

Molise 31/10/2002

Rilievo degli effetti prodotti dalla sequenza sismica molisana dell' ottobre-novembre 2002

Premessa

Questo documento riassume le attività svolte da QUEST relativamente alla sequenza sismica molisana, iniziata il 31 ottobre 2002. La raccolta di dati ed informazioni che hanno permesso di compilare il piano quotato, aggiornato al 9 novembre 2002, è frutto dell'alternarsi in campagna, delle squadre di rilievo di QUEST. Il rilievo riguarda l' area di massimo danneggiamento e le zone circostanti. In appendice sono state anche aggiunte le "Stime preliminari su effetti di sito" svolte da alcuni componenti del team. Materiale più dettagliato è disponibile sui siti web <http://www.ingv.it>, <http://www.serviziosismico.it>

Il 31 ottobre 2002 alle 01.25 (it) ha avuto inizio una sequenza sismica, con una serie di eventi di magnitudo compresa tra 2.6 e 3.5, localizzati nei Monti Frentani, Molise centrale. Alle ore 11:32 (it) dello stesso giorno, la rete sismica nazionale ha registrato l'evento principale della sequenza, di magnitudo (MI) 5.4, seguito da numerose repliche con magnitudo compresa tra 2.5 e 3.8 (MI). Il 1 novembre alle ore 16.08 (it) un altro forte terremoto (MI=5.3) ha interessato l'area già danneggiata, con epicentro localizzato pochi chilometri ad ovest del main shock.

Data	Ora	MI	Mw	Lat	Long
31 Ottobre 2002	11:32	5.4	5.7	41.76	14.94
31 Novembre 2002	16:00	5.4	5.7	41.69	14.83

Localizzazione e parametri delle due scosse principali (INGV)

I meccanismi focali delle due scosse principali sono entrambi trascorrenti, con piani E-W e N-S, con una profondità di 15-20 km.

La scossa del 31 ottobre è stata avvertita in una vasta area dell'Italia centro-meridionale, e ha prodotto danni significativi in un'area ristretta compresa fra i Frentani, il Sannio e la Capitanata, nelle province di Campobasso e di Foggia.

A seguito dell'evento è stato immediatamente avviato il rilievo macrosismico, condotto da alcune squadre di tecnici e ricercatori del gruppo di lavoro QUEST (QUick Earthquake Survey Team) appartenenti a vari enti ed agenzie, per il monitoraggio degli effetti. Già nel pomeriggio e nella serata del 31 ottobre.

Quest aveva alcune squadre sul posto, che si sono alternate nel rilevamento per i giorni successivi.

La valutazione degli effetti, espressa utilizzando la scala MCS, si è rivelata alquanto complessa in

quanto numerosi centri colpiti sono di dimensioni rilevanti e appaiono costituiti da tipologie edilizie molto diversificate. Le numerose repliche seguite all'evento principale, e particolarmente quella del giorno 1 novembre delle ore 16:08 hanno inoltre contribuito ad incrementare il danneggiamento con il passare dei giorni.

I diversi centri appenninici interessati da effetti di danno presentano uno sviluppo urbanistico originariamente localizzato in posizione dominante o distante dal versante montuoso, generalmente su nuclei rocciosi, cui sono seguite fasi di espansione in tempi diversi, verso aree limitrofe: l'evoluzione di questi insediamenti è solitamente ben riconoscibile sia spazialmente che cronologicamente ([foto1](#)). La fondazione dei centri storici su formazioni lapidee o competenti ha generalmente comportato l'insorgere di un danno minore rispetto alle porzioni di abitato più recenti edificate sui depositi argilloso-marnosi circostanti (vedi San Giuliano). Tuttavia in alcuni casi la riattivazione di fenomeni di instabilità preesistente nei ripidi versanti dei nuclei rocciosi ha comportato un elevato danneggiamento delle porzioni interessate dal dissesto (p.e., Castellino del Biferno; Ripabottoni). Altrove è possibile ipotizzare che gran parte del danneggiamento possa essere imputabile alla rimobilizzazione di porzioni di paleofrane (Casalnuovo Monterotaro).

La distribuzione dei massimi effetti risulta coprire un'area disposta all'incirca in direzione E-W, all'interno della quale si ritrovano segni del maggior scuotimento([foto 2 e 3](#)) anche su casolari isolati, parzialmente crollati o danneggiati, sulla sede stradale con crolli di muretti e spalle di tornanti, e sul terreno con la rimobilizzazione di frane e dissesti. Questo andamento sembra accordarsi con la direzione della possibile struttura sismogenica orientata E-W, come si evince dai meccanismi focali e dalla distribuzione delle repliche.

Premessa sull'assegnazione dell'intensità

L'intensità macrosismica esprime la severità dello scuotimento in un determinato luogo, tenendo conto del complesso degli effetti osservati, piuttosto che di danni isolati. Questi ultimi possono essere infatti dovuti a condizioni particolari. L'assegnazione avviene comparando la descrizione degli effetti contenuta nei vari gradi della scala macrosismica (nel nostro caso la scala Mercalli-Cancani- Sieberg), con le osservazioni sul campo. Qualora si individuino per una data località tutti gli elementi descrittivi di un grado (ad es. il VI) ma solo alcuni del grado superiore, si giustifica l'assegnazione di un valore intermedio (es. VI-VII)

Qui di seguito vengono elencati i paesi con gli effetti maggiori, ed una breve loro descrizione, con il valore di intensità MCS assegnato.

Intensità VIII-IX

S. Giuliano di Puglia. Qui si sono avuti gli effetti massimi prodotti dalla sequenza sismica. Il paese è insediato su una spina di flysch argilloso, con una apparente competenza differenziata, fra la parte centrale e quella più a SE, dove è costruita la parte più vecchia. La tipologia edilizia della parte centrale del paese è rappresentata da muratura che risale apparentemente al periodo compreso fra gli anni '30 e la seconda metà degli anni '60, con situazioni di elevata vulnerabilità sismica. In particolare, i crolli totali e parziali rivelano la presenza di muratura a sacco (in molti casi mascherata esternamente da conci murari squadri) e di orizzontamenti in legno non collegati, con la sporadica presenza di catene; in molti casi, edifici in muratura di qualità mediocre hanno subito ristrutturazioni che ne hanno peggiorato sensibilmente la resistenza, quali, ad esempio, la sovrapposizione di solai o coperture in laterocemento, senza alcun rinforzo delle murature preesistenti. Il danno nella fascia centrale del paese si presenta generalizzato, con diversi crolli parziali di edifici in muratura e alcuni crolli totali, insieme ad un danneggiamento grave molto

diffuso. Oltre alla parte centrale appena descritta, si è potuto verificare come il nucleo originario, edificato ai bordi del pendio, ed il cui sviluppo più recente è riconducibile prevalentemente al XVIII secolo, presenti un quadro di danneggiamento contenuto, anche in presenza di scarse condizioni di manutenzione. La parte più alta del paese, di sviluppo più recente, in cui sono presenti sia edifici in muratura che in C.A., presenta livelli di danneggiamento modesto, pur in presenza di condizioni morfologiche non favorevoli o di evidenti irregolarità strutturali.

Ad una prima sommaria analisi le cause della distruzione sembrano imputabili alla concomitante elevata vulnerabilità degli edifici coinvolti e ad effetti di amplificazione locale dovuti a cause sia geologiche (depositi di riporto e depositi argilloso-sabbiosi su bedrock poco profondo) sia morfologiche (situazione di cresta sottile). ([vedi foto 4-5-6 e 7-8-9](#)).

Intensità VII

Bonefro, Casalnuovo Monterotaro, Castellino del Biferno, Ripabottoni, S. Croce di Magliano. A queste località è stato assegnato il 7 grado sulla base delle seguenti osservazioni. Il danneggiamento più grave (lesioni passanti nei muri perimetrali, diversi crolli parziali, alcuni crolli totali) riguarda generalmente edifici in muratura di qualità modesta, spesso in cattivo stato di manutenzione; molto diffuso risulta invece il danneggiamento leggero (lesioni di pareti all'interno, di volte, distacco di intonaci, caduta di camini, caduta e scivolamento di tegole ecc..) specie in alcuni centri storici degradati e parzialmente in disuso. Alcuni edifici recenti in C.A. presentano lesioni anche gravi delle tamponature, ma in generale il danneggiamento serio dell'edilizia più recente è sporadico (Bonefro, Santa Croce). A Casalnuovo Monterotaro la situazione apparentemente più grave è quella rilevata nel centro storico, in cui è generalizzato un quadro fessurativo più o meno rilevante con pochi crolli parziali di edifici in muratura, generalmente degradati e crolli parziali interni di solai e volte. Anche i centri storici di Castellino del Biferno e Ripabottoni presentano diversi crolli parziali e qualche collasso, soprattutto in edifici fortemente degradati, in disuso o scarsamente utilizzati. ([foto da 10 a 13](#)).

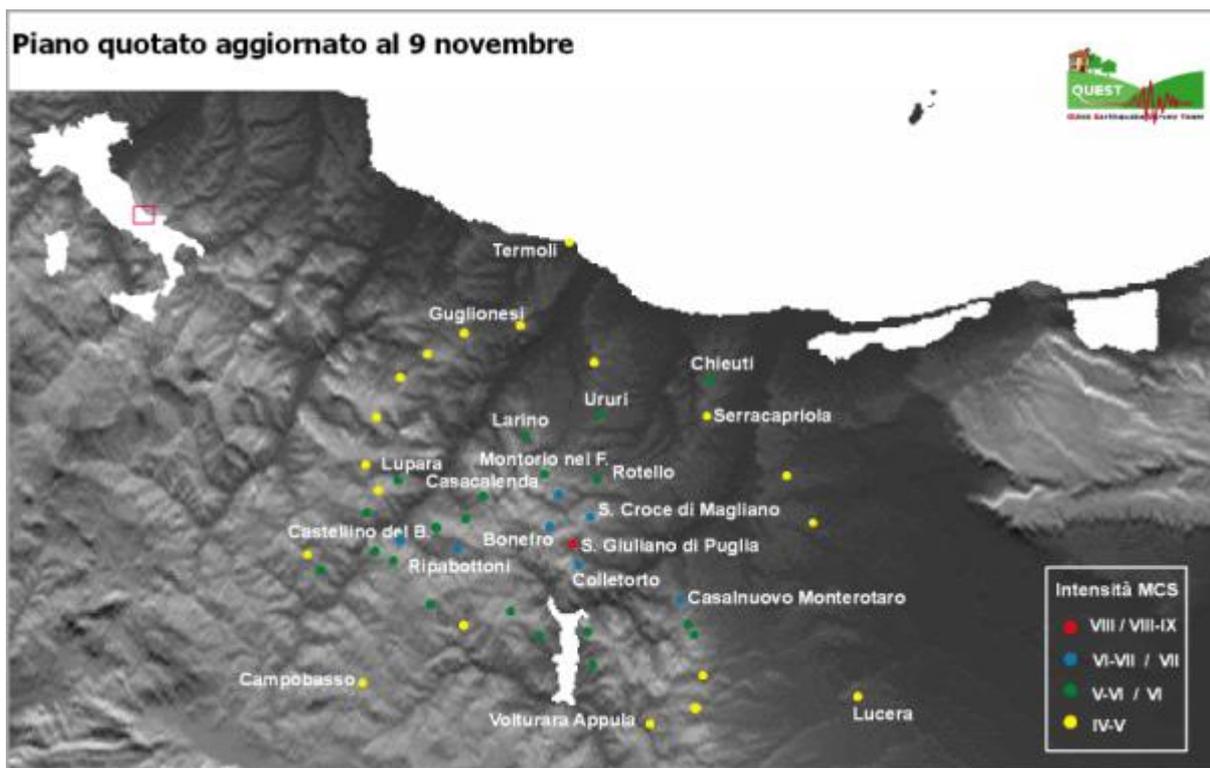
Intensità VI-VII

Colletorto e Montelongo. In questo caso la situazione del danneggiamento si presenta con diffuse lesioni leggere o moderate a gran parte del patrimonio edilizio più vetusto, con danni gravi in misura minore. Le parti nuove di questi paesi non hanno apparentemente subito danneggiamenti di rilievo, se non lievi danni non strutturali a case intelaiate in C.A.. ([Foto 16](#)).

Intensità VI

Tutte le località di sesto grado (vedi tabella) presentano un danneggiamento fortemente differenziato fra le parti più recenti degli abitati e i rispettivi centri storici. Sono presenti in quasi tutte queste località danni sostanzialmente lievi, abbastanza diffusi, insieme ad alcune situazioni di occasionale forte danneggiamento alle tamponature di alcuni edifici in C.A., in cui si sommano probabilmente condizioni di sito e livello di vulnerabilità (es. luci troppo ampie tra i pilastri).

Le località alle quali abbiamo assegnato V o V-VI risultano generalmente indenni da grave danneggiamento, pur riscontrando sporadicamente danni anche significativi in edifici fatiscenti o alle tamponature in edifici in CA. Emerge in generale un danneggiamento non diffuso, anche in presenza di accentuata vulnerabilità degli edifici. E' comunque doveroso segnalare che anche a distanze notevoli dall'epicentro è possibile riscontrare situazioni di danneggiamento, che hanno tuttavia carattere di particolarità o sporadicità tale da non modificare la valutazione dell'intensità macrosismica. ([Foto 14,15 e 17](#))



Intensità macrosismiche per la sequenza molisana [aggiornamento al 9 novembre 2002]

* Principali comuni interessati dal terremoto, attualmente NON classificati sismici

Clicca sui nomi per visualizzare le foto

Comune	Longitudine	Latitudine	I (MCS)
San Giuliano di Puglia*	14.964	41.685	VIII-IX
Bonefro*	14.935	41.704	VII
Casalnuovo Monterotaro	15.105	41.620	VII
Castellino del Biferno	14.731	41.701	VII
Ripabottoni*	14.808	41.688	VII
Santa Croce di Magliano*	14.991	41.711	VII
Colletorto*	14.970	41.663	VI-VII
Montelongo*	14.950	41.736	VI-VII
Casacalenda*	14.848	41.740	VI
Montorio nei Frentani*	14.933	41.758	VI
Larino*	14.911	41.799	VI
Morrone del Sannio	14.781	41.711	VI
Rotello	15.004	41.749	VI
Ururi	15.014	41.815	VI
Campolieto	14.766	41.633	V-VI

Campodipietra	14.748	41.557	V-VI
Carlantino	14.976	41.594	V-VI
Casalvecchio di Puglia	15.113	41.594	V-VI
Castellino Nuovo	14.720	41.680	V-VI
Castelnuovo della Daunia	15.120	41.583	V-VI
Celenza Valfortore	14.980	41.560	V-VI
Chieuti	15.166	41.843	V-VI
Limosano	14.621	41.675	V-VI
Lucito	14.688	41.731	V-VI
Lupara	14.733	41.762	V-VI
<u>Macchia Valfortore*</u>	14.911	41.593	V-VI
<u>Petrella Tifernina</u>	14.696	41.691	V-VI
<u>Provvidenti*</u>	14.822	41.718	V-VI
Sant'Elia a Pianisi*	14.874	41.620	V-VI
Toro	14.766	41.570	V-VI
Campobasso	14.667	41.557	V
Castelbottaccio	14.706	41.753	V
Civita Campomariano	14.691	41.780	V
Guglionesi*	14.914	41.912	V
Lucera	15.335	41.508	V
Monacilioni	14.809	41.609	V
Motta Montecorvino	15.115	41.508	V
Pietra di Montecorvino	15.128	41.541	V
Ripalimosano	14.665	41.611	V
San Giovanni in Galdo	14.748	41.588	V
San Martino in Pensilis	15.011	41.508	V
San Paolo di Civitate	15.261	41.739	V
Serracapriola	15.159	41.806	V
Termoli	14.993	41.999	V
Torremaggiore	15.292	41.689	V
Volturara Appula	15.052	41.495	V
Sant'Angelo Limosano	14.604	41.692	IV-V
Acquaviva Collecroce	14.746	41.867	IV-V
Castelmauro	14.710	41.828	IV-V
Montecilfone*	14.837	41.908	IV-V

Gli effetti sull'edilizia in C.A. nell'area epicentrale appaiono nel complesso modesti, con l'eccezione di alcuni gravi danni alle tamponature di alcuni edifici e rarissimi danni strutturali a pilastri in comuni tuttora non classificati, come Santa Croce di Magliano e Bonefro. La comparsa sporadica di danni rilevanti a costruzioni in C.A. fa supporre che, oltre all'assenza di progettazione antisismica (molti comuni attualmente risultano non classificati), vi sia localmente la presenza di effetti di

amplificazione locale. A questo proposito una stima speditiva su effetti di sito è stata effettuata i giorni seguenti le scosse principali (vedi appendice).Decisamente migliore è il comportamento del C.A. recente (successivo alla classificazione sismica) nei comuni classificati (Castellino del Biferno in 1a categoria, Ururi, S. Martino in Pensilis, Rotello, Casalnuovo Monterotaro, Casalvecchio e Castelnuovo della Daunia in 2a categoria, Celenza Valfortore e Carlantino in 3a categoria). Solo in pochi casi, alcuni edifici presentano danni appariscenti alle tamponature, ma nessun danno strutturale.

Alcuni cenni sugli effetti sull'edilizia monumentale

Un capitolo a parte è riservato all'edilizia monumentale, il cui comportamento rispetto alla sollecitazione sismica è notoriamente singolare per dimensione e geometria dei manufatti. I danni più rilevanti si concentrano nei centri storici, alcuni dei quali risultano di notevole interesse storico e artistico. Numerose chiese risultano danneggiate, gravemente in area epicentrale, in modo più leggero nelle aree esterne: in alcuni casi il danneggiamento leggero delle chiese risulta l'unico effetto significativo riscontrato, e come tale non è stato considerato nella stima di intensità, in considerazione soprattutto della preesistenza di quadri fessurativi. Danni molto gravi ha subito la settecentesca chiesa di S. Maria della Rocca a Casalnuovo Monterotaro: lesione passante nella parete laterale che evidenzia un possibile meccanismo di distacco laterale, lesioni nella parte absidale, in corrispondenza del campanile, distacco di intonaco nella facciata e rottura dell'architrave del portale settecentesco. La chiesa di S. Giacomo di S. Croce di Magliano presenta gravi lesioni interne in corrispondenza degli archi, oltre al crollo parziale della cella campanaria (completatosi con la scossa del giorno 1 novembre) ([Foto 18](#)); nella Chiesa Madre di S. Croce è evidente l'inizio di distacco fra facciata e campanile. La chiesa della Beata Vergine a Castellino sul Biferno presenta il cedimento delle chiavi nelle volte ([Foto 22](#)) e una lesione verticale sulla facciata; lesionata gravemente anche la Torre civica. Il campanile della recente chiesa di Castellino Nuovo, ha subito il crollo parziale della cella campanaria ([Foto 19](#)). A Casalvecchio di Puglia la chiesa settecentesca ha subito un crollo parziale del soffitto. Due chiese di Ripabottoni presentano forti danni: S. Maria della Concezione ha subito il distacco delle volte e della facciata ([Foto 20](#)), mentre l'altra, S. Maria Assunta presenta il crollo di alcuni blocchi ornamentali e il crollo parziale di una parte alta dell'abside, oltre alle lesioni delle colonne della navata. La duecentesca Chiesa Matrice di Castelnuovo della Daunia ha evidenziato alcune lesioni interne, mentre la canonica, edificio monumentale di pregio, presenta una lesione passante su una parete laterale, parzialmente preesistente. La torre campanaria della Chiesa di S. Alfonso de Liguori a Colletorto ha una lesione visibile dall'esterno (campanile appena ristrutturato). La Chiesa Madre, già in fase di ristrutturazione, presenta la caduta di grossi frammenti e una vistosa lesione verticale sul lato destro della facciata. La Chiesa di S. Elena, localizzata su un colle di fronte a S. Croce di Magliano, è parzialmente crollata, evidenziando una muratura a sacco di scadente qualità. Qualche leggera lesione presenta anche la chiesa di Chieuti, così come le chiese di S. Paolo di Civitate. Analogamente, qualche leggera lesione, in parte preesistente, presenta anche la Chiesa Madre di Motta Montecorvino.

Molti arredi sacri sono stati danneggiati dal crollo di conci e intonaci.

[Apri tutte le foto](#)

QUEST (QUick Earthquake Survey Team) riunisce un Team di esperti, dedicato al rilievo macrosismico post-terremoto in grado di intervenire in tempo reale, e di fornire, rapidamente ed univocamente, il quadro degli effetti nell'area colpita da un evento sismico, a supporto degli interventi di Protezione Civile e della Comunità Scientifica. A questo Team contribuiscono volontariamente ricercatori e operatori con competenze multidisciplinari (sismologia, sismologia

storica, geologia, ingegneria, macrosismica), in grado di gestire l'ampio ventaglio di problematiche che si presentano in occasione di un terremoto.

Hanno operato nella zona colpita, fino a oggi:

V. Bosi, P. Galli (Dipartimento della Protezione Civile-SSN)

M. R. Gallipoli(IMAA-CNR, Potenza)

S. Del Mese, A. Massucci, A. Rossi (INGV-CNT)

R. Camassi, E. Ercolani, C. Piccarreda (INGV-MI)

F. Bernardini, A. Tertulliani, M. Vecchi (INGV-RM1)

A. Maramai (INGV-RM2)

M. Mucciarelli, (Università della Basilicata)

Appendice

A cura di

Marco Mucciarelli DiSGG, Università della Basilicata

Maria Rosaria Gallipoli DiSGG, Università della Basilicata e IMAA-CNR

Paolo Harabaglia, DiSGG, Università della Basilicata

Stima speditiva degli effetti di sito a S. Giuliano di Puglia
[aggiornamento al 7.11.02]

Obiettivo

Evidenziare la presenza di effetti di amplificazione di sito che possano avere causato una distribuzione delle intensità macrosismiche differenziata all'interno dello stesso centro urbano

Tecniche usate

Stima dei rapporti spettrali di microtremori (HVSR) o tecnica di Nakamura, secondo le modalità di registrazione ed elaborazione descritte da Mucciarelli nel 1998 su Journ. Earthq. Eng.

Rapporti spettrali a singola stazione per registrazioni accelerometriche

Tomografia Geoelettrica

Profilo di velocità con tecnica NASW (o di Louie)

Avvertenze importanti La tecnica HVSR è in grado di riconoscere la presenza di frequenze fondamentali di vibrazione nei terreni, sia di origine lito-stratigrafica che morfologica, ma i valori di

amplificazione corrispondenti a tali frequenze possono sottostimare quelli che si verificano in presenza di forti scosse, e quindi non ha senso considerare valori assoluti ma è meglio esprimere giudizi relativi. I commenti si riferiscono alla amplificazione nella fascia di frequenze di interesse per le costruzioni (0.5-10 Hz)

Distribuzione dei punti di misura

Sigla	Latitudine N	Longitudine E
SGP1	41.68804	14.96202
SGP2	41.68773	14.96276
SGP3	41.68666	14.96338
SGP4	41.68530	14.96397
SGP5	41.68410	14.96514
SGP6	41.68347	14.96478
SGP7	41.68694	14.96413
SGP8	41.68971	14.96240
SGP9	41.68520	14.96341
SGP10	41.68520	14.96470
SGP11	41.68825	14.95933
SGP12	41.68859	14.96138
SGP13	41.68641	14.96172

Commenti

S. Giuliano evidenzia una particolare distribuzione degli effetti di sito. Le amplificazioni sono più elevate rispetto agli altri comuni studiati. All'interno dell'abitato vi è poi una divisione in due settori nettamente distinti, che mostrano una notevole correlazione con il danneggiamento: le aree maggiormente danneggiate sono quelle dove si osservano anche le maggiori amplificazioni (Fig.1).

Separando le componenti per studiare la presenza di effetti di cresta sembra aversi la contemporanea presenza di effetti sia lito-stratigrafici (1d) che morfologici (2d). (Fig. 2)

Tra il 4 ed il 5 novembre si sono avute le prime registrazioni accelerometriche nel sito ubicato presso la tenda del centro di coordinamento provvisorio (fig.3).

L'analisi dell'amplificazione per le 4 migliori registrazioni accelerometriche mostra una ottima correlazione con le misure di microtremori più prossime per posizione (Fig.4). Questo supporta la attendibilità delle misure HVSR negli altri punti di misura.

Lungo il viale centrale di S. Giuliano (Viale Vittorio Emanuele), al centro della zona di massimo danneggiamento sono state effettuate una tomografia geoelettrica ed una misura di velocità delle onde S secondo la tecnica di Louie.

I dati del profilo di velocità sono in corso di elaborazione. Una preliminare elaborazione della tomografia mostra evidenti discontinuità laterali (Fig. 5)

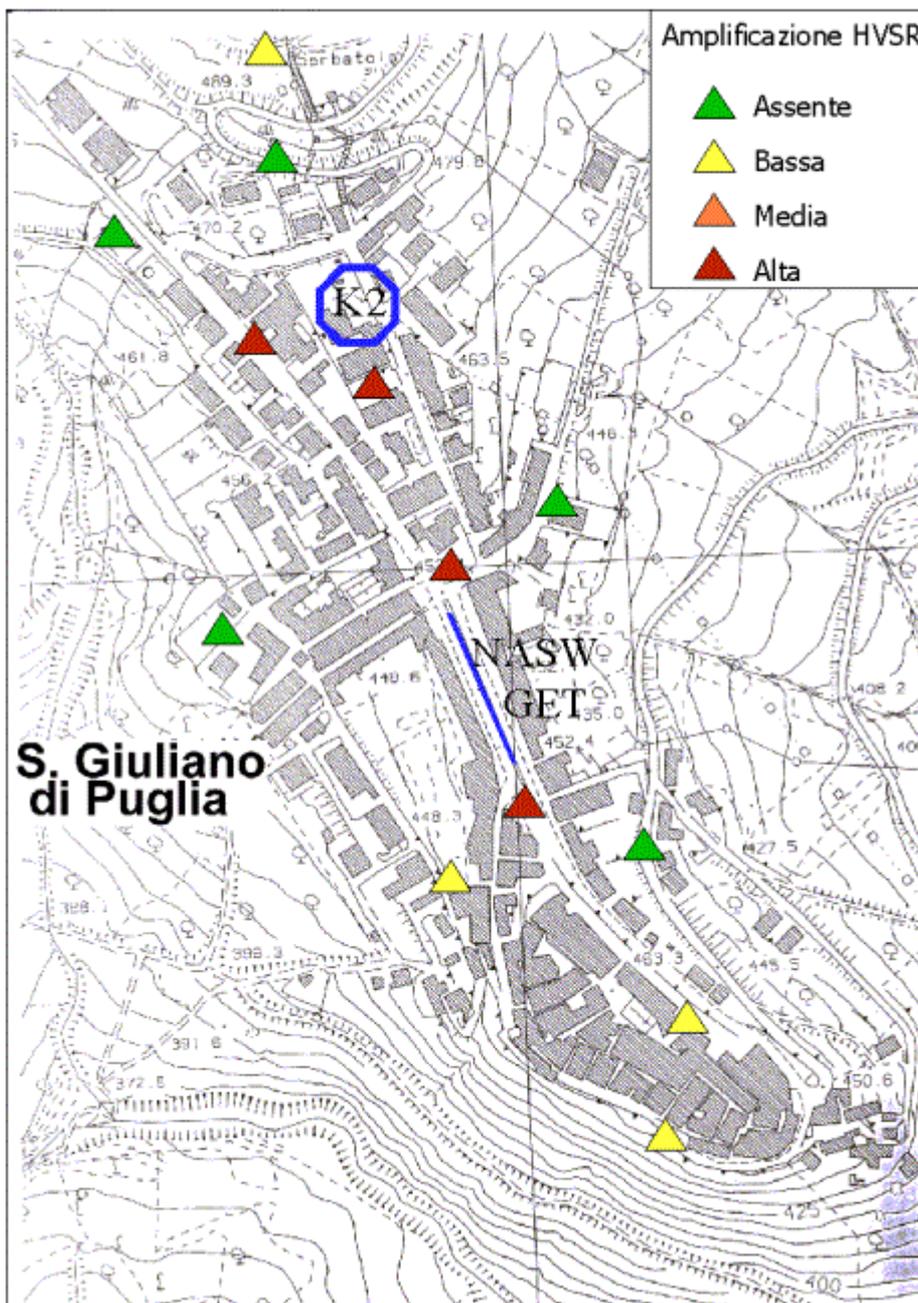
Le misure HVSR, d'intesa con il Dr. Naso del DPC/SSN sono state inviate all'Università di Siena dove il Prof. Albarello provvederà ad una ulteriore analisi di significatività.

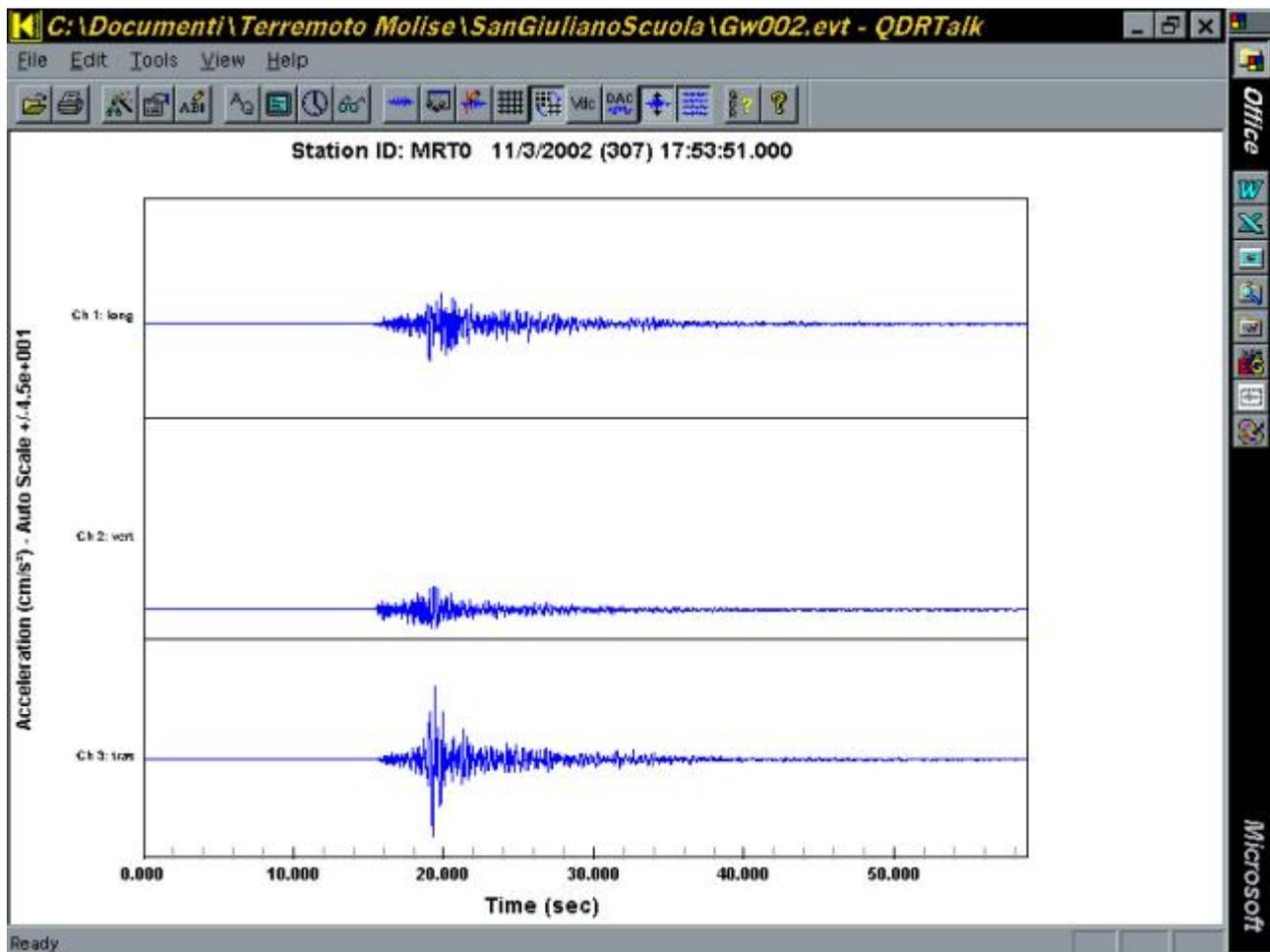
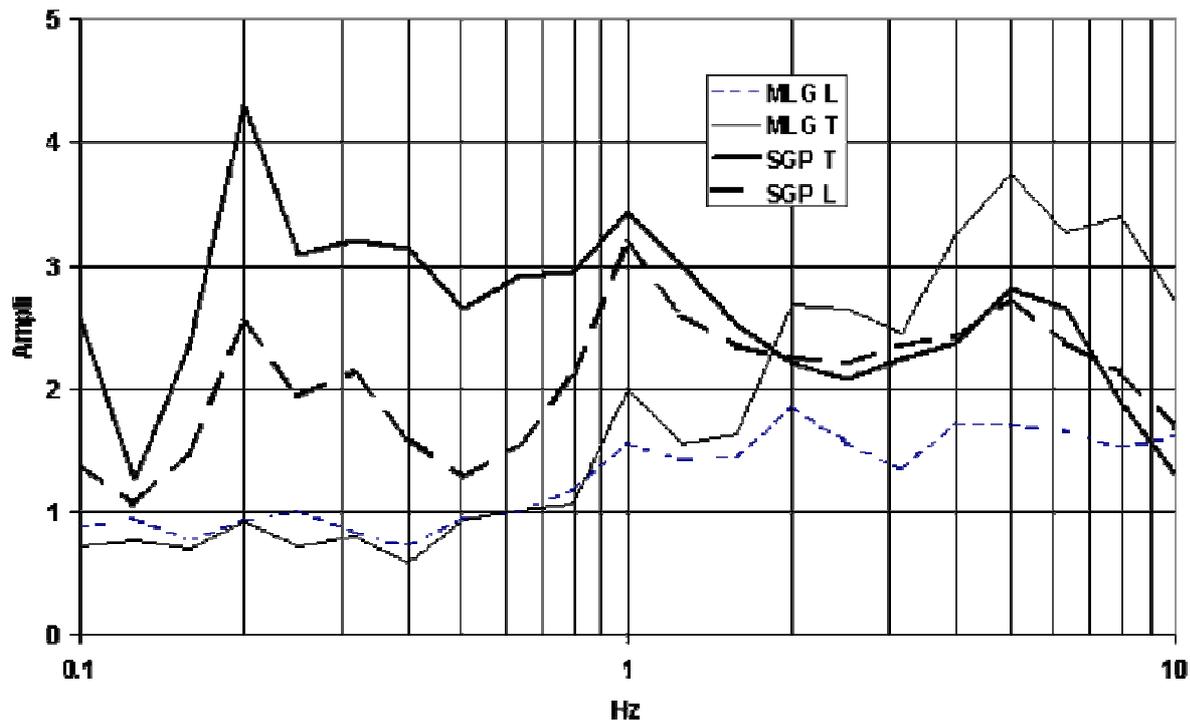
La stazione accelerometrica è stata ora spostata in un sito dove non dovrebbe verificarsi

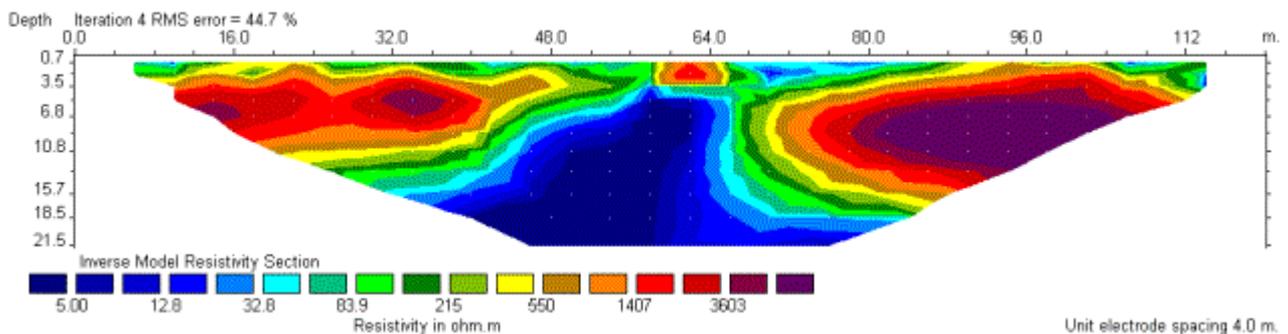
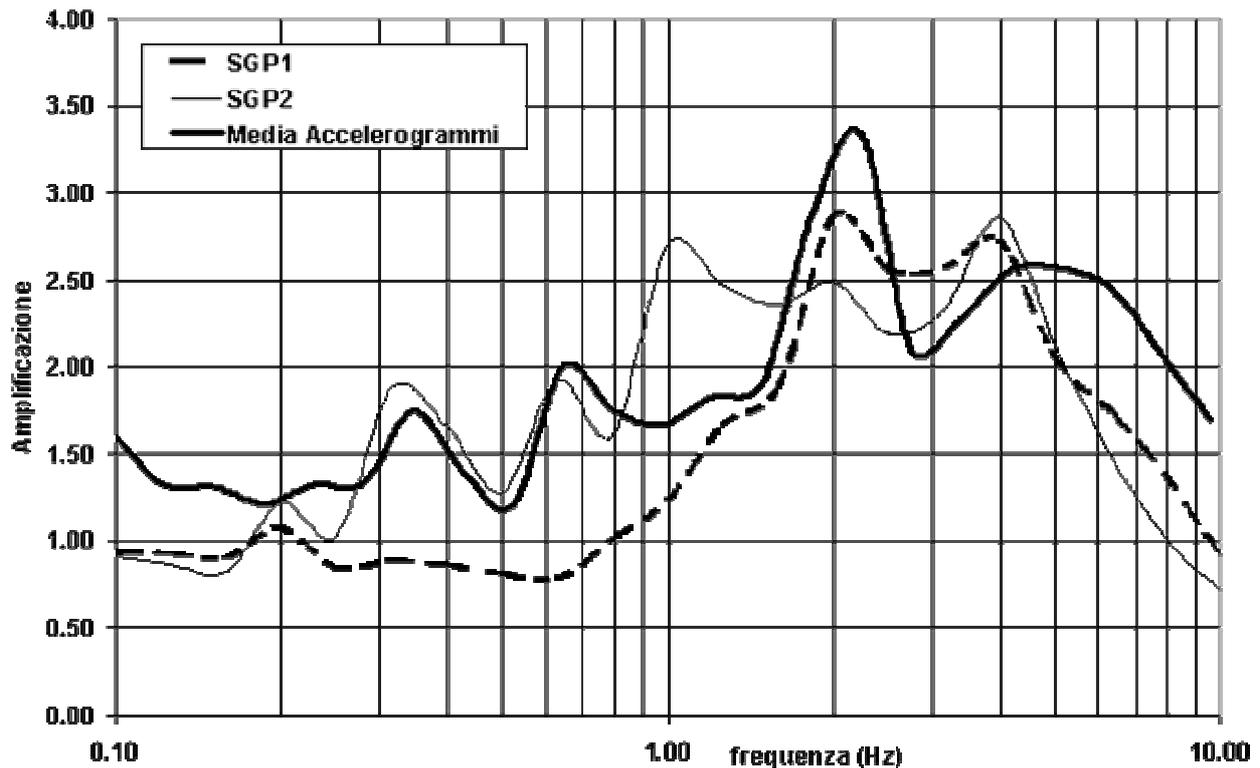
amplificazione.

A Montelongo, la componente trasversale (MLG T, lato corto della cresta) è coincidente con la longitudinale (MLG L, lato lungo della cresta) dove non ci sono amplificazioni (valori intorno ad 1) ma si differenzia poi raggiungendo un fattore 3.5. La amplificazione è quindi dovuta ad un fattore morfologico.

A S. Giuliano, la componente trasversale (SGP T, lato corto della cresta) è coincidente con la longitudinale (SGP L, lato lungo della cresta) per valori di frequenza sopra ad 1 Hz ma si differenzia per basse frequenze. La amplificazione è quindi dovuta ad un fattore morfologico in bassa frequenza ed a uno litostratigrafico in alta frequenza.







Bonetro

In località Pozzo di Terra (zona di espansione) due edifici destinati a residenza popolare in cemento armato hanno subito danni: in particolare quello a due piani presenta danni solo alle tamponature di base del portico d'ingresso, mentre quello a tre piani presenta danni strutturali particolarmente gravi su alcuni pilastri perimetrali. La dinamica di danneggiamento di quest'ultimo edificio è stata fortunatamente seguita in dettaglio in quanto mentre il nostro gruppo stava effettuando rilievi fotografici esterni e sismometrici interni si è verificata la forte scossa del 1° Novembre.

E' stato così possibile osservare il peggioramento delle lesioni strutturali già presenti e la formazione di nuovi danni. Il danno dopo la scossa principale è visibile nella figura 1, mentre quello dopo l'aftershock di magnitudo 5.3 è riportato nelle figure 2 e 3.

Il terreno presenta un picco di amplificazione in corrispondenza della frequenza fondamentale dell'edificio, e si potrebbero quindi essere verificati dei fenomeni di risonanza (fig.4).



Figura 1



Figura 2



