

16. Analisi del dissesto da frana nelle Marche

M. Principi, C. Bettucci, A. Carotti

16.1 Premessa

Il Comitato dei Ministri per la difesa del suolo *ex lege* 183/89 ha previsto la realizzazione di una carta inventario dei fenomeni franosi in Italia con la finalità, primaria, di censire i fenomeni franosi mediante una procedura omogenea e riconosciuta su tutto il territorio nazionale.

A tal fine, per la redazione del progetto e soprattutto per le esigenze di gestione e interpretazione dei dati, sono state definite, da un apposito Gruppo di Lavoro costituito da tecnici del Servizio Geologico Nazionale e delle Regioni, le specifiche tecniche del Progetto IFFI per l'acquisizione omogenea delle informazioni sui fenomeni gravitativi.

L'approccio metodologico utilizzato dalla Regione Marche, come specificato successivamente, si è basato principalmente sul recupero delle informazioni derivabili dai rilevamenti geologici e geomorfologici realizzati negli anni compresi tra il 1996 e il 2003 (CARG, Docup Obiettivo 5B, Progetto regionale Foglio 268).

La realizzazione del progetto ha anche fornito alla Regione Marche l'opportunità di catalogare ed organizzare le informazioni già esistenti negli archivi dei Servizi aventi competenze nel settore della gestione del territorio (Servizi Urbanistica e Cartografia, LL.PP., Decentrati OO. PP. e Difesa del Suolo, Protezione Civile, Autorità di Bacino, ecc.) e per estendere il censimento a tutto il territorio attraverso il rilevamento diretto in campagna e la fotointerpretazione.

16.2 Fasi di lavoro

Considerata la ricchezza di dati di archivio informatizzati in possesso della Posizione di Funzione Informazioni Territoriali, la prima fase del lavoro è consistita nell'analisi di tali archivi e nella risoluzione delle problematiche connesse al loro utilizzo (vedi Paragrafi 16.4 e 16.8).

A tal fine, per una porzione di territorio della Provincia di Pesaro, si è sviluppato un prototipo rispondente alle specifiche IFFI utilizzando le informazioni contenute nella cartografia geologica e geomorfologia a scala 1:10.000 realizzata nell'ambito del progetto "Docup obiettivo 5B". In particolare i dati necessari a compilare la scheda IFFI di 1° livello (stato di attività e tipologia) sono stati ricavati dalla carta geomorfologica, disponibile in formato numerico e redatta utilizzando la legenda e le specifiche contenute nel Quaderno n. 4, serie III, edito dal Servizio Geologico Nazionale.

Sulla base dei risultati ottenuti in questa fase preliminare si è provveduto ad estendere la metodologia sperimentata al resto del territorio regionale utilizzando, oltre al progetto "Docup obiettivo 5B", i dati contenuti nella carta geotematica e nella cartografia geologica prodotta nell'ambito del Progetto CARG, per il quale la Regione Marche ha predisposto delle schede specifiche per la descrizione dei fenomeni franosi. Per una totale copertura del territorio, oltre alle due principali fonti di dati sopra menzionate, sono stati acquisiti i dati di archivio relativi ai Piani territoriali ed a studi tecnici di dettaglio digitalizzando, quando necessario, i dati alfanumerici e cartografici.

Contemporaneamente si è provveduto ad effettuare verifiche e a risolvere le problematiche di mosaicatura al contatto tra i vari archivi informatizzati mediante analisi fotointerpretative e sopralluoghi.

16.3 Basi topografiche ed ortofoto

Circa i due terzi dei fenomeni franosi archiviati derivano da un rilevamento geologico e geomorfologico a scala 1:10.000 e dalla interpretazione di fotogrammi, a scala 1:37.000, del "Volo Marche" realizzato nel 1983-84 (archivi Docup Obiettivo 5B e CARG).

I fotogrammi utilizzati per la fotointerpretazione, in particolare per la "mosaicatura" degli archivi cartografici al contatto tra le aree di interesse delle varie fonti di dati utilizzate, appartengono al volo eseguito dalla Regione Marche tra il 1999 e il 2000 per la realizzazione della nuova carta tecnica numerica (scala media 1:30.000) e alle ortofoto digitali A.I.M.A., a scala 1:10.000, che risalgono al 1996.

Durante le fasi di analisi e digitalizzazione si è utilizzata la nuova carta tecnica numerica (C.T.R., scala 1:10.000) che la Regione Marche ha realizzato tra gli anni 1999-2001.

16.4 Studi e censimenti precedenti

Il patrimonio dei dati geomorfologici che la "P.d.F. Informazioni Territoriali della Regione Marche" ha raccolto dal 1996 ad oggi copre gran parte della regione. Nonostante l'ottima copertura territoriale di questi dati (archivi informatizzati Docup Obiettivo 5B, CARG e Progetto regionale riguardante il Foglio 268) è stata nostra premura confrontarli e, dove necessario, integrarli con altre fonti e studi che garantissero qualità di informazione.

L'integrazione ha interessato principalmente quelle parti di territorio non coperte dagli archivi informatizzati già in possesso della P.d.F. Informazioni Territoriali. Definire quale fonte informativa fosse la più attendibile nel rappresentare una porzione di territorio rispetto ad altre fonti che egualmente lo descrivono, ha permesso di evitare scelte soggettive anche in quei casi in cui lo stesso fenomeno gravitativo risultava censito in modo simile per forma e caratteristiche da più di una fonte dati. Per la determinazione della qualità del dato, il criterio fondamentale è stato quello della sua tracciabilità, definibile sulla base dei seguenti criteri: l'anno di realizzazione, gli autori, le modalità di esecuzione (es. metodologia di rilievo, etc.), gli standard seguiti (es. utilizzo legenda SGN etc.) e l'Ente committente. Pertanto, alle fonti dati che mancavano di tali premesse è stato attribuito un grado di affidabilità via via minore.

Le fonti dati che hanno soddisfatto le predette caratteristiche sono (la data si riferisce, quando disponibile, all'anno di pubblicazione e/o approvazione):

- CARG L. 226/99 (2003, scala di acquisizione 1:10.000);
- CARG L. 305/89 (1999, scala di acquisizione 1:10.000);
- Docup Obiettivo 5B (2001, scala di acquisizione 1:10.000);
- Regione Marche - Serv. Prot. Civile (CNR-IRPI, 1999, scala di acquisizione 1:5.000);
- Decentrato Muccia - Sisma '97 (1999-2002, scala di acquisizione 1:10.000);
- Piano Assetto Idrogeologico (PAI) Marche (2004, scala di acquisizione varia);
- Piano Assetto Idrogeologico del Bacino Interrregionale del Conca-Marecchia (2004, scala di acquisizione varia);
- Piano Assetto Idrogeologico del Bacino Interregionale del Fiume Tronto (2003, scala di acquisizione varia);
- Progetto regionale - Foglio 268 (2002, scala di acquisizione 1:10.000);
- PTC Macerata (2001, scala di acquisizione varia);
- RIM - Reticolo Idrografico Minore (2001, scala di acquisizione 1:10.000);
- SITRI (Sistema Informativo Rischi) - Prov. Macerata (2001, scala di acquisizione 1:10.000).

Nell'elenco non sono menzionati i progetti A.V.I. e S.C.A.I. in quanto già analizzati e utilizzati dal Piano Assetto Idrogeologico (PAI) delle Marche che figura tra le fonti dati del Progetto IFFI Marche.

La distribuzione delle varie fonti sul territorio regionale è evidenziata in Figura 16.1.

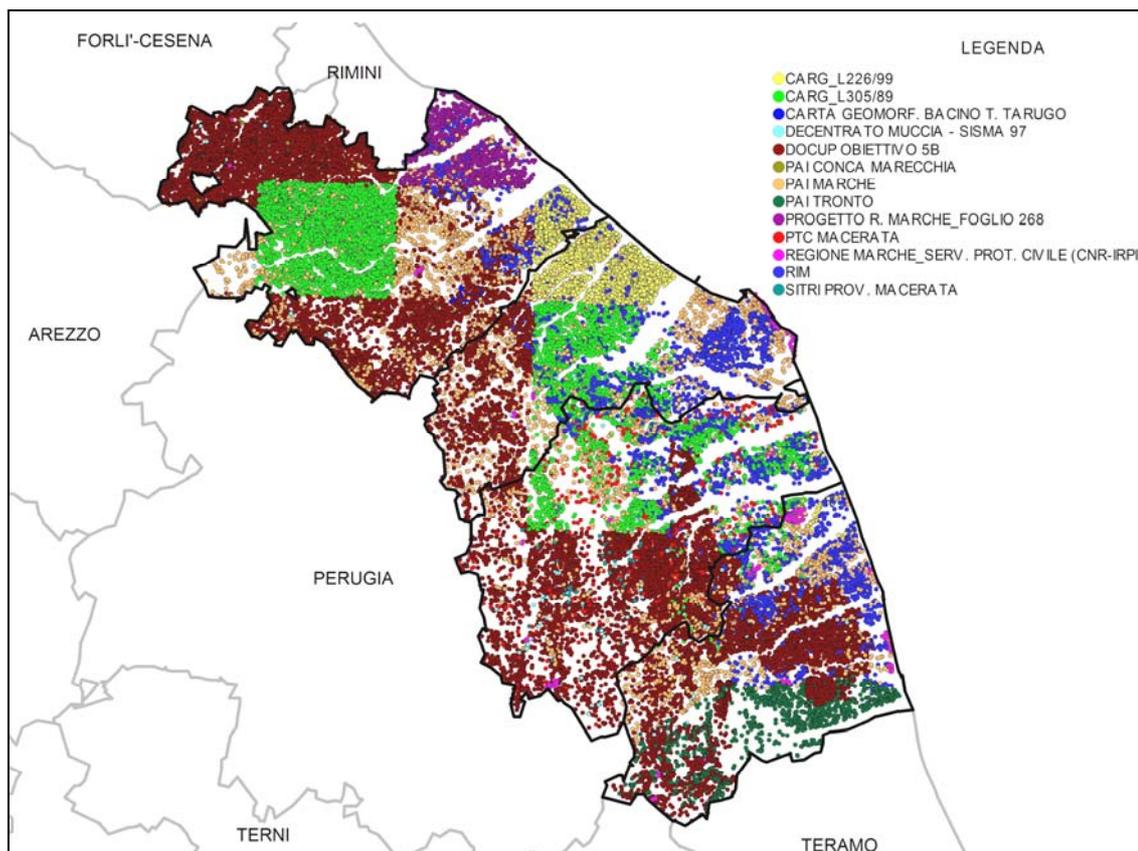


Figura 16.1 Distribuzione delle fonti di dati utilizzate.

16.5 Inquadramento geologico regionale

L'Appennino umbro-marchigiano rappresenta il settore più meridionale ed esterno dell'arco a convessità orientale dell'Appennino settentrionale ed è il risultato di una storia deformativa complessa che ha interessato l'intera successione stratigrafica depositasi sul margine continentale africano a partire dall'ingressione marina riferibile all'apertura della Tetide (Carnico).

La successione sedimentaria, pressoché continua dal Trias superiore al Neogene, poggiando su un basamento cristallino ercinico in evoluzione continua fino al Pleistocene, presenta variazioni di spessori e di facies che riflettono quelle spazio-temporali degli ambienti sedimentari (Centamore e Micarelli, 1991). Il primo termine delle serie è costituito dalla *Formazione delle Anidriti di Burano* che viene generalmente considerata il livello basale in corrispondenza del quale si è realizzato lo scollamento ed il conseguente piegamento della copertura sedimentaria umbro-marchigiana rispetto al sottostante basamento. Seguono le litofacies calcaree di acque basse del *Calcare Massiccio* fino alla fine del Lias inferiore, quando un'intensa fase tettonica distensiva porta alla frammentazione della preesistente piattaforma carbonatica determinando la separazione del *dominio laziale-abruzzese*, in cui continua la deposizione in ambiente di acque basse, da quello *tosco-umbro-marchigiano*, caratterizzato da sedimentazione di tipo pelagico.

Il bacino pelagico umbro-marchigiano mostra una batimetria estremamente variabile, con blocchi rialzati variamente inclinati, e presenta una notevole subsidenza differenziale. Le formazioni pelagiche giurassiche, cretache e paleogeniche della serie umbro-marchigiana risultano costituite prevalentemente da calcari e calcari marnosi spesso selciferi.

A partire dal Miocene il bacino, cominciando a risentire degli sforzi compressivi attivi delle aree più occidentali, entra in regime orogenico e assume i caratteri di un'avanfossa in cui si assiste alla sedimentazione di successioni emipelagiche e torbiditiche. (Centamore e Micarelli, 1991). Nello stesso periodo vengono a delinearsi, nell'area umbro-marchigiana, tre unità

morfostrutturali principali (*bacino umbro, bacino marchigiano interno e bacino marchigiano esterno*) separate dalle porzioni più emerse della catena e sede di successioni stratigrafiche peculiari descritte in Centamore e Micarelli (1991). Tra le formazioni mioceniche, risultano di particolare rilievo quella del *Bisciario* e quella *Gessoso-Solfifera* che, indipendentemente dalle situazioni tettoniche locali, si depositano con notevole continuità spaziale costituendo livelli guida utilizzabili per correlazioni a largo raggio.

Nel Plio-pleistocene si assiste al graduale instaurarsi di condizioni continentali, prima ad occidente, poi ad oriente. Il corrugamento interessa ormai, oltre alle dorsali mesozoiche, anche la depressione interna, e l'avanfossa migra ancora più ad Est. La successione marina marchigiana plio-pleistocenica è, quindi, riferibile al solo *bacino marchigiano esterno* ed è caratterizzata da notevoli variazioni spazio-temporali, in relazione agli eventi tettonici che condizionano gli ambienti sedimentari (Centamore e Micarelli, 1991).

Nell'area settentrionale della Regione Marche affiora il complesso della Val Marecchia-Montefeltro che è suddiviso in due grandi unità strutturali rappresentative di successioni deposte in domini paleogeografici nettamente distinti:

- la successione umbro-marchigiana-romagnola, in posizione autoctona e con una successione silicoclastica che va dal Burdigaliano superiore al Plio-Pleistocene;
- la Coltre della Val Marecchia, in posizione alloctona e con una successione ligure deformata-epiligure cretacicco-terziaria.

I depositi continentali riferibili al Quaternario umbro-marchigiano sono costituiti da *alluvioni terrazzate* e depositi di versante. Le alluvioni terrazzate sono suddivise in quattro ordini principali di terrazzi poligenici, rilevabili ad altezze comprese tra pochi metri e oltre 200 dai fondovalle attuali. I depositi, fluviali e di conoide alluvionale, sono prevalentemente ghiaiosi e ricoprono alvei sepolti e rilievi modellati nel substrato roccioso. I *depositi di versante* sono per lo più costituiti da accumuli caotici di varie età, detriti stratificati pleistocenici, depositi di frana, talus e coperture eluvio-colluviali riferibili all'Olocene.

L'Appennino umbro-marchigiano è una "catena a pieghe e sovrascorrimenti" (Calamita *et alii*, 1991) caratterizzata da deformazioni della copertura sedimentaria meso-cenozoica disarmoniche rispetto al sottostante basamento cristallino (Lavecchia *et alii*, 1984). Tale assetto strutturale è il risultato di una storia deformativa complessa caratterizzata da eventi tettonici differenti susseguitisi negli ultimi 15 Ma, ma riconducibili sostanzialmente a due fasi principali. Nell'intervallo di tempo compreso tra il Serravalliano e il Pleistocene medio è stato attivo un campo di sforzi compressivo con direzione prevalente SW-NE che, migrando progressivamente da W verso E, ha determinato la formazione di una serie di domini strutturali a loro volta deformati da anticlinali e sinclinali, sovrascorrimenti, faglie inverse, trascorrenti e transpressive a formare un edificio arcuato a convessità orientale. A partire dal Pliocene, alle deformazioni compressive seguono deformazioni distensive pressoché coassiali, via via più recenti andando dall'interno verso l'esterno dalla catena e legate al processo di *rifting* tirrenico. Compressione e distensione si succedono nel tempo in ogni area, ma sono presenti contemporaneamente in aree limitrofe. Il campo degli sforzi oggi attivo, desunto dallo studio dei meccanismi focali dei sismi, evidenzia deformazioni distensive in corrispondenza delle strutture plio-pleistoceniche localizzate nell'area di catena (*graben e semigraben*) e deformazioni compressive in corrispondenza dei fronti dell'area marchigiana esterna e peri-adriatica.

Lo schema geologico riportato in Figura 16.2 mostra la distribuzione delle principali unità litomorfostrutturali dell'Appennino umbro-marchigiano.

da marne argillose policrome. Alla deposizione delle Marne a Fucoidi segue quella della Scaglia Bianca che è costituita da calcari micritici biancastri, a frattura scagliosa, in strati sottili e medi dallo spessore variabile da 15 a 40 m. Nella parte superiore dell'unità, vicino al passaggio con la Scaglia Rossa, è presente il Livello Bonarelli, orizzonte guida bituminoso-ittiolitico dello spessore di 1-1,5 m. Stratigraficamente al disopra della Scaglia bianca si trova la Formazione della Scaglia Rossa, costituita prevalentemente da calcari e calcari marnosi con liste e noduli di selce rossa. In base alle caratteristiche litologiche sono riconoscibili tre membri: l'inferiore calcareo-selcifero con selce rossa, il mediano marnoso o calcareo-marnoso a frattura scagliosa o concoide e il superiore di nuovo calcareo-selcifero con selce rossa in liste e noduli. Gli spessori della scaglia rossa variano da 200-250 m nelle zone di dorsale a 350-450 m nelle depressioni dove si osserva continuità di sedimentazione. Seguono le Formazioni della Scaglia Variiegata e della Scaglia Cinerea; la prima con uno spessore di circa 30-40 m costituita da alternanze policrome di calcari micritici, calcari marnosi e marne calcaree, la seconda costituita dall'alternanza di calcari marnosi, marne calcaree, marne e marne argillose con spessori variabili tra 100-250 m.

Con la Formazione del Bisciario, costituito da alternanze di calcari e calcari marnosi scuri in strati sottili e medi, a luoghi con liste e noduli di selce nera, marne calcaree e marne argillose grigie e livelli vulcanoclastici, ha inizio una sedimentazione più terrigena. Gli spessori variano da poche decine di metri a 100-120 m. Stratigraficamente al di sopra del Bisciario è presente la Formazione dello Schlier, costituita da alternanze di marne, marne argillose e subordinatamente da marne calcaree e calcari marnosi biancastri finemente detritici. La stratificazione è netta e sottile, ma spesso obliterata da un clivaggio diffuso. Lo spessore della formazione varia da zona a zona in relazione alla morfologia del fondo marino, alle eteropie con le altre formazioni mioceniche e all'azione erosiva dei flussi torbiditici.

Nella zona più orientale della regione, ad est della dorsale marchigiana, affiorano i sedimenti marini della successione plio-pleistocenica caratterizzata dalla deposizione della Formazione delle Argille Azzurre. Questi depositi mostrano aspetti variabili nel tempo e nello spazio, in relazione all'evoluzione tettonica sinsedimentaria che ha condizionato la morfologia, la sedimentazione e conseguentemente le sequenze deposizionali. La litologia prevalente è quella pelitica con intercalazioni di corpi pelitico-arenacei, arenacei e conglomeratici.

La Colata Gravitativa della Val Marecchia, costituita da terreni esterni alla successione locale, è un complesso alloctono caratterizzato prevalentemente da depositi argillitici caotici (argille scagliose), su cui si sovrappongono placche di materiali più rigidi. I primi, si sono sedimentati inizialmente in un bacino molto più interno di quello umbro-marchigiano, i secondi invece si sono depositati in bacini generalmente di mare sottile, al di sopra della colata in movimento verso est, durante le fasi dell'orogenesi appenninica. Il complesso liguride s.l. è il termine affiorante più esteso ed è costituito da un ammasso caotico, prevalentemente argilloso-marnoso, in cui non è possibile riconoscere alcun legame stratigrafico tra i vari termini. All'interno dei sedimenti argillo-marnosi è presente del materiale litoide eterogeneo costituito da frammenti delle unità liguridi. Tra le unità litostratigrafiche appartenenti a questa successione vi sono la Formazione di Monte Morello e le Arenarie di Monte Senario. La successione neogenica rappresenta la deposizione avvenuta durante le soste della traslazione della colata. Essa è costituita da varie unità differenti per composizione litologica; si hanno termini prevalentemente calcarei deposti in strati massicci nella Formazione di S. Marino seguita dalle arenarie calcaree della Formazione di M. Fumaiolo deposte in strati molto spessi e poco cementati. Superiormente ad essa sono depositate varie formazioni costituite da argille, argille marnose, sabbie e conglomerati ed anche depositi evaporitici.

16.6 Morfologia e lineamenti geomorfologici regionali

La regione può essere divisa in due settori orograficamente differenti. La morfologia del territorio marchigiano è caratterizzata da un forte contrasto tra la porzione occidentale prevalentemente montuosa (l'Appennino in senso stretto) e quella orientale essenzialmente collinare (il subappennino) che si estende fino al mare Adriatico.

L'elemento dominante è l'Appennino umbro-marchigiano, avente morfologia piuttosto aspra. Nelle zone montuose sono presenti due dorsali subparallele che attraversano la regione in

senso longitudinale, con quote spesso superiori ai 1.000 m s.l.m., costituite prevalentemente da rocce calcaree mesozoiche e separate da depressioni collinari costituite da sedimenti terrigeni. Nella porzione meridionale della regione le due dorsali si uniscono per costituire il massiccio del Monti Sibillini, dove sono presenti le vette più elevate (M. Vettore 2.422 m). Il passaggio dai rilievi montuosi al litorale avviene verso oriente tramite un'ampia fascia collinare, dolcemente degradante verso il mare caratterizzata da un paesaggio molto più dolce. La fascia collinare è modellata su una estesa struttura monoclinale costituita da terreni pelitici e arenacei plio-pleistocenici, localmente interrotta da motivi plicativi minori. Analizzando più dettagliatamente l'area si nota però che l'assetto sopra schematizzato risulta in realtà interessato da diverse complicazioni locali. In particolare va rilevata la presenza di tre fasce, perpendicolari all'andamento delle dorsali principali, caratterizzate da un generale incremento delle quote tanto nella zona montana quanto in quella collinare. Nella zona nord occidentale, al confine con la regione Toscana e con l'Emilia Romagna, le caratteristiche geomorfologiche e geografiche sono condizionate dall'affioramento delle argille scagliose della Colata Gravitativa della Val Marecchia e da rilievi montuosi isolati costituiti da litoidi alloctoni (Sasso Simone e Simoncello, M. Carpegna, ecc.).

La maggior parte dell'area drena le acque verso il M. Adriatico, infatti tutti i corsi d'acqua scorrono in direzione ovest-est e attraversano le dorsali carbonatiche determinando una tipica morfologia caratterizzata da forre e gole; in queste zone interne, le valli fluviali sono per lo più strette e approfondite mentre nelle aree collinari poste ad oriente esse sono più aperte. Il reticolo idrografico principale è ben sviluppato ed è caratterizzato, in funzione di un clima in cui le piogge sono concentrate nel periodo autunnale-invernale, da un regime torrentizio, da una limitata lunghezza e da un profilo trasversale asimmetrico delle valli.

Le Marche sono caratterizzate dalla totale assenza di aree pianeggianti di una certa estensione, risultando una delle regioni italiane più montuose, essendo l'isoipsa più sviluppata quella relativa alla quota di 500 m s.l.m. Le pianure associate alle zone collinari sono generalmente poco sviluppate ad eccezione delle aree prossime alle foci dove raggiungono uno sviluppo di qualche km.

La fascia costiera si presenta in genere come una stretta linea compresa tra la battigia e i primi rilievi collinari, allargandosi solo in corrispondenza delle foci; si tratta per circa il 90% di spiaggia sottile costituita da sedimenti sabbiosi e ciottolosi ad eccezione dei rilievi del M. Conero e del S. Bartolo a nord di Pesaro.

I principali fenomeni di dissesto del territorio che interessano la Regione Marche sono condizionati da tre principali fattori:

1. caratteristiche litologiche e strutturali;
2. condizioni meteorologiche;
3. attività antropiche.

In Figura 16.3 è riportata la suddivisione orografica del territorio regionale in area montano-collinare e di pianura; è evidente l'esigua porzione di pianura che si sviluppa solo in prossimità dei principali corsi d'acqua.

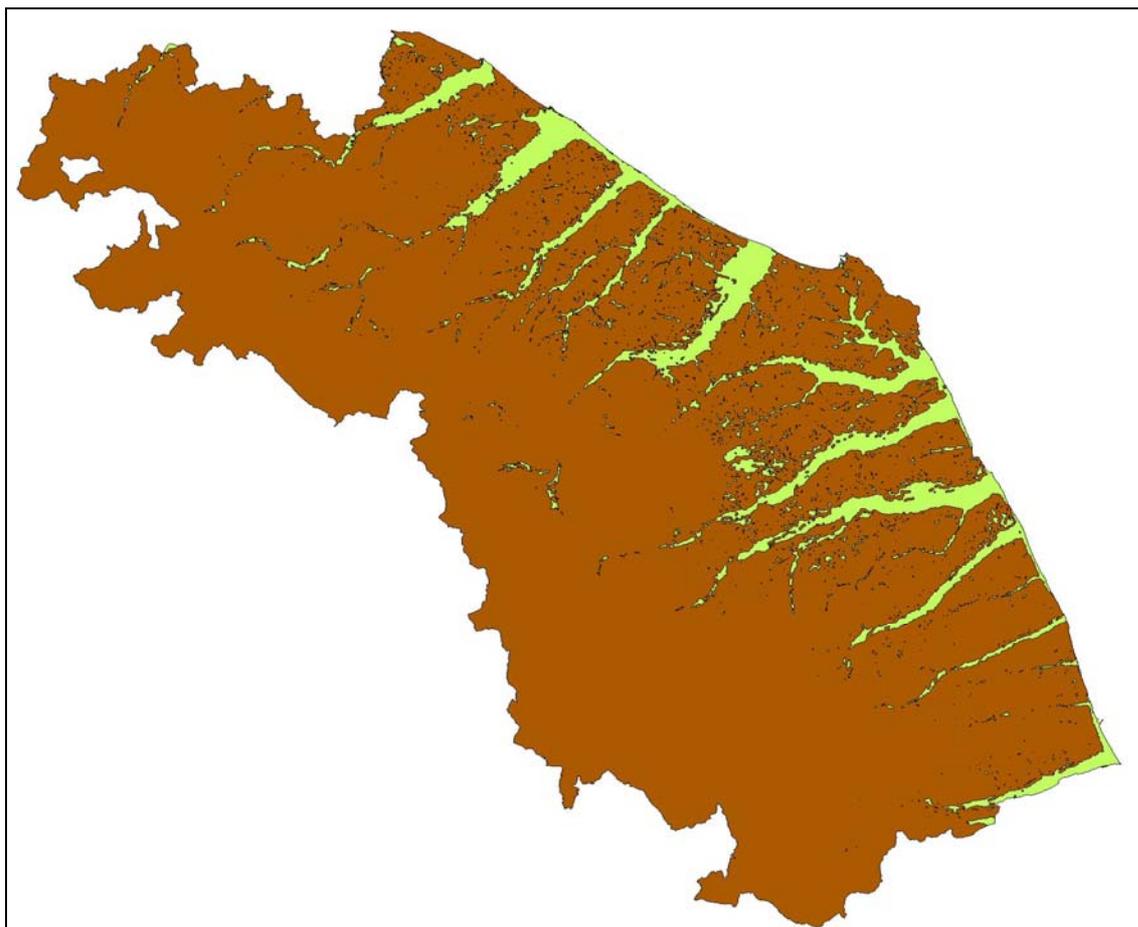


Figura 16.3 Suddivisione del territorio regionale in aree montano-collinari e di pianura.

16.7 Uso del suolo

L'uso del suolo rappresenta un indispensabile strumento di informazione territoriale capace di fornire un quadro generale delle principali attività umane ed economiche e, attraverso l'elaborazione di carte tematiche, della loro influenza sulle risorse territoriali-ambientali. In particolare il tasso ed il tipo di utilizzazione del suolo rappresentano un importante fattore di controllo della distribuzione e della intensità dei fenomeni di dissesto idrogeologico.

Per la elaborazione dei dati riportati nella presente relazione ci si è avvalsi della cartografia e della banca dati del Progetto Corine Land Cover. La metodologia di rilevamento della carta Corine Land Cover consiste nella fotointerpretazione assistita dal computer delle immagini riprese dal satellite LANDSAT nell'agosto 1993. Le informazioni derivanti dal Progetto Corine Land Cover per la regione Marche mostrano una preponderante percentuale di territorio adibito a pratiche agricole (seminativo 34,03 %, zone agricole eterogenee 28%) e a zone boschive (19,93%). Queste classi dell'uso del suolo si sviluppano rispettivamente lungo la fascia collinare e montana. Ciò riflette la schematizzazione della morfologia regionale, principalmente montuosa-collinare, riportata nel paragrafo 16.6. Nella zona più orientale della regione, lungo la costa, si sviluppa una sottile fascia di area urbanizzata che tende ad ispessirsi all'altezza dei principali centri abitati. La parte interna, la zona di depressioni collinari posta tra le due dorsali, è caratterizzata dalla presenza di isolate aree urbanizzate di ridotte dimensioni. In totale le zone urbanizzate coprono soltanto il 2,33% dell'intero territorio regionale.

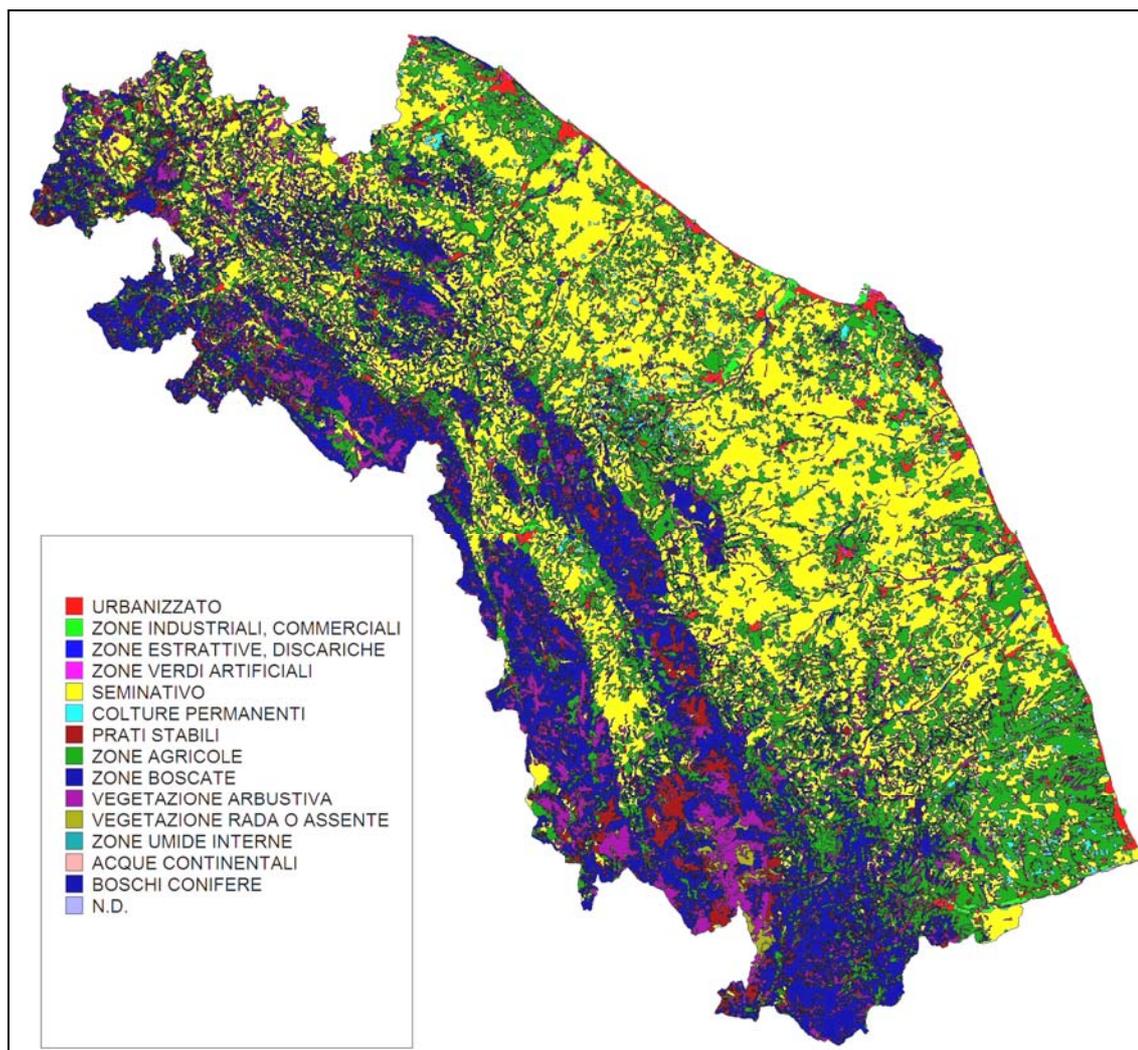


Figura 16.4 Carta dell'Uso del Suolo, Corine Land Cover.

16.8 Metodologia utilizzata per la perimetrazione delle frane sul territorio regionale

Come precedentemente esposto (cfr. paragrafi 16.2 e 16.4) la perimetrazione dei fenomeni franosi del territorio della Regione Marche è stata realizzata estraendo dalle banche dati esistenti, Progetto Carta Geologica (CARG) e carta geologica e geotematica (Obiettivo 5B), Progetto regionale Foglio 268, Piani territoriali e Studi geologici di dettaglio, le informazioni sui corpi instabili in esse contenute.

La costituzione di un unico archivio territoriale, come previsto dalle specifiche IFFI, ha richiesto di affrontare diverse problematiche. Oltre al naturale allineamento alle specifiche IFFI delle varie codifiche presenti nei database utilizzati, si è provveduto a digitalizzare i dati disponibili in formato cartaceo e ad interpretare le relazioni tecnico-scientifiche disponibili. Le difficoltà maggiori si sono presentate nella "mosaicatura" ai confini tra varie fonti dati e nella scelta delle informazioni più attendibili in quelle porzioni di territorio coperte da più di una fonte di dati.

Relativamente ai problemi di confine sono state effettuate analisi fotointerpretative e sopralluoghi finalizzati a ridefinire i corpi, la tipologia e lo stato di attività dei singoli movimenti franosi. Per i casi di sovrapposizione di più informazioni nella stessa porzione di territorio, invece, sono state fissate delle priorità in base ad un grado di qualità della fonte dati definito sulla base dei seguenti criteri: (1) attendibilità scientifica (committente, autori, utilizzo o meno di standard riconosciuti per la legenda etc.), (2) anno di realizzazione, (3) modalità di esecuzione (es. metodologia di rilievo, etc.) e (4) scala di rilevamento sul terreno.

Oltre ai criteri generali sopra esposti, in alcuni casi è stato necessario definire procedure specifiche. Contemporaneamente alla realizzazione del Progetto IFFI, l'Autorità di Bacino Regionale ha redatto il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e cioè lo strumento di pianificazione con cui le Autorità di Bacino e le Regioni perimetrano, ai sensi della ex Lege 267/98, le aree a rischio idrogeologico per frana ed esondazione. Per integrare la banca dati IFFI (già popolata con le banche dati in possesso della P.d.F. Informazioni Territoriali) con i dati del PAI, considerate le differenti finalità dei due strumenti, il PAI rivolto alle esigenze di governo del territorio e di mitigazione del rischio da frana, l'IFFI con l'obiettivo di delineare un quadro conoscitivo completo dei movimenti gravitativi, si è discusso sul dato da adottare nei casi di sovrapposizione e difformità geometrica dei poligoni di frana delle due fonti. Per quanto concerne le aree a rischio R3 e R4, la decisione presa è stata quella di adottare le fonti IFFI (CARG, DOCUP - Obiettivo 5B) nei casi in cui queste descrivevano con maggior dettaglio il corpo di frana, mantenendo comunque traccia dei poligoni R3 e R4 attraverso il codice identificativo della fonte PAI (Figura 16.5).

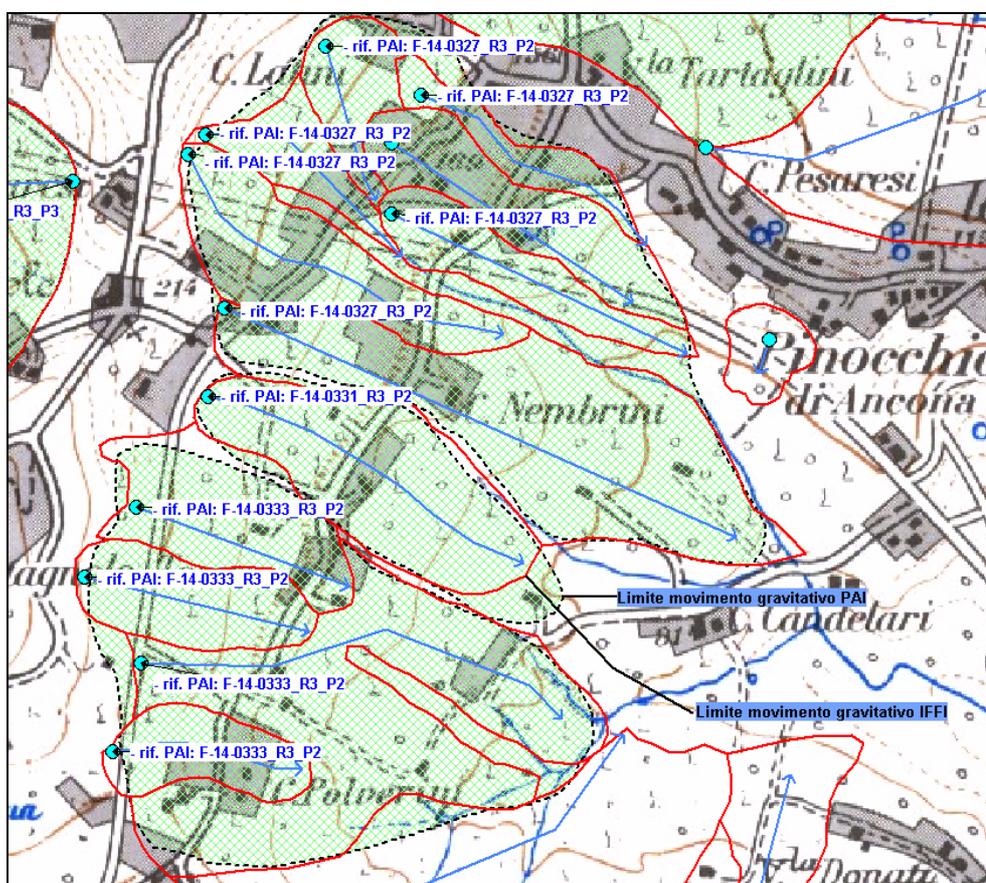


Figura 16.5 Confronto tra perimetrazione PAI e IFFI.

16.9 Analisi dei dati

16.9.1 Numero di frane

L'analisi dei dati geomorfologici derivati dalle diverse banche dati utilizzate dal Progetto IFFI Marche ha permesso di archiviare, per l'intero territorio regionale, 42.522 fenomeni franosi, 39.788 dei quali cartografabili (superficie fenomeno franoso > 1.600 m²) e 2.735 non cartografabili (superficie fenomeno franoso < 1.600 m²).

Per ogni fenomeno franoso censito è stata compilata la scheda di primo livello e per 251 quella di secondo. La Tabella 16.1 mostra la sintesi dei dati dei livelli cartografici suddivisi per provincia.

Tabella 16.1 Numero di frane per ciascun livello informativo del database cartografico (vedi paragrafi 2.4.2 e 2.5.1).

PROVINCIA	PIFF	FRANE POLIGONALI	AREE SOGGETTE A...	DGPV	FRANE LINEARI	AREA TOTALE IN FRANA (km ²)
Pesaro-Urbino	17317	15302	561	84	0	628,53
Ancona	8220	7343	671	17	0	421,97
Macerata	9118	6585	1824	46	0	420,95
Ascoli Piceno	7867	5806	1523	25	0	410,34

16.9.2 Tipo di movimento indicato al I Livello Scheda frane

Di seguito si riportano i risultati delle analisi delle frane in base alla tipologia di movimento.

In relazione alle diverse caratteristiche litologiche, strutturali e morfologiche peculiari della regione marchigiana sono riconoscibili differenti tipologie di fenomeni franosi raggruppabili schematicamente in movimenti gravitativi ad evoluzione rapida e lenta.

I primi corrispondono a fenomeni di crollo e *block slides* e sono osservabili in corrispondenza delle dorsali montuose e di versanti ripidi caratterizzati da rocce litoidi prevalentemente calcaree e calcareo-marnose. Data comunque l'elevata competenza di questi materiali la loro geometria è controllata dall'assetto strutturale, dalla presenza di pareti subverticali (gole e forre) e da eventi sismici.

Nelle aree ad alta energia del rilievo sono inoltre frequenti, tra i movimenti franosi a rapida evoluzione, fenomeni tipo *slide*, *debris flow*, *debris avalanche* che interessano depositi eluvio-colluviali e materiali clastici accumulati in fasi morfoclimatiche precedenti.

Sempre nelle aree dei rilievi carbonatici sono frequenti le Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV) e fenomeni di tipo *lateral spreading* riconoscibili per la presenza di contropendenze, trincee, scarpate e irregolarità dei versanti.

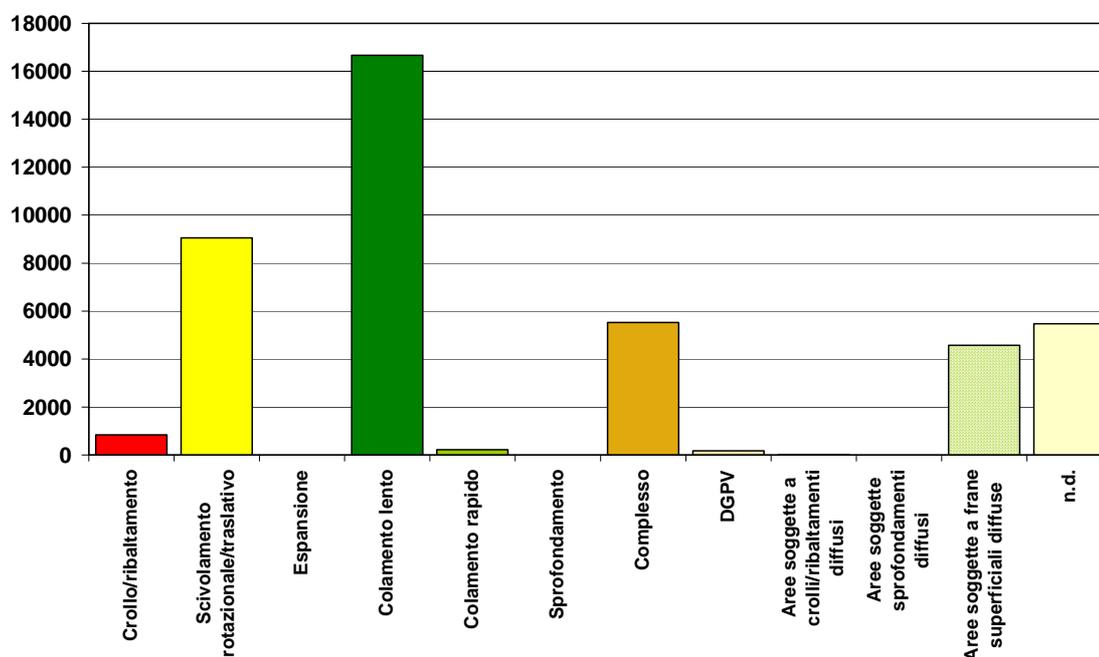


Figura 16.6 Numero di frane per tipologia di movimento.

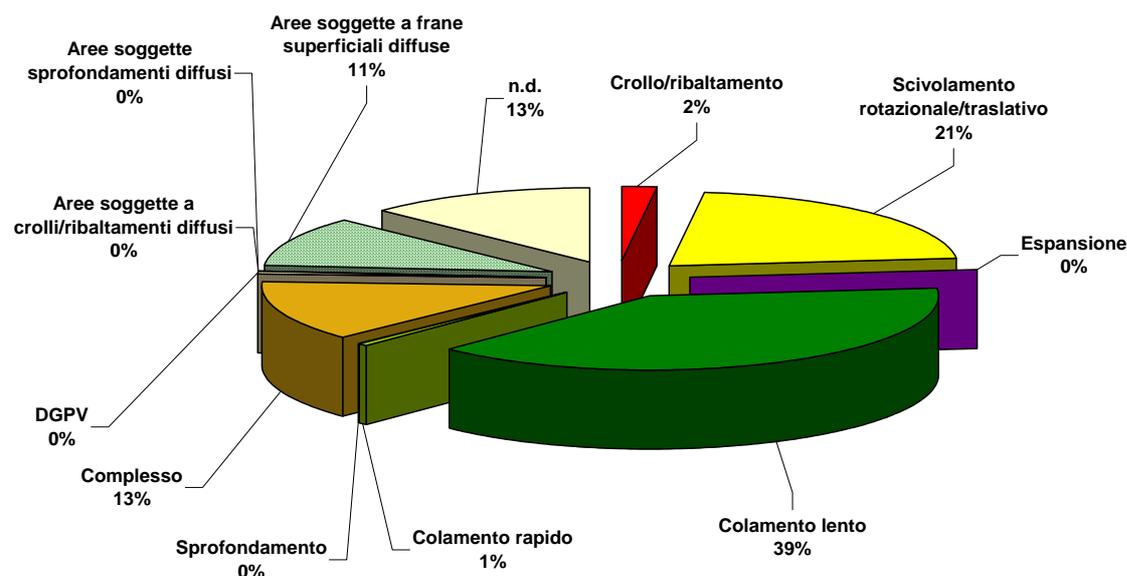


Figura 16.7 Percentuale delle frane per tipologia di movimento.

Nelle zone in cui affiorano sedimenti plio-pleistocenici, prevalentemente pelitici o pelitico-arenacei, caratterizzate da minore acclività, sono diffusissimi i fenomeni franosi ad evoluzione lenta; la tipologia di movimento che prevale è quella di tipo “colamento” e, subordinatamente, di scoscendimento. In genere questi fenomeni interessano il substrato e le coltri eluvio-colluviali. In queste aree sono assai diffusi anche fenomeni meno profondi quali i soliflussi e le deformazioni plastiche. Nelle zone di impluvio, dove sono riscontrabili notevoli spessori di depositi alterati ed eluvio-colluviali, sono frequenti le colate di fango che si originano in occasione di piogge intense. Nelle aree collinari dove affiorano i sedimenti pelitici e pelitico-arenacei plio-pleistocenici, la naturale instabilità di tali terreni è stata accelerata da una cattiva gestione del territorio e soprattutto dalla minore manutenzione della rete di smaltimento delle acque superficiali. Inoltre le profonde modifiche delle modalità produttive del sistema agricolo, che schematizzando sono riassumibili in minor presenza antropica sul territorio e diminuzione di copertura vegetazionale, hanno determinato negli ultimi trenta anni la rottura di delicati equilibri naturali. Lo sviluppo insediativo ed infrastrutturale, imposto da nuovi processi socio-economici, è avvenuto in modo spesso incontrollato occupando territori la cui stabilità era da considerarsi precaria, innescando fenomeni franosi in zone che storicamente erano stabili. Per cui tra le cause del dissesto idrogeologico si deve considerare l'azione antropica uno degli agenti morfogenetici maggiormente attivi nel determinare l'evoluzione del paesaggio e delle forme che lo caratterizzano.



Figura 16.8 DGPV Valdièa, Camerino (MC).



Figura 16.9 Frana complessa, Pollenza (MC).

16.9.3 Stato di attività

I movimenti gravitativi attivi/riattivati/sospesi rappresentano percentualmente una quota predominante dei fenomeni archiviati, sia relativamente a ciascuna tipologia di frana, sia in assoluto rispetto all'intero numero di fenomeni franosi (Figura 16.10).

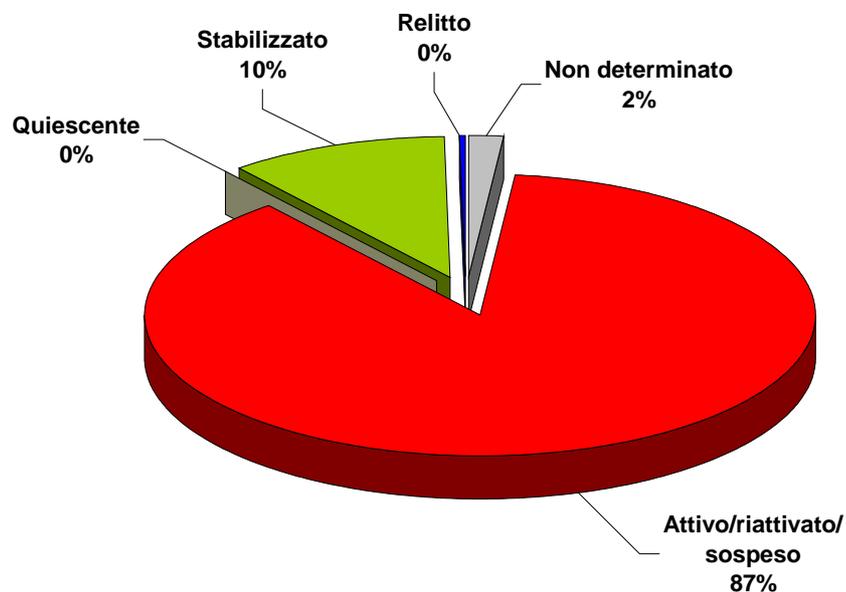


Figura 16.10 Percentuale delle frane per stato di attività.

16.9.4 Danni I livello

Le informazioni sui danni causati dalle frane sono state ricavate dalla consultazione di documenti cartacei o immagini raster riguardanti circa 250 frane. In particolare è stato possibile ricavare dati sui danneggiamenti dalle relazioni geologiche redatte per il risanamento dei dissesti connessi all'evento sismico del 1997 censiti dalla fonte "Decentrato Muccia-Sisma '97", per quelli rilevati dal Progetto CARG, dalla Protezione Civile-CNR/IRPI e nell'ambito del progetto SITRI.

Sintetizzare in un unico grafico la relazione tra la tipologia del danno e il numero di movimenti gravitativi censiti avrebbe fornito un quadro poco chiaro dei dati disponibili (Figura 16.11); infatti, la prevalenza dei danni n.d. rendono poco leggibile l'informazione relativa alle frane censite al secondo livello di schedatura (circa 250) che coinvolgono strade, case sparse e centri abitati. Il gruppo di lavoro IFFI Marche ha preferito quindi elaborare un ulteriore grafico del danno riferito ai 250 casi documentati mediante specifici studi, che evidenzia le principali categorie di danno indotte dai fenomeni franosi (Figura 16.12).

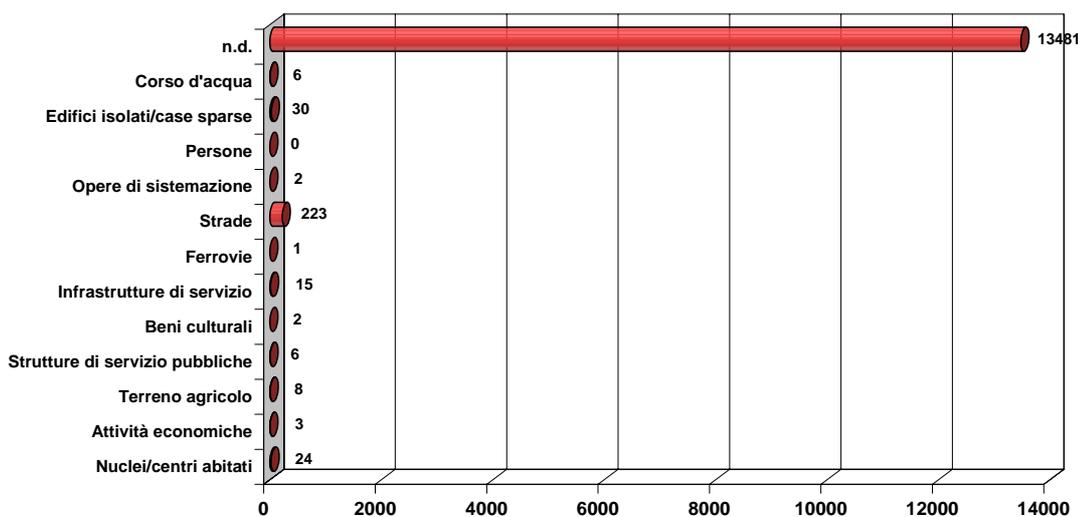


Figura 16.11 Numero di frane per tipologia di danno.

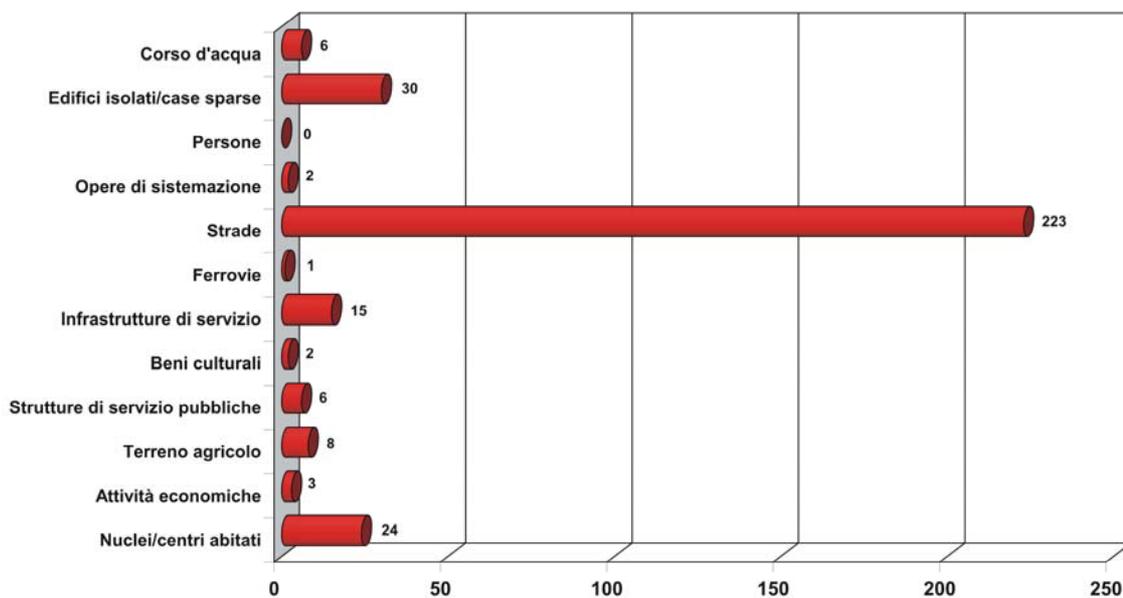


Figura 16.12 Numero di frane per tipologia di danno (fonti conoscitive: Decentrato Muccia - Sisma '97, CARG, Protezione Civile-CNR/IRPI, SITRI).

16.9.5 Indice di Franosità (IF)

La Figura 16.13 mostra il grafico dell'indice di franosità per classi litologiche. Il calcolo è stato eseguito in relazione a classi litologiche differenti da quelle della scheda IFFI (codesta Amministrazione non ha compilato la scheda di secondo livello dove è prevista questa informazione). Tuttavia si è voluto riportare il grafico per meglio individuare la distribuzione dei fenomeni gravitativi; esso è stato ottenuto incrociando il livello cartografico IFFI con il file vettoriale ottenuto dalla digitalizzazione della Carta Geologica – Geomorfologia – Idrogeologica, in scala 1:100.000, contenuta in “L’Ambiente Fisico delle Marche”. È da evidenziare l’alto valore dell’indice di franosità per le formazioni che affiorano nella provincia di Pesaro e Urbino e che costituiscono i depositi della Colata gravitativa della Val Marecchia.

Tabella 16.2 Indice di franosità.

Superficie totale regione (km ²)	Area montano-collinare (km ²)	Numero di PIFF	Area totale in frana (km ²)	Densità dei fenomeni franosi	Indice di Franosità % (superficie regione)	Indice di Franosità % (montano-collinare)
9693,54	8867,63	42522	1881,79	4,42	19,41	21,22

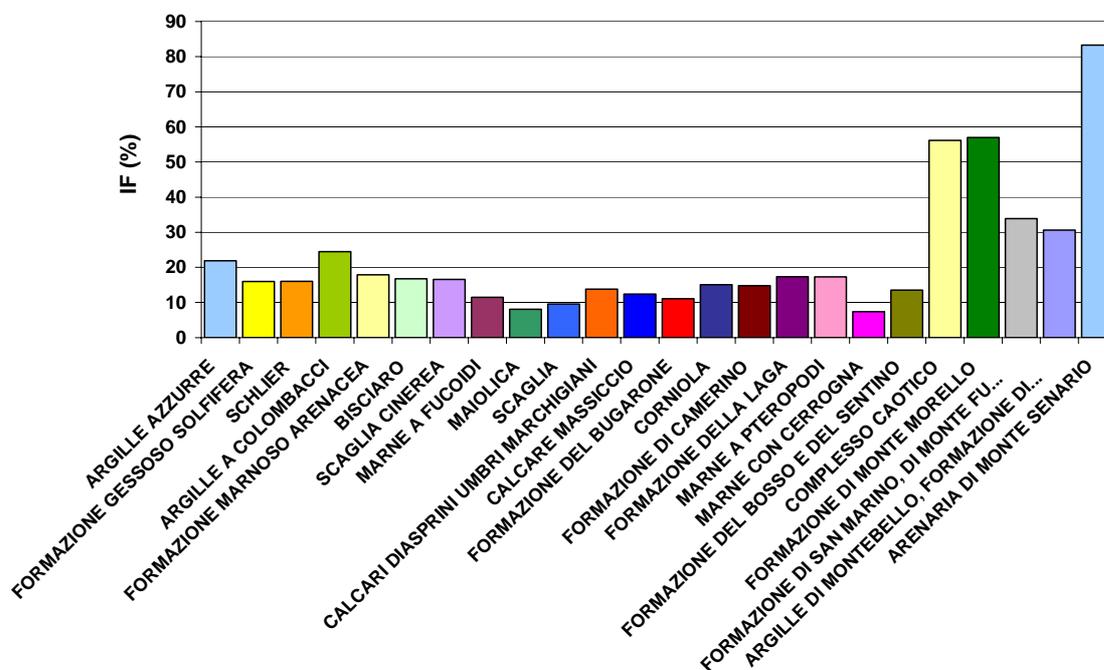


Figura 16.13 Indice di franosità (%) per litologia.

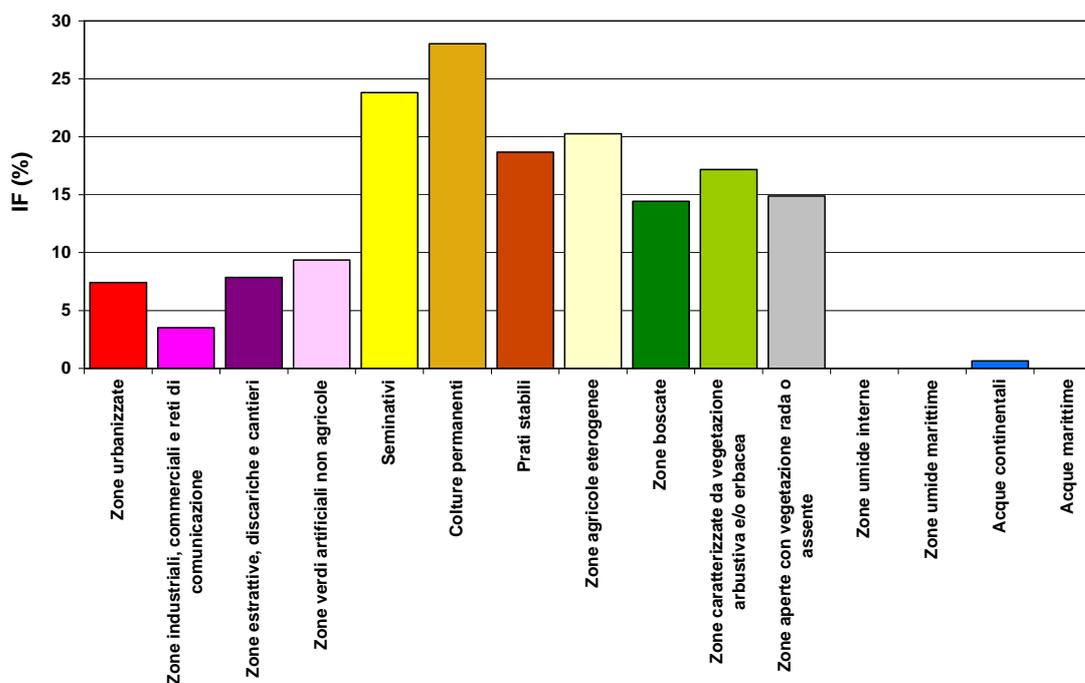


Figura 16.14 Indice di franosità (%) per uso del suolo.

16.10 Aggiornamento dati 2005

La stipula di una nuova convenzione tra l'APAT e la Regione Marche, avviata nel 2005, ha reso possibile la realizzazione di un primo aggiornamento del Progetto IFFI.

Il lavoro è stato svolto in due fasi distinte.

Inizialmente il database è stato sottoposto ad una verifica che ha portato all'eliminazione di un poligono risultato non appartenere alla categoria dei dissesti gravitativi e di 309 frane puntuali ricadenti all'interno di elementi poligonali e prive di informazioni utili alla loro classificazione. L'eliminazione dei fenomeni franosi risulta così ripartita: 136, di cui 135 puntuali, in provincia di Pesaro e Urbino, 59 in provincia di Ancona, 74 in provincia di Macerata e 41 in provincia di Ascoli Piceno. L'archivio IFFI della Regione Marche risulta attualmente composto da 42.522 fenomeni gravitativi.

Per alcuni eventi censiti nel database realizzato e consegnato nel 2004 sono stati aggiornati i seguenti campi previsti al primo livello: tipologia di movimento, stato di attività, danni ad edifici e tipo archivio (cod_tipo, cod_stato, edificisn, cod_arc).

La seconda fase dell'aggiornamento ha focalizzato l'attenzione su 251 frane per le quali è stato possibile popolare il secondo livello del database IFFI (movimento, stato, esposizione, uso del suolo, litologia, litotecnica, unità, struttura, materiale, quota coronamento, quota dell'unghia, dislivello, causa, etc.) al fine di fornire un quadro informativo completo. Questa operazione ha richiesto un lungo intervallo di tempo in quanto il reperimento dei dati è avvenuto quasi esclusivamente attraverso archivi non informatizzati.

16.11 Considerazioni conclusive

Il Progetto IFFI ha rappresentato, sia a livello nazionale che regionale, l'occasione per conseguire due importanti obiettivi mai affrontati prima d'ora: "l'omogeneizzazione" degli archivi geografici geologici e geotematici disponibili e la realizzazione di un inventario dettagliato sulla distribuzione dei fenomeni franosi. La qualità delle informazioni che costituiscono l'archivio, lo standard di schedatura dei fenomeni e la sua gestione tramite GIS, lo pone come base conoscitiva utile sia ad analisi a piccola, media e grande scala, che alla pianificazione territoriale. L'inventario si pone, infatti, anche come strumento per la valutazione quantitativa e qualitativa del rischio da frana, seppur talora non esaustivo. D'altronde, come qualsiasi base conoscitiva, l'archivio IFFI è suscettibile, ed anzi necessita, di integrazioni e correzioni; l'aggiornamento con le informazioni derivanti da progetti specifici nel settore della difesa del suolo e della protezione civile, finalizzati alla bonifica dei fenomeni di instabilità dei versanti, è proprio ciò di cui ha bisogno un archivio.

Nella Regione Marche sono stati censiti 42.522 fenomeni franosi; essi coprono una superficie di 1.881,79 Km² e rappresentano il 19,41 % dell'intero territorio regionale.

La distribuzione delle differenti tipologie di frana riflette le condizioni litologiche strutturali e geomorfologiche della Regione. Le zone montane sono interessate da fenomeni gravitativi spesso veloci e di grandi dimensioni ma con frequenza sporadica. Essi consistono in crolli, localizzati in corrispondenza delle pareti sub-verticali delle formazioni calcaree e calcareo-marnose delle dorsali umbro-marchigiana e marchigiana e delle formazioni arenaceo-pelitiche (es. Formazione Laga), e in DGPV, riconoscibili per le caratteristiche contropendenze, trincee, scarpate e per l'andamento irregolare dei versanti rocciosi. I primi sono presenti principalmente nella provincia di Ascoli Piceno con 443 eventi franosi su 840, mentre la seconda tipologia è frequente nelle zone interne del pesarese (84 su un totale di 172). Sempre nell'area montana e nell'adiacente fascia collinare, sono diffuse frane per scorrimento, soprattutto nelle province di Macerata e Pesaro-Urbino (in ciascuna sono stati censiti più di tremila fenomeni). I terreni coinvolti sono i termini marnosi del Bacino marchigiano interno, e i termini prevalentemente arenacei del Bacino marchigiano esterno e dei bacini minori costituiti da alternanze arenaceo-pelitiche (es. Bacino di Camerino, Bacino di Pietrarubbia-Peglio-Urbana etc.). Spostandoci verso est, i terreni argillosi plio-pleistocenici marini sono interessati principalmente da frane per colamento e subordinatamente dagli scorrimenti che coinvolgono sia il substrato sia le coperture eluvio-colluviali, evolvendo spesso in colate. Il colamento è la tipologia di movimento gravitativo più frequente; in tutta la regione ne sono stati censiti 16.663, 9.293 dei quali nella sola provincia di Pesaro-Urbino. Le due tipologie di frana sopra menzionate, spesso associate,

possono assumere dimensioni considerevoli fino al punto di danneggiare gravemente interi centri abitati (ad esempio il Comune di Montelparo, Montelupone, Sant'agata Feltria etc.).

L'analisi geologia-frane ha evidenziato, tra le formazioni principalmente interessate dai dissesti (cfr. Figura 16.13), l'Arenaria di Monte Senario (IF 83,31%) e la Formazione di Monte Morello (IF 56,98%). Ciò può essere imputato alle caratteristiche litologiche e strutturali delle due formazioni. Entrambe infatti costituiscono il complesso epiligure della colata gravitativa della Val Marecchia, affiorando per pochi km², quasi tutti in dissesto. Anche le formazioni caotiche indifferenziate mostrano un elevato indice di franosità, pari al 56,13%, con una notevole frequenza di frane di scorrimento e colamento. Le restanti litologie mostrano valori pressoché stabili intorno al 17%.

Nella Figura 16.14 è illustrata la distribuzione dell'indice di franosità (IF) in funzione dell'utilizzo del suolo. Dalla lettura del grafico emerge che:

- la classe di uso del suolo maggiormente caratterizzata da fenomeni franosi risulta essere quella delle colture permanenti (vigneti, oliveti, frutteti ecc.), cioè le colture non soggette a rotazione che occupano il suolo per un lungo periodo; tale classe, nonostante abbia una estensione di soli 80 km², presenta un IF del 28% circa.
- la classe relativa al seminativo ha un IF di circa il 24%;
- le classi dei seminativi e delle zone agricole eterogenee, che sono le più estese nel territorio marchigiano rispettivamente con 3.299 km² e 2.715.4 km², presentano un I.F. di circa il 24% e il 20%.

Dall'analisi dei dati contenuti nell'inventario risulta che l'indice di franosità raggiunge i valori massimi in corrispondenza del settore collinare, che si sviluppa ad est delle dorsali fino al litorale adriatico, in cui affiora un substrato plio-pleistocenico prevalentemente pelitico. Si rileva inoltre che il dissesto non è legato esclusivamente al tipo di coltura bensì anche ai parametri topografici, morfologici e pedologici.

I dati ottenuti dal Progetto IFFI, messi in relazione con la carta dell'uso del suolo, evidenziano l'influenza negativa che l'attività antropica ha esercitato sulla stabilità dei versanti marchigiani. Negli ultimi decenni i suoli agricoli sono stati utilizzati con lo scopo di aumentare la produzione annua; tale obiettivo ha comportato una elevata modificazione, a seguito dell'introduzione della meccanizzazione delle tecniche di coltivazione, nelle caratteristiche dei versanti (abbattimento delle piante, eliminazione delle siepi e dei filari), con la conseguente trasformazione del sistema di deflusso delle acque meteoriche e talvolta la scomparsa della rete di regimazione idraulica e l'innescio di fenomeni di erosione.

16.12 Riferimenti bibliografici

- AA.VV. (1991) *L'ambiente fisico delle Marche*. S.E.L.C.A. S.r.l. Firenze.
- Amministrazione Provinciale di Macerata (2001) *Piano Territoriale di Coordinamento* (PTC Macerata).
- Autorità di Bacino della Regione Marche (2004) *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - PAI Marche* (Supplemento n. 5 al BUR n. 15 del 13/02/2004).
- Autorità di Bacino Interregionale Marecchia Conca (2004) *Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino Interregionale Marecchia-Conca* (BUR n. 79 del 29/07/2004).
- Autorità di Bacino Interregionale del F. Tronto (2003) *Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino Interregionale del F. Tronto*.
- Biancotti A., Binelli C., Rege T. (1990) *Geografia Generale con elementi di cosmologia*. Gruppo Editoriale Fabbri, Milano.
- Barchi M., Lavecchia G. (1994) Tettonica compressiva e distensiva. In: AA.VV. *Appennino umbro-marchigiano*. Guide Geologiche Regionali, BE-MA Editrice.
- Calamita *et alii* (1991) Tettonica. In: *L'Ambiente Fisico delle Marche*.
- Centamore E., Micarelli A. (1991) Stratigrafia. In: *L'Ambiente Fisico delle Marche*.
- Lavecchia G., Minelli G., Piali G. (1984) L'Appennino umbro-marchigiano: tettonica distensiva e ipotesi di sismogenesi. *Boll. Soc. Geol. It.*, **103**.
- Nanni T. *et alii* (2000) *SITRI - Il Rischio Idrogeologico nella Provincia di Macerata*.
- Parroni F., Scarascia Mugnozza G., Traversa P. e Valentini G. (2000) Assetto Geologico e Geologico-Tecnico. In: A. Marcellini e P. Tiberi (a cura di) *La Microzonazione Sismica di Fabriano*. Biemmegraf, Piediripa di Macerata.
- P.d.F. Informazioni Territoriali (Regione Marche, 1999-2003) *Progetto CARG* (Carta Geologica e Geotematica alla scala 1:50.000).
- P.d.F. Informazioni Territoriali (Regione Marche, 2001) *La Carta Geologica e Geomorfologia della Regione Marche* (Interventi strutturali comunitari OB 5B "Intervento Carta Geologica e Geomorfologia).
- Servizio Lavori Pubblici (2001) *Reticolo Idrografico Minore (RIM)*. Regione Marche.
- Servizio Protezione Civile-CNR -I.R.P.I. (Regione Marche-Giunta regionale, 1999).



16.13 Struttura operativa Regione Marche

REGIONE MARCHE

Dipartimento Ambiente e Territorio

Responsabile del Progetto:

Dott. Geol. Marcello Principi (Regione Marche)

Coordinatori:

Dott. Geol. Claudia Bettucci (Regione Marche)

Dott. Geol. Andrea Carotti (Regione Marche)

Responsabile scientifico:

Dott. Geol. Marcello Principi

Responsabile Analisi del dissesto e verifiche di campagna:

Dott. Geol. Marcello Principi

Staff - Analisi del dissesto e verifiche di campagna:

Dott. Geol. Marcello Principi

Dott. Geol. Claudia Bettucci

Dott. Geol. Andrea Carotti

Responsabile Informatizzazione:

Dott. Geol. Marcello Principi

Staff – Informatizzazione:

Dott. Geol. Marcello Principi

Dott. Geol. Claudia Bettucci

Dott. Geol. Andrea Carotti

Rapporto finale Aprile 2006