

6. Analisi del dissesto da frana in Valle d'Aosta

M. Giardino, S. Ratto

6.1 Premessa

Le frane rappresentano una fenomenologia di dissesto molto diffusa nel territorio della Regione Autonoma Valle d'Aosta. Esse interferiscono frequentemente con attività e strutture antropiche: si rendono quindi necessarie adeguate azioni di previsione e prevenzione.

La conoscenza e la prevenzione dei fenomeni di dissesto nella Regione Autonoma Valle d'Aosta possono essere adeguatamente implementate dalla realizzazione di un inventario dei fenomeni franosi, dettagliato e uniforme per tutto il territorio regionale, collegato ad un Sistema Informativo Territoriale unico di valenza nazionale.

A questo scopo, la Regione Autonoma Valle d'Aosta, con deliberazioni n. 4028 del 27/11/2000 e n. 2163 del 18/06/2001 ha aderito all'attività di censimento dei dissesti sul territorio promossa dal Comitato dei Ministri per la Difesa del Suolo ex lege 183/89 attraverso la stipula di Convenzioni con Agenzie di protezione ambientale ed Enti di ricerca (rispettivamente con l'ex Servizio Geologico Nazionale, ora in APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino), finalizzate alla realizzazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI), per il settore della Valle d'Aosta.

Nell'ambito delle Convenzioni sopra citate, è stata conclusa una prima tranche del Progetto IFFI ("IFFI 1") nel mese di luglio 2004; questa ha prodotto un primo censimento dei fenomeni franosi sul territorio valdostano, che attualmente è consultabile sul sito web dell'APAT (www.sinanet.apat.it/progettoiffi). Una seconda tranche di lavoro ("IFFI 2") ha avuto inizio con deliberazione di giunta regionale n. 4802 del 20/12/2004 che ha approvato due nuove Convenzioni con gli enti sopraccitati. In particolare la Convenzione con l'APAT prevede l'integrazione, aggiornamento e implementazione del Progetto IFFI 1, e quella col Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino prevede l'esecuzione di un più ampio programma di ricerca, nell'ambito del quale l'Università ha svolto, sotto il coordinamento della Regione Autonoma Valle d'Aosta, anche tutte le attività richieste dalla Convenzione con l'APAT. Le attività del Progetto "IFFI 2" sono state suddivise, in base alle scadenze previste, in due stadi:

- il primo, di revisione del Progetto "IFFI 1", secondo le specifiche contenute nell'Allegato 5 della Convenzione RAVA-APAT, si è concluso al 31.03.2005 con la consegna degli aggiornamenti e di una relazione tecnica redatta ai sensi dell'Allegato 5 alla Convenzione.
- il secondo, di integrazione, aggiornamento ed implementazione della banca dati alfanumerica e cartografica del Progetto IFFI, sulla base di nuove informazioni acquisite, si è concluso nel corrente mese (dicembre 2005) e i prodotti sono consegnati all'APAT unitamente alla presente relazione, che riassume le attività ed i risultati dell'intero Progetto IFFI con particolare riferimento a quelle previste dalla seconda convenzione tra RAVA-APAT in scadenza il 31/12/2005.

6.2 Fasi di lavoro

Come accennato in precedenza, le attività del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino per la realizzazione del Progetto IFFI all'interno del territorio valdostano si sono sviluppate tra gli anni 2002 e 2005, secondo quanto pianificato nell'ambito delle Convenzioni stipulate con la Regione Autonoma Valle d'Aosta. Durante tale periodo, il compianto Prof. Augusto Biancotti e successivamente il Prof. Giulio Pavia, direttori del Dipartimento di Scienze della Terra, hanno delegato il Dott. Marco Giardino quale responsabile scientifico-operativo e coordinatore della ricerca. Per la Regione Autonoma Valle d'Aosta, il ruolo di responsabile dell'attuazione del Progetto è stato svolto dal Dott. Franco Bonetto (fino al mese di agosto 2003), successivamente dall'Ing. Raffaele Rocco, che ha delegato la Dott.ssa

Sara Ratto quale coordinatore delle attività per la Regione. In veste di Responsabile scientifico, il Dott. Marco Giardino ha anche presentato all'APAT - Dipartimento Difesa del Suolo, ex SGN – Servizio Geologico Nazionale, le scelte progettuali ed i risultati preliminari raggiunti.

Lo scopo del Progetto IFFI è realizzare un inventario dei fenomeni franosi costituito da un prodotto cartografico associato ad un archivio di informazioni sulle frane di un determinato territorio. A tale scopo è stata realizzata, sottoposta a verifica, e successivamente applicata una procedura di lavoro che comprende attività di censimento frane tramite ricerca d'archivio e fotointerpretazione, successivamente integrate da elaborazioni GIS che consentono un miglioramento qualitativo del prodotto finale. La ricerca, dapprima svolta su di un'area campione che corrisponde al Foglio IGM numero 29 della Carta d'Italia alla scala 1:50.000 (periodo febbraio - settembre 2002), è stata successivamente sviluppata (ottobre 2002 - novembre 2003) nei settori valdostani non interessati dal Progetto CARG e non coperti dal Censimento dei fenomeni franosi dell'evento dell'ottobre 2000, andando a completare l'area assegnata (settore viola in Figura 6.1), scegliendo quindi di privilegiare la ricerca in quei settori ancora privi di dati significativi sotto il profilo della qualità/affidabilità. Queste attività sono state svolte nell'ambito della prima Convenzione (IFFI 1).

Tuttavia, se da un lato il Progetto CARG ha fornito dei dati già validati sotto il profilo tecnico, dall'altro ha potuto censire solamente quelle tipologie di frane che presentano ad oggi delle chiare evidenze geomorfologiche (quali ad esempio le grandi frane piuttosto che le deformazioni gravitative profonde di versante) tralasciando invece altre tipologie di fenomeni gravitativi, quali ad esempio quelle di colamento rapido. Tali forme, infatti, subiscono un rapido rimodellamento che spesso ne cancella le tracce e ne rende quindi impossibile il censimento dopo un arco di tempo relativamente breve. Queste ultime tipologie, invece, sono solitamente censite dagli archivi storici, in particolare si fa riferimento a quello delle Stazioni Forestali. Bisogna inoltre considerare che il Progetto CARG ha il fine di classificare la facies dei depositi, indipendentemente dalla tipologia dei fenomeni che li ha costituiti. Pertanto, all'interno delle aree rilevate dal Progetto CARG, durante la fase IFFI 1 si è deciso di tralasciare l'analisi fotointerpretativa e l'inserimento nel DB IFFI di alcuni dei dati provenienti dagli archivi storici. Ciò è avvenuto per motivi di ottimizzazione dei tempi e delle risorse, oltre che della qualità, in quanto inserire i dati senza poi procedere alla loro validazione e controllo, comporta il rischio di una duplicazione dei fenomeni. A conclusione della fase IFFI 1 si è però verificato il fatto che, in alcune porzioni di territorio, determinate tipologie di fenomeni franosi fossero presenti in un numero inferiore a quello reale, comportando così un'apparente distribuzione disomogenea di tali tipologie di fenomeni.

Pertanto, le attività della seconda tranches del Progetto (IFFI 2: febbraio – ottobre 2005), si sono concluse con la raccolta di dati di fotointerpretazione e di ulteriori dati d'archivio su tutto il territorio regionale, in particolare nei settori oggetto dei rilievi CARG (area gialla di Figura 6.1: Fogli 089 "Courmayeur", 090 "Aosta", 091 "Châtillon") e con il confronto/integrazione/validazione di tali informazioni con quelle provenienti dal Progetto CARG, messe a disposizione dall'ex Servizio Cartografia e Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma Valle d'Aosta.

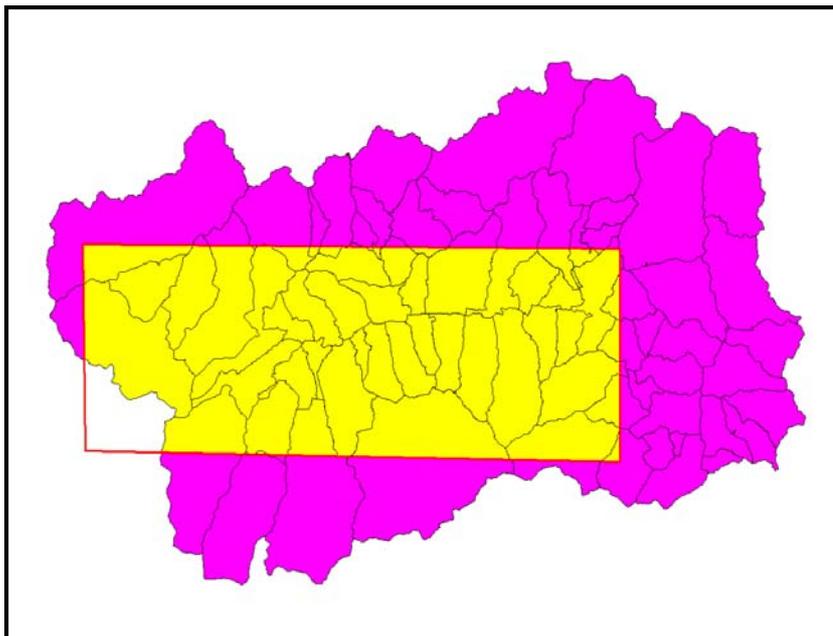


Figura 6.1 Tutto il territorio regionale è stato coperto dal Progetto IFFI, in particolare, per l'area evidenziata in giallo è stato svolto il confronto con i dati CARG già presenti.

Il confronto è stato effettuato sia in base ai dati storici e d'archivio che in base alle geometrie desunte dalla fotointerpretazione. Le differenze emerse tra i dati IFFI e quelli definiti nel Progetto CARG sono legate ai diversi scopi dei progetti; il controllo ha permesso, da un lato, di evidenziare l'esistenza delle dissimilitudini e, dall'altro, di integrare i database CARG e IFFI con i dati alfanumerici e cartografici da fotointerpretazione. Una disamina più dettagliata del lavoro svolto viene affrontata nel Paragrafo 6.8.

Le varie **fasi di lavoro** seguite nel corso dell'intero Progetto IFFI in Valle d'Aosta sono visualizzate e sintetizzate nel modello concettuale (Figura 6.2) che ne esprime l'organizzazione complessiva. Maggiori dettagli circa la **metodologia specifica** messa a punto dal gruppo di lavoro IFFI – Valle d'Aosta, integrando le specifiche IFFI richieste dall'APAT, saranno riportati al Paragrafo 6.8. Di seguito vengono forniti gli aspetti generali del progetto, come riferimento per la lettura delle varie attività svolte e dei risultati ottenuti, analizzati e descritti in dettaglio nei successivi capitoli.

Nella prima fase (o **periodo 1**) del Progetto IFFI sono state sistematicamente raccolte informazioni sui fenomeni franosi presenti nella letteratura scientifica e all'interno di archivi storici e banche dati. Parallelamente è stata anche effettuata un'analisi mediante fotointerpretazione (cfr. Paragrafo 6.8). Questi due processi, portati avanti da vari operatori, hanno permesso di realizzare una serie di strati informativi di natura areale, lineare e puntuale che descrivono i fenomeni franosi riconosciuti mediante fotointerpretazione secondo le specifiche IFFI ed un livello informativo di natura puntuale che colloca spazialmente, ove possibile, i fenomeni descritti nei vari archivi storici consultati.

Le scelte metodologiche operate (che verranno meglio illustrate al Paragrafo 6.8), hanno permesso, nella fase successiva (o **periodo 2**), di mitigare uno dei rischi maggiori che si corre ogni qual volta si realizzi un archivio di dati che attinge le proprie informazioni da archivi già esistenti: quello della duplicazione degli eventi. E' infatti verosimile che durante l'analisi dei dati d'archivio lo stesso operatore in tempi diversi o più semplicemente operatori diversi, possano inserire all'interno del database due *record* distinti, ricavati da due fonti di dati differenti, riferiti in realtà allo stesso fenomeno. L'attività condotta nel periodo 2 è stata quindi rivolta a riconoscere i casi di duplicazione e ad eliminare le schede doppie fondendo le informazioni in un'unica scheda, qualora possibile, secondo la procedura illustrata al successivo Paragrafo. I casi di duplicazione che presentavano aspetti discordanti sono stati affrontati nella successiva fase.

L'importanza delle attività svolte nel secondo periodo trova inoltre un riscontro nel fatto che spesso, durante la fase di censimento, esiste la possibilità di reperire informazioni prodotte da

persone con diversi livelli di competenza tecnica; di conseguenza una formazione scientifica sull'argomento molto diversa porta spesso a descrizioni dello stesso fenomeno estremamente differenti: durante la fase di inserimento dati sono stati presi in considerazione vari rapporti nei quali si parla di "colate laviche" per descrivere vari tipi di fenomeni di colamento, tra i quali anche le colate detritiche di ambiente torrentizio, estranee all'oggetto del presente censimento (cfr. Paragrafi 6.9.1, 6.9.5, 6.9.6, 6.10); tali descrizioni, seppur scientificamente scorrette, sono l'unica testimonianza dell'evento e permettono comunque di risalire alla tipologia originaria del fenomeno: esse hanno quindi comunque una notevole importanza e vanno "interpretate", prima di essere censite.

L'ultima fase del lavoro (**periodo 3**) è stata dedicata al controllo di terreno e/o all'analisi di casi particolari o per l'importanza o per dubbia interpretazione, nonché per i casi di duplicazione in cui non si trovava una concordanza tra dati bibliografici e dati da fotointerpretazione.

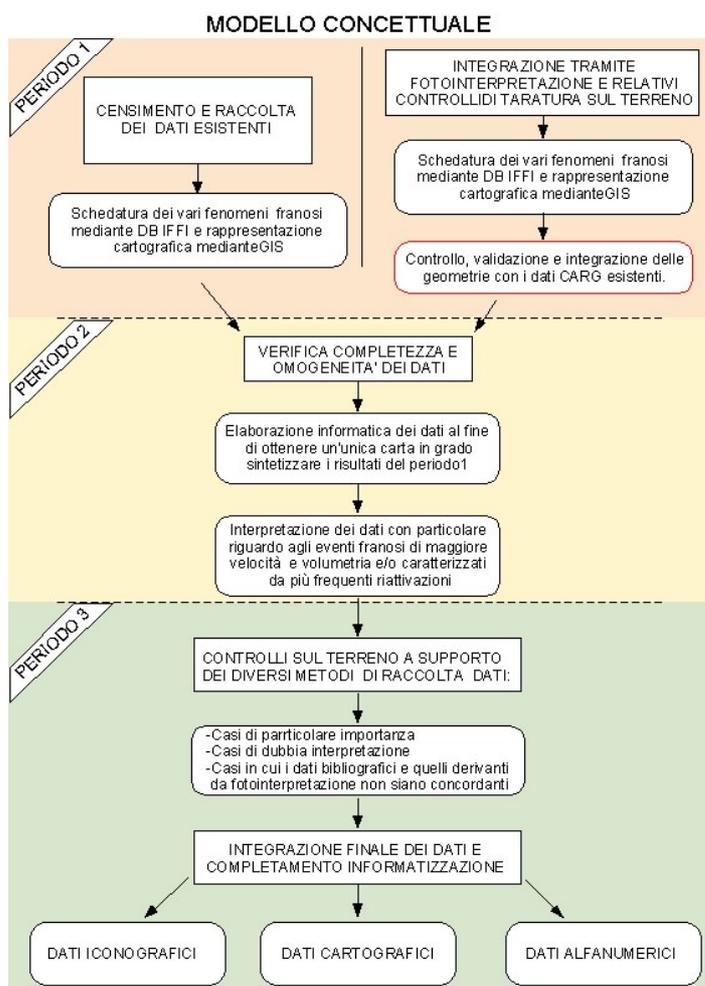


Figura 6.2 Modello concettuale dell'organizzazione delle fasi di lavoro del Progetto IFFI in Valle d'Aosta.

6.3 Basi topografiche ed ortofoto

Per la realizzazione del Progetto sono state utilizzate le basi topografiche della Carta Tecnica Regionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta in scala 1:10.000 (anno 2003, intero territorio regionale) e le ortofoto del volo IT 2000 prodotto nel 2000 dalla C.G.R. (Compagnia Generale Riprese Aeree, Parma) sulla base dei voli realizzati nel 1997-1998 (scala 1:17.000) (Autorizzazioni: n. 400 del 10/08/2001 e n. 873 del 11/04/2005), oltre che le fotografie aeree dei voli "IT-2000" (della Compagnia Generale Riprese aeree S.p.A. di Parma - scala media 1:24.000) e "G.A.I." del 1954 (scala 1:33.000).

6.4 Studi e censimenti precedenti

Il lavoro di censimento e di raccolta dei dati esistenti sui fenomeni franosi in Valle d'Aosta si è basato sull'esame dei fenomeni riportati:

Nei documenti scientifici di valenza nazionale:

AVI,
Autorità di Bacino,
SCAI.

In altri archivi storici e tecnici:

Archivio delle Stazioni Forestali della Regione Valle d'Aosta.

Archivio della Regione Valle d'Aosta -DB IV-.

Archivio della Tesi del Dottorato di Ricerca "Analisi dei pericoli naturali in ambiente glaciale" della Dott.ssa Marta Chiarle.

I dati provenienti dagli archivi dell'AVI e dell'Autorità di Bacino sono stati reperiti tramite Internet, dove sono raccolti in una banca dati sotto forma di schede.

Di seguito vengono forniti gli indirizzi internet consultati:

http://wwwdb.gndci.cnr.it/php2/avi/frane_regione.php

http://wwwdb.gndci.cnr.it/php2/abpo/dissesti_riassunto_c.php?provincia=Aosta

Per quanto riguarda l'archivio SCAI si evidenzia che non sono stati reperiti riferimenti relativi alla Valle d'Aosta.

I dati provenienti dalle Stazioni Forestali dislocate sul territorio sono organizzati, presso l'Archivio del Dipartimento Territorio, Ambiente e Risorse Idriche della Regione Valle d'Aosta, in: cartelle "frane" (se comprendenti "schede di censimento frane" semplificate o sotto forma di relazioni); cartelle "generici" (se comprendenti relazioni o schede che descrivono eventi alluvionali e quindi sia fenomeni di tipo alluvionale che quelli di tipo gravitativo) e in cartelle "interventi" (se comprendenti notizie relative agli interventi di sistemazione effettuati a seguito di dissesti). In tutti i casi possono essere allegate fotografie o carte tematiche.

L'insieme dei dati raccolti sono stati inseriti nel database IFFI attraverso la compilazione delle schede di 1° livello e parzialmente di quelle di 2° livello per le aree a rischio molto elevato presenti nell'"Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici" (ex L 267/98) oltre che per i casi con informazioni sufficienti, secondo la metodologia illustrata al Paragrafo 6.8.

6.5 Inquadramento geologico regionale

Dal punto di vista geologico il territorio della Valle d'Aosta fa parte del settore di catena alpina denominato *Alpi Occidentali*. La Valle taglia i maggiori sistemi strutturali in cui è suddiviso il lato interno della catena a vergenza europea: Austroalpino, Pennidico e Unità Ofiolitiche associate. Nel settore marginale nord-occidentale si rinvengono le unità del Sistema Ultraelvetico ed Elvetico. Le unità tettono-metamorfiche di origine alpina formano una complessa struttura a falde sovrapposte in cui si riconoscono i segni dell'attività tettonica post-collisionale e l'attivazione di sistemi di dislocazione neotettonica (ad esempio, la faglia Aosta-Ranzola).

In particolare il Sistema Austroalpino è composto da un sistema di falde di provenienza paleo-africana, le quali mostrano diversi gradi metamorfici, dalla facies scisti verdi a quella granulitica; in Valle d'Aosta si riconoscono la Zona Sesia-Lanzo (ortogneiss e micascisti eclogitici) e la falda della Dent Blanche (gabbri, metagraniti, micascisti e copertura Mesozoica).

La Zona Piemontese è costituita da un settore a prevalente copertura metasedimentaria oceanica (calcescisti, marmi e quarziti) e da un settore a prevalenti metabasiti derivanti dal substrato oceanico (serpentiniti, anfiboliti, metagabbri e prasiniti).

Il Sistema Pennidico è suddiviso nella Zona Pennidica Superiore (scisti, metaconglomerati, metagraniti e paragneiss), nella Zona Pennidica Media (gneiss, metagraniti, quarziti, calcescisti, gessi e dolomie) e nella Zona Pennidica Esterna (serpentiniti, prasiniti, micascisti, quarziti, calcescisti, flysch).

Il Sistema Ultraelvético è costituito dalle Falde di scollamento Ultraelvetiche, dalle Falde del Mont Chetif (calcari, porfiroidi, calcescisti, carniole) e dalle Falde del Mont Frety.

Il Sistema Elvético è rappresentato dal Massiccio del Monte Bianco (parascisti, migmatiti e graniti) e, subordinatamente dalle coperture sedimentarie mesozoiche.

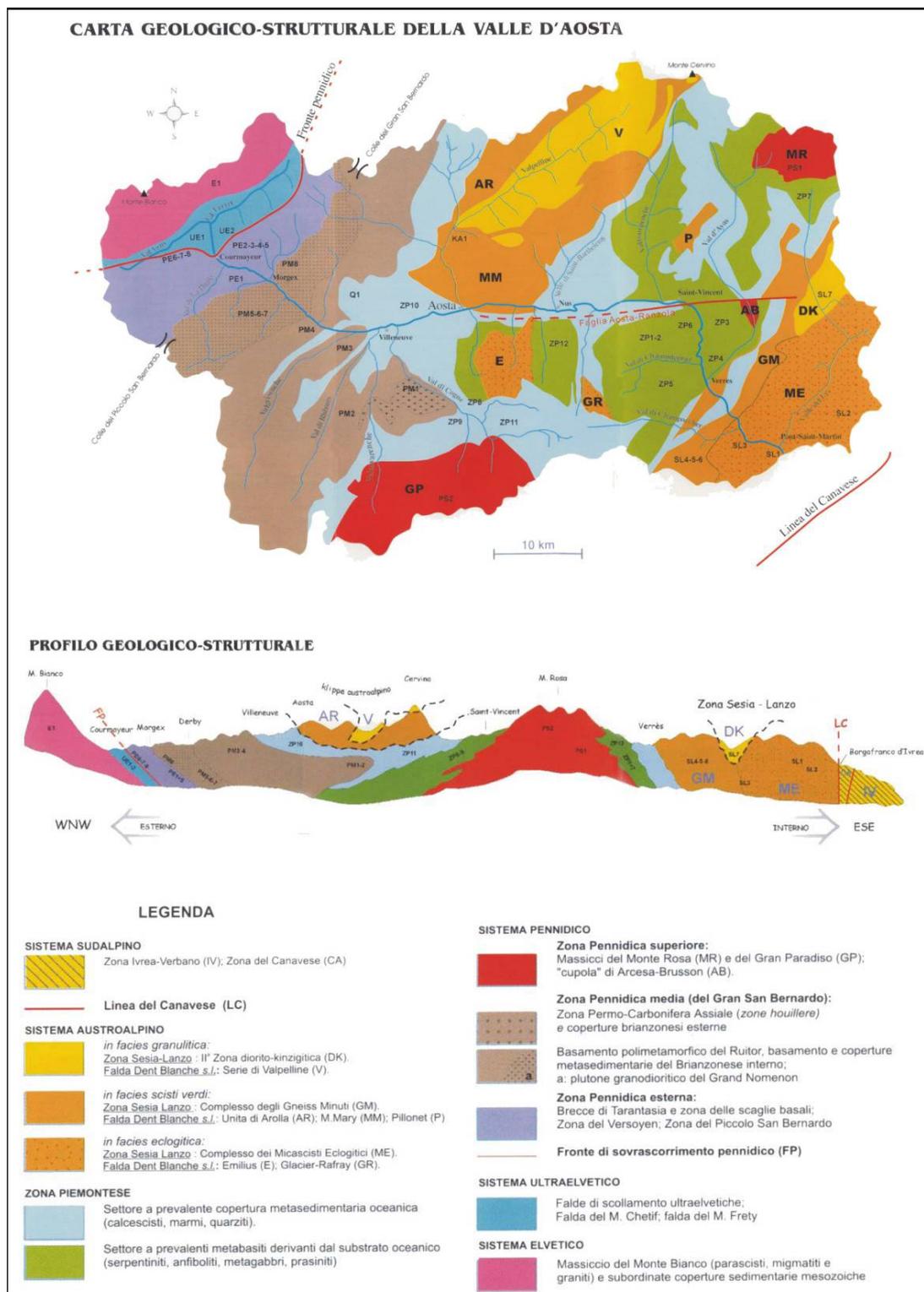


Figura 6.3 Carta geologico-strutturale della Valle d'Aosta e profilo WNW-ESE (Bonetto & Gianotti, 1998).

6.6 Morfologia e lineamenti geomorfologici regionali

La Valle d'Aosta, la più piccola Regione d'Italia con i suoi 3.262 km² di superficie, è, nel suo complesso, uno dei principali sistemi vallivi alpini del versante padano, bordato dalle maggiori vette delle Alpi Graie e Pennine. Secondo i parametri di suddivisione fra aree montano-collinari e di pianura indicati nelle specifiche del Progetto IFFI (pianura = pendenza < 3° e altitudine < 300 m s.l.m.) i caratteri morfologici generali della Regione sono tipicamente di ambito montano; esistono infatti settori valdostani con pendenza inferiore a 3° ma con quota comunque superiore ai 300 m s.l.m.

Nella figura sottostante vengono evidenziati i caratteri morfografici della Regione Valle d'Aosta che appare caratterizzato da una serie di valli laterali che suddividono un territorio con un'altimetria molto articolata (Figura 6.4).

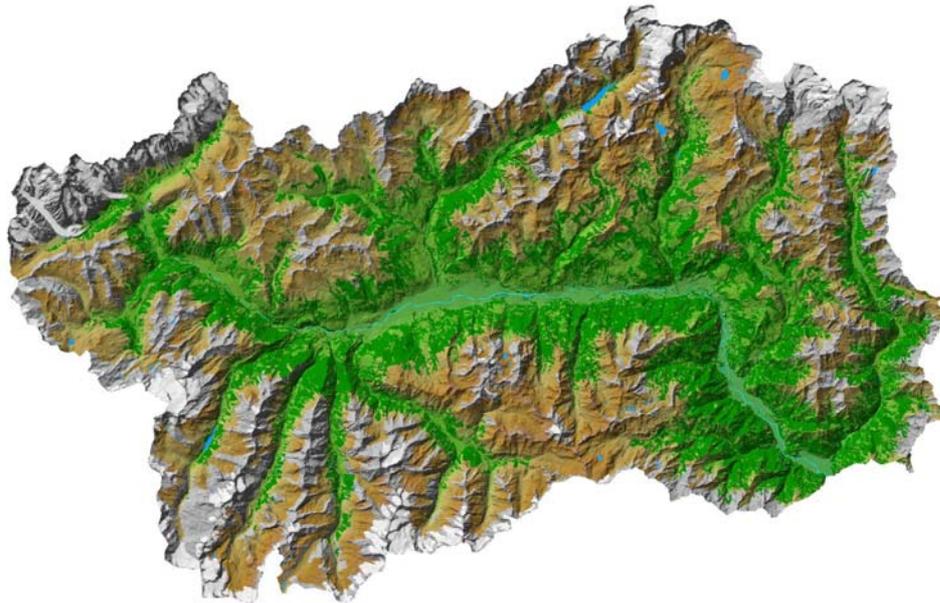


Figura 6.4 Caratteri morfografici della Regione Valle d'Aosta (DTM – RAVA Autor. n. 400 del 10/08/2001).

La Valle d'Aosta copre l'intero tratto montano del bacino idrografico della Dora Baltea, e può essere suddivisa in 3 tratti:

- l'alta Valle d'Aosta, comprendente il settore altimetricamente più elevato del sistema vallivo, dallo spartiacque alpino del massiccio del Monte Bianco fino al limite occidentale della piana di Aosta, in prossimità della confluenza del torrente Grand-Eyvia nella Dora Baltea; in questo tratto le principali valli laterali comprendono la Val Veny e la Val Ferret nel settore del Massiccio del Monte Bianco, e in destra orografica da monte verso valle la Valle di La Thuile, la Valgrisenche, la Val di Rhêmes, la Valsavarenche, la Valle di Cogne.
- la media Valle d'Aosta, comprendente la Piana di Aosta ed il settore pianeggiante di Fénis/Châtillon/Saint-Vincent, fino alla stretta di Montjovet; in questo tratto le principali valli laterali si sviluppano sul versante sinistro e sono la Valpelline, la Valle di Saint-Barthélemy e la Valtournenche.
- la bassa Valle d'Aosta, dalla stretta di Montjovet fino allo sbocco in pianura della valle principale, dove si trovano le colline moreniche dell'Anfiteatro d'Ivrea; in questo tratto le valli principali si sviluppano sul versante sinistro (Valle d'Ayas e Valle del Lys), mentre sul destro si trovano le valli di Champdepraz e di Champorcher.

L'insieme dei caratteri geologico-strutturali descritti nel precedente Paragrafo condiziona in modo determinante l'evoluzione del rilievo montuoso e di conseguenza anche la dinamica dei versanti vallivi.

Fra gli agenti di modellamento che hanno influito in modo imponente sulla morfologia della Regione vi sono i ghiacciai, soprattutto in relazione alle fasi glaciali pleistoceniche. La conformazione valliva conserva a diversa scala le tracce dirette del modellamento glaciale, sia

come forme erosive che deposizionali. Il glacialismo influisce anche in modo indiretto sulla dinamica dei versanti attuali per l'effetto dilazionato nel tempo del rilascio della pressione delle masse glaciali conseguente al loro ritiro.

L'opera dei corsi d'acqua ha interessato il territorio valdostano soprattutto attraverso il progressivo approfondimento dei fondovalle glaciali delle valli laterali e l'erosione delle forme di accumulo glaciale; importanti forme di accumulo legate ai corsi d'acqua sono presenti allo sbocco delle incisioni vallive laterali, dove si trovano imponenti conoidi alluvionali o coni ad alimentazione mista.

Un ruolo fondamentale nel modellamento del territorio valdostano viene svolto attualmente dalla gravità che opera in sinergia con i vari agenti atmosferici. Le tipologie dei movimenti gravitativi del settore valdostano sono diverse (cfr. Paragrafo 6.9), così come sono molto varie le dimensioni di questi fenomeni: dai singoli fenomeni di crollo che si accumulano alla base di pareti rocciose, a imponenti fenomeni di deformazione gravitativa profonda che interessano interi versanti; non mancano naturalmente i fenomeni di scivolamento gravitativo, sia planare che rotazionale; estremamente importanti dal punto di vista della diffusione areale e della frequenza risultano infine i fenomeni di fluidificazione a spese della coltre superficiale.

6.7 Uso del suolo

Per la descrizione dell'uso del suolo nel territorio regionale valdostano si è fatto riferimento ai risultati del Progetto CORINE Land Cover (COoRdination de l'INformation sur l'Environnement) che ha prodotto una carta della copertura del suolo alla scala di 1:100.000 basata su immagini satellitari del 2000 (Figura 6.5).

In questo documento la zonazione del territorio valdostano è basata sulla sua classificazione in tipologie di copertura del suolo. Le classi individuate e la loro distribuzione e frequenza areale evidenziano come il territorio valdostano denoti un elevato grado di naturalità; solo il fondovalle principale e quello di alcune vallate laterali presenta un'intensa occupazione. La distribuzione delle tipologie di copertura del suolo trova una buona corrispondenza con le principali fasce altimetriche ed è fortemente influenzata dalle condizioni climatiche, geologiche, geomorfologiche.

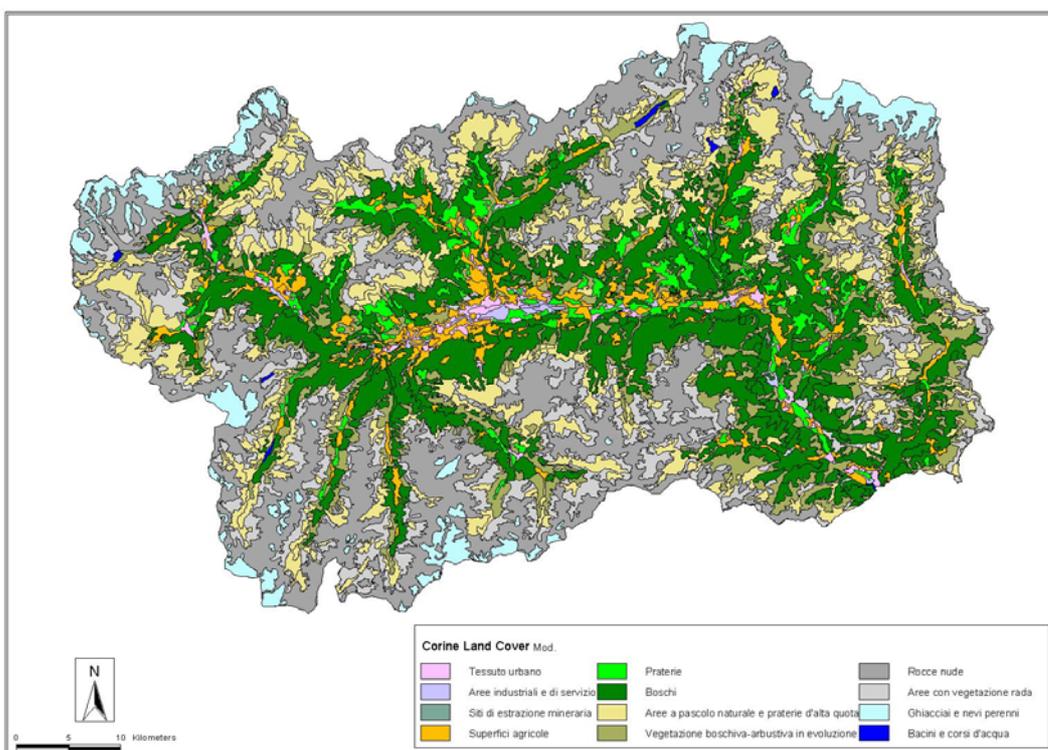


Figura 6.5 Carta della copertura del suolo della Regione Valle d'Aosta.

6.8 Metodologia utilizzata per la perimetrazione delle frane sul territorio regionale

Come anticipato al Paragrafo 6.2, per quanto riguarda invece gli aspetti metodologici occorre evidenziare che il gruppo di lavoro IFFI–Valle d'Aosta ha elaborato una **metodologia specifica**, integrando le specifiche IFFI richieste da APAT. Le scelte operate possono essere suddivise in vari momenti, in funzione dei periodi o fasi di lavoro illustrati in precedenza (cfr. Paragrafo 6.2); in particolare:

A) Durante la raccolta dei dati d'archivio si è deciso di:

- Compilare le schede sulla base delle sole informazioni certe e univoche, delle quali fosse possibile citare la fonte; i dati non certi non sono stati presi in esame.
- Inserire ugualmente nel DB-Alfanumerico i fenomeni certi, con un buon grado di informazioni, sebbene talvolta non georiferibili. Non si osserva pertanto una corrispondenza biunivoca tra numero di schede del DB-Alfanumerico e numero di PIFF del DB-Cartografico.
- Rappresentare esclusivamente in maniera puntuale quei fenomeni con dati certi che seppur presentavano indicazioni per il georiferimento, non avevano una precisa corografia allegata; tale decisione si è resa necessaria a causa del forte grado di disomogeneità riscontrato nella descrizione dei fenomeni censiti: spesso anche le fonti maggiormente produttive per la ricchezza delle informazioni prodotte, non identificano invece in maniera chiara i limiti del fenomeno franoso, ma ne indicano sommariamente il luogo.
- Utilizzare un database di servizio "DB-Interscambio" (creato dal Dott. Giordan appositamente per il Progetto), allo scopo di permettere il collegamento, tramite l'ID-Frana, tra le schede IFFI e le varie fonti di dati presenti negli archivi regionali e che quindi il database IFFI non contemplava, aggiungendo quindi tutte quelle informazioni utili al recupero del documento originale per qualsiasi motivo. Tale DB è stato e sarà molto utile in caso di successivi approfondimenti del Progetto ed è stato inoltre utilizzato nella fase di georiferimento dei dati storici, in quanto ha permesso il recupero delle coordinate o di eventuali cartografie allegate ai documenti originali.
- Compilare il campo "Stato Attività" come "Non determinato", in quanto occorre tener presente non solo che i documenti consultati sono stati redatti da personale con differente preparazione tecnica, ma che spesso si tratta di articoli di giornale piuttosto che di segnalazioni di privati cittadini. Inoltre i documenti sono stati redatti in periodi differenti, su una scala temporale che ricopre più di un cinquantennio. Pertanto, riportare la definizione dello stato di attività, seppur nei casi descritti da personale tecnico, per fenomeni censiti venti o trenta anni addietro poteva essere non solo fuorviante, ma errato. Infatti, casi un tempo attivi potrebbero essere oggi quiescenti o inattivi e viceversa, con evidenti ricadute diametralmente opposte in termini di valutazione della pericolosità e del rischio. È stato quindi scelto di non indicare in questa fase alcuno "stato di attività dei fenomeni franosi" (ad eccezione dei casi previsti per la compilazione delle schede di secondo e terzo livello), a scapito della quantità del dato, ma a garanzia di una sua maggiore qualità e di rimandare ad un successivo progetto tali valutazioni.

B) Durante lo studio fotointerpretativo si è deciso di:

- Avvalersi di immagini di dettaglio adeguato alla scala di acquisizione scelta; in caso di presenza di zone d'ombra o di minore chiarezza d'immagine tali zone sono state segnalate e, per la loro inadeguatezza, non sono rientrate in aree sottoposte ad analisi fotointerpretativa.
- Riconoscere e cartografare, su di un livello informativo appositamente realizzato, una serie di "elementi di ancoraggio" al fine di rendere meno soggettivo possibile il lavoro di fotointerpretazione. I principali elementi diagnostici che hanno consentito di delimitare i fenomeni gravitativi sono stati individuati sulla base delle esperienze dei rilievi di terreno

maturate durante la realizzazione del Progetto CARG in Piemonte (Giardino & Baggio, 1996; Baggio *et alii*, 1997). Quelli utilizzati per questo progetto sono riportati in Tabella 6.1.

Tabella 6.1 Elenco degli elementi di ancoraggio utilizzati per la fotointerpretazione.

CATEGORIE DI ELEMENTI	ELEMENTO DIAGNOSTICO (“punto di ancoraggio”)	SIGLA
Tettonica superficiale	Fratture non precisate	FRN
	Trincea	TRE
	Gradini di scivolamento	GSC
Anomalie morfologiche	Depressioni allungate	DA
	Scarpate	SC
	Rigonfiamenti	RG
Dati litologico-strutturali	Ammasso roccioso disarticolato	ARD
	Accumulo	ACC
Distribuzione fenomeno	Limiti incerti	LI

- Compilare il campo “Stato di attività” come “Non determinato”, in quanto la scelta effettuata, per la prima fase di censimento dei fenomeni franosi, è stata quella di privilegiare la raccolta dei dati di base per consentire le successive elaborazioni su un archivio il più possibile completo a livello regionale. Per tale motivo si è scelto di utilizzare il tempo, eventualmente necessario per l'applicazione di metodologie volte alla definizione dello stato di attività (come ad esempio quella proposta e utilizzata dalla Regione Piemonte), per la raccolta e l'informatizzazione di ulteriori fenomeni presenti sul territorio e non ancora censiti. Questo ha permesso di compilare il database con un più elevato numero di casi caratterizzati tutti da un primo livello conoscitivo di base.

C) In seguito alla raccolta delle informazioni storico-fotointerpretative:

- Sviluppo (Giardino *et alii*, 2004) e applicazione di una metodologia specifica per validare i dati e limitare il più possibile i fenomeni di duplicazione;
- Controllo/integrazione dei dati IFFI con quelli provenienti dal Progetto CARG e viceversa. Il confronto è stato effettuato sia in base ai dati storici e d'archivio che in base alle geometrie desunte dalla fotointerpretazione.

Questi ultimi passi del metodo risultano essere di fondamentale importanza. Infatti, come evidenziato nella presentazione della struttura generale del database IFFI Valle d'Aosta, lavorando a scala regionale e con grandi moli di dati, si è manifestata la necessità, in fase di progettazione dell'archivio, di elaborare una procedura in grado di individuare il più alto numero possibile di *record* duplicati.

Una prima possibilità consiste in un confronto incrociato dei dati (per esempio identificare tutti quei *record* che hanno dati in comune, quali la collocazione cronologica, la tipologia ed il Comune) gestito tramite *query* eseguite all'interno del database; l'elevato numero di fenomeni e la concentrazione di una parte di essi in corrispondenza a eventi alluvionali rende tuttavia questo tipo di analisi poco produttivo se rapportato al tempo impiegato per i controlli dei casi individuati.

L'inconveniente della duplicazione del fenomeno all'interno di un database può essere affrontato e, ove possibile, risolto sfruttando le potenzialità di un *Geographic Information System* (GIS), utilizzando una procedura di controllo basata sulla collocazione spaziale del contenuto informativo.

Si è quindi ricorsi ad una procedura in grado di individuare, in maniera semi-automatica, una serie di *record* potenzialmente legati ad uno stesso fenomeno.

La procedura ideata può essere schematizzata in una serie di fasi:

- Creazione di un *buffer* di ampiezza prestabilita intorno a tutti i *record* rappresentati all'interno di un GIS da una geometria di tipo puntuale.
- Individuazione dei casi in cui esiste una sovrapposizione tra i *buffer* creati.

- Valutazione dello stato di correlazione dei due *record* tramite l'analisi dei dati caricati all'interno del database ed, eventualmente, anche dei documenti originali da cui tali dati sono stati ricavati.
- Eventuale fusione dei dati tramite il completamento di uno dei due *record* con le informazioni contenute nell'altro e conseguente eliminazione di quest'ultimo.

Un esempio di applicazione della "buffer analysis" ai dati IFFI è riportato in Figura 6.6.

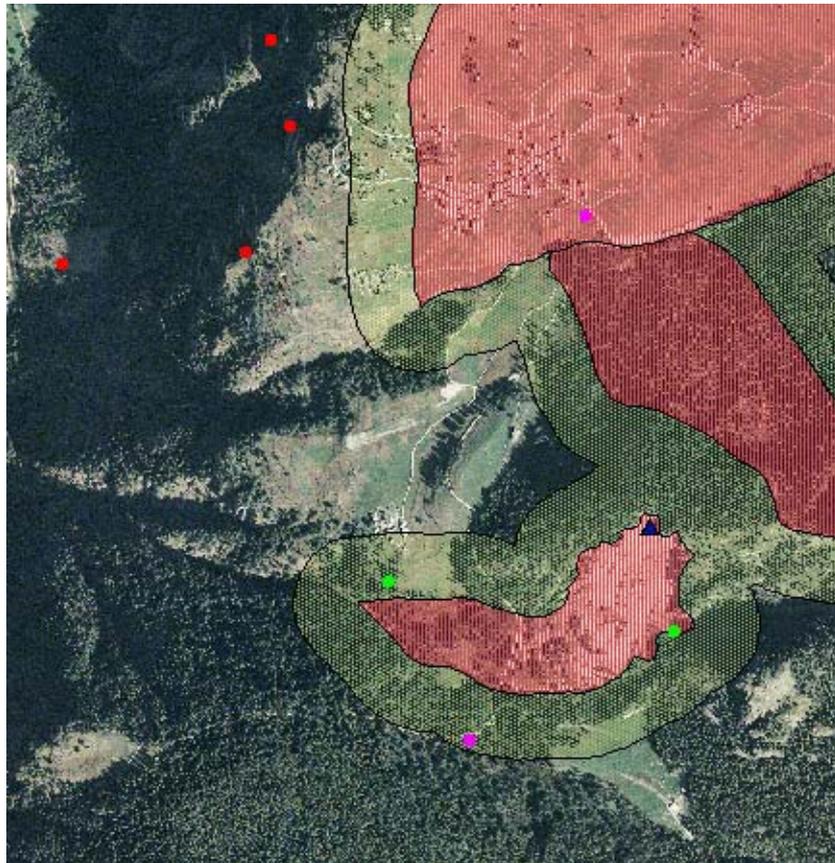


Figura 6.6 Esempio di applicazione della "buffer analysis" ai dati IFFI. Legenda: Area rossa: geometria dell'area in frana; area verde: geometria dell'area buffer; i triangoli blu identificano i PIFF; i punti verdi: i dati storici associabili con le geometrie di fotointerpretazione; i punti fucsia: i dati storici non associabili con le geometrie di fotointerpretazione; i punti rossi: i dati storici non considerati dalla "buffer analysis" (Giardino et alii, 2003).

Di seguito sono quindi indicati alcuni aspetti delle attività svolte in relazione alla metodologia illustrata in precedenza ai punti A, B e C.

A) Inserimento nel DB dei dati storici reperiti

Per quanto riguarda i dati provenienti dall'Autorità di Bacino (Paragrafo 6.4) è importante sottolineare che, essendo il censimento basato sul danno, in molti casi sono state trovate più schede relative allo stesso fenomeno, poiché esso aveva prodotto più danni. Nella compilazione delle schede IFFI per ogni fenomeno è stata però compilata una sola scheda in cui sono stati riportati tutti i danni da esso causati, evitando così il fenomeno di duplicazione dell'evento.

Per quanto concerne i dati provenienti dalle Stazioni Forestali sono stati inseriti al termine del Progetto per tutti i 74 Comuni della Regione Valle d'Aosta; ovvero, sia per i Comuni rilevati dal CARG (Convenzione "IFFI 2") sia per quelli non oggetto di tale rilevamento (Convenzione "IFFI 1"). Riguardo agli archivi forestali sono state oggetto di inserimento dei dati la cartella "frane" per intero e la cartella "generici" (cfr. Paragrafo 6.4) relativamente alla tipologia di fenomeni franosi; sono stati invece esclusi tutti i fenomeni fluviali e torrentizi. Nel corso della convenzione

“IFFI 2”, sono stati inoltre inseriti, anche per i settori oggetto dei rilievi CARG, i dati relativi alle frane dell’alluvione 2000 e alle frane avvenute durante le altre grandi alluvioni recenti (1996-1994-1993), nonché le frane menzionate all’interno della cartella “interventi”.

Parallelamente all’inserimento dei dati è stato svolto un lavoro periodico di georiferimento sulla base C.T.R. alla scala 1:10.000. Questa operazione è stata possibile grazie al database di servizio (DB-Interscambio) che ha permesso di reperire agevolmente i fenomeni georiferibili: coordinate UTM per i dati AVI e Autorità di Bacino e numero di protocollo dei documenti delle Stazioni Forestali, in modo da poter recuperare la corografica necessaria. Per quanto riguarda i fenomeni provenienti dal DB IV e dall’archivio della Tesi di Dottorato della Dott.ssa Marta Chiarle essi erano già georiferiti ed è stata dunque importata in IFFI l’ubicazione conferita.

B) Analisi fotointerpretativa

La fotointerpretazione è avvenuta utilizzando stereovisori Wild ST4 con ingrandimento 3x ed uno stereovisore a doppia postazione con ingrandimento telescopico spinto fino a 10x. Il materiale aerofotografico consultato comprende il volo aereo IT-2000 della Compagnia Generale Riprese aeree S.p.A. di Parma (scala media 1:24.000) ed il volo Volo G.A.I. del 1954 (scala 1:33.000).

In generale l’osservazione sistematica delle aerofotografie ad alta quota si è rilevata adatta per l’individuazione di tutte quelle aree di versante che presentano evidenze morfologiche atte a porre in risalto le zone soggette a movimenti gravitativi. Tra le forme gravitative più evidenti sono state riconosciute le classiche convessità del versante nelle zone a valle (“accumuli”) associate alle corrispondenti aree concave a monte (“nicchie di distacco”), le scarpate e le contropendenze anomale, le aree caratterizzate da ondulazioni a varia scala che testimoniano lenti movimenti della copertura superficiale. Sempre per quanto riguarda i depositi superficiali è stato possibile individuare le aree decorticate o comunque prive della vegetazione naturale a causa di recenti processi di instabilità.

Il censimento dei fenomeni franosi è stato effettuato con relativa facilità prevalentemente per le frane di dimensioni di un certo rilievo, mentre per i fenomeni di estensione più modesta, quali ad esempio crolli di singoli blocchi rocciosi o piccole colate nei depositi superficiali, l’individuazione attraverso le foto aeree è stata difficoltosa e a volte impossibile, a causa dell’altezza del volo che rende le foto aree utilizzate difficili da interpretare per lo studio di dettaglio.

C) Controllo e validazione dati e eliminazione dei casi di duplicazione

Per quanto riguarda i dati storici, data la molteplicità degli archivi consultati, onde evitare la duplicazione del dato, man mano che si procedeva all’inserimento delle informazioni provenienti da un nuovo archivio, è stato effettuato un controllo con i fenomeni già inseriti, in modo da poter eliminare quelli che fossero risultati essere uguali. Si precisa che tale operazione ha potuto essere effettuata solo per i fenomeni datati.

Per quanto riguarda il confronto tra dati storici/d’archivio e quelli provenienti da fotointerpretazione, questo è stato possibile solo per i fenomeni storici georiferiti. La procedura utilizzata è quella della *buffer analysis* illustrata in precedenza, che ha consentito, nella sola fase dell’IFFI 1, di effettuare la fusione dei dati nel 17% dei casi censiti.

Nella seconda tranches del Progetto (“IFFI 2”), analoga procedura di riduzione dei casi di duplicazione è stata applicata incrociando i dati raccolti da fotointerpretazione con quelli derivanti dai rilevamenti di terreno del Progetto CARG. Durante questo periodo è stato svolto il controllo, la validazione e l’integrazione sia delle geometrie CARG e IFFI, secondo una metodologia creata *ad hoc*, sia dei dati alfanumerici.

In sostanza, gli *shape file* derivanti dalla fotointerpretazione IFFI sono stati caricati in un sistema informativo e sovrapposti ai dati CARG (quando disponibili in formato digitale). Le differenze fra i due tipi di dati (derivanti essenzialmente dai diversi scopi dei progetti e dalla diversa origine) sono state analizzate tramite una seconda fase di fotointerpretazione. I dati derivanti da questo confronto hanno permesso di integrare i database CARG e IFFI con le nuove informazioni e i risultati sono stati raccolti in tabelle informatiche di sintesi. Questi nuovi dati, dopo aver permesso l’aggiornamento del DB cartografico IFFI, sono confluiti anche ad aggiornare i dati nel DB alfanumerico.

A questo punto sul database alfanumerico è stata effettuata un'altra verifica incrociata tra i fenomeni georiferiti provenienti dai dati di archivio ed i fenomeni rilevati dal CARG. Tale controllo si è reso necessario anche per poter compilare l'apposito campo "DOCUMENTAZIONE - CARG" del database IFFI presente nella scheda di 1° livello. A tal proposito si segnala che per quanto riguarda il campo CARG "NO" esso è significativo solo per 660 casi, mentre per gli altri 869 casi tale campo non è significativo, ma non è stato possibile lasciare tale campo non compilato poiché in automatico veniva inserita la voce "NO".

Di seguito (Figura 6.7-Figura 6.10) si riportano alcuni casi esemplificativi nei settori interessati dai rilievi CARG: in rosso le originarie geometrie del Progetto CARG; in verde quelle derivanti dal Progetto IFFI a seguito delle procedure di controllo e validazione.

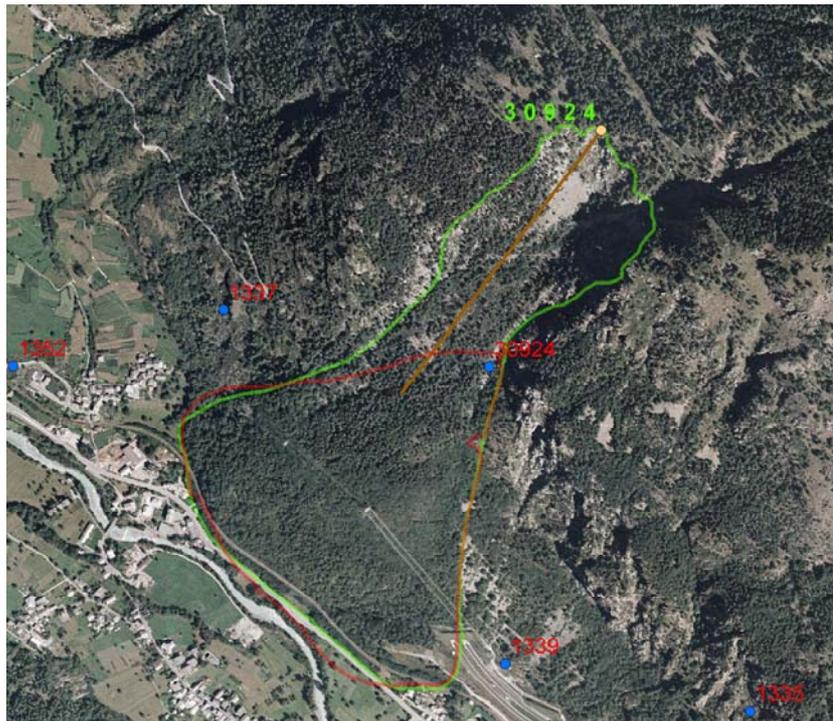


Figura 6.7 Accumulo di frana di crollo a Derby, in frazione Villaret. In questo caso si osserva la coincidenza dei due accumuli.

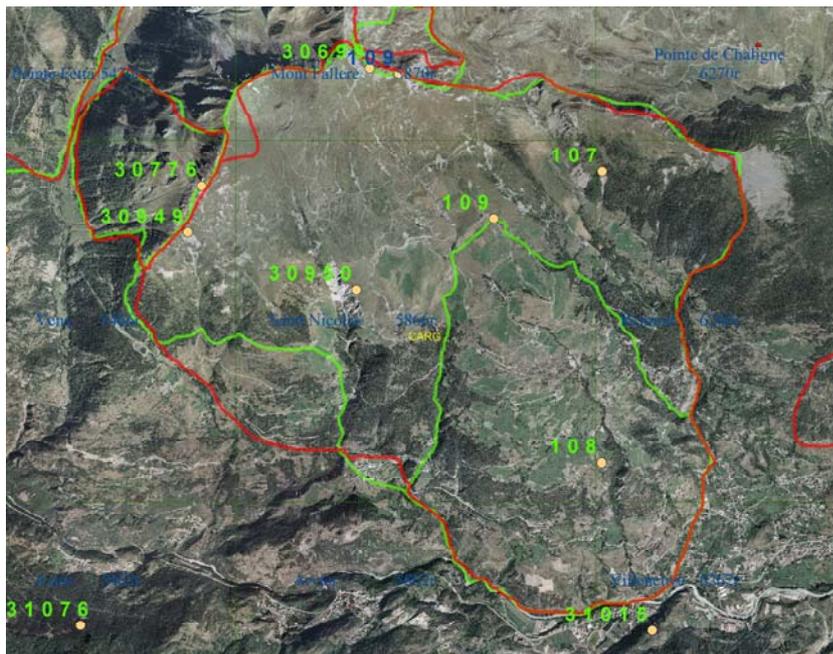


Figura 6.8 DGPV di Saint-Pierre, limite esterno pressoché coincidente, nello shape IFFI si è preferito individuare all'interno un settore più evoluto.

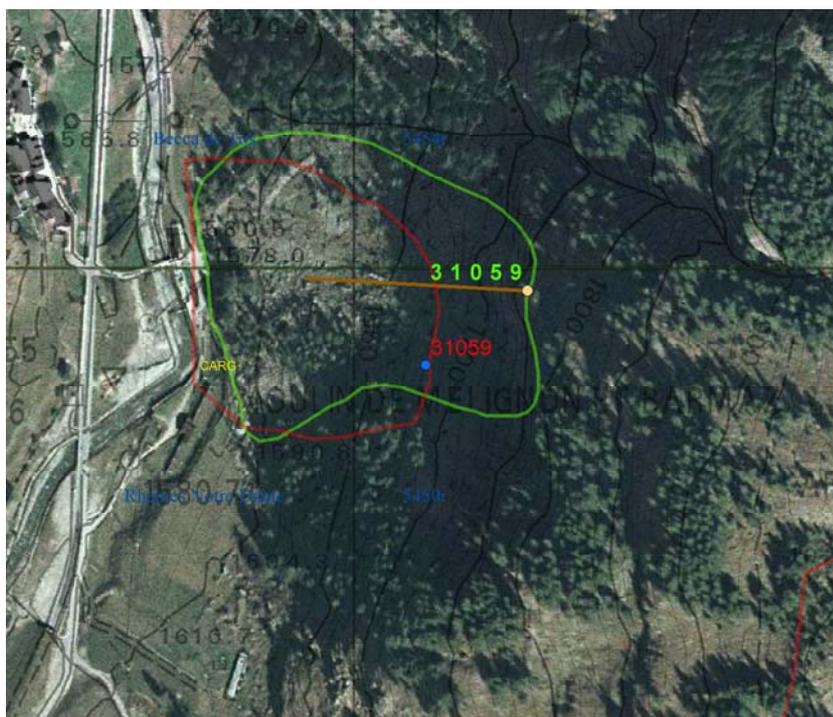


Figura 6.9 Fenomeno gravitativo con delimitazione differente. In questo caso è stata mantenuta valida la delimitazione IFFI.

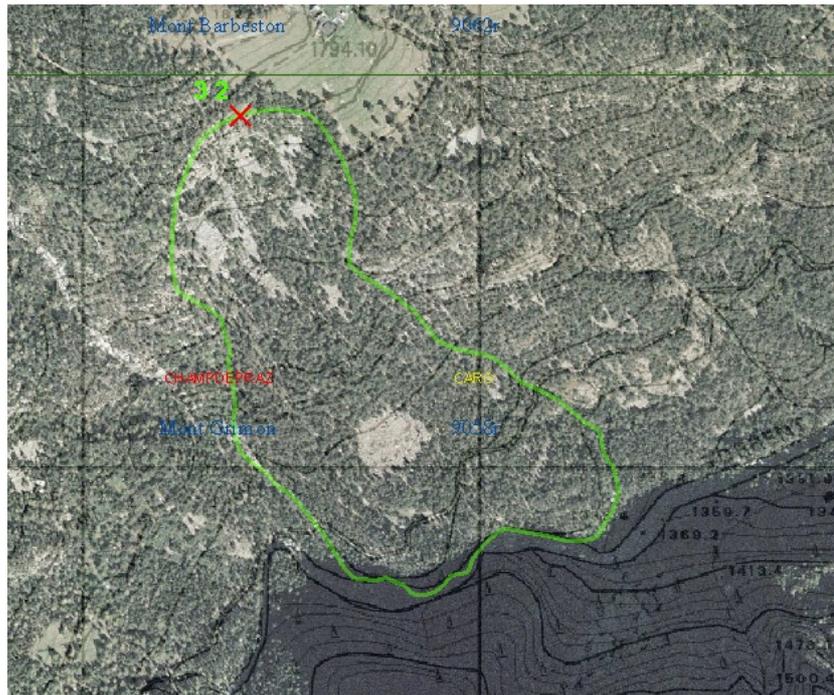


Figura 6.10 Fenomeno gravitativo non rilevato nel CARG; è stato inserito in IFFI.

Sulla base delle specifiche fornite dall'APAT e di quelle elaborate dal gruppo di lavoro IFFI – Valle d'Aosta, di seguito vengono quindi elencati e descritti gli archivi informatici che costituiscono la base informativa del Progetto IFFI presso la Regione Autonoma Valle d'Aosta.

Gli archivi in ambiente Access sono:

- DB IFFI alfanumerico: database fornito dall'APAT, utilizzato per l'archiviazione sia delle informazioni storiche e tratte dalla letteratura (id<10.000) che per quelle derivanti da fotointerpretazione e studi di carattere scientifico progressi (id>10.000).
- DB INTERSCAMBIO: database creato *ad hoc* per permettere il collegamento di varie fonti di dati (tramite l'archiviazione dei diversi ID provenienti dai diversi archivi-sorgente); viene anche utilizzato dalla Regione Autonoma Valle d'Aosta come livello informativo puntuale su tutti i fenomeni censiti.

Gli archivi in ambiente ArcView corrispondono ad una serie di *shape file* i quali, secondo le specifiche dell'APAT, descrivono le geometrie dei fenomeni franosi:

- Aosta_iffi.shp (frane puntuali e PIFF di tutte le tipologie censite)
- Aosta_fr_direz.shp (direzione delle frane)
- Aosta_fr_li.shp (geometrie delle frane lineari)
- Aosta_fr_po.shp (geometrie delle frane areali – tipologia 1-7)
- Aosta_DGPV_po.shp (geometrie delle DGPV – tipologia 8)
- Aosta_ar_po.shp (geometrie di altri fenomeni areali – tipologia 9-11)

6.9 Analisi dei dati

Nell'ambito del territorio regionale le attività del Progetto IFFI hanno consentito di riconoscere un numero totale di 4.359 frane, di cui 1.260 con area superiore ai 10.000 m².

La sintesi dei dati cartografici elaborati nell'ambito del censimento dei fenomeni franosi nella Regione Autonoma Valle d'Aosta è presentata in Figura 6.11.

La superficie totale in frana della Regione ammonta a 520,08 km².

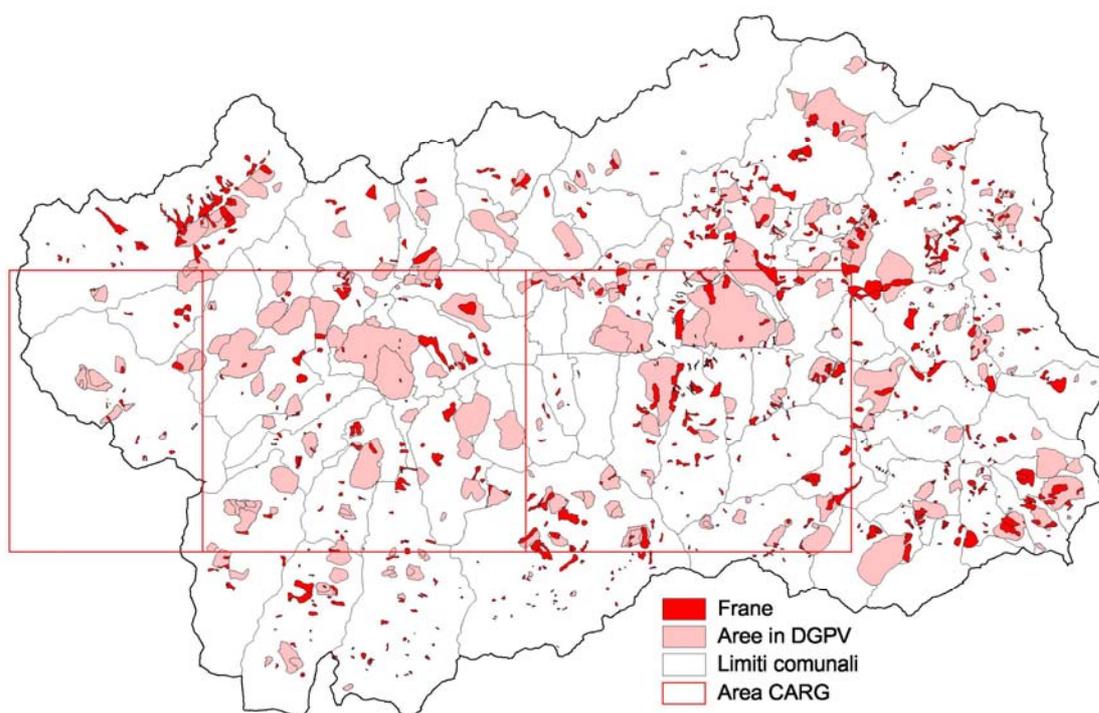


Figura 6.11 Sintesi dei dati cartografici elaborati nell'ambito del censimento dei fenomeni franosi nella Regione Autonoma Valle d'Aosta a seguito dell'aggiornamento eseguito nel corso del 2005.

6.9.1 Numero di frane

In Tabella 6.2 sono riportati in sintesi i risultati del censimento. Come si può osservare, rispetto alla tabella fornita dall'APAT nel *format_diagrammi.xls*, è stata inserita una colonna in più con sfondo grigio. La scelta è stata necessaria per evidenziare che nel Progetto IFFI – Valle d'Aosta non c'è corrispondenza biunivoca tra il numero di schede presenti nel DB-Alfanumerico e il numero di PIFF presenti nel DB-Cartografico (cfr. Paragrafo 6.8). Tale situazione è legata al fatto che non tutti i fenomeni provenienti da dati d'archivio sono sempre georiferibili, ma spesso contengono informazioni esaustive circa la descrizione dei fenomeni, e quindi mantenute nel DB-Alfanumerico; questi fenomeni corrispondono al 31,4% dei casi censiti. Altro aspetto che risulta evidente è l'elevato numero di fenomeni franosi catalogati esclusivamente mediante il PIFF (come fenomeni puntuali): il 37,8% del totale ed il 55% di quelli georiferiti. Tale risultato non va interpretato nel senso di una prevalenza dei fenomeni di dimensioni limitate rispetto ai fenomeni cartografabili come aree: si tratta, invece, anche in questo caso, di un risultato legato alle modalità di inserimento dei dati storici georiferibili; questi infatti vengono rappresentati in maniera puntuale anche quando il fenomeno descritto copre un'area più estesa, ma non vi è la disponibilità di informazioni sufficienti a definirne una geometria certa.

Pertanto dei 4.359 casi presenti nel DB-Alfanumerico, solo 2.992 sono rappresentati nel DB-cartografico e di questi solo 1.296, pari al 29,7 % del totale, sono rappresentati come area, coprendo l'estensione di 520,35 km². Il resto dei casi, equivalente al 70,3 % delle frane censite, sono rappresentate da punti (1.760, pari al 40,37% del totale), linee (61) o non georiferibili (1.367).

Tabella 6.2 Numero di frane per ciascun livello informativo (vedi paragrafi 2.4.2 e 2.5.1).

PROVINCIA	Schede IFFI	PIFF	FRANE POLIGONALI	AREE SOGGETTE A...	DGPV	FRANE LINEARI	AREA TOTALE IN FRANA (km ²)
Aosta	4359	2992	750	237	233	61	520,35

Altro fattore di cui tener conto circa la sottostima del numero e dell'estensione areale dei fenomeni, in rapporto ad altre Regioni d'Italia, riguarda la decisione del gruppo di lavoro IFFI –

Valle d'Aosta di escludere dal censimento i fenomeni di tipo torrentizio, quali il trasporto in massa su conoide; ciò appare motivato dal fatto che questi fenomeni, benché spesso abbiano origine da frane di colamento sui versanti (che sono state regolarmente censite), si sviluppano come fluidi iperconcentrati in movimento lungo l'asta torrentizia e quindi sono da considerarsi estranei ad un inventario sui fenomeni franosi. Coerentemente a questa scelta non sono stati presi in considerazione in questo censimento le aste torrentizie e tutti gli apparati di conoide attivatisi durante vari eventi alluvionali verificatisi nel corso dei secoli (ad esempio solo l'evento alluvionale dell'ottobre 2000 ha prodotto circa 270 fenomeni di trasporto in massa su conoide coprendo un'area complessiva di circa 4,3 km²) o in occasione di precipitazioni brevi e intense, quali i temporali estivi (a titolo di esempio si contano una decina di casi solo nell'estate del 2004).

6.9.2 *Livelli di schedatura*

Le schede compilate per i diversi livelli sono:

- primo livello: 4.359;
- secondo livello: 1.373 sulla somma dei singoli DB-IFFI rilevatori, 10 nel DB-IFFI post-accodamento;
- terzo livello: 1.373 sulla somma dei singoli DB-IFFI rilevatori, 10 nel DB-IFFI post-accodamento.

Il basso numero di schede di II e III livello deriva principalmente dal vincolo imposto dal software IFFI nella fase di accodamento dei database, ovvero dalla verifica, che il software compie in automatico, circa l'avvenuta compilazione di tutti i campi obbligatori presenti, pena l'esclusione della scheda che non ottempera a tale regola.

Occorre quindi sottolineare che l'esistenza di campi obbligatori da compilare risulta una scelta logica e corretta nel caso di una scheda di censimento del fenomeno franoso concepita per un rilievo diretto sul territorio, in quanto il rilevatore viene aiutato e "obbligato" a non tralasciare elementi fondamentali per la corretta descrizione del fenomeno. Ma quando i dati provengono da archivi storici, nella maggior parte dei casi non possono soddisfare tutte le condizioni poste come obbligatorie; ciò comporta inevitabilmente che nella fase di accodamento si verifichi la perdita anche di tutti gli altri dati inseriti nel medesimo livello, spesso preziosi per la comprensione della dinamica dei fenomeni. Anche nella versione successiva del DB (2.34), sebbene i campi obbligatori siano stati ridotti a 5, lo stesso problema si verifica nuovamente. Infatti, anche se alcune informazioni possono essere derivate in via indiretta (esposizione del versante, uso del suolo, tipologia di movimento), in nessun caso, invece, è possibile risalire ad una classificazione dal punto di vista litotecnico, mancando una cartografia geotematica regionale dedicata.

6.9.3 *Tipo di movimento indicato al I Livello Scheda frane*

I singoli fenomeni gravitativi sono stati classificati secondo quanto indicato nelle specifiche tecniche dei documenti IFFI; qui di seguito vengono riportate nella Figura 6.12 e Figura 6.13 le tipologie di movimento prese in esame e le relative classi di occorrenza e di percentuale sul totale dei fenomeni censiti.

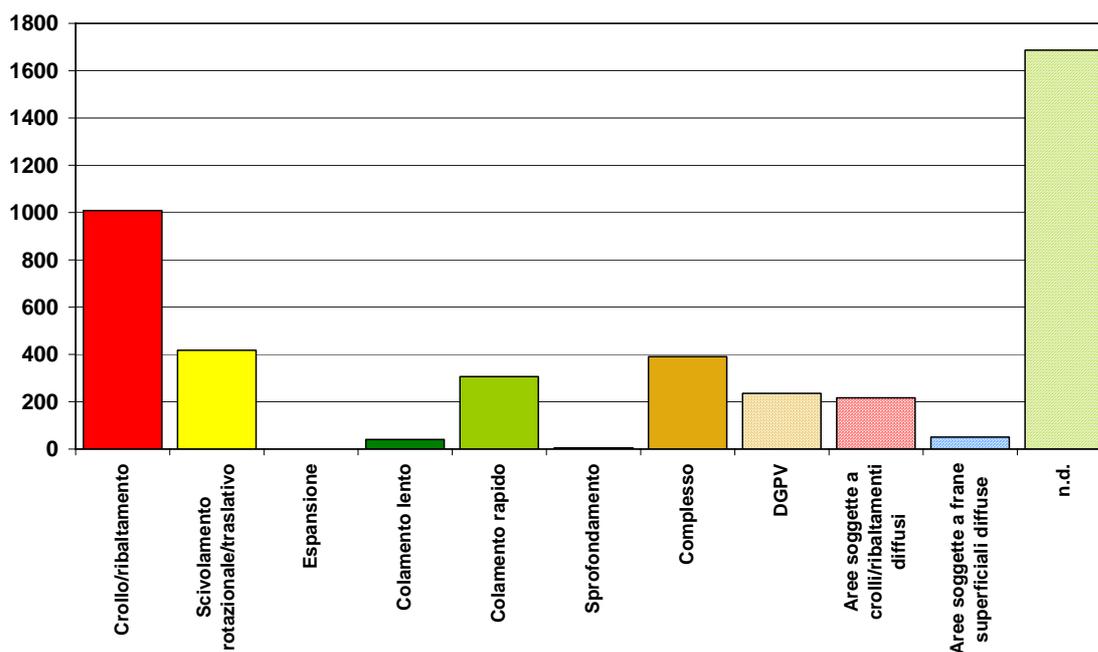


Figura 6.12 Numero di frane per tipologia di movimento.

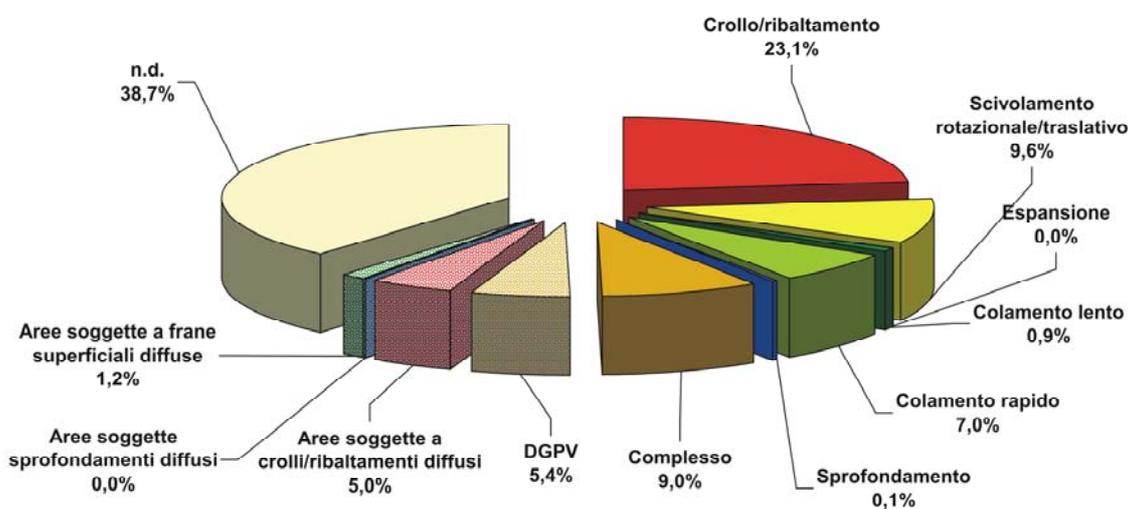


Figura 6.13 Percentuale delle frane per tipologia di movimento.

Tralasciando la definizione e la descrizione delle tipologie di fenomeni franosi in base alle classificazioni disponibili in letteratura e nelle specifiche IFFI, di seguito sono descritte alcune peculiarità delle frane più diffuse, in relazione anche alla loro distribuzione sul territorio della Regione.

Fenomeni di Crollo/ribaltamento. Se si escludono alcuni casi di ribaltamento associati alle Deformazioni Gravitative Profonde del Mont de La Saxe (Val Ferret), non è stata fatta alcuna distinzione tipologica tra i due tipi di movimento. Infatti nei casi studiati il ribaltamento evolve generalmente in un crollo in modo tale da non potere valutare in un sopralluogo successivo all'evento, se l'evento stesso fosse un originale ribaltamento evoluto in crollo o un crollo *tout court*. In Valle d'Aosta i crolli in roccia risultano essere molto diffusi in litotipi quali gneiss,

metagraniti e metabasalti, più competenti, che in calcescisti, scisti grafitici e coperture flyschoidi, in quanto litotipi con un minor grado di competenza. La loro frequenza, inoltre, risulta maggiore (e in aumento) alle medie-alte quote causando spesso problemi alla viabilità con rischio talvolta elevato sulle strade delle valli secondarie. In Figura 6.14 è riportato un esempio di crollo.

Scivolamento rotazionale/traslato. I fenomeni censiti nel primo livello erano stati genericamente indicati sotto la tipologia di scivolamento, non essendo stata possibile alcuna distinzione tra i due tipi di movimento tramite la semplice indagine fotointerpretativa. Ove possibile, nel secondo livello delle schede, è stata successivamente specificata la modalità traslativa o rotazionale del movimento, sulla base dell'analisi di dati storici, d'archivio e tecnici. Le superfici di scivolamento sono visibili o ragionevolmente ipotizzabili e possono anche essere ricostruite tramite fotointerpretazione. Queste frane sono facilmente riconoscibili e ben distinguibili quando la massa dislocata non ha dimensioni rilevanti. Nel caso di frane di grandi dimensioni, ove sia difficile distinguere la tipologia prevalente di movimento attraverso le sole riprese aeree, essendo spesso stata rilevata sul terreno una transizione da un tipo di movimento ad un altro, è risultato preferibile classificare i suddetti fenomeni tra le frane complesse. In Valle d'Aosta tale tipologia presenta una maggior frequenza all'interno di settori in Deformazione Gravitativa Profonda di Versante. In Figura 6.15 è riportato un esempio di scivolamento.

Complesso. Tali fenomeni interessano sia il substrato roccioso che i depositi quaternari; in Valle d'Aosta l'insorgere di frane complesse risulta più frequente all'interno di settori in Deformazione Gravitativa Profonda di Versante e in prossimità o corrispondenza di contatti tettonici. In Figura 6.16 è riportato un esempio di frana complessa.

Colamento rapido. Solitamente si tratta di fenomeni di dimensioni non rilevanti, che si innescano in conseguenza a precipitazioni intense e coinvolgono normalmente i terreni sciolti di copertura, in tutta la loro gamma granulometrica, di versanti caratterizzati da pendenze piuttosto elevate.

Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV). Le evidenze geomorfologiche più significative di tali fenomeni si osservano generalmente sulle parti sommitali dei versanti, caratterizzati dalla presenza di contropendenze e trincee naturali (*"trench"*), nonché di veri e propri avvallamenti trasversali al versante o lungo le dorsali spartiacque. Nelle parti medio basse, invece, si osservano spesso grandi campi di detrito, in superficie, e di inarcamenti e rigonfiamenti che conferiscono al pendio un marcato profilo convesso. Molto spesso in questi settori di compressione e assorbimento delle dislocazioni sovrastanti si originano grandi frane per scivolamento o per crollo, come indicato in precedenza. In genere si sviluppano lungo serie di giunti e piani di discontinuità variamente orientati, o per deformazione dell'ammasso roccioso concentrate lungo fasce di maggior debolezza localizzate a diversa profondità ed aventi differenti spessori, ad esempio in corrispondenza di grandi contatti tettonici tra falde di ricoprimento differenti. Un esempio di DGPV è riportato in Figura 6.17.

Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi. Queste sono diffuse in settori di media-alta quota dove estese falde detritiche fasciano la base dei versanti. La loro frequenza aumenta nei settori in cui l'ammasso roccioso risulta maggiormente fratturato e in corrispondenza di cicli stagionali caratterizzati da forte escursione termica (primavera e autunno).

Le altre tipologie franose sono invece generalmente meno frequenti.

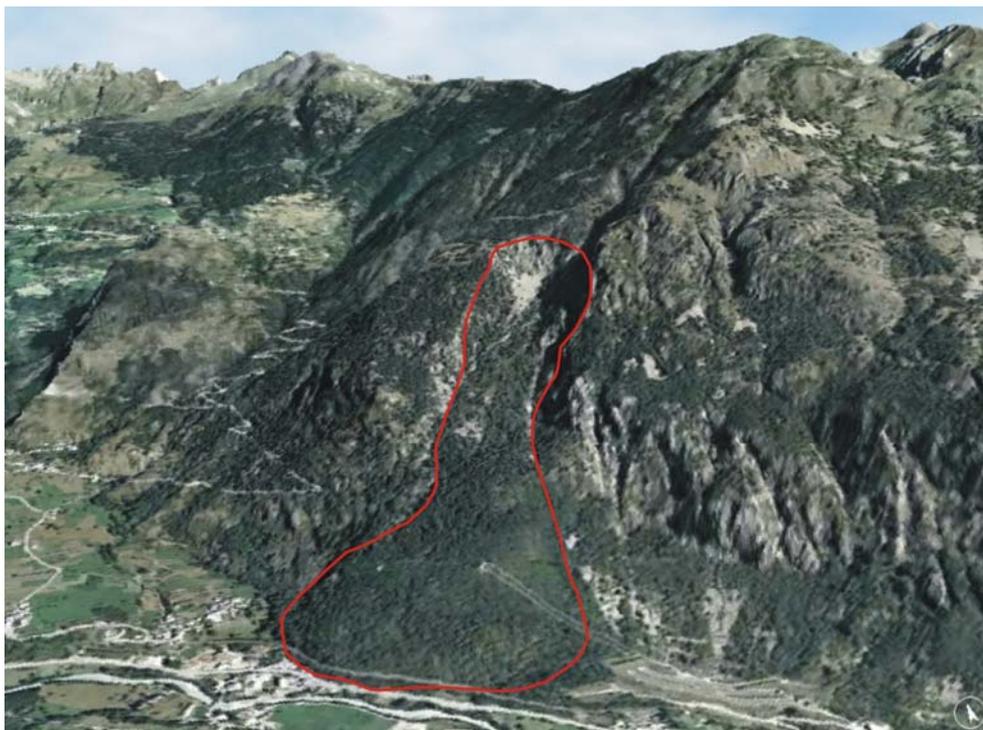


Figura 6.14 Esempio di frana di crollo (La Salle, PIFF 007-30924-00).



Figura 6.15 Esempio di frana di scivolamento (Cogne, PIFF 007-20387-00).



Figura 6.16 Esempio di frana di complessa (Ayas, PIFF 007-20097-00).



Figura 6.17 Esempio di DGPV (Valtournenche, PIFF 007-10099-00).

6.9.4 Stato di attività

La scelta del gruppo di lavoro della Regione Autonoma Valle d'Aosta per la fase di censimento di non indicare alcuno stato di attività dei fenomeni franosi (ad eccezione dei soli casi di compilazione delle schede di secondo e terzo livello) è ampiamente motivata al Paragrafo 6.8.

6.9.5 Danni I livello

Viste le caratteristiche di elevata naturalità del territorio regionale valdostano, ma nel contempo l'elevato sviluppo della rete infrastrutturale, i danni censiti riguardano soprattutto le strade ed i terreni agricoli.

Richiamando quanto già enunciato nel Paragrafo 6.9.1 e anticipando alcune considerazioni del Paragrafo 6.9.6, la situazione prospettata sarebbe ovviamente diversa se si considerassero anche i fenomeni di *debris flow*, giacché questi coinvolgono e ricoprono gli apparati di conoide che risultano essere la principale sede di tutti gli insediamenti abitativi e quindi di infrastrutture di servizio, vie di comunicazione, etc. Sono quindi ovvie le differenti ricadute in termini di successiva valutazione del rischio e/o di calcolo dell'indice di franosità, a seconda che si consideri o no tale tipologia di fenomeni.

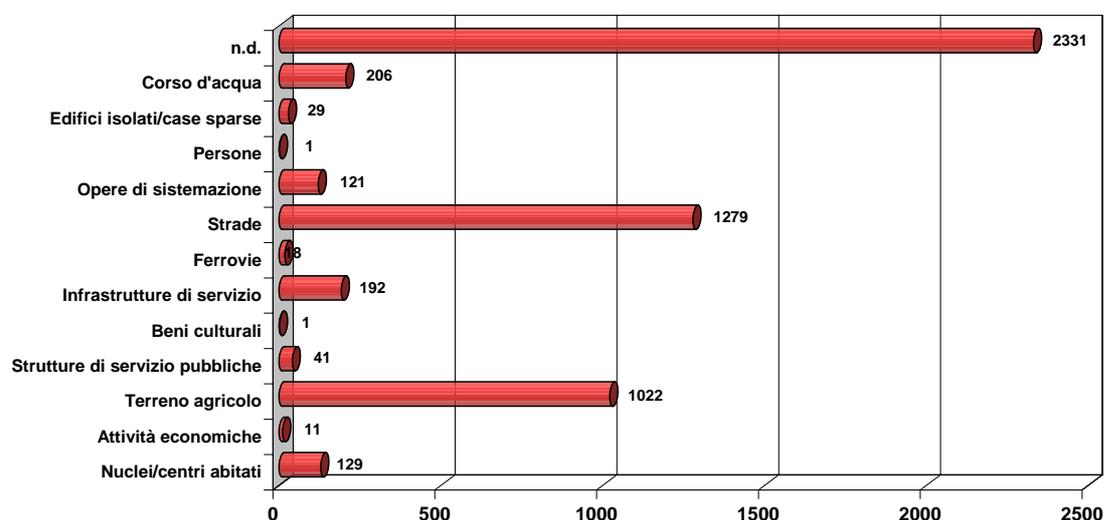


Figura 6.18 Numero di frane per tipologia di danno.

L'elevato numero di casi non determinati è legato sia all'assenza dell'indicazione dei danni in una parte degli archivi storici consultati, sia al dato proveniente dalla fotointerpretazione, non corredato di tale indicazione.

6.9.6 Indice di Franosità (IF)

Indice di franosità in rapporto alla superficie

Analogamente a quanto illustrato nella Tabella 6.2, anche in Tabella 6.3 è stata inserita una colonna in più con sfondo grigio, rispetto alla tabella fornita dall'APAT nel *format_diagrammi.xls*, al fine di evidenziare sia il numero di fenomeni presenti nel DB-Alfanumerico, che il numero di frane presenti nel DB-cartografico. Il motivo della non corrispondenza è spiegato nel dettaglio al Paragrafo 6.8. Di conseguenza la densità dei fenomeni è stata calcolata non sulla base del numero di PIFF, ma sulla base del numero effettivo di frane censite.

Tabella 6.3 L'Indice di Franosità calcolato rispetto alla superficie della Regione e rispetto all'area montano-collinare.

Superficie totale Regione (km ²)	Area montano-collinare (km ²)	Schede IFFI	Numero di PIFF	Area totale in frana (km ²)	Densità dei fenomeni franosi (n° Frane / Superficie Regione)	Indice di Franosità % (area totale in frana / superficie Regione)	Indice di Franosità % (area totale in frana/area montano-collinare)
3262	3262	4359	2992	520,35	1,34	16	16

Dall'analisi dei dati inseriti nel Progetto IFFI, risulta che una superficie pari al 16% dell'intero territorio è coperta e/o coinvolta da fenomeni franosi. Il dato di per sé è già alquanto elevato: risulta tuttavia sottostimato se si considera che rappresenta solo il 29,7% dei fenomeni franosi censiti (percentuale corrispondente ai casi rappresentati come area).

Questo risultato è spiegabile se, come in parte già enunciato ai Paragrafi 6.9.1 e 6.9.5, si considera che:

- per numerosi fenomeni franosi censiti dai dati storici, pari al 31,4 % del totale dei fenomeni censiti, non è stato possibile reperire una perimetrazione certa e quindi non sono rappresentati sul database cartografico.
- il 37,8 % delle frane è invece rappresentato semplicemente da un punto e l'1% da linee.
- sono stati esclusi dal Progetto IFFI Valle d'Aosta tutti i fenomeni, e quindi la loro estensione areale, legati a processi di tipo torrentizio quali i *debris flow*, in quanto come tali considerati estranei ad un inventario sui fenomeni franosi, che però avrebbero avuto molta rilevanza, in termini di superficie coinvolta. Si pensi che solo l'evento alluvionale dell'ottobre 2000 ha prodotto circa 270 fenomeni di trasporto in massa su conoide coprendo un'area complessiva di oltre 4,3 km² (cfr. Paragrafo 6.9.1).

Franosità in rapporto alla litologia

La distribuzione della franosità in funzione della litologia è stata valutata prima di effettuare le operazioni di accodamento e/o esportazione in .dbf (cfr par. 6.9.2) utilizzando i dati, relativi a 796 fenomeni franosi, contenuti nella tabella Litologia del database alfanumerico.

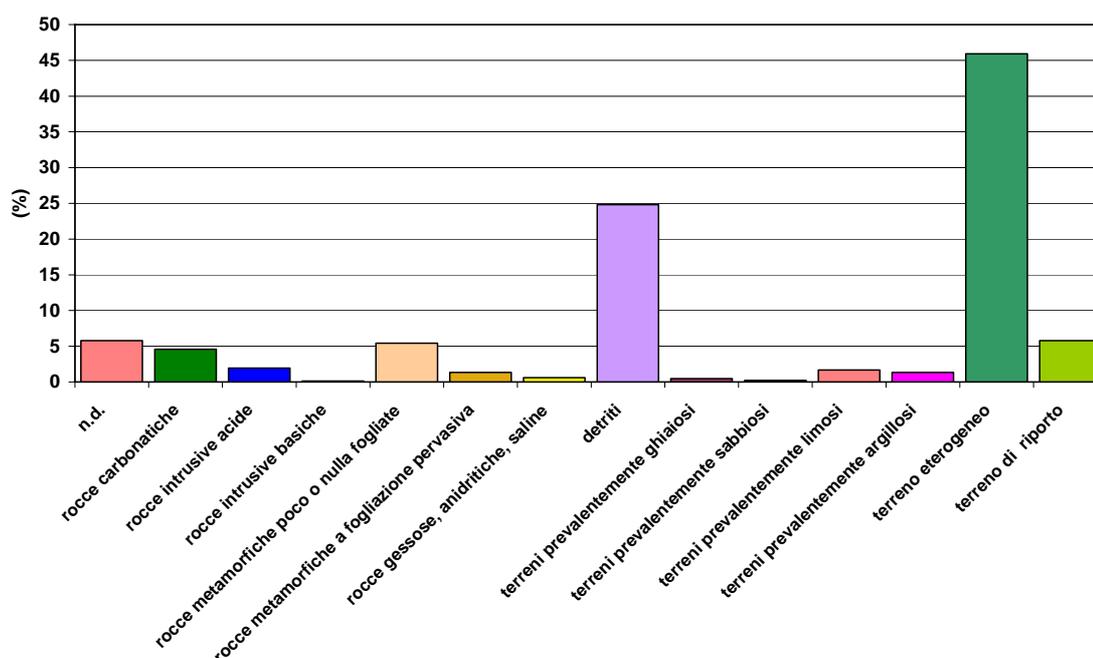


Figura 6.19 Percentuale di frane per litologia.

Il campione indica che la maggior parte delle frane censite si sono originate all'interno degli areali di affioramento di terreni eterogenei, ovvero di depositi classificabili come "diamicton"; questi rappresentano i prodotti sedimentari di origine glaciale e/o colluviale. La frequenza di questi fenomeni è legata alle proprietà dei suddetti materiali, le cui caratteristiche di limitata permeabilità ne facilitano la mobilità gravitativa per fenomeni di fluidificazione e colata.

In secondo luogo appaiono molto frequenti i fenomeni franosi a spese della copertura detritica; in questo caso si tratta sia di fenomeni connessi alla fluidificazione, sia di fenomeni di colata e/o scivolamento a spese delle falde detritiche alla base delle principali pareti rocciose, a loro volta alimentate da fenomeni di crollo.

Per quanto riguarda le frane in roccia, la statistica evidenzia una leggera prevalenza di fenomeni a spese di rocce metamorfiche poco o nulla foliate su quelli a spese di rocce carbonatiche; in entrambi i casi, il fattore condizionante della franosità appare riconducibile al grado di fatturazione degli ammassi rocciosi di questo tipo che possono evolvere in fenomeni di crollo, scivolamento e/o colata.

La relativa frequenza dei fenomeni franosi a spese dei terreni di riporto va ricollegata alle caratteristiche orografiche del territorio valdostano, la cui elevata acclività rende di per sé frequente l'occorrenza di fenomeni di instabilità a carico di qualsiasi accumulo artificiale posto sui versanti.

Indice di franosità in rapporto all'uso del suolo

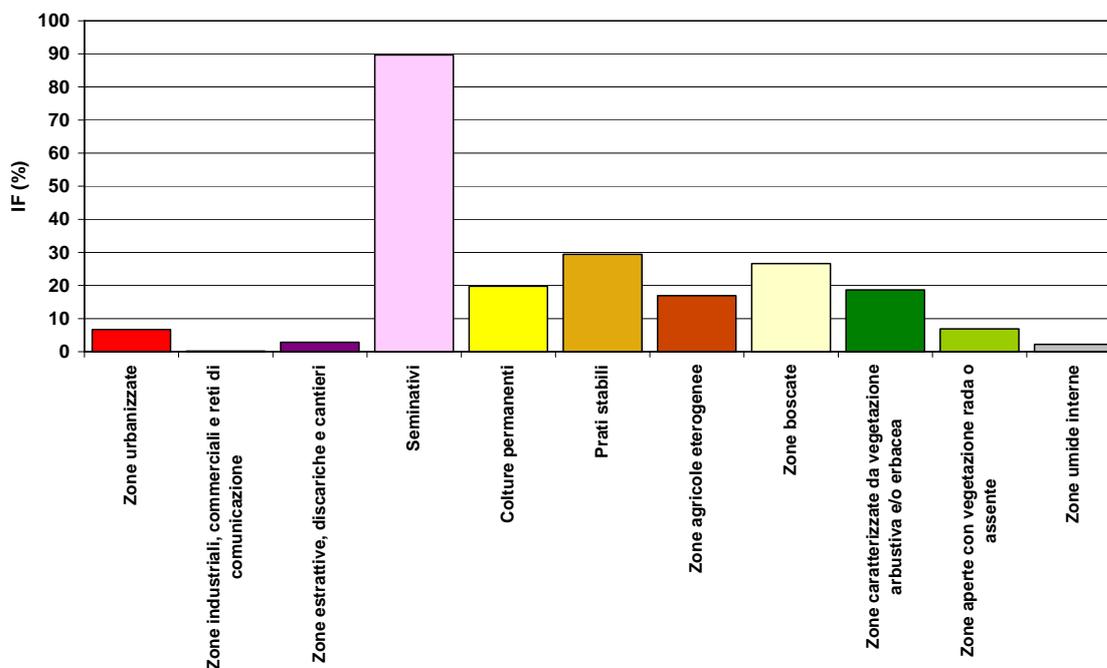


Figura 6.20 Indice di Franosità per uso del suolo.

La forte concentrazione dei centri abitati nelle zone di fondovalle e sugli apparati di conoide maggiormente estesi e la particolare orografia della Valle d'Aosta, fa sì che i fenomeni franosi (escludendo ovviamente come si è detto i processi di tipo torrentizio) interessino in particolar modo settori dedicati ad attività agricole, pastorali e forestali. La prevalenza dei terreni dedicati a seminativo indica la forte incidenza delle lavorazioni agricole sull'attivazione di fenomeni di fluidificazione e colata a spese dei terreni superficiali.

6.10 Aggiornamento dati 2005

6.10.1 Aggiornamento del Progetto

In merito all'aggiornamento e integrazione dell'Inventario previsti nella presente convenzione ("IFFI 2"), il database complessivo è passato da **3.931** frane (marzo 2005) a **4.359** fenomeni franosi al 31/12/2005.

6.10.2 Quadro economico relativo alle attività della convenzione 2005

Data la complessità delle analisi e dei controlli richiesti per mantenere gli standard qualitativi voluti nel primo Progetto IFFI dalla Regione Autonoma Valle d'Aosta (RAVA) e dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino (UNITO), la Regione Valle d'Aosta ha ritenuto necessario e opportuno integrare i finanziamenti al fine di impiegare le seguenti risorse umane (escludendo i responsabili di progetto, i coordinatori e responsabili scientifici e il personale interno della Regione Valle d'Aosta che ha lavorato al progetto):

- 3 persone a tempo pieno (1 operatore specializzato nell'analisi dei dati storici e 2 operatori specializzati nell'analisi fotointerpretativa e nella digitalizzazione e rappresentazione cartografica; di questi, 2 sono consulenti RAVA e 1 è un geologo con Assegno di ricerca presso l'UNITO);
- 2 persone a tempo parziale (1 operatore specializzato nell'analisi fotointerpretativa per verifiche dei dati CARG e 1 operatore specializzato per l'informatizzazione dei dati e per eseguire le procedure di collaudo e revisione presso l'UNITO);
- 1 persona con attività saltuaria (facente parte dello Staff Informativo dell'UNITO).

Le risorse impiegate sono state quindi quelle riassunte nella Tabella 6.4.

Tabella 6.4 Quadro economico delle risorse impiegate per svolgere le attività previste dalla Convenzione RAVA-APAT (Euro).

Quadro economico IFFI2 per Convenzione APAT	Fondi APAT	Fondi RAVA	Totali
Fondi versati a UNITO per attività convenzione APAT	27.609	50.000	77.609
Fondi utilizzati da RAVA per personale esterno		72.600	72.600
Totali	27.609	122.600	150.209

In Tabella 6.5 sono sintetizzate le principali attività e le persone impiegate.

Tabella 6.5 Fasi di lavoro.

FASI	ATTIVITÀ	PERSONE
Revisione IFFI 1 (Entro 30-03-2005)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborazioni dei dati secondo le richieste contenute nel file Excel "Format_diagrammi". 2. Revisione relazione tecnica con i contenuti e le specifiche di cui all'Allegato 5 dell'Allegato tecnico alla Convenzione. 3. Predisposizione layout e stampa dell'elaborato in formato A1. 4. Formazione specifica degli operatori a cura di esperti coinvolti già nel primo Progetto IFFI. 	<p>2 geologi 1 informatico</p>
Aggiornamento e integrazione del DB IFFI mediante analisi, validazione, georiferimento e inserimento dei dati storici alfanumerici e cartografici	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inserimento in DB alfanumerici "IFFI" di tutti i dati dell'archivio forestale. 2. Trasferimento dati AVI e Autorità di Bacino su tabella Excel. 3. Controllo incrociato tra dati del punto 1 e del punto 2 ed eliminazione di eventuali casi duplicati. 4. Georiferimento dei fenomeni che sono dotati di corografia o di indicazioni precise sull'ubicazione. 5. Creazione di un <i>buffer</i> e verifica di correlazione con altri fenomeni già presenti nel database cartografico; per i casi dubbi, ulteriore controllo mediante tecniche di fotointerpretazione delle informazioni acquisite dagli archivi storici. 6. Fusione dei fenomeni certamente correlabili. 	<p>1 dottore in scienze naturali 1 geologo 1 informatico</p>
Completamento e aggiornamento della banca dati cartografica nelle aree coperte dalla cartografia CARG	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fotointerpretazione delle aree CARG tramite stereoscopia tradizionale utilizzando il volo IT2000 ed il volo GAI del 1954. 2. Controllo, validazione e integrazione delle geometrie CARG presenti nel DB IFFI. 	<p>3 geologi</p>
Collaudo e Consegna prodotti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifiche e collaudi secondo le specifiche del Progetto. 2. Revisioni. 3. Predisposizione dei prodotti previsti per la consegna. 4. Stampa e invio. 	<p>2 geologi 1 informatico</p>

6.11 Considerazioni conclusive

L'aggiornamento e l'integrazione del Progetto IFFI 1 operata nel corso della Convenzione in scadenza il 31/12/2005 ha avuto come obiettivo principale la raccolta di dati di fotointerpretazione e di ulteriori dati d'archivio, in particolare nei settori oggetto dei rilievi CARG (area gialla di Figura 6.1: Fogli 089 "Courmayeur", 090 "Aosta", 091 "Châtillon") e le successive attività di confronto, integrazione e validazione di tali informazioni con quelle provenienti del Progetto CARG, messe a disposizione dall'ex Servizio Cartografia e Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma Valle d'Aosta. Tale obiettivo è nato a seguito dell'analisi dei risultati del primo censimento, dove era emerso che le diverse finalità dei due progetti (classificare la facies dei depositi in uno e classificare le tipologie di frana nell'altro) talvolta portavano ad una distribuzione disomogenea delle informazioni e non del tutto confrontabile. I risultati confermano queste perplessità in quanto sono state inserite 1.327 frane in più rispetto alla fase dell'IFFI 1, ma allo stesso tempo ne sono state eliminate ben 899. Pertanto, allo stato attuale, le fonti per il censimento dei fenomeni franosi e le metodologie di acquisizione dei dati utilizzate sono state le medesime per l'intero territorio regionale.

L'esperienza maturata dal gruppo di lavoro IFFI - Valle d'Aosta nei tre anni che coprono la durata dell'intero Progetto consente di effettuare non solo considerazioni sui risultati ottenuti, ma anche un bilancio sulle scelte progettuali operate sia a livello regionale che nazionale,

auspicando che possano costituire un'utile indicazione e suggerimento per un proficuo sviluppo del Progetto IFFI non solo in Valle d'Aosta, ma anche, riteniamo, nelle altre Regioni italiane.

Sulla base dei risultati ottenuti, è possibile affermare che le procedure messe a punto in Valle d'Aosta per la trattazione qualitativa del dato (cfr. Paragrafo 6.8) hanno permesso di ottenere un buon grado di affidabilità delle informazioni raccolte nella fase di censimento per un successivo utilizzo in diversi campi (dalla ricerca alle attività di pianificazione territoriale). Quelle che più di altre hanno contribuito alla buona riuscita del progetto sono le procedure di archiviazione del dato storico (con eliminazione dei casi incerti e rappresentazione areale solo per i casi la cui geometria fosse definita e documentata) e quelle previste dalla "buffer analysis", per evitare il fenomeno di duplicazione delle informazioni provenienti da fonti diverse (Giardino *et alii*, 2004); in particolare, quest'ultima ha permesso di correlare in modo certo i dati provenienti da archivi storici con quelli provenienti da fotointerpretazione in un numero di casi superiore al 17% di quelli censiti nel totale, fondendo in un'unica scheda i dati inizialmente inseriti in schede differenti. I risultati dell'applicazione di tale procedura sono stati davvero incoraggianti al punto di sensibilizzare gli operatori del settore che si occupa della definizione della pericolosità e del rischio e di prevedere, nella convenzione ancora in atto con l'Università di Torino, di applicare la medesima procedura anche sui casi censiti dalle cartografie del Piano Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino, nonché da quelle che hanno inventariato i dissesti ai fini della pianificazione territoriale (L.R.11/1998).

Per quanto concerne le metodologie e le specifiche definite a livello nazionale, anche sulla base dell'esperienza maturata in questo progetto, il numero dei campi obbligatori nelle schede di II e III livello è stato ridotto a cinque. Tuttavia rimane aperto il problema dei dati litotecnici che vengono ancora considerati obbligatori e rappresentano un'importante lacuna nel caso di Regioni, come la Valle d'Aosta, non ancora in possesso di una carta litotecnica "ufficiale". In mancanza di questo dato, le procedure di accodamento dei DB compilati da rilevatori differenti prevedono l'eliminazione delle schede di II e III livello. Questa scelta è certamente logica e corretta nel caso di una compilazione del DB a partire da rilievi diretti di terreno, ma nel caso di dati provenienti da fonti d'archivio (spesso interessanti, ma non sufficienti per la compilazione di tutti i campi obbligatori), ha comportato, nel caso del DB-IFFI Valle d'Aosta, la perdita di 1.363 schede di II e III livello che non sono state accodate.

Un altro aspetto che si pone in evidenza come spunto di discussione in sede di un Tavolo Tecnico è la decisione di inserire o meno i fenomeni di trasporto in massa su conoide (*debris flow*) all'interno del Progetto IFFI. Molte Regioni hanno scelto di interpretare e censire tali fenomeni come frane di colamento rapido. La scelta operata dal gruppo di lavoro IFFI - Valle d'Aosta è stata invece quella di escluderli dal presente censimento, in quanto processi di tipo torrentizio e come tali considerati estranei ad un inventario sui fenomeni franosi s.s. La dinamica di tali processi, infatti, sebbene presenti una componente di tipo gravitativo, resta comunque strettamente connessa a quella di tipo idraulico. Tale scelta, però, ha comportato che il numero e l'estensione areale dei casi censiti siano sottostimati, sia se rapportati a quelli che si otterrebbero per la Valle d'Aosta considerando anche tale tipologia di fenomeni, sia se rapportati ai censimenti di molte altre Regioni italiane nelle quali tale tipologia è stata considerata. Ne derivano di conseguenza possibili disparità negli indici di franosità con eventuali riflessi su successive valutazioni di rischio effettuate a scala nazionale.

Attualmente, il gruppo di lavoro valdostano sta progettando di contemplare tale tipologia nell'ambito di una eventuale prosecuzione del Progetto, prevedendo però anche una revisione/integrazione, nell'ambito regionale, della scheda di censimento IFFI. Tuttavia riteniamo che possa essere utile e produttivo a tal proposito uno scambio di esperienze con altre Regioni e con l'APAT stessa.

Infine, tra gli spunti futuri per la prosecuzione del Progetto ci sono quelli di:

- considerare nuove fonti d'archivio, in precedenza tralasciate perché non coprono omogeneamente il territorio regionale;
- effettuare nuove analisi stereoscopiche utilizzando altri voli per una fotointerpretazione multitemporale più dettagliata;

- definire lo stato di attività dei fenomeni già censiti che il gruppo di lavoro aveva scelto di compilare come “non determinato”, per i motivi esposti al Paragrafo 6.8. Per fare ciò la Regione ha elaborato un progetto (attualmente in attesa di una copertura finanziaria) che prevede l'applicazione di diverse tecniche di Telerilevamento che saranno utilizzate in modo integrato, anche attraverso l'impiego dei Sistemi Informativi Territoriali.

L'integrazione dei dati provenienti dalle attività in corso e da quelle in progetto con quelli del DB-IFFI consentirà di ottenere su tutto il territorio regionale un quadro completo e quanto più possibile esaustivo di tutti i dissesti, della loro distribuzione e del loro grado di attività.

6.12 Riferimenti bibliografici

- Baggio P., Fioraso G., Giardino M. (1997) La raccolta e l'organizzazione dei dati nel rilevamento geologico dei fenomeni gravitativi. C.N.R. - Cs Geodinamica delle Catene Collisionali, Torino, Mem. Int. 97/1.
- Giardino M. & Baggio P. (1996) Cartografia geologica e fenomeni di instabilità gravitativa: applicazioni di un nuovo metodo di raccolta dei dati di terreno. *Atti del convegno "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba (Cn), 5-7 novembre 1996.*
- Giardino M., Giordan D., Ambrogio S. (2004) GIS technologies for data collection, management and visualization of large slope instabilities: two applications in the Western Italian Alps. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **4**, 197-211 (ISSN: 1561-8633).
- I.S.R.M. (1993) *Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose*. R.I.G. 2/93, pp. 151-190.



Regione Autonoma Valle d'Aosta
Dipartimento Territorio,
Ambiente e Risorse Idriche



Università di Torino
Dipartimento di Scienze della Terra

6.13 Struttura operativa Regione Autonoma Valle d'Aosta

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA

Assessorato Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche
Dipartimento Territorio, Ambiente e Risorse Idriche

Responsabili del Progetto:

Ing. Rocco (Dipartimento Territorio, Ambiente e Risorse Idriche)

Prof. Giulio Pavia (Dipartimento di Scienze della Terra)

Supervisore Scientifico del Progetto:

Dott. Giorgio Martinotti (Dipartimento di Scienze della Terra)

Coordinatori delle attività:

Dott. Marco Giardino (GeoSitLab, Dipartimento di Scienze della Terra)

Dott.ssa Sara Ratto (Dipartimento Territorio, Ambiente e Risorse Idriche)

Responsabile Sistema Informativo:

Dott. Daniele Giordan (Dipartimento di Scienze della Terra)

Responsabile Geomorfologia:

Dott. Walter Alberto (Dipartimento di Scienze della Terra)

Staff – Telerilevamento e Geomatica:

Dott. Stefano Russo (Dipartimento di Scienze della Terra)

Staff – Sistema Informativo:

Dott.ssa Mikaela Bois (consulente Regione Autonoma Valle d'Aosta)

Dott. Marco Armand (consulente Regione Autonoma Valle d'Aosta)

Dott. Walter Alberto (Dipartimento di Scienze della Terra)

Staff – Geomorfologia:

Dott. Marco Armand (consulente Regione Autonoma Valle d'Aosta)

Dott. Walter Alberto (Dipartimento di Scienze della Terra)

Dott. Franco Gianotti (Dipartimento di Scienze della Terra)

Fotointerpretazione, Informatizzazione dei dati e stampa dei risultati cartografici sono state svolte presso il Laboratorio di Cartografia Geotematica e Sistemi Informativi Territoriali (GeoSitLab) del Dipartimento di Scienze della Terra (Università degli Studi di Torino).

Si ringraziano:

Tutti gli operatori che hanno lavorato nella prima fase del Progetto IFFI: Dott. Franco Bonetto, Dott. Paolo Baggio, Dott.ssa Gabriella De Renzo, Dott. Andrea Olivero, Dott. Luigi Perotti, e il Sig. Flavio Vallet. Si ringraziano inoltre coloro che hanno collaborato direttamente e indirettamente al Progetto; un ringraziamento particolare va rivolto a *Ketty Carere*.

Un ricordo particolare al compianto Prof. Augusto Biancotti

Rapporto finale Dicembre 2005