

ESI Survey App: Un'Innovativa Soluzione per la Registrazione degli Effetti Ambientali e l'Integrazione in EEE catalogue

Trotta Sara^[1] e Muccignato Eliana^[1]

¹Dipartimento di Scienza ed Alta Tecnologia, Università degli Studi dell'Insubria, via Valleggio 11, Como (Italy), emuccignato@uninsubria.it; strotta@uninsubria.it

Abstract.

Nell'ambito delle indagini macrosismiche, sta acquisendo sempre maggiore importanza l'analisi degli effetti che gli eventi sismici provocano sull'ambiente naturale. Una delle metodologie di riferimento per questa analisi è la scala di intensità ESI-07, basata sull'osservazione degli effetti ambientali sismicamente indotti (Earthquake Environmental Effects – EEEs). In Italia, tale scala trova applicazione nel catalogo EEE, il quale raccoglie dati sugli EEEs relativi a eventi sismici su scala globale.

In questo contesto è stata realizzata la ESI Survey App, che si propone come uno strumento innovativo per la raccolta e condivisione di dati puntuali sugli EEEs, contribuendo all'integrazione e aggiornamento del catalogo EEE. L'applicazione, sviluppata tramite ArcGIS Web, consente agli utenti di caricare in tempo reale, anche offline, dati relativi agli EEEs associati a eventi sismici, specificandone tipologia, entità e georeferenziazione. I dati vengono rappresentati come punti su una mappa tramite un servizio WebGIS e possono essere scaricati gratuitamente. L'ESI Survey App favorisce una potenziale raccolta capillare e dettagliata e promuove la collaborazione tra cittadini, ricercatori e professionisti, facilitando la condivisione dei dati e il monitoraggio attivo degli eventi sismici e degli effetti ambientali ad essi associati. Inoltre, l'ESI Survey App facilita successive analisi macrosismiche e lo sviluppo di strategie di mitigazione del rischio per le aree più vulnerabili.

Introduzione e obiettivi

Gli effetti ambientali sismicamente indotti costituiscono un importante strumento per la caratterizzazione di eventi sismici (Tatevossian et al., 2009; Lekkas E., 2010; Sanchez e Maldonado, 2016; Papathanassiou et al., 2017; King et al., 2018; Chunga et al., 2018; Ferrario M.F., 2019; Silva et al., 2020; Tringali et al., 2023). Questi effetti sono osservabili direttamente e forniscono una testimonianza tangibile dell'impatto di un terremoto sul territorio. In questo contesto, la scala di Intensità Sismica Ambientale ESI-07 viene impiegata per stimare l'intensità dei terremoti tramite l'analisi di EEEs (Michetti et al., 2007; Ferrario et al., 2022).

In Italia, il catalogo EEE (Earthquake Environmental Effects catalogue; Guerrieri et al., 2007, 2009, 2011) raccoglie e sistematizza dati EEEs causati da forti terremoti a livello globale, favorendo la comprensione della distribuzione spaziale degli effetti e la loro caratterizzazione per la stima dell'intensità sismica dell'evento. Tuttavia, la

necessità di aggiornamenti costanti e la mancanza di strumenti agili per la raccolta di dati di campo aggiornati rappresentano un punto critico per una caratterizzazione sistematica degli eventi ESI-07.

Il presente studio ha come obiettivo la creazione di un'applicazione online, denominata ESI Survey App, ideata al fine di agevolare la raccolta di dati su EEEs direttamente in campo. L'applicazione è strutturata per consentire agli utenti di caricare dati relativi agli EEEs, specificandone tipologia, entità e posizione georeferenziata. Tramite l'applicazione, è possibile aggiornare in tempo reale il catalogo EEE con nuovi dati su terremoti globali, favorendo un monitoraggio più efficace e tempestivo degli eventi e facilitando successive indagini macrosismiche e strategie di mitigazione attive sul territorio.

Materiali e metodi

Scala di intensità ESI-07

La scala di intensità ESI-07 (Michetti et al., 2007; Ferrario et al., 2022), nata negli anni '90 e sviluppata in una collaborazione scientifica coordinata dall'ISPRA – Servizio Geologico d'Italia, caratterizza l'intensità sismica tramite due categorie di effetti ambientali: a) effetti primari, i quali identificano fenomeni direttamente collegati alla sorgente sismica, ossia fagliazione superficiale e innalzamenti o abbassamenti tettonici; b) effetti secondari, indotti dallo scuotimento sismico, i quali includono frane, liquefazioni, fratture e fenomeni transienti, quali anomalie idrogeologiche e scuotimento di alberi (Fig. 1)

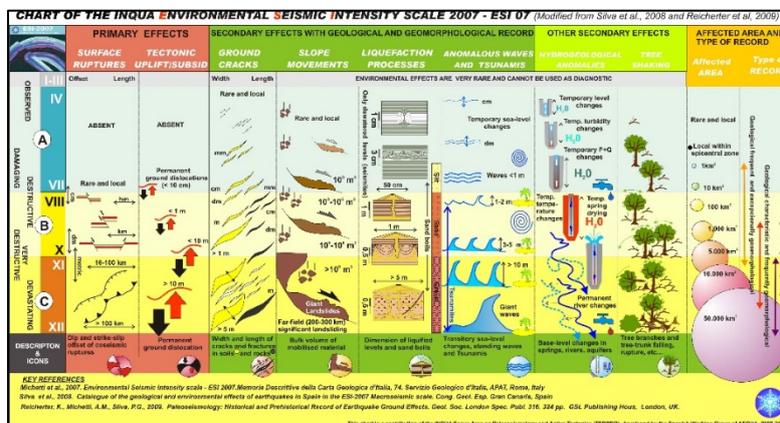


Fig. 1. Diagramma infografico ed effetti ambientali sismicamente indotti (EEE) nella scala di intensità ESI-07, modificato da Silva et al. (2008).

Catalogo EEE

Il catalogo EEE ([EEE - Earthquake Environmental Effects Catalogue; https://eecatologue.isprambiente.it/viewer.php](https://eecatologue.isprambiente.it/viewer.php)) creato nel 2011 tramite progetto INQUA TERPRO #0811 e coordinato da ISPRA, colleziona dati circa effetti ambientali sismicamente indotti causati da terremoti moderni, storici e paleoterremoti. Il catalogo consente di documentare le caratteristiche e la distribuzione spaziale di EEEs, secondo

standard scala ESI-07. Il database è organizzato su tre livelli di dettaglio crescente (Earthquake, Locality, Site) ed è accessibile online tramite tecnologia WebGIS. Attualmente, il catalogo contiene informazioni su più di 200 terremoti e più di 4000 EEEs (Fig.2). I dati, validati dalla Commissione Scientifica del progetto, sono consultabili attraverso una visualizzazione gerarchica e interattiva, supportata dalla simbologia personalizzata del catalogo.

Il Progetto Geosciences IR, coordinato da ISPRA, ha come uno dei suoi obiettivi la revisione del Catalogo EEE con l'inserimento di nuovi dati su forti eventi sismici nazionali e internazionali. Il Gruppo di Lavoro WP4.3a, basato presso l'Università degli Studi dell'Insubria, ha inserito finora n. 22 488 nuovi dati relativi ad effetti ambientali di 6 eventi sismici (Naik et al., 2023a; Naik et al., 2023b; Ferrario M.F., 2022; Ferrario M.F., 2019; Dretaki et al., 2022), rispetto ai dati originariamente presenti. Attualmente, sono in corso di inserimento 654 nuovi effetti ambientali cosmici osservati durante il terremoto del 23 Novembre 1980 in Irpinia e Lucania (Pizza et al., 2023; Pizza et al., 2024).

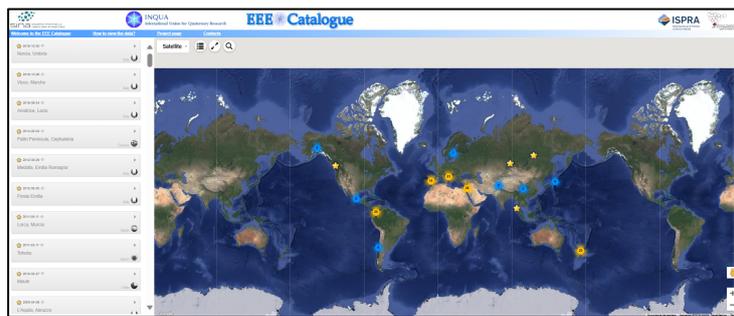


Fig. 2. Display EEE Catalogue disponibile online all'indirizzo [EEE - Earthquake Environmental Effects Catalogue \(isprambiente.it\)](https://www.isprambiente.it/eee).

ESI Survey App

L'ESI Survey App è stata sviluppata utilizzando il servizio ArcGIS Web, e programmata utilizzando il linguaggio Arcade e SQL e librerie specializzate per la gestione e visualizzazione di dati geospaziali. I modelli di costruzione automatica delle interfacce sono stati implementati per facilitare l'immissione dei dati da parte degli utenti (Fig.3). Tra i dati pilota utilizzati per il test dell'applicazione, sono stati considerati gli effetti ambientali relativi a eventi sismici come il terremoto dell'Irpinia (Pizza et al., 2023) e i terremoti del versante orientale dell'Etna (Tringali et al., 2023). Questi dati hanno permesso di testare la capacità dell'app di acquisire e gestire informazioni riguardanti effetti sismici primari e secondari. L'applicazione consente agli utenti di selezionare e inserire i dati attraverso categorie predefinite, quali la tipologia dell'effetto (frana, liquefazione, fagliazione superficiale), le caratteristiche specifiche dell'effetto (dimensione dell'area interessata, dimensione della fagliazione

superficiale, area e tipologia della frana), l'entità dell'effetto e le coordinate geografiche precise.

La nuova ESI Survey App offre una funzionalità di grande rilevanza per l'utente, consentendo la visualizzazione dei dati raccolti anche in modalità offline, garantendo così accessibilità e continuità operativa anche in assenza di rete. Fino ad oggi, non esistono infatti piattaforme che consentano la visualizzazione dei dati offline durante l'inserimento di nuovi dati. Inoltre, i dati raccolti sono conformi ai vocabolari standardizzati dell'EEE Catalogue, basati su normative europee come INSPIRE, facilitando l'integrazione e la condivisione in ambienti di data-sharing.



Fig. 3. Potenzialità del sistema ESI Survey App

L'applicazione consente di lavorare anche in assenza di connessione internet, permettendo agli utenti di raccogliere dati in aree remote o durante emergenze. Una volta ristabilita la connessione, i dati raccolti offline vengono automaticamente sincronizzati con il server centrale. I dati inseriti sono visualizzabili tramite una piattaforma WebGIS (Esi Survey App Desktop version), la quale consente agli utenti di esplorare e scaricare le informazioni relative agli eventi sismici per ulteriori analisi. L'interfaccia utente è progettata per essere semplice e intuitiva, garantendo una compilazione rapida e accurata dei dati (Fig.4).

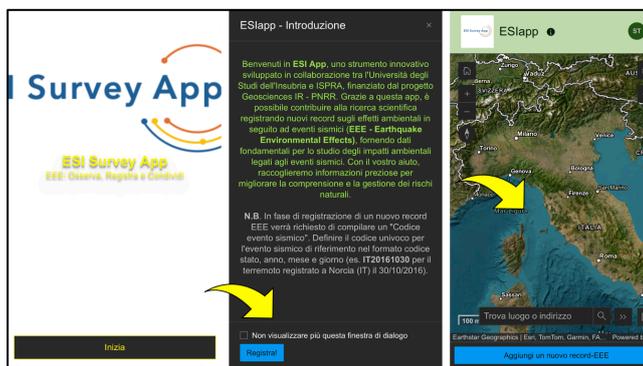


Fig. 4. Interfaccia dell'applicazione ESI Survey App

Risultati e discussione

L'ESI Survey App ha dimostrato un'elevata funzionalità durante i test sul campo, con i dati che verranno successivamente integrati in via definitiva nel catalogo EEE. L'applicazione sarà disponibile a breve tramite un indirizzo web e sarà utilizzabile su dispositivi Android e Apple. È prevista una futura promozione attraverso canali di comunicazione scientifici e accademici, con l'obiettivo di incentivarne l'adozione tra ricercatori e professionisti del settore.

L'innovatività dell'app comporta alcune iniziali difficoltà nella sua diffusione a un pubblico ampio, sottolineando la necessità di formare gli utenti sul corretto utilizzo dei campi compilativi e sulla conoscenza del territorio in cui operano. Nonostante ciò, i vantaggi offerti dall'app sono molteplici: una compilazione semplice e intuitiva, l'uso offline e la possibilità di visualizzare e gestire rapidamente i dati raccolti, caratteristiche particolarmente utili in situazioni di emergenza sismica o per l'accesso a zone remote.

Conclusioni

L'ESI Survey App rappresenta uno strumento innovativo per la raccolta di dati relativi agli effetti ambientali sismicamente indotti. La sua capacità di operare offline e di visualizzare i dati tramite una piattaforma WebGIS consente di migliorare l'integrazione e l'aggiornamento del catalogo EEE, facilitando la collaborazione tra cittadini, ricercatori e professionisti. Sebbene rimangano alcune sfide legate alla divulgazione e alla formazione degli utenti, i primi risultati confermano l'efficacia dell'app nella raccolta di dati accurati e utili per l'analisi macrosismica e la mitigazione del rischio sismico. In futuro, ulteriori sforzi saranno necessari per promuovere l'utilizzo dell'app e ampliare il numero di dati disponibili, in modo da rafforzare le strategie di mitigazione del rischio nelle aree più vulnerabili.

Riconoscimenti

Il presente studio è stato effettuato nell'ambito del progetto PNRR GeoSciences IR, WP4.3a, Università degli Studi dell'Insubria.

Riferimenti bibliografici

- Chunga K., Livio F., Mulas M., Ochoa-Cornejo F., Besenon D., Ferrario M. F., Michetti A. M., Earthquake ground effects and intensity of the 16 April 2016 Mw 7.8 Pedernales, Ecuador, earthquake: Implications for the source characterization of large subduction earthquakes. (2018).
- Dretaki A., Chatzipetros A., Psomadakis S., Site effects and surface deformation associated with the M 6.3 Sitia (eastern Crete) earthquake of October 12, 2021. Conference paper, 16th International Congress of the Geological Society of Greece, September 2022. DOI: 10.13140/RG.2.2.27729.40807.

- Ferrario M. F., Landslides triggered by multiple earthquakes: insights from the 2018 Lombok (Indonesia) events. *Natural Hazards*. (2019). <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03718-w>.
- Ferrario M. F., Livio F., & Michetti A. M., Fifteen years of Environmental Seismic Intensity (ESI-07) scale: Dataset compilation and insights from empirical regressions. *Quaternary International*, 625, 107-119. (2022).
- Guerrieri L., Blumetti A. M., Brustia E., Esposito E., Lucarini M., Michetti A. M., Porfido S., Serva L., Vittori E., INQUA TERPRO Project #0811 Working Group, Earthquake environmental effects, intensity and seismic hazard assessment: the EEE Catalogue (INQUA Project #0418). 2nd INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering, Corinth, Greece. (2011).
- Guerrieri L., Porfido S., Esposito E., Blumetti A. M., Michetti A. M., Vittori E., Cataloguing Earthquake Environmental Effects: a tool for the comparison of recent, historical and paleoearthquakes. 1st INQUA-IGCP-567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology, Baelo Claudia, Spain. (2009).
- Guerrieri L., Tatevossian R., Vittori E., Comerci V., Esposito E., Michetti A. M., Serva L., Earthquake environmental effects (EEE) and intensity assessment: the INQUA scale project. *Bollettino-Società Geologica Italiana*, 126(2), 375–386. (2007).
- King T. R., Quigley M. C., Clark D., Earthquake environmental effects produced by the Mw 6.1, 20th May 2016 Petermann earthquake, Australia. *Tectonophysics*, 747–748, 357–372. (2018).
- Lekkas E. L., The 12 May 2008 Mw 7.9 Wenchuan, China, Earthquake: Macroseismic intensity assessment using the EMS-98 and ESI 2007 scales and their correlation with the geological structure. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100(5B), 2791–2804. (2010). <https://doi.org/10.1785/0120090244>
- Michetti A. M., Esposito E., Guerrieri L., Porfido S., Serva L., Tatevossian R., Vittori E., Audemard F., Azuma T., Clague J., Comerci V., Gurbinar A., McCaLpin J., Mohammadioun B., Morner N. A., Ota Y., Roghozin E., Intensity Scale ESI 2007. In *Memorie Descrittive Carta Geologica d'Italia*, L. Guerrieri and E. Vittori (Eds.), APAT, Servizio Geologico d'Italia—Dipartimento Difesa del Suolo, Roma, Italy, 74, 53 pp. (2007).
- Naik S. P., Mohanty A., Mittal H., Porfido S., Michetti A. M., Yang B. M., Gwon O., Kim Y. S. The earthquake environmental effects (EEEs) of the 6th February 2018, Hualien earthquake (Mw=6.4): A contribution to the seismic hazard estimation in the epicentral area. *Quaternary International*, Vol. 656, 2023b, pp. 48-69. ISSN 1040-6182. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.10.009>.
- Naik S. P., Mohanty A., Valkaniotis S., Mittal H., Porfido S., Michetti A. M., Gwon O., Park K., Jaya A., Paulik R., Li C., Mikami T., Kim Y. S., 28th September 2018 Mw 7.5 Sulawesi Supershear Earthquake, Indonesia: Ground effects and macroseismic intensity estimation using ESI-2007 scale. *Engineering Geology*, Vol. 317, 2023a, 107054.
- Papathanassiou G., Valkaniotis S., Ganas A., Grendas N., Kollia E., The November 17th, 2015 Lefkada (Greece) strike-slip earthquake: Field mapping of generated failures and

- assessment of macroseismic intensity ESI-07. *Engineering Geology*, 220, 13-30. (2017).
- Pizza M., Ferrario M. F., Michetti A. L., Nappi R., Velázquez-Bucio M. M., Lacan P., Porfido S., Environmental effects caused by the Mw 6.9 23 November 1980 Irpinia-Basilicata Earthquake, Italy. Zenodo. (2023). Available online: <https://zenodo.org/records/10277164> (accessed on 14 October 2024).
- Pizza M., Ferrario M. F., Michetti A. M., Velázquez-Bucio M. M., Lacan P., Porfido S., Intensity Prediction Equations Based on the Environmental Seismic Intensity (ESI-07) Scale: Application to Normal Fault Earthquakes. *Applied Sciences*, 14, 8048. (2024). <https://doi.org/10.3390/app14178048>.
- Sanchez J. J., Maldonado R. F., Application of the ESI 2007 Scale to Two Large Earthquakes: South Island, New Zealand (2010 Mw 7.1), and Tohoku, Japan (2011 Mw 9.0). *Bulletin of the Seismological Society of America*, 106(3). (2016). <https://doi.org/10.1785/0120150188>.
- Silva P. G., Elez J., Giner-Robles J. L., Pérez-López R., Roquero E., Rodríguez-Pascua M. Á., Reappraisal of the 1863 Huércal-Overa Earthquake (Betic Cordillera, SE Spain) by the analysis of ESI-07 environmental effects and building-oriented damage. *Geoscience*, 10, 303. (2020).
- Silva, P. G., Rodríguez-Pascua, M. A., Pérez-López, R., Bardaji, T., Lario, J., Alfaro, P., Martínez-Díaz, J.J., Reicherter, K., Giménez, J., Giner Robles, J., Azañón, J.M., Goy J.L. & Zazo, C., Catalogación de los efectos geológicos y ambientales de los terremotos en España en la Escala ESI-2007 y su aplicación a los estudios paleosismológicos. *Geotemas*, 6, 1063-1066. (2008)
- Tatevossian R. E., Rogozhin E. A., Arefiev S. S., Ovsyuchenko A. N., Earthquake intensity assessment based on environmental effects: principles and case studies. *Geological Society, London, Special Publications*, 316, 73-91. (2009). <https://doi.org/10.1144/SP316.5>.
- Tringali G., Ferrario M. F., Bella D., Livio F., Brando S., Camarla A., Pettinato R., Michetti A. M., Earthquake Environmental Effects on Mt. Etna: ESI-07 scale isoseismals, intensity-attenuation relationships and perspectives for seismic hazard assessment. Conference paper, XXI INQUA Congress, Roma, July 2023.

