



PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA</p>  <p>S.p.A. CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA nel campo della GEOINGEGNERIA</p> <p>Dott. Ing. G. Cassani Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI SICILIA	SB0097_F0
<i>Tipo di sistema</i>	STUDI DI BASE	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE	
<i>Titolo del documento</i>	ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	

CODICE	C G 0 8 0 0	P	R G	D	S	S B	C 6	G 0	0 0	0 0	0 0	0 6	F0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	F. BOZZANO	F. PENNINO	G. CASSANI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1260 302 1332 324"><i>Rev</i></th> <th data-bbox="1340 302 1428 324"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1260 347 1332 369">F0</td> <td data-bbox="1340 347 1428 369">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

INDICE

INDICE	3
1 Introduzione	5
2 La frana del Vallone Annunziata : aspetti geologici e geomorfologici.....	6
2.1 Contesto geologico locale	7
2.2 Contesto geomorfologico locale	10
2.3 Indagini geognostiche	17
3 Modello geologico evolutivo del versante coinvolto nella frana e considerazioni sul suo meccanismo e sulla sua attività	25
4 Giudizio sull'interazione della frana con le opere di attraversamento in progetto.....	29
5 Bibliografia	30
6 STAZIONE GEOMECCANICA SU AFFIORAMENTO DI ARENARIE E CONGLOMERATI DI SAN PIER NICETO.....	31

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA</p>	<p><i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc</p>		<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Introduzione

La presente relazione ha come oggetto lo studio geomorfologico di dettaglio dell'instabilità gravitativa che coinvolge il versante in destra idrografica del Vallone Annunziata (a nord-est di Messina), presso la località Santissima Annunziata, all'altezza del viadotto di recente costruzione che scavalla Via Fante in prossimità di un centro residenziale costituito da sei stecche di edifici. La succitata instabilità gravitativa è già riportata in documenti cartografici precedenti a questa relazione ed in particolare: 1) risulta già cartografata come "corpo di frana" nella Carta Geologica di Riferimento Sezione C del progetto Preliminare del Ponte sullo Stretto di Messina 1:25000; 2) è parzialmente cartografata nella Carta dei Dissesti n°04 allegata al PAI 2006 della Regione Sicilia come "area a deformazione superficiale lenta" (codice 102-5MS-026); 3) è cartografata come "detrito di frana" nella Carta Geologica della Provincia di Messina 1:50000 Foglio 3 con allegate le note illustrative di Lentini et al., 2008; 4) è riportata come "corpo di frana" nella Carta Geologica dello Stretto di Messina (Sicilia e Calabria) allegata all'Atlante Geologico d'Italia.

Nel settore in oggetto è in progetto la realizzazione di uno svincolo connesso alla viabilità autostradale, che costituisce parte integrante delle opere viarie ad asservimento del Ponte sullo Stretto. In base alle evidenze raccolte nel corso di diversi sopralluoghi condotti nel sito in questione, all'osservazione di foto aeree ed all'analisi delle stratigrafie dei sondaggi meccanici, terebrati dal 17 Aprile 2009 al 26 Giugno 2009 per conto di Eurolink S.C.p.A. e la cui ubicazione è stata definita di concerto con il sottoscrittore consulente, è stato ricostruito un modello geologico-evolutivo del versante in frana che costituisce la base per l'interpretazione del suo meccanismo e del suo attuale stato di attività, ai fini della sua possibile interazione con le opere di attraversamento autostradale in progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 La frana del Vallone Annunziata : aspetti geologici e geomorfologici

Il fenomeno franoso che interessa il Vallone Annunziata, in destra idrografica dell'omonimo torrente ed all'altezza dello svincolo autostradale in progetto nell'ambito delle opere viarie ad asservimento del Ponte sullo Stretto (Fig.1), risulta inserito in un complesso contesto geomorfologico locale che, quale risultato di una evoluzione recente (olocenico-attuale), ha visto succedersi, in forma combinata, diversi agenti morfogenetici, alcuni dei quali sono tuttora efficaci ai fini dell'evoluzione del rilievo. Tali agenti comprendono il mare, le acque dilavanti, il ruscellamento, la degradazione meteorica, l'azione gravitativa e l'intervento antropico.

La lettura delle attuali forme del rilievo mediante una diretta osservazione in sito, un'analisi morfometrica su DEM (Digital Elevation Model del terreno), l'osservazione di foto aeree hanno consentito di associare alle forme osservate l'agente morfologico primariamente responsabile della loro genesi e di valutare in che misura esso abbia abbandonato tali forme cedendole ad altri agenti morfologici che, di conseguenza, ne hanno "ereditato" l'evoluzione.

In base alla sopradescritta metodologia di analisi geomorfologica è stato anche possibile ricostruire la successione temporale dei processi morfogenetici connessi ai diversi agenti che hanno operato sull'evoluzione delle forme del rilievo ed è stato possibile stabilire dei rapporti di consequenzialità e/o di combinazione delle azioni ad essi associate.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Fig. 1 – Localizzazione dell’area di studio nel settore dello Stretto di Messina

Una considerazione preliminare relativa al contesto morfologico oggetto della presente relazione riguarda la sua natura di “unità fisiografica aperta”, nella quale, cioè, non si può considerare esistente un equilibrio di massa connesso alle azioni erosive e deposizionali dato che parte delle masse erose viene condotta al di fuori del sistema deposizionale locale e, dunque, non è necessariamente preservata in loco ai fini della costruzione di ulteriori forme del rilievo. Nello specifico, l’azione erosiva connessa ai diversi agenti morfogenetici considerabili nell’area in oggetto trova, infatti, seguito nell’asportazione di detriti da parte delle acque superficiali e nel loro recapito verso l’adiacente area costiera.

L’attività morfogenetica di cui sopra va necessariamente inquadrata in un contesto geologico di riferimento con il principale obiettivo di associare alla presenza in affioramento ed in profondità di differenti litologie la differenziazione degli effetti connessi ai diversi processi intervenuti nella morfogenesi.

2.1 Contesto geologico locale

La frana del Vallone Annunziata coinvolge prevalentemente depositi conglomeratici (Fig.2)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

passanti verso l'alto a depositi arenaceo-pelitici ascrivibili ai termini serravalliano-tortoniani della Formazione di San Pier Niceto (Lentini, 2008). A tali depositi si sovrappongono, in trasgressione discordante, argille gessifere ascrivibili alla Formazioni evaporitica messiniana.

Ad esse seguono, in successione trasgressiva e discordante, i termini deposizionali di una successione che va dal Pliocene-inferiore al Pleistocene medio e comprende sia termini marnoso-calcarei ascrivibili alla Formazione dei Trubi sia depositi calcarenitico-sabbiosi ricche in gusci di bivalvi ascrivibili alla Formazione delle Calcareniti di S.Corrado.

Solo alla sommità dei rilievi presenti nel settore sudorientale dell'area affiorano depositi trasgressivi e discordanti a composizione sabbioso-ghiaiosa ascrivibili alla Formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina, sottostanti a depositi terrazzati sabbioso-ghiaiosi brunastri di origine marina che, comunque, sono presenti con scarsi spessori.

Il fondovalle del Torrente Annunziata è colmato da alluvioni attuali di spessore non superiore alla decina di metri, mentre sui ripiani terrazzati di origine fluviale si rinvergono depositi alluvionali limoso-argillosi costituiti da ciottoli sub-arrotondati di spessore metrico.

L'area in frana è, inoltre, interessata da faglie che dislocano le succitate formazioni mio-plioceniche la principale delle quali si rileva in corrispondenza del margine nordoccidentale dell'area in frana.

Tale faglia, avente direzione azimutale pari a circa N50° ed inclinazione compresa tra 60° e 70°, origina una visibile scarpata morfologica intensamente degradata che coincide, in buona parte, alla scarpata che delimita il fianco sinistro della frana. La scarpata è interamente costituita da conglomerati ascrivibili alla Formazione di San Pier Niceto la cui giacitura risulta essere circa parallela all'elemento tettonico, con un inclinazione degli strati di circa 70° (Fig.2).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Fig.2 – Affioramento dei termini arenaceo-conglomeratici della Formazione di San Pier Niceto in corrispondenza della scarpata di faglia che coincide con il fianco sinistro della frana del Vallone Annunziata.

In Fig.3 è riportata la proiezione stereografica dall'emisfero inferiore sul piano equatoriale mediante reticolo equiareale di Schmidt dei sistemi di discontinuità rilevati su un affioramento di conglomerati ascrivibili alla Formazione di San Pier Niceto, in corrispondenza della succitata scarpata di faglia. La stessa faglia avrebbe prodotto il ribassamento verso sudest della successione serravalliano-tortoniana, portando in affioramento, in corrispondenza del substrato dell'area di frana, i termini argillosi presenti al tetto della successione stessa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		Codice documento SB0097_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

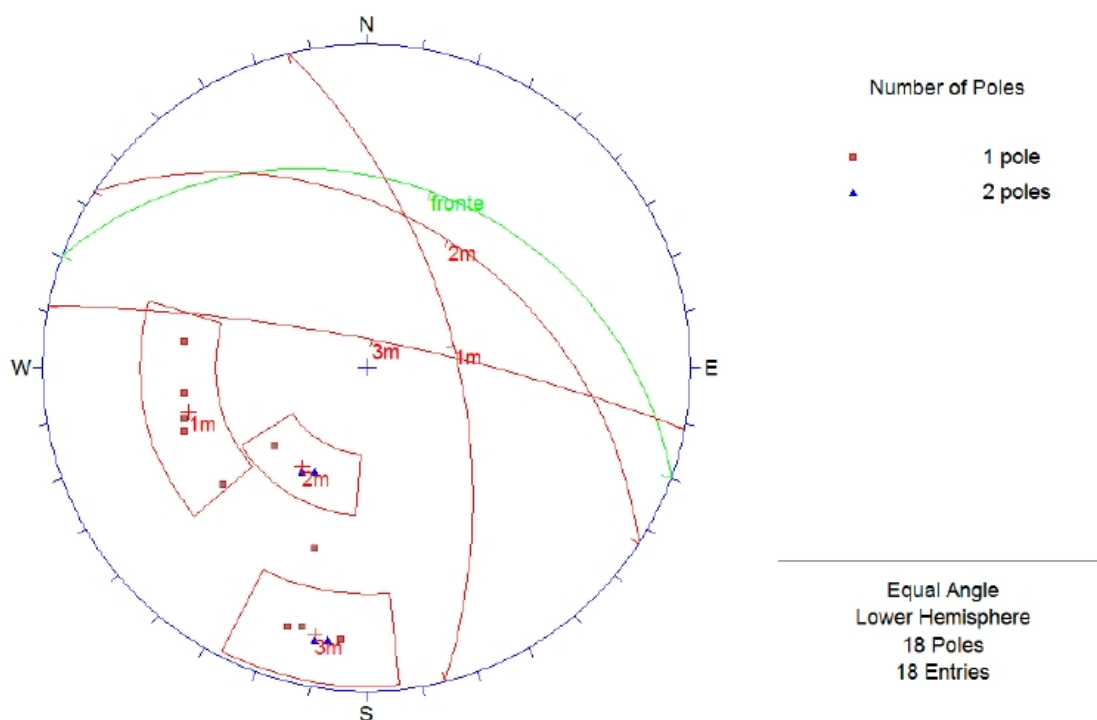


Fig.3 – Proiezione stereografica dall'emisfero inferiore sul piano equatoriale del reticolo equiareale di Schmidt (convenzione azimuthal dip direction/dip) dei sistemi di discontinuità rilevati su un affioramento di conglomerati ascrivibili alla Formazione di San Pier Niceto in corrispondenza della scapata di faglia che delimita in fianco sinistro il corpo di frana del Vallone Annunziata.

In base alle risultanze stratigrafiche derivanti dalle indagini geognostiche condotte per conto di EuroLink S.C.p.A. nei mesi Aprile-Giugno 2009 è, inoltre, possibile ipotizzare almeno un'altra faglia, parallela alla precedente, che ribasserebbe ulteriormente verso sudest la successione pliocenico-pleistocenica, debolmente immergente verso mare, portandola in affioramento all'altezza dell'imbocco della nuova galleria stradale, già realizzata in corrispondenza del versante destro del Vallone Annunziata.

In ogni caso, si rimanda alla relazione geologica di dettaglio prodotta dal consulente EuroLink S.C.p.A. UNI-CT.

2.2 Contesto geomorfologico locale

Il fenomeno franoso che coinvolge il versante destro del Vallone Annunziata in corrispondenza con le opere di attraversamento autostradale in progetto ad asservimento del Ponte sullo Stretto, si

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

inserisce in un sistema vallivo strettamente connesso all'evoluzione della tratta costiera messinese orientata circa NS e facente parte dell'unità fisiografica localizzata all'imbocco nord dello Stretto di Messina.

Il sistema vallivo (Fig.4) rientra nel bacino idrografico del Torrente Annunziata la cui testata è localizzata circa 1.5km più a monte dell'area in oggetto, in corrispondenza dei rilievi dei Monti Peloritani. La lunghezza planimetrica complessiva dell'asta fluviale di competenza del Torrente Annunziata è di circa 3.5 km ed il profilo longitudinale dell'alveo mostra un significativo cambio di pendenza a circa 2.2km dal settore focivo, giusto in corrispondenza dei primi rilievi da collinari a montuosi che contraddistinguono l'entroterra messinese presso la Località Santissima Annunziata.

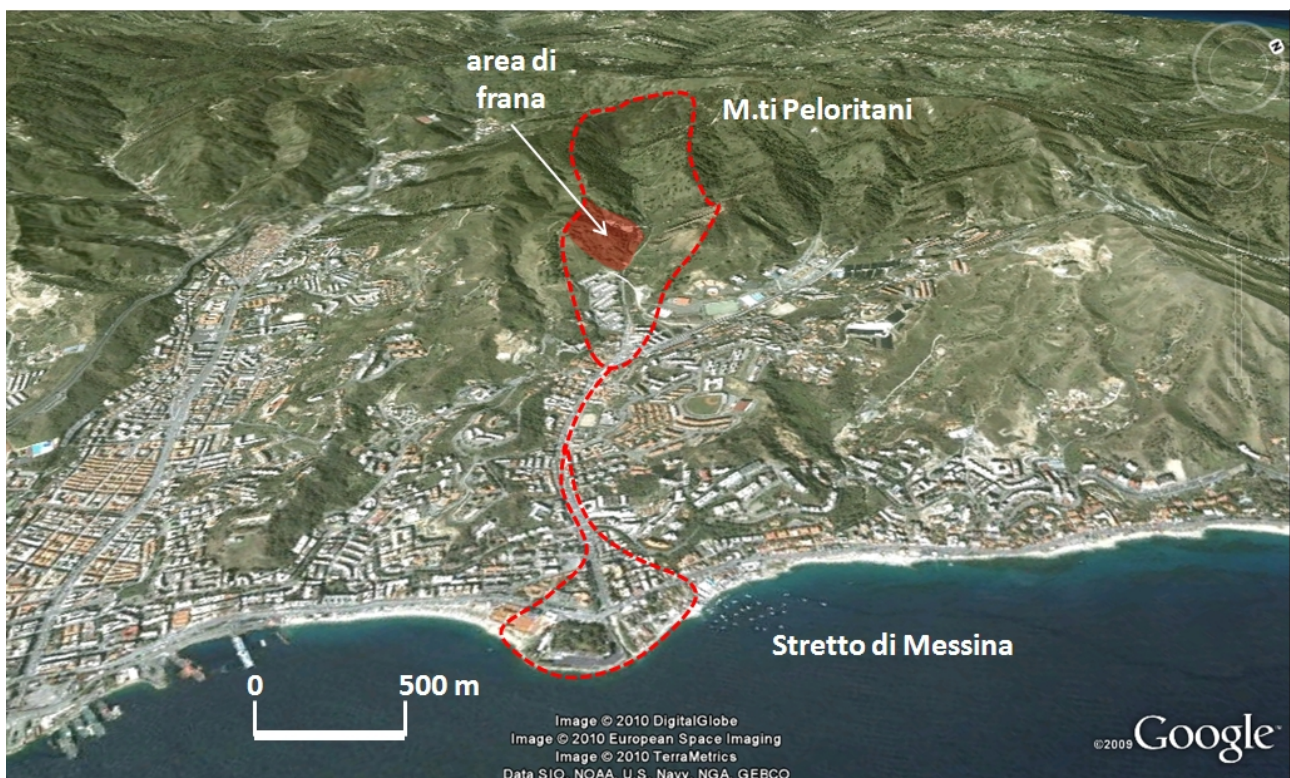


Fig. 4 – Localizzazione dell'area di frana rispetto al bacino idrografico del Torrente Annunziata e vista del suo settore focivo.

Il sistema focivo del Torrente Annunziata è caratterizzato da un delta simmetrico completamente urbanizzato. Procedendo verso monte a partire dalla foce, l'alveo del torrente è tombato per circa 700 m lungo Via Fante, successivamente è incassato in un alveo artificiale per circa 750 m sempre lungo via Fante, nuovamente tombato per circa 350 m fino allo svincolo stradale tra Via Fante e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Via Annunziata, di nuovo incassato in alveo artificiale per i restanti 350 fino al viadotto già realizzato e finalmente é in alveo naturale più a monte.

Il settore vallivo di specifico interesse per il fenomeno franoso in oggetto si estende per circa 450 m a monte del viadotto, di recente realizzazione, che scavalla la viabilità locale; in tale tratto l'ampiezza valliva è di circa 700 m e l'orientazione del fondovalle del Torrente Annunziata all'incirca NW-SE con drenaggio verso sud est (Fig.5).



Fig. 5 – Vista 3D dell'area di frana rispetto al Vallone Annunziata.

L'osservazione geomorfologica condotta mediante sopralluoghi in sito e fotointerpretazione (volo Italia 1988-1989; volo Rocksoil Strisciata 4: fotogrammi 27, 28, 29 Strisciata 5: fotogrammi 44, 45, 46) ha messo in evidenza le caratteristiche del rilievo di seguito elencate.

1. Superfici terrazzate di origine marina, rilevabili in lembi alla quota di circa 240 m s.l.m. sia in destra che in sinistra idrografica della valle;
 2. Superfici terrazzate di origine fluviale, rilevabili in più ordini in destra e sinistra idrografica.
- Più in particolare, si osserva:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> <i>SB0097_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

- a) un esteso terrazzo fluviale (ampio fino a 125 m) in sinistra idrografica del Torrente Annunziata posto ad una quota compresa tra 170 e 160 m s.l.m., digradante verso mare e che porta evidenze di terrazzamento antropico, principalmente nel suo settore nordoccidentale;
 - b) un più ristretto lembo di terrazzo fluviale, posto alla quota di circa 176 m s.l.m., visibile solo in sinistra idrografica del Torrente Annunziata;
 - c) lembi di terrazzo fluviale posti a quote comprese tra 170 e 160 m s.l.m., digradanti verso mare e che portano evidenze di rimaneggiamento antropico e di depositi sovrapposti di origine eluvio-colluviale o di deiezione fluviale;
 - d) una stretta fascia di depositi alluvionali (ampia al più 20 m), localizzati lungo il fondovalle del Torrente Annunziata, che vengono re-incisi dall'attuale deflusso del torrente;
3. Una complessa morfologia da frana che, nel settore vallivo di interesse, coinvolge interamente il settore di versante in destra idrografica del Torrente Annunziata e che si riconduce alle seguenti forme del rilievo:
- a) scarpata sommitale di forma sub-circolare, associata ad una scarpata di degradazione di dislivello massimo di 35 m, alla base della quale sono rilevabili, in più punti, spessi depositi di eluvio-colluvio o di versante (Fig.6);
 - b) presenza di un esteso corpo detritico costituito da ciottoli da spigolosi a subarrotondati in matrice limo-argillosa (solo a luoghi più sabbiosa), parzialmente interessato da rimaneggiamento antropico ed, almeno in parte, terrazzato da movimenti gravitativi (come particolarmente visibile nel settore sudorientale del versante). Tale corpo interrompe per circa 70 m la continuità del terrazzo fluviale posto alla quota di circa 160 m s.l.m. e non presenta evidenze di terrazzamento fluviale attribuibili a ordini gerarchici superiori (rilevabili, invece, in corrispondenza del versante sinistro della valle);
 - c) presenza di una scarpata di origine gravitativa ampiamente degradata e rimodellata dall'arretramento di diverse testate di fosso, orientata circa EW e localizzata nella porzione intermedia del versante in oggetto;
 - d) un sistema di scarpate di dislivello metrico e di forma sub-circolare, che delimitano, nel settore settentrionale del versante in oggetto, ripiani terrazzati in debole contropendenza (Fig.7);
 - e) un corpo di scorrimento-colata delimitato da due incisioni in approfondimento di lunghezza pari a circa 130 m e di ampiezza pari a circa 35 m con alla testata una

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

scarpata di dislivello pari a circa 6 m di forma sub-orizzontale (Fig.8).



Fig. 6 – Vista della scarpata principale della frana antica raccordata al corpo di frana da spessi depositi colluviali e detriti di versante.

4. Diffuse forme di origine antropica tra le quali principalmente si distinguono:
 - a) un'estesa spianata nel settore sudorientale del versante di ampiezza pari a 123 m, che ospita un complesso residenziale abitato;
 - b) diffuse evidenze di terrazzamento ad uso agricolo (soprattutto al di sopra del corpo detritico che si osserva nel settore meridionale del versante);
 - c) scavi connessi ad antiche attività di cava (documentati da ruderi di antiche fornaci e dalla toponomastica locale che fa riferimento a località nominate "Ceramida" o ancora "La Fornace"), localizzati nel settore settentrionale del versante in corrispondenza di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

una spianata morfologica sottoescavata di alcuni metri rispetto alla quota del terrazzo fluviale posta a 160 m s.l.m.. Tale spianata é delimitata da tagli sub-verticali di dislivello metrico, ben visibili lungo il margine settentrionale ed occidentale della spianata stessa. Queste morfologie sono visibili già nelle foto aeree del Volo Italia 1988-1989, ma non è stato possibile risalire ad una loro più esatta collocazione temporale;

5. Forme derivanti da ruscellamento di acque superficiali, che tendenzialmente delimitano i corpi franosi di più recente attivazione o attivi con continuità, sono perlopiù concentrate nel settore settentrionale del versante, dove contribuiscono all'elaborazione per arretramento delle scarpate originariamente di genesi gravitativa ed alimentano ristagni d'acqua alla base dei tagli antropici che delimitano la spianata di cava.



Fig. 7 – Vista dei terrazzi di frana in contropendenza presenti nel settore settentrionale dell'are di frana.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Fig. 8 – Vista del corpo di scorrimento-colata dalla spianata antropica presente alla base del versante di frana; in secondo piano la sonda nella posizione del sondaggio I3.

Per ciò che attiene, più nello specifico, il fenomeno franoso oggetto della presente relazione le sopraelencate osservazioni geomorfologiche sono state associate all'elaborazione di 8 sezioni seriate, di cui 5 longitudinali e 3 trasversali all'area di frana. L'analisi delle suddette sezioni porta alle considerazioni di seguito riportate.

- 1) La scarpata sommitale osservabile in corrispondenza del versante destro del Torrente Annunziata (Fig.6) testimonia l'esistenza di un corpo di frana antico il cui sviluppo longitudinale è di circa 350 m, la cui ampiezza massima è di circa 280 m, il cui massimo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

spessore, deducibile da sezione, è pari a circa 25 m ed il cui piano di appoggio coinciderebbe con la superficie deposizionale di origine fluviale, posta a 170-160 m s.l.m. che quale risulta estesa e continua nel versante sinistro della valle e, di contro, discontinua e ben più limitata in quello destro.

- 2) Il corpo detritico associabile all'antica frana, di cui al precedente punto 1), avrebbe coinvolto i termini della successione serravalliano-tortoniana, nel settore settentrionale del versante, ed i termini della successione plio-pleistocenica (comprese le stesse Calcareni di S.Corrado che, infatti, si osservano ribassate di qualche decina di metri nel settore), nel settore più meridionale del versante stesso.
- 3) L'antica frana sarebbe delimitata in fianco sinistro, dall'elemento tettonico che ribassa verso sudest la successione serravalliano-tortoniana affiorante lungo la scarpata di degradazione all'incirca orientata ENE-WSW;
- 4) Il corpo dell'antica frana sarebbe stato interessato, nella sua porzione più settentrionale, da successive riattivazioni che giustificano le morfologie di origine gravitativa attualmente osservabili. In base a tali evidenze, queste riattivazioni corrisponderebbero a due eventi franosi: i) un primo evento risulta delimitato in corona dal sistema di scarpate di dislivello metrico, di cui al punto 3d del precedente elenco, e sul fianco destro dalla scarpata di degradazione, di cui al punto 3c, mentre il fianco sinistro corrisponde con la scarpata principale della frana antica; ii) un secondo evento, contenuto nel primo, consistente nello scorrimento-colata di cui al punto 3e del precedente elenco;
- 5) In corrispondenza della scarpata localizzata alla testata della frana da scorrimento-colata, di cui la punto 3e del precedente elenco, si osserva l'appoggio di detrito sulle argille tortoniane della Formazione di San Pier Niceto (Figg. 9,10).

Le sezioni ricostruite longitudinalmente e trasversalmente all'area di frana si sono avvalse anche delle risultanze stratigrafiche derivanti dai sondaggi geognostici effettuati per conto di Eurolink S.C.p.A. da Aprile a Giugno 2009 e più dettagliatamente discusse nel successivo paragrafo 1.3.

2.3 Indagini geognostiche

Per conto di Eurolink S.C.p.A. nell'area della frana del Vallone Annunziata sono stati terebrati 8 sondaggi geognostici nei mesi Aprile-Giugno 2009 dalla ditta Vincenzetto. I sondaggi sono di seguito elencati per ordine temporale di terebrazione, indicando profondità e sigla di denominazione:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> <i>SB0097_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

- 1) Sondaggio S441 (dal 15-04-2010 al 17/04/2010): effettuato a carotaggio continuo con carotiere semplice fino alla profondità di 45 m dal p.c.;
- 2) Sondaggio S431 (dal 19-04-2010 al 21/04/2010): effettuato a carotaggio continuo con carotiere semplice fino alla profondità di 30 m dal p.c.;
- 3) Sondaggio I3 (dal 23-04-2010 al 29/04/2010): effettuato a carotaggio continuo con carotiere semplice, ad eccezione di alcuni passaggi effettuati con carotiere T6, fino alla profondità di 59 m dal p.c.
- 4) Sondaggio I2 (dal 05-05-2010 al 10/05/2010): effettuato a carotaggio continuo con carotiere semplice fino alla profondità di 60 m dal p.c.
- 5) Sondaggio S436 (dal 11-05-2010 al 13/05/2010): effettuato a carotaggio continuo con carotiere semplice fino alla profondità di 30 m dal p.c.
- 6) Sondaggio S435 (dal 14-05-2010 al 19/05/2010): effettuato a carotaggio continuo con carotiere semplice fino alla profondità di 50 m dal p.c.
- 7) Sondaggio S443 (dal 25-05-2010 al 09/06/2010): effettuato a carotaggio continuo con carotiere semplice, ad eccezione di alcuni passaggi effettuati con carotiere T6, fino alla profondità di 80 m dal p.c.
- 8) Sondaggio S434 (dal 25-06-2010 al 28/06/2010): effettuato a carotaggio continuo con carotiere semplice fino alla profondità di 40 m dal p.c..

Le stratigrafie di dettaglio restituite per i sopraelencati sondaggi sono allegate alla presente relazione. Di seguito, si riportano le stratigrafie sintetiche già interpretate alla luce delle litofacies affioranti nell'area in esame.

- 1) Sondaggio S441 (45 m): 50 cm di riporto antropico; 3.9 m di alluvioni recenti; argille della Formazione di San Pier Niceto fino a fondo foro (Fig.11);
- 2) Sondaggio S431 (30 m): 70 cm di riporto antropico; 8 m di alluvioni recenti; conglomerati della Formazione di San Pier Niceto fino a fondo foro (Fig.12);
- 3) Sondaggio I3 (59 m): 8.5 m di corpo di frana; conglomerato della Formazione di San Pier Niceto fino a fondo foro (Fig.13);
- 4) Sondaggio I2 (60 m): 1 m di riporto antropico; 6.5 m di corpo di frana; 19.5 argille della Formazione di San Pier Niceto; conglomerato della Formazione di San Pier Niceto fino a fondo foro (Fig.14);
- 5) Sondaggio S436 (30 m): 2 m di suolo; conglomerato della Formazione di San Pier Niceto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

fino a fondo foro;



Fig. 9 – Affioramento di detrito di frana su argille tortoniane della Formazione di san Pier Niceto presso la scarpata posta alla testata dello scorrimento-colata.

- 6) Sondaggio S435 (50 m): 15 m di corpo di frana (in base alle evidenze di ossidazione concentrata, scarsa consistenza e elevato contenuto d'acqua presente nelle carote provenienti dall'intervallo di profondità 8.5-8.7 m dal p.c. si ritiene che a questa profondità possa trovarsi una superficie di rottura interna al corpo di frana); conglomerato della Formazione di San Pier Niceto fino a fondo foro;
- 7) Sondaggio S443 (80 m): 2.5 m di corpo di frana; 10 m di argille della Formazione di San Pier Niceto; conglomerato della Formazione di San Pier Niceto fino a fondo foro;
- 8) Sondaggio S434 (40 m): 2 m di suolo; 11.5 m di corpo di frana; 11 m di argille gessifere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

della Formazione evaporitica¹; 9 m di argille della Formazione di San Pier Niceto; conglomerato della Formazione di San Pier Niceto fino a fondo foro².



Fig. 10 – Dettaglio dell'appoggio del detrito di frana sulle argille tortoniane della Formazione di San Pier Niceto presso la scarpata posta alla testata dello scorrimento-colata.

In generale, nelle stratigrafie relative ai sopra elencati sondaggi geognostici l'attribuzione al corpo di frana dei depositi carotati è stata effettuata tenendo conto sia del grado di destrutturazione del

¹ La datazione biostratigrafica del campione prelevato a 14 m dal p.c. è molto probabilmente riferibile al Messiniano per la mancanza di una tipica biozona Toroniana, nonostante l'abbondanza di *Neogloboquadrina acostaensis*, e per la presenza di una microfauna di dimensioni ridotte.

² L'osservazione del campione prelevato a 26 m dal p.c. per la datazione biostratigrafia ha messo in evidenza che la frazione organica è del tutto assente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	Codice documento SB0097_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

materiale carotato che delle evidenze di ossidazione in esso presenti.

L'attribuzione formazionale qui proposta è stata effettuata in base a criteri essenzialmente litostratigrafici senza aver condotto specifiche datazioni dei termini argillosi attraversati in sondaggio.

In ogni caso, per maggiori approfondimenti, si rimanda alla relazione geologica di dettaglio prodotta dal consulente Eurolink S.C.p.A. UNI-CT.



Fig. 11 – Foto della cassetta 1 relativa la sondaggio S441 nella quale si osserva (a circa 3.9 m dal p.c.) il passaggio dalle alluvioni del Torrente Annunziata e le argille della Formazione di San Pier Niceto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	Codice documento SB0097_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011



Fig. 12 – Foto della cassetta 2 relativa la sondaggio S431 nella quale si osserva (a circa 8.7 m dal p.c.) il passaggio dal detrito di frana ai conglomerati della Formazione di San Pier Niceto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		Codice documento SB0097_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011



Fig. 13 – Foto della cassetta 2 relativa la sondaggio I3 nella quale si osserva (a circa 8.5 m dal p.c.) il passaggio dal detrito di frana ai conglomerati della Formazione di San Pier Niceto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	Codice documento SB0097_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011



Fig. 14 – Foto della cassetta 6 relativa la sondaggio I2 nella quale si osserva (a circa 27 m dal p.c.) il passaggio dalle argille ai conglomerati della Formazione di San Pier Niceto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Modello geologico evolutivo del versante coinvolto nella frana e considerazioni sul suo meccanismo e sulla sua attività

Sulla base delle evidenze geologico-geomorfologiche e geologico-tecniche raccolte nell'area in esame a riguardo dell'evento franoso del Vallone Annunziata, è stato possibile formulare un modello geologico-evolutivo dell'evento franoso stesso, che costituisce la base interpretativa per il suo meccanismo e per il suo attuale stato di attività.

In particolare, l'evoluzione del settore vallivo in questione vede susseguirsi un'iniziale attività erosiva marina, processi di incisione valliva connessi all'approfondimento dell'asta fluviale del Torrente Annunziata, alla quale si alternano episodi di stazionamento con ampliamento della dimensione valliva e contestuale depositi di alluvioni che vengono terrazzate nel corso delle successive fasi di approfondimento. Nello specifico, sono distinguibili due ordini di terrazzo fluviale, rispettivamente posti a circa 175 m s.l.m. ed a circa 160 m s.l.m.

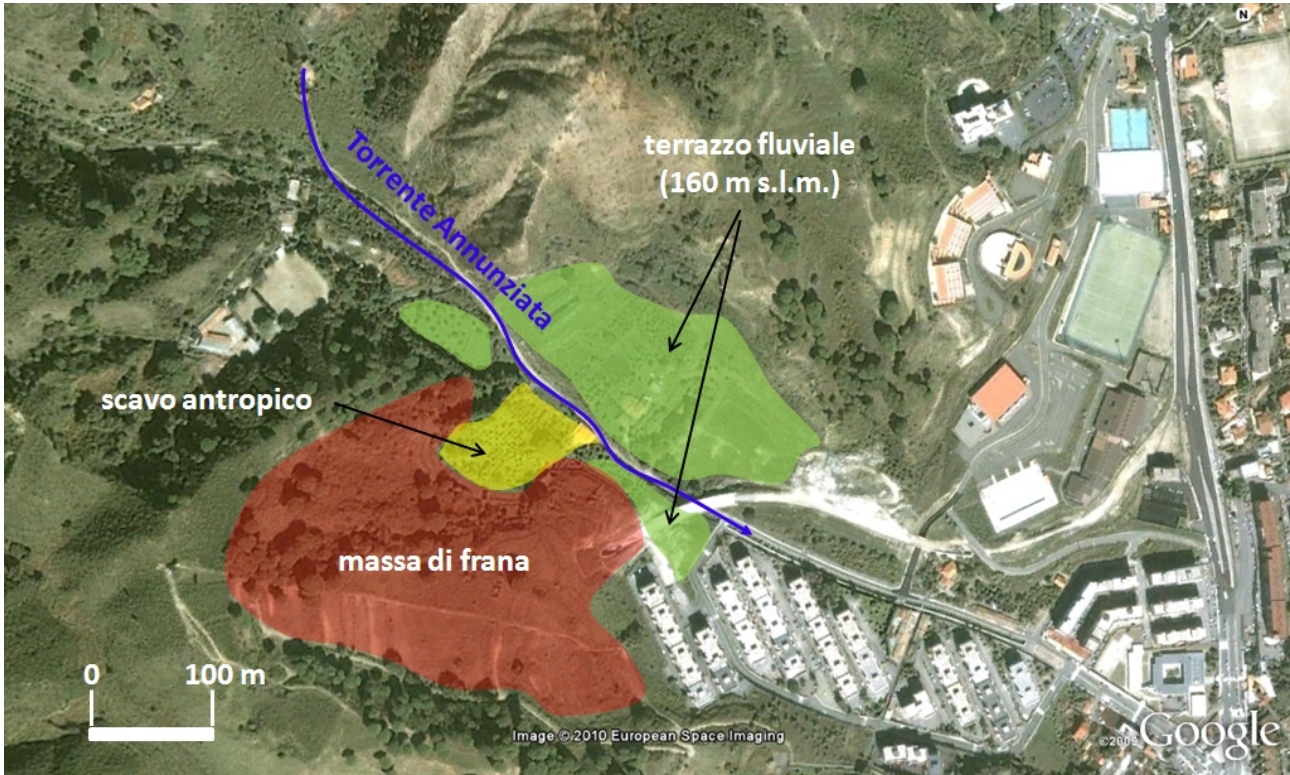


Fig. 15 – Localizzazione del terrazzo fluviale posto a quota 160 m s.l.m. in destra e sinistra idrografica del Torrente Annunziata rispetto alla massa dell'antica frana.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il primo e più antico piano terrazzato è, tuttavia, ben visibile solo in sinistra idrografica del Torrente Annunziata mentre il secondo e più recente risulta particolarmente esteso e continuo in sinistra idrografica e significativamente ridotto in continuità, nonostante la sua estensione, in destra idrografica. Ad interrompere la continuità di tale deposito terrazzato, nonché a far perdere l'evidenza del terrazzamento fluviale più antico in destra idrografica, sarebbe l'antico corpo di frana del vallone Annunziata (Fig.15). La superficie di rottura di questa frana, che, nel settore meridionale del versante, è ben tracciabile sulla base delle evidenze morfologiche presenti, risulta compatibile con un meccanismo di scorrimento rototraslazionale a principale componente traslazionale di volume stimabile pari a circa 1Mm³, responsabile della genesi della scarpata sub-circolare sommitale in accentuata degradazione. Il corpo di frana poggia sul piano terrazzato fluviale posto a circa 160 m s.l.m..

La sezione AA', allegata alla presente relazione descrive il modello di rottura connesso all'antica frana come risulta nel settore meridionale del versante, e pone in evidenza la relazione esistente tra il corpo di frana e la sua superficie di rottura, rappresentata dal più recente terrazzo fluviale. In questo settore, la frana avrebbe coinvolto i termini calcarenitici ed argillosi della successione plio-pleistocenica, affioranti all'interno del corpo di frana e ribassati rispetto agli affioramenti visibili sulla scarpata sommitale.

In corrispondenza del settore settentrionale del versante in questione, invece, sia la distribuzione delle forme del rilievo che i dati stratigrafici derivanti dai sondaggi dimostrano l'esistenza di una frana da scorrimento rototraslazionale a significativa componente rotazionale di volume stimabile pari a circa 0.2Mm³ che avrebbe coinvolto in parte il corpo di frana antica ed in parte i sottostanti termini argillosi e arenaceo-conglomeratici della successione serravalliano-tortoniana ascrivibile alla formazione di San Pier Niceto (sezioni BB', CC' e DD').

Internamente a quest'ultimo corpo di frana si rileva un ulteriore fenomeno franoso il cui meccanismo è riconducibile ad uno scorrimento-colata di volume stimabile pari a circa 0.02Mm³, che interrompe la continuità dei terrazzi di frana originatisi a seguito del precedente meccanismo e li isola in lembi correlabili per posizione e quota (sezioni EE', GG' e HH'). Quest'ultimo evento di frana si associa ad una morfologia valliva a sviluppo prevalentemente longitudinale, delimitata da scarpate metriche alquanto acclivi ed alla cui base sono impostati fossi in visibile approfondimento.

Dall'analisi delle succitate sezioni geologico-tecniche si evince che il corpo di frana complessa del Vallone Annunziata presenta un marcato controllo strutturale sia lungo il fianco sinistro dell'antica frana, che coincide con la faglia diretta 140/70 (azimuthal dip direction/dip), sia sul fianco destro della frana rototraslativa che interessa il settore settentrionale del versante, anch'esso coincidente

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

con una faglia diretta circa parallela alla precedente. Si nota, inoltre, come la corona di tale frana in corrispondenza con la testata dello scorrimento-colata, corrisponda con un settore in cui si rinvenivano, pur se con uno spessore stratigrafico di qualche metro, argille ascrivibili alla Formazione di San Pier Niceto. Infine, non si può escludere la presenza di una presunta faglia diretta, avente direzione circa N100, che ribasserebbe verso nordest le calcareniti della Formazione di S. Corrado.

Per quanto riguarda lo stato di attività, dal momento che le varie proposte per la sua definizione reperibili nella bibliografia specifica (in gran parte recepite nel documento predisposto del WP/WLI del 1993 per quanto riguarda le frane) sono talora contrastanti e, a nostro avviso, possono essere applicate rigorosamente solo nei casi di versanti monitorati su base quantomeno stagionale, in questo lavoro è stata data un'accezione generale – e per certi aspetti semplificata – ai termini attivo, quiescente ed inattivo, che meglio si adatta ad un rilevamento condotto su base morfologica, coadiuvato dall'analisi di foto aeree relative ad un'unica sequenza temporale. In tal senso, sono state considerate attive le forme/processi/depositi che mostrano chiari indizi di attività in corso o recente tale da preservare un apprezzabile grado di "freschezza" delle forme o dei depositi stessi. L'accezione dell'attributo "quiescente" è da interpretare invece come caratteristico di forme/processi/depositi per i quali è ipotizzabile una fase di attività relativamente recente, ma con la sovrapposizione di ulteriori forme/depositi di altra origine che implicano una fase attuale di stasi che potrebbe però essere soggetta a riattivazioni nell'attuale contesto morfo-climatico anche e soprattutto per effetto di "perturbazioni" comunque indotte sullo stato tensionale al contorno. Sono state infine considerate inattive le forme ed i depositi per i quali è possibile ritenere, su base morfologica e di giudizio esperto, che siano esauriti i processi che li hanno generati.

In altre parole, con specifico riferimento alle frane, la definizione di "frana attiva" adottata in questa relazione è riferita alle categorie *active*, *reactivated* e *suspended* secondo la nomenclatura proposta nel documento dal WP/WLI (1993), mentre l'attributo "quiescente" ed "inattivo" riprendono rispettivamente le definizioni di *dormant* e *stabilized/relict* della proposta sopra menzionata.

Basandosi sulla sopra riportata definizione di attività dei fenomeni franosi, si ritiene che:

- il corpo dell'antica frana sia inattivo rispetto a processi di tipo naturale, ovvero che le azioni naturali esistenti e/o prevedibili non possano riattivare la massa di frana in quanto l'attuale assetto della stessa non è più compatibile con un suo movimento. Essa, infatti, è "sigillata" dal suo appoggio sulla superficie deposizionale di origine fluviale, che attualmente è re-incisa dal Torrente Annunziata in posizione distante dall'accumulo di frana;
- il corpo della frana rototraslativa, che ha parzialmente coinvolto il deposito dell'antica frana, sia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

attivo e possa riattivarsi a seguito di eventi destabilizzanti, anche naturali, che lo rendano, cioè, incompatibile con l'attuale equilibrio visto che esso è già cinematicamente libero di muoversi;

- il corpo della frana da scorrimento-colata sia attivo in continuità, ovvero la sua mobilità è costante pur se eventuali accelerazioni del movimento possono essere connesse a temporanee diminuzioni della viscosità della massa di frana, ad esempio per aumento del contenuto d'acqua o per scalzamenti al piede.

La suddetta distribuzione spaziale degli stati di attività comporta che, nel suo insieme, la frana del Vallone Annunziata possa essere classificata come una frana complessa (Cruden and Varnes, 1996) il cui "stile" di attività, ovvero la cui modalità di evoluzione spazio-temporale, è di tipo multiplo ed in riduzione, ovvero è caratterizzata da dinamiche di accelerazione/riattivazione che possono manifestarsi in successione temporale ma che, comunque, tendono ad interessare porzioni della pre-esistente massa di frana.

Nel modello geologico-evolutivo sopra descritto l'attività antropica connessa agli scavi di cava, avvenuti nel settore settentrionale del versante, avrebbe contribuito alla destabilizzazione delle masse di frana ad essi adiacenti e può essere, pertanto, ritenuta responsabile, se non di un loro innesco, almeno di una loro riattivazione/accelerazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Giudizio sull'interazione della frana con le opere di attraversamento in progetto

Il modello geologico-evolutivo ricostruito per il versante in frana, localizzato nel settore del Vallone Annunziata oggetto della presente relazione, porta a ritenere che la realizzazione di opere di attraversamento e/o scavo in corrispondenza dello stesso non possano prescindere dal tener conto della presenza di un corpo di frana antica e di due altri corpi di frana ben più recenti.

Di questi corpi di frana il primo e più antico, pur essendo inattivo rispetto ad agenti naturali, può comunque essere riattivato antropicamente qualora interventi di scavo e/o modifica della morfologia di versante possano ripristinarne la libertà cinematica, portandolo contestualmente al di fuori delle condizioni di equilibrio; d'altro canto, i restanti due corpi di frana, essendo già attivi, possono essere portati in condizioni di maggiore disequilibrio da eventuali interventi antropici, che ne potrebbero causare la riattivazione e/o l'accelerazione del movimento.

Si ritiene, tuttavia, che le masse di frana presenti in corrispondenza del versante in questione non superino uno spessore di 30 m dal p.c. e che, in particolare, il corpo di frana da scorrimento-colata attivo in continuità, non superi la decina di metri, trattandosi, pertanto, di un movimento relativamente superficiale.

A tale riguardo, si ritiene che interventi di stabilizzazione e contenimento, specificatamente riferiti al settore di versante settentrionale attivo per frana, possano essere efficaci qualora correttamente dimensionati e volti a limitare l'infiltrazione delle acque di precipitazione anche mediante opere di intercettazione e canalizzazione superficiale della corrivazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA		<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 Bibliografia

Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996. Landslide types and processes. In: Turner AK, Schuster RL, (Eds.), Landslides: investigation and mitigation. Transportation Research Board, Spec. Report 247. Washington DC: National Research Council, National Academy Press, 36-75.

Lentini F. 2008. "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia 1: 50.000" Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia. S. EL. CA. Firenze.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		ZONA ANNUNZIATA - RELAZIONE GEOMORFOLOGICA	<i>Codice documento</i> SB0097_F0.doc	<i>Rev</i> F0

6 STAZIONE GEOMECCANICA SU AFFIORAMENTO DI ARENARIE E CONGLOMERATI DI SAN PIER NICETO

STAZIONE Annunziata

(X = 2567639,4480 Y = 4231167,3404 Z = 190,0)

Jv standard	Jv H	16/2m	Jv H	13/2m	Jv H	14/2m	Jv H medio	14,3
	Jv V	5/1m	Jv V	7/1m	Jv V	11/1m	Jv V medio	7,7
	Jv O	4/1m	Jv O	9/1m	Jv O	12/1m	Jv O medio	8,3
	Media totale Jv							10,1

1° Sistema	Immersione (30°)					Inclinazione (40°)					Media	
Spaziatura (cm)	33	34	24	28	48							33,40
Apertura (mm)												
Riempimento												
2° Sistema	Immersione (220°)					Inclinazione (60°)					Media	
Spaziatura (cm)	98	17	74	84	71	51						65,83
Apertura (mm)												
Riempimento												
3° Sistema	Immersione (150°)					Inclinazione (80°)					Media	
Spaziatura (cm)	11	5	7	18	9	11	14					10,71
Apertura (mm)												
Riempimento												
Indice dei blocchi (lb)*:											36.7 cm	

