

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale

Tesi di Laurea

IL RUOLO DELL'ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO SUL
DANNEGGIAMENTO DEI CENTRI ABITATI A SEGUITO DEL
TERREMOTO DI AMATRICE DEL 2016

Relatori

Ch.mo Prof. Geol. Antonio Santo

Ch.ma Prof. Ing. Fatemeh Jalayer

Correlatori

Dott. Geol. Giovanni Forte

Dott. Ing. Andrea Miano

Candidato

Luca Melorio

Matr. N49/539

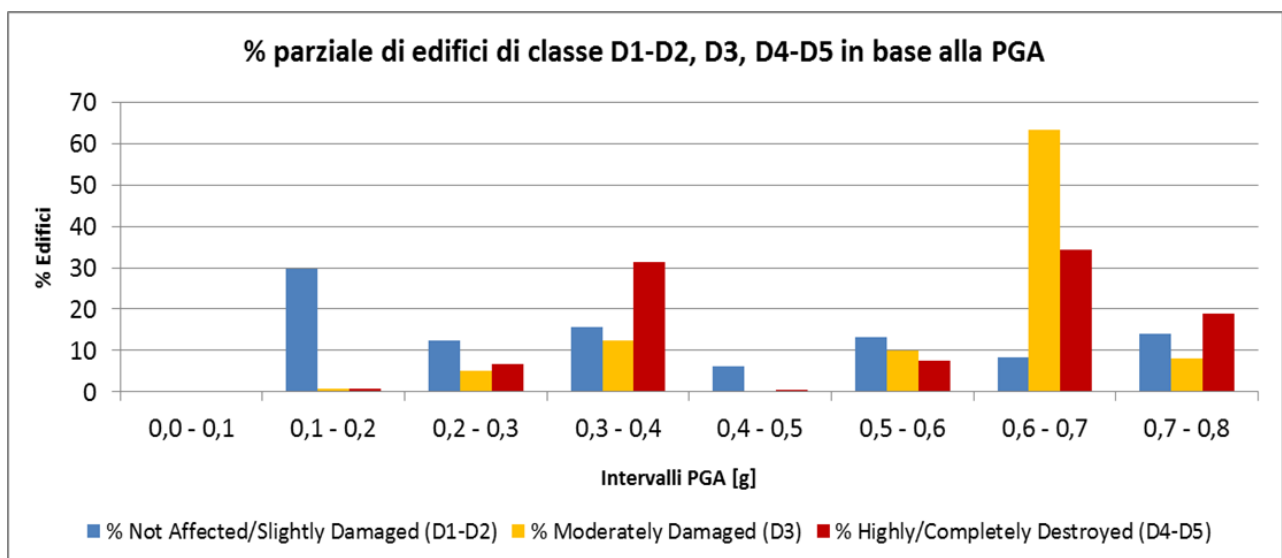
Anno Accademico 2015/2016

Abstract

Il presente lavoro di tesi è incentrato sull'analisi delle concause di natura geologica e geomorfologica sul danneggiamento dei centri abitati a seguito del sisma del 24 Agosto 2016, il quale ha provocato la distruzione di molti paesi come Amatrice, Pescara Del Tronto e Arquata Del Tronto. Si è notato però, nei giorni successivi al sisma, che mentre alcuni paesi hanno palesato una distruzione pressochè totale, altri paesi distanti poche centinaia di metri da essi siano invece rimasti quasi del tutto intatti.

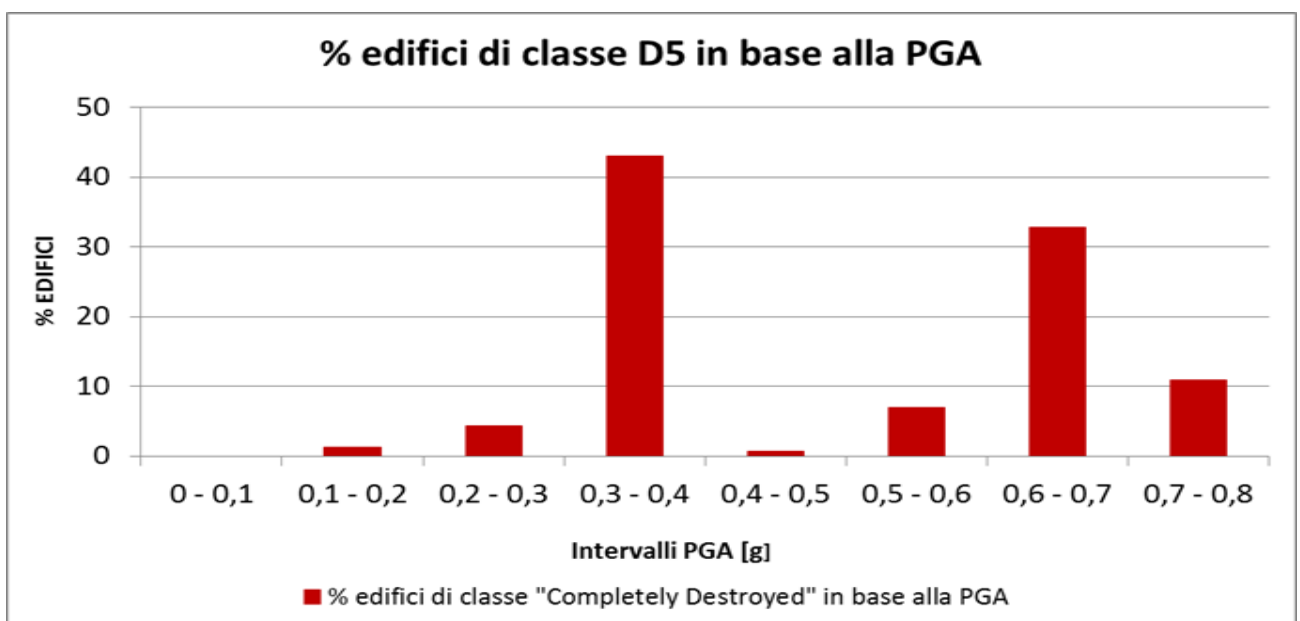
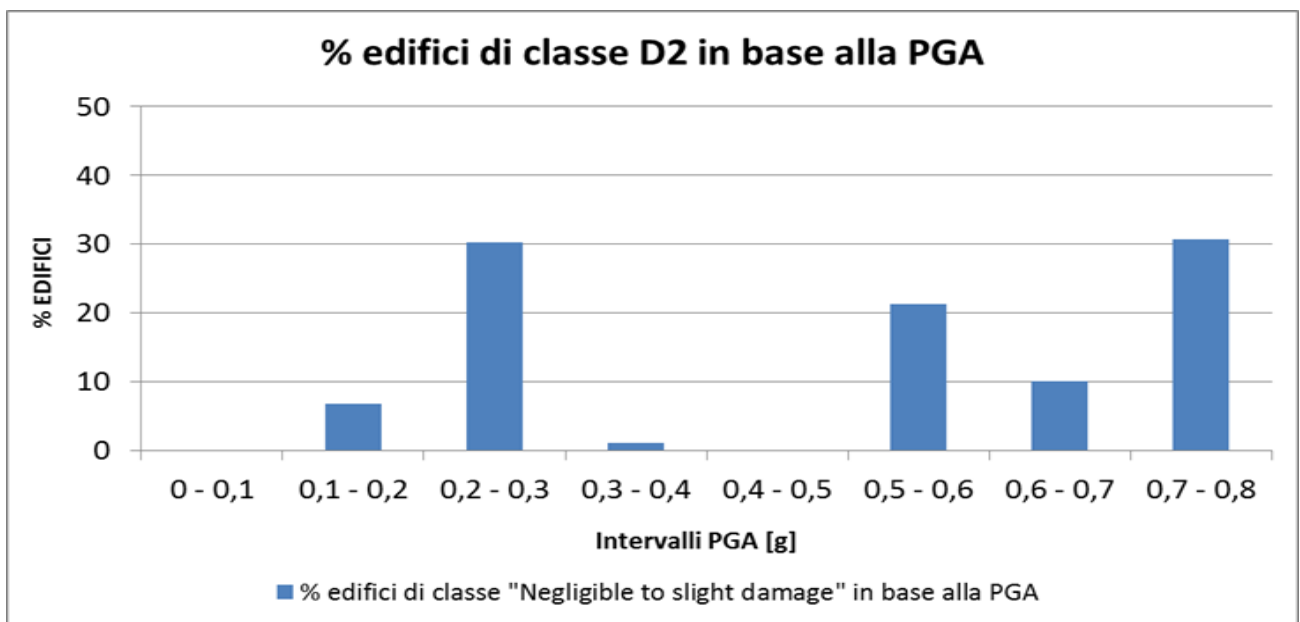
Questa particolare situazione, oltre ad aver destato particolare interesse da parte di ingegneri e geologi, è stata anche determinante per la realizzazione di questo lavoro, il cui obiettivo è l'analisi del danneggiamento dei centri abitati a seguito del sisma del 24 Agosto 2016 ai fini dell'elaborazione di inviluppi di fragilità.

A seguito di una raccolta dati sul sito dell'INGV e di Copernicus, e di una conseguente digitalizzazione di essi su ARCGis, si sono quindi dapprima elaborati istogrammi mettendo in relazione le percentuali di edifici danneggiati secondo le varie classi di danno fornite da Copernicus (che utilizza la Scala EMS 98, la quale valuta il grado di danneggiamento in ordine di danno crescente da D1 a D5) con la PGA fornita dalla Shakemap dell'INGV:

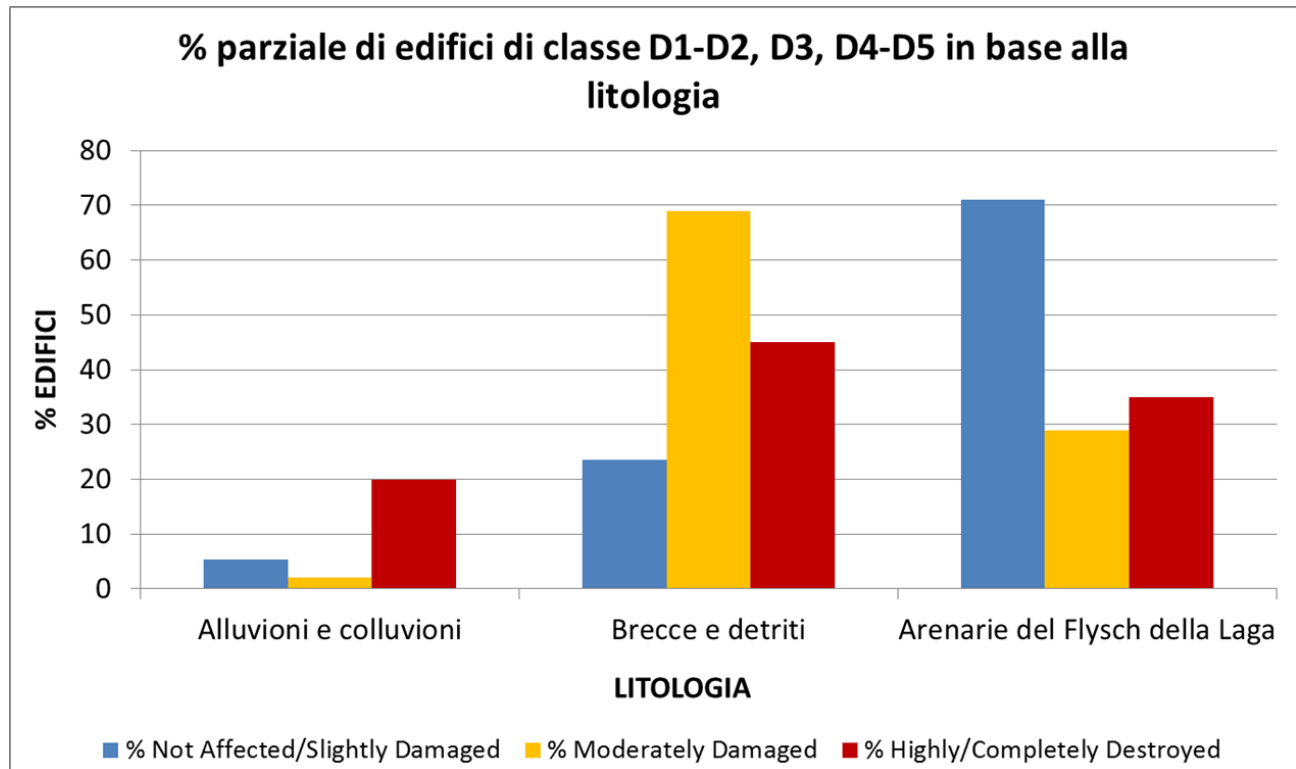


In questo istogramma si nota un'insolita alta percentuale di edifici di classi D4 - D5 in corrispondenza della fascia di PGA 0,3 - 0,4g , ed un'insolita alta percentuale di edifici di classi D1 - D2 in corrispondenza della fascia di PGA 0,7 - 0,8g.

In particolare, dai seguenti istogrammi si nota che la maggior percentuale di edifici di classe D2 si trova proprio in corrispondenza della fascia 0,7 - 0,8g , e che altresì la maggior percentuale di edifici di classe D5 si trova proprio in corrispondenza della fascia 0,3 - 0,4g:



Tali risultati hanno quindi reso necessaria un'ulteriore elaborazione considerando la litologia dell'area di studio, fornita da una carta geologica 1:100000 digitalizzata su ARCGis insieme agli altri dati:



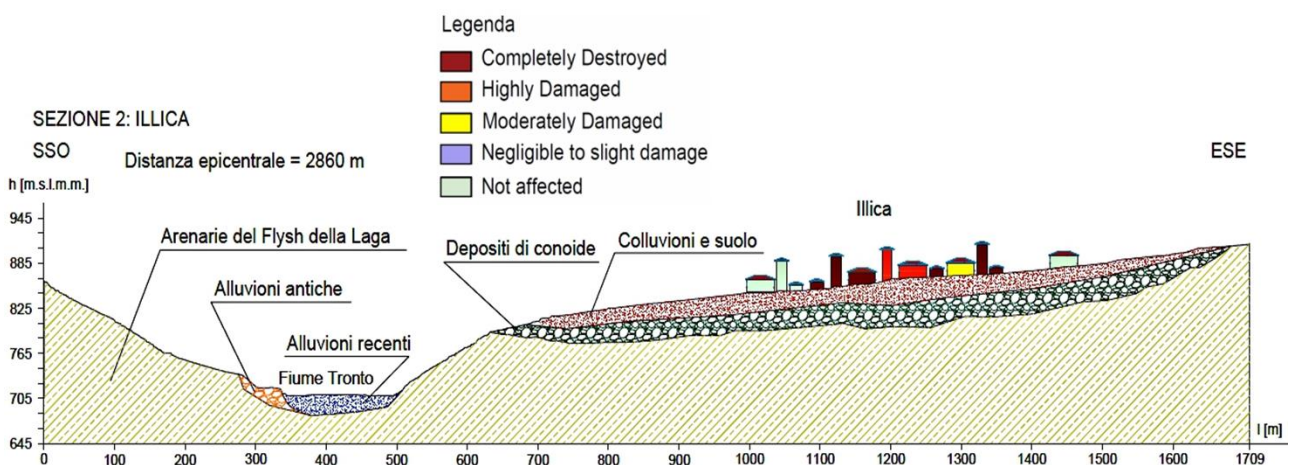
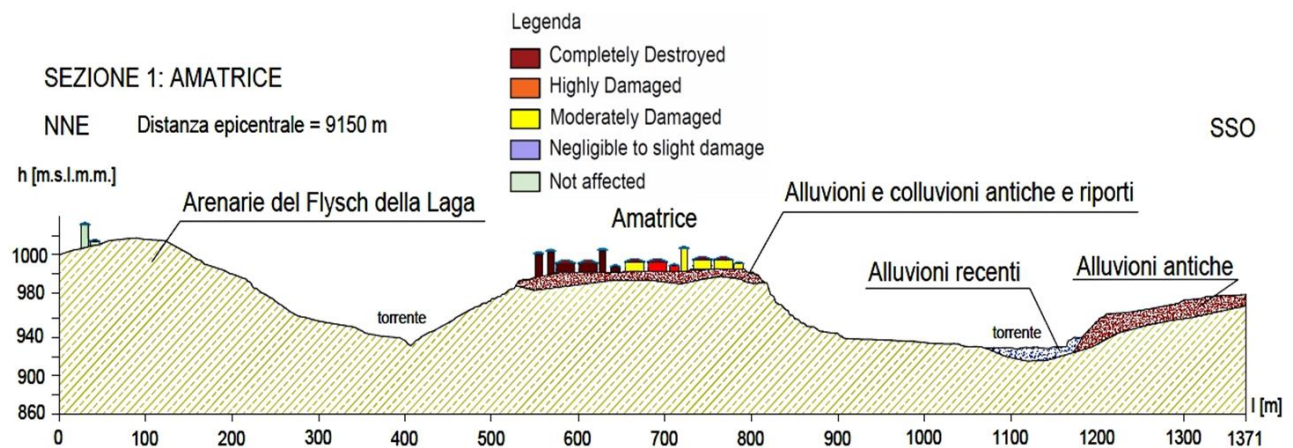
Tale istogramma mostra come la maggior percentuale di edifici di classi D1 - D2 siano maggiormente distribuiti in corrispondenza delle Arenarie del Flysch della Laga, e come ci sia una sostanziale presenza di edifici di classi D4 - D5 in corrispondenza di alluvioni e colluvioni.

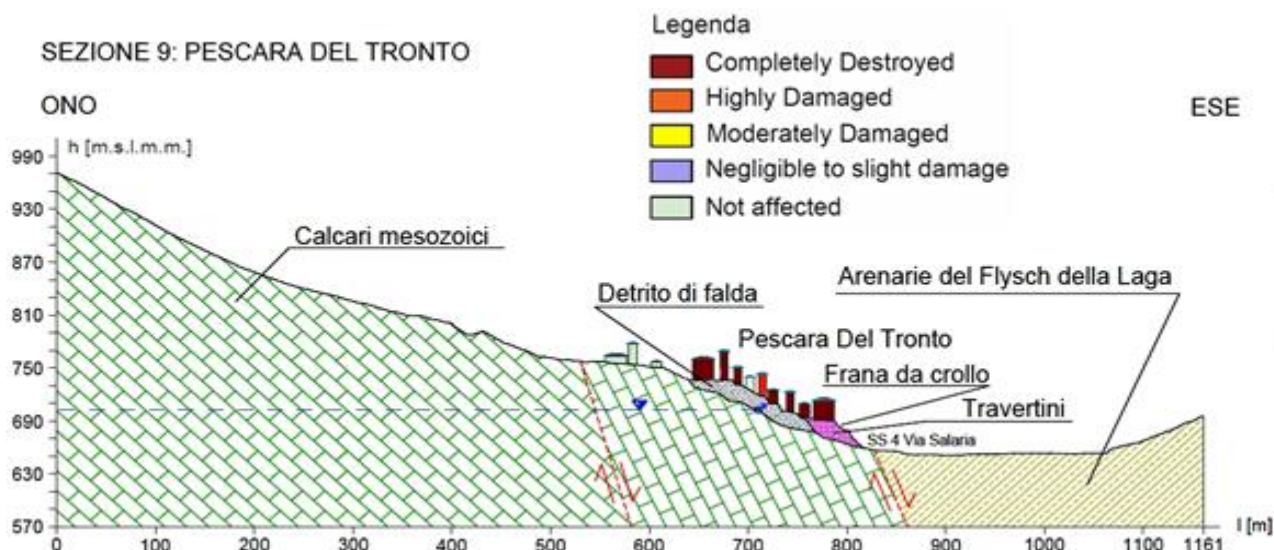
Mettendo dunque insieme le elaborazioni effettuate, si è pervenuti ai seguenti istogrammi, i quali mostrano come la maggior percentuale di edifici di classe D5 riferiti alla fascia 0,3 - 0,4g risulti in corrispondenza delle alluvioni e colluvioni, e come la maggior percentuale di edifici di classe D2 riferiti alla fascia 0,7 - 0,8g risulti in corrispondenza delle Arenarie del Flysch della Laga. Risulta quindi evidente come le arenarie del Flysch della Laga abbiano svolto generalmente un'azione di smorzamento delle onde sismiche o comunque abbiano in qualche modo favorito, grazie alla loro compattezza, la stabilità di alcuni edifici nonostante essi siano stati soggetti ad un'alta PGA, indipendentemente dal fatto che essi siano in muratura o in cemento armato. Questo probabilmente poiché le arenarie del Flysch della Laga sono tra i litotipi con le migliori proprietà geotecniche e geomeccaniche dell'area di

studio considerata. Esse però non possono essere considerate come uno dei migliori in assoluto: difatti sulle arenarie del Flysch della Laga sono anche avvenuti molti crolli di abitazioni.

Risulta altresì evidente come al contrario i depositi detritici colluviali e i detriti di falda abbiano avuto un ruolo determinante sul danneggiamento dei centri abitati, tanto da far crollare alcuni edifici nonostante essi siano stati soggetti ad una PGA relativamente bassa, indipendentemente dal fatto che essi siano in muratura o in cemento armato. Questi materiali di tipo alluvionale/detritico-colluviale sono materiali dalle scarsissime proprietà geotecniche e geomeccaniche; inoltre essi sono tra i materiali suscettibili di liquefazione, subsidenza e vari altri effetti di sito non favorevoli per gli edifici soprastanti. Gli effetti geologici di sito sono quindi risultati essere un fattore determinante per quanto riguarda il danneggiamento dei centri abitati da parte di questo sisma, in particolare l'amplificazione stratigrafica e topografica.

Si sono poi elaborate varie sezioni geologiche su AutoCAD:





Dai risultati di tali elaborazioni, si è evidenziato che, a parità di vulnerabilità strutturale e distanza dalla sorgente sismica, gli edifici maggiormente danneggiati sono risultati essere per lo più posizionati al di sopra delle coperture detritico/alluvionali/colluviali e su versanti particolarmente acclivi, risultando così esposti a rilevanti effetti di amplificazione stratigrafica e topografica.

Altresì, sempre a parità di vulnerabilità strutturale e distanza dalla sorgente sismica, gli edifici meno danneggiati e/o illesi sono risultati essere per lo più posizionati al di sopra del bedrock roccioso (le Arenarie del Flysch della Laga) e su zone per lo più pianeggianti, risultando così non soggetti a rilevanti effetti di amplificazione sismica.

La disomogeneità del grado di danneggiamento nella zona colpita dal sisma si spiega dunque con l'influenza degli effetti di sito e della risposta sismica locale.

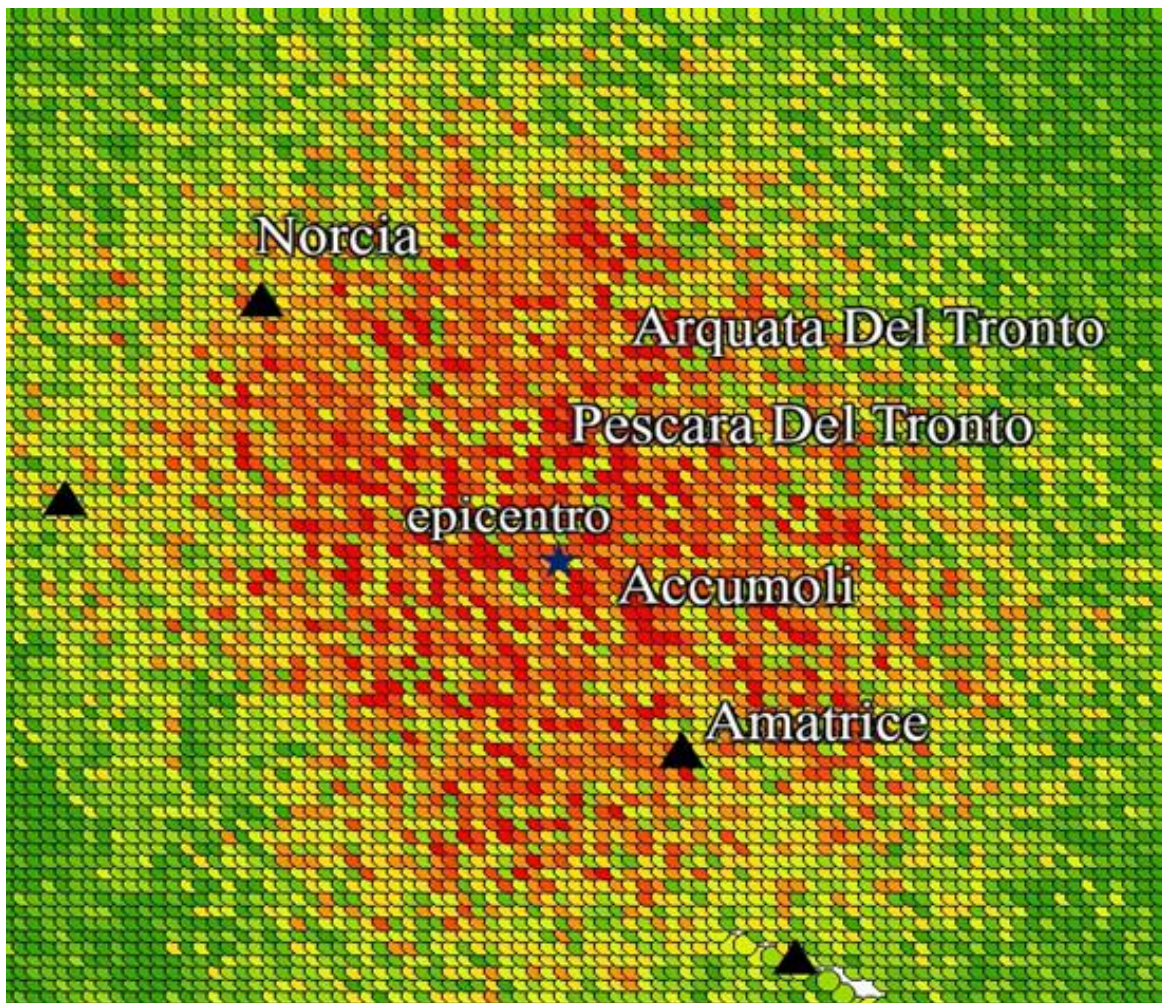
Si è infine provveduto all'elaborazione di involuppi di fragilità per edifici in muratura povera prevalentemente di categoria M2 (pietre arrotondate e di dimensioni variabili, altezza ridotta (massimo due piani), malte di qualità scadente, paramenti murari molto disomogenei nei materiali e nella geometria) estraendo un campione omogeneo di 57 edifici di classe D4 e D5 dal centro storico di Pescara Del Tronto.

Il primo passo è stato la creazione di un database geo-spaziale che consiste in una serie di dati di input che hanno consentito l'implementazione di una legge di attenuazione. In particolare, tali dati consistono in una carta geologica della Campania, nella definizione di un evento sismico di scenario (terremoto di Amatrice del 24/08/16 di magnitudo M=6.0), nella posizione e

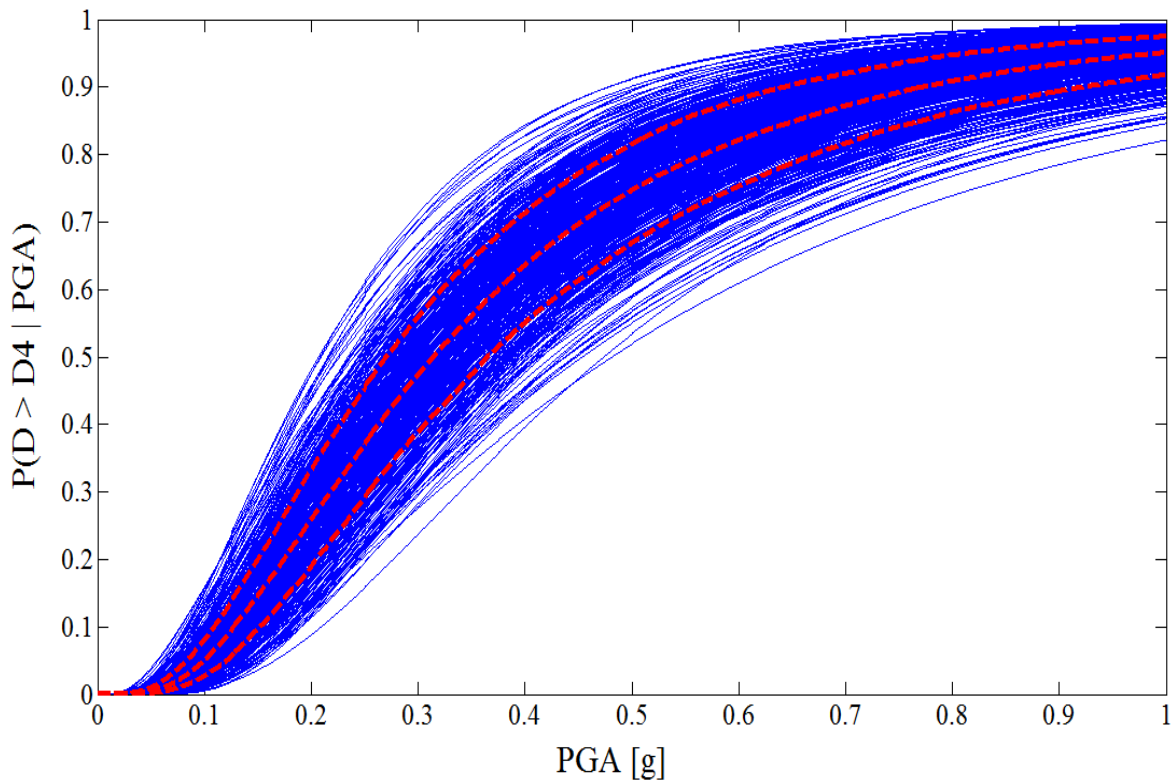
nella tipologia della faglia in esame nonché nella posizione degli epicentri per il suddetto evento sismico.

A partire dalla legge di attenuazione di Bindi-Pacor (2011), è stato possibile generare campi di PGA sulla base dello scenario in esame. Più in dettaglio, si è partiti dall'implementazione della legge di attenuazione di Bindi-Pacor del 2011, la cui formulazione consta di un termine e_1 costante e di 4 funzioni FD (R, M), FM (M), F_s e F_{sof} , che rappresentano, rispettivamente, la funzione della distanza, la scala della magnitudo, l'amplificazione legata al sito e la correzione legata al tipo di fagliazione.

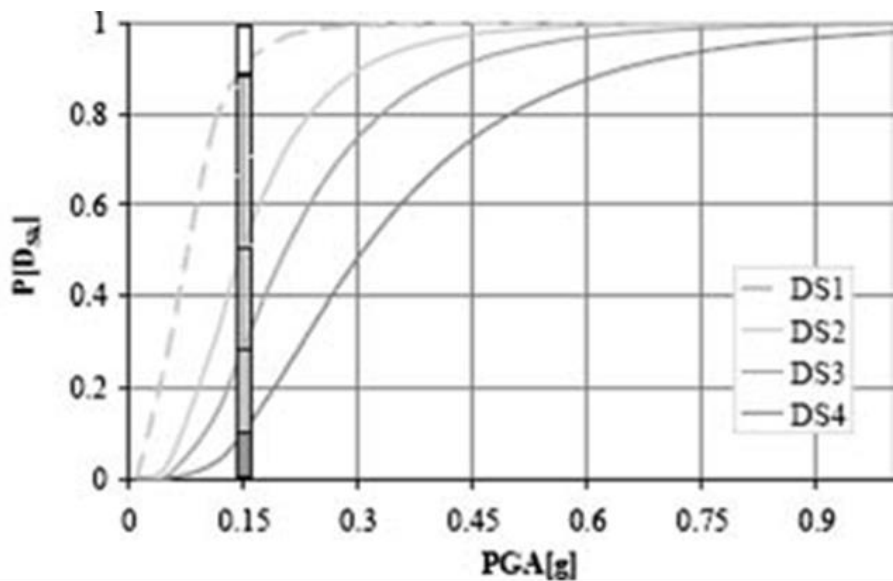
Sulla base di tale legge di attenuazione e delle correzioni con coefficienti stratigrafici e topografici, si è generata una mappa di PGA per l'area colpita dal sisma, in cui ad ogni punto di tale maglia è stato possibile associare un valore della PGA attesa, intesa come media geometrica delle componenti orizzontali di accelerazione. Si è proceduto, quindi, ad effettuare un aggiornamento dei valori di PGA sulla base di quelli delle stazioni registranti il terremoto di scenario.



Implementando su MATLAB tale Shakemap generata con il set di 57 edifici di Pescara Del Tronto, si è pervenuti ai seguenti involuipi di fragilità per edifici prevalentemente in muratura di categoria M2: essi risultano essere in accordo con la letteratura esistente (Lagomarsino - Giovinazzi, terremoto dell'Aquila 2009), confermando quindi la scarsa resistenza a sollecitazioni sismiche da parte di tale tipologia costruttiva.



Involuipi di fragilità a seguito di 500 simulazioni



Lagomarsino - Giovinazzi (DS4= D4 - D5)