo, Comune di Napoli, Napoli

<sup>\*\*\*</sup> Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università di Palermo, Palermo

<sup>\*\*\*\*</sup> Liberi Professionisti

### SOMMARIO

Gli affioramenti (Costoni) del Tufo Giallo Napoletano (T.G.N.) nella città di Napoli sono assai frequenti: nel complesso hanno uno sviluppo di circa quattro chilometri quadrati. La roccia si rinviene lungo pareti dovuti a tagli antropici o lungo i versanti delle aree collinari della città, frequentemente interessati da diffusi fenomeni di instabilità. Utilizzando tecniche di rilievo ed analisi basate sulla fotogrammetria terrestre sono state documentate ed analizzate la morfologia e i caratteri strutturali del T.G.N. su pareti di grande estensione; l'entità e la localizzazione di imponenti fenomeni erosivi sia eolici che marini; le dimensioni, la forma e l'ubicazione di "blocchi removibili"; l'ubicazione e l'estensione di frane di scivolamento con superfici, anche di neo-formazione e variamente inclinate, coinvolgenti porzioni di ammasso dell'ordine anche di diverse migliaia di metri cubi. E' risultato uno scenario di crisi di estese porzioni del territorio comunale, derivante dal progressivo arretramento dei costoni e dalla propagazione a valle di massi singoli o a sciami lungo i pendii fino ad aree antropizzate.

### 1. PREMESSA

Negli ultimi anni il territorio del Comune di Napoli è stato oggetto di studi sistematici con la finalità di formulare un piano organico di interventi di prevenzione e salvaguardia ed indicarne le priorità di attuazione.

A seguito dell'ordinanza del Ministero dell'Interno n. 2059 del 22.2.97 e successive modifiche, il Sindaco di Napoli venne nominato Commissario straordinario "per gli interventi di emergenza connessi al consolidamento della città di Napoli...".

Il Commissario, assistito da un Comitato Tecnico di esperti, si è avvalso degli Uffici Tecnici del Comune di Napoli e del Consorzio Interuniversitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi (C.U.G.Ri.) degli Atenei di Napoli *Federico II* e Salerno per attività di ricerca e di consulenza in differenti settori (Evangelista et al., 2002).

Nell'ambito della consulenza sui Costoni della Città di Napoli, il settore Geologia del C.U.G.Ri, coordinato dal prof. De Riso, ha sviluppato gli studi sull'assetto litostratigrafico delle Colline dei Camaldoli e di Posillipo e sull'evoluzione degli affioramenti in roccia.

Il settore Geotecnica ha considerato la stabilità degli

affioramenti tufacei presenti a Napoli

La presente nota riferisce sugli aspetti geotecnici del problema.

Il tufo giallo napoletano è la roccia tipica del territorio, che affiora in varie zone della città, formando spesso pareti subverticali dell'altezza di diverse decine di metri, denominati nel seguito costoni.

Gli affioramenti tufacei sono interessati da frequenti fenomeni di instabilità connessi sia al degrado della roccia, essenzialmente per erosione sia eolica sia marina, sia per la presenza di discontinuità.

L'insieme dei fattori precedenti rendono possibili cinematismi di vario genere: dal distacco di singoli blocchi a frane di migliaia di metri cubi.

Lo studio si è articolato in fasi successive attraverso:

- l'esame della documentazione esistente;
- lo studio sistematico di prima fase rivolto alla individuazione dei caratteri essenziali degli affioramenti dell'intera città;
- la definizione di una scala di priorità;
- studi di dettaglio nelle zone a maggior rischio

## 2 GLI AFFIORAMENTI DI TUFO E L'OROGRAFIA DELLA CITTA'

Napoli sorge ai margini meridionali di un altopiano noto come Terra di Lavoro, Figura 1, di natura vulcanica formatosi come substrato circa 35.000 anni orsono a seguito di una grandiosa eruzione vulcanica il cui prodotto è il tufo grigio campano o ignimbrite campana, formazione lapidea tenera, anch'essa oggetto di sfruttamento nell'entroterra napoletano.

Subentrò un periodo di inattività vulcanica durante il quale i prodotti dell'erosione formarono una coltre di materiali rimaneggiati poggianti sul tufo grigio, ai margini meridionali dell'altopiano. Tra i 13.000 e gli 11.000 anni orsono, in un areale compreso tra Napoli centro ed il territorio di Pozzuoli (Monte Gauro), a più riprese, numerose eruzioni, significativamente meno intense rispetto a quella dell'ignimbrite campana, dettero luogo alla messa in posto di cospicui volumi di materiali piroclastici.

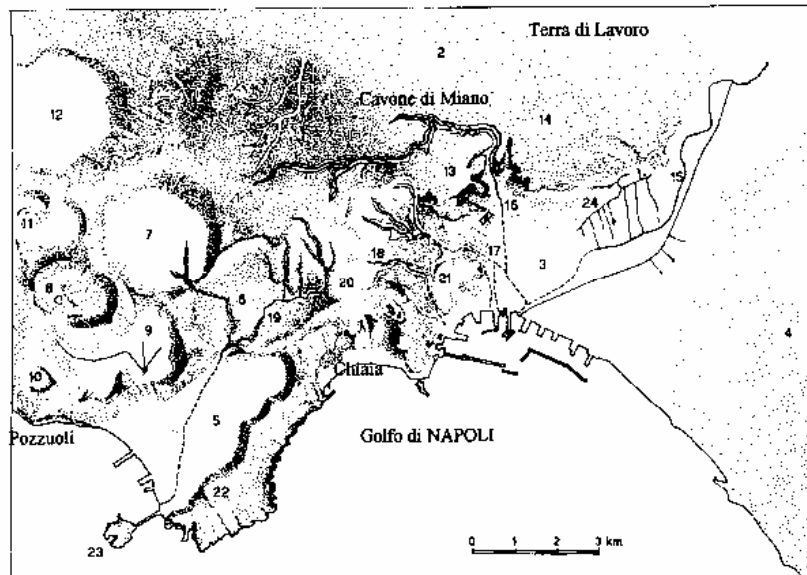
Il materiale eruttato durante tali eruzioni è la ben nota pozzolana: ceneri vetrose con scarsi frammenti litici, ricche di pomici disposte caoticamente nella massa, di colore variabile dal giallognolo al grigiastro. Nel tempo

parte più o meno cospicua della pozzolana si è trasformata in tufo: roccia lapidea tenera con la stessa struttura della pozzolana.

Il tufo, come è noto, deriva dalla trasformazione della pozzolana, per la formazione di minerali del gruppo delle zeoliti, che esercitano la loro azione cementante; la stessa trasformazione non avviene in maniera uniforme in tutta la massa, ma spesso sfuma in alto e lateralmente con un prodotto (mappamonte) dalle caratteristiche intermedie tra tufo e pozzolana. Deve osservarsi tuttavia che, contrariamente a quanto si è detto, in alcune zone della città il passaggio fra le due litologie è brusco.

Il passaggio fra tufo giallo e pozzolana avviene immediatamente a nord dell'area cittadina, secondo una linea che segue prima il vallone S. Rocco, all'altezza di Miano, e poi il confine del bosco di Capodimonte.

Nella zona orientale il tufo scompare del tutto per ritornare sporadicamente a mare. Del resto la definizione dei confini del tufo nella zona bassa della città ha scarsa importanza ai fini dell'argomento che qui si tratta. La morfologia della città, nella sua articolazione meridionale, è strettamente condizionata dalla genesi dei terreni vulcanici (Figura 1). A parte il versante dei Camaldoli, che si raccorda con profilo regolare verso



1 Collina dei Camaldoli; 2 Terra di lavoro; 3 depressione del Sebeto, piano dell'Arenaccia; 4 Vesuvio pendice occidentale; 5 Conca di Fuorigrotta; 6. Conca di Soccavo; 7 Conca di Pianura; 8 Cratere di Astroni; 9 Cratere di Agnano; 10 La Solfatara; 11 Cratere della Senga; 12 Conca di Quarto; 13 Capodimonte; 14 Capodichino; 15 Fiume Sebeto; 16 Arenaccia; 17 Arena alla Sanità; 18 Arenella; 19 Arena Sant'Antonio; 20 Vomero tratto Arenella; 21 Città Greco Romana; 22 Posillipo; 23 Nisida; 24 Zona sorgenzia del "Purgatorio"

Figura 1 Orografia della città di Napoli: punto di incontro fra la zona vesuviana, la zona flegrea, la Terra di lavoro (da Scherillo 1967).

l'entroterra, i margini dell'altopiano si protendono verso il mare con lembi e dorsali. Ai margini di queste dorsali forme semicircolari sembrano indicare blandi recinti craterici (Figura 1).

Scherillo e Franco (1967) individuano altre due conche oltre quelle riportate nella richiamata figura 1: quella di Chiaia e quella di Neapolis che si estende nelle zone 18, 20, e 21 in figura fino a lambire i cavoni ubicati a nord del centro storico.

Nella città il tufo affiora:

- lungo le dorsali di queste conche per sprofondamenti vulcano tettonici (versanti dei Camaldoli, arco di Fuorigrotta, Coroglio, Chiatamone);
- per erosione nelle parti sommitali dei materiali piroclastici sciolti che lo ammantano (S.Elmo);
- per limitato spessore delle coperture piroclastiche laddove le pendenze sono molto accentuate (ad es. Corso Vittorio Emanuele);
- per erosione delle acque meteoriche che incidono i materiali sciolti fino al tufo ed oltre; caso tipico le cupe ed i cavoni incisi direttamente nel tufo e le "arene";
- per azione erosiva delle onde (lungo le coste);
- per azione antropica (fronti delle cave a cielo aperto Ventaglieri, Fontanelle, S. Maria ai Monti, Vallone San Rocco, tagli per la realizzazione di strade: Mergellina ecc. ).

Una indagine storica dei fenomeni di crollo verificatisi in tali affioramenti (costoni) nel periodo 1980 - 1997 nell'ambito del territorio cittadino, segnalati dagli abitanti e censiti dai Vigili del Fuoco, ha individuato circa una ventina di dissesti alcuni dei quali con gravi conseguenze. La casistica dei dissesti è, però, sicuramente più ampia in quanto alcuni fenomeni non sono stati segnalati in quanto non hanno interessato le aree abitate.

### 3 IL TUFO GIALLO NAPOLETANO

Il tufo giallo napoletano, come detto in precedenza è la roccia lapidea più diffusa in affioramento nella città. Si tratta di una roccia tenera che si presenta con struttura e caratteristiche meccaniche variabili nell'ambito del territorio cittadino.

La resistenza a compressione uniaxiale ( $\sigma_c$ ), è variabile nell'ampio intervallo 1-15 MPa e, nel diagramma di Miller (Figura 2), i punti sperimentali si collocano nel campo delle rocce di resistenza molto bassa con rapporto dei moduli medio o basso.

La struttura è composta da una matrice cineritica, che ingloba inclusi pomicei e/o scoriacci e litici.

La qualità e quantità degli inclusi dipendono dal particolare tipo di tufo e nella stessa formazione dalla distanza della sorgente vulcanica. I minerali presenti nella matrice cineritica influenzano le proprietà del tufo giallo. I minerali più diffusi sono la phillipsite, la cabasite ed il sanidino tutti appartenenti alle zeoliti.

Lo studio delle proprietà e del comportamento meccanico della roccia intatta ha formato oggetto di

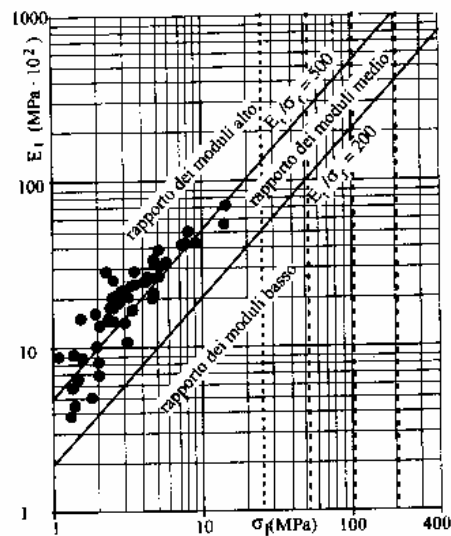


Figura 2. Resistenza a compressione semplice del T.G.N.

numerose ricerche svolte presso il Dipartimento di Ingegneria Geotecnica dell'Università di Napoli Federico II. Le conoscenze acquisite sulle proprietà e sui comportamenti meccanici della roccia intatta sono riportate in diverse note; tra queste le più significative sono Evangelista (1980), Evangelista e Pellegrino (1990), Evangelista, Aversa e Ramondini (1991), Evangelista e Aversa (1993), Evangelista, Aversa, Pescatore e Pinto (2000).

Le peculiarità del tufo in esame sono:

- interferenza con la fase liquida a causa della presenza di minerali zeolitici;
- comportamento non lineare dipendente dal livello tensionale medio (comportamento *rock-like* e *soil-like*);
- influenza del tempo sulla resistenza a rottura.

Mentre il comportamento dell'elemento di volume è stato oggetto in passato di approfonditi studi, come in precedenza detto, scarse erano le conoscenze sui caratteri geotecnici della formazione. La campagna di rilevamento degli affioramenti tufacei estesa all'intera città e lo studio di dettaglio di alcune aree significative hanno messo in evidenza la presenza di aspetti strutturali ricorrenti che condizionano la stabilità dei fronti.

### 4 IL CENSIMENTO DEI COSTONI

I dati raccolti nel corso della prima fase dello studio degli affioramenti della città sono stati catalogati e

memorizzati in un archivio informatizzato: premessa per lo studio sistematico dei costoni della città di Napoli. Le informazioni hanno riguardato:

- i caratteri geometrici e morfologici dei costoni
- informazioni qualitative sul degrado delle superfici di tufo esposte
- l'eventuale presenza di discontinuità.

L'archivio è stato realizzato in ambiente ArcView di facile consultazione ed aggiornamento. Tutti i dati in esso contenuti (cartografia urbana, carta dei litotipi, immagini fotografiche, schede tecniche) sono fra loro connessi in modo che, scelta una località di interesse, l'utente possa rapidamente accedere alle informazioni ad essa relative, sfogliandole in sequenza col solo uso del mouse. Il dettaglio delle informazioni si articola in due ed a volte in più livelli e va dalla scala urbana, in cui è rappresentata la posizione degli affioramenti rispetto ad edifici ed infrastrutture, a scale di maggior dettaglio. La struttura della base dati è rappresentata nella figura 3.

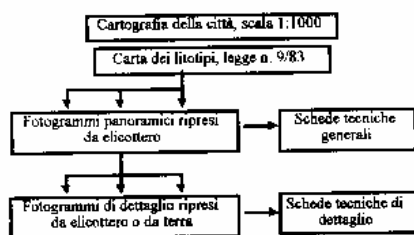


Figura 3. Struttura dell'archivio informatizzato

Dai fotogrammi, ripresi da terra o da elicottero, si può passare alle schede tecniche, che contengono informazioni su:

- orientazione dei fronti,
- altezza degli affioramenti tufacei,
- presenza di tagli antropici e di ingressi di cavità,
- deterioramento delle superfici esposte per erosione,
- tracce di dissesti avvenuti,
- presenza di discontinuità,
- presenza di elementi lapidei instabili.

Si è riconosciuto che nella formazione tufacea sono sempre presenti discontinuità plurime non trascurabili nell'evoluzione morfologica dei costoni la cui superficie complessiva nella Città di Napoli, è risultata dell'ordine dei 4 km<sup>2</sup> (Figura 4).

##### 5. STUDI DI DETTAGLIO DELLE AREE A RISCHIO

Poiché gran parte dei costoni tufacei (74%) è localizzata nelle colline dei Camaldoli e di Posillipo, gli studi di approfondimento sono stati concentrati in tali aree indagando in particolare sulla struttura orientata degli ammassi, sullo stato di fratturazione corticale, sull'entità e sulla localizzazione dei fenomeni erosivi e

sul riconoscimento e l'individuazione dei "massi removibili".

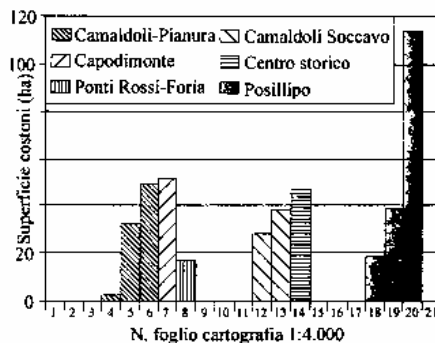


Figura 4. Superficie dei costoni di tufo sul territorio comunale

A tale scopo sono state utilizzate le tecniche di rilievo ed analisi basate sulla fotogrammetria terrestre, messe a punto, negli ultimi anni, (Aversa et al., 1997), (Nocilla e Urciuoli, 1997), (Nocilla et al., 1999), che prevedono prese fotografiche della parete con camera metrica posizionata su elicottero e che presentano il vantaggio di documentare con continuità la morfologia e i caratteri strutturali dell'intera parete, consentendo anche l'identificazione dei vari fenomeni di dissesto, l'entità e la localizzazione dei fenomeni erosivi sia eolici che marini e le dimensioni, la forma e l'ubicazione di "blocchi removibili".

Con la restituzione fotogrammetrica di diverse centinaia di discontinuità presenti nei costoni delle colline dei Camaldoli e di Posillipo e con misure su alcune pareti di origine antropica si è riconosciuto (figura 5) che l'assetto strutturale dei tufi gialli è "orientato" anziché caotico come talora si è affermato.

Prescindendo dai dettagli e limitando l'attenzione alle discontinuità principali si riconosce che la "struttura orientata", sempre caratterizzata da almeno tre famiglie di discontinuità all'incirca mutuamente ortogonali, presenta nell'intera area napoletana caratteri di spiccata omogeneità derivante dalla costante presenza di discontinuità subverticali, prevalentemente orientate in direzione E-W (discontinuità della famiglia 2) e in direzione NE-SW (discontinuità della famiglia 3). Le direzioni indicate, rappresentate anche nei diagrammi isometrici di figura 5, risultano subparallele alle direzioni delle pareti naturali dei tufi gialli affioranti nella Città. Sembra lecito ritenere che la genesi di tali famiglie sia correlata alle vicende geologiche, richiamate al paragrafo 2, da cui deriva l'attuale morfologia del territorio. Ne risulta la costante presenza di

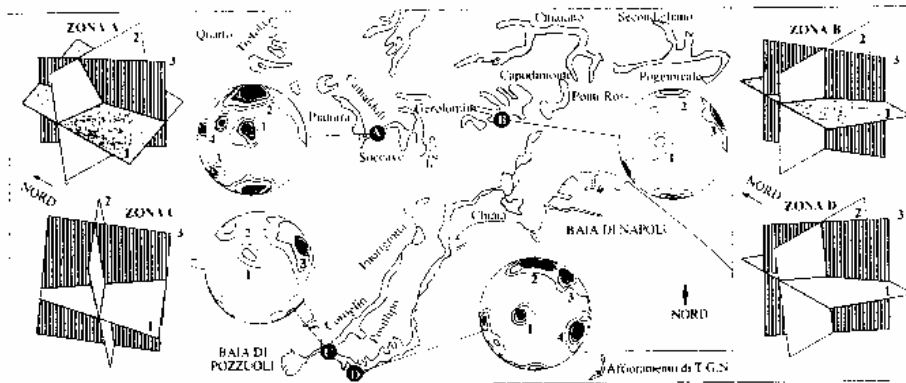


Figura 5. Localizzazione dei costoni oggetto di indagine e rappresentazione della struttura orientata con diagrammi di isodensità isometrici

discontinuità subparallele ai fronti e normali a questi, assetto strutturale assai sfavorevole che rende cinematicamente ammissibili cinematicismi di ribaltamento oppure, in presenza di erosioni risultate diffuse e frequenti nelle due colline dei Camaldoli e di Posillipo, fenomeni di crollo.

#### 5.1 La collina dei Camaldoli

Il Tufo Giallo affiora nella parte alta della collina dei Camaldoli, a quote molto elevate rispetto al resto della città, e nelle incisioni dei valloni; poggia su altre formazioni di origine vulcanica ed è coperto da uno strato di piroclastici sciolti, il cui spessore raggiunge i 30 m in corrispondenza dell'Eremo (458 m s.m.). Maggiori spessori sono stati rinvenuti in altre zone della collina dove il tufo si trova a profondità maggiore di 40 m (Vallone Bientola).

La figura 6 riporta la distribuzione di frequenza delle quote del ciglio superiore degli affioramenti tufacci presenti sia sul lato Pianura che sul lato Soccavo. La classe 201-250 m è caratterizzata da una frequenza decisamente maggiore delle altre, ad essa appartiene la quasi totalità dei costoni più alti che affiorano sul lato Pianura. La classe 351-400 è relativa ai costoni più prossimi all'Eremo che si rinvencono lungo il versante di Soccavo dove si raggiungono le massime altezze pari a circa 60 m. Su questa parete sono stati individuati 206 "blocchi removibili", o già dislocati dalla parete con spostamenti dell'ordine dei decimetri, di volume variabile dal  $dm^3$  alla decina di  $m^3$ , caratterizzati da una prevalente sagoma lastriiforme (figura 7) derivante dalla minore spaziatura delle discontinuità subverticali della famiglia 2 rispetto a quella delle discontinuità suborizzontale della famiglia 1. I costoni presentano un aspetto cariato ed alveolare.

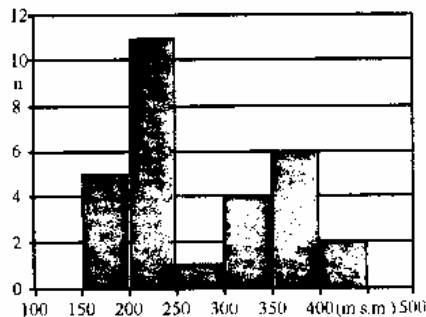


Figura 6. Camaldoli: distribuzione delle quote di ciglio dei costoni

conseguente all'azione degli agenti atmosferici soprattutto il vento, che ha determinato erosioni profonde anche alcuni metri, localizzate alla base e al tetto dei costoni. Le erosioni principali di maggiore estensione o profondità restituite sulla porzione orientale del costone sovrastante Soccavo, dove si sviluppano sul 9% circa dell'intera superficie dei tufi in affioramento vengono rappresentate in figura 8. Nelle erosioni prevalgono le forme allungate anche decine di metri, di volume frequentemente superiore al metro cubo e talora anche superiore alla decina di metri cubi generalmente approfondite nell'ammasso diversi decimetri e, in alcuni casi anche alcuni metri (figura 9). I fenomeni di rottura, testimoniati dalla frequente presenza sul versante e a varie quote di blocchi di volume variabile dal  $dm^3$  ai  $m^3$  (Figura 10), risulterebbero controllati dai caratteri strutturali dell'ammasso e dai processi erosivi.

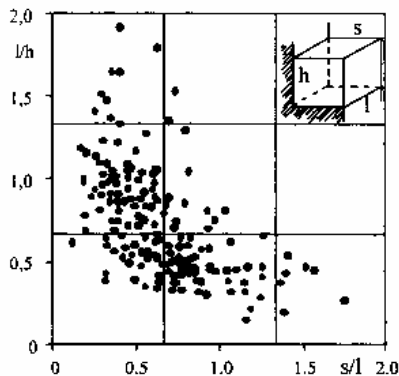


Figura 7. Campi di variabilità della forma dei blocchi rimovibili individuati con la fotogrammetria terrestre

### 5.2 La collina di Posillipo

Nella collina di Posillipo le quote dei cigli superiori dei costoni sono decisamente minori rispetto alla collina dei Camaldoli; raggiungono i valori massimi pari a circa 140 m s.m. nella zona di Coroglio.

Nelle altre zone le quote sono minori fino alle poche decine di metri di Marechiaro, dove la collina digrada dolcemente verso il mare ed i costoni di tufo rappresentano il suo troncamento.

Le altezze invece sono rilevanti, e mediamente maggiori di quelle dei Camaldoli, soprattutto a Coroglio e Trentaremi (figura 11).

Anche in questi costoni sono stati individuati numerosi "massi rimovibili" e fenomeni erosivi particolarmente intensi nelle pareti sub-verticali di Coroglio o alla quota del mare a Trentaremi.

Oltre alle discontinuità isorientate e alle erosioni, l'indagine fotogrammetrica ha evidenziato la presenza, in alcuni dei fenomeni di rottura più imponenti, di superfici concoidi di neoformazione non appartenenti alla struttura orientata dell'ammasso ma conseguenti a fenomeni di propagazione della frattura.

Superfici di neoformazione costituiscono, ad esempio, la nicchia di distacco della grande frana localizzata sul costone a nord di Villa Diana (figura 12), fenomeni di propagazione della frattura in direzione all'incirca normali a discontinuità disposte a franapoggio sono chiaramente leggibili sul costone immediatamente sottostante la Villa.

Sebbene le conoscenze fin qui acquisite e gli studi e le analisi conseguentemente sviluppate non consentano una chiara ed univoca individuazione delle cause che controllano in modo prevalente i processi evolutivi nei costoni, la presenza di superfici di neoformazione conferma che nell'analisi dell'innescio dei fenomeni di instabilità in rocce tenere non è possibile prescindere dal comportamento tensio-deformativo della roccia integra in quanto in essa si localizzano zone ove lo stato tensionale è tale da superare la resistenza disponibile (Baria, 1995) e che un ruolo importante viene giocato non solo dalla struttura orientata ma anche dalla ridotta resistenza a trazione della roccia soprattutto dove l'erosione in atto sulla parete si spinge in profondità e si approssima alle discontinuità subparallele al fronte. I fenomeni di rottura coinvolgenti volumi elevati dipendono anche dalla presenza di materiali di caratteristiche meccaniche scadenti alla base del versante (Figura 13).

In entrambe le colline, la restituzione fotogrammetrica ha anche consentito di constatare una notevole frantumazione del volume lapideo iniziale la cui propagazione a valle si evolve con sciami di blocchi di volume compreso fra il  $dm^3$  ed  $m^3$ .

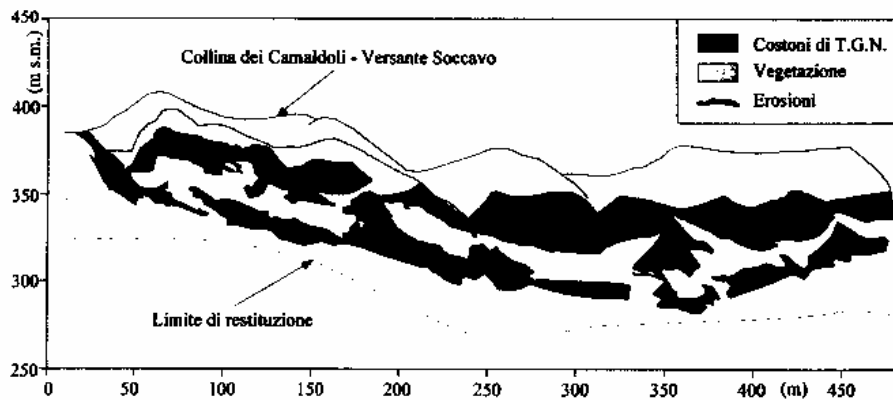


Figura 8. Restituzione su un piano verticale, sub-parallelo alla parete, del tufo giallo affiorante sul costone Camaldoli lato Soccavo

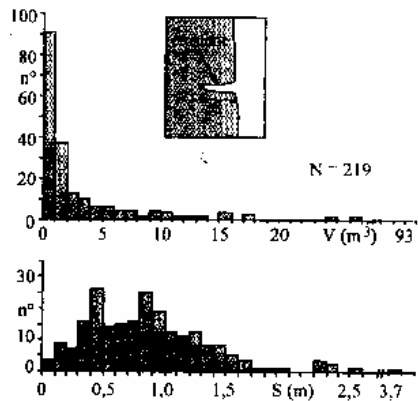


Figura 9. Istogrammi dei volumi e delle profondità delle erosioni



Figura 12. Posillipo - Cala Trentaremi: cumulo di frana e nicchia impostata sui sistemi di discontinuità e limitata superiormente da superfici di neoformazione



Figura 10. Massi removibili sul costone del Camaldoli lato Soccavo



Figura 13. Posillipo: nicchia e cumulo di frana fra cala Badessa e Cala Trentaremi

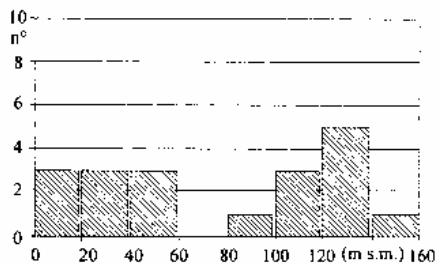


Figura 11 Distribuzioni delle altezze dei costoni

## 6 CONCLUSIONI

Gli studi e le indagini sviluppate su superfici di grande estensione indicano che la formazione del T.G.N. è caratterizzata da una struttura orientata definita da almeno tre famiglie di discontinuità principali e che le pareti naturali (costoni) sono frequentemente sede di intensi fenomeni erosivi di natura eolica se localizzati in quota oppure marina. I fenomeni di rottura di modesto volume dipenderebbero dalla mesostruttura dell'ammasso e dall'entità delle erosioni. Nei fenomeni di rottura coinvolgenti volumi elevati di roccia si evidenziano anche superfici di neoformazione derivanti da fenomeni di propagazione della frattura e la rottura dipenderebbe anche dal comportamento tensio-deformativo della roccia e dell'ammasso. Il fenomeno in questo caso dipenderebbe

anche dalla non sempre nota successione stratigrafica dei terreni presenti al di sotto dei costoni o da una situazione stratigrafica molto complessa con presenza di materiali di scadenti caratteristiche meccaniche al crescere della profondità. Ne derivano, comunque, diffusi, accertati e catalogati fenomeni di instabilità che coinvolgono porzioni di ammasso di volume variabile da alcuni decimetri cubici alle migliaia di metri cubi. I fenomeni di rottura sono associati a una notevole frantumazione del volume lapideo iniziale e danno, in genere, luogo a sciarni di blocchi che, nel caso dei rilievi collinari, si propagano a valle fino a lambire le zone antropizzate. Lo studio evidenzia uno scenario di crisi di estese porzioni del territorio comunale, derivante dal progressivo arretramento di costoni anche intensamente urbanizzati e dalla propagazione a valle di massi singoli o a sciarni. Le fenomenologie descritte, ancorché ancora oggetto di indagini e studi, appaiono difficilmente contrastabili in termini globali non solo per le incertezze cui si è accennato ma anche per i costi, e sembrano affrontabili solo in un'ottica di riduzione del rischio per gli insediamenti antropici a monte e a valle dei costoni.

In quest'ottica si ritiene vadano privilegiati, quando compatibili con la situazione morfologica dei siti, gli interventi di difesa passiva costituiti da barriere paramassi ad elevato assorbimento di energia limitando gli interventi attivi alla stabilizzazione in parete di singoli massi già riconosciuti instabili e all'intasamento delle erosioni di maggiore volume ed estensione la cui ulteriore evoluzione potrebbe determinare una drammatica e rapida evoluzione del costone. Oltre alla "manutenzione" con operazioni sistematiche di pulizia e disaggio controllato, si ritiene vadano privilegiati gli interventi che trasmettano alla roccia sforzi distribuiti su superfici o su linee (imbragaggi con reti o con funi), evitando l'applicazione di sforzi puntuali in considerazione delle ridotte caratteristiche di resistenza della roccia.

Si otterrebbe, così, un rallentamento dei processi evolutivi del versante e del progressivo arretramento del costone, e una riduzione controllata del rischio per le sottostanti zone antropizzate.

#### Bibliografia

- Evangelista, A., Pellegrino A., Petrella A., Viggiani C., 2002, *Un paradiso abitato da diavoli? I problemi geotecnici della città di Napoli*, Atti XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, Aquila 2002
- Scherillo A., 1967, *Suolo e Sottosuolo di Napoli*, in Storia di Napoli Vol. I.
- Scherillo A., Franco E., 1967, *Introduzione alla carta stratigrafica del suolo di Napoli*, Atti dell'Accademia Pontaniana - Nuova Serie, Volume XVI Giannini
- Evangelista A., 1980, *Influenza del contenuto d'acqua sul comportamento del tufo giallo napoletano*, XIV Convegno Nazionale di Geotecnica Firenze
- Evangelista A., Pellegrino A., 1990, *Caratteristiche geotecniche di alcune rocce tenere italiane*. Terzo ciclo di conferenze di Meccanica e Ingegneria delle Rocce, Politecnico di Torino, COREP, vol.2, pp. 1-32
- Evangelista A., Aversa S., Ramondini M., 1991, *Suervamento e resistenza a rottura di un tufo a grano fine*, Atti del Convegno "Deformazioni in prossimità della rottura e resistenza dei terreni naturali e delle rocce, Ravello, vol. 1, pp.1-22
- Evangelista A., e Aversa S., 1993, *Experimental evidence of non-linear and creep behaviour of pyroclastic rocks*, Course on "Time dependent behaviour of geomaterials", CISM Udine, pp. 55-101
- Evangelista A., e Aversa S., Pescatore T.S., Pinto P., 2000, *Soft rocks in southern Italy and role of volcanic tuffs in the urbanization of Naples*. Proc. Of 2<sup>nd</sup> Symposium on Geotechnics of Hard Soils-Soft Rocks, Naples, pp.1243-1267
- Aversa S., Nocilla N., Urciuoli G., 1997, *Rilievi e analisi di ammassi a struttura orientata con la fotogrammetria terrestre*, Atti del Gruppo di coordinamento per gli studi di Ingegneria Geotecnica del C.N.R., Roma
- Nocilla N., Urciuoli G., 1997, *Stabilità dei pendii in roccia: Rilievi strutturali e spostamenti ammissibili*, Hevelius Edizioni srl, Benevento
- Nocilla N., Viviano D., Aversa S., 1999, *Applicazione della fotogrammetria al rilievo strutturale di costoni rocciosi*, Atti del XX Convegno Nazionale di Geotecnica, Parma 1999, pp.231-238.
- Barla G., 1995, *Interventi di rinforzo degli ammassi rocciosi*, Atti del XIX Convegno Nazionale di Geotecnica, Pavia, vol. 2, pp.397-432

#### ABSTRACT

The Neapolitan yellow tuff is a weak rock, product of the zeolitization of pozzolana in favourable condition that allows the formation of bonding between particles. This formation is widely present in Neapolitan subsoil and often outcrops in natural slopes and cuttings, both affected by different instability phenomena two to present of discontinuities and erosive phenomena. The total cliffs extension in the urban area is about 4 km<sup>2</sup>. The risk consists in the possibility that block fall from the cliffs and reach area at the toe and that the retrogressive revolution of the instability phenomenon involves the edge. On the top of the Camaldoli hill, the highest relief in the urban area, the cliffs degradation determines to retrogressive relocation of the edge that triggers the stability of the overhanging monastery. Removable propagated blocks along the slope and reach the urbanized area. The costal area of Posillipo hill is also considered particularly hazardous.

Using photogrammetric mapping of exposed structures have been documented and analysed the morphology and the structural characteristic of the formation that is affected by discontinuities due to geological vicissitudes, from which derives the actual morphology of the area. The entity and the erosive location of phenomena, the form and dimensions of the removable blocks, the location and the extension of plane failure with surfaces of the new failure in the intact rock has been in relief. Scenery of crisis of wide portions of the town territory is resulted.