

LE DEFORMAZIONI DI VERSANTE DELL'ALTA VALLE DI SUSA: RISPOSTA PELLICOLARE DELL'EVOLUZIONE TETTONICA RECENTE*

M. Giardino - R. Polino

C.N.R.-C.S. sulla Geodinamica delle Catene Collisionali, Torino

ABSTRACT - *Slope instability in the upper Susa Valley in NW Italy: surface deformations controlled by the recent tectonic evolution* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 10(2), 1997, 293-298 - During the geological survey of the Bardonecchia area in Piedmont (Sheets nos. 132, 152 and 153 of the Geological Map of Italy, scale 1:50,000), a several kilometre wide shear zone (Susa-Chisone Shear Zone = SCSZ) was identified in the upper Susa and Chisone valleys (western Alps, NW Italy). The SCSZ is emphasised by N60°E stretching left-lateral faults, which displaced both the bedrock and Quaternary formations. A possible interaction with the present slope morphogenesis is suggested by widespread deep-seated gravity deformations (Deep-seated Gravity Slope Deformations = DGSD) in the area. The controlling factors of these phenomena can be identified in climatic (meteorological) events, post-glacial slope release, energy of relief, lithological and structural features. Geological evidence indicate that the regional geodynamic stress field and gravity slope deformations are interactive systems: on one hand, the bilateral extension of top ridges is activated and governed by the N60°E left-lateral faults of the SCSZ at the Susa-Chisone divide and, on the other, DGSDs develop along vertical shear zones with reactivation of previous brittle structures.

Parole chiave: Neotettonica, morfogenesi di versante, frane, Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV), Alpi occidentali
Key-words: Neotectonics, slope morphogenesis, landslides, Deep-seated Gravitational Slope Deformations (DGSD), Western Alps

1. PREMESSA

Durante il rilevamento per il F. 132-152-153 "Bardonecchia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 (Fig. 1), sono stati raccolti dati strutturali, stratigrafici e morfologici sulla possibile attività tettonica recente; tali evidenze risultano concentrate particolarmente lungo una fascia di ampiezza plurichilometrica a direzione N60°E che comprende settori delle Valli di Susa e Chisone e del relativo spartiacque. In questa fascia le deformazioni tettoniche si sono realizzate in interazione dinamica con la sedimentazione delle formazioni quaternarie: inoltre esse sembrano interagire con la morfogenesi attuale dei versanti.

Per precisare la collocazione spazio-temporale di tale attività tettonica, verificare il suo significato geodinamico e stabilire quale ruolo svolga nell'evoluzione del rilievo montuoso è stato avviato uno specifico progetto di ricerca di cui la presente nota illustra brevemente i presupposti teorici, le finalità, le metodologie di indagine ed i risultati preliminari.

2. IL PROGETTO DI RICERCA

L'importanza del ruolo giocato dai fenomeni di lenta e progressiva deformazione dell'ammasso roccioso (DGPV = deformazioni gravitative profonde di versante) nella morfogenesi dei rilievi montuosi è stata sottolineata

in numerosi lavori specifici sull'argomento (Zischinsky, 1969a, b; Radbruch-Hall, 1978; Savage & Swolfs, 1986; Varnes *et al.*, 1989). Nel caso dell'arco alpino occidentale ciò è stato confermato da studi a carattere regionale (Mortara & Sorzana, 1987; Forlati *et al.*, 1995) e locale (Chiesa *et al.*, 1991; Forlati *et al.*, 1991; Giardino & Polino, 1996).

Il rilevamento geologico in corso per il F. "Bardonecchia" ha messo in evidenza che nel settore compreso fra le valli Susa e Chisone, già studiato su basi fotointerpretative da Puma *et al.* (1989), l'evoluzione di versante appare fortemente condizionata, oltre che da DGPV, anche da movimenti gravitativi caratterizzati dalla formazione di imponenti accumuli di frana. Per mezzo di un'analisi dei dati di terreno sui fenomeni gravitativi ed un attento confronto con quelli riguardanti l'assetto strutturale locale si è cercato di evidenziare se e come le deformazioni gravitative mostrino relazioni con le fasi tettoniche geodinamiche recenti (ed attuali) che interessano le porzioni più superficiali della pila di falde alpine.

Lo studio della tettonica recente viene collegata ad un'analisi del quadro deformativo regionale in modo da evidenziare i possibili vincoli geometrici della deformazione, rappresentati da settori di debolezza crostale in cui la riattivazione tettonica appare più probabile. La collocazione spazio-temporale dell'attività tettonica è stata quindi verificata sulla base dei dati di rilevamento sulle formazioni superficiali, raccolti ed organizzati secondo la procedura illustrata da Baggio *et al.* (1996). Lo studio delle deformazioni gravitative si è avvalso della metodo-

(*) Relazione ad invito - *Invited paper*

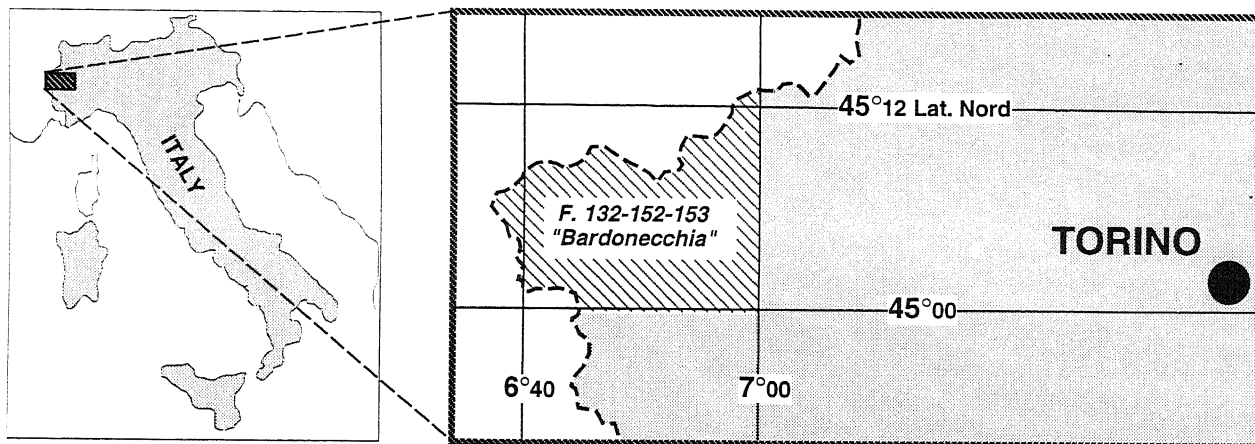


Fig. 1 - Localizzazione del foglio 132-152-153 "Bardonecchia" della Carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000.
Location of Sheet 132-152-153 "Bardonecchia" of the Geologic Map of Italy (1: 50,000 in scale).

logia proposta da Giardino e Baggio (1996).

I risultati finora raggiunti nella ricerca sono di seguito brevemente descritti ed illustrati attraverso alcune carte tematiche. Il modello neotettonico presentato è da considerarsi suscettibile di perfezionamento con il proseguo delle attività di studio.

3. LE FORMAZIONI SUPERFICIALI E GLI ACCUMULI DI FRANA

L'area studiata è caratterizzata da importanti accumuli di depositi quaternari (Fig. 2). Quelli riferibili alle fasi

glaciali pleistoceniche sono prevalentemente rappresentati da *till* di fondo e di ablazione affioranti in lembi isolati a varia quota sui versanti vallivi; quelli legati all'evoluzione post-glaciale occupano sia i settori di fondovalle (prevalentemente depositi alluvionali), sia ampie porzioni dei versanti (prevalentemente depositi colluviali e gravitativi); solo alle quote più elevate della parte settentrionale dell'area si rinvencono importanti depositi legati al glacialismo olocenico. In alcuni settori di cresta e degli alti versanti sono inoltre conservati lembi residuali di travertini e breccie a cemento carbonatico di precipitazione chimica legata a circolazione di fluidi; la loro posizione stratigrafica è prevalentemente soggiacente a depositi glaciali pleistocenici.

L'analisi dei corpi di accumulo gravitativo ha consentito di distinguere innanzitutto quelli in via di formazione da quelli in corso di rimodellamento erosionale; i rapporti stratigrafici indicano che gli accumuli sono prevalentemente post-glaciali, anche se si conservano alcune tracce di deformazioni gravitative precedenti al modellamento glaciale. Fra le tipologie di movimento gravitativo classificate secondo Varnes (1978) prevalgono i fenomeni complessi di *slump-earth flow*, seguiti dai crolli; i movimenti coinvolgono sia il substrato che i depositi di copertura.

Alcune deformazioni tettoniche sono registrate entro i depositi quaternari più antichi; si tratta di faglie subverticali a direzione N60°E, N20°E, N120°E, in ordine di frequenza. Gli stessi sistemi di discontinuità

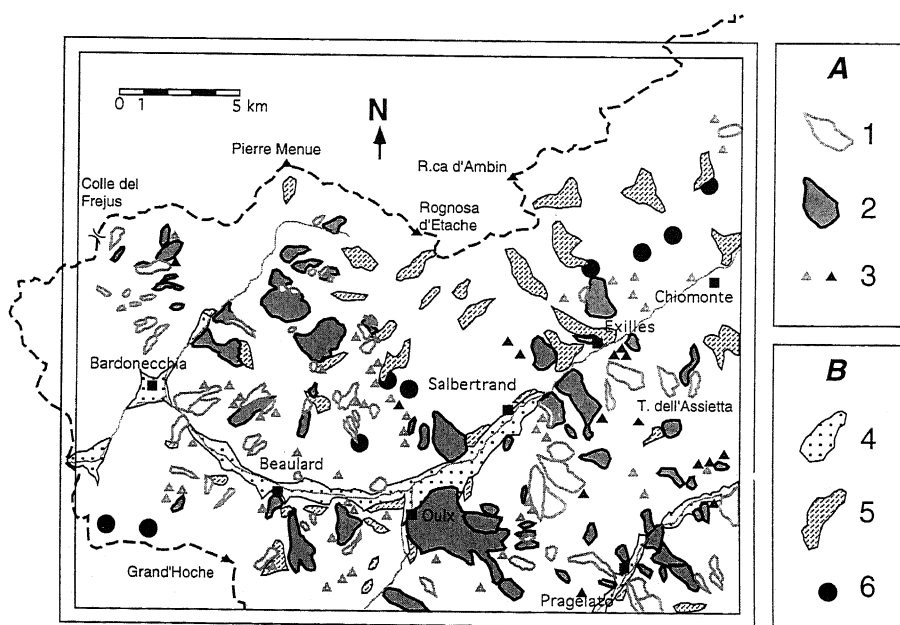


Fig. 2 - Distribuzione dei principali accumuli di frana (A) e dei depositi superficiali (B). 1: accumuli in formazione; 2: accumuli in corso di rimodellamento erosionale; 3: accumuli di dimensioni inferiori a 0,3 km²; 4: depositi alluvionali; 5: depositi glaciali; 6: principali masse di travertini e breccie a cemento carbonatico.

Distribution of landslide main accumulations (A) and of other superficial deposits (B). 1: units that are being formed; 2: units undergoing an erosional remodeling; 3: accumulations < 0.3 km² in size; 4: alluvial deposits; 5: glacial deposits; 6: travertine breccias.

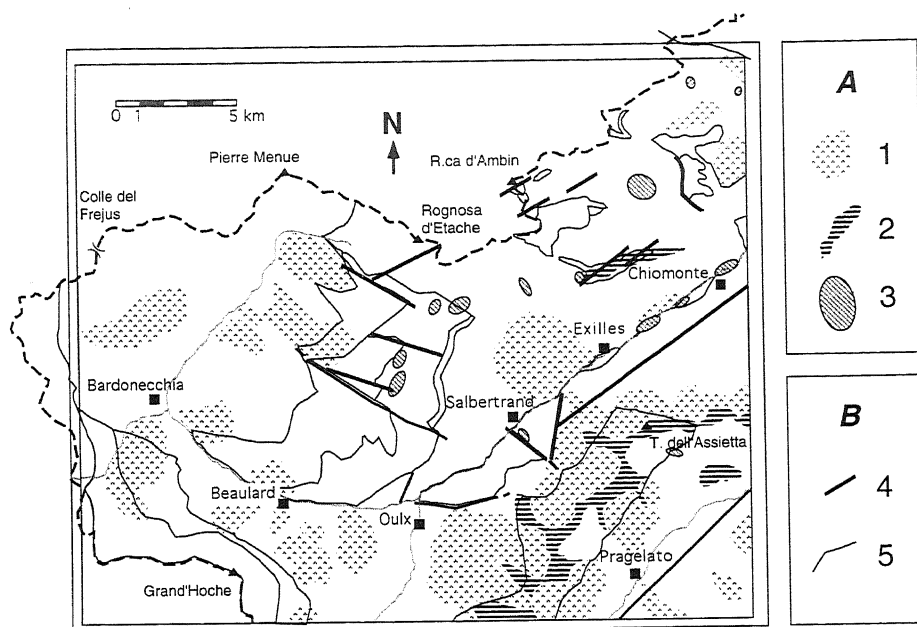


Fig. 3 - Distribuzione delle deformazioni gravitative profonde ("DGPV" = A) e dei principali sistemi di discontinuità fragili (B). 1: DGPV caratterizzate da fenomeni di sackung; 2: DGPV dominate da estensione bilaterale dei settori di cresta; 3: DGPV controllate da strutture di collasso per subsidenza concentrica localizzata; 4: faglie; 5: principali contatti tettonici.

Distribution of deep-seated gravitational deformations ("DSGD" = A) and of brittle main structural discontinuities (B). 1: DSGD characterized by sackung phenomena; 2: DSGD with bilateral extension of top ridges; 3: DSGD controlled by localized concentric subsidence; 4: faults; 5: other tectonic contacts.

definiscono le aree di maggiore concentrazione dei depositi quaternari e delimitano molti accumuli gravitativi.

4. IL SUBSTRATO E LE STRUTTURE CROSTALI

La SCSZ si sviluppa principalmente nelle unità a prevalenti calcescisti della Zona piemontese, al limite tra questa ed il massiccio d'Ambin. Le strutture maggiori in quest'area non sono mai state oggetto di studi di dettaglio, forse proprio in ragione dell'estesa copertura quaternaria. Tuttavia i limiti tra le diverse Unità sono spesso allineati secondo due delle direttrici tettoniche riscontrate sul terreno (rispettivamente ENE-WSW ed ESE-WNW) e corrispondono a piani di taglio fragili. Se si tenta una correlazione con le strutture regionali messe in evidenza dal profilo sismico CROP-ECORS attraverso le Alpi occidentali si vede come la SCSZ sia localizzata sul prolungamento meridionale di una delle maggiori zone di deformazione interne alla catena (Digitazione dell'Iseran *Auct.*), lungo la quale vengono giustapposte le unità a più alta pressione (falde ofiolitiche interne con associazioni eclogitiche, Falda/Massiccio del Gran Paradiso, ecc.) e le unità di basamento e copertura del sistema di falde del Gran San Bernardo. Nell'area studiata questa Zona di deformazione, a dimostrazione del prolungarsi dell'attività nel tempo, attraversa l'insieme unità piemontesi e brianzonesi che affiorano nelle valli Susa e Chisone e non sottolinea più con grande evidenza marcate differenze di evoluzione metamorfica.

La Zona di deformazione plurichilometrica che sem-

bra caratterizzare questo settore delle Alpi Cozie settentrionali si sviluppa con andamento all'incirca NE-SW, cioè parallelo alle strutture regionali ed al sistema trascorrente riscontrato sul terreno.

5. DGPV E PRINCIPALI DISCONTINUITÀ STRUTTURALI

Il differente comportamento geomeccanico del substrato (calcescisti, rocce carbonatiche e dolomitiche di vario tipo, quarziti, mica-scisti, gneiss, ecc.) condiziona in parte le deformazioni superficiali legate alla dinamica di versante.

L'analisi del quadro deformativo fragile regionale e soprattutto quello legato ai movimenti più recenti indica che la dinamica dei versanti è fortemente condizionata anche dalla deformazione recente del substrato (Fig. 3).

Gli imponenti sdoppiamenti della cresta spartiacque Susa-Chisone, già studiati su base fotointerpretativa da Puma *et al.*, (1989), dimostrano una stretta connessione geometrica con i principali sistemi di discontinuità fragili del substrato: le DGPV riutilizzano prevalentemente i sistemi fragili preesistenti e si sviluppano soprattutto in corrispondenza delle principali zone di taglio subverticali, dove esiste una forte convergenza fra le forme e le strutture causate dalla tettonica gravitativa e le manifestazioni geodinamiche di stile fragile.

Nell'area si riconoscono due sistemi ad evoluzione recente orientati N60°-80°E e N110°-140°E, rispettivamente (Fig. 4). Le relazioni geometriche ed i dati sulla cinematica indicano che il primo di questi sistemi sviluppa prevalentemente faglie trascorrenti sinistre, mentre lungo il secondo si sviluppano sia faglie trascorrenti sinistre sia faglie normali. I risultati dell'analisi della deformazione entro ai depositi di copertura plio-quaternari e sulle relative superfici di modellamento, e il rinvenimento di indicatori cinematici di tipo trascorrente su superfici di taglio estremamente recenti e palesemente contrastanti dal punto di vista geometrico con l'evoluzione gravitativa di versante, indicano che l'evoluzione del primo di questi sistemi è tuttora in atto.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il campo deformativo recente ed attuale a scala regionale (Fig. 5) appare come il fattore predisponente per l'evoluzione dinamica dei versanti legata alla gravità.

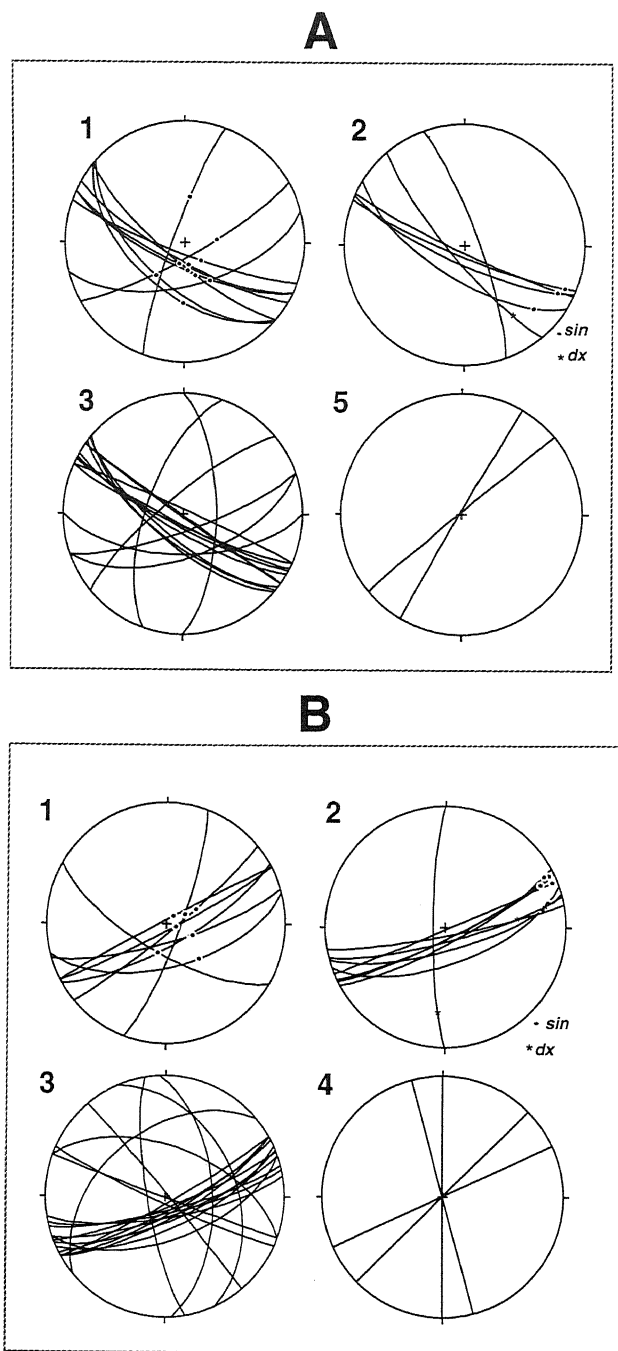


Fig. 4 - Proiezione stereografica dei principali elementi deformativi rilevati in due settori del Foglio Bardonecchia (A = Seguret-Vallonetto; B = Media valle di Susa). 1: faglie normali; 2: faglie trascorrenti; 3: altre faglie; 4: principali sistemi di trincee; 5: assi principali delle strutture di collasso.

Stereoplot of main deformational elements in the Seguret-Vallonetto zone (A) and in the Central Susa Valley (B) (Bardonecchia Sheet area). 1: normal faults; 2: strike-slip faults; 3: other faults; 4: main trench systems; 5: collapse structure main axes.

In particolare il settore Susa-Chisone presenta fenomeni di estensione bilaterale guidati dall'evoluzione della SCSZ come zona in transtensione orientata N60°E e delimitata da faglie trascorrenti sinistre. La concentrazione di frane e DGPV in quest'area riflette quindi fenomeni di disequilibrio e di richiamo verso il basso collegati sia alla

subsidenza di alcuni settori sia all'intenso sollevamento di altri. Lo stesso reticolato idrografico è fortemente condizionato dall'assetto strutturale (prevalenza di direzioni di deflusso parallele alla zona di deformazione) con minori ma frequenti anomalie nelle direzioni di drenaggio che testimoniano che il sistema deformativo è stato attivo in tempi recenti e probabilmente lo è ancora.

Le evidenze di terreno indicano che il campo deformativo geodinamico regionale e la deformazione gravitativa di versante sono sistemi interattivi. Lo studio dei due fenomeni non può essere portato avanti in modo autonomo; infatti:

a) per spiegare la distribuzione e le caratteristiche dei fenomeni gravitativi occorre aver chiaro il quadro cinematico generale;

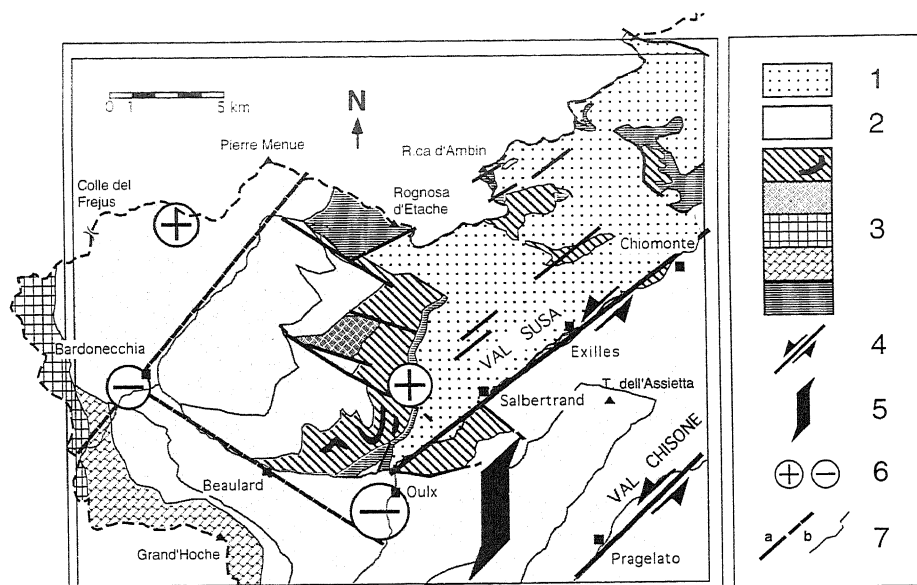
b) l'analisi della dinamica di versante fornisce utili indicazioni per la ricostruzione del quadro geodinamico recente.

Si può concludere quindi che esiste un *continuum* fra le ultime fasi della strutturazione fragile della catena e l'evoluzione gravitativa dei versanti.

Nel proseguimento del progetto di studio sulla neotettonica del margine interno alpino verrà data grande importanza all'analisi del significato sismo-tettonico della SCSZ, in relazione anche al comportamento dell'adiacente distretto sismico del Pinerolese, nel quale attualmente si registra attività sismica di bassa energia, ma sono pure segnalate intense deformazioni a spese di depositi lacustri pleistocenici della Val Chisone (Collo & Giardino, 1997). Tale analisi è auspicabile non solo dal punto di vista scientifico, ma anche per le sue implicazioni pratiche, in primo luogo per la valutazione della pericolosità geologica intrinseca di un'area caratterizzata da settori intensamente antropizzati.

BIBLIOGRAFIA

- Baggio P., Carraro F., Gianotti F. & Giardino M., 1996 - *La raccolta e l'organizzazione dei dati nel rilevamento delle formazioni superficiali*. CNR-CS Geodinamica delle Catene Collisionali, Torino, Mem. Int. 96/1, 36 pp.
- Chiesa S., Fornero I., Frassoni A., Mazza G., Zanchi A. & Zaninetti A., 1991 - *Gravitational instability phenomena concerning a hydroelectric plant in Italy*. Atti 7° Congr. Int. Meccanica delle Rocce, International Society for Rock Mechanics, Aachen-Deutschland, 6.
- Collo G. & Giardino M., 1997 - *Deformation of "Villafranchian" lacustrine sediments in the Chisone valley (Western Alps, Italy)*. In: Hancock P. & Michetti A.M. (Eds.), *Special issue for INQUA meeting on Paleoseismology*. J. Geodynamics, 24(1-4), 281-292.
- Forlati F., Ramasco M., Susella G., Barla G., Marino P. & Mortara G., 1991 - *La deformazione gravitativa profonda di Rosone. Un approccio conoscitivo per la definizione di una metodologia di studio*. Studi Tridentini di Scienze Naturali, 68, Acta Geologica, 71-108.
- Forlati F., Brovero M. & Campus S., 1995 - *Alcune con-*



Neotectonic sketch-map and main litho-structural units of the Bardonecchia Sheet. 1: Undifferentiated pre-Triassic substratum. 2: Undifferentiated calc-schist Units of the Piedmontese Domain. 3: Mesozoic carbonatic units. 4: Strike-slip fault systems. 5: Extensional sector of the Susa-Chisone Shear Zone; 6: Uplifting or subsiding sectors. 7: a) main brittle structural discontinuities (dashed, if inferred); b) other geological contacts.

Fig. 5 - Schema neotettonico e principali unità lito-strutturali. 1: basamento pre-triassico indifferenziato; 2: unità di calcescisti del dominio piemontese, indifferenziate; 3: unità di copertura mesozoiche, prevalentemente carbonatiche; 4: sistemi di faglie trascorrenti; 5: settore in estensione della Susa-Chisone Shear Zone; 6: settori in forte sollevamento o subsidenza; 7: a) principali discontinuità di stile fragile (certe, presunte), b) altri contatti geologici.

siderazioni sulle deformazioni gravitative profonde di versante inerenti il territorio piemontese. *Acta I.M.Y.R.A.G.*, 2, (sez. A), 75-81.

- Giardino M. & Baggio P., 1996 - *Cartografia geologica e fenomeni di instabilità gravitativa: proposte per una razionale raccolta ed organizzazione dei dati di terreno*. In: CNR-IRPI, Torino, Conv. Int. "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Vol. Riassunti, 311-314.
- Giardino M. & Polino R., 1996 - *Le deformazioni di versante dell'Alta Valle di Susa in relazione con l'evoluzione tettonica recente. Dati preliminari*. Abstract book "CNR, Riunione Scientifica dei Ricercatori alpini ed Appenninici", Vipiteno 11-13/10/1996.
- Mortara G. & Sorzana P.F., 1987 - *Fenomeni di deformazione gravitativa profonda nell'arco alpino occidentale italiano. Considerazioni lito-strutturali e morfologiche*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 106, 303-314.
- Puma F., Ramasco M., Stoppa T. & Susella G., 1989 - *Movimenti di massa nelle alte valli di Susa e Chisone*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 108, 391-399.
- Radbruch-Hall D., 1978 - *Gravitational creep of rock masses on slopes*. In: Voight B. (Ed.), *Rockslides and avalanches*. 1. Natural Phenomena: Developments in Geotechnical Engineering, 14A, Elsevier, 607-657.

Savage W.Z. & Swolfs H.S., 1986 - *Tectonic and gravitational stresses in long asymmetric ridges and valleys*. *J. Geophys. Res.*, 91(B3), 3677-3685.

Sorriso-Valvo M., 1995 - *Considerazioni sul limite tra Deformazione Gravitativa Profonda di Versante e Frana*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 50, 179-185.

Varnes D.J., 1978 - *Slope movement types and processes*. In: Schuster R.L. & Krizek R.J. (Eds.), "Landslides, analysis and control". Transport. Res. Board Sp. Rep., 176, Nat. Acad. Sci., 11-33.

Varnes D.J., Radbruch-Hall D.H., Savage W.Z., 1989 - *Topographic and Structural Conditions in Areas of Gravitational Spreading of Ridges in the Western United States*. *U.S. Geol. Sur. Prof. Pap.*, 1496, 28 pp., 42 figg.

Zischinsky U., 1969a - *Über Bergzerreissung und Talzuschub*. *Geol. Rundsch.*, 58(3), 974-983.

Zischinsky U., 1969b - *Über sackungen*. *Rock Mechanics*, 1(1), 30-52.

Testo definitivo ricevuto il: 9. 10. 1997

Final text received: Oct. 9, 1997