

IL MOVIMENTO GRAVITATIVO PROFONDO DI CRACO (BASILICATA IONICA)

Mario Bentivenga¹, Mauro Coltorti² & Giacomo Prosser¹

¹Dipartimento di Scienze Geologiche, Università degli Studi della Basilicata, Campus di Macchia Romana - 85100 Potenza

²Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Siena, via Laterina, 8 - 53100 Siena

RIASSUNTO: M. Bentivenga, M. Coltorti & G. Prosser, *Il movimento gravitativo profondo di Craco (Basilicata Ionica)*.
IT ISSN 0394-3356, 2004.

L'abitato di Craco (Matera) è stato interessato da ripetuti movimenti franosi che hanno destabilizzato in maniera particolare il versante sud-occidentale dalla fine del 1959 sino all'abbandono coatto di gran parte del paese ed al totale trasferimento nell'intervallo di tempo 1965-1980. La dorsale su cui sorge il paese è orientata NW-SE ed occupa una delle porzioni più esterne del fronte dell'Appennino meridionale. Nell'area di Craco, delimitata a sud-ovest dal torrente Bruscata ed a nord-est dal torrente Salandrella, è stato eseguito un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio che ha permesso di evidenziare i rapporti esistenti tra l'evoluzione del paesaggio lungo un tratto della porzione frontale di una catena recente e le differenti forme di modellamento dei rilievi. I numerosi affioramenti presenti nell'area hanno evidenziato le relazioni esistenti tra unità tettoniche alloctone intensamente deformate e unità argilloso-sabbioso-conglomeratiche appartenenti a differenti cicli deposizionali di età pliocenica, che si sono depositate durante l'avanzamento del fronte della catena (Balduzzi *et alii*, 1982; Sella *et alii*, 1988; Pieri *et alii*, 1997; Bentivenga *et alii*, 2003). Dopo il Pleistocene medio, l'area è stata interessata da movimenti di sollevamento che hanno condotto alla genesi di depositi marini terrazzati a quote elevate sui fondi vallivi lungo i margini del Golfo di Taranto (Bentivenga *et al.*, 2004). L'interazione tra sollevamento e cambiamenti climatici quaternari ha portato, nel Pleistocene medio e superiore, alla deposizione di unità alluvionali terrazzate e, durante l'Olocene, ad un importante approfondimento vallivo a cui è seguita una modesta fase aggradazionale. La stesura della carta geomorfologica di dettaglio ha permesso la comprensione dei movimenti gravitativi che hanno influenzato l'assetto morfologico attuale. È stato possibile stabilire l'interazione tra le morfosequenze ed i depositi responsabili del modellamento del paesaggio. I versanti della dorsale di Craco sono modellati dall'azione dei corsi d'acqua, dall'erosione calanchiva, ma in maniera prevalente da frane, anche di grandi dimensioni, che interessano tutti i terreni affioranti. L'analisi multitemporale ha permesso di verificare l'evoluzione dei movimenti gravitativi negli ultimi 50 anni. In questo lavoro si propone un modello che interpreta le evidenze raccolte nell'ambito della riattivazione di un movimento gravitativo profondo di versante. Viene inoltre presentata una metodologia di indagine che utilizza la geologia del Quaternario e la geomorfologia nello studio dei grandi movimenti gravitativi che costituiscono uno dei temi tuttora poco investigati del territorio italiano, malgrado la sua rilevanza in termini di pericolosità e rischi geologici.

ABSTRACT: M. Bentivenga, M. Coltorti & G. Prosser, *Deep-seated gravitational movements of Craco (Basilicata Ionica)*.
IT ISSN 0394-3356, 2004.

The Craco ridge (Matera, Southern Italy) experienced repeated landslide movements, particularly along the southwestern slope, starting from the end of the year 1959. The Craco village, located at the top of the ridge, was almost completely abandoned between 1965 and 1980 because of protracted landslide activity. The ridge is oriented NW-SE and is located at the most external thrust front of the Southern Apennines. A geological and geomorphological survey has been performed in the area that extends between the Salandrella and Bruscata creeks. Detailed mapping has been used to show the relationships between landscape evolution and the various landforms in the frontal part of a recent mountain belt. Furthermore, several exposures document the relationships between strongly deformed tectonic units and the Pliocene deposits, composed of clays, sandstones and conglomerates, that sedimented during the late deformational stages of the mountain belt (Balduzzi *et alii*, 1982; Sella *et alii*, 1988; Pieri *et alii*, 1997; Bentivenga *et alii*, 2003). The area underwent generalised uplift since the beginning of Middle Pleistocene, as shown by the altitude of the terraced deposits of the same age, all around the Taranto Gulf (Bentivenga *et al.*, 2004). Interaction between uplift and quaternary climate changes led to the deposition of terraced alluvial units during the late Middle-Late Pleistocene and to the deepening of the valleys that were filled by minor aggradational deposits during the Holocene. The detailed geomorphological map is useful to understand the importance of the gravitational movements in shaping the present landscape. A relationship between the morphological sequences and the deposits responsible for the landscape evolution has been defined. The slopes of the Craco ridge have been shaped by streams, badland erosional processes, and, more significantly, by huge landslides, that affected all the outcropping lithologies. Multitemporal analysis has been used to show the evolution of the gravitational movements during the last 50 years. In this paper we suggest that landslides represent the reactivation of a deep-seated gravitational slope deformation. Furthermore, we propose that evidence coming from studies of Quaternary geology and geomorphology should be taken into account to analyse huge gravitational movements, a relevant topic in risk assessment still poorly investigated in the Italian territory.

Parole chiave: Movimento gravitativo profondo, Craco, Basilicata.

Keywords: Deep-seated gravitational movements, Craco, Basilicata.

INTRODUZIONE

L'area studiata coincide con una dorsale orientata NW-SE appena ad ovest del fronte sepolto della Catena appenninica (Fig. 1 a, b). Il paese di Craco è stato edificato lungo il crinale dove affiorano i conglomerati pliocenici verticalizzati da retroscorrimenti che

hanno portato in affioramento unità alloctone (Fig. 1 c).

La morfologia dell'intera dorsale risente molto del complesso assetto tettonico. Infatti, sono visibili in affioramento le relazioni esistenti tra le unità tettoniche alloctone e le unità argilloso-sabbioso-conglomeratiche poggianti in discordanza angolare sulle precedenti, ed appartenenti a diversi cicli deposizionali pliocenici.

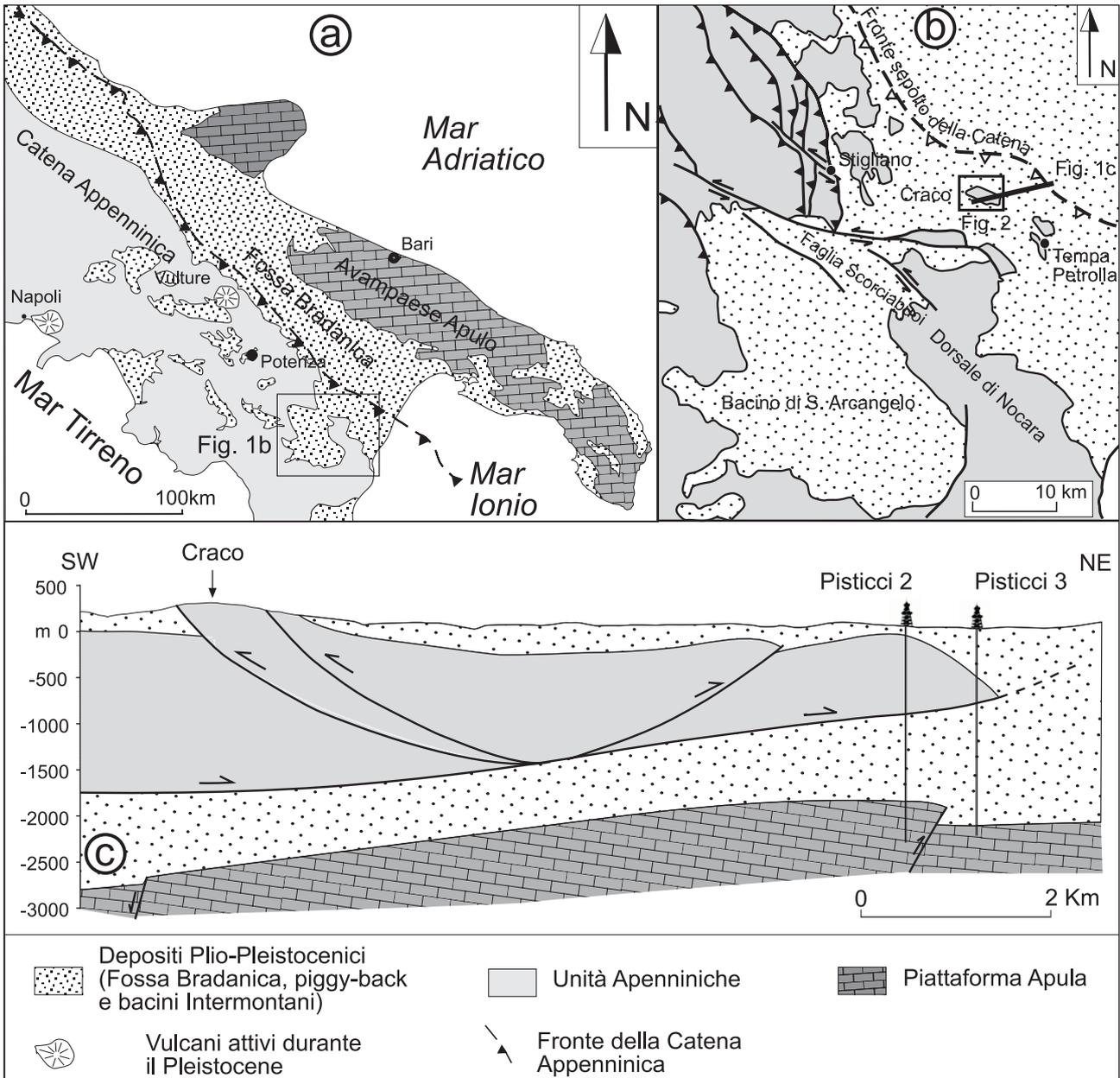


Fig. 1 - a) schema geologico regionale dell'Appennino meridionale; b) schema tettonico della porzione frontale dell'Appennino meridionale, comprendente la faglia Scorciabuoi ed il Bacino di Sant'Arcangelo (modificato da Patacca & Scandone, 2001); c) profilo geologico attraverso il fronte dell'Appennino meridionale.

a) geological sketch map of the Southern Apennines. b) tectonic sketch map of the frontal part of the Apenninic chain (redrawn after Patacca & Scandone, 2001); c) cross-section of the front of the Southern Apennines.

Numerosi sono i movimenti di massa che interessano tutta l'area, ma è evidente il particolare sviluppo che assumono lungo il versante sud-occidentale di Craco. Questa accentuata franosità risulta essere in stretto rapporto con la presenza di un movimento di grande dimensioni, che può essere riconducibile ad una Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV), anche se, come molti dei fenomeni in natura, esistono tutti i termini di transizione tra le grandi frane e le DGPV e queste ultime mancano di criteri univoci di differenziazione.

Le continue riattivazioni di questo complesso franoso lungo il versante, che da Craco degrada verso il

torrente Bruscata, hanno minacciato da sempre la stabilità dell'abitato fino ad arrivare alla drastica decisione dell'abbandono.

Il lavoro è finalizzato allo studio del movimento gravitativo profondo che interessa gran parte del versante sud-occidentale della dorsale di Craco. Gli studi precedenti effettuati nell'area (Del Prete & Petley, 1982) hanno considerato solamente le frane superficiali, senza tener conto della presenza di DGPV. Da un'attenta analisi geomorfologia e l'individuazione delle relazioni esistenti tra il versante in movimento ed i depositi fluviali terrazzati e di fondovalle, è stato possibile stabilire la dinamica del versante, la sequenza degli eventi ed il

grado di attività dei movimenti franosi. Per lo studio del movimento gravitativo profondo di Craco, è stata seguita una metodologia di semplice applicazione, che però talora non viene utilizzata per lo studio di fenomeni analoghi, preferendone altre più costose e spesso peggiorative per l'equilibrio già precario della massa in movimento.

Un approccio multidisciplinare facilita la determinazione delle dimensioni, della geometria e del grado di attività dei movimenti gravitativi, anche profondi, conoscenze indispensabili per meglio progettare sia l'ubicazione dei sondaggi che la rete di monitoraggio ed eventuali opere di sistemazione.

GEOLOGIA

In prossimità del fronte sepolto della Catena appenninica meridionale, in particolare appena ad ovest, si eleva la dorsale di Craco su cui è stato edificato nel medioevo il paese (Fig. 1a, b). Nell'area affiorano unità alloctone sovrascorse sui depositi clastici plio-pleistocenici dell'Avanfossa Bradanica e ricoperte a loro volta da conglomerati, sabbie e argille di età plio-pleistocenica deformati dal continuo avanzamento del fronte della catena (Fig. 1c).

Le unità alloctone sono sovrascorse, lungo una superficie sub-orizzontale sui depositi plio-pleistocenici dell'avanfossa, a loro volta poggiati direttamente sulla Piattaforma Apula, ribassata a gradoni da faglie dirette ad alto angolo. Per la messa a punto del modello strutturale è stato fondamentale conoscere i dati relativi ai sondaggi eseguiti per l'esplorazione petrolifera nell'area. Dai dati in possesso si può asserire che l'avanzamento delle unità alloctone è avvenuto fino al Pleistocene medio, visto che a letto delle unità sovrascorse sono stati trovati depositi del Pleistocene inferiore (Balduzzi *et alii*, 1982).

In particolare, lungo la dorsale di Craco le unità alloctone affiorano grazie alla presenza di retroscorrimenti legati alla deformazione del fronte della Catena appenninica (Fig. 2 - 3a).

Dal punto di vista stratigrafico, i terreni alloctoni sono rappresentati dalle Argille Varicolori (Cretaceo-Oligocene), sulle quali poggiano in discordanza depositi pliocenici suddivisi in due cicli separati da una seconda superficie di discordanza. Ciò è evidente in alcuni punti del versante nord-orientale della collina di Craco ed in particolare in località Macinecchie, dove lungo il crinale si può osservare la superficie di discordanza che separa i due cicli deposizionali ed in particolare l'appoggio in *onlap* dei depositi del secondo ciclo sulla stessa superficie (Fig. 3b).

Il primo ciclo è composto da corpi conglomeratici lenticolari con intercalazioni sabbiose, sabbie bioclastiche ("sabbie inferiori" in Fig. 2), argille marnose con orizzonti sabbiosi ed infine sabbie bioclastiche ("sabbie superiori" in Fig. 2), con uno spessore complessivo stimato di circa 350 metri, mentre il secondo ciclo è costituito da argille marnose grigie con intercalazioni di sabbie e livelli tuffitici di spessore metrico.

Le strutture tettoniche osservate nell'area di Craco sono lateralmente discontinue, come è facilmente riscontrabile dalla carta geologica (Fig. 2). La variabilità laterale nella geometria delle strutture è in parte

legata alla presenza di numerose faglie ad orientazione antiappenninica che dislocano le strutture contrazionali. La presenza di queste faglie è stata verificata cartografando in dettaglio i principali orizzonti conglomeratici situati alla base del primo ciclo. Inoltre, importanti faglie antiappenniniche sono ben visibili tra la località Macinecchie e Tempa S. Lorenzo. All'interno di questo sistema la faglia principale presenta un'apparente cinematica trascorrente sinistra e rigetta sia le strutture a vergenza normale che quelle retrovergenti di circa un chilometro (Fig. 2).

Nell'area di Craco i depositi pliocenici e le Argille Varicolori formano una monoclinale immergente verso nord-est (Fig. 2 e 3a), situata a tetto di un retroscorrimiento principale che porta le Argille Varicolori sulle argille del secondo ciclo. Il contatto tettonico, inclinato di circa 60° verso NE, è ben visibile da fosso Bruscata, lungo il versante meridionale della collina di Craco. A loro volta le Argille Varicolori sono ricoperte dal conglomerato basale del primo ciclo, che immerge sempre verso nord-est con inclinazioni di circa 60°. Oltre che sul versante sinistro di fosso Bruscata, le Argille Varicolori affiorano anche in corrispondenza del versante nord-orientale della collina di Craco, in località Macinecchie, dove apparentemente sono sovrapposte ai conglomerati ed alle sabbie inferiori. Questa situazione anomala può essere spiegata con un secondo retroscorrimiento, che porta le Argille Varicolori sopra le sabbie inferiori o le argille marnose del primo ciclo, come è stato indicato nel profilo geologico di figura 3a.

I dati ottenuti dal rilevamento eseguito nell'area di Craco permettono di evidenziare i processi che hanno operato nella parte frontale della catena. In particolare si può documentare come la progressiva deformazione delle unità alloctone sia avvenuta contemporaneamente alla sedimentazione dei depositi pliocenici, come è evidenziato dall'appoggio in *onlap* dei depositi del secondo ciclo su quelli del primo ciclo (Fig. 3b). L'evoluzione tettonica dell'area può essere sintetizzata come segue: i) il processo di formazione del *mélange* (Roure *et alii*, 1991), responsabile della notevole deformazione interna che caratterizza le Argille Varicolori, è avvenuto prima della deposizione della successione pliocenica. Infatti, i depositi del primo ciclo poggiano direttamente sulle Argille Varicolori già deformate, che costituivano la porzione frontale del prisma di accrezione dell'Appennino meridionale; ii) un'intensa attività tettonica ha caratterizzato la fine del primo ciclo causando un basculamento verso nord-est di tutta la successione; iii) la deformazione è proseguita durante il Pliocene - Pleistocene inferiore con la genesi di sovrascorrimenti e retroscorrimenti che hanno deformato le argille del Pliocene sommitale; iv) a partire dalla fine del Pleistocene inferiore - inizio del Pleistocene medio l'area è interessata da fenomeni di sollevamento (Ciaranfi & D'Alessandro, *in press*) che hanno condotto alla genesi di una serie di terrazzi marini lungo tutto il Golfo di Taranto (Bentivenga *et alii*, 2004 cum bib.).

GEOMORFOLOGIA

L'analisi geomorfologica ha messo in evidenza la geometria, lo stato di attività dei corpi franosi e le relazioni spazio-temporali esistenti tra di essi. Sono stati

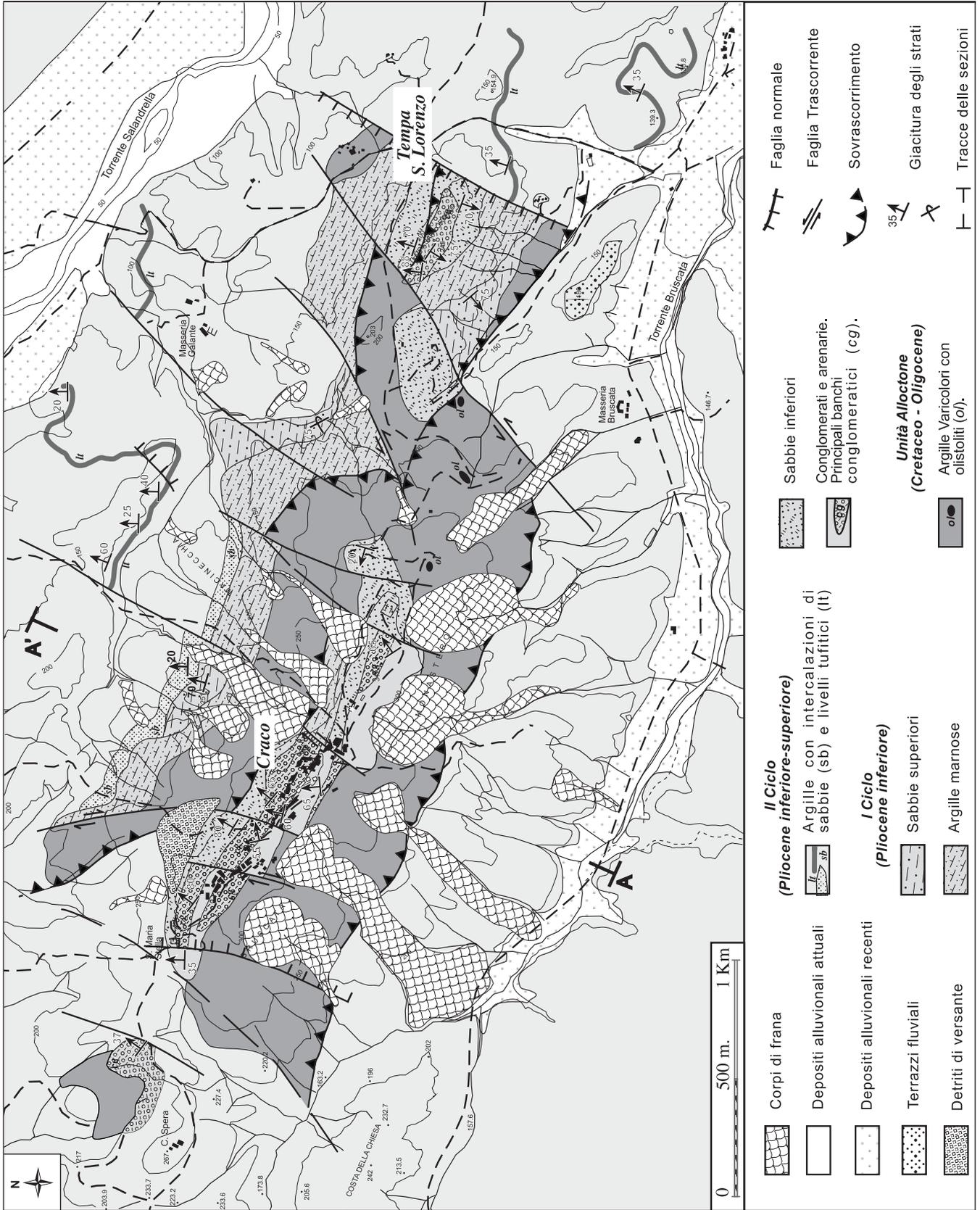


Fig. 2 - Carta geologica dell'area di Craco. / Geological map of the Craco Area.

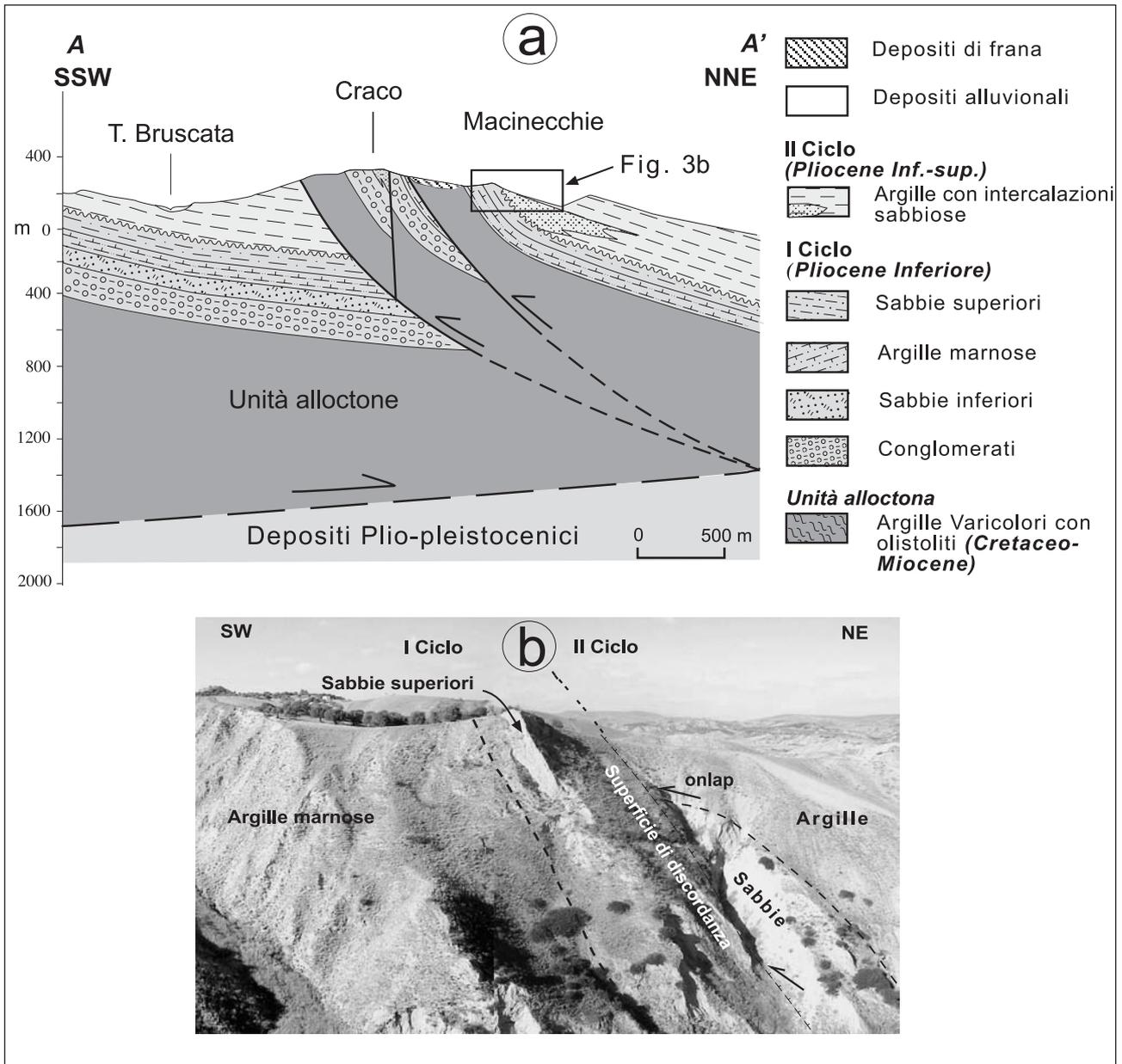


Fig. 3 - a) Sezione geologica che illustra le strutture tettoniche più rappresentative dell'area di Craco; b) Appoggio in onlap dei depositi del secondo ciclo sulla discontinuità che separa i due cicli della successione pliocenica. E' evidente la terminazione del corpo di sabbie situato alla base del secondo ciclo.

a) Cross-sections showing the main tectonic and stratigraphic features of the Craco area; b) onlap relation of the upper cycle on the bioclastic sands of the first cycle. The lateral termination of the sand level located at the base of the second cycle is shown.

individuati, inoltre, tutti gli elementi utili ad un'analisi morfo-cronologica in modo da poter stabilire la sequenza degli eventi che hanno condotto all'assetto attuale del territorio (Fig. 4 e 5). A tale scopo, particolare attenzione è stata rivolta alle relazioni esistenti tra il movimento gravitativo profondo di versante, la morfologia ed i depositi del fondo valle.

La dorsale di Craco ha un'orientazione NW-SE secondo le direttrici appenniniche ed è delimitata a sud-ovest dal torrente Bruscata e a nord-est dal torrente Salandrella. Il versante nord-orientale della dorsale

ha una pendenza media di circa 13° ed è interessato da numerosi movimenti franosi alcuni dei quali si sviluppano lungo tutto il versante fino a raggiungere il fondo valle. Sono stati classificati come frane per scivolamento, colate e più spesso movimenti franosi complessi perché si presentano con una zona di distacco ai piedi della quale sono presenti trincee e contropendenze tipiche delle frane per scivolamento rotazionale, mentre verso valle si sviluppano con lobi ed ondulazioni tipiche delle colate (Carrara *et alii*, 1985).

Le trincee e le contropendenze presentano in

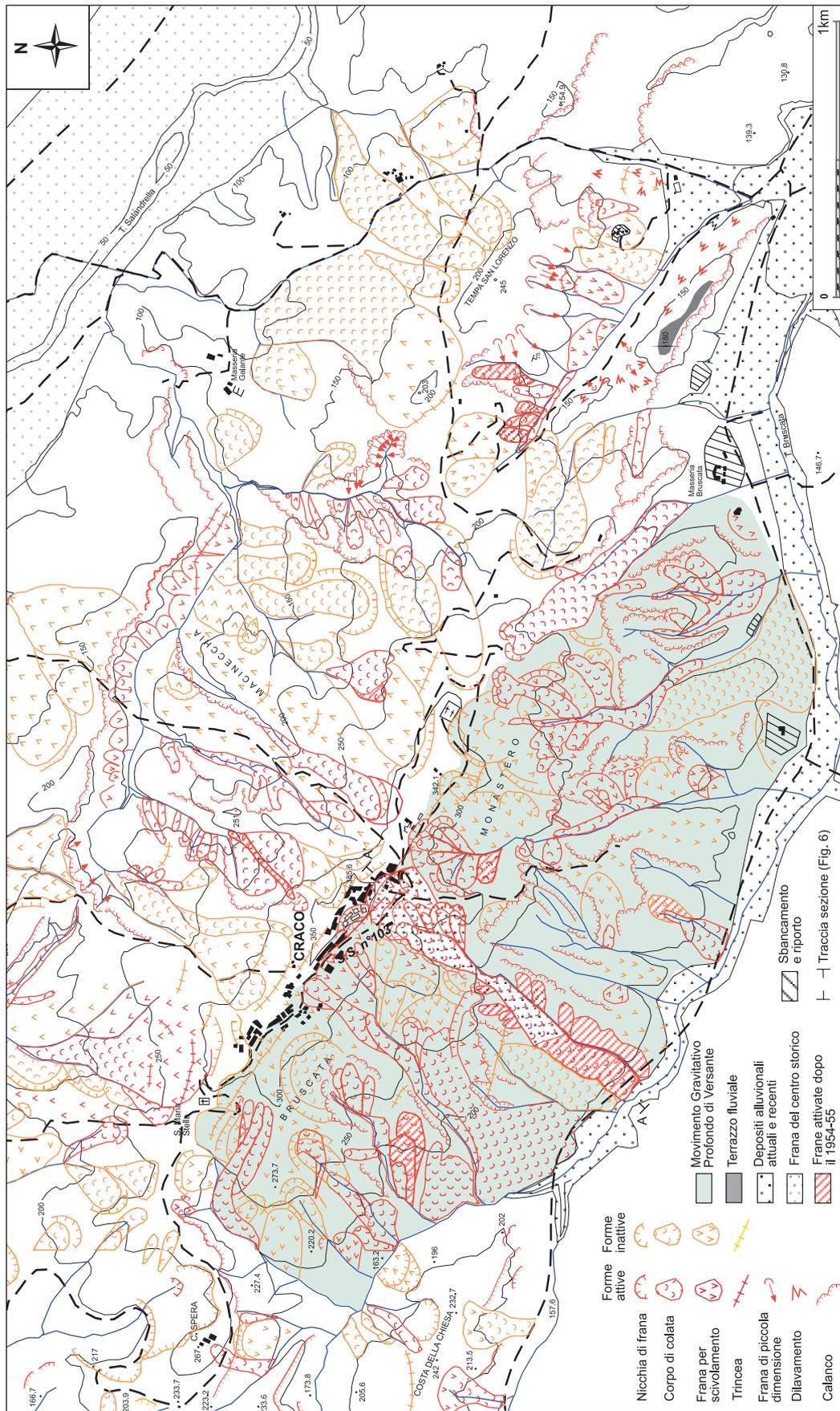


Fig. 4 - Carta geomorfologica dell'area di Craco.
Geomorphological map of the Craco area.

genere uno sviluppo lineare limitato sia perché sono disseccate dalle incisioni vallive sia perché si presentano obliterate da processi di colluvionamento.

La parte bassa del versante orientale presenta scarpate modellate sui sedimenti argillosi, a reggipoggio e con esposizione verso i quadranti meridionali. Le scarpate sono interessate da forme calanchive che si sviluppano talora per diverse centinaia di metri come nella parte settentrionale di contrada Macinecchia. Ai piedi dello stesso versante si sviluppa un'area pianeggiante occupata dall'ampio letto ordinario del torrente Salandrella e dei suoi terrazzi olocenici.

Il versante sud-occidentale della dorsale di Craco ha una pendenza media di circa 11° ed è interessato da movimenti franosi con tipologie simili a quelle descritte per il versante nord-orientale pur presentando in genere dimensioni maggiori. Molti sono i corpi di frana che si sviluppano lungo tutto il versante interessando i conglomerati che affiorano alla sommità del rilievo, le Argille Varicolori poste a mezza costa e le argille plioceniche affioranti nella parte bassa.

IL MOVIMENTO GRAVITATIVO PROFONDO DEL VERSANTE SUD-ORIENTALE DI CRACO

I movimenti gravitativi profondi di versanti occupano una posizione intermedia tra le frane ed i fenomeni tettonici gravitativi (Engelen, 1963; Goguel, 1978, Dramis, 1984; Sorriso-Valvo, 1984c; Cavallin *et alii* 1987).

In prossimità del crinale della dorsale di Craco, tra le ultime case e la chiesetta di Santa Maria Stella verso nord-ovest, si segue una lunga trincea, in parte oblitterata da frane minori e colmata da depositi colluviali derivanti dalla degradazione delle scarpate. Ai piedi del centro storico è stata rilevata una seconda trincea,

quasi in continuità con la precedente sebbene si presenti lievemente ribassata. Anche questa trincea è molto evidente in alcuni tratti, nonostante sia in larga parte oblitterata dall'edificazione della zona bassa del paese.

La presenza delle due trincee allineate nella parte alta del versante sud-occidentale permette di delimitare verso monte il movimento gravitativo profondo. Verso nord la trincea perde continuità in corrispondenza del fosso, che dalla chiesetta di Santa Maria Stella va a confluire, con direzione NE-SO in sinistra idrografica, nel torrente Bruscata. Si tratta verosimilmente del fianco destro del movimento franoso. Il limite sud-orientale segue il fosso che si origina a SE del cimitero e prosegue fino ad arrivare in prossimità di Masseria Bruscata per poi confluire anch'esso nel torrente Bruscata. Il limite inferiore del movimento gravitativo profondo ha interessato il fondovalle del torrente Bruscata che nel tempo ha subito uno spostamento del proprio percorso verso SW dando vita ad un andamento arcuato e determinando l'erosione della sponda opposta, come si può osservare dalle carte geomorfologiche (Figg. 4-5).

Le dimensioni del movimento gravitativo profondo di versante corrispondono ad una larghezza media di circa 2,6 km ed una lunghezza media di circa 1 km, mentre per quanto riguarda la profondità, ricavata da ricostruzioni geometriche, si può affermare che è certamente superiore a 100 m (Fig. 6). Infatti, una superficie di scivolamento posta a profondità minore, non sarebbe stata in grado di mobilizzare in massa un movimento delle dimensioni appena citate. In passato sono stati eseguiti numerosi sondaggi geognostici nell'area della frana del centro storico (Fig. 5), ma nessuno di questi ha raggiunto la superficie di scorrimento. Del Prete & Petlej (1982) interpretano la frana del centro storico come uno scorrimento retrogressivo con sviluppo a colata, ipotizzando un piano di scivolamento ubicato a

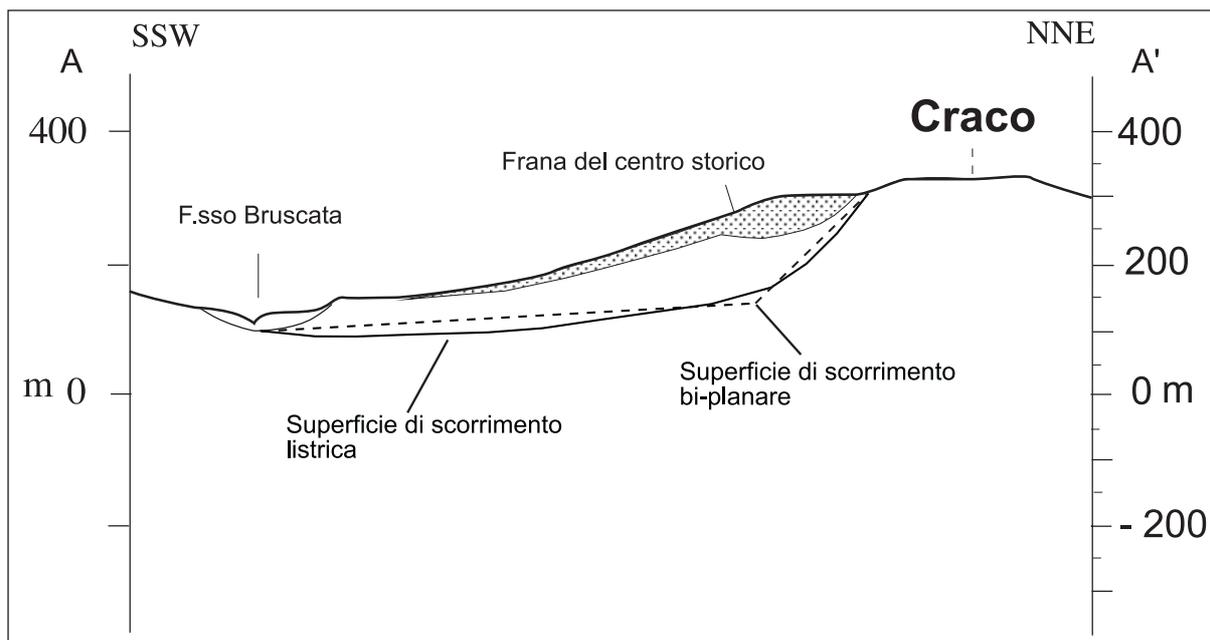


Fig. 6 - Sezione schematica del movimento gravitativo profondo di Craco e possibili superfici di scorrimento.

Schematic cross section of the deep-seated gravitational slope deformation of Craco illustrating the possible sliding surfaces.

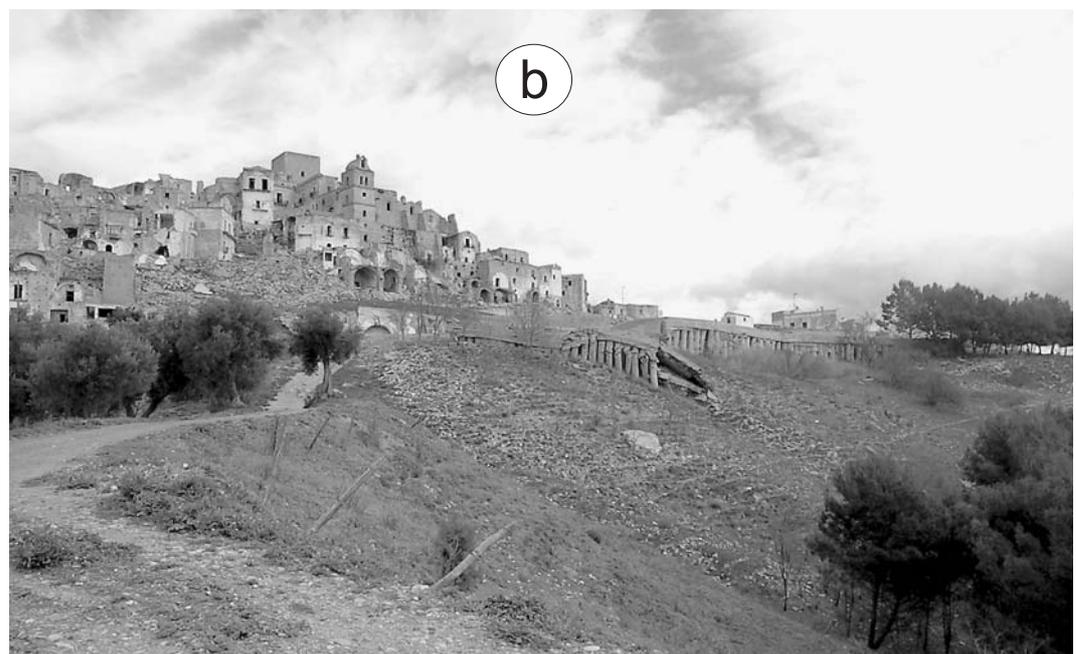
circa 70 m dal piano campagna. Infatti, profondità elevate giustificano facilmente come il muro di sostegno ad archi (Fig. 7a) e quello costruito successivamente su pali profondi solo 30 m (Fig. 7b), sono stati divelti in poco tempo.

Il movimento gravitativo profondo presenta un settore settentrionale in cui la trincea, anche se visibile, è stata modellata nel tempo dai processi erosivi e dove non sono state rilevate fratture e deformazioni. Come è facilmente deducibile anche dai dati storici, queste evidenze geomorfologiche indicano che si tratta di un fenomeno con attività ricorrente, suddiviso in settori a

vario grado di attività. Il settore settentrionale presenta dunque il grado di attività più basso osservato nell'area, mentre la parte centro-meridionale del movimento risulta essere notevolmente più dinamica e questo si evince facilmente dalla presenza di numerose frane superficiali, favorite dalla presenza di acque non regimate, che a monte hanno colmato localmente la trincea per poi svilupparsi verso valle per tutta la lunghezza del versante. Lungo il versante le frane superficiali sono classificabili come scivolamenti rotazionali con sviluppo a colate, la componente rotazionale è evidenziata da trincee minori e contropendenze. L'attivazione o riattivazione delle

Fig. 7 – a) resti del muro ad archi costruito nel 1888; b) muro di sostegno su pali costruito nel 1968.

a) remains of the wall with archs built in 1888; b) breast wall built on piles in 1968.



frane superficiali genera nell'area di distacco scarpate con pendenze elevate successivamente interessate da piccole colate.

La presenza di un settore con basso grado di attività, ed altri caratterizzati da una mobilità notevole, ci permette di affermare che il centro abitato di Craco è stato interessato dalla riattivazione di un movimento gravitativo profondo.

Nella parte medio-bassa del movimento gravitativo profondo sono presenti aree interessate da diffusi fenomeni di erosione concentrata che hanno generato nel tempo evidenti forme calanchive.

Rilevata la larghezza totale del movimento gravitativo profondo di versante e constatato che la porzione più attiva è quella centro-meridionale, si può affermare che il movimento interessa l'intero versante con un piano di scivolamento profondo ubicato nei pressi del fondovalle.

La geometria della superficie di scivolamento, che si raccorda alla trincea, può essere sia listrica che biplanare (Hutchinson, 1988) (Fig. 6). La forte rielaborazione della parte superiore del versante impedisce maggiori differenziazioni.

ANALISI MULTITEMPORALE

L'analisi multitemporale permette di individuare tutti gli elementi utili per stabilire la sequenza degli eventi che hanno portato all'assetto attuale del territorio.

L'interpretazione fotogrammetrica, eseguita dalle foto aeree relative al volo 1954-55 del I.G.M., ha permesso la realizzazione di una carta geomorfologia di tutta l'area studiata (Fig. 5). Per avere un confronto ed evidenziare le modifiche avvenute fino ad oggi, si è ritenuto necessario definire la geomorfologia attuale della stessa area, utilizzando le foto aeree relative al volo del 1991-1992, eseguita sempre dall'I.G.M., assieme a ripetuti riscontri sul terreno (Fig. 4).

Dal confronto delle due carte geomorfologiche è stato possibile osservare il diverso stato di attività di numerosi movimenti franosi superficiali e la loro evoluzione. Lungo il versante sud-occidentale della collina di Craco sono stati individuati settori del movimento gravitativo profondo interessati da una evidente attività franosa superficiale rispetto ad altri che risultano essere poco interessati, nel lasso di tempo considerato, da riattivazioni. Sono state osservate anche le piccole modifiche della rete idrografica e l'evoluzione dei fronti calanchivi che interessano la parte medio-bassa della dorsale di Craco. L'analisi dei danni agli edifici permette inoltre di individuare i settori più attivi dei singoli corpi in movimento.

SEQUENZA MORFOEVOLUTIVA

Tutta l'area di Craco è stata soggetta, a partire dal Pleistocene medio, a sollevamento. Ciò ha portato al continuo adattamento della rete idrografica ai cambiamenti dei livelli di base sia locali che generali. Il prevalente approfondimento vallivo ha generato versanti acclivi predisposti all'attivazione di movimenti di massa anche di notevoli dimensioni. Di particolare ausilio nella comprensione delle dinamiche evolutive del versante è

stata l'individuazione, ad est di Masseria Bruscata, di un piccolo lembo di terrazzo fluviale che si trova ad una quota di 180 m s.l.m. con una forma allungata in direzione NW-SE. La presenza del terrazzo fluviale permette di affermare che l'area limitrofa non è stata interessata dal movimento gravitativo profondo di versante e che lo stesso si è attivato dopo la messa in posto dei depositi alluvionali terrazzati. Lo stato di cattiva conservazione del ridotto terrazzo fluviale e l'assenza in tutto il resto della valle del torrente Bruscata di altri lembi di terrazzi dello stesso ordine ben conservati, impedisce una sua attribuzione cronologica. Si tratta ad ogni modo di un terrazzo la cui genesi è stata condizionata da una rapida aggradazione del fondovalle in condizioni climatiche che avevano indotto una completa eliminazione della copertura vegetale, verosimilmente durante una fase fredda ed arida del Pleistocene. Dato che si tratta del deposito più prossimo al fondovalle è verosimile che possa rappresentare l'ultima fase fredda pleistocenica (OIS 3 e OIS 2). A conferma di tale attribuzione, alla sua sommità non è stato osservato nessun indizio di una pedogenesi profonda con differenziazione importante degli orizzonti pedologici come quella attribuita all'Ultimo Interglaciale, segnalata alla sommità dei terrazzi del Pleistocene medio finale del versante adriatico (Coltorti *et alii*, 1991; Coltorti & Pieruccini, 2002). I sedimenti ghiaiosi non presentano neppure particolari evidenze di orizzonti petrocalcici che in genere sono quelli che maggiormente si preservano nel tempo. Il terrazzo costituisce dunque il termine più antico della sequenza di eventi che hanno interessato il versante. Se questa attribuzione fosse confermata, l'attivazione del movimento franoso sarebbe avvenuta durante l'Olocene. L'evento franoso si è poi attivato in maniera unitaria interessando tutto il versante. Il rilevamento geomorfologico ha però permesso di constatare che le frane superficiali attive si sono concentrate nella parte centro-meridionale dell'area in seguito a continui movimenti di riattivazione parziale. Questi movimenti differenziati si erano già manifestati quando l'area è stata scelta per l'edificazione del centro urbano nel Medioevo. Le case sono state edificate infatti lungo la trincea e nelle locali contropendenze. Sono proprio gli effetti di questo ultimo evento e dei fenomeni di franosità superficiale associati, fronteggiati con interventi di bonifica inefficaci ed a volte mal progettati, che hanno portato all'abbandono coatto del centro abitato.

La storia evolutiva recente delle frane di Craco è documentata dagli atti depositati nell'archivio comunale. Nel 1688 fu un terremoto (X° della scala Mercalli) localizzato tra Craco e Pisticci, a riattivare numerose frane tra cui quella che interessa la parte bassa del paese, ma solo nel 1888 si cercò di limitare i danni al patrimonio abitativo costruendo un muro ad archi che appena dopo il suo completamento fu soggetto a spostamenti decimetrici.

Dopo un apparente periodo di inattività del movimento franoso nel 1954 fu costruito un campo sportivo su di un terrazzo di frana in leggera contropendenza al di sotto della S.S. n° 103 (Fig. 5). La costruzione dell'impianto sportivo ha richiesto il livellamento di un'area estesa creando una sostanziale modifica del profilo del versante peggiorandone la stabilità. A scatenare la riattivazione nel 1959 fu una precipitazione eccezionale con 400 mm di pioggia in soli 5 giorni, che destabilizzò

completamente il campo sportivo, il muro ad archi ed alcune case al di sopra della S.S. n°103. Tra la fine del 1963 e l'inizio del 1965, altre riattivazioni portarono al collasso del muro ad archi, all'interruzione della percorribilità della S.S. n°103 ed all'evacuazione di 153 abitazioni rese inagibili (Fig. 8).

Nel 1968 fu decisa la costruzione di un altro muro, questa volta su pali che raggiungevano la profondità di 30 m pensando così di risolvere definitivamente il problema, ma le indagini geognostiche preliminari non misero in evidenza la reale profondità del movimento franoso che come sopra accennato deve estendersi ben al di sotto dei trenta metri. Si evince quindi che i pali del muro non hanno oltrepassato lo spessore del materiale in frana, ma sono rimasti sospesi e divelti alla successiva riattivazione della frana. Ad ogni modo, anche se essi avessero raggiunto il substrato stabile gli enormi sforzi di taglio non sarebbero stati arrestati dagli interventi sopra citati.

La riattivazione della frana distrusse, oltre al muro costruito su una palificata, anche numerose case a monte della S.S. n°103, e fu in quel momento che si decise per l'abbandono del paese.

INDAGINI MULTIDISCIPLINARI

Fino ad oggi per capire la geometria dei corpi in movimento sono stati eseguiti indagini dirette su spessori limitati, mentre potevano dare una risposta più efficace quelle indirette che non sono mai state eseguite nell'area. I metodi geofisici sono infatti meno costosi ed in grado di mettere in evidenza sia la geometria delle frane superficiali che dei movimenti gravitativi profondi di versante.

Non sono inoltre disponibili misure topografiche di precisione che, se ripetute nel tempo, potevano aiutarci ad avere un'idea degli spostamenti prodotti sia dal movimento gravitativo profondo che da quelli relativamente più superficiali ed interessati da una velocità più differenziata. Attualmente il monitoraggio di un'area con problematiche simili potrebbe essere effettuato servendosi di una rete di GPS o dell'Interferometria Radar (Strozzi *et alii*, 2001; Turchi *et alii* 2003).

Le indagini geognostiche hanno interessato solo l'area della frana del centro storico, ma i sondaggi non hanno superato i 30 m di profondità e sono serviti solo al prelievo di campioni indisturbati per la caratterizzazione geotecnica sia delle Argille Varicolori che delle argille plioceniche.

DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Le evidenze geomorfologiche, come la presenza di trincee a monte e la deviazione ad arco del corso d'acqua sottostante, hanno permesso di stabilire che il versante sud-occidentale di Craco è stato interessato da un movimento gravitativo profondo di versante. Un'analisi geomorfologica preliminare del versante interessato da questo processo, ha permesso di valutare il diverso grado di attività che il movimento ha nei vari settori. I movimenti e l'attività dei processi sono stati riconosciuti anche attraverso una attenta analisi multi-temporale, realizzando e mettendo a confronto due

carte geomorfologiche relative rispettivamente alla situazione attuale ed a quella del 1954-55.

L'elevato grado di attività del settore meridionale del movimento è inoltre confermato dalla presenza di frane più superficiali attive.

La geometria dei sedimenti che costituiscono il substrato, in parte costituiti da corpi alloctoni fortemente caoticizzati, sembrerebbe più favorevole alla genesi di una serie di corpi franosi con evoluzione indipendente l'uno dall'altro. La notevole continuità laterale della trincea suggerisce invece che il movimento è stato in massa ed ha interessato le varie formazioni affioranti verosimilmente grazie alla presenza delle argille e soprattutto di intercalazioni sabbiose, abbastanza frequenti nella successione pliocenica. La circolazione idrica in pressione all'interno di questi livelli può aver costituito uno dei fenomeni predisponenti l'attivazione del fenomeno guidando l'ubicazione e l'attivazione della superficie di scivolamento.

L'analisi geomorfologica di dettaglio ha permesso di ottenere informazioni riguardanti le dimensioni del movimento e la geometria dello stesso. La presenza di un piccolo lembo di terrazzo fluviale verosimilmente attribuibile al Pleistocene superiore, ha permesso di delimitare l'area in frana e di ricostruire nel tempo, unitamente alle informazioni storiche, la sequenza degli eventi responsabili dell'assetto attuale del territorio.

Dopo aver individuato il problema dal punto di vista geomorfologico è possibile pianificare, con ocularità e con limitate risorse economiche, una rete di monitoraggio che utilizza una o più tecniche tra quelle riportate in precedenza, ma tutte in grado di evidenziare gli spostamenti di qualsiasi settore del movimento gravitativo profondo di versante. Inoltre, possono essere meglio scelte e realizzate le opere di intervento, come ad esempio la regimazione delle acque lungo il versante soggetto al degrado mediante dreni profondi, che abbassano il livello di falda, e canalette superficiali, che limitano l'infiltrazione delle acque. Queste opere inspiegabilmente non sono state mai eseguite nell'area di Craco.

In una relazione di un geologo del Servizio Geologico d'Italia (Brugner, 1964) vengono evidenziate:

- l'assenza di cunicoli di deflusso collegati ai drenaggi dei muri di sostegno;
- consistenti perdite della rete idrica e fognaria;
- presenza di piccoli laghetti sul corpo della frana del centro storico.

Il relatore conclude consigliando la realizzazione di opere capaci di regimare le acque lungo tutto il settore del versante interessato dalla frana del centro storico, ma questo negli anni successivi fu completamente disatteso contribuendo certamente alla continua riattivazione del movimento franoso.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il referee anonimo per i suoi utili suggerimenti.

Lo studio è stato possibile grazie al finanziamento "P.I.L. ex 60%" di Mario Bentivenga e Giacomo Prosser e del MIUR 2003 "Approccio integrato allo studio delle strutture tettoniche attive intrappenniniche e dei movimenti gravitativi associati", resp. Mauro Coltorti.



Fig. 8 – a) veduta di Craco; b) casa inclinata lungo il fianco sinistro della frana del centro storico.

a) view of the Craco village; b) tilted house in the Craco village, along the left side of the landslide.

BIBLIOGRAFIA

- Balduzzi A., Casnedi R., Crescenti U. & Tonna M. (1982) - *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del bacino lucano (Avanfossa Appenninica)*. Geologica Romana, **21**, 89-111.
- Bentivenga M., Prosser G., Prestera A. & Sabia M. (2003) - *Assetto strutturale nella zona frontale di una catena recente: l'esempio di Craco (Appennino meridionale - Italia)*. Geologia dell'Ambiente, **1**, 89-98.
- Bentivenga M., Coltorti M., Prosser G. & Tavarnelli E., 2004 - A new interpretation of terraces in the Taranto Gulf: the role of extensional faulting. *Geomorphology*, **60**, 383-402.
- Brugner W. (1964) - Selle condizioni di stabilità dell'abitato di Craco (Provincia di Matera). Servizio Geologico d'Italia, Largo S. Susanna, 13, Roma.
- Carbone S., Catalano S., Lazzari S., Lentini F. & Monaco C. (1991) - *Presentazione della Carta Geologica del Fiume Agri (Basilicata)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **47**, 129-143.
- Carrara A., D'Elia B. & Semenza E. (1985) - Classificazione e nomenclatura dei movimenti franosi. *Geologia Applicata e Idrogeologia*, **20**, 223-243.
- Casero P., Roure F., Endignoux L., Moretti I., Müller C., Sage L. & Vially R. (1988) - *Neogene geodynamic evolution of the Southern Apennines*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 109-120.
- Cavallin A., Crescenti U., Dramis F., Prestininzi A. & Sorriso-Valvo M. (1987) - Tipologia e diffusione delle deformazioni gravitative profonde di versante in Italia. *Boll. Soc. Geol. It.*
- Cavazza W., Blenkinsop J., De Celles P.G., Patterson R.T. & Reinhardt E.D. (1997) - *Stratigrafia e sedimentologia della sequenza sedimentaria oligocene-quaternaria del bacino calabro-ionico di avanarco*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **116**, 51-77.
- Ciaranfi N. & D'Alessandro A., (2005) - Overview of the Montalbano Jonico area and section: a proposal for the Boundary Stratotype of the Lower-Middle Pleistocene in the Southern Italy Foredeep. *Quaternary International*, in press.
- Coltorti M., Consoli M., Dramis F., Gentili B. & Pambianchi G. (1991) - *Evoluzione geomorfologica delle piane alluvionali delle Marche centro-meridionali*. *Geogr. Fis. Din. Quat.*, **14** (1), 87-100, Torino.
- Coltorti M. & Pieruccini P. (2003) - *Le pedosequenze dell'Ultimo Interglaciale nel contesto lito- e morfostratigrafico del Quaternario dell'Appennino abruzzese*. Presentazione orale alle "Giornate di Studio: Successioni Continentali nell'Appennino Centro-Meridionale." AIQUA-C.N.R. Roma 20-21/02/2003.
- Del Prete M. & Petley D.J. (1982) - *Case history of the main landslide at Craco, Basilicata, South Italy*. *Geologia Applicata e Idrogeologia*, **17**, 291-304.
- Dramis F. (1984) - *Aspetti geomorfologici e fattori genetici delle deformazioni gravitative profonde di versante*. Atti I Sem. DGPV, *Boll. Soc. Geol. It.*, **103**, 681-687.
- Engelen (Von) G.B. (1963) - *Gravity tectonics in the North-Western Dolomites (N. Italy)*. *Geol. Ultraiectina*, **13**, 1-92.
- Goguel J. (1978) - *Scale-dependent rockslidemechanisms, with emphasis on the role of pore fluid vaporisation*. In B. Voight (ed.), *Rockslides and Avalanches*, Develop, in *Geotechnical Engineer*, **14a**, Elsevier, Amsterdam.
- Hutchinson J.N. (1988) - *General report: Morphological and geotechnical parameters of landslide in relation to geology and hydrogeology*. Proc 5th I.S.L. Landslides, Vol. 1, Lausanne.
- Lazzari S. & Lentini F. (1980) - *Note illustrative del F.507 Pisticci*. Regione Basilicata, Potenza, 1-55.
- Patacca E. & Scandone P. (2001) - *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene)*. In: G.B. and I.P. Martini (Eds) "Anatomy of a mountain the Apennines and adjacent Mediterranean Basins". Kluwier Acad Publ."
- Pescatore T. (1988) - La sedimentazione miocenica dell'Appennino campano lucano. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **41**, 37-46.
- Pieri P., Vitale G., Beneduce P., Doglioni C., Gallicchio S., Giano S.I., Loizzo R., Moretti M., Prosser G., Sabato L., Schiattarella M., Tramutoli M., Tropeano M., (1997) - *Tettonica quaternaria dell'area bradanico-ionica*. *Il Quaternario*, **10** (2), 535-542.
- Roure F., Casero P. & Vially R. (1991) - *Growth processes and melange formation in the southern Apennines accretionary wedge*. *Earth and Planetary Science letters*, **102**, 395-412.
- Sella M., Turci C. & Riva A., (1988) - *Sintesi geopetroli-ferica della Fossa Bradanica (avanfossa della catena appenninica meridionale)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 87-107.
- Sorriso-Valvo M. (1984c) - *Presentazione*. Atti I Sem. DGPV, *Boll. Soc. Geol. It.*, **103**, 667-669.
- Strozzi T., Wegmuller U., Tosi L., Bitelli G. & Volker S. (2001) - *Land Subsidence Monitoring with Differential SAR Interferometry*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **67**, **11**, 1261-1270.
- Turchi D., Casagli N., Fanti R., Leva D., Luzi G., Pasuto A., Pieraccini M., Silvano S. (2003) - *Landslide monitoring by using ground-based SAR interferometry: an example of application to the Tessina landslide in Italy*. *Engineering Geology*, **68**, 15-30.

Ms. ricevuto l'1 giugno 2004
 Testo definitivo ricevuto il 7 dicembre 2004

Ms. received: June 1, 2004
 Final text received: December 7, 2004

