

Cartografia storica della città dell'Aquila come supporto allo studio di edifici danneggiati dal sisma

Rita Baglioni (**), Valerio Baiocchi (*), Donatella Dominici (**),
Maria Vittoria Milone (*), Martina Mormile (*)

(*) DICEA, Area Geodesia e Geomatica, "Sapienza" University of Rome, Via Eudossiana 18-Zip,
I-00184 Rome, Italy, tel 06/44585068, email: valerio.baiocchi@uniroma1.it
(**) Università dell'Aquila, DICEA, e-mail: donatella.dominici@univaq.it

Riassunto

Il centro della città dell'Aquila ha subito ingenti danni in seguito all'evento sismico principale (6 aprile 2009, 03:32 a.m., ora locale, $M_l = 5.8$, $M_w = 6.2$) della sequenza sismica caratterizzata da centinaia di scosse di assestamento (più di 30 di $3.5 < M_l < 5.0$) [INGV, 2009]. Le cause e le modalità del crollo di alcuni edifici sono ancora sotto inchiesta. Di particolare interesse può essere lo studio dei vari parametri che aumentano o diminuiscono il rischio di collasso per il singolo edificio.

E' stata recentemente recuperata una mappa 1:2000 che rappresenta il centro storico della città dell'Aquila agli inizi del ventesimo secolo; il confronto di quest'ultima con mappe contemporanee è utile per lo studio delle cause della differente risposta di edifici di diversa età allo stress sismico. Questo studio rappresenta il primo passo per proporre una metodologia basata sulla costruzione di un database di edifici storici a L'Aquila, per verificare una potenziale correlazione tra la normativa antisismica adottata nel corso degli anni e i danni che ne derivano. Nel caso di L'Aquila, infatti, un confronto con la mappa dei danni post-sisma, permette di valutare l'attendibilità di una simile stima. E' evidente che un tale approccio non può sostituire un più ragionato rilievo a terra da parte di tecnici competenti, ma viene proposto come primo step riproponibile su tutti i centri storici a rischio sismico, realizzabile con costi e tempi molto contenuti.

Abstract

The city-center of L'Aquila suffered big damages from the main seismic event (6th April 2009, 3:32 a.m., local time; $M_l=5.8$, $M_w= 6.2$) of the seismic sequence that included hundreds of aftershocks (more than 30 of them $3.5 < M_l < 5.0$) [INGV, 2009]. Causes and modality of the collapse of some buildings are still under investigation.

A 1:2000 map representing the center of L'Aquila city at the beginning of twentieth century was recently found and the comparison of this map with contemporary ones can help the study of the causes of the different response to seismic stress to different aged buildings. This study represents the first step to build a database of historic buildings in L'Aquila to test a potential correlation between the anti- earthquake regulations adopted over the years and the resulting damages. A comparison with post earthquakes damage map and the map of seismic zoning was performed to find all the possible combination of other parameters that together with building age can help to evaluate building vulnerability.

Introduzione

I terremoti hanno da sempre segnato la storia della città dell'Aquila, situata in parte su un antico letto di un lago che amplifica l'attività sismica. Il 3 dicembre 1315, la città è stata colpita da un terremoto che danneggiò gravemente la Chiesa di San Francesco; il 22 gennaio 1349 un successivo evento sismico colpì la città, causando circa 800 vittime; altri eventi si sono verificati nel 1452, nel 1461 e, di nuovo, nel 1501 e nel 1646. Il 3 febbraio 1703 un altro forte sisma colpì la città causando più di 3.000 vittime e (secondo le cronache del tempo) il crollo di quasi tutte le chiese sono crollate. L'evento più grave della storia della città si è verificato, secondo gli storici, il 31 luglio 1786, che fece registrare più di 6000 vittime. Successivamente, il 26 giugno 1958, un evento sismico di magnitudo 5,0 ha colpito nuovamente la città.

L'evento a cui si fa riferimento in questo studio è il recente sisma del 6 aprile 2009, delle ore 01:32 GMT (03:32 CEST), con magnitudo 6,3 il quale ha colpito l'Italia Centrale, con epicentro vicino a L'Aquila, a 42,4228°N e 13,3945°E. Il sisma ha causato danni tra 3.000 e 11.000 edifici della città medievale dell'Aquila. Diversi edifici sono completamente crollati, 308 persone hanno perso la vita e circa 1.500 persone sono rimaste ferite. Il terremoto del 6 aprile è stato avvertito in tutto l'Abruzzo, sino a Roma, altre parti del Lazio, Marche, Molise, Umbria e Campania.

Per comprendere con quale intensità è stata colpita la città è importante valutare l'assetto strutturale dell'Aquila. Prima di quest'ultimo evento sismico, la città aveva un centro storico situato su una collina sul bacino circostante, e dall'antichità si presentava compatta, racchiusa da mura medievali.

Una prima rottura del perimetro della città si è verificata con la costruzione di impianti sportivi del Gran Sasso, nel 1940.

L'espansione urbana si è sviluppata profondamente tra gli anni '60 e '70 dopo l'apertura della strada da Roma a Pescara (mare Adriatico), e il suo successivo sviluppo si è verificato da allora dal centro storico e ha coinvolto tutte le direzioni, fatta eccezione per il sud-ovest dove si trova il fiume Aterno.

Il terremoto del 6 aprile 2009 ha causato danni soprattutto agli edifici del centro storico: ciò è evidenziato dal confine della cosiddetta "Zona rossa", che rappresenta l'area tutt'ora ad accesso limitato. Per questo motivo, il centro storico è ormai quasi deserto; a differenza di altre città italiane, inoltre, il centro storico dell'Aquila era anche il centro commerciale e sociale della città, il terremoto ha invertito in modo totale questa tendenza.

In questo lavoro si vuole rinvenire, attraverso l'uso di mappe storiche, la data di costruzione dei singoli edifici della città dell'Aquila, al fine di valutare con precisione la datazione degli edifici costruiti prima successivamente agli anni '30 '40; intorno a questi anni, infatti, le metodologie di costruzione, come è noto, sono profondamente mutate; ciò dovrebbe dare un primo indizio per valutare se vi è una correlazione tra le metodologie di costruzione utilizzate e il danno subito dall'edificio.

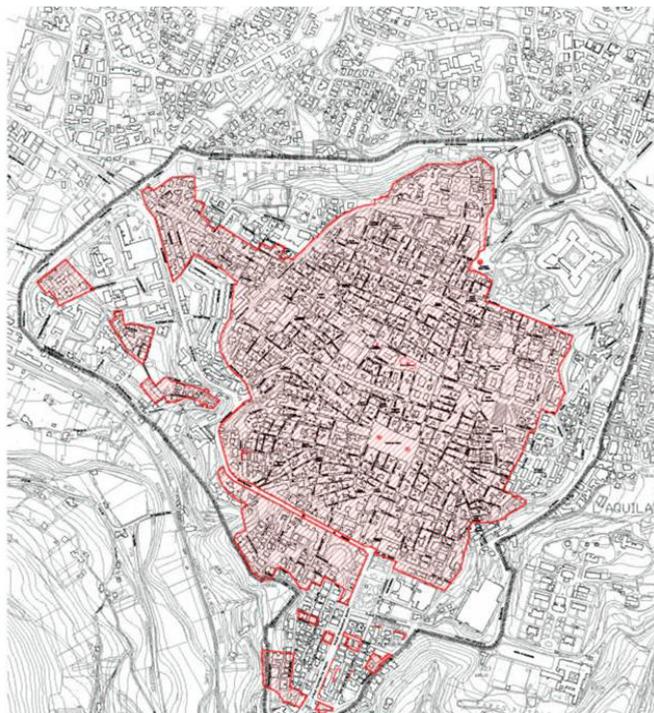


Figura 1. La "ZONA ROSSA" nel centro storico della città dell'Aquila.

Dati

In questo lavoro, è stata una mappa storica 1:2000 che rappresenta il centro storico della città dell'Aquila (Fig.2).

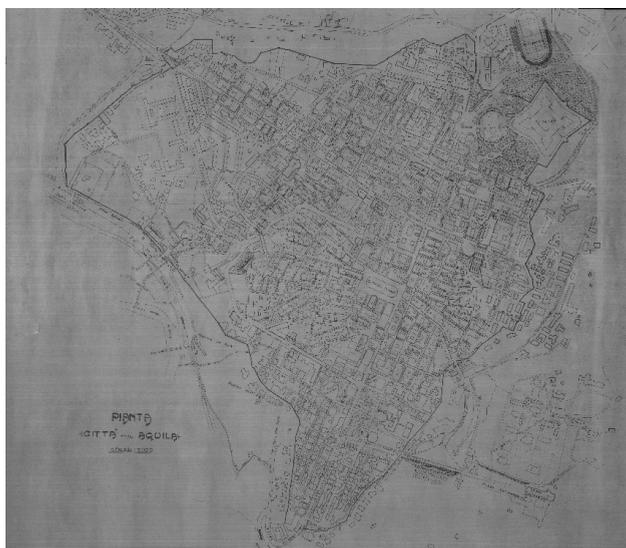


Figura 2. Mappa storica rappresentante il centro storico della città dell'Aquila.

Questa mappa, probabilmente redatta per uso catastale rappresenta principalmente l'area contenuta nelle mura storiche della città, con una superficie di 1.2 km². La mappa non è datata e, per questo motivo, ma osservando il layout della mappa si può ipotizzare che la cartografia sia stata realizzata tra il 1930 ed il 1940 circa, che è un periodo in cui nuove tecniche costruttive si andavano diffondendo.

Per validare le nostre ipotesi si è studiata la correlazione della data di costruzione con i danni riportati dalle cartografie di abitabilità dei singoli edifici rese disponibili sul sito web del Comune dell'Aquila (Comune L'Aquila, 2012).

La valutazione di agibilità, eseguita durante il periodo di prima emergenza post-sisma, è una stima preliminare il cui obiettivo principale è stato quello di stabilire se gli edifici colpiti dal sisma potessero essere utilizzati senza alcun rischio per la vita umana (Baiocchi et al. 2012 (1), Baiocchi et al. 2012 (2)). Le indagini sono state eseguite utilizzando il modulo tecnico, il più possibile omogeneo, per le valutazioni dei diversi ispettori, per consentire una digitalizzazione immediata e il trattamento statistico dei dati. Il risultato del giudizio di agibilità è stato adattato ad una delle sei categorie indicate di seguito, dove per "agibile" si intende "edificio adatto per l'abitazione umana":

A: edificio agibile;

B: edificio temporaneamente inagibile (tutto o in parte), ma agibile dopo un intervento che lo renda utilizzabile in tutte le sue parti, senza pericolo per i residenti;

C: edificio temporaneamente inagibile, da approfondire ulteriormente; quando l'edificio presenta caratteristiche che rendono incerta la valutazione;

D: edificio parzialmente inagibile; lo stato di alcune parti dell'edificio comporta un rischio elevato per i loro occupanti;

E: edificio inagibile a causa di rischi strutturali, non strutturali, o geotecnici;

F: edificio inagibile a causa di rischio esterno, in assenza di consistenti danni all'edificio; ad esempio, un edificio intatto contiguo ad un edificio che potrebbe crollare.

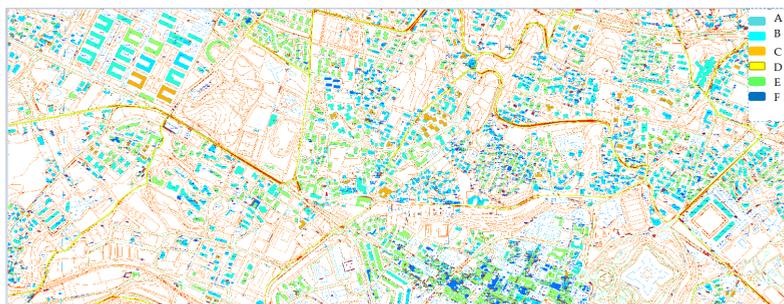


Figura 3. Mappa di idoneità per l'abitazione umana.

Le mappe di agibilità sono state realizzate sulla base dei risultati delle indagini svolte da personale qualificato, sotto il coordinamento del Dipartimento della Protezione Civile, come illustrato nella figura 3. Le mappe vettoriali originali non erano disponibili, per cui è stata eseguito una geroreferenziazione di alcuni file pdf mediante il software Q-GIS; la mappa, originariamente in scala 1:2000, nella proiezione Cassini-Soldner, è stata proiettata in UTMWGS84-ETRF89.

Attraverso la sovrapposizione della mappa di idoneità per l'abitazione umana con la mappa storica, possiamo quindi distinguere tra edifici "nuovi" e "vecchi", in modo da evidenziare l'eventuale correlazione tra le metodologie di costruzione e il danno subito dall'edificio.

Risultati

Le mappe storiche spesso presentano deformazioni geometriche subite durante la loro conservazione e altre deformazioni causate dall'acquisizione (scansione) delle stesse (Baiocchi et al. 2000). Per effettuare una georeferenziazione generalmente, punti noti sono collimati sul file raster risultante; nel nostro caso, è stata effettuata una campagna di rilievo GPS per l'assenza di una carta moderna che avesse una precisione paragonabile a quella della mappa storica. La precisione della georeferenziazione viene stimata considerando i residui di Ground Control Points; l'accuratezza viene valutata considerando i residui dei Control Points (punti indipendenti dalla stima dei parametri). In QGIS possiamo scegliere l'algoritmo per la georeferenziazione: in questo caso è stato scelto la polinomiale di terzo ordine, perché si ritiene che questa trasformazione possa sicuramente gestire anche le deformazioni dovute ad un'eventuale differente proiezione.

Ovviamente, il numero e la distribuzione spaziale dei GCP influenza il risultato finale di georeferenziazione della mappa; per questo motivo, in un primo momento, abbiamo identificato una serie di GCP rilevati a terra cercando di mantenere una distribuzione planimetrica il più uniforme possibile. La scelta dei punti è risultata complessa per due motivi: la copertura del segnale GPS nel centro storico non è sempre ideale il 75% del centro storico è ancora inaccessibile.



Figura 4. Distribuzione dei punti sulla carta storica.

Considerando l'estensione dell'area e le necessità di accuratezza, è stata utilizzata una modalità Real Time Cinematic (RTK) GPS / GNSS, che ha permesso l'acquisizione di punti collimabili sul terreno con una precisione centimetrica. Come è noto, la tecnica differenziale GPS-RTK fa uso di una stazione di riferimento unica, fissata su un vertice di coordinate note, situata vicino all'utente ricevitore; in questo caso, sono stati misurati 27 punti distribuiti sulla mappa (Fig. 4), in riferimento alla stazione permanente di Monticchio (AQ02).

Rilevati i 27 punti, sono stati eseguiti vari test, variando il numero di GCP; il primo test è stato effettuato con 12 GCP, aumentando due punti alla volta. I risultati ottenuti sono rappresentati in figura 5.

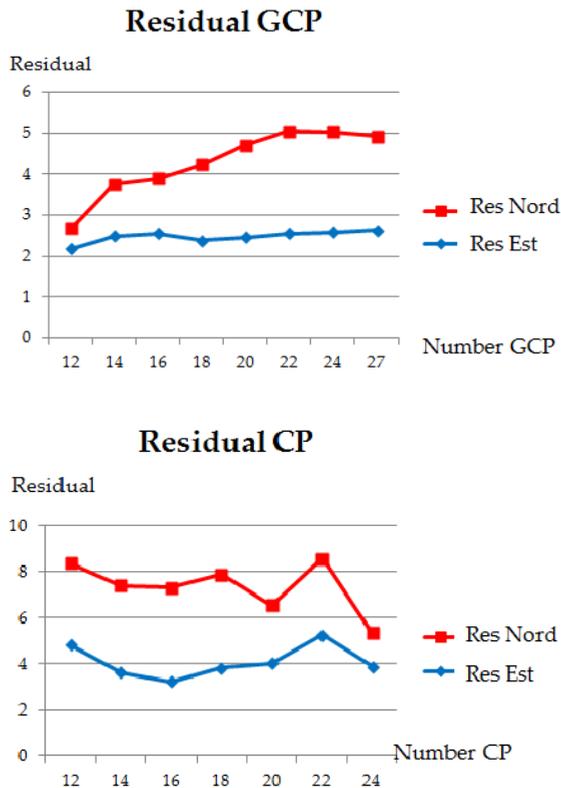


Figura 5. Andamento dei residui sui GCP e sui CP.

Si può osservare che, come prevedibile, i residui aumentano fino a giungere a stabilizzazione, mentre per i CP è esattamente l'opposto cioè diminuiscono fino alla stabilizzazione. Occorre osservare che i residui N e E non si stabilizzano allo stesso valore, per cui vi è una anisotropia nella mappa o nel sistema di proiezione.

E' stato osservato un picco nell'andamento dei "CP" che poteva far supporre la presenza di outlier e così abbiamo indagato se vi sia stato un errore sui punti relativi a quell'area del grafico. Sono state verificate le coordinate GPS e la collimazione sull'immagine e quindi per controllo, si è verificato se la mappa 1:5000 risultasse più vicina al punto GCP rispetto alla mappa raster georeferenziata (Fig.6) e quindi se si potessero escludere errori grossolani sui rilievi GPS.

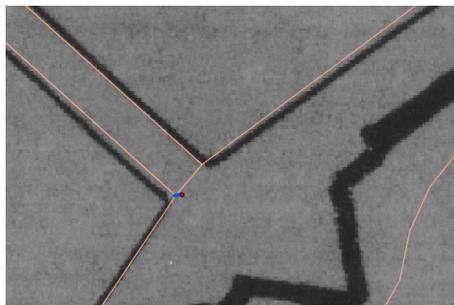


Figura 6. Sovrapposizione della mappa storica con una mappa 1:5000.

Questo è confermato su tutti i punti che presentavano anomalie, si è dunque giunti alla conclusione che nessun errore grossolano è presente nel rilievo e nel calcolo delle coordinate, suggerendo la presenza di qualche bug nel software stesso, anomalia già riscontrata nel corso di altre ricerche (Baiocchi et al. 2012, in questo volume).

Ottenuta la mappa georeferenziata, essa è stata sovrapposta alla carta delle agibilità (Fig.7), vettorializzando all'interno di Qgis, i vari poligoni secondo la classificazione (Fig.8).

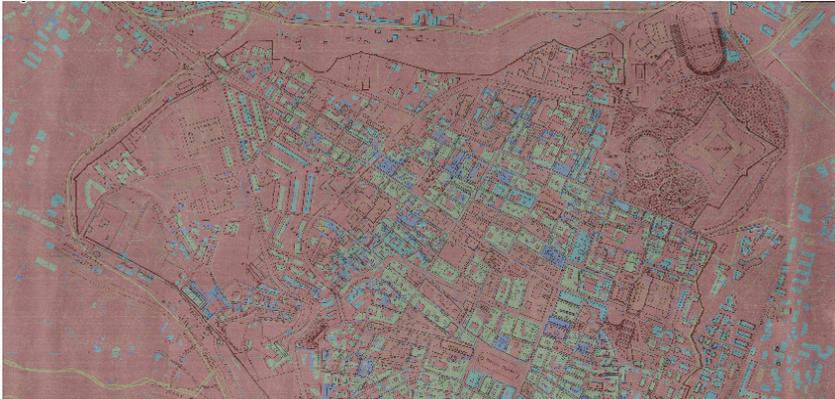


Figura 7. Sovrapposizione della mappa storica con la mappa di idoneità per l'abitazione umana.

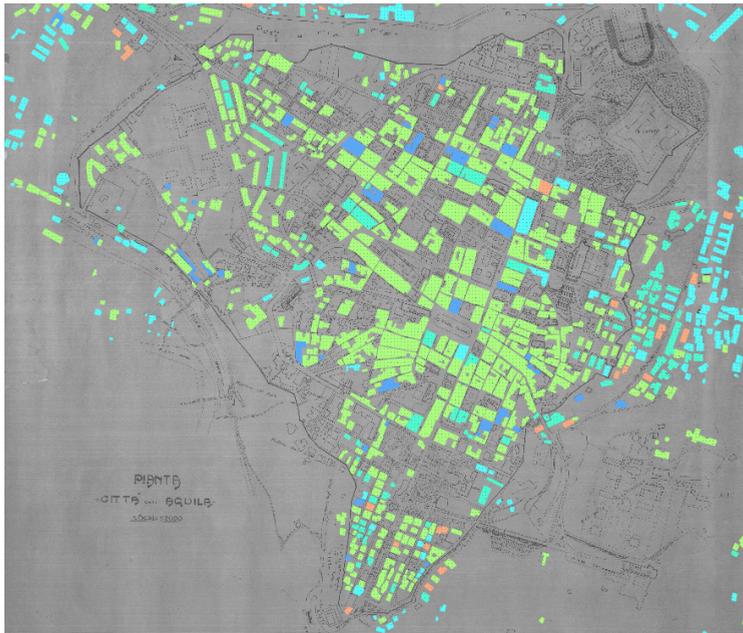


Figura 8. Vettorializzazione degli edifici secondo la classificazione all'interno di QGIS.

Dalla rappresentazione dei risultati ottenuti, possiamo osservare che tra i "nuovi" edifici vi è una predominanza di classe "A", che significa poco o nessun danno dopo il terremoto, mentre per i "vecchi" edifici la maggior parte di essi sono stati classificati come "E" che indica danni gravi (Fig.9).

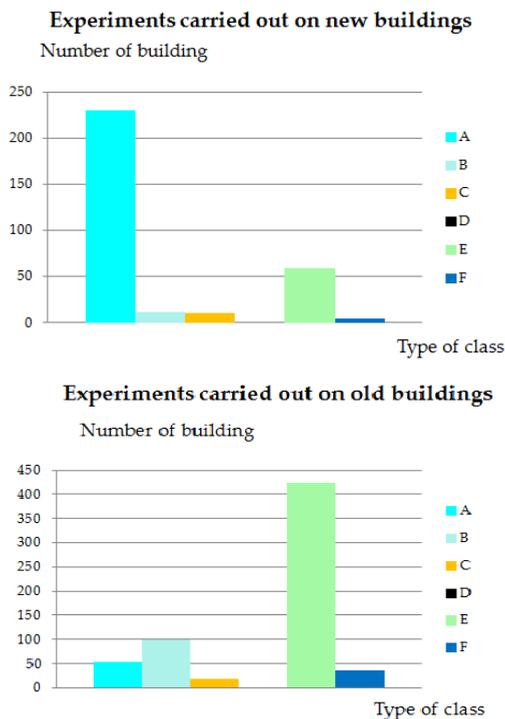


Figura 9. Distribuzione nelle diverse classi di edifici nuovi e vecchi edifici.

Conclusioni

Dai risultati ottenuti in questa prima sperimentazione, sembra che si possa evidenziare una correlazione tra l'età dell'edificio e il danno da esso subito dopo un terremoto. Sicuramente l'età non è l'unico parametro necessario per prevedere il potenziale danno di un edificio ma, con tecniche GIS e di fotointerpretazione, l'età può essere rilevata e mappata molto velocemente ed economicamente, infatti, disponendo di una serie di cartografie a grande scala o di immagini aeree storiche di una città, è molto facile creare una banca dati degli anni di costruzione di ogni edificio. In Italia, ci sono molti centri storici nelle aree a rischio sismico: un quadro dettagliato delle caratteristiche di ogni edificio comporta tempo e costi elevati. Il modello proposto, senza sopralluoghi sul campo, e quindi molto meno oneroso, può rendere disponibili delle informazioni per una prima indagine consultabili dai vari tecnici e studiosi interessati.

Come ulteriore sviluppo si consideri inoltre che classificando con più dettaglio la data di costruzione del singolo edificio, si potrebbe stimare la correlazione tra le norme e le prescrizioni che si sono succedute a livello nazionale; questo potrebbe aiutare a valutare se esiste una correlazione tra l'applicazione della differente legislazione in vigore al momento della costruzione degli edifici e il danno subito dagli edifici stessi.

Questo lavoro, quindi, rappresenta solo un primo test, ma utilizzando un maggior numero di cartografie o immagini orto rettificate, si potrebbe realizzare, velocemente ed economicamente, un dettagliato database che può essere di supporto nel valutare la possibile risposta della costruzione ad un evento sismico e progettare piani di sicurezza; sia sulla città dell'Aquila che su tutte le altre città potenzialmente interessate.

Bibliografia

Baiocchi V., Dominici D., Giannone F., Zucconi M. (2012), 'Rapid building damage assessment using EROS B data: the case study of L'Aquila earthquake', EUROPEAN JOURNAL OF REMOTE SENSING, p. 153-165, ISSN: 1129-8596, doi: 10.5721/ItJRS201244112

Baiocchi V., Dominici D., Ferlito R., Giannone F., Guarascio M., Zucconi M. (2012), 'Test of a building vulnerability model for L'Aquila earthquake', APPLIED GEOMATICSP 5-6, ISSN: 1866-9298, doi: 10.1007/s12518-011-0065-x

Baiocchi V., Barbarella M. (2000). 'Problemi di calibrazione di file raster e vettoriali in un sistema informativo territoriale', BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI TOPOGRAFIA E FOTOGRAMMETRIA, vol. 1, p. 23-32, ISSN: 0392-4424

Baiocchi V., Lelo K., Milone M.V., Mormile M. (2012), 'Accuratezza e precisione di modelli di georeferenziazione applicati alle cartografie storiche', in questo stesso volume
Comune L'Aquila (2012)

<http://www.comune.laquila.it/documenti/terremoto/esiti.htm>