NOTIZIARIO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI VERONA E PROVINCIA



Terremoto dell'Emilia 20 - 29 maggio 2012

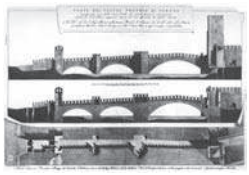


- **Gli ingegneri veronesi protagonisti in Emilia**
- **Valutazione della vulnerabilità sismica della Chiesa di S. Maria della Misericordia a Correggio (Reggio Emilia)**
- **SPECIALE STUDI: Elementi di Ingegneria Sismica - Parte 1**

4/2012

PERIODICO TRIMESTRALE - DICEMBRE 2012 – N° 116
POSTE ITALIANE S.P.A. SPED. IN ABB. POSTALE – D.L. 353/2003
(CONV. IN L 27/02/2004 N° 46) ART. 1, COMMA 1, DCB VERONA





Dicembre 2012
N° 116

Periodico Trimestrale
Aut. Tribunale Verona n. 565 del 7.3.1983

Direttore Responsabile
Ilaria Segala

Vice Direttore
Claudio Morati

Comitato di Redazione
Silvia Bonetti, Alessia Canteri, Antonio Capizzi,
Maurizio Cossato,
Giovanni Montresor, Andrea Panciera,
Paolo Pinelli, Giuseppe Puglisi Guerra

Responsabili del numero
Silvia Bonetti

Hanno collaborato
Corrado Prandi, Fedora Quattrocchi,
Alberto Maria Sartori, Paolo Sattamino,
Irene Zardini, Ada Zirpoli

Fotografie copertina e articolo sisma Emilia
Arch. Stefano Moffa

Redazione
37121 Verona – Via Leoncino, 5
Tel. 045 8035959 – Fax 045 8031634
ordine@ingegneri.vr.it

Le opinioni dei singoli autori non impegnano la redazione. Gli articoli possono essere modificati per esigenze di spazio con il massimo rispetto del pensiero dell'autore. Le riproduzioni di articoli ed illustrazioni è permessa solo previa autorizzazione della redazione.
I dati personali degli abbonati in nostro possesso saranno trattati nel rispetto del D. Lgs. 196/03 recante il Codice in materia di protezione dei dati personali e con modalità idonee a garantirne la riservatezza e la sicurezza.

Stampa e pubblicità
Editoriale Polis
37024 Negrar (VR) – Via Calcarole, 16
Tel. 045 7500211 – Fax 045 2581836
info@editorialepolis.it
www.editorialepolis.it

Sommario

Editoriale

7 **Gli ingegneri veronesi protagonisti in Emilia e la nascita della "Commissione Rischi del Territorio"**
Silvia Bonetti

Volontariato

9 **Le esperienze degli ingegneri veronesi sul campo a Cento di Ferrara, dopo i terremoti del 2012**
Giuseppe Puglisi Guerra, Irene Zardini, Alberto Maria Sartori

Storia

15 **Terremoti nella storia**
Alberto Maria Sartori

SPECIALE STUDI

21 **Elementi di ingegneria sismica - Parte 1**
Sintesi di principi generali

- Analisi statica non lineare
- Analisi dei meccanismi locali di collasso in edifici in muratura
- Elementi non strutturali

Maurizio Cossato

Progetti

87 **Valutazione della vulnerabilità sismica della Chiesa di S. Maria della Misericordia a Correggio (Reggio Emilia)**
Corrado Prandi, Ada Zirpoli, Paolo Sattamino

Mondo della ricerca

97 **Sentenza aberrante. Sono innocenti!**
Fedora Quattrocchi

Consiglio dell'Ordine

102 **Movimenti Albo - Elenco Terne e Collaudi statici**
Elenco segnalazioni a Regione, Comuni, Enti e Privati
Richieste dai Comuni ed Enti per Commissioni

Gli ingegneri veronesi protagonisti in Emilia e la nascita della “Commissione Rischi del Territorio”

Silvia Bonetti

L’Ordine Ingegneri di Verona e Provincia, già attivamente presente sul territorio con i propri iscritti per l’emergenza Aquilana e per l’Alluvione del 2010 in Veneto, ha avuto un ruolo da protagonista nella gestione dell’emergenza in Emilia, con un impegno che si è concretizzato mediante il contributo effettivo di circa 60 volontari, operanti nell’arco di 12 settimane.

Già all’alba della prima scossa del 20 maggio 2012 l’Ordine di Verona, contattando i Comuni colpiti dal sisma ha dato la propria disponibilità per l’invio di tecnici qualificati, a supporto per le verifiche di agibilità di prima scrematura.
Sono state quindi inviate nel Comune di Cento (Ferrara) un totale di 10 terne, spesso caratterizzate dalla presenza di un giovane ingegnere, che hanno operato tra le giornate del 26 e 29 maggio 2012.

Di vitale importanza è stato anche il lavoro effettuato dagli ingegneri per la verifica di alcune chiese della bassa veronese, sulla base di specifiche richieste della Curia.

A tal fine sono state inviate 3 terne di ingegneri esperti, già operativi sul territorio a L’Aquila, per la verifica delle chiese di Gazzo Veronese, Albaredo, Nogarole, Rocca, Vigasio, Salizzole, Roncanova.

Infine dal giugno 2012 l’Ordine Ingegneri ha collaborato con il CNI, sotto l’egida del Dipartimento Protezione Civile, per la realizzazione delle verifiche di agibilità speditive mediante compilazione scheda Aedes nelle province di Modena e Reggio Emilia.

La risposta pronta ed efficiente degli ingegneri veronesi, i risultati ottenuti sul campo, hanno fatto sì che si concretizzasse l’idea di realizzare una nuova commissione presso l’Ordine: “la Commissione Rischi del Territorio”, con la finalità dell’ organizzazione di una task force permanente, soggetta ad addestramento e aggiornamento continuo, da utilizzare nella gestione delle emergenze, in tutti gli ambiti di crisi che competono direttamente l’ingegneria (emergenza post sismica, alluvionale, ambientale).

Tale impegno assurge ad un duplice ruolo, ex ante, a monte dell’evento calamitoso o dell’emergenza attraverso programmi di formazione, monitoraggio del territorio valutazione della vulnerabilità e del rischio, ex post, e quindi a valle dell’eventuale crisi emergenziale, mediante l’impiego di tecnici altamente qualificati operativi nella valutazione del danno, impiegati nella messa in sicurezza e nella stima del rischio.

L’elevata preparazione tecnica consentirebbe quindi l’impiego dei tecnici non solo nelle fasi emergenziale ma anche ad esempio in monitoraggi d’insieme, con la predisposizione schede tecniche che, condivise con le pubbliche amministrazioni, consentirebbero di redigere un Documento sulle principali Criticità Territoriali – es. Idrogeologiche, Ambientali e Sismiche – da trasmettere alle Autorità competenti per una reale pianificazione degli interventi a difesa del suolo in Fase Preventiva e non più solo in Fase Emergenziale.

Silvia Bonetti
Ingegnere in Verona - Coordinatore Commissione Rischi del Territorio



Gruppo volontari ingegneri CNI. Luglio 2012

Le esperienze degli ingegneri veronesi sul campo a Cento di Ferrara, dopo i terremoti del 2012

Il nostro intervento dopo la scossa del 20/5

Giuseppe Puglisi Guerra

Il sisma emiliano, per la recrudescenza che ha avuto, ha impressionato tutti coloro che ne hanno visto le immagini alla televisione, ma viverlo di persona, anche se solamente per un giorno, vi assicuro che è un'esperienza veramente sconvolgente: si viene a contatto con la distruzione degli edifici, in questo caso soprattutto le chiese (come se anche Dio avesse abdicato durante l'evento), con lo smarrimento dei tecnici del Comune, volenterosi ma disorientati nel gestire un'emergenza così grande, con la disperazione ed il panico della popolazione, atterrita e senza più certezze, con la nostra impotenza, poiché, da volontari, rileviamo i danni e ci rendiamo conto di quanto sia fragile e precaria la condizione umana sulla Terra.

Miei compagni di viaggio e di 'prestazione volontaria', in un mercoledì mattina susseguente alla prima scossa del 20 maggio, sono stati due colleghi un po' più grandi di età di me, molto più esperti, competenti ed abili del sottoscritto: Giovanni Niccolò ed Antonio Rudella.

Dopo esserci dati appuntamento al casello autostradale di Verona Nord, insieme abbiamo raggiunto il palazzo comunale di Cento, dove l'architetto Beatrice ci ha accolti benevolmente e, dopo averci ringraziato per il servizio che ci apprestavamo a fornire gratuitamente, ci ha indicato gli indirizzi presso i quali dovevamo recarci per emettere un giudizio di massima sui danni agli edifici, tutti siti a Casumaro, una frazione distante circa 10 km dal centro del paese, aggiungendo che, comunque, il nostro lavoro aveva solo il carattere di essere un primo contatto con la situazione e sarebbe poi stato seguito da ulteriori approfondimenti da parte della Protezione Civile.

Giunti sul posto, abbiamo iniziato a girare per le abitazioni e gli esercizi industriali che ci erano stati assegnati. Al di là dell'aspetto tecnico-professionale e dei danni rilevati, ciò che mi ha colpito è stato l'aspetto umano: le persone pendevano dalle nostre labbra letteralmente, come se noi ingegneri fossimo dei giudici assoluti ed inappellabili che emettevano la sentenza di agibilità o meno, e, lo confesso, in un caso mi sono comportato in modo indelicato, poi pentendomene.

Abbiamo incontrato uomini e donne presi dallo sconforto e dalla paura, che dormivano in automobile, in giro per le campagne in casolari di loro proprietà (credendo che fossero più sicuri delle loro dimore, alle volte erroneamente), nelle autorimesse od in baracche di lamiera, preoccupati dalla benché minima fessura manifestatasi nella loro casa o nel loro capannone. Più di qualche parola di conforto noi non potevamo pronunciare, anche perché, avvezzi ai numeri, alle formule ed ai materiali da costruzione, noi ingegneri, obbiettivamente, siamo un po' aridi, un po' troppo rinchiusi nella nostra realtà lavorativa, un po' troppo presi dalla tecnica e dalla tecnologia.

Ricordo, a tal proposito, alcune situazioni particolari:
1) un'anziana signora, uscita dalla propria abitazione con la scusa di aver percepito una leggera scossa di assestamento, vogliosa di discorrere con qualcuno, desiderosa di un po' di calore umano in quel momento così difficile; l'abbiamo più che altro ascoltata, sentendo il suo sfogo, la sua amarezza per una vita,

Casumaro - Chiesetta settecentesca



la sua, vissuta intensamente e pienamente, la quale poteva finire 'ingloriosamente' da un istante all'altro a causa di quella 'bestia' di terremoto;

2) una famiglia, quella con la quale sono stato troppo 'tecnico' e poco 'uomo sensibile', costretta a lasciare la propria abitazione, disperata ma nobile nella propria sventura, avente il padre con i bastoni e, quindi, poco deambulante, la madre rassegnata a ricominciare quasi da zero ma forte, la quale ha risposto al nostro 'giudizio tecnico' "nulla è più importante della vita: la casa non interessa, l'importante è essere vivi", e la figlia coraggiosa, buona (ci ha chiesto se ci poteva offrire qualcosa, in quella condizione!), grandemente dignitosa ed altruista, che, nella sua sventura, si stava preoccupando della vicina maghrebina avente dei danni non pregiudizievoli per l'abitabilità ad un proprio fabbricato;

3) il proprietario di un capannone industriale, smarrito di fronte agli altri edifici produttivi quasi interamente distrutti (il suo aveva riportato qualche fessura e qualche leggero movimento dei pannelli di facciata, ma sostanzialmente aveva retto bene alla scossa del 20 maggio) e meravigliato di come un terremoto così violento avesse potuto colpire la Pianura Padana, la sua Emilia, la terra dove aveva sempre vissuto e dove aveva lavorato, anche con un certo successo, non le 'solite zone' come l'Appennino o la Sicilia.

In generale devo osservare che non abbiamo trovato complessi fessurativi preoccupanti, anche se, spesso, ci siamo interrogati sulla natura di essi, proprio per escludere la possibilità di caduta di intonaci o di grondaie.

Alcuni casi ci hanno particolarmente impegnato:

1) un controsoffitto, sottostante ad un solaio avente travi in acciaio, dal quale si erano staccati alcuni pezzi di intonaco;

2) un travone di copertura spingente in un angolo che aveva provocato un movimento di un certo rilievo della grondaia;

3) il caso, l'unico veramente umanamente drammatico, della famiglia della quale ho parlato sopra, dove ci siamo trovati costretti a dichiarare l'inagibilità in quanto si era in presenza di un piano soffice, adibito a laboratorio di falegnameria, per il quale si sono prodotti degli inequivocabili danneggiamenti a croce sulle pareti corte sollecitate dal sisma: alla successiva scossa sarebbe crollato tutto, molto probabilmente.

Giuseppe Puglisi Guerra
Ingegnere strutturista in Verona,
Componente Commissione Giovani

Castello di San Felice sul Panaro lesionato dal sisma.



Sui luoghi del II° sisma in Emilia il 29/5/2012

Irene Zardini

Ci eravamo dati appuntamento al municipio di Cento, in piazza del Guercino alle nove circa, per definire, assieme al tecnico del comune, la giornata di sopralluoghi alle abitazioni del centro abitato. In seguito al terremoto del 20 maggio scorso infatti, molti edifici avevano subito danni e lesioni, e risultava opportuno valutarne la sicurezza statica.

Nessuno si aspettava però quel che sarebbe successo di li a pochi minuti: due scosse sismiche di magnitudo dello stesso ordine di grandezza di quella del 20 maggio hanno fatto sussultare la terra, vibrare gli edifici, tremare di paura la gente. Noi eravamo li, a pochissimi chilometri dall'epicentro, nel pieno dell'emergenza e nel bel mezzo della zona rossa. Non è stato semplice riconoscersi in mezzo alla confusione generale, nell'impossibilità di telefonare (dovuta al sovraccarico delle chiamate) e nell'incognita circa ciò che fosse successo agli altri ingegneri convocati.

La piazza davanti al municipio era gremita di persone: tutti coloro che si trovavano nelle via del centro storico si sono riversati nello slargo della piazza. In pochissimi minuti si è creato il panico generale, c'era gente che piangeva, che singhiozzava, che cercava conforto in un abbraccio.
Tutti avevano in mano un cellulare, nel tentativo di comunicare con i propri cari, molti però non riuscivano. La confusione era grande.

Con fatica anche noi ingegneri della terna Zanetti - De Berti - Zardini siamo riusciti a trovarci, a fare il punto della situazione, ad iniziare i sopralluoghi negli edifici rimasti in piedi nelle vie assegnateci.

Abbiamo ricevuto (da chi coordinava i sopralluoghi) la documentazione con le istanze di richieste verifica agibilità, oltre a vari moduli bianchi per eventuali richieste dell'ultimo minuto.
Con l'ordine e la precisione che caratterizza l'ingegnere, abbiamo iniziato dal civico più basso ad ispezionare gli edifici di via Ugo Bassi, nel centro storico di Cento. Abbiamo potuto constatare da subito che gli edifici più antichi avevano subito lesioni non secondarie, mancando di catene e tiranti a garantire l'unione dell'insieme. Gli edifici semplicemente vecchi invece si trovavano in condizioni precarie non tanto a causa del terremoto, bensì dello stato fatiscente delle coperture lignee che in genere non erano assolutamente in grado di garantire un collegamento stabile tra alzato e orizzontamento. Ovviamente la scossa sismica non poteva che peggiorare la situazione e in alcuni casi ci siamo chiesti come tali strutture avessero potuto resistere alla scossa. →

Chiesa Parrocchiale di Cavezzo



Altrove abbiamo avuto modo di visionare edifici realizzati nei decenni recenti, in c.a. intelaiati o in struttura mista, c.a. e muratura ed abbiamo constatato una buona resistenza al sisma, con danni limitati alla superficie ed a qualche tamponamento. Abbiamo comunicato esiti di inagibilità in alcuni edifici gravemente danneggiati, con evidenti croci di sant'andrea sui maschi murari o sulle volte a tutto sesto, abbiamo constatato i danni della chiesa di S.Biagio nel centro di Cento e del Monastero Agostiniano.

Abbiamo proseguito con l'attività di sopralluogo fino al tardo pomeriggio, consegnando la documentazione agli uffici verso le 19:30. Nella via del ritorno verso casa ci siamo separati per seguire strade differenti. Alcuni di noi sono passati dal paese di Cavezzo, dove lungo la strada era completamente crollata una palazzina e dove una donna era rimasta sepolta sotto le macerie. Ci siamo fermati a vedere, unendoci a giornalisti e abitanti che seguivano con trepidazione le ricerche della signora, ritrovata dopo una ventina di minuti dalla nostra partenza. Impossibile descrivere le emozioni, la paura della gente li presente, le sensazioni provate. Considerazione tecniche però sono d'obbligo: nelle macerie della palazzina crollata a Cavezzo non siamo riusciti a scorgere nessun ferro di armatura, abbiamo notato che le murature portanti erano realizzate con tavelle forate per tramezze, poste in opera in orizzontale, senza cordoli, legature ne ferri di alcun tipo. Abbiamo constatato quanto una progettazione seria possa fare la differenza tra edifici lesionati, edifici collassati ed edifici semplicemente illesi, semplicemente girando lo sguardo intorno alle macerie, e guardando agli edifici che sono rimasti al loro posto, con pochissime lesioni superficiali o, addirittura, nemmeno quelle.
Il buon senso, le costruzioni realizzate a regola d'arte, secondo le norme del Buon Costruire garantiscono sicurezza anche in eventi sismici importanti, non c'è dubbio.

La giornata è stata intensa, profondamente emozionante sotto il profilo umano, senz'altro utile sotto quello professionale, indubbiamente indimenticabile sotto ogni aspetto.
Ringrazio sinceramente i miei colleghi per la disponibilità, la competenza e la grande umanità dimostrata in questa occasione, evidenziata anche nell'ascoltare le persone, nel rassicurarle, nel diventare per qualche ora "psicologi" oltre che ingegneri.
Auspico di aver colto in queste righe anche le loro emozioni, i loro ragionamenti, le loro osservazioni, poiché in giornate così concitate, in momenti così critici, non è facile e nemmeno scontato condividere appieno le situazioni, e dare agli eventi che si susseguono, la medesima importanza.

Irene Zardini
Ingegnere in Verona

Casa distrutta a San Felice sul Panaro (MO)



Riflessioni nel viaggio di ritorno da Cento (Ferrara)

Alberto Maria Sartori

Di ritorno da Cento, ritengo doveroso riferirvi l'esito della giornata trascorsa.

Da un punto di vista pratico, oltre a ringraziare i Colleghi ing. Simiele e ing. Quaglia, ho annotato ed appreso le insospettate caratteristiche di efficienza sismica manifestate dalle modeste case rurali dalla bassa padana.

Hanno retto benissimo quasi tutte, moto meglio dei capannoni e dei porticati (sia in cls che in muratura). Evidente risulta il vantaggio offerto dalle eventuali recenti intonacature, che hanno arricchito di legante i ricorsi tra i mattoni, consolidando l'insieme.

Tale condizione non si manifesta nelle strutture rurali "faccia a vista" in cui il piede, spesso eroso dall'umidità di risalita, risulta essere una cerniera. Pertanto una buona intonacatura, magari finita a regalzier come facevano gli antichi, offre un significativo contributo statico.

Credo che gli abitanti abbiano gradito la nostra presenza, soprattutto perché hanno potuto fare quattro chiacchere e rincuorarsi, prendendo il coraggio di entrare in casa.

A noi è spiaciuto molto aver visto Cento abbastanza serena al mattino, mentre alla sera tutto il centro era transennato ed occorreva prendere il pass per entrare insieme alle squadre dei VVF. La gente faceva la fila in buon ordine.

Anche questo sisma ha messo in luce la pericolosità delle infiltrazioni umide che disgregano il legante ed appesantiscono alcune porzioni rispetto alle altre vicine, pertanto in fase oscillatoria si percepisce una diversa massa che può essere più facilmente espulsa dal contesto.

In sito abbiamo utilizzato una scheda "pre Aedes", allo scopo di scremare le richieste di sopralluogo: forse è una scelta positiva, ma richiede che una seconda squadra ritorni sul posto. Speriamo che la vicenda abbia una conclusione, perché questo è un fenomeno da studiare.

Alberto Maria Sartori
Ingegnere in Verona,
Presidente Collegio Ingegneri e Architetti

Chiesa di San Felice sul Panaro (MO)



Terremoti nella storia

Alberto Maria Sartori

Salendo a San Bartolomeo delle Montagne (Selva di Progno), può accadere che si sentano tonanti salve di armi da fuoco: sono i *"trombini di San Bortolo"*, cannoncini brandeggiabili in dotazione a squadre di *"trombinari"*, eredi delle milizie cimbre che la Serenissima aveva istituito per difendere i confini ed i Passi della Lessinia.

Ogni arma, oggi usata solo per esibizione e folklore, porta un nome altisonante ed evocativo, come Bocamora, Temporale, Sanson Bromban, Drago , ma la più grande e potente, costruita sul finir dell'ottocento, venne chiamata "Teramotto" per le vibrazioni che il suo sparo provocava nelle case vicine.

Con questo nome le popolazioni cimbre della Lessinia intesero esorcizzare la paura derivante dalle forti scosse del terremoto di Badia Calavena (1892), rispondendo così ad un principio psicologico che vuole meno temibile un fenomeno di cui si presume di conoscere i meccanismi.

Identiche considerazioni spinsero gli uomini delle età più antiche ad interrogarsi sui sismi, ricercandone le cause sconfinando nella mitologia. Uno dei primi documenti scritti dell'umanità è certamente l'"Epopea di Gilgamesh" mitico Re di Uruk (XVII sec. a.C.), nel cui testo le scosse telluriche sono attribuite alle galoppate del mostro Khubaba o di Gugalanna, il Toro Celeste *"i cui piedi fanno tremare la terra"*.

Un millennio più tardi, il grandioso laboratorio culturale costituito dall'interscambio tra le civiltà che si affacciano sull Egeo ha consolidato concezioni ben diverse. I filosofi presocratici, pur in un mondo che ancora pensava al tridente di Poseidone, iniziarono a scandagliare i fenomeni fisici con estrema freddezza scientifica, diffondendo nozioni che sono, quanto meno, sintomi di un'evoluzione della conoscenza. Talune osservazioni fanno riflettere. Talete ed Anassagora percepiscono e trasmettono il concetto di una Terra rigida posta su di un elemento fluttuante –acqua o etere che sia – i cui moti si riflettono alla superficie. Aristotele, o quel gruppo di lavoro che ne assunse il nome, nella *Meteorologia* parla di spostamenti violenti d'aria tra il sottosuolo e l'atmosfera. Vale comunque la pena di rileggerne alcuni passi:

La causa del terremoto e delle scosse del suolo è dello stesso genere dei venti e degli uragani.

..Infatti la terra di per sé è secca, ma a causa delle piogge inizia a trattenere molta umidità, così che, quando questa è riscaldata dal sole e dal fuoco sotterraneo, si genera molto vento sia all'esterno che all'interno, e questo vento talvolta scorre tutto ininterrottamente verso l'esterno, talvolta tutto verso l'interno, talvolta si separa. Convenuto che sia impossibile che ciò accada diversamente, la cosa da indagare dopo questa sarebbe quale fra i corpi è il maggiore responsabile della scossa: sarà necessariamente l'elemento che per natura si muove di più, il più impetuoso. Il corpo più impetuoso deve essere quello che si sposta più velocemente: …..il corpo che può muoversi praticamente attraverso ogni cosa, e questo è il corpo più leggero. Così, se tale è la natura del vento, sarà il vento fra gli elementi il maggiore responsabile di movimento:

…Quindi non l'acqua né la terra sarebbero la causa del terremoto, ma il vento, quando si verifica che un'esalazione esterna scorra verso l'interno. ….Inoltre i terremoti più violenti avvengono in quei luoghi in cui il mare è agitato o dove il terreno è poroso e cavernoso. Quelle regioni che hanno zone sotterranee porose, potendo ricevere molto vento, sono scosse maggiormente. Per la stessa ragione i terremoti si verificano soprattutto in primavera e in autunno, durante le grandi piogge e in periodi di siccità: queste sono infatti le stagioni più sottoposte ai venti; l'estate e l'inverno, invece, questo per via del gelo, quella per la calura, causano immobilità: questo è troppo umido, quella troppo secca. Nei periodi di siccità l'aria è sottoposta ai venti, e infatti si ha siccità quando l'esalazione secca è maggiore di quella umida; durante le forti piogge, invece, l'aria genera una maggiore esalazione sotterranea e, ……genera un moto violento sopraggiungendo come un flusso.

Bisogna considerare che, come nel nostro corpo la forza rinchiusa del vento è la causa dei tremiti e delle pulsazioni, così anche nella terra il vento provoca fenomeni paragonabili, e qualche terremoto è simile ad un tremito, qualche altro ad un'oscillazione….. Quando un terremoto è intenso, non si interrompe subito né dopo una sola scossa, ma dapprima continua con frequenza per quaranta giorni, poi si manifesta negli stessi luoghi per uno o due anni. La causa della magnitudo è l'abbondanza di vento e la struttura degli spazi attraverso cui esso si trova a scorrere: laddove trovi resistenza e non penetri facilmente esso scuote con più forza e deve rimanere in luoghi accidentati, come acqua che non riesce a fluire. Dunque, finché il resto di questa energia non si è consumato, necessariamente ci sono scosse, sempre più lievi finché l'esalazione non sia così piccola da non poter muovere la terra in modo sensibile.

Il vento provoca dei rumori sotterranei che precedono i terremoti: ma già in qualche luogo ci sono stati rumori sotterranei senza successivi terremoti. Il rumore precede la scossa perché è un elemento più sottile e perché il rumore passa attraverso ogni cosa più facilmente del vento. Dunque, quando il vento è abbondante muove la terra in orizzontale come un tremito; qualche volta, invece, in alcuni luoghi si ha come una palpitazione, dal basso in alto: raramente vibra in questo modo, perché non è facile che il principio motore si accumuli in così grande quantità, dal momento che l'esalazione è maggiore sulla superficie che in profondità (Meteorologica, carptim 365a-370a e Problemata, 938a-b).

Non è una lettura facile né riconducibile a canoni abituali ma certamente affascinante per il tentativo di fornire spiegazioni e ragioni di fenomeni ancora oggi spesso ignoti. Ho trovato interessante il ragionamento che conduce ad attribuire al *"vento"* la causa dei sismi, perché ovviamente mi richiama come fosse percepita una teoria di *"vibrazionale"* che mancava comunque di elementi su cui poggiare. Notevole pure l'osservazione e la giustificazione della successione di moti nel tempo. Chiaramente tutto quanto viene scritto all'epoca è frutto della raccolta di numerose e diffuse osservazioni sparse su aree abbastanza vaste: se vogliamo è una delle prime testimonianze di un metodo scien-

tifico realmente perseguito secondo i canoni che ancora oggi si considerano validi.
Pure la Bibbia, che di terremoti correntemente parla solo per alcuni accenni riferibili a note di cronaca o fattori esperienziali, si esprime chiaramente nel Libro dei Re narrando di Elia: (1Re 19:11)
Gli fu detto:
«Esci e fermati sul monte alla presenza del Signore».
Ecco, il Signore passò. Ci fu un vento impetuoso e gagliardo da spaccare i monti e spezzare le rocce davanti al Signore, ma il Signore non era nel vento. Dopo il vento ci fu un terremoto, ma il Signore non era nel terremoto.
L'area culturale del Mediterraneo è chiara sulla posizione interpretativa da assumere di fronte ai fenomeni naturali: il vento, il terremoto accadono ma non "sono" il Signore, quindi è meglio lasciar perdere con le spiegazioni mitologiche o fantasie varie.
Visto che sono fenomeni naturali, tanto vale rimboccarsi le maniche, studiarli e trarne conclusioni operative. Sempre nella Bibbia il Libro del Siracide (22,16), testo che raccoglie norme pratiche e temi aulici, pragmaticamente ricorda: *Una travatura di legno ben connessa in una casa non si scompagina in un terremoto.* Questa osservazione, molto raffinata, lascia pensare che una buona connessione delle travature sia stata trascurata anche in periodi recenti, e ciò alla luce dei crolli che il sisma emiliano ha posto all'attenzione di tutti, tecnici in primo luogo.
Lo stimolo allo studio dei fenomeni naturali ha comportato immediatamente la formazione di una categoria specifica di esperti che andavano consultati per le realizzazioni più significative: tra i tanti, certamente dimenticati, ritorna il nome di Theodoros di Samo, consultato anche da Chersiphiron, progettista dell'Artemision di Efeso.
L'argomento è ghiotto, specie per chi si accinge a visitare la città antica dopo una buona dose di letture classiche. Normalmente l'ingresso avviene in alto, dalla Porta di Magnesia (o da quel che ne resta) e la piazza del Pritaneo (Municipio) permette di avere davanti agli occhi la Via dei Cureti che si svolge in marcata discesa. In fondo, lo sguardo coglie, pur nell'acquitrino, la sagoma ben delineata del porto. A destra, in basso scorre il fiume Meandro, disegnando le spire che lo hanno reso proverbiale. Ancora più a destra il vuoto. Eppure in quella zona sorgeva una delle sette meraviglie del mondo classico, per cui Antipatro di Sidone scrisse: *"Ho visto le mura su cui correvano le bighe della superba Babilonia e la statua di Zeus dell'Alpheios, e i Giardini Pensili e il Colosso di Helios e l'immensa opera delle Piramidi e l'enorme tomba di Mausolo. Ma quando vidi finalmente il tempio di Artemide impallidì tutto il resto e mi chiesi se l'occhio del Sole avesse visto mai qualcosa di simile al di fuori dell'alto Olimpo."* (Blade Runner forse ha una base di cultura classica e il 2019 è vicino).
Dopo aver ben contemplato la Biblioteca di Celso e, isolati dal contesto, averla mentalmente sovrapposta alla Cattedrale di Noto (percependo che il barocco non è uno stile ma una categoria dello spirito), mentre la guida ripete per l'ennesima volta la battuta per cui i turisti tedeschi chiedono sempre a quanto corrispondano, in valuta corrente, le prestazioni che un lupanare quotò incidendole sulla pietra, vale la pena di spendere cinquanta euro di mancia per l'autista del pullman e farsi accompagnare in beata solitudine sul sedime dell'Artemision, lasciando che il gruppo si ristori nei baracchini d'ordinanza.
Anche qui un terreno paludoso, acqua stagnante sintomo di argille superficiali di sedimento fluviale, silenzio ed una colonna solitaria di evidente ricostruzione.

I cinquanta euro di cui sopra sono ben spesi per rileggere Plinio in un contesto che il fiume ha quasi ricondotto a quello d'un tempo: *"Id in solo palustri fecere, ne terrae motus sentiret aut hiatus timeret, rursus ne in lubrico atque instabili fundamenta tantae molis locarentur, calcatis ea substravere carbonicus, dein velleribus lanae."*(lo costruirono in una zona palustre perché non dovesse subire terremoti o temere spaccature del terreno; d'altra parte, poiché non si ritenne di poggiare le fondazioni di un edificio tanto imponente su di un suolo sdrucciolevole ed instabile, si pose sotto di esse uno strato di carbone poi di lana)
Se ne ricava, quindi, che l'Artemision è la prima opera d'ingegneria che sia stata asseritamente edificata sulla scorta di criteri "antisismici", forse anche con l'attenzione di realizzare un isolamento del piano fondale, così come Theodoros aveva già fatto a Samo, in altre costruzioni.
Molti studiosi contemporanei si sono confrontati nel giudizio sulla tecnica descritta, chi smentendo e chi sostenendo la tecnologia adottata e gli effetti dello smorzamento alla base ma, in ogni caso, vale la pena di sottolineare che il sistema di fondazioni realizzato consentì di elevare colonne alte circa diciotto metri con un diametro di base di m 1,80; Chersiphiron riuscì ad issare, a

Figura 1 - Efeso: Biblioteca del Celso



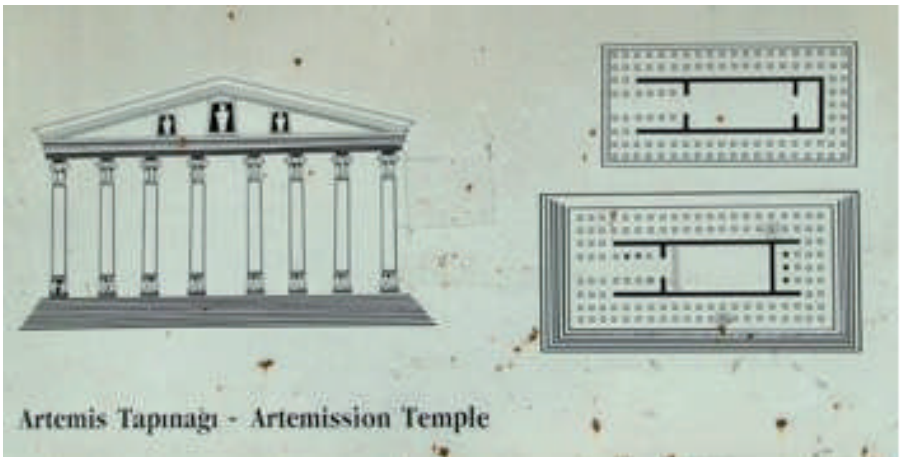


Figura 2 - Pochi frammenti di Artemision sullo sfondo della collina

venti metri d'altezza, architravi pesanti tra le 24 e le 40 tonnellate, senza particolari problemi di stabilità per il manufatto che era dimensionato per scaricare al piede delle colonne sollecitazioni inferiori a 10 kg/cmq.
Nell'introduzione al suo VII Libro, Vitruvio ricorda come tanto Theodoros quanto Chersiphiron abbiano scritto alcuni trattati sulla tecnologia usata per la costruzione delle loro opere, proprio per rispondere alle curiosità di molti: la mia curiosità rimane inappagata perchè il testo è perduto, ma mi basta pensare che circa cinquecento anni prima di Cristo c'era gente che si arrovellava e teorizzava la difesa dai terremoti sulla base di studi e campagne pur sempre scientifiche, anche proponendo soluzioni che oggi ci fanno quanto meno riflettere.

Fecero riflettere anche Frank Lloyd Wright che ne adottò sostanzialmente la tecnica per la costruzione dell'Imperial Hotel di Tokio, dove pensò bene di utilizzare un potente strato di limi *"as a good cushion to relive the terrible shocks"*, pensando alla costruzione *"come una corazzata galleggiante sul limo"*.
Studi recenti tendono a minimizzare l'efficienza della soluzione, ma la storia dice che l'Imperial Hotel superò il catastrofico sisma del 1923 solo con leggeri danni; così pure l'Artemision passò egregiamente i suoi oltre duecent'anni di vita, anche a fronte di sismi storicamente accertati, venendo distrutto nel 356 a.C. per l'incendio appiccato da Erostrato, un mitomane desideroso di passare alla storia.
La leggenda narra che la dea Artemide non avesse potuto evitare lo scempio, in quanto impegnata altrove, per assistere alla nascita di Alessandro Magno! L'episodio ci serve per capire quanto i templi greci "veri" fossero molto diversi da come li immaginiamo: oggi noi riusciamo a percepire quasi il solo telaio portante, che veniva pesantemente rivestito ed inglobato da decori ed arredi combustibili, destinati a trascinare la struttura nel collasso dovuto all'incendio.
La soluzione immaginata per il piano fondale dell'Artemision lascia comunque spazio anche a considerazioni basate sul buon senso: certamente la scelta di un terreno di fondovalle argilloso era stata fatta a ragion veduta, proprio per evitare le fessurazioni del terreno, ma anche distacchi da pendii o spinte verso il basso. Si può immaginare che lo strato di carbone, essendo sostanzialmente legno mineralizzato, fosse stato scelto per una garanzia di stabilità dimensionale, visto che non avrebbe dovuto essere affetto da marcescenze o rigonfiamenti; inoltre le sue qualità di adsorbenza avrebbero costituito una sorta di protezione dall'umidità nei confronti del sovrastante strato di lana, cui erano affidati i compiti di disaccoppiamento delle frequenze e dissipazione dell'energia. Pertanto la deformabilità orizzontale della lana avrebbe potuto dare come risultato un aumento del periodo. Chiaramente ci mancano parametri significativi, come quello degli spessori in gioco, ma alla fin fine vien da pensare che ancor oggi si usa il principio *massa-molla-massa* per smorzare le frequenze: sembra curioso che ci abbiano pensato anche all'epoca.
Comunque tra Theodoros e Chersiphiron, da una parte, e F.L. Wright dall'altra si deve registrare un certo vuoto d'idee se ancora nel XIII secolo Alberto di Bollstadt (S. Alberto Magno), considerato il più grande scienziato del medioevo, in materia sismica non trovava di meglio che rifarsi alle teorie di Talete ed Aristotele. Il suo miglior discepolo, San Tommaso d'Aquino, opta nuovamente per la Volontà Divina, condizionando i pensatori successivi i quali avevano sostituito l'Autorità aristotelica con quella aquinate. Ne è prova anche Stefano Breventano che, dopo il terremoto di Ferrara del 1570, tornato alle cronache in seguito alle recenti scosse telluriche che hanno coinvolto l'Emilia, scrisse un *Trattato del Terremoto*, mai pubblicato se non per anastatiche poco diffuse. Egli conclude: *"la principal causa dei terremoti è Iddio"*. Ciò non toglie che nel suo trattato si diffonda sulla natura e sulle cause: *"Terremoto dirsi quando le parti della terra dall'impeto dello spirito rinchiuso (che si sforza di uscire) sono mosse, e portate dal suo natural sito altrove."* dissertando in ben sette corposi volumi in cui lo spirito della Filosofia Scolastica rimane sempre presente.

Figura 3 - Ricostruzione dell'Artemision rilevata da una tabella ad uso dei turisti presenti in sito

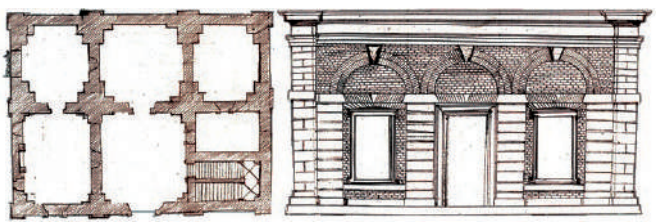


La sorte volle che nella Ferrara sconvolta dal sisma fossero presenti molte persone dotate di agile penna, tra cui non si può tacere Torquato Tasso che annotava stupito le dissertazioni degli accademici e concludeva saggiamente: *"le cagioni di quelli effetti che si generano nel seno de la terra e sono ascosi a gli occhi nostri, portano seco molto dubbio e molta incertitudine".* (vale anche per i giorni nostri). L'ambasciatore fiorentino Bernardo Canigiani, che rimase al suo posto e stese una attenta cronaca fatta di frequentissimi dispacci al proprio governo datandoli funereamente: *"da Val di Po dov'era Ferrara"*, nei suoi scritti trova anche l'occasione di precisare che il calzolaio di corte aveva prodotto per il Duca ed il suo seguito scarpe a "tre suole di vacchetta", per consentire loro di ispezionare le macerie (calzature antinfortunistiche d'epoca) senza danni per i piedi. Fra tutti gli autori comunque emerge Pirro Ligorio, personaggio strano e forse dimenticato.

Nato da famiglia napoletana nobile e ricca, prima studiò in casa, poi si spostò a Roma operando come frescatore e progettista (Giardini Vaticani, Palazzo Lancellotti, Bomarzo, Casina di Pio IV, scavi di Villa Adriana); tra l'altro progettò e diresse la stupenda Villa D'Este a Tivoli per conto del Cardinale Ippolito II d Este. Amico e discepolo di Michelangelo, dopo la sua morte ne ereditò l'incarico alla Fabbrica di San Pietro ma si trovò in grave disaccordo con Jacopo Barozzi sull'interpretazione dei disegni michelangioleschi. Lasciato San Pietro si trasferì a Ferrara, chiamato dal Duca Alfonso II d'Este, e qui fu sorpreso dal terremoto. Ligorio, già autore fecondissimo di molti e corposi trattati relativi alle antichità romane, cultore dell'arte del costruire, si fece animo e scrisse un prezioso *"Libro o Trattato di diversi terremoti"* con il quale si interroga sul come i terremoti accadono, dove e quali danni producono. Ecco quindi che Ligorio, con le sue scarpe a tre suole, prese a girare per Ferrara osservando gli edifici crollati ed i danni percepibili, concludendo che la diffusa vulnerabilità urbana era da attribuirsi principalmente a fabbricati vecchi, con muri sottili, con malte scadenti: *"le fabbriche…. son tutte malamente fabbricate et sono molto vecchie et sottili…..senza sostanza…"*. Non ci vuole tanto per fare anche oggi un esame di coscienza.

Dopo molte ispezioni Ligorio ritenne che si dovessero stabilire delle norme e negare l'ineluttabilità dei rischi sismici per cui, al termine del Trattato, scrisse: *"Esaminazione et conclusione nella fabbricazione secondo il suo dovere".* In semplici concetti, si possono fare case resistenti al sisma: *"tutto l'intento deve havere*

Figura 4 - Schema di edificio antisismico progettato da Pirro Ligorio



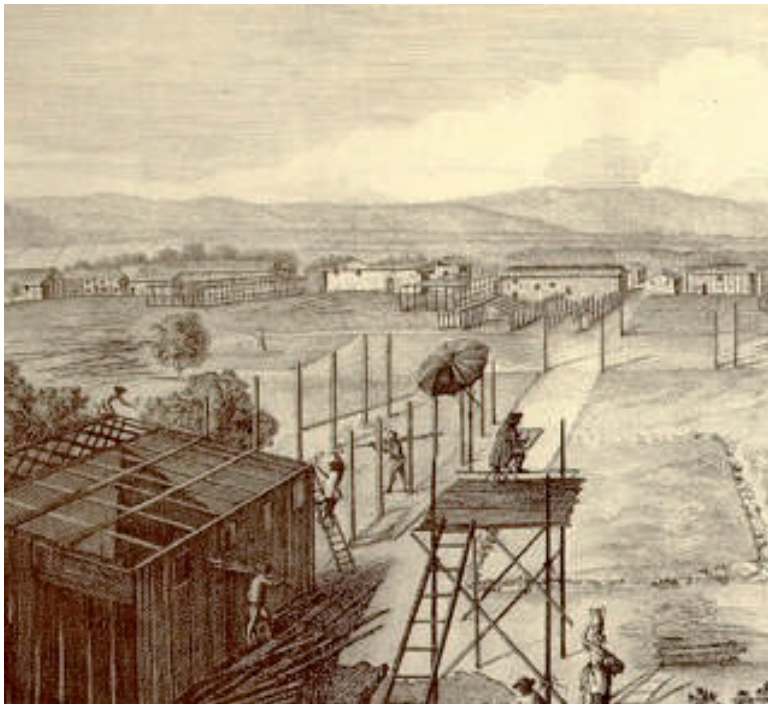


Figura 5 - ...La costruzione delle Case Baraccate a Polistena Nova dopo il terremoto delle Calabrie del 1783. Si nota la presenza di un tecnico che sovraintende i lavori, oltre che di un progetto urbanistico.

l'artefice di fare i muri con legamenti, legare essi con le pietre, legare le cantonate colle grossezze et colle chiavi di ferro .per ciò che li cantoni che hanno li suoi ferri ascosi dentro possono chiamarsi sicuri ". Da tutto questo, ben argomentando, Ligorio propose un edificio tipicizzato, con muri di buono spessore, catene metalliche, incroci murari *"di uguale grossezza"*, andando ad irrobustire proprio le sezioni che aveva visto ammalorarsi nella pratica.

*"…et li muri grossi, per la scioglitura moventisi et percuotendosi colli scontri de' tramezzi, si crepano et le loro crepature concorrono nelli vani de le fenestre. Per questo, dunque conviene fare delle fortezze [rinforzi] sopra de' vani e delle cantonate [angoli] et fare muri recipienti [*adeguatamente portanti*]*"

Peccato che l'esperienza di Ferrara e la scienza di Ligorio non abbiano prodotto alcun frutto, quando evidentemente c'era chi aveva percepito il problema delle sollecitazioni orizzontali.

Per leggere qualcosa di nuovo si deve attendere il Settecento, epoca in cui si tentò nuovamente di dare una spiegazione scientifica al fenomeno. Nell'ampio dibattito si costituirono due schieramenti di studiosi: i *fuochisti* e gli *elettricisti*, ove la causa era da attribuirsi a fuochi di origine vulcanica piuttosto che a scariche elettriche.

Molto interessante, anche a questo proposito, il testo di Giovanni Vivenzio: *"Historia e teoria de' tremuoti in generale ed in particolare di quelli della Calabria e di Messina del MDCCLXXXIII".* L'autore, medico di corte del Re di Napoli, venne inviato nelle zone devastate dal terremoto delle Calabrie (1783), divenendo poi il responsabile di una sorta di Protezione Civile. Redigendo la citata cronaca riporta una vasta cronologia sismica ed esprime le proprie convinzioni. A pg. 81, *"I Tremuoti sono fenomeni elettrici….altra cagione niuna fuori dell'Elettricità può produrre gli effetti maravigliosi che si osservano ne "Tremuoti."*

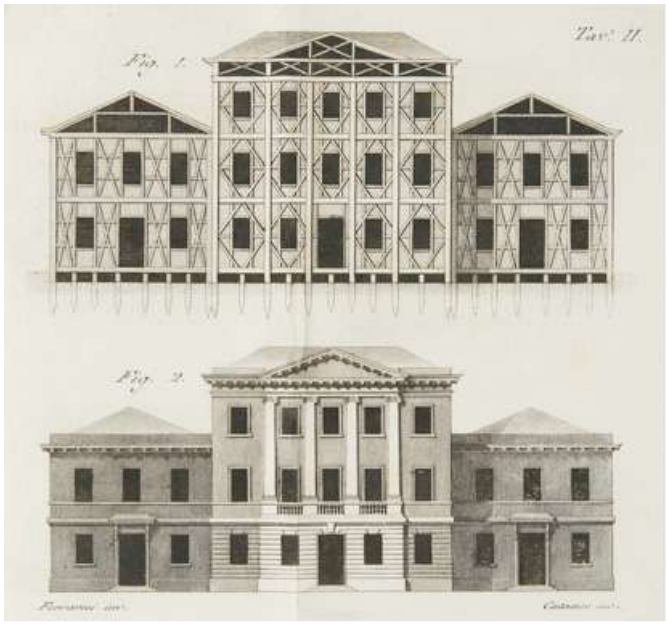
Poi a pg. 99: *"I Tremuoti adunque non sono altro che tuoni sotterranei .e poiché è dimostrato che il tuono è un effetto d'elettricità, non si può far di meno di riconoscere la materia Elettrica per cagione de "Tremuoti."*

Lasciando perdere le teorie, occorre dire che Vivenzio si attivò



molto per diffondere la cultura delle *"case baraccate"*, in auge presso l'amministrazione borbonica almeno dalla metà del '600, facendole illustrare nel suo libro con disegni ed istruzioni dettagliate. Si tratta di un esempio costruttivo spiccatamente antisismico, di particolare interesse e tecnologia piuttosto raffinata, che purtroppo risulta scomparsa sia dalla pratica costruttiva (abbastanza ovvio) che dagli studi specialistici di taglio scientifico. Eppure ancor dopo il Terremoto di Messina, la commissione dei migliori ingegneri italiani, formata per definire norme di costruzione e ripristino degli edifici, scrisse: "…*le case baraccate antiche, con ossature di legnami disposte in senso verticale, orizzontale e diagonale, tra di loro collegate e racchiuse entro le murature perimetrali e trasversali, benché presentano lesioni e scompaginamenti delle masse murali, pure sono rimaste in piedi, salvando la vita alle persone che ospitavano; .risulta provato che il sistema delle case baraccate può considerarsi buono ancora oggi "* (da Giornale del Genio Civile XLVII 1909)
W. Hamilton, nel suo libro *"Relazione dell'ultimo terremoto delle Calabrie e della Sicilia"* (Firenze 1783) ricorda: *"siccome questo paese fu sempre soggetto ai terremoti, quasi tutti i Baroni tengono preparata presso i loro palazzi una di queste baracche per ricoverarsi al primo segno di una scossa"*….altri invece, come scrive Luigi Pesso *"Sul consolidamento delle fabbriche in Calabria contri i danni dei terremoti"* (Parma 1895), si costruiscono

Figura 6 - La Casa Baraccata, come proposta da Giovanni Vivenzio nel suo Trattato.



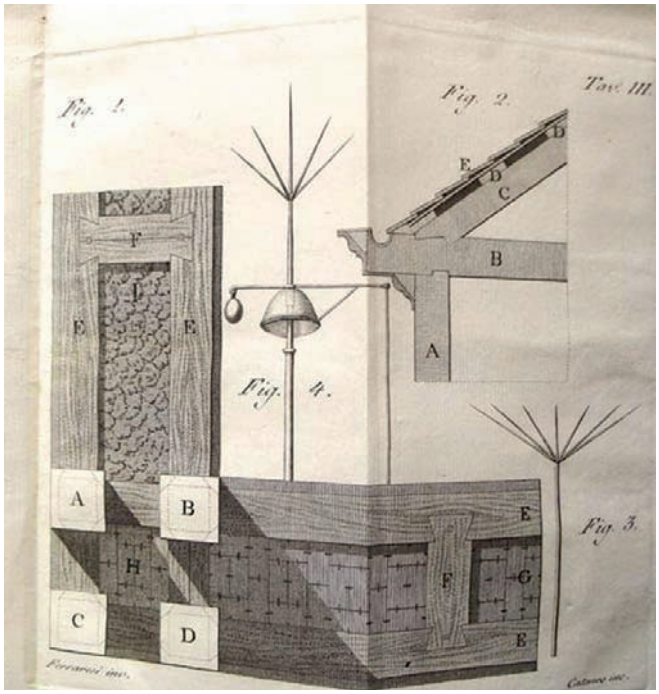


Figura 7 - Casa Baraccata

una camera di sicurezza verso il centro dei fabbricati. *"Ogni parete della camera è consolidata con due X in lame di ferro dolce da 4 o 5 cm di larghezza e da 1 a 15 mm di grossezza. Queste lame unite con traverse a mezzo di chiodi a grossa capocchia ribaditi a fuoco; e sono collegati alle travi del solaio sottostante e sovrastante con chiavarde a vite".* Le lame venivano nascoste da una controparete per realizzare una soluzione, detta della *camera accapannata,* che spesso veniva scelta perché più economica della casa baraccata e più prossima alle zone di vita quotidiana.
Come si vede, alla fine, torna in mente che il suggerimento del Libro del Siracide, che invitava alla buona connessione delle travature, non era poi così lontano dal fornire valide prospettive strutturali.
Non si può dimenticare, tuttavia, come il terremoto, che gli ingegneri ottocenteschi del Real Genio Civile definivano quale *"grande collaudatore"*, divenne un'esperienza episodicamente traumatica solo dopo la riunificazione d'Italia, mentre le popolazioni meridionali, da Ligorio a Vivenzio, avevano tentato una possibile convivenza razionale approcciando per tempo le costruzioni antisismiche, pur con le ingenuità di una scienza bambina.

Alberto Maria Sartori
Ingegnere in Verona,
Presidente Collegio Ingegneri e Architetti