

**Attuazione del disposto di cui all'art. 1, comma 1, della Legge 267/98  
Così come modificato ed integrato dall'art. 9, comma 2, del D.L. 132/99,  
convertito con modifica dalla Legge 226/99**

## **APPROFONDIMENTI DI CUI ALL'ART. 3 DELLA CONVENZIONE**

**AREA CAMPIONE: M.te Tuppò Tutolo - Loc. Porche di Avella  
(Comune di Avella)**

### **1) PREMESSA**

Il territorio collino-montano dell'Autorità di Bacino della Campania N-W è caratterizzato da tre contesti geologici ben differenziati: quello nord vesuviano (M.te Somma), quello flegreo (continentale ed insulare) e quello delle grandi dorsali appenniniche (M.ti del Vallo di Lauro; M.ti di Avella-Baiano; M.ti di S.Felice a Canello-Arpaia e del casertano p.p.).

La cartografia in scala 1:25.000 prevista dalla convenzione ha evidenziato in estrema sintesi:

a) la diffusione di situazioni di rischio elevato soprattutto per fenomeni di tipo idraulico (apporti detritico-alluvionali) in porzioni di territori pedemontani dei comuni nord vesuviani (da Massa di Somma ad Ottaviano);

b) la forte concentrazione di aree a rischio per frane di elevata intensità e/o fenomeni di trasporto solido/alluvionamento nelle isole flegree (vaste porzioni dell'entroterra e della fascia costiera dei comuni ischitani e dell'isola di Procida) e nell'area continentale flegrea (in questo caso vedi porzioni di territorio dei comuni di M.te di Procida, di Baia, di Pozzuoli e di Napoli);

c) la concentrazione di aree a rischio per frane di elevata intensità in corrispondenza dei rilievi carbonatici appenninici incombenti su molti comuni pedemontani.

Le conclusioni cui si è pervenuti risentono evidentemente dei limiti imposti dalla scala della cartografia di base adottata, ma anche del diverso livello di informazioni sugli eventi pregressi e della indisponibilità di basi topografiche aggiornate per quanto

attiene all' "urbanizzato" (sono state utilizzate basi topografiche della Regione Campania datate 1990).

Gli approfondimenti eseguiti su aree campione (come da convenzione), e di seguito illustrati, costituiscono un esempio di modalità operative rese possibili dalla adozione di basi topografiche a scala medio-grande (1:4.000 – 1:5.000).

L'iter metodologico seguito è stato di volta in volta integrato in relazione alle peculiarità offerte dai territori considerati; e in effetti si è fatto ricorso anche ad elaborati cartografici aggiuntivi (dunque non previsti in convenzione).

La scelta delle aree campione ha evidentemente obbedito innanzitutto alla necessità di rappresentare i tre contesti geologici prima indicati. All'interno di questi si è proceduto alla individuazione di settori rappresentativi di determinate tipologie di fenomeni (e quindi di scenari di rischio) e dei quali fossero disponibili supporti topografici sufficientemente aggiornati.

Nella Relazione illustrativa, si è dato altresì conto, per quanto possibile, della eventuale influenza della circolazione idrica ("di fondo" e subsuperficiale).

- L'area di M.te Tuotolo-Porche di Avella (Comune di Avella –Fig.1) è stata scelta in quanto rappresentativa di aree collino-montane in rocce carbonatiche sedi soprattutto di frane del tipo scorrimento/colata rapida in terreni piroclastici addossati ai versanti e di conseguenti fenomeni di accumulo nelle fasce pedemontane (Civita et alii, 1975; Guadagno et alii, 1988; Guadagno 1991; Del Prete et alii, 1998; Di Crescenzo e Santo 1999; de Riso et alii, 1999). In tali aree è insediato il centro urbano di Avella dove si aveva ragione di ritenere – a seguito delle operazioni condotte in scala 1:25.000 – che il materiale proveniente da monte si "traducesse" soprattutto in un fenomeno di trasporto solido (dunque di più specifica competenza del settore idraulico, con il quale instaurare, pertanto, un più stretto collegamento).

Gli elaborati cartografici allestiti (su base topografica datata 1993) sono:

- a) Carta Geolitologica;
- b) Carta degli Elementi Geomorfologici Significativi;
- c) Carta Inventario dei Fenomeni Franosi;
- d) Carta degli Elementi Antropici che possono condizionare l'innescò, il transito e l'accumulo delle frane da scorrimento/colata rapida;



e) Carta degli Scenari di Suscettibilità;

f) Carta preliminare degli Scenari di Rischio su base Geomorfologica (propedeutica a valutazioni di dettaglio da affidare a: indagini geognostiche, controlli puntuali degli interventi già eseguiti, verifica della reali situazione dell'antropico).

Per quanto attiene alla Carta Geolitologica, si sono apportati gli affinamenti del caso per quanto riguarda spessori e la stratigrafia delle coltri piroclastiche.

La carta al punto d) costituisce un utile contributo ad una migliore definizione degli scenari di rischio (anche se ancora perfettibile attraverso ulteriori indagini puntuali sulla struttura attuale dell'urbanizzato).

Alla determinazione degli scenari di suscettibilità (non previsti in convenzione, ma necessari per una completa definizione degli scenari di rischio) ed alla costruzione della carta di sintesi di cui al punto f), si è pervenuti facendo tesoro di una serie di dettagliate osservazioni geomorfologiche supportate anche da operazioni di calcolo impostate su dati morfometrici e verificate anche con procedimenti di tipo geotecnico/idraulico. Nella stessa carta, (f) i singoli "beni" ad alto rischio devono considerarsi come segnalazioni di situazioni areali da verificare puntualmente (come da titolo dell'elaborato).

## **2. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

Il territorio comunale di Avella è localizzato nel settore orientale della Piana Campana ed è costituito da una parte montuosa, rappresentata dalla dorsale M.ti di Avella-M.ti del Partenio, e da un'area sub-pianeggiante su cui si è impostato il centro abitato.

I M.ti di Avella sono costituiti prevalentemente da rocce carbonatiche ascrivibili all'unità M.Picentini-M.te Marzano (Bonardi et alii, 1988) e, nelle zone vallive, da breccie di versante più o meno cementate su cui poggiano depositi piroclastici in giacitura primaria e/o secondaria.(Fig. 2). Alla base del versante si riscontra un'area a morfologia sub-pianeggiante su cui insiste il centro abitato e costituita da terreni di origine detritico-alluvionale (ghiaie calcaree da sciolte a debolmente cementate e depositi piroclastici per lo più rimaneggiati a prevalente granulometria sabbio-limoso). Nel complesso questi depositi dello spessore di alcune decine di metri rappresentano i



prodotti di accumulo di più ordini di conoidi attive durante il corso del Pleistocene-Olocene (Di Vito et alii, 1998).

Nella zona di raccordo tra la porzione basale dei versanti e la *piana* è presente una fascia a debole pendenza costituita da una spessa coltre di depositi detritico-piroclastici nei quali si rinvencono anche paleosuoli e livelli pomicei in sede da riferire essenzialmente alle eruzioni vesuviane di Sarno (17.000 anni fa), Ottaviano (8000 anni fa) ed Avellino (3500 anni fa –Fig.2.). In alcuni settori di quest'area, soprattutto in corrispondenza di impluvi, sono stati rinvenuti depositi detritico piroclastici rimaneggiati da riferire ad antichi depositi di frana.

## **2.1 Geologia dell'area in studio**

In considerazione delle finalità dello studio ed in accordo con quanto previsto in convenzione, è stato realizzato un rilevamento di campagna utile per una stima indicativa degli spessori delle coltri piroclastiche. Si è inoltre evidenziato se le stesse coltri poggiano su depositi cretacei (calcari) o quaternari (brecce cementate, detrito e ghiaie dei depositi clastici di conoide e/o di versante. (Figg.3-4-5-6)

Durante la fase di raccolta dati si è posta particolare attenzione alla ricerca di tagli (artificiali e naturali) che consentissero la valutazione degli spessori delle coltri.

I tagli, opportunamente puliti ed ampliati, hanno consentito di descrivere i caratteri salienti del deposito:

- tipo di deposito (suolo, colluvioni, cumuli di frana, etc.);
- presenza di livelli pomicei;
- spessore dei singoli livelli;
- evidenze di rimaneggiamento;
- unità di appartenenza vulcanica (ove possibile).

Per ovvi motivi, non è stato possibile in questa fase ricorrere ad indagini di campagna (profili penetrometrici, trincee, pozzetti esplorativi, etc.) che avrebbero sicuramente fornito valori più precisi sull'entità dello spessore delle coltri piroclastiche.











I terreni di copertura sono costituiti prevalentemente da cineriti più o meno pedogenizzate, da sabbie piroclastiche e da livelli di pomici spesso rimaneggiati.

Di seguito sono descritte le cinque classi in cui sono stati accorpati i depositi piroclastici con riferimento agli spessori e alla natura del substrato:

- **classe A:** < 0.50 m - coperture di limitato spessore, ma generalmente continue, costituite da terreni piroclastici sciolti e spesso pedogenizzati. Il substrato non è affiorante tranne che in limitati settori;
- **classe B:** 0.50 ÷ 2.00 m - coperture di limitato spessore, ma generalmente continue, costituite da terreni piroclastici sciolti (limo-sabbioso-argilloso) e localmente pedogenizzati. Si rinvencono livelli di pomici discontinui, in sede o rimaneggiati;
- **classe C:** 2.00 ÷ 5.00 m - terreni piroclastici prevalentemente rimaneggiati e pedogenizzati nella porzione più superficiale con intercalazioni di lenti decimetriche di pomici e livelli di ghiaie di natura calcarea;
- **classe D:** 5.00 ÷ 20.00 m - terreni piroclastici pedogenizzati nella porzione più superficiale. Nel deposito, a più altezze, si rinvencono intercalati strati di pomici più o meno rimaneggiati a scarsa matrice, livelli di ghiaia di natura calcarea e paleosuoli. In corrispondenza delle conoidi si rinvencono lenti di pomici rimaneggiati sub-arrotondate di diametro variabile da alcuni mm a qualche cm, intercalate a livelli lenticolari di ghiaie di natura calcarea in matrice piroclastica più o meno abbondante.

Dalla lettura dell'elaborato può evincersi che:

- La % del substrato carbonatico affiorante è 8÷10 %
- Le classi di spessore più diffuse lungo i versanti sono quelle comprese tra 0 ÷ 0,5 e 0,5 ÷ 2,0; solo in alcune aree con pendenze più basse si sono rinvenuti spessori maggiori.
- Nell'area di piana e in parte della fascia di raccordo con la piana stessa lo spessore rilevato è compreso tra 2,0 ÷ 5,0.
- Lungo le incisioni vallive lo spessore si azzera o è inferiore a 50cm.
- l'unica sorgente è ubicata nell'estremo settore nord-occidentale ad una quota di circa 700 m s.l.m.

## 2.2 Geomorfologia dell'area in studio

I versanti dei M.ti di Avella rappresentano tipici versanti di faglia, evoluti secondo il modello di “slope replacement”, reincisi trasversalmente da impluvi torrentizi, in alcuni casi anche molto incisi e caratterizzati da testate a ventaglio poco sviluppate. Lungo tali versanti in roccia calcarea con copertura di materiale piroclastico con spessori variabili, si osservano pareti verticali a controllo strutturale o dovute a morfoselezione. Sulla sommità e lungo i versanti sono stati identificati lembi relitti di antiche superfici di erosione a debole pendenza ( $< 10^\circ$ ).

Nel settore pedemontano sono state riconosciute: una fascia *detritico-colluviale* costituita da materiale prevalentemente ghiaioso di varia granulometria, proveniente dalla disgregazione del complesso calcareo e una doppia generazioni di conoidi di origine detritica-piroclastica e alluvionale incastrate tra loro ed accresciutesi, almeno in parte, per colate detritico-fangose tardo pleistoceniche ed oloceniche.(Fig.6) Sono stati individuati altresì lobi e canali distributori più recenti, di probabile età storica.

Altre “forme” significative sono quelle fluvio-torrentizie e di versante legate a dilavamento. In particolare lungo i versanti sono stati individuati settori geometricamente regolari caratterizzati dalla quasi totale assenza di incisioni lineari e settori invece caratterizzati dalla presenza di uno o più bacini imbriferi fluvio-torrentizi. Questa distinzione nel versante è importante ai fini delle caratteristiche evolutive e della modalità di distribuzione del cumulo delle frane da scorrimento-colata rapida (di tipo “triangolare” nel primo caso, “incanalate” nel secondo).

Con riferimento all'idrografia dell'area sono stati cartografati gli impluvi torrentizi considerati potenziali vie di transito delle colate rapide di fango. Essi sono stati differenziati in base al grado di ramificazione, alla entità di incisione, alla natura del substrato. Si è infine evidenziata la presenza dei punti in cui si notano brusche variazioni di direzione (anomalie del reticolo idrografico) in corrispondenza delle quali il materiale di frana potrebbe abbandonare l'alveo.

Gli impluvi presenti lungo i versanti impostati su substrato calcareo sono stati distinti in:

- impluvi poco gerarchizzati su rocce calcaree, (caratterizzati dalla presenza di un ventaglio di testata molto poco sviluppato);

- impluvi molto incisi in rocce calcaree sub-affioranti;

Nei depositi detritici e di conoide della fascia pedemontana sono stati distinti impluvi in erosione lineare accelerata.

Particolare rilievo è stato dato all'alveo del T. Clanio in quanto recapito di molti impluvi prossimi all'abitato di Avella e alle forme ("scarpate") del fosso impostato in terreni detritico-piroclastici (in quanto potenziali sedi di frane da crollo e scorrimento).

### 3. L'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI

Nel settore di versante scelto come area campione sono state individuate due tipologie di frana:

- *frane da scorrimento–colata rapida;*
- *frane da crollo.*

I fenomeni franosi riconducibili alla prima tipologia sono di gran lunga i più rappresentativi; alcuni di essi si sono verificati la sera del 5 maggio 1998 (Fig.7-8) ed hanno coinvolto il materiale detritico-piroclastico di copertura del rilievo carbonatico.

Il rilevamento geologico di superficie, unitamente all'acquisizione di dati bibliografici, ha consentito il riconoscimento e la delimitazione di quattro frane principali da scorrimento colata-rapida di tipo incanalato. In esse sono state distinte la zona distacco-scorrimento e la zona di accumulo. In tutti i casi il materiale mobilizzato, dopo un primo tratto di scorrimento sul versante, si è incanalato in un impluvio defluendo verso valle nel settore delle conoidi detritico-alluvionali. Le quote di innesco variano da un massimo di circa 900 m (frana n. 10), ad un minimo di circa 400 m (frana n. 8). Gli spessori iniziali coinvolti dal movimento sono inferiori ai 2 m.

Sulla carta inventario delle frane sono state riportate le direzioni di deflusso della parte terminale più fluida del cumulo, localizzate principalmente lungo alcuni tratti stradali e dove la frazione detritica è meno rilevante rispetto alla fase liquida.

La frana più significativa, soprattutto per i volumi di materiale interessati, è la n. 13. Essa presenta uno sviluppo in lunghezza di circa 1250 m, con la zona di distacco localizzata ad una quota di circa 780 m s.l.m. Il cumulo ha invaso la strada alla base del versante, ad una quota di circa 330 m s.l.m.

Un'altra tipologia di frana presente nell'area di studio è rappresentata dai crolli in roccia. Il distacco di un blocco roccioso di grosse dimensioni si è verificato sul versante





calcareo in sinistra idraulica del Torrente Clanio, in località Capo di Ciesco (frana n. 33); il masso si è arrestato a pochi metri dalla strada. Altri crolli in roccia sono stati rilevati nel settore nord-orientale del versante ad una quota di circa 900 m s.l.m. (frane n. 34 e 35).

Un'attenta analisi delle fotografie aeree ha consentito, infine, l'individuazione di alcune "tracce morfologiche" identificabili, probabilmente, come fenomeni franosi di età non documentata.

#### **4. GLI ELEMENTI ANTROPICI CHE POSSONO CONDIZIONARE L'INNESCO, IL TRANSITO, E L'ACCUMULO DELLE FRANE DA SCORRIMENTO-COLATA RAPIDA**

Tale elaborato non deve essere *visto* come la documentazione puntuale fotografia di tutti i fattori antropici presenti nell'area che possono giocare un ruolo nell'innescò, il transito e l'accumulo delle frane da scorrimento-colata rapida (una stesura oggettiva di una carta tematica di questo tipo avrebbe richiesto almeno il supporto di una base topografica aggiornata e di scala adeguata).

Tuttavia si è ritenuto significativo evidenziare:

- sentieri e strade rilevati nei settori medio-alti dei versanti;
- alvei-strada;
- corsi d'acqua imbrigliati (T. Clanio);
- strutture che riducono la luce naturale dell'alveo dei corsi d'acqua che tagliano i versanti (attraversamenti, ponti, ecc.);
- tratti stradali della fascia pedemontana, generalmente, perpendicolare al versante, potenziali vie di transito del materiale franato;
- tratti stradali, potenzialmente sede di fenomeni di sovralluvionamento;
- vasche, scarpata e piazzale di cava.

I tagli artificiali non protetti scavati per la realizzazione di sentieri in tratti di versante medio-alti a forte pendenza ed in particolar modo in adiacenza alle testate di impluvio possono risultare infatti fattori determinanti per l'innescò. Gli alvei-strada ed i tratti



stradali della fascia pedemontana perpendicolari al versante possono incanalare e veicolare le masse in movimento verso settori vallivi del centro abitato.

## **5. SCHEMA DI CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA**

I monti Avella, Pizzone e P.zo d'Alvano sono parte di un articolato sistema orografico esteso dalla valle Caudina, a nord, fino alla depressione morfologica che accoglie il T. Solofrana, a sud (Fig. 9).

Si tratta di rilievi a litologia prevalentemente calcarea dotati di elevata permeabilità secondaria: l'infiltrazione efficace di origine meteorica è pertanto assai significativa anche in ragione dell'elevato modulo pluviometrico medio locale.

L'assenza di significativi impermeabili intercalari fa sì che l'infiltrazione non si frazioni in senso verticale ad alimentare molte sorgenti distribuite a quote diverse lungo i versanti, ma concorra ad alimentare, in maniera prevalente, cospicue falde di base.

Il recapito principale di queste ultime è rappresentato dalle sorgenti di Cannello e di Sarno tutte affioranti alla quota di 30 m s.l.m. ed ubicate al piede dei rilievi verso la Piana Campana s.l. (NICOTERA & CIVITA, 1969/a; NICOTERA & CIVITA, 1969/b; CIVITA et alii, 1970). Tale situazione si deve all'azione di soglia di permeabilità, più o meno stagna, rappresentata proprio dai depositi piroclastici e alluvionali della Piana.

Verso nord (zona della Valle Caudina) le falde di base sono invece più efficacemente tamponate per la presenza di una tettonica compressiva (CIVITA et alii, 1970; CELICO & DE RISO, 1978); lo stesso accade ad ovest, dove i rilievi carbonatici e le falde in essi accolte sono a contatto laterale con depositi arenaceo-argillosi assai poco permeabili.

### **5.1 Zona a nord dell'abitato di Avella**

In questo settore la falda di base non dà origine a sorgenti (che sono invece più a sud-est nella zona di Sarno) ma attiva un travaso sotterraneo verso i depositi detritico-piroclastici della Piana campana. I dati piezometrici rilevati nei pozzi in essa distribuiti (CELICO, 1983; BELLUCCI et alii, 1992) indicano, in prossimità dei rilievi, valori dell'ordine di 30 m s.l.m. (quindi coerenti con le quote delle scaturigini di Sarno e Cannello). E' verosimile poi (non si dispone infatti di misure dirette) che all'interno dei rilievi la piezometrica non sia molto più alta (s.l.m.) in relazione all'elevata permeabilità dei materiali carbonatici che formano l'ossatura di tali rilievi. In tali condizioni la



circolazione idrica sotterranea basale non ha alcuna influenza sui fenomeni di dissesto per la notevole profondità, rispetto al p.c., alla quale essa si sviluppa.

Nella zona di interesse è presente una piccola sorgente a quote superiori rispetto alla falda di base. Si tratta di una scaturigine di ridotta portata (< 2 l/s) che effluisce a circa 650 m s.l.m., in corrispondenza di un'incisione sul versante. La sua origine è verosimilmente da ricondurre a locali variazioni di permeabilità verticale nell'ambito dei carbonati del rilievo ed all'azione di tamponamento, più o meno efficace, esercitata dalla coltre piroclastica giustapposta ai versanti.

Questo dato deve essere utilmente approfondito operando su area vasta in diverse direzioni quali: a) censimento delle sorgenti in quota e dei pozzi alti poco profondi; b) analisi di dettaglio (idrogeologica e strutturale) di tutte le principali incisioni sui versanti; c) monitoraggio della portata di taluni, più significativi, punti d'acqua.

## **6. SCENARI DI SUSCETTIBILITA'**

In questo elaborato sono state differenziate le aree suscettibili a fenomeni di **innesco e di transito** di frane, le aree suscettibili **all'invasione ed accumulo**, ed infine quei settori potenzialmente soggetti a fenomeni di trasporto solido e sovralluvionamento; questi ultimi possono essere considerati al confine con le competenze del settore idraulico. Questa "carta" è stata prodotta utilizzando le informazioni delle carte già illustrate (geolitologica, geomorfologica, censimento fenomeni franosi, elementi antropici) alle quali si farà spesso riferimento nella descrizione dei singoli ambiti di suscettibilità.

*Zone suscettibili all'innesco di frane da colata rapida di fango e/o frane da scorrimento/crollo in materiale detritico piroclastico*

Rappresentano i settori di versante calcareo con spessori della coltre piroclastica superiore ai 0.5m (vedi carta geolitologica) ove si possono innescare frane da colata rapida (incanalte e non) anche di notevoli dimensioni (alcune decine di migliaia di m<sup>3</sup>).

Sono stati esclusi: le aree a debole pendenza delle superfici sommitali, i ripiani intermedi e gli accumuli detritico-colluviali pedemontani (vedi carta geomorfologica).

Localmente, soprattutto lungo settori a maggiore pendenza (tagli, scarpate) si ritiene possibile l'innescò di fenomeni di esigue dimensioni (scorrimenti/crolli nella coltre piroclastica).

Nell'area di studio la "classe" di suscettibilità sopra descritta corrisponde a gran parte del versante studiato.

#### *Zone suscettibili all'innescò di frane da crollo in calcari e breccie cementate*

Rappresentano aree di limitata estensione localizzate in corrispondenza di cornici e scarpate di morfoselezione (vedi carta geomorfologica) per lo più localizzate nei settori prossimi allo spartiacque del M.te Tupper Tuotolo. Gli eventuali inneschi dovrebbero coinvolgere volumetrie limitate (pochi m<sup>3</sup>) e non interessare direttamente il centro abitato. Tuttavia essi impattando sui sottostanti versanti in piroclastiti, ed in particolari condizioni idrologiche ed idrogeologiche, potrebbero favorire l'innescò di frane da colata rapida di fango.

Altro settore suscettibile all'innescò di frane da crollo in calcare è localizzato lungo il rilievo in sinistra orografica del Torrente Clanio, mentre crolli in breccie cementate sono possibili lungo le pareti in destra orografica dello stesso.

#### *Zone suscettibili prevalentemente, all'invasione di frane da colata rapida di fango e/o apporto di materiale detritico piroclastico*

Sono quelle considerate le potenziali aree di accumulo di corpi di frana da colata rapida.

Il limite superiore (zona più a monte) di questo settore corrisponde alla prima rottura di pendenza localizzata alla base del versante (dove le carte geologiche e geomorfologiche evidenziano i primi accumuli di frane, di materiali di conoide e detritico colluviali).

Il limite inferiore (zona più a valle) è stato identificato con una operazione di calcolo e cioè adoperando un fattore di moltiplicazione che deriva dall'analisi morfometrica di circa 40 frane del M. Pizzo d'Alvano e della Penisola Sorrentina <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Trattasi di un approccio ancora in corso di approfondimento presso la comunità scientifica e, dunque, da verificare in futuro come di seguito indicato

E' stato notato infatti che esiste, in questi contesti, una proporzionalità tra il dislivello (calcolato tra la zona di innesco delle frane e la prima rottura di pendenza alla base del versante) e lunghezza del cumulo di frana.

Più in particolare distinguendo le frane da colata rapida incanalate da quelle che si propagano su versanti regolari sono stati individuati per il primo caso valori medi delle lunghezze dei cumuli pari a 1,8 volte i dislivelli. Per il secondo caso invece il fattore di moltiplicazione è più basso e pari a 0.9.

Il limite inferiore della zona di invasione è stato dunque tracciato tenendo conto innanzitutto delle informazioni della carta geomorfologica che differenzia infatti i settori di versante regolari da quelli in cui le frane si possono canalizzare. Quindi per ogni diverso settore sono stati eseguiti numerosi profili ipotizzando la quota d'innesco più alta possibile (fornita dalla carta geolitologica per la presenza di coperture piroclastiche). Una volta calcolati i dislivelli per i vari profili, essi sono stati moltiplicati per 1.8 (nel caso dei versanti potenzialmente interessati da frane incanalate) e per 0.9 per i versanti regolari. I valori ottenuti rappresentano le lunghezze massime dei cumuli calcolate a partire dalla prima rottura di pendenza del versante.

All'interno o in vicinanza del limite inferiore della zona suscettibile all'invasione da colata rapide di fango è stata indicata sulla carta *“il limite morfologico delle conoidi storiche o recenti”*.

Quando questo limite ricade nei settori più a valle delle aree di suscettibilità all'invasione ricavate dal calcolo (“dislivello – lunghezza del cumulo”) esso definisce un settore che statisticamente non dovrebbe essere interessato da frane ma nel quale sono ancora riconoscibili morfologicamente gli apparati esterni delle conoidi. Tale settore è stato definito quindi come *“area ove risulta necessaria una campagna di indagini geognostica per meglio tracciare il limite di massima invasione delle frane da colata rapida”*.

Nelle aree suscettibili all'invasione sono stati anche evidenziati i *“settori ove il materiale di frana incanalato può abbandonare l'imphuvio per anomalie del reticolo idrografico o per bruschi restringimenti dell'alveo”*. Sono punti indicati sulla carta geomorfologica in quanto ad essi possono corrispondere deviazioni del naturale percorso del materiale in frana.

Sono stati indicati infine i “*tratti stradali sede di possibile canalizzazione ed avanzamento del cumulo di frana*” (strade molto larghe, generalmente in discesa, localizzate alla base e perpendicolarmente al versante).

#### *Zone suscettibili a fenomeni di trasporto solido lungo alvei strada*

Sono localizzate a ridosso di sentieri e/o strade che rappresentano la continuazione verso valle di impluvi e che veicolano il materiale in transito verso le aree del centro abitato. Gli alvei-strada in concomitanza di forti precipitazioni possono fungere da collettori di acque e detrito provenienti dai settori più acclivi del versante. Il materiale (fango, pietrame calcareo, vegetazione *s.l.*) che defluisce dai pendii dei rilievi calcarei può trovare facile transito verso il centro abitato.

#### *Zone suscettibili a fenomeni di sovralluvionamento*

E' stata indicata un'area nelle vicinanze del torrente Clanio (località Fusaro) esposta a eventi di tipo idraulico.

Tali eventi, da valutare in dettaglio con studi di settore, possono insorgere perché il T. Clanio in questo settore presenta una riduzione della luce dell'alveo per la presenza di un ponte. Nello stesso punto il Clanio presenta un improvviso “gomito” e scorre in vicinanza di una strada che, in caso di esondazione, può fare da collettore verso il centro abitato.

## **7. SCENARI DI RISCHIO**

Alla carta del rischio si è pervenuti attraverso la sovrapposizione della carta degli scenari della suscettibilità (quale elemento descrittivo della pericolosità) con gli insediamenti urbani e le infrastrutture esistenti (elementi esposti al rischio).

In mancanza di una conoscenza aggiornata del tessuto urbano, la perimetrazione è stata effettuata tenendo conto dell'urbanizzato e della rete infrastrutturale riportata sulla base topografica utilizzata per le altre tematiche di base, fornita dal comune e aggiornata al 1993.

## 7.1 I diversi scenari di rischio

L'intersezione delle carte di cui sopra, ha portato alla individuazione delle seguenti aree:

- *aree a rischio per frane da scorrimento-colata e/o apporti detritico piroclastici da alluvionamento e/o da fenomeni da crollo (T. Clanio)*, ricadenti nei contesti della carta della suscettibilità indicati come zone suscettibili all'innescio o all'invasione di frane da colata rapida di fango e/o scorrimento/crollo, a fenomeni di trasporto solido lungo alveo-strada, ove sono presenti agglomerati urbani in maniera concentrata o diffusa nonché infrastrutture e rete viaria principale e secondaria.
- *aree di alta attenzione interessate da frane con intensità elevata e/o apporti detritico-piroclastici da alluvionamento*: corrispondenti alle zone con alta suscettibilità a franare che però non intersecano beni e in generale elementi esposti a rischio.
- *aree potenzialmente interessate da frane da scorrimento/colata e/o apporti detritico piroclastico da alluvionamento*: corrispondenti con una fascia compresa tra il limite di massima avanzata delle frane di scorrimento/colata e quello delle conoidi recenti. Questa fascia nasce dalla impossibilità di ben definire con esattezza i limiti inferiori sia per le frane che per le conoidi (per mancanza di notizie riguardanti eventi del passato e per l'assenza di evidenze morfologiche).
- *aree potenzialmente soggette a fenomeni di allagamento e/o trasporto solido ove sono necessari approfondimenti di tipo idraulico*: corrispondenti ad una fascia lungo il torrente Clanio in località il Fusaro esposta a potenziali fenomeni di esondazione. Il limite dell'area è tratteggiato (limite presunto) perché la effettiva valutazione del rischio e la relativa zonazione dipende da approcci di tipo idraulico.

Nello stralcio in scala 1.10.000 allegato alla Carta preliminare degli scenari di rischio e relativa all'abitato di Avella, sono stati evidenziati i tratti stradali che hanno subito allagamenti e/o trasporto solido nel corso dell'evento alluvionale del novembre 1997. La conoscenza di questo dato ha consentito di delimitare, un'area suscettibile a fenomeni di allagamento e/o trasporto la cui esatta perimetrazione richiede, anche in questo caso, approfondimenti di tipo idraulico.

## **8. AZIONI DA INTRAPRENDERE NELL'AREA**

### **8.1 Generalità**

Le zone individuate nella presente relazione presentano scenari di franosità che richiedono la messa in opera di azioni finalizzate alla mitigazione del rischio, come indicato nel capitolo 3 della Relazione Generale. D'altro canto, come già chiarito nel paragrafo 2.3 R.G., si ritiene che la mitigazione del rischio debba essere parte di un processo dinamico e di continuo approfondimento, che si basa sulla progressiva conoscenza del territorio e dei suoi problemi, e si sviluppa attraverso la messa in opera di azioni mirate, calibrate sulle conoscenze via via acquisite.

Coerentemente con questa filosofia, è opportuno che in tutte le aree ritenute a rischio vengano innanzitutto eseguiti sopralluoghi finalizzati alla verifica puntuale delle condizioni di rischio mediante il controllo dei dati acquisiti con la presente convenzione e rilievi più dettagliati ed approfonditi di quanto non sia stato possibile eseguire nei tempi limitati della convenzione stessa. In particolare, i rilievi già indicati nel paragrafo 3.2 R.G. consentiranno di meglio precisare le informazioni già disponibili.

In questa fase, tali verifiche potranno eventualmente consentire una declassificazione dei livelli di rischio individuati in precedenza, ovvero limitare le aree giudicate suscettibili a franare. Inoltre, come già precisato nel paragrafo 3.2, R.G. potranno essere stabilite dalle scale di priorità tra le varie zone.

Laddove si evidenzino o si confermi l'esistenza di condizioni di rischio incombente, verranno messe in opera le azioni immediate per la mitigazione del rischio già indicate nel paragrafo 3.3 R.G. e, se necessario (quando cioè, anche dopo tali azioni, risulti la permanenza di un rischio residuo), saranno istituiti i presidi territoriali (paragrafo 3.4 R.G.).

Manutenzione (paragrafo 3.5 R.G.), indagini (paragrafo 3.6 R. G), monitoraggio strumentale (paragrafo 3.7 R.G.) ed interventi (paragrafo 3.8 R.G.), saranno tutte le ulteriori attività, elencate in ordine di impegno crescente, che, sulla base degli ulteriori dati via via raccolti, consentiranno all'Autorità di raggiungere l'obiettivo di un reale controllo del territorio. Come si è già avuto modo di precisare, anche tenuto conto della considerevole estensione delle zone classificate a rischio, si ritiene che la manutenzione



continua del territorio e delle opere sia l'azione necessaria e fondamentale per la mitigazione del rischio tramite la quale ridurre gli oneri e, a volte, le incertezze, che comunque permangono anche a seguito di interventi di consolidamento.

Nel seguito si forniscono delle indicazioni di massima sulle possibili azioni da intraprendere in ciascuna delle aree di approfondimento individuate nella presente relazione. Come precisato, tali indicazioni sono naturalmente suscettibili di modifiche in base a tutti i citati approfondimenti che l'Autorità di Bacino dovrà effettuare al termine della presente fase di studio.

I diversi settori del territorio dell'area campione di Avella ove si ritiene necessario eseguire indagini ed installare la opportuna strumentazione, sono rappresentati nella "Carta dei settori da sottoporre ad indagini geognostiche e geotecniche" (Figg. 10 a e b).

In questo elaborato risulta evidente che coesistono nell'area due tipologie di "rischio" : quello da frana (di competenza degli scriventi) e quello idraulico (esondazioni; trasporto solido).

Per quanto attiene al "rischio da frana" è stato possibile individuare nel settore montano, incumbente sul Clanio (in destra del alveo fino al ponte di località Capo di Ciesco) quello di interesse prioritario per l'evidente impatto negativo che potrebbe avere l'occlusione dell'alveo in caso di invasione per fenomeni per colata rapida.

A tale settore può aggiungersi anche (dal punto di vista delle priorità) il tratto di versante in sinistra Clanio (situato a sud del ponte di località Capo di Ciesco) incumbente su un pianoro intensamente urbanizzato.

L'ampio versante che si sviluppa subito ad occidente del primo è molto meno urbanizzato e d'altra parte offre vari esempi di estesi fenomeni di invasione da eventi pregressi non facilmente delimitabili (limite inferiore "incerto") né definibili con certezza in quanto a tipologia (trasporto solido prevalente e/o lobi di colate).

Queste conclusioni suggeriscono di per sé le tipologie e la intensità del programma di indagini geognostiche (di cui al paragrafo successivo).

Per quanto attiene più direttamente ai fenomeni di tipo idraulico, essi riguardano soprattutto l'asta del Clanio (che attraversa tra l'altro l'abitato di Avella) e taluni settori a nord dell'abitato (ricadenti al limite meridionale dell'ampia fascia pedemontana).

E' opportuno osservare che gli elaborati cartografici costituiscono un riferimento necessario ma non esaustivo ai fini della programmazione delle indagini. L'effettiva



estensione e quantificazione di queste non può che scaturire da un progetto esecutivo che dovrà essere redatto tenendo conto della disponibilità economica e delle finalità che con queste indagini si intendono perseguire.

## **8.2 Programmi di interventi (strutturali e non strutturali) per la mitigazione del rischio.**

### Colate rapide detritico fangose

Nell'area sono presenti fenomeni del tipo colate rapide di fango nei due settori già sopra indicati:

- **quello occidentale, in cui i fenomeni attesi interessano aree praticamente disabitate con infrastrutture viarie pressoché assenti;**
- **quello orientale in cui nelle aree interessate è presente il corso d'acqua del T. Clanio.**

In entrambi i settori per difficoltà oggettive di accesso l'individuazione delle situazioni locali di potenziale instabilità che comportino pericolo imminente non può ritenersi esaustiva, come, non possono escludersi situazioni di pericolo in ambiti differenti da quelli evidenziati in questa sede. Tali situazioni andranno individuate attraverso i sopralluoghi da svolgere nelle successive fasi a carico dell'Autorità di Bacino.

I sopralluoghi dovranno, inoltre, consentire di stabilire una priorità tra le varie zone considerate suscettibili di frana e di programmare le ulteriori attività per la mitigazione del rischio.

Gli elementi raccolti indicano che anche per tale area è opportuna l'istituzione di un presidio territoriale che svolga tutte le azioni indicate nel paragrafo 3.4. R.G. e che, ovviamente, analizzi sia gli scenari di rischio trattati in questo paragrafo che in quello successivo. L'attività di presidio sarà fortemente condizionata dall'accessibilità dei luoghi e richiederà, magari sporadicamente, rilievi da elicottero e con l'utilizzo di binocoli.

Nell'ipotesi che i sopralluoghi e/o il presidio territoriale confermino puntualmente le situazioni di rischio già individuate nel presente studio, le attività immediatamente eseguibili per la mitigazione del rischio dovranno comprendere:

- a) la rimozione, completa o parziale, di materiale colluviale accumulato nei canali in

- quota e comunque in tutte le aree soggette ad importanti afflussi idrici capaci di mobilitare gli accumuli, specie se esse sono caratterizzate da elevata acclività;
- b) la pulizia e la eventuale rimozione di ostruzioni lungo le opere di canalizzazione delle acque presenti sul territorio;
- c) la costruzione di opere idrauliche di regimazione delle acque superficiali con lo scopo di ridurre la possibilità della mobilitazione degli accumuli presenti nei canali.

Naturalmente, sulla base dei rilievi puntuali effettuati nel corso dei sopralluoghi e delle informazioni fornite dal presidio territoriale, in questa fase verranno rapidamente riabilite, o ricostruite, tutte le opere di consolidamento (tipicamente, muri di sostegno o opere idrauliche di modesto impegno) già presenti sul territorio e caratterizzate da degrado.

Laddove si riconosca l'opportunità di progettare interventi di stabilizzazione, andranno eseguite specifiche indagini. In particolare, tali indagini potranno comprendere:

- foto aeree e rilievi topografici di superficie per la redazione della cartografia necessaria per la rappresentazione del territorio nelle aree di interesse;
- rilievo degli spessori delle coperture mediante indagini geofisiche, esecuzione di pozzetti e trincee, prove penetrometriche (preferibilmente con penetrometro statico se trasportabile altrimenti con penetrometro leggero tipo DL030), eventuali sondaggi;
- quando sia possibile eseguire pozzetti, trincee o sondaggi si dovrà prevedere il prelievo di campioni indisturbati di terreno da sottoporre a prove di laboratorio;
- prove in sito (prove penetrometriche e di permeabilità) per la misura delle proprietà idrauliche e meccaniche dei terreni;
- eventuale installazione di estensimetri ed inclinometri per la misura delle deformazioni e degli spostamenti superficiali e profondi delle coltri di copertura;
- installazione di un telepluviometro;
- prove di laboratorio su campioni indisturbati per la determinazione delle proprietà fisiche generali, della deformabilità e della resistenza al taglio; attesa la notevole influenza della suzione sulla risposta meccanica di tali materiali, potrebbe essere utile procedere ad una specifica sperimentazione.

E' appena il caso di osservare che gli spessori di terreno piroclastico, oltre che la loro posizione lungo il pendio, forniscono una importante indicazione sulla possibilità che il

versante sia interessato da colate detritico-fangose sono, inoltre, un fondamentale dato per il progetto di opere di difesa passiva di insediamenti e manufatti.

La misura delle pressioni neutre, potrà fornire utili dati sulla risposta delle coperture piroclastiche agli eventi meteorici e sulla evoluzione delle loro condizioni di sicurezza (come è noto, strettamente legate al regime delle pressioni neutre).

Mediante la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni (tramite prove in sito e di laboratorio) sarà possibile quantizzare il margine di sicurezza delle coperture (spesso modesto) e, con i dati sulle pressioni neutre, la sua evoluzione temporale.

Il monitoraggio, infine, dovrà consentire di predisporre sistemi di allarme.

E' possibile che, a seguito delle indagini di dettaglio, si riconosca la necessità di interventi di consolidamento da realizzare in determinate aree incombenti su zone vulnerabili.

Esse potranno includere principalmente:

- vimate o qualsiasi altro intervento di tipo idraulico-forestale finalizzato alla limitazione dei fenomeni di erosione ed al sostegno di modesti volumi di terreno;
- opere idrauliche per la regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- briglie con funzione attiva o passiva;
- barriere ovvero canali di deviazione del flusso.

Più in particolare:

- nel primo settore (quello occidentale) appare possibile operare il controllo e la rimozione (manutenzione) dei depositi detritici presenti negli alvei ed installare sistemi di allarme basati sul rilievo delle precipitazioni piovose e sull'entità delle pressioni neutre negative e positive che si instaurano all'interno della coltre piroclastica; tali sistemi dovrebbero consentire la chiusura tempestiva delle strade e l'evacuazione dei pochi insediamenti presenti nelle aree di possibile invasione;
- nel secondo settore appare importante mettere in essere sistemi che impediscano la canalizzazione dei flussi piroclastici all'interno dell'alveo del T. Clanio. Infatti, nell'ipotesi di colate che si incanalano nell'alveo del Clanio è possibile avere l'invasione dell'abitato da parte di tali eventi. L'orografia dei luoghi si presta ad individuare aree in cui accumulare i volumi delle colate rapide, infatti la valle in più

punti si presenta alquanto stretta e quindi, mediante la costruzione di opportuni sbarramenti, dovrebbe essere possibile ottenere vasche di sedimentazione, briglie selettive ecc.

**I RESPONSABILI SCIENTIFICI**

*Prof. Geol. Roberto de Riso*

*Prof. Ing. Giovanni Fenelli*

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BONARDI G., D'ARGENIO B., PERRONE V. (1988) -*Carta geologica dell'Appennino Meridionale in scala 1: 250.000*. Mem. Soc. Geol. It., 41.
- BUDETTA P., CELICO P., CORNIELLO A., DE RISO R., DUCCI D., NICOTERA P. (1994) – *Carta idrogeologica della Campania 1/200.000 e Mem. Illustrativa*. Atti IV Conv. Int. Di Geoingegneria., Torino.
- CELICO P., DE RISO R. (1978) - *Il ruolo della Valle Caudina nella idrogeologia del Casertano e del Sarnese (Campania)*. Memorie e Note Istituto Geologia Applicata, Facoltà di Ingegneria, Università di Napoli, 14.
- CELICO P., DE RISO R. (1978) - *Il ruolo della Valle Caudina nella idrogeologia del Casertano e del Sarnese (Campania)*. Memorie e Note Istituto Geologia Applicata, Facoltà di Ingegneria, Università di Napoli, 14.
- CELICO P. (1983) – *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania)* – Quaderni CASMEZ n. 4/2, Napoli.
- CIVITA M., DE RISO R., LUCINI P. & NOTA D'ELOGIO E. (1975) - *Studio delle condizioni di stabilità dei terreni della Penisola Sorrentina*. Geol. Appl. e Idrogeologia, 10, 129-188.
- CIVITA M., DE RISO R., NICOTERA P. (1970) - *Sulla struttura idrogeologica alimentante le sorgenti del F. Sarno e le falde pedemontane profonde della parte sud-orientale della Conca Campana*. Conv. Int. Acque Sotterranee, Palermo.
- CORNIELLO A. (1994) – *Lineamenti idrogeochimici dei principali massicci carbonatici della Campania*. Mem. Soc. Geol. It., 51, Roma.
- CORNIELLO A. (1994) – *Lineamenti idrogeochimici dei principali massicci carbonatici della Campania*. Mem. Soc. Geol. It., 51, Roma.
- DE RISO R., BUDETTA P., CALCATERRA D., SANTO A. (1999)- *Le colate rapide in terreni piroclastici del territorio campano*. GEAM, Torino 133-150.
- DEL PRETE M., GUADAGNO F.M., HAWKINS A.B. (1998)- *Preliminary report on the landslides of 5 may 1998, Campania, southern Italy*. Bull. Eng. Geol. Env. 57: 113-129.
- DI CRESCENZO G., SANTO A (1999) - *Analisi geomorfologica delle frane da scorrimento-colata rapida in depositi piroclastici della Penisola Sorrentina*. Geograf. Fisica e Dinam. Quatern. 22.
- GUADAGNO F. M., PALMIERI M., SIVIERO V. & VALLARIO A. (1988). – *La frana di Palma Campania*. Geologia Tecnica 4, 18-29
- GUADAGNO F.M. (1991) - *Debris flows in the Campanian volcanoclastic soils (Southern Italy)*. Proc. Int. Conf. on “Slope stability engineering developments and applications”, Isle of Wight, 109-114.
- LIRER L. (1998) – *Carta Geolitologica della provincia di Napoli*” – Rapporto conclusivo convenzione CIRAM-prov.di Napoli.
- NICOTERA P., CIVITA M. (1969/a) - *Indagini idrogeologiche per la captazione delle sorgenti S. Marina di Lavarate*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl. Univ. Napoli, 11.
- NICOTERA P., CIVITA M. (1969/b) - *Ricerche idrogeologiche per la realizzazione delle opere di presa delle sorgenti Mercato e Palazzo (Sarno)*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl. Univ. Napoli, 11.