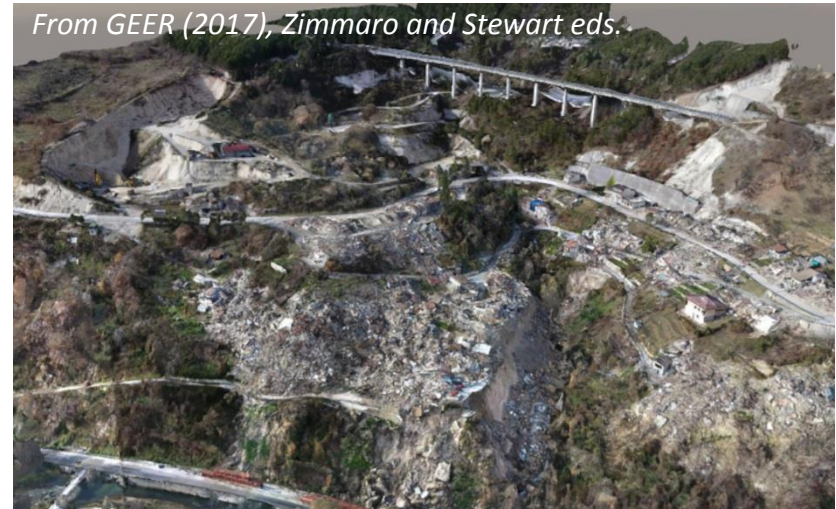
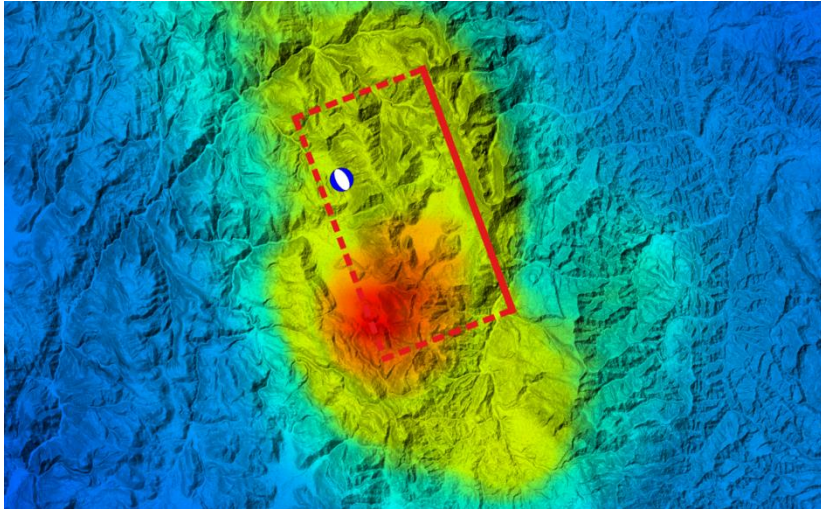


Workshop sulla sequenza sismica del 2016 in Italia

Centrale 11 Dicembre 2017

Analisi ground motion e modelli di predizione



From GEER (2017), Zimmaro and Stewart eds.

Paolo Zimmaro, Ph.D.

Lecturer and Research Scientist
University of California Los Angeles



NSF-sponsored
Geotechnical Extreme Events
Reconnaissance Association

UCLA ENGINEERING

Civil and Environmental
Engineering

Engineering Sustainable Infrastructure for the Future



B. John Garrick Institute
for Risk Sciences, UCLA

Ringraziamenti

Giuseppe Scasserra (UniMol)

Tadahiro Kishida (UC Berkeley, PEER)

Massimina Castiglia (UniMol)

Jonathan Stewart (UCLA)

Tutti i membri del gruppo GEER!

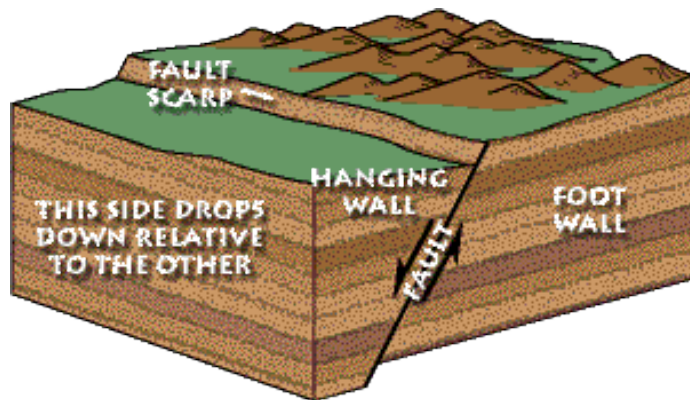


Indice

- Setting tettonico
- Analisi e distribuzione spaziale mainshock-aftershock
- Modelli di predizione vs dati accelerometrici
- Distribuzione spaziale della ground motion
- Danno accumulato durante la sequenza
- Conclusioni

Setting tettonico

Faglie normali



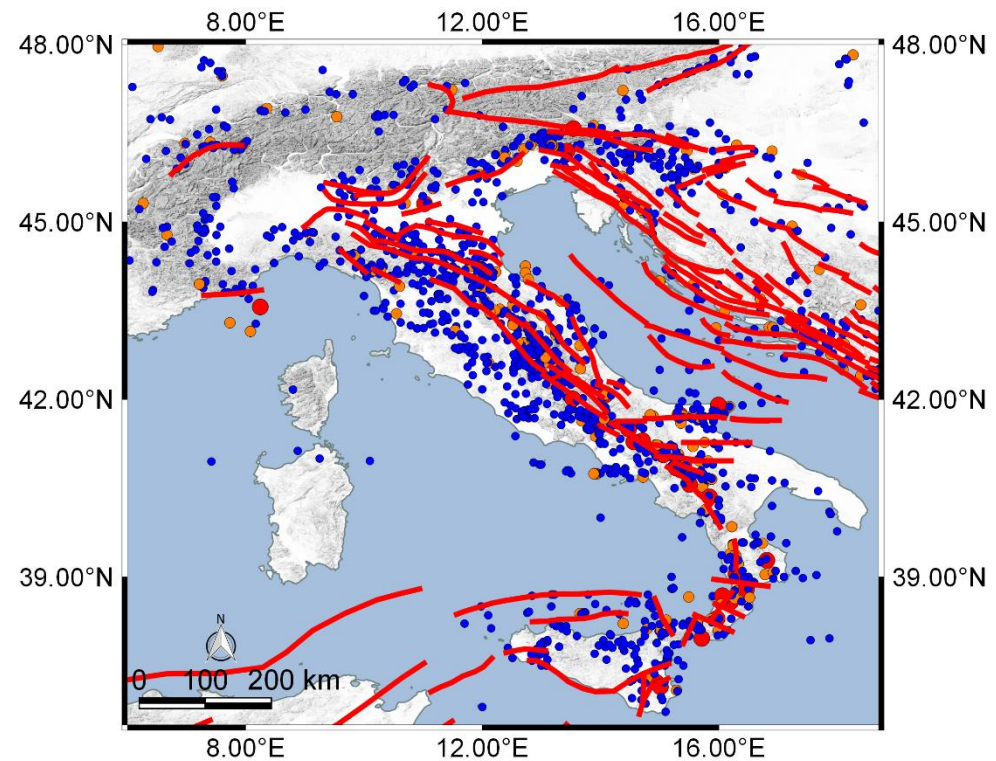
fonte USGS.gov

40% del totale

64% per $M \geq 5.5$

delle registrazioni accelerometriche per faglie normali nel database mondiale PEER NGA West-2 provengono da terremoti Italiani

La catena appenninica



Seismic events (M)

• 4.70 - 5.65

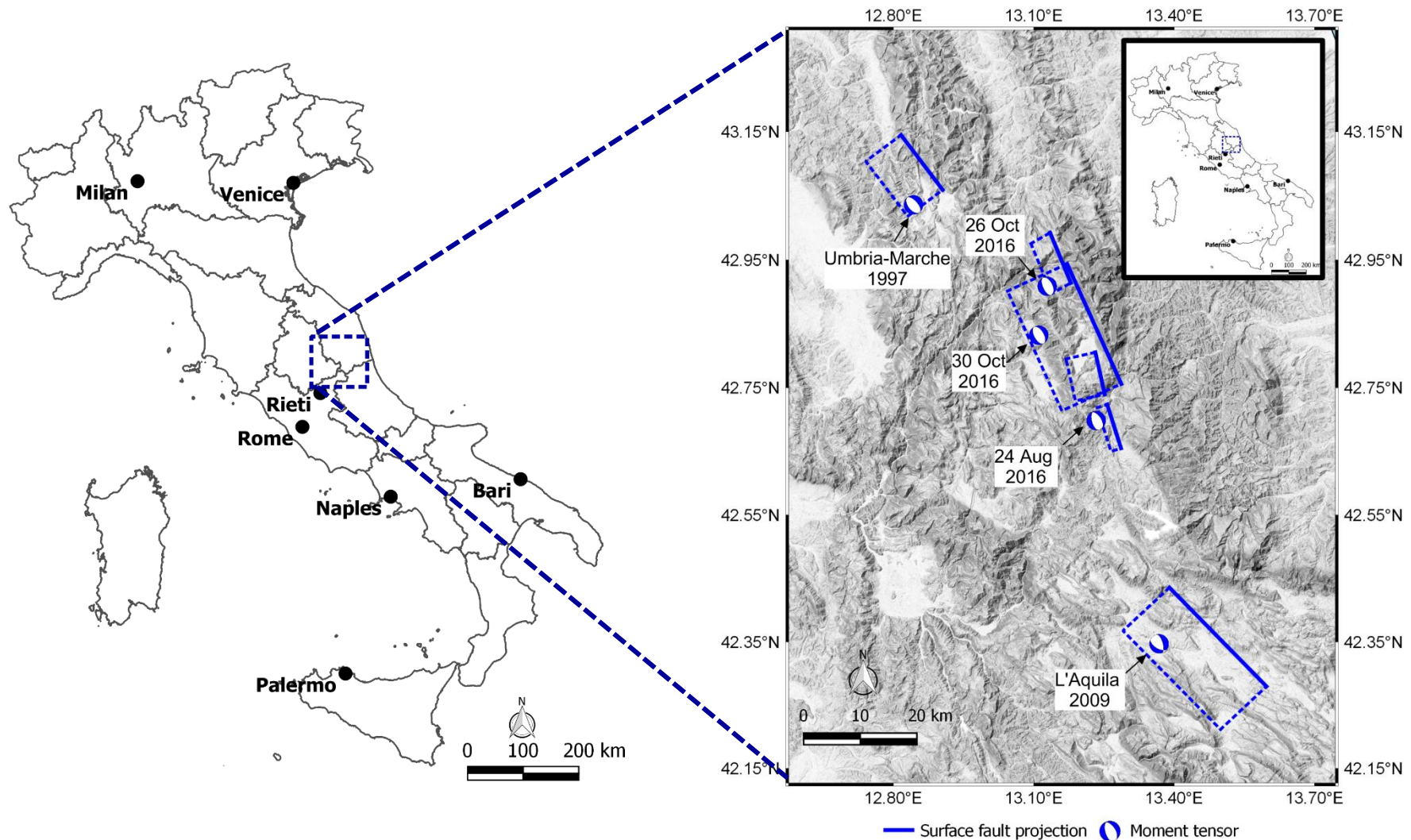
• 5.65 - 6.60

• 6.60 - 7.55

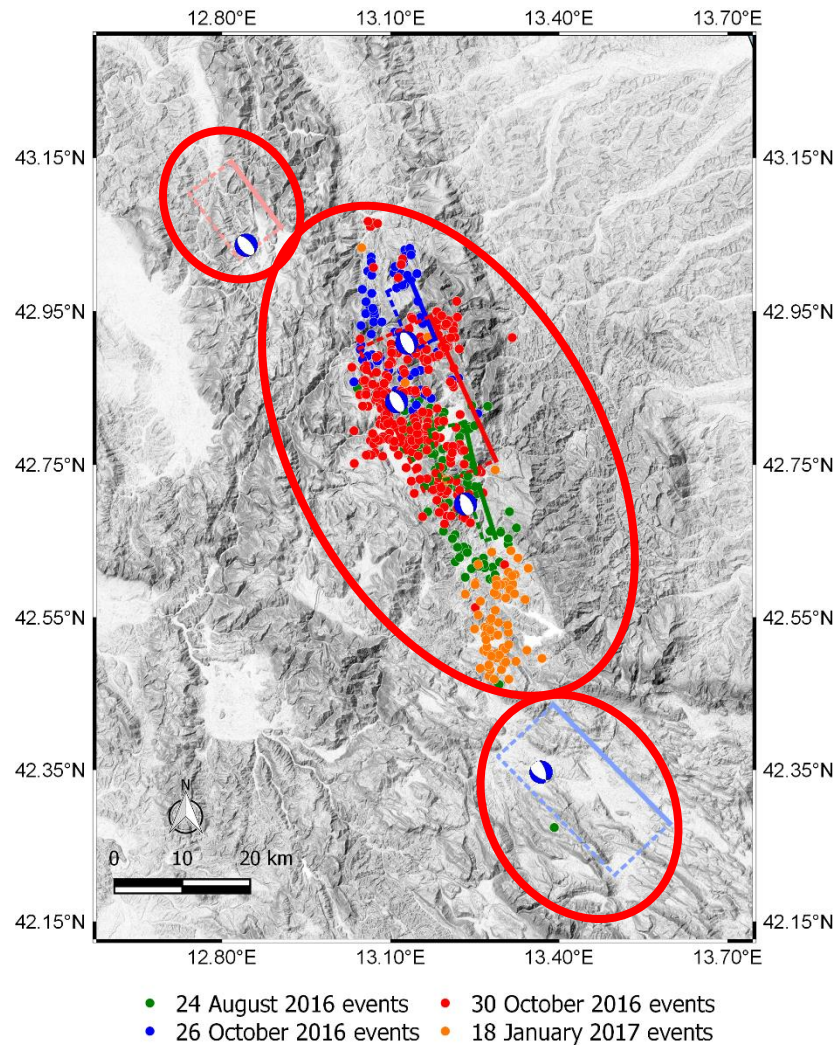
— Fault zones

fonte DISS Working Group, 2015

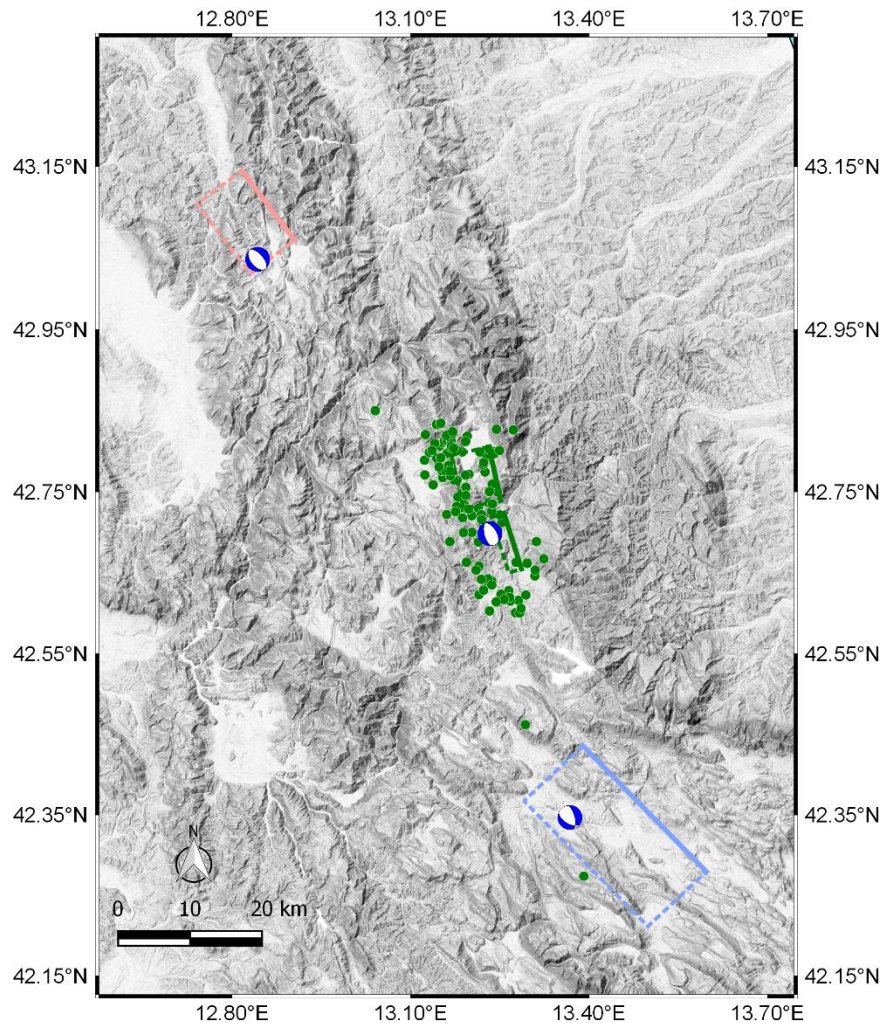
Analisi e distribuzione spaziale mainshock-aftershock



Analisi e distribuzione spaziale mainshock-aftershock



Analisi e distribuzione spaziale mainshock-aftershock

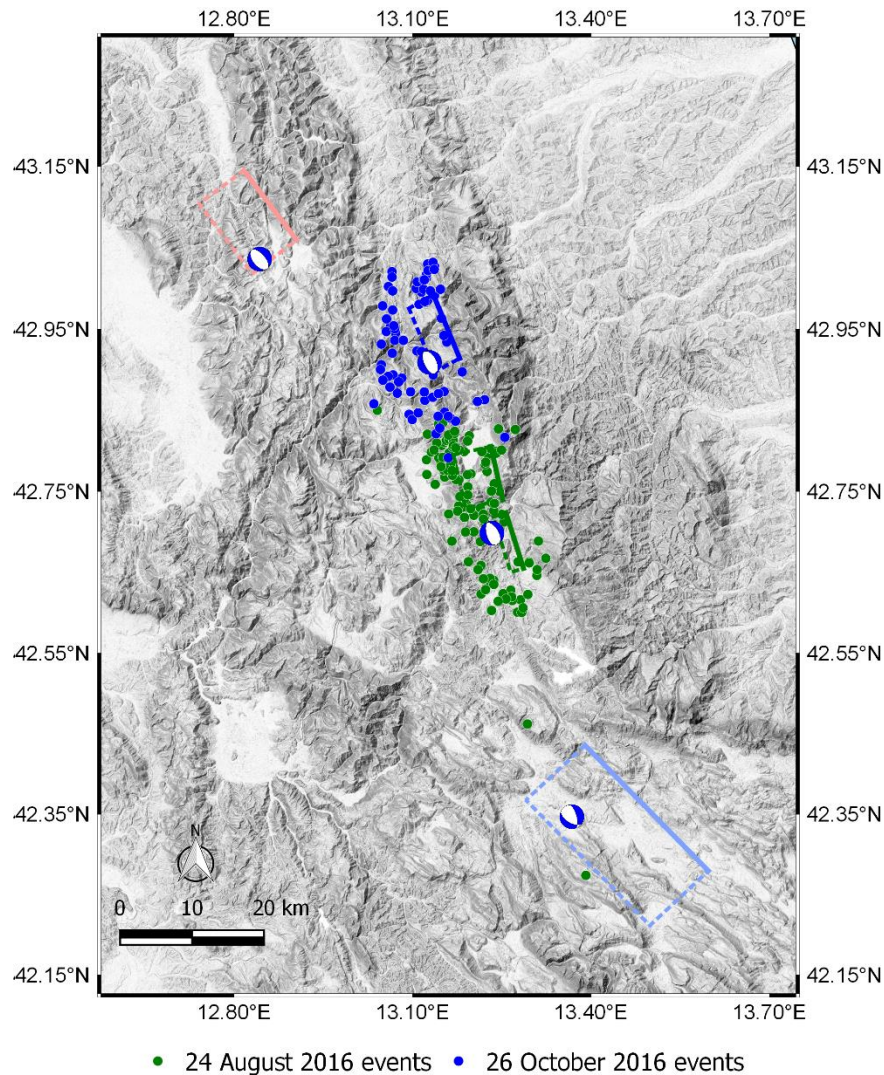


Sequenza sismica 2016-2017

M6.1 24 Agosto 2016

• 24 August 2016 events

Analisi e distribuzione spaziale mainshock-aftershock

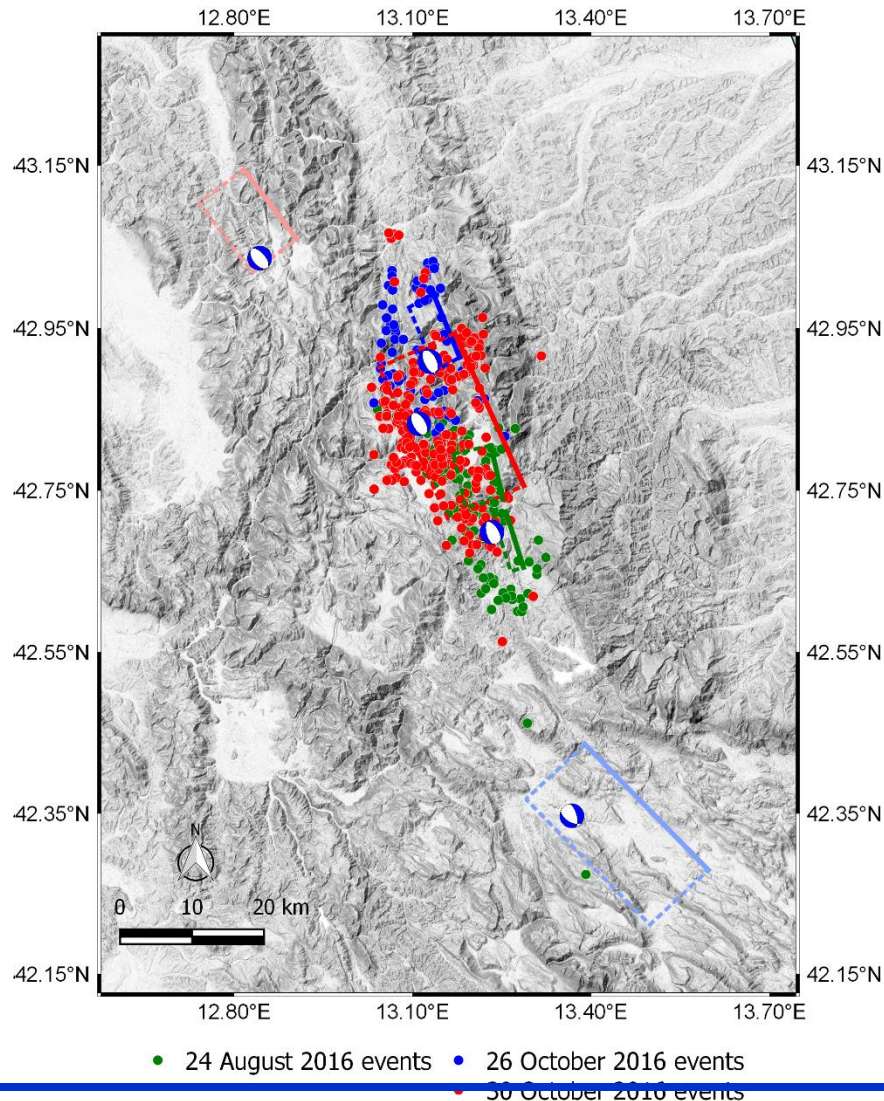


Sequenza sismica 2016-2017

M6.1 24 Agosto 2016

M5.9 26 Ottobre 2016

Analisi e distribuzione spaziale mainshock-aftershock



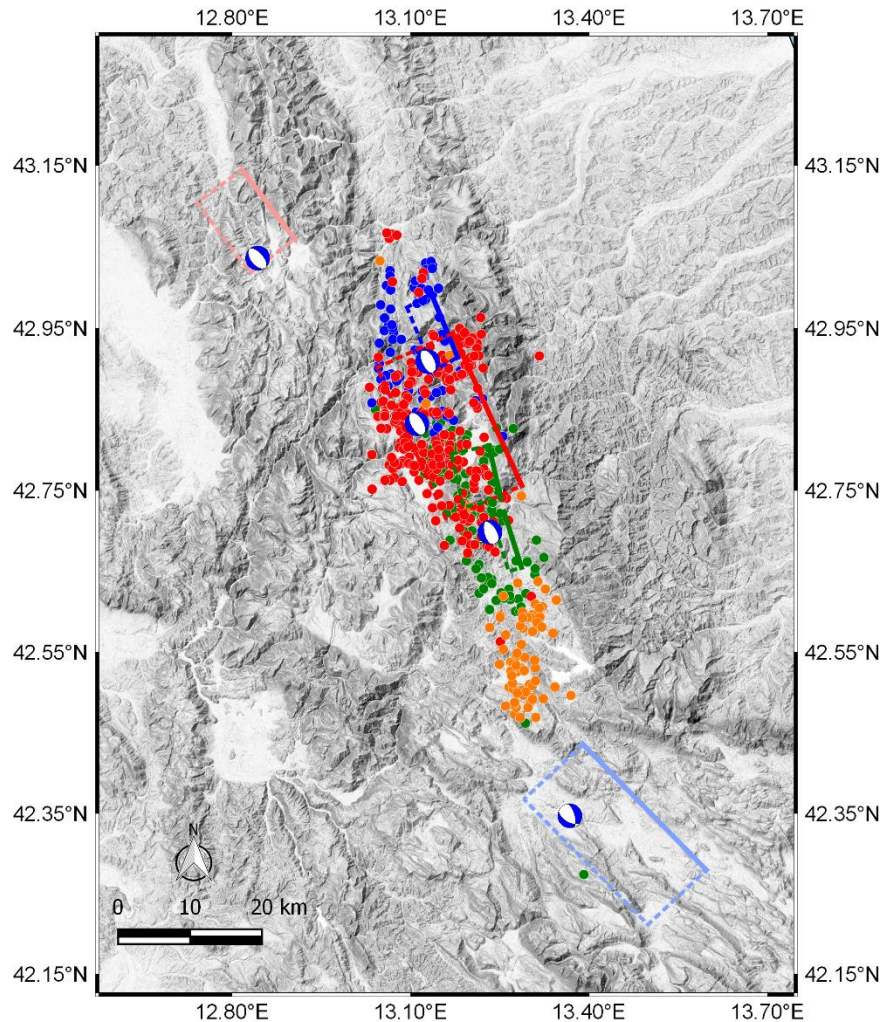
Sequenza sismica 2016-2017

M6.1 24 Agosto 2016

M5.9 26 Ottobre 2016

M6.5 30 Ottobre 2016

Analisi e distribuzione spaziale mainshock-aftershock



Sequenza sismica 2016-2017

M6.1 24 Agosto 2016

M5.9 26 Ottobre 2016

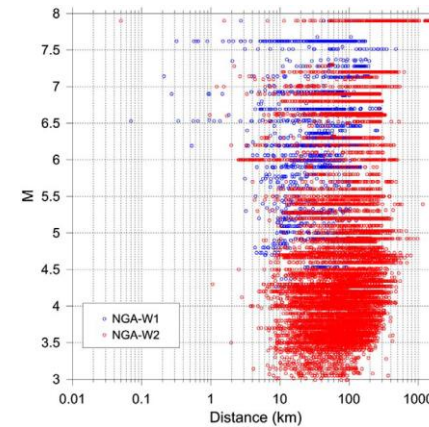
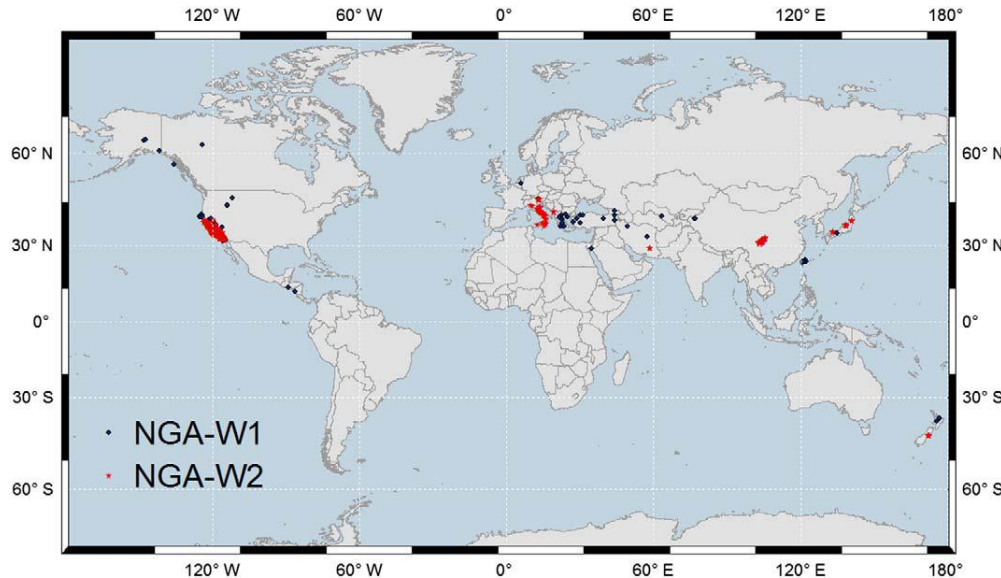
M6.5 30 Ottobre 2016

M>5.0 18 Gennaio 2017

● 24 August 2016 events ● 30 October 2016 events
● 26 October 2016 events ● 18 January 2017 events

Modelli di predizione vs dati

Modelli di predizione della ground motion

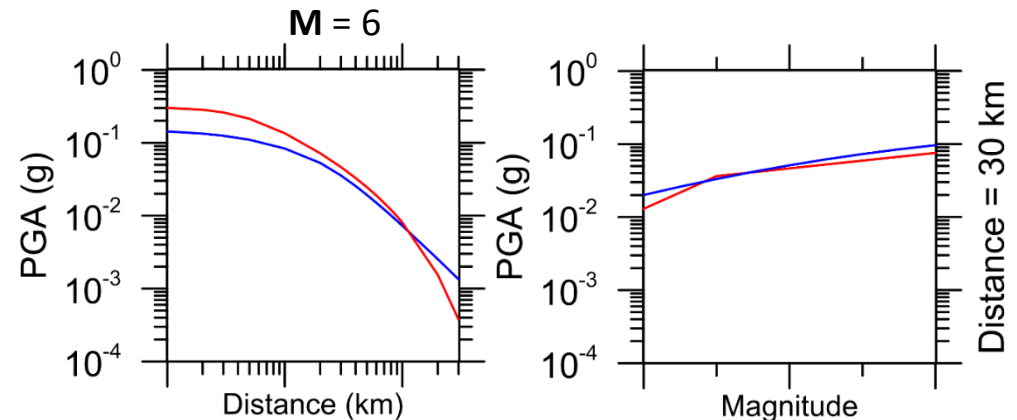


From Ancheta et al. (2014)

**Progetto NGA
Database Globale**

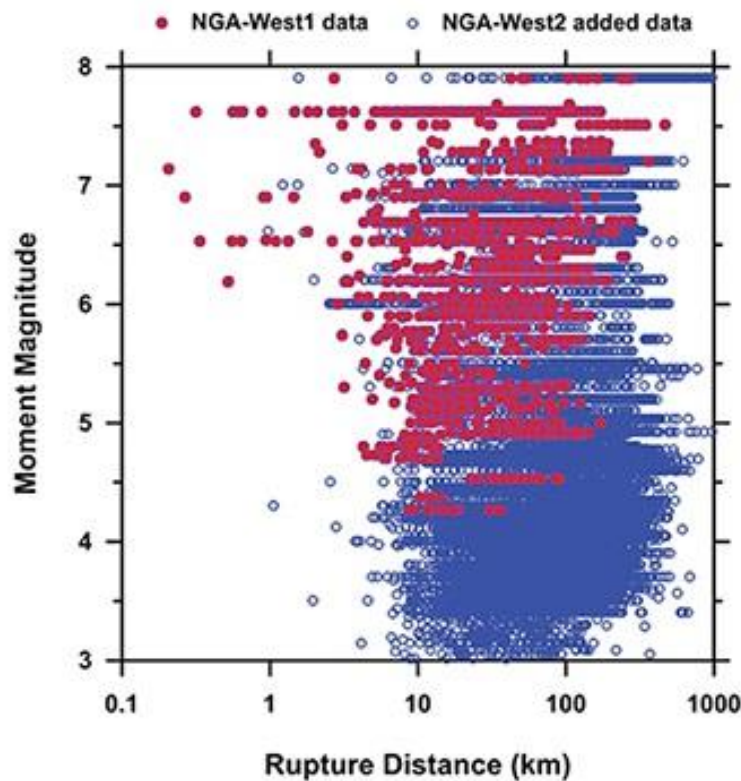
Forma funzionale

$$\ln(IM) = f(\mathbf{M}, mech) + f(D) + f(V_{S30}) + \sigma$$

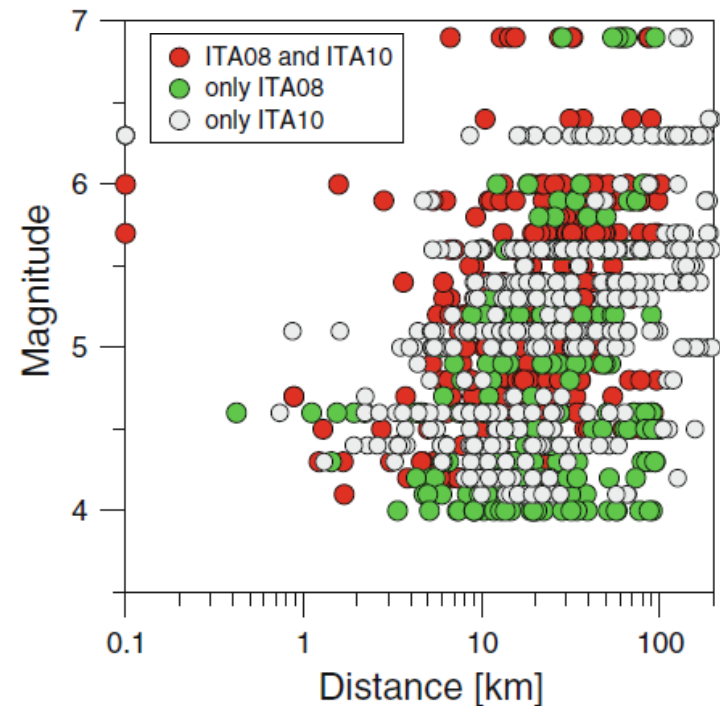


Modelli di predizione vs dati

Modelli regionali e modelli globali



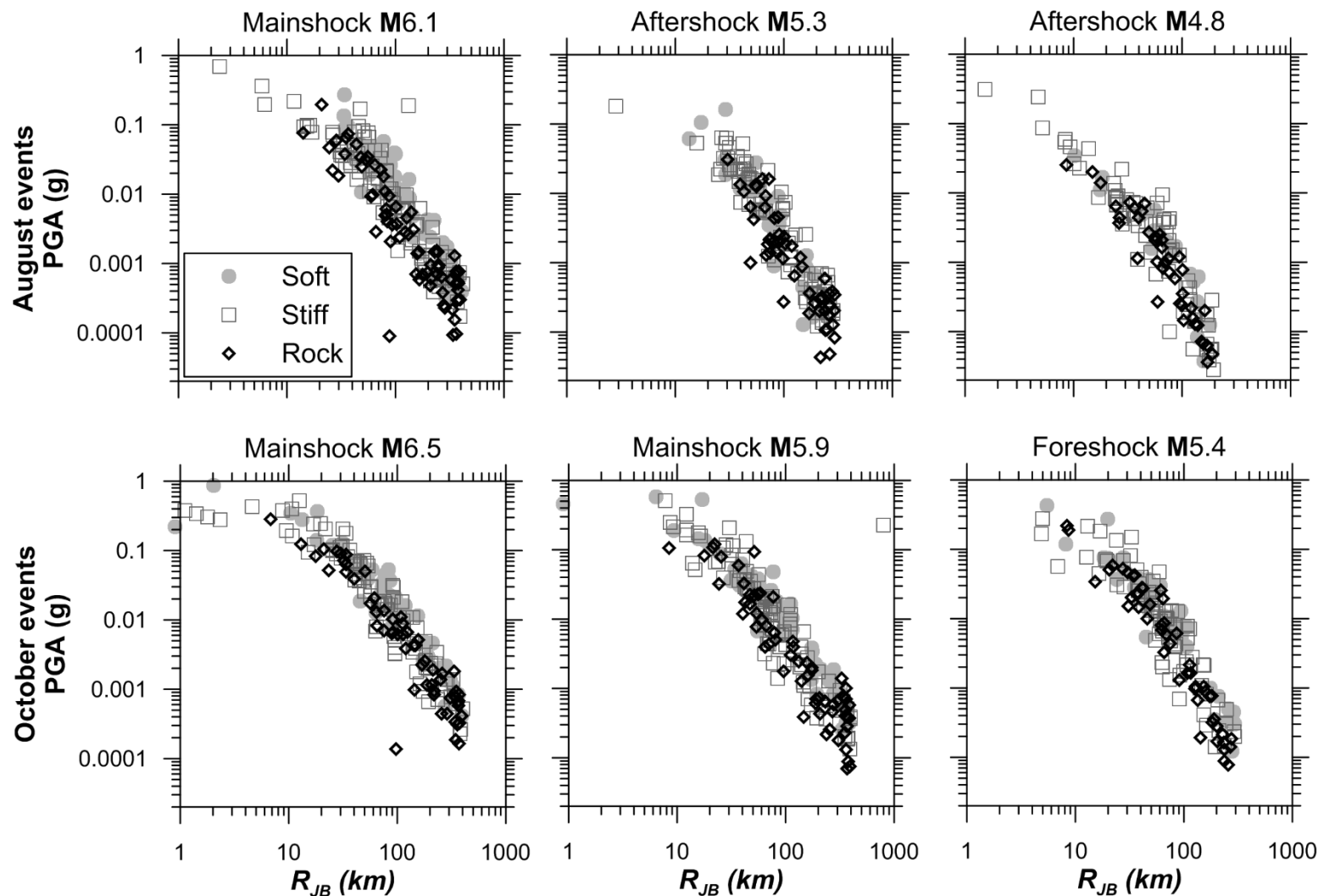
Ancheta et al. (2014) - Mondiale



Bindi et al. (2011) – Locale/Regionale (Italia)

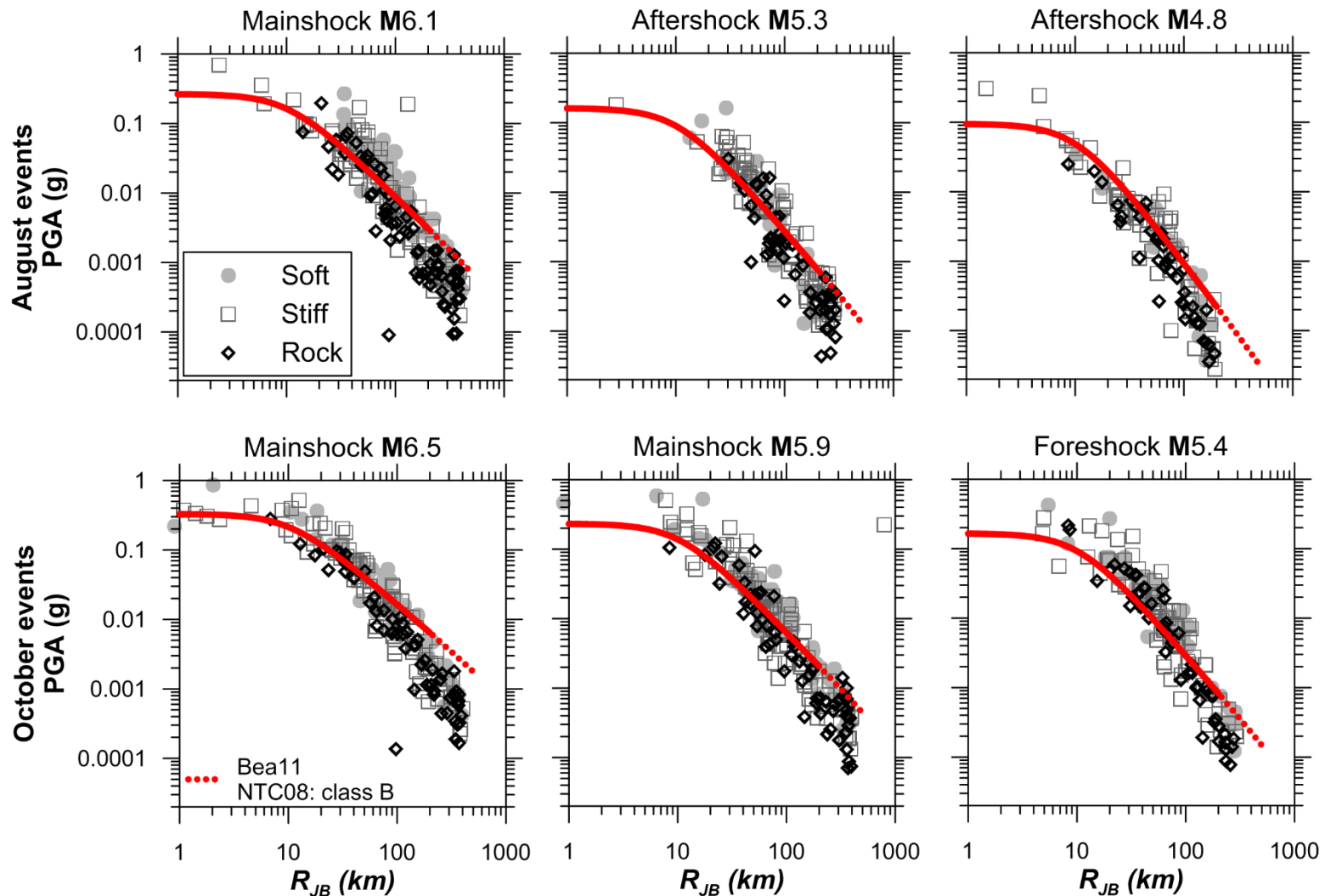
Modelli di predizione vs dati

Accelerazione di picco al suolo (PGA)



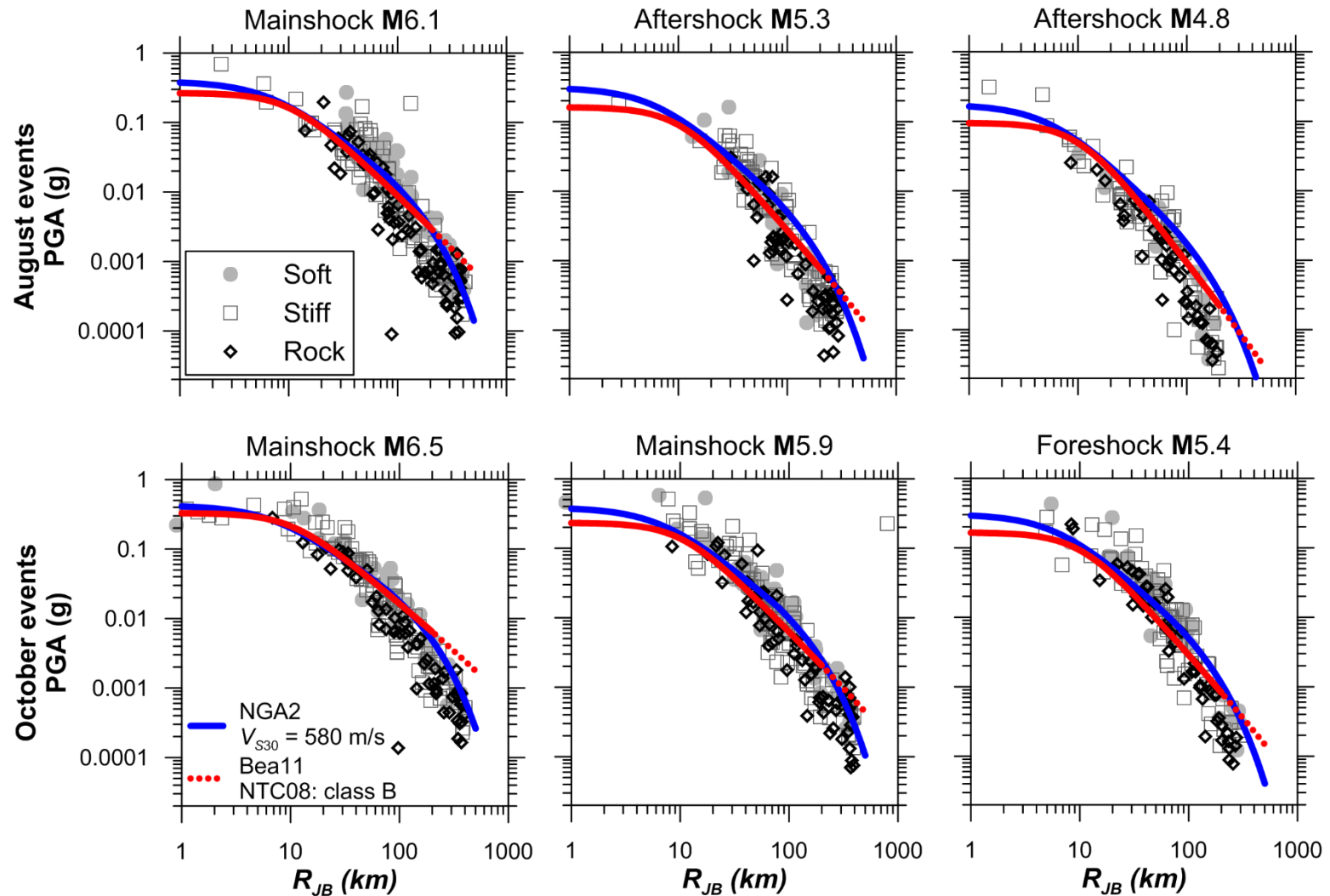
Modelli di predizione vs dati

Accelerazione di picco al suolo (PGA)



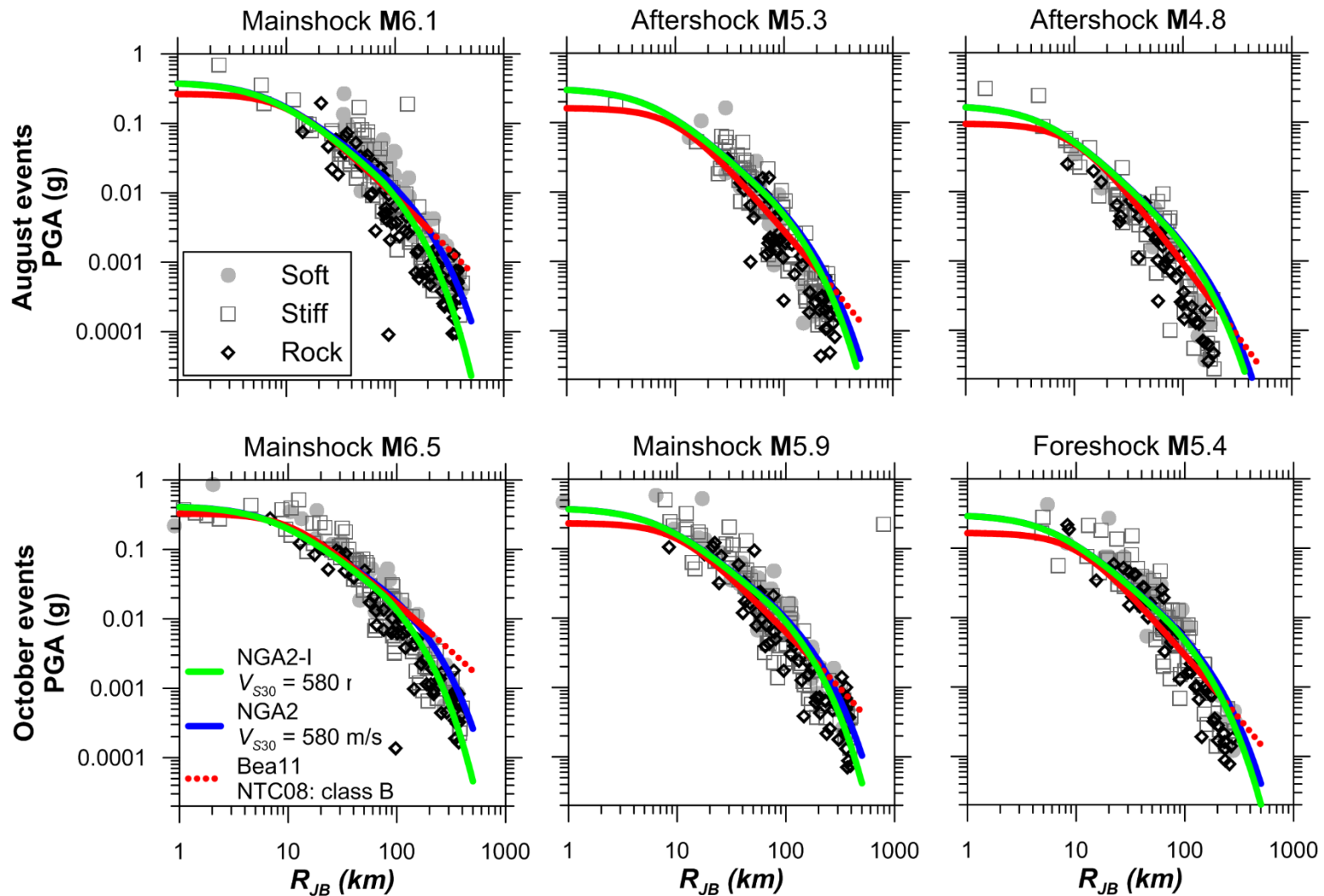
Modelli di predizione vs dati

Accelerazione di picco al suolo (PGA)



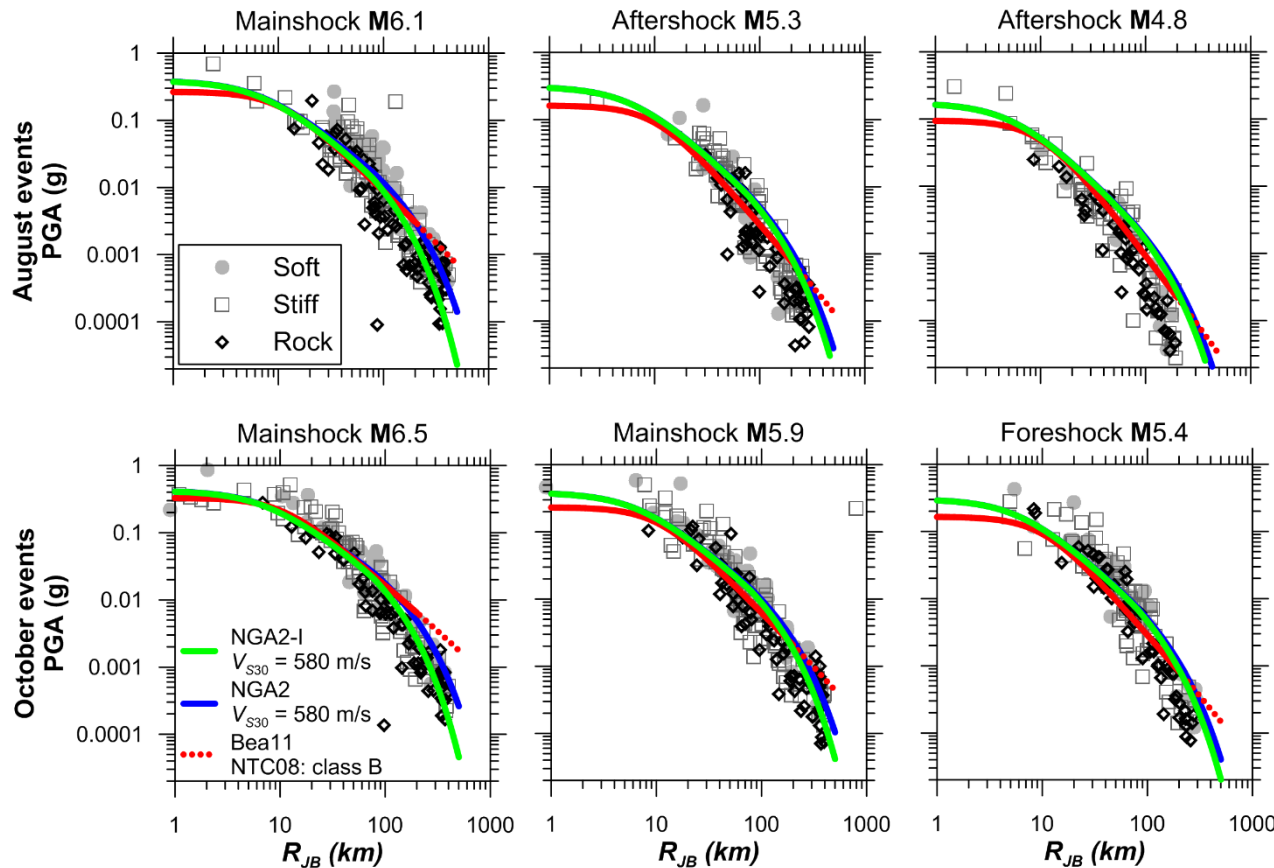
Modelli di predizione vs dati

Accelerazione di picco al suolo (PGA)



Modelli di predizione vs dati

Accelerazione di picco al suolo (PGA)



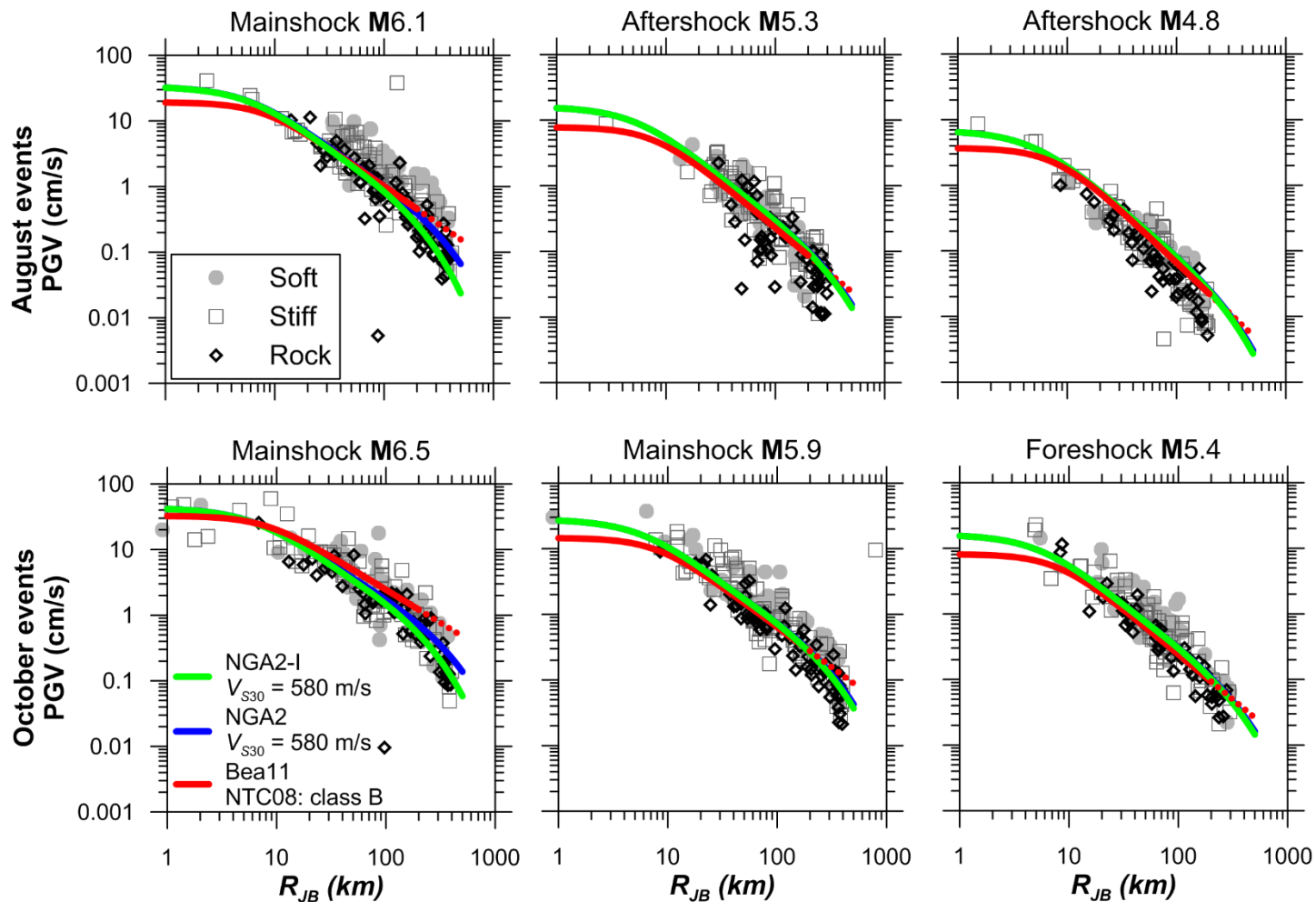
Le accelerazioni di picco registrate non sono eccezionalmente alte (valori in buon accordo con i modelli empirici di predizione)

Forte attenuazione con la distanza

I modelli globali con correzione regionale sembrano fornire (per questi dati) risultati migliori

Modelli di predizione vs dati

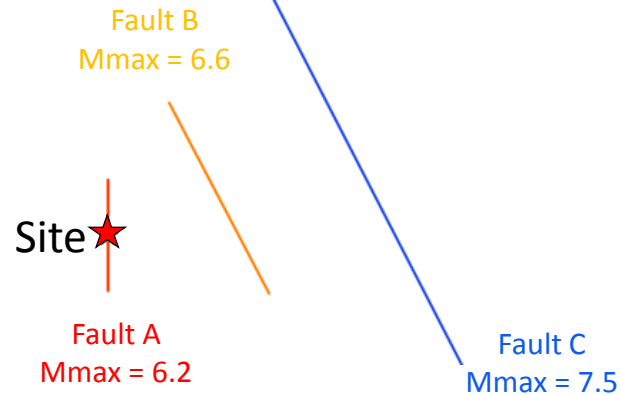
Velocita' di picco al suolo (PGV) – Simili conclusioni



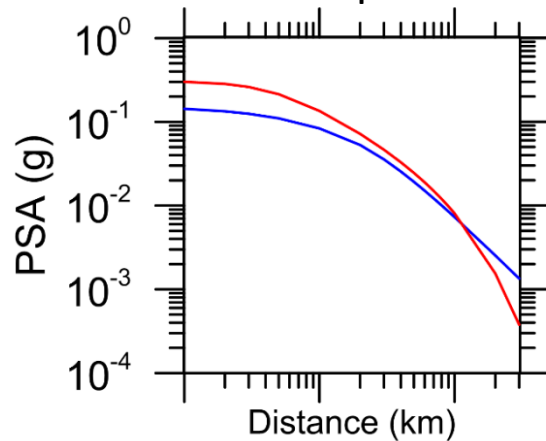
Modelli di predizione vs dati

Implicazioni pratiche – Analisi probabilistica della pericolosità sismica

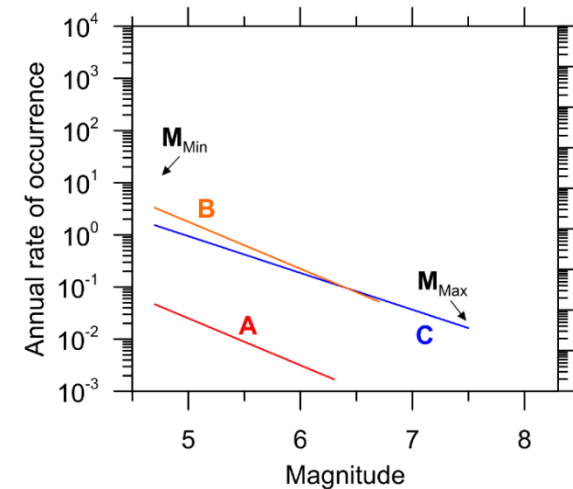
1. Caratterizzazione delle sorgenti sismogenetiche



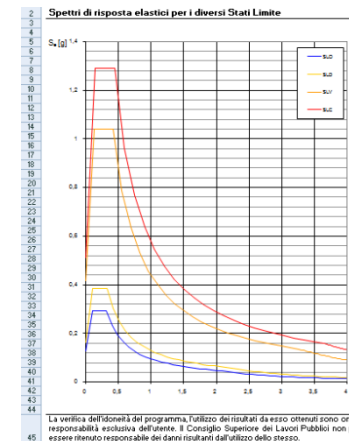
3. Modelli di predizione



2. Relazioni di ricorrenza storica



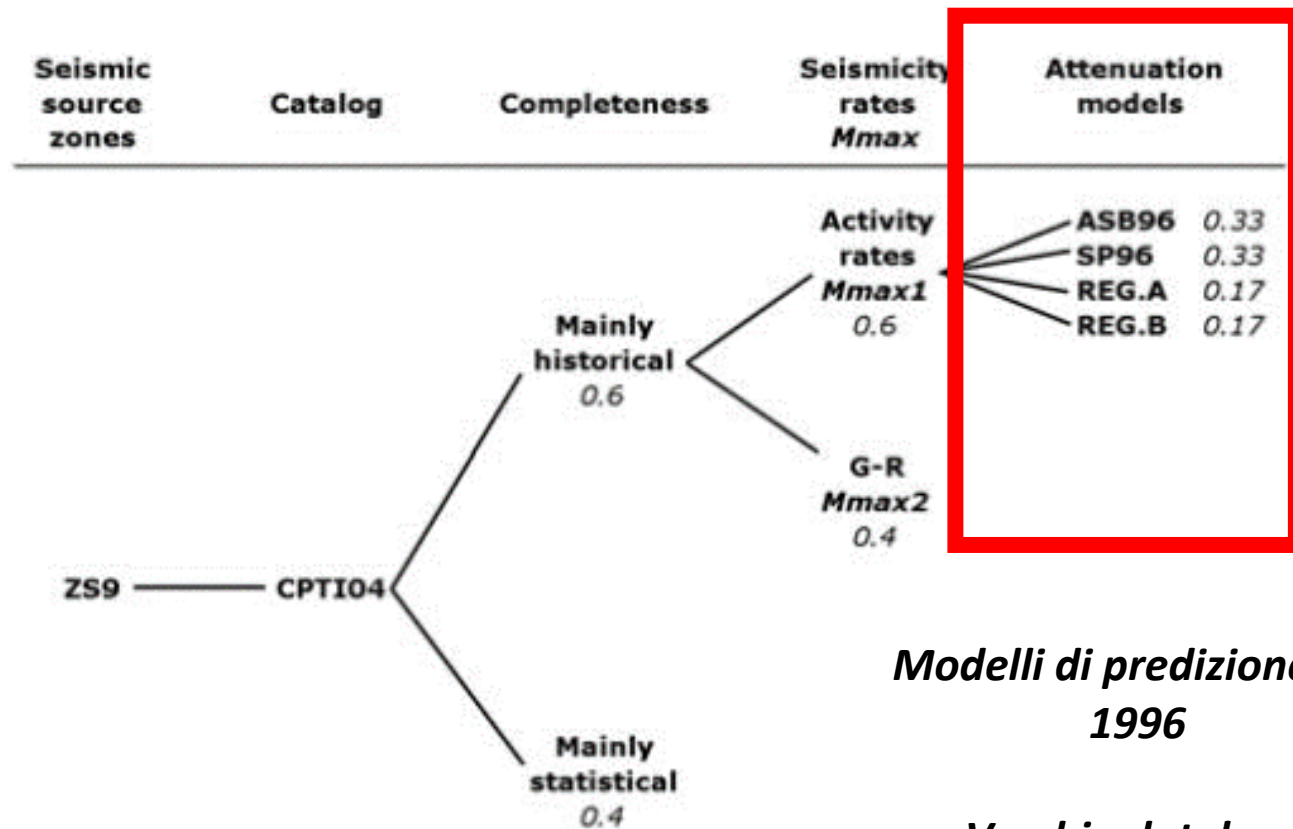
4. Spettri a pericolosità uniforme



La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere esclusivo dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non può essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Modelli di predizione vs dati

Implicazioni pratiche
Normativa Italiana (DM 2008)



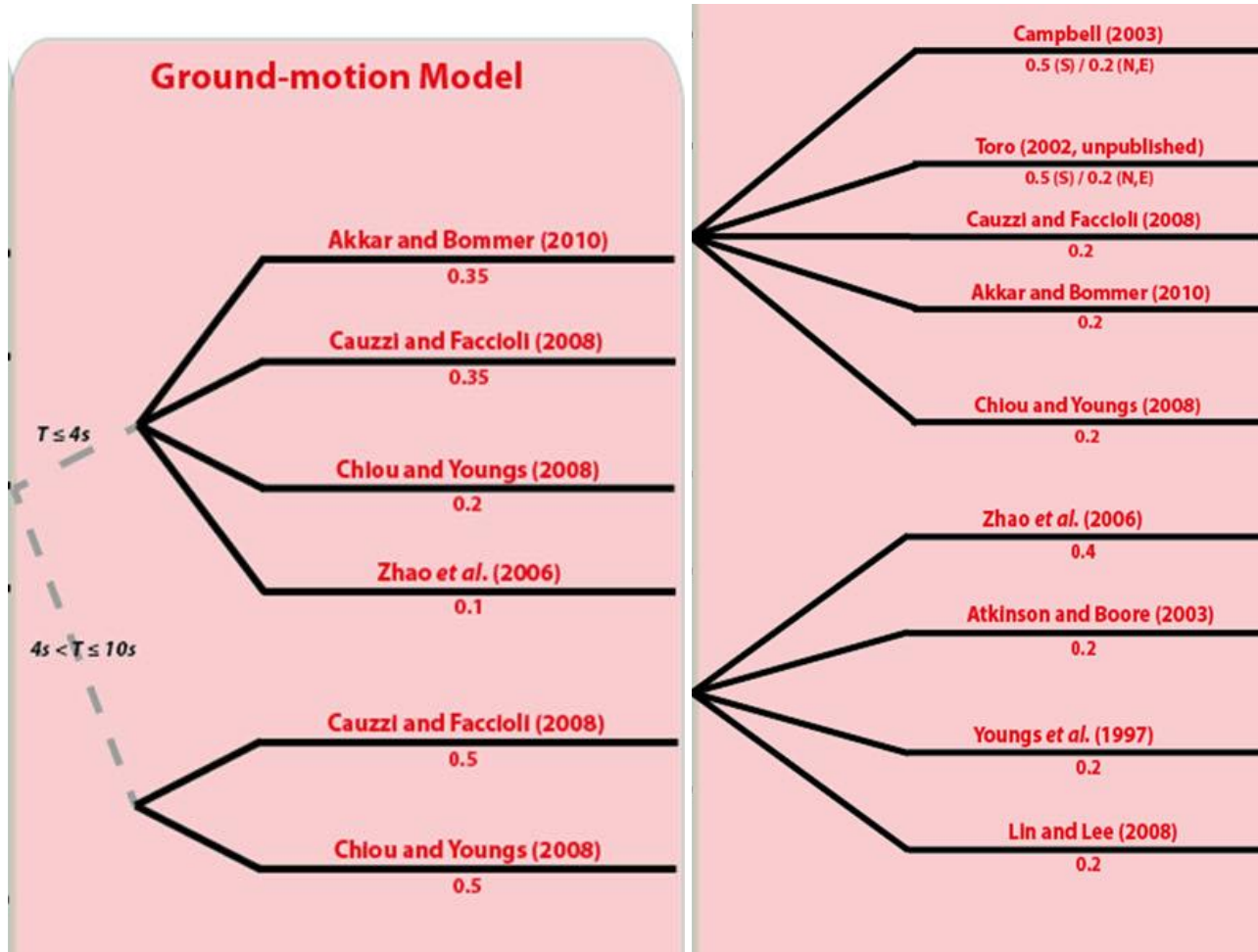
***Modelli di predizione del
1996***

Vecchio database

Fonte Stucchi et al. (2011)

Modelli di predizione vs dati

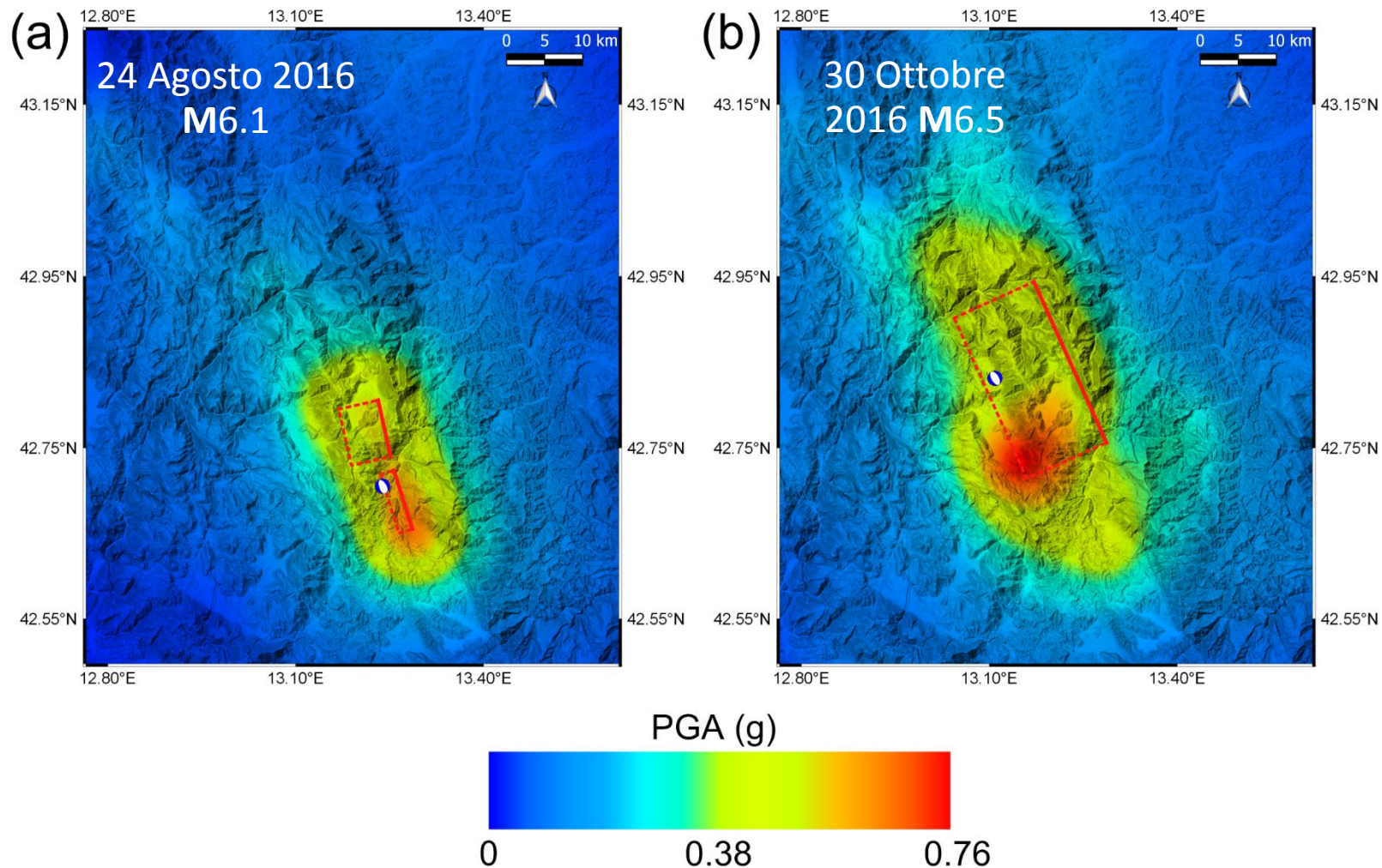
Implicazioni pratiche
Modello Europeo SHARE (2015)



**Correzioni regionali
Per applicazioni sito-
specifiche?**

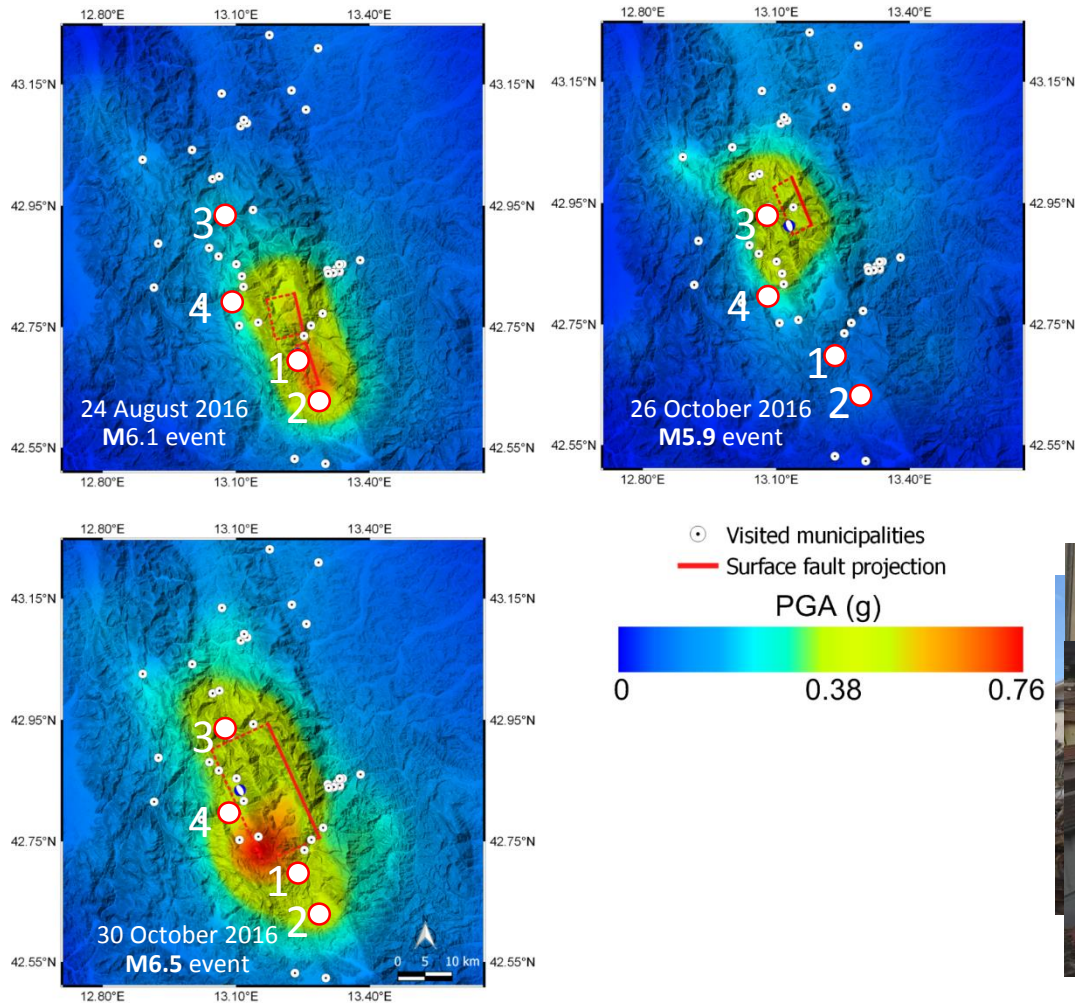
Fonte Woessner et al. (2015)

Distribuzione spaziale della ground motion



Fonte Zimmaro et al. (201x) – EQS, Under review

Distribuzione spaziale della ground motion



- 1 – Accumoli
- 2 – Amatrice
- 3 – Visso
- 4 – Norcia



Fonte Sextos et al. (201x) – EQS, Under review

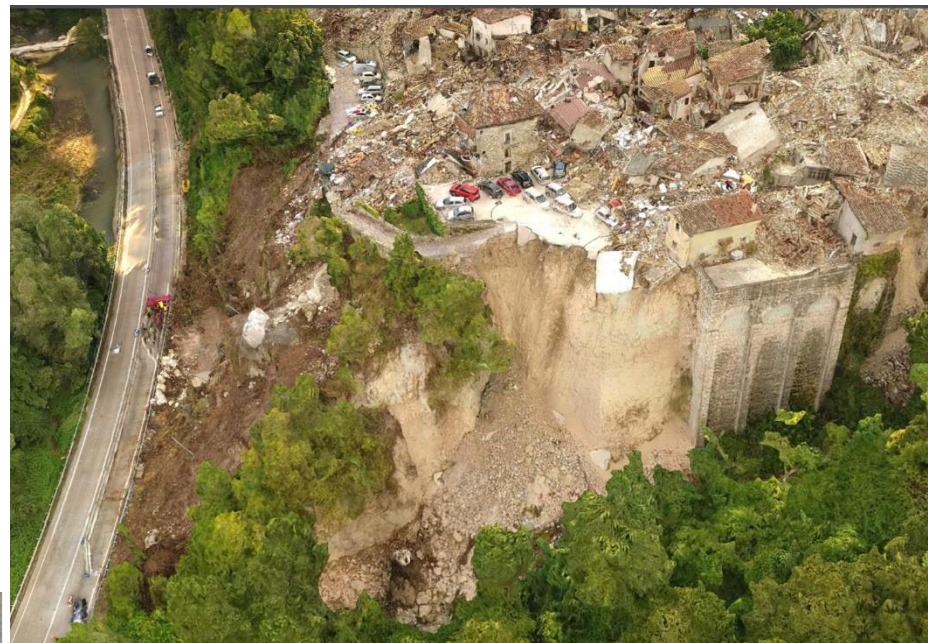
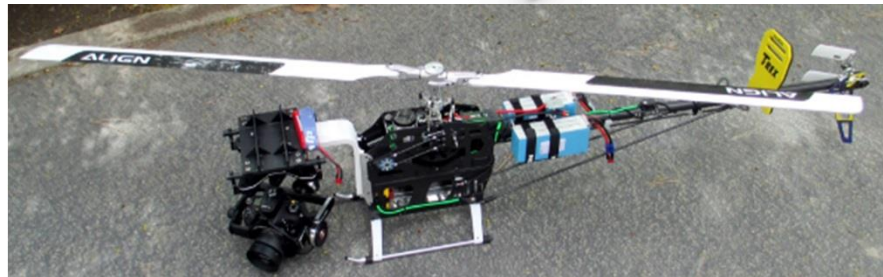
Fonte GEER (2016, 2017), Zimmaro and Stewart eds.

Accumulazione del danno

Uso di tecnologie innovative

Osservazioni da drone

Modelli 3D



Accumulazione del danno

Accumoli post 24 Agosto 2016

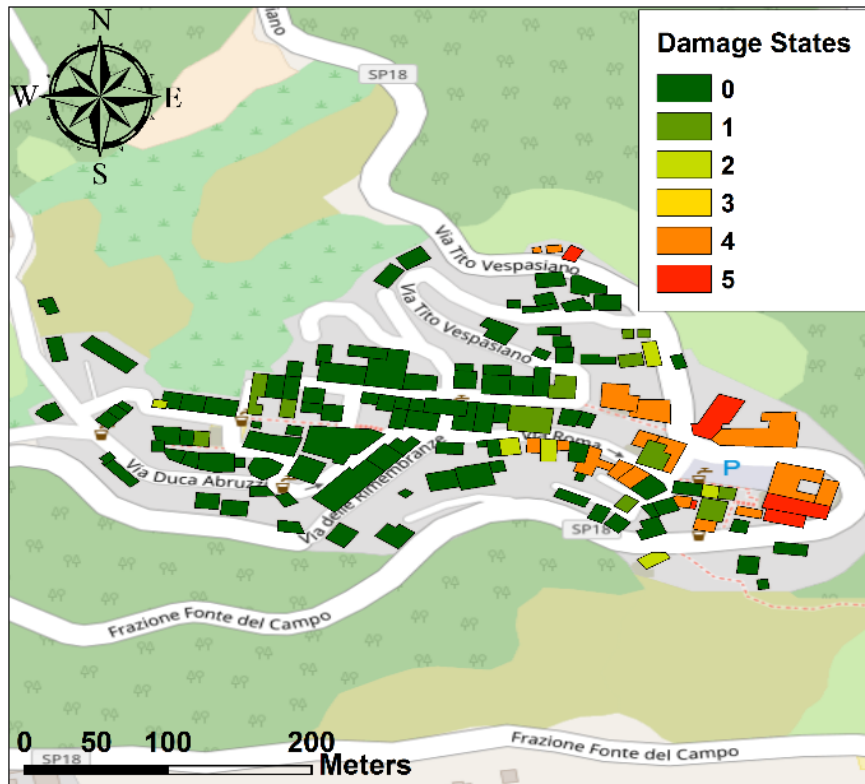


Accumoli post 30 Ottobre 2016

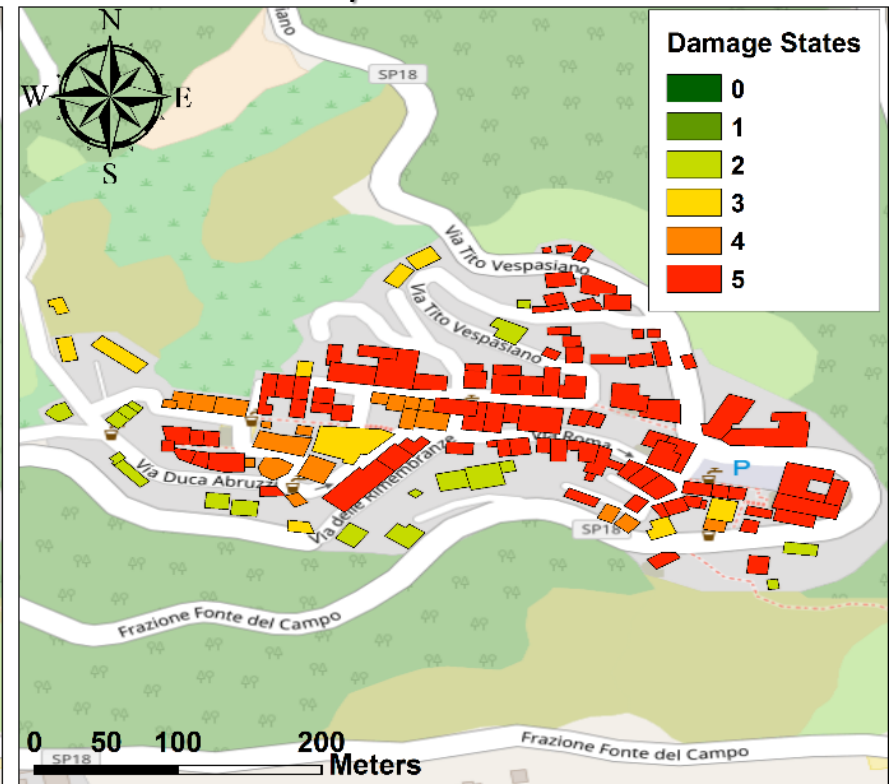


Accumulazione del danno

Accumoli post 24 Agosto 2016



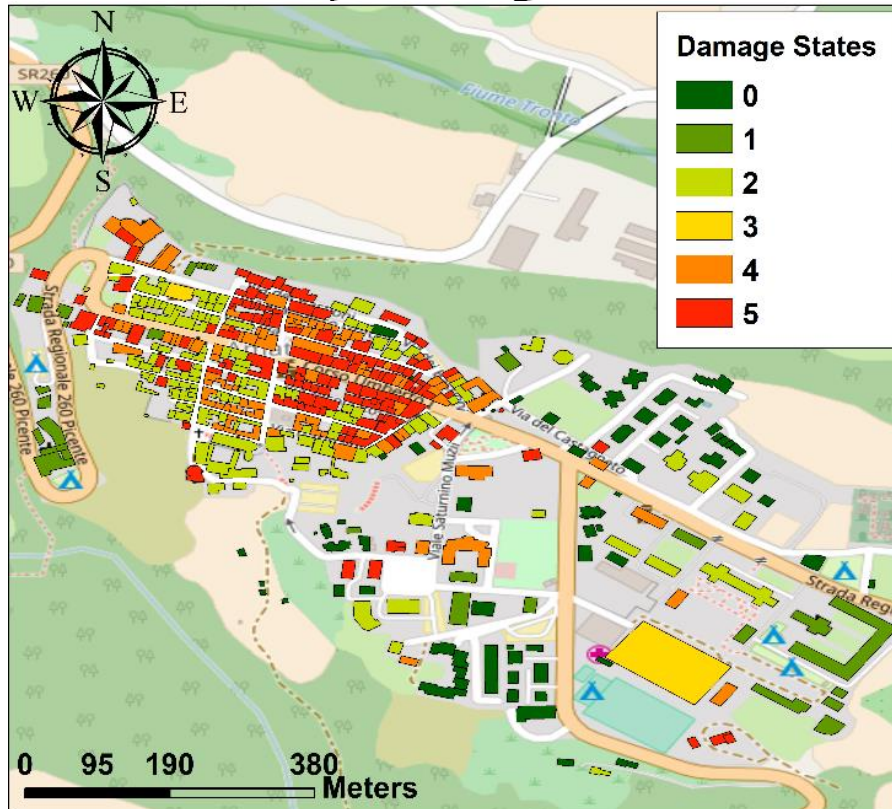
Accumoli post 30 Ottobre 2016



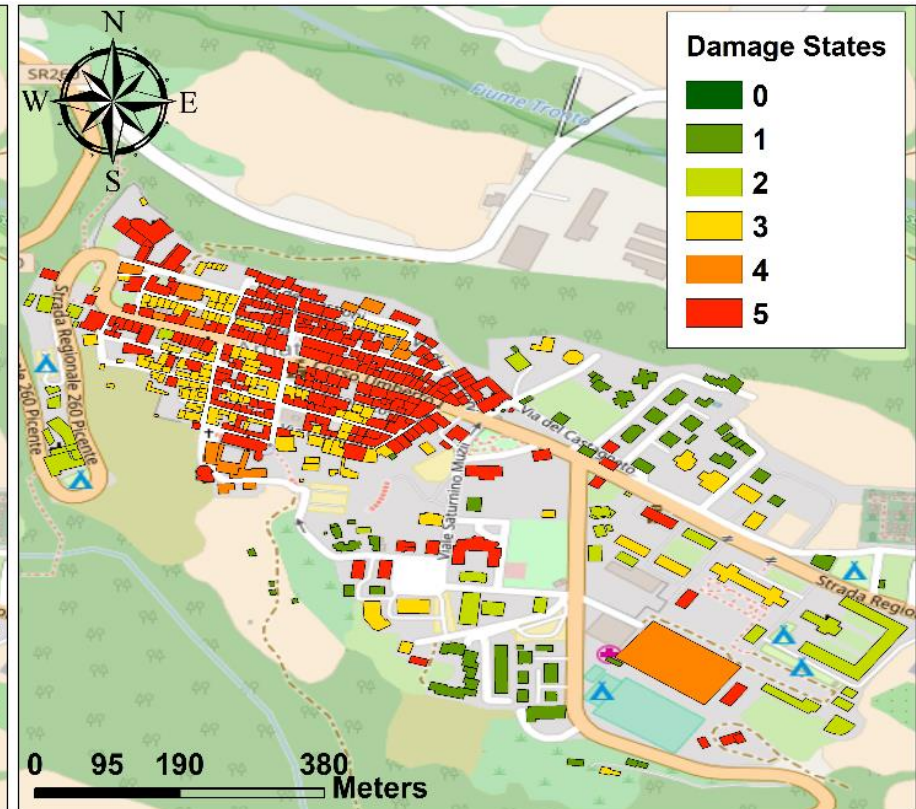
From GEER (2017), Zimmaro and Stewart eds.

Accumulazione del danno

Amatrice post 24 Agosto 2016



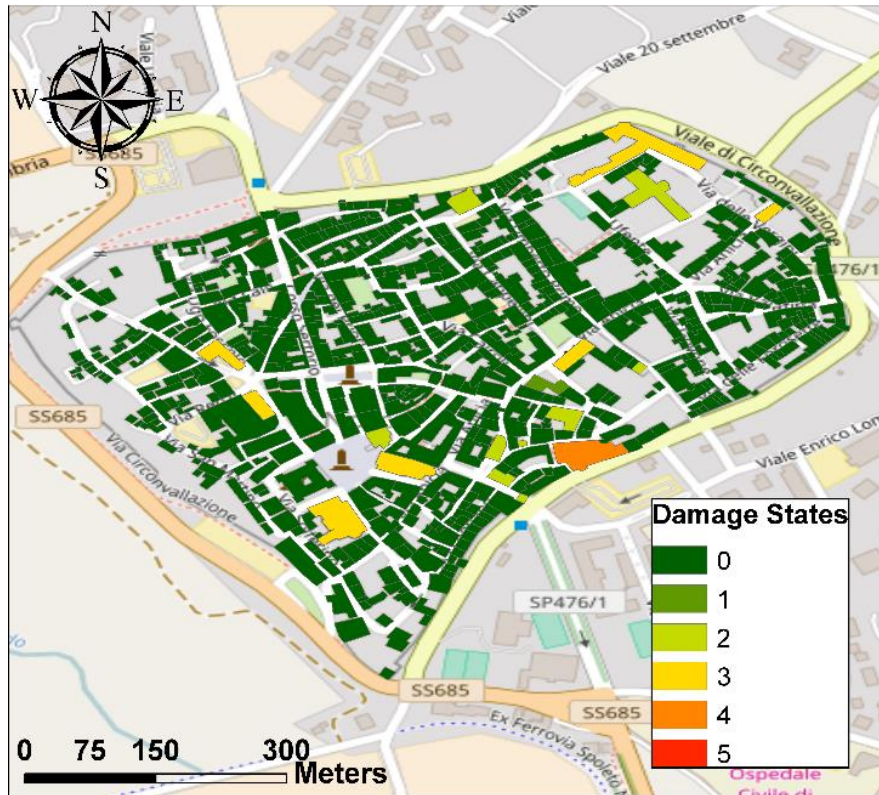
Amatrice post 30 Ottobre 2016



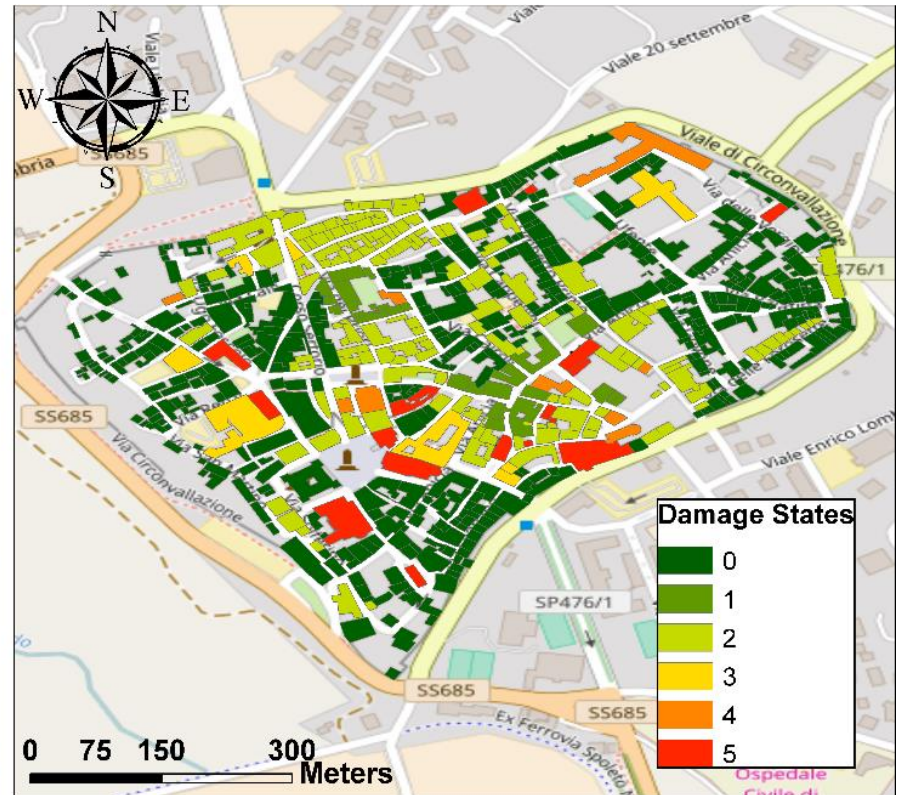
From GEER (2017), Zimmaro and Stewart eds.

Accumulazione del danno

Norcia post 24 Agosto 2016



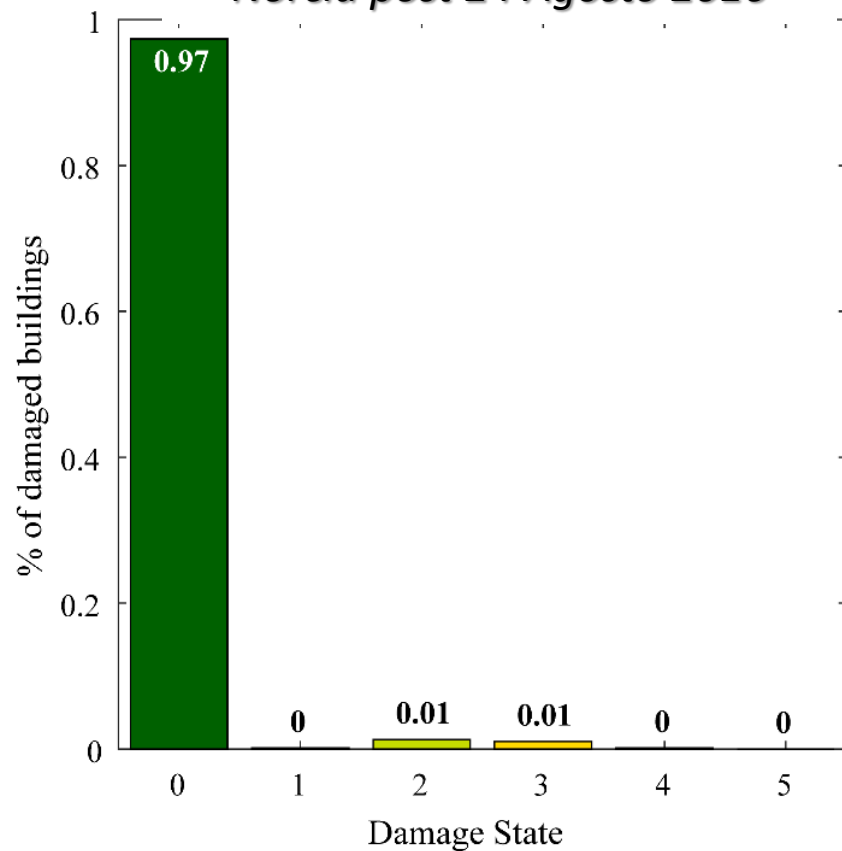
Norcia post 30 Ottobre 2016



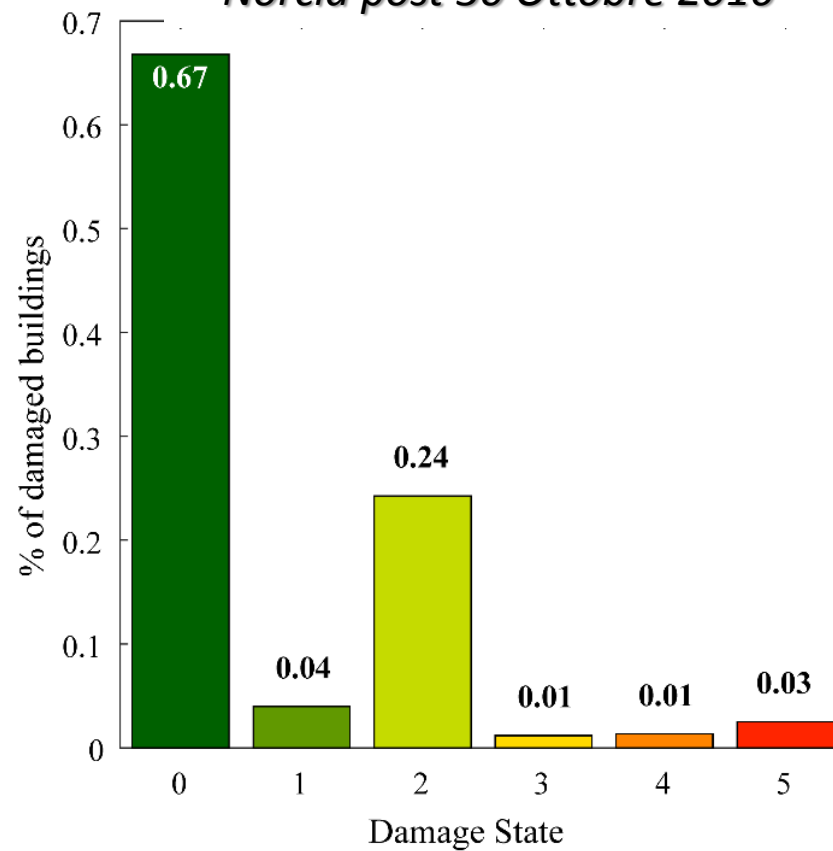
From GEER (2017), Zimmaro and Stewart eds.

Accumulazione del danno

Norcia post 24 Agosto 2016

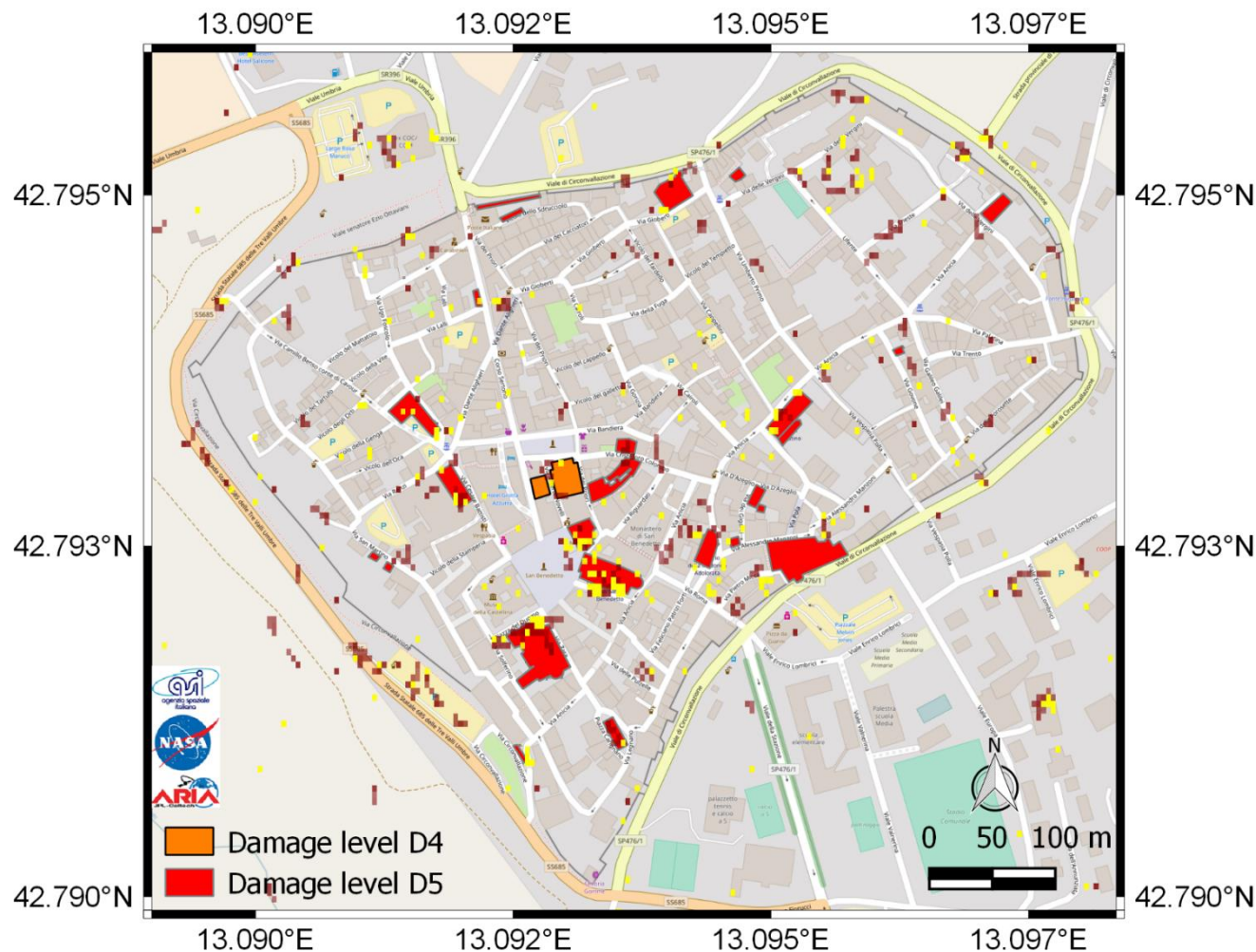


Norcia post 30 Ottobre 2016



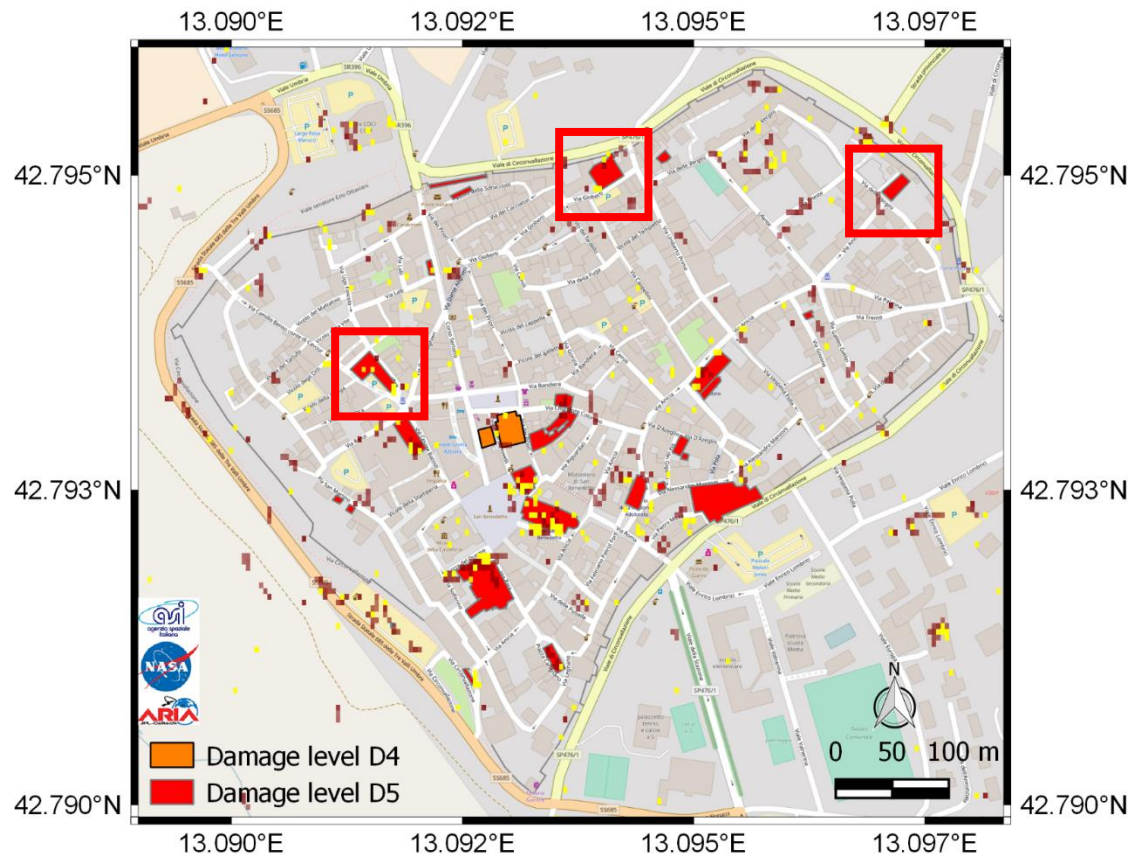
From GEER (2017), Zimmaro and Stewart eds.

Metodologie innovative – Damage proxy maps (Norcia)



From Sextos et al. (201x) – EQS, Under review

Metodologie innovative – Damage proxy maps (Norcia)



From Sextos et al. (201x) – EQS, Under review

Considerazioni finali

- Le accelerazioni e velocità di picco registrate non sono state eccezionalmente elevate
- I modelli di predizione moderni (Bindi et al., 2011; NGA-W2) forniscono previsioni in linea con i dati registrati
- Ancora una volta terremoti dell'Italia Centrale mostrano una rapida attenuazione con la distanza
- Utilizzo di modelli moderni (anche globali) con correzioni regionali in analisi probabilistiche della pericolosità sismica
- Danno accumulato ed importanti effetti mainshock-aftershock

Considerazioni finali - Reports



Geotechnical Extreme Events Reconnaissance Association
www.geerassociation.org



Engineering Reconnaissance Following the October 2016 Central Italy Earthquakes *Version 2*

GEER Team Leaders: Jonathan P. Stewart and Giuseppe Lanzo

Report Editors:
Paolo Zimmaro and Jonathan P. Stewart



DOI: 10.18118/G6HS39

Geotechnical Extreme Events Reconnaissance Association
Report No. GEER-050D
8 May 2017

<http://geerassociation.org>

Grazie per l'attenzione

