

LA RILEVANZA SOCIO ECONOMICA DELL'INGEGNERIA DEL VENTO

Negli ultimi decenni è cresciuta la consapevolezza che il vento rappresenta il fenomeno naturale che produce nel mondo il maggior numero di danni economici e il più elevato numero di morti ed è per questo che sono state sviluppati studi di “azzardo”, di “vulnerabilità” e “rischio” in ottica eolica.

Per dare una risposta sul perché l'ingegneria del vento ha raggiunto una importanza socio-economica così rilevante negli ultimi anni, ritengo giusto fornire alcuni dati pubblicati dalla più grande compagnia di contro-assicurazione del mondo, la Munich Re di Monaco di Baviera, la quale ha stimato che:

- ci sono stati circa 15 milioni di morti e feriti negli ultimi 1000 anni in almeno 100.000 di catastrofi naturali (siccità e carestie escluse)
- il numero delle naturali catastrofi e delle relative perdite (a causa dell'alta concentrazione di persone e di beni) è in rapido incremento
- graduale declinare del numero di morti e feriti (dovuto al miglioramento dei sistemi di allerta al pericolo e per le migliorate tecniche di protezione)
- Le perdite economiche dovute a rischi naturali:
Sisma: 35% Alluvioni: 30% Tempeste di vento: 28%
- Percentuale sul totale assicurazione reclamato a causa delle catastrofi naturali:
Tempeste di vento: 70% Sisma: 18% Alluvioni: 6% Altro: 6%
- Principali cause in termini di attrezzature:
Sisma: 47% Tempeste di vento: 45% Alluvione: 7%

Dai dati emerge come le tempeste di vento, producono danni dell'ordine di quelli prodotti dal sisma, fatto questo impressionante e lo è ancora di più se si pensa al fatto che il numero di eventi catastrofici sta aumentando vertiginosamente negli ultimi anni, come si evidenzia dai diagrammi riportati in figura 15 e tabella 1.

Le ragioni posso essere ricercate da un lato sulla migrazione delle popolazioni e dei beni nei territori a più alta vulnerabilità eolica, da un altro, dalla variazione del clima che ha indubbiamente modificato la distribuzione probabilistica degli eventi catastrofici, aumentandone il numero e l'intensità.

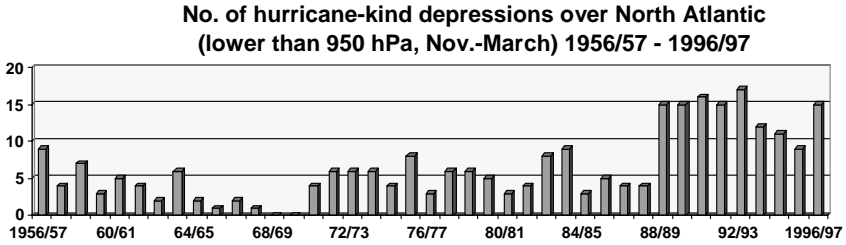


Fig. 15 Numero di Uragani verificatisi tra il 1956 e 1997 aventi un valore di depressione più basso di 950 hPa

	Decade	Decade	Decade	Decade	Factor	Factor
	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1987-1986	80s/60s	90s/60s
No. of events	8	14	31	25	3,9	3,3
Socio-economic losses	26,6	39,5	45,9	115,5	1,7	4,3
Insured losses	6,2	9,7	21,2	68,9	3,4	11,1

Tab. 1 Valori espressi in miliardi di dollari USA, livelli di prezzo del 1996

Ovviamente questo non basta a spiegare il perché di danni socio-economici così elevati, essi infatti, possono trovare giustificazione solo se si ammette che l'effetto è il prodotto di una molteplicità di cause, quali:

- troppi alloggi inadeguati ancor esistenti, i quali hanno una VULNERABILITÀ troppo alta;
- moderni edifici e strutture leggere stanno diventando più VULNERABILI;
- carenza oggettiva dal punto di vista normativo sulla valutazione del carico vento;
- mancanza di rigorose contromisure (radicali restrizioni sull'uso del territorio; prevenzione delle perdite secondarie; miglioramento dei sistemi di emergenza, previsione delle tempeste di vento; riduzione dei gas serra, mancanza di ricerca finalizzata sia in quantità e in qualità.

Per chiarire meglio quanto detto, riportiamo di seguito tre esempi di eventi catastrofici avvenuti nel 1999:

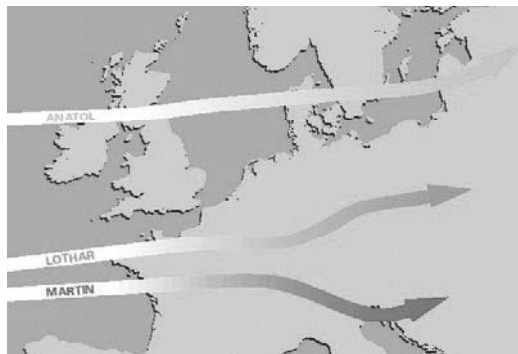


Fig. 16 Percorsi seguiti dalle tre tempeste di vento

Il primo in ordine di tempo fu Anatol il quale il 3 dicembre attraversò otto paesi del Nord Europa: Danimarca, Germania, Gran Bretagna, Svezia, Lituania, Lettonia, Russia, Polonia.

Le perdite socio-economiche stimate furono di circa 2,5 miliardi di €, dei quali solo 600.000 € risultarono assicurati.

I principali danni si ebbero alle coperture, alle facciate, ai veicoli, alle navi e alle strutture temporanee (impalcati, ecc.); per di più 165.000 case rimasero senza approvvigionamento di corrente elettrica: il più grave danno mai avvenuto alle linee elettriche pensili in Danimarca e Svezia.

La seconda tempesta di vento (Lothar) percorse Francia, Germania, Svizzera, Belgio, Austria, Italia il 26 dicembre, causando in termini socio-economici perdite pari a 11 milioni di € dei quali solo 2,4 milioni di € erano assicurati.

Anche in questo caso i maggiori danni furono alle coperture, alle strutture temporanee, alle gru, alle linee elettriche sospese, alle foreste; mentre, dal lato delle infrastrutture si rilevarono ben 4 milioni di famiglie senza rifornimenti per alcune settimane nel Sud-Ovest della Francia; la EDF denunciò (non assicurati) la perdita di alcuni milioni di € (linee elettriche e centrali elettriche), in più, i trasporti pubblici furono interrotti per alcune giorni nella città di Parigi, con aeroporti chiusi e segnali telefonici disturbati per alcuni giorni.

In ultimo si ebbe il passaggio di Martin il 27 dicembre, che attraversò Francia, Spagna, Italia e Svizzera con un bilancio complessivo di perdite socio economiche dell'ordine 4 milioni di € del quale solo un quarto era assicurato.

I principali danni furono riscontrati a coperture, strutture temporanee, gru, linee elettriche sospese e foreste; mentre, per quanto riguarda le infrastrutture, si videro danneggiati soprattutto gli edifici storici quali castelli e abbazie.

Per dare un'idea della violenza dei venti che hanno spirato durante il passaggio di Martin sulle coste della Toscana, le velocità di picco hanno raggiunto i 200 km/ora.

È interessante a questo punto fare una rassegna storica di alcuni danni provocati dall'azione del vento sulle opere dell'uomo.

Il primo esempio è offerto da suggestivi disegni dell'epoca in cui è riprodotto il crollo del Chain Pier Bridge a Brighton (fig. 17):

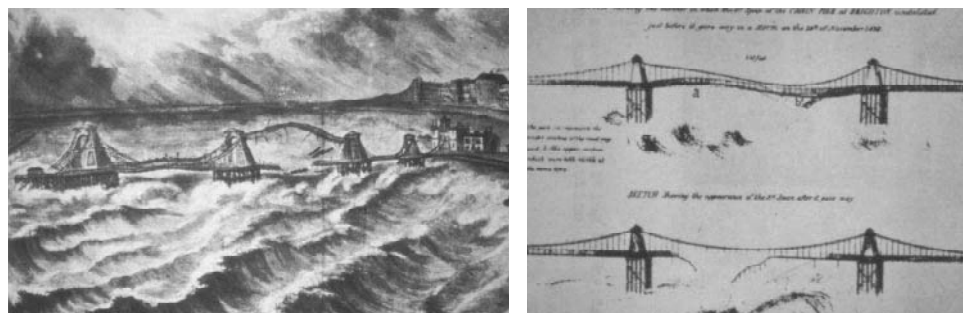


Fig. 17 Disegno del crollo del Brighton Chain Pier

La prima immagine di seguito riportata, è la locandina illustrativa del nuovo ponte sospeso di Tacoma. Le caratteristiche geometriche di questo, costituivano un primato, non tanto per la notevole campate sospesa, quanto per le esigue dimensioni dell'impalcato rispetto alla luce del ponte.

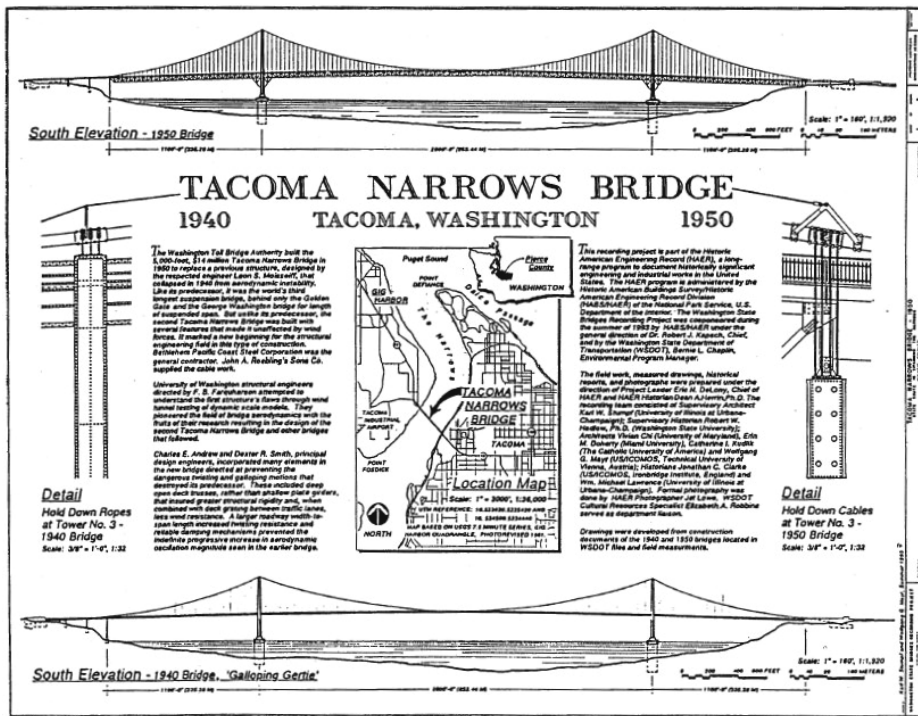


Fig. 18 Locandina del ponte di Tacoma

Grazie a Burt Farquharson docente di ingegneria civile, siamo oggi in grado di vedere quello che accadde il giorno del crollo, infatti fu lui a fotografare e a riprendere con la cinepresa tutte le peripezie dell'impalcato.

Le cronache dell'epoca raccontano che già all'inaugurazione il ponte ondulava in modo vistoso, ma senza conseguenze fatali. In seguito furono cercati sistemi per ridurre le oscillazioni attraverso dissipatori, ma evidentemente anche questi risultarono poco efficaci.

C'è da dire che a quei tempi, non esistevano studi approfonditi sull'interazione delle forze aerodinamiche sui ponti, nonostante ci fossero già stati esempi di crolli clamorosi.

Il problema fu semplicemente accantonato, pensando che tali fenomeni non potessero avvenire su un ponte di tale mole.

In onore del vero, l'ingegner Theodore Condron, unica voce fuori dal coro, raccomandò di rinforzare la struttura.

Subito dopo il crollo, la Federal Works Agency, stabilì una commissione d'indagine con tecnici quali Othmar Ammann e Theodore Von Karman che scagionò il proget-

tista, osservando che se le pecche del ponte erano ovvie a uno sguardo retrospettivo, il progetto rispondeva a ogni criterio accettabile nella pratica.

Ma cosa accadde realmente al ponte? Perché crollò?

Oggi dopo decenni di studi siamo arrivati alla conclusione che il crollo avvenne per le forti oscillazioni torsionali amplificate non da un fenomeno di risonanza, ma da oscillazioni aerolastiche autoeccitate, ovvero si verificò una instabilità aerolastica.

È da precisare per comprendere meglio la differenza, che la risonanza è quel fenomeno fisico di amplificazione della risposta dovuto all'uguaglianza delle frequenze proprie di oscillazione del sistema elastico con quelle della forzante periodica.

È evidente che il crollo del ponte di Tacoma non può essere ricondotto ad un semplice fenomeno di risonanza, poiché l'evento avvenne alcune ore dopo che il processo vibrazionale si era instaurato, in più il vento che provocò il crollo era praticamente costante e dell'ordine dei 50-60 km/h, in assenza di raffiche forti e improvvise, venendo così a mancare la periodicità della forzante.

In realtà oggi sappiamo che il fenomeno che si instaurò quel 7 novembre 1940 (v. fig. 14) è da ricondurre al così detto "Flutter".

Un altro evento catastrofico ma importante dal punto di vista degli studi dell'ingegneria del vento, fu il crollo di tre delle otto torri di raffreddamento di Ferrybridge, Inghilterra, dovuto ad un nuovo fenomeno, l'interferenza tra le strutture.



Fig. 19 Foto aerea delle torri di raffreddamento di Ferrybridge, Inghilterra

Guardando l'immagine sopra riportata, può venire in mente che le ciminiere alte 120 rimaste in piedi siano tali grazie all'effetto schermante di quelle in seguito crollate. In realtà le cose non andarono così; infatti, le torri che resistettero all'azione del vento furono proprio quelle colpite da vento frontale, mentre le altre, in posizione apparentemente protetta, furono colpite da violenti vortici di distacco provenienti dalle torri frontali stesse.

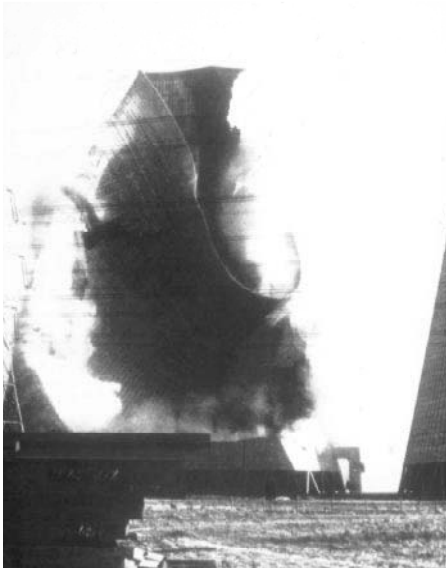


Fig. 20 Foto del crollo di una delle torri di raffreddamento



Fig. 21 John Hancock Tower di Boston

La violenza delle oscillazioni prodotte da questi vortici e conseguentemente il successivo crollo è dovuto alla vicinanza delle ciminiere che hanno risentito enormemente del fenomeno d'interferenza fra i corpi.

L'evento avvenuto nel 1965, mise in luce che progettare strutture come isolate dal contesto in cui sono immerse, può portare a risultati per nulla conservativi.

Fino ad ora abbiamo evidenziato come l'azione prodotta dal vento può produrre effetti devastanti (collasso) su particolari tipi di strutture, quali ponti sospesi e ciminiere.

L'esperienza però ha evidenziato che studiare solo lo stato limite ultimo non esaurisce tutte le fenomenologie associate a questa particolare azione.

Per meglio comprendere questo aspetto riportiamo di seguito due esempi che si riferiscono ad opere che pur restando strutturalmente intatte, risultarono inagibili a causa dell'azione dinamica del vento.

Il palazzo in fig. 21, è il John Hancock Tower di Boston, il quale fu soprannominato "l'edificio dei pannelli di compensato" poiché dopo una bufera avvenuta nel 1968, andarono in frantumi ben 5000 vetrate con un danno economico di circa 15 milioni di dollari.

Questo particolare evento evidenziò la necessità di studiare particolari costruttivi che prima non si pensava potessero essere interessati dall'azione del vento.

Sui serramenti per l'appunto furono condotti esperimenti mirati a comprendere l'effetto dei picchi di pressione prodotti dal vento.

In fig. 22 è riportata la foto del John Hancock Center di Chicago.

L'apparente robustezza dell'edificio non trae in inganno, infatti questo maestoso esempio di grattacielo non ha mai presentato problemi relativi allo stato limite ultimo, ma bensì ad una cosa ovviamente inaspet-

tata; poco dopo il suo completamento, esso manifestò vibrazioni fisiologicamente intollerabili: le persone all'interno del palazzo non tolleravano le eccessive oscillazioni.

Si può facilmente intuire il danno economico che un tal tipo di fenomeno possa aver portato; da questo momento in poi ebbero inizi gli studi sul confort delle strutture per cercare di stabilire quale fosse il limite superiore di tollerabilità dell'uomo al movimento della struttura.

Le immagini di fig. 23 e 24, sono esempi della furia devastatrice delle bufere di vento che colpirono la Francia nel 1999 ed in particolare la seconda è quello che rimane di uno dei tralicci che portavano corrente elettrica a tutta la zona Sud Ovest che rimase completamente senza luce per alcuni giorni.



Fig. 23 Prototipo di edificio in legno (sperimentale) con tetto zavorrato



Fig. 24 Foto di un traliccio collassato dopo il passaggio di una bufera in Francia nel 1999



Fig. 22 John Hancock Center di Chicago

Da quanto sopra detto si capisce l'importanza della ricerca nel campo dell'ingegneria del vento, spetta infatti a questa il compito di cercare sistemi volti a mitigare la così detta vulnerabilità eolica.

Due esemplari definizioni offerte da due esperti in materia: la prima appartiene a Cermak il quale nel 1975 scrisse:

“Wind Engineering stands for the rational treatment of interactions between wind, in the atmospheric boundary layer, and man and his works on the surface of Earth”.

La seconda definizione più recente appartiene a G. Solari che nel 1990 si esprimeva in questi termini:

“L'ingegneria del vento è una disciplina intersettoriale che nasce dalla sintesi di svariate materie quali la matematica probabilistica e dei fenomeni aleatori, la

fisica dell'atmosfera, la meccanica dei fluidi e dei solidi, la meteorologia, l'aerodinamica, l'ingegneria strutturale, ambientale e meccanica, l'energetica, la fisiologia e la psicologia".

Alla luce delle cose dette, ritengo possibile sintetizzare i campi di applicazione dell'ingegneria del vento con il seguente schema:

