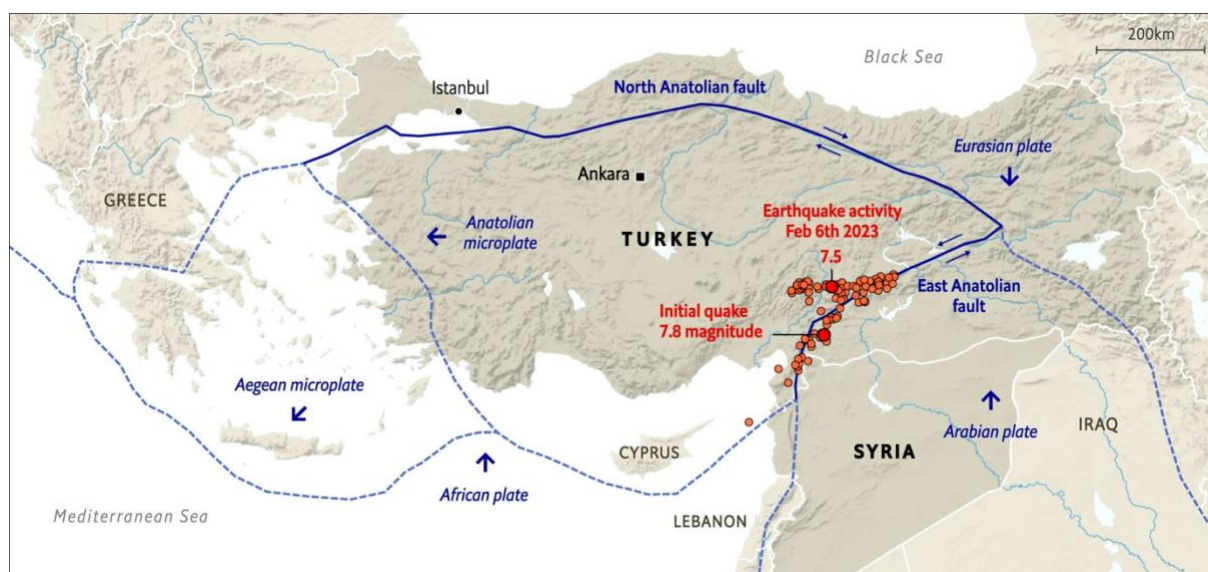


Il terremoto turco-siriano del 6 febbraio 2023: prevedibile nelle caratteristiche, imprevedibile nell'esito catastrofico

di Gianluca Valensise e Emanuela Guidoboni

Il grande disastro sismico che il 6 febbraio 2023 ha colpito la Turchia sud-orientale e la Siria settentrionale sollecita importanti riflessioni sulla pericolosità sismica, sulla prevedibilità degli effetti dei terremoti, su cosa si può fare per prevenirli: non solo nei paesi che ne sono stati colpiti, ma anche in Italia.

Il terremoto principale (si veda l'immagine che segue) ha avuto una magnitudo-momento (in sigla M_w) pari a 7.8 ed è stato generato da una rottura di circa 200 km lungo la porzione centrale della *East Anatolian Fault*, una grande faglia trascorrente che marca il confine tra la Placca Arabica, a sud-est, e la Placca Anatolica, a nord-ovest: due placche minori che rendono più complesso il meccanismo di progressiva convergenza tra la Placca Africana e la Placca Euroasiatica, due tra le principali sette placche in cui è suddivisa la litosfera terrestre. La *East Anatolian Fault* corre dall'estremo orientale dell'arco di subduzione che esiste sotto il Cyprus Arc, verso sud-ovest, all'incrocio con la *North Anatolian Fault*, verso nord-est: una specie di sorella maggiore che corre in senso circa est-ovest lungo tutta la Turchia settentrionale prima di disperdersi in più rami nel Mar Egeo. Alla scossa principale hanno fatto seguito numerose repliche di magnitudo anche superiore a 6.0, come è normale dopo ogni forte terremoto, ma anche un terremoto di magnitudo 7.5 generato da una faglia quasi parallela alla *East Anatolian Fault*: una faglia autonoma, che rende questo ulteriore forte terremoto indipendente dalla scossa principale, seppure certamente almeno in parte innescato da essa.

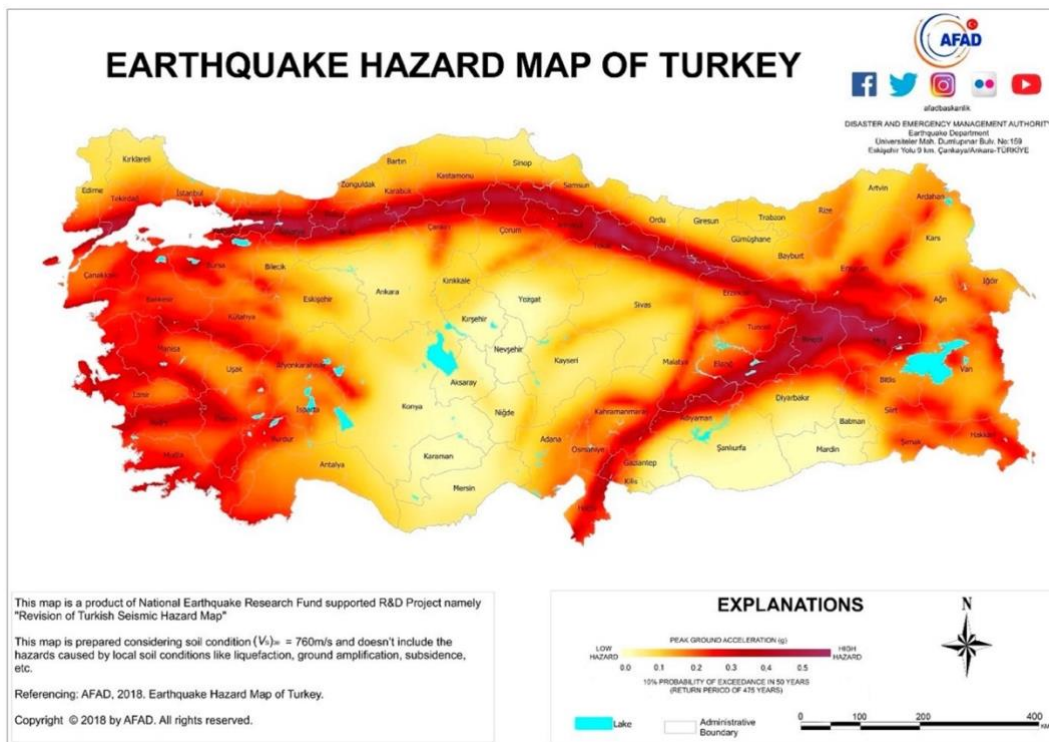
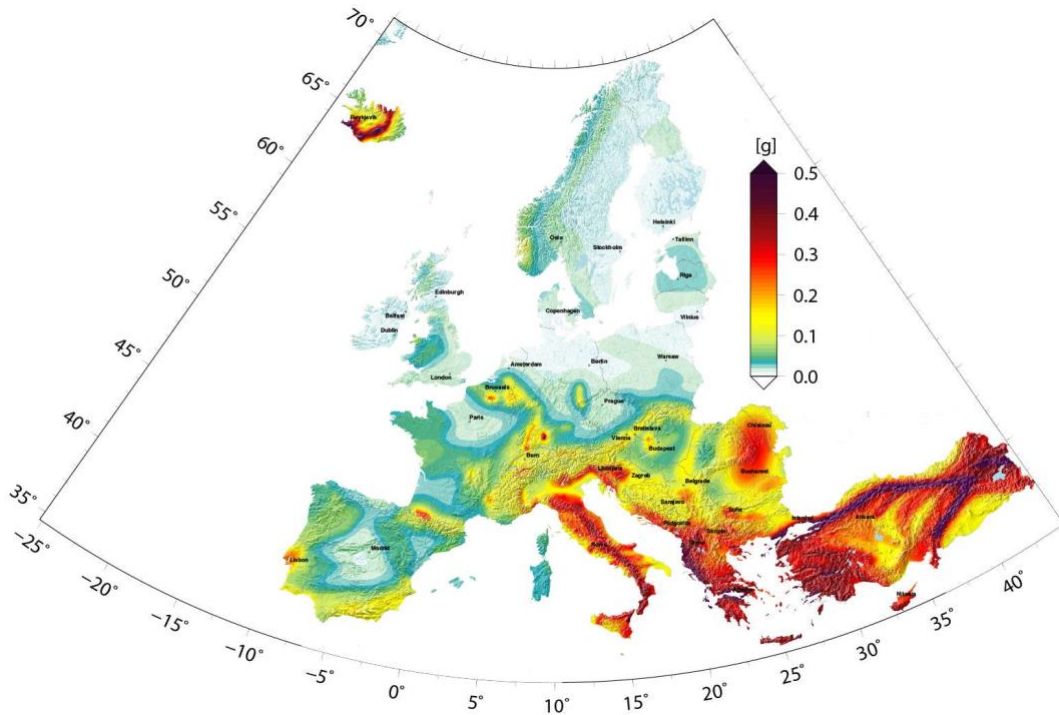


Il terremoto del 6 febbraio è stato causato dallo spostamento in senso trascorrente, cioè sul piano orizzontale, di una porzione di faglia che, come si diceva, ha una lunghezza stimata pari a 200 km; la dislocazione massima misurata è di 5-10 metri nella parte centrale della faglia; un picco che sul terreno ha dato luogo a fenomeni spettacolari e che si azzera progressivamente verso le due estremità.

La *East Anatolian Fault* è nota da molti decenni, è stata mappata in grande dettaglio e il suo ruolo nella pericolosità sismica della Turchia è ben riconosciuto in tutti i modelli di pericolosità elaborati nel corso degli ultimi tre decenni: nel seguito sono riportati il modello ESHM13 elaborato per l'Europa nel 2013 nell'ambito del progetto comunitario [SHARE](#), a cui hanno partecipato anche l'INGV e l'Eucentre di Pavia, e il modello alla base della vigente normativa antisismica turca, pubblicato nel 2018. Il modello più recente oggi disponibile a scala europea è [ESHM20](#), aggiornamento dello ESHM13.

I modelli pericolosità sismica: il comportamento passato come specchio di quello futuro

I modelli di pericolosità sismica moderni utilizzano varie ipotesi e numerosi tipi di dati diversi per arrivare a definire in via probabilistica i parametri che i progettisti dovranno usare per la progettazione di qualunque edificio per civile abitazione, struttura speciale o infrastruttura. Nel caso dei normali edifici residenziali, sia in Turchia che in Italia che nel resto d'Europa, i modelli esprimono luogo per luogo il valore di accelerazione del moto del suolo che ha il 90% di probabilità di non essere superato in un periodo di 50 anni, fissato convenzionalmente: per strutture critiche o infrastrutture, quali centrali di produzione di energia, ponti o viadotti, si può scegliere di arrivare al 95% o al 98%, cautelandosi maggiormente. Resta inteso che esiste sempre una probabilità residuale (del 10%, 5% e 2%, rispettivamente) che quel valore di accelerazione venga superato nei 50 anni, anche se questo non implica necessariamente che la struttura in esame debba collassare.



In gran parte del mondo – ma sicuramente nelle aree del pianeta che vantano una lunga storia scritta – l'ingrediente principale su cui si basano le mappe di pericolosità sismica è la sismicità del passato, studiata da una disciplina nota come Sismologia Storica con tecniche via via più sofisticate e difficili quanto più si cerca di spingersi indietro nel tempo. Sulla base dei loro effetti, purché noti con una certa accuratezza, per questi terremoti può essere calcolata una *magnitudo equivalente*; la combinazione di questo parametro con la frequenza con cui si ripresentano i terremoti in ciascuna area determina in buona misura la pericolosità di quell'area. La conoscenza dei terremoti del passato viene poi messa a confronto con ciò che si conosce sulla distribuzione delle faglie sismogenetiche nella regione di interesse: talvolta se ne sa molto, come nel caso della *East Anatolian fault*, talvolta quasi nulla, come ad esempio in Romania, dove le faglie che generano i terremoti si trovano a profondità totalmente inaccessibili all'indagine geologica.

La Sismologia Storica è da sempre un vanto dell'Italia: non solo perché la disponibilità di informazioni dettagliate sugli effetti dei terremoti del passato fa da base ai modelli di pericolosità sismica, come si è già detto, ma perché queste informazioni sono cruciali per capire le vicissitudini e l'evoluzione del nostro patrimonio monumentale e identitario e dei nostri centri storici. Si tratta di informazioni raccolte a partire da un vastissimo patrimonio di fonti scritte, e sovente anche archeologiche ed epigrafiche, e oggi conservate nel *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia* dell'INGV, pubblicato per la prima volta nel 1995 e in seguito aggiornato periodicamente: oggi se ne consulta la [quinta edizione](#), e la sesta è in preparazione.

In Italia disponiamo informazioni frammentarie persino per terremoti di oltre 2000 anni fa; per fare un esempio, abbiamo notizie sul danneggiamento del Colosseo attraverso circa 15 secoli. Ma il più antico terremoto per il quale disponiamo di un quadro del danneggiamento quasi moderno è quello che colpì [Verona e la Pianura Padana centrale e orientale nel 1117](#), del quale sei anni fa è stato celebrato il novecentenario.

Il terremoto turco del 6 febbraio 2023: eccezionale o ricorrente?

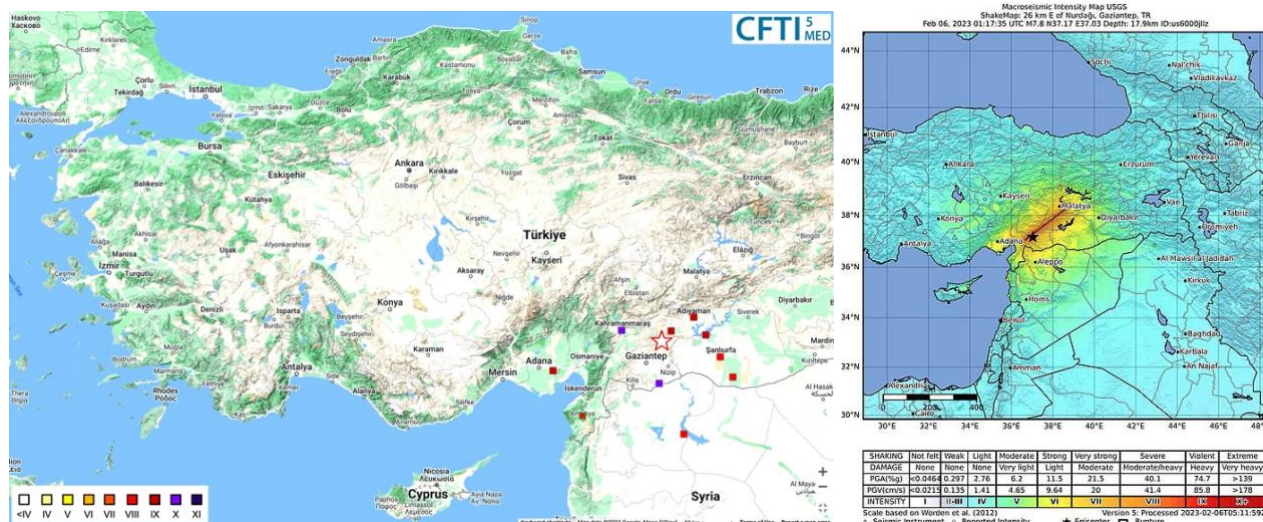
Tornando al terremoto del 6 febbraio scorso, va osservato che molti commentatori – e anche alcuni importanti ricercatori – ne hanno più volte sottolineato la *eccezionalità*, testimoniata dalle forti accelerazioni del moto del suolo registrate, dalla lunghezza della faglia che lo ha generato – circa 200 km – e dalla enormità dell'area che ne ha subito gli effetti più forti.

Il terremoto del 6 febbraio è stato certamente molto più forte di qualunque terremoto mai registrato in Italia, ma questo è sufficiente a considerarlo *eccezionale*? Ebbene, con una scelta lungimirante e allo stesso tempo rispettosa del ruolo dell'Italia nel contesto euro-mediterraneo, negli anni il *Catalogo dei Forti Terremoti* è stato esteso a tutto il Mediterraneo centrale e orientale, dove i terremoti sono frequenti e forti e dove esistono condizioni che ne hanno reso possibile la *registrazione* da parte delle società contemporanee, con fonti scritte spesso più ricche di informazioni di quelle che hanno caratterizzato l'Italia negli stessi periodi storici. Questa iniziativa di ricerca ha riguardato sia i terremoti avvenuti prima dell'anno Mille, descritti nel volume di E. Guidoboni, A. Comastri e G. Traina "[Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century](#)" (1994), sia quelli avvenuti nei cinque secoli successivi, raccolti nel volume di E. Guidoboni e A. Comastri "[Catalogue of earthquakes and tsunamis in the Mediterranean Area from the 11th to the 15th century](#)" (2005).

Tra i numerosi terremoti studiati ve ne è uno, avvenuto il [13 novembre 1114](#) – quindi quasi coevo del terremoto del Veronese del 1117 – che assomiglia molto da vicino a quello del 6 febbraio: persino nella magnitudo stimata, che è pari a 7.8. L'epicentro del terremoto (immagine qui sotto, a sinistra) cade presso Maraş, oggi Kahramanmaraş, e le città per cui si hanno informazioni sono le stesse che sono state colpite il 6 febbraio, al netto di eventuali cambi di denominazione. Complessivamente il danno si allinea lungo la *East Anatolian Fault*, e riproduce quello osservato il 6 febbraio e delineato nella *shakemap* (mappa di scuotimento) dello U.S. Geological Survey (immagine qui sotto, a destra).

Un caso particolare è quello della città di Antiochia (oggi Antâkya in Turchia, ma al confine con la Siria), che sorge in prossimità del punto dove s'incontrano la *Dead Sea Fault* e la *East Anatolian*

Fault (immagine di apertura, e immagine qui sotto, a sinistra): questa ubicazione geologica ne fa una delle città con una pericolosità sismica fra le più alte di tutto il bacino del Mediterraneo, e forse dell'intero globo. I terremoti sono una costante della sua storia, e i disastri sismici che con alta frequenza l'hanno colpita divennero nel tempo così noti che già in passato erano citati come emblemi della caducità dei destini umani. L'elenco delle date è sconcertante: 148 a.C., 65 a.C., 37 d.C., 47 d.C., 115, 341-342, 458, 528, 713, 718, 835, 859, 973; poi ancora nel 1063, 1086, 1091, 1098, 114, 1170, 1319, 1408, 1537, 1759, 1760; con il suo nome attuale di Antákya, la città fu colpita nel 1822, 1823, 1824, 1854, 1872, 1873, 1875, 1893.



È un luogo comune, o le strutture architettoniche antiche sono più resistenti agli eventi sismici?

L'*excursus* attraverso i terremoti più antichi e i loro effetti rende legittima questa domanda. La risposta è: dipende dalle aree, dalla violenza dei terremoti e dal tipo di edificio a cui ci si riferisce. Per esempio, i templi antichi crollavano, ma poi venivano rialzati; le chiese romaniche erano più resistenti di quelle gotiche; le chiese italiane del Seicento erano e sono fragilissime, soprattutto per le navate e le cupole: cadevano di schianto e facevano centinaia di morti, se nelle chiese c'erano fedeli quando accadeva un terremoto. Erano più resistenti le torri, a cui veniva al più abbattuta la cima.

Ogni epoca ha cercato di difendere i propri monumenti dai terremoti, perché costavano, erano un investimento cospicuo e rappresentavano aspetti irrinunciabili della propria cultura. Nell'impero romano e bizantino si applicavano sistemi antisismici nelle aree attualmente turca e siriana, anche allora ben note per i terremoti.

La prevenzione possibile, alla prova delle realtà

Il 17 agosto 1999 la Turchia aveva subito un terremoto di magnitudo 7.6 generato dalla porzione più occidentale della *North Anatolian Fault*, che ancora più a ovest attraversa il mar di Marmara a pochi km da Istanbul. Il terremoto aveva colpito l'area di Izmit, circa 80 km a est di Istanbul, causando circa 18.000 vittime e danni materiali incalcolabili. Ma è stato nel 2012, subito dopo due terremoti che hanno colpito la provincia di Van, nella Turchia orientale, uccidendo più di 600 persone, che il governo ha deciso di avviare una azione drastica per demolire e ricostruire gli edifici pericolanti. E così iniziato un piano draconiano che vedrà la progressiva sostituzione totale di circa 7 milioni di edifici ad elevata vulnerabilità, ricostruendo al loro posto strutture resistenti ai terremoti.

L'ambizioso progetto, pressoché unico al mondo, denominato Urban Renewal Project, ha una durata stimata di 20 anni e un costo stimato di 400 miliardi di dollari. Nella immagine qui di seguito si vedono edifici antichi in corso di demolizione nell'area di [Fikirtepe](#), un quartiere sulla sponda asiatica di Istanbul: sullo sfondo si notano gli avveniristici grattacieli che sempre di più disegnano lo skyline della città.

Un progetto di prevenzione di questa portata richiede non solo ingentissimi mezzi economici, ma anche attenti controlli e una intransigente lotta alla corruzione, come si evince dalle parole del sindaco della città di Erzin (ma vogliamo immaginare che non sia l'unico), un centro di 42.000 abitanti che sorge a pochi chilometri dalla *East Anatolian Fault*; una città dove il terremoto non ha fatto crollare nessuna casa e non ci sono stati né morti né feriti, grazie alla stretta vigilanza da lui operata come amministratore contro l'abusivismo e a favore della più rigida osservanza delle normative antisismiche. La sua testimonianza è importante ed è stata ampiamente [ripresa dai media](#).

Ma al di là dei casi virtuosi, la cronaca degli ultimi giorni purtroppo ci ha parlato di tutt'altro. Mustafa Erdik, professore emerito della Bogazici University di Istanbul e decano dell'ingegneria sismica turca, ambito disciplinare che peraltro gode di un'ottima reputazione, già due giorni dopo il disastro ha dichiarato sconsolatamente al Washington Post: “... *il problema principale della Turchia è il grado di conformità con le norme antisismiche...*”, che evidentemente è molto variabile. Ha poi soggiunto che “*Noi adottiamo regole antisismiche che riflettono lo stato dell'arte dell'ingegneria sismica...*”, e che “... *è normale aspettarsi dei danni dopo un terremoto così forte. Ma il tipo di danno che abbiamo osservato (solai impilati l'uno sull'altro) non avrebbe dovuto verificarsi.*”



Ma in queste ore i media hanno riportato con grande enfasi una circostanza che va anche oltre il pessimismo manifestato dal Prof. Erdik, un noto esperto di ingegneria antisismica: la possibilità che molti dei crolli, anche in edifici molto alti e costruiti in anni recentissimi, vadano spiegati non tanto o non solo con il mancato rispetto delle norme, ma con *dolo o imperizia* – come recita una formula giuridica spesso utilizzata in Italia in campo edilizio – da parte del costruttore. Dolo o imperizia nella scelta della quantità e qualità dei materiali da utilizzare per costruire, o nella proporzione tra di essi, ad esempio tra ferro e cemento. Dolo o imperizia facilitati, o forse incoraggiati, dai condoni edilizi che, *more italico*, il governo turco avrebbe lanciato in anni recenti, con il poco nobile obiettivo di *fare cassa*.

Ancora, [alcuni media hanno sottolineato](#) che la porzione della Turchia colpita da questo terremoto è popolata da molti cittadini di etnia curda, e che Diyarbakir – una delle città più colpite dal terremoto – è il cuore politico dei curdi di Turchia, oltre che la sede storica del movimento che da sempre lotta perché sia riconosciuta l'esistenza di un 'grande Kurdistan' indipendente. Per di più, la Turchia ospita quasi quattro milioni di profughi siriani in fuga dalla guerra e dalla povertà; la gran parte di essi vive

proprio nelle zone colpite dal terremoto, e in particolare a Gaziantep. Ci sarebbe stato quindi da stupirsi se il faraonico Urban Renewal Project fosse partito proprio da queste zone, e non dall'altrettanto e forse più pericolosa area di Istanbul.

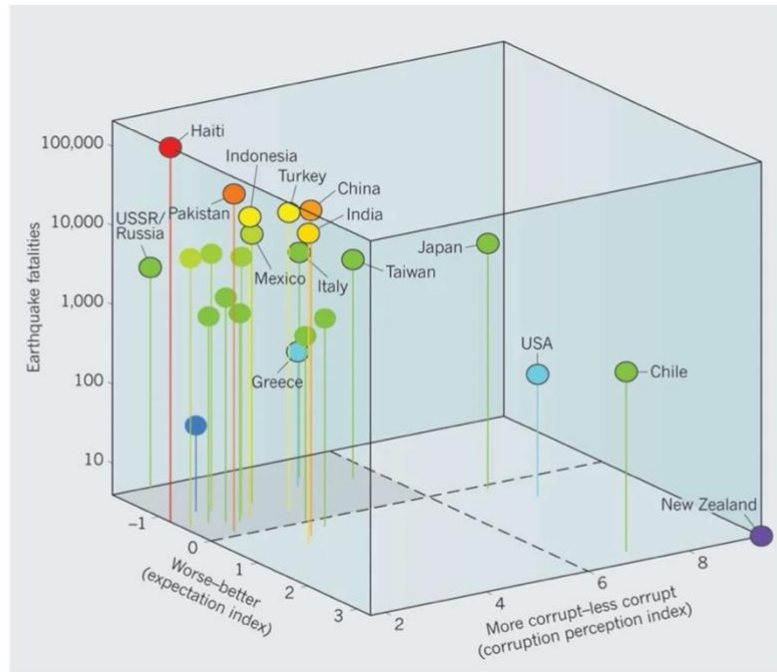
Comunque sia, il governo turco sa di avere addosso gli occhi dei turchi e del mondo intero, e benché i buoi siano ormai abbondantemente fuggiti, è corso ai ripari: secondo i media nazionali, il governo avrebbe già creato una task-force di ben 130 procuratori per indagare sull'accaduto, e [ci sarebbe già un elenco di 113 "palazzinari" ricercati](#); una *caccia alle streghe* quantomeno sospetta, secondo autorevoli commentatori, visto che è iniziata a pochi giorni dal terremoto, con poche possibilità di dimostrare concretamente delle responsabilità in capo a singoli individui, e visto che presto in Turchia ci saranno le elezioni. Anche i nostri media nazionali hanno ripreso la notizia di [alcuni palazzinari fermati](#) mentre tentavano di espatriare con valigie gonfie di contante.

Purtroppo il tema della responsabilità dei costruttori ricorre anche nella storia sismica recente del nostro paese. Molti ricordano i crolli della scuola elementare di San Giuliano di Puglia il 31 ottobre 2002, della Casa dello Studente a L'Aquila il 6 aprile 2009, delle palazzine gemelle di Piazza Sagnotti ad Amatrice il 24 agosto 2016. In uno [storico articolo apparso sull'Espresso](#) del 1° agosto 2010, Giuseppe Caporale così riporta le parole del Pubblico Ministero della procura aquilana, Fabio Picuti: "Ad uccidere 150 persone su 308 durante il terremoto dell'Aquila, fu il cemento scadente": e non, evidentemente, il terremoto in quanto tale, che pure fu forte, ma lasciò intatti o poco danneggiati moltissimi altri edifici anche più antichi di quelli crollati. Per i terremoti del 2002 e 2009 la responsabilità dei costruttori, che avevano tentato di salvarsi invocando la *vis maior*, ovvero la *eccezionalità* dei rispettivi terremoti, è stata accertata fino alla Corte di Cassazione; per il terremoto del 2016 c'è già stata una [pesante condanna in primo grado](#) e sta per concludersi il processo di appello, in vista del quale a sorpresa [è ricomparso il tema della eccezionalità](#) e della implicita quanto indimostrata inadeguatezza della normativa antisismica italiana vigente.

La corruzione nel settore edilizio: un problema globale. Anche italiano?

Sono passati quasi 14 anni da quando nel 2009 R. Bilham pubblicò un articolo dall'eloquente titolo [The seismic future of cities](#), e sono passati più di dieci anni da quando N. Ambraseys e R. Bilham pubblicarono su 'Nature' un articolo che fece clamore, [Corruptions kills](#), e che ancora oggi mostra la sua tragica attualità. Gli autori mettevano in diretta correlazione, a livello globale, la corruzione nell'edilizia con il numero dei morti per crolli di edifici dovuti a terremoti, prendendo in esame dati dei precedenti 30 anni. Era sotto accusa il processo violento e rapidissimo di urbanizzazione in corso, accelerato in quegli anni; un processo che aveva trasformato in megalopoli molte città del Vicino oriente, ma anche dell'Asia, dell'Africa e del sud America. Come si vede nel diagramma che pubblicarono, la loro era una presa di posizione molto forte, che purtroppo riguardava anche l'Italia. Nel diagramma che segue l'Italia è collocata quasi al vertice fra i paesi più corrotti, di poco sotto la Turchia: ma la situazione italiana è davvero paragonabile *tout court* a quella della Turchia? Una critica a queste posizioni fu allora espressa in un commento di E. Guidoboni e C. Roda, anch'esso pubblicato su 'Nature', nel quale si sosteneva che, benché la corruzione certamente esistesse in Italia – lo hanno dimostrato i già ricordati processi post-San Giuliano di Puglia, 2002, post-L'Aquila, 2009, e post-Amatrice, 2016 – il rapporto fra numero dei morti per crolli e indici di corruzione in Italia restava da chiarire meglio.

È probabilmente vero che anche in Italia nell'industria delle costruzioni si annida la corruzione; ma per non ridurre questa asserzione solo a una categoria etica, occorre considerare che esiste una enorme differenza nei costi tra una impresa grande e ben organizzata (*capital intensive*, anche se il capitale non è poi tanto) e una impresa piccola e meno attrezzata, dove lavorano molti operai non specializzati (*labour intensive*). Ne deriva come conseguenza una rilevante disponibilità finanziaria per le imprese grandi: queste, per mantenersi tali o per ingrandirsi ulteriormente, possono utilizzare notevoli mezzi di pressione, soprattutto attraverso la politica. L'industria delle costruzioni produce oggetti (fra loro diversi), solitamente venduti prima di essere fabbricati; a differenza delle altre industrie, che mettono sul mercato oggetti tutti uguali, prodotti prima della vendita (come l'industria automobilistica).



Corruption versus the level of corruption that might be expected from per capita income. Of all earthquake fatalities attributable to building collapse in the past three decades, 82.6% occur in societies that are anomalously corrupt (left-hand corner of the plot).

In Italia la cattiva qualità delle costruzioni è dovuta in prevalenza alle piccole imprese male organizzate, le quali spesso non hanno altro strumento per stare sul mercato che una forte riduzione dei costi (ricorrendo a lavoro nero o marginale e risparmiando sui materiali). Non va sottovalutato che l'abbattimento dei costi (*costo minimo o massimo ribasso*) in Italia è l'elemento decisivo per l'aggiudicamento degli appalti di opere pubbliche: il *costo* viene prima della *garanzia della qualità*. Questo parametro è un po' variato solo negli ultimi anni, ma per quanto riguarda l'edilizia privata la gestione non è davvero sotto controllo.

C'è poi da osservare che in Italia la corruzione nell'edilizia, in particolare nelle aree a più alto rischio sismico, non è sentita nella cultura diffusa come un *furto* a danno delle generazioni future. L'idea di furto non mobilita la società civile italiana riguardo ai terremoti e manca ancora un piano di prevenzione in grado di gettare un ponte verso il futuro. È assodato che l'industria delle costruzioni ha bisogno di regole "strette" e inamovibili (le regole dell'arte, le normative antisismiche), fatte rispettare puntigliosamente dagli amministratori locali, i quali oggi non sono quasi mai sottoposti al controllo della pubblica opinione, se non *dopo* evidenti malefatte.

Ma per l'Italia va considerato un altro fattore, di importanza determinante: l'esistenza di un grande patrimonio storico artistico (anche abitativo) da *conservare*, e l'estesa presenza di un patrimonio edilizio abitativo vecchio, costruito in assenza di normative antisismiche e molto spesso ammodernato con criteri che ne hanno aumentato la vulnerabilità, invece di ridurla.