

IL CONTRIBUTO DELL'ANALISI SPAZIALE DI SUPERFICIE A SUPPORTO DELLA RETE MOBILE DI PRONTO INTERVENTO DEL CENTRO NAZIONALE TERREMOTI (INGV)

Raffaele MOSCHILLO (*), Maurizio PIGNONE (*),
Luigi ABRUZZESE (*), Marco CATTANEO (**)

(*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via Castello D'Aquino, 13 – 83035 Grottaminarda (AV),
Tel. 0825-421911, Fax 0825-421937, e-mail: moschillo@gm.ingv.it, pignone@gm.ingv.it, abruzzese@gm.ingv.it

(**) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata, 605 – 00143 Roma,
Tel. 06-518601, Fax 06-51860541, e-mail: cattaneo@ingv.it

Riassunto

La Rete Mobile di Pronto Intervento (RPI) è una struttura in dotazione al Centro Nazionale Terremoti (ISTITUTO NAZIONALE di GEOFISICA e VULCANOLOGIA) che permette in caso di evento sismico di intervenire nella zona epicentrale per incrementare il numero di stazioni sismiche. La RPI è costituita da nove stazioni mobili e autonome. Tali stazioni, distribuite in gruppi di tre, trasmettono dati via *UHF* (*Ultra High Frequency*) a tre rispettivi sottocentri, che a loro volta trasmettono i dati, tramite *WI-FI*, ad un locale centro di raccolta dotato di un'antenna di trasmissione satellitare. Le caratteristiche di tale sistema di trasmissione e scambio dati influenzano notevolmente la disposizione geografica delle stazioni della rete intorno all'area epicentrale. Infatti, gli elementi della Rete (stazioni remote, sotto nodi, antenna satellitare) devono essere "visibili" entro una certa distanza massima fra loro, per poter trasmettere i dati in modo corretto. La fase di emergenza durante un evento sismico viene gestita all'interno di un sistema informativo geografico, in ambiente *ArcGIS*, attraverso la costruzione di particolari scenari in cui vengono visualizzate, per l'area colpita dal terremoto, informazioni sulla sismicità storica, sismicità strumentale, pericolosità sismica e risentimento macrosismico. Avendo a disposizione anche i *database* territoriali (uso del suolo, modello digitale del terreno, grafi stradali, cartografia topografica, ecc) è possibile utilizzare le funzionalità di analisi spaziale per supportare la collocazione degli elementi della RPI nell'area epicentrale. In particolare partendo da un modello digitale del terreno dettagliato dell'area è possibile applicare le funzionalità di analisi spaziale di superficie (*Surface Analysis*) presenti nell'estensione *Spatial Analyst* di *ESRI ArcGIS*.

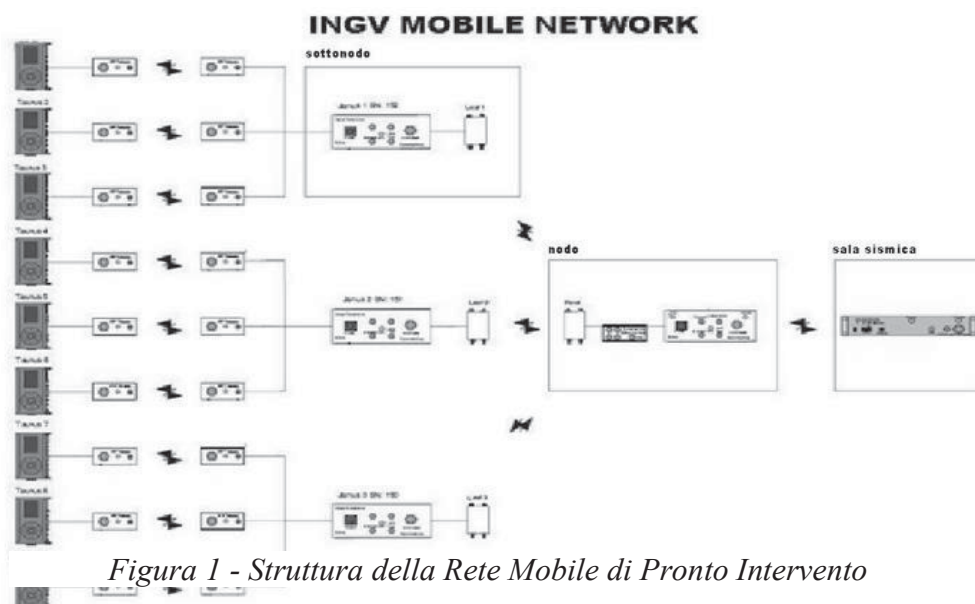
Abstract

The emergency mobile seismic network (RPI) is a structure that belongs to the Centro Nazionale Terremoti (INGV), and allows, in case of seismic event, to increase the number of seismic stations in the epicentral area. The peculiarity of this structure is the possibility to transmit the data flow in real-time to the acquisition center. The RPI is constituted by nine mobile and autonomous seismic stations. Each group of three stations transmit the data flow, by means of UHF (Ultra High Frequency), to the relative middle-centre, which forward the data flow, using the WI-FI link, to a local acquisition centre where a satellite antenna is installed. The characteristics of the transmission system remarkably influence the geographic arrangement of the stations of the net around the epicentral area. Thus, In order to be able to transmit the data properly, each element of the network (remote stations, middle-center, satellite aerial) must be "visible" and the relative distance between two different elements should be lower than a well defined maximum distance. The emergency seismic phase is managed in a geographic information system, an ArcGIS background, by particular scenarios that visualises, for the epicentrale area, information about storic seismicity, strummental seismic, seismic risk and macroseismic resentment. Disposing also of

territorial database (usage of ground, digital terrain model, road map, topographic, cartography, etc.,) is possible to use the Surface Analysis function (implemented in Esri Arcgis Spatial Analysis) to support the placing of RPI's elements in the epicentrale area.

La Rete Mobile di Pronto Intervento

Nell'ambito dell'attività di ricerca e monitoraggio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), riveste notevole importanza la Rete Sismica Nazionale (RSN), quale struttura di sorveglianza sismica del territorio italiano. La RSN, che ad oggi conta più di 240 stazioni distribuite su tutto il territorio nazionale, si avvale di una Rete di Pronto Intervento (RPI) il cui obiettivo primario, in caso di terremoti rilevanti, è volto ad incrementare il numero di stazioni in zona epicentrale, al fine di ottenere una migliore localizzazione della sequenza sismica in corso. Per giungere a quest'obiettivo, l'intera struttura utilizza dei propri sistemi di trasmissione, che permettono di trasmettere i dati in tempo reale presso il centro di acquisizione di Roma, affinché possano essere utilizzati ai fini del processo di localizzazione.



Le nove stazioni che compongono la RPI (fig.1) sono telemetriche, presso tre centri d'acquisizione intermedi (sottonodi). Le suddette (fig.2) sono dislocate in gruppi di tre per sottonodo in modo da avere una maggiore flessibilità d'impiego in aree con scarsa visibilità (montagne, foreste, strutture antropiche, ecc.). Il sottonodo (fig.3) è a

sua volta telemetrato ad un centro stella (fig. 4), 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 Sismica) e ridonati presso l'Osservatorio di Grottaminarda (*disaster recovery*).



Figura 2 – Stazione remota

Figura 3 – Sottos nodo

Figura 4 – Centro stella

Nel 2008 per la prima volta la Regione Marche ha organizzato un'esercitazione di protezione Civile sul rischio sismico a carattere regionale. Tale esercitazione ha avuto luogo dal 23 al 25 maggio

all'interno della Comunità Montana dei Monti Azzurri, da cui il nome dell'intera operazione "*Blue Mountains 2008*". In tale operazione si è avuto il primo impiego della RPI, che ha permesso sia di testare la rete e la sua struttura organizzativa, che di evidenziarne i limiti progettuali. Un'ottima risposta è stata data dall'infrastruttura di trasmissione, che nonostante la complessità strutturale ha comunque permesso ai tecnici di operare nei tempi d'installazione pianificati. Dopo circa tre ore dall'arrivo dei tecnici in area epicentrale, sono stati acquisiti i dati di due stazioni sismiche, e di una stazione accelerometrica. Le registrazioni hanno avuto una durata media di ca. 48 ore, evidenziando un bassissimo livello di ritrasmissione e quindi la completa usufruibilità del dato per le operazioni di localizzazione in Sala Sismica.

Lo sviluppo di un sistema informativo geografico a supporto della RPI

Le attività della Rete di Pronto Intervento durante le fasi emergenza sismica vengono coordinate dai ricercatori e dai tecnici dell'INGV che organizzano la logistica delle operazioni da effettuare basandosi su informazioni preparate preventivamente e su quelle che arrivano in tempo reale dalle zone epicentrali. L'inserimento di queste informazioni di diversa tipologia all'interno di un sistema informativo geografico permette al personale dell'INGV di operare, spesso in situazione difficili e poco sostenibili, in modo più veloce e dinamico. Proprio nell'occasione dell'esercitazione di Protezione Civile "*Blue Mountains 2008*", è stato sviluppato un sistema informativo geografico basato sui dati territoriali di base e tematici di cui dispone l'INGV nei suoi database geografici che supportano una serie di applicazioni sviluppate per le attività di monitoraggio sismico che il Centro Nazionale Terremoti esegue 24 ore su 24. I dati territoriali, per tutto il territorio nazionale, sono stati inseriti all'interno di un *Personal Geodatabase* di *ESRI ArcGIS* versione 9.2 e sono stati organizzati all'interno di *Feature Dataset*, *Feature Class* e *Raster Catalog* (Pignone, 2007) in base alla loro tipologia. Di seguito sono elencate le principali categorie di dati inseriti nel *Geodatabase*:

- ✓ Ubicazione stazioni delle Reti di Monitoraggio INGV (Rete Sismica Nazionale e Rete Integrata GPS);
- ✓ Cartografia topografica IGM (alla scala 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000);
- ✓ Modello digitale del terreno IGM (con risoluzione 20 metri);
- ✓ Uso del Suolo (derivante dal *Database Corine Land Cover*);
- ✓ Viabilità e Grafo stradale ;
- ✓ Cataloghi di Sismicità Storica (Catalogo parametrico dei terremoti italiani, CPTI 04);
- ✓ Cataloghi di Sismicità Strumentale (Catalogo della Sismicità Italiana CSI 1.1 e Bollettino Sismico);
- ✓ Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (espressa in classi di accelerazione massima del suolo, *pga*);
- ✓ *Database* delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane terremoti di magnitudo superiore a 5.5 (*DISS 3.04*);
- ✓ Classificazione sismica d'Italia su base comunale, ordinanza PCM 20.03.2007 n.3274;
- ✓ Mappe di scuotimento (*shake map*) in termini di intensità, velocità, accelerazione;
- ✓ Mappe delle osservazioni macrosismiche.

L'intervento della RPI è previsto in una certa area nel momento in cui avviene un evento sismico che abbia superato una soglia determinata di magnitudo, quindi i primi dati disponibili sono proprio la localizzazione dell'evento e la relativa magnitudo. Queste due fondamentali informazioni possono essere visualizzate in un *report* cartografico generato da un applicazione *GIS*, denominata *GEOSIS* (fig.5), che sfrutta i dati territoriali presenti nel *Geodatabase*. Il *Report* è organizzato in modo da fornire immediatamente un inquadramento territoriale, sismologico e sismotettonico dell'area colpita dall'evento attraverso 5 viste tematiche centrate sull'epicentro contenenti informazioni su: classificazione sismica del territorio nazionale su base comunale; pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in classi di accelerazione massima del suolo e *database*

delle sorgenti sismogenetiche (*DISS rel.* 3.04); sismicità storica dal catalogo CPTI 04; sismicità strumentale dal 1981 al 2002 dal Catalogo della Sismicità Italiana CSI 1.1e Bollettino Sismico dal 2003 al 2008; infine un inquadramento territoriale ad una scala di maggior dettaglio contenente strati informativi rappresentativi dell'altimetria, della viabilità, dei limiti amministrativi, delle località, dell'urbanizzato, delle principali attività antropiche, dell'ubicazione delle reti di monitoraggio dell'INGV.

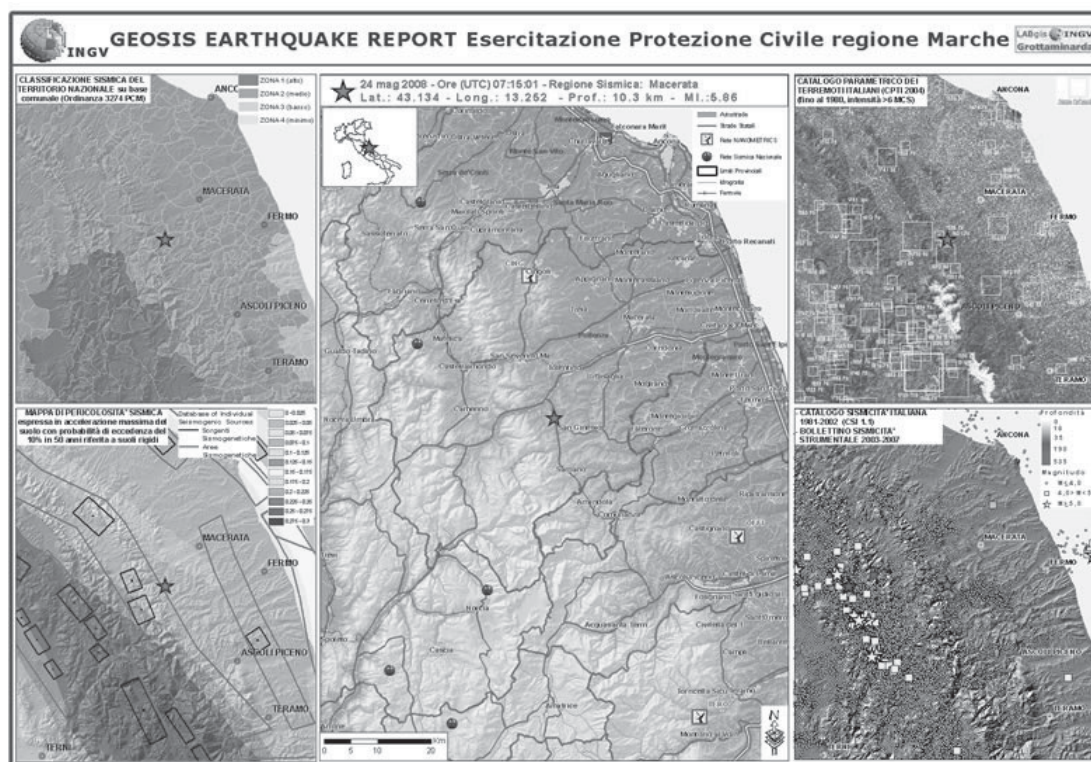


Figura 5 – Report evento sismico simulato per l'esercitazione di Protezione Civile “Blue Mountains”

Il passo successivo è la realizzazione di una serie di scenari a supporto della possibile collocazione dei sottonodi e delle stazioni della RPI realizzati attraverso funzionalità di analisi spaziale per un'area di circa 20 Km di raggio intorno all'epicentro del terremoto. Ad esempio tenendo conto che, nelle operazioni di collocazione dei sottonodi della RPI, è possibile sfruttare le infrastrutture delle Stazioni della Rete Sismica Nazionale a trasmissione satellitare, è stato creato tramite *tools* di analisi di prossimità, uno strato informativo che mostra la copertura della Rete Satellitare per la parte di territorio interessata. Di fondamentale importanza è anche la sovrapposizione degli strati informativi relativi all'Uso del Suolo (infatti vanno escluse ad esempio le zone urbanizzate, le aree boschive, ecc.) ed anche il grafo stradale che fornisce informazioni sulla possibilità di raggiungere o meno determinate aree.

Il contributo dell'Analisi Spaziale di Superficie

L'Analisi Spaziale di Superficie (*Surface Analysis*), partendo dal modello digitale del terreno di una certa area, permette di generare tramite una serie di funzionalità (*aspect, contour, curvature, hillshade, slope, viewshed, observer point*) layers tematici in formato *raster* relativi alle caratteristiche altimetriche, clivometriche, di esposizione e di visibilità dell'area interessata dall'analisi.

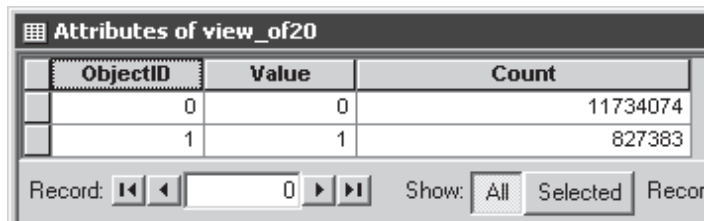
Nell'ambito degli strumenti e funzionalità resi disponibili dall'analisi spaziale di superficie è da ritenersi fondamentale per i ricercatori e i tecnici dell'INGV durante la fase di intervento della RPI il contributo dei *tools Viewshed e Observer Point* utili per la costruzione degli scenari di visibilità. Infatti il tipo di sistema di trasmissione che utilizzano gli elementi della RPI, è disegnato in modo in cui, Centro Stella–Sottonodo e Sottonodo–Stazioni Remote devono essere tra di loro ben visibili.

L'estensione *Spatial Analyst* disponibile all'interno della suite *ArcGIS 9.x* contiene un *Toolset Surface* in cui al suo interno sono presenti tutte le funzionalità di analisi spaziale di superficie. I dati di base utilizzati per realizzare questo tipo di analisi sono il Modello Digitale del Terreno (prodotto dall'IGM con passo 20 mt.) e una *feature class puntuale* che rappresenta la posizione del sottonodo. L'analisi *viewshed* esamina ogni cella del *DTM* per stabilire se è presente una linea di vista libera in corrispondenza dei punti osservatori, basandosi sulla presenza o meno di celle con dei valori alti che possono ostacolarla. Questo strumento fornisce come risultato un dato *raster* (fig.7), classificando con valore booleano le celle visibili dal punto osservatore con valore 1, quelle non visibili dal punto osservatore con valore 0. Inoltre a corredo del dato *raster* viene creata una "Attribute Table" (fig.6) dove al suo interno sono presenti i campi "VALUE" e "COUNT". Il campo *VALUE* indica il numero di Osservatori, per ogni osservatore sarà presente un *record* ad esclusione del *record* "0" che indica le celle non visibili. Il campo *COUNT* rappresenta

la frequenza di osservazione di ciascun punto osservatore (il numero di celle che viene visualizzato da ciascun punto osservatore).

Prima di lanciare l'analisi di visibilità, nella *feature class* utilizzata per definire la posizione del sottonodo, vengono impostati una serie di attributi opzionali utili per ottimizzare l'analisi.

Il Viewshed (come l'observer point) può essere parametrizzato editando direttamente l'*attribute table* dello *shapefile* del punto di osservazione, quindi si è provveduto ad aggiungere dei nuovi campi di tipo numerico (*Short Integer*), nel nostro caso abbiamo definito i due parametri *OFFSET_A* (fig.8) e *RADIUS2* (fig.9).



ObjectID	Value	Count
0	0	11734074
1	1	827383

Figura 6 – Attribute Table generata dall'analisi viewshed



Figura 7 – Raster di output generato dall'analisi



Figura 8 – Parametro OFFSETA

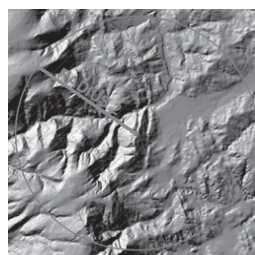
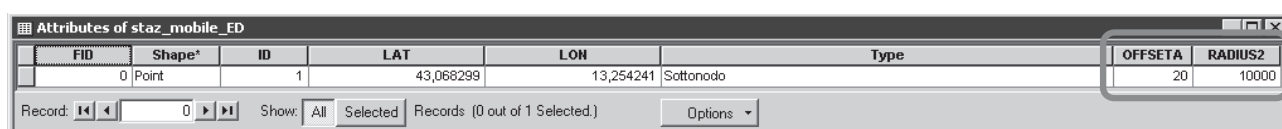


Figura 9 – Parametro RADIUS2

OFFSETA serve ad aumentare l'elevazione del sottonodo di un valore specifico, nell'aumentare l'elevazione aumenta anche l'area visibile. Noi abbiamo settato il valore a 20 mt.

RADIUS2 limita la distanza di analisi nel piano orizzontale escludendo tutte le celle al di là del valore specificato. Per problemi logistici abbiamo settato questo valore a 10000 mt.



FID	Shape*	ID	LAT	LON	Type
0	Point	1	43,068299	13,254241	Sottonodo

Figura 10 – Impostazione dei parametri opzionali "OFFSETA" e "RADIUS2"

Il risultato dell'analisi *viewshed* è servito a posizionare in modo semi-automatico le tre stazioni remote e la tenda per l'installazione del centro di acquisizione. Durante l'esercitazione ai risultati ottenuti dall'analisi di visibilità, per individuare le zone più facilmente accessibili, sono stati sovrapposti i raster della cartografia topografica dell'IGM a scala 1:100.000 (fig.11).

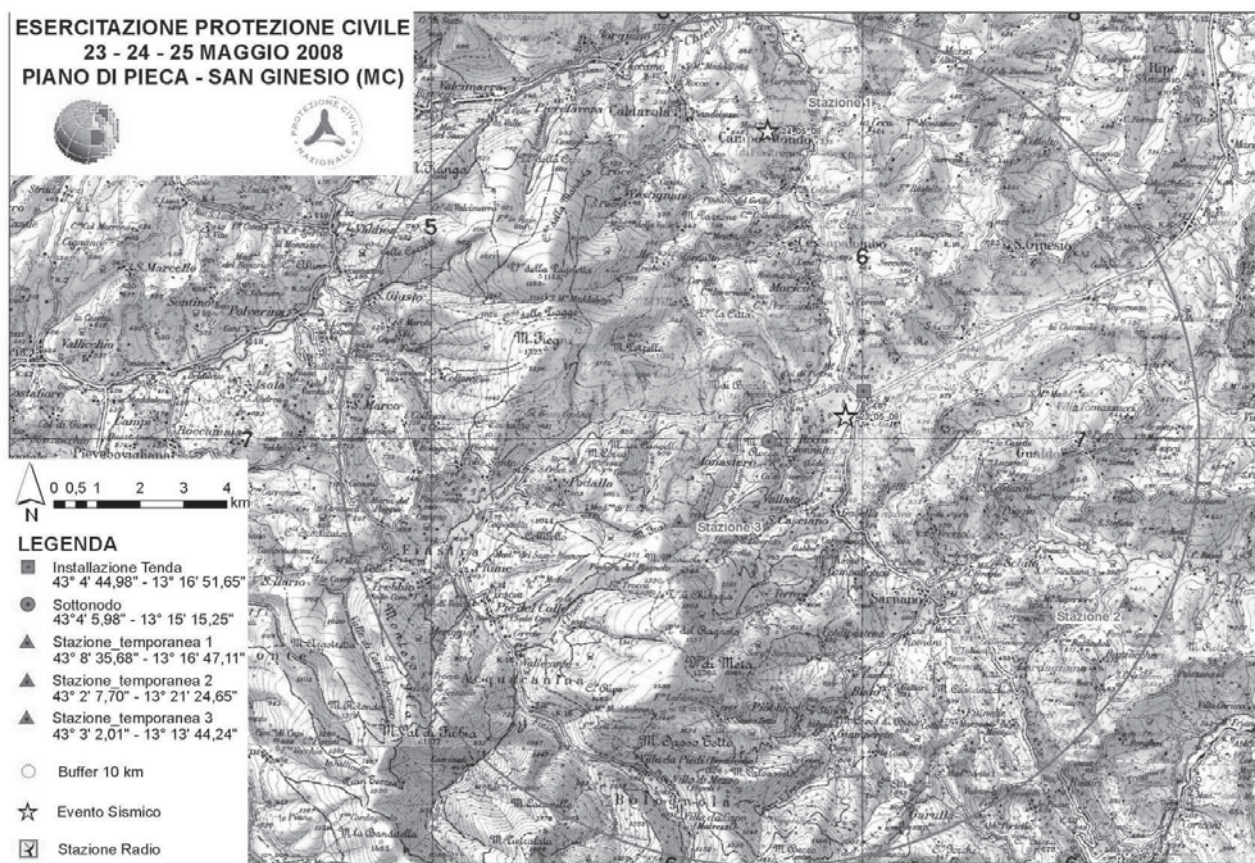


Figura 11 – Report finale utilizzato nell'esercitazione di protezione civile per il posizionamento della strumentazione e per l'installazione della tenda.

In futuro, vista la necessità di una completa implementazione della RPI, saranno installati tutti e tre i sottonodi e le nove stazioni remote. In questo caso utilizzeremo l'analisi *Observer Point* che, oltre ad identificare quali celle sono visibili o meno dai sottonodi è possibile individuare quali sottonodi visualizzano una determinata cella. Infatti a differenza del *viewshed* l'*Attribute Table* generata dall'analisi *ObserverPoints* da come risultato oltre ai campi "VALUE" e "COUNT", dei nuovi campi chiamati *OBSn*, uno per ogni sottonodo presente. In ogni *OBSn* verrà scritto un 1 se la cella del *raster* può essere vista dall'sottonodo n oppure uno 0 se non può essere vista.

Bibliografia

- Pignone M., Moschillo R., (2007), "Il LabGIS@INGV di Grottaminarda, attività e prospettive" in Proc. of the 11th Conferenza Nazionale ASITA.
- Pignone M., Moschillo R. et al., (2007), "Realizzazione del geodatabase del catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (CSI 1.0)", in Rend. Soc. Geol. It., 4, Nuova Serie, pp.111-115.
- Pignone M., (2006), "The Geographical Information System of CESIS Project", in Proc. of the 5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Vol. II: pp. 228-230.
- Zeiler M., (1999), "Modeling our World", The ESRI Guide to Geodatabase Design, published by Enviromental Systems Research Insitute, Redlands, California.