Rete Sismica Nazionale

Perché una rete sismica?

L'Italia è caratterizzata da un alto tasso di sismicità principalmente lungo la catena appenninica, le Alpi, l'Arco calabro e la Sicilia nord-orientale (**FIG. 1**). I terremoti catastrofici avvenuti in passato ci hanno insegnato che un'informazione rapida e precisa è indispensabile affinché la Protezione Civile possa organizzare i primi soccorsi nelle zone colpite. Per questo l'INGV ha installato più di 230 stazioni sismiche su tutto il territorio nazionale.

Nel passato i terremoti hanno più volte danneggiato il patrimonio edilizio, spesso costruito senza alcun criterio antisimico (**FIG. 2**).

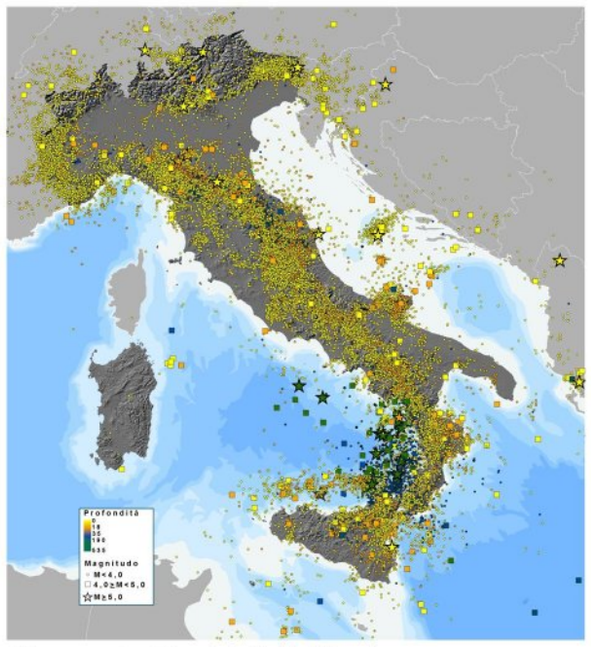


Figura 1 Sismicità dell'Italia dal 2000 al 2007

Figura 2 Danni causati da un terremoto

Crescita della RSN

La Rete Sismica Nazionale ha avuto una notevole crescita nel corso degli ultimi anni **(FIG. 5)** grazie allo sviluppo di nuove tecnologie nel settore della strumentazione sismica e della trasmissione dei dati.

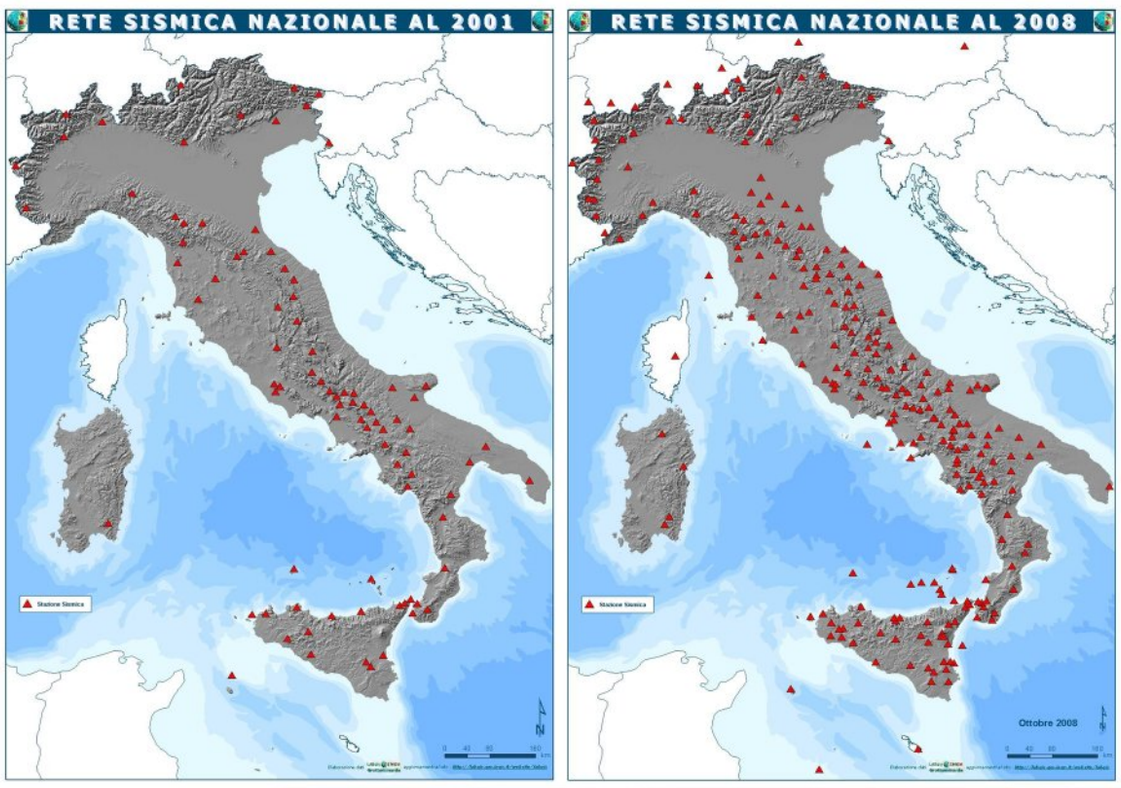


Figura 5 Incremento del numero delle stazioni della RSN tra il 2001 e il 2008

Figura 7 Esempio di stazione satellitare multi-sensore

Il Programma PROSIS ha permesso l'implementazione della Rete Sismica Nazionale al centro-sud Italia con più di 60 nuove stazioni permanenti multi-parametriche, con un sismometro, un accelerometro e un GPS di precisione **(FIG. 7)**.

I dati delle stazioni sono trasmessi, per via satellitare, direttamente ai centri di acquisizione di Roma, Grottaminarda e Catania e alle relative sale operative, contribuendo così attivamente al monitoraggio sismico del territorio nazionale.

Monitoraggio sismico

L'INGV fornisce un servizio 24 ore su 24 e 7 giorni su 7 per il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile dai primi anni '80 basato su una rapida valutazione e informazione di ogni evento sismico (**FIG. 3** e **4**).

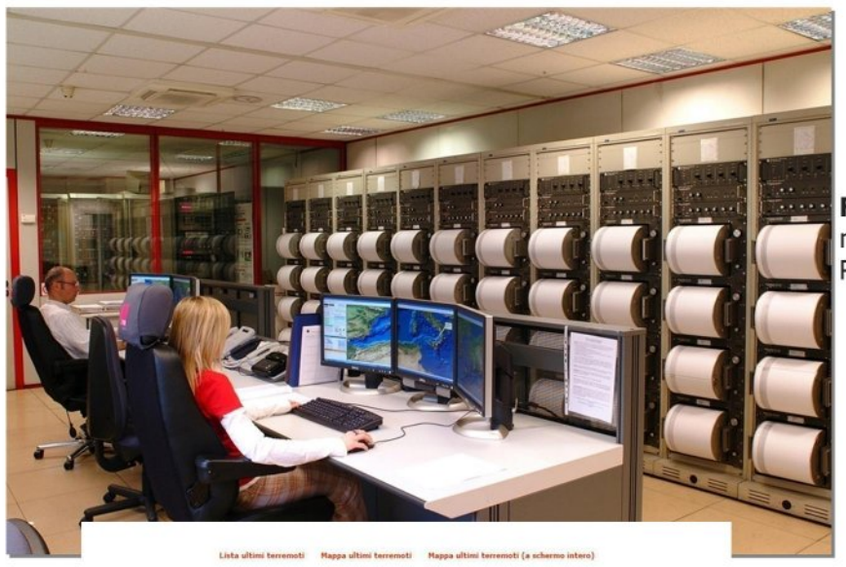


Figura 3 Sala di monitoraggio di Roma

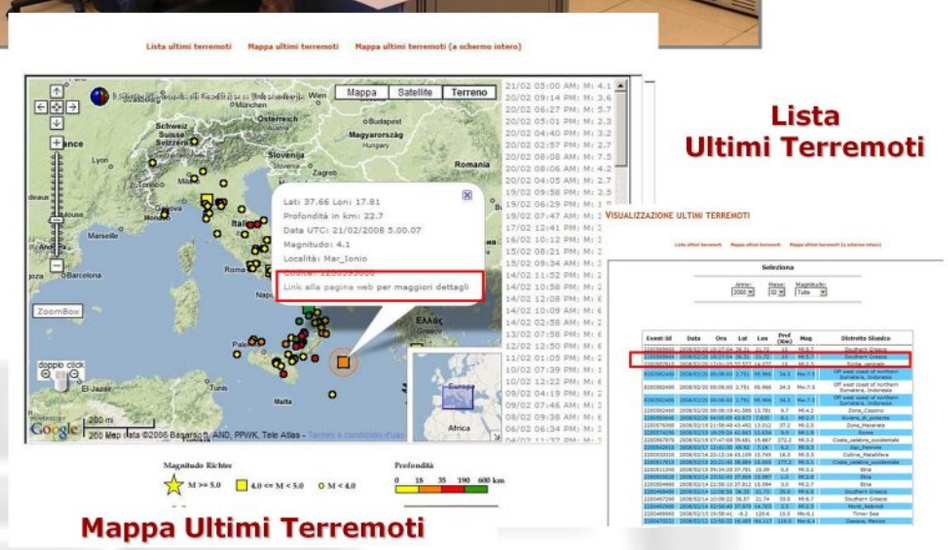


Figura 4 Esempio di pagina informativa (http://cnt.rm.ingv.it)

Un significativo contributo allo sviluppo della Rete Sismica Nazionale in Italia centro-meridionale **(FIG. 6)** è avvenuto grazie al Programma PROSIS, un programma di finanziamenti del Ministero per l'Università e la Ricerca (Legge 488/92).

Tali finanziamenti hanno avuto l'obiettivo di creare una infrastruttura scientifica e tecnologica per la sismologia e l'ingegneria sismica a Grottaminarda, in Irpinia, un'area più volte colpita da forti terremoti, come l'evento del 23 novembre 1980.

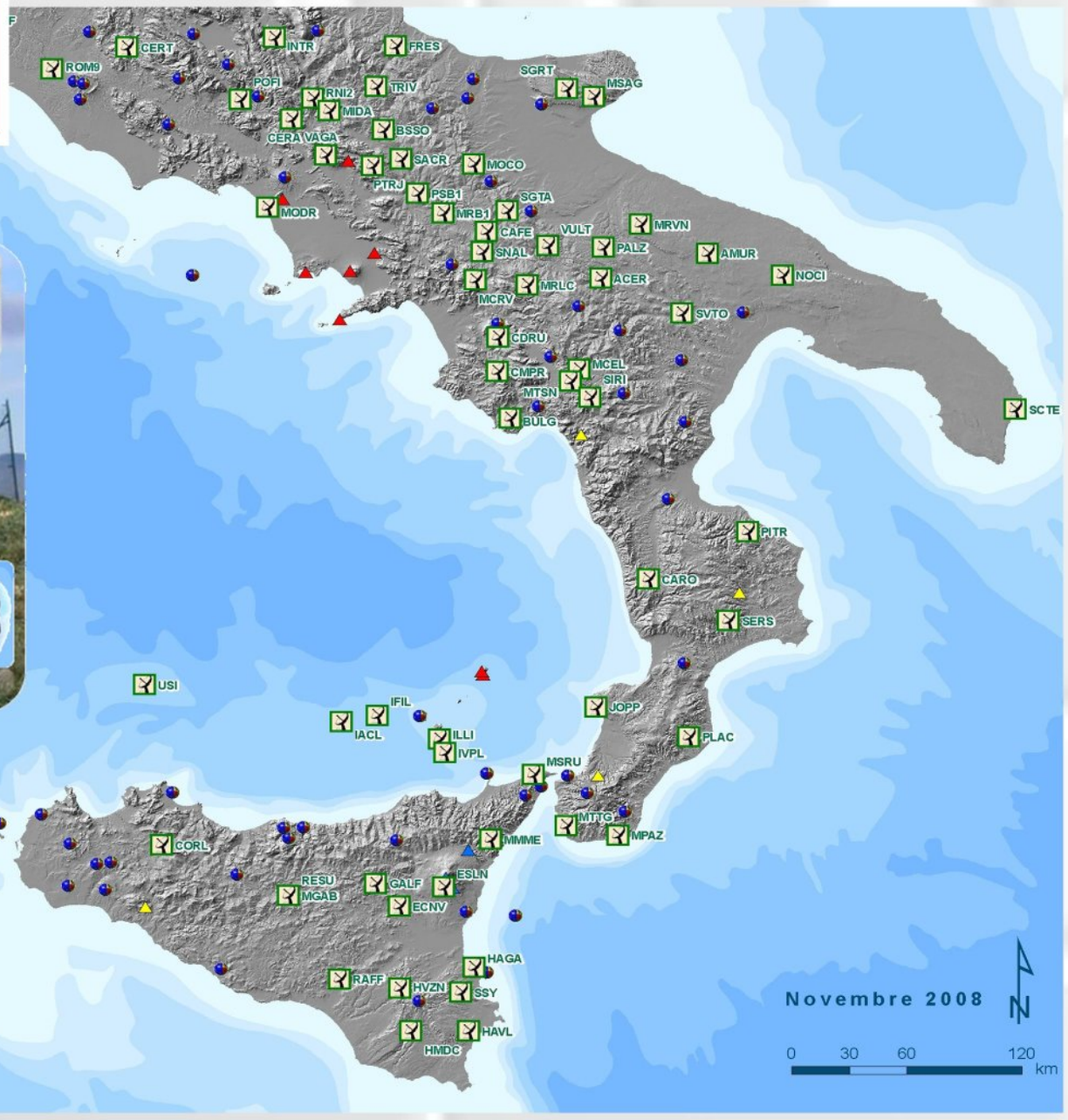


Figura 6: Le stazioni della Rete Sismica Nazionale nel centro-sud Italia

Rete Integrata Nazionale GPS (RING)

Che cos'è la RING

La RING (Rete Integrata Nazionale GPS) è il risultato di una serie di esperienze maturate in dieci anni di attività nel settore della geodesia dalle diverse sedi dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. L'INGV, a partire dal 2004, ha deciso di investire importanti risorse per la realizzazione di una rete di stazioni GPS distribuite su tutto il territorio nazionale **(Fig. 1)** con l'obiettivo di studiare le principali aree sismogenetiche italiane.

Figura 1 Mappa delle stazioni della rete RING

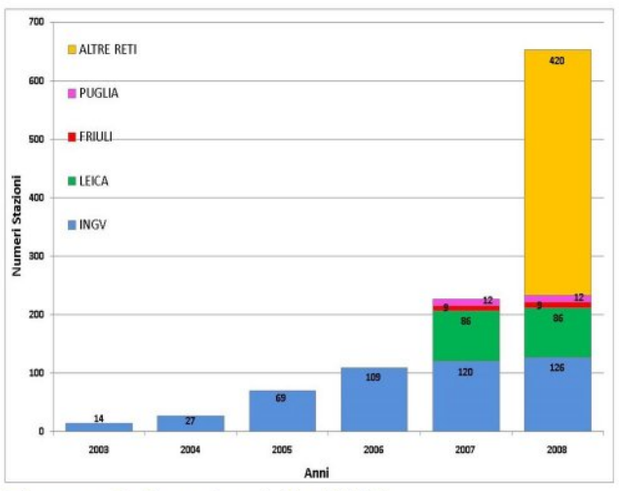


Figura 2 Crescita della RING

Nel quadriennio 2004-2008, si è ottenuto un incremento esponenziale del numero stazioni della rete RING **(Fig. 2)**. Attualmente la distanza media tra due stazioni è di 20 - 30 km.
Grazie a questo sviluppo, dal 2007, la RING è diventata una infrastruttura tecnologica tanto importante ed efficiente da essere un punto di riferimento anche per altre reti locali o regionali. Ad oggi, l'analisi dei dati di più di 700 stazioni contribuisce ad una migliore conoscenza delle aree caratterizzate da un alto rischio sismico.

Le stazioni della RING

Tutte le stazioni della RING **(Fig. 3)** inviano dati ai centri di raccolta localizzati a Roma, Catania e Grottaminarda via satellite o via internet. In questi ultimi 4 anni, l'Osservatorio di Grottaminarda ha portato avanti studi (progettazione e sviluppo) per l'ottimizzazione del monumento GPS **(Fig. 4)** in modo tale da avere dei capisaldi molto stabili, finalizzati ad ottenere delle informazioni affidabili sullo spostamento di un determinato sito nel tempo. Tali informazioni permettono di studiare con elevata precisione e con maggiore attenzione le strutture potenzialmente sismogenetiche.

Figura 3 Un esempio di stazione della RING

Figura 4a

Figura 4b

Figura 4c

Figura 4 a) un esempio di monumento GPS progettato e sviluppato a Grottaminarda; **b)** una fase di installazione del monumento; **c)** un particolare del tripode.

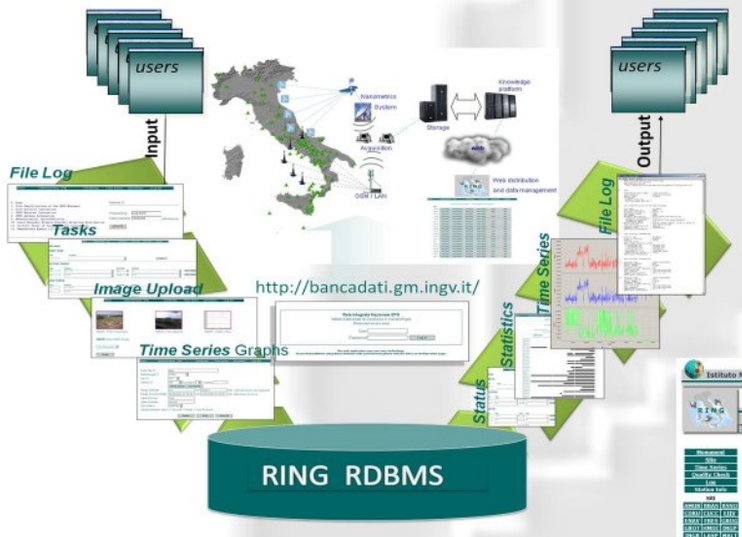


Figura 5: L'infrastruttura tecnologica per la gestione dei dati e il sito web della RING

La gestione dei dati

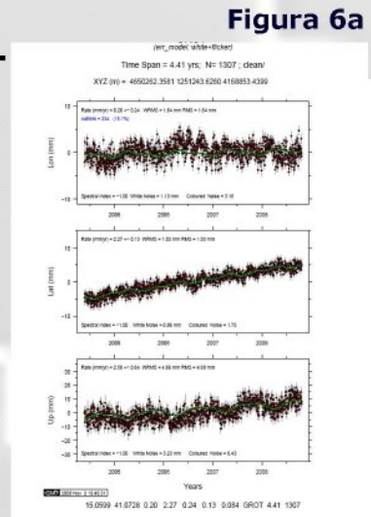
E' stata sviluppata una infrastruttura tecnologica finalizzata alla completa gestione e condivisione dei dati e del relativo contenuto informativo **(Fig. 5)**. Tali servizi permettono di accedere dinamicamente da qualsiasi postazione internet, alle normali funzioni di amministrazione e gestione delle stazioni GPS.
È possibile effettuare l'upload e il download di file *rinex* mediante protocollo http e monitorare e eseguire statistiche sullo stato delle stazioni attraverso la creazione della storia dei malfunzionamenti o dei problemi delle stazioni.
Inoltre è stato creato un database centralizzato (Bancadati) in continua connessione con il Sistema Informativo Territoriale della RING.
I dati, le informazioni e le serie temporali della RING vengono distribuite alla comunità scientifica internazionale attraverso il portale web: **http://ring.gm.ingv.it**

Campo di velocità GPS

L'analisi dei dati GPS delle stazioni della RING viene effettuata quotidianamente dai centri di analisi dell'INGV. I risultati consistono in coordinate con una precisione dell'ordine di 1-2 mm sulla componente orizzontale e di 5-6 mm sulla verticale. Le serie temporali dei siti RING **(Fig. 6a e 6b)** evidenziano lo standard di qualità, la continuità del dato e la minima dispersione dei punti delle diverse soluzioni giornaliere cui la RING tende, in modo da rispondere in maniera ottimale a obiettivi scientifici ben precisi.

Nella **Fig. 6c** è mostrato il campo di velocità delle stazioni della rete RING, rispetto ad un sistema di riferimento solidale con Eurasia.
L'analisi di tali dati permette di ottenere informazioni sulla deformazione in atto in tutto il territorio nazionale.

GROT **Figura 6a**



SNAL **Figura 6b**

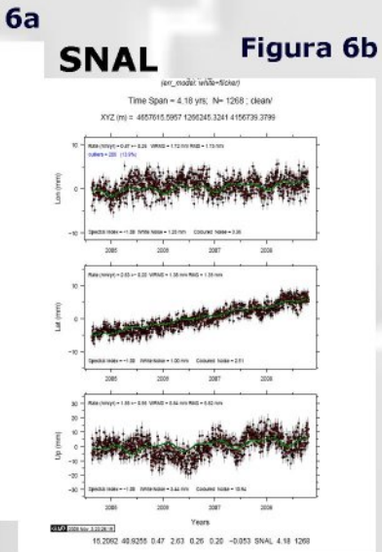


Figura 6c

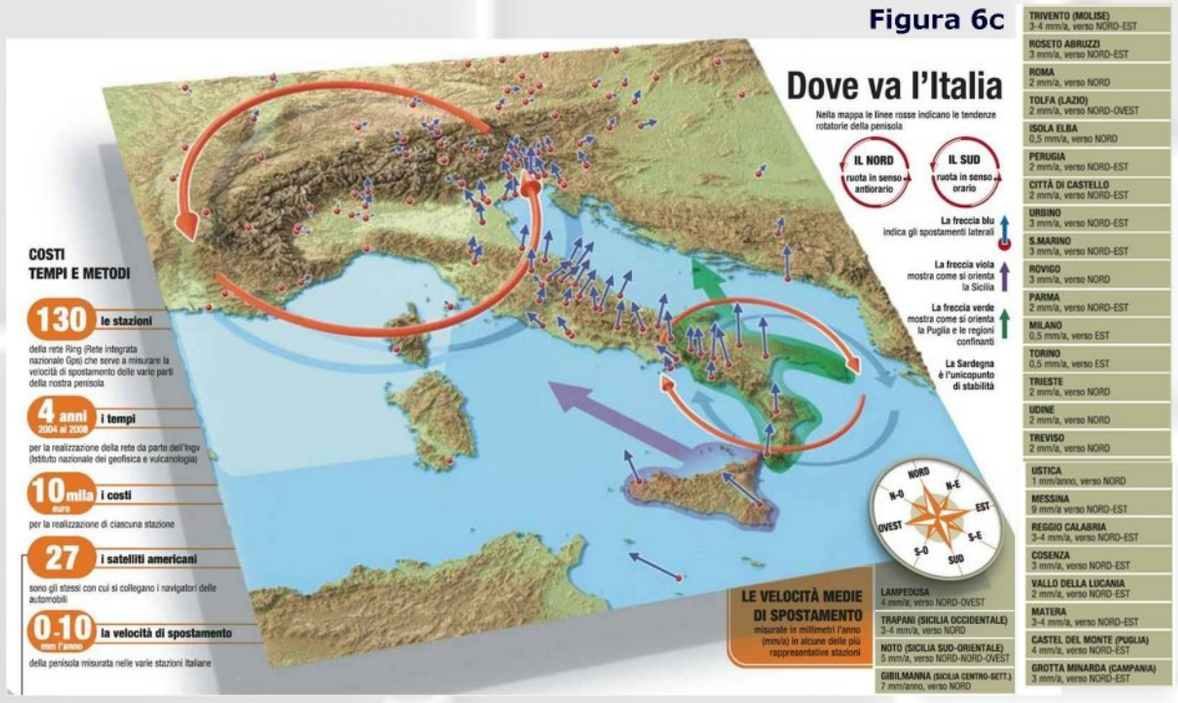


Figura 6 a) e **b)** Serie temporali di 2 stazioni della RING (GROT e SNAL); **c)** campo di velocità pubblicato sul Corriere della Sera del 15/6/2008.

La nuova Rete Sismica di Pronto Intervento

Nell'ambito dell'attività di ricerca e monitoraggio dell'INGV riveste notevole importanza la Rete Sismica Nazionale (RSN), quale struttura di sorveglianza sismica del territorio italiano.
La RSN si avvale di una Rete di Pronto Intervento (**RPI**) il cui obiettivo primario, in caso di terremoti rilevanti, è quello di incrementare il numero di stazioni in zona epicentrale per ottenere una migliore localizzazione della sequenza sismica in corso.

Come funziona la RPI

Le nove **stazioni** che compongono la RPI (**FIG. 1**) sono telemetrate presso tre centri d'acquisizione intermedi (**sottonodo**). Le stazioni sono dislocate in gruppi di tre per sottonodo in modo da avere una maggiore flessibilità d'impiego in aree con scarsa visibilità (montagne, foreste, ecc.).
Il sottonodo è a sua volta telemetrato ad un centro stella (**nodo**), ove è situato un sistema di trasmissione dati satellitare (Libra VSAT Nanometrics), i cui dati sono acquisiti presso il centro d'acquisizione di Roma (Sala di monitoraggio sismico) e ridondati presso la sede Irpinia di Grottaminarda (disaster recovery).
La RPI è inoltre dotata di un sistema di alimentazione a pannelli solari (**FIG. 2**) che permette l'installazione delle stazioni remote e dei centri di trasmissione in modo del tutto autonomo rispetto alle infrastrutture preesistenti sul territorio.
Infine, tutta la struttura è stata ideata ed ingegnerizzata in modo da ridurre al minimo i tempi d'installazione. Il sistema è stato, infatti, realizzato interamente "*plug and play*", ovvero nessuna attività di configurazione è richiesta all'operatore all'atto dell'installazione.

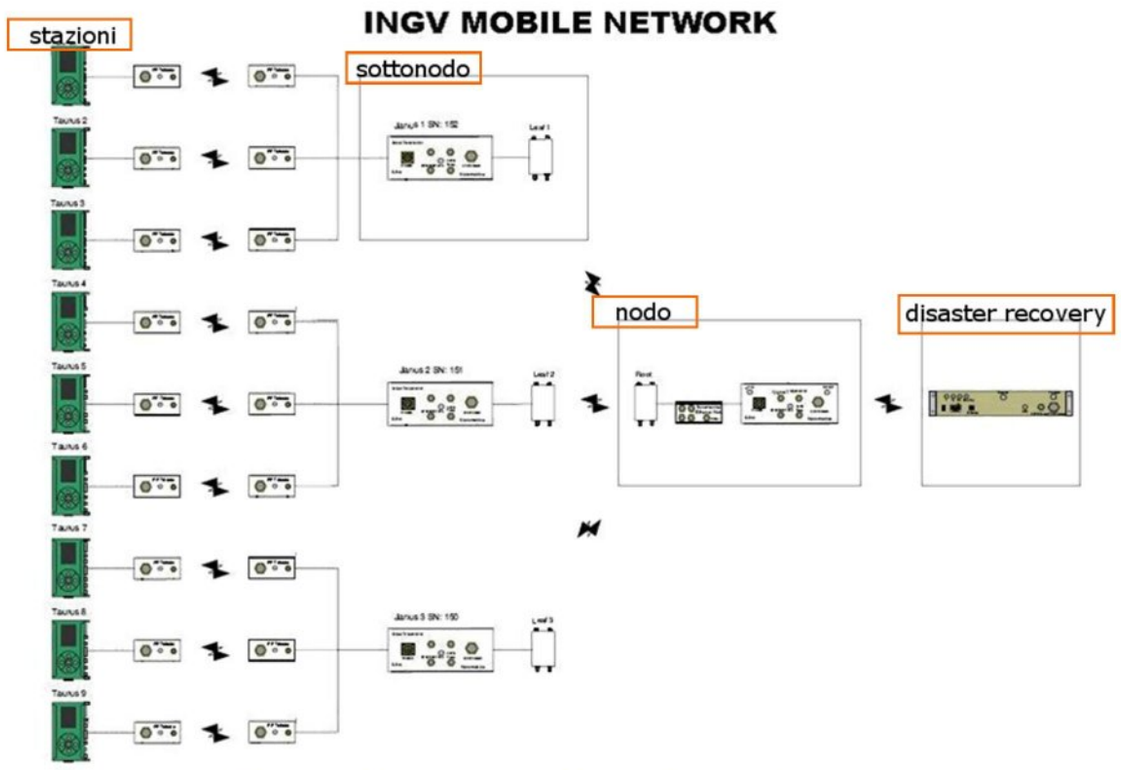


Figura 1 Struttura della Rete di Pronto Intervento

Figura 2 Sistema d'alimentazione

Figura 3 Sistema d'acquisizione

Figura 4 Stazione Remota

Figura 5 Sottonodo

Figura 6 Centro Stella

Figura 7 Tenda in dotazione alla Rete di Pronto Intervento

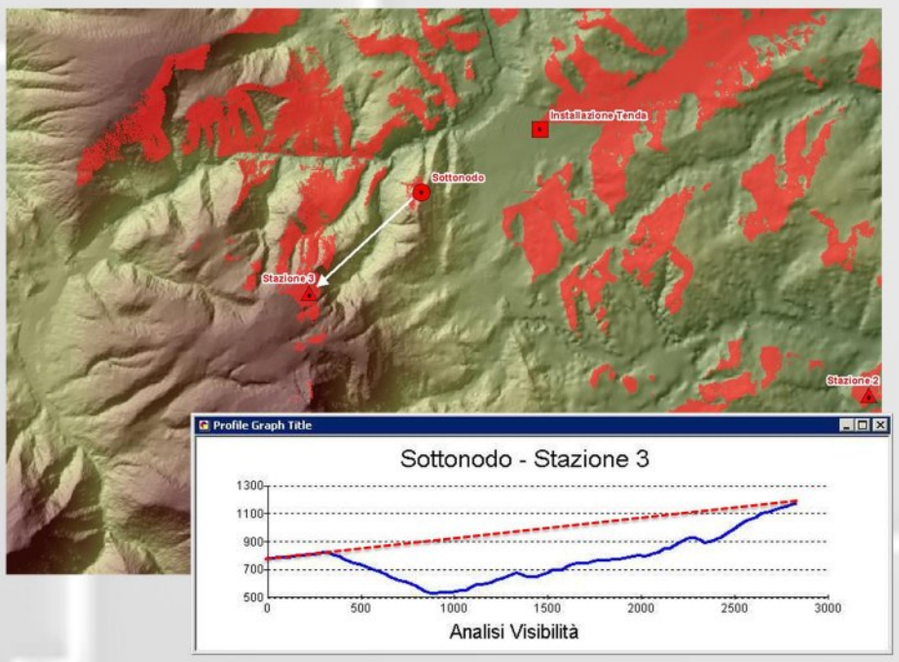


Figura 8 Distribuzione geografica delle stazioni della RPI ed analisi di visibilità

La disposizione geografica degli elementi della RPI

Le caratteristiche del sistema di trasmissione e scambio dati della RPI influenzano notevolmente la disposizione geografica delle stazioni e degli altri elementi della rete intorno all'area epicentrale.
A tal fine è' stata sviluppata un' applicazione con tecnologia GIS (*sistema informativo geografico*) a supporto della fase di pianificazione e gestione della Rete di Pronto Intervento.
Il GIS, in maniera semiautomatica, permette il posizionamento delle stazioni remote tenendo in considerazione sia l'evoluzione della sequenza sismica, sia la presenza in zona di aree antropizzate inadatte all'installazione della RPI.
Inoltre, utilizzando un modello digitale del terreno (*DEM*), l'applicativo elabora in maniera automatica un'analisi d'intervisibilità tra le stazioni ed i vari sottonodi, in modo da avere la quasi certezza della "visibilità" tra i vari punti della rete.

Centro Elaborazione Dati

Il CED

È l'unità organizzativa che si occupa del mantenimento delle infrastrutture informatiche e dei servizi di gestione dei dati. Le sue principali attività sono:

- manutenzione e gestione della rete telematica;
- definizione e applicazione delle politiche di sicurezza informatica;
- gestione e manutenzione del sistema di trasmissione dati satellitare **(Fig. 1 e 2)**;
- amministrazione dei servizi di rete: dns, mail, firewall, proxy, web, ftp, etc… **(Fig. 3)**;
- gestione e manutenzione della SAN (Storage Area Network);
- acquisizione e archiviazione dei dati della Rete Sismica Nazionale (RSN) e delle Rete Integrata Nazionale Gps (RING).

Figura 1 Sala di gestione e controllo del sistema di trasmissione dati

Figura 3 Server Room

Figura 2 Le parabole, con diametro di 3.80 m, consentono la ricezione dei dati sismici e GPS via satellite

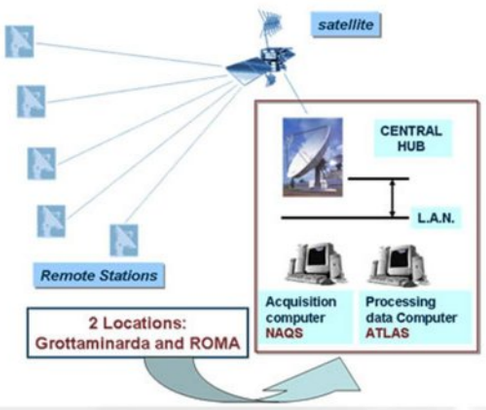


Figura 4 Schema di trasmissione dati satellitare

Il sistema di telemetria satellitare (**Fig. 4**) utilizzato per la trasmissione dei dati sismici e GPS permette una maggiore autonomia nella scelta del sito della stazione e garantisce alta qualità dei dati e una maggiore affidabilità anche in caso di forti eventi sismici.

Questo sistema, inoltre, garantisce la ridondanza dei dati acquisiti nelle sedi di Roma e Grottaminarda consentendo di avviare politiche di disaster recovery in caso di anomalie ai sistemi di acquisizione.

Sala di monitoraggio sismico e Disaster Recovery

La sala, presente nella sede Irpinia **(Fig. 5),** effettua il monitoraggio sismico del territorio nazionale ed assicura il corretto funzionamento delle stazioni sismiche e geodetiche delle Reti nazionali. Due sistemi di localizzazione paralleli (Earthworm e Seiscomp 3) consentono di rilevare in modo automatico l'epicentro di un qualsiasi evento sismico **(Fig. 6)**. In caso di guasto o problema tecnico alla Sala di monitoraggio di Roma è possibile localizzare <u>in piena autonomia</u> gli eventi sismici rappresentando così un vero e proprio "Disaster Recovery".

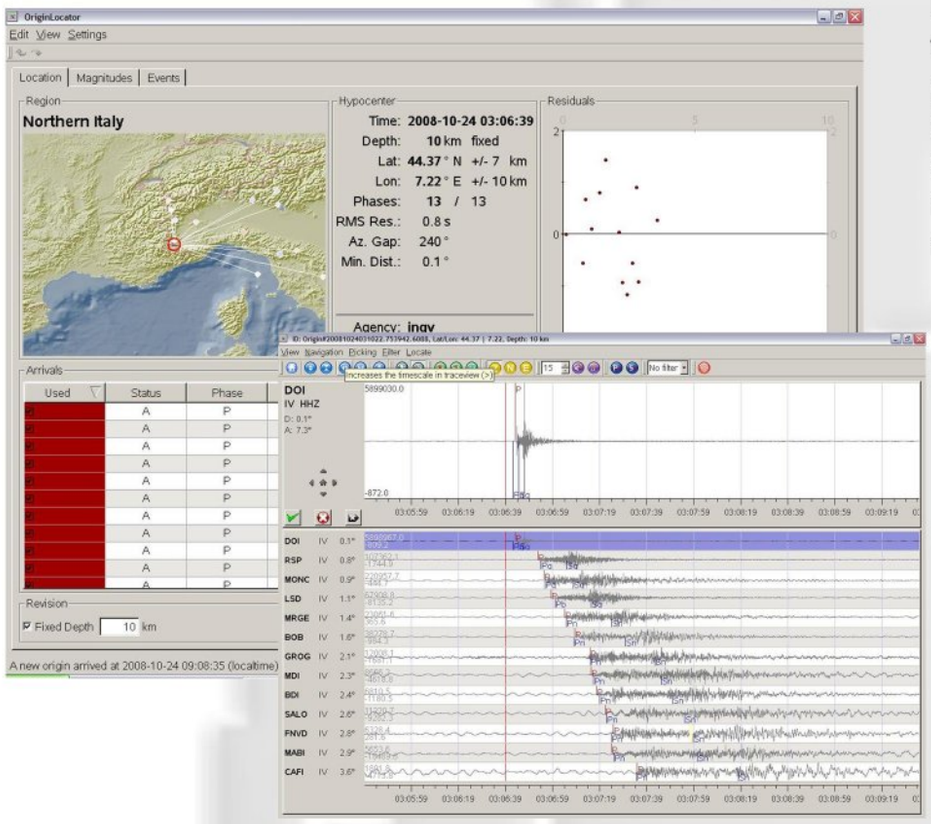


Figura 6 Localizzazione automatica di un evento sismico

Figura 5 Sala di monitoraggio sismico

Controllo delle reti

Affinché le localizzazioni degli eventi siano affidabili è importante dedicare risorse al controllo costante dello stato di salute delle Reti GPS e sismica. Diversi software **(Fig. 7)** consentono di monitorare in modo continuo eventuali problemi di trasmissione dati o guasti alle stazioni remote.

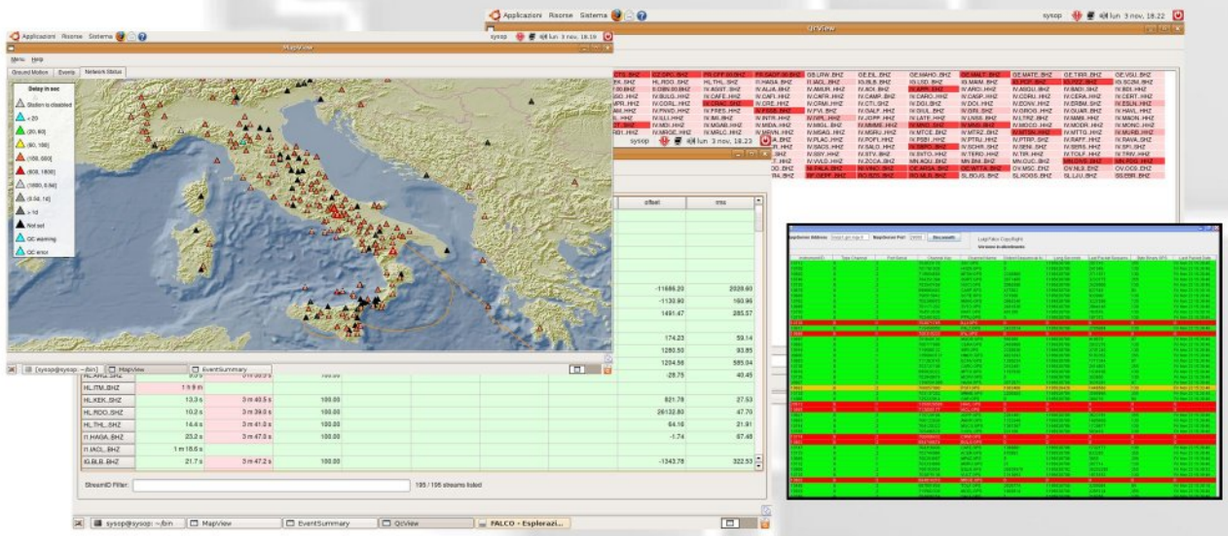


Figura 7 Software di controllo

Rete Integrata Nazionale GPS

Il CED gestisce e mantiene l'infrastruttura tecnologica, hardware e software, della RING (Rete Integrata Nazionale GPS) attraverso il portale internet: **http://ring.gm.ingv.it** .

Figura 8 Sito web di RING

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Laboratorio di cartografia digitale e sistemi informativi territoriali

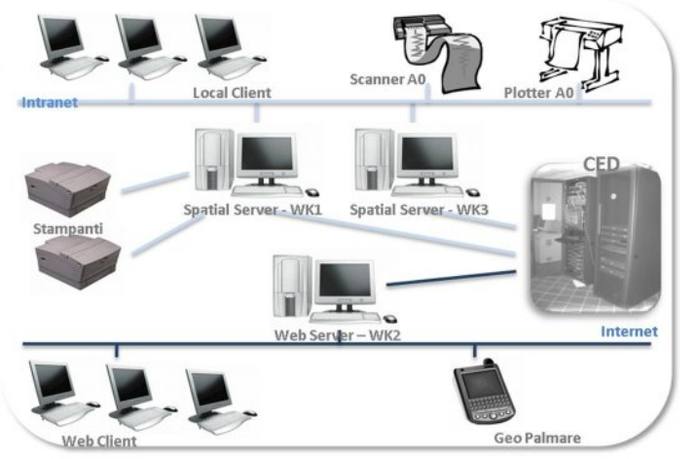


Figura 1 Struttura del LABGIS

Il laboratorio

Il Laboratorio di Cartografia Digitale e Sistemi Informativi Territoriali è una struttura che si occupa del trattamento dei dati cartografici e territoriali attraverso la tecnologia dei Sistemi Informativi Geografici. Questa tecnologia permette di memorizzare, organizzare, gestire ed elaborare grandi quantità di dati all'interno di Database Geografici. Questa organizzazione consente la produzione di Report Cartografici, la rappresentazione di scenari, la pubblicazione dei dati sul web (WebGIS) e lo sviluppo di applicazioni per la divulgazione scientifica. Il laboratorio si compone di tre workstation **(FIG. 1)**, e diverse periferiche per l'acquisizione, la stampa (Scanner a scala di grigi A0, Plotter inkjet A0) e lo storage di dati (hard-disk esterni).

Figura 2 Report della sismicità strumentale

I report cartografici

La produzione di cartografia tematica si è concentrata soprattutto sullo sviluppo delle ***Reti di monitoraggio*** **(FIG. 3)** dell'INGV fornendo uno strumento di controllo della distribuzione geografica delle stazioni della *Rete Sismica Nazionale*, della *Rete Integrata Nazionale GPS (RING)* e della *Rete Accelerometrica INGV*. L'informatizzazione dei cataloghi di sismicità storica e di sismicità strumentale, nonché del *Bollettino della Sismicità Strumentale*, ha permesso di creare delle cartografie tematiche sulla ***Sismicità dell'Italia*** **(FIG. 2)** aggiornate ogni anno.

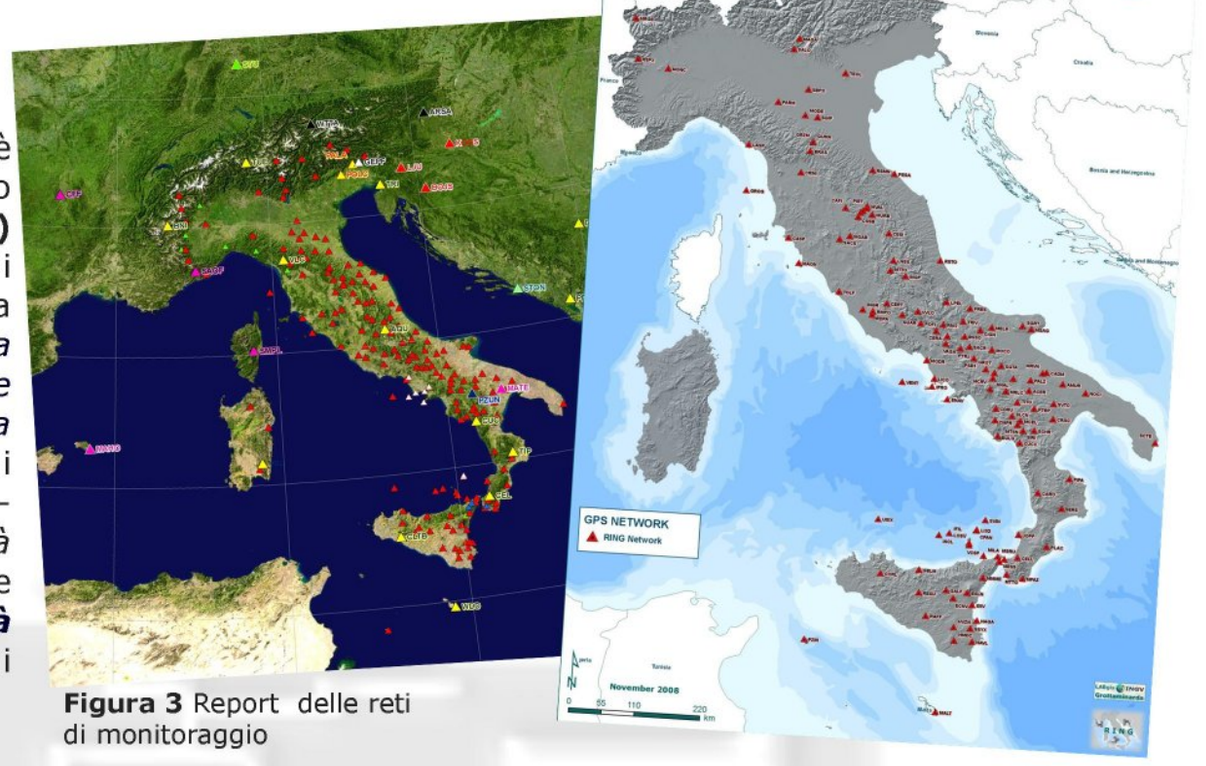
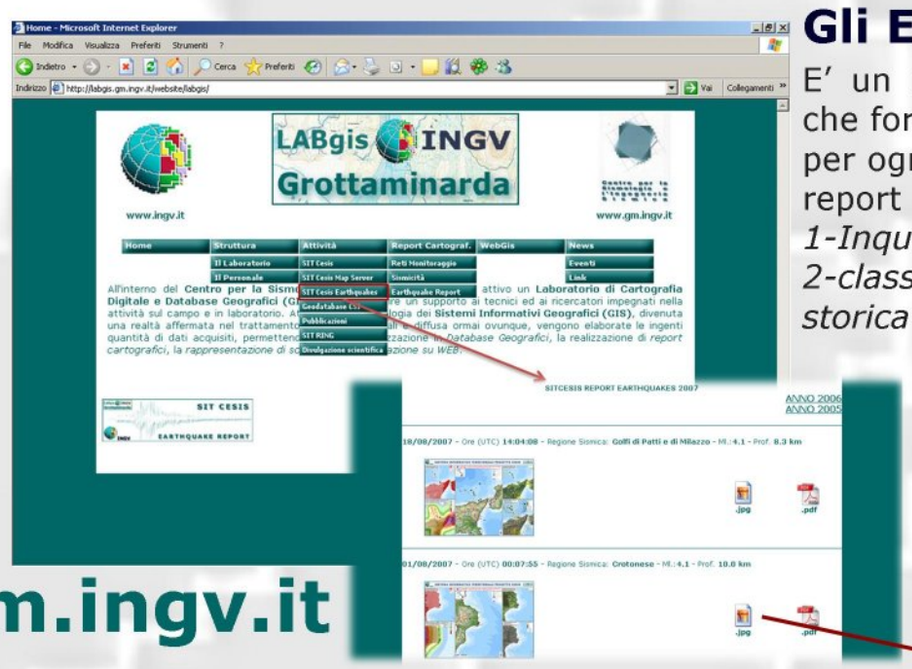


Figura 3 Report delle reti di monoraggio

Il sito web

Il sito web del LABGIS nasce nel 2006 per diffondere all'esterno le attività del laboratorio ed i prodotti realizzati. Tutto il materiale presente nel sito (*pubblicazioni scientifiche, cartografie tematiche, Earthquake Report*) oltre ad essere consultato, può essere liberamente scaricato.



http://labgis.gm.ingv.it

Gli Earthquake Report

E' un report cartografico, realizzato in modo automatico, che fornisce un inquadramento territoriale e sismotettonico per ogni evento sismico con magnitudo superiore a 3.0. Nel report sono presenti 5 viste tematiche **(FIG. 4)**: *1-Inquadramento territoriale e reti di monitoraggio, 2-classificazione sismica, 3-pericolosità sismica, 4-sismicità storica e 5-sismicità strumentale.*

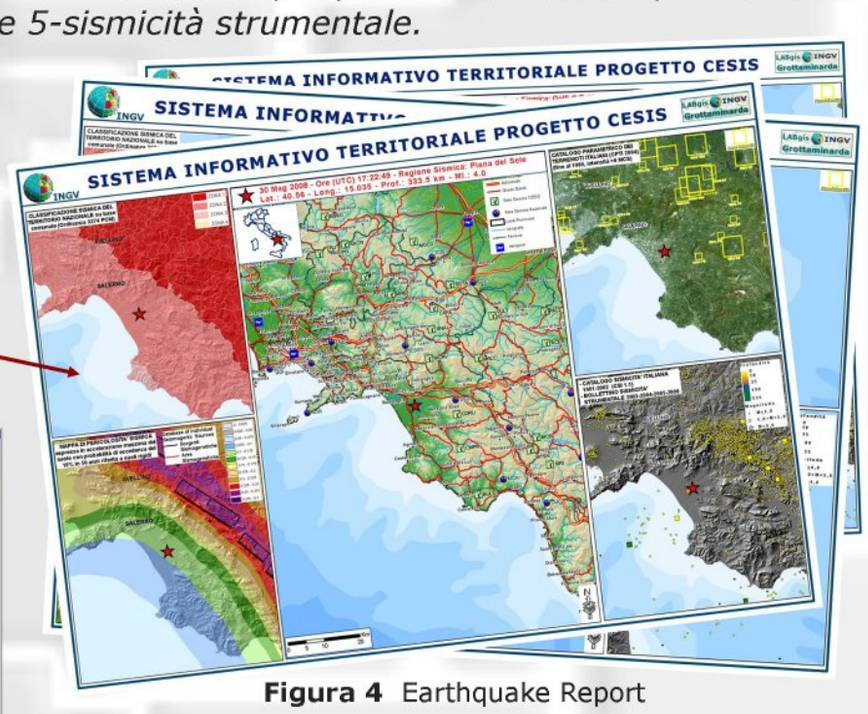


Figura 4 Earthquake Report

I Web-GIS

Un Web-GIS è uno strumento che permette la visualizzazione on-line dei dati cartografici attraverso funzionalità standard per la navigazione, l'interrogazione, la selezione e la stampa dei dati. Attualmente è attivo il ***SIT Cesis Map Server*** che è stato realizzato per verificare lo stato di avanzamento delle Reti di Monitoraggio del Progetto CE.SI.S., il ***SIT della Rete Integrata Nazionale GPS*** che contiene le informazioni geografiche collegate ai siti di ubicazione delle stazioni e il ***SIT del Catalogo della Sismicità Italiana*** che permette la consultazione di tutti gli eventi presenti nel CSI 1.1.

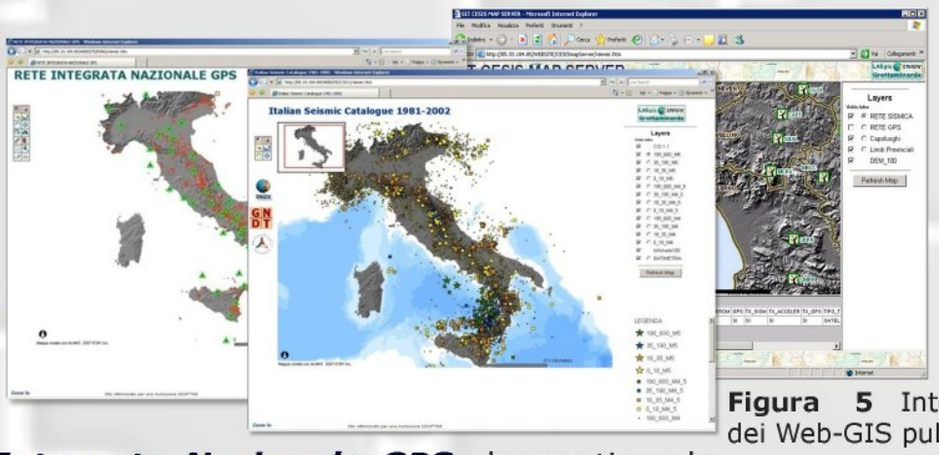


Figura 5 Interfacce dei Web-GIS pubblicati

Collaborazioni con altre sedi INGV

Sismap **(FIG. 7)** è un software per il monitoraggio sismico in tempo reale capace di acquisire i segnali sismici delle stazioni della Rete Sismica Nazionale e di fornire la posizione dell'evento grazie al software di localizzazione automatica. ***Geoserver*** **(FIG. 6)** è un progetto di archiviazione e distribuzione sul Web di dati geografici georeferenziati. ***La Carta della Sismicità in Italia,*** **(FIG. 8)** realizzata con i dati del bollettino sismico, mostra circa 20.000 terremoti avvenuti tra il 2000 e il 2007 in Italia. Per collaborare al meglio ai progetti con le altre sedi, il personale presente in questo laboratorio è stato inserito all'interno dell'Unita di progetto chiamata ***"Informazione in Ambiente Geospaziale"***, istituita per coordinare il personale impegnato nelle attività di sviluppo di prodotti e applicazioni GIS.

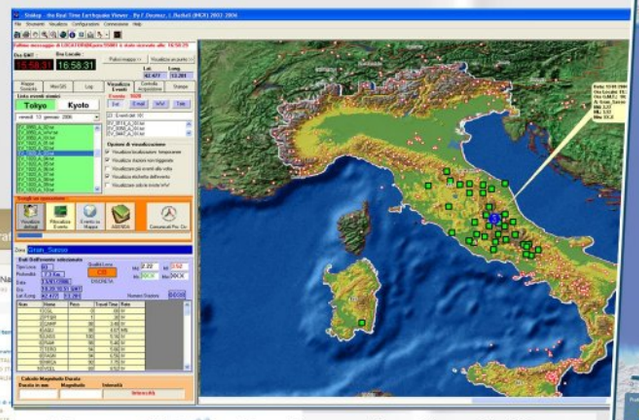


Figura 7 Interfaccia applicativo SisMap

Figura 6 Pagina web GEOSERVER

Figura 8 Carta della Sismicità 2000-2007

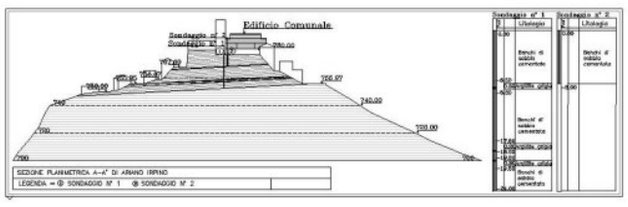
INGV - Sede Irpinia - C.da Ciavolone - 83035 Grottaminarda (AV) - www.gm.ingv.it - info@gm.ingv.it

Ricerche di sismologia ed ingegneria sismica

Le attività di ricerca comprendono gli studi delle risposte sismiche locali e delle risposte di strutture sottoposte ad input sismici e a vibrazioni ambientali mediante approcci multidisciplinari. Vengono effettuate le registrazioni e le analisi dei dati sismometrici sia per lo studio degli effetti di sito che per lo studio della risposta dinamica degli edifici. Inoltre vengono eseguite simulazioni numeriche mediante codici di calcolo per comprendere le caratterizzazioni dinamiche delle strutture studiate.

Monitoraggio sismico degli edifici

Il monitoraggio sismico è stato effettuato su un edificio campione in muratura (il municipio di Ariano Irpino). Tale scelta è stata anche motivata dal carattere strategico dell'edificio con funzioni di coordinamento in caso di emergenza sismica. L'edificio ricade nel territorio irpino, una delle aree a maggiore rischio sismico in Italia. La città, nella sua storia, ha subito gli effetti di numerosi terremoti distruttivi (**Tabella 1**).

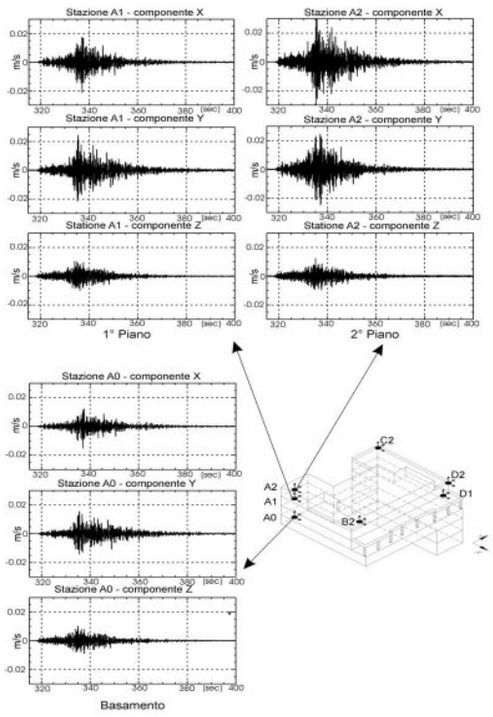


Sezione topografica e sondaggi geologici

Terremoti distruttivi Ariano Irpino e Valle Ufita

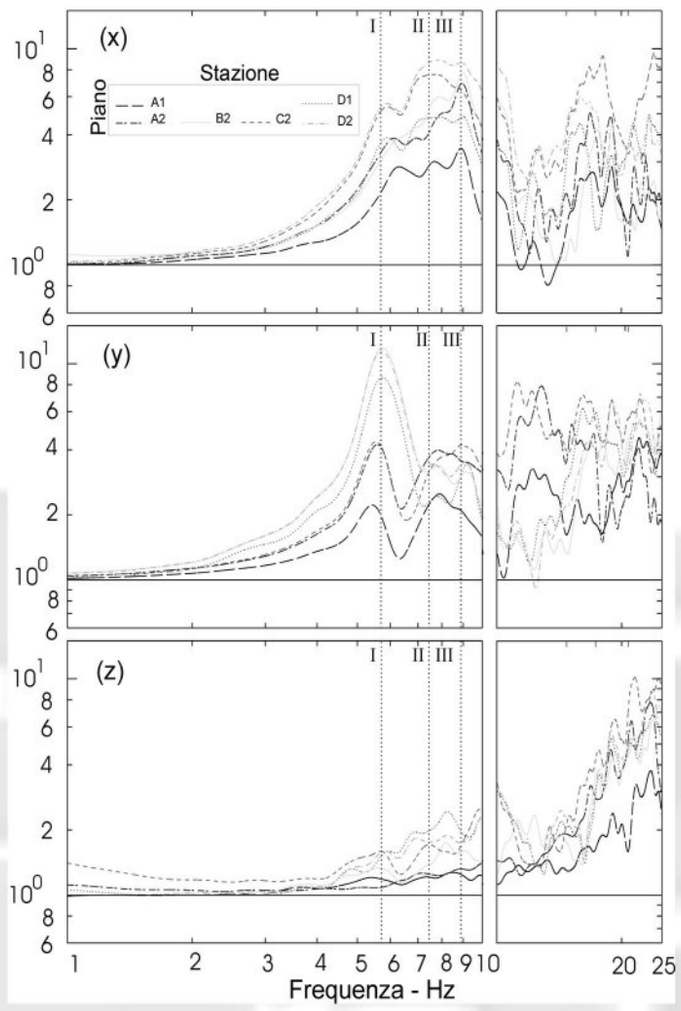
Data	Zona epicentrale	Io	Me	Is	R
1456 12 05	Sannio-Irpinia	XI	7.0	XI	20
1702 03 14	Beneventano-Irpinia	X	6.5	X	13
1732 11 29	Irpinia	X-XI	6.6	X	12
1688 06 05	Sannio	XI	7.0	IX	46
1694 09 08	Irpinia-Basilicata	X	6.8	VIII	42
1930 07 23	Irpinia	X	6.7	VIII	25
1962 08 21	Irpinia	IX	6.1	VIII	15
1517 03 29	Irpinia	VII-VIII	5.4	VII-VIII	20
1741 08 06	Irpinia	VII-VIII	5.4	VII-VIII	22
1980 11 23	Irpinia-Basilicata	X	6.7	VI-VII	40

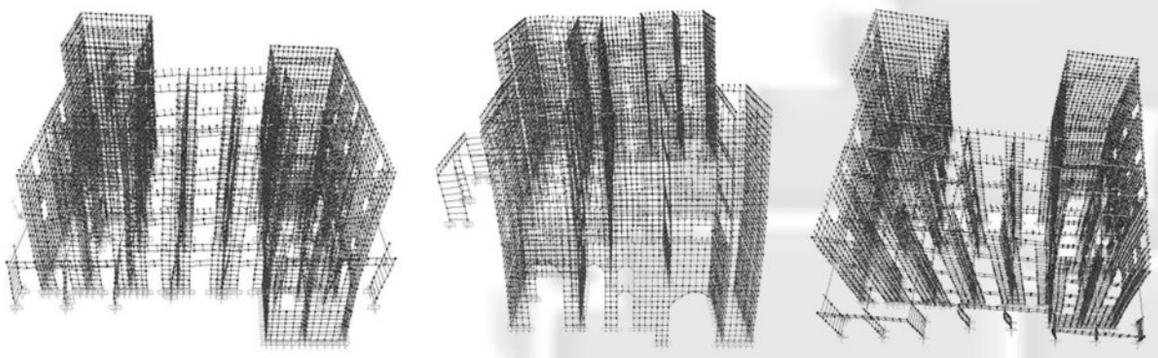
Tabella 1 Io= Intensità epicentrale (MCS); Me= Magnitudo equivalente; Is= Intensità al sito (MCS); R= Distanza epicentrale in km.



Disposizione della strumentazione e forme d'onda delle velocità registrate per un evento del 29-05-2006

Analisi dei dati
Es. di rapporti spettrali per le tre componenti del moto rispetto al riferimento. Le linee I, II, III rappresentano i valori dei modi di vibrazione ottenuti dalla modellazione numerica.





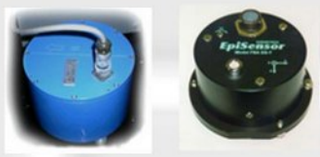
Deformate ottenute mediante modellazione numerica tridimensionale

Strumentazione

Quanterra-Q330
Il Q330 è un data-logger che acquisisce i dati registrati dai sensori. E' un sistema sismico broad-band ad alta risoluzione.

Reftek 130
Acquisitore sismico compatto, a basso consumo energetico.

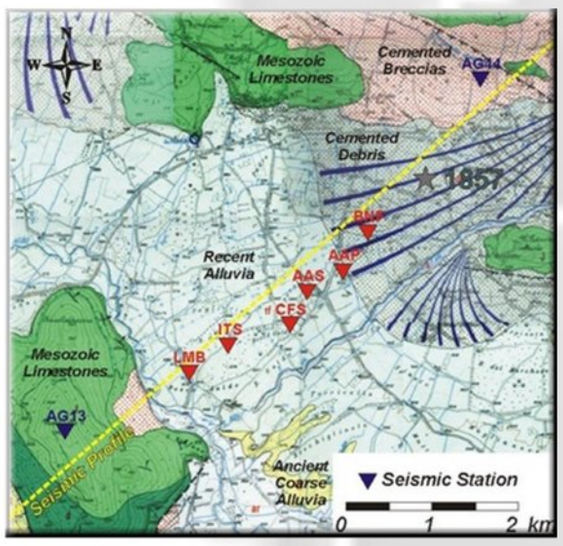
Kinemetrics Etna
Acquisitore sismico con accelerometro interno Episensor.



I sensori
Velocimetro Lennartz 3d-5s e Accelerometro Episensor.

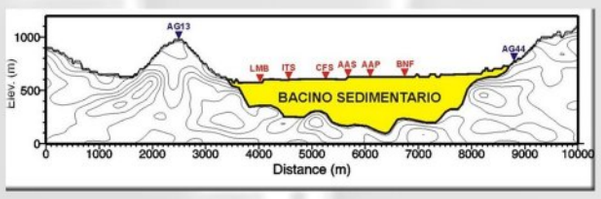
Studio degli effetti di sito e microzonazione sismica

La risposta sismica locale gioca un ruolo fondamentale negli studi di microzonazione sismica che ha la finalità di prevedere la distribuzione degli effetti di un terremoto in un'area urbana e di individuare criteri di pianificazione del territorio (geotecnici, strutturali, urbanistici) volti a mitigare, in futuro, gli effetti di un terremoto. Nella risposta sismica locale si evidenziano fenomeni di amplificazione sia d'ampiezza che d'incremento della durata del moto sismico (effetti di sito) che caratterizzano generalmente le coperture di terreni superficiali poggianti su un substrato roccioso. Lo studio degli effetti di sito avviene mediante l'analisi di registrazioni di terremoti e di rumore sismico ambientale (metodi sperimentali) e/o attraverso la simulazione della propagazione delle onde sismiche in modelli del sottosuolo (metodi numerici) e necessariamente si avvale di contributi di diversa estrazione di tipo sismologico, geofisico, geotecnico, ingegneristico.



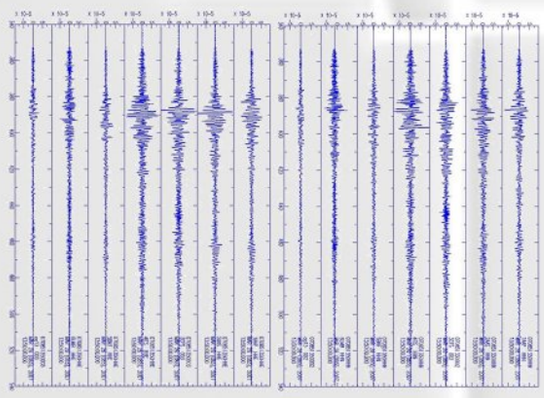
Ubicazione stazioni sismiche in Val d'Agri

Studio della risposta sismica locale in Val d'Agri
La Val d'Agri è una delle aree italiane a maggiore potenziale sismogenetico. Al fine di valutare eventuali fenomeni di amplificazione del moto sismico nel bacino sedimentario, a partire dal 2005 sono state installate 6 stazioni a 6 componenti lungo un profilo di direzione sud-ovest nord-est che attraversa il centro di Villa d'Agri.

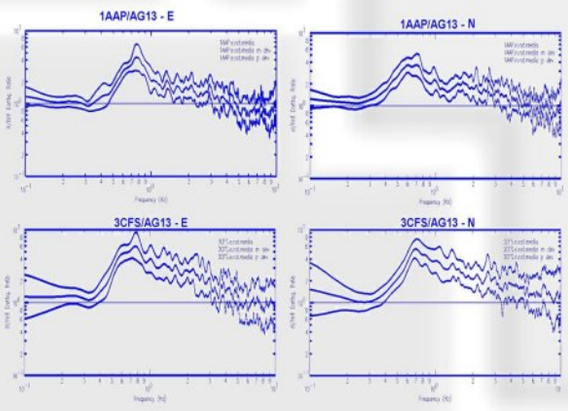


Geometria del bacino sedimentario

I sismogrammi evidenziano fenomeni di amplificazione dell'ampiezza e durata del moto del suolo prodotti dalla risonanza dei depositi del bacino che poggiano su rocce carbonatiche.



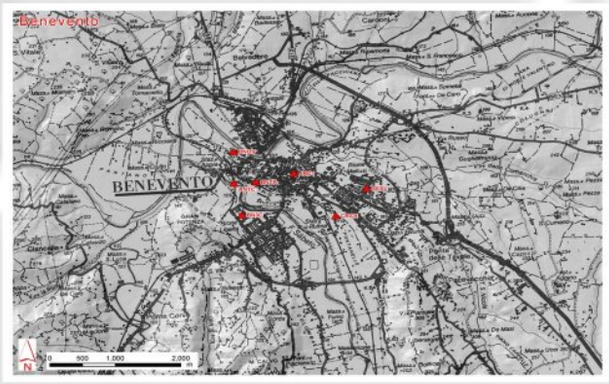
Sismogrammi dell'evento, ML 3.9 - distanza 41 Km



Rapporti spettrali delle stazioni

Rete sismica temporanea nella città di Benevento

Nella città di Benevento sono state collocate sette stazioni sismiche accelerometriche (Kinemetrics Etna) con la finalità di acquisire registrazioni di moti forti del suolo necessarie per valutare la risposta sismica locale in regime non-lineare. Lo studio diventa importante in quanto fenomeni d'amplificazione del moto sismico sono attesi nell'area urbana a causa della presenza di estese e potenti coltri di terreni con scadenti proprietà meccaniche e in considerazione che la città è stata colpita da terremoti distruttivi in tempi storici (375, 1456, 1688, 1702, 1732).



Stazioni sismiche città di Benevento

Sismica attiva ad alta risoluzione

Sorgente Sismica IVI Minivib

Figura 1 La Sorgente Sismica Minivib genera, attraverso una piastra vibrante, un treno d'onde modulato nel tempo e controllato in ampiezza e frequenza

La sismica a riflessione

La **sismica a riflessione ad alta risoluzione** è una metodologia d'indagine geofisica del sottosuolo che fornisce la migliore ricostruzione delle caratteristiche e delle geometrie dei terreni. In particolare, tale metodo permette di individuare e descrivere le principali strutture geologiche che hanno caratterizzato l'evoluzione tettonica del territorio (es. faglie sismogenetiche).

La tecnica consiste nell'acquisizione dei dati sul terreno, nella loro elaborazione e nell'interpretazione dei risultati.

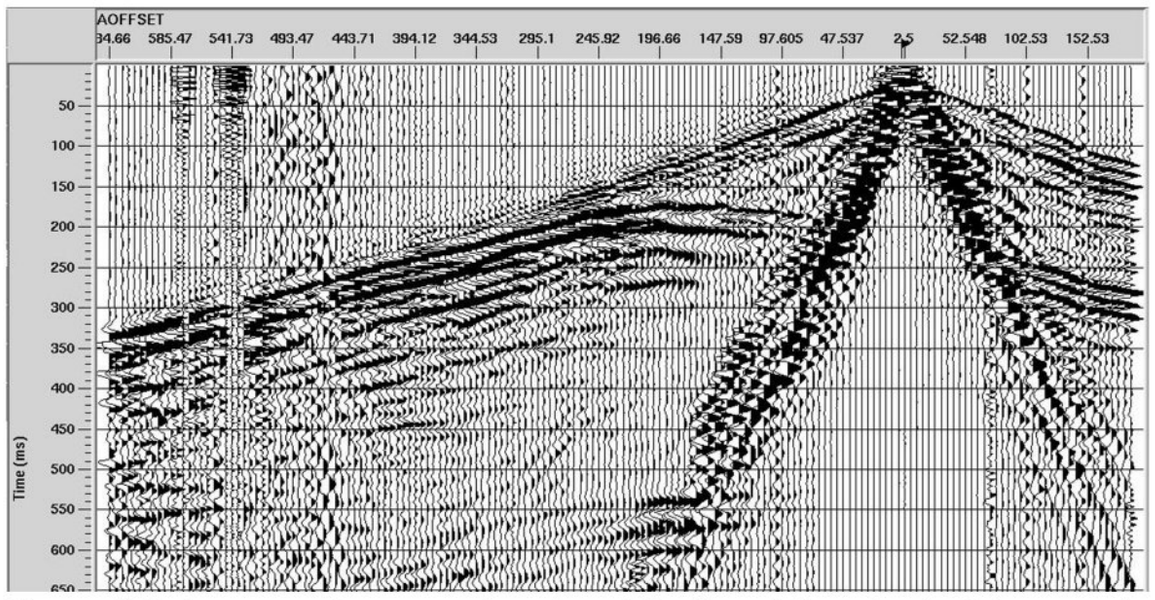


Figura 2 I sismogrammi rappresentano la registrazione delle onde sismiche generate dalla sorgente e propagatesi nel sottosuolo. L'elaborazione di tali dati consente di ottenere informazioni dettagliate sulla struttura interna della Terra

Campi di applicazione

Il carattere assolutamente non invasivo della sorgente sismica vibratoria Minivib rappresenta una scelta eccellente per indagini ad alta risoluzione, sia in aree urbane che rurali. Aree sensibili e ad elevato valore culturale, infatti, richiedono l'impiego di sorgenti a basso impatto ambientale.

Studio di strutture sismogenetiche

La ricerca è finalizzata al riconoscimento delle strutture sismogenetiche che determinano il livello di pericolosità sismica del territorio nazionale. Obiettivo dello studio è quello di definire le caratteristiche sismotettoniche di un'area ai fini di individuare le strutture geologiche attive, potenzialmente responsabili di terremoti. Tale studio avviene attraverso la ricostruzione del **piano di faglia**, che rappresenta la superficie lungo la quale ha luogo la dislocazione che genera il terremoto.

L'integrazione di indagini di **sismica a riflessione e rifrazione**, con altre metodologie geofisiche e geologiche, permette di ottenere informazioni indispensabili per comprendere storia, geometria e cinematica delle faglie allo scopo di mitigare il rischio sismico.

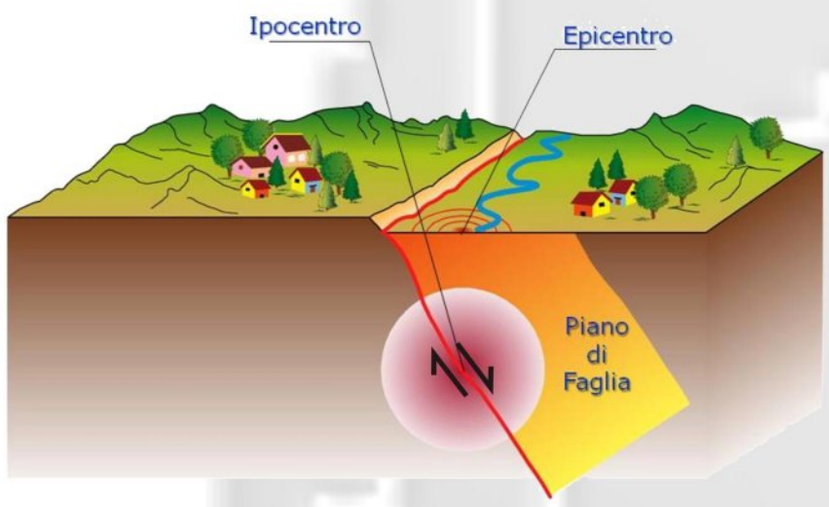


Figura 3 Schema di fagliazione e relative deformazioni

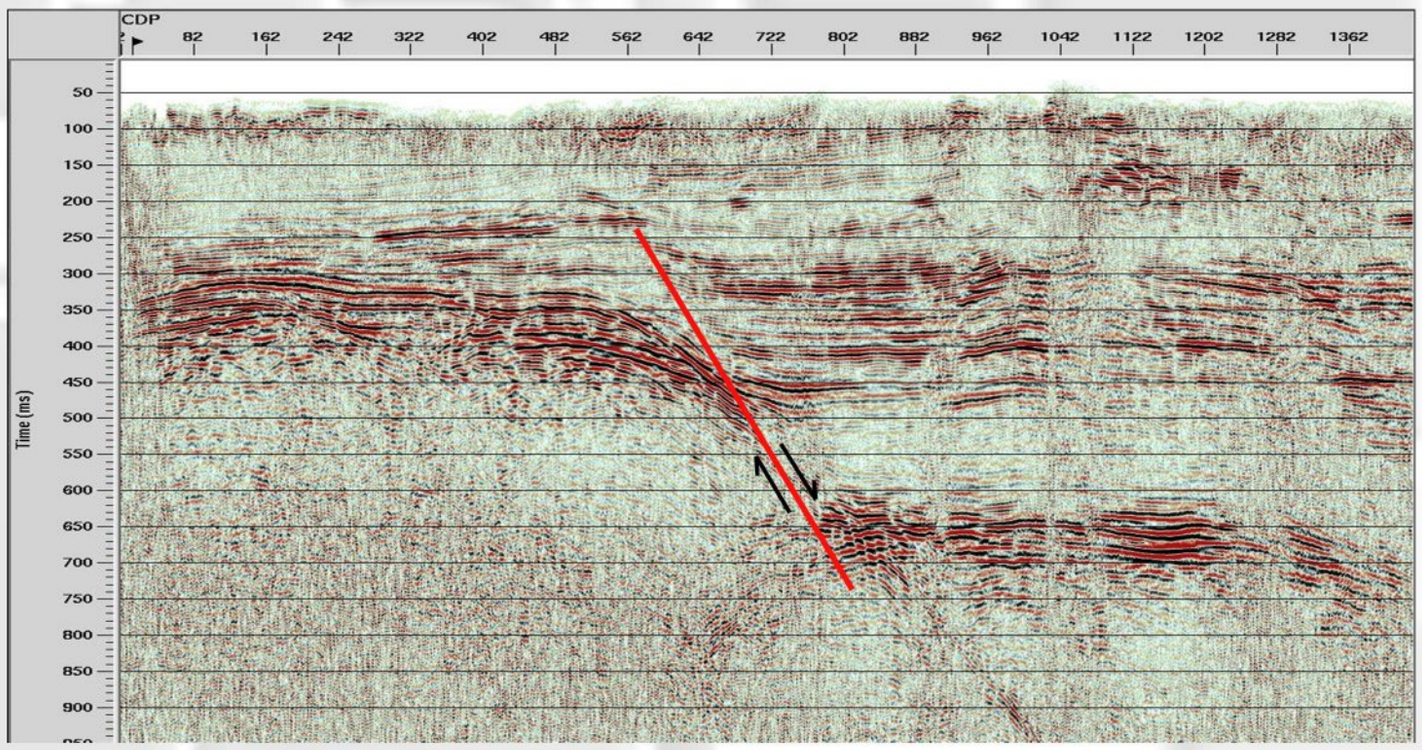


Figura 4 Profilo sismico a riflessione ad alta risoluzione acquisito su una faglia sismogenetica dell'Appennino meridionale

Applicazione della sorgente Minivib all'ingegneria sismica

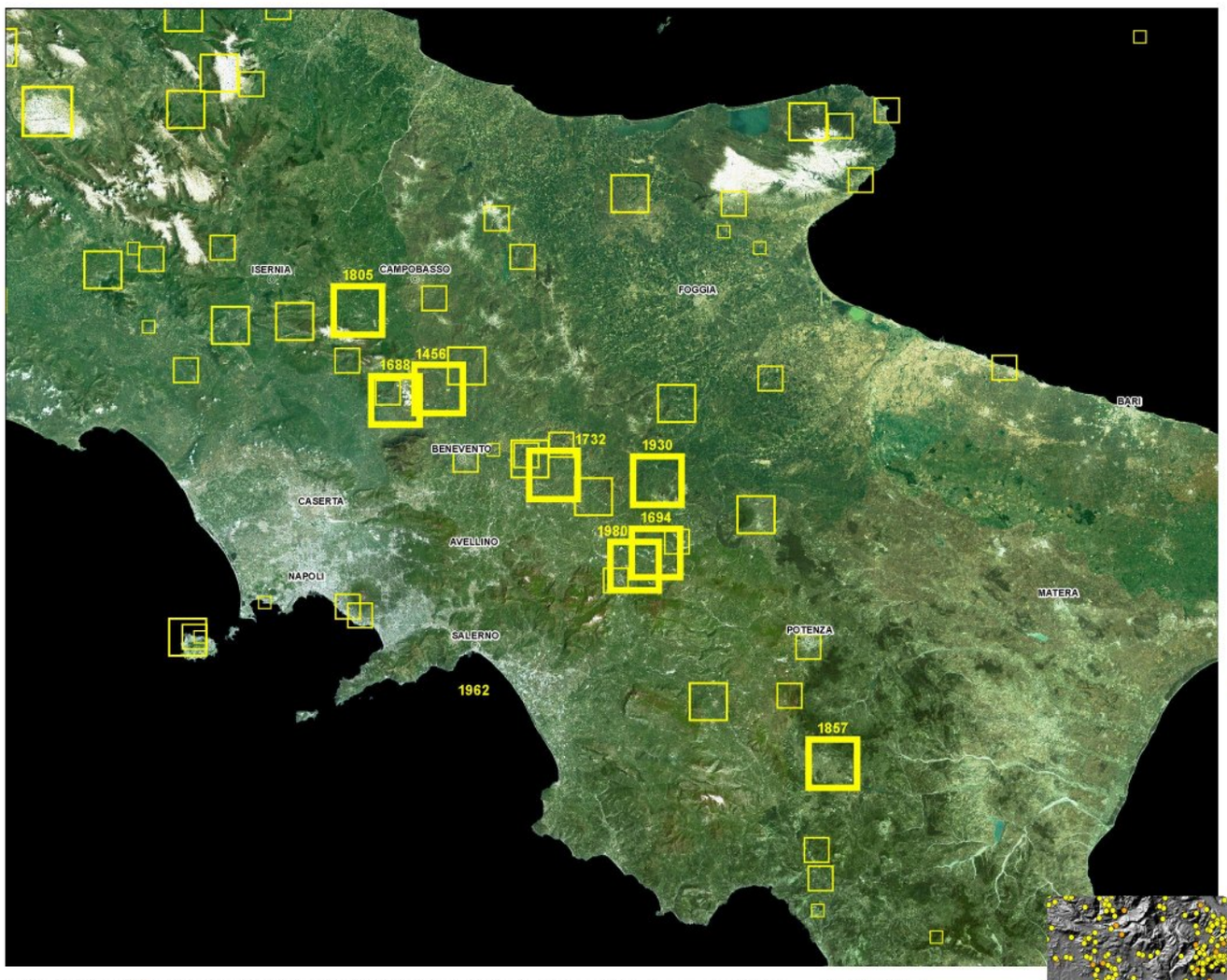
La generazione di vibrazioni in prossimità di manufatti è essenziale per la stima dei parametri di risposta elastici degli edifici e per il riconoscimento dei modi di vibrazione fondamentali delle strutture.

Figura 5 Test della sorgente sismica Minivib allo scopo di registrare ed analizzare i dati sismometrici su un edificio campione (sito nell'area urbana di Ariano Irpino) al fine di studiarne la risposta per diversi modi di vibrazione

In occasione di eventi sismici, le locali condizioni geologiche e geomorfologiche possono influenzare notevolmente la pericolosità sismica di un'area. Per tale motivo i danni subiti da costruzioni analoghe possono variare fortemente anche entro distanze molto ravvicinate. Infatti, a causa di morfologie topografiche articolate, avvengono fenomeni di focalizzazione geometrica dell'energia sismica con aumento dell'ampiezza delle onde in corrispondenza di irregolarità nel substrato.

In tale contesto esperimenti di sismica attiva e passiva, che permettono la definizione della struttura del sottosuolo, con particolare attenzione alla determinazione del profilo verticale di velocità (Vs-30), risultano necessari per lo studio della risposta di sito ai fini della **microzonazione sismica** (Ordinanza P.C.M. 3274/03). La microzonazione, individuando le aree a diversa pericolosità sismica, permette di indirizzare le scelte di pianificazione territoriale ed urbanistica verso zone a minore rischio.

Sismicità della Regione Campania



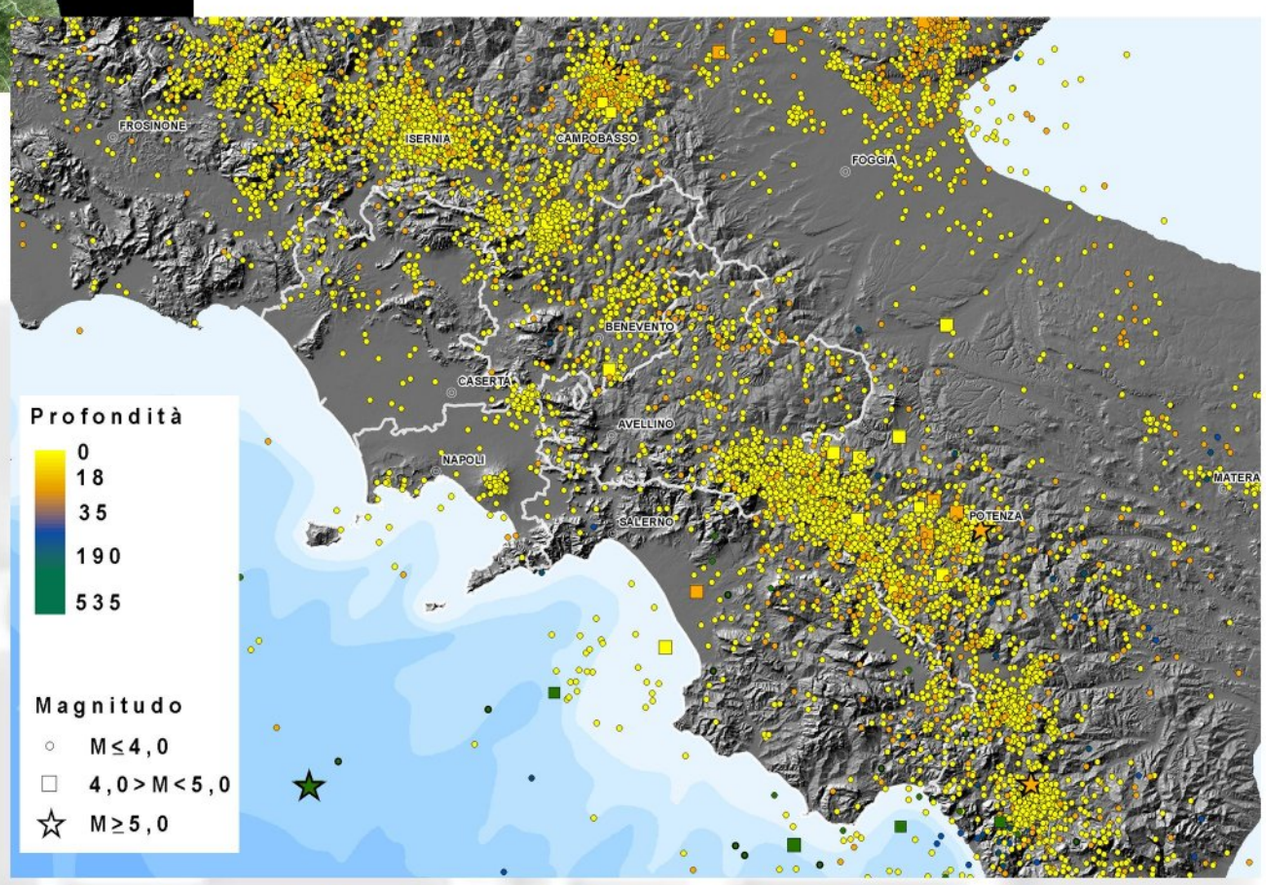
I forti terremoti storici registrati in Campania e in aree adiacenti sono distribuiti lungo la catena appenninica.

DATA	*magnitudo*	*EPICENTRO*
5 dicembre 1456	**7.1**	**Italia centro-meridionale**
5 giugno 1688	**6.6**	**Sannio**
8 settembre 1694	**6.8**	**Irpinia-Basilicata**
29 novembre 1732	**6.6**	**Irpinia**
26 luglio 1805	**6.6**	**Molise**
16 dicembre 1857	**7.0**	**Basilicata**
23 luglio 1930	**6.7**	**Irpinia**
21 agosto 1962	**6.2**	**Irpinia-Sannio**
23 novembre 1980	**6.7**	**Irpinia-Basilicata**

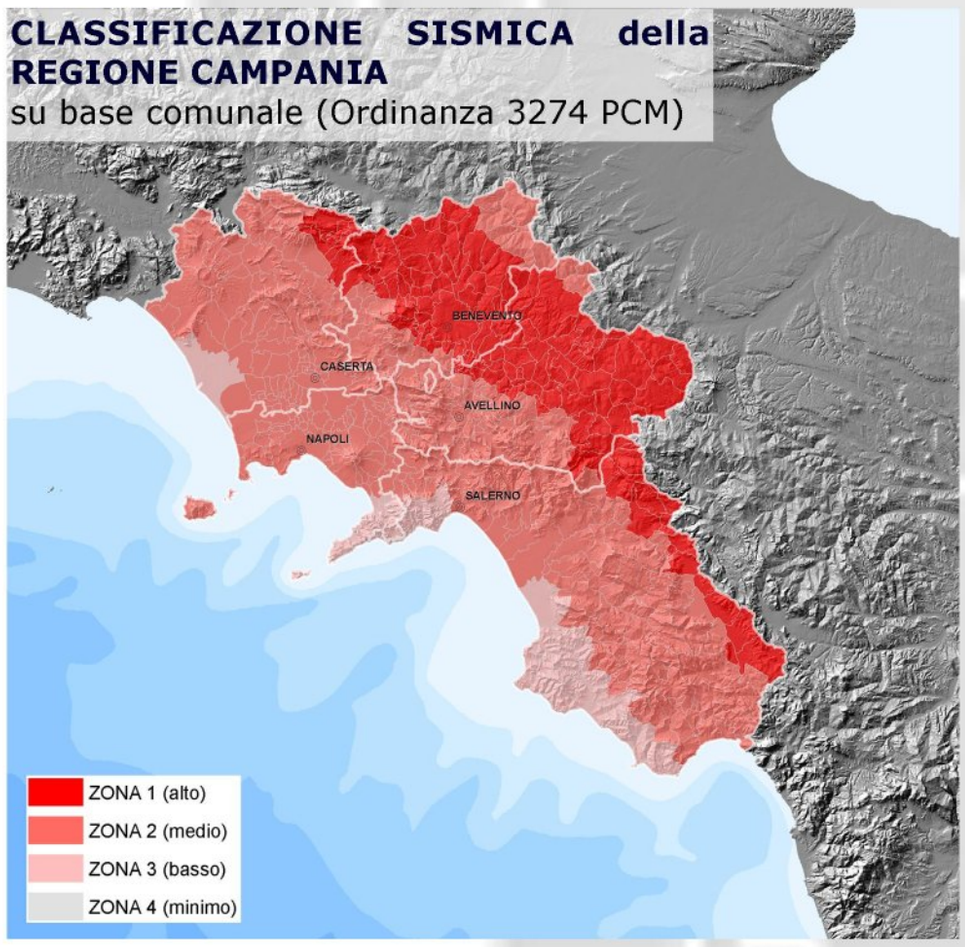
I quadrati rappresentano i terremoti storici avvenuti in Campania e nelle aree adiacenti ricavati dal ***Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*** (*CPTI 2004*) con intensità epicentrale maggiore del VII grado della scala Mercalli - Cancani - Sieberg.

La dimensione dei quadrati e' proporzionale al grado di intensità dell'evento sismico.

Dal 2001 la ***Rete Sismica Nazionale*** dell'INGV ha raggiunto un livello di eccellenza nel panorama mondiale con l'installazione di circa 100 nuove stazioni permanenti, digitali, a tre componenti e con trasmissione satellitare. La geometria attuale, con oltre 230 stazioni, copre con una maglia sufficientemente densa le aree a più elevata sismicità del nostro territorio.

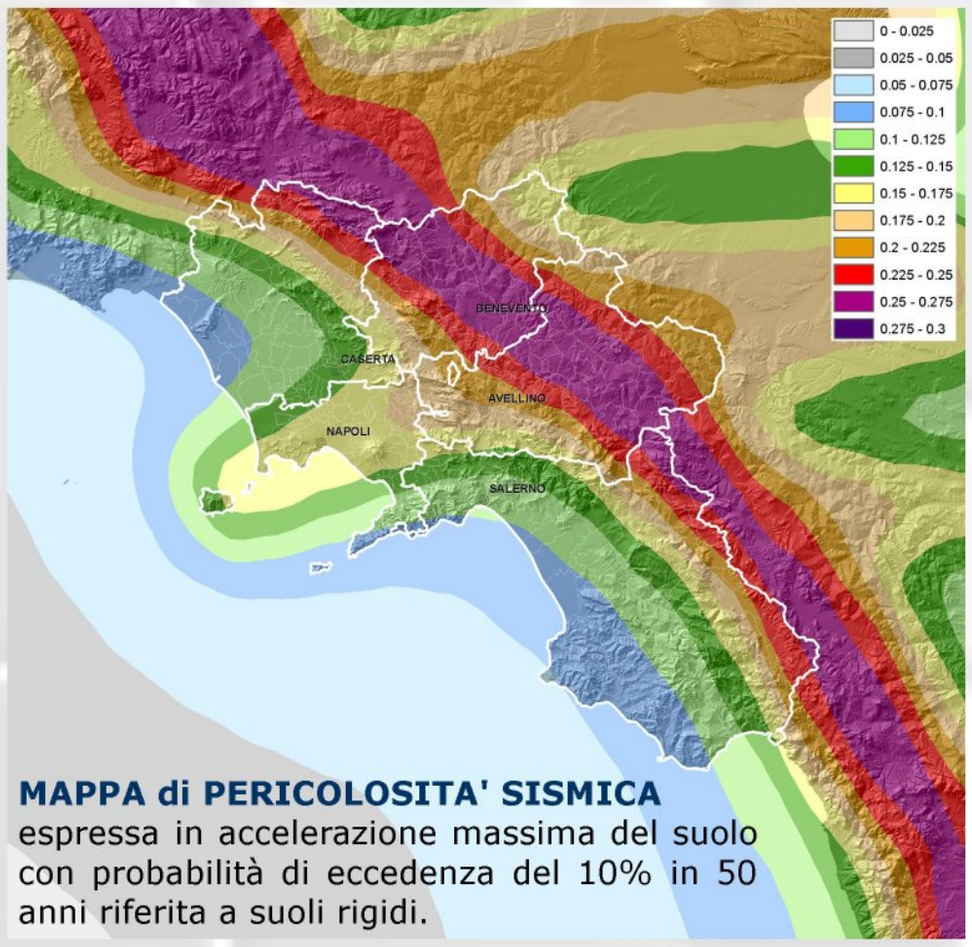


Il ***Catalogo della Sismicità Italiana 1981-2002*** (CSI 1.1) e il ***Bollettino della Sismicità Strumentale dal 2003 al 2007*** forniscono la distribuzione epicentrale dei terremoti avvenuti in Italia dal 1981 ad oggi registrati e localizzati dalla Rete Sismica Nazionale. La rappresentazione degli eventi sismici è basata sulla suddivisione per classi di magnitudo e per profondità ipocentrale. Negli ultimi anni in Campania sono state registrate sequenze sismiche con pochi eventi rilevanti di magnitudo intorno a 4.0.



La classificazione sismica su base comunale della Regione Campania prevede 3 livelli di pericolosità decrescente da 1 a 3. E' uno strumento importante di prevenzione per la progettazione di nuove costruzioni.

La mappa di pericolosità sismica è stata redatta sulla base di un modello sismotettonico, un catalogo di sismicità storica e sulle relazioni locali di attenuazione del moto del suolo.

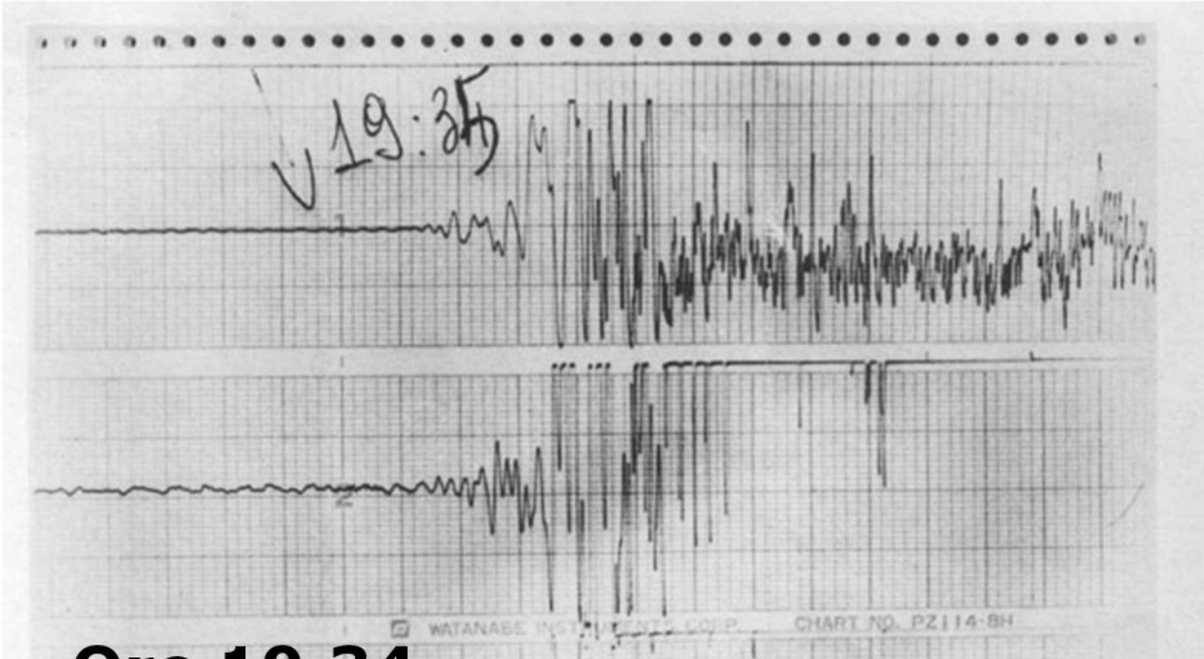


MAPPA di PERICOLOSITA' SISMICA
espressa in accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Terremoto del 23 novembre 1980, ricordi storici…

Domenica 23 novembre 1980, ore 19.34 un forte terremoto colpì l'Irpinia, la Basilicata, l'Alto Sele e la provincia di Napoli……e nulla fu più come prima…..



Ore 19.34
Il minuto che ha rotto l'Italia

I numeri del terremoto:

- **Magnitudo=6.9 - Intensità=XI MCS;**
- **epicentro: Conza della Campania;**
- **il numero di vittime fu di 2.914 unita';**
- **il numero di feriti fu di 10.000 unità;**
- **il numero di sfollati fu di 300.000 unità;**
- **i comuni più colpiti, alla fine, risulteranno quelli di Sant'Angelo dei Lombardi, Laviano, Lioni, Torella dei Lombardi, Conza della Campania e Teora, tutti in provincia di Avellino.**

IL MATTINO

CRESCE IN MANIERA CATASTROFICA IL NUMERO DEI MORTI (SONO 10.000?) E DEI RIMASTI SENZA TETTO (250.000?)

FATE PRESTO

per salvare chi è ancora vivo
per aiutare chi non ha più nulla

SOCCORSI LENTI SALE LA RABBIA

NAPOLI DEVE TORNARE A VIVERE

14 pagine sulla catastrofe

IL MATTINO

IRPINIA, ALTO SELE E LUCANIA, UN PANORAMA DI ROVINE
ALTRE SCOSSE, SOCCORSI A RILENTO, NAPOLI PARALIZZATA

I MORTI SONO MIGLIAIA
100.000 I SENZATETTO

È GIÀ UN ALTRO BELICE

Decine di paesi cancellati - Bivacchi notturni nelle piazze - Chiuse ancora le scuole - Oggi Papa Giovanni Paolo II in visita a Napoli

18 PAGINE SULLA CATASTROFE

IL MATTINO ILLUSTRATO
L'INFERNO ABITA QUI

Quei giorni

I fotografi arrivarono quella stessa notte, in alcuni casi precedettero di giorni i primi soccorsi. Pagine e pagine di quotidiani, inserti e numeri speciali dei periodici. Forse nessun dramma italiano di tali proporzioni è stato tanto fotografato. Decine di migliaia di immagini, spesso dure, sconvolgenti, intrise di un indescrivibile dolore: ma quasi mai spietate. Il rischio professionale che incombe su chi affronti la cronaca dal mirino di un apparecchio fotografico è infatti quello di farsi prendere la mano, di cedere all'oscuro fascino del mostruoso. Per il terremoto del 23 novembre questo, salvo trascurabili eccezioni, non è accaduto. Le montagne di macerie, i lugubri filari di bare, i corpi composti nei pochi edifici ancora in piedi e più spesso nelle campagne alle porte dei paesi. Nelle fotografie di quei giorni c'è tutto questo, ma anche l'angoscia e lo sgomento dei sopravvissuti, le attonite espressioni dei «sepolti vivi» salvati all'ultimo minuto, la frenetica attività dei soccorritori che diventa dopo pochi giorni rabbioso senso di impotenza di fronte alla enormità del disastro e di rabbia per la lentezza con cui s'avviava la macchina «ufficiale» dell'operazione-emergenza. A Napoli e nelle altre città colpite, Avellino, Potenza, Salerno, i fotografi testimoniarono con il loro lavoro il dramma dei senzatetto, le ferite profonde inferte dal sisma a interi quartieri; di quei centri storici mostrarono anche la

Lioni - Foto di Mario Siano

31

la Repubblica

Sempre più gravi le proporzioni della catastrofe di domenica notte

Il Sud sprofonda

Migliaia di morti, interi paesi cancellati
Colpite quattro province, da Napoli a Potenza

Non permetteremo un altro Belice

Il dramma ora per ora nelle sale del Viminale

Il presidente ai terremotati: "Le parole sono vane, si spengono sui cadaveri"

"Pertini, non abbandonarci"

Ho viaggiato sulle strade dell'inferno

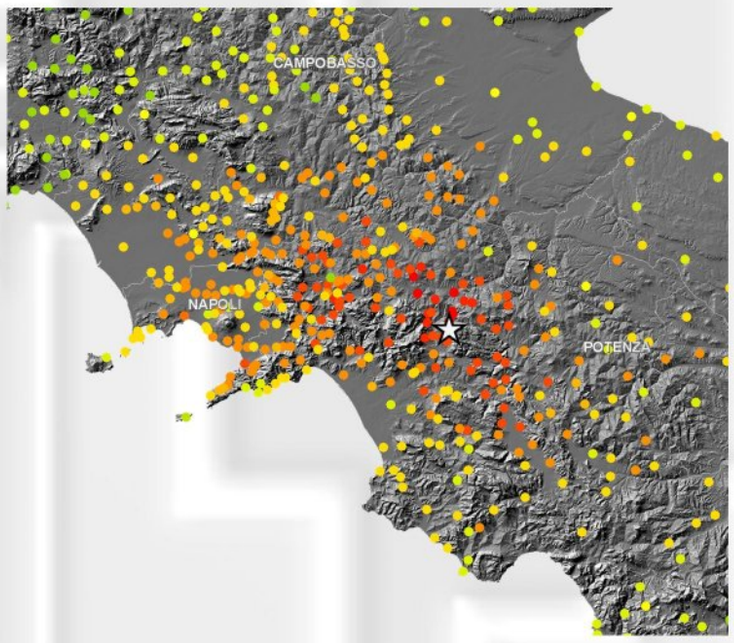
Il bilancio nei 97 comuni
Si contano con le vertiane i feriti e i senza tetto

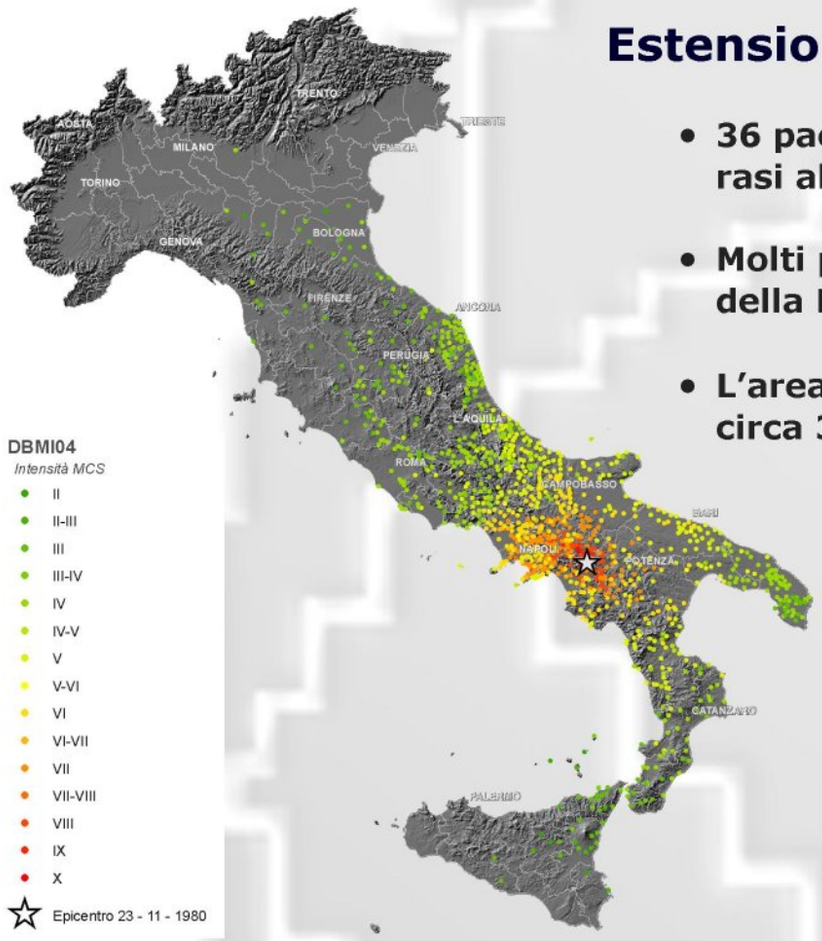
Mobilitati i mezzi dell'esercito
Sul posto 1900 soldati ma i soccorsi sono lenti

Si sta occupando anche del Friuli
Zamberletti coordinatore degli aiuti ai terremotati

Estensione dell'area di risentimento

- **36 paesi, al confine tra Campania e Basilicata, rasi al suolo;**
- **Molti paesi della Campania, della Basilicata e della Puglia subirono danni rilevanti;**
- **L'area interessata da effetti distruttivi fu di circa 3500 kmq.**



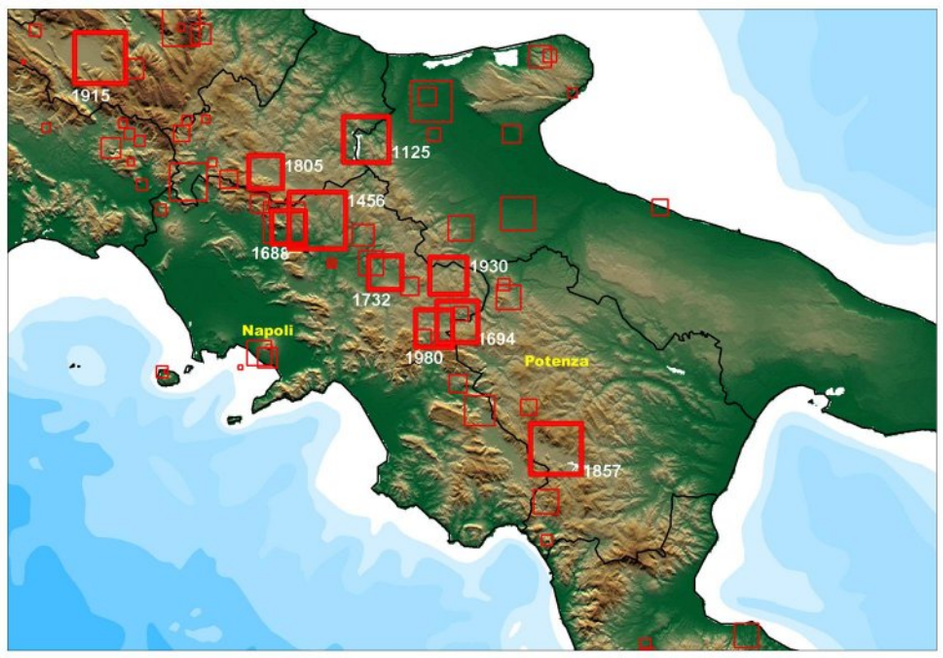


Distribuzione delle osservazioni macrosismiche
(*fonte DBMI04, http://www.ingv.it*)

……..PER NON DIMENTICARE

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

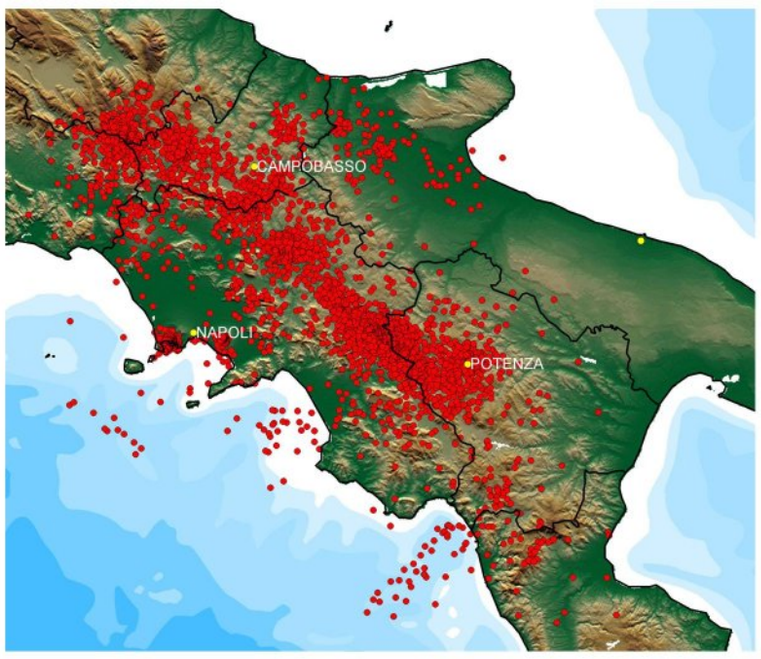
Gli effetti in superficie del terremoto del 23 novembre 1980



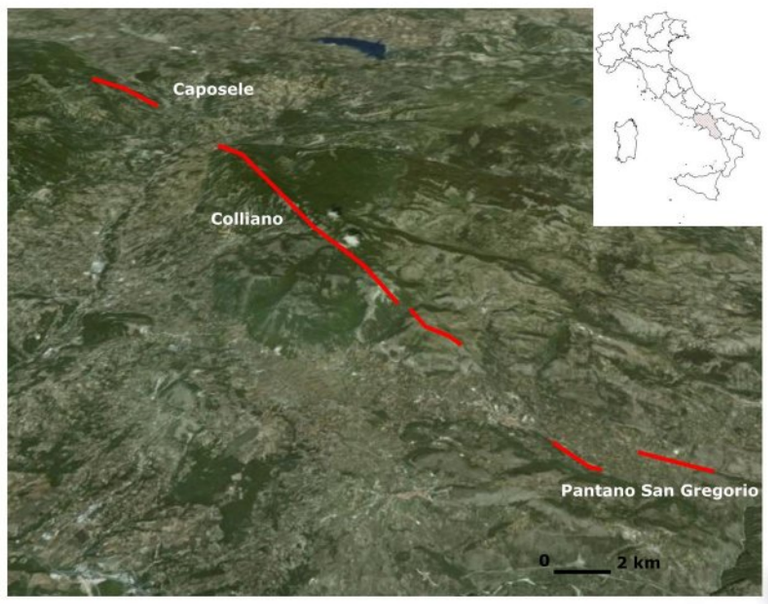
I terremoti registrati in Campania e in aree adiacenti sono distribuiti lungo la catena appenninica: i più forti hanno provocato danni e distruzioni soprattutto nelle aree interne.

I quadrati rossi rappresentano i terremoti storici avvenuti in Campania e nelle aree adiacenti (*CFTI, 1997*) con intensità epicentrale $I_0 \geq$ VII MCS.
La dimensione dei quadrati e' proporzionale al grado di intensità dell'evento sismico.

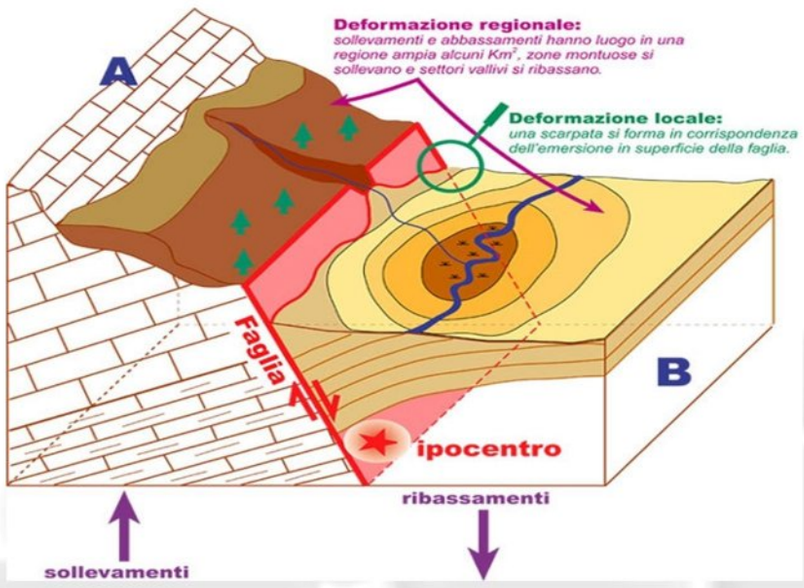
I cerchietti rossi rappresentano gli epicentri dei terremoti recenti in Campania e nelle aree adiacenti (SISCam, 2001).



Deformazione permanente in superficie



Visualizzazione 3D da Google Earth relativa ad una porzione della scarpata di faglia dell'evento del 23-11-1980. La lunghezza totale è stata stimata di circa 35 km.



Schema di fagliazione diretta e relative deformazioni superficiali.

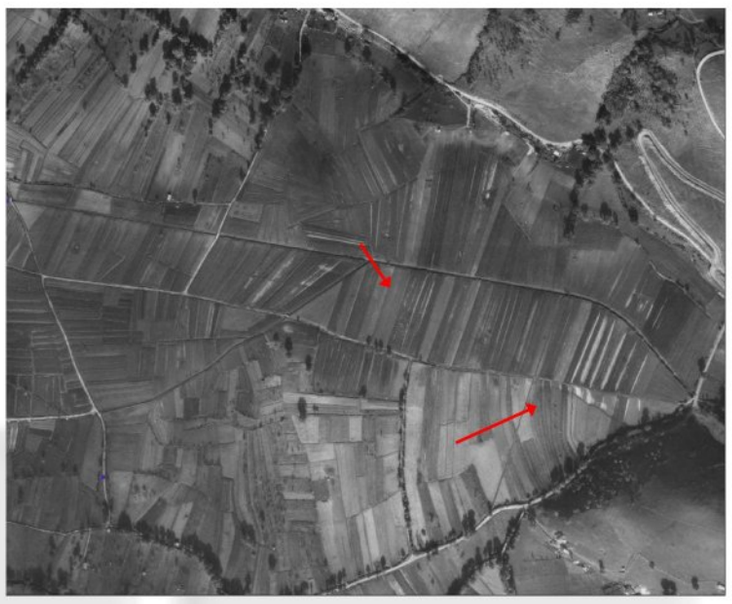
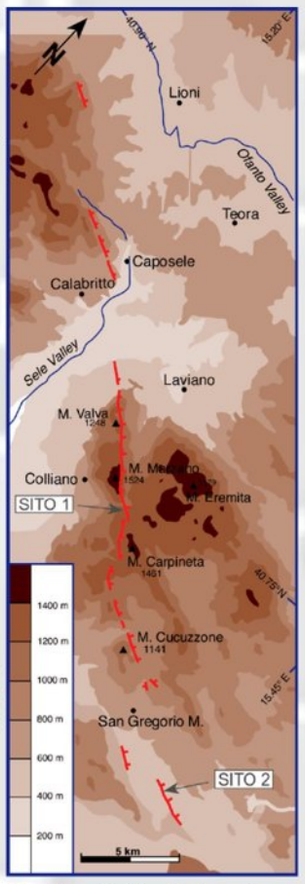


Foto aerea post evento della Piana di San Gregorio Magno dove è ben visibile la rottura in superficie indicata dalle frecce.

Monte Carpineta

Foto di una parte della scarpata di faglia del 1980 (a sinistra), scattata pochi giorni dopo l'evento, che raggiunge l'altezza di 1 m (Pantosti & Valensise, 1990). La stessa scarpata è ancora visibile e ben conservata nella foto di destra scattata nel maggio 2005.



Pantosti & Valensise, 1993.

Piana di San Gregorio Magno

Foto della scarpata di faglia del 1980 scattata pochi giorni dopo l'evento (a sinistra) e ripresa da Google Earth nel luglio 2006.

Fenomeni franosi indotti dal terremoto

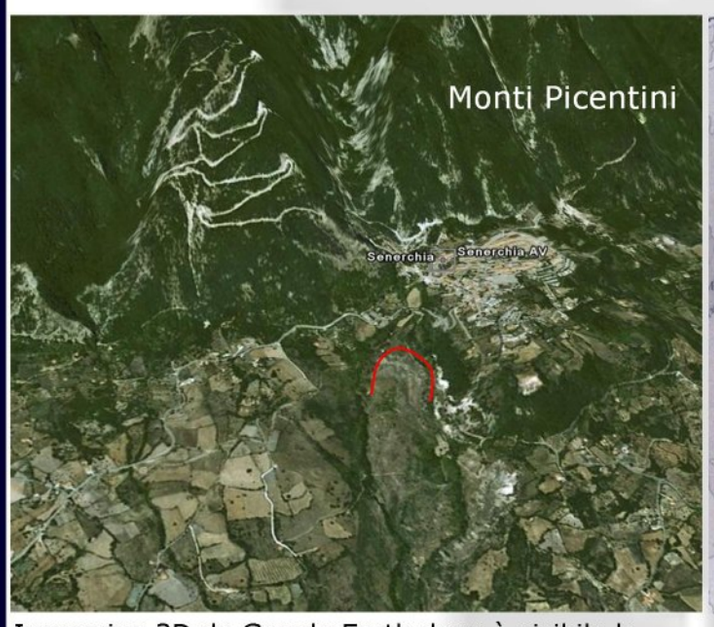
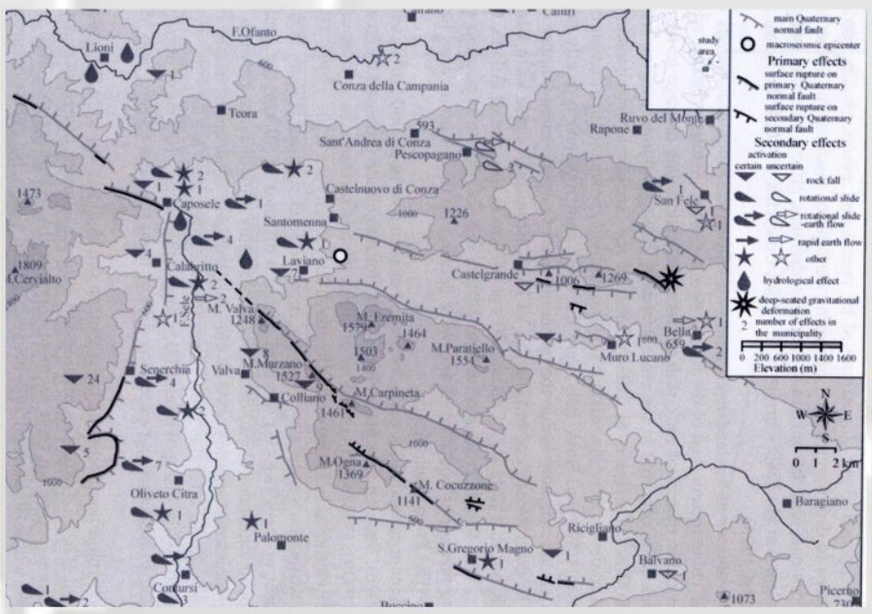
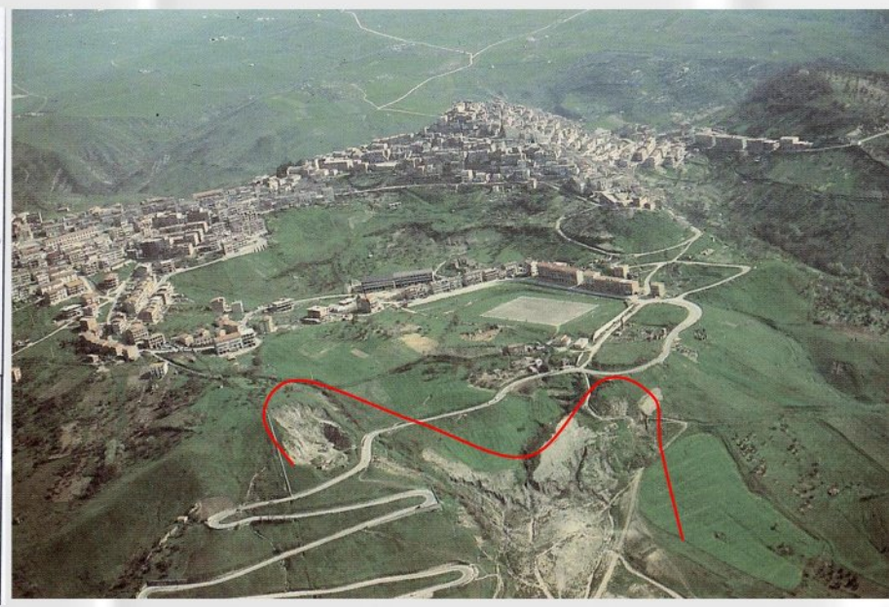


Immagine 3D da Google Earth dove è visibile la superficie di taglio della frana di Senerchia.



Area epicentrale del terremoto del 23-11-1980 dove sono riportati i segmenti di rottura e gli altri effetti indotti dall'evento (Porfido et al., 2002).



Vista aerea della frana di Calitri (Cotecchia, 1986).

INGV - Sede Irpinia - C.da Ciavolone - 83035 Grottaminarda (AV) - www.gm.ingv.it - info@gm.ingv.it