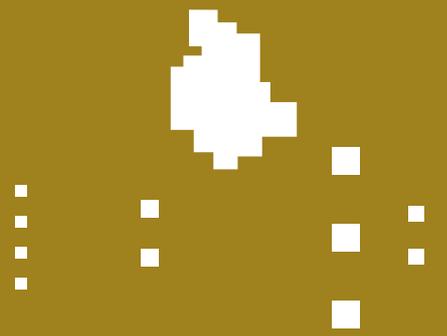


Sottosuolo



7 | Sottosuolo

7.1. INTRODUZIONE

Il *sottosuolo*, quale componente ambientale, è parte integrante del territorio ed è costituito, dal punto di vista geologico, da terre, rocce e da sostanze liquide e gassose di varia origine e composizione chimica. Sotto il profilo degli interessi primari dell'uomo, il sottosuolo comprende materie prime minerali, solide, liquide e gassose, fondamentali per la vita biologica sulla terra. Nell'ambito di questo rapporto, l'attenzione è limitata alla fascia di crosta terrestre accessibile con i mezzi tecnologici attualmente disponibili e sottostante la coltre pedologica; il limite tra suolo e sottosuolo è dettato dal passaggio tra prevalente componente biotica e prevalente componente abiotica.

7.2. PRESSIONI

Sono sostanzialmente di due tipologie le pressioni che possono interferire in modo significativo e concorrere a modificare lo stato del sottosuolo: una è riconducibile alla dinamica terrestre e l'altra all'attività antropica. La componente ambientale sottosuolo è dotata di caratteristiche dinamiche intrinseche molto accentuate che si manifestano in tempi più o meno lunghi (tettonica a zolle, orogenesi, dissesto idrogeologico, ecc.). Generalmente, alcune manifestazioni dei processi dinamici (per esempio l'erosione, le frane, ecc.), sono ricondotte ad azioni antropiche; in altri termini ciò significa attribuire all'uomo la funzione di *determinanti*. In realtà, quasi sempre si tratta di fenomeni del tutto naturali, in qualche modo prevedibili (fatta eccezione per i terremoti) e scarsamente governabili dall'uomo.

Facendo riferimento all'attività antropica, occorre ricordare che non è concepibile la sopravvivenza dell'uomo senza l'utilizzazione del sottosuolo o di sue componenti, sia per il reperimento delle materie che lo costituiscono, sia per i processi connessi all'antropizzazione del territorio.

Il sottosuolo rappresenta quindi per l'uomo una risorsa fondamentale e pressoché illimitata, in rapporto all'attuale capacità di sfruttamento e ai suoi fabbisogni, ma la sua utilizzazione spesso si scontra con la tutela dell'ambiente che fa parte delle risorse inalienabili, potenzialmente esauribili. Ne consegue che è di primaria importanza dare alla pressione antropica sul sottosuolo connotati di sostenibilità e compatibilità ambientale, attraverso processi culturali in grado di fornire strumenti adeguati per la progettazione, la gestione e il controllo delle attività che interessano direttamente o indirettamente questa componente della terra.

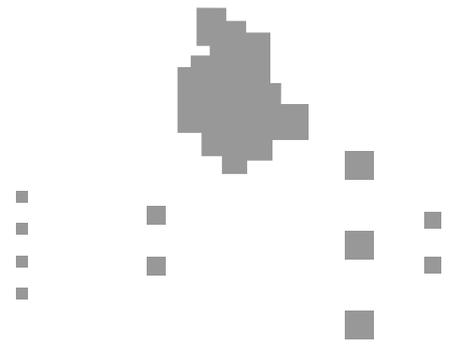
7.2.1. Pressioni antropiche

Le attività antropiche di maggiore rilevanza regionale utili per definire e quantificare, laddove possibile, incidenza delle azioni dell'uomo sul sottosuolo sono:

- attività estrattiva di minerali di 2^a categoria (minerali di cava) a cielo aperto;
- attività estrattiva di minerali solidi di 1^a categoria (minerali di miniera) a cielo aperto;
- estrazione di CO₂;
- estrazione di acque minerali (miniera);
- estrazione di acqua da pozzi per usi agricoli e acquedottistici;
- scavi per realizzazione di opere di ingegneria civile, idraulica, infrastrutturale quali per esempio: gallerie stradali, autostradali, ferroviarie e idrauliche; sbancamenti e trincee per infrastrutture.

Gli interventi antropici finalizzati alla realizzazione di opere di ingegneria civile e idraulica hanno interessato, in pratica, tutto il territorio della regione e di conseguenza ogni formazione geologica costituente il sottosuolo.

La frammentarietà delle fonti di informazione, imputabile in parte alla diversificazione delle competenze specifiche, non permette di delineare un quadro generale che consenta di quantificare precisa-



mente l'incidenza del processo di urbanizzazione strutturale e infrastrutturale sulla componente ambientale sottosuolo. Sono stati acquisiti i dati relativi all'ultimo decennio, riferiti essenzialmente ai volumi di materiale scavato per la realizzazione di strade e linee ferroviarie in galleria. L'incertezza sull'attendibilità delle informazioni disponibili porta a delineare uno scenario meramente indicativo dell'ordine di grandezza del fenomeno.

Nel corso degli ultimi dieci anni in Umbria sono stati realizzati circa 10 km di vie di comunicazione in sotterraneo, con un'asportazione complessiva di circa 900.000 m³ di terreni e rocce. I volumi di sottosuolo derivanti dalla realizzazione di scavi per opere civili, infrastrutturali, idrauliche, ecc., sono sicuramente maggiori e il riutilizzo come materiali di cava, è stimabile in circa 500.000 m³ pari a circa al 10% dei quantitativi provenienti annualmente dall'estrazione in cava.

7.2.2. Pressioni naturali

La componente sottosuolo è soggetta a fenomeni riconducibili alle dinamiche atmosferiche e più in generale alla logica evoluzione della crosta terrestre.

Le pressioni naturali che maggiormente caratterizzano l'Umbria sono:

- l'elevata frequenza di fenomeni sismici;
- eventi meteo climatici eccezionali che, seppure meno parossistici che in altre regioni, hanno inciso marcatamente sotto il profilo del dissesto idrogeologico.

A tale proposito si forniscono, di seguito, i dati relativi all'evento sismico e all'evento meteorologico più significativi per la regione negli ultimi anni; gli effetti diretti più tangibili per il sottosuolo, connessi a tali eventi, sono sicuramente riconducibili a fenomeni di dissesto idrogeologico: numerose frane di entità e consistenza variabili sono da attribuire a dinamiche endogene e atmosferiche che interessano e hanno interessato l'Umbria.

BOX

L'evento meteorologico del novembre-dicembre 1996 - gennaio 1997

Nei mesi di novembre e dicembre 1996 e di gennaio 1997 la regione dell'Umbria è stata colpita da un evento meteorologico eccezionale caratterizzato da una consistente nevicata (con spessori compresi tra 0,4 m e 1 m di neve) e da un intenso e persistente evento piovoso che ha interessato gran parte della regione e, in particolare, il settore di sud-est; si sono calcolate piogge cumulate in un solo giorno variabili tra il 30 e il 70% della media mensile, con picchi di 213 mm giornalieri (registrati nel bacino del fiume Nera). L'eccezionalità dell'evento meteorico, associata al rapido scioglimento della coltre nevosa, ha inne-

scato numerosi movimenti franosi, causando, in alcuni casi, ingenti danni al patrimonio edilizio e infrastrutturale. Sono state segnalate circa 4.000 frane in 12 km² di territorio (pari allo 0,14% della superficie regionale) la maggior parte delle quali riferibili a movimenti superficiali (almeno il 65%). Le frane profonde sono state in prevalenza frane complesse con lunghezze comprese tra alcune decine, e alcune centinaia di metri e con volumi di materiale coinvolto superiori anche a 0,5 milioni di m³. La maggior parte delle frane segnalate si sono verificate in aree note per i problemi di instabilità o, comunque, nelle immediate vicinanze. Sono

stati interessati dai fenomeni, per lo più, i sedimenti plio-pleistocenici di origine fluvio-lacustre e secondariamente il complesso del *flysch* (alternanze di arenarie e marne). Molte frane si sono verificate in corrispondenza di aree coltivate (in particolare a grano); è stata avanzata l'ipotesi che le pratiche agricole guidate dalle strategie e dai finanziamenti all'agricoltura dell'Unione Europea, possano aver incrementato la densità relativa dei dissesti (Cardinali *et al.*, 2000).

(Fonte: rapporto conclusivo Regione Umbria, CNR IRPI)

7.3. STATO

Per una sintetica descrizione, l'assetto geolitologico umbro può essere raggruppato in 5 complessi principali. Di seguito sono riportate le formazioni geologiche di interesse minerario (fig. 1) che costituiscono i complessi principali della geologia umbra, associate all'attività estrattiva e ai suoi principali utilizzi.

- 1) **Complesso carbonatico:** costituito da calcari, calcari marnosi, calcari selciferi e marne, affioranti in corrispondenza delle dorsali principali tra le quali il settore sud-occidentale della Narnese-Amerina, i massicci perugini, il monte Subasio, la parte centrale dei monti Martani e la dorsale appenninica vera e propria, che si sviluppa lungo tutto il settore orientale dell'Umbria. Nello specifico delle diverse formazioni che costituiscono il complesso carbonatico si ricorda:
 - il calcare cavernoso estratto e utilizzato nell'edilizia e per la produzione di calcestruzzo;
 - il calcare massiccio utilizzato per la produzione di blocchi e massi per opere marittime (portuali, difese costiere, ecc.), granulati per calcestruzzi, ballast ferroviario o per la produzione di malte, cementi e leganti;
 - la corniola e più raramente la maiolica, forniscono pietrame utilizzato per la produzione di facciata a vista e/o per il restauro architettonico; la maiolica è anche utiliz-

- zata come base per la confezione di bianco santo e di calci;
 - i calcari stratificati estratti come pietre ornamentali per la produzione di blocchi da telaio, utilizzati per le pavimentazioni o per il rivestimenti interni ed esterni (calcari a saccoma e aptici, scaglia rossa);
 - la scaglia cinerea estratta come marna da cemento.
- 2) **Complesso terrigeno:** costituito da alternanze di arenarie, marne, argille e calcareniti. È affiorante sia nel settore orientale che in quello occidentale della regione. Le varietà delle arenarie del Trasimeno, nota come "pietra serena", e dell'arenaria del Pianello, sono estratte come pietre ornamentali.
 - 3) **Complesso ligure:** costituito da successioni calcaree e calcareo marnose; si tratta per lo più di depositi caotici scarsamente sfruttati nell'attività estrattiva. Affiora nel versante occidentale dell'Umbria in una circoscritta area di circa 40 km² posta tra i comuni di Castel Viscardo, Allerona e Fabro.
 - 4) **Complesso postorogenico fluvio lacustre:** rappresentato da alternanze di sabbie ghiaie e argille variamente interdigitate a costituire i fondovalle e le dorsali collinari minori. Da tale complesso si estraggono granulati:
 - ghiaia per la confezione di calcestruzzo;
 - sabbia, per la preparazione di malte e di miscele per intonaci;

- limi, se silicei, usati come additivi nella confezione di refrattari;
 - argille, utilizzate per la produzione di laterizi, maioliche e ceramiche artistiche.
- 5) **Complesso vulcanico:** individuabile nell'area sud-occidentale della regione (in particolare nell'Orvietano), fornisce materiali come le piroclastici, impiegati per i rilevati stradali (pozzolane e sabbie vulcaniche), e le lave (basaltina) utilizzate come pietre ornamentali e per granulati.

7.3.1. L'attività estrattiva

L'attività estrattiva, come è noto, interessa adunamenti geologici (sostanze minerali solide, liquide e gassose) di interesse economico. Negli ultimi cinquant'anni i fabbisogni di materiali di cava per la realizzazione di strutture e infrastrutture sono notevolmente aumentati, determinando un incremento dell'attività estrattiva a livelli mai precedentemente registrati. Tale dinamica ha provocato impatti sull'ambiente talora molto rilevanti, non tanto per i maggiori prelievi di risorsa, ma per lo più a causa della frammentazione dei siti estrattivi, per l'inadeguatezza delle tecniche di coltivazione utilizzate e per la mancanza di interventi di riambientazione. La crescente consapevolezza della reale necessità di stabilire un giusto rapporto tra lo sfruttamento della risorsa e il mantenimento della qualità ambientale ha portato all'emanazione di una nuova normativa di settore. Il progresso tecnologico e le recenti leg-

BOX

L'evento sismico del settembre 1997 - 1998

La sequenza sismica iniziata nel settembre del 1997 ha colpito la fascia appenninica a cavallo tra l'Umbria e le Marche e si è protratta sino al giugno del 1998 dando vita alla calamità più disastrosa registrata nella regione negli ultimi decenni.

A partire dal 5 maggio 1997 nell'area di Massa Martana si avvertono alcune scosse sismiche che si replicano con minore intensità nei giorni successivi. Il 26 settembre alle 2,33 del mattino l'appennino Umbro Marchigiano fu colpito da un forte terremoto di magnitudo 5,6 con epicentro localizzato tra Colfiorito e Annifo. Qualche ora dopo, alle 11,40 del mattino, una seconda scossa, più severa della prima, colpisce la stessa area con un'intensità pari a 5,8 M corrispondenti al IX grado della scala Mercalli (scossa altamente distruttiva): si dichiara lo stato di emergenza. Nei giorni e nei mesi successivi si susseguirono mi-

gliaia di scosse con altri due eventi principali: il 14 ottobre alle 17,23 con epicentro a Sellano si avverte la più violenta scossa sismica del mese di ottobre (VIII grado della scala Mercalli - 5,5 Richter) preceduta nei primi giorni del mese da altri due eventi leggermente meno violenti. A 9 mesi di distanza dai primi tremori avvertiti dalla popolazione, alla fine del mese di marzo e nei primi giorni di aprile si verificano altri terremoti di magnitudo compresa tra 4,5 e 5,4 con epicentro localizzato tra Nocera Umbra e Gualdo Tadino. Sulla base dei dati forniti dal servizio sismico nazionale si mostra una sintesi dei principali eventi sismici che si sono verificati, l'intensità, la sequenza e gli epicentri degli eventi principali.

Nella tabella 1 si evidenzia la distribuzione della massima intensità sismiche cumulative. La sequenza sismica che colpì l'Umbria dal settembre

1997 all'aprile 1998, oltre a causare ingenti danni al patrimonio edilizio, infrastrutturale e culturale (cfr. par. 7.4.2.2.), ha provocato anche numerose fratture del suolo, una serie di movimenti franosi e in taluni casi ha alterato il regime idrogeologico, determinando tra l'altro anche sostanziali modifiche sul regime e sulla qualità delle sorgenti. In 124 località sono state segnalate 324 fratture (molte in corrispondenza della linea di mezzera delle strade costruite a mezza costa con riporti di terreno) estese per una distanza minima di 2 m, sino a una massimo di 300 m.

Si è trattato, prevalentemente, di frane di crollo (cadute massi, crolli in roccia e ribaltamenti). Sono state individuate 253 frane, distribuite in 104 località poste per la maggior parte entro un raggio di 25 km dall'epicentro e in alcuni casi entro l'ottavo chilometro.

Tabella 1 – Sintesi dei principali eventi sismici del 1997-1998

Data	Ora	Intensità Mercalli (Mcs)	Magnitudo	Località più vicine all'epicentro
05 maggio 1997	14,03	V	3,7	Massa Martana
12 maggio 1997	15,50	VII	4,5	Massa Martana
04 settembre 1997	00,07	VI-VII	4,4	Colfiorito
26 settembre 1997	02,33	VIII-IX	5,6	Cesi
26 settembre 1997	11,40	IX	5,8	Annido
02 ottobre 1997	21,38	V-VI	3,9	Sansepolcro
03 ottobre 1997	10,55	VII	5,0	Colfiorito
04 ottobre 1997	18,13	VI	4,5	Sellano
07 ottobre 1997	01,24	VII-VIII	5,3	Colfiorito
12 ottobre 1997	13,08	VI-VII	5,1	Sellano
14 ottobre 1997	17,23	VII-VIII	5,5	Sellano
09 novembre 1997	20,07	VI-VII	4,4	Sellano
26 marzo 1998	17,26	VII	5,4	Gualdo Tadino
03 aprile 1998	09,26	VI-VII	4,7	Gualdo Tadino
05 aprile 1998	17,52	VI-VII	4,5	Gualdo Tadino
05 giugno 1998	23,57	V-VI	4,1	Gualdo Tadino
26 giugno 1998	02,32	V-VI	4,0	Colfiorito

Fonte: Rapporto conclusivo CNR IRPI, protocollo d'intesa con la Regione Umbria (2002); www.regione.umbria.it

gi regionali, hanno infatti determinato un miglioramento delle tecniche di intervento e dei processi produttivi mediante una più qualificata attività di progettazione e di controllo, nel rispetto dell'ambiente e della sua vocazione naturale.

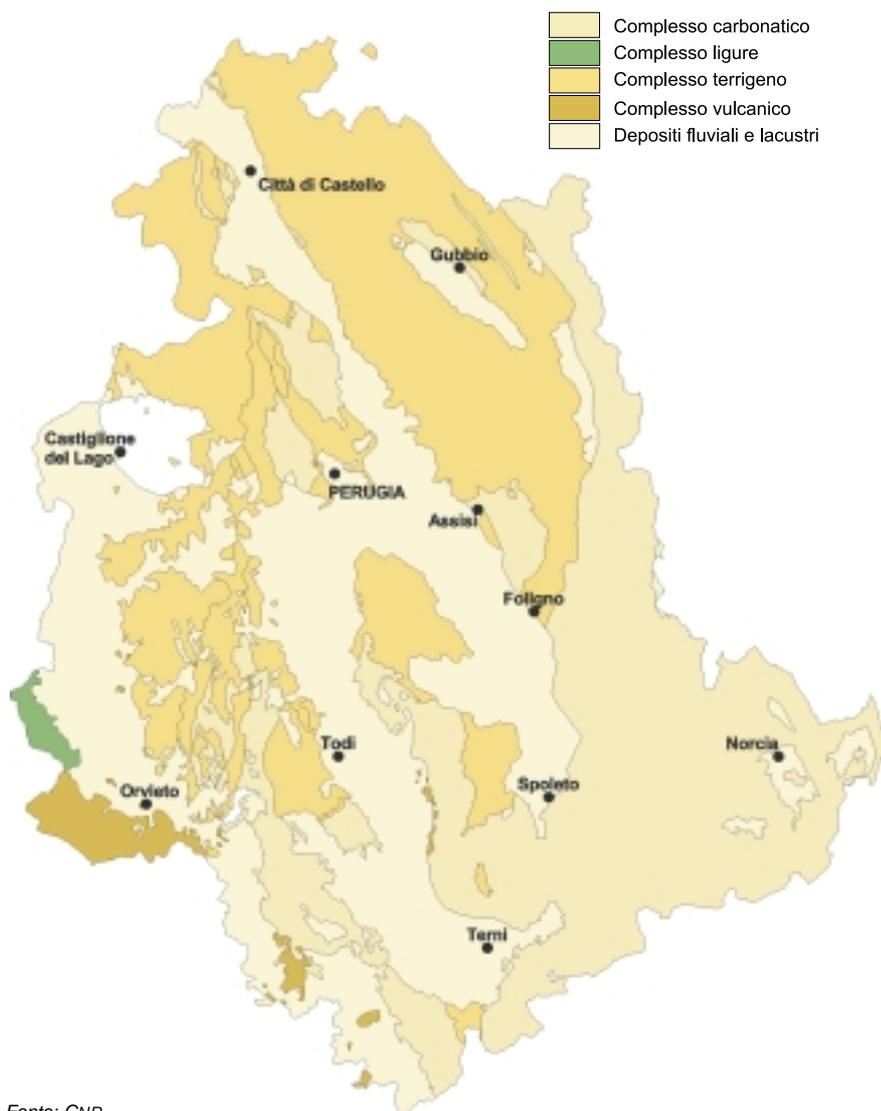
La rilevazione delle attività estrattive presenti sul territorio umbro è stata effettuata sulla base dei dati presenti nell'archivio regionale e relativi ai censimenti effettuati dal 1988 al 1991 (contenuti nella relazione generale della proposta di Piano Regionale delle Attività Estrattive - PRAE,

1993), nelle schede di rilevazione presentate dagli esercenti nel 1998 (contenute nel Piano straordinario delle attività estrattive PSAE, 1998) e nel recente schema del progetto di PRAE, preadottato con delibera della Giunta Regionale n. 305 del 19 marzo 2003, che aggiorna i dati suddetti, con le informazioni raccolte in occasione dei sopralluoghi in cava effettuati nell'esercizio delle funzioni di polizia mineraria e nelle dichiarazioni dei Comuni.

I dati raccolti si riferiscono a tutto il territorio regionale e in molti casi la copertu-

ra del dato arriva sino al dettaglio comunale. Anche in questo caso, così come per le realizzazioni infrastrutturali (gallerie, scavi in sotterraneo e a cielo aperto, ecc.), si deve fare rilevare la frammentarietà dei dati e delle fonti (istituzionali o meno) e l'incertezza sull'attendibilità delle informazioni disponibili che, peraltro, si registra su tutto il territorio nazionale e fornisce elementi di conoscenza sostanzialmente contraddittori, in particolar modo tra le stime dei settori produttivi e quelle degli enti locali.

Figura 1 – Carta geologica dell'Umbria: principali complessi geologici



Fonte: CNR

Tabella 1 – Superficie regionale interessata da concessione mineraria per comune, numero e tipologia (dati 2001)

Comuni	Numero	Tipologia	Estensione (ettari)
Gubbio	4	Marna	1.713
Foligno	1	Marna	57
Piegaro	1	Lignite	152
Castel Giorgio	1	CO ₂	1.952
Totale	7		3.874

Fonte: Regione Umbria - Servizio Difesa del suolo, cave, miniere e acque minerali

Tabella 2 – Cave attive in Umbria

	Provincia di Perugia	Provincia di Terni	Umbria
1976	225	52	277
1991	156	59	215
1994	136	52	188
2001	101	46	147

Fonte: per il 1976 CRURES; per il 1991 IRRES; per il 1994 Regione Umbria - Servizio Difesa del suolo, cave, miniere e acque minerali; per il 2001 Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

7.3.1.1. Analisi dei dati

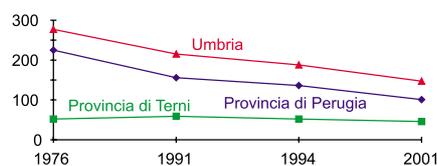
Miniere

In Umbria le concessioni per attività minerarie di prima categoria sono 7 (tab. 1) e interessano circa 38,74 km², pari allo 0,46% del territorio regionale, 5 miniere, di cui 4 localizzate nel comune di Gubbio e 1 a Foligno, estraggono marna da cemento; le altre due sono nel comune di Castel Giorgio (estrazione di CO₂) e nel comune di Piegaro (dove si estraeva lignite, ma l'autorizzazione è in scadenza e la miniera non è in esercizio).

Cave attive

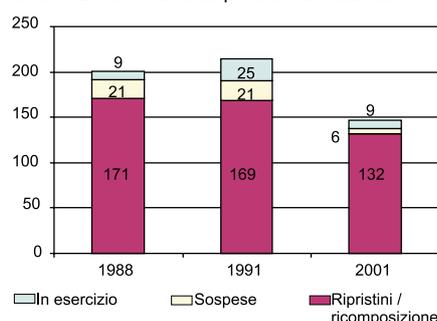
Dal 1976 al 2001-2002 si registra una progressiva diminuzione dell'attività estrattiva di seconda categoria, per lo più riscontrabile nella provincia di Perugia. In particolare si passa da circa 277 cave attive nel 1976, a 215 nel 1991, che si riducono a 188 nel 1994. Alla fine del 2001 le cave attive nella regione sono 147: 101 nella provincia di Perugia (che rispetto al 1976 ha praticamente dimezzato i siti estrattivi) e 46 nella provincia di Terni, anch'essa in lieve diminuzione a partire dal 1991 (tab. 2; graf. 1). Dei 147 siti segnalati, sono in esercizio solo 132; alcune attività sono temporaneamente sospese o in fase di ripristino (graf. 2; fig. 2). L'analisi dei volumi totali coltivati e dei materiali estratti (tab. 3), riferita a 6 annualità, comprese tra il 1987 e il 2002, evidenzia che, conformemente alla diminuzione del numero di siti estrattivi, si ha una conseguente diminuzione dei quantitativi estratti, con un massimo re-

Grafico 1 – Cave attive in Umbria



Fonte: vedi tabella 2

Grafico 2 – Cave distinte per stato dell'attività



Fonte: Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

Tabella 3 – Quantitativi di materiale estratto

Anno	mc
1987	6.889.000
1991	7.759.373
1998	6.401.786
2000	6.014.011
2001	5.037.450
2002	5.313.239

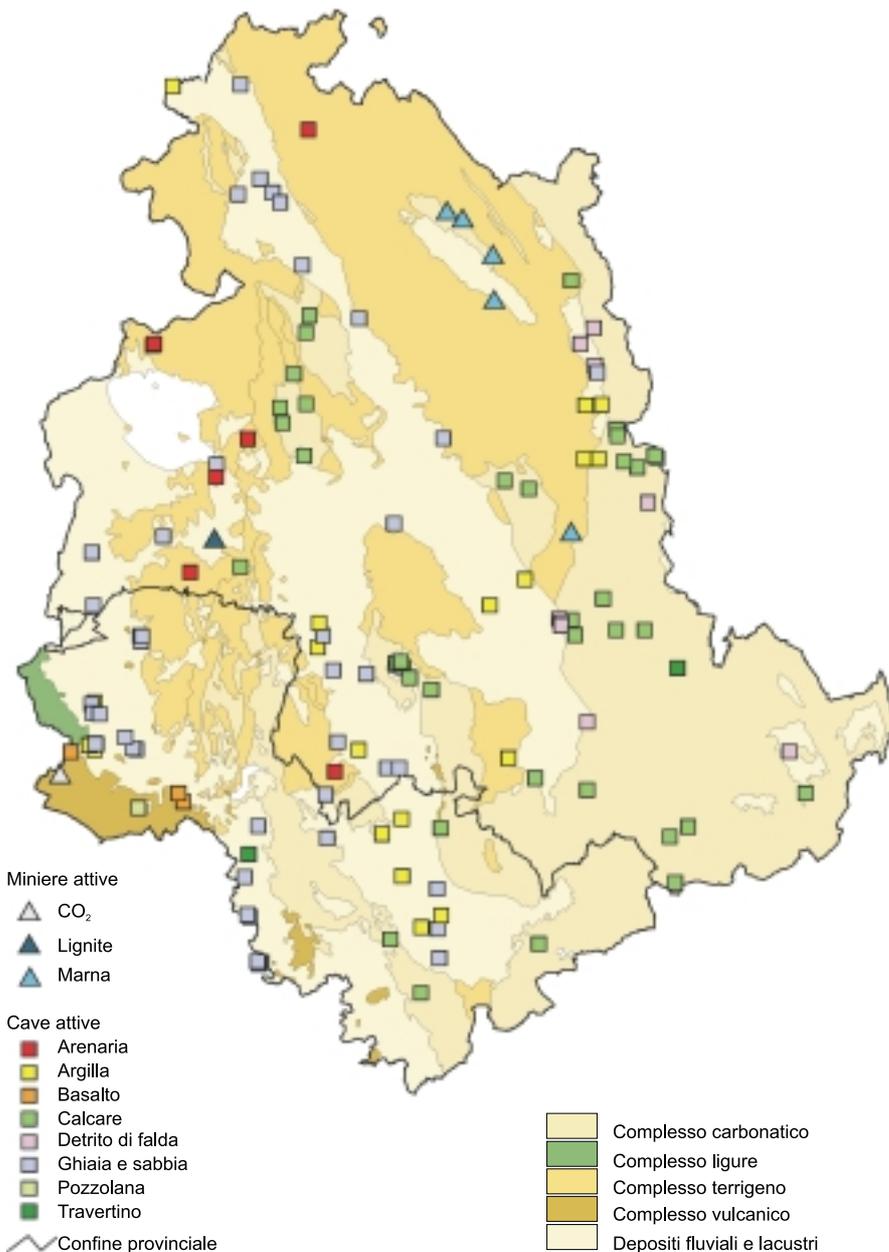
Fonte: Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

gistrato nel 1991, con poco meno di 8 milioni di m³ annui, sino ai 5 milioni di m³ circa, estratti nel 2001. Le stime relative al 2002, elaborate sulla base delle perizie giurate, indicano un lieve incremento dei quantitativi prodotti rispetto all'anno precedente (i dati sono ancora in corso di elaborazione).

L'analisi sui materiali estratti, riferita al 2001 (tab. 4; graf. 3), porta ad affermare che le cave estraggono prevalentemente calcare (52,49%), ghiaia e sabbia (23,36%) e argilla (11,86%). Da un confronto con la situazione del 1991, e avendo a disposizione i dati raggruppati per complessi geologici (tab. 5), si constata che la diminuzione di circa 2,7 milioni di metri cubi cavati ha interessato per lo più le cave di calcare (che passano da 91 a 49, con una riduzione dei quantitativi cavati del 25%) e le cave di terra (sabbie argille e ghiaie), che nel 2001 hanno fornito circa la metà del materiale prodotto nel 1991, riducendo il numero di siti estrattivi di 24 unità.

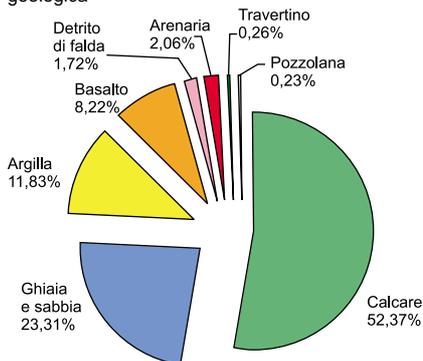
È interessante notare che la tendenza del numero totale di siti estrattivi attivi a partire dal 1991 è in diminuzione, per contro si registra un aumento del numero di cave di grosse dimensioni; infatti, nel 1991 si segnalavano 17 siti che estraevano volumi di materiale superiore a 100.000 m³ all'anno, mentre nel 2001 i siti sono 22. Circa il 90% della produzione (tab. 6) interessa il settore degli inerti, per la maggior parte rappresentati da calcari, sab-

Figura 2 – Le attività estrattive in Umbria



Fonte: elaborazione AUR su dati CNR e Regione Umbria

Grafico 3 – Produzione 2001 per formazione geologica



Fonte: Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

Tabella 4 – Produzione 2001 per formazione geologica

Formazione	siti (v.a.)	Prodotti (mc)	% sul totale
Calcare	49	2.638.166	52,37
Ghiaia e sabbia	49	1.174.170	23,31
Argilla	23	596.148	11,83
Basalto	3	414.305	8,22
Detrito di falda	12	86.592	1,72
Arenaria	8	103.667	2,06
Travertino	2	12.982	0,26
Pozzolana	1	11.420	0,23
Totale	147	5.037.450	100,00

Fonte: Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

Tabella 5 – Siti estrattivi e volumi per complessi geologici

Complesso geologico	Siti (v.a.)		Volumi estratti (mc)	
	1991	2001	1991	2001
Carbonatico	91	49	3.486.473	2.638.166
Terrigeno	9	8	94.300	103.667
Vulcanico	5	4	494.650	425.725
Post-orogenico	110	86	3.683.950	1.869.892
Totale	215	147	7.759.373	5.037.450

Fonte: elaborazione AUR su dati Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

bie e ghiaie, sia in pezzame che in pietrisco. Di fatto, almeno il 50% del settore, è soddisfatto dalle formazioni lapidee calcaree s.l.

Il settore delle argille è destinato per lo più a usi industriali, mentre solo lo 0,44% dei volumi estratti, è destinato all'artigianato. Tale dato, seppur non rilevante a livello regionale, acquisisce un significato importante a livello locale, per alcuni comuni come Deruta e Castel Viscardo, che basano la propria economia sull'artigianato per la produzione di ceramiche, terrecotte e laterizi fatti a mano.

Il settore delle pietre, che incide con meno dello 0,2% sul totale, è rappresentato dalle formazioni della marnosa arenacea (arenarie di Tuoro sul Trasimeno e del Pianello), della scaglia rossa o variegata (pietra rosa di Assisi o di San Terenziano) e dal travertino (con la pietra sponga di Sellano).

La diminuzione del numero di siti estrattivi relativamente agli ultimi anni, può essere per lo più imputabile sia alla attuale complessità gestionale di un'attività estrattiva, che indirizza verso lo sfruttamento di giacimenti di grande entità, incentivando l'ampliamento dei siti esistenti a discapito dell'apertura di nuove cave, sia per l'istituzione di ambiti tutelati interdetti a tale attività.

In relazione ai volumi estratti si evidenzia

che la diminuzione dei totali annui non può essere verosimilmente correlabile a una reale diminuzione dei consumi, in quanto non si conoscono le quote di importazione.

Per quanto concerne l'esportazione si stima che il 20% del cavato ha una destinazione extraregionale; si tratta per di più di tufi, basalti e travertini.

In materia estrattiva la Regione Umbria, attraverso il Piano regionale, adotta i seguenti criteri:

- vietare l'apertura di nuove cave, almeno sino all'aggiornamento dello stesso;
- privilegiare interventi di ampliamento, completamento o reinserimento su tutto il territorio regionale con i condizionamenti del caso in ambiti vincolati;
- limitare le quantità estraibili con i nuovi interventi alle effettive necessità degli impianti di prima lavorazione o dell'industria di trasformazione dei materiali estratti e connessi all'attività di cava;
- diversificare la provenienza di materiali inerti, compatibilmente con la loro destinazione d'uso e favorire il riutilizzo di materiali assimilabili e alternativi in sostituzione di materiali di cava.

Sulla base dei dati a disposizione si è voluta effettuare una lettura del territorio per ambiti territoriali, per bacini idrografici

principali e per aree sottoposte a tutela, come definiti nel PUT (Piano Urbanistico Territoriale approvato con legge regionale n. 27 del 24 marzo 2000).

Ambiti territoriali e attività estrattiva

Dalla sovrapposizione dei dati a disposizione (tab. 7) emerge che circa l'85% dei siti estrattivi sono localizzati nei territori montuosi, basso collinari e nelle aree pianeggianti che morfologicamente rappresentano quasi il 65% del territorio regionale; l'ambito alto collinare risulta quello caratterizzato dalla minore densità di siti, seppur di variabili dimensioni. Rapportando i quantitativi di materiale estratto in ogni ambito rispetto al totale estratto nell'anno 2001 emerge che circa il 50% di tutto il materiale estratto nel 2001 proviene dall'ambito montuoso, che costituisce il 27,2% della superficie regionale.

Bacini idrografici e attività estrattiva

Sovrapponendo i dati a disposizione con l'assetto idrografico principale della regione, così come definito dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere nella redazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) ed elaborando i rapporti tra le tonnellate o m³ di materiale estratto in ogni bacino e il totale del materiale estratto nel 2001 (tab. 8), si evince che il 33% del materiale totale è estratto nel sottobacino Topino-Marroggia, seguito dal bacino del Chiani-Paglia e da quello del Tevere a monte dell'Aniene (le superfici ricadenti nel bacino del Tevere rappresentano il 96% del territorio regionale pari a circa 8,12 km²).

Vincoli territoriali e ambientali e attività estrattiva

L'analisi del rapporto tra l'attività estrattiva

Tabella 6 – Produzione 2000 suddivisa per settore, uso e prodotto di cava

Settore	Volume (m ³)	Incidenza (%)	Usi	Volume (m ³)	Incidenza (%)	Prodotto di cava	Volume (m ³)	Incidenza (%)
Argille	578.262	9,62	Industriali	551.920	9,18	Argille in pezzame	551.920	9,18
			Artigianali	26.343	0,44	Argille in pezzame	26.343	0,43
Inerti	5.424.245	90,19	Industriali	1.048.315	17,43	Calcarei in pezzame o pietrisco	1.027.446	17,08
						Travertino in pezzame	20.870	0,35
						Basalti in pezzame o pietrisco	480.630	7,99
			Civili	4.375.929	72,76	Arenarie in pezzame o pietrisco	15.017	0,25
						Brecce e puddinghe in pezzame o pietrisco	334.659	5,56
						Calcarei in pezzame o pietrisco	1.864.383	31,00
						Sabbia e ghiaia in pezzame o pietrisco	1.681.239	27,96
Pietre	11.504	0,19%	Civili e ornamentali	11.504	0,19	Arenarie in pezzame	1.851	0,03%
						Calcarei in pezzame	9.218	0,15%
						Travertino in pezzame	435	0,01%

Fonte: Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

Tabella 7 – Ambiti territoriali e attività estrattiva

Definizione Ambito	Superficie Ambito territoriale (km ²)	Superficie sul totale (%)	Miniere attive (v.a.)	Cave attive (v.a.)	Materiale estratto in cava (t) dati 2001	% sul totale estratto
Rilievi montuosi	2.289,86	27,2	2	41	5.958.190	48,8
Sistemi alto collinari	2.790,53	33,2	2	20	1.227.069	10,1
Aree basso collinari	1.750,77	20,8	1	40	1.616.710	13,2
Aree pianeggianti	1.297,73	15,4	1	42	2.406.399	19,7
Aree tabulari	144,37	1,7	1	4	997.500	8,2
Specchi lacustri	136,96	1,6				

Fonte: Elaborazione AUR su dati Regione Umbria

Tabella 8 – Sottobacini del fiume Tevere e attività estrattiva

Sottobacino Tevere	Superficie sottobacino (ha)	% di superficie sul totale del bacino del Tevere in Umbria	Miniere attive (v.a.)	Cave attive (v.a.)	Materiale estratto in cava (t) dati 2001	Incidenza %
Tevere a Monte del Chiascio	143.604	18	2	13	1.078.810	
Velino	5.519	1	0	1	59.200	0,5
Chiascio	72.731	9	2	13	1.008.193	8,3
Nestore e Trasimeno	110.226	14	1	18	953.851	7,8
Topino -Maroggia	123.376	15	1	29	4.124.733	33,8
Tevere a Monte del Paglia	90.263	11	0	23	901.266	7,4
Chiani e Paglia	63.450	8	1	24	1.447.785	11,9
Tevere a monte dell'Aniene	52.169	6	0	12	1.223.585	10,0
Nera	46.964	6	0	8	956.645	7,8
Corno e Nera a monte del Velino	103.848	13	0	6	452.000	3,7
Totale	812.150		7	147	12.206.068	100,0

Fonte: Elaborazione AUR su dati Regione Umbria

e alcuni vincoli ambientali e territoriali (tab. 9) indica che circa il 25% delle cave attive censite alla fine del 2001 ricadono in zone vincolate, 2/3 di queste ricadono in particolare nelle aree di tutela delle acque. Si sottolinea che alla luce delle recenti normative, la maggior parte dei vincoli territoriali e ambientali considerati sono a oggi vincoli ostativi per l'attività estrattiva. L'incidenza del cavato in aree vincolate rispetto al totale dei volumi estratti è circa pari al 25% e si nota che la quasi totalità delle cave di arenaria si colloca in aree vincolate. Un'incidenza così rilevante potrebbe essere attribuita a un problema di localizzazione dei siti che ha radici nel passato quando, nel definire le destinazioni d'uso, non si è presumibilmente tenuto conto delle caratteristiche naturalistico ambientali del territorio umbro.

Cave inattive

Dal 1988 al 2001 si assiste a una progressiva diminuzione dell'attività estrattiva di seconda categoria, con conseguente aumento del numero di siti riferibili a cave inattive (graf. 4). Premettendo la difficoltà a livello regionale di delineare un quadro di riferimento, anche in considerazione

Tabella 9 – Cave ricadenti nelle aree tutelate da vincoli ambientali o territoriali

	Attive	Dismesse
Totale cave	147	485
Acquiferi a vulnerabilità molto elevata	0	0
Fiumi, torrenti e laghi fino a 100/300 m	10	28
Ambiti di coltivazione delle acque minerali	2	11
Fasce di rispetto delle acque destinate al consumo umano	12	5
Sic	4	24
SIR	0	4
ZPS	2	11
Parchi e aree naturali protette	4	27
Boschi di latifoglie di alto fusto, castagneti da frutto, boschi planiziali	1	0
Zone di interesse archeologico	1	6
Cave ricadenti nelle aree tutelate da vincoli ambientali o territoriali	36	116

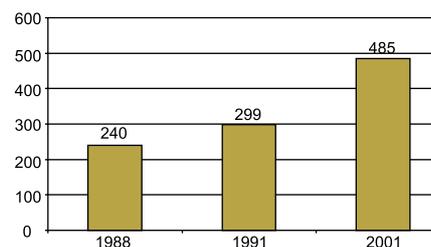
Fonte: Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

della variabile qualità del recupero ambientale, i dati a disposizione evidenziano che dal 1988 a oggi, i siti ascrivibili a cave inattive sono quasi raddoppiati. Di fatto attualmente circa 1/6 dei 485 siti segnalati, necessitano di interventi di recupero ambientale.

7.3.2. Acque minerali

In Umbria esistono numerose sorgenti di

Grafico 4 – Cave inattive nel periodo 1988-2001 in Umbria



Fonte: elaborazione AUR su dati Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

acque minerali e termali, contraddistinte da peculiari caratteristiche chimico-fisiche, strettamente dipendenti dalla composizione mineralogica dei complessi rocciosi in cui circolano. Le principali sorgenti minerali sono localizzate lungo i bordi occidentali delle dorsali montuose e i relativi acquiferi sono contenuti per la maggior parte nelle rocce che costituiscono il complesso carbonatico. Nell'area sud-occidentale della regione sono localizzati acquiferi di una certa rilevanza a contatto con rocce del complesso vulcanico.

La classificazione delle acque minerali e termali suddivide le acque in base alla concentrazione ionica, distinguendo, sulla base di tale parametro, le acque in: saline, acque solfuree, acque arsenicate, acque ferruginose, acque bicarbonate e acque solfate. Le acque minerali imbottigliate sono classificate in base al valore del residuo fisso, misurato a 180 °C di temperatura. Si distinguono quattro classi:

- acque minimamente mineralizzate: residuo fisso < 50 mg/l;
- acque oligominerali: 50 mg/l < residuo fisso < 500 mg/l;
- acque minerali: 500 mg/l < residuo fisso < 1.500 mg/l;
- acque ricche di sali minerali: residuo fisso >1.500 mg/l.

Le acque termali sono classificate oltre che sulla base dei parametri suddetti, anche in base alla temperatura:

- acque fredde: T < 20 °C;
- acque ipotermali: 20 °C < T < 35 °C;
- acque mesotermali: 35 °C < T < 50 °C;
- acque termali: T > 50 °C.

Le acque minerali imbottigliate (tab. 10) nell'Umbria orientale (Santa Chiara, Motette, Rocchetta, Flaminia, Angelica, Sassovivo, Tullia, Lieve, Misia e Viva) sono oligominerali di tipo bicarbonatico calcitiche; quelle del settore centro-meridionale (San Faustino, Amerino, Sange-
mini, Aura e Fabia) sono oligominerali e

minerali di tipo bicarbonatico alcalino terrose con la caratteristica di essere, come nel caso dell'acqua Sangemini e San Faustino, effervescenti naturali. Nel settore occidentale dell'Umbria, scaturiscono acque ancora oligominerali, ma di tipo bicarbonatico alcaline (Tione).

Le acque minerali utilizzate per scopi termali (tab. 11) differiscono notevolmente dalle acque minerali imbottigliate, sia per le caratteristiche chimiche che, più specificatamente, per i valori del residuo fisso e della temperatura, che sono nettamente più elevati.

Le acque minerali termali fredde, nell'area settentrionale della regione (terme di Fontecchio) sono di tipo solfureo bicarbonato alcaline, nell'area centro orientale (terme di San Felice) sono di tipo bicarbonato alcalino terrose e solfureo-bicarbonato alcalino terrose, mentre nel settore centro meridionale (terme di San Faustino, Sangemini e Amerino), sono ancora bicarbonato alcalino terrose.

Le sorgenti di acqua ipotermale sono localizzate nel comune di Parrano dove scaturiscono acque a una temperatura di 26,4 °C, classificate come saline-solfureo-bicarbonato alcaline e alcalino terrose.

La concessione di prelievo per scopi industriali delle acque minerali termali viene rilasciata dalle regioni e ha un periodo di validità di 30 anni rinnovabile; mentre, i cosiddetti permessi di ricerca (richiesti generalmente per verificare la potenzialità dell'acquifero), durano 3 anni e sono anch'essi riconfermabili.

I dati a disposizione, relativi all'anno 2000 (fig. 3) evidenziano che 14 comuni umbri sono interessati da 19 concessioni, per un totale di 2.677 ha di superficie autorizzate, pari a poco più dello 0,3% del territorio regionale. Sul mercato sono presenti 16 acque minerali, di cui 14 oligominerali e 2 minerali, caratterizzate da effervescenza naturale.

La produzione di acque minerali imbottigliate presenta una tendenza generale di crescita; dal 1981 a oggi i volumi sono decuplicati seppur la crescita non è stata lineare. I dati più recenti sui volumi imbottigliati, mostrano, nel 2002, un calo di produzione di quasi 100 milioni di litri, pari all'incirca all'8% in meno rispetto ai volumi imbottigliati nel 2001 (graf. 5).

7.3.3. La stabilità dei versanti: le frane

La franosità di un versante, in terra o roccia è la sua attitudine a essere interessato da fenomeni di instabilità per azione

Tabella 10 – Classificazione delle acque minerali imbottigliate (dati 2000)

Denominazione acqua	Residuo fisso (mg/l)	Tipo di acqua	Caratteristiche chimiche
Amerino	445	Oligominerale	Bicarbonato alcalino terrosa
Angelica	270	Oligominerale	Bicarbonato calcica
Aura	431	Oligominerale	Bicarbonato alcalino terrosa
Fabia	426,5	Oligominerale	Bicarbonato alcalino terrosa
Flaminia	204	Oligominerale	Bicarbonato calcica
Fonte Tullia	239	Oligominerale	Bicarbonato calcica
Lieve	361	Oligominerale	Bicarbonato calcica
Misia	216	Oligominerale	Bicarbonato calcica
Motette	169	Oligominerale	Bicarbonato calcica
Rocchetta	179	Oligominerale	Bicarbonato calcica
San Faustino	1.120	Minerale	Bicarbonato alcalino terrosa effervescente naturale
San Gemini	988	Minerale	Bicarbonato alcalino terrosa effervescente naturale
Santa Chiara	255	Oligominerale	Bicarbonato calcica
Sassovivo	194	Oligominerale	Bicarbonato calcica
Tione	172	Oligominerale	Bicarbonato alcalina
Viva	253	Oligominerale	Bicarbonato calcica

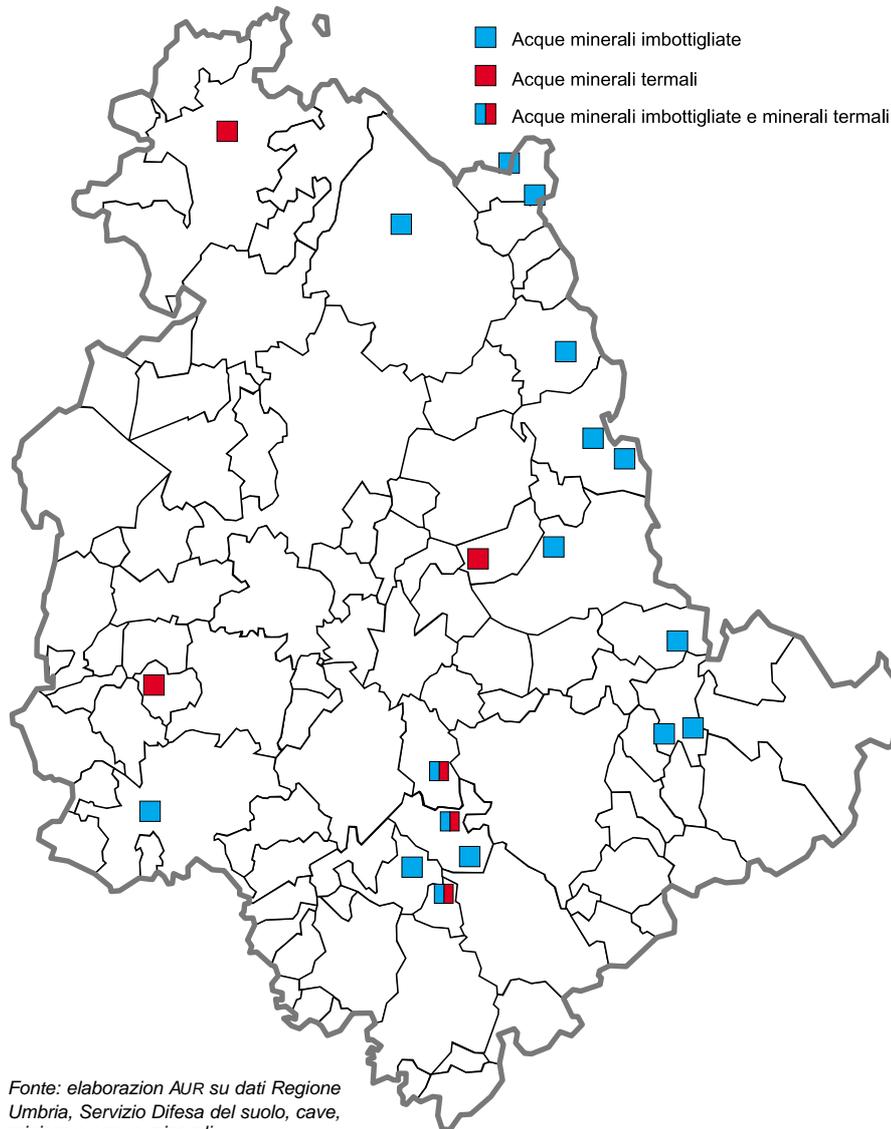
Fonte: Regione Umbria, Servizio Difesa del suolo, cave, miniere e acque minerali

Tabella 11 – Classificazione delle acque minerali termali (dati 2000)

Denominazione acqua	Residuo fisso (mg/l)	Tipo di acqua	Caratteristiche chimiche
Amerino	445	Oligominerale	Bicarbonato alcalino terrosa
Fontecchio	744	Minerale	Solfurea-bicarbonato alcalina
Parrano	1.527	Ricca in sali minerali	Salsa-solfurea-bicarbonato alcalina-alcalina terrosa
San Faustino	1.120	Minerale	Bicarbonato alcalino terrosa effervescente naturale
San Felice	360	Oligominerale	Solfurea-bicarbonato alcalino terrosa
Sangemini	988	Minerale	Bicarbonato alcalino terrosa effervescente naturale

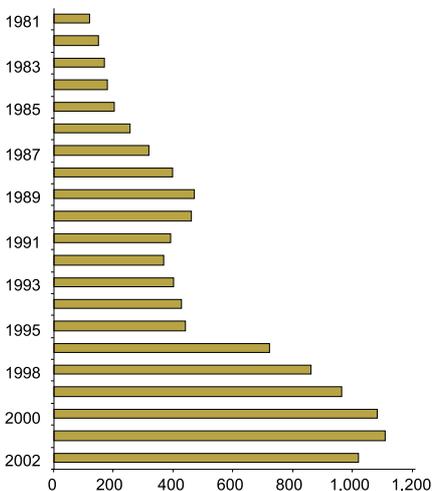
Fonte: Regione Umbria, Servizio Difesa del suolo, cave, miniere e acque minerali

Figura 3 – Acque minerali e termali (dati 2000)



Fonte: elaborazion AUR su dati Regione Umbria, Servizio Difesa del suolo, cave, miniere e acque minerali

Grafico 5 – Volumi (milioni di litri) di acqua minerale imbottigliata



Fonte: elaborazion AUR su dati Regione Umbria, Servizio Difesa del suolo, cave, miniere e acque minerali

gravitativa di porzioni più o meno vaste e profonde del pendio. Essa dipende dal livello di equilibrio locale tra forze resistenti e forze attive squilibranti. L'efficacia delle forze resistenti dipende da numerosi parametri quali, per esempio, la natura dei terreni, la presenza o meno di acqua, la presenza o meno di elementi stabilizzanti quale, per esempio, l'apparato radicale, ecc. L'intensità delle forze squilibranti è legata essenzialmente alla morfologia del versante (pendenza naturale o antropica), alla natura e alle caratteristiche dei terreni, alla presenza o meno di potenziali superfici di rottura o di discontinuità. Il livello di equilibrio, ovvero il valore del rapporto tra forze resistenti e forze squilibranti, può variare con il passare del tempo a causa delle caratteristiche intrinseche del materiale (fenomeni reologici) e/o di agenti esterni (precipitazioni meteoriche, varia-

zioni dei livelli delle falde, variazioni di temperatura, cicli giornalieri o stagionali freddo – caldo, gelo – disgelo, terremoti, vibrazioni indotte da attività antropiche, variazioni dell'apparato radicale, del livello di copertura vegetazionale, modificazioni alla morfologia del versante, ecc.)

Per l'Umbria, come per qualsiasi altra regione italiana dotata di una morfologia del terreno altrettanto movimentata, le frane sono parte della sua storia; hanno dimensioni e tipologia varie si verificano ogni anno in numero maggiore o minore in qualche parte del suo territorio, producendo danni al patrimonio agricolo e forestale, alle infrastrutture di trasporto e ai centri abitati.

Per caratterizzare il territorio regionale in relazione a questi fenomeni e valutarne il livello di rischio, la Regione Umbria ha avviato negli ultimi anni, numerosi studi e indagini ed è in corso di redazione l'inventario delle frane (progetto IFFI), basato sull'acquisizione di tutti gli studi e i censimenti esistenti, integrati dalle cartografie geologiche e tematiche a disposizione. Il progetto integra lo studio condotto con il protocollo d'intesa tra l'Amministrazione Regionale e il CNR-IRPI che è stato rivolto a redigere la Nuova Carta Inventario dei movimenti franosi della regione, a individuare e perimetrare le aree a rischio di frana e ad aggiornare la stima sull'incidenza dei dissesti sul tessuto insediativo, infrastrutturale e produttivo. Allo stato attuale, la Nuova Carta Inventario costituisce la base georeferenziata dei dati più aggiornata. Sono state individuate e perimetrare più di 40.000 frane di variabile entità, estensione e profondità.

La Nuova Carta Inventario indica che circa l'8,9 % del territorio regionale, pari a circa 750 km² è in frana, di questi, 546 km² ricadono nella provincia di Perugia e 204 km² nella provincia di Terni (tab. 12). Si tratta per lo più di fenomeni franosi ascrivibili a scorrimenti, mentre le cosiddette frane di crollo e le colate di detrito, si manifestano con percentuali nettamente inferiori.

Il territorio comunale e le frane

La figura 4 evidenzia la percentuale di territorio in frana per ogni comune della regione. I comuni di Sant'Anatolia di Narco, Montecastello di Vibio, Monte Santa Maria Tiberina di Todi, Pietralunga, Montone, Valfabbrica e Umbertide per la provincia di Perugia, Penna in Teverina, Allerona, Castel Viscardo, Giove e Basschi per la provincia di Terni, sono quelli maggiormente compromessi, con più del

15% de territorio interessato da fenomeni gravitativi di varia entità.

Come detto, le frane più diffuse sono ascrivibili a scorrimenti più o meno complessi, che interessano soprattutto il complesso terrigeno e i sedimenti plio-pleistocenici a matrice prevalentemente argillosa.

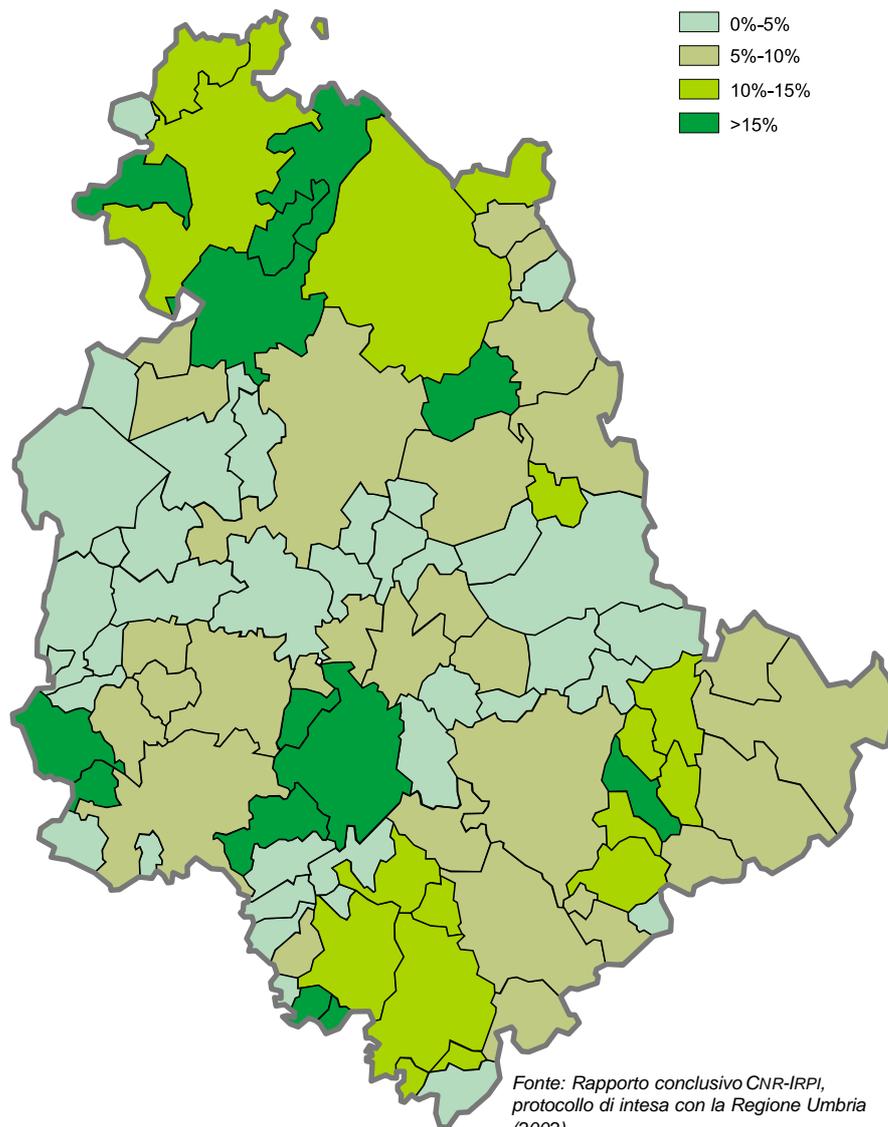
L'assetto geologico e le frane

La sovrapposizione dei dati all'assetto geologico del territorio umbro (tab. 13), evidenzia che il complesso geologico più franoso è il complesso ligure, che, pur estendendosi per soli 40 km² nel territorio regionale è per il 42,8% in frana. Il secondo complesso in ordine di franosità è appunto il terrigeno e in particolar modo quello toscano (16,4%), con circa 110 km² mappati in frana su una estensione complessiva di 676 km²; mentre, la percentuale di territorio in frana del complesso terrigeno umbro, è pari al 13,4%, che corrisponde a circa 232 km², su un'estensione complessiva di 1.731 km².

Nel complesso carbonatico, interessato da frane per circa il 7,5% della sua estensione, si innescano sia scorrimenti che frane di crollo; queste ultime si verificano in prevalenza laddove affiorano litotipi calcarei fratturati.

I litotipi marnoso-argillosi e i detriti di falda sono soggetti a fenomeni franosi che implicano scorrimenti di tipo rotazionale e traslativo, come avviene frequentemente in Valnerina o nei versanti dei monti Sibillini. Le coltri di detrito di falda sono tipicamente interessate anche da movimenti gravitativi più superficiali, quali le

Figura 4 – Il territorio in frana (dati 2002)



Fonte: Rapporto conclusivo CNR-IRPI, protocollo di intesa con la Regione Umbria (2002)

Tabella 12 – Aree in frana rispetto

	Provincia di Perugia	Provincia di Terni	Regione Umbria
Territorio (kmq)	6.331,8	2.125,5	8.457,3
Scorrimenti	8,0	9,0	8,2
Colate di detrito	0,2	0,1	0,2
Crolli	0,4	0,5	0,6
Totale (%)	8,6	9,6	8,9
Totale (kmq)	546,4	203,6	750,0

Fonte: Rapporto conclusivo CNR-IRPI, protocollo di intesa con la Regione Umbria (2002)

cosiddette colate di detrito. Nei complessi terrigeni, caratterizzati da una giacitura degli strati concorde con il pendio, si innescano frequentemente frane complesse rappresentate da scivolamenti nelle aree di distacco, che evolvono a colate nelle zone di piede. Tipici del complesso terrigeno (in particolare laddove prevale una facies argilloso-marnosa) e delle ar-

Tabella 13 – Aree in frana e assetto geologico del territorio

	Area (kmq)	Scorrimenti quiescenti e attivi	Scorrimenti relitti e incerti	Colate di detrito	Crolli	Totale (%)
Alluvioni	1.394,34					
Depositi continentali	1.844,71	7,51	3,14	0,05	0,06	10,76
Complesso terrigeno umbro	1.730,98	9,48	3,93			13,41
Complesso terrigeno toscano	676,46	9,27	7,11		0,01	16,39
Complesso ligure	40,25	25,36	17,44			42,8
Complesso vulcanico	150,68	2,07	1,36		0,24	3,67
Complesso carbonatico	2.484,70	3,23	2,17	0,62	1,41	7,43

Fonte: Rapporto conclusivo CNR-IRPI, protocollo di intesa con la Regione Umbria (2002)

gille del complesso plio-pleistocenico sono i calanchi, ossia forme di erosione marcata e diffusa a opera delle acque superficiali, che si originano con meccanismi erosivi di tipo regressivo coinvolgendo talvolta interi versanti. Caratteristici sono i calanchi della zona di Ficulles (Umbria occidentale), inseriti tra l'altro nell'archivio regionale, come aree di particolare interesse geologico.

Gli ambiti territoriali e le frane

La distinzione del territorio per ambiti ha consentito di effettuare una lettura incrociata, sovrapponendo tali ambiti con la carta inventario (tab. 14). La maggior parte dei movimenti franosi (51,6%) si verificano nelle aree alto collinari e sono per la gran parte ascrivibili a scorrimenti. Tali movimenti gravitativi sono i più diffusi e occupano circa 700 km² del territorio regionale. In realtà, di questi, solo il 5,7% sono stati identificati come attivi o quiescenti; per la restante parte si tratta di zone con peculiarità geomorfologiche tali da ricondurre a scorrimenti incerti o relitti. Le cosiddette colate di detrito, rappresentano lo 0,15% del territorio regionale e si identificano per lo più in corrispondenza dei rilievi montuosi; mentre, i fenomeni di crollo, rappresentano solo lo 0,02% del totale.

Il vincolo idrogeologico e le frane

Esaminando il rapporto fra fenomeni

Tabella 15 – Aree in frana e zone sottoposte a vincolo idrogeologico

	Zone vincolate	Zone non vincolate
Territorio regionale (km ²)	5.860,9	2.596,4
Territorio regionale (%)	69,3	30,7
Scorrimenti	10,1	4,1
Colate di detrito	0,3	0,0
Crolli	0,6	0,1

Fonte: Rapporto conclusivo CNR-IRPI, protocollo di intesa con la Regione Umbria (2002)

franosi e zone sottoposte a vincolo idrogeologico¹ (tab. 15) emerge che l'85,3% delle aree in frana ricade in territori sottoposti a vincolo idrogeologico che occupano circa il 70% dell'intero territorio regionale. L'11% delle zone vincolate è interessato da fenomeni franosi di varia estensione ed entità, per la maggior parte ascrivibili a scorrimenti. Si evince pertanto la necessità di una corretta gestione del vincolo e soprattutto dei territori vincolati.

I bacini idrografici e le frane

Sovrapponendo i territori in frana ai bacini idrografici principali del territorio umbro, definiti nel Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Tevere (tab. 16) e considerando solo le superfici ricadenti nel bacino emerge che circa il 90% delle aree in frana ricadono all'interno del bacino del fiume Tevere. Il rapporto tra la superficie delle aree in frana in ogni sottobacino, rispetto

alla superficie del sottobacino stesso varia tra 0,03 e 0,13; il sottobacino più penalizzato risulta la porzione di bacino del fiume Tevere posta a monte del fiume Chiascio con il 13,7% della superficie, in frana, che rappresenta il 28,8% del totale delle aree in frana segnalate in Umbria. I sottobacini del Nestore-Trasimeno e del Velino sono quelli meno penalizzati, con meno del 3,5% di territorio in frana.

7.3.3.1. Il rischio da frana

La pericolosità da frana è definita come la probabilità che il fenomeno con determinate caratteristiche di "intensità di dissesto" si verifichi in un dato periodo di tempo e in una data area (Varnes, 1984). La valutazione di tale parametro comporta la previsione di svariati fattori quali:

- dove e quando una frana può verificarsi, rifacendosi anche alla ricorrenza temporale dell'evento;
- il tipo di frana che può verificarsi e l'intensità dell'eventuale fenomeno intesa come capacità distruttiva;
- l'evoluzione spazio-temporale dell'eventuale fenomeno.

A tale proposito l'Autorità di Bacino del Tevere, nella redazione del PAI, ha condotto un approfondito studio finalizzato alla perimetrazione delle aree soggette a rischio da frana e alla valutazione del livello di rischio, così come richiesto dalla legge 267/98. Tale studio, redatto sul-

Tabella 14 – Aree in frana e ambiti territoriali

Definizione Codice Ambito	Superficie Ambito territoriale (ha)	% di superficie sul totale regionale	Superficie in frana (ha)	% area in frana rispetto al totale delle aree in frana	% area in frana alla superficie dell'ambito
Rilievi montuosi	228.985,7	27,2	12281,3	15,6	5,4
Sistemi alto collinari	279.053,4	33,2	40477,3	51,6	14,5
Aree basso collinari	175.076,8	20,8	21369,5	27,2	12,2
Aree pianeggianti	129.773,0	15,4	3158,8	4,0	2,4
Aree tabulari	14.437,4	1,7	1203,7	1,5	8,3
Specchi lacustri	13.695,9	1,6		0,0	

Fonte: elaborazioni AUR su dati Regione Umbria

Tabella 16 – Aree in frana e bacino del fiume Tevere

Sottobacino Tevere	Aree sottobacini (ha)	% di superficie sul totale	Aree in frana (ha)	% area in frana rispetto al totale delle aree in frana	% area in frana rispetto alla superficie del bacino
Chiani e Paglia	63.449,6	7,81	7.042,4	10,29	11,10
Chiascio	72.730,7	8,96	7.365,8	10,76	10,13
Corno e Nera a monte del Velino	103.848,3	12,79	7.063,3	10,32	6,80
Nera	46.963,6	5,78	3.761,5	5,50	8,01
Nestore e Trasimeno	110.225,7	13,57	3.549,8	5,19	3,22
Tevere a Monte del Chiascio	143.603,6	17,68	19.703,6	28,79	13,72
Tevere a Monte del Paglia	90.263,3	11,11	10.028,9	14,65	11,11
Tevere a monte dell'Aniene	52.169,1	6,42	3.809,9	5,57	7,30
Topino-Maroggia	123.376,2	15,19	5.929,2	8,66	4,81
Velino	5.519,1	0,68	182,7	0,27	3,31

Fonte: elaborazioni AUR su dati Regione Umbria

la base di analisi geomorfologiche, applicate alle condizioni e all'evoluzione spazio temporale dei versanti, associate alla vulnerabilità del territorio, e alle stime del danno atteso, fornisce un fondamentale quadro di riferimento per le amministrazioni. Gli enti locali stessi, sulla base di ulteriori approfondimenti, dovranno verificare le compatibilità delle previsioni urbanistiche dei piani vigenti, con il rischio dei dissesti evidenziato.

Tale modello applicato all'intero ambito regionale ha consentito di perimetrare 134 situazioni a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3) ricadenti in 45 comuni umbri (tab. 17). Tali ambiti sono stati oggetto di una serie di vincoli e prescrizioni volti alla limitazione delle attività di trasformazione del territorio al fine di salvaguardare lo stesso e il patrimonio esistente. Sono stati stimati costi di intervento di oltre 300.000 euro per sistemazioni montane e forestali estensive e costi di quasi 43,5 milioni di euro per gli interventi in situazioni di rischio da frana R3 e R4. Le situazioni di rischio R2 non sono state ancora definitivamente censite; in ogni caso, per le aree sinora perimetrate in Umbria, si stimano costi di intervento superiori a 35,5 milioni di euro.

7.3.4. Attività sismica

L'Umbria è una regione da sempre esposta ai terremoti e l'evento sismico che si è protratto per quasi un anno, a partire dal 26 settembre 1997, non è purtroppo un episodio isolato e irripetibile, ma si inserisce in una lunga e densa storia di crisi sismiche che coinvolge tutta la fascia preappenninica umbra e l'intero appennino Umbro-Marchigiano-Abruzzese, storicamente interessato da eventi di magnitudo elevata.

Il potenziamento della rete sismica nazionale (a partire dal 1981 sono disponibili le registrazioni dell'Istituto Nazionale di Geofisica - ING), l'installazione della Rete Sismica Locale e una serie di ricerche condotte con reti locali messe in funzione subito dopo il verificarsi degli eventi sismici più importanti degli ultimi 20 anni, hanno fornito insieme alla sismicità storica, validi dati su tre importanti aspetti dei terremoti umbri: la localizzazione, la loro intensità e i meccanismi focali ossia, lo stato di tensione al quale sono sottoposte le rocce, nelle zone in cui gli eventi sismici umbri si sono generati.

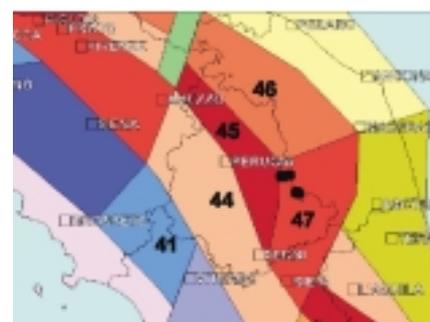
Per quanto riguarda la localizzazione si può osservare che gli epicentri degli eventi sismici umbri sono mediamente distribuiti, seppur non in maniera uniforme, lungo una fascia larga una quarantina di chilometri orientata all'incirca NO-SE, che dall'Alta Valle del Tevere, attraverso il preappennino eugubino e le strutture di Gualdo Tadino e di Nocera Umbra, raggiunge le zone di Colfiorito e Sellano. La profondità dei terremoti varia tra 7 e 14 chilometri circa; le profondità minori si registrano nel lato sud-ovest della fascia attiva (Valtiberina e preappennino, Valle Umbra), quelle più elevate nella parte nord-orientale della stessa (zona di Cagli, di Gualdo Tadino - Fabriano, di Nocera Umbra - Colfiorito - Preci e zona di Norcia e Cascia). L'intensità dei terremoti Umbri è generalmente strettamente connessa alla profondità: i più severi (con magnitudo >5,5) sono quelli più profondi della fascia appenninica (parte nord-est della fascia sismica), mentre quelli più blandi (magnitudo <5,5), sono quelli più superficiali della Valtiberina, preappennino e Valle Umbra (parte sud-ovest della fascia sismica). La maggior parte dei terremoti umbri mostra meccanismi focali di tipo distensivo.

La figura 5, estratta dal vigente Piano Urbanistico Territoriale, evidenzia i cinque distretti sismogenetici, (internamente omogenei per stile sismico) che caratterizzano l'Umbria, individuati considerando i dati maggiormente significativi relativi alla sismicità storica, alla frequenza dei terremoti, all'ubicazione degli epicentri degli eventi sismici più distruttivi, alla distribuzione in profondità degli ipocentri e alle caratteristiche tettoniche del territorio.

Le crisi sismiche più significative che si sono verificate in Umbria negli ultimi 30 anni sono state:

- Valfabbrica: sequenza iniziata nel 1971 e pottrattasi a più riprese per quasi tutta la prima metà degli anni settanta.
- Norcia e Cascia: sequenza iniziata nel 1979 con repliche che durarono alcuni mesi dopo l'evento principale.
- Gubbio: sequenza iniziata nel 1984 con repliche che si sono protratte per alcuni mesi.

Figura 5 – Distretti sismografici



Le zone 44, 45, 46, 47 appartengono alla fascia intermedia fra quella adriatica in compressione e quella tirrenica in distensione. I meccanismi di rottura attesi sono misti, con prevalenza dip-slip. La zona 41, che interessa marginalmente il settore occidentale dell'Umbria, appartiene alla fascia tirrenica in distensione, con meccanismi di rottura attesi tipo dip-slip

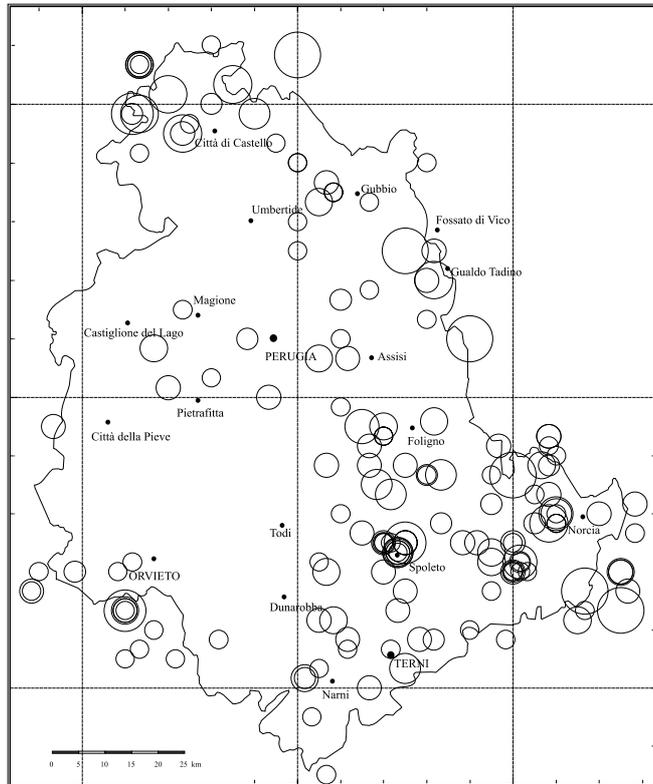
Fonte: Regione Umbria, PUT, 2000

Tabella 17 – Regole per l'attribuzione dei livelli di rischio, dati Umbria per le classi R3-R4

Classe	Livello di rischio	Strutture e infrastrutture	Popolazione	Situazioni a rischio molto elevato ed elevato		
				Provincia di Perugia	Provincia di Terni	Umbria
R1	Moderato	Danni marginali socio-economici e al patrimonio ambientale	Nessun danno			
R2	Medio	Danni estetici (minori) agli edifici, estetici e funzionali alle infrastrutture e al patrimonio ambientale	Nessun danno			
R3	Elevato	Danni funzionali e strutturali agli edifici alle infrastrutture e al patrimonio ambientale	Sfollati e senza tetto (perdita di abitazione), danni alle attività socio-economiche (indiretti)	52	37	89
R4	Molto elevato	Danni funzionali e strutturali agli edifici alle infrastrutture e al patrimonio ambientale	Sfollati e senza tetto (perdita di abitazione), danni alle attività socio-economiche	21	24	45
Totale				73	61	134

Fonte: Autorità di Bacino del Tevere, Piano Assetto Idrogeologico

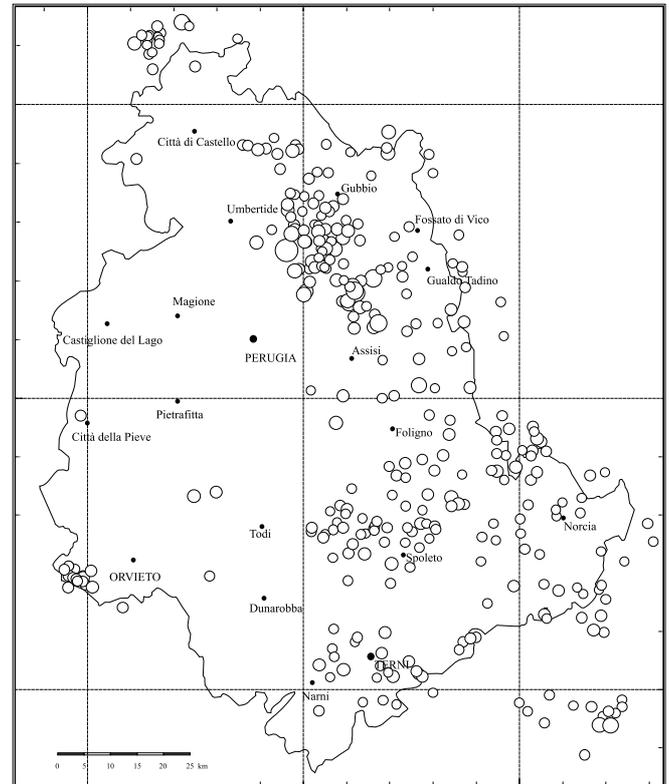
Figura 6 – Sismicità storica dell'Umbria dall'anno 1000 al 1980 in scala di intensità Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS)



Scala di intensità (MCS) ○ I = VI ○ I = VII ○ I = VIII ○ I = IX ○ I = X

Fonte: Università degli Studi di Perugia

Figura 7 – Macrosismicità strumentale dal 1981 al 1996 in scala di intensità Richter (M)



Scala di magnitudo (M) ○ M = 3.0 ○ M = 4.0 ○ M = 5.0 ○ M = 5.5

Fonte: Catalogo Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, 1996; Università degli Studi di Perugia

- Colfiorito-Annifo: sequenza iniziata nel settembre 1997 con repliche che durarono quasi un anno distribuite tra Gualdo Tadino-Nocera Umbra-Sellano e Preci (magnitudo max 5,8).
- San Faustino: sequenza iniziata nel dicembre 2000 e pottrattasi per circa 2 mesi nell'area Narnese-Ternana (magnitudo max 4,1).

7.3.4.1. La classificazione sismica

Il decreto ministeriale del 26 giugno 1981, n. 515, e successive modifiche ha disciplinato sino a oggi la classificazione sismica. Prima di allora i comuni venivano classificati man mano che gli stessi erano coinvolti in qualche terremoto. Alla data del 13 marzo 1927, 10 comuni umbri furono inseriti in seconda categoria. In seguito ad altri eventi sismici, il 26 novembre 1962 si aggiunsero altri 2 comuni. Con il DM del 1981 il territorio regionale fu riclassificato secondo criteri comuni a tutto il territorio nazionale, basati essenzialmente su tre parametri quali:

- la massima intensità macrosismica riportata nei cataloghi dei terremoti di allora per ciascun sito;

- l'intensità osservata all'interno di un periodo di ritorno dell'evento per valori assegnati;
- il valore del coefficiente C della normativa antisismica.

Secondo il citato decreto ministeriale l'Umbria vede classificati in seconda categoria 69 comuni su 92. I restanti comuni, concentrati per lo più nella provincia di Terni (21 su 23), non sono classificati sismici.

Tale classificazione non consente comunque una reale suddivisione in zone sulla base della effettiva pericolosità locale. Alla luce dei nuovi dati a disposizione e delle nuove strumentazioni utilizzate, i più recenti studi a carattere nazionale, hanno definito la pericolosità sismica del territorio, prendendo in considerazione più parametri. I più significativi, utilizzati anche nella redazione del PUT sono l'intensità macrosismica (utilizzata per gli studi sul rischio sismico) e l'accelerazione orizzontale di picco del terreno (PGA) anch'esso un indice di rischio sismico, su cui tra l'altro, è basato l'eurocodice sperimentale EC8. Tali criteri, unitamente a tutta una serie di normative di recente emanazione, dovranno essere utilizzati per gli ap-

profondimenti necessari a scala regionale al fine di definire e di ridurre il rischio sismico, in maniera da poter indirizzare adeguatamente le scelte di programmazione e di pianificazione territoriale, in attesa della nuova classificazione sismica prevista dall'euro-codice sperimentale EC8 e proposta dal CM con ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 in linea con l'EC8. Con l'adozione dell'ordinanza richiamata sono stati approvati i criteri sulla base dei quali le regioni (ai sensi del decreto legislativo 112/98) dovranno provvedere all'individuazione, alla formazione e all'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche (fig. 8). La Regione Umbria con delibera di Giunta n. 852 del 18 giugno 2003 ha approvato la nuova classificazione sismica del territorio regionale secondo le linee della suddetta ordinanza (n. 3274/2003). Tale classificazione individua 18 comuni in zona 1, 51 comuni in zona 2 e 23 comuni in zona 3.

7.3.4.2. Il rischio sismico

Il terremoto è un fenomeno naturale e il disastro eventualmente associato non è un evento assoluto ma relativo alla pre-

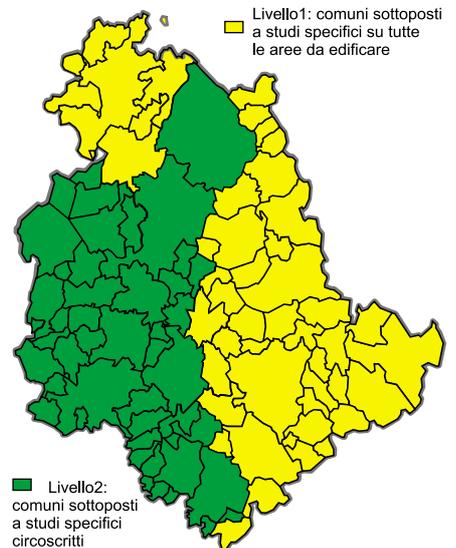
senza o meno dell'uomo e dei suoi insediamenti. D'altro canto c'è da dire come l'entità dei disastri conseguenti ai terremoti che hanno interessato l'Umbria e tutta l'Italia negli ultimi decenni è solo in parte imputabile alla severità delle scosse, mentre un ruolo notevole deve essere attribuito alla rilevante vulnerabilità di gran parte del patrimonio edilizio. Pertanto, appare evidente la necessità di valutare dettagliatamente il rischio sismico di un territorio, in quanto, nella definizione di tale parametro, sono contemplate considerazioni di carattere geologico e sismologico (finalizzate alla definizione della pericolosità sismica), associate a considerazioni e stime sulla vulnerabilità del patrimonio edilizio anche in considerazione del valore economico di ciò che è esposto a rischio².

L'Umbria, soprattutto in conseguenza dei recenti eventi sismici e dei nuovi riferimenti normativi sia a carattere nazionale che regionale, ha avviato una serie di studi approfonditi sulla variazione della pericolosità sismica e sulla vulnerabilità delle strutture secondo le metodologie della microzonazione sismica integrata nella pianificazione urbanistica e territoriale. Nel Piano Urbanistico Territoriale sono state redatte tre tavole sugli aspetti sismici del territorio regionale che dovranno essere aggiornate alla luce della nuova classificazione. La tavola 3 (fig. 9) illustra un'ipotesi di microzonazione sismi-

ca, finalizzata alla pianificazione territoriale e urbanistica, sulla base dei risultati e degli studi condotti a livello nazionale. Nella tavola 1 e 2 del suddetto PUT sono rappresentati:

- il livello di pericolosità sismica di base per territorio comunale mediante i due parametri più significativi:
 - i valori massimi di intensità macrosismiche osservate nei comuni (fig. 10),
 - i valori assoluti di PGA (accelerazione orizzontale di picco del terreno) riferito al periodo di ritorno di 475 anni come previsto dall'eurocodice EC8 (fig. 11);
- la vulnerabilità delle abitazioni per ambito comunale secondo la metodologia semplificata del Servizio Sismico Nazionale, associata anche alla popolazione residente (ISTAT, 1991) nelle abitazioni più facilmente danneggiabili (classe A), per evidenziare la maggiore vulnerabilità (fig. 13)
- La sintesi degli studi di rischio sismico condotti a livello nazionale rappresentata per ciascun comune e su base annua dall'ammontare dei danni al solo patrimonio abitativo (fig. 12).
- i valori dell'Indice di Rischio così come definito dall'ordinanza ministeriale 2788/98 che inserisce tale parametro tra i criteri necessari per l'individuazione dei comuni a più elevato rischio sismico (fig. 14).

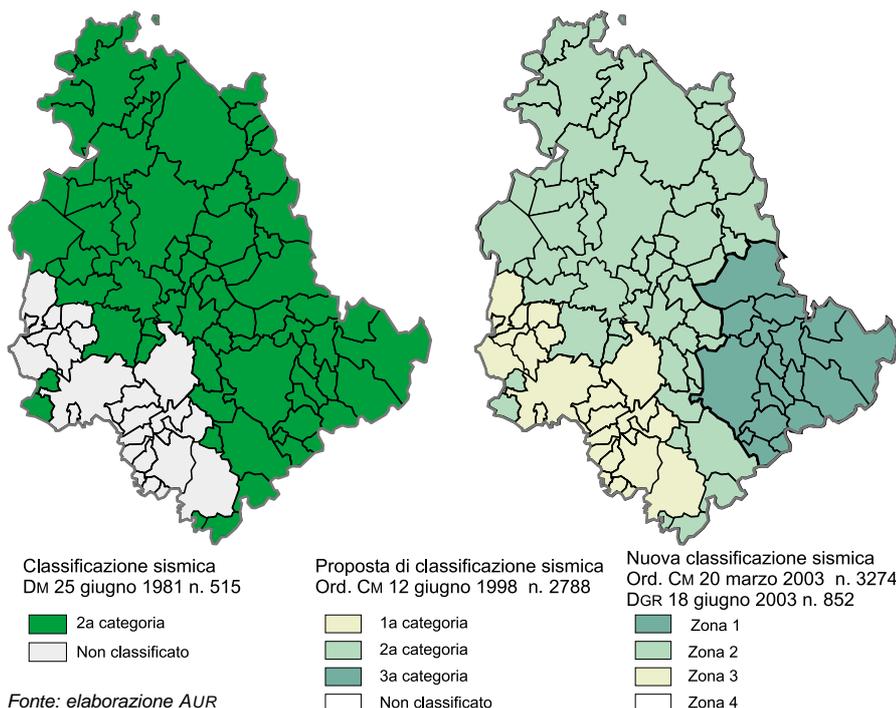
Figura 9 – Aspetti sismici del territorio regionale. Prevenzione del rischio sismico: livelli di approfondimento degli studi di microzonazione sismica a supporto degli strumenti urbanistici



Fonte: Regione Umbria, PUT, 2000

Tali studi rappresentano un primo passo importante per la conoscenza del territorio regionale in un'ottica di prevenzione, ma chiaramente dovranno essere utilizzati come base di partenza per effettuare ricerche approfondite a scala regionale che consentiranno di definire il rischio sismico locale e di effettuare scelte programmatiche di pianificazione finalizzate alla riduzione dello stesso.

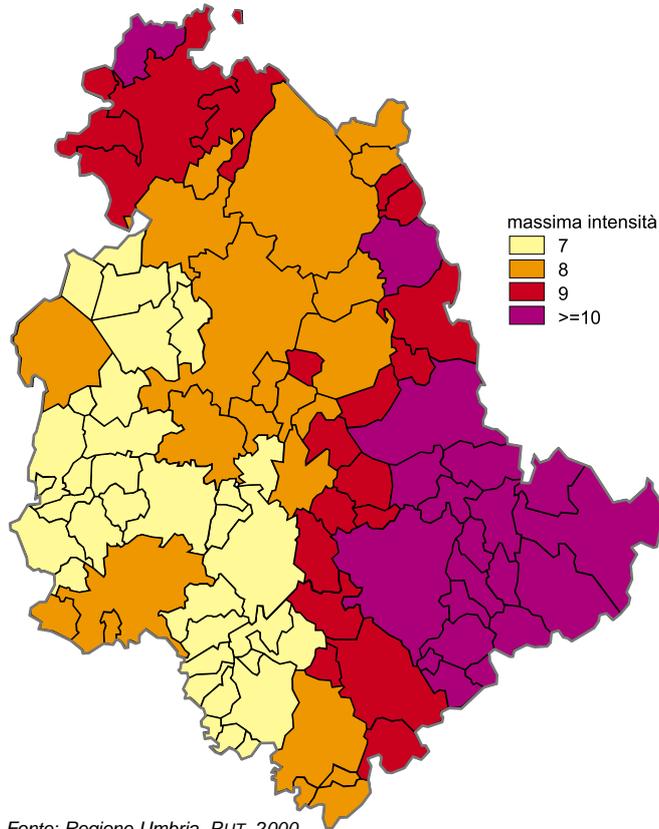
Figura 8 – Classificazione sismica dei comuni dell'Umbria



7.3.4.3. Attività avviate dalla Regione Umbria dal 1997 a oggi

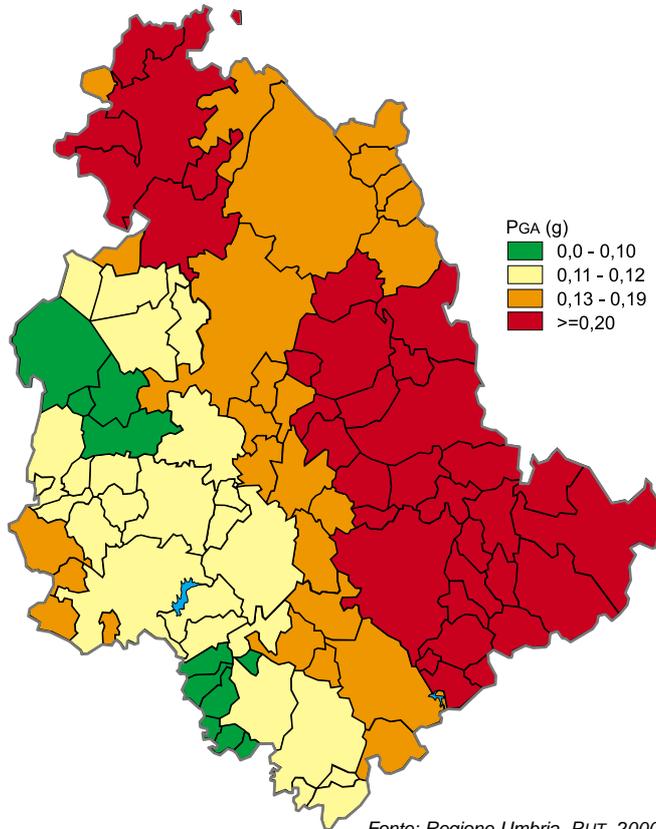
- Programma regionale finalizzato alla realizzazione delle indagini di microzonazione sismica speditiva (MSS); sono stati investigati 782 siti tra i capoluoghi e le località umbre colpite dagli eventi sismici del 1997-1998. Per ogni sito sono state eseguite cartografie geotematiche in scala 1:5.000, individuando il fattore di amplificazione del moto sismico di base dovuto a caratteristiche morfostratigrafiche locali.
- Programma regionale finalizzato alla redazione di 184 Programmi Integrati di Recupero (PIR) per la ricostruzione dei maggiori centri abitati danneggiati dagli eventi sismici del 1997-1998. Sono state approfondite le indagini di MSS con l'esecuzione di ulteriori indagini geognostiche e geofisiche. Si sono inoltre definite in scala 1:1000 le aree soggette a pericolosità sismica locale e gli specifici fattori di amplificazione per ogni unità mini-

Figura 10 – Massime intensità Macrosismiche osservate su base comunale (MCS)



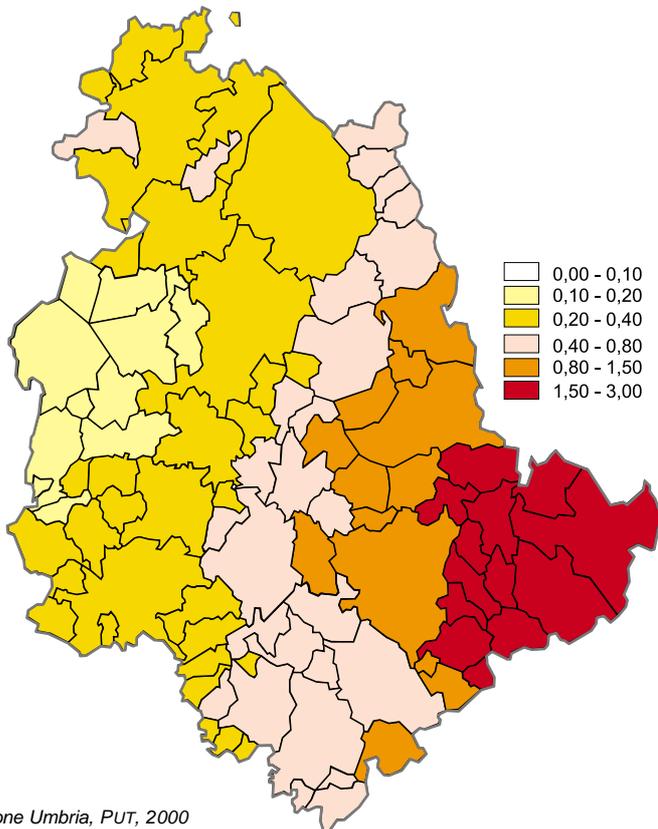
Fonte: Regione Umbria, PUT, 2000

Figura 11 – Pericolosità in PGA (accelerazione orizzontale di picco del terreno) per ambito comunale: valori attesi con tempi di ritorno di 475 anni



Fonte: Regione Umbria, PUT, 2000

Figura 12 – Analisi di rischio riferita al patrimonio abitativo: danno totale atteso per comune espresso in percentuale della superficie abitativa

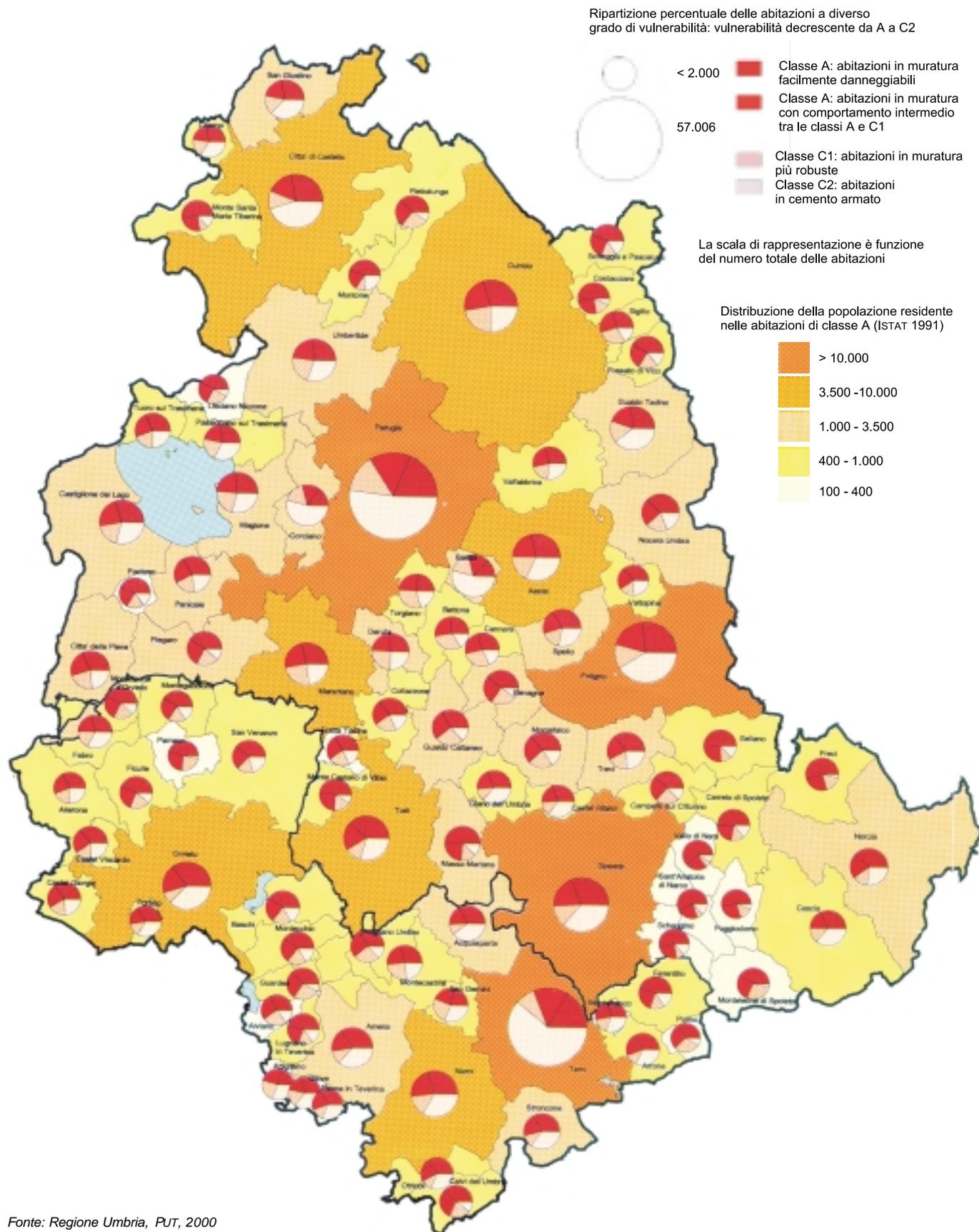


Fonte: Regione Umbria, PUT, 2000

ma di intervento (UMI) delle 5.166 UMI individuate nei PIR.

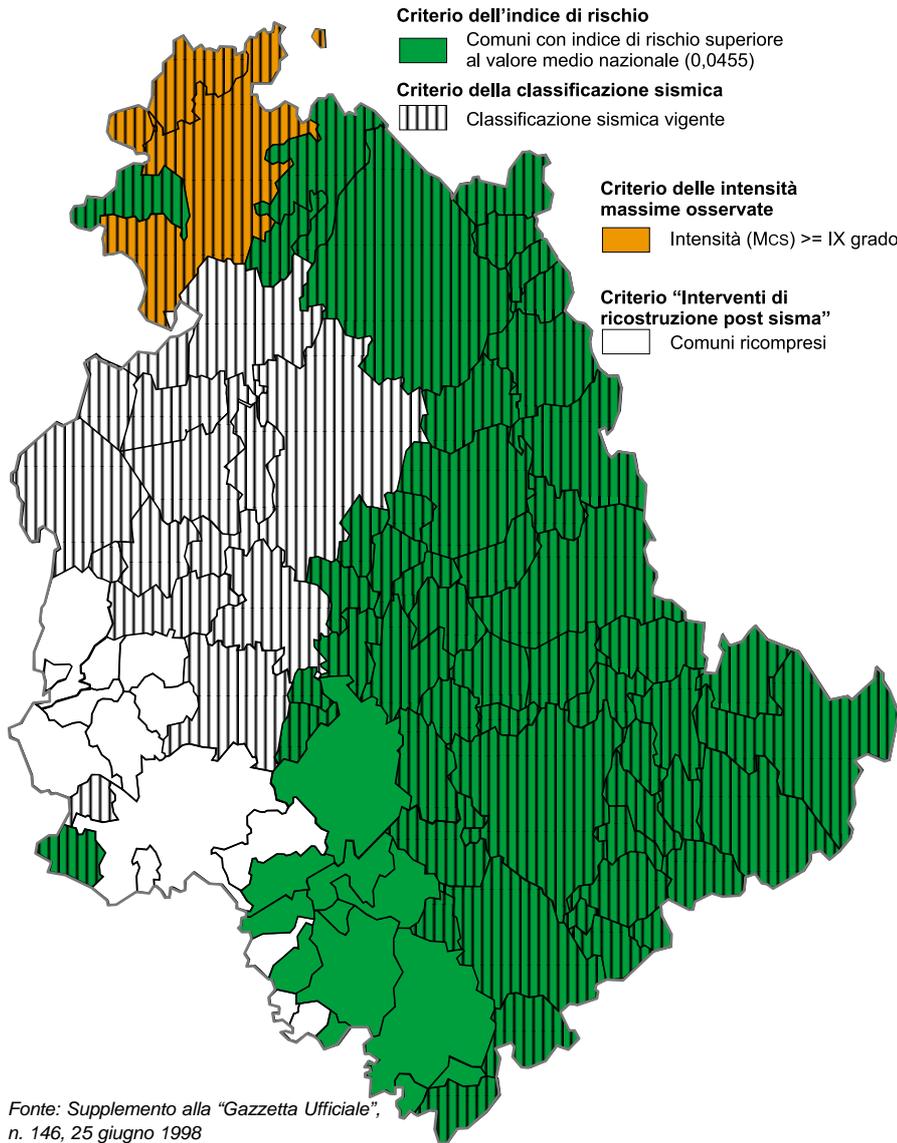
- Progetto Pericolosità sismica alta Valtiberina Umbra; sono state eseguite indagini numeriche e strumentali che hanno investigato 195 tra i capoluoghi e le località di 6 comuni dell'Umbria del nord (Citerna, Città di Castello, Monte Santa Maria Tiberina, Montone, Pietralunga, San Giustino).
- Progetto Pericolosità sismica dell'area Narni-Terni; sono state eseguite indagini numeriche e strumentali che hanno investigato 95 tra i capoluoghi e le località di 3 comuni dell'Umbria del sud (Narni, Stroncone, Terni).
- Studio sul rischio di liquefazione in fase sismica a Nocera Scalo nel comune di Nocera Umbra.
- Microzonazione sismica strumentale di Foligno.
- Microzonazione sismica strumentale di Valfabbrica.
- Realizzazione di una banca dati geofisica in continuo aggiornamento.
- Progetto per la redazione di cartografie geologiche e di pericolosità sismica per 81 sezioni di carte tecniche regionali in scala 1:10.000 ubicate nella fascia orientale e meridionale

Figura 13 – Vulnerabilità delle abitazioni (secondo la metodologia semplificata del SSN per tutto il territorio nazionale)



Fonte: Regione Umbria, PUT, 2000

Figura 14 – Ordinanza del Ministero dell'Interno n. 2788/98: comuni a elevato rischio sismico (ai sensi dell'articolo 12 della legge 449/97)



Fonte: Supplemento alla "Gazzetta Ufficiale", n. 146, 25 giugno 1998

dell'Umbria, pari a 2.600 kmq, circa il 30% del territorio regionale. Attualmente è in corso di organizzazione un progetto per l'individuazione delle aree soggette a pericolosità sismica locale nei territori comunali individuati a elevata pericolosità sismica dalla LR 27/2000 (PUT, tav. 50) e sprovvisti di cartografia geologica e di pericolosità sismica locale alla scala 1:10.0000.

7.3.5. Aree di particolare interesse geologico (geositi)

La Regione Umbria alla fine degli anni ottanta ha avviato un censimento delle particolarità geologiche presenti nel territorio regionale, allo scopo di conoscere, tutelare e valorizzare il patrimonio geologico ambientale. Nel contesto di una serie di

iniziative, sono stati selezionati, 42 geositi, particolarmente significativi per valore scientifico, per rarità, o in quanto parti integranti di ambienti fisici e naturali di particolare pregio. A tale proposito, il Piano Urbanistico Territoriale (legge 27/2000) della Regione Umbria definisce all'articolo 16 le norme di tutela per tali ambiti redigendo una apposita tavola cartografica (*Carta delle Aree di particolare interesse geologico e singolarità geologiche*) e istituendo il catasto regionale delle singolarità geologiche. I beni censiti rivestono interesse pubblico e la loro rimozione o modificazione è consentita esclusivamente a fini scientifici o didattici, previa autorizzazione del comune competente per territorio che ne da contemporanea comunicazione alla Giunta Regionale. Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

disciplina gli interventi di trasformazione territoriale compatibili con gli obiettivi di conservazione e tutela dei siti, mentre, il Piano Regolatore Generale delimita in termini fondiari gli ambiti delle singolarità geologiche censite.

7.4. IMPATTI

Individuare e quantificare gli impatti che gli agenti di pressione determinano sulla componente ambientale sottosuolo non è immediato, soprattutto perché nella maggior parte dei casi gli impatti più significativi si ripercuotono piuttosto sulle altre componenti ambientali e/o sui determinanti. Un tipico impatto strettamente connesso al sottosuolo è la subsidenza, fenomeno che può essere di origine naturale o antropica. Tale fenomeno, piuttosto limitato e localizzato in Umbria, può essere causato da un eccessivo emungimento di fluidi dal sottosuolo e determinare abbassamento del terreno che si ripercuote con danni sulle strutture ivi localizzate. L'attività estrattiva (intesa come *driver*) incide sulla risorsa sottosuolo, ma non determina impatti diretti particolarmente significativi. Il prelievo di materiale, se considerato a se stante e riferito strettamente alla risorsa sottosuolo, non costituisce, nella maggior parte dei casi del contesto regionale, un impatto particolarmente rilevante, in quanto la risorsa può considerarsi illimitata.

Un fenomeno naturale da prendere in considerazione in relazione agli effetti sulla componente sottosuolo è l'attività sismica. Le dimensioni delle modifiche dell'assetto geologico-geomorfologico del territorio umbro sono generalmente di modesta entità (se confrontate con altre realtà come quella giapponese e californiana) e corrispondono spesso soltanto a fenomeni di assestamento. In alcuni casi, eventi sismici di notevole intensità possono determinare l'innescarsi di fenomeni franosi, talvolta di grandi dimensioni (cfr. box 7.2.2).

7.4.1. Effetti indiretti sulle altre componenti ambientali

In considerazione del fatto che gli impatti diretti prodotti dall'attività sismica sul paesaggio e sugli ecosistemi naturali sono generalmente trascurabili rispetto alla quantità di energia liberata³ si è ritenuto significativo approfondire il tematismo maggiormente rappresentativo in tale senso: l'attività estrattiva.

7.4.1.1. Effetti da attività estrattiva

L'attività estrattiva si pone in maniera peculiare nei confronti dell'ambiente e delle altre attività antropiche e produttive, dal momento che rappresenta, dopo il prelievo idrico, la frazione maggioritaria di risorse che sono prelevate dall'ambiente e utilizzate nel sistema socio-economico.

L'aspetto principale da considerare, parlando di impatti da attività estrattiva, è quello legato all'atmosfera, all'idrosfera, al territorio in genere; l'attività di estrazione determina infatti tutta una serie di impatti che possono continuare a manifestarsi anche al termine dell'attività vera e propria.

A tale proposito, sul modello proposto dal PRAE, si distinguono: impatti contestuali, quelli strettamente legati all'attività di escavazione e impatti differiti, quelli emergenti alla fine dell'attività. Chiaramente la maggior parte degli impatti individuati sono temporanei, ossia gli effetti si esauriscono con la fine dell'attività estrattiva. La procedura adeguata da seguire, al fine di ridurre gli effetti, è chiaramente strettamente connessa alla capacità tecnica ed economica dell'impresa, seppur, la recente normativa, imponga tutta una serie di vincoli e prescrizioni volti proprio a tale scopo.

Sicuramente l'impatto più significativo legato all'attività estrattiva è quello sul paesaggio, che, anche se prevalentemente connesso alla sola fase di attività della cava, può risultare elevato, vista la durata delle autorizzazioni. Inoltre, anche nel caso di una corretta riambientazione, con un adeguato reinserimento ambientale, gli impatti connessi alla variazione della morfologia locale e i disturbi arrecati agli ecosistemi naturali possono permanere per lunghi periodi.

Secondo i dati forniti dalla Regione, in Umbria alla fine del 2001 sono presenti 132 cave effettivamente in esercizio e 485 cave dismesse; di queste ultime, 398, sono state oggetto di verifica diretta, il che ha consentito di accertarne lo stato dei luoghi e definirne il grado e/o la necessità di recupero. Come evidenziato nella tabella 19 sono stati censiti 126 siti di cava dismessi recuperati, mentre esistono almeno 65 cave dismesse che necessitano di un intervento di recupero ambientale. I dati a disposizione, relativi al 1991, evidenziavano la presenza di 202 cave dismesse, delle quali almeno 100 necessitavano interventi di recupero di grande entità; pertanto, la tendenza evidenzia la diminuzione delle aree in degrado e l'aumento degli interventi di ricomposizione ambientale di tali siti.

Tabella 18 – Gli effetti dell'attività estrattiva

Diretti (attività estrattiva)	Indiretti (trasformazione di materiale)
Impatti contestuali temporanei	
Impatto visivo sul paesaggio	Polveri
Polveri	Rumori
Reflui e acque di scarico e di lavorazione	Inquinamento dell'aria
Rumori e vibrazioni	Inquinamento dell'acqua
Traffico pesante	
Airblast (sovrappressione atmosferica)	
Proiezione di frammenti	
Modificazione del regime idrografico e idrogeologico	
Impatti contestuali permanenti	
Impatto visivo sul paesaggio	
Sterilizzazione del suolo	
Impatti differiti progressivi	
Instabilità strutturale	
Dissesto idrogeologico	
Erosione dei suoli	
Perturbazioni tecnologiche	
Ripercussioni socio-economiche	

Fonte: elaborazione AUR su dati Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

7.4.2. Effetti sui determinanti

I determinanti così come definiti nel modello DPSIR ossia la popolazione e tutte le attività a essa collegate, possono risentire in maniera significativa delle pressioni che agiscono sulla risorsa sottosuolo.

7.4.2.1. Effetti da dissesto idrogeologico

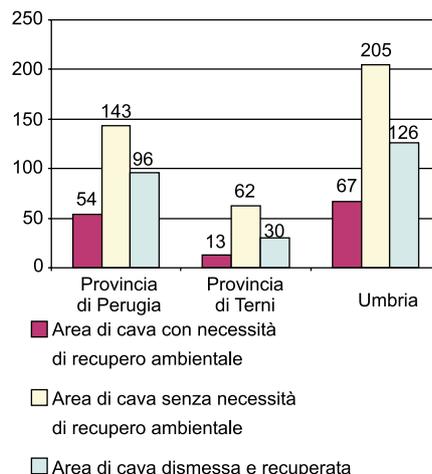
Il dissesto idrogeologico e nello specifico i movimenti franosi rappresentano un

Tabella 19 – Grado di ripristino delle cave dismesse

Tipo di intervento / Stato dei luoghi	Provincia di Perugia	Provincia di Terni	Umbria
Area di cava con necessità di recupero ambientale	54	13	67
Area di cava senza necessità di recupero ambientale	143	62	205
Area di cava dismessa e recuperata	96	30	126
Totale	293	105	398

Fonte: elaborazione AUR su dati Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

Grafico 6 – Grado di ripristino delle cave dismesse

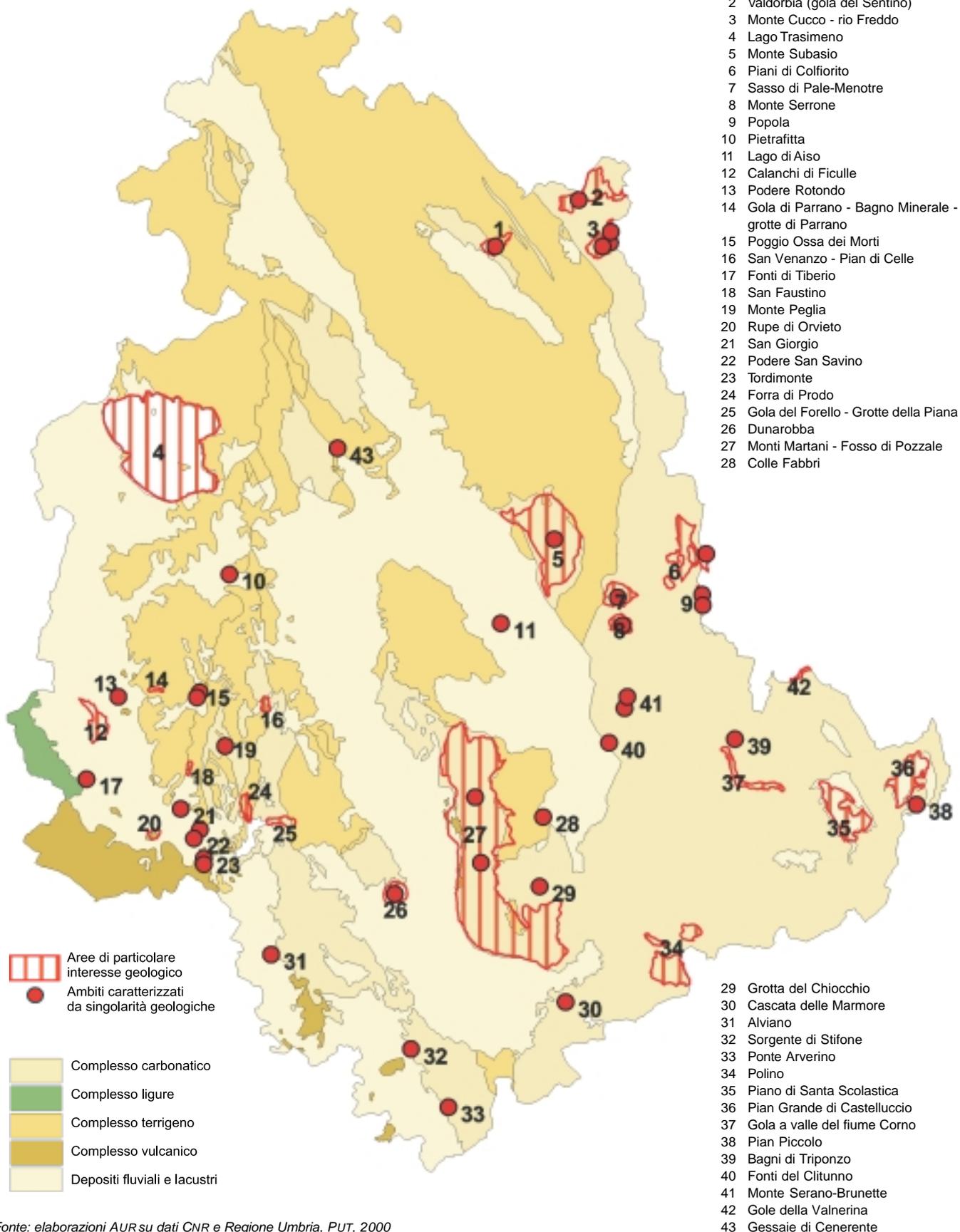


Fonte: elaborazione AUR su dati Regione Umbria, Schema di progetto di PRAE 2003

tematismo strettamente connesso alla realtà della regione. La relativa giovinezza geologica del territorio umbro, l'articolata morfometria e le condizioni climatiche (con particolare riferimento all'andamento delle precipitazioni che negli ultimi decenni risulta marcatamente concentrata soltanto in alcuni periodi dell'anno), rappresentano condizioni generalmente predisponenti per l'innescarsi di fenomeni di dissesto. I numerosi studi condotti sulla franosità del territorio umbro, hanno consentito di delineare un quadro indicativo degli impatti che i fenomeni franosi arrecano al patrimonio agricolo forestale, alle strutture e alle infrastrutture.

Un quadro dell'incidenza dei movimenti franosi sui centri abitati è stato realizzato nel progetto SCAI (Studio dei Centri Abitati Instabili), utilizzato anche come fonte per la redazione della Nuova Carta Inventario dei movimenti franosi dell'Umbria e redatto nel 1994 su proposta del GNDCI del CNR. I centri abitati dichiarati da consolidare sono 41, di cui 17 nella provincia di Perugia e 24 nella provincia di Terni; un abitato, Attigliano (TR), è stato dichiarato da trasferire. I centri abitati interessati da movimenti franosi di più grande entità sono quelli di Assisi (zona Ivancich), Gualdo Cattaneo, Le Crocicchie (nel comune di Lisciano

Figura 15 – Aree di particolare interesse geologico e singolarità geologiche



Fonte: elaborazioni AUR su dati CNR e Regione Umbria, PUT, 2000

Niccone), Loreto (nel comune di Todì), Montone, Narni, Orvieto, Todì e le aree urbane di Fontivegge e Montelu-ce a Perugia. Lo stesso studio ha inoltre individuato 61 centri abitati (32 in provincia di Perugia e 29 in provincia di Terni), potenzialmente vulnerabili da calamità naturali (tab. 20).

L'uso del suolo e i fenomeni franosi

L'informatizzazione dei dati della Nuova Carta Inventario ha inoltre consentito di effettuare una lettura incrociata attraverso intersezioni geometriche con la carta dell'uso del suolo e con quella della viabilità, al fine di evidenziare l'incidenza dei movimenti franosi con le diverse destinazioni di uso e con le infrastrutture. Da tale elaborazione, evidenziata per provincia nella tabella 21, emerge che sono interessati da movimenti franosi di variabile tipologia e intensità circa l'8,2% dei terreni destinati a seminativo, a prati, pascoli e incolti; l'8,8% delle aree forestali e il 2,8% delle aree urbane.

L'incidenza dei fenomeni franosi sul tessuto infrastrutturale

In relazione alla viabilità regionale (tab. 22) emerge che i fenomeni franosi più o meno complessi e significativi interessano circa il 3% delle autostrade o superstrade, il 6,6% delle strade statali, il 4,3% delle strade regionali; il 6,5% delle strade provinciali, il 4% delle strade comunali e il 2,9% delle ferrovie.

7.4.2.2 Effetti da attività sismica

Gli effetti determinati dall'attività sismica sono purtroppo tristemente evidenti. Oltre alla creazione di fratture nel sottosuolo e all'innescio di fenomeni franosi, nella maggior parte dei casi, le crisi sismiche, sono ricordate per i danni provocati alla popolazione e al patrimonio insediativo. L'evidenza della connessione tra intensità del terremoto e danno conseguente è il presupposto su cui si basa la stessa scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) utilizzata per la classificazione dell'intensità dei terremoti (tab. 23), soprattutto in passato, quando non erano state attivate le reti di rilevamento strumentale; tale scala si basa sul livello di danneggiamento che una crisi sismica può determinare alla popolazione, alle strutture e alle infrastrutture. Il terremoto è un fenomeno che non può essere evitato ma non è detto che a un terremoto corrispondano sempre dei danni significativi. In effetti l'impatto di tale fenomeno fisico sul sistema umano può essere limitato riducendo la vulne-

Tabella 20 – Studio dei centri abitati instabili (Progetto SCAI)

	Centri abitati da consolidare e/o da trasferire	Centri abitati segnalati come potenzialmente vulnerabili
Provincia di Perugia	17	32
Provincia di Terni	25	29
Regione Umbria	42	61

Fonte: Rapporto conclusivo CNR-IRPI, protocollo d'intesa con la Regione Umbria 2002 (dal lavoro di Felicioni et al., 1994)

Tabella 21 – Aree in frana e uso del suolo

Classi uso del suolo	Superficie (kmq)	% classe di uso del suolo	% in frana per classe
Provincia di Terni			
Seminativo, prati, pascoli, incolti	909,49	42,79	8,20
Legnose agrarie	121,46	5,71	10,62
Aree forestali	998,72	46,99	9,71
Aree urbane, infrastrutturali e urbanizzate	68,11	3,20	2,96
Aree non vegetate e cave	12,71	0,60	3,76
Acque superficiali	15,03	0,71	1,43
Provincia di Perugia			
Seminativo, prati, pascoli, incolti	3.266,90	51,60	8,35
Legnose agrarie	254,71	4,02	6,38
Aree forestali	2.446,43	38,64	8,51
Aree urbane, infrastrutturali e urbanizzate	207,41	3,28	2,81
Aree non vegetate e cave	31,99	0,51	6,79
Acque superficiali	124,37	1,96	0,08

Fonte: Rapporto conclusivo CNR-IRPI, protocollo d'intesa con la Regione Umbria 2002

Tabella 22 – Incidenza dei movimenti franosi sulla viabilità del territorio regionale

	Provincia di Perugia	Provincia di Terni	Regione
Autostrada-superstrada			
Totale (km)	172,3	211,2	383,5
in frana (km)	5,2	5,8	11,1
Strada Statale			
Totale (km)	131,1	85,4	216,5
in frana (km)	6,4	7,9	14,3
Strade Regionali			
Totale (km)	757,3	585,8	1343,1
in frana (km)	30,5	27,0	57,5
Strade Provinciali			
Totale (km)	2024,8	1.464,2	3.489,0
in frana (km)	123,8	104,5	228,3
Strade Comunali			
Totale (km)	541,7	461,0	1.002,7
in frana (km)	16,2	23,8	40,0
Ferrovie			
Totale (km)	334,1	347,2	681,3
in frana (km)	5,7	13,9	19,6

Fonte: elaborazione AUR su dati Rapporto Conclusivo CNR-IRPI, protocollo d'intesa con la Regione Umbria 2002

bilità del patrimonio esposto al rischio, soprattutto attraverso interventi di prevenzione atti a arginare il danno al momento dell'eventuale impatto. Nelle tabelle 24-26 vengono evidenziati i danni al patrimonio umano e insediativo del territorio regionale conseguenti all'evento sismico che ha interessato l'Umbria nel 1997-1998.

7.5. RISPOSTE

7.5.1. Le reti di monitoraggio

Attività sismica

La legge sulla difesa del suolo (legge 183/89) ha dettato i presupposti per una sostanziale riorganizzazione della funzione

Tabella 23 – Scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg)

1° grado: Impercettibile	Scossa rilevata solo dai sismografi installati sopra l'epicentro.
2° grado: Lievissima	Scossa rilevata dai sismografi installati a pochi chilometri dall'epicentro. Non viene avvertita dalla popolazione.
3° grado: Lieve	Scossa considerata generalmente di assestamento, rilevata dai sismografi ubicati in un raggio di circa 10 chilometri dall'epicentro. Normalmente non viene percepita dalla popolazione.
4° grado: Moderata	Scossa percepita solo ai piani più alti degli edifici, e rilevata dai sismografi posti a una distanza non superiore ai 100 chilometri.
5° grado: Media intensità	Scossa che riesce a far oscillare i lampadari e far cadere qualche soprammobile nella zona direttamente interessata. Viene rilevata dai sismografi in un raggio di 200 chilometri dall'epicentro.
6° grado: Forte	Scossa che provoca crepe nelle pareti e giunge a far suonare le campane a causa dell'oscillazione della struttura dei campanili. Rilevata dai sismografi distanti fino a 600 chilometri dall'epicentro.
7° grado: Molto forte	Scossa che può far crollare qualche edificio e provocare vittime. I sismografi la rilevano anche a distanza di 1000 chilometri dall'epicentro.
8° grado: Distruttiva	Scossa che provoca crepe sul terreno, il crollo di diversi edifici, di campanili e che può provocare la caduta di massi dalle pareti delle montagne.
9° grado: Altamente distruttiva	Crolla il 60% degli edifici. Nei laghi l'acqua si intorbidisce e si formano delle onde che si infrangono con forza sulla riva. Lo stesso dicasi per le acque dei mari.
10° grado: Fortemente distruttiva	Distruzione totale degli edifici. Le rotaie dei treni si deformano, i ponti e le dighe possono crollare. Nel terreno si aprono larghe crepe.
11° grado: Catastrofica	Catastrofe. I rilievi franano a valle e si aprono crateri nel terreno.
12° grado: Ampiamente catastrofica	Distruzione di tutto quanto esiste in superficie in un raggio di 20-30 chilometri dall'epicentro.

Fonte: Regione Umbria

Tabella 24 – Distribuzione comunale della popolazione evacuata

Comune	Popolazione residente 1997	Popolazione evacuata	
		v.a.	%
Nocera Umbra	5.947	4.499	75,7
Valtopina	1.368	740	54,1
Sellano	1.268	634	50,0
Preci	914	178	19,5
Gualdo Tadino	14.649	2.471	16,9
Foligno	52.740	8.232	15,6
Altri comuni in fascia A	88.253	3.695	4,2

Fonte: Regione Umbria: Osservatorio sulla Ricostruzione, 2001

Tabella 26 – Andamento temporale della ricostruzione

	settembre 2000	settembre 2001	settembre 2002
valori assoluti			
Popolazione rientrata nelle abitazioni riparate	4.997	10.305	14.008
Interventi conclusi	2.598	4.819	6.691
Spesa (mld di euro)	616	1.157	1.603
valori percentuali			
Popolazione rientrata nelle abitazioni riparate	22	46	62
Interventi conclusi	23	44	60
Spesa (mld di euro)	19	35	48

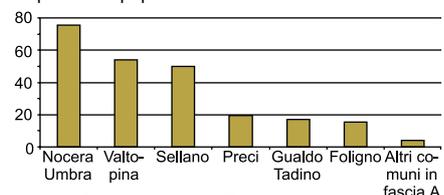
Fonte: Regione Umbria, Direzione Politiche Territoriali Ambiente e Infrastrutture, Stato di attuazione della ricostruzione, 2002

di monitoraggio di tutto il territorio nazionale, prevedendo forme di integrazione e coordinamento con le Amministrazioni statali, le regioni e altri soggetti pubblici e privati e assicurando, inoltre, un'ampia circolazione e fruizione dei dati acquisiti. Nel contesto del settore del monitoraggio sismico la legge suddetta prevede che il Servizio Sismico Nazionale (SSN) si avvalga del concorso dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING) e l'obiettivo è quello di realizzare un sistema di rilevamento e sorveglianza sismica esteso all'intero territorio nazionale, come risultato di un processo di integrazione dell'attività svolta dall'insieme delle reti sismiche esistenti. Scopo principale di un sistema di monitoraggio sismico è quello di:

- a) approfondire la conoscenza dei processi geodinamici attivi sul territorio, attraverso l'identificazione e lo studio delle strutture sismogenetiche;
- b) effettuare un controllo dell'attività sismica.

Scopo ultimo di un sistema di monitoraggio sismico è la valutazione e di conse-

Grafico 7 – Percentuale di popolazione evacuata rispetto alla popolazione residente



Fonte: Regione Umbria: Osservatorio sulla Ricostruzione, 2001

Tabella 25 – Danni alle strutture

Comuni colpiti con numero di ordinanze di sgombero > 10	53
Edifici danneggiati	74.598
Privati	69.737
Pubblici	2.545
Beni culturali	2.316
Aziende danneggiate	2.060
Agricole	1.021
Extra-agricole	1.039

Fonte: IRRES, Speciale Terremoto, 1998

guenza la mitigazione del rischio sismico (cfr. 7.3.3.1).

Il monitoraggio sismico del territorio nazionale è affidato alle reti, che sotto il profilo tipologico, possono essere suddivise in base alla loro finalità e alla copertura del territorio da esse posto sotto controllo. Allo stato attuale in Italia il monitoraggio sismico è affidato a:

- 1) rete sismometrica nazionale centralizzata dell'Istituto Nazionale di Geofisica (RSNC);
- 2) rete accelerometrica a copertura nazionale con registrazione locale (RAN);
- 3) reti sismometriche e accelerometriche regionali, locali e osservatori sismici.

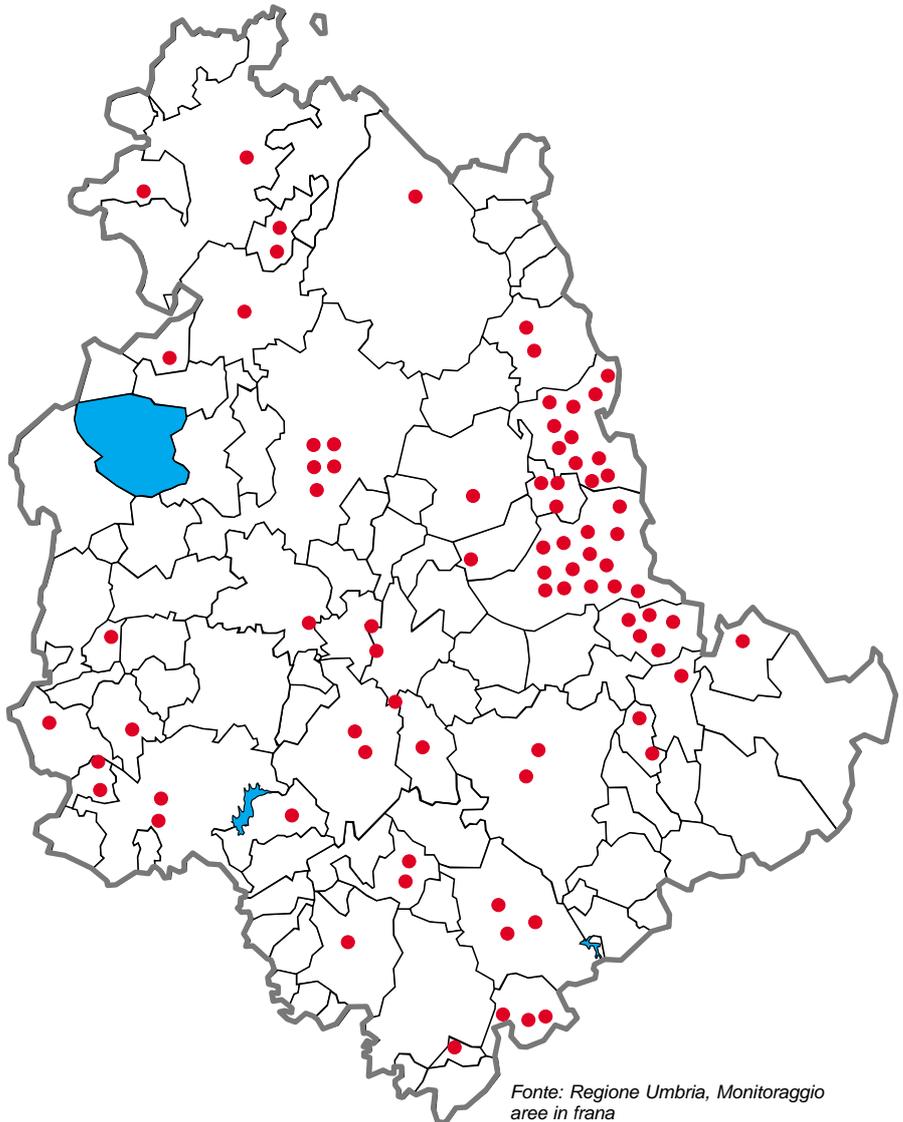
In riferimento alla RAN le postazioni analogiche localizzate in Umbria sono 14: Città di Castello, Pietralunga, Gubbio, Gubbio Piana, Umbertine, Nocera Umbra, Castelnuovo di Assisi, Bevagna, Norcia, Cascia, Spoleto-Monteluco, Castel Viscardo, Terni e Narni.

In riferimento alle reti e agli osservatori sismici locali, l'Umbria è monitorata dalla rete sismica locale (RESIL istituita con LR n. 8/95) dotata di 13 stazioni, dalla rete di sorveglianza del Chiascio (dotata di 7 stazioni), e dall'Osservatorio sismico Andrea Bina (con 8 stazioni) e dal punto di monitoraggio del sacro convento di Assisi. L'Umbria è anche inserita nella rete sismometrica marchigiana e nella rete dell'Italia centrale (Osservatorio sismico Adriatico). Inoltre, il SSN ha avviato un progetto sperimentale di integrazione di alcune reti locali facendosi promotore di un'iniziativa finalizzata a sviluppare i rapporti di collaborazione tra i gestori delle reti che operano nell'appennino centrale, quali: la rete regionale dell'Umbria, la rete dell'Osservatorio Geofisico sperimentale di Macerata, la rete della Garfagnana e Lunigiana e la rete dell'Abruzzo centrale.

Attività estrattiva

Per il settore estrattivo, la legge regionale 2/2000 e successive modifiche e il relativo regolamento tecnico attuativo RR 4/2000, prescrivono l'obbligatorietà, per i titolari di autorizzazioni, di trasmettere al Comune e alla Provincia competenti per territorio, una perizia giurata da presentare entro il 30 giugno di ogni anno che attesti lo stato di avanzamento dell'attività estrattiva. In riferimento all'estrazione di acque minerali e termali, i titolari di concessione sono obbligati ai sensi della LR 48/87 e delle successive modifiche (LR 38/01), all'istallazione di contatori volumetrici per il monitoraggio dei quantitativi prelevati.

Figura 16 – Aree in frana sottoposte a sorveglianza con reti di monitoraggio



Fonte: Regione Umbria, Monitoraggio aree in frana

vati. Dall'1 gennaio 2003 i titolari di concessione trasmettono trimestralmente alla regione i dati relativi ai quantitativi idrici prelevati e imbottigliati.

Il dissesto idrogeologico

Per quanto concerne il dissesto idrogeologico e in particolare le aree in frana, la Regione Umbria mediante il VII progetto obiettivo dell'Area Ambiente e Infrastrutture 1999 – *Inventario aree in dissesto sottoposte a sorveglianza con strumentazioni e reti geodetiche* (pubblicazione Felicioni Servizio Geologico Regione Umbria) ha censito le aree in frana sottoposte a monitoraggio. Tale elenco in continuo aggiornamento è così sinteticamente descritto:

- le aree in frana sottoposte a monitoraggio sono 80 (61 a Perugia e 19 a Terni), di cui: 62 con inclinometri, 62 con piezometri, 6 con estensimetri e 7 con reti geodetiche;

- i principali strumenti di misura installati sono: 370 inclinometri, 459 piezometri e 124 estensimetri;
- le reti di controllo sono 29 su dissesti relativi a centri abitati, 48 su dissesti conseguenti alle situazioni di emergenza geologica (sismica e meteorologica) e 5 approntate e finanziate al di fuori degli ambiti precedenti.

Il Servizio Geologico della Regione Umbria conduce un'attività di supervisione sui controlli strumentali svolti dai comuni o dalle imprese appaltanti e attività di monitoraggio mirato su sezioni spia in alcune delle suddette aree interessate da importanti movimenti franosi oggetto di interventi di consolidamento finanziati dalla Regione Umbria e precisamente:

1. Zona della cascata delle Marmore (TR);
2. Versante est abitato di San Lorenzo (PG);

3. Massa Martana (PG);
4. Valderchia (Gubbio, PG);
5. Colle di Todi (PG);
6. Rupe di Orvieto (TR);
7. Montone (PG).

7.5.2. Piani di settore

Numerosi sono i Piani di settore che come efficaci strumenti di pianificazione e programmazione, costituiscono di fatto una risposta da parte dell'amministrazione pubblica per la conoscenza, la tutela del territorio e per la definizione e riduzione delle condizioni di rischio.

I piani di settore più significativi per la componente ambientale sottosuolo sono:

PAI (Piano stralcio di Assetto Idrogeologico): redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere ai sensi e per gli effetti della legge 183/89 e del decreto legge 180/98, convertito nella legge 267/98. L'ambito di applicazione del Piano è costituito dall'intero bacino del fiume Tevere così come definito dal DPR dell'1 giugno 1998 e interessa i confini amministrativi di 6 regioni e 12 province, tra le quali Perugia e Terni. Il PAI adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n. 101 dell'1 agosto 2002, persegue la migliore compatibilità tra le aspettative di utilizzo e di sviluppo del territorio e la naturale dinamica idrogeomorfologica del bacino, nel rispetto della tutela ambientale e della sicurezza delle popolazioni, degli insediamenti e delle infrastrutture.

PS2 (II Stralcio del Piano del bacino idrografico del fiume Tevere relativo al bacino del lago Trasimeno): redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere e adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n. 93/2001. Il Piano persegue il fine del ripristino, della tutela e della valorizzazione ambientale dell'ecosistema lacustre e interessa 10 comuni dell'Umbria: Castiglione del lago, Città della Pieve, Lisciano Niccone, Magione, Paciano, Panicale, Passignano sul Trasimeno, Piegara e Tuoro sul Trasimeno.

PS3 (III Stralcio funzionale per la salvaguardia delle acque e delle sponde del lago di Piediluco): redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Tevere e approvato con DPCM 19 luglio 2002.

Il Piano persegue il fine del ripristino, della tutela e della valorizzazione

ambientale dell'ecosistema lacustre. Il lago e i corsi d'acqua affluenti al lago per una lunghezza di 10 km sono dichiarate aree sensibili.

PUT (Piano Urbanistico Territoriale): approvato con legge regionale n. 27/2000 assume come riferimenti programmatici gli atti di indirizzo adottati dalla Commissione, dal Consiglio e dal Parlamento dell'Unione Europea con particolare riferimento a quello denominato "Europa 2000". Insieme al Piano Regionale di Sviluppo (PRS) costituisce lo strumento generale della programmazione regionale. Il PUT individua le risorse presenti sul territorio regionale e assume, come scelta fondamentale, la definizione della compatibilità di ogni intervento umano con la tutela del territorio e dell'ambiente regionale; indica i territori regionali ad alta sensibilità ambientale; definisce i criteri per la tutela e l'uso delle parti di territorio esposte a rischio sismico, pericolo geologico, idrogeologico e comunque soggette a processi di degrado ambientale.

PRAE (Piano Regionale Attività Estrattive): preadottato lo schema di progetto con DGR n. 305 del 19 marzo 2003 e adottato con DGR n. 964 dell'1 luglio 2003, costituisce un quadro programmatico di riferimento per l'esercizio dell'attività estrattiva, attraverso il quale perseguire l'interesse generale della tutela e della salvaguardia dell'ambiente e del territorio. Il Piano, al fine di ridurre gli impatti sull'ambiente derivanti dall'attività di cava coniuga la presenza di vincoli territoriali, ambientali e paesaggistici con tecniche di coltivazione e ricomposizione ambientale in relazione alle diverse tipologie di interventi di cava. Il grado di protezione dell'ambiente e del territorio è perciò assicurato sia da vincoli ostativi o condizionanti l'esercizio dell'attività estrattiva, sia dal rispetto dei criteri di coltivazione e ricomposizione che si pongono in posizione sovraordinata rispetto ai vincoli stessi.

PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento provinciale). Due sono i PTCP dell'Umbria, uno per la provincia di Perugia adottato con delibera CP n. 59/2002 e uno per la provincia di Terni adottato con delibera CP n. 64/99. Il PTCP come strumento di pianificazione della provincia, costitui-

sce il quadro di riferimento per la programmazione economica provinciale e per la pianificazione di settore. Il PTCP è uno strumento di indirizzo e coordinamento per la pianificazione urbanistica comunale, nonché uno strumento di riferimento per le politiche e le scelte di pianificazione territoriale, ambientale e paesaggistica di rilevanza sovramunicipale.

PDT (Piano interventi urgenti sui dissesti idrogeologici). Con deliberazioni della Giunta Regionale n. 4568/98 e n. 241/2000 sono stati approvati rispettivamente il I e il II Piano di attuazione per interventi sul dissesto idrogeologico al fine della programmazione degli interventi di ricostruzione e sviluppo dei territori interessati dalla crisi sismica del 1997. Sulla base degli studi effettuati gli interventi censiti e ammissibili sono stati ripartiti in due fasce in ordine di urgenza. Sono stati censiti 116 interventi da realizzare per un importo finanziario pari a oltre 65 milioni di euro. Alla data del settembre 2002, 38 interventi sono stati ultimati e 78 sono in corso.

NOTE

¹ Istituito dal RD 3267/23 al fine di salvaguardare le aree boscate dei territori collinari e montuosi; interessa solo marginalmente le problematiche più direttamente geologiche e idrogeologiche nel senso più moderno del termine. È evidente la necessità di approfondire tali tematiche attraverso una normativa specifica.

² Rischio sismico = "valore esposto" (il valore economico espresso dal rapporto perdita/danno) x "vulnerabilità" (la quantità di valore che può prevedersi perduta a causa di un terremoto ed è espressa dal rapporto danno/evento sismico) x "pericolosità sismica" (si esprime con la probabilità di comparsa di determinati valori di accelerazione, velocità e spostamento del terreno per unità di tempo ed è espressa dal rapporto "evento sismico"/"tempo").

³ Si può perdere parte del patrimonio vegetale ma generalmente si tratta di piante malate, vecchie o con radicazione insufficiente che possono risentire del movimento tellurico. Riguardo alla fauna occorre accennare che gli animali selvatici, nel corso del loro processo adattativo, hanno sviluppato la capacità di prevenire l'evento, tanto da scappare preventivamente; gli animali terricoli escono dalle tane danneggiate e difficilmente subiscono danni fisici (Chiarappa, Gibelli e Werle, pp.24, in *Speciale terremoto*).