

Elementi strutturali, effetti locali e danni ai manufatti nell'area abruzzese interessata dal sisma del 6 aprile 2009

Workshop

Il terremoto Aquilano dell'aprile 2009:

primi risultati e strategie future

Chieti, 4 giugno 2009

Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara

Franco Ortolani (*UniNA*), Ordinario di Geologia, Università Federico II

Silvana Pagliuca (*ISAFOM-CNR, NA*), Ercolano

Angelo Spizuoco (*CS PSGG*) Ingegnere, Centro Studi Strutture
Geologia Geotecnica, S. Vitaliano, (NA) - www.spizuoco.it

L'area interessata dal sisma del 6 aprile 2009 nell'alta valle del F. Aterno nei dintorni dell'Aquila è caratterizzata dalla testimonianza morfologica di elementi strutturali che interessano il basamento previsto intorno ai 9 km di profondità: si tratta di numerosi sinkholes presenti lungo allineamenti appenninici ed antiappenninici diffusi in gran parte dell'area epicentrale dai rilievi di Roio fino a Fossa e San Demetrio ne Vestini.

Queste cicatrici sono da attribuire all'azione di fluidi aggressivi risaliti attraverso fratture crostali, come si verifica in altre aree dell'Appennino.

L'analisi ed elaborazione dei dati geofisici relativi all'ubicazione del main shock e degli aftershocks, finora resi disponibili, lasciano intravedere alcuni problemi circa l'ubicazione della faglia sismogenetica crostale.

L'elaborazione dei dati macrostrutturali pubblicati consente di ragionare criticamente sui rapporti esistenti tra strutture crostali sismogenetiche, deformazioni della superficie del suolo e rimobilizzazione di superfici di discontinuità tettoniche sub verticali affioranti. Le conoscenze scientifiche relative alle diversificate problematiche delle aree sismiche, con le quali deve fare i conti l'urbanizzazione, devono supportare una corretta classificazione sismica del territorio e scongiurare gli errori commessi finora in Irpinia e nell'aquilano.

Particolare importanza, assume la caratterizzazione del corpo geologico interposto tra fonte energetica ipocentrale e superficie urbanizzata di interesse. Corpo geologico che, nella fattispecie, è da ritenersi come volume di trasferimento delle onde sismiche in termini geologici e matematici.

Risulta, perciò, fondamentale la modellazione geometrica e parametrica di tale volume di trasferimento, al fine di rappresentare gli aspetti del fenomeno di generazione e propagazione delle onde sismiche con un affidabile modello strutturale.

Modello strutturale teso a consentire una idonea valutazione della più probabile accelerazione di base da utilizzare come parametro d'ingresso per aree omogenee di zonazione sismica, da individuare e riportare nei piani geologici a supporto della pianificazione urbanistica.

Il piano urbanistico assume, così, un ruolo ben più importante del semplice strumento urbanistico, diventando un vero e proprio strumento di supporto per la progettazione strutturale al fine di prevenire possibili irregolarità nel comportamento delle strutture, riconducibili a fattori geomorfologici.

Sisma, Volume Geologico di attraversamento, Sito e Costruzione sono da intendersi come un unico sistema composto da quattro indissolubili componenti tese alla mitigazione del rischio sismico. La componente Costruzione, però, sicuramente merita una rivisitazione radicale, così ad es. in materia di competenze professionali si dovrebbe vietare ad ingegneri non civili di trattare costruzioni, si dovrebbero mettere dei "paletti" nel rapporto tra Imprese e Direzione Lavori, pretendere la qualificazione professionale per ogni Direttore di cantiere, rivedere le modalità di qualificazione dei Direttori tecnici di impresa, prevedere il coinvolgimento delle Centrali di betonaggio nella regolarità del getto, prevedere appositi corsi di formazione introducendo la qualificazione specialistica del capo carpentiere/ferraio, introdurre l'istituzione del Libretto del fabbricato, ecc..

Il sisma dell'Aquila, oltre ad essere l'occasione per poter correggere molte storture che da sempre sono presenti nel delicato processo di mitigazione del rischio sismico, offre, l'opportunità per ragionare criticamente, sempre in base ai dati finora disponibili, sulle relazioni esistenti tra tettonica attiva, tettonica sismogenetica, sollevamenti e abbassamenti della catena appenninica.

I rilievi multidisciplinari eseguiti nell'area epicentrale hanno evidenziato il ruolo significativo delle caratteristiche geologiche e geotecniche delle rocce costituenti il substrato degli edifici nel determinare una accentuata amplificazione delle oscillazioni orizzontali o una loro non amplificazione.

I rilievi ingegneristici hanno permesso di usare come elementi di riferimento gli edifici non antisismici in muratura con le più scadenti proprietà strutturali. L'esempio più significativo è rappresentato dagli abitati di Onna e di Monticchio ubicati a circa 1300 m di distanza. Come è noto l'abitato di Onna gravemente danneggiato è ubicato nella pianura alluvionale caratterizzata da falda superficiale e da una copertura di vari metri di sedimenti sciolti con scadenti caratteristiche geotecniche. La superficie del suolo della pianura alluvionale è stata interessata da fratture e costipamenti differenziati. I tetti spingenti, le murature in pietrame spesso con ciottoli arrotondati e generalizzata presenza di malta degradata hanno costituito alcuni degli elementi scatenanti che hanno provocato una diffusa distruzione e danneggiamento.

Gli stessi tipi di edifici presenti nell'abitato di Monticchio, ubicato in parte su rocce carbonatiche, sono stati poco sollecitati da oscillazioni orizzontali in quanto poco o niente danneggiati dal sisma. Addirittura si notano pietre arrotondate appoggiate sulle file dei coppi più bassi (per evitarne l'asportazione da parte del vento) ancora allineate così come sono state originariamente sistemate.

Altri rilievi sono stati eseguiti in edifici in calcestruzzo armato nel quartiere Pettino e a sud di San Demetrio ne' Vestini. Sono state rilevate sistematiche carenze costruttive specialmente per quanto riguarda la posa in opera delle staffe nei pilastri ed in corrispondenza dei nodi trave-pilastro. In tutti gli edifici esaminati, le staffe erano disposte con passo diradato, privi di uncini terminali, con legature sul medesimo spigolo del pilastro ed i nodi trave-pilastro si presentavano non confinati.

Si è avuto modo di osservare che là dove le onde sismiche avevano generato in superficie evidenti fratture al suolo, gli edifici prossimi e/o direttamente interessati dal fenomeno hanno subito un violento e quasi istantaneo tranciamento dei pilastri del primo ordine all'intradosso delle travi del primo impalcato.

Le numerose fratture rilevate in superficie testimoniano che al passaggio delle onde sismiche si è avuta una evidente repentina deformazione dei terreni di fondazione costituiti da sedimenti sciolti con scadenti caratteristiche geotecniche.

Nella fattispecie, oltre agli errori costruttivi riscontrati (e/o eventuali carenze progettuali), per quanto è stato possibile "leggere" sul territorio, un ruolo fondamentale è stato assunto dall'esaltazione locale che il sisma ha subito per effetto delle condizioni geoambientali e geotecniche del sito.

Si è rilevato che là dove gli edifici hanno patito lo scalzamento dei piani superiori rispetto al piano terra, a poche decine di metri di distanza, edifici aventi le stesse caratteristiche tipologiche non hanno subito alcun danno.

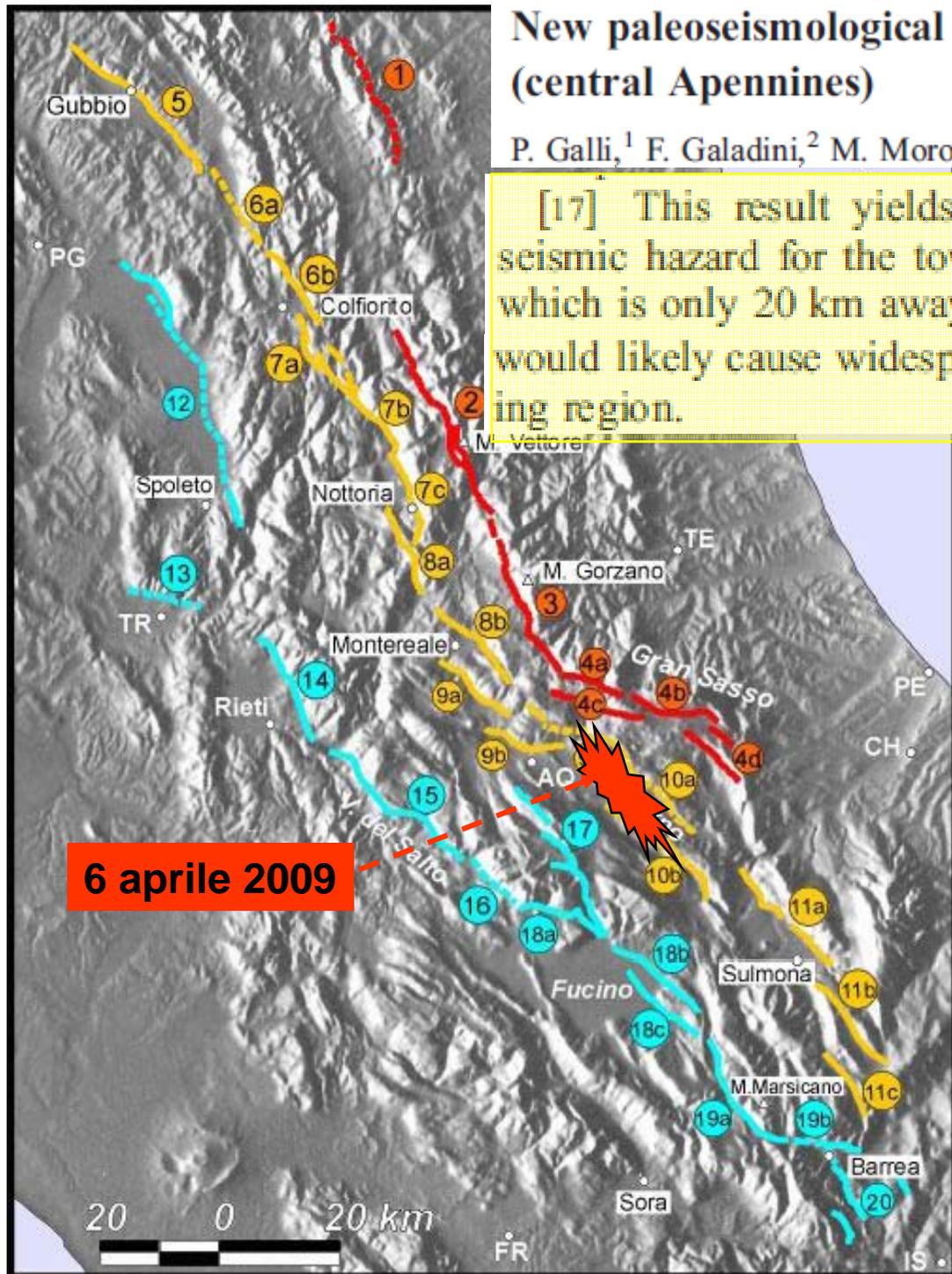
Nel caso specifico, un ruolo fondamentale hanno assunto la morfologia della struttura tridimensionale e le proprietà geotecniche del volume sismico significativo che hanno indotto brusche ed intense variazioni spaziali del moto sismico producendo istantanei e devastanti effetti distruttivi.

I dati relativi alle differenti risposte di sito finora rilevati sono correlabili con quelli acquisiti nell'area interessata dal sisma del 1980 in Irpinia.

New paleoseismological data from the Gran Sasso d'Italia area (central Apennines)

P. Galli,¹ F. Galadini,² M. Moro,² and C. Giraudi³

[17] This result yields an important implication in terms of seismic hazard for the town of L'Aquila (~100.000 inhabitants), which is only 20 km away from the CIF. Magnitude 7 earthquake would likely cause widespread damage in the town and surrounding region.



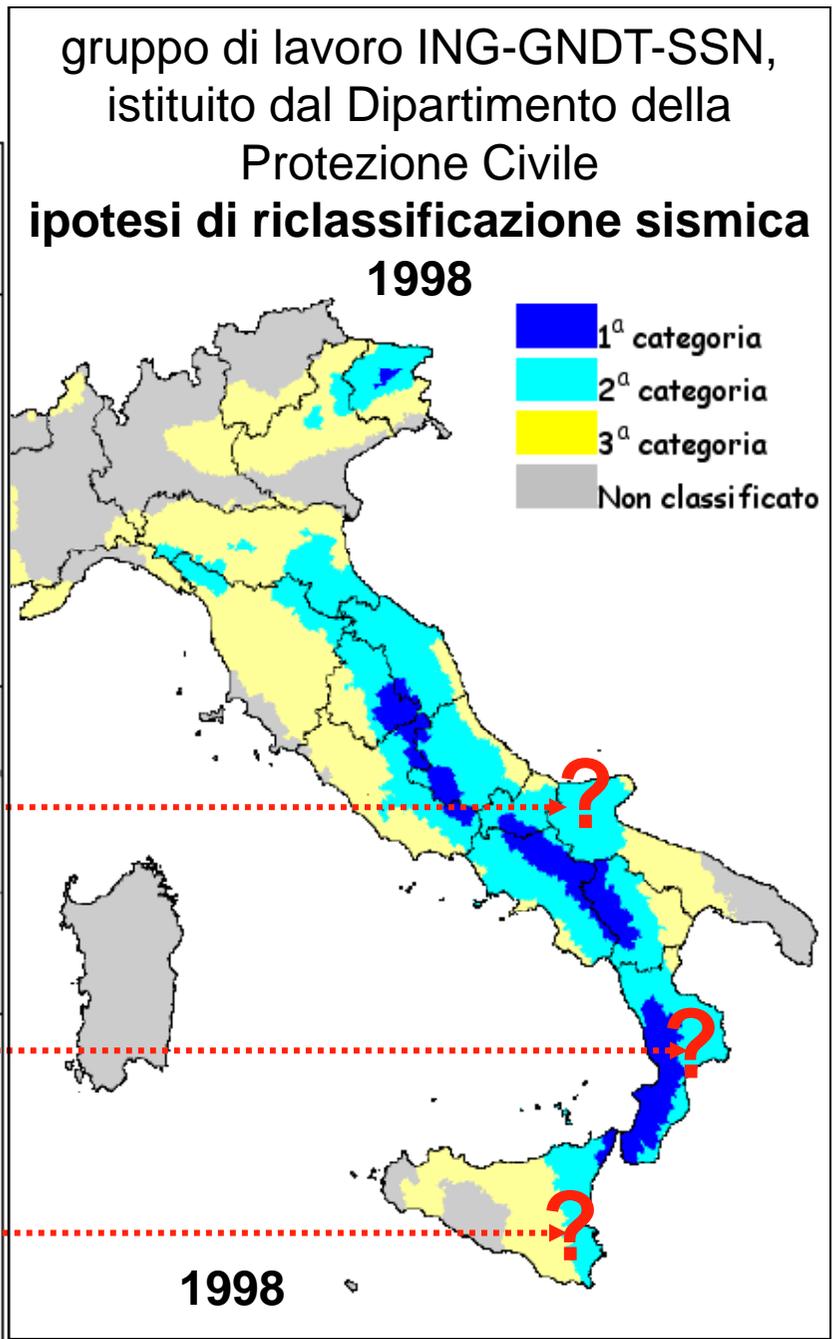
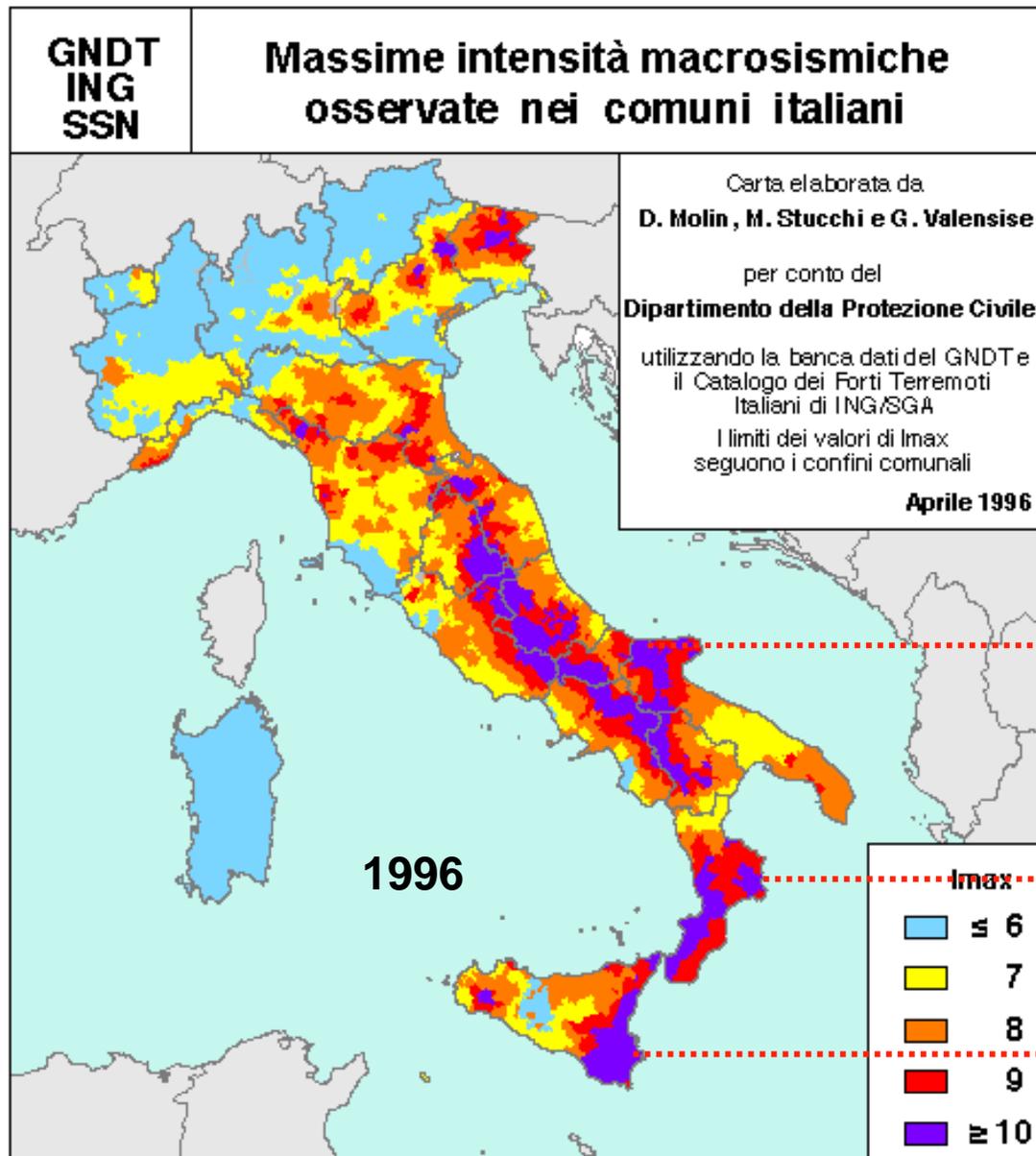
I dati di ricerche paleosismologiche da molti anni hanno messo in luce che l'aquilano può essere interessato da eventi di elevata magnitudo.

La classificazione vigente non è adeguata ai risultati noti delle ricerche.

Come mai?

E non è il solo caso: vi sono almeno 3 altri "macro casi" in Puglia, Calabria e Sicilia.

Le immagini seguenti illustrano le "anomalie" emergenti dalla classificazione "statale" e regionale.

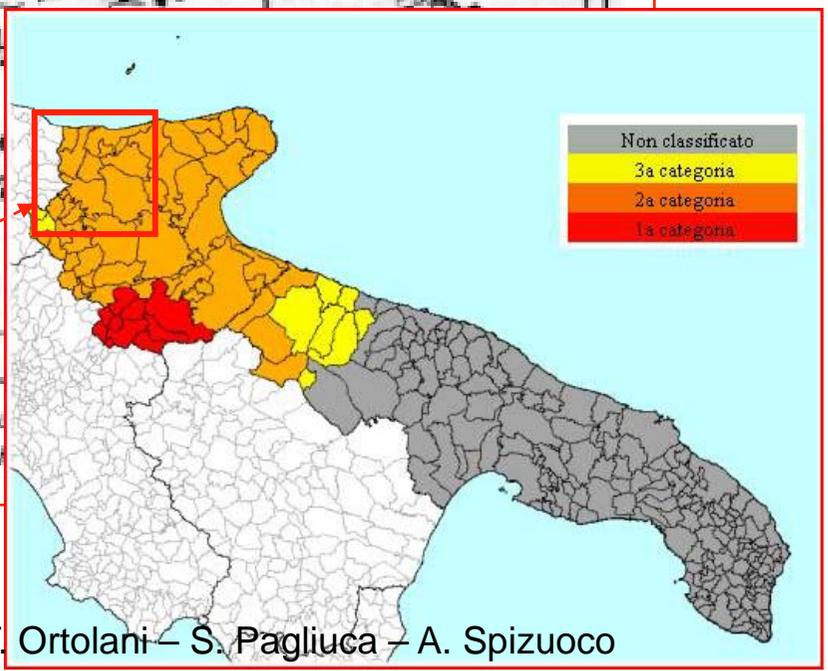
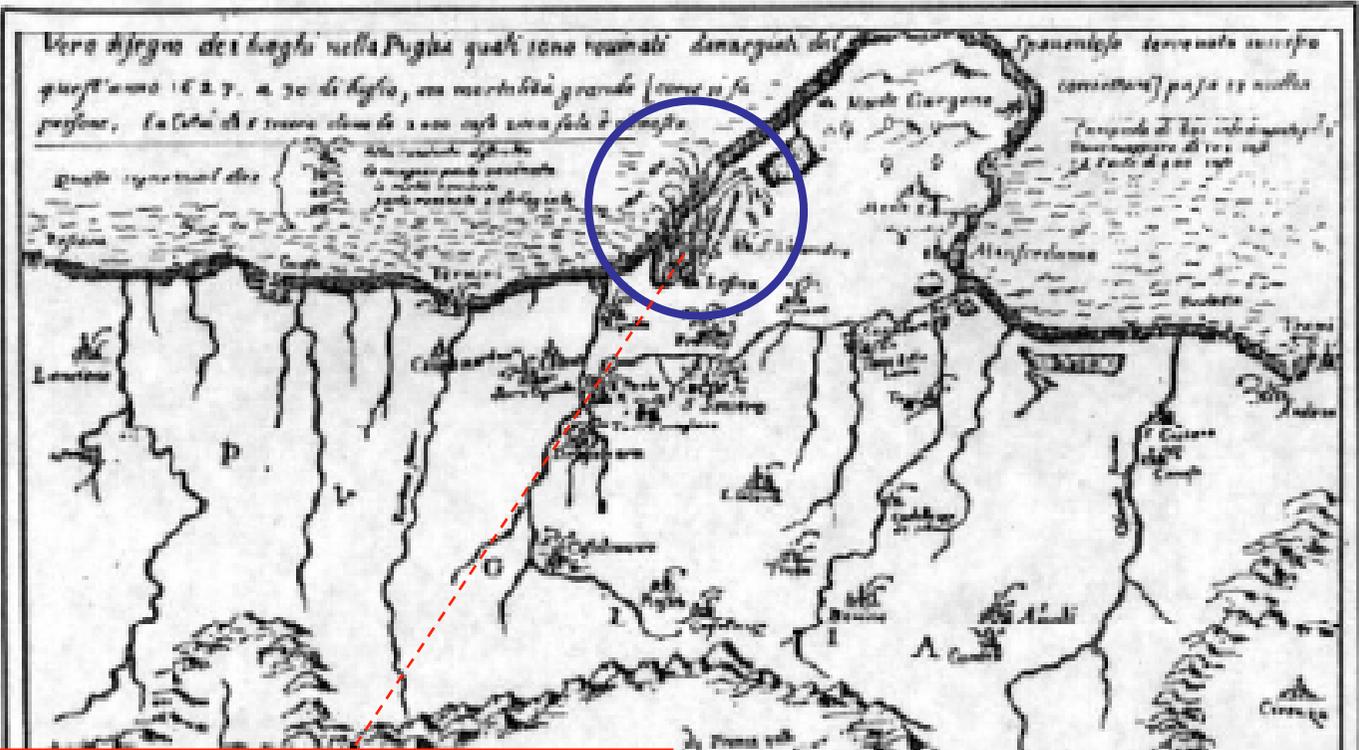


**In queste aree
(Gargano, area intorno
a Foggia, Sila, Sicilia
orientale) è adeguata la
classificazione?**

Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004).



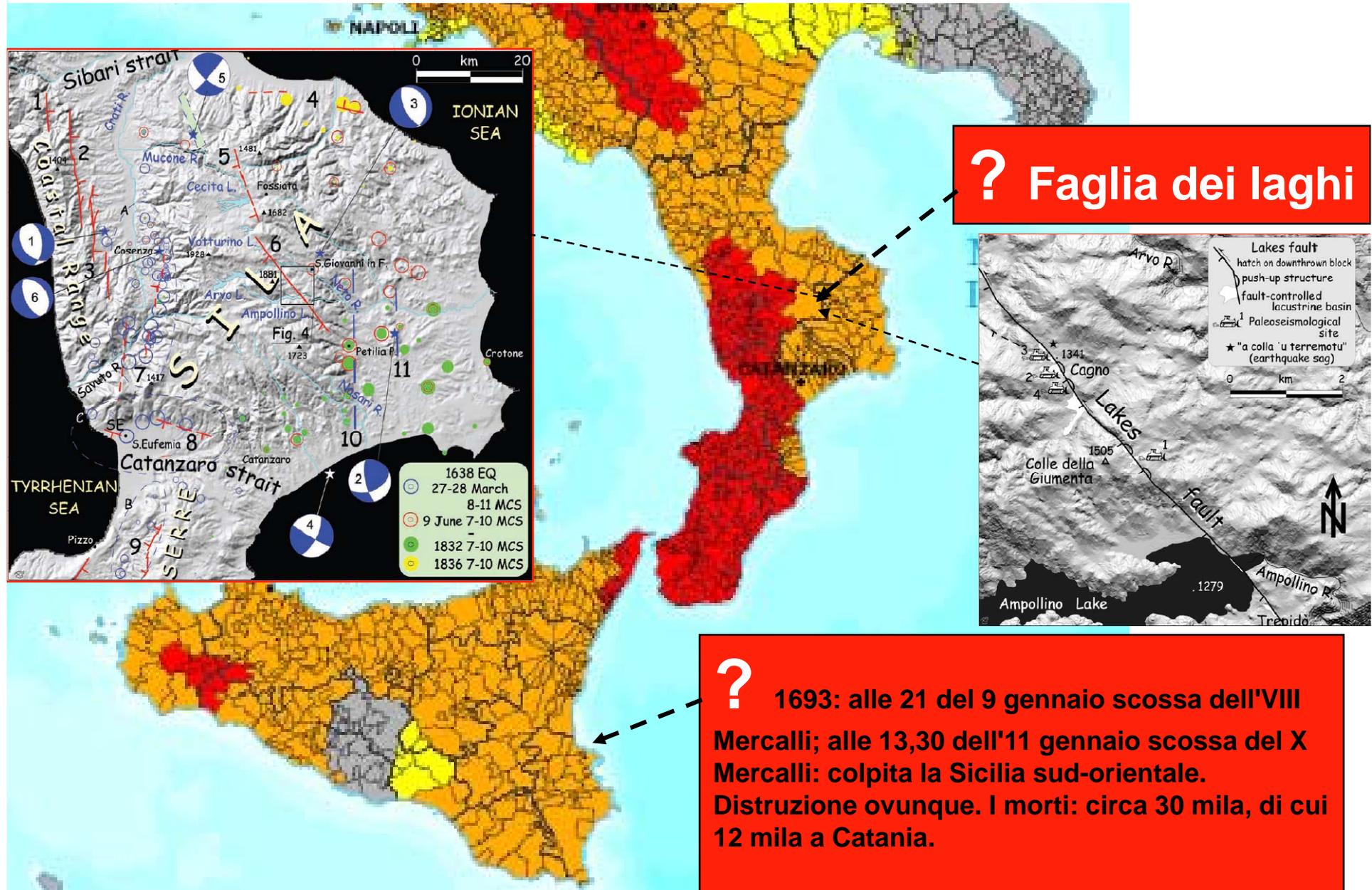
*comuni classificati in Zona 2 per i quali vengono previste, per le strutture strategiche e rilevanti di cui al comma 2 art. 3 ord. 3274/2003, verifiche e limitazioni tecniche previste per la zona 1



Catastrophic 1638 earthquakes in Calabria (southern Italy): New insights from paleoseismological investigation

Paolo Galli and Vittorio Bosi

Civil Protection Department, Seismic Survey of Italy, Rome, Italy, 2003.



. Dopo il sisma del 1980 i comuni variamente colpiti furono classificati con intervento legislativo statale come zona di media sismicità; anche quelli epicentrali come Lioni, S. Angelo dei Lombardi e Conza che confinavano con quelli inseriti in elevata sismicità in seguito all'evento del 1930, che fu meno distruttivo.

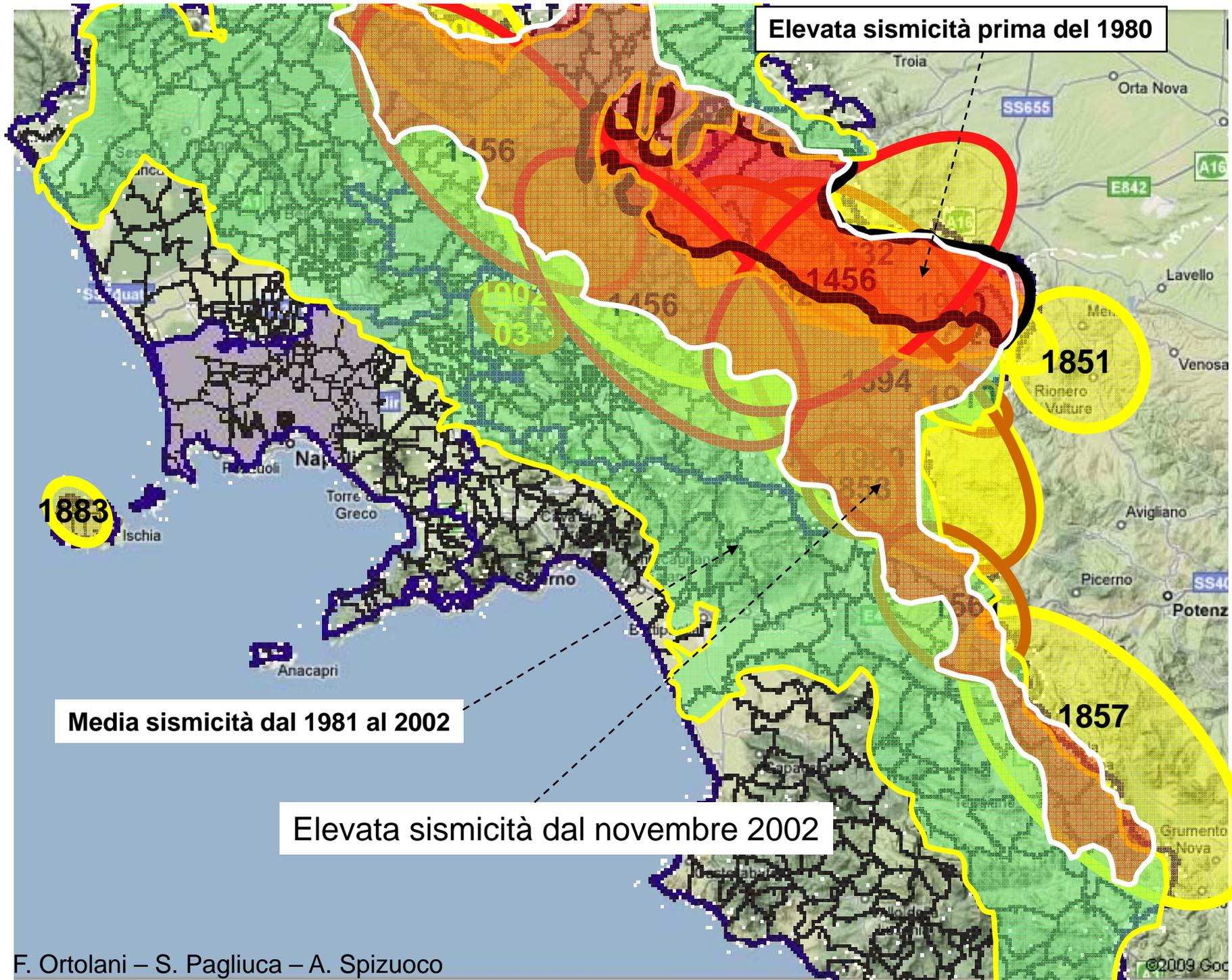
Era evidente l'anomalia.

Invano fu sollecitata una rapida correzione per evitare che la ricostruzione venisse attuata realizzando edifici strutturati per una sollecitazione sismica inferiore (media sismicità) a quella cui potevano essere sottoposti (relativa alla elevata sismicità).

La ricostruzione degli edifici è stata realizzata, pertanto, anche nell'area epicentrale del 1980 e in quelle che sono state epicentrali di altri eventi disastrosi tra le Province di Salerno, Avellino e Benevento applicando le norme costruttive antisismiche della media sismicità (mentre invece dovevano essere costruiti con le norme della elevata sismicità così come successivamente e tardivamente indicato dalle istituzioni competenti).

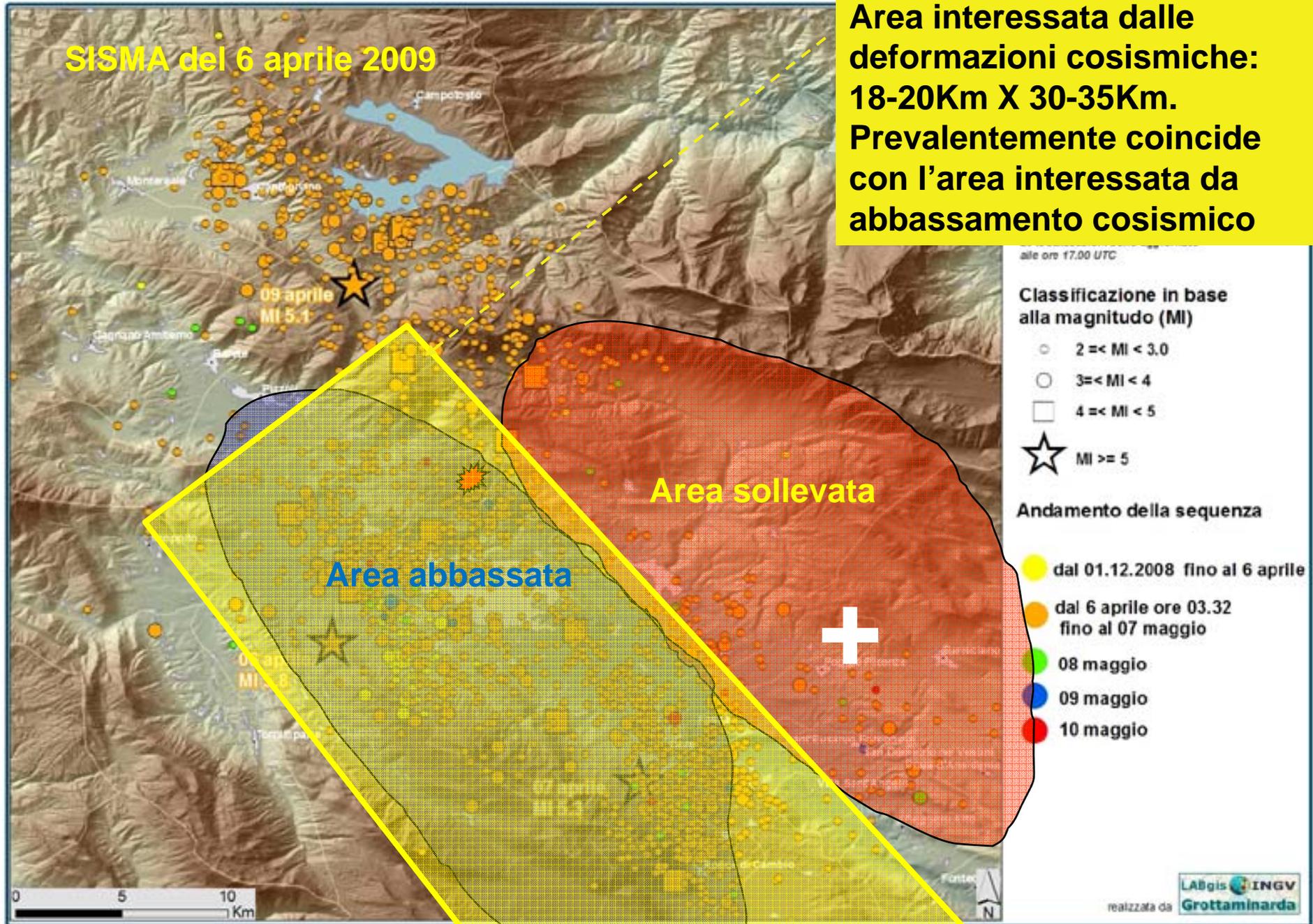
Nel febbraio 2003 la Regione Campania, finalmente ma con eccessivo ritardo, ha riclassificato sismicamente il territorio regionale attribuendo una adeguata categoria sismica ai comuni che erano già stati classificati dallo Stato dopo l'evento del 1980.

La riclassificazione regionale dovrebbe essere rivista inserendo nella elevata sismicità anche i Comuni di Casamicciola, Lacco Ameno e Forio nell'Isola d'Ischia disastriati dall'evento del 1883 e alcuni altri comuni delle province di Salerno, Avellino (es. Nusco) e Benevento.

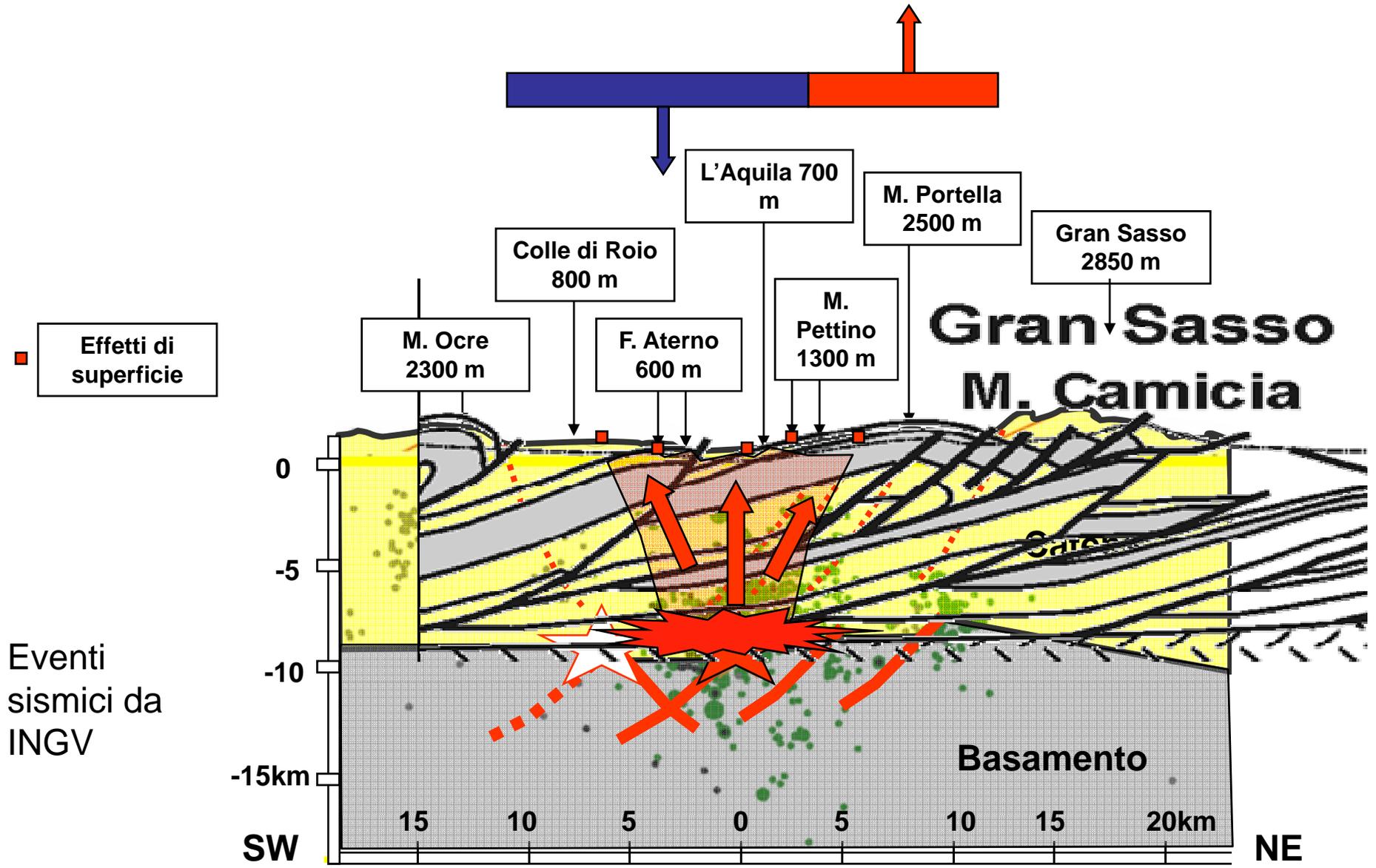


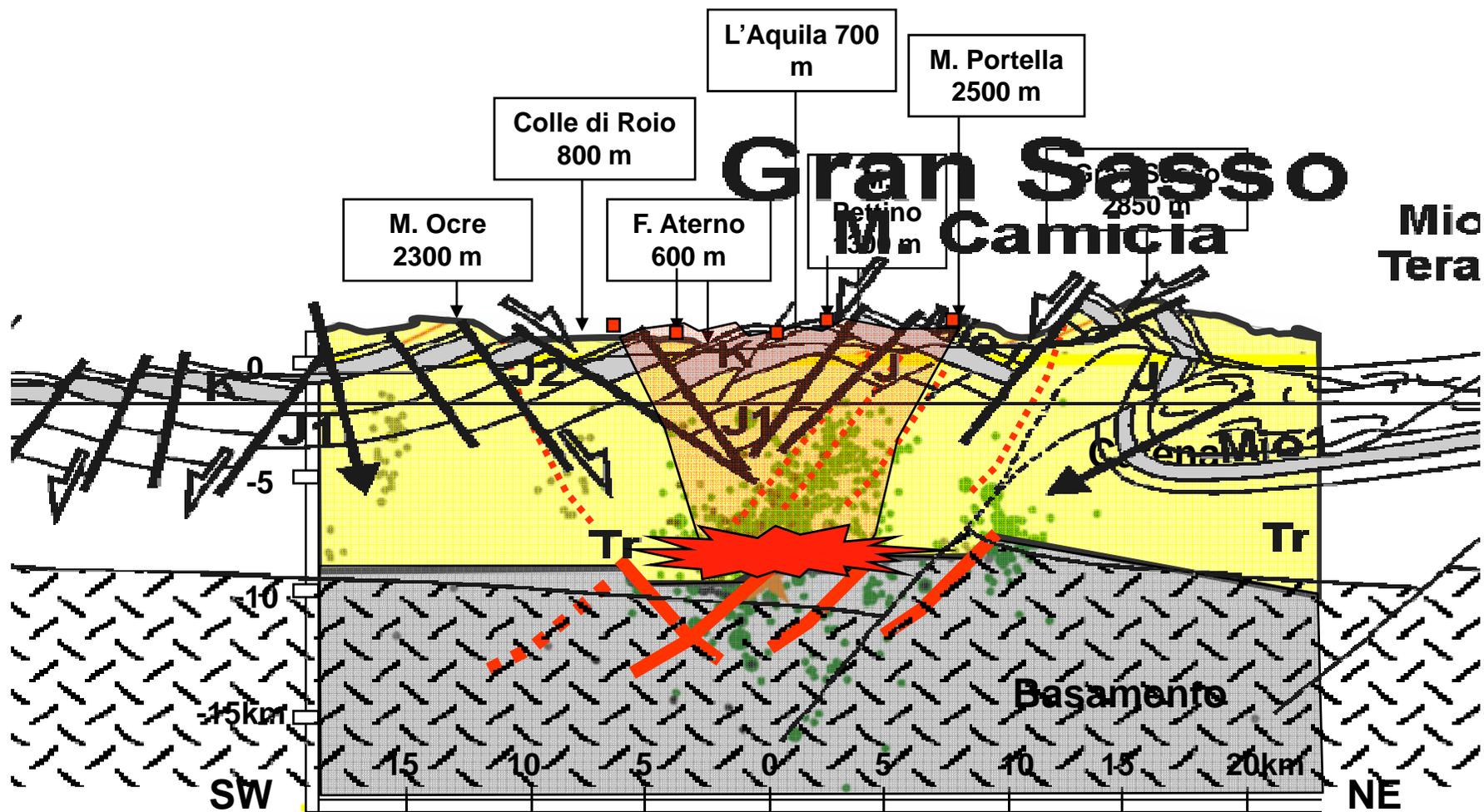
SISMA del 6 aprile 2009

Area interessata dalle deformazioni cosismiche:
18-20Km X 30-35Km.
Prevalentemente coincide con l'area interessata da abbassamento cosismico



Struttura della catena da
 Comparing thin- and thick-skinned thrust tectonic models of the Central Apennines, Italy
 R. S. J. Tozer, R.W. H. Butler, and S. Corrado, 2002





F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco

Assetto geologico-strutturale e stile tettonico della catena centro appenninica

Calamita F.⁽¹⁾, Esestine P.⁽¹⁾, Paltrinieri W.⁽¹⁾⁽²⁾, Satolli S.⁽¹⁾, Scisciani V.⁽¹⁾ & Viandante M.G.⁽¹⁾

⁽¹⁾Università degli Studi di Chieti e Pescara

⁽²⁾British Gas R.I.M.I.

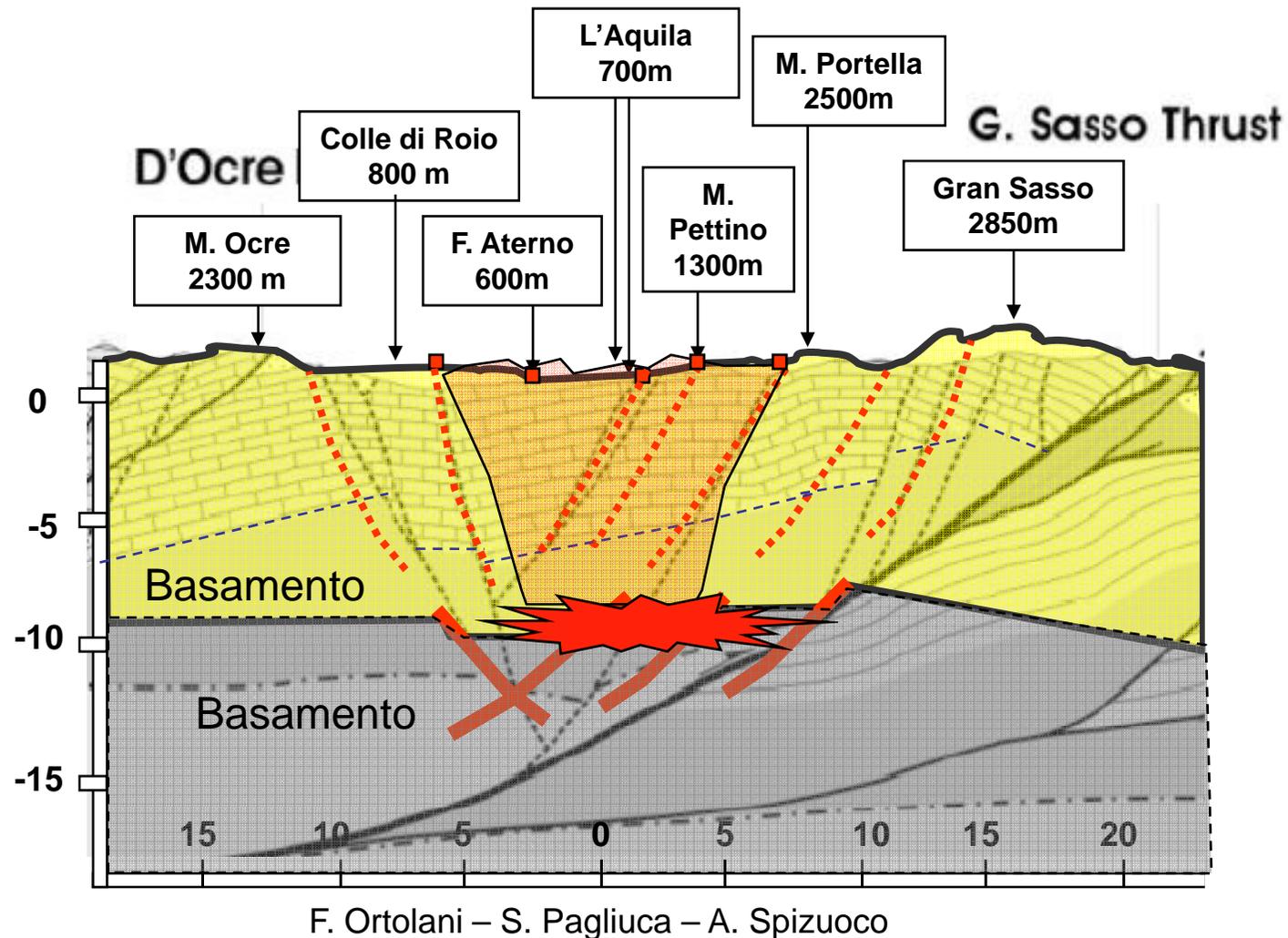
Presentazione delle ricerche di punta e delle teorie e metodologie innovative

sviluppate nell'ambito del Corso di Dottorato in "Geologia ed Evoluzione della Litosfera":
incontro annuale 2004

2 dicembre 2004

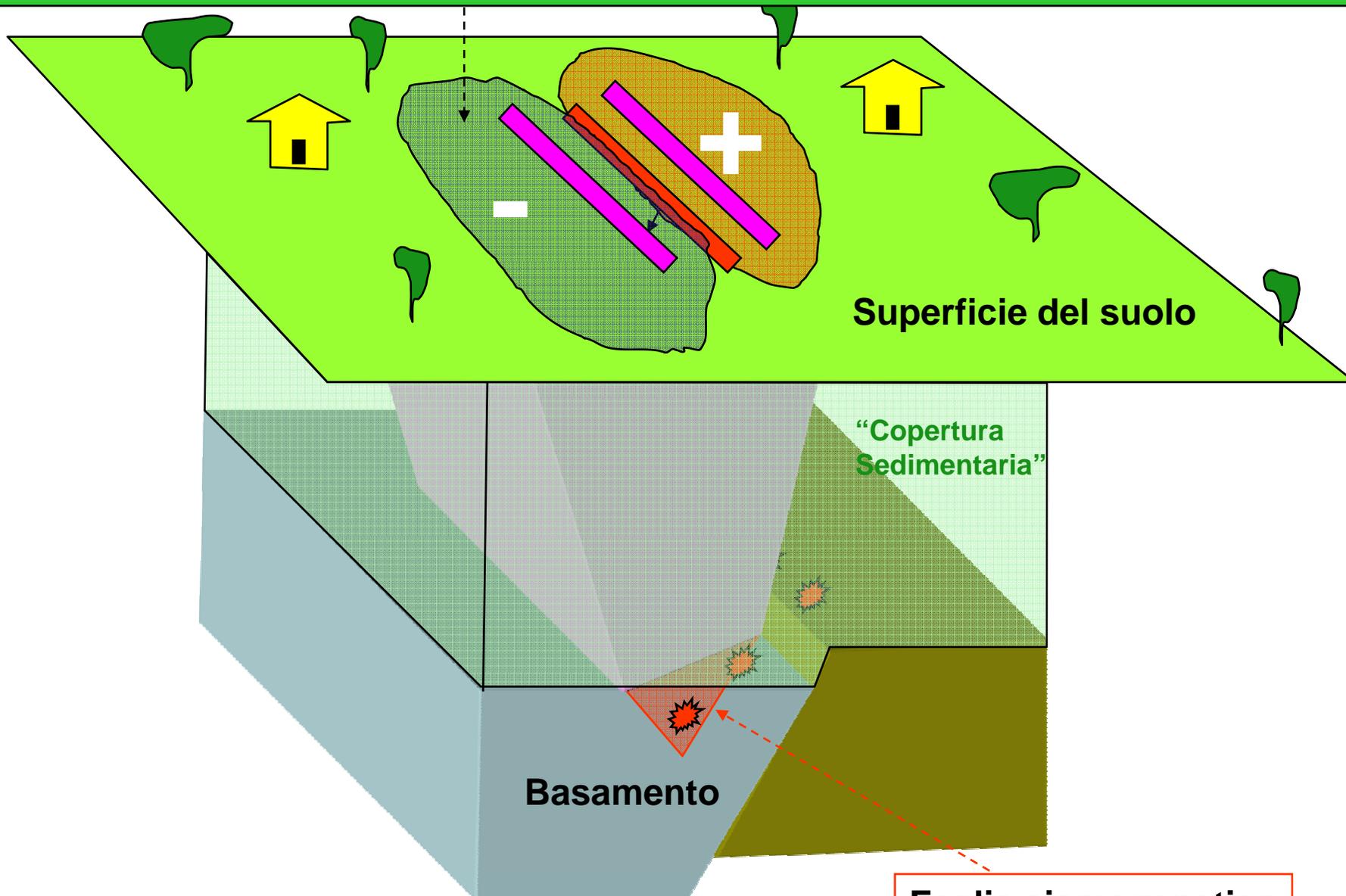
Auditorium del Rettorato

Università degli Studi G.D'Annunzio
Dipartimento di Scienze della Terra
Campus Universitario Madonna delle Piane
Chieti Scalo



**Area interessata dalle deformazioni cosismiche:
18-20Km X 30-35Km.**

Prevalentemente coincide con l'area interessata da abbassamento cosismico



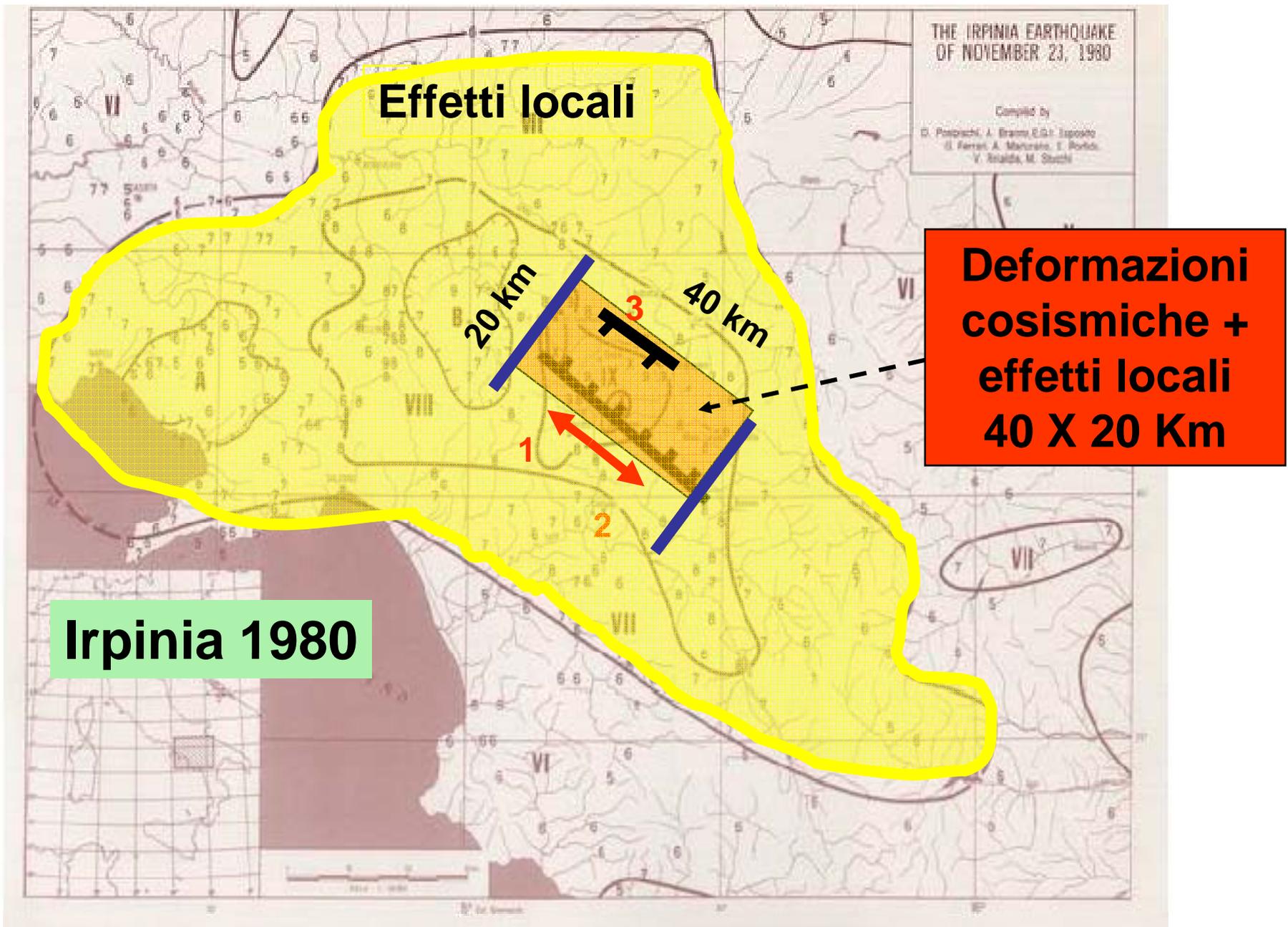
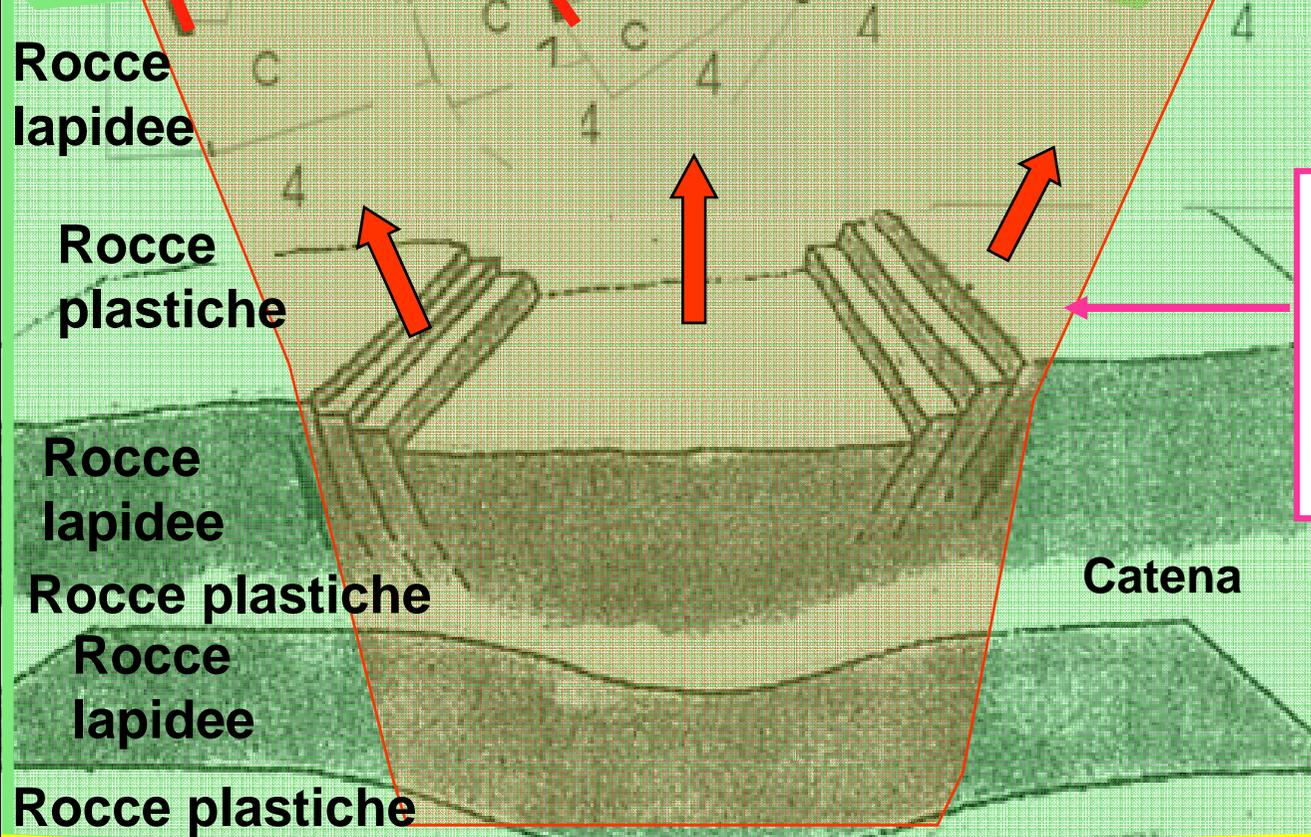


Figure 2: Isoseismal map and surface faulting for the 1980 Irpinia earthquake. After Postpischl, 1985a, modified. F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco

Pantano di S. Gregorio Magno Piano di Pecore Laviano Sella di Conza F. Ofanto Diga di Conza della Campania

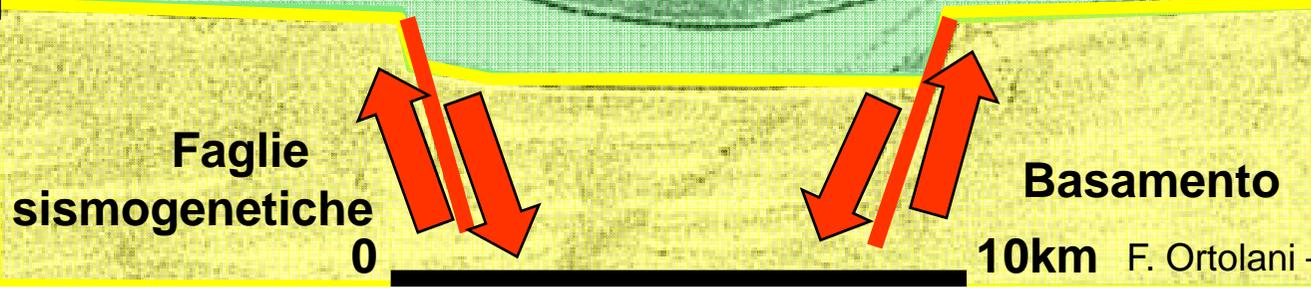


Superficie del suolo interessata dalle deformazioni cosismiche



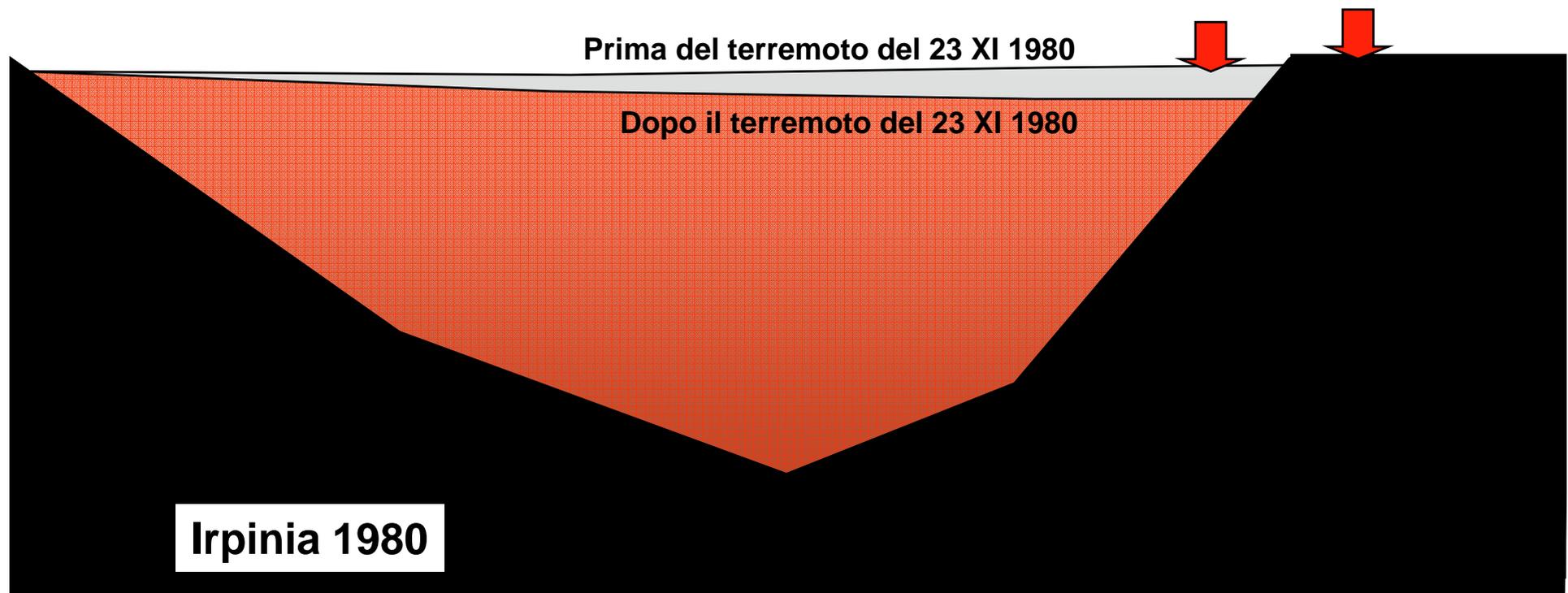
Volume di roccia interessato dalle deformazioni cosismiche

12 km

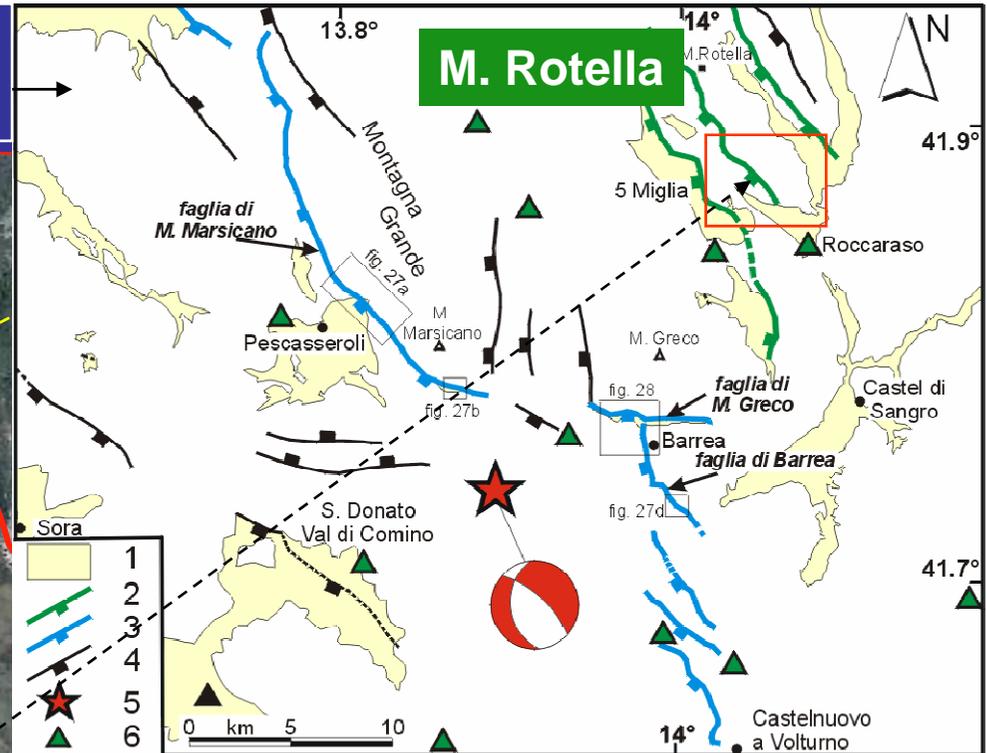
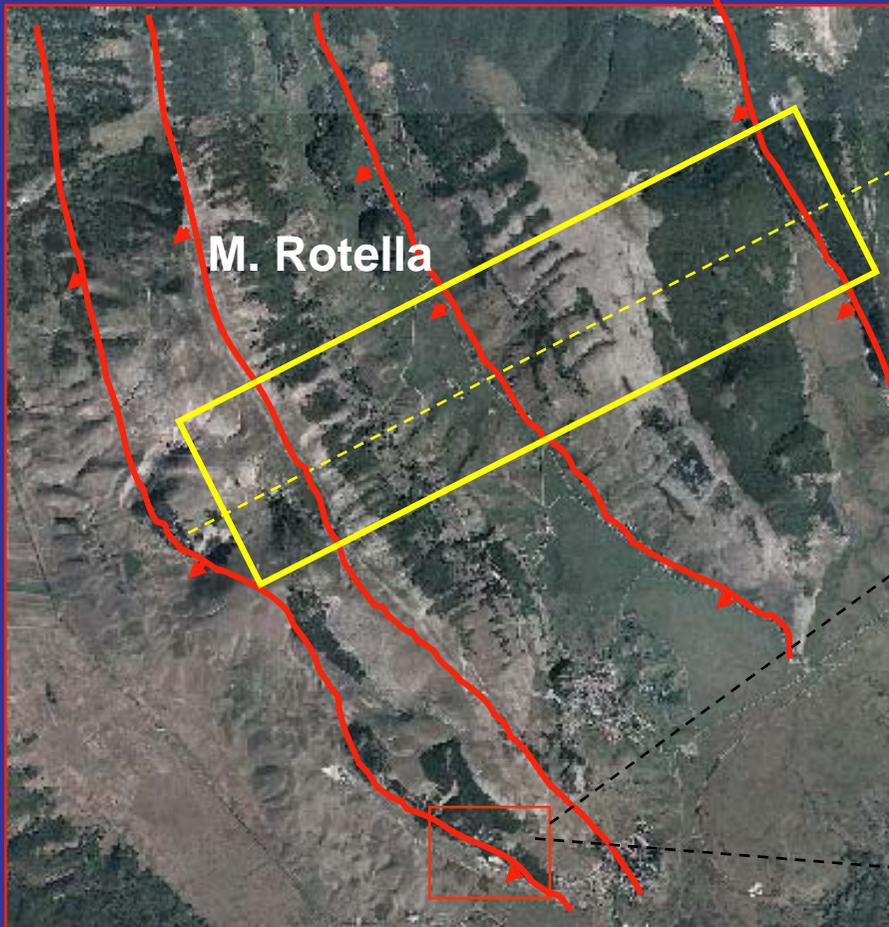


Irpinia 1980

**Rotazione lungo un asse suborizzontale della “Diga in terra”
di Conza della Campania sul Fiume Ofanto
in costruzione nel 1980
(attualmente in esercizio, vol. max invasabile
100 milioni di mc),
solidalmente con il substrato dell’intera valle**

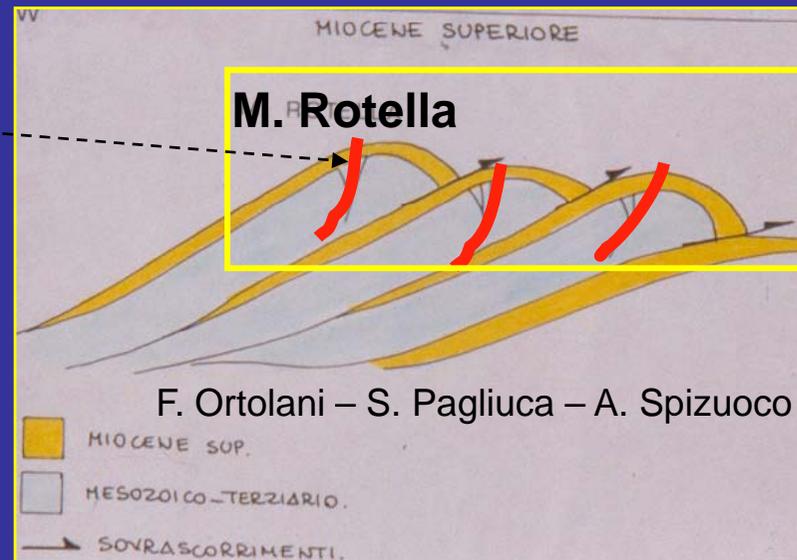


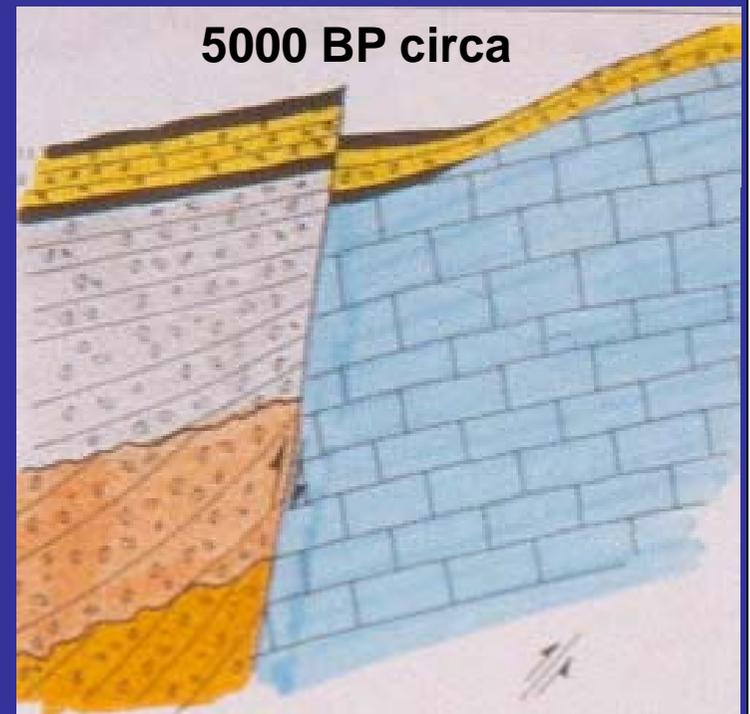
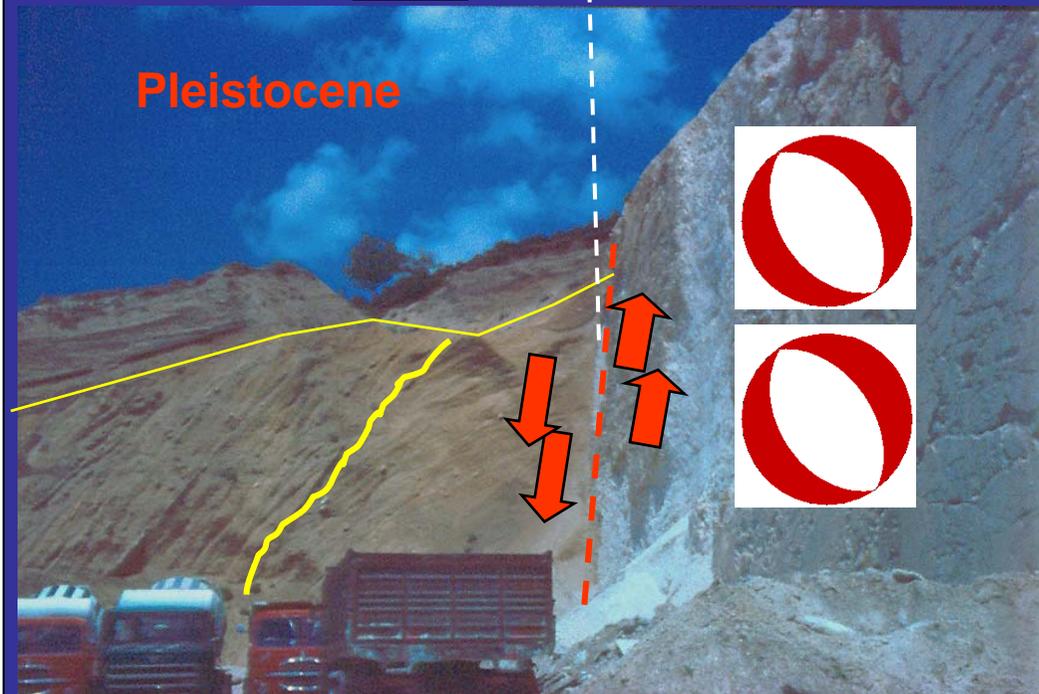
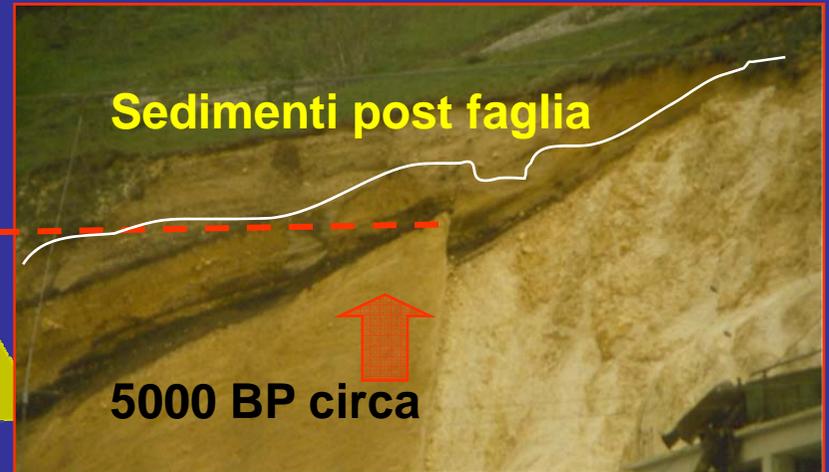
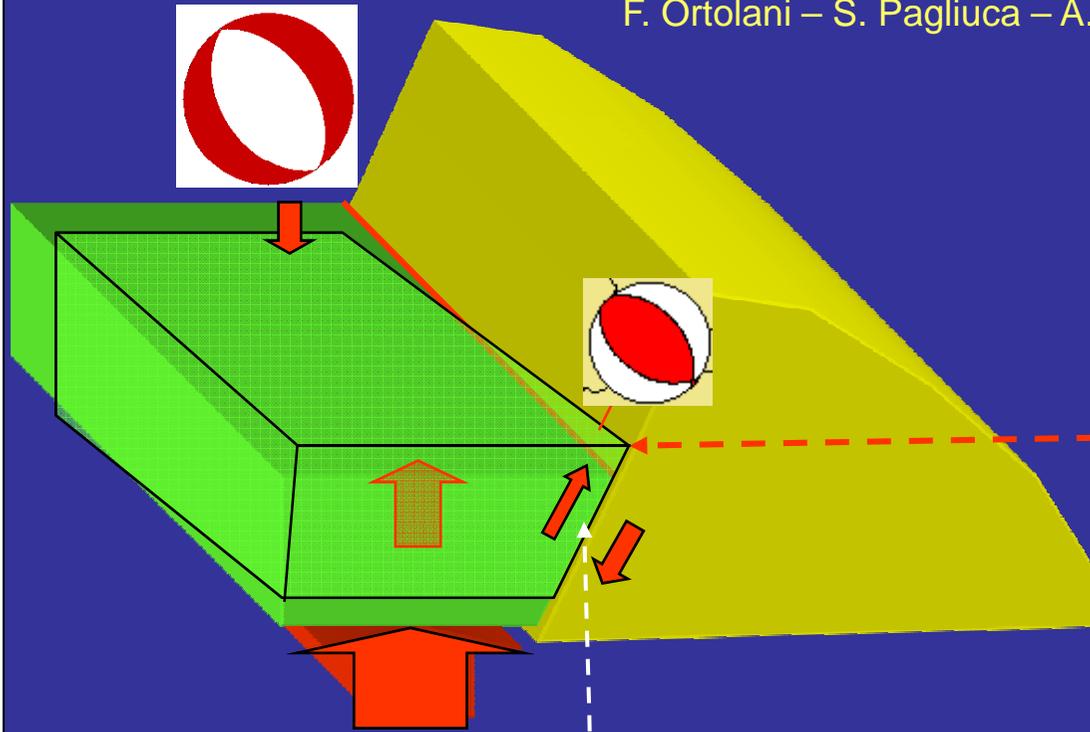
SORGENTI SISMOGENETICHE IN APPENNINO CENTRALE: DEFINIZIONE ED APPLICAZIONE ALLE STIME DI PERICOLOSITÀ SISMICA. Bruno Pace, 2000-2001



- 2) faglie dirette attive, allineamento intermedio;
- 3) faglie dirette attive, allineamento interno;

Rivisondoli (L'Aquila).
 Spostamento cosismico (tipo faglia inversa) avvenuto fino a circa 5000 anni fa lungo faglia diretta attiva dal Pleistocene medio. Tale faglia delimita verso sud ovest la parte affiorante e sollevata di un prisma carbonatico di M. Rotella che fa parte di una serie di duplex.





0 _____ rimobilizzazione di frane in terreni argillosi _____ 150 Km

influenza delle variazioni laterali e verticali delle caratteristiche geotecniche dei terreni dei primi 15 m

0 _____ 100 Km

0 _____ crollo di prismi rocciosi _____ 80 Km

incremento della portata delle sorgenti con intorbidimento delle acque, liquefazione di sabbie

0 _____ 50 - 60 Km

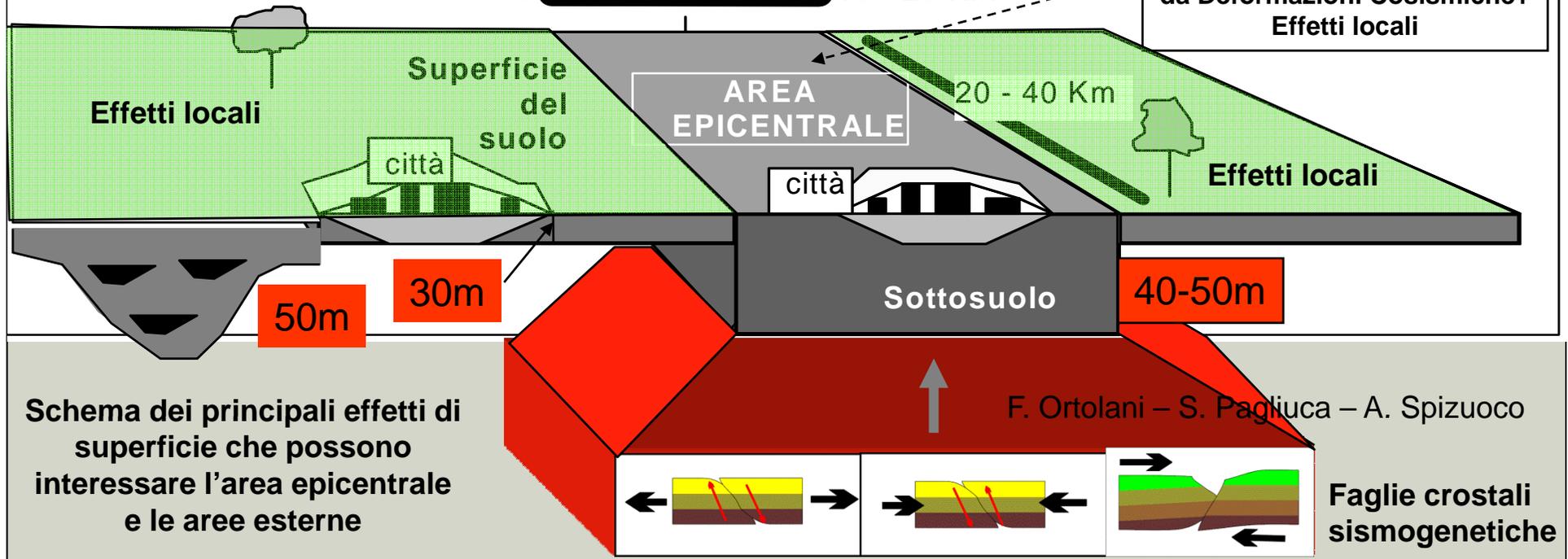
fessurazioni in superficie nei terreni alluvionali, nei terreni argillosi, rimobilizzazione limitata di discontinuità tettoniche anche all'interno di blocchi, accentuate deformazioni elastiche nei terreni argillosi alterati di copertura, movimenti relativi tra blocchi lapidei, poggianti su argille, in condizioni di precaria stabilità

0 _____ 30 - 40 Km

rotazione di blocchi rocciosi di grandi dimensioni attorno ad assi suborizzontali, spostamenti relativi verticali tra blocchi, espulsione di massi lapidei lungo i versanti, influenza delle caratteristiche litotecniche dei primi 40 m

0 _____ 15 - 20 Km

Area Epicentrale interessata da Deformazioni Cosismiche+ Effetti locali





Edifici gravemente danneggiati

1

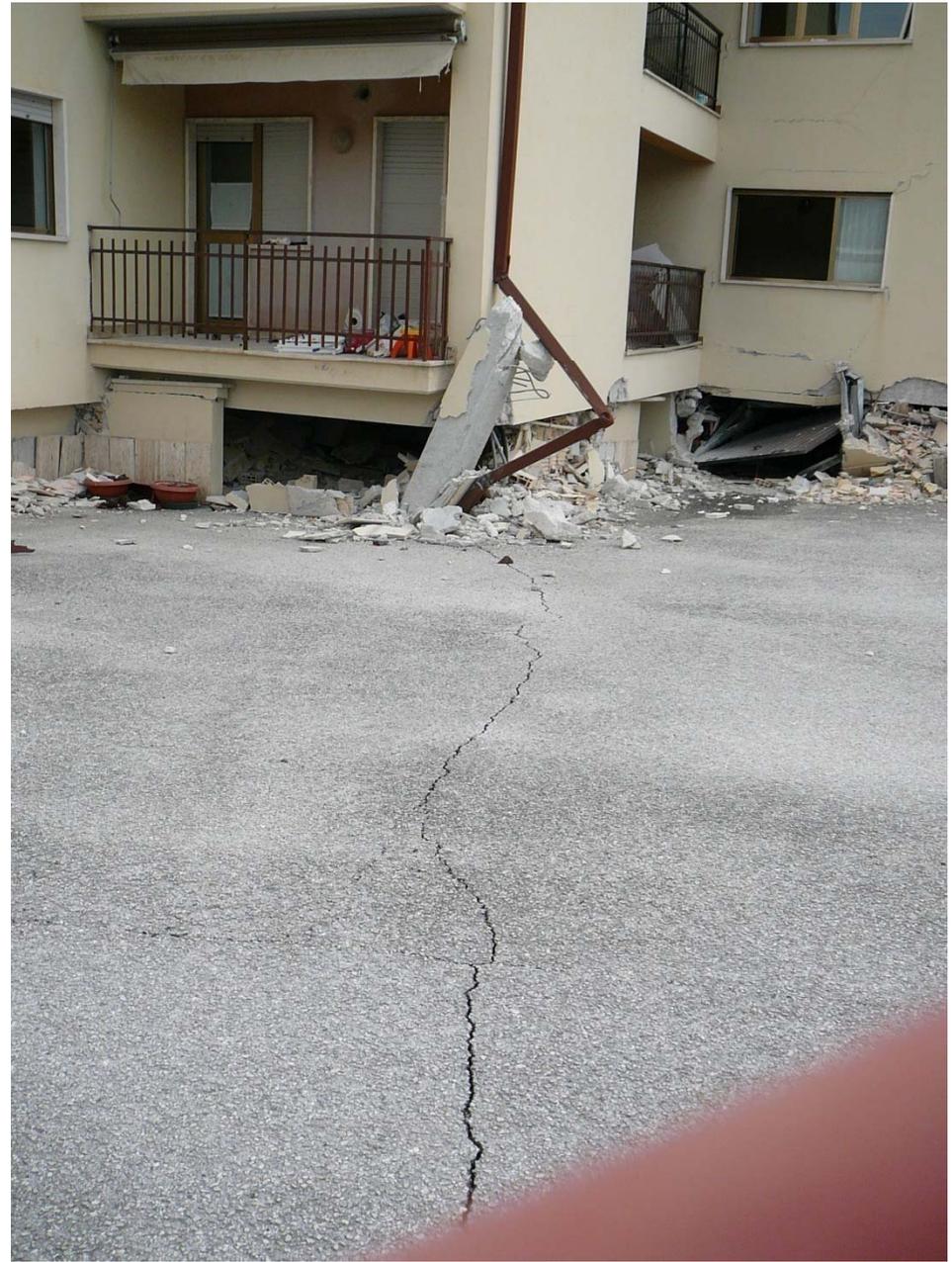
2

Fratture evidenti sulle superfici asfaltate e sui muretti provocate dalle sollecitazioni sismiche in corrispondenza di substrato che ha determinato accentuate amplificazioni locali





Sono state rilevate sistematiche carenze costruttive specialmente per quanto riguarda la posa in opera delle staffe nei pilastri, il confinamento dei nodi e la sovrapposizione di armature tra un piano e l'altro. F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco



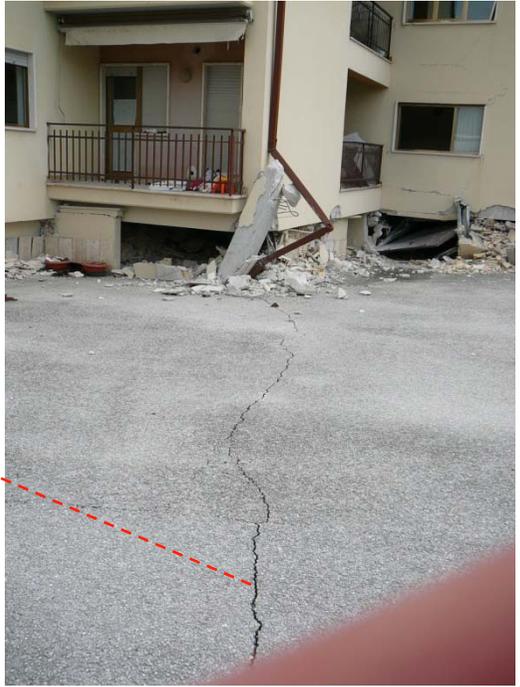
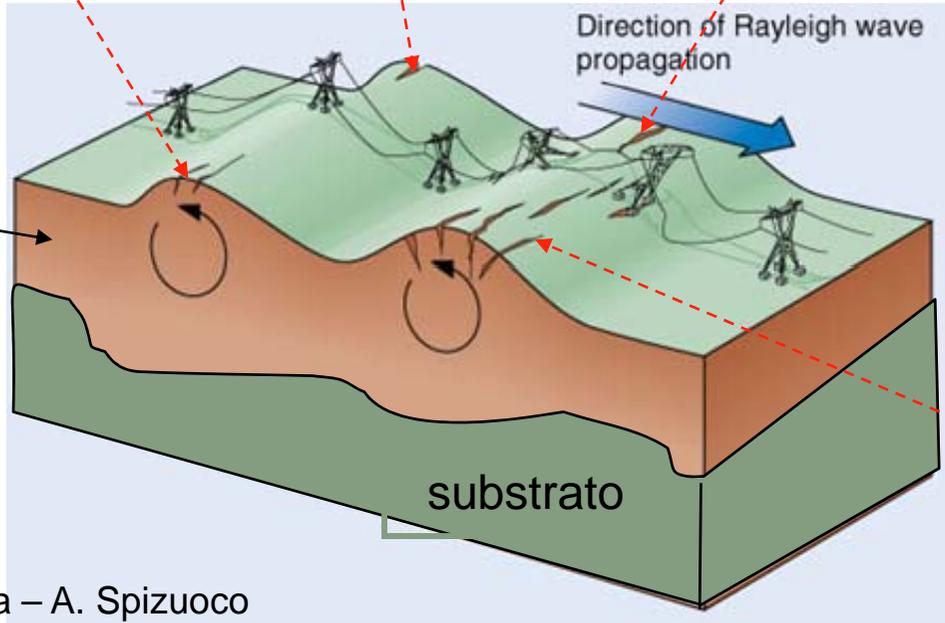
Le numerose fratture rilevate in superficie testimoniano che al passaggio delle onde sismiche si è avuta una evidente repentina deformazione dei terreni di fondazione costituiti da sedimenti sciolti con scadenti caratteristiche geotecniche.

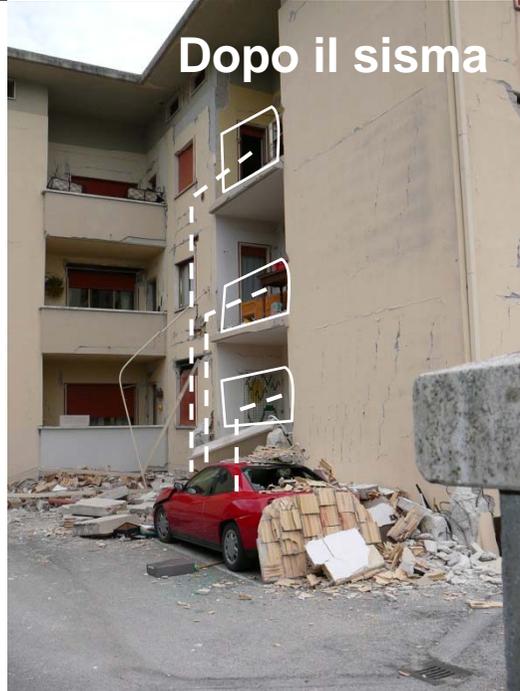
F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco





Copertura con
scadenti
caratteristiche
geotecniche





Edificio poco a nord di S. Demetrio ne' Vestini



- I tre pilastri rispettano l'originaria verticalità.
- In tutti i pilastri è venuto meno il contributo della resistenza al sisma da parte delle armature longitudinali per mancanza di tenuta delle staffe.
- In tutti i pilastri si è verificato un istantaneo tranciamento del calcestruzzo ma non delle armature perché queste ultime non hanno offerto alcun contributo per contrastare il fenomeno.
- Si è verificato un tranciamento dei pilastri del primo ordine con conseguente scalzamento di tutto il blocco superiore rispetto al piano inferiore.
- Nella fattispecie non si è avuta formazione di cerniere plastiche in testa e al piede dei pilastri per il verificarsi dell'istantaneità delle forze applicate e della loro abnorme intensità che è stata stimata nell'ordine di una decina di volte superiore a quanto normalmente quantizzabile nelle zone di elevata sismicità.
- Tale fenomeno è da attribuire ad una abnorme esaltazione locale del sisma per effetto delle caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo interagente con le fondazioni del fabbricato.

F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco

Edificio poco a nord di S. Demetrio ne' Vestini



F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco



Le staffe non presentano uncini terminali risvoltati all'interno della massa di calcestruzzo e le legature sono disposte sul medesimo spigolo del pilastro. Ciò ha determinato la mancanza di tenuta di tutta l'armatura longitudinale

Edificio poco a nord di S. Demetrio ne' Vestini

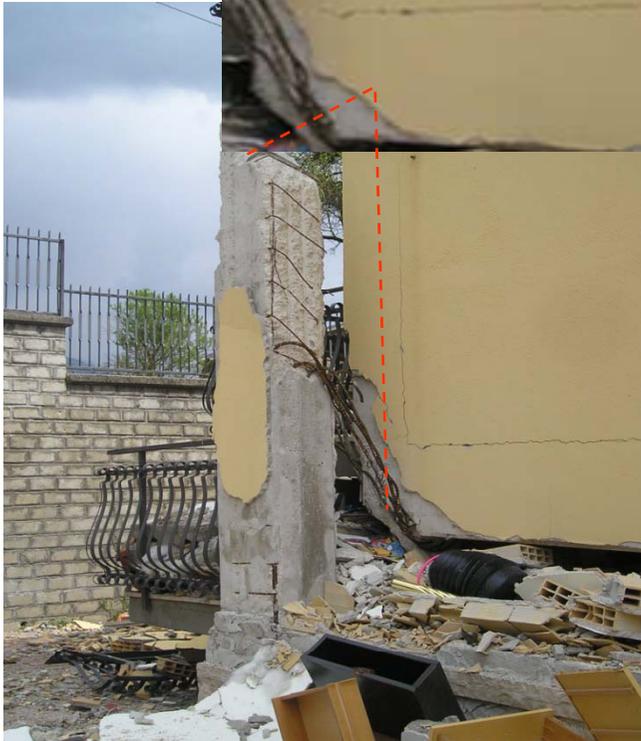


Fratture quasi perpendicolari tra loro evidenti sulle superfici asfaltate

Particolare delle staffe che non presentano uncini terminali risvoltati all'interno della massa di calcestruzzo



Schemi che illustrano la rottura "istantanea" dei pilastri e lo spostamento dell'edificio



Si nota che al piede del pilastro non c'è alcuna frattura significativa



F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco

Evidenze di differenti risposte locali a Onna (grave danneggiamento diffuso) e nel centro storico di Monticchio ubicati a 1300 m di distanza.



Onna

F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco



INSIGNIFICANTI SOLLECITAZIONI ORIZZONTALI

“Tetto spingente”
che non “ha spinto”.



**Edificio a struttura mista ancora abitato dopo il sisma; costruito
in dispregio delle più elementari norme antisismiche**

**“Massa concentrata su piloty”
che non ha “subito ”
Significative sollecitazioni orizzontali**



F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco

**“Tetto spingente”
che non “ha spinto”. Le pietre arrotondate non sono state spostate dalle
insignificanti sollecitazioni orizzontali**

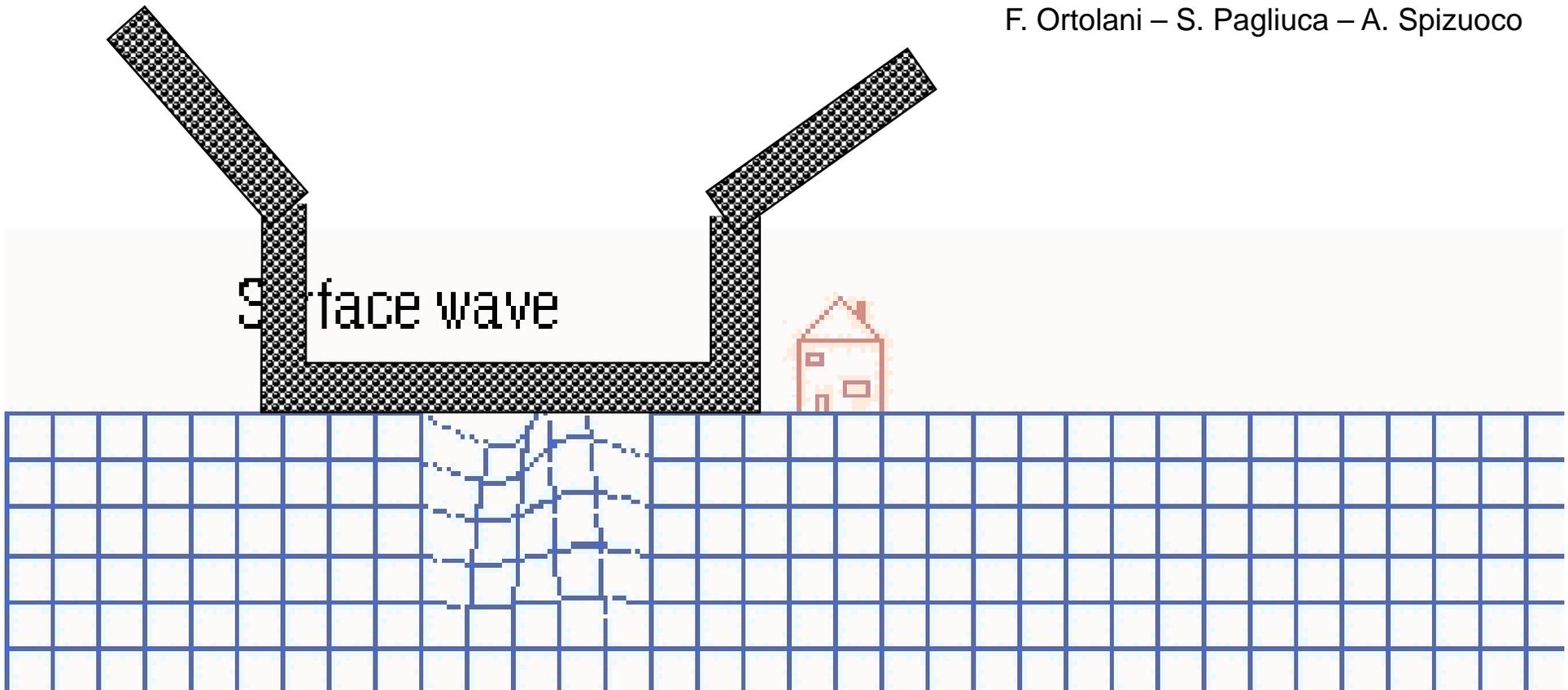


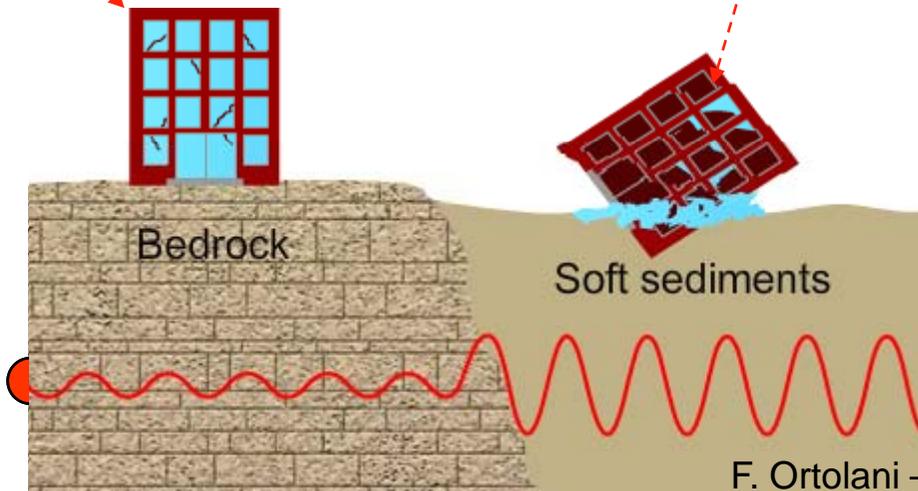


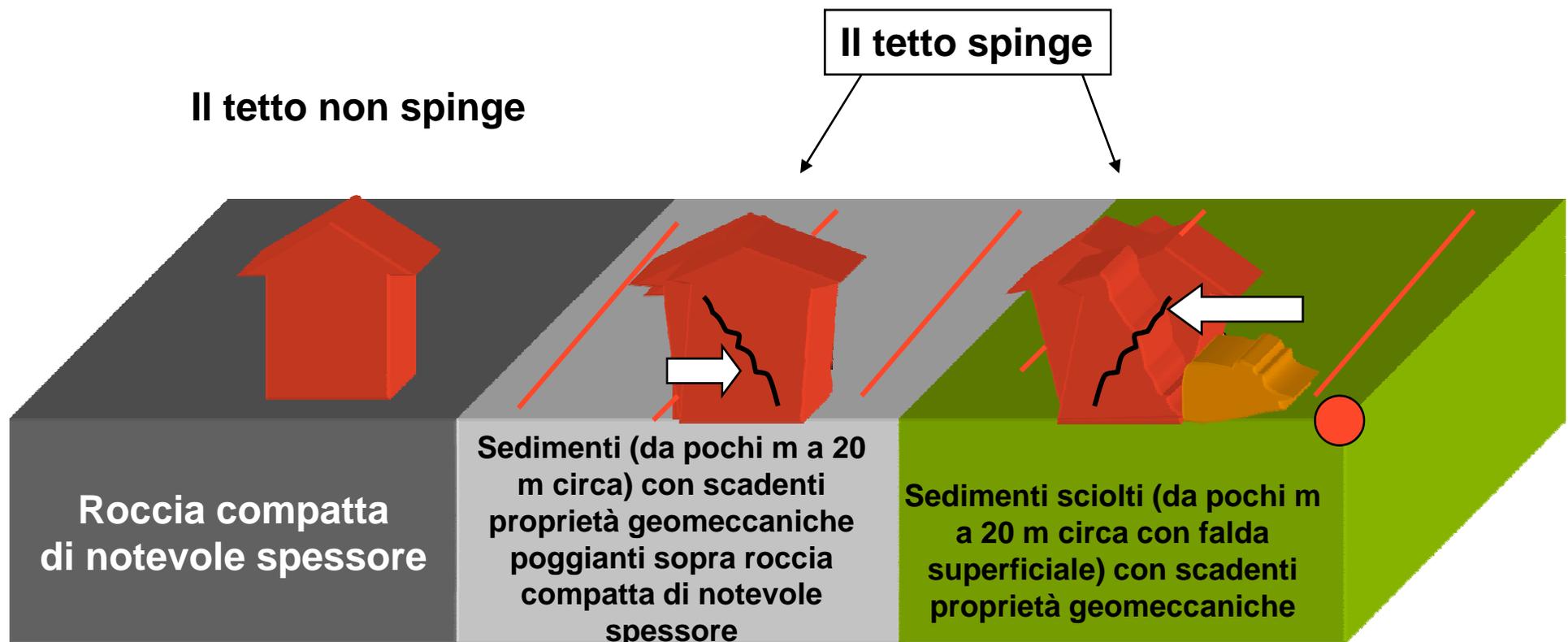
**Esempi di effetti del
“Tetto spingente”
che “ha spinto”**



F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco







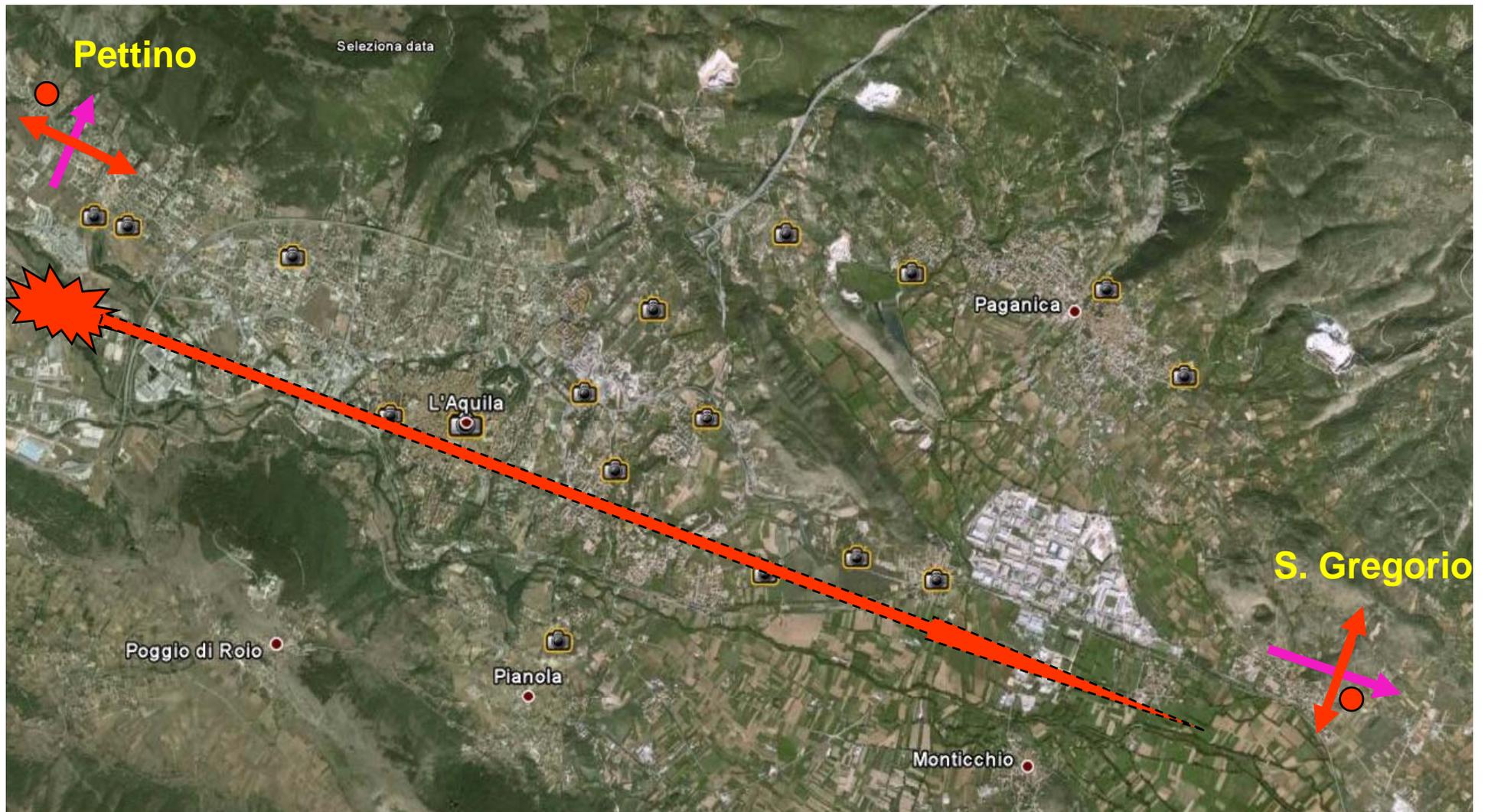
Edifici in muratura con tetto spingente sottoposti alle azioni sismiche orizzontali: differenti effetti in relazione alle caratteristiche geotecniche del substrato

Conclusioni

I rilievi multidisciplinari eseguiti nell'area epicentrale hanno evidenziato il ruolo significativo delle caratteristiche geologiche e geotecniche delle rocce costituenti il substrato degli edifici nel determinare una accentuata amplificazione delle oscillazioni orizzontali o una loro non amplificazione.

I rilievi ingegneristici hanno permesso di usare come elementi di riferimento gli edifici non antisismici in muratura con scadenti proprietà strutturali. Gli esempi più significativi si trovano negli abitati di Onna e di Monticchio ubicati a circa 1300 m di distanza. Come è noto l'abitato di Onna gravemente danneggiato è ubicato nella pianura alluvionale caratterizzata da falda superficiale e da una copertura di vari metri di sedimenti sciolti con scadenti caratteristiche geotecniche. La superficie del suolo della pianura alluvionale è stata interessata da fratture e costipamenti differenziati. I tetti spingenti, le murature in pietrame spesso con ciottoli arrotondati e generalizzata presenza di malta degradata hanno rappresentato alcuni degli elementi scatenanti che hanno provocato una diffusa distruzione e danneggiamento.

Gli stessi tipi di edifici presenti nell'abitato di Monticchio, ubicato in parte su rocce carbonatiche, sono stati poco sollecitati da oscillazioni orizzontali in quanto sono poco o niente danneggiati dal sisma. Addirittura si notano pietre arrotondate appoggiate sulle tegole (per evitarne l'asportazione per effetto del vento) ancora allineate così come sono state originariamente sistemate.



Inizio della “rottura”  che ha originato il sisma del 6 aprile 2009 e sua propagazione verso SE  lungo la faglia crostale;

 verso di propagazione delle onde S che hanno investito obliquamente la superficie del suolo;

 direzione di oscillazione delle onde superficiali;

 ubicazione degli edifici presi in esame



verso di propagazione delle onde S che hanno investito obliquamente la superficie del suolo; 

 direzione di oscillazione delle onde superficiali;

 ubicazione dell'edificio preso in esame

San Gregorio

Tranciamento dei pilastri

Edificio preso in esame

Superficie del suolo

verso di propagazione delle onde S che hanno investito obliquamente la superficie del suolo



Faglia crostale sismogenetica

F. Ortolani – S. Pagliuca – A. Spizuoco

Pilastri tranciati

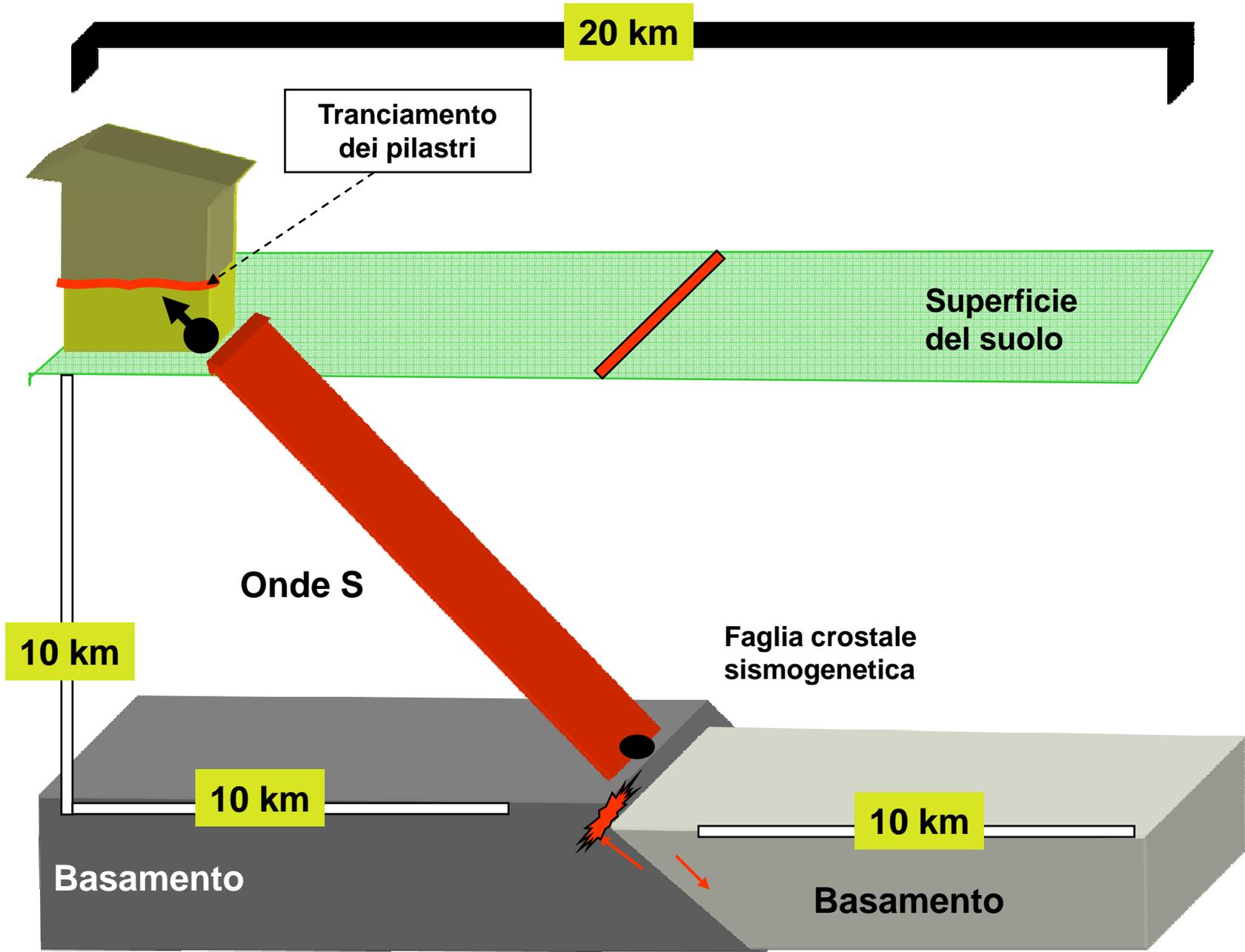


Traiettoria dell'edificio

Pilastro tranciato



Area epicentrale



Altri rilievi sono stati eseguiti in edifici in calcestruzzo armato nel quartiere Pettino e a San Gregorio, a nord di San Demetrio ne' Vestini. Sono state rilevate sistematiche carenze costruttive specialmente per quanto riguarda la posa in opera delle staffe in corrispondenza dei nodi travi-pilastrati.

In prossimità di edifici gravemente danneggiati caratterizzati dal tranciamento dei pilastri si sono rilevate numerose fratture al suolo che testimoniano una evidente deformazione dei terreni di fondazione costituiti da sedimenti sciolti con scadenti caratteristiche geotecniche.

I dati relativi alle differenti risposte di sito finora rilevati sono correlabili con quelli acquisiti nell'area interessata dal sisma del 1980 in Irpinia. In particolare il substrato "non amplificante" le azioni del sisma attenua gli effetti sugli edifici più scadenti.

Il "substrato amplificante" ha evidenziato che vari edifici in c.a. sono stati investiti da sollecitazioni violentissime che hanno provocato il tranciamento dei pilastri al primo impatto impedendo la classica oscillazione delle strutture in elevazione che di norma per sismi di elevata potenza produce la formazione di cerniere plastiche con particolare riferimento a piani "deboli".

Le evidenze indicano che nei pilastri è venuto completamente meno il contributo della resistenza al sisma da parte delle armature longitudinali per mancanza di tenuta delle staffe.

Non si è avuta formazione di cerniere plastiche in testa e al piede dei pilastri a causa dell'istantaneità delle forze applicate e della loro abnorme intensità che immediatamente dopo il sisma è stata valutata dagli scriventi nell'ordine di circa dieci volte superiore a quanto normalmente quantizzabile nelle zone di elevata sismicità dalla vigente ed obsoleta normativa sismica.

I medesimi subito dopo il sisma hanno stimato che, nelle zone di cui innanzi ove si è avuto il tranciamento dei pilastri, il valore dell'accelerazione delle masse strutturali è stato prossimo all'accelerazione di gravità e che l'accelerazione al suolo nella fattispecie è risultata non meno di 0,40g.

Valore questo decisamente superiore a quanto previsto dalla normativa per la zona di specifico interesse.

Tale fenomeno è da attribuire ad una abnorme esaltazione locale del sisma per effetto delle caratteristiche geologico-tecniche del volume sismico significativo interagente con le fondazioni del fabbricato.

I rilievi originali eseguiti da F. Ortolani, S. Pagliuca e A. Spizuoco nelle aree caratterizzate da un substrato che ha amplificato le azioni sismiche hanno consentito di riscontrare gli effetti di sollecitazioni di taglio che hanno interessato le fondazioni degli edifici in c.a., connesse alle onde S che hanno investito obliquamente la superficie del suolo determinando lo scuotimento del terreno perpendicolarmente e trasversalmente alla loro direzione di propagazione .

Tali onde generate dalla rimobilizzazione della faglia crostale, ubicata intorno ai 9 chilometri di profondità, si sono propagate attraverso le varie unità sedimentarie della catena ed hanno rapidamente interessato le fondazioni degli edifici "colpendole" violentemente ed obliquamente (rispetto alla superficie del suolo) dal basso verso l'alto. Conseguentemente i piani terra degli edifici sono stati scalzati dai piani superiori che hanno assunto un comportamento a "monoblocco", esaltando le diffuse carenze costruttive, facendo registrare l'istantaneo tranciamento dei pilastri.

Successivamente la superficie del suolo (e i manufatti) è stata interessata dalle solite azioni delle altre onde sismiche superficiali che hanno subito eventuali amplificazioni in relazione alle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione.

E' la prima volta che in un'area epicentrale si rilevano effetti sui manufatti provocati da violente onde S che investono obliquamente la superficie del suolo, oltre agli usuali esiti delle onde superficiali.

I dati raccolti, riscontrabili in sito, pongono seri problemi alla verifica sismica degli edifici (specie di quelli di importanza strategica) già realizzati o da costruire in aree potenzialmente epicentrali ubicate sopra faglie sismogenetiche crostali.

Differentemente da quanto avviene con le onde superficiali a cui in pratica sono connesse unicamente sollecitazioni orizzontali, le verifiche sismiche da eseguire per manufatti ricadenti in aree epicentrali, dovrebbero tenere adeguatamente conto anche delle sollecitazioni delle onde S giacché investendo obliquamente e violentemente la superficie del suolo comportano sollecitazioni zenitali ed orizzontali applicate simultaneamente che se derivanti da un processo di amplificazione sismica producono effetti catastrofici.

Franco Ortolani
Silvana Pagliuca
Angelo Spizuoco