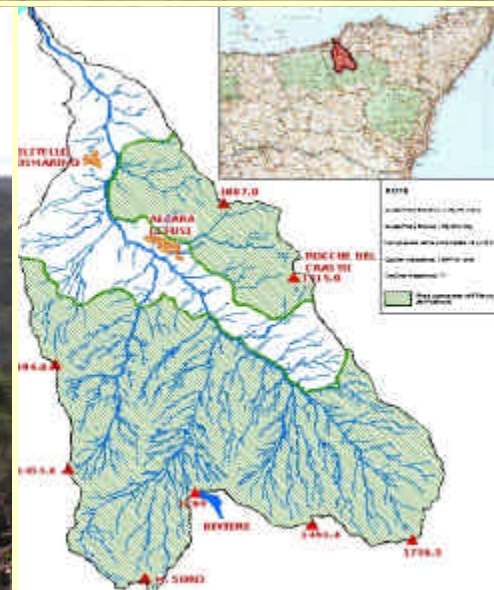




Sant'Agata li Battiati (CT), Febbraio 2004



Ord. P.C.M. n. 3305/2003

STUDIO GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DEL TORRENTE ROSMARINO

PRIMI RISULTATI

DOTT. GIUSEPPE BASILE - Responsabile del progetto (rilievi, analisi e interpretazione dati)
ARCH. MARINELLA PANEBIANCO (rilievi, analisi dati, editing)



INDICE

1. PREMESSA	3
2. CRITERI	4
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
4. DESCRIZIONE DEGLI EVENTI	6
4.1 La frana di Contrada Stella	8
4.2 La frana della S.P. 161 al km 12	9
4.3 La frana di “Timpa Canale”	10
4.4 La frana di “Piano Árzano”	11
5. ANALISI DELLE CAUSE	12
5.1 L’aspetto meteo-climatico	12
5.2 L’aspetto geologico	15
5.2.1 Litologia	17
5.2.2 Tettonica	17
5.2.3 Idrografia	19
5.2.4 Geomorfologia	20
5.3 Sintesi interpretativa	23
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	26
7. BIBLIOGRAFIA	29
APPENDICE 1 – Parametri ipsometrici	31
APPENDICE 2 - La scheda di rilevamento e valutazione del rischio da frana	33

Si ringrazia vivamente il Parco dei Nebrodi per aver messo a disposizione la cartografia e le foto aeree.



ELENCO DEGLI ALLEGATI

1. Parametri morfometrici

SOTTOBACINO DEL TORRENTE FIUMETTO
SOTTOBACINO DEL TORRENTE POMERE
SOTTOBACINO DEL TORRENTE CUDERI'
SOTTOBACINO DEL TORRENTE PEDICINO
SOTTOBACINO DEL TORRENTE ARZANO
SOTTOBACINO DEL TORRENTE PEROTTA
SOTTOBACINO DEL TORRENTE CERASA
SOTTOBACINO DEL TORRENTE SCAVIOLI PD
SOTTOBACINO DEL TORRENTE GAZZANA
SOTTOBACINO DEL TORRENTE SAN GIORGIO
SOTTOBACINO DEL TORRENTE STERANO
SOTTOBACINO DEL TORRENTE ANENIA

2. Rassegna fotografica

ELENCO DELLE TAVOLE

TAV. 1 – Carta di inquadramento
TAV. 2 – Carta litologica
TAV. 3 – Carta della rete idrografica gerarchizzata
TAV. 4 – Carta della densità di drenaggio
TAV. 5 – Carta delle asimmetrie dei bacini
TAV. 6 – Strutture tettoniche
TAV. 7 – Carta delle pendenze e delle strutture tettoniche
TAV. 8 – Sezioni
TAV. 9 – Carta geomorfologica semplificata
TAV. 10 – Direzioni prevalenti dei corsi d’acqua



1. PREMESSA

Il bacino del torrente Rosmarino è stato interessato, durante l'emergenza idrogeologica dell'inverno 2002-2003, da un notevole numero di dissesti di natura geomorfologica, taluni di dimensioni imponenti.

I fenomeni di dissesto, in verità, non sono nuovi in questo contesto territoriale, ma l'eccezionale contemporaneità degli eventi e le pesanti ripercussioni sul piano socio-economico hanno reso necessario l'intervento della Protezione Civile, tant'è vero che la Giunta Regionale di Governo ha dichiarato lo stato di calamità, seguito dalla proclamazione dello stato di emergenza (D.P.C.M. del 7 luglio 2003) e successiva Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n° 3305 del 31 luglio 2003).

Conformemente a quanto previsto nella citata Ordinanza, dove all'art.1 si dispone che il Commissario delegato effettui tutte le indagini finalizzate – tra l'altro – alla identificazione delle cause che hanno determinato la situazione emergenziale, in questo lavoro vengono anticipati alcuni risultati derivanti dall'esame dello stato del bacino, prima dei recenti eventi, per mettere in luce i presupposti che hanno causato i fenomeni di dissesto idrogeologico; l'intento è quello di valutare la fattibilità di sviluppare procedure di analisi in grado di prevedere, in condizioni geomorfologiche e climatiche simili, processi geomorfologici analoghi; ciò nell'ottica di evitare di mettere a repentaglio i beni e l'incolumità pubblica e privata nel caso che i fenomeni franosi possano coinvolgere da vicino gli interessi della comunità.

Non essendo stata riscontrata, al primo esame, alcuna causa specifica (se non le piogge, che però hanno interessato più o meno in modo uniforme l'intero comprensorio nebroideo e non hanno determinato la riattivazione di note frane quiescenti), l'approccio seguito è di tipo "primario", cioè basato sull'analisi degli elementi morfologici, utilizzando procedure standardizzate e, laddove ritenuto utile, sperimentandone alcune per l'evidenziazione di taluni fattori che, verosimilmente, si suppone possano condizionare l'assetto geomorfologico.

I risultati raggiunti, in termini di interpretazione in chiave strutturale, non sono del tutto coincidenti con quelli ufficiali. Ciò, nel campo delle scienze geologiche, non costituisce un vincolo assoluto, nel senso che dall'analisi approfondita di un particolare aspetto possono emergere elementi che, nell'ambito di una ricostruzione a grande scala, possono essere ritenuti poco significativi. Tuttavia, si è nella ragionevole convinzione che tale lavoro possa fornire un contributo all'interpretazione dell'assetto geologico-strutturale delle zone con geologia complessa e con litologia tale da mascherare i contatti tettonici, non ritenendo comunque esaurita l'analisi in questo contesto.



2. CRITERI

In questa anticipazione dello studio, l'attenzione è concentrata sull'alto bacino del torrente Rosmarino, dal crinale fino alla confluenza tra i torrenti Cuderì e Scavioli, a valle dei quali si forma il corso d'acqua principale, poiché è qui che si è innescato il movimento franoso principale, quello di Piano Arzano.

Lo studio è stato condotto mediante l'applicazione di metodologie di indagine territoriale attinenti gli aspetti geomorfologici; tale impostazione su fonda sul fatto che le forme del territorio sono il risultato delle azioni di modellazione che si sviluppano in funzione di fattori quali la litologia, il clima e la copertura vegetale; quindi è plausibile e ragionevole assumere a priori che la "risposta" geomorfologica possa, se analizzata in modo opportuno, rappresentare ed esprimere l'insieme degli elementi che costituiscono un "geo-sistema", soprattutto quando ci si trova in contesti nei quali l'assetto geo-strutturale è particolarmente complesso (vedi testi specialistici in bibliografia).

La base topografica usata è stata la C.T.R. in scala 1:10.000 (versione cartacea); da essa si sono tratti i dati (curve di livello e punti quotati) per la costruzione del DTM (maglia 15x15 metri, infittimento via software) per il cui algoritmo di elaborazione è stato scelto il kriging lineare a blocchi senza elementi del variogramma, l'unico metodo che restituiva una carta a curve di livello molto simile alla fonte.

La geologia è stata desunta dalla Carta Geologica della Provincia di Messina, nel testo d'ora in poi indicata con CGPM.

Per le osservazioni a grande scala sono state utilizzate foto aeree, foto satellitari e il medesimo DTM; rilievi diretti sono stati condotti per la taratura di quanto deducibile dalle carte e dalle foto.

Per la geomorfologia quantitativa ci si è avvalsi dei metodi di Horton-Strahler (gerarchizzazione della rete idrografica) e di Alvord-Horton (calcolo della pendenza media pesata e degli altri parametri fisiografici). Mediante un'estensione del metodo di Halvord-Horton, sono stati prodotti i "profili topografici di bacino", elaborazione grafica che restituisce un profilo topografico mediando le caratteristiche altimetriche dell'intero bacino idrografico (vedi Appendice 1).

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il bacino, che ha una superficie di circa 100 kmq, si trova sul versante tirrenico dei Monti Nebrodi (provincia di Messina), tra la quota 1847 (M. Soro) e il mare (TAV. 1). La foce è collocata nei pressi dell'abitato di Sant'Agata di Militello.

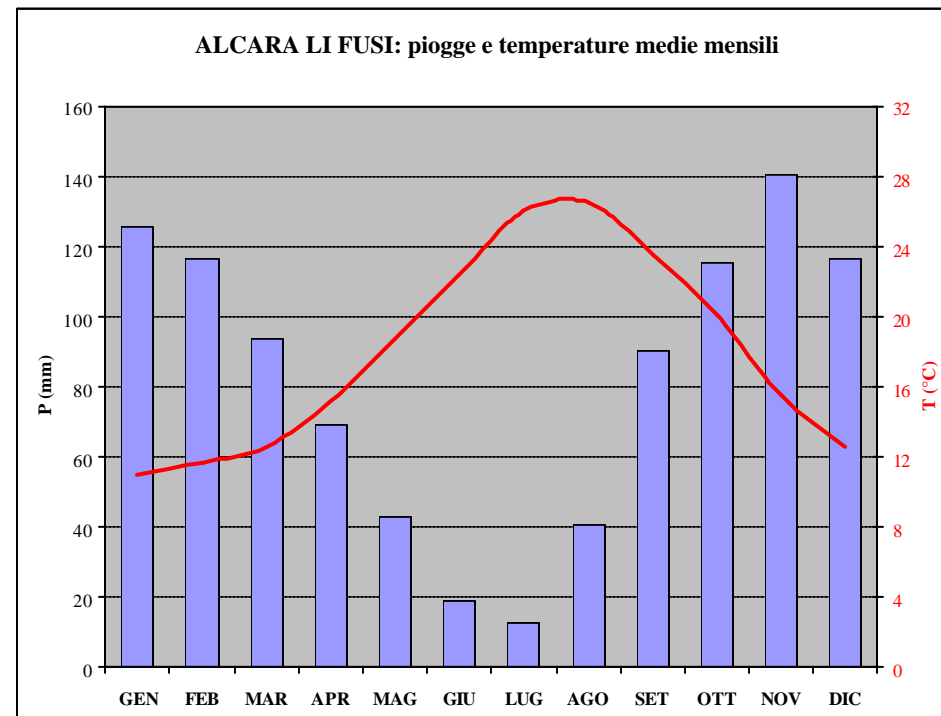
All'interno del bacino insistono gli abitati di Alcara Li Fusi (2750 abitanti; densità 44,1 ab/kmq) e di Militello Rosmarino (1507 abitanti; densità 50,8 ab/kmq).

Buona parte del territorio (circa il 74%) è inserita nel Parco dei Nebrodi (ambito territoriale n° 2).

L'accessibilità viaria è garantita in modo adeguato solo da un'unica arteria (la S.P. 161); le aree montane sono servite da strade secondarie (S.P. 161 bis, strada provinciale per Carbuncolo, strade comunali) in cattivo stato di manutenzione o comunque in condizioni precarie di stabilità.

Le aree montane sono coperte da boschi di medio e alto fusto; per il resto, la copertura vegetale è costituita da macchia (per lo più degradata) e da prato-pascolo con limitate porzioni di seminativo (TAV. 4).

Il clima è caratterizzato da piogge invernali bimodali (picco principale a novembre, picco secondario a gennaio), estate poco piovosa e temperature con picco in agosto (indice di aridità di De Martonne = 19,6, corrispondente a clima *semiarido*; clima di Classe Cs, *temperato umido*, secondo Köppen).



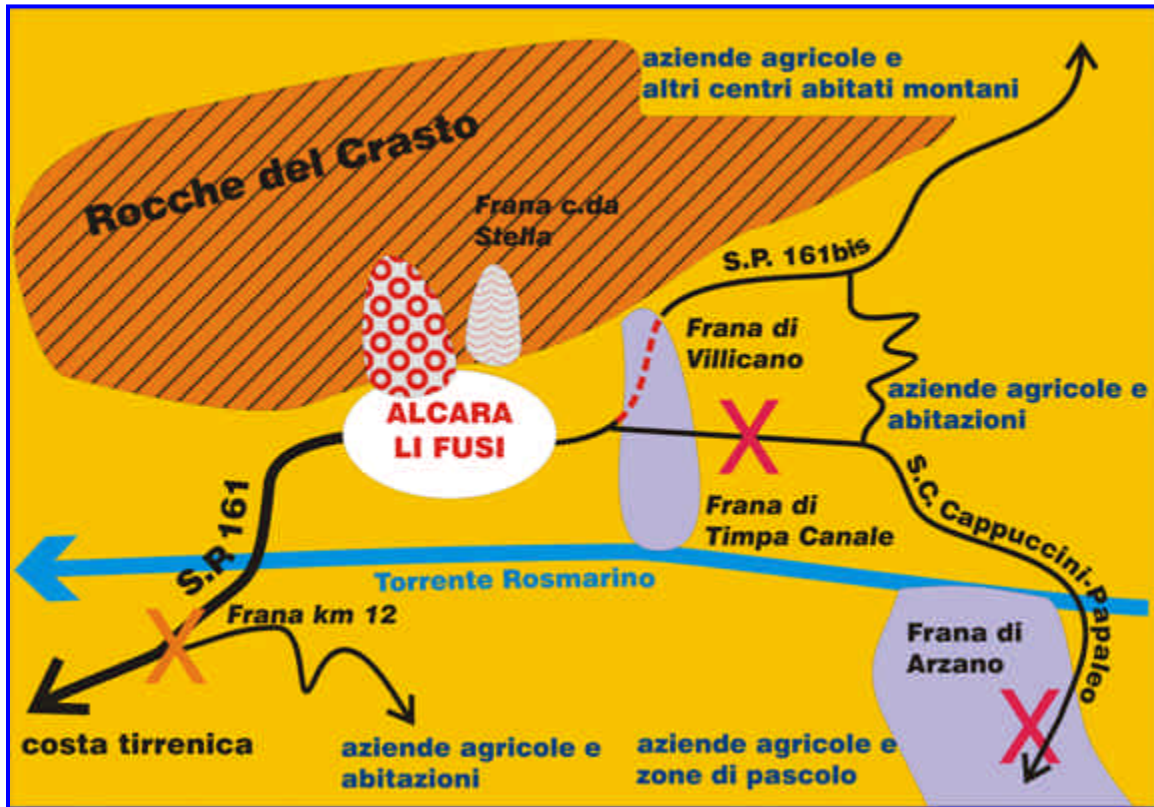
4. DESCRIZIONE DEGLI EVENTI

Tra i mesi di dicembre 2002 e gennaio 2003, nel territorio comunale di Alcara Li Fusi (provincia di Messina) si sono manifestati o riattivati dissesti che, per la posizione che ricoprono nel territorio comunale, per la struttura dei collegamenti viari e per l'organizzazione socio-economica di quella realtà, hanno assunto importanza e interesse ai fini di protezione civile. Per gestire l'emergenza fu attivato un C.O.C. coordinato dal Dipartimento Regionale di Protezione Civile, Servizio Sicilia Orientale.

Tra gli eventi franosi, si citano:

- ◆ la frana in Contrada Stella, lungo il versante posto in destra idraulica dell'omonimo torrente, un corso d'acqua che attraversa l'abitato;
- ◆ la frana lungo la S.P. 161, unica arteria principale che collega Alcara Li Fusi con la fascia tirrenica;
- ◆ la frana di "Timpa Canale", lungo la strada comunale Cappuccini-Papaleo, unica arteria che, dopo la precedente interruzione della S.P. 161bis (in c.da Villicano-Murà, 1996), costituiva accesso alle aree montane;
- ◆ la frana del versante di Piano Àrzano, che ha distrutto aziende agricole, la strada comunale Papaleo-Biviere, strade interpoderali e che ha ostruito l'alveo del torrente Scavioli, asta principale del torrente Rosmarino.

Nella figura che segue è schematizzata la distribuzione dei principali dissesti e le conseguenze sull'assetto strategico delle comunicazioni.



I fenomeni più eclatanti si sono manifestati insieme ad altri più modesti i quali, pur essendo localizzati e meno coinvolgenti dal punto di vista dell'impatto emotivo, costituiscono la dimostrazione della fragilità del territorio e lasciano presumere che sia necessaria un'analisi approfondita per evitare che l'eventuale evoluzione dei dissesti possa determinare rischi per la pubblica e privata incolumità e penalizzazioni per l'assetto socio-economico.

Segue una breve descrizione dei principali movimenti franosi, con una valutazione del rischio elaborata sulla base di un criterio di classificazione curato dalla UOB XIV del Servizio Sicilia Orientale (vedi Appendice 2), qui riassunta in schede di sintesi.

4.1 La frana di Contrada Stella

Si tratta di uno scivolamento che coinvolge un falda detritica posta alla base di un affioramento calcareo-dolomitico (le Rocche del Crasto); si stima un volume mobilizzato di circa 100.000 mc; il distacco si evidenzia con una scarpata di altezza intorno ai 5 metri che, a sua volta, produce un disequilibrio dell'apice della conoide non ancora dislocata. La natura del terreno (sabbia e ghiaia con limo e blocchi) fa supporre che sia possibile, in determinate condizioni di piovosità, la fluidificazione dell'intero deposito con la conseguente formazione di un debris-flow che si propagherebbe a valle, interessando una parte dell'abitato di Alcara. Al momento, l'alveo del corso d'acqua che scorre ai piedi del versante, il torrente Stella, risulta parzialmente ostruito dall'unghia di frana. Non sono stati ancora realizzati interventi di consolidamento. E' stato predisposto un Piano Comunale di emergenza *ad hoc*.

Alcara Li Fusi (ME) - FRANA DI C.da Stella		
ELEMENTI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO		
TIPO DI DISSESTO	VELOCITA'	ATTIVITA'
COLATE o SCIVOLAMENTI di fango o di detrito > 1000 mc	RAPIDA	QUIESCENTE
DANNO (atteso o potenziale)	VULNERABILITA'	ESPOSIZIONE
VIABILITA'	M. ELEVATA	BASSA
EDIFICI	ELEVATA	M. ELEVATA
IMPIANTI PRODUTTIVI	MODERATA	MODERATA
TERRENI	MODERATA	BASSA
VALUTAZIONE COMPLESSIVA	VALORE	CLASSE
VALORE E CLASSE DI PERICOLOSITA' (H)	2,00	M. ELEVATA
VALORE DI VULNERABILITA' (D = V • E)	60,9	
RISCHIO SPECIFICO (Rs = H • V)	20,5	
RISCHIO TOTALE (Rt = H • D)	121,8	MOLTO ELEVATO

4.2 La frana della S.P. 161 al km 12

E' uno scivolamento corticale di argille alterate poggianti su strati a frana-poggio appartenenti, secondo la Carta Geologica della Provincia di Messina, alla facies arenacea del Flysch di Monte Soro (Unità di Monte Soro). Il dissesto si manifesta con abbassamenti e traslazioni della S.P. 161 (che rappresenta l'unica strada di accesso, dalla parte del mare, all'abitato di Alcara) per un tratto di circa 100 metri e con numerose fessure di trazione lungo il pendio fino al sottostante torrente Fiere, dove vi sono numerosi e intensi fenomeni di erosioni di sponda. La nicchia di distacco non è evoluta. Il Genio Civile di Messina sta realizzando alcune opere di protezione lungo il torrente, ma non vi sono elementi di certezza che gli interventi possano arrestare il processo franoso. L'eventuale evoluzione del dissesto comporterebbe numerosi problemi in ordine al raggiungimento del centro abitato in quanto la natura morfologica dei luoghi è tale che sarebbe estremamente complesso intervenire a posteriori per la realizzazione di un'alternativa viaria.

Alcara Li Fusi (ME) - FRANA DI SP 161, km 12		
ELEMENTI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO		
TIPO DI DISSESTO	VELOCITA'	ATTIVITA'
<i>SCIVOLAMENTO localizzato (< 0,5 Ha) D/L < 0,10</i>	LENTA	ATTIVA
DANNO (atteso o potenziale)	VULNERABILITA'	ESPOSIZIONE
VIABILITA'	M. ELEVATA	ELEVATA
EDIFICI	ELEVATA	M. ELEVATA
IMPIANTI PRODUTTIVI	MODERATA	BASSA
TERRENI	MODERATA	ELEVATA
VALUTAZIONE COMPLESSIVA	VALORE	CLASSE
VALORE E CLASSE DI PERICOLOSITA' (H)	0,50	ELEVATA
VALORE DI VULNERABILITA' (D = V • E)	222,1	
RISCHIO SPECIFICO (Rs = H • V)	6,0	
RISCHIO TOTALE (Rt = H • D)	111,1	MOLTO ELEVATO

4.3 La frana di "Timpa Canale"

Il dissesto può attribuirsi a uno scivolamento di coltre detritica, con prevalente componente argillosa, che si manifesta con abbassamento e traslazione della sede della strada comunale Cappuccini-Papaleo, l'unica che, a seguito di un precedente evento franoso in c.da Vellicano (1996), conduceva alle zone montane (abitati di Longi, Galati Mamertino, aziende agricole e aree di pascolo). Poiché l'evoluzione del fenomeno fu rapida e, per la natura dei luoghi, inarrestabile furono eseguiti locali interventi di drenaggio superficiale che riuscirono a rallentare il movimento franoso. Il versante a monte della strada comunale è solcato da numerose fessure di trazione che sembrano interessare la sola coltre superficiale di terreno. L'altezza della scarpata di distacco, in prossimità della strada, è di circa 2 metri ma le dimensioni areali del dissesto (circa 2 Ha) e l'estensione delle zone di deformazione sono tali da far supporre un coinvolgimento più profondo di quanto non appaia. Non è stato eseguito alcun intervento di consolidamento. Per permettere il raggiungimento delle zone montane, si è resa necessaria la realizzazione di una pista di emergenza all'interno della frana di Villicano.

Alcara Li Fusi (ME) - FRANA DI Timpa Canale		
ELEMENTI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO		
TIPO DI DISSESTO	VELOCITA'	ATTIVITA'
<i>SCIVOLAMENTO: superficiale, creep o soliflusso (= 0,5 Ha) D/L > 0,05</i>	LENTA	ATTIVA
DANNO (atteso o potenziale)	VULNERABILITA'	ESPOSIZIONE
VIABILITA'	M. ELEVATA	MODERATA
EDIFICI	MODERATA	M. ELEVATA
IMPIANTI PRODUTTIVI	BASSA	BASSA
TERRENI	BASSA	BASSA
VALUTAZIONE COMPLESSIVA	VALORE	CLASSE
VALORE E CLASSE DI PERICOLOSITA' (H)	1,00	ELEVATA
VALORE DI VULNERABILITA' (D = V • E)	33,9	
RISCHIO SPECIFICO (Rs = H • V)	5,8	
RISCHIO TOTALE (Rt = H • D)	33,9	ELEVATO

4.4 La frana di “Piano Árzano”

Si tratta di un dissesto complesso di vaste proporzioni (circa 100 Ha), con nicchie di distacco, traslazioni e rigonfiamenti imponenti, che ha interessato un intero versante posto sulla sinistra idraulica del torrente Scavioli. La natura dei movimenti è di tipo roto-traslazionale, con locali fenomeni di colata perlopiù in corrispondenza delle scarpate di frana. La cinematica del dissesto, quasi impossibile da seguire durante il suo sviluppo a causa della vastità dell'area e per l'inaccessibilità dei luoghi, è ancora poco chiara, anche se dalle successive osservazioni di campagna pare che si possano presumere meccanismi di innesco progressivo: le porzioni montane in prossimità di antiche nicchie di distacco, scoscese per effetto di una più che abbondante circolazione idrica, avrebbero innescato plasticizzazioni delle parti più a valle che, spostandosi, avrebbero determinato ulteriori distacchi e la deformazione progressiva dei terreni fino al torrente Scavioli, dove l'unghia di frana ha occluso l'alveo provocandone lo sbarramento, totale lungo un tratto di circa 80 metri e parziale lungo un tratto di circa 300 metri. La profondità delle deformazioni è solo ipotizzabile: considerando che sono stati interessati, nell'ambito del medesimo fenomeno, bacini idrografici diversi, si può presumere che essa non possa essere inferiore ai 20-30 metri. Il dissesto ha distrutto tutto ciò che vi era sul versante: strade, aziende agricole, sorgenti. Non sono stati eseguiti interventi, se non la costruzione di una pista in terra battuta per ripristinare i collegamenti con le aziende agricole montane rimaste isolate.

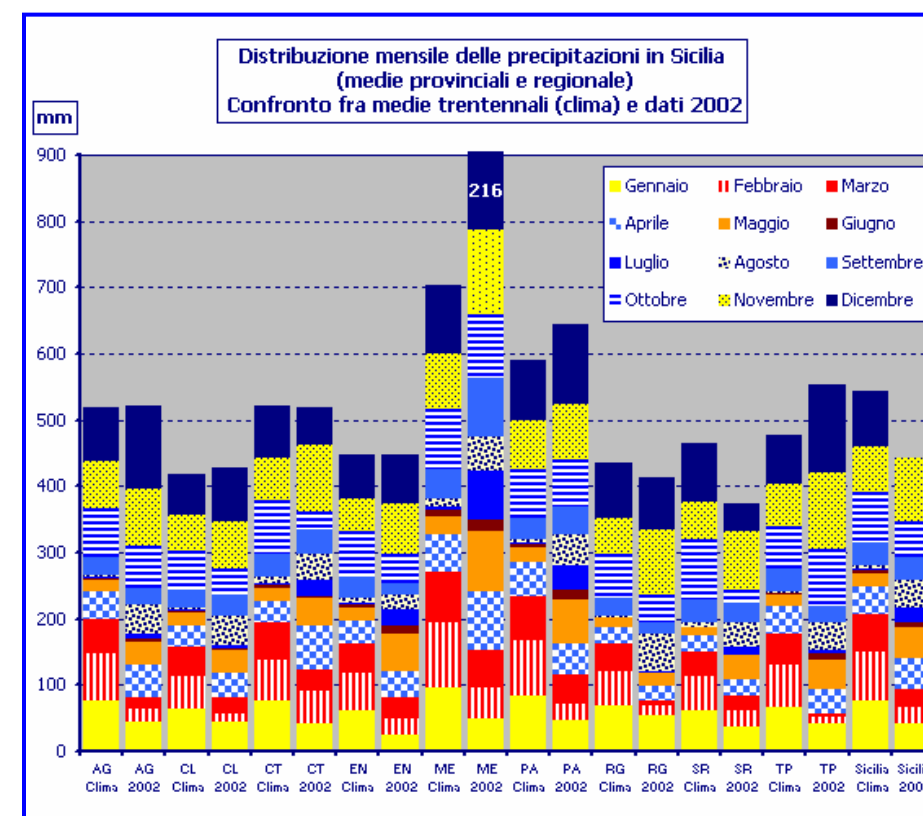
Alcara Li Fusi (ME) - FRANA DI Piano Arzano		
ELEMENTI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO		
TIPO DI DISSESTO	VELOCITA'	ATTIVITA'
SCIVOLAMENTO di versante (= 0,5 Ha) o frane COMPLESSE <i>D/L > 0,20</i>	MODERATA	SOSPESA
DANNO (atteso o potenziale)	VULNERABILITA'	ESPOSIZIONE
VIABILITA'	M. ELEVATA	ELEVATA
EDIFICI	MODERATA	M. ELEVATA
IMPIANTI PRODUTTIVI	ELEVATA	ELEVATA
TERRENI	ELEVATA	M. ELEVATA
VALUTAZIONE COMPLESSIVA	VALORE	CLASSE
VALORE E CLASSE DI PERICOLOSITA' (H)	1,80	M. ELEVATA
VALORE DI VULNERABILITA' (D = V • E)	150,6	
RISCHIO SPECIFICO (Rs = H • V)	18,5	
RISCHIO TOTALE (Rt = H • D)	271,0	MOLTO ELEVATO

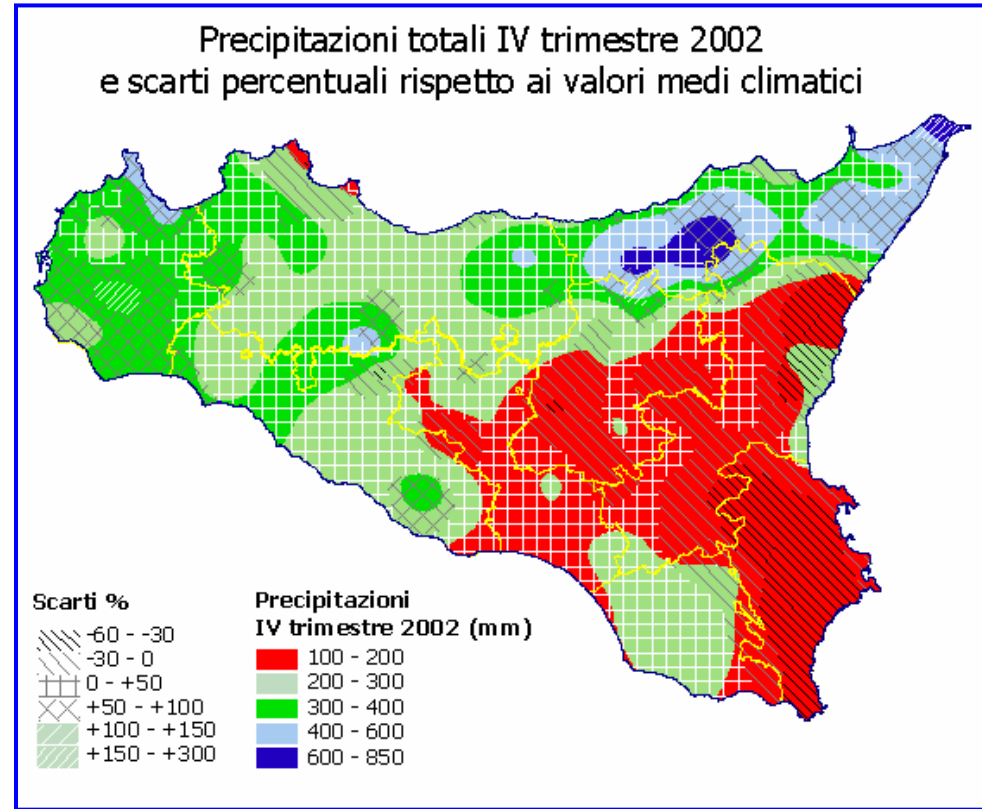
5. ANALISI DELLE CAUSE

E' indubbio che le precipitazioni piovose hanno giocato un ruolo importante nell'innesco dei fenomeni franosi che si sono verificati, nel bacino del torrente Rosmarino così come nella zona nebroidea. E' anche vero però che la natura geologica e geomorfologica dell'area è tale da determinare cause predisponenti molto condizionanti nei confronti dell'assetto idrogeologico. Nel seguito verranno esaminati gli aspetti relativi sia alla situazione meteorologica tra la fine del 2002 e gli inizi del 2003 in rapporto allo standard climatico, sia alle condizioni geologico-strutturali (geologiche, tettoniche, geomorfologiche, idrografiche).

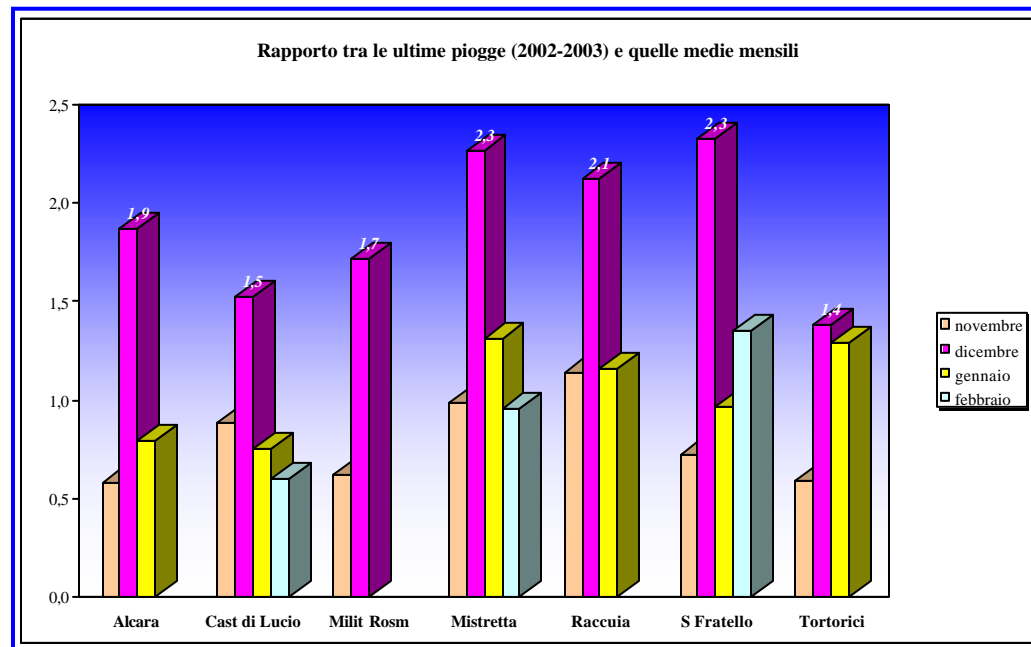
5.1 L'aspetto meteo-climatico

Uno studio effettuato dal Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano dell'Assessorato Regionale dell'Agricoltura e Foreste evidenzia come, rispetto alle medie, nel 2002 vi sia stata un'impennata delle precipitazioni proprio in quest'area.





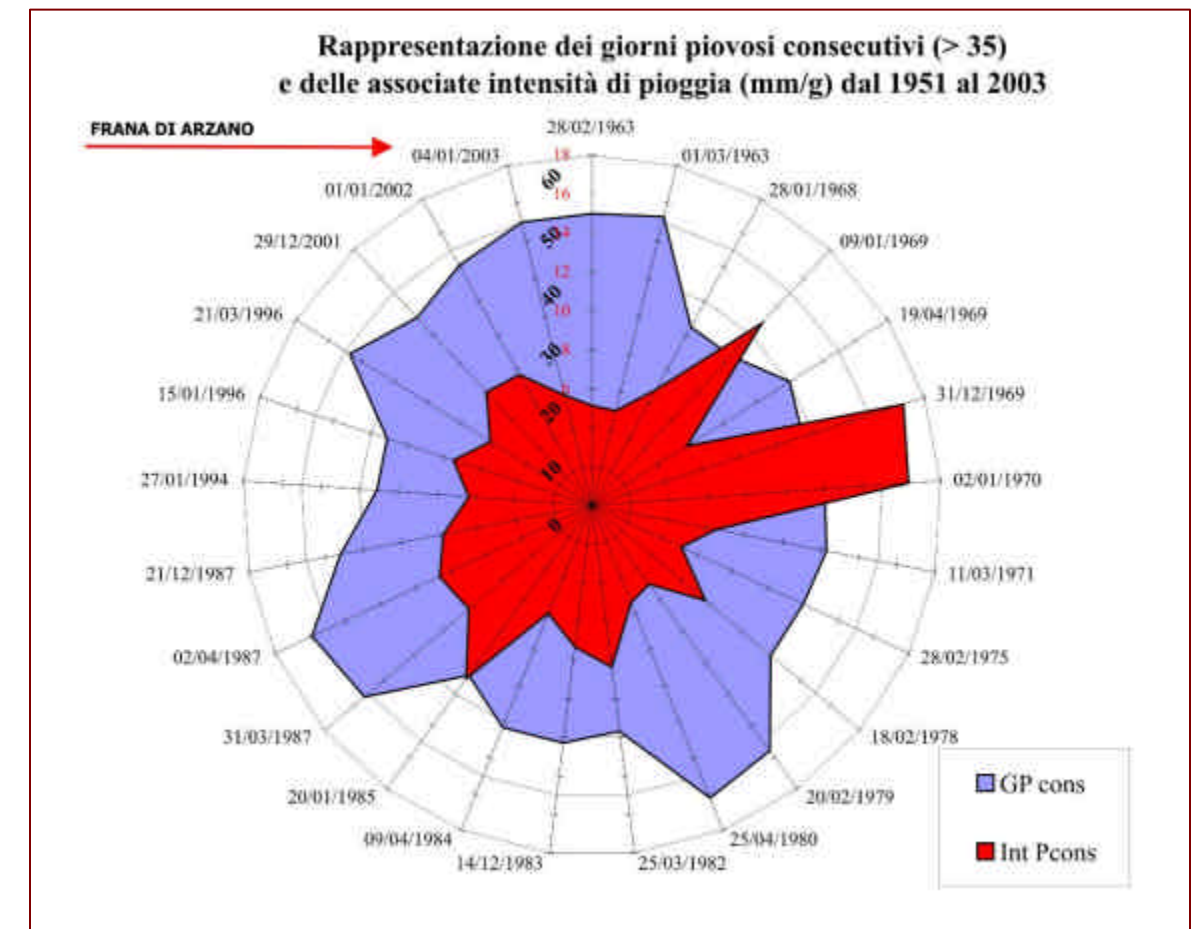
Anche nella Relazione Generale, prodotta dal Servizio Sicilia Orientale del Dipartimento Regionale della Protezione Civile sull'emergenza idrogeologica in questione, è stata rilevata tale anomalia.



Tuttavia, rimane aperta una questione a nostro avviso fondamentale che, in sintesi, è la seguente: pur essendo innegabile che le precipitazioni del 2002 sono state abbondanti, ci si chiede se nel passato non ci siano state precipitazioni paragonabili in quantità e distribuzione temporale che, al contrario, non hanno causato una tale diffusione di dissesti.

Il quesito è importante perché dalla sua risoluzione dipendono i criteri da usarsi nell'ambito della previsione e della prevenzione e di tutto ciò che ne consegue (monitoraggio, scenari di rischio, piani di emergenza).

L'analisi delle precipitazioni giornaliere dal 1951 al 2003 evidenzia come le precipitazioni nette (cioè depurate dell'evapotraspirazione) consecutive dell'ultimo periodo, pur essendo abbondanti, non sono state maggiori di altri periodi nei quali non si sono verificati fenomeni rilevanti di dissesto. Nel diagramma a stella che segue viene mostrata la correlazione tra numero di giorni piovosi consecutivi e intensità giornaliera associate.



E' evidente che l'evento più eclatante, culminato con il dissesto di Piano Arzano, è stato caratterizzato da piogge cumulate abbondanti e di bassa intensità; la ricostruzione storica degli eventi piovosi ha condotto ai risultati mostrati nel seguente prospetto.

	GP	pos	Pcum	pos	Int	pos
evento di Arzano	50	7 ^	292	14 ^	5,8	19 ^
val min	35	25 rec	203	25 rec	5,0	25 rec
val max	54		654		16,8	

GP: giorni piovosi consecutivi
pos: posizione del record rispetto al totale dei 25 record filtrati
Pcum: piogge cumulate nei corrispondenti GP (mm)
Int: intensità giornaliera di pioggia (mm/g)

La continuità dei giorni piovosi è stata valutata considerando piovosi anche quegli intervalli (max 3 giorni) nei quali la somma delle precipitazioni fosse comunque maggiore dell'evapotraspirazione reale. Isolando gli eventi piovosi in cui l'ammontare dei giorni piovosi consecutivi fosse superiore a 35, si è ottenuta una casistica che permette di collocare l'evento di riferimento in posizioni di non particolare privilegio, nel senso che vi sono state nel passato situazioni in apparenza più gravose, sia in termini di giorni piovosi, che di quantità che di intensità, ma che non hanno provocato fenomeni di dissesto di così grande rilevanza a memoria d'uomo.

Ciò induce a ritenere che le piogge, pur se significative e determinanti per l'innescò dei movimenti gravitativi, da sole non possono giustificare quanto accaduto e che, a meno di cause perturbatrici locali e non conosciute, è plausibile ritenere che vi possano essere stati fattori esterni che hanno favorito lo scatenamento della frana.

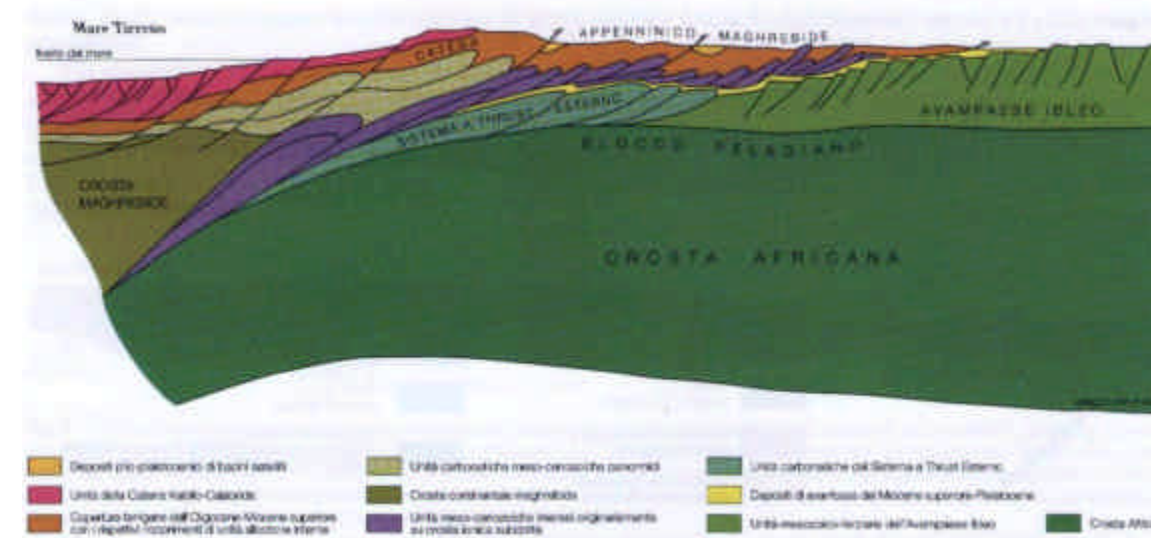
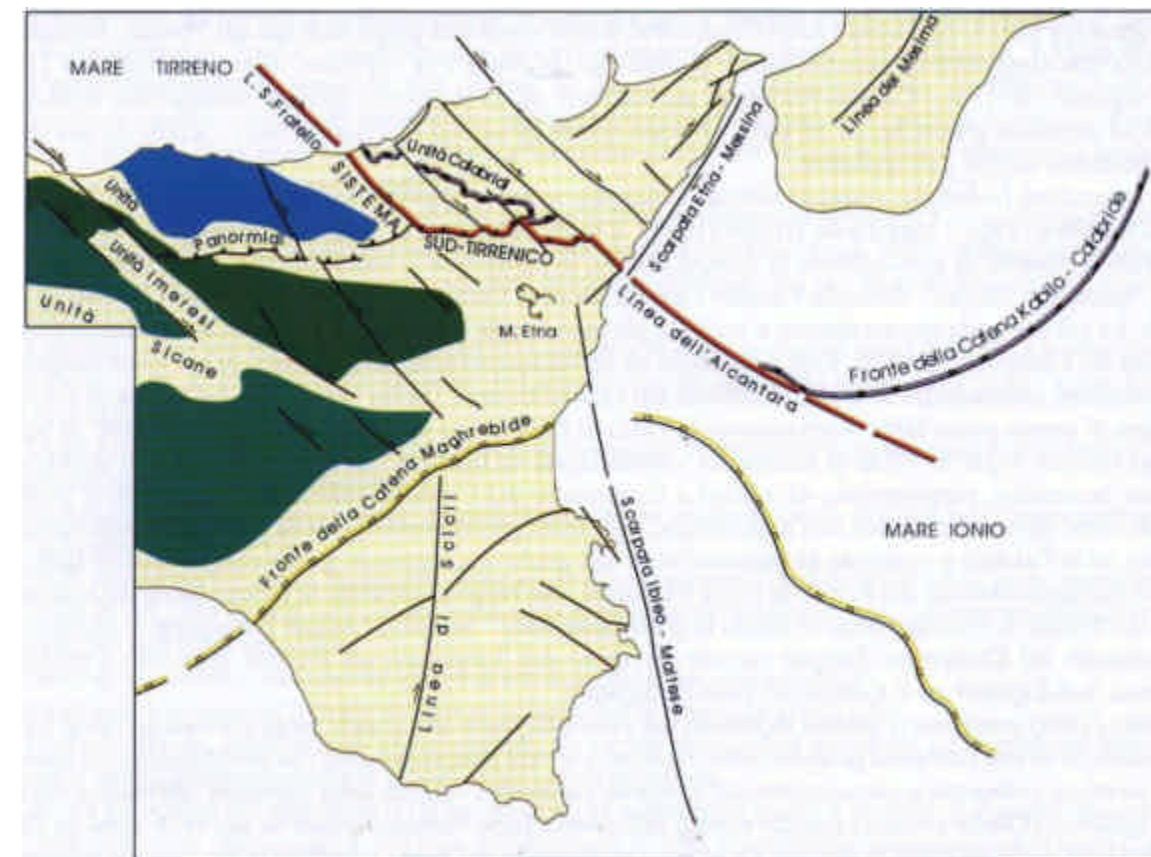
5.2 L'aspetto geologico

Il contesto geologico dell'area in studio è di straordinaria complessità: ci si trova di fronte a un insieme di circostanze per le quali la tettonica regionale ha probabilmente un ruolo ancora più marcato di quanto non si evinca dall'osservazione della CGPM, condizionando i fattori esogeni e costituendo le cause predisponenti dell'elevata propensione al dissesto idrogeologico.

Le Unità di Catena (Appenninico-Maghrebide e Kabilo-Calabride), che costituiscono la dorsale tirrenica dei Monti Peloritani, Nebrodi e Madonie, risultano ricoprire la depressione tettonica originata dalla convergenza della placca africana con le unità orogene settentrionali e sono rappresentate da frammenti del basamento cristallino ricoperti da coperture sedimentarie.

Le azioni conseguenti la tettonica collisionale hanno deformato notevolmente l'assetto delle Formazioni geologiche affioranti a causa degli accavallamenti

successivi che si sono prodotti. Le figure che seguono, tratte da LENTINI ed Altri (2000), schematizzano il quadro strutturale di riferimento.



Poiché le vicende tettoniche contribuiscono a condizionare sia le caratteristiche meccaniche dei terreni che l'evoluzione morfologica, è ragionevole ritenere che



per spiegare le cause del modellamento dei versanti (tra le quali possono essere inserite le frane) bisogna prendere in considerazione aspetti diversi e metterli in relazione tra loro: la litologia, l'analisi a grande scala dei tratti strutturali, la rete idrografica e le forme di versante dalle quali ricostruire i processi che le hanno generate.

5.2.1 Litologia

Ai fini dello studio del dissesto idrogeologico appare più utile riunire le Formazioni geologiche in Unità Litologiche (**TAV. 2**) alle quali associare le fenomenologie franose.

La distinzione viene fatta seguendo il criterio in base al quale, nell'ambito di una medesima Formazione geologica (o una sua facies), è ragionevole ritenere che le rocce abbiano, a grandi linee, un comportamento omogeneo sia per quanto attiene la caratterizzazione fisico-meccanica, sia per quanto riguarda la risposta alle sollecitazioni esterne (erosione, gravità, azioni sismiche, ecc.). E' ovvio che, nel dettaglio, le litologie appartenenti alle Formazioni geologiche possono mostrare caratteri diversi ma, nel caso di inquadramenti geologici e geologico-tecnici a piccola scala, tale classificazione può rappresentare un utile strumento di sintesi.

- ◆ Unità di copertura (UC): vi appartengono le alluvioni fluviali, i terrazzi marini, i depositi di spiaggia, i detriti di versante e di frana;
- ◆ Unità argillose (UL1): sono quelle appartenenti alle Argille Scagliose Superiori; ad esse possono essere associati i fenomeni di soliflusso e le colate di terra o di scoscendimento e colata;
- ◆ Unità torbiditiche, facies arenacee (UTb1): vi fanno parte le porzioni in prevalenza arenacee delle formazioni flyscioidi (Flysch di Monte Soro, ecc); in funzione della giacitura degli strati, possono verificarsi scivolamenti planari o scorrimenti rotazionali;
- ◆ Unità torbiditiche, facies argillose (UTb2): vi fanno parte le porzioni prevalentemente argillose delle formazioni flyscioidi (Flysch di Monte Soro, ecc); nell'ambito di tali Unità si possono identificare fenomeni di scivolamento planare o la formazione di coltri detritiche con tendenza alla plasticizzazione;
- ◆ Unità litoidi (UL): vi appartengono tutti quelle Formazioni con materiali a consistenza litoide (calcari, dolomie, ecc) e nelle quali predominano i fenomeni di crollo.

5.2.2 Tettonica

La zona del crinale in prossimità del Biviere di Cesarò è con tutta probabilità la chiave di volta della ricostruzione che può dare una spiegazione all'attuale configurazione morfologica. Infatti, osservando le aste che drenano il versante orientale di Monte Soro, che confluiscono sia nel Biviere sia nell'asta valliva che



da esso si diparte, è possibile notare come la loro direzione sia allineata in senso nord-sud e il verso di scorrimento delle acque sia verso nord: ciò induce a ritenere che tale porzione di territorio facesse parte del bacino del Rosmarino, o comunque di un bacino con foce sul Tirreno, in analogia con quanto accade per le aste che si sviluppano lungo il versante settentrionale del Monte Soro e che appartengono al bacino del torrente Cuderi, che confluisce sullo Scavioli formando il Rosmarino (**TAV. 10**).

Fortemente anisotropo per area e per drenaggio è il medesimo bacino di raccolta del Biviere: i versanti in sinistra idraulica, limitati verso monte dal crinale, sono cortissimi e solcati da poche aste.

Tutto questo porta a ritenere verosimile che la parte del crinale a est del Biviere abbia subito un innalzamento di natura tettonica che ha sbarrato il corso delle aste torrentizie che si sviluppano lungo il versante orientale del Monte Soro, intrappolandole in un impluvio che, da lì in poi, diventerà l'asta principale del torrente Martello.

Poiché tale assetto morfo-strutturale, pur avendo una lunghezza di qualche chilometro, a est del Biviere, si interrompe proprio in corrispondenza del lago, è necessario ipotizzare l'esistenza di una cerniera tettonica o comunque di una struttura che abbia ammortizzato tale movimento o sulla quale tale movimento si sia esaurito; essa sarebbe costituita da un sistema di faglie sub-ortogonale a quello del crinale, che si incunea dentro il bacino del torrente Cuderi, laddove oggi si osservano dissesti diffusi (soliflussi e colate) che, pur mascherando gli allineamenti, non riescono a nasconderli del tutto, come è evidente sia dalla foto satellitare, sia dal DTM elaborato.

E' difficile credere che una struttura tettonica di questo tipo si esaurisca nell'ambito di poche centinaia di metri o di qualche chilometro, quindi è ragionevole supporre che anche dentro il bacino del Rosmarino vi siano elementi che controllino la morfologia dei versanti; non è un caso che si riscontrino anomalie morfologiche sia nel basso versante del torrente Cuderi (forte asimmetria areale e altimetrica del bacino), sia nell'intero versante del Piano di Stèseni e del Piano Arzano, in cui si sono verificati i dissesti più recenti (assenza di valli marcate). Tuttavia, poiché la litologia in affioramento è rappresentata in massima parte da formazioni plastiche, in campagna tali contatti tettonici non sono riconoscibili.

La dinamica di queste strutture tettoniche sembra potersi individuare in meccanismi distensivi, con sollevamento dei blocchi settentrionali, e trascorrenti, con direzioni prevalenti E-W e NNW-SSE (**TAV. 6**); i rapporti tra le diverse formazioni geologiche potrebbero non essere quelli descritti nella CGPM, pertanto gli allineamenti individuati mostrano la componente del rigetto solo quando è sembrato sufficiente chiaro il meccanismo di sblocco. D'altra parte, in un rilievo geologico non sempre è distinguibile la porzione sollevata da quella abbassata e, spesso, tale rappresentazione è il frutto di una logica in funzione dello schema dei rapporti strutturali delle Formazioni che, a loro volta, vengono stabiliti sulla

scorta di ricostruzioni della geologia regionale. Si ritiene che ulteriori approfondimenti, al riguardo, dovranno essere compiuti.

5.2.3 Idrografia

Durante l'analisi della rete idrografica, finalizzata alla sua gerarchizzazione, sono state notate alcune anomalie che si è ritenuto fossero di interesse in quanto spie di fenomeni di versante:

- aste non continue (lo sbocco non è visibile o è intercettato da un ristagno d'acqua) – la causa è da attribuire a controtendenze determinate da eventi morfologici e/o tettonici;
- aste divergenti (aste appartenenti al medesimo sottobacino divergono dando luogo a incisioni diverse) – la causa è da attribuire a controtendenze determinate da eventi morfologici e/o tettonici;
- biforcazioni del corso (il medesimo corso d'acqua si biforca per un tratto più o meno lungo) – la causa è da attribuire ad accumuli lungo il pendio generati da fenomeni di versante;
- deviazioni degli spartiacque (la linea di displuvio ha una geometria irregolare, con brusche deviazioni) – la causa è da attribuire a condizionamenti tettonici.

Laddove i terreni non sono stati interessati da dissesti recenti (successivi all'anno di edizione della cartografia), tali anomalie sono state verificate con riscontri sul terreno, non considerando quelle di natura antropica.

Purtroppo, i criteri convenzionali della geomorfologia quantitativa non comprendono tali casi, quindi tali anomalie, pur essendo indicatori ben precisi di taluni fenomeni, non sono indicizzabili e non partecipano all'analisi numerica.

L'analisi della rete idrografica, gerarchizzata secondo il metodo di Horton-Strahler, non ha fornito risultati illuminanti ai fini della comprensione delle dinamiche che hanno potuto condizionare lo sviluppo dei dissesti, non essendo stati individuati indici distintivi tra un bacino e l'altro che mettessero in luce una predisposizione al dissesto.

Nel complesso, la rete drenante è abbastanza organizzata, come si evince dallo scarto contenuto tra i rapporti di biforcazione diretti e quelli totali; gli alti valori della densità di drenaggio ($> 25 \text{ km}^{-1}$) derivano dal fatto che la litologia affiorante è perlopiù costituita da terreni impermeabili, ma sono anche dovuti alla scala del rilievo (1:10.000) e ai riscontri diretti sul terreno che hanno permesso di tracciare le aste anche quando non erano rappresentate nella cartografia.

Le anomalie gerarchiche non rappresentano fattori di distinzione tra bacini interessati da dissesti o da strutture tettoniche; ciò è probabilmente da imputare alla natura erodibile della maggior parte dei terreni che determina un effetto di attenuazione dei contrasti dovuti ai contatti tettonici. Tuttavia, occorre tenere

presente che il dato dell'organizzazione gerarchica è viziato dal fatto che gli attuali criteri di classificazione non permettono di tenere conto delle interruzioni delle aste drenanti per cause naturali o antropiche.

Più interessante sembra l'elaborazione delle asimmetrie delle aree: il calcolo, eseguito per ciascun sottobacino e per fasce altimetriche, permette di analizzare lo spostamento rispetto all'ideale asta principale posta nella mezzeria di un bacino senza condizionamenti litologici o strutturali. Si osserva (**TAV. 5**) che in taluni sottobacini l'asimmetria è elevata e che essa si inverte dalle porzioni più alte a quelle più basse, segno che vi è stato un fattore di "disturbo" che ha determinato lo spostamento dell'asta principale.

Significativi sono i coefficienti di variazione, sempre molto elevati, riferiti alla lunghezza delle aste drenanti e che sono da mettere in relazione alla asimmetria delle aree di cui si è detto.

L'analisi della densità di drenaggio, misurata per maglie di 100 x 100 metri, non mostra alcuna relazione diretta con il dissesto di Piano Arzano, né con altri dissesti più antichi (**TAV. 4**).

Le caratteristiche morfometriche principali dei bacini sono riunite nelle tabelle A e B (ALLEGATI).

5.2.4 Geomorfologia

L'analisi geomorfologica della porzione montana del bacino mostra uno scenario di intensa evoluzione dei versanti per effetto dell'azione gravitativa. Si distinguono diversi fenomeni recenti, strettamente connessi agli eventi dello scorso inverno, spesso da interpretarsi come riattivazioni di dissesti precedenti (**TAV 9**). L'individuazione dei processi basata sul rilievo di campagna può non essere immediata: frane molto antiche senza evidenze di ripresa dell'attività geomorfologica possono essere riconosciute solo per mezzo di analisi basate sul DTM o su foto aeree, in special modo quando l'ampiezza dei fenomeni è tale da impedire una completa osservazione "sul campo", come per esempio per i paleo-dissesti individuati sul versante sinistro del Torrente Cuderi.

In particolare, per la ricostruzione dell'assetto morfologico pre-esistente nel quale si è sviluppata la frana di Piano Arzano torna utile anche l'osservazione delle foto satellitari (**Figura 1**) dalle quali risulta ben evidente una grande depressione che, sulla scorta dei dati acquisiti, può essere interpretata quale una nicchia di distacco, oggi per lo più coperta da vegetazione di alto fusto.

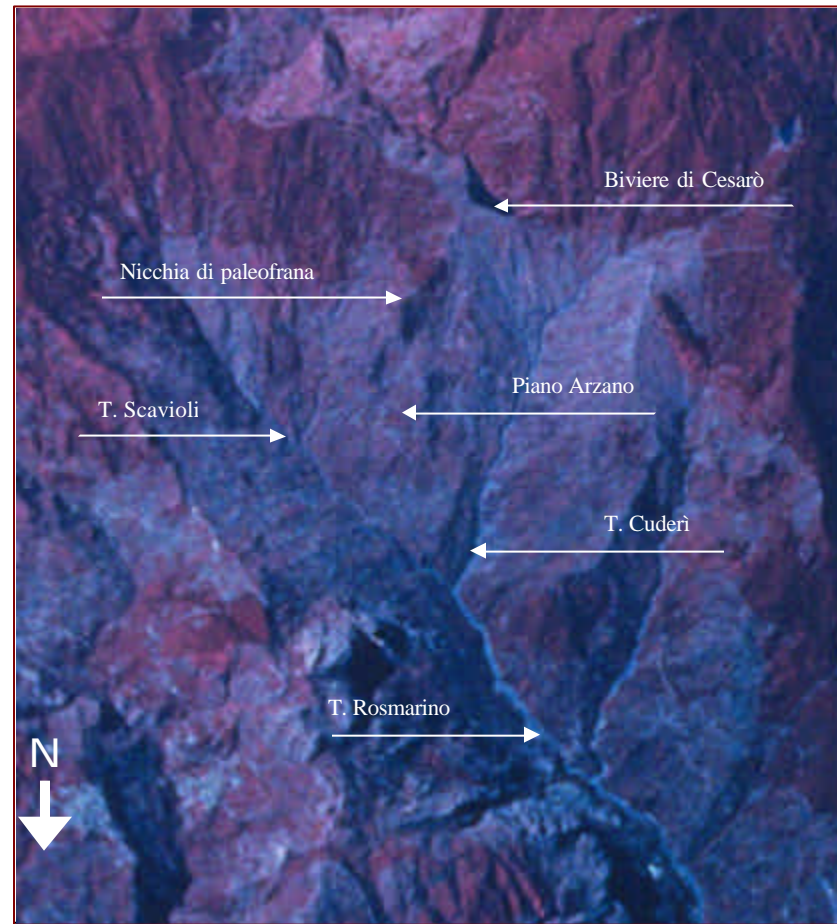
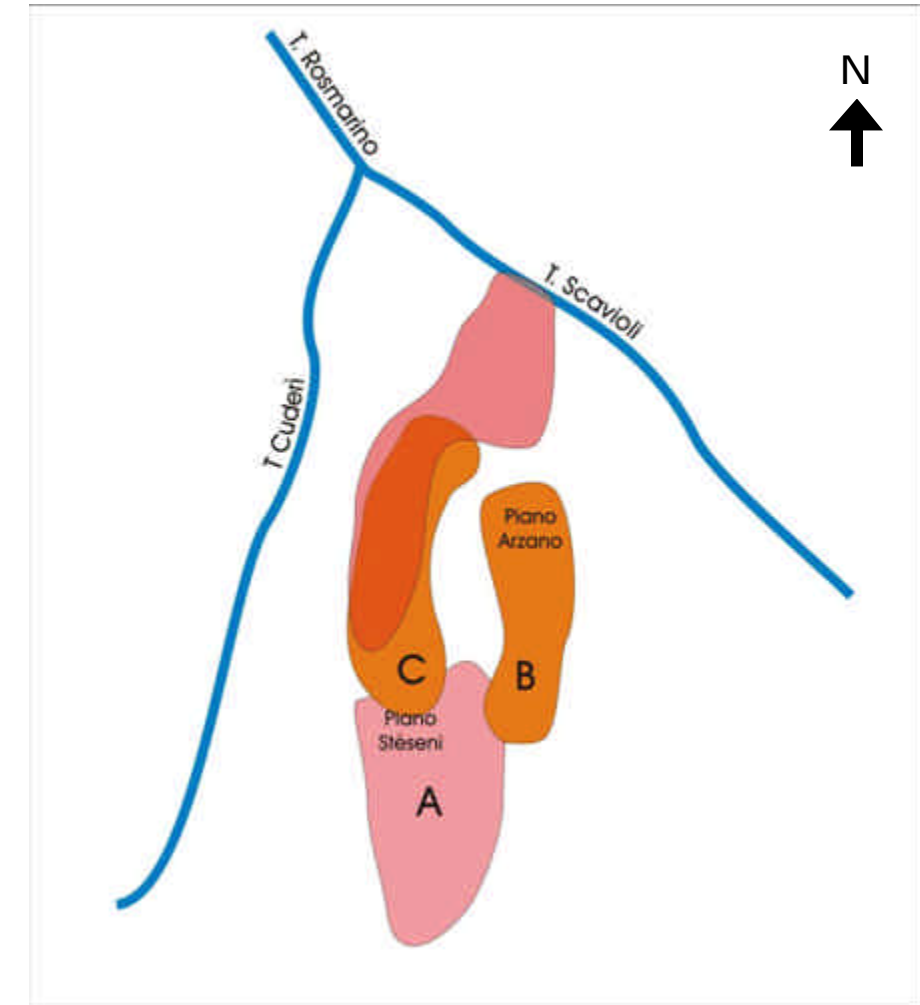


Figura 1

Sostanzialmente, sono stati riconosciuti almeno tre eventi che hanno preceduto e condizionato la recente frana di Piano Arzano (vedi schema seguente):



- il primo (A) trae origine a monte del Piano di Stèseni, intorno a quota 1200 m slm; la nicchia di distacco è evidente solo dalle elaborazioni numeriche dell'altimetria poiché il versante è vegetato (alberi di alto fusto plurisecolari) e non vi sono superfici di distacco fresche; tuttavia, il terreno presenta forme associabili a processi gravitativo di tipo creep che coinvolgono la coltre detritica superficiale costituita da un "melange" argilloso con blocchi arenacei spigolosi di dimensioni fino al metro cubo; tale dissesto, non necessariamente consistente in un unico evento ma senz'altro segnato da un distacco "importante" che ha coinvolto l'affioramento arenaceo, potrebbe essersi trattato di un crollo in massa, databile tra i 500 e i 1000 anni fa, che avrebbe formato il Piano di Stèseni, costituito da due pianori in contropendenza e tra di loro a quota diversa: a 1010 m slm quello più a est, e a 985 m slm quello più a ovest; la lunghezza complessiva del paleo-dissesto è intorno ai 1500 metri;
- il secondo (B) si è generato a valle della porzione più orientale del Piano di Stèseni costituendo la balza morfologica di Piano Arzano; la nicchia di distacco

è appena accennata, forse a causa di eventi successivi che hanno mascherato la traccia morfologica;

- il terzo (C) si è formato a valle del Piano di Stèseni, generando un'ampia nicchia di distacco e un corpo di accumulo ben evidente; l'anfiteatro morfologico, la cui corona si può collocare intorno ai 960 metri slm, ha un dislivello di circa 60 metri ed è vegetato con macchia mediterranea di medio fusto; dalla C.T.R. e dalle foto aeree, antecedenti agli ultimi eventi, è ben evidente un corpo di accumulo molto simile a quelli che si sono generati di recente.

Le contropendenze dei Piani di Stèseni e di Àrzano sembrerebbero avere origine da un condizionamento tettonico che avrebbe potuto favorire l'arresto delle traslazioni provenienti da monte e l'innescò degli scoscendimenti successivi, determinando così una concatenazione di fattori che hanno modellato il versante e lo hanno predisposto alla elevata criticità idrogeologica.

5.3 Sintesi interpretativa

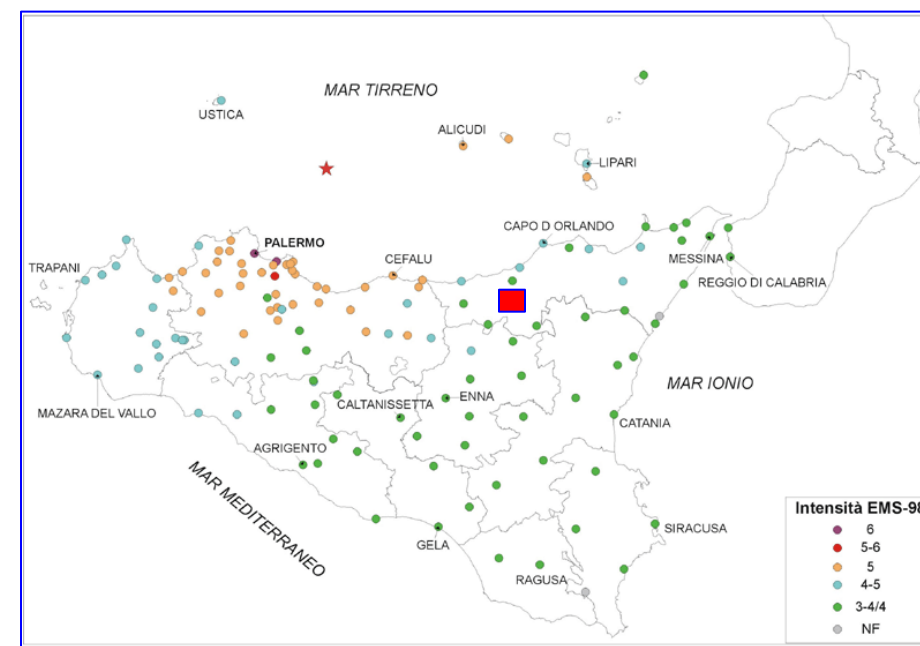
L'incrocio ragionato di tutti gli elementi raccolti permette di fare alcune considerazioni in merito ai processi occorsi che hanno causato i dissesti e, in particolare, quello di Piano Arzano che si è mostrato il più imponente.

Occorre premettere che il versante lungo il quale si è sviluppata la frana è composto da un terreno molto eterogeneo, che potrebbe ascrivere a un detrito di frana (per i precedenti eventi ricostruiti sulla base dell'analisi geomorfologica), costituito da argille scagliettate con orizzonti litoidi, frequenti ma discontinui. Qui, in condizioni normali, si sviluppa una circolazione idrica sotterranea lungo percorsi casuali, in corrispondenza delle porzioni più porose o più permeabili, che dà luogo a modestissime falde acquifere che alimentano sorgenti effimere o, seppur continue, di poco conto. In genere, tali acque vengono drenate con lentezza e comunque in maniera tale da evitare processi di totale imbibizione. E' ragionevole ritenere che le abbondanti e continue precipitazioni, che si sono concentrate nei mesi di novembre e dicembre 2002 e che sono state precedute da quelle del periodo estivo-autunnale, non abbiano permesso che i terreni drenassero a sufficienza avendo così l'effetto di saturare del tutto il terreno; la conseguente plasticizzazione delle porzioni argillose, subendo l'effetto della gravità, hanno generato i primi scoscendimenti innescando un processo a catena di grandi proporzioni: le masse spostate a monte gravavano su quelle a valle che, già vicine al collasso, hanno perso l'equilibrio traslando e rigonfiandosi determinando infine uno spostamento considerevole che si è esaurito nel fondo valle, restringendo l'alveo del torrente Scavioli.

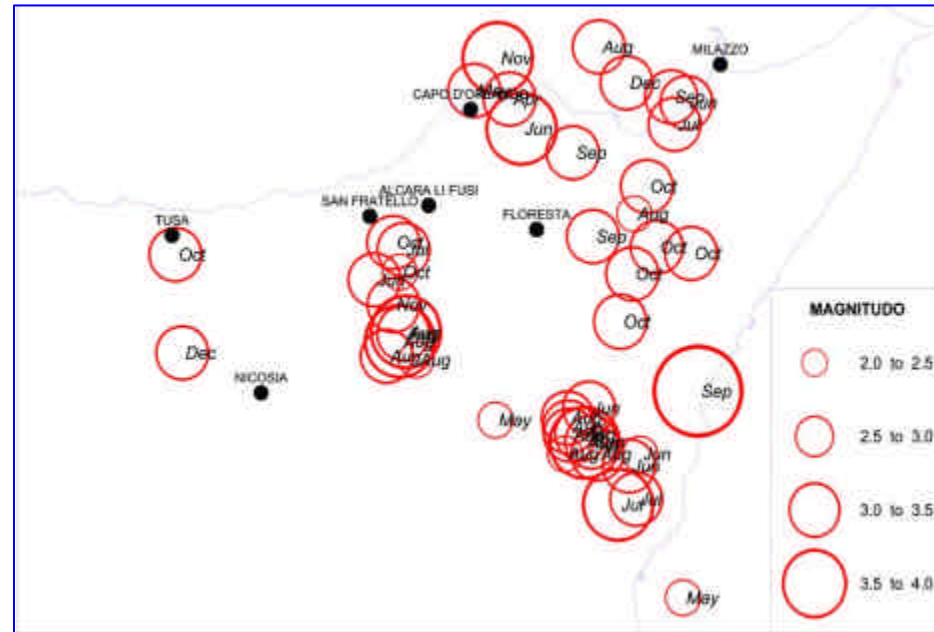
In linea di massima, questo è ciò che dovrebbe essere accaduto. Rimane da capire perché gli eventi piovosi ben più cospicui che ci sono stati in passato non hanno causato questo dissesto generalizzato. Purtroppo, qui si entra nel campo delle pure ipotesi perché non vi sono sufficienti e concreti elementi di giudizio, analogamente con quanto dedotto in occasione di altre grandi frane (BASILE, 2002; HUTCHINSON, 2001).

Non si può certo invocare la predisposizione dei terreni (detritici e argillosi) perché questa è una condizione comune, nell'ultimo inverno così come in passato. Un dato significativo, in ogni caso, ci viene incontro dalla toponomastica dei luoghi: nomi di contrade quali "Moddita" (che è molle), "Tappo" (che si ostruisce), "Maiddara" (che ha forma di madia) indicano che queste zone sono conosciute dai locali per la loro attitudine all'instabilità. Questo potrebbe significare che gli eventi di dissesto sono più comuni di quanto si pensi e che solo per un caso si siano, lo scorso inverno, manifestati tutti insieme.

Un'altra ipotesi potrebbe essere cercata nello scuotimento dei terreni indotto da terremoti. Uno studio condotto dall'INGV riporta la distribuzione degli effetti dell'evento sismico del 6 settembre 2002 (cosiddetto "terremoto di Palermo"), riportata nella seguente figura (il rettangolo rosso rappresenta l'area del torrente Rosmarino).



E' stata altresì condotta una ulteriore ricerca riguardante la sismicità recente nell'area (dagli archivi INGV): plottando la distribuzione degli epicentri degli eventi sismici da aprile a dicembre 2002, si ottiene la mappa della figura successiva.



Come si osserva, nella zona di interesse le intensità risentite e quelle epicentrali sono basse e gli eventi sismici si riferiscono a periodi precedenti l'innescò dei fenomeni franosi. Tuttavia, ciò potrebbe suggerire l'ipotesi che lo scuotimento indotto abbia potuto predisporre i terreni ad essere più "sensibili" alle piogge, nel senso che potrebbe aver determinato l'apertura di fenditure che avrebbero favorito l'infiltrazione delle acque. In letteratura fenomeni del genere sono citati ma, nel caso specifico, non vi sono dati sufficienti a suffragare tale ipotesi.



6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dai risultati ottenuti ci si può chiedere se la frana di Piano Arzano si sarebbe potuta prevedere, domanda lecita in prospettiva dell'occorrenza di fenomeni analoghi in contesti più antropizzati.

La risposta non può essere univoca. E' vero che lo studio ha permesso, grazie alle tecniche utilizzate, di riconoscere antichi processi di versante di non facile individuazione sul terreno e, soprattutto, di collocare il pendio nel quale si è sviluppata la frana in un contesto geo-dinamico molto complesso e tutto ciò senz'altro concorre nella direzione di definire "prevedibile" il fenomeno. Tuttavia, è anche vero che non tutte le paleo-frane hanno subito una riattivazione.

I testi specialistici (cfr. Bibliografia) sono concordi nel ritenere molto arduo il compito di prevedere i fenomeni franosi e diversi tentativi vengono fatti in quest'ottica. Senza dubbio un catalogo ragionato dei dissesti sarebbe di grande ausilio ma ancora i contenuti del progetto AVI del CNR non possono dirsi esaustivi.

Per quanto riguarda l'oggetto del presente lavoro è possibile affermare che:

- ◆ le condizioni geomorfologiche e l'assetto tettonico sono da ritenere fattori predisponenti piuttosto significativi, a patto di riuscire a riconoscere i processi di versante e l'assetto morfo-strutturale; ciò è possibile con l'ausilio delle indagini dirette (rilievi) e indirette (ricostruzioni da DTM);
- ◆ il monitoraggio e l'analisi della piovosità sono utili solo se i dati vengono trattati opportunamente; in questa sede, i risultati raggiunti con la metodologia applicata per il calcolo del numero dei giorni piovosi consecutivi, delle relative piogge cumulate e delle associate intensità sono concordi con quanto indicato in alcune ricerche compiute in campo nazionale e internazionale in base alle quali piogge prolungate e di bassa intensità favoriscono l'innescò di dissesti di versante di grande estensione e con notevoli volumi mobilitati (POLEMIO, PETRUCCI, 2000); siamo però ancora lontani dal definire soglie critiche di innescò anche perché la relazione tra piogge e frane è comunque troppo legata a fattori locali e alle peculiari condizioni al contorno (vegetazione, stato di saturazione dei terreni, disomogeneità litologiche, ecc);
- ◆ l'organizzazione del reticolo idrografico mediante parametri, servendosi dei criteri più convenzionali al momento accettati, non consente alcuna distinzione significativa in ordine alla predisposizione ai fenomeni di dissesto; questo aspetto sarebbe senz'altro da approfondire considerando che il drenaggio superficiale è la risposta più immediata a ciò che accade in un bacino in quanto le acque di scorrimento superficiale si "adattano" rapidamente alle forme di versante le quali, a loro volta, sono il risultato dei processi gravitativi;

- ◆ il controllo costante della sismicità (epicentrale e avvertita), anche di bassa magnitudo, potrebbe rappresentare un valido supporto nella valutazione dei segnali premonitori, anche se ancora questo aspetto è da approfondire;
- ◆ un'oculata ricerca dei fenomeni di dissesto accaduti nel passato, associata alla correlazione con gli altri elementi distintivi del territorio sopra ricordati, sarebbe senza dubbio auspicabile, anche se si nutrono ragionevoli dubbi sulla validità del principio "deterministico" in assenza di più precise caratterizzazioni (si pensi, per esempio, alla frana sospesa di Villicano (1996) che, sulla base del richiamato principio, si sarebbe dovuta riattivare mentre invece non ha risentito delle piogge, tanto che è stato possibile realizzare la pista di emergenza che ha scongiurato l'isolamento di Alcara li Fusi verso monte).

Quindi in questo campo non vi è niente di scontato, cioè le conoscenze che si hanno, supportate da deduzioni "cartesiane", vengono spesso smentite dai fatti; e a questo proposito si cita ancora HUTCHINSON (2001) il cui autorevole giudizio in merito non può essere discusso.

Con queste premesse, il concetto di previsione deve essere necessariamente dilatato: occorre fare riferimento a condizioni generali e a possibilità di accadimento di eventi, ma non vi può essere la certezza che essi si verifichino con la stessa sequenza e allo stesso modo ipotizzati dall'uomo. Ciò si riflette sull'intero sistema della protezione civile: se è stato predisposto un piano di evacuazione perché si ritiene che, al raggiungimento di una certa quantità di pioggia, possa generarsi un movimento franoso, bisogna accettare che l'eventuale disagio provocato dalle azioni connesse alla pianificazione di emergenza possa essere stato vano poiché quel fenomeno atteso non si è verificato. E tuttavia, ciò non vuol dire che non possa manifestarsi in un altro momento.

Gli studi sulle frane sono sempre condotti su casi particolari e, il più delle volte, a posteriori, cioè solo dopo che si è verificato un evento e sempre che vi siano le risorse economiche disponibili. In questi casi, le indagini hanno l'obiettivo di conoscere stratigrafia e caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, e qualche volta di controllare gli spostamenti profondi e superficiali, con il fine di definire il quadro degli interventi strutturali dell'eventuale consolidamento. Quindi, non vi è quasi mai un approccio sistematico per individuare i fattori predisponenti, se non a livello universitario e comunque senza un coordinamento in termini di procedure. Viene quindi a mancare il contributo della conoscenza preliminare che può costituire l'elemento discriminante tra previsione ed emergenza.

Non rimane quindi che insistere sull'analisi territoriale di base, specializzando gli studi di tipo geomorfologico e geologico-strutturale, nel tentativo di trovare correlazioni attendibili tra eventi e fattori predisponenti, valutando criticamente l'opportunità di considerare gli indicatori selezionati da altri Autori (AMADESI ed Altri, 1977; GUIDA ed Altri, 1979; LUPIA PALMIERI, DEL MONTE, 2000), avendo constatato, per esempio, che le pendenze dei versanti non sempre sono così

determinanti e che invece vi sono dati essenziali, quali l'interruzione del drenaggio, che appaiono al momento non indicizzabili.

A tale riguardo, come prodotto di estrema sintesi derivante dai risultati ottenuti in questo studio, è utile il riepilogo della seguente tabella.

ELEMENTO DI ANALISI	PESO NELLA PREVISIONE	DATI OTTENUTI
GEOMORFOLOGIA: ricostruzione forme e processi	determinante	estesi, risultanti da rilievi e interpretazioni da DTM
GEOMORFOLOGIA QUANTITATIVA	giudizio sospeso	estesi, risultanti da parametrizzazione a scala di sottobacino
GEOLOGIA: litologia	determinante	da approfondire
GEOLOGIA: giaciture	determinante	da approfondire
GEOLOGIA: tettonica	determinante	nuove ipotesi rispetto ai dati di letteratura, da approfondire
IDROGRAFIA: struttura dei bacini	determinante	estesi, risultanti da rilievi e interpretazioni da DTM
IDROGRAFIA: organizzazione gerarchica	poco determinante	estesi, risultanti da parametrizzazione a scala di sottobacino
PENDENZE DEI VERSANTI	poco determinante	estesi, risultanti da DTM
USO DEL SUOLO	giudizio sospeso	da approfondire
PIOVOSITA'	determinante	estesi, risultanti da analisi dei dati giornalieri

Infine, si ritiene che, nell'ottica di acquisire maggiori elementi di conoscenza del territorio necessari a definire nel dettaglio le azioni di protezione civile, sia fondamentale il ruolo dell'Amministrazione Regionale in qualità di catalizzatore di iniziative volte al coordinamento degli studi propedeutici alla previsione e prevenzione del rischio idrogeologico, anche in forza dei disposti dell'Ordinanza P.C.M. n. 3305/2003.



7. BIBLIOGRAFIA

- AGNESI V (2003) – *Distribuzione e attività dei fenomeni franosi a grande rischio in Sicilia*. Atti del III Congr. Reg. dell'Ordine dei Geologi di Sicilia, Agrigento, 13/16 settembre 2001
- AMADESI E., VIANELLO G., BONFATTI F., PIGNONE R., PRETI D. (1977) - *Guida alla realizzazione di una carta della stabilità dei versanti*. Pitagora Editrice (Bologna)
- AMADESI E., VIANELLO G. (1978) - *Nuova guida alla realizzazione di una carta della stabilità dei versanti*. Mem. Soc. Geol. It., 19
- BASILE G. (2002) - *Caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche della grande frana di Randazzo (Catania). Valutazione critica dei dati*. Geologia Tecnica e Ambientale, n. 3
- BASILE G., COCINA S., MANFRE' B. (2003) - *Relazione generale sull'emergenza idrogeologica 2002-2003 in provincia di Messina*. REGIONE SICILIANA – DIPARTIMENTO PROTEZIONE CIVILE – SERVIZIO SICILIA ORIENTALE. Rapporto interno
- CANUTI P., CASAGLI N. (1996) - *Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana*. CNR-GNDCI, Linea 2. Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile. Risma (Firenze)
- CARRARA A. (1982) - *Cartografia tematica, stoccaggio ed elaborazione dati*. CNR-PF Conservazione del suolo. Atti del convegno conclusivo (Roma)
- CARRARA A., CATALANO E., SORRISO-VALVO M., REALI C., OSSO I. (1978) - *Digital terrain analysis for land evaluation*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 13 (Bari)
- CARRARA A., DETTI R., FEDERICI G., PASQUI V. (1988) - *Reticoli idrografici e parametri morfologici di bacino da modelli digitali del terreno*. CNR-GNDCI, CDS, (U.O. 3.22)
- CASTIGLIONI G.B. (1979) - *Geomorfologia*. Utet (Torino)
- CHORLEY R.J., HAGGET P. (1968) - *Trend-surface mapping in Geographical research. Spatial Analysis*. A Reader in Statistical Geography. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey
- DIETRICH W.E., WILSON C.J., MONTGOMERY D.R., MCKEAN J. (1993) - *Analysis of Erosion Thresholds, Channel Networks, and Landscape Morphology Using a Digital Terrain Model*. The Journal of Geology, Spec. Iss., 101
- ENTE PARCO DEI NEBRODI (2002) - *PIT Nebrodi. Un programma olistico per la rivalutazione patrimoniale del Distretto Turistico Rurale Integrato dell'area dei Nebrodi*.
- EVANS I.S. (1972) - *General geomorphometry, derivations of altitude and descriptive analysis*. In: Spatial Analysis in Geomorphology, edited from the British Geom. Res. Group by R.J. Chorley, Methuen & Co Ltd (Great Britain)
- GISOTTI G., BENEDINI M. (2000) - *Il dissesto idrogeologico. Previsione, prevenzione e mitigazione del rischio*. Carocci Editore (Roma).



- GUIDA D., GUIDA M., IACCARINO G., LAMBIASE S., METCALF G., SALZANO G., VALLARIO A., VECCHIO V., ZICARI G. (1978) - *Una proposta per l'elaborazione di carte della franosità*. Boll. Soc. Natur., vol. 87, Napoli
- GUZZETTI F. (2000) – *Landslide fatalities and the evaluation of landslide risk in Italy*. Engineering Geology, 58
- LENTINI F., CATALANO S., CARBONE S. (2000) - *Carta geologica della provincia di Messina*. Provincia Regionale di Messina. Selca (Firenze)
- LUPIA PALMIERI E., DEL MONTE M. (2000) – *Un approccio quantitativo alla valutazione della pericolosità geomorfologica*. Atti del X Congr. Naz. dei Geologi, Roma, 7-10 dicembre 2000
- HUTCHINSON J. (2001) - *Landslide risk – to know, to foresee, to prevent*. Geologia Tecnica e Ambientale, n. 3
- ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA. Sezione di Catania (2002) - *2° rapporto macrosismico sul terremoto del 6 settembre 2002*.
- PICARELLI L. (2000) – *Meccanismi di deformazione e rottura dei pendii*. Hevelius Edizioni (Benevento)
- PINNA M. (1977) - *Climatologia*. Utet (Torino)
- POLEMIO M., PETRUCCI O. (2000) – *La ricerca internazionale sulle relazioni tra piogge e frane*. Atti del X Congr. Naz. dei Geologi, Roma, 7-10 dicembre 2000
- REGIONE SICILIANA - ASSESSORATO AGRICOLTURA E FORESTE. SERVIZIO TECNICO AGROMETEOROLOGICO SICILIANO - *Analisi meteorologica delle precipitazioni in Sicilia nell'anno 2002*. Sito web: www.sias.regione.sicilia.it
- REGIONE SICILIANA. SERVIZIO TECNICO IDROGRAFICO REGIONALE - *Annali Idrologici*
- STRAHLER A.N. (1952) - *Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography*. Bulletin of the Geological Society of America, n. 63
- STRAHLER A.N. (1956) - *Quantitative Slope Analysis*. Bulletin of the Geological Society of America, n. 67
- STRAHLER A.N. (1958) - *Dimensional Analysis applied to Fluvially Eroded Landforms*. Bulletin of the Geological Society of America, n. 69
- TANZINI M. (2001) - *Fenomeni franosi e opere di stabilizzazione*. Dario Flaccovio Editore (Palermo)
- TONINI D. (1983) - *Elementi di idrografia ed idrologia*. Rist. anast., Edizioni Libreria Cortina (Padova)
- VALLARIO A. (1999) - *Frane e territorio*. Liguori Editore (Napoli)
- ZAKRZEWSKA B. (1967) - *Trends and methods in land form geography*. Annals of the Association of American Geographers, 57

APPENDICE 1 – Parametri ipsometrici

La ricerca delle relazioni esistenti tra quote, superfici e pendenze in un bacino idrografico presuppone l'applicazione di criteri di analisi noti in campo geomorfologico, quale il metodo di Alvord-Horton (TONINI, 1983) per la determinazione della pendenza media ponderale che viene espressa mediante la seguente relazione:

$$P_m = Dh \cdot (\Sigma L_{iso})/A \quad (1)$$

dove: Δh è l'equidistanza, ΣL_{iso} è somma della lunghezza delle isoipse e A è l'area del bacino.

Utilizzando il medesimo principio di Alvord-Horton, tutte le analisi ipsografiche eseguite per il presente studio sono state condotte estendendo il calcolo della pendenza media a ciascun intervallo di quota:

$$P_{m_i} = Dh \cdot L_{m_i}/A_i \quad (2)$$

dove: L_{m_i} è la lunghezza media di due isoipse successive e A_i è l'area dell'intervallo tra esse compreso.

Così facendo, si ha la possibilità di costruire i clinogrammi e di controllare dove si hanno le variazioni più significative della pendenza.

Nell'analisi morfometrica di un bacino idrografico è spesso utile costruire i profili topografici. Tale operazione richiede l'individuazione di allineamenti che possono non risultare significativi e che, comunque, presuppongono la continua perpendicolarità tra la traccia e le isoipse attraversate, condizione che è molto difficile che si verifichi.

Per ovviare a questo inconveniente, sono stati costruiti i "profili topografici di bacino" mediante un'applicazione della (2).

Infatti, se la pendenza tra due punti è espressa dalla relazione:

$$P = Dh/DL$$

dove: Δh è la differenza di quota (pari all'equidistanza) e ΔL è la distanza planimetrica,

sostituendo a P il risultato dell'espressione (2) si ricava il valore medio ΔL tra due intervalli di quota.

Integrando i risultati all'intero bacino si ottiene una costruzione grafica che mette in relazione la distanza planimetrica con le quote, allo stesso modo di un profilo topografico "classico".

In questo modo si evita di dover scegliere un allineamento piuttosto di un altro lungo il quale costruire il profilo topografico e si ottiene un'indicazione "media" della situazione altimetrica. Ovviamente, laddove l'assetto fisiografico è molto diverso nelle varie parti del bacino, occorre valutare l'opportunità di scendere nel dettaglio per analizzare gli aspetti peculiari della morfologia che lo caratterizzano.

Un altro accorgimento seguito nel lavoro è quello relativo al calcolo della pendenza media dei corsi d'acqua per il quale è stata utilizzata la seguente espressione:

$$P_m(\text{asta}) = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n p_i^{0,5}} \right]^2$$

dove: L_i è la lunghezza del tratto i compreso tra due quote successive di pendenza parziale p_i .

APPENDICE 2 - La scheda di rilevamento e valutazione del rischio da frana

Il DCPM del 29 settembre 1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180", laddove si sofferma sui criteri per la individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (paragrafo 2), entra nel dettaglio della pericolosità idraulica ma rimane sul vago per quanto attiene il rischio da frana, rimandando a non meglio precisate analisi territoriali che definiscano la pericolosità e i livelli di rischio.

La bibliografia specialistica illustra ampiamente le difficoltà di pervenire ad una quantificazione della pericolosità attenendosi ai criteri diffusi, basati sul tempo di ritorno degli eventi, in quanto non è ancora possibile mettere in relazione diretta e certa una quantità misurabile e analizzabile con metodi statistici (le piogge) con gli eventi franosi.

Traendo spunto dalle indicazioni riportate nei testi specializzati, nel tentativo di mediare le differenze interpretative tra autori e scuole diverse e di realizzare un prodotto di compilazione non troppo complessa, commisurata alle esigenze di protezione civile, è stata elaborata una scheda di rilevamento che permettesse anche la quantificazione del rischio e l'archiviazione delle informazioni.

A differenza di altri criteri (Circolare n. 1 del 7 marzo 2003 dell'Assessorato regionale del Territorio e dell'Ambiente in cui vengono pubblicate le linee guida per la redazione dei Piani per l'Assetto Idrogeologico), la scheda definisce la pericolosità mediante un indicatore che riunisce il tipo di frana, la sua grandezza (sia in termini areali che di profondità), la sua attività e la sua velocità.

La vulnerabilità è espressa da un indicatore 0/1 (bene coinvolto/non coinvolto da un dissesto).

L'esposizione è il risultato di una valutazione complessa che tiene conto dell'importanza del bene per la comunità (indicatore di relazione) e del grado di perdita subito (indicatore di danno).

La valutazione del danno (vulnerabilità ed esposizione) è concepita per tenere anche conto della possibilità che un dissesto, pur non interessando direttamente un bene, determini un impedimento al suo uso e alla sua funzionalità.

SCHEDA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA FRANA - 1° LIVELLO									
RECORD n°		Comune			Provincia				
UTM x		UTM y		località					
Data rilevamento		bacino idr.							
Cod ISTAT		litologia							
PERICOLOSITA' (H)									
TIPO DI DISSESTO	Vol/Prof	Velocità	Attività	Specifiche					
CROLLI o RIBALTAMENTI: caduta di blocchi minuti (VRU < 0,25 mc)	< 50 mc			VELOCITA' ORIENTATIVE					
CROLLI o RIBALTAMENTI: caduta di blocchi isolati (VRU > 0,25 mc)	50 ÷ 100 mc			R : rapidi (0,1 m/sec ÷ 1 m/giorno)					
CROLLI o RIBALTAMENTI: caduta di blocchi isolati (VRU > 0,25 mc)	> 100 mc			M : moderati (1 m/giorno ÷ 1 m/mese)					
COLATE o SCIVOLAMENTI di fango o di detrito	< 500 mc			L : lenti (< 1 m/mese)					
COLATE o SCIVOLAMENTI di fango o di detrito	500 ÷ 1000 mc			ATTIVITA' DISSESTI					
COLATE o SCIVOLAMENTI di fango o di detrito	> 1000 mc			RE : relitti (sviluppati in condizioni diverse da quelle attuali)					
SCIVOLAMENTO: superficiale, creep o soliflusso (< 0,5 Ha)	D/L < 0,05			ST : stabilizzati artificialmente o naturalmente					
SCIVOLAMENTO: superficiale, creep o soliflusso (= 0,5 Ha)	D/L < 0,05			Q : quiescenti (inattivi al momento dell'osservazione ma che possono riattivarsi)					
SCIVOLAMENTO: superficiale, creep o soliflusso (< 0,5 Ha)	D/L > 0,05			I : inattivi (attivi prima dell'ultimo ciclo stagionale)					
SCIVOLAMENTO: superficiale, creep o soliflusso (= 0,5 Ha)	D/L > 0,05			SO : sospesi (attivi nell'ultimo ciclo stagionale ma non attivi al momento dell'osservazione)					
SCIVOLAMENTO localizzato (< 0,5 Ha)	D/L < 0,10			A : attivi (in movimento al momento dell'osservazione)					
SCIVOLAMENTO localizzato (= 0,5 Ha)	D/L > 0,10								
SCIVOLAMENTO di versante (= 0,5 Ha)	D/L < 0,20								
SCIVOLAMENTO di versante (= 0,5 Ha) o frane COMPLESSE	D/L > 0,20								
NOTA: per i dissesti incipienti (segnali sul terreno che lasciano presagire lo sviluppo di fenomeni franosi), si sceglia la categoria Q									
ELEMENTI A RISCHIO E LORO VULNERABILITA' (E * V)									
VIABILITA'	VULN	RELAZ	DANNO	EDIFICI			VULN	RELAZ	DANNO
Autostrade				Edifici strategici					
Strade statali				Centri abitati					
Strade provinciali				Nuclei abitati					
Strade provinciali declassate				Case sparse					
Strade intercomunali				Edifici rurali					
Strade comunali				Edifici adibiti ad attività produttive					
Strade consortili				Strutture cimiteriali					
Regie trazzere				Edifici di culto					
Strade interpoderali				Beni architettonici					
IMPIANTI	VULN	RELAZ	DANNO	TERRENI			VULN	RELAZ	DANNO
Produzione (acqua, luce, gas, etc)				Zone di espansione urbanistica					
Distribuzione (reti, collettori, cabine,				Fondi a destinazione agricola e/o					
Trattamento (di trasformazione,				Aree di interesse naturalistico					
Servizi (telefonia, fibre ottiche, etc)				Aree a vincolo idrogeologico, fiumi, torrenti					
Turistici, portuali, ecc				Terreni fruiti dall'uomo (spiagge, luoghi di incontro, etc)					
Sintesi delle specifiche (vedi Istruzioni)				Per una valutazione indicativa del valore dei terreni, si veda la TABELLA A					
VULN: N) Bene non coinvolto direttamente - S) Bene coinvolto direttamente									
RELAZ: esprime la relazione tra il dissesto e i beni esposti; le classi variano da A (beni ininfluenti o poco importanti) a E (beni fondamentali per la collettività)									
DANNO: esprime la perdita (anche potenziale) dei beni esposti; le classi variano da X (danno lieve) a W (danno molto grave). Il concetto di danno è esteso anche agli effetti indotti causati da un dissesto									
CALCOLO DEL RISCHIO									
Valore di pericolosità:		H							
Valore di danno:		D=E·V							
Rischio specifico:		Rs=H·V							
Rischio totale:		Rt=Rs·E							
CLASSE DI RISCHIO		Basso		(0 = Rt < 7,5)					
		Moderato		(7,5 = Rt < 25)					
		Elevato		(25 = Rt < 75)					
		Molto elevato		(Rt = 75)					