didaworkshop

DIPARTIMENTO DI **ARCHITETTURA** FIRENZE

a cura di
Stefania Viti
Marco Tanganelli

Resilienza e territorio

didaworkshop

La serie di pubblicazioni scientifiche **DIDAWorkshop** ha l'obiettivo di diffondere i risultati di una specifica attività del Dipartimento di Architettura DIDA: i workshop ed i seminari nazionali ed internazionali condotti sulle tematiche del progetto dell'architettura, del territorio, del paesaggio e del design. Ogni volume è soggetto ad una procedura di accettazione e valutazione qualitativa basata sul giudizio tra pari affidata ad un apposito Comitato Scientifico del Dipartimento. Tutte le pubblicazioni sono inoltre *open access* sul Web, favorendo una valutazione effettiva aperta a tutta la comunità scientifica internazionale.
Nella diversità dei temi, della durata, dei luoghi, i workshop sviluppano la continua sperimentazione che unisce ricerca, formazione e progetto nella Scuola e nel Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze.
Nei workshop si esprimono inoltre le intense relazioni del Dipartimento sia con altre Università che con i territori, con le loro Associazioni, ONG, Amministrazioni, Enti ed imprese.

DIDAWorkshop *series of scientific publications has the purpose of divulging the results of a specific activity of the Department of Architecture (DIDA): the national and international workshops and seminaries that are undertaken on the various themes related to architecture, territory, landscape and design projects.*
Every volume is subject to a qualitative process of acceptance and evaluation based on peer review, which is entrusted to a specialized Scientific Committee from the Department of Architecture (DIDA). Furthermore, all publications are available on an open-access basis on the Internet, which favors an effective evaluation from the entire international scientific community.
Within their diversity of subject matter, duration, and location, the workshops develop a continuous process of experimentation which blends research, education and specific projects within the School and in the Department of Architecture of the University of Florence.
The workshops also reflect the intense relationships the Department maintains with other Universities, as well as with the territories and their associations, NGOs, agencies, governmental authorities and enterprises.

dida workshop

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

REGIONE TOSCANA
Consiglio Regionale

Il workshop *Resilienza e territorio* è un'iniziativa realizzata con il contributo del Consiglio Regionale della Toscana ai sensi della L.R. 4/2009.

Si ringraziano il Presidente del Consiglio regionale Eugenio Giani e la Vicepresidente Lucia De Robertis per l'attenzione dimostrata al tema, e per aver aperto le porte della massima istituzione regionale ad un dibattito scientifico ma di grande impatto sociale.

progetto grafico

Laboratorio
Comunicazione e Immagine

Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze

© **2016**
DIDA Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 14
50121 Firenze

ISBN 9788896080634

Resilienza e territorio
Atti del convegno | 1 Aprile 2016

Ashish Mehta

Introduzione

La resilienza può essere definita come la capacità di un sistema di ripristinare la propria efficienza a seguito di un evento disastroso che ne abbia procurato una repentina riduzione. In questi anni questa disciplina si sta imponendo come strumento di analisi, controllo ed intervento sul territorio alle sue diverse scale di osservazione (edificio, infrastruttura, piccolo o grande centro urbano, regione). Essa consente infatti di misurare la 'tenuta' di un sistema nei confronti di un qualsiasi evento che ne possa compromettere l'assetto e, conseguentemente, la sua funzionalità.

La necessità di valutare – e misurare – la funzionalità di un sistema conferisce inevitabilmente all'analisi un carattere 'olistico'. Se il ripristino dell'integrità, infatti, ha come unico punto di riferimento lo status quo del sistema, ovvero l'esaustiva conoscenza delle sue fattezze, caratteristiche e proprietà in condizioni precedenti al verificarsi dell'evento catastrofico, le valutazioni di funzionalità sono più complesse. Esse presuppongono la comprensione delle esigenze cui il sistema risponde, che richiede la conoscenza – e la conseguente classificazione – di un numero molto superiore di informazioni, non più circoscritto al solo manufatto destinato all'espletazione del servizio, ma al servizio stesso, comprensivo dei suoi utenti e della loro distribuzione sul territorio, delle specifiche tecniche e delle analisi statistiche volte a prevederne gli sviluppi futuri.

La valutazione della funzionalità di un sistema presuppone la capacità di controllo del territorio a diverse scale di osservazione. Anche se volessimo focalizzare l'attenzione sulla resilienza di un singolo edificio, infatti, sarebbe inevitabile includere nell'analisi della sua funzionalità tutti i sistemi che ne assicurano la piena operatività, come la rete di distribuzione di energia elettrica e di acqua, il sistema di telecomunicazione, e le infrastrutture viarie che ne consentono l'accesso. Ognuna delle infrastrutture menzionate ha una diversa scala di osservazione, che deve essere presa in esame e fatta interagire con le altre. Lo studio della resilienza di un sistema territoriale, quindi, presuppone la preliminare definizione di una griglia di interrelazioni tra i diversi sistemi che garantiscono la funzionalità del territorio, e di tutte le componenti che lo costituiscono. Negli ultimi decenni la comunità scientifica internazionale ha prodotto preziosi contributi (Bruneau et al. 2003, Cimellaro et al. 2009, 2010a,b) che hanno consentito di mettere a punto le complesse relazioni tra i sistemi territoriali definiti alle diverse scale di osservazione. Il background di conoscenza acquisito ha favorito la nascita di numerose piattaforme di analisi, tra cui (limitandosi ed alcune delle principali): PEOPLES (http://peoplesresilience.org/), H2020 (http://www.resolute-eu.org/, http://smr-project.eu/home/, http://www.h2020darwin.eu/ http://improverproject.eu/, http://resilens.eu/resilens-outputs/) e SENDAI (http://www.unisdr.org/we/coordinate/hfa-post2015).

Se l'esaustiva quantificazione della resilienza di un sistema territoriale è ancora in fase di messa a punto, i diversi approcci analitici sono concordi nel riconoscere la necessità dell'intervento di specialisti con professionalità diverse, capaci di coordinarsi e lavorare insieme. Affinché questo approccio all'analisi/gestione del territorio dia i frutti sperati, pertanto, è necessario non solo disporre di professionalità di alto profilo in ciascuna delle molteplici discipline coinvolte, ma anche modificare l'approccio attualmente più ricorrente, che consiste nell'affrontare – e nella migliore delle ipotesi risolvere – un problema alla volta. Quest'ultima affermazione, che può sembrare ovvia, merita un maggior approfondimento. Le discipline tecniche, in questi anni, hanno tutte subìto un notevole incremento di complessità e di conoscenze preliminari. L'espletazione di un'analisi specifica pre-

suppone, da parte del professionista in carica, un livello di professionalità, di conoscenza del quadro normativo internazionale, e di esperienza, che sono frutto di un percorso di formazione lungo e faticoso. E, inevitabilmente, prevalentemente monodisciplinare. Convincere un professionista qualificato ed esperto che le sue valutazioni devono essere, se non subordinate, almeno coordinate con quella di colleghi che si occupano di tutt'altra materia, non è ovvio, e richiede la creazione di un sostrato culturale che è il necessario presupposto dello sviluppo della resilienza di sistemi complessi.

Lo sviluppo della resilienza, quindi, ha bisogno sia di esperienze applicative a casi reali, che diano modo di sviluppare metodi di valutazione sempre più esaustivi ed efficienti, che di preparare i singoli specialisti alla necessità di 'fare un passo indietro', ovvero di relativizzare il proprio giudizio, coordinandolo con quello scaturito dall'applicazione di competenze del tutto diverse.

In questi anni sono state compiute numerose esperienze sull'applicazione della resilienza; di volta in volta sono state utilizzate diverse finalità e scale di osservazione ed approcci metodologici differenti. Affinché queste esperienze possano contribuire ad una maggiore capacità di conoscenza e di gestione del territorio, tuttavia, è importante che possano essere confrontate tra di loro, ovvero 'trasferite', con i dovuti accorgimenti, da un contesto all'altro. Vista l'estrema complessità della materia, infatti, c'è il rischio che le inevitabili differenze tra i molteplici fattori caratterizzanti lo specifico scenario territoriale prevalgano sull'unitarietà della procedura, rendendo le singole esperienze difficilmente confrontabili.

Per ovviare a questo inconveniente è necessario far riferimento ad un inquadramento estremamente generale, all'interno del quale le diverse esperienze possano essere collocate. Questo obiettivo è fondamentale non solo a scopi 'divulgativi', ma per conferire una effettiva efficacia agli sforzi che i singoli comparti amministrativi possono compiere in questa direzione. È quindi di primaria importanza che le esperienze attivate in questo filone di ricerca siano coordinate con le linee-guida internazionali, ed ancorate allo stato dell'arte più aggiornato di questa disciplina.

Il workshop è orientato a catalizzare l'attenzione di ricercatori e liberi professionisti attivi sul territorio fiorentino sulla valutazione della sua resilienza, cercando al contempo di stabilire un contatto con le Istituzioni Pubbliche incaricate del controllo e della gestione del territorio. L'intervento di alcuni tra i più rappresentativi ricercatori attivi in questo filone di ricerca offre uno spaccato significativo ed aggiornato delle potenzialità di questo approccio metodologico. La città di Firenze costituisce un esempio ottimale per l'applicazione di analisi di resilienza. Essa infatti, pur presentando una dimensione contenuta sia a livello di estensione territoriale che demografico, è caratterizzata da una spiccata valenza multi-dimensionale. Città d'arte, consacrata a patrimonio dell'Umanità dall'Unesco, riveste da sempre un ruolo di primo piano nella moda e nelle arti. Ma conserva, insieme alla sua dimensione umanistica, una memoria dei mestieri e dell'artigianato ormai smarrita nella maggior parte dei centri italiani. Sede Universitaria di importanza storica, ha superato l'alluvione del 1966 dando prova di insospettabile capacità reattiva.

E proprio l'alluvione, di cui quest'anno ricorre il cinquantenario, ha costituito lo spunto per quest'iniziativa. Anche se nel 1966 la resilienza non aveva ancora fatto la sua comparsa nel panorama scientifico internazionale (se non ne nella sua primigenia accezione psicologica), la reazione della città all'alluvione può essere senz'altro considerata resiliente. Il desiderio di salvare i tesori, sia storici che artistici, dalle

acque dell'Arno ha mobilitato – malgrado l'assenza delle attuali reti informatiche – non solo tutta la cittadinanza, ma un'ampia comunità Nazionale ed Internazionale. L'alluvione del '66, infatti, ha messo in luce un'altra importante qualità, essenziale per lo sviluppo della ricerca della resilienza: l'enorme attaccamento della Popolazione alla propria città, e la disponibilità ad investire tutta l'energia e il tempo necessari al suo ripristino.

Certi, quindi, che Firenze sia l'esempio perfetto di città potenzialmente resiliente, abbiamo preso l'iniziativa di organizzare questo workshop, e cogliamo adesso l'occasione per ringraziare i relatori che si sono generosamente messi a disposizione per fornire il loro prezioso contributo alla riuscita della giornata, e il Consiglio della Regione Toscana che ci ha prima spronati e poi sostenuti in questa iniziativa.

Bibliografia

Cimellaro G.P., Duenas-Osorio L., Reinhorn A.M. 2016, *Special Issue on Resilience-Based Analysis and Design of Structures and Infrastructure Systems*, «ASCE Journal of Structural Engineering», n. 142 (in press).

Cimellaro G., Renschler C., Reinhorn A.M., Arendt L. 2016, *PEOPLES: A Framework for Evaluating Resilience*, «ASCE Journal of Structural Engineering», n. 142, 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001514, 04016063 (in press).

Bruneau M., Chang S.E., Eguchi R. T., Lee G.C., O'Rourke T.D., Reinhorn A.M., Shinozuka M., Tierney K., Wallace W.A., Von Winterfeldt D. 2003, *A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities*, «Earthquake Spectra», n. 19(4), pp. 733-752.

Cimellaro G.P., Renschler C., Reinhorn A.M., Arendt L. 2016, *PEOPLES: A Framework for Evaluating Resilience*, «Journal of Structural Engineering».

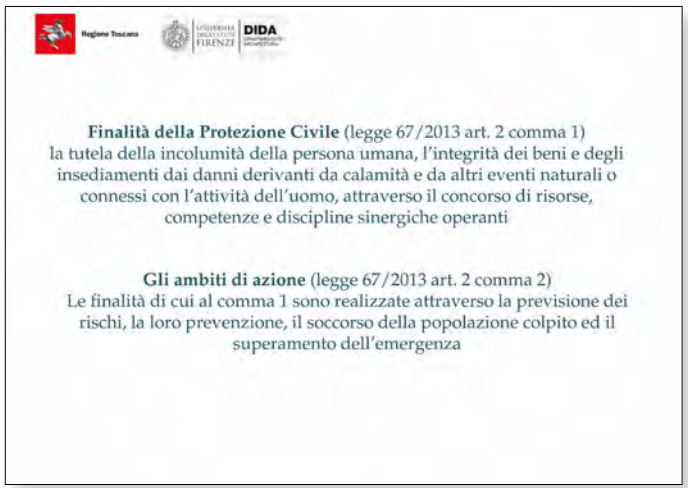
Cimellaro G.P., Fumo C., Reinhorn A.M., Bruneau M. 2009, *Quantification of Seismic Resilience of Health care facilities*. *MCEER Technical Report-MCEER-09-0009*, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, NY.

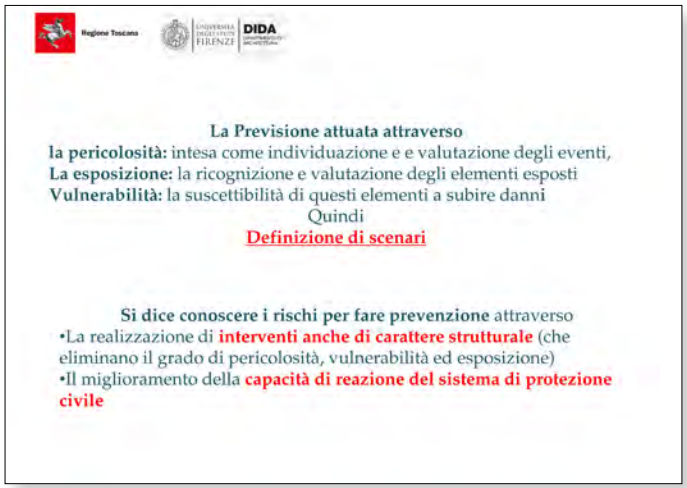
Cimellaro G.P., Reinhorn A.M., Bruneau M. 2010, *Framework for analytical quantification of disaster resilience*, «Engineering Structures», n. 32, pp. 3639-3649.

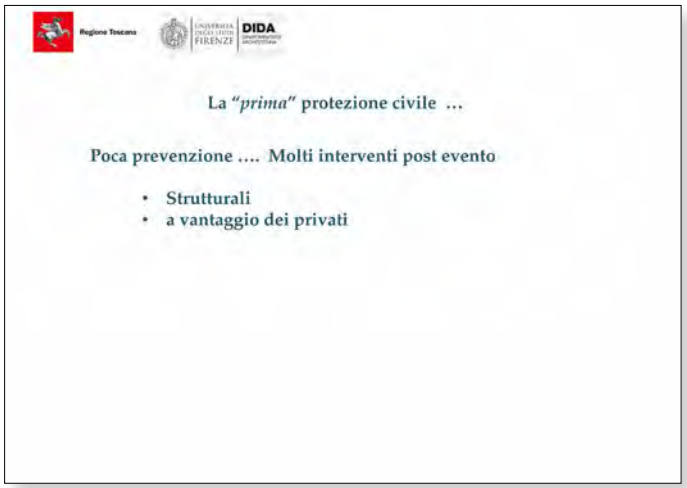
Interventi non strutturali per la protezione del territorio

Interventi non strutturali per la protezione del territorio

Riccardo Gaddi
Direttore Protezione Civile Regione Toscana







Regione Toscana | DIDA

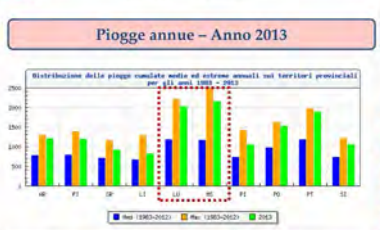
La "*prima*" protezione civile …

L'inadeguatezza degli interventi strutturali …
Scarse risorse,
i cambiamenti in atto nel clima
I cambiamenti nella società

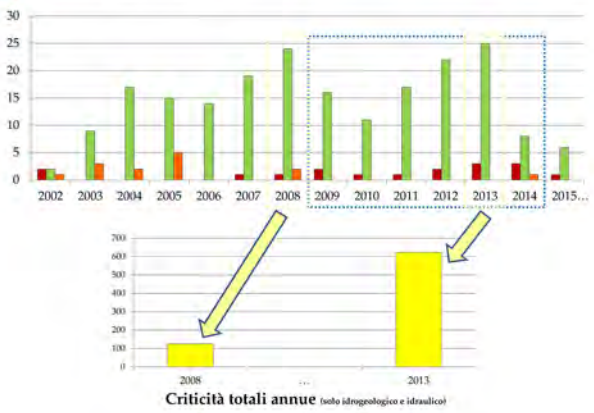
Molta attività di soccorso e di superamento dell'emergenza
Poca attività di previsione e prevenzione

Regione Toscana | DIDA

Piogge annue – Anno 2013



Regione Toscana | DIDA



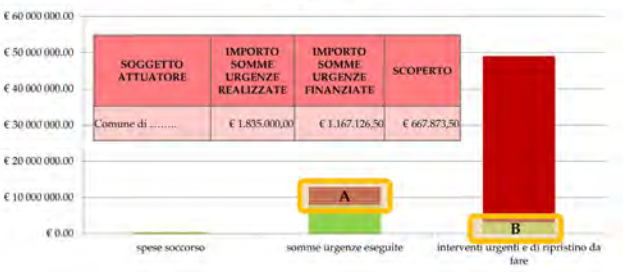
Criticità totali annue (solo idrogeologico e idraulico)

Regione Toscana | DIDA

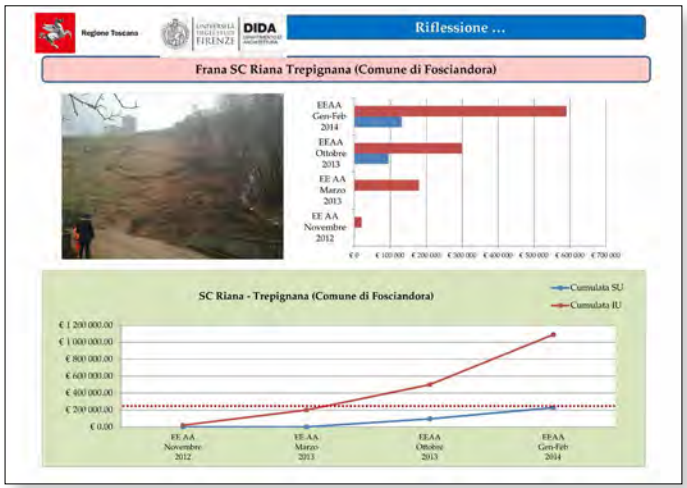
La sproporzione tra necessità e disponibilità di risorse per fare prevenzione STRUTTURALE

Evento alluvionale di ottobre 2013

Finanziamenti



SOGGETTO ATTUATORE	IMPORTO SOMME URGENZE REALIZZATE	IMPORTO SOMME URGENZE FINANZIATE	SCOPERTO
Comune di ……	€ 1.835.000,00	€ 1.167.126,50	€ 667.873,50


Regione Toscana
DIDA
Riflessione ...
Frana SC Riana Trepignana (Comune di Fosciandora)
EEAA Gen-Feb 2014
EEAA Ottobre 2013
EE AA Marzo 2013
EE AA Novembre 2012
SC Riana - Trepignana (Comune di Fosciandora)
Cumulata SU
Cumulata IU
€ 1 200 000.00
€ 1 000 000.00
€ 800 000.00
€ 600 000.00
€ 400 000.00
€ 200 000.00
€ 0.00
EE AA Novembre 2012
EE AA Marzo 2013
EEAA Ottobre 2013
EEAA Gen-Feb 2014

Regione Toscana
DIDA
La "seconda" Protezione Civile ...
gli Interventi Non Strutturali
informazione
formazione
pianificazione
monitoraggio
risorse

Regione Toscana
DIDA
Con quale strumento?

Regione Toscana
DIDA
Cosa dobbiamo fare con la nostra attività
Pericoli
Rischi
il piano di protezione civile
Pericoli
Rischi
Pericoli
Rischi
Pericoli
Rischi

Regione Toscana | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA

QUANDO? in tempo reale e quindi la prevenzione non strutturale

Regione Toscana | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA

Farlo Bene … COMUNICARE IL RISCHIO ….
O IL RISCHIO DI COMUNICARE ?

Regione Toscana | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA

2.2 Nuovo obiettivo della protezione civile: **la resilienza**

Legge regionale 67/2003 "… Il miglioramento della **capacità di reazione del sistema di protezione civile**" **… ma**

In un periodo caratterizzato da …

grandi, ma soprattutto continui, cambiamenti,

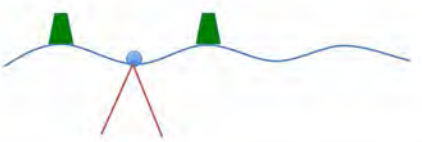
nell'impossibilità di controllare la volatilità di questi fenomeni,

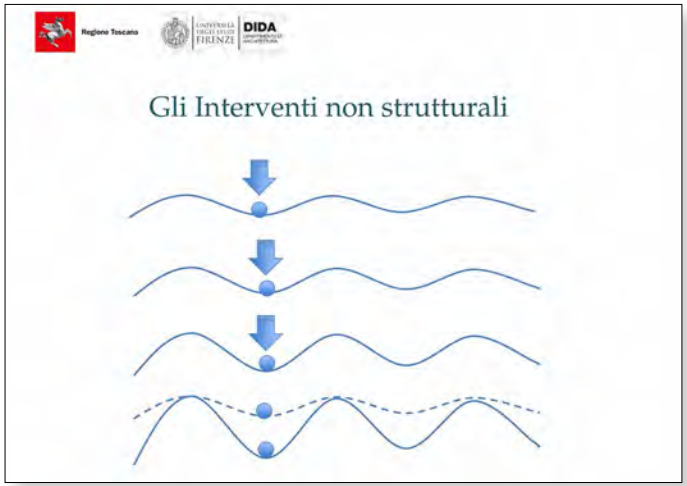
fondamentale imparare a progettare o ridisegnare organizzazioni, istituzioni e sistemi capaci di
assorbire meglio gli sconvolgimenti,
operare in una più ampia varietà di condizioni e di passare senza soluzione di continuità, con più fluidità, da una situazione ad un'altra.

La resilienza deve qui intendersi come "**la rapidità con cui sistemi critici, possono essere ripristinati dopo un evento calamitoso**", ma questo concetto può essere comunque applicato a diversi ambiti e in generale esprime la capacità di andare avanti e riprendersi in seguito di cambiamenti.

Regione Toscana | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA

Gli Interventi strutturali



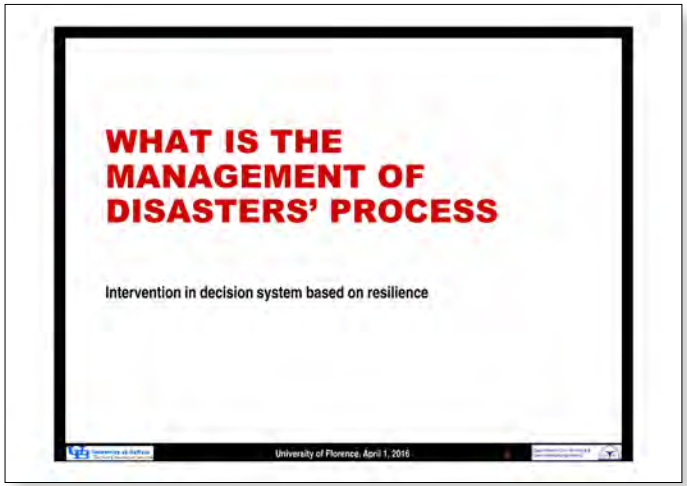

Regione Toscana
DIDA
Gli Interventi non strutturali

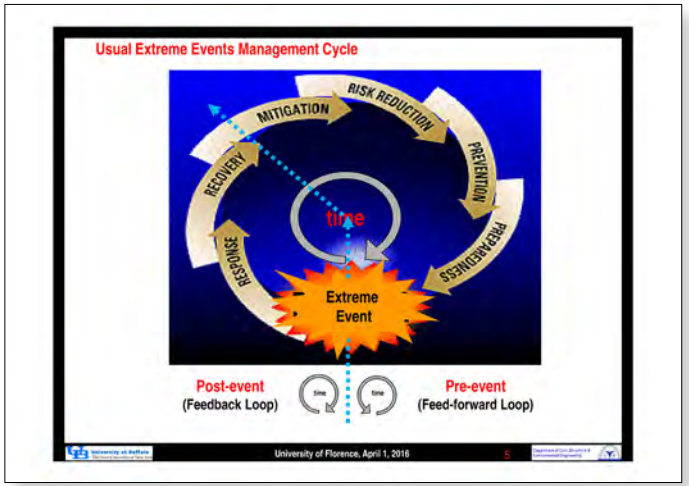
Regione Toscana
DIDA
LA RESILIENZA

Disaster Management of Communities Through Resilience-Based-Design

Disaster management of communities through Resilient-Based-Design

Andrei M. Reinhorn
Department of Civil Structural and Environmental Engineering, University at Buffalo




Usual Extreme Events Management Cycle
MITIGATION
RISK REDUCTION
PREVENTION
PREPAREDNESS
RESPONSE
RECOVERY
time
Extreme Event
Post-event
(Feedback Loop)
Pre-event
(Feed-forward Loop)
University of Florence, April 1, 2016

Controlling and Managing Extreme Events Cycles
Hazard
Extreme Events
People
Infrastructure Services
Disaster
University of Florence, April 1, 2016

Controlling and Managing Extreme Events Cycles
Mitigation
Preparedness
Response
Hazard
Extreme Events
Infrastructure Services
Disaster
University of Florence, April 1, 2016

Controlling and Managing Extreme Events Cycles
Prevention
Recovery
Mitigation
Preparedness
Response
Hazard
Extreme Events
Infrastructure Services
Disaster
University of Florence, April 1, 2016

Scope of Presentation

The presentation will introduce:

The *Resilience of Communities* as a philosophy that integrates "ALL" contributions to *disaster management* based on *loss* and *recovery* of *functionality* in a paradigm based on *theory of control of "systems of systems"*

- Definitions of *functionality* (usability and safety) *loss* and *recovery* related to a generalized function with contributions from components of technical-(engineering)-organizational-socio-political-economic-aspects and ... more
- *Resilience indices* as measurable probabilistic quantifications of functionality similar to the decision variables of PBE addressing *losses* from multiple components while considering them in addition the associated *recovery* process
- Engineers' role in formulating the platform emphasizing the mitigation of disastrous effects while participating in the decision system managing and preventing the disaster, and perhaps engineering the process showing that :

"AN OUNCE OF PREVENTION IS WORTH A POUND OF CURE"

University of Florence, April 1, 2016

Functionality of Communities and Components

Capability to provide the intended services and safety of communities and their infrastructures

University of Florence, April 1, 2016

What is functionality ?

- The role and purpose of a component in the normal operations of a process:
  - Housing: offer uninterrupted shelter from environment, security, living services
  - Hospital: offer in addition to the above, services to recover from trauma (emergency, operating and recovery spaces, medical services, etc)

University of Florence, April 1, 2016

What is functionality ?

University of Florence, April 1, 2016

What is functionality ?

- The role and purpose of a component in the normal operations of a process:
  - Housing: offer uninterrupted shelter from environment, security, living services
  - Hospital: offer in addition to the above, services to recover from trauma (emergency, operating and recovery spaces, medical services, etc)

What is functionality ?

What is functionality ?

Functionality

- A performance function describing the usefulness of the system
  - Dependent of usage
  - Dependent on integrity
  - Dependent on costs / losses
  - Dependent on specific parameters that describe the above

E.G. Hospital: Provides service to bring population to full state of health; Parameters: Total population, unhealthy population, medical staff, medical infrastructure, built infrastructure

Functionality in community

- Buildings provide shelter and services
- Networks provide links (transportation: roads, bridges, vehicles; utilities: water, gas, communications; health: emergency, care; etc.)
- Economic environment: production, financial system, distribution system, markets
- Social cultural: education, care: children, elderly, etc

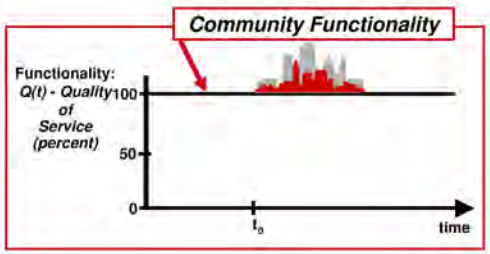
University of Florence, April 1, 2016

Functionality in community (cont'd)

- Organizational: community security, legal services, public health, etc
- Population welfare, lifestyle and behaviour
- Environmental welfare: clean air, soil, Biosystems, etc.

University of Florence, April 1, 2016

Desired functionality in time



University of Florence, April 1, 2016

Measures of functionality

- Services delivered per Services needed
  - (1) Functionality = Residual strength / Needed strength
  - (2) Functionality = Available space / Original space
  - (3) Functionality = Number of customer served / Total number of customers
  - (4) Functionality = Waiting time in emergency conditions / Waiting time in normal conditions

(1) Physical infrastructure;
(2) Physical, economical, environmental, etc.
(3) Infrastructure networks, population, health, organizational networks,
(4) Services: Emergency Rms, Public Transportation, Distribution of goods, etc

University of Florence, April 1, 2016

Resilience of Communities and Components

University of Florence, April 1, 2016

WHAT IS RESILIENCE ?

University of Florence, April 1, 2016

What is Resilience?

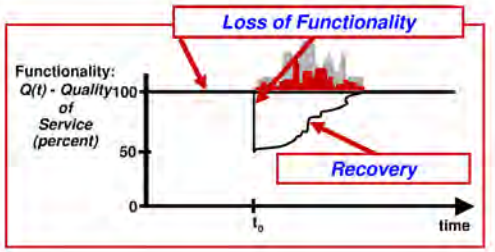
Resilience is an "ability to recover from, or adjust easily to, misfortune or change "

Resilience is the "physical property of a material that can recover its original shape or return to position after deformation "

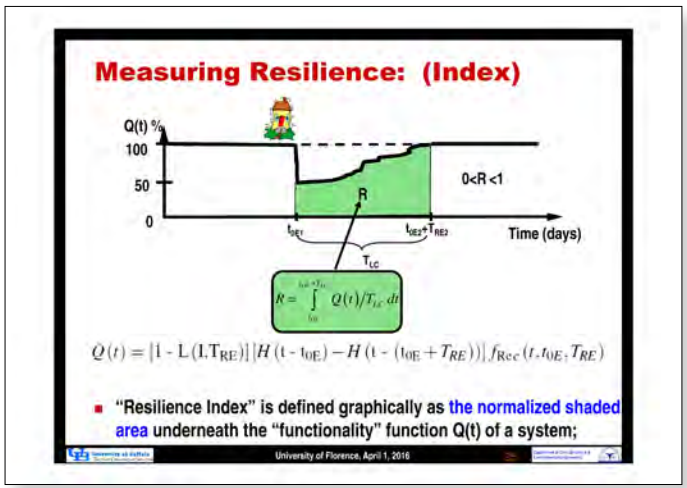
1. Addresses both the ***loss of functionality*** (sudden in case of a disastrous - earthquakes) and ***recovery of functionality*** (in time and space)

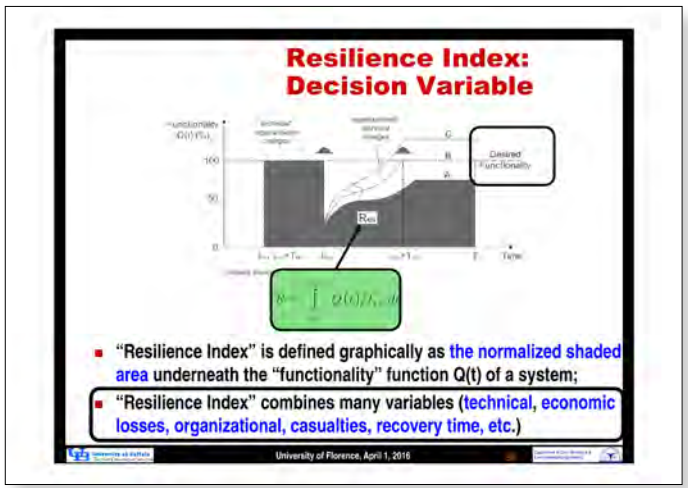
University of Florence, April 1, 2016

Loss and Recovery of Functionality



University of Florence, April 1, 2016


Measuring Resilience: (Index)
Q(t) %
100
50
0
0<R <1
R
Time (days)
$R = \int_{t_{0E}}^{t_{0E}+T_{LC}} Q(t)/T_{LC}\,dt$
$Q(t) = [1 - L(1,T_{RE})]\,[H(t - t_{0E}) - H(t - (t_{0E} + T_{RE}))]\,f_{Rec}(t, t_{0E}, T_{RE})$
"Resilience Index" is defined graphically as the normalized shaded area underneath the "functionality" function Q(t) of a system;
University of Florence, April 1, 2016


Resilience Index: Decision Variable
Desired Functionality
"Resilience Index" is defined graphically as the normalized shaded area underneath the "functionality" function Q(t) of a system;
"Resilience Index" combines many variables (technical, economic losses, organizational, casualties, recovery time, etc.)
University of Florence, April 1, 2016

The Four Fundamental Attributes of Resilience
robustness
redundancy
resourcefulness
rapidity
University of Florence, April 1, 2016

Attributes of Resilience:
Robustness: Inherent Strength -- Reduce Disruption
Redundancy: Allow for Alternative Options, Choices, Substitutions -- Reduce Disruption
Rapidity: The rate of recovery determined by planning, resources, execution, etc.
Resourcefulness: Capacity to Mobilize (Needed Resources to -- Reduce Disruption and/or Recover
University of Florence, April 1, 2016

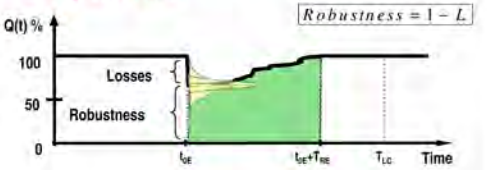
Attributes of Resilience:

- *Robustness*: Inherent Strength -- Reduce *Disruption*
- *Redundancy*: Allow for Alternative Options, Choices, Substitutions -- Reduce *Disruption*
- *Rapidity:* The rate of recovery determined by planning, resources, execution, etc.
- *Resourcefulness*: Capacity to Mobilize (Needed Resources to -- Reduce *Disruption* and/or *Recover*

University of Florence, April 1, 2016

Attributes of Resilience:

- ***R1-Robustness***: Inherent Strength – Reduces *Disruption / Loss*



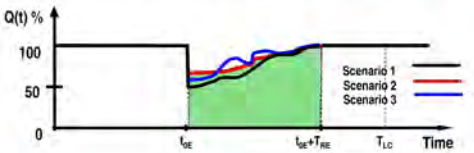
Capacity of a system to resist an extreme event without suffering degradation or loss of function.

The losses should be maintained within a narrow band no matter what the input is. Fault tolerant in system controls.

University of Florence, April 1, 2016

Attributes of Resilience:

- ***R1-Robustness***: Inherent Strength -- Reduces *Loss / Disruption*
- ***R2-Redundancy***: Allow for alternative options, choices, substitutions - increases residual functionality – reduces *Loss* and *Disruptions*



University of Florence, April 1, 2016

Attributes of Resilience:

- ***R1-Robustness***: Inherent Strength -- Reduces *Loss* and *Disruption*
- ***R2-Redundancy***: Allow for Alternative Options, Choices, Substitutions -- Reduce *Disruption*
- *R3-Rapidity*: (High) Rate of *Recovery* to an Acceptable Level of Performance
- *R3-Resourcefulness*: Capacity to Mobilize Needed Resources to -- Reduce *Disruption* and/or *Recover*

University of Florence, April 1, 2016

RECOVERY FUNCTIONS

University of Florence, April 1, 2016

Recovery of Functionality: Functional Issues

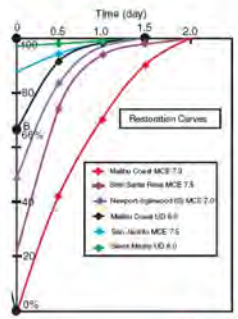
- Engineering issues may be addressed in the original design
- Organizational issues usually addressed by combined preparedness plans and ad-hoc interventions
- Financial, economic and business issues seldom addressed prior to disasters without engineering input.
- Societal issues and priorities usually part of policies and behavior, not always agreed prior to disasters, or addressed late.

University of Florence, April 1, 2016

Functionality and Recovery of Power Grid (Shinozuka et al, 2006)

Number of customers per total population in scenario earthquakes

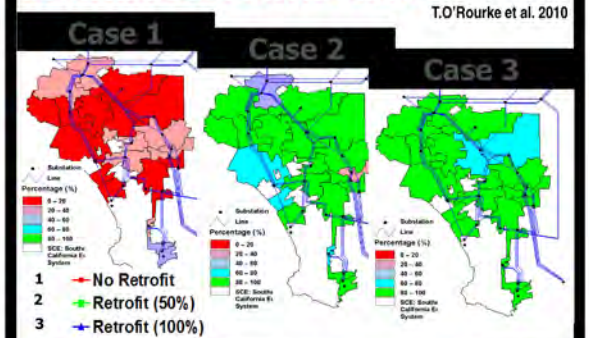
Functionality = N_c / N_T



University of Florence, April 1, 2016

Functionality Maps for Water Grid in NORTHRIDGE EARTHQUAKE

T.O'Rourke et al. 2010

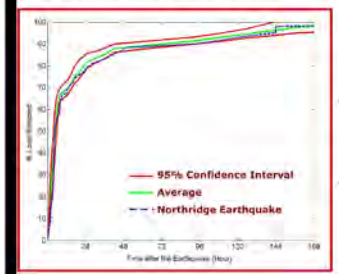


University of Florence, April 1, 2016

Resilience of Water Grid NORTHRIDGE EARTHQUAKE

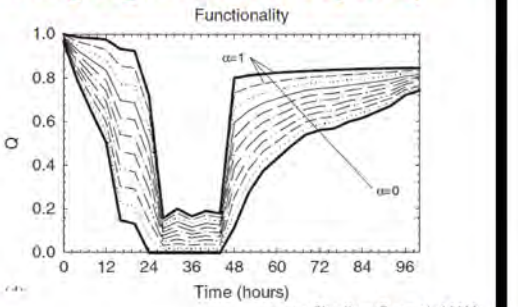
T.O'Rourke et al. 2010

System restoration curve



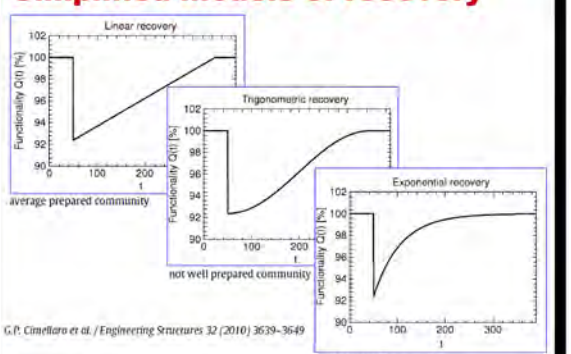
- The real restoration curve lies between the 95% confidence intervals
- The exponential shape agrees with observed data
- With additional data on distribution system, restoration curves for each service area can be constructed

Functionality recovery for a hospital (including organizational aspects)



see Cimellaro, Fumo et al 2008

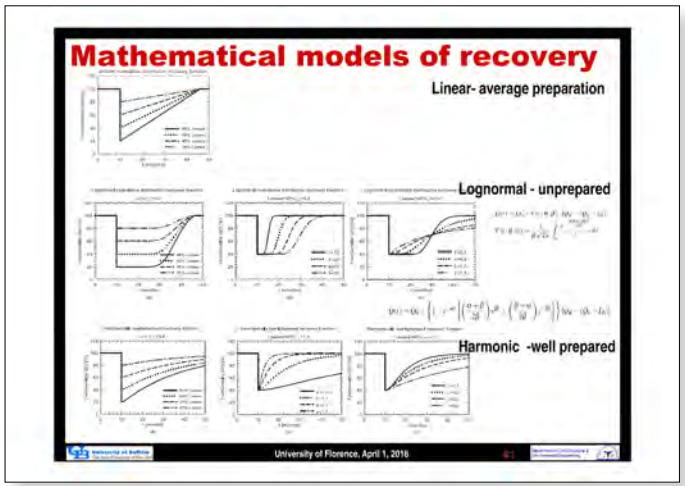
Simplified models of recovery

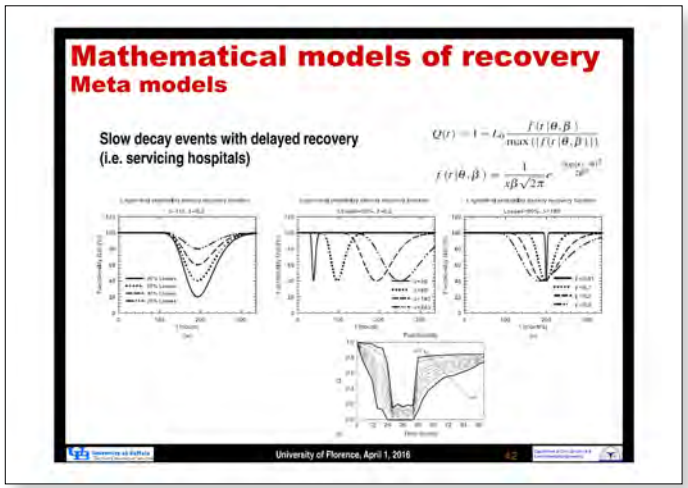


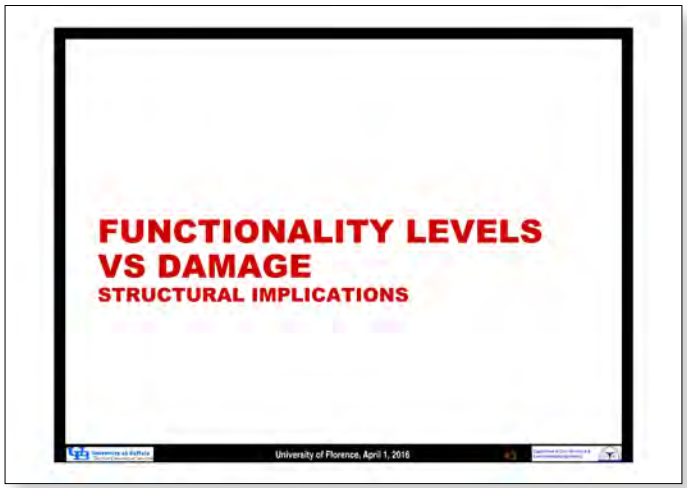
G.P. Cimellaro et al. / Engineering Structures 32 (2010) 3639–3649

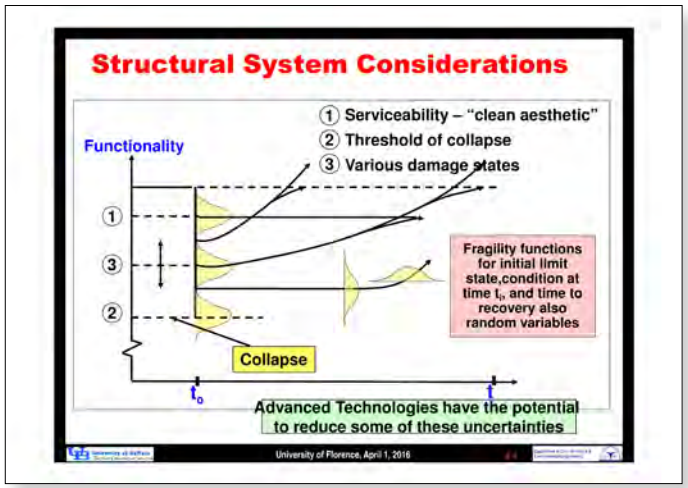
Recovery functions of housing units

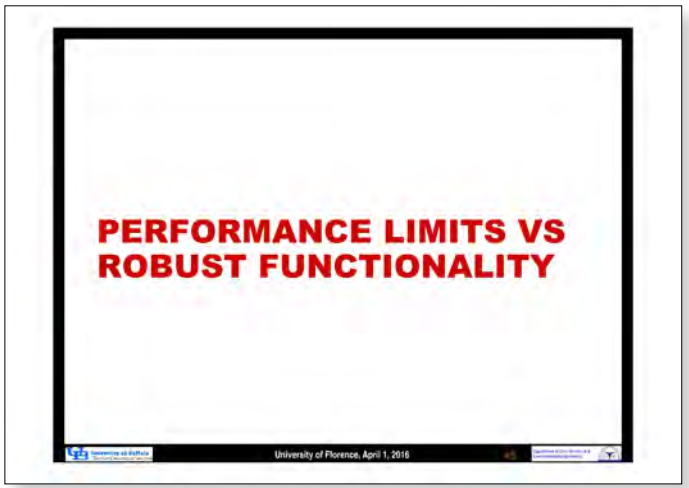
Case study: L'Aquila downtown

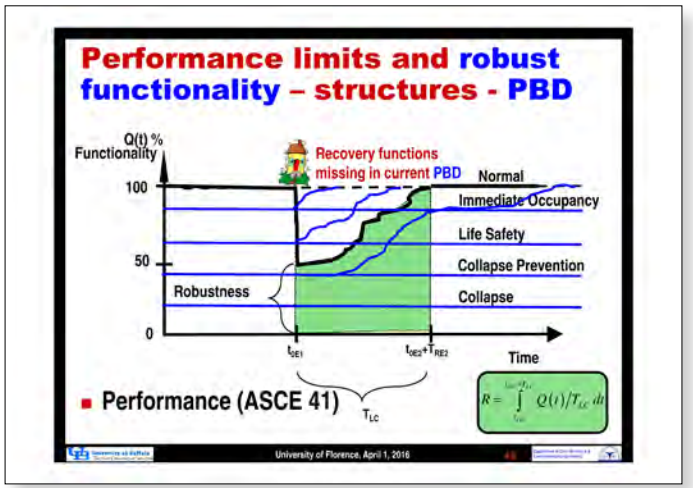

Mathematical models of recovery
Linear- average preparation
Lognormal - unprepared
Harmonic -well prepared
University of Florence, April 1, 2016

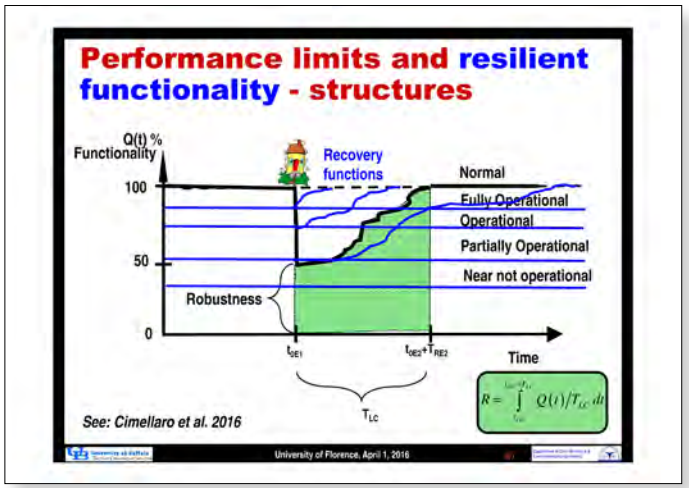

Mathematical models of recovery
Meta models
Slow decay events with delayed recovery
(i.e. servicing hospitals)
University of Florence, April 1, 2016

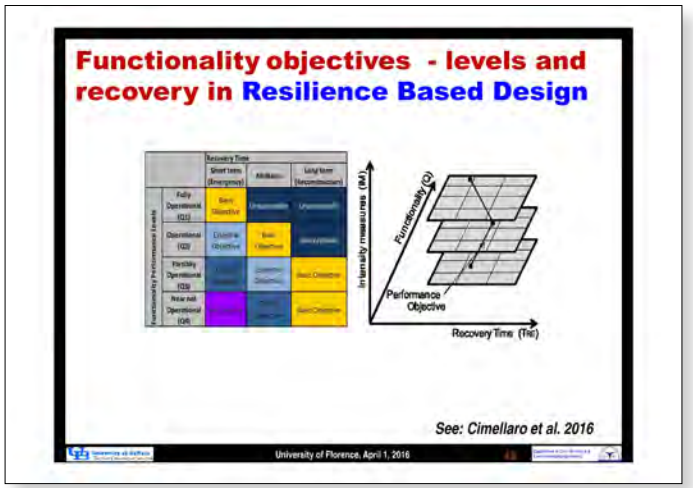

FUNCTIONALITY LEVELS
VS DAMAGE
STRUCTURAL IMPLICATIONS
University of Florence, April 1, 2016


Structural System Considerations
Functionality
1 Serviceability – "clean aesthetic"
2 Threshold of collapse
3 Various damage states
Fragility functions for initial limit state,condition at time t_0, and time to recovery also random variables
Collapse
t_0
t
Advanced Technologies have the potential to reduce some of these uncertainties
University of Florence, April 1, 2016


PERFORMANCE LIMITS VS
ROBUST FUNCTIONALITY
University of Florence, April 1, 2016


Performance limits and robust functionality – structures - PBD
Q(t) % Functionality
100
50
0
Recovery functions missing in current PBD
Normal
Immediate Occupancy
Life Safety
Collapse Prevention
Collapse
Robustness
Time
Performance (ASCE 41)
University of Florence, April 1, 2016


Performance limits and resilient functionality - structures
Q(t) % Functionality
100
50
0
Recovery functions
Normal
Fully Operational
Operational
Partially Operational
Near not operational
Robustness
Time
See: Cimellaro et al. 2016
University of Florence, April 1, 2016


Functionality objectives - levels and recovery in Resilience Based Design
Intensity measures (IM)
Functionality (Q)
Performance Objective
Recovery Time (Trd)
See: Cimellaro et al. 2016
University of Florence, April 1, 2016

COMPONENTS OF FUNCTIONALITY

University of Florence, April 1, 2016

Functionality dependencies

- Components/parameters: *engineering*, economic, organizational, socio-political, demographic-cultural, ecological-environmental

See original formulation by MCEER 2003

University of Florence, April 1, 2016

Groups of Dimensions and Components (abbreviated)

- Technical: Physical Systems - Location-Based & Distributed Facilities, Engineering
- Organizational: Dynamics of Organizations & Institutions Providing Functions, Operations
- Social: Dynamics of Communities and Populations, Cultural Systems
- Economic: Dynamics of Local and Regional Economies & Their Constituent Units (e.g. Businesses)

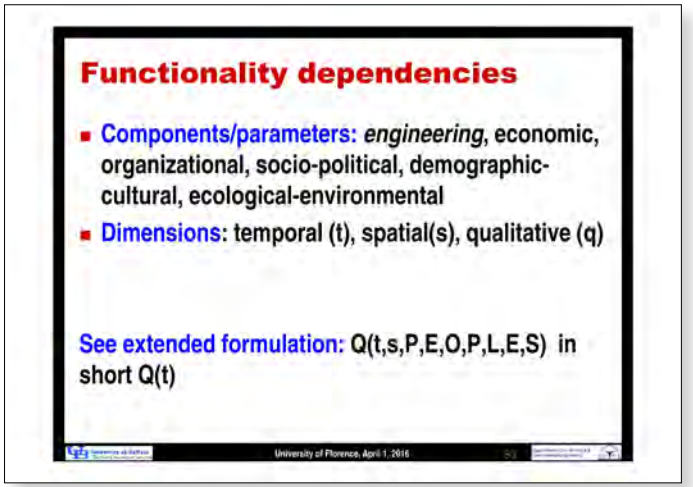
University of Florence, April 1, 2016

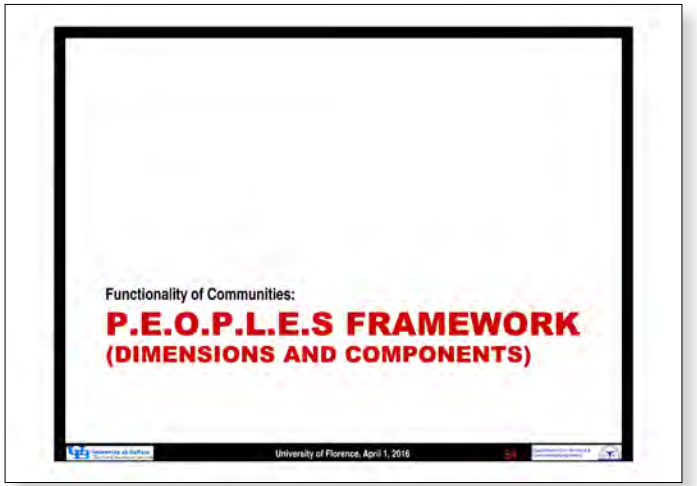
Matrix of Objectives in Resilience Based Design Original MCEER approach

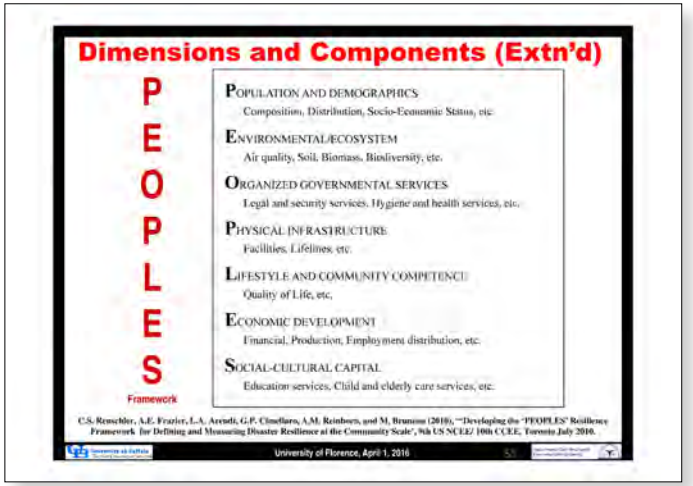
Dimension/Quality	Technical	Organizational	Social	Economic
Robustness	Building codes and construction procedures for new and retrofitted structures	Emergency operations planning	Social vulnerability and degree of community preparedness	Extent of regional economic diversification
Redundancy	Capacity for technical substitutions and "work-arounds"	Alternate sites for managing disaster operations	Availability of housing options for disaster victims	Ability to substitute and conserve needed inputs
Resourcefulness	Availability of equipment and materials for restoration and repair	Capacity to improvise, innovate, and expand operations	Capacity to address human needs	Business and industry capacity to improvise
Rapidity	System downtime: restoration time	Time between impact and early recovery	Time to restore lifeline services	Time to regain capacity, lost revenue

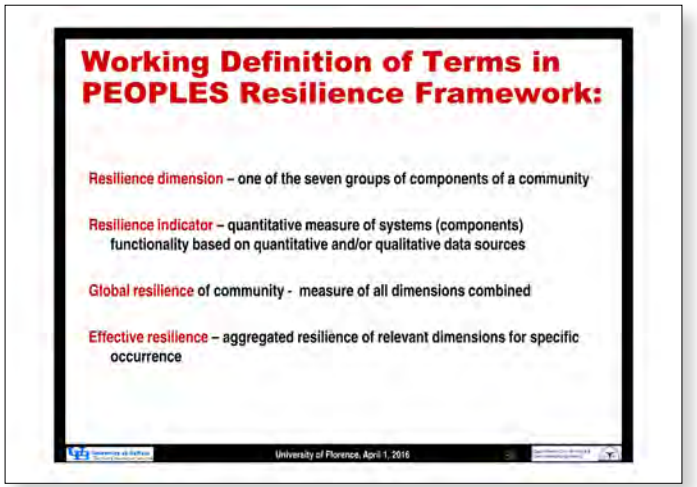
Source: Kathleen Tierney, Director of the Natural Hazard Center, 2005

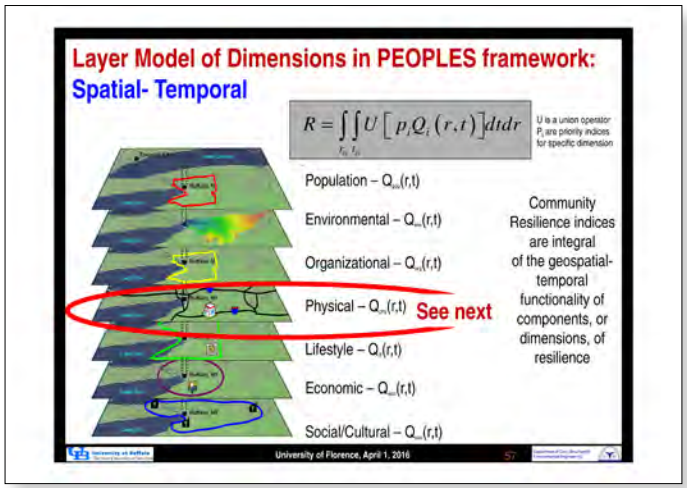
University of Florence, April 1, 2016

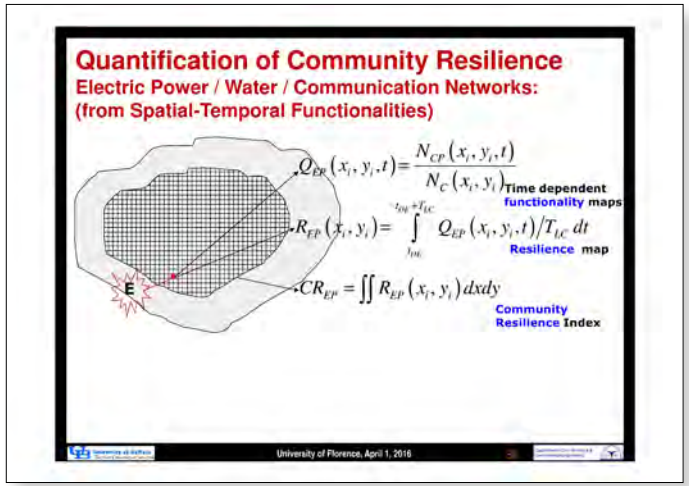

Functionality dependencies
Components/parameters: engineering, economic, organizational, socio-political, demographic-cultural, ecological-environmental
Dimensions: temporal (t), spatial(s), qualitative (q)
See extended formulation: Q(t,s,P,E,O,P,L,E,S) in short Q(t)
University of Florence, April 1, 2016

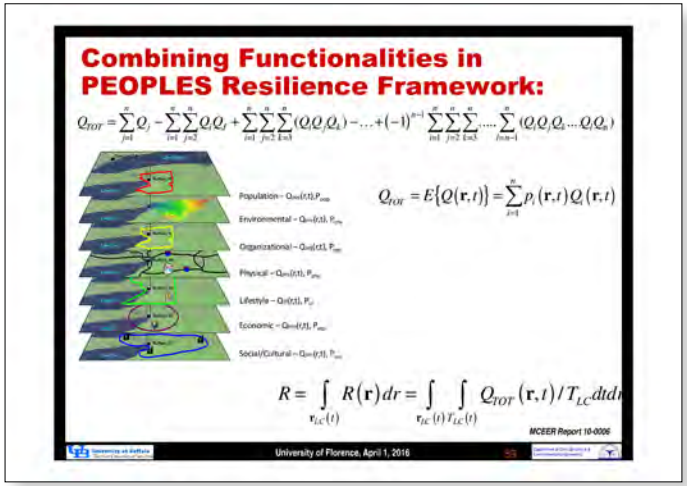

Functionality of Communities:
P.E.O.P.L.E.S FRAMEWORK
(DIMENSIONS AND COMPONENTS)
University of Florence, April 1, 2016

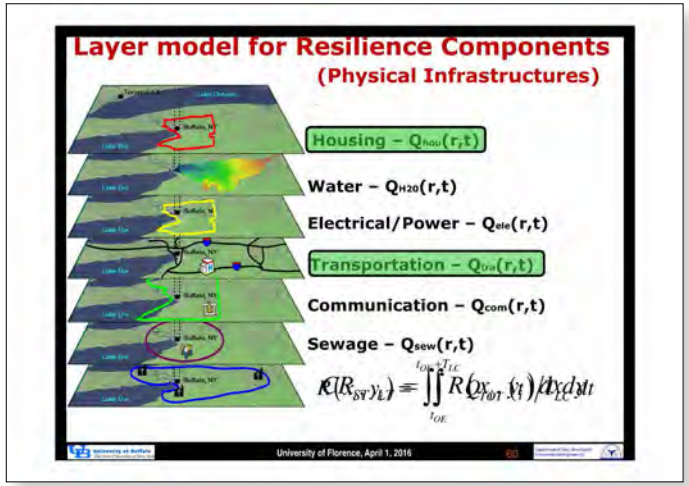

Dimensions and Components (Extn'd)
P
E
O
P
L
E
S
Framework
POPULATION AND DEMOGRAPHICS
Composition, Distribution, Socio-Economic Status, etc.
ENVIRONMENTAL/ECOSYSTEM
Air quality, Soil, Biomass, Biodiversity, etc.
ORGANIZED GOVERNMENTAL SERVICES
Legal and security services, Hygiene and health services, etc.
PHYSICAL INFRASTRUCTURE
Facilities, Lifelines, etc.
LIFESTYLE AND COMMUNITY COMPETENCE
Quality of Life, etc.
ECONOMIC DEVELOPMENT
Financial, Production, Employment distribution, etc.
SOCIAL-CULTURAL CAPITAL
Education services, Child and elderly care services, etc.
C.S. Renschler, A.E. Frazier, L.A. Arendt, G.P. Cimellaro, A.M. Reinhorn, and M. Bruneau (2010), "Developing the 'PEOPLES' Resilience Framework for Defining and Measuring Disaster Resilience at the Community Scale", 9th US NCEE/ 10th CCEE, Toronto July 2010.
University of Florence, April 1, 2016


Working Definition of Terms in PEOPLES Resilience Framework:
Resilience dimension – one of the seven groups of components of a community
Resilience indicator – quantitative measure of systems (components) functionality based on quantitative and/or qualitative data sources
Global resilience of community - measure of all dimensions combined
Effective resilience – aggregated resilience of relevant dimensions for specific occurrence
University of Florence, April 1, 2016


Layer Model of Dimensions in PEOPLES framework:
Spatial- Temporal
$R = \int_{T_{LC}} \int_{T_{IC}} U\left[p_i Q_i (r,t) \right] dt dr$
U is a union operator
P_i are priority indices for specific dimension
Population – $Q_{pop}(r,t)$
Environmental – $Q_{env}(r,t)$
Organizational – $Q_{org}(r,t)$
Physical – $Q_{ph}(r,t)$
See next
Lifestyle – $Q_{ls}(r,t)$
Economic – $Q_{ec}(r,t)$
Social/Cultural – $Q_{soc}(r,t)$
Community Resilience indices are integral of the geospatial-temporal functionality of components, or dimensions, of resilience
University of Florence, April 1, 2016


Quantification of Community Resilience
Electric Power / Water / Communication Networks:
(from Spatial-Temporal Functionalities)
$Q_{EP}(x_i, y_i, t) = \frac{N_{CP}(x_i, y_i, t)}{N_C(x_i, y_i)}$
Time dependent functionality maps
$R_{EP}(x_i, y_i) = \int_{t_{OE}}^{t_{OE}+T_{LC}} Q_{EP}(x_i, y_i, t)/T_{LC}\, dt$
Resilience map
$CR_{EP} = \iint R_{EP}(x_i, y_i)\, dxdy$
Community Resilience Index
E
University of Florence, April 1, 2016


Combining Functionalities in PEOPLES Resilience Framework:
$Q_{TOT} = \sum_{j=1}^{n} Q_j - \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{n} Q_i Q_j + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{n}\sum_{k=3}^{n} (Q_i Q_j Q_k) - \ldots + (-1)^{n-1} \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{n}\sum_{k=3}^{n} \ldots \sum_{l=n-1}^{n} (Q_i Q_j Q_k \ldots Q_l Q_n)$
$Q_{TOT} = E\{Q(\mathbf{r},t)\} = \sum_{j=1}^{n} p_i(\mathbf{r},t)\, Q_i(\mathbf{r},t)$
$R = \int_{\mathbf{r}_{LC}(t)} R(\mathbf{r})\, dr = \int_{\mathbf{r}_{IC}(t)} \int_{T_{LC}(t)} Q_{TOT}(\mathbf{r},t)/T_{LC}\, dt dr$
MCEER Report 10-0006
University of Florence, April 1, 2016

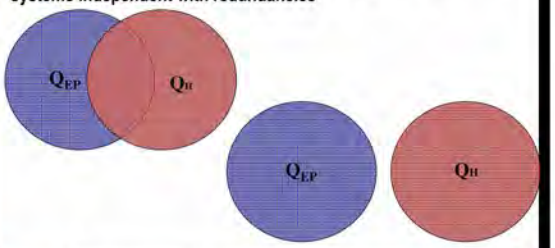

Layer model for Resilience Components
(Physical Infrastructures)
Housing – $Q_{hou}(r,t)$
Water – $Q_{H20}(r,t)$
Electrical/Power – $Q_{ele}(r,t)$
Transportation – $Q_{tra}(r,t)$
Communication – $Q_{com}(r,t)$
Sewage – $Q_{sew}(r,t)$
$R(R_{ST}, y_L) = \int_{t_{OE}}^{t_{OE}+T_{LC}} \iint R(Q_{TOT}(x_i, y_i, t))\, dx dy dt$
University of Florence, April 1, 2016

COMBINING FUNCTIONALITIES

$$Q_{TOT} = \sum_{i=1}^{n} Q_i - \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{n} Q_i Q_j + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{n}\sum_{k=3}^{n} (Q_i Q_j Q_k) - \ldots + (-1)^{n-1} \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{n}\sum_{k=3}^{n} \ldots \sum_{p=n-1}^{n} (Q_i Q_j Q_k \ldots Q_p)$$

Combining Functionalities

The functionality of Electric power system (Q_{EP}) and of Health system (Q_H) are dependent.
Resilience of the community can be improved by making the two systems independent with redundancies



Combining Health System and Electric Power

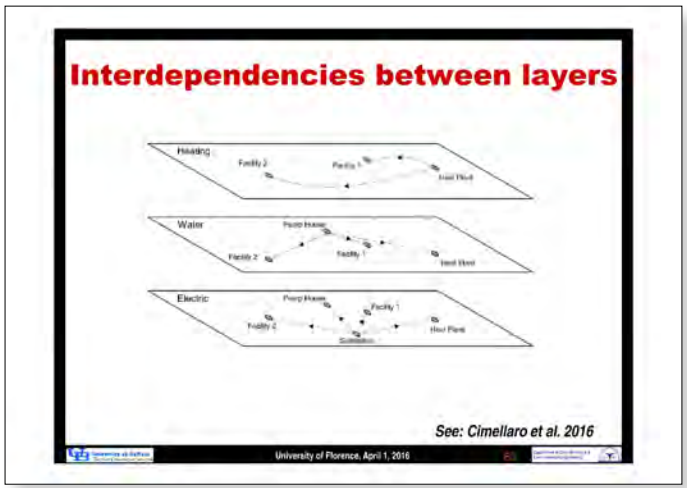
$$Q(t) = \frac{Q_{EP}(t) \cdot Q_H(t)}{Q_{EP}(t) + Q_H(t) - Q_{EP}(t) \cdot Q_H(t)}$$

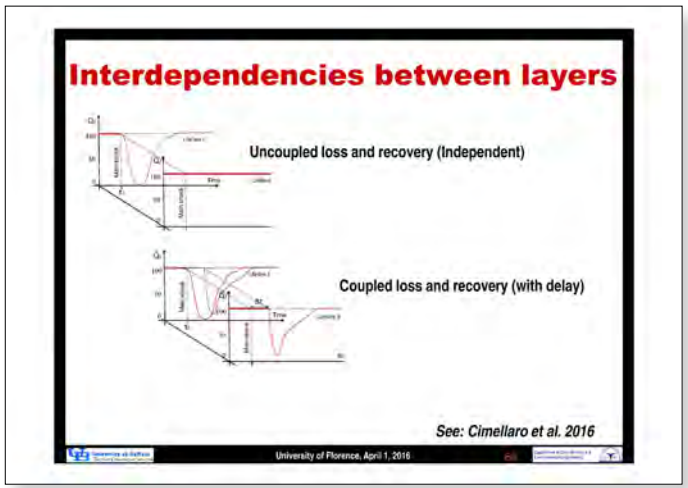
The formula has been evaluated considering the functionality of the Electric power system (Q_{EP}) and of the Health system (Q_H), but it can be extended to more than two functionalities when they are quantified.

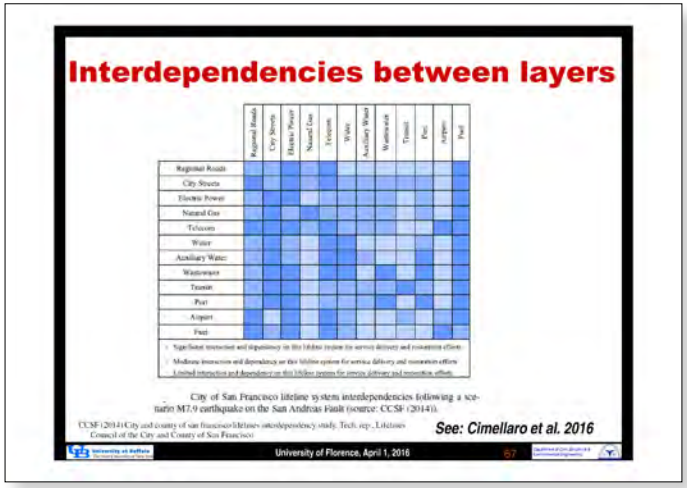
Courtesy (Cimellaro et al, 2009)

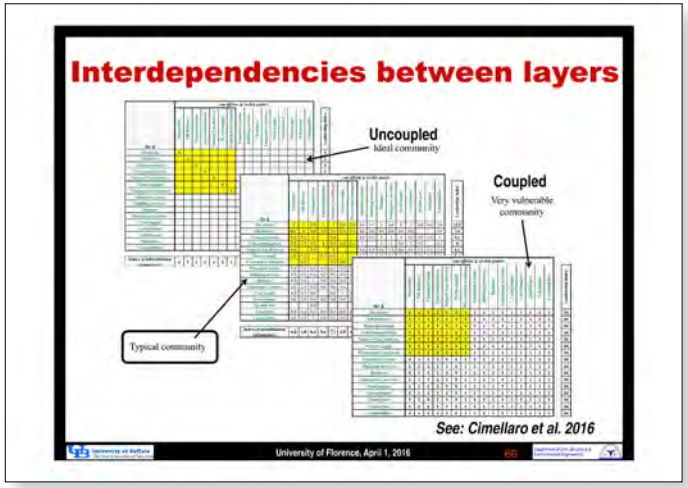
Interdependencies of Components

Interdependencies between layers


Interdependencies between layers
Heating
Water
Electric
See: Cimellaro et al. 2016
University of Florence, April 1, 2016

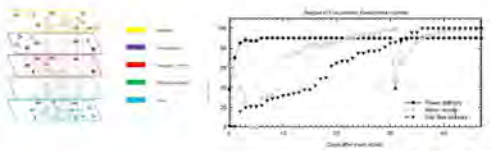

Interdependencies between layers
Uncoupled loss and recovery (Independent)
Coupled loss and recovery (with delay)
See: Cimellaro et al. 2016
University of Florence, April 1, 2016


Interdependencies between layers
City of San Francisco lifeline system interdependencies following a scenario M7.9 earthquake on the San Andreas Fault (source: CCSF (2014)).
See: Cimellaro et al. 2016
University of Florence, April 1, 2016


Interdependencies between layers
Uncoupled
Ideal community
Coupled
Very vulnerable community
Typical community
See: Cimellaro et al. 2016
University of Florence, April 1, 2016

Coupled loss of functionality
Interdependent Inoperability

- Functionality: $[Q_t(x,y,t)] = [I-(q)] [I-A*SP^{-1}]$
  - [q] Losses in independent components (layers)
  - [A] Interdependency matrix
  - [SP] Redundancies in coupled networks



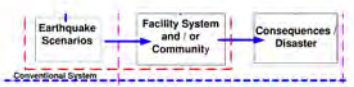
See: Cimellaro et al. 2013

University of Florence, April 1, 2016

Managing Disaster using System Control Approached

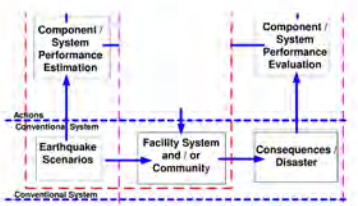
University of Florence, April 1, 2016

Controlling the Extreme Events

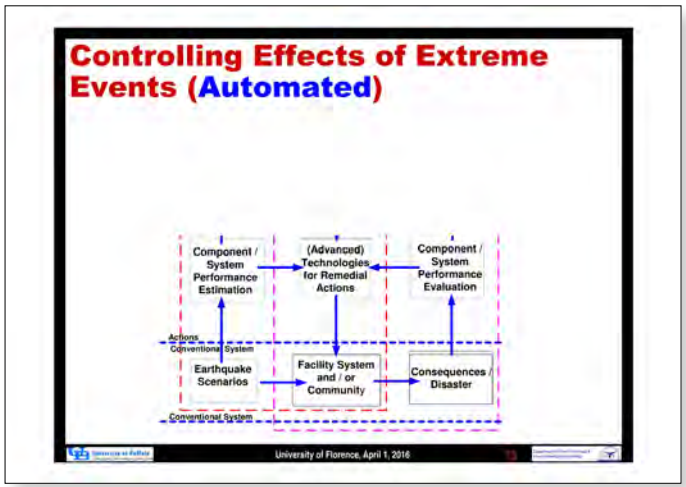


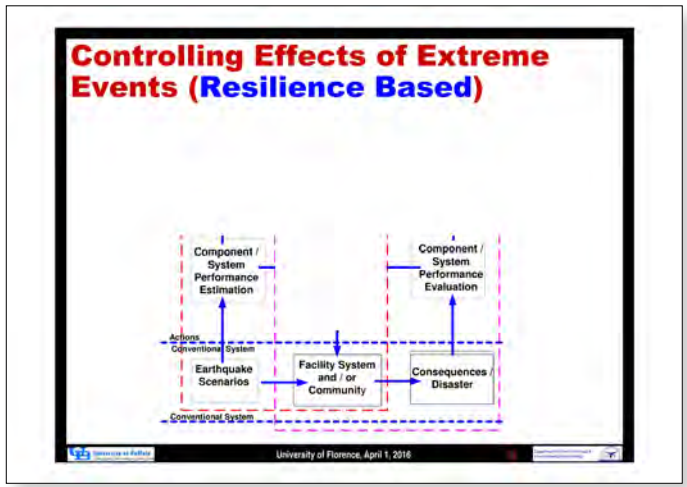
University of Florence, April 1, 2016

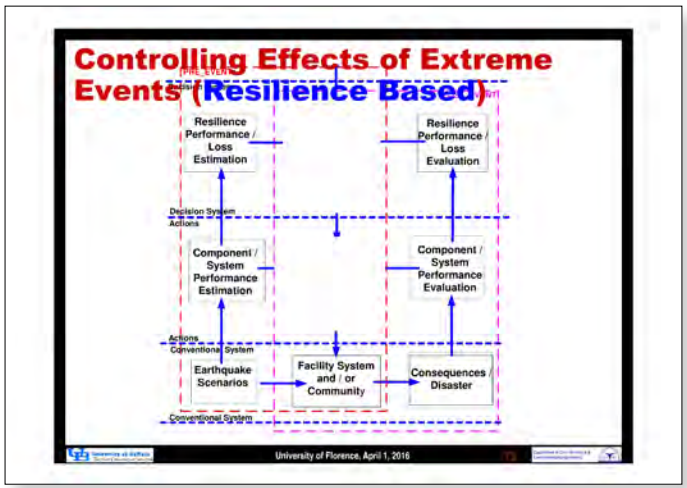
Controlling the Effects of Extreme Events

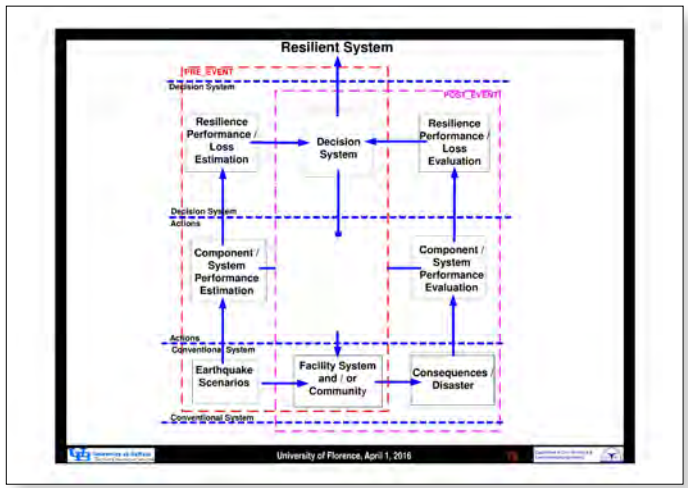


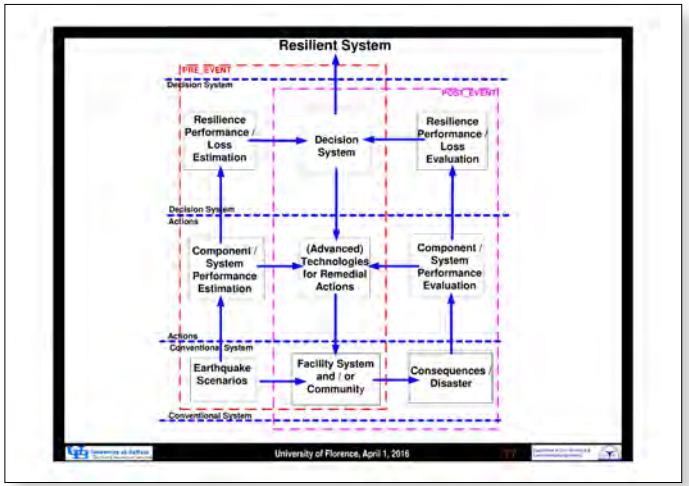
University of Florence, April 1, 2016

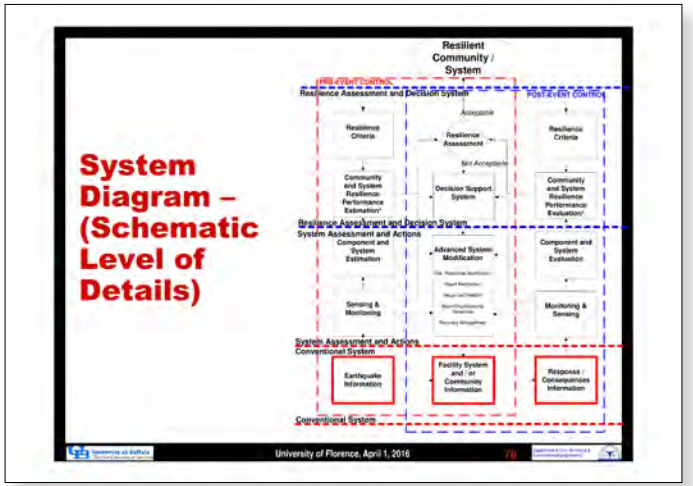

Controlling Effects of Extreme Events (Automated)
Component / System Performance Estimation
(Advanced) Technologies for Remedial Actions
Component / System Performance Evaluation
Actions
Conventional System
Earthquake Scenarios
Facility System and / or Community
Consequences / Disaster
Conventional System
University of Florence, April 1, 2016

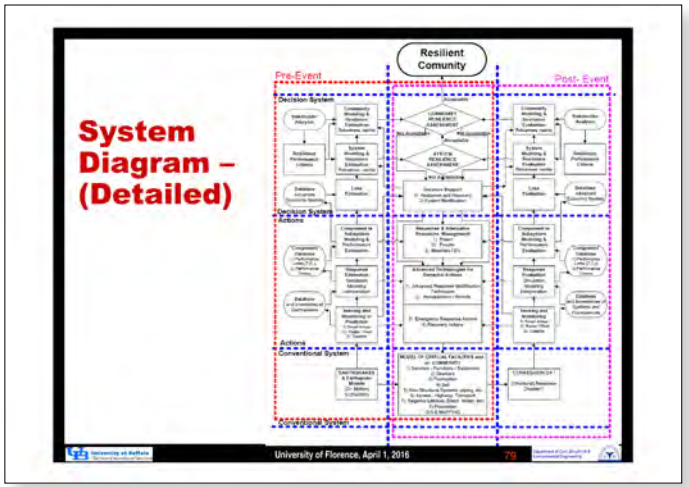

Controlling Effects of Extreme Events (Resilience Based)
Component / System Performance Estimation
Component / System Performance Evaluation
Actions
Conventional System
Earthquake Scenarios
Facility System and / or Community
Consequences / Disaster
Conventional System
University of Florence, April 1, 2016

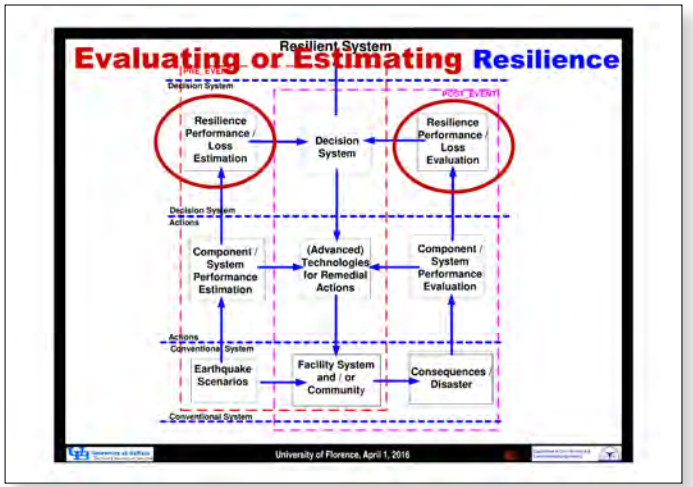

Controlling Effects of Extreme Events (Resilience Based)
Resilience Performance / Loss Estimation
Resilience Performance / Loss Evaluation
Decision System
Actions
Component / System Performance Estimation
Component / System Performance Evaluation
Actions
Conventional System
Earthquake Scenarios
Facility System and / or Community
Consequences / Disaster
Conventional System
University of Florence, April 1, 2016

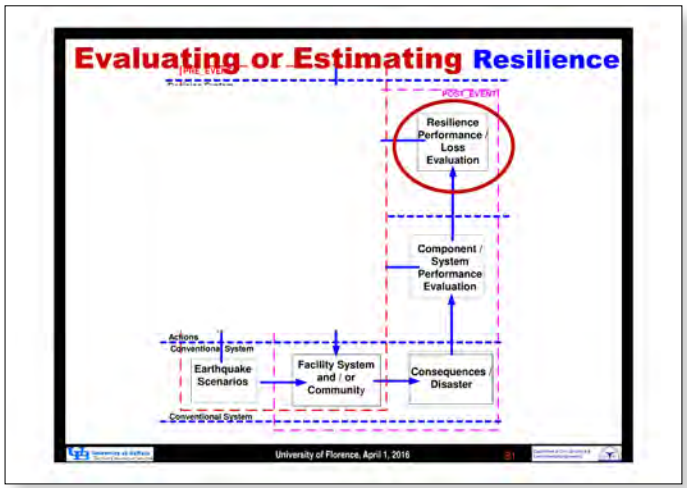

Resilient System
Decision System
Resilience Performance / Loss Estimation
Decision System
Resilience Performance / Loss Evaluation
Decision System
Actions
Component / System Performance Estimation
Component / System Performance Evaluation
Actions
Conventional System
Earthquake Scenarios
Facility System and / or Community
Consequences / Disaster
Conventional System
University of Florence, April 1, 2016

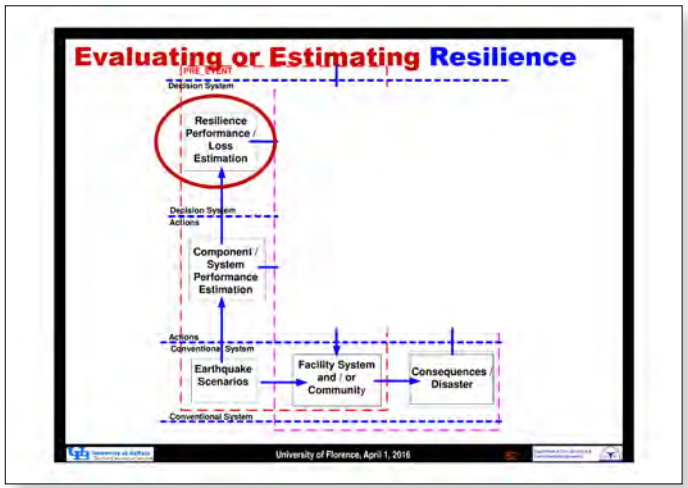

Resilient System
Resilience Performance / Loss Estimation
Decision System
Resilience Performance / Loss Evaluation
Component / System Performance Estimation
(Advanced) Technologies for Remedial Actions
Component / System Performance Evaluation
Earthquake Scenarios
Facility System and / or Community
Consequences / Disaster
University of Florence, April 1, 2016

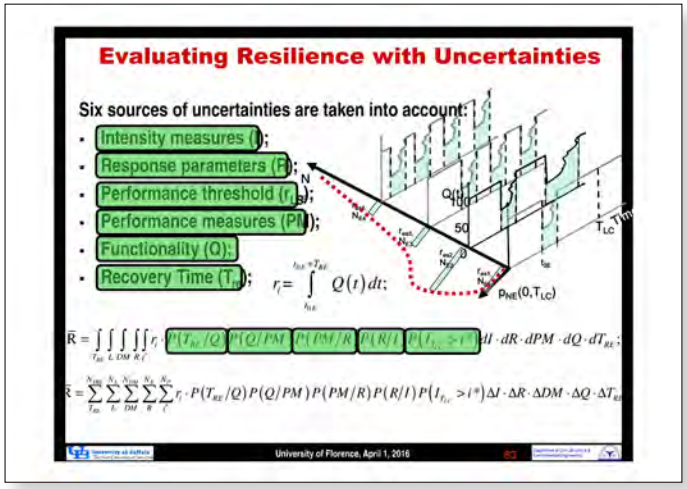

System Diagram – (Schematic Level of Details)
Resilient Community / System
University of Florence, April 1, 2016

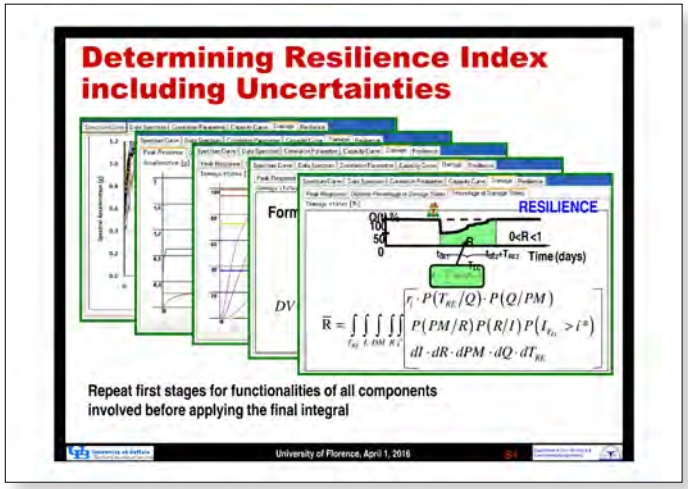

System Diagram – (Detailed)
Resilient Comunity
University of Florence, April 1, 2016

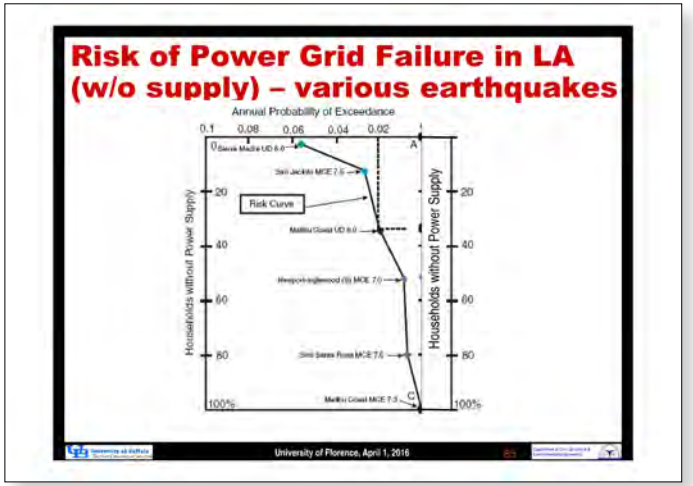

Evaluating or Estimating Resilience
Resilient System
Resilience Performance / Loss Estimation
Decision System
Resilience Performance / Loss Evaluation
Component / System Performance Estimation
(Advanced) Technologies for Remedial Actions
Component / System Performance Evaluation
Earthquake Scenarios
Facility System and / or Community
Consequences / Disaster
University of Florence, April 1, 2016

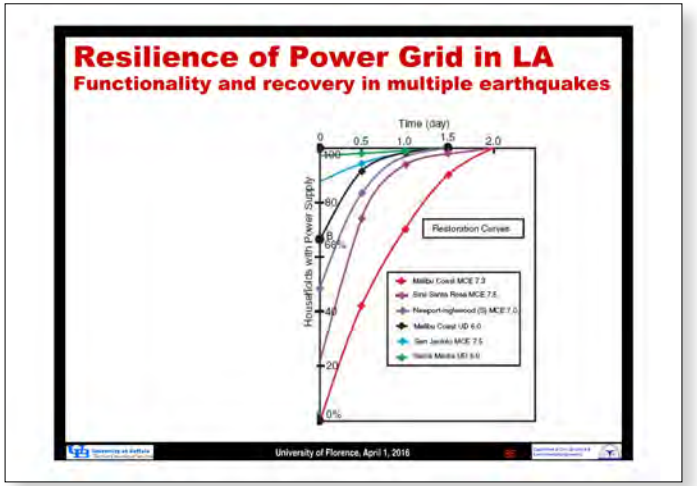

Evaluating or Estimating Resilience
Resilience Performance / Loss Evaluation
Component / System Performance Evaluation
Actions Conventional System
Earthquake Scenarios
Facility System and / or Community
Consequences / Disaster
Conventional System
University of Florence, April 1, 2016

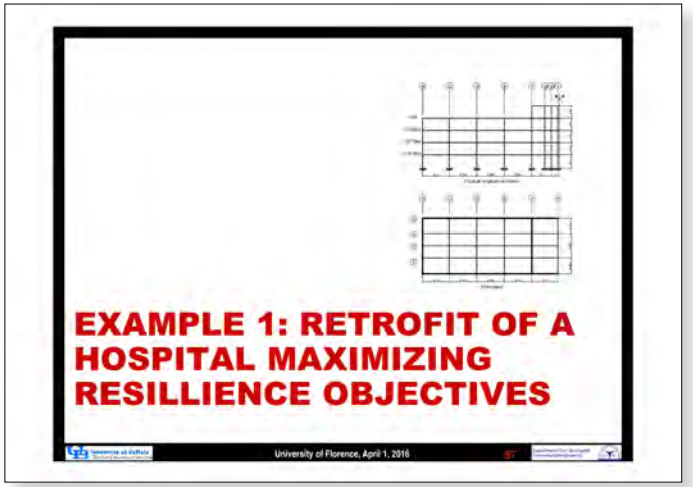

Evaluating or Estimating Resilience
Decision System
Resilience Performance / Loss Estimation
Decision System Actions
Component / System Performance Estimation
Actions Conventional System
Earthquake Scenarios
Facility System and / or Community
Consequences / Disaster
Conventional System
University of Florence, April 1, 2016

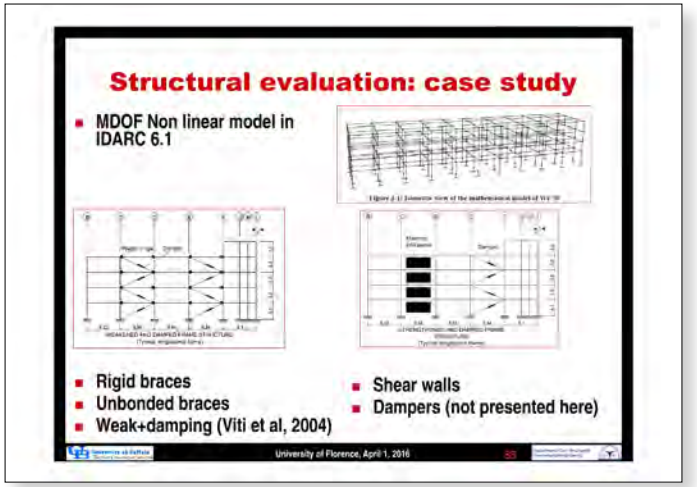

Evaluating Resilience with Uncertainties
Six sources of uncertainties are taken into account:
Intensity measures (I);
Response parameters (R);
Performance threshold (r_{lc});
Performance measures (PM);
Functionality (Q);
Recovery Time (T_{RE});
$r_f = \int_{t_{LE}}^{t_{LE}+T_{RE}} Q(t)\,dt;$
$P_{NE}(0,T_{LC})$
$\bar{R} = \int\int\int\int\int\int r_f \cdot P(T_{RE}/Q) \cdot P(Q/PM) \cdot P(PM/R) \cdot P(R/I) \cdot P(I_{T_{LC}} > i^*)\, dI \cdot dR \cdot dPM \cdot dQ \cdot dT_{RE};$
$\bar{R} = \sum_{T_{RE}}^{N_{TRE}} \sum_{I}^{N_I} \sum_{DM}^{N_{DM}} \sum_{R}^{N_R} \sum_{f}^{N_{rf}} r_f \cdot P(T_{RE}/Q) P(Q/PM) P(PM/R) P(R/I) P(I_{T_{LC}} > i^*) \Delta I \cdot \Delta R \cdot \Delta DM \cdot \Delta Q \cdot \Delta T_{RE}$
University of Florence, April 1, 2016


Determining Resilience Index including Uncertainties
RESILIENCE
0<R<1
Time (days)
$\bar{R} = \int\int\int\int\int\int \left[r_f \cdot P(T_{RE}/Q) \cdot P(Q/PM) \cdot P(PM/R) P(R/I) P(I_{T_{LC}} > i^*) \right] dI \cdot dR \cdot dPM \cdot dQ \cdot dT_{RE}$
Repeat first stages for functionalities of all components involved before applying the final integral
University of Florence, April 1, 2016

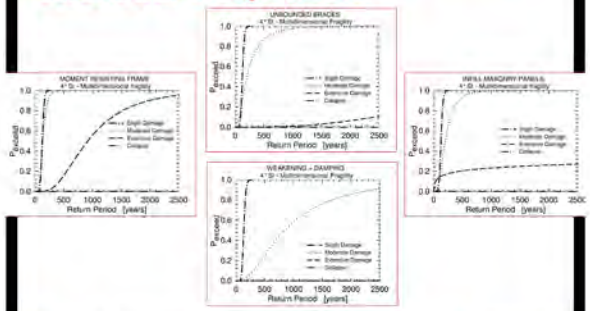

Risk of Power Grid Failure in LA
(w/o supply) – various earthquakes
Annual Probability of Exceedance
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
Risk Curve
Households without Power Supply
Households without Power Supply
University of Florence, April 1, 2016


Resilience of Power Grid in LA
Functionality and recovery in multiple earthquakes
Time (day)
Households with Power Supply
Restoration Curves
University of Florence, April 1, 2016


EXAMPLE 1: RETROFIT OF A
HOSPITAL MAXIMIZING
RESILLIENCE OBJECTIVES
University of Florence, April 1, 2016

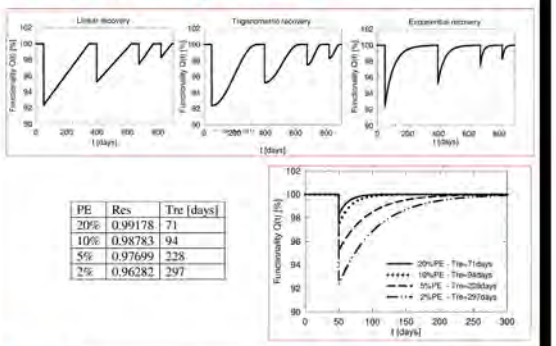

Structural evaluation: case study
MDOF Non linear model in
IDARC 6.1
Rigid braces
Unbonded braces
Weak+damping (Viti et al, 2004)
Shear walls
Dampers (not presented here)
University of Florence, April 1, 2016

Multidimensional Fragility of non structural components



University of Florence, April 1, 2016

Functionality curves

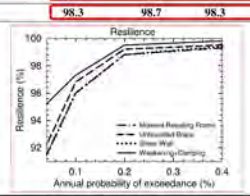


PE	Res	Tre [days]
20%	0.99178	71
10%	0.98783	94
5%	0.97699	228
2%	0.96282	297

University of Florence, April 1, 2016

Resilience for different response modification strategies

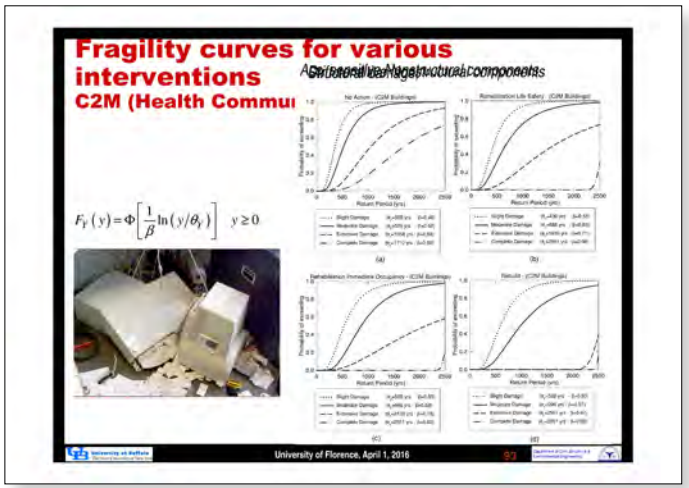
Probability of exceedance in 50 yrs (%)	Moment Resisting Frames	Unbonded Brace	Shear Walls	Weakening + Damping
	Resilience (%)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
20	99.3	99.5	99.4	99.8
10	98.8	99.2	98.8	99.5
5	96.0	96.8	96.0	97.3
2	91.5	92.2	91.4	95.2
avg	98.3	98.7	98.3	99.1

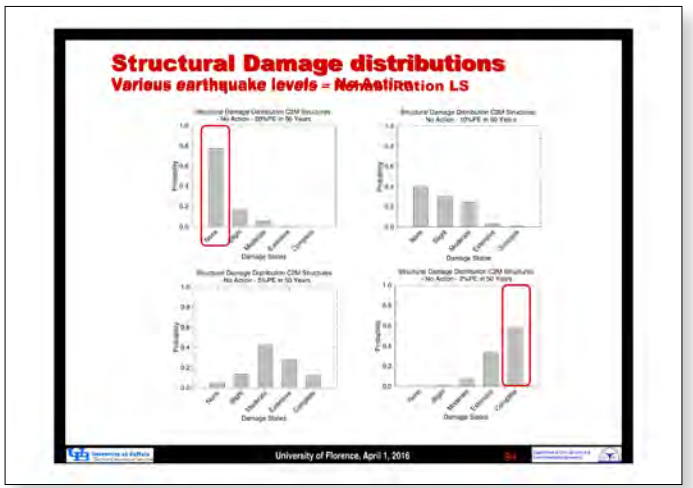


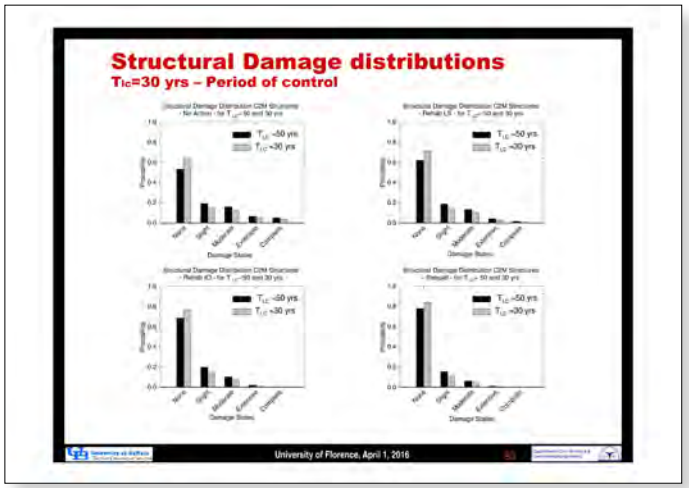
University of Florence, April 1, 2016

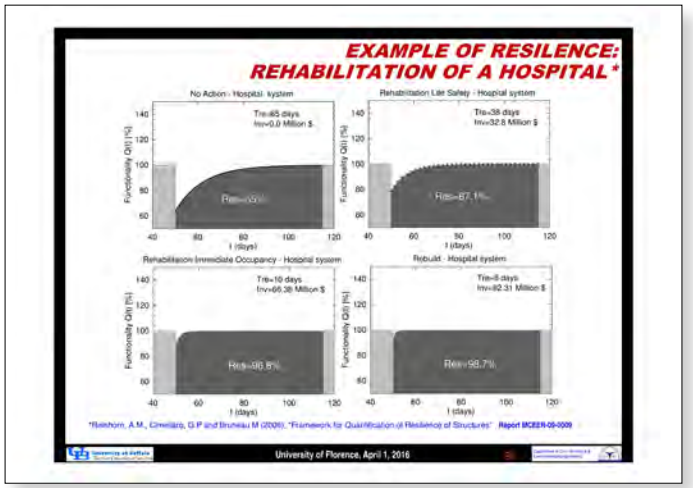
EXAMPLE 2: RETROFIT OF A NETWORK OF HOSPITALS USING RESILIENCE OBJECTIVES

University of Florence, April 1, 2016


Fragility curves for various interventions
C2M (Health Commu
$F_Y(y)=\Phi\left[\frac{1}{\beta}\ln(y/\theta_Y)\right] \quad y\geq 0$
University of Florence, April 1, 2016


Structural Damage distributions
Various earthquake levels – Non Retrofitted LS
University of Florence, April 1, 2016

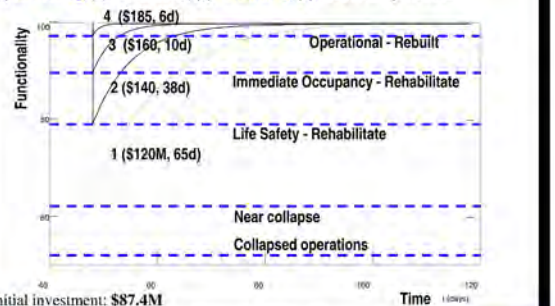

Structural Damage distributions
TLC=30 yrs – Period of control
University of Florence, April 1, 2016


EXAMPLE OF RESILENCE:
REHABILITATION OF A HOSPITAL*
No Action - Hospital system
Rehabilitation Life Safety - Hospital system
Rehabilitation Immediate Occupancy - Hospital system
Rebuilt - Hospital system
University of Florence, April 1, 2016

EXAMPLE: ORGANIZATIONAL INFLUENCES IN NETWORKS

EXAMPLE OF RESILENCE: REHABILITATION OF A HOSPITAL*

Rehabilitation to various targets:
(1) Do nothing; (2) Rehab to LS; (3) Rehab to IO; (4) Rebuilt to Operational



Initial investment: $87.4M

Resilience for different response modification strategies

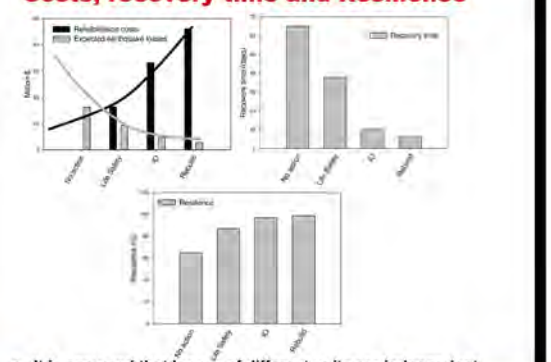
Table 1 Costs, recovery time and resilience of buildings for rehabilitation strategies (T_{IC}=65 days)

Rehabilitation Alternatives	Rehabilitation Costs $ Million *	Expected earthquake Loss $ Million *	Total Costs ($ Million)	Recovery Time Tre (days)	Resilience Res (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
No Action	0.0 (0%)	32.3 (37%)	119.7	65	65.0
Life Safety (LS)	32.8 (38%)	18.8 (22%)	138.9	38	87.1
Immediate Occupancy (IO)	66.4 (76%)	9.54 (11%)	163.2	10	96.8
Rebuild	92.3 (106%)	5.82 (7%)	185.4	6	98.7

*Percentage of initial investments

Initial investment: **$87.4M**

Costs, recovery time and Resilience

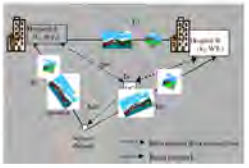


- It is assumed that losses of different units are independent

Network Resilience

Network with Operative (coordination) Center (OC)

- Without the OC the patients go to the hospital that is closer;
- With OC the patients are optimally distributed according to a certain rule that takes in account the WT at the hospital and the transportation time;



University of Florence, April 1, 2016

How Important is the "Network Resilience" ?

Table 1. Configuration 1 of the hospital network

Operations Center	Hosp. N.	B	OR	E	R Hosp	$N_{p_{lost}}$	R network
Without OC	A	100	5	600	51.18	603	40.83
	B	100	10	900	100.00	0	
With OC	A	100	5	600	98.69	4	87.01
	B	100	10	900	93.47	111	

LEGEND:
B-Beds
OR-Operating Rooms
E-Efficiency (Patients/OR/year)
$N_{p_{lost}}$-Number of Patients-in (Incl. Redirected)

Resources | Individual Resilience | Network Resilience

University of Florence, April 1, 2016

Applications of Resilience Framework

RESILIENCE APPROACHES FOR DESIGN AND RECOVERY

University of Florence, April 1, 2016

Resilience based paradigms in design and recovery

- Paradigm for Disaster Recovery – MOOA (Frangopol, Bocchini)
- Optimal Design of Retrofit Structures – MOGA (Dargush, Lavan, Dogruel)
- Reliability Based Design of Resilient Structures-(Grigoriu, Cagdas)
- Interdependencies and Resilience of Critical Infrastructure (O'Rourke)
- .....

University of Florence, April 1, 2016

Dan M. Frangopol and Paolo Bocchini

PROPOSAL OF A NOVEL RESILIENCE-BASED PARADIGM FOR DISASTER RECOVERY

Advanced Technology for Large Structural Systems (ATLSS) Engineering Research Center
Department of Civil and Environmental Engineering
Lehigh University

Courtesy of D. Frangopol and P. Bocchini, 2016 (SBE)

PROPOSED APPROACH

RESILIENCE

- Robustness
- Rapidity
- Redundancy
- ...
- Social impact
- Economic impact
- ...
- Reliability
- Risk
- ...

Multi-criteria Pareto Efficiency

[Bocchini & Frangopol, *Journal of Bridge Eng.*, in press]

Courtesy of D. Frangopol and P. Bocchini

MULTI-CRITERIA APPROACH

POSSIBLE OBJECTIVES

- Maximize **resilience** index R
- Minimize the total **cost** of interventions (associated with "**resourcefullness**")
- Minimimize the total recovery time (**rapidity**)
- Minimize the time required to reach a target functionality level (**advanced use of rapidity**)
- Minimize the impact of an extreme event of a certain class (**robustness**)

POSSIBLE CONSTRAINTS

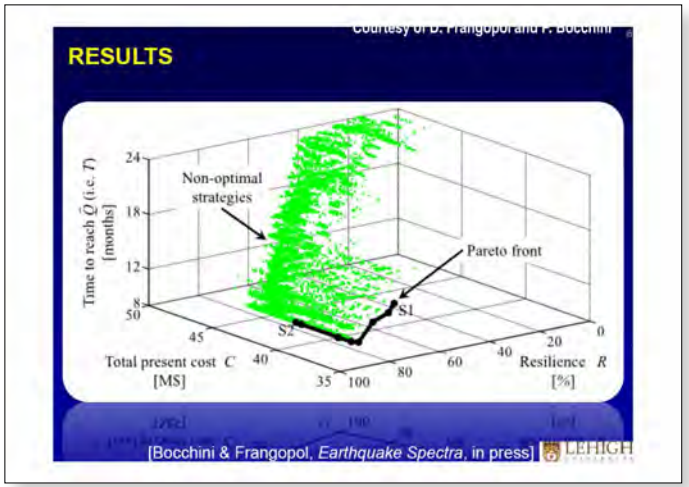
- Total **cost** has to be lower than the available budget.
- Deliver minimum **functionality levels** at certain instants (minimum acceptable recovery path)
- Maximum number of simultaneous interventions (associated with **resourcefullness**)
- additional constraints on the **rehabilitation parameters**

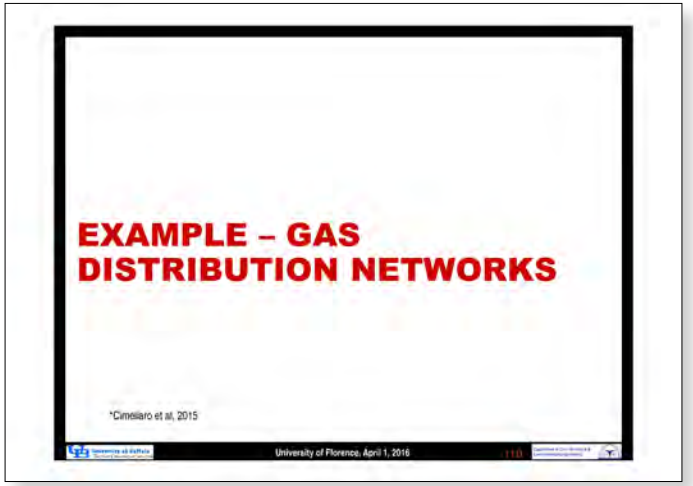
[Bocchini & Frangopol, *CompDyn, 2011*]

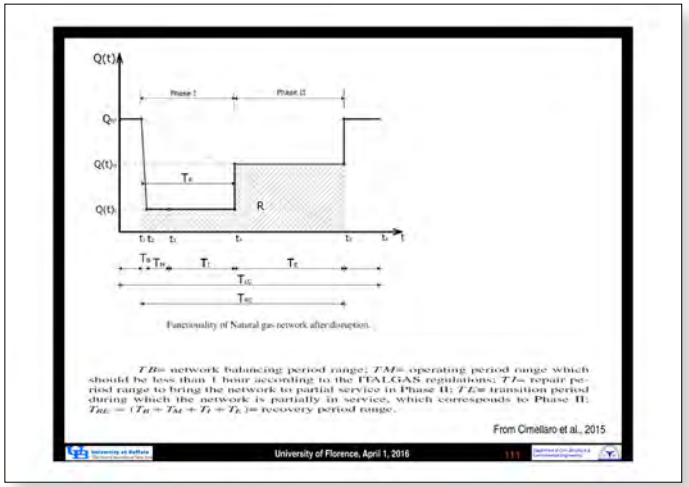
Courtesy of D. Frangopol and P. Bocchini

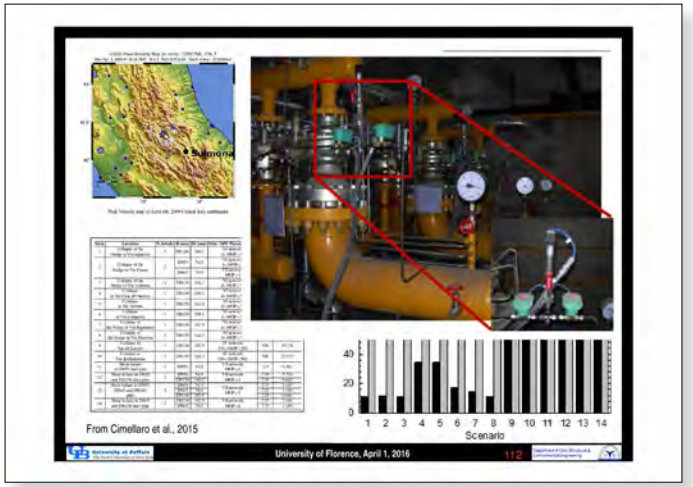
APPLICATION TO REAL NETWORK

[Bocchini & Frangopol, *Earthquake Spectra*, in press]


RESULTS
Non-optimal strategies
Pareto front
S1
S2
Time to reach $\bar{Q}$ (i.e. T) [months]
Total present cost C [MS]
Resilience R [%]
[Bocchini & Frangopol, Earthquake Spectra, in press]
LEHIGH


EXAMPLE – GAS DISTRIBUTION NETWORKS
*Cimellaro et al, 2015
University of Florence, April 1, 2016


Q(t)
Phase I
Phase II
R
From Cimellaro et al., 2015
University of Florence, April 1, 2016


Sulmona
From Cimellaro et al., 2015
Scenario
University of Florence, April 1, 2016

Computational Platforms

- Probabilistic base
  - Monte Carlo Simulations (repetitive analyses with various parameters extracting statistical and probabilistic information)
  - Bayesian Approach in Simulations (rationalizing aleatory and epistemic uncertainties to increase efficiency of formulations)
- Genetic algorithm based – selection of the fittest

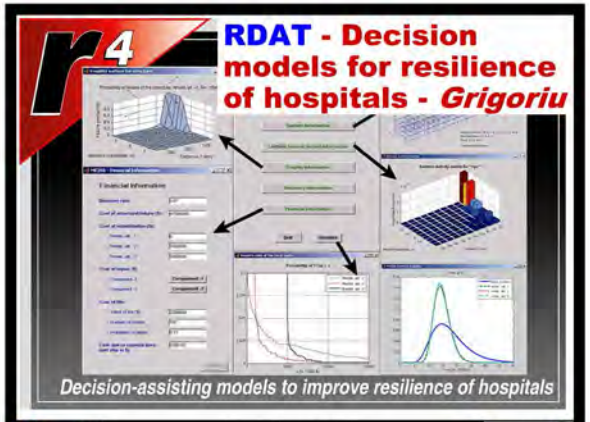
Computational Platforms

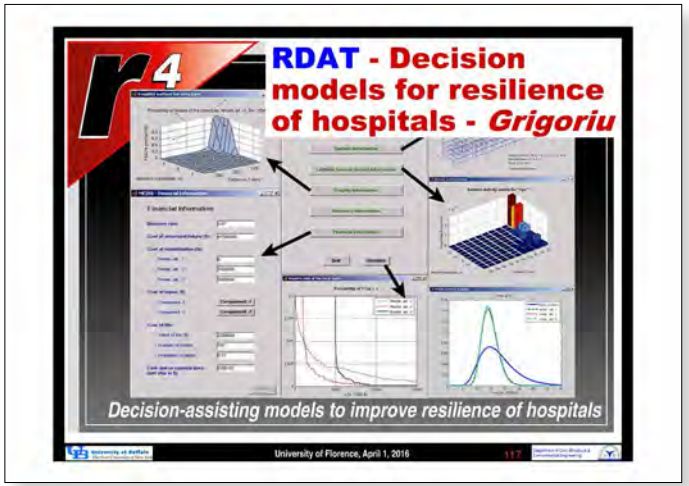
- HAZUS- HazardUSA - platform for probabilistic simulation of future effects of various hazards- earthquakes, wind, flood, etc.
- RDAT – Rehabilitation Decision Analysis Toolbox - Probability based simulation (Grigoriou et al, Cornell U.)
- EADS – Evolutionary Aseismic Decision Support -Genetic Algorithms (Dargush et al. UB-SUNY)
- EADR – Evolutionary Aseismic Decision Resilience -Genetic Algorithms (Dargush et al. UB-SUNY)
- PEOPLES – Multi-Hazard, Multi-Dimensional, Probabilistic Simulation, Spatial-Temporal Functionalities in Resilience Based Design (Cimellaro et al. Polytechnico di Torino)

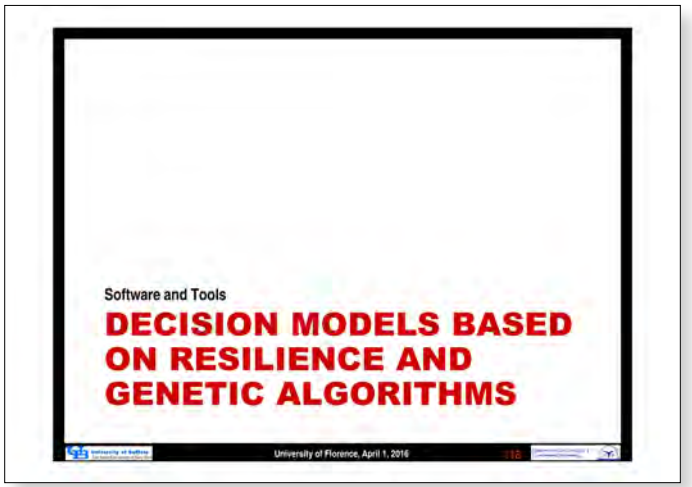
Software and Tools

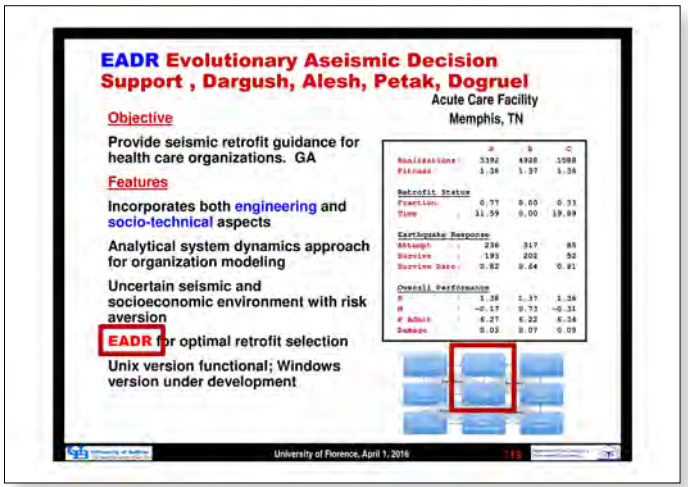
DECISION MODELS FOR HOSPITALS

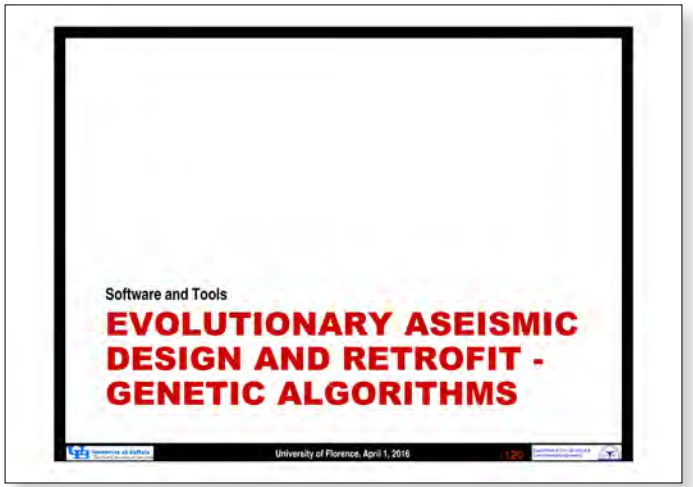
RDAT - Decision models for resilience of hospitals - *Grigoriu*




RDAT - Decision models for resilience of hospitals - Grigoriu
Decision-assisting models to improve resilience of hospitals
University of Florence, April 1, 2016


Software and Tools
DECISION MODELS BASED ON RESILIENCE AND GENETIC ALGORITHMS
University of Florence, April 1, 2016


EADR Evolutionary Aseismic Decision Support , Dargush, Alesh, Petak, Dogruel
Acute Care Facility
Memphis, TN
Objective
Provide seismic retrofit guidance for health care organizations. GA
Features
Incorporates both engineering and socio-technical aspects
Analytical system dynamics approach for organization modeling
Uncertain seismic and socioeconomic environment with risk aversion
EADR for optimal retrofit selection
Unix version functional; Windows version under development
University of Florence, April 1, 2016


Software and Tools
EVOLUTIONARY ASEISMIC DESIGN AND RETROFIT - GENETIC ALGORITHMS
University of Florence, April 1, 2016

EADR - Evolutionary Aseismic Design and Retrofit - *Dargush, Lavan, Dogruel*

Objective

Determine optimal size, placement and type of passive dampers with resilience considerations using MOGA

Features

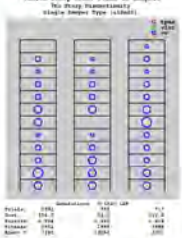
Fitness depends on damper cost, achievement of satisfactory levels for interstory drift and total acceleration, performance of non-structural components, pounding prevention, long term risk aversion

Uncertain seismic environment or fixed ensemble of earthquakes

Multilevel genetic algorithm for efficient simulations

Windows and Unix versions

Twelve Story Steel Structure
Memphis, TN



Software and Tools

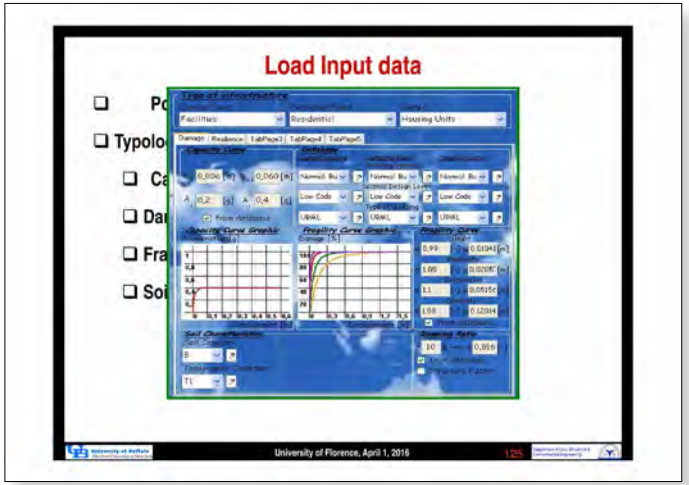
P.E.O.P.L.E.S. - PLATFORM

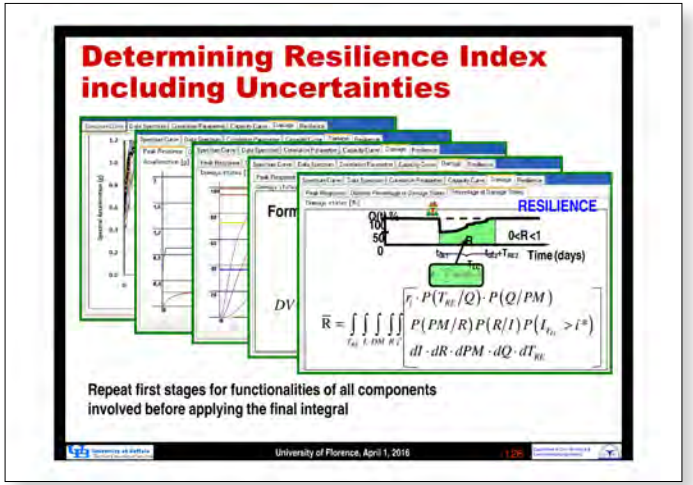
Main graphical interface

- Input data;
- Data processing.

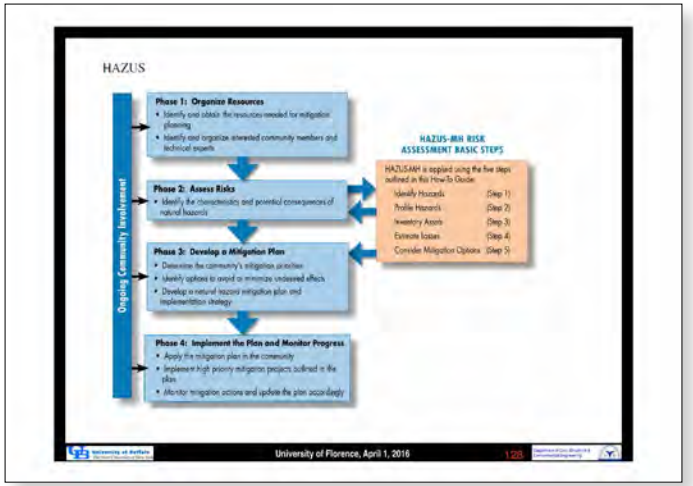
Load Input data

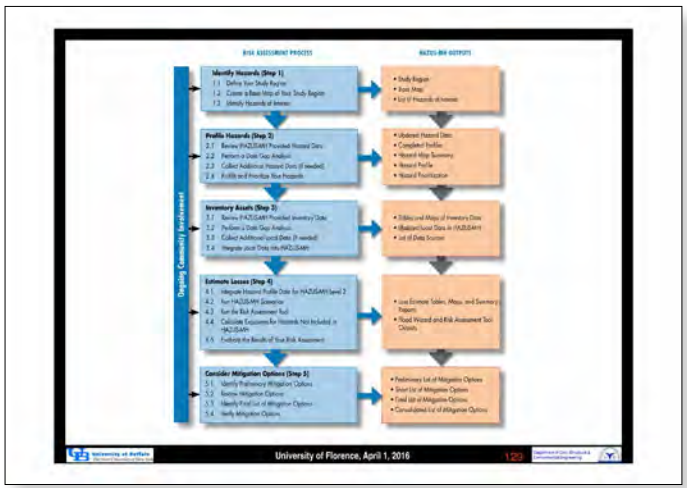
- Position and shape of Infrastructural systems;


Load Input data
University of Florence, April 1, 2016

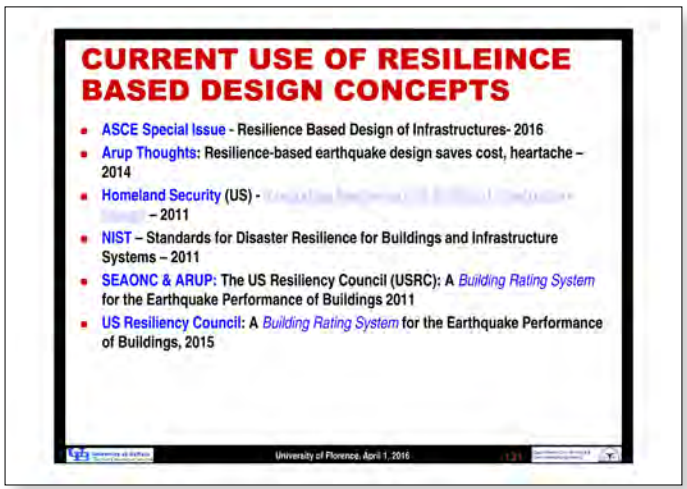

Determining Resilience Index including Uncertainties
RESILIENCE
0<R<1
Time (days)
Repeat first stages for functionalities of all components involved before applying the final integral
University of Florence, April 1, 2016

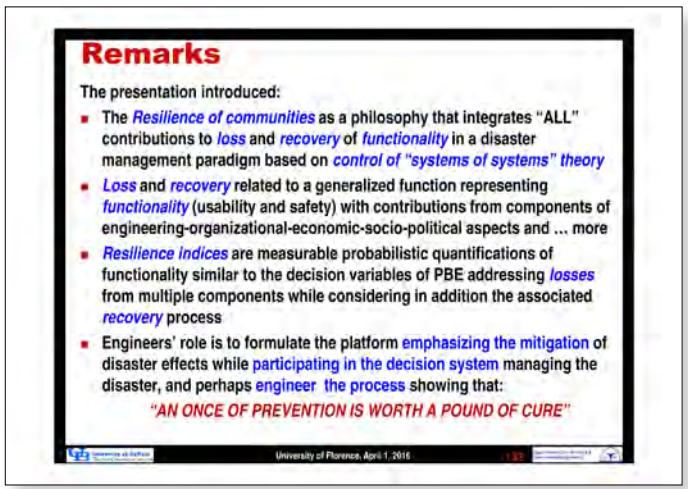
Software and Tools
HAZUS PLATFORM
University of Florence, April 1, 2016


HAZUS
Phase 1: Organize Resources
Phase 2: Assess Risks
Phase 3: Develop a Mitigation Plan
Phase 4: Implement the Plan and Monitor Progress
Ongoing Community Involvement
HAZUS-MH RISK ASSESSMENT BASIC STEPS
University of Florence, April 1, 2016


University of Florence, April 1, 2016

IS THE RESILIENCY APPROACH ALREADY ACCEPTED
University of Florence, April 1, 2016


CURRENT USE OF RESILEINCE BASED DESIGN CONCEPTS
ASCE Special Issue - Resilience Based Design of Infrastructures- 2016
Arup Thoughts: Resilience-based earthquake design saves cost, heartache – 2014
Homeland Security (US) - – 2011
NIST – Standards for Disaster Resilience for Buildings and Infrastructure Systems – 2011
SEAONC & ARUP: The US Resiliency Council (USRC): A Building Rating System for the Earthquake Performance of Buildings 2011
US Resiliency Council: A Building Rating System for the Earthquake Performance of Buildings, 2015
University of Florence, April 1, 2016


Remarks
The presentation introduced:
The Resilience of communities as a philosophy that integrates "ALL" contributions to loss and recovery of functionality in a disaster management paradigm based on control of "systems of systems" theory
Loss and recovery related to a generalized function representing functionality (usability and safety) with contributions from components of engineering-organizational-economic-socio-political aspects and ... more
Resilience indices are measurable probabilistic quantifications of functionality similar to the decision variables of PBE addressing losses from multiple components while considering in addition the associated recovery process
Engineers' role is to formulate the platform emphasizing the mitigation of disaster effects while participating in the decision system managing the disaster, and perhaps engineer the process showing that:
"AN ONCE OF PREVENTION IS WORTH A POUND OF CURE"
University of Florence, April 1, 2016

Architettura e Resilienza Sismica

Architettura e Resilienza Sismica

Mario De Stefano
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Architettura e Resilienza Sismica

Prof. Mario De Stefano

Firenze, 1 aprile 2016

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Un **EDIFICIO** è un **ORGANISMO**, una **MACCHINA** complessa composta di più parti. Occorre perciò valutare gli aspetti:

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Approccio innovativo: Resilienza

- La «**Resilienza Sismica**» è definita come la capacità di sistemi architettonico-ingegneristici ~~e socio-economici~~ di recupero dopo un evento sismico.
- Le strutture strategiche (p.es. gli ospedali) in particolare devono possedere elevata Resilienza Sismica (RS)

CASI LIMITE PER EDIFICIO

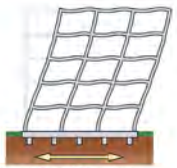
- RS (tecnica) = 0 implica collasso o necessità di demolizione
- RS (tecnica) = 100% implica totale assenza di danno

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Elevata Resilienza (tecn.): Strutture isolate

Seismic Isolation Bearing

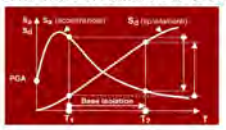
Seismically Isolated Structure
Floor accelerations are low; the building, its occupants and loose contents are safe.



Conventional Structure
Accelerations of the ground are amplified on the higher floors and the loose contents are damaged.

TECNICHE GLOBALI INNOVATIVE

EFFETTI SUGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI



Riduzione Drift di interpiano
Efficace sugli elementi «drift sensitive»

Riduzione delle accelerazioni
Efficace sugli elementi «acceleration sensitive»

L'incremento di spostamento che si rileva a livello spettrale è in realtà tutto assorbito sul piano di isolamento

VALUTAZIONE TECNICHE GLOBALI INNOVATIVE

EFFETTI SUGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

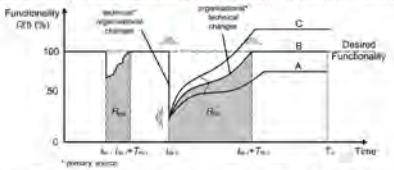
TIPI DI ELEMENTI NON STRUTTURALI

Drift sensitive	Acceleration sensitive	Drift and acceleration sensitive
Masonry walls Windows Interior doors Partitions Floor finishes (tile or wood) Plaster ceiling Electrical system within partitions (data, electrical, telephone, etc..) Elevator cabin	Parapets Suspended ceilings Ducts Boilers Chillers Tanks Elevators (machine room) Light fixtures Electrical system in horizontal pipes or cable trays (data, electrical, telephone, etc)	Precast elements fire sprinklers cold and hot water pipes gas pipes Elevators (counterweight and guide rails) waste water pipes

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

RESILIENZA

È un processo probabilistico a causa delle notevoli incertezze.

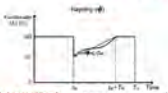


Dopo il verificarsi di un evento, si possono raggiungere diversi possibili livelli di prestazione:

- LIVELLO DI PRESTAZIONE BASE PRE-DISASTRO (curva B)
- SUPERAMENTO DELLA PERFORMANCE INIZIALE (curva C)
- PERDITE PERMANENTI (curva A)

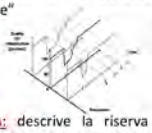
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Le proprietà della RESILIENZA



- RAPIDITA': rappresenta la pendenza della funzione di ricovero durante il "recovery time"

- ROBUSTEZZA: capacità di un sistema di resistere a eventi estremi con ridotta perdita di funzione;



- RIDONDANZA: descrive la riserva di disponibilità di risorse di ogni genere;

- DISPONIBILITA' DI RISORSE UMANE: dipende dalle abilità umane. E' la capacità di "identificare problemi, stabilire priorità, mobilitare risorse, quando le condizioni lo permettono"

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Valutazione dei rischi presenti sul territorio

Esempi di rischi: vulnerabilità del costruito, mappe zonazione sismica locale, rischio geologico, rischio idrologico, etc..

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

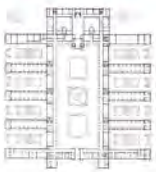
Valutazione Posizione e Accessibilità

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Influenza delle tipologie costruttive

I CRITERI SANITARI, insieme ai CRITERI ARCHITETTONICI, hanno condotto allo sviluppo di diverse tipologie costruttive ospedaliere, tutt'ora esistenti (ma spesso riadattate) **IN CUI L'ORGANIZZAZIONE INTERNA/ESTERNA DIFFERISCE CONTINUAMENTE.**

TIPOLOGIA A PADIGLIONI
TIPOLOGIA MONOBLOCCO
TIPOLOGIA A PIASTRA
TIPOLOGIA A TORRE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Valutazione dei rischi presenti sul territorio

Esempi di rischi: vulnerabilità del costruito, mappe zonazione sismica locale, rischio geologico, rischio idrologico, etc..

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Influenza delle tipologie costruttive

CONOSCERE LE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE ED IL LORO SVILUPPO AIUTA NOTEVOLMENTE LA STESURA DEI MODELLI ORGANIZZATIVI E DEI PIANI

TIPOLOGIA A PADIGLIONI
TIPOLOGIA MONOBLOCCO
TIPOLOGIA A PIASTRA
TIPOLOGIA A TORRE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Valutazione caratteristiche costruttive

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Valutazione spazi interni ed esterni (es. ospedali)

E' di grande importanza la valutazione degli spazi adiacenti all'ospedale, fondamentali punti per l'arrivo/partenza dell'elisoccorso e per un possibile allestimento di soccorsi aggiuntivi.

Spazi interni ed esterni possono essere presi in considerazione anche per mobilitare alcune funzioni in fase operativa del PEMAF

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Valutazione spazi interni ed esterni (es. ospedali)

E' di grande importanza la valutazione degli spazi adiacenti all'ospedale, fondamentali punti per l'arrivo/partenza dell'elisoccorso e per un possibile allestimento di soccorsi aggiuntivi.

Spazi interni ed esterni possono essere presi in considerazione anche per mobilitare alcune funzioni in fase operativa del PEMAF

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

Attività progettuale

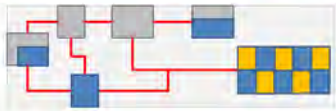
L'ATTIVITA' PROGETTUALE E' ESSENZIALE PER METTERE IN RELAZIONE L'AREA TECNICA CON L'AREA ORGANIZZATIVA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

ANALISI PROGETTUALE

Gli aspetti più importanti sono:

- Definizione delle funzioni essenziali
- Valutazione dei sistemi delle funzioni essenziali (in serie e in parallelo)
- **Valutazione di una funzione essenziale come risultato sinergico di più componenti (strutturali, impiantistici, collegamenti, elem. non-strutturali)**



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

SUPPORTO dell'Architetto (Manager della resilienza)

- INFLUENZA DELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE SULL' ELABORAZIONE DEI PIANI DI EMERGENZA
- VALUTARE LA COERENZA TRA I PIANI DI EMERGENZA E RISCHI PRESENTI SUL TERRITORIO
- POSIZIONE E ACCESSIBILITÀ
- CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE
- SPAZI INTERNI ED ESTERNI
- PERCORSI INTERNI ED ESTERNI
- INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITA'
- INTERVENTI E PREVENZIONE SUGLI ELEMENTI NON-STRUTTURALI
- IPOTIZZARE SOLUZIONI ALTERNATIVE, AL FINE DI IDENTIFICARE LA SOLUZIONE MIGLIORE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA | sezione MATERIALI E STRUTTURE

GRAZIE DELLA CORTESE ATTENZIONE

Rischio sismico ed evoluzione normativa

Rischio sismico ed evoluzione normativa

Giovanni Cardinale
CNI

Università degli Studi di Firenze
Regione Toscana
Federazione Architetti Pianificatori Paesaggisti Conservatori Toscani

WORKSHOP
RESILIENZA E TERRITORIO

RISCHIO SISMICO ED EVOLUZIONE NORMATIVA

Firenze, 01 aprile 2016
GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI
Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

PROFILI DI RESPONSABILITA'

... le aree ad elevato rischio sismico coprono il **44% del territorio nazionale**, in cui abitano circa **21,8 milioni di persone (il 36% della popolazione)** e in cui sono a rischio circa **5,5 milioni di edifici.**

Regioni come la Calabria, la Sicilia e la Campania sono esposte quasi per la totalità dei loro territori al rischio sismico.

Ad aggravare la situazione ci sono altri tipi di rischio, come quello idrogeologico, che interessa il 58% del territorio nazionale.

La difesa da eventi naturali potenzialmente dannosi ha però dei **COSTI** che possono essere affrontati solo se si ha consapevolezza dei rischi cui si è esposti: è solamente a partire da **un'ANALISI INTERDISCIPLINARE** a più livelli che è possibile acquisire gli strumenti per prepararsi o poter reagire allo sconvolgimento legato all'evento sismico.

Un terremoto ha inoltre l'aggravante di essere un evento raro (nell'esperienza di vita dei singoli cittadin), di svilupparsi nell'arco di poche decine di secondi e quindi di non permettere **NESSUN TIPO DI DIFESA NELL'IMMEDIATEZZA dell'evento.**

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

I TERREMOTI

... negli ultimi 150 anni in Italia si è registrato **un disastro sismico** mediamente **ogni 4-5 anni** ...

... il costo dei danni provocati da eventi calamitosi, dal 1944 ai giorni nostri, supera i **240 miliardi di euro**, di cui 181, circa 2,6 miliardi all'anno, sono da attribuirsi ad eventi sismici ...

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

IL RISCHIO

Assunto il fatto che il "rischio zero" non esiste in nessuna disciplina tecnico-scientifica, ***annullare completamente il rischio residuo di una comunità***, in considerazione della complessità degli aspetti coinvolti, ***richiederebbe anche COSTI ECONOMICI e SOCIALI insostenibili.***

Obiettivo della comunità ed in particolar modo di chi la governa , dovrebbe quindi essere quello di mettere in atto strumenti e procedure atte a ***RIDURRE LA SOGLIA DI RISCHIO*** fino ad un ***valore sufficientemente basso*** tale da essere ritenuto ***accettabile dalla società.***

Conoscere le specificità e le vulnerabilità del territorio rappresenta quindi un elemento imprescindibile alla base di una strategia di mitigazione che miri alla **massima riduzione sostenibile del rischio.**

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

Sapendo che non esiste il rischio zero, bisogna capire qual è il **RISCHIO ACCETTABILE,** quale livello di rischio è compatibile con le caratteristiche di una società complessa e cosa fare per rendere effettivo quel livello, agendo cioè in funzione della **DIMINUZIONE DEL RISCHIO.**

In realtà quello che interessa del terremoto è il suo EFFETTO SUL SISTEMA ANTROPICO
(ovvero la risposta del sistema antropico al terremoto!!)

*Considerato che la percezione del rischio e la sua consapevolezza costituiscono premesse indispensabili per una corretta gestione del territorio, la questione della prevenzione del rischio sismico dovrebbe essere oggi rivisitata considerando quali aspetti fondamentali la **coscienza sociale del terremoto** e l'inserimento dell'**obiettivo di mitigazione del rischio sismico** nelle ordinarie strategie di governo del territorio.*

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

LE NORME TECNICHE

ATTIVITÀ DI REVISIONE: DALLE NTC08 ALLE NTC14

Nell'Adunanza dell'Assemblea Generale del **14/11/2014**, con parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n.53/2012, è stata approvata la bozza di revisione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (**NTC08**), indicata come **NTC14**.

Il documento dovrà ora acquisire il "**concerto**" dal:
- Ministero degli Interni
- Dipartimento della Protezione civile

per confluire, dopo l'approvazione in Conferenza Stato-Regioni, in un decreto interministeriale, redatto dal Ministero delle Infrastrutture, che sarà pubblicato in GU.
Nel seguito si presentano, con particolare riferimento ai capitoli 7 e 8 relativi alle costruzioni in zona sismica ed alle costruzioni esistenti,:
- le principali novità introdotte dalle **NTC08** e condivise dalle **NTC14,**
- i cambiamenti più significativi apportati dalle **NTC14**.

Per le NTC14 ci si è riferiti al testo estratto dalla bozza finale della revisione, testo che potrebbe ancora essere **oggetto di variazioni, ma solo formali e non sostanziali.**

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

LE NORME TECNICHE

CAPITOLO 8

8.1 OGGETTO
Il presente capitolo definisce i criteri generali per la valutazione della sicurezza e per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli interventi sulle costruzioni esistenti.
È definita costruzione esistente quella che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, la struttura completamente realizzata.

8.2 CRITERI GENERALI
(3° capoverso) La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi su costruzioni esistenti devono tenere conto dei seguenti aspetti:
•la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione *(tempo spesso drammaticamente attualizzando le valutazioni ...) ;*
•possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione e di realizzazione *(tali difetti sono stati ritenuti sempre palesi ... o al più da palesare ... SEMPRE!! con verifica globale ...);*
•la costruzione può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
•le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

(4° capoverso) Nella definizione dei modelli strutturali, si dovrà tenere conto che:
•la geometria e i dettagli costruttivi sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal **livello di approfondimento delle indagini conoscitive;**
• la conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera ma solo della omogeneità dei materiali stessi all'interno della costruzione, **del livello di approfondimento delle indagini conoscitive e dell'affidabilità delle stesse;**
•i carichi permanenti sono definiti e la loro conoscenza dipende **dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive.**

Non si parla di modello di calcolo e non si individua il modo nel quale migliorare livello di approfondimento ed affidabilità (tutto è legato al numero di prove, non alla dispersione dei risultati ed al loro contenuto informativo).

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

LE NORME TECNICHE

CAPITOLO 8

8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA
(3° capoverso) Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza **quando ricorra una sola delle seguenti situazioni:**

- riduzione **evidente** della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anormali;
- **provati** gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;
- esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidezza.

Qualora le circostanze di cui ai punti precedenti riguardino porzioni limitate della costruzione, **la valutazione della sicurezza potrà essere effettuata anche solo sugli elementi interessati** e a quelli con essi interagenti, tenendo presente la loro **funzione** nel complesso strutturale, posto che le mutate condizioni locali non incidano sostanzialmente sul comportamento globale della struttura.

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:
- **l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;**
- **l'uso debba essere modificato** (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- **sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.**

Si modifica l'ordine di presentazione degli interventi per indebolire il binomio intervento = adeguamento NELL'OTTICA DI PROMUOVERE LA «SICUREZZA DIFFUSA» che trova la sua più corretta espressione nell'intervento locale e nel miglioramento

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

LE NORME TECNICHE

EDIFICI ESISTENTI

Nel caso specifico di EDIFICI ESISTENTI le verifiche di capacità sono finalizzate essenzialmente a verificare il rispetto dell'obiettivo di performance, definito di salvaguardia della vita nei confronti dell'evento sismico atteso.

In particolare, scopo dell'analisi è verificare che la struttura, sebbene suscettibile di gravi danneggiamenti a causa dell'evento sismico atteso, non collassi.

E' bene poi sottolineare che il nostro patrimonio edilizio, pubblico e privato, soffre di una estesa vulnerabilità strutturale dovuta alla lunga vita di servizio, a eventuali condizioni ambientali sfavorevoli, alla carenza di interventi di manutenzione, a difetti di impostazione o realizzazione tipici dell'età costruttiva e frutto delle conoscenze dell'epoca, ecc.

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

NORME - PROFESSIONE

IL LINGUAGGIO DELLA RESPONSABILITA'

- PROFESSIONALE → ORDINI
- SOCIALE →
  - La politica
  - La giustizia
  - L'economia

LA RESPONSABILITA' PROFESSIONALE

- ETICA
- DEONTOLOGIA
- TECNICA → LE NORME →
  - NATURA PRESTAZIONALE
  - NATURA PRESCRITTIVA → ... è nettamente prevalente ...

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

TENDENZE EVOLUTIVE

- COSTRUZIONI ESISTENTI
- NUOVI MATERIALI
- LE STRUTTURE LIGNEE
- LE STRUTTURE COMPOSTE

→ Ricerca
→ Innovazione tecnologica

LA LEZIONE DEI TERREMOTI → LEZIONE → Tecnica / Morale / Sociale

- ABRUZZO
- EMILIA

→ Gli edifici industriali

LE LEGGI SPECIALI

IL MIGLIORAMENTO SISMICO

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

LE NORME TECNICHE

2.3 Valutazione della sicurezza
"Per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si devono adottare criteri probabilistici scientificamente comprovati.

C8.3 Valutazione della sicurezza
"Per valutazione della sicurezza si intende un procedimento quantitativo volto a:
• stabilire se una struttura esistente è in grado o meno di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto contenute nelle NTC, oppure
• determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC [...]".

C8 Costruzioni esistenti
"Il problema della sicurezza delle costruzioni esistenti è di fondamentale importanza in Italia [...] per l'elevata vulnerabilità, soprattutto rispetto alle azioni sismiche [...] di gran parte del patrimonio edilizio esistente.

[...] Ne deriva una particolare complessità delle problematiche coinvolte ed una difficile standardizzazione dei metodi di verifica e di progetto e dell'uso delle numerose tecnologie di intervento tradizionali e moderne oggi disponibili. Per questo, più che nelle altre parti delle NTC, è stato seguito un approccio prestazionale, con l'adozione di poche regole di carattere generale ed alcune indicazioni importanti per la correttezza delle diverse fasi di analisi, progettazione, esecuzione.

Vengono introdotti [...] i concetti di **livello di conoscenza** (relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali) e **fattore di confidenza** (che modificano i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza).

[...] La valutazione della sicurezza **dovrà** effettuarsi ogni qual volta si eseguano interventi strutturali e dovrà determinare il livello di sicurezza della costruzione prima e dopo l'intervento."

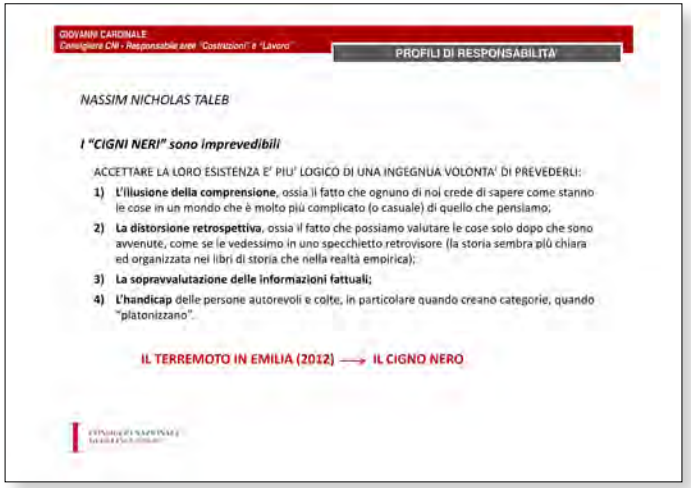
→ **... e le responsabilità?? ...**

8.5 Procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti
"Nelle costruzioni esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche per tutti i casi. Di conseguenza, **il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato dal Progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale attendibile della costruzione** [...]"

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"
PROFILI DI RESPONSABILITA'
CERTEZZE/INCERTEZZE
"Possiamo considerare lo stato attuale dell'universo come l'effetto del suo passato e la causa del suo futuro. Un intelletto che ad un determinato istante dovesse conoscere tutte le forze che mettono in moto la natura, e tutte le posizioni di tutti gli oggetti di cui la natura è composta, se questo intelletto fosse inoltre sufficientemente ampio da sottoporre questi dati ad analisi, esso racchiuderebbe in un'unica formula i movimenti dei corpi più grandi dell'universo e quelli degli atomi più piccoli; per un tale intelletto nulla sarebbe incerto ed il futuro proprio come il passato sarebbe evidente davanti ai suoi occhi"
Laplace, P.S., Essai Philosophique sur les probabilités, Courcier, Paris 1814

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"
PROFILI DI RESPONSABILITA'
ZYGMUNT BAUMAN
"PREVEDERE L'IMPREVEDIBILE"
POTER VENIRE A SAPERE COME SARA' IL FUTURO E VENIRE A SAPERLO
ADESSO PRIMA CHE IL FUTURO SI TRASFORMI IN UN ALTRO PRESENTE
Il sistema dove abitiamo è un sistema molto complesso, il suo futuro rappresenta una grande incognita destinata a rimanere tale qualsiasi cosa facciamo.
Le previsioni possono essere unicamente delle congetture e farvi affidamento equivale a correre rischi enormi.
"CONGETTURE E CONFUTAZIONE"
K. Popper, "La logica della scoperta scientifica"
IL FUTURO E' IMPREVEDIBILE PERCHE' E' PURAMENTE E SEMPLICEMENTE IN-DETERMINATO

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"
PROFILI DI RESPONSABILITA'
NASSIM NICHOLAS TALEB
IL "CIGNO NERO":
COME L'IMPROBABILE GOVERNA LA NOSTRA VITA
EVENTO
ISOLATO
FORTE IMPATTO
PREVEDIBILITA' RETROSPETTIVA
Non rientra nel campo delle normali aspettative
Siamo giunti, a posteriori, a dare giustificazioni della sua comparsa
LA LOGICA DEL CIGNO NERO:
Rende ciò che NON SI SA molto più importante di ciò che SI SA
In una visione strategica ciò che si sa può essere del tutto irrilevante
Ciò che si sa consente di prendere i giusti provvedimenti e quindi "non fa davvero male".


GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"
PROFILI DI RESPONSABILITA'
NASSIM NICHOLAS TALEB
I "CIGNI NERI" sono imprevedibili
ACCETTARE LA LORO ESISTENZA E' PIU' LOGICO DI UNA INGEGNUA VOLONTA' DI PREVEDERLI:
1) L'illusione della comprensione, ossia il fatto che ognuno di noi crede di sapere come stanno le cose in un mondo che è molto più complicato (o casuale) di quello che pensiamo;
2) La distorsione retrospettiva, ossia il fatto che possiamo valutare le cose solo dopo che sono avvenute, come se le vedessimo in uno specchietto retrovisore (la storia sembra più chiara ed organizzata nei libri di storia che nella realtà empirica);
3) La sopravvalutazione delle informazioni fattuali;
4) L'handicap delle persone autorevoli e colte, in particolare quando creano categorie, quando "platonizzano".
IL TERREMOTO IN EMILIA (2012) → IL CIGNO NERO

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

IL RISCHIO

IL CONCETTO DI «RISCHIO»

... COSA SIGNIFICA RISCHIO? ...

NON È POSSIBILE IDENTIFICARE LA PIENA OSSERVANZA DI UN REGOLAMENTO TECNICO NEI SUOI VARI ASPETTI TEORICI ED ESECUTIVI CON L'ACCETTABILITÀ E LA SICUREZZA DI UNA COSTRUZIONE E CHE, IL RISCHIO DI UN CROLLO, NON PUO' ESSERE ESCLUSO ANCHE PER UNA COSTRUZIONE PROGETTATA E REALIZZATA CON TUTTI I CRISMI TECNICI, PONENDOSI TRA L'AZIONE TECNICA ED IL RISULTATO DI ESSA UN RAPPORTO DI PROBABILITA' MODIFICABILE SÌ, MA SEMPRE INELUTTABILE.

P. POZZATI

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

IL RISCHIO

IL CONCETTO DI «RISCHIO»

... COSA SIGNIFICA RISCHIO? ...

ULRICH BECK
Era del rischio globale (ecologico, finanziario, ...).
Oggi, di fatto, la stessa idea di controllabilità, certezza e sicurezza, tanto fondamentale nella prima modernità, tende a crollare.
Il "rischio" è il moderno approccio per prevedere e controllare le conseguenze future dell'azione umana.
Il regime del rischio è la funzione di un nuovo ordine.
Il "rischio" è connesso piuttosto intimamente ad un processo decisionale di natura amministrativa e tecnica.
I rischi presuppongono decisioni.

- Rischio e la responsabilità
- Rischio e fiducia
- Rischio e sicurezza

SONO INTIMAMENTE CORRELATI

La questione principale è in che modo si possano prendere decisioni in condizioni di incertezza prodotta in una situazione in cui non solo la base di conoscenza è incompleta ma, inoltre, una conoscenza maggiore e migliore implica spesso una maggiore incertezza.

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

IL RISCHIO

ZYGMUNT BAUMAN

"CALCOLARE L'INCALCOLABILE"

LA CATEGORIA DEL RISCHIO:

- Ha rappresentato un tentativo di riconciliare i due pilastri della coscienza moderna:
  - consapevolezza della contingenza e casualità del mondo;
  - fiducia nelle proprie capacità.
- Ha offerto all'uomo la possibilità di **avvicinarsi ad una condizione di certezza**;
- Non promette un infallibile riparo dal pericolo bensì la capacità di calcolarne la probabilità e la possibile portata.

"IL RISCHIO HA AMALGAMATO NELL'ORIZZONTE SEMANTICO DELLA PROBABILITA' IL SAPERE E IL NON SAPERE" (Ulrich Beck)

Dagli studi di Fermat e Pascal (1651) in poi:
"L' ARROGANTE PRESUPPOSTO DELLA CONTROLLABILITA' PUO' FAR SENTIRE SEMPRE DI PIU' IL PROPRIO INFLUSSO"

"LA SEMANTICA DEL RISCHIO"

Ha bisogno di presupporre l'esistenza di un universo "SECOND BEST" dove almeno le probabilità che gli eventi si verifichino siano predeterminate e possano essere studiate, rese note e valutate.

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

IL RISCHIO

❖ **PERICOLOSITA' SISMICA**
propria dell'ambiente fisico, definisce il grado di probabilità che si verifichi, in una determinata area e in uno specifico lasso di tempo, un evento sismico di fissata intensità.

❖ **VULNERABILITA'**
Esprime, analiticamente, la correlazione tra l'intensità di un evento sismico (causa) e la probabilità che un sistema subisca un determinato livello di danno che sia costruttivo, economico o sociale (effetto). Più in dettaglio si definisce vulnerabilità sismica la propensione di manufatti, attività o beni a subire danni o modificazioni per effetto di un terremoto.

❖ **ESPOSIZIONE**
Rappresenta l'estensione ovvero la quantità e qualità dei diversi elementi antropici (popolazione insediata, edifici, sistemi di infrastrutture) che compongono la realtà territoriale che possono essere danneggiati, alterati o distrutti dal verificarsi di un evento sismico.

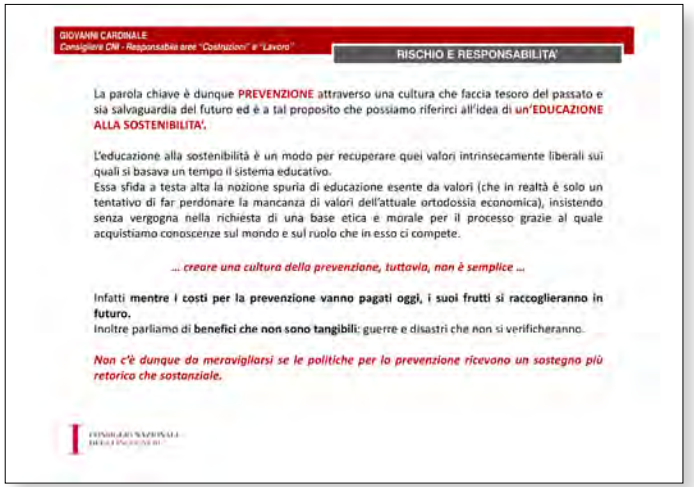
❖ **RESILIENZA**
Rappresenta le condizioni economiche e le capacità (anche solo materiali) di un dato sistema sociale di riportare il bene danneggiato nelle condizioni iniziali, cioè quelle in cui si trovava prima del terremoto.

RISCHIO = f (Pericolosità, Vulnerabilità, Esposizione, Resilienza)

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"
IL RISCHIO
RISCHIO SISMICO; insieme degli effetti e dei danni attesi a seguito di un possibile futuro terremoto in una data area
IL RISCHIO SISMICO AUMENTA
All'aumentare della PERICOLOSITA'
All'aumentare della VULNERABILITA'
All'aumentare dell'ESPOSIZIONE
Al diminuire della RESILIENZA

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"
PROFILI DI RESPONSABILITA'
I termini RISCHIO e PERICOLO per Luhmann rimandano a un senso di incertezza rispetto a eventuali danni futuri con la differenza che nel primo caso esiste una decisione a monte che li preventiva, mentre nel secondo le cause sono considerate esterne alla decisione assunta: in questo senso potremmo dire che il pericolo di un terremoto (che avviene all'improvviso, per cause naturali) si distingue dal rischio sismico, laddove si preventiva consapevolmente, di vivere con o senza accorgimenti tesi a ridurre l'eventuale danno, in un territorio geologicamente predisposto ai fenomeni tellurici."

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"
IL RISCHIO
La situazione economica e sociale che viviamo ci dà conto dell'enorme distanza tra le necessità di ridurre il rischio e le risorse disponibili (temporali, economiche, umane, tecnologiche, organizzative).
Rischio sismico
E' il prodotto di:
- pericolosità (= probabilità che si verifichi un evento sismico di determinata intensità)
- vulnerabilità (= probabilità che si produca un determinato livello di danno a seguito di un evento di determinata intensità)
- esposizione (= valutazione probabilistica delle conseguenze sociali ed economiche determinate dal raggiungimento di determinati livelli di danno)
APPROCCIO STANDARD:
• "diamo priorità all'intervento dove il rischio è peggiore"
APPROCCIO PIU' COERENTE CON LO SCENARIO ECONOMICO:
• il traguardo finale è la maggiore riduzione possibile del rischio
• intervenire prioritariamente dove, a parità di risorse impiegate, si può raggiungere il traguardo.
IL MIGLIORAMENTO SISMICO
IMPORTANZA CONCETTUALE DELL'INVERSIONE LESSICALE (RIPARAZIONE, MIGLIORAMENTO, ADEGUAMENTO) INTRODOTTA DALLA BOZZA 2014


GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"
RISCHIO E RESPONSABILITA'
La parola chiave è dunque PREVENZIONE attraverso una cultura che faccia tesoro del passato e sia salvaguardia del futuro ed è a tal proposito che possiamo riferirci all'idea di un'EDUCAZIONE ALLA SOSTENIBILITA'.
L'educazione alla sostenibilità è un modo per recuperare quei valori intrinsecamente liberali sui quali si basava un tempo il sistema educativo.
Essa sfida a testa alta la nozione spuria di educazione esente da valori (che in realtà è solo un tentativo di far perdonare la mancanza di valori dell'attuale ortodossia economica), insistendo senza vergogna nella richiesta di una base etica e morale per il processo grazie al quale acquistiamo conoscenze sul mondo e sul ruolo che in esso ci compete.
... creare una cultura della prevenzione, tuttavia, non è semplice ...
Infatti mentre i costi per la prevenzione vanno pagati oggi, i suoi frutti si raccoglieranno in futuro.
Inoltre parliamo di benefici che non sono tangibili: guerre e disastri che non si verificheranno.
Non c'è dunque da meravigliarsi se le politiche per la prevenzione ricevono un sostegno più retorico che sostanziale.

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

... Morin ravvede la necessità pedagogica di prepararsi all'inatteso, all'imprevisto ...

Eventi inattesi e dalle conseguenze potenzialmente catastrofiche necessitano di un impegno da parte della collettività **ad educare al rischio e all'incertezza.**
Questa attenzione pedagogica significa in qualche modo **PREVENIRE I RISCHI,** attraverso l'acquisizione di una struttura mentale che ne consenta la **gestione sul piano psicologico** e l'effettiva messa in campo di conoscenze, strategie e comportamenti ma anche nuovi valori da spendere in situazioni di diverso tipo (catastrofi naturali, ambientali, crisi politiche ed economiche, ecc.) .
Si tratta quindi di affrontare il tema della costruzione di una sensibilità ecologica, dell'educazione alla solidarietà; dell'acquisizione di consapevolezze e conoscenze che ci rendano **cittadini attivi nella conoscenza delle cause e dei protocolli di gestione delle situazioni di catastrofe, come ad esempio i TERREMOTI.**

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

LA FORMA PROBABILISTICA DELLA PREVISIONE DEI TERREMOTI

La scrittura e la manipolazione dei valori di probabilità devono seguire regole precise, che garantiscono un uso coerente dei suoi valori nelle diverse applicazioni (la **TEORIA DELLA PROBABILITA'**) ma la sostanza rimane quella di esprimere in modo chiaro il livello di verosimiglianza (o propensione) di un determinato scenario sulla base delle conoscenze disponibili.
Questa forma di quantificazione non deve ingannare: l'attribuzione di verosimiglianza ha carattere argomentativo (anche se basata su argomenti scientifici ed è sempre discutibile.
L'elenco delle probabilità associate ai diversi scenari prende il nome di **DISTRIBUZIONE DI PROBABILITA'** che è la **FORMA PROBABILISTICA DELLA PREVISIONE.**

↓

GESTIRE LA PROBABILITA'

La CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA del territorio nazionale, comunemente utilizzata per la progettazione degli edifici, rappresenta il livello di scuotimento **MASSIMO RAGIONEVOLMENTE ATTESO** (probabilità inferiore al 10% di essere superato) in un futuro intervallo di 50 anni.

→ **... si è sceito di correre il rischio che possano avvenire terremoti più intensi ma che questo rischio (probabilità residua del 10%) sia sufficientemente piccolo da poter essere ignorato.**

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

Il RISCHIO dunque chiama in causa l'INCERTEZZA.

Incertezza, emergenza, rischio, sono parole che riscuotono le coscienze ed accompagnano ogni momento della vita individuale e collettiva, insinuandosi sia nella sfera privata che in quella pubblica.
Questo rende importante e prioritario riflettere sugli atteggiamenti nei confronti dei rischi per cercare di **orientarli pedagogicamente verso forme di un'educazione** che renda i soggetti consapevoli e responsabili delle loro scelte e delle loro azioni sociali nonché preparati ad affrontare attivamente e consapevolmente le emergenze.

L'evento catastrofico che muove sia da fattori di natura percettiva che oggettiva è destinato a segnare, per sua natura, **una profonda rottura con le concezioni unilineari dello sviluppo e del progresso.**

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

COMUNICARE L'INCERTEZZA

❖ **MATRICI DI DECISIONE:**
mettono in relazione benefici (o perdite) associate alle diverse azioni in rapporto alla possibile occorrenza di eventi incerti (i terremoti, in questo caso).

↑

Vi concorrono **DUE ELEMENTI**:
1. **EVENTI POSSIBILI** (ovvero i possibili scenari di scuotimento)
2. **AZIONI PRATICABILI**

Per "n" possibili scenari di scuotimento "En" mutuamente esclusivi (nel tempo a disposizione soltanto uno di questi si realizzerà) e ciascuno caratterizzato da una verisimiglianza "Pn" con la condizione:

$$\sum_{i=1}^{N} P_i = 1$$

Esistono poi "m" possibili azioni preventive "Am". Nel caso si realizzi l'evento Ei e preventivamente sia stata messa in oper l'azione Aj, i costi (in termini di danni attesi + costi dell'azione preventiva eseguita) saranno pari a Lij; per la stessa azione Aj ci saranno "n" possibili costi (perdite) in funzione dei diversi scenari di scuotimento.
Si definisce quindi la **perdita attesa "Uj"** associata all'azione Aj come: $U_j = \sum_{i=1}^{N} P_i L_{ij}$

Si può così determinare l'azione più efficace come quella che rende minimi i costi attesi.

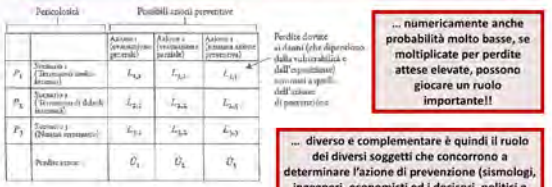
GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

COMUNICARE L'INCERTEZZA

❖ **MATRICI DI DECISIONE:**
mettono in relazione benefici (o perdite) associate alle diverse azioni in rapporto alla possibile occorrenza di eventi incerti (i terremoti, in questo caso).

Si può così determinare l'azione più efficace come quella che rende minimi i costi attesi.



... numericamente anche probabilità molto basse, se moltiplicate per perdite attese elevate, possono giocare un ruolo importante!!

... diverso e complementare è quindi il ruolo dei diversi soggetti che concorrono a determinare l'azione di prevenzione (sismologi, ingegneri, economisti ed i decisori, politici e cittadini responsabili della scelta finale)

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

COLPA E CONDOTTA CAUTELARE

Concezione normativa della COLPA: violazione di una regola di CONDOTTA CAUTELARE

"La nozione di **REGOLA CAUTELARE** non è definita né esplicitata nel Codice Penale vigente ma si può ricavare, in via interpretativa, dall'art. 43 comma 1, secondo il quale il delitto ***"è colposo, o contro l'intenzione, quando l'evento anche se preveduto non è voluto dall'agente e si verifica a causa di negligenza, imprudenza o imperizia ovvero per inosservanza di leggi, regolamenti, ordini e discipline***".

Dalla definizione normativa di **DELITTO COLPOSO** si può agevolmente trarre una nozione generalissima di REGOLA CAUTELARE intesa come regola (scritta o non scritta, giuridica o non giuridica) volta ad evitare che da un'attività, in sé e per sé lecita, possano derivare conseguenze dannose per terzi."
"La colpa eventuale nella società del rischio, Civello, Giappichelli Editore Torino

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

COLPA E CONDOTTA CAUTELARE

... un utile riferimento; il D.Lgs. 81/2008 "Salute e sicurezza nei luoghi di lavoro" ...

D. LGS. 81/2008

❖ **PREVENZIONE**
Complesso delle disposizioni o misure necessarie anche secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, per evitare o diminuire i rischi professionali nel rispetto della salute della popolazione e dell'ambiente esterno.

❖ **PERICOLO**
Proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore avente il potenziale di causare danni

❖ **RISCHIO**
Probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

COLPA E CONDOTTA CAUTELARE

"norme cautelari volte alla previsione e prevenzione delle varie ipotesi di rischio"

L'art. 3,1. 24 febbraio 1992 n. 225 menziona, tra le attività di protezione civile, la **PREVISIONE**, la **PREVENZIONE**, così definendole rispettivamente:

PREVISIONE; attività svolte anche con il concorso di soggetti scientifici e tecnici competenti in materia, dirette all'identificazione degli scenari di rischio probabili e, ove possibile, al preannuncio , al monitoraggio, alla sorveglianza e alla vigilanza in tempo reale degli eventi e dei conseguenti livelli di rischio attesi

PREVENZIONE; attività volte ad evitare o a ridurre al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi di cui all'art. 2 anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto delle attività di previsione

GIOVANNI CARDINALE
Consigliere CNI - Responsabile aree "Costruzioni" e "Lavoro"

RISCHIO E RESPONSABILITA'

"Calcolare il rischio, al di là delle procedure e delle pratiche che vi si dedicano, significa anche ***progettare il futuro su una diversa proiezione del valore individuale****: un valore che dobbiamo attualizzare al contrario, che si sviluppa sulle generazioni a venire, future.*

La ***generazione che si pone il problema della gestione del rischio non può presumere di essere il primo beneficiario*** *di un investimento che punta a mettere al sicuro l'umanità dal rischio sismico; lo saranno quelle degli altri, di colore che verranno dopo, dopo di noi.*

Anche questo è un elemento che riporta tutta la questione dentro il controllo della storia a partire da chi siano i ***legittimi componenti di questo «noi» che si sente investito dalla promessa di un intervento di salvaguardia della presenza nel mondo****, e che ritiene di detenerne il diritto.*
«Oltre il rischio sismico», Fabio Carnelli e Stefano Ventura, Carocci editore

CASO STUDIO:

SPAZI DESTINATI AD USO COMMERCIALE IN GALLERIA VITTORIO EMANUELE A MILANO

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

1. SCOPO

Definire e progettare, sulla base del processo di conoscenza raggiunto, gli interventi confortativi sulle strutture dell'edificio in oggetto, nell'ottica del miglioramento sismico ai sensi di:

- Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e relativa Circolare applicativa del 2 febbraio 2009, n° 617, C.S.LL.PP;
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 ottobre 2007;
- Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio D.Lgs. 22 gennaio 2004 n. 42.

Il contesto storico-artistico in cui si interviene

Per quanto attiene agli interventi sui beni vincolati, è lo stesso Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.lgs. 42/2004) art.29, comma 4, a precisare che, per i beni immobili situati nelle zone dichiarate soggette a rischio sismico in base alla normativa vigente, il restauro comprende l'intervento di **MIGLIORAMENTO STRUTTURALE**.

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

2. PROGETTO DI CONOSCENZA

L'immobile Galleria è stato oggetto di una approfondita **INDAGINE CONOSCITIVA** che ha riguardato tanto il terreno di fondazione che le strutture in elevazione.

Nel dettaglio, il background conoscitivo, necessario alle successive operazioni progettuali, si è sviluppato attraverso le seguenti **FASI**, con **APPROCCIO INTEGRATO**:

a. il **RILIEVO GEOMETRICO** e del quadro fessurativo/deformativo;
b. analisi dello **STATO DI CONSISTENZA** attuale: tecnologie, materiali e stato di conservazione;
c. la **CARATTERIZZAZIONE FUNZIONALE DELL'EDIFICIO** e dei suoi spazi;
d. la **CONOSCENZA STORICA DEGLI INTERVENTI SUBITI**;
e. la **CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI**.

Il quadro conoscitivo così delineato è stato poi integrato dalle rimozioni di tramezzi, controsoffitti e impianti che hanno permesso un maggiore approfondimento della morfologia strutturale dell'edificio.
Tali demolizioni ci consegnano oggi un edificio in cui è assolutamente evidente la lettura dell'impianto strutturale dal tempo della sua costruzione alla attuale realtà fisica e materica.

Il percorso di conoscenza si tramuta, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, dell'analisi storica, dell'approfondimento delle indagini sperimentali e dell'anamnesi degli interventi pregressi, in un Livello di conoscenza.
Ai sensi dei punti C8A.1.A e C8A.1.B delle NTC 2008 e della Circ. n. 617 del 02.02.09, è stato raggiunto:

LIVELLO DI CONOSCENZA LC2 (FATTORE DI CONFIDENZA = 1,2) PER MURATURE ED ELEMENTI IN C.A.
LIVELLO DI CONOSCENZA LC1 (FATTORE DI CONFIDENZA = 1,35) PER SOLAI

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

3. PROGETTO DI CONOSCENZA

❑ Rilievo geometrico e del quadro fessurativo/deformativo

Ai fini di una conoscenza preliminare dell'intero manufatto, è stato commissionato un rilievo geometrico e fotografico di tutti gli spazi, prima e dopo gli interventi di rimozione di impianti ed elementi secondari, basato sulla tecnologia laser scanner 3d, che ha permesso la lettura e la comprensione morfologica dell'immobile e delle sue trasformazioni.

Parallelamente sono state analizzate anche le principali lesioni presenti nei setti di muratura interna necessarie a comprendere eventuali cinematismi agenti sulle strutture.

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

3. PROGETTO DI CONOSCENZA

❑ Analisi dello stato di consistenza attuale: tecnologie, materiali e stato di conservazione

Il rilievo materico degli elementi componenti il sistema strutturale e il loro stato di conservazione ha permesso di individuare esattamente l'organismo resistente della fabbrica e si è reso necessario per la corretta impostazione del modello strutturale.

La continuità delle massicce strutture di mattoni pieni prosegue quindi dalle fondazioni fino al quarto piano da cui, appunto, si passa ad un'altra tecnologia strutturale (telai in c.a.) in cui c'è una netta separazione tra strutture portanti (travi e pilastri) e strutture portate (divisori, tamponamenti esterni, ecc).
Nelle strutture orizzontali, travi di ferro con giunzioni chiodate convivono con orditure lignee e in laterizio armato.

Una storia strutturale che è anche storia delle tecniche costruttive e della loro evoluzione durante un'epoca attraversata anche dalla distruzione della guerra.

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

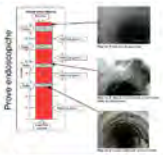
3. PROGETTO DI CONOSCENZA

❑ Caratterizzazione meccanica dei materiali

La modellazione del comportamento strutturale, specie nei riguardi dell'azione sismica, richiede una precisa conoscenza dei parametri meccanici di resistenza tensionale e di deformabilità dei materiali, ed in particolar modo della muratura.

⇨ Prove sperimentali in situ ed in laboratorio, di tipo non invasivo o debolmente invasivo per limitare quanto più possibile le operazioni irreversibili:

- Saggi ispettivi in fondazione
- Martinetti piatti singoli e doppi
- Carotaggi e prove di compressione dei provini e analisi delle malte
- Prove Sonreb su elementi in c.a.
- Carotaggi su elementi in c.a. e prove di compressione dei provini
- Indagini pacometriche su elementi in c.a.
- Saggi localizzati su cantonali e martelli
- Indagini endoscopiche
- Prove di compressione su malta PNT-G
- Prove resistografiche e determinazione essenza su elementi lignei
- Saggi ispettivi su orizzontamenti e restituzione dei dettagli costruttivi
- Saggi stratigrafici tramite sezioni lucide su intonaci interni



Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

3. FILOSOFIA DI PROGETTO

Linee principali d'intervento:

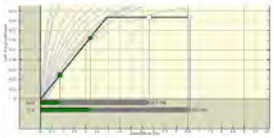
- massimizzare la permanenza delle materia originale del manufatto limitando le trasformazioni;
- formulare decisioni sulla scorta di valutazioni tecniche supportate da una approfondita conoscenza e affidabilità tecnico-scientifica;
- utilizzare conoscenze la cui efficacia sia oggettiva e strettamente correlata alla patologia specifica dell'oggetto;
- realizzare interventi minimi, riconoscibili e quanto più reversibili, prevalentemente di aggiunta o di affiancamento dell'esistente in maniera da rendere possibile il monitoraggio nel tempo.

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

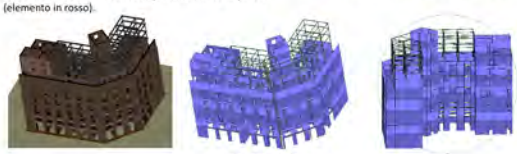
AI SENSI DEL DM 14.01.2008

4. MODELLAZIONE

L'analisi del COMPORTAMENTO GLOBALE DELLA STRUTTURA si è basata su ANALISI STATICHE NON-LINEARI (ANALISI PUSH-OVER, Rif. C.7.3.4.1 NTC2008) condotte sul modello globale dell'edificio in cui gli elementi strutturali vengono modellati mediante un approccio per macro-elementi e l'utilizzo di un modello teorico innovativo. Le pareti murarie vengono modellate mediante assemblaggio di più macro-elementi.
Nella modellazione del singolo pannello murario si trascura, dove prevista la realizzazione di fonometrie, il contributo della fascia di piano considerando solo il maschio murario ai fini del comportamento della parete (elemento in rosso).



Analisi pushover «Pushover + X Massa»



Modellazione 3D dell'edificio

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

4. MODELLAZIONE

I pannelli murari sono stati modellati mediante un innovativo MACRO-ELEMENTO capace di modellare il comportamento nel piano della muratura cogliendo in modo distinto tutti i meccanismi di collasso:

- meccanismo di rottura flessionale (rocking);
- rottura a taglio per fessurazione diagonale;
- rottura a taglio per scorrimento.

Si tratta di un MODELLO MECCANICO EQUIVALENTE costituito da un quadrilatero articolato i cui vertici sono collegati da **molle diagonali non-lineari** e i cui lati rigidi interagiscono con i lati degli altri macro-elementi mediante delle interfacce discrete con limitata resistenza a trazione. Pertanto il modello si può pensare suddiviso in due elementi principali: **un elemento pannello** costituito dal quadrilatero articolato e da **un elemento di interfaccia** costituito da un insieme discreto di molle che stabiliscono il legame che caratterizza l'interazione non-lineare con i quadrilateri eventualmente adiacenti o con i supporti esterni.

Modellazione di una parete piana

Interazione tra le pareti e cordoli o architravi

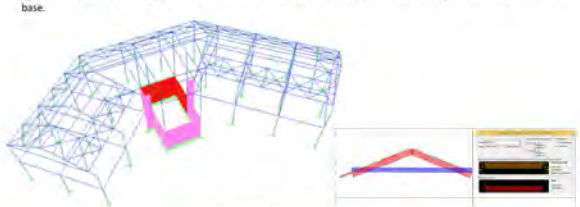
Interazione tra le pareti e i diaframmi di piano

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

4. MODELLAZIONE

Per il COMPORTAMENTO GLOBALE DELLA SOPRAELEVAZIONE è stato realizzato un MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI CON IL SOFTWARE **SAP2000.**
L'introduzione dei controventi ha permesso di modellare la copertura come piano rigido. È stata assunta, quindi, valida l'ipotesi di solaio infinitamente rigido nel proprio piano inserendo il vincolo "DIAPHRAGM" a tutti i nodi appartenenti a ciascun piano.
I nodi trave pilastri sono stati schematizzati come cerniere.
I pilastri in cemento armato, grazie all'intervento confortativo del nodo pilastro-muratura, risultano incastrati alla base.



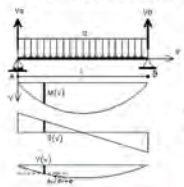
Immagini del modello tridimensionale

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

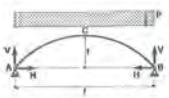
AI SENSI DEL DM 14.01.2008

5. SCHEMI SEMPLIFICATI

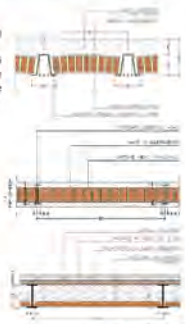
L'ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI SUI SOLAI è stata condotta mediante l'utilizzo di SCHEMI DI CALCOLO SEMPLIFICATI.
Il progetto prevede un significativo incremento dei carichi d'esercizio gravanti sugli orizzontamenti esistenti. L'aumento dei carichi è dovuto all'introduzione delle nuove destinazioni d'uso, che mutano la categoria degli spazi come normato dal capitolo 3 delle NTC 2008.



Schema statico adottato per i solai: trave appoggio-appoggio con carico uniformemente distribuito



Schema statico adottato per i cordoli di piano: arco a tre cerniere con carico uniformemente distribuito



Varie tipologie di solai presenti

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

6. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED INDICATORI DI RISCHIO

La valutazione della sicurezza consiste nel determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali.

L'entità dell'azione sismica sostenibile è denominata **CAPACITÀ**, l'entità dell'azione sismica attesa è denominata **DOMANDA**.

Un modo sintetico ed esaustivo di esprimere l'entità dell'azione sismica, e quindi di Capacità e Domanda, consiste nel riportare i valori di accelerazione al suolo (PGAC) e di periodo di ritorno (TRC) corrispondenti al raggiungimento dei diversi stati limite ($PGA_{C,SLV}$ per SLV e $PGA_{C,SLD}$ per SLD).

Per gli edifici in muratura si assume che **LA VERIFICA DELLO SLV IMPLICHI ANCHE LA VERIFICA DELLO SLC** (Circolare C8.7.1 .1).
Si definiscono due tipi di indicatori di rischio:

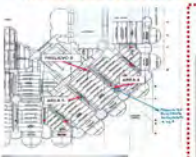
- il primo dato dal rapporto fra capacità e domanda in termini di PGA;
- il secondo espresso dall'analogo rapporto fra i periodi di ritorno dell'azione sismica.

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

7. PROGETTO IN CORSO D'OPERA

- Prove metallurgiche sulla trave chiodata esistente



Aree individuate per il prelievo di materiale

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

7. PROGETTO IN CORSO D'OPERA

- Inghisaggi sulle murature

Il progetto ha previsto la predisposizione di inghisaggi di barre filettate all'interno della muratura al fine di sostenere in quota le sedi di alloggiamento delle travi previste per il consolidamento dei solai esistenti.
Su tali barre sono state effettuate prove di taglio e di estrazione i cui risultati sono andati a costituire la base per la riverifica delle condizioni di progetto.

Estratto dagli elaborati di progetto

A. PROVE AD ESTRAZIONE

Le prove a strappo sono state condotte con l'ausilio di un martinetto cavo operante a spinta reazionato al muro retrostante. Le forze di contrasto all'estrazione sono state portate a distanza dall'area di estrazione mediante l'ausilio di una traversa metallica.

B. PROVE DI TAGLIO

La prova è stata condotta con l'ausilio di un martinetto operante a tiro, posizionato a ridosso della muratura in modo tale da imporre alla barra in prova una forza quasi esclusivamente tagliante.

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

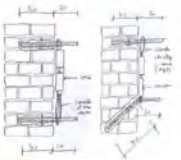
AI SENSI DEL DM 14.01.2008

7. PROGETTO IN CORSO D'OPERA

- Inghisaggi sulle murature

La prova è stata condotta con l'ausilio di un martinetto operante a tiro, posizionato a ridosso della muratura in modo tale da imporre alla barra in prova una forza quasi esclusivamente tagliante.

B. PROVE DI TAGLIO



Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

7. PROGETTO IN CORSO D'OPERA

- Interventi in copertura e nei due piani in c.a. sopraelevati

Si prevede la demolizione della copertura lignea, del solaio di soffitto, dei pilastri e delle travi di spina e la costruzione di una nuova copertura metallica impostata, con luce unica, sui pilastri perimetrali esistenti, costituita da capriate idonee a trasferire ai pilastri solo carico verticale, esercitando al contempo una efficace azione di ritegno trasversale.

Nuova copertura metallica

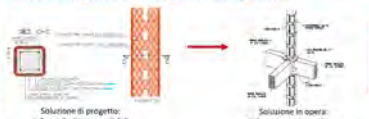
Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

7. PROGETTO IN CORSO D'OPERA

- Interventi in copertura e nei due piani in c.a. sopraelevati

RINFORZO PILASTRI C.A.

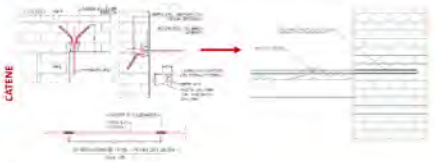


Soluzione di progetto: rinforzo di pilastri con F.R.P.

Soluzione in opera: rinforzo con calastrellatura

Soluzione modificata per ottimizzazione di:
- TEMPI
- COSTI
- FACILITA' DI ESECUZIONE

CATENE



Soluzione modificata per:
- MINORE INVASIVITA' INTERVENTO
- FACILITA' DI ESECUZIONE

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

7. PROGETTO IN CORSO D'OPERA

- Interventi in copertura e nei due piani in c.a. sopraelevati

La modifica del dettaglio di ancoraggio delle catene alla muratura esistente ha resa necessaria una campagna di prove atta a misurare la resistenza dell'ancoraggio sottoposto ad una forza di estrazione ed il consolidamento di una porzione di muratura nell'intorno dell'ancoraggio della catena.

CATENE

Area di prova	*Profondità di ancoraggio [cm]*	*Forza massima estrazione [kg]*
Piano secondo	46 cm (pari a 2/3 dello spessore)	11.719
Piano terzo	40 cm (pari a 2/3 dello spessore)	7.654

SEZIONE TRASVERSALE AL SETTO MURARIO

(SCALE 1/50)

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

7. PROGETTO IN CORSO D'OPERA

- Consolidamento dei solai ed adeguamento degli stessi alle prestazioni legate alle nuove destinazioni d'uso

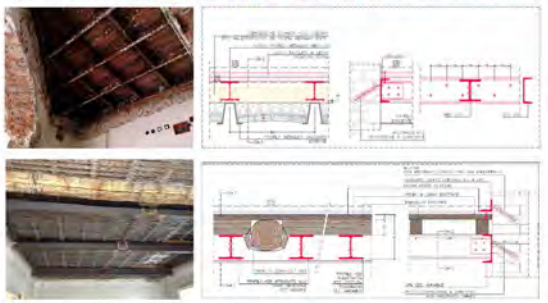
Consolidamento mediante interventi "dal sotto" attraverso l'inserimento di profili metallici (travi a parete piena, alveolare, reticolari), reversibili, in affiancamento o in sostituzione delle orditure esistenti (comunque non rimosse) e collegamenti realizzati con appoggi indiretti attraverso "selle" metalliche che contengono, riducendola al massimo, la connessione meccanica con la struttura muraria.

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

7. PROGETTO IN CORSO D'OPERA

- Consolidamento dei solai ed adeguamento degli stessi alle prestazioni legate alle nuove destinazioni d'uso



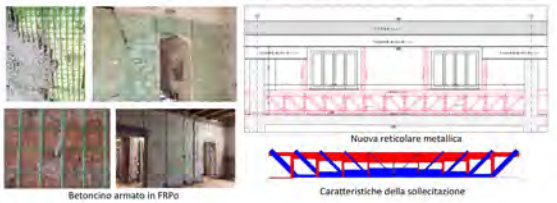
Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

8. PROGETTO IN CORSO D'OPERA

- Eliminazione di carenze strutturali locali particolarmente gravi

Placcaggio con betoncino armato delle murature del quarto piano su cui si innestano i pilastri in c.a. del quinto e sesto piano, inserimento di una trave reticolare, a livello del parapetto al quarto piano, per risolvere le situazioni in cui i telai un c.a. sono appoggiati in falso su orditure metalliche storiche con luci importanti (anche circa 9 metri).



Nuova reticolare metallica

Betoncino armato in FRPo

Caratteristiche della sollecitazione

La scelta progettuale di consolidamento si è orientata, in relazione alla tipologia muraria e alle caratteristiche dell'organismo strutturale, su un placcaggio armato con **malte cement free e rete in FRP.**

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

9. IL CANTIERE

INSTALLAZIONE DEL PONTEGGIO PER IL RESTAURO DELLA FACCIATA

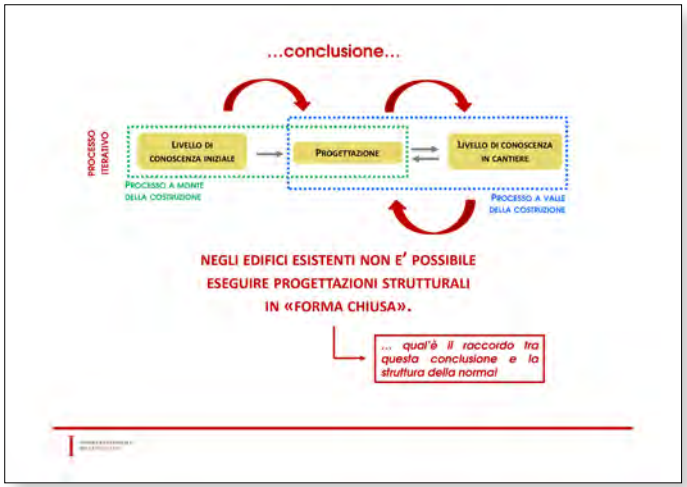
Il «ponteggio-portale», muovendosi su rotaie nei bracci della galleria, consente le operazioni di restauro della facciata.

Galleria Vittorio Emanuele: intervento di miglioramento sismico

AI SENSI DEL DM 14.01.2008

9. IL CANTIERE

La peculiarità del sito in cui si è andati ad intervenire ha imposto, in fase di cantiere, l'adozione di particolari accorgimenti logistici ed organizzativi come il posizionamento della gru sul tetto dell'edificio, in corrispondenza di un vano ascensore adeguatamente rinforzato.

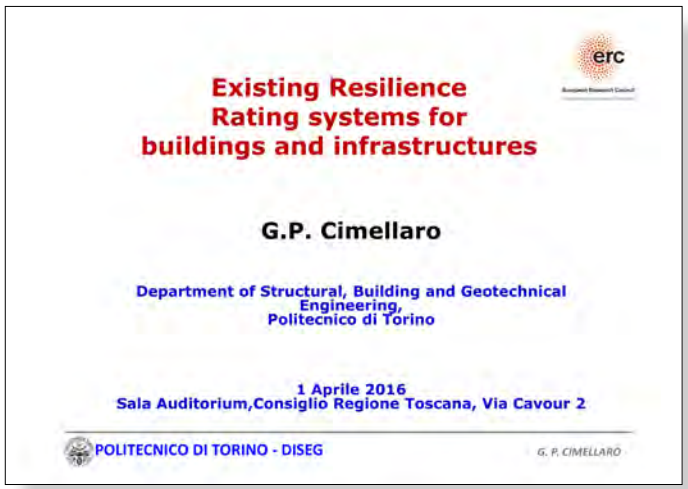

...conclusione...
PROCESSO ITERATIVO
LIVELLO DI CONOSCENZA INIZIALE
PROGETTAZIONE
LIVELLO DI CONOSCENZA IN CANTIERE
PROCESSO A MONTE DELLA COSTRUZIONE
PROCESSO A VALLE DELLA COSTRUZIONE
NEGLI EDIFICI ESISTENTI NON E' POSSIBILE
ESEGUIRE PROGETTAZIONI STRUTTURALI
IN «FORMA CHIUSA».
... qual'è il raccordo tra questa conclusione e la struttura della norma!

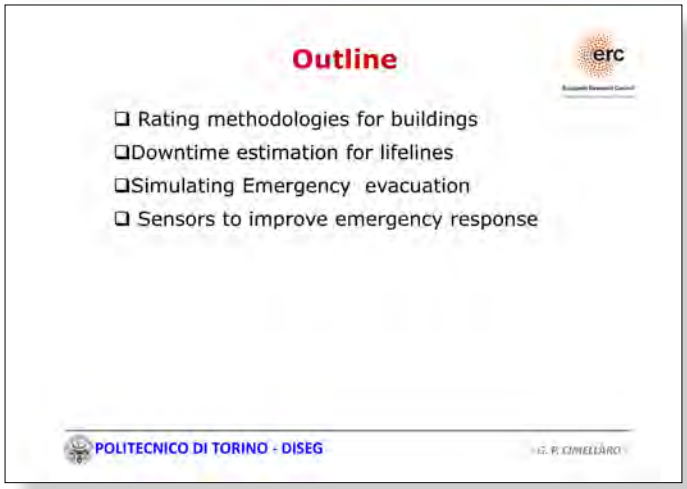
Grazie per l'attenzione

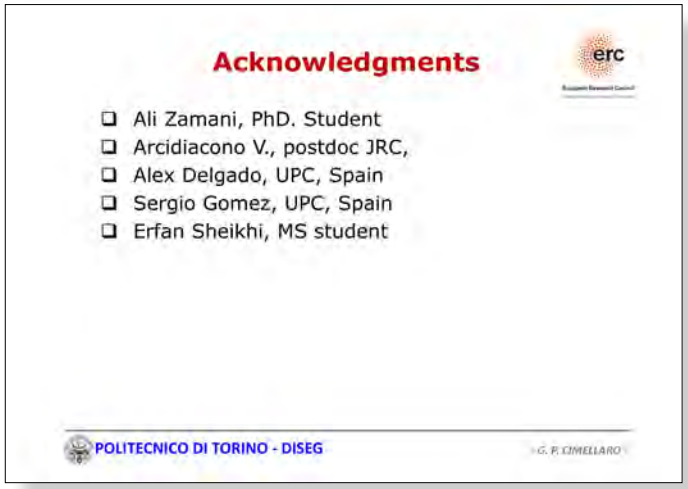
Edifici ed infrastrutture resilienti: esperienze sul territorio

Edifici ed infrastrutture resilienti: esperienze sul territorio

Gian Paolo Cimellaro
Department of Structural, Building and Geotechnical Engineering, Politecnico di Torino







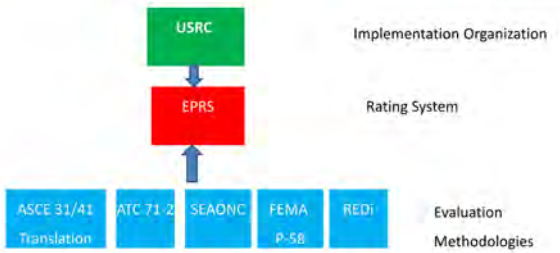
Rating methodologies

1. ASCE 31-03 [2003] Seismic evaluation of existing buildings
2. ATC 71-2 [2011] Proceedings for a workshop on a rating system for the earthquake performance of building
3. SEAONC Earthquake performance rating system [2011], translation of an ASCE 31/41 assessment
4. FEMA P-58 [2012] Performance assessment calculation tool (PACT)
5. REDi Rating System [2013]

The US Resiliency Council

- Founded to be the administrative vehicle for implementing a rating system
- A similar role that USGBC plays for sustainable design.
- Provides a structure to promote rating credibility and educate the public about seismic hazard risks associated with buildings.
- The USRC will not develop Evaluation Methodologies but will implement systems developed by others.
- Brings together all stakeholder groups concerned about buildings into leadership and advisory positions
- Scalable to multi-hazard application – hurricanes / tornados, flood, blast

Rating Systems and Methodologies



Objective of an Earthquake Performance Rating System

- Communicate seismic risk to non-engineers
  - Intended audience: anyone who makes decisions about buildings
- Ultimate objective: spur action to reduce seismic risk in building stock

ASCE 31-03:
Evaluation process

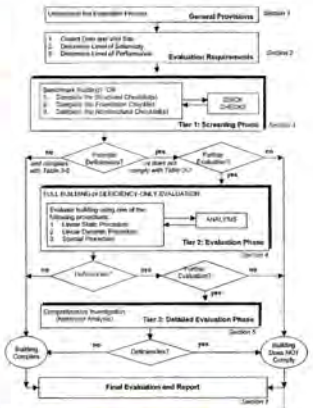


Figure 1-1. Evaluation Process

ASCE 31-03: Evaluation process

The evaluation process consists of the following three tiers:

- **Tier 1 – Screening Phase.** Consists of three sets of checklists that allow a rapid evaluation of the structural, non-structural, and foundation/geologic hazard elements of the building and site condition.
- **Tier 2 – Evaluation Phase.** Full building or deficiencies only. Analysis in Tier 2 is limited to simplified linear analysis methods.
- **Tier 3 – Detailed Evaluation Phase.** Further evaluation of buildings in which potential deficiencies were identified. Procedures are complex and expensive to carry out.

ASCE 31-03: Evaluation Requirements

1. **Level of investigation required.** The information collected during the investigation shall be sufficient to define the level of seismicity and the building type. Shall be sufficient to complete Tier 1 Checklists.
2. **Site visit.** Conducted by the evaluating design professional(s) to verify existing data or collect additional data, determine the general condition of the building, and verify or assess the site conditions.
3. **Level of performance.** Shall be defined prior to conducting a seismic evaluation. Two performance levels:
   - Life safety: low risk of life-threatening injury as a result of structural damage.
   - Immediate occupancy: very limited damage to both structural and non-structural components.

Earthquake Perfor. rating system
ASCE 31-03

- It is a seismic evaluation of existing buildings. The objective is finding deficiencies in the building.
- This standard provides a three-tiered process for seismic evaluation of existing buildings in any level of seismicity.
- All aspects of building performance are considered an defined in terms of structural, non-structural, and foundation/geologic hazard issues.
- Buildings are evaluated to either the Life Safety or Immediate Occupancy depending on the objective.

ASCE 31-03: Evaluation Requirements

4. **Level of seismicity.** Shall be defined as low, moderate or high depending on response acceleration values and site amplificatory factors.
5. **Building type.** Based on the lateral-force-resisting system and the diaphragm type.

ASCE 31-03: Final report

The objective is to communicate the results (deficiencies) to the owner and record the process and assumptions used to complete the evaluation. May include:

1. **Site and building data:** building occupancy and use, level of inspections, past performance of the building type in earthquakes…
2. **Recommendations:** mitigation schemes or further evaluation
3. **Appendix:** photographs, material test results, checklists, analysis procedure…

ASCE 31-03 Limitations

- ASCE 31
  - Output not straightforward to interpret by general public
  - Does not readily allow comparisons between buildings
  - Not generally adopted by private sector

2011 ATC 71-2 Workshop: Scope

- The purpose is to gather input on developing and successfully implementing a new system for rating the earthquake performance of new and existing buildings.
- Based on workshop discussions which included representatives of a complete cross section of the "owner community" and that were designed to identify and discuss relevant issues.

Key Elements of a Rating System
ATC 71-2 Workshop

Multiple Dimensions

Appropriate Cost Structure

Communication Format

Peer Review

Credibility of System

ATC 71-2: Topics and conclusions

- The breakout sessions were followed by balloting of a number of topics that would guide future development of a rating system.
  1. **Dimensions.** Shall incorporate safety, damage/repair cost and downtime (for re-occupancy and functionality). Should be combined into a final single rating.
  2. **Hazard level.** Design codes hazard level for estimating safety. For damage and downtime, a less hazard level may be more appropriated.
  3. **Rating symbols.** Preference for symbolic classification rather than numerical.
  4. **Qualifications and quality control.** The person who rates the building should be certified and the system should allow re-rating.

ATC 71-2: Topics and conclusions

5. **Absolute versus relative rating.** Clear preference for absolute ratings.
6. **Cost.** High costs should be avoided.
7. **Mandatory versus voluntary.** Should be developed as a voluntary system which could transition to a mandatory system over time.

- A new rating system needs to avoid the pitfalls of the commoditization.
- Needs to provide adequate quality control and peer review.
- Consensus of the attendees that a rating system will encourage effective earthquake mitigation and improve the earthquake resiliency of our cities.

Earthquake Performance Rating System SEAONC (EPRS)

- Utilizes existing evaluation methodology (ASCE 31), and translates their result into a format that is easily understood.
- Considers three dimensions: safety, repair cost, and time to regain function.
- Uses a scale of 1 to 5 stars. Does not predict precise numerical values for deaths, damage or downtime.
- Address all building types and occupancies.
- Allows performance comparison among buildings.

Safety Definition

Rating	Safety Rating Definition
★★★★★	*No entrapment*
★★★★	*No injuries*
★★★	*No death*
★★	*Death in isolated locations*
★	*Death in multiple or widespread locations*

POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

Repair cost: Definitions

Rating	Repair Cost
★★★★★	**Within Typical Operating Budget** Building performance would lead to conditions requiring earthquake-related repairs costing less than 5% of building replacement value.
★★★★	**Within Typical Insurance Deductible** <10% of building replacement value
★★★	**Within Industry SEL Limit** <20% of building replacement value
★★	**Repairable Damage** <50% of building replacement value
★	**Substantial Damage** >50% of building replacement value

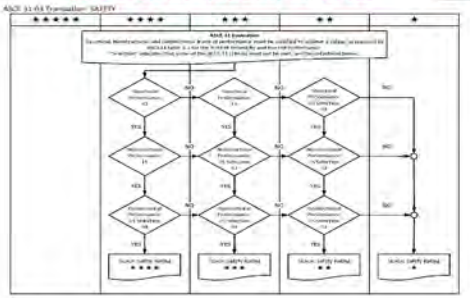
POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

Time to regain function

Rating	Time to Regain Function
★★★★★	Within hours
★★★★	Within days
★★★	Within weeks
★★	Within months
★	Within years

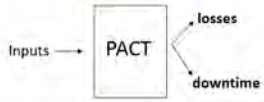
POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

SEAONC EPRS:
ASCE 31 Evaluation to EPRS



Performance Assessment Calculation Tool (PACT)

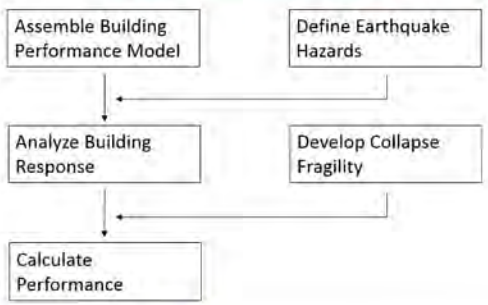
- Software tool which helps to capture building inventory data, input a given earthquake shaking probability or intensity, apply specific fragilities and consequences to each building component, and present the results of a large number of runs, or realizations in a logical format.
- Results are in terms of losses and downtime.
- Requires building seismic simulations.



PACT: Inputs

- **Project information**
- **Building information.** Number of floors, heights, areas...
- **Population.** Evolution of population during the day
- **Fragilities and performance groups.** Types of performance groups and quantities per floor
- **Collapse fragility** curve of a building obtained using FEMA P695
- **Structural analysis results.** Non linear response history analysis or simplified analysis depending on the structure
- **Residual drift.** Input from the seismic simulation
- **Hazard curve.** Relation between spectral acceleration and mean annual frequency of exceedance

PACT: Methodology



PACT: Methodology

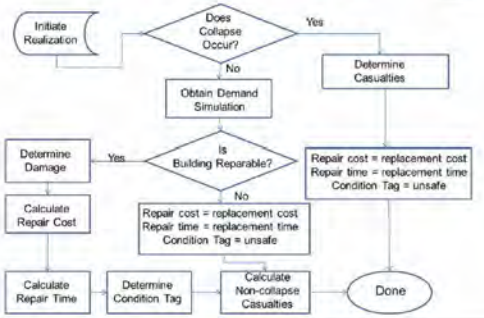
1. **Assemble building performance model.** Collection of data used to define building assets at risk and their exposure to seismic hazards. Vulnerable building components are categorized into fragility groups and performance groups.
2. **Define earthquake hazards.** Is a quantification of the intensity and the probability that effects of a given intensity will be experienced.
3. **Analyze building response.** Usually include peak values of story drift ratio, floor velocity, floor acceleration and residual drift ratio.

PACT: Methodology

4. **Develop collapse fragility.** Collapse fragility functions define the probability of incurring structural collapse as a function of ground motion intensity.
5. **Consequence functions** are relationships that indicate the potential distribution of losses and repair-time as a function of damage state.
6. **Calculate performance.** Use of Monte Carlo procedure to perform loss calculations. Is a highly repetitive procedure, each realization represents one possible performance outcome for the building, considering a single combination of possible values of each uncertain factor.

POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

PACT: Methodology



POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

Resilience-based Earthquake Design Initiative (REDi™)

- Considers three dimensions: direct financial losses, and downtime for re-occupancy and functional recovery.
- Utilizes existing evaluation methodology (PACT) and modifies its results for a new evaluation.

- Uses a scale of symbolic rating terms (platinum, gold, silver).
- Address all building types and occupancies.
- Allows performance comparison among buildings.

POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

REDi Rating System: Definitions

- **Re-occupancy** can occur when the building is deemed safe enough to be used for shelter.
- **Functional recovery** represents the time required to establish re-occupancy and regain facility's primary function.
- **Direct financial loss** is calculated by PACT where the losses are expressed as a proportion (%) of the Total Building Value at today's price.

G. P. CIMELLARO

REDi Rating System
Limitations due to PACT

There are several significant limitations to the FEMA P-58 (PACT) based assessment in relation to calculating downtime which must be addressed:

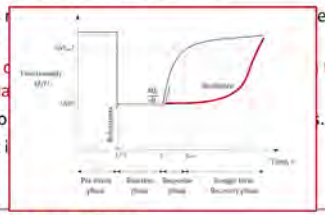
- The repair time estimates are based on potentially unrealistic labour allocation and repair sequence logic.
- Repair time estimates are associated with the time required to achieve full recovery.
- FEMA P-58 does not account for delays that prevent the initiation of repairs which could represent the largest contributor to downtime.
- FEMA P-58 does not account for the disruption to utilities.

REDi Rating System
Specific Limitations

- Is it PACT reliable in terms of losses and repair-time?
- Resilience rating is just in terms of downtime and losses. No information about restoration process.
- Does not evaluate clearly site-access.
- There is no data base information for most of the impeding curves.
- Utilities disruption curves are independent from the earthquake intensity.
- Some points are too abstract, no standard forms.
- Difficult implementation.

REDi Rating System
Specific Limitations

- Is it PACT reliable in terms of losses and repair-time?
- Resilience rating is just in terms of downtime and losses. No information about restoration process.
- Does not evaluate clearly site-access.
- There is e impeding curves.
- Utilities the earthqua
- Some po .
- Difficult

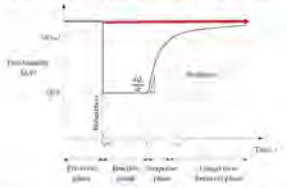


Outline

- ❑ Rating methodologies for buildings
- ❑Downtime estimation for lifelines
- ❑Simulating Emergency evacuation
- ❑ Sensors to improve emergency response

Downtime definition

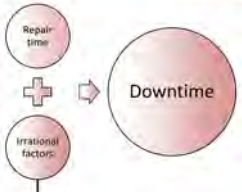
Collins English Dictionary:
downtime (*business*) time during which a machine or plant is not working because it is incapable of production, as when under repair: the term is sometimes used to include all nonproductive time .



Downtime estimation Methodology

- Downtime estimation of lifelines
- Downtime data from past earthquakes
- Curve fitting
- Future work

Downtime definition for buildings
Comerio (2005)



- Financing
- Relocation of functions
- Management and Manpower
- Economic and Regulatory Uncertainities

- Take into account irrational factors.
- Relies on PEER's approach to quantify losses.
- Only applies for buildings and not for lifelines.

Downtime definition for buildings
Terzic et al. (2015)

- Terzic et al., 2015 conducted a study where they estimated the business interruption cost on a three story building in Oakland.
- Business downtime is considered as the time required to identify damage, design repairs or upgrades, obtain permits and financing, to mobilize supplies and manpower, and to restart operations.
- Several other studies are necessary before the downtime estimation: hazard level, numerical modeling & simulations and a damage & loss analysis (PACT).

Downtime of Lifelines in San Francisco
Johnson (2014)

- The Lifelines Council of the City and County of San Francisco (Laurie Johnson) completed a study on 2014 about the interdependencies and performance of the different lifelines operators within the city limits following a major magnitude 7.9 earthquake on the San Andreas Fault.

Lifelines of San Francisco
Johnson (2014)

Lifeline	Downtime
Regional roads	At least 12-18h
City streets	Assessment up to 24h
Electric power	100% in a month
Natural gas	Up to 6 months
Telecommunications	Initial high functionality
Water	70% in 24h; 100% in 30 days
Wastewater	Almost 100% in 72h
Transit	Initially shut down for safety reasons
Port	Full inspection in 30 days
Airports	High perfomance
Fuel	At least 48h for inspections

Lifelines of San Francisco
Johnson (2014)

- *"We developed this research because there is not a general study to estimate the downtime of infrastructures"* – Laurie Johnson
- Generalize the results of Laurie Johnson to other case studies, not only to San Francisco.

REDi system
Lifelines

- Resilience-based Earthquake Design Initiative (REDi™) is a tool developed by Arup.
- The tool is mainly focused on the restoration of buildings but takes into account how the lifeline downtime affects the buildings.
- REDi provides simple restoration curves for water, electricity and gas systems using empirical data by only 6 earthquakes.

Estimation of lifeline disruption (Nojima et al. 2002)

- They develop two empirical models for the estimation of lifeline disruption based on the damage records of recent earthquakes, but only earthquakes that took place in Japan.

Database of past earthquakes

- Database of lifeline damage and restoration process of past earthquakes.
- Originally contained physical and functional damage of lifelines, expressed in a qualitative and quantitave way.

Database of past earthquakes (2)

Database of past earthquakes (3)

Lifeline	Location	Year	M_w	Reference
E W G T	Kanto, Japan	1923	7.8	Kawata 1996
E W	Valdivia, Chile	1960	9.5	Kessel 1960
E W G T	Alaska, U.S.A.	1964	9.2	Eckel 1967
E W G	Niigata, Japan	1964	7.6	Dyuen et al. 1964
E G	Tokachi-oki, Japan	1968	8.3	Katayama et al. 1977
E G T	San Fernando, U.S.A.	1971	6.6	Jennings et al. 1971
E W G T	Off-Miyagi, Japan	1978	7.4	Katayama 1980
W	El Asnam, Algeria	1980	7.1	Nakamura et al. 1983
E W G	Nihonkai-Chubu, Japan	1983	7.8	Ihamada et al. 1985
E W G T	Michoacan, Mexico	1985	8.1	O'Rourke 1996
E W G T	Loma Prieta, U.S.A.	1989	6.9	Schiff 1998
E W T	Luzon, Philippines	1990	7.8	Sharpe 1994
E W G	Kushiro-oki, Japan	1993	7.8	Yamazoki et al. 1995
E W G T	Northridge, U.S.A.	1994	6.7	Lund et al. 1995
E W	Hokkaido Toho-oki, Jp.	1994	8.2	Yamazaki et al. 1995
E W	Sanriku, Japan	1994	7.5	Yamazaki et al. 1995
E W G T	Kobe, Japan	1995	6.9	Kuroiwa et al. 1996
E W G T	Izmit, Turkey	1999	7.4	Gilles et al. 2001
E W G T	Chi-Chi, Taiwan	1999	7.6	MCEER 2000
E W	Arequipa, Peru	2001	8.4	Edwards et al. 2001
E	Nisqually, U.S.A.	2001	6.8	Fred et al. 2001
G	Alaska, U.S.A.	2002	7.9	EERI 2003a
E W T	Bam, Iran	2003	6.6	Ahmadizadeh et al. 2004
E W G	Niigata, Japan	2004	6.6	Scawthorn 2006
E W G T	Maule, Chile	2010	8.8	Evans et al. 2011
E W G	Darfield, New Zealand	2010	7.1	Knight et al. 2012
E W G	Christchurch, N. Z.	2011	6.3	Giovinazzi et al. 2011
E W G T	Tohoku, Japan	2011	9.0	Nojima 2012
E W T	Samara, Costa Rica	2012	7.6	C.N.E. 2012
E W G	Napa, U.S.A.	2014	6.0	Scawthorn 2014
E W	Illapel, Chile	2015	8.4	ONEMI 2015

Develop the Database of past earthquakes (4)

- Large database
- Difficulties:
  - Less documentation for 40 years ago. earthquakes
  - There is not a standard to analyze the downtime of lifelines: different papers present information in different ways.

Downtime estimation calibration

Exponential distribution
- Too opthimistic
- ↓ time = ↑ value

Lognormal distribution
- Full restoration never achieved
- ↑ time = ↑ value

Gamma distribution
- Best fit
- Requires large database

Modified Gamma distribution
- Nojima 2001
- ≠ standard deviation

Downtime estimation

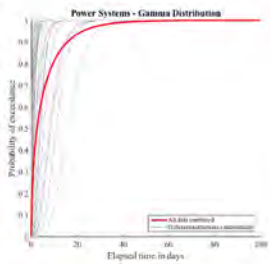
- 4 different approaches analyzed

Gamma distribution
- Best fit
- Requires large database

1) Gamma function $\Gamma(k) = \int_0^\infty x^{k-1} e^{-x}\,dx$
2) PDF $f(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$
3) CDF $F(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x y^{\alpha-1} e^{-y/\beta}\,dy$
4) Mean value $\mu_D = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$
5) Standard deviation $\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \mu_D)^2}{n-1}}$
6) Scale parameter $\beta = \frac{\sigma_D^2}{\mu_D}$
7) Shape parameter $\alpha = \frac{\mu_D}{\beta}$

Downtime estimation (2)

- Power systems

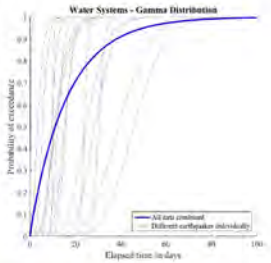


α	0,48
β	12,05
R	942,21

Days	Probability
5	65%
10	81%
20	93%
30	97%

Restoration curves (3)

- Water systems

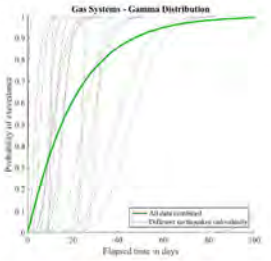


α	0,95
β	17,21
R	837,01

Days	Probability
5	27%
10	46%
20	70%
30	83%

Restoration curves (4)

- Gas systems

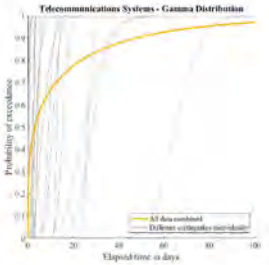


α	1,08
β	19,34
R	792,51

Days	Probability
5	19%
10	36%
20	61%
30	76%

Restoration curves (5)

- Telecommunications systems



α	0,30
β	61,25
R	853,32

Days	Probability
5	56%
10	66%
20	77%
30	83%

Numerical Results

Parameters	Power	Water	Gas	Telecom
α	0,48	0,95	1,08	0,30
β	12,05	17,21	19,34	61,25
R	942,21	837,01	792,51	853,32
Days	**Power**	**Water**	**Gas**	**Telecom**
5	65%	27%	19%	56%
10	81%	46%	36%	66%
20	93%	70%	61%	77%
30	97%	83%	76%	83%

Conclusions (2)

- Power systems
  - Fastest & most resilient
  - Back-ups, redundancy
- Water systems
  - Slow pace
  - Concrete & cast-iron pipes
- Gas systems
  - Slowest & less resilient
  - Mandatory tests
- Telecom systems
  - Fast, coupling w/ power
  - Back-up batteries

Outline

- ❑ Rating methodologies for buildings
- ❑Downtime estimation for lifelines
- ❑Simulating Emergency evacuation
- ❑ Sensors to improve emergency response

What is the vision of IDEAL RESCUE?

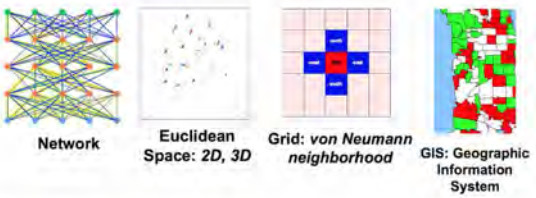
- ❑Assess the performance of all critical infrastructures including interdependencies;
- ❑Using a refined human behavior and anxiety models, based on real behavioral data.
- ❑Graphical display of a virtual city model including all infrastructures;

Natural disasters (1900-2013)

Terrorist attacks in the last twenty years.
[A. Fama, Repubblica.it, 2015]

Agent Interaction Topologies

Various topologies connect agents with their neighborhoods.



Behavioral patterns during Emergency

Macroscopic level

Competitive behavior is often observed in emergency situations, when human individuals compete for their own chances of exiting. It leads to **inefficient evacuations** .

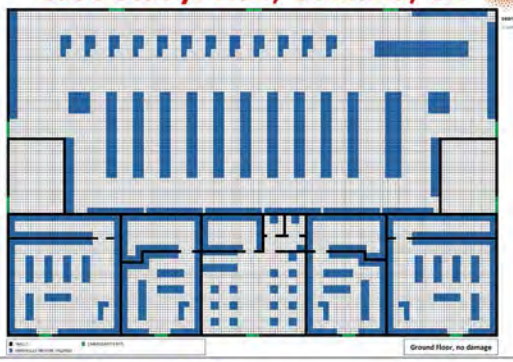
Queuing behavior emerges spontaneously when a crowd gathers at an exit, permitting the crowd to "stream" out of the exit in an orderly manner.

Herding behavior is often observed during the evacuation of a crowd in a room with two exits. In this case one exit is clogged while the other is not fully utilized.

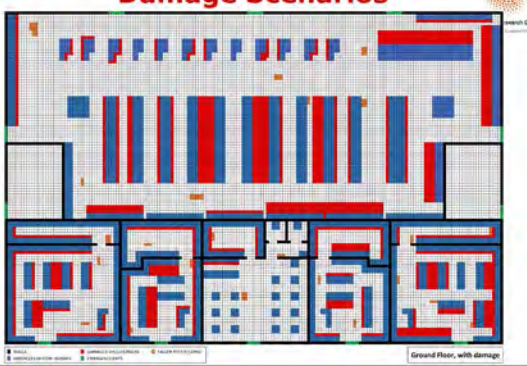
Individual Behavior calibration

BDI is calibrated through a survey, powered by GoogleForms®

Case study: Mall, Oakland, CA

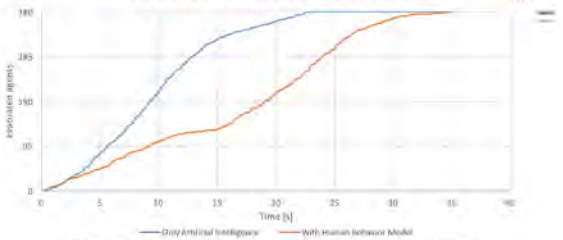


Damage Scenarios



POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

Numerical Results



Cumulative distributions: A.I. only without damages vs. H.B. model + damages (Ground floor)

80th percentile of agents (304) evacuated in:

- 14 seconds with A.I. only
- 25 seconds with the complete H.B. model and damage scenarios

POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

Outline

- Rating methodologies for buildings
- Downtime estimation for lifelines
- Simulating Emergency evacuation
- Sensors to improve emergency response

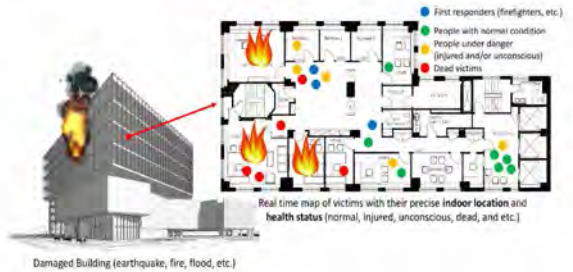
POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

A Wearable Wireless Sensor

- Creating a reliable link between the emergency teams (first responders, and etc.) and victims
- Decreasing the emergency response time
- Creating map of victims including locations, vital status, etc.
- Developing a system independent from current telecommunication infrastructures (Internet, Cell phone, etc.)
- Decreasing the human-based damages and increase the resiliency of the system

POLITECNICO DI TORINO - DISEG G. P. CIMELLARO

Objectives - Scheme



Hardware

- There are two types of nodes in the system
  - **SHM Nodes**: Nodes which are responsible for structural health monitoring (vibration, temperature, etc.) and play a major role in data connection with wearable nodes and creating the network of the sensors which are needed for indoor localization
  - **Wearable Nodes**: Nodes which are worn by people and act as mobile nodes. These nodes sense the vital status and are used to localize the victims.

Features

- Main feature:
  - Indoor Localization
  - Independent from power and telecommunication network (emergency conditions)
  - Vital signals sensing (heart rate, body temp.)
- Additional features:
  - GPS for outdoor localization
  - GSM/GPRS, Bluetooth, ...
  - IMU (Inertial Measurement Unit)
  - OLED Display

Hardware Design

- Using Hi-Tech design methods and components
- Sensors with high accuracy and components with high energy efficiency

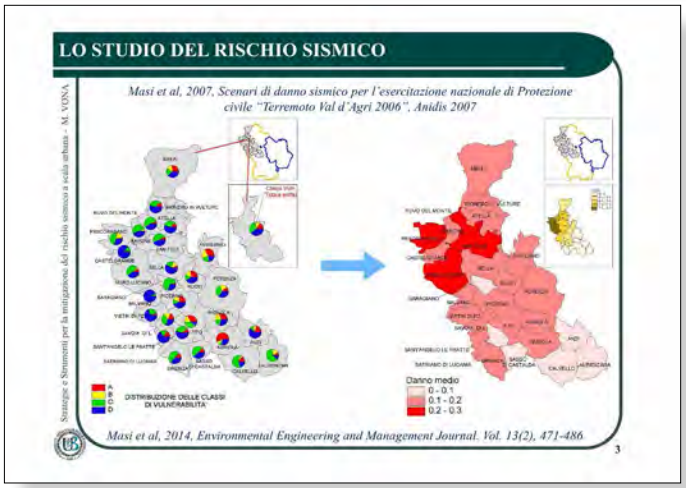
International Workshop on Resilience
http://www.workshop-torino2016.resiltronics.org/
THE 1st INTERNATIONAL WORKSHOP ON RESILIENCE IN TORINO
A GREAT EVENT IN A GREAT CITY
20-22 Settembre, 2016
Welcome to the Resilience Workshop

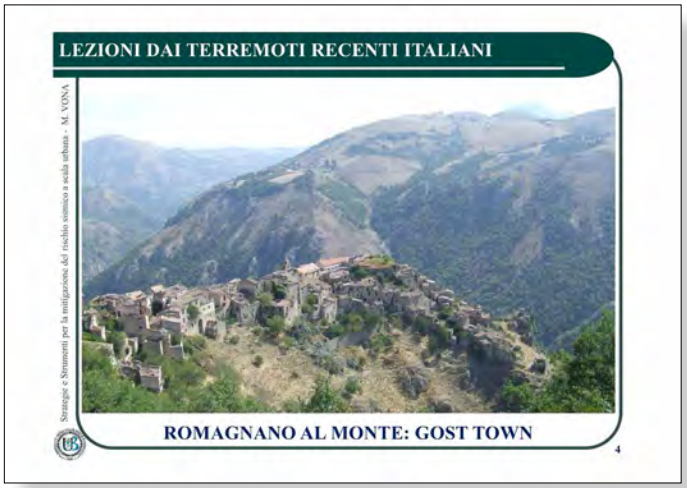
erc
THANK YOU!
POLITECNICO DI TORINO - DISEG
G. P. CIMELLARO

Strumenti e strategie per la mitigazione del rischio sismico

Strumenti e strategie per la mitigazione del rischio sismico

Marco Vona
Scuola di Ingegneria, Università di Basilicata





LEZIONI DAI TERREMOTI RECENTI ITALIANI

A **L'AQUILA**, dopo il terremoto del 6 aprile 2009, la vita quotidiana delle persone e il benessere di tutta la comunità sono stati modificati o distrutti

Molte imprese operanti nel centro della città sono stati spostati verso la periferia, molte hanno chiuso (circa il 25%)

Molte persone sono state trasferite in nuovi quartieri "temporanei"

Dopo 3 anni, circa il 60% delle macerie degli edifici crollati doveva ancora essere rimosso

Dopo quasi 7 anni, L'Aquila, la città capoluogo della regione amministrativa, rimane in parte inutilizzata

5

LEZIONI DAI TERREMOTI RECENTI ITALIANI

L'AQUILA, 2009

EMILIA, 2012

6

LEZIONI DAI TERREMOTI RECENTI ITALIANI

PREVISIONE DEI TERREMOTI?

GESTIONE DELLE EMERGENZE NON È POSSIBILE

Catalogo storico dei terremoti italiani derivato da studi e miglioramenti (marginali) del catalogo di Baratta M. (1901)

Molti eventi sismici principali in Italia non avrebbero dovuto essere una sorpresa, almeno a partire dall'inizio del XX secolo

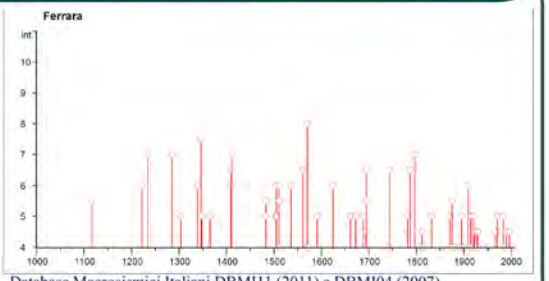
Esempio Ferrara 1570. Sequenza sismica simile alla sequenza del 2012 su strutture geologicamente ben note

Il contributo in termini di capacità predittive in

TEMPO DI PACE È MOLTO SCORAGGIANTE

7

LEZIONI DAI TERREMOTI RECENTI ITALIANI



Database Macrosismici Italiani DBMI11 (2011) e DBMI04 (2007)

Capacità predittive in **MOLTO SCORAGGIANTI**

8

LEZIONI DAI TERREMOTI RECENTI ITALIANI

La **RESILIENZA** delle comunità, intesa come la capacità di un certo sistema urbano o sovraurbano di adattarsi alle nuove e negative condizioni e riequilibrarsi,

È STATA GENERALMENTE BASSISSIMA

SE NON INESISTENTE

LE CAUSE SONO DA RICERCARE NELLE MODALITÀ DI PROGETTAZIONE, ESECUZIONE, GESTIONE DEGLI EDIFICI

Vona et al, 2015, Thinking about resilience cities studying Italian earthquake Urban Design and Planning

10

LEZIONI DAI TERREMOTI RECENTI ITALIANI

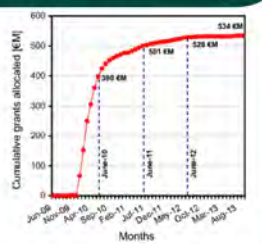
Gli effetti degli eventi sismici

11

LEZIONI DAI TERREMOTI RECENTI ITALIANI

L'AQUILA

Date	Cumulative grants allocated		Cumulative Grant allocated
[-]	[-]	[%]	[€]
December 2009	34	0%	980,492.17
January 2010	2,019	21%	65,740,003.67
February 2010	4,080	43%	152,536,797.89
March 2010	5,957	63%	246,860,149.31
May 2010	6,782	72%	305,103,562.19
June 2010	7,933	84%	398,034,913.50
July 2010	8,175	87%	425,448,022.90
September 2010	8,467	90%	452,717,028.51
March 2011	8,806	93%	482,756,140.19
June 2011	8,967	95%	501,343,472.94
September 2011	9,049	96%	509,215,730.00
June 2012	9,211	98%	528,788,649.11
September 2012	9,234	98%	531,004,202.30
March 2013	9,247	98%	532,259,802.15
September 2013	9,281	98%	534,359,872.31

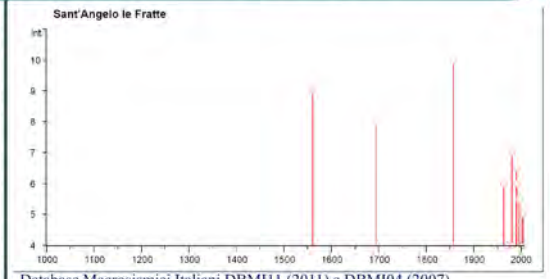


Aspetti finanziari della ricostruzione per gli edifici residenziali al di fuori dei centri storici dopo il terremoto di L'Aquila del 2009 per consentire una rapida ri-occupazione di edifici lievemente danneggiati

Di Ludovico et al, 2016

12

LEZIONI DAI TERREMOTI RECENTI ITALIANI



Database Macrosismici Italiani DBMI11 (2011) e DBMI04 (2007)

Capacità predittive in **MOLTO SCORAGGIANTI**

9

ANALISI DEL PROBLEMA → RICERCA DELLE SOLUZIONI

In Italia, negli ultimi anni è stato definito (3274, 2003 e successive assegnazioni di fondi), un piano ampio e ambizioso per edifici strategici

Nella **mitigazione del rischio sismico**, la valutazione della vulnerabilità sismica di edifici (senza progettazione antisismica o progettati con i vecchi codici sismici), è fondamentale e **PRELIMINARE A TUTTO**

È possibile definire strategie di intervento SOLO sulla base di

VALUTAZIONI DI VULNERABILITÀ

per esempio D.P.C.M. 15 settembre 2015

13

DEFINIZIONE DI FUNZIONI DI PERDITA

FUNZIONE DI PERDITA

$$P[D_r \mid s] = P_D[D_r \mid C_{r,r}] \cdot P_{Si}[C_{r,r} \mid d_{Si}] \cdot P[d_{Si} \mid I] \cdot \lambda[I \mid s]$$

PERDITE ECONOMICHE DIRETTE

COSTI DI RIPARAZIONE/ ADEGUAMENTO

VULNERABILITÀ

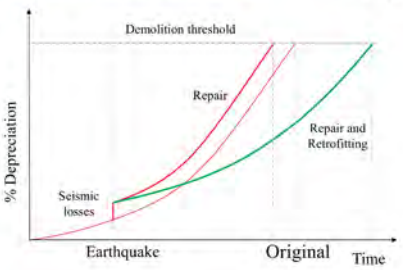
PERICOLOSITÀ

14

DEFINIZIONE DI FUNZIONI DI PERDITA

PERDITE ECONOMICHE DIRETTE

$P_D[D_r \mid C_{r,r}]$

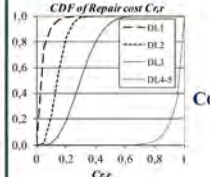


15

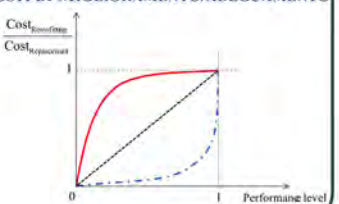
DEFINIZIONE DI FUNZIONI DI PERDITA

COSTI DI RIPARAZIONE

$P_{Si}[C_{r,r} \mid d_{Si}]$



COSTI DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO



16

UTILIZZO DELLE CURVE DI FRAGILITÀ

Le Curve di Fragilità ***dovrebbero*** essere specificamente definite in funzione del loro utilizzo specifico

1. VALUTAZIONE SU SINGOLA STRUTTURA

Strumento per la valutazione

–definizione "accurata" della capacità dell'edificio

–definizione delle strategie di intervento

$$P[d_{Si} \mid s] = P[d_{Si} \mid I] \cdot \lambda[I \mid s]$$

CNR-DT 212/2013
Istruzioni per la Valutazione Affidabilistica della Sicurezza Sismica di Edifici Esistenti

19

DEFINIZIONE DI CURVE DI FRAGILITÀ

2. GESTIONE DELLE EMERGENZE

utilizzate ad esempio in attività di protezione civile per

–definire perdite attese

–dimensionare l'apparato della protezione civile

–definire situazioni critiche su brevi periodi (pochi giorni)

Utilizzano spesso **PROCEDURE SEMPLIFICATE** ad esempio basata sul sistema SDOF, analisi statiche o semplificati NL, e così via

Possono integrarsi con dati reali post sisma (es. DPM)

Vona M., Use of fragility curves in emergency management and seismic risk mitigation. VEESD 2013

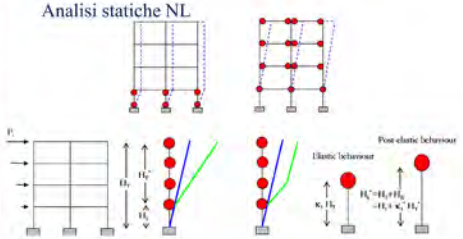
20

DEFINIZIONE DI CURVE DI FRAGILITÀ

PROCEDURA SEMPLIFICATA

Sistema SDOF

Analisi statiche NL



Borzi B. et al, 2013. Seismic demand estimation of RC frame 1 buildings based on simplified and nonlinear dynamic analyses, Earthquakes and Structures, Vol. 4, n° 2

21

DEFINIZIONE DI CURVE DI FRAGILITÀ

3. MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Nelle politiche di mitigazione del rischio sismico, le FC dovrebbero essere definite considerando ulteriori importanti elementi (costi di adeguamento e/o riparazione, punto di vista economico)

In tal caso diviene fondamentale definire correttamente gli elementi strutturali e non (numero e tipo), gli STATI LIMITE di riferimento ed il relativo superamento

Quindi è necessario definire un accurato e corretto livello di **PERFORMANCE** e la relazione tra questo ed il **LIVELLO DI DANNO**

22

PERFOMANCE: ANALISI DINAMICA NON LINEARE

L'efficacia della metodologia di analisi è dovuta ai parametri che influenzano le prestazioni degli edifici esistenti

età e livello di progettazione (ad esempio vecchi codici di progetto o nessun codice di progetto)

SELEZIONE DEI PARAMETRI PROBABILISTICI

- **tipologia e distribuzione dei pannelli di tamponatura**
- **proprietà dei materiali**
- **dettagli costruttivi**

23

CARATTERIZZAZIONE : TAMPONATURE

PARAMETRI PROBABILISTICI

–Distribuzioni e configurazioni dei pannelli di tamponatura

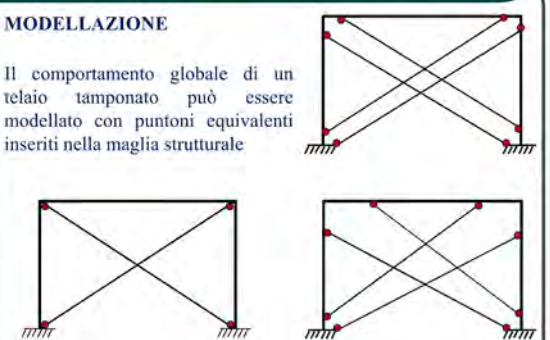
–Materiali e dettagli costruttivi

24

CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA: TAMPONATURE

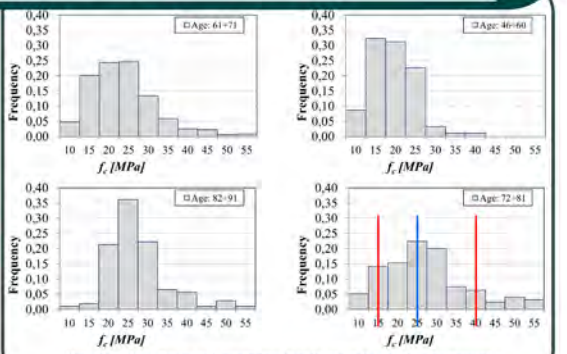
MODELLAZIONE

Il comportamento globale di un telaio tamponato può essere modellato con puntoni equivalenti inseriti nella maglia strutturale



25

CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI



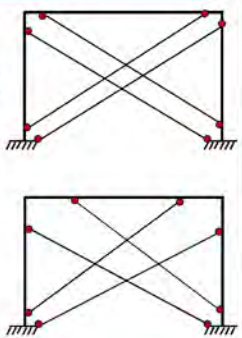
Vona M., 2013. A Review of Experimental Results about in Situ Concrete Strength. Advanced Materials Research, Vol. 773, pp 278-282

26

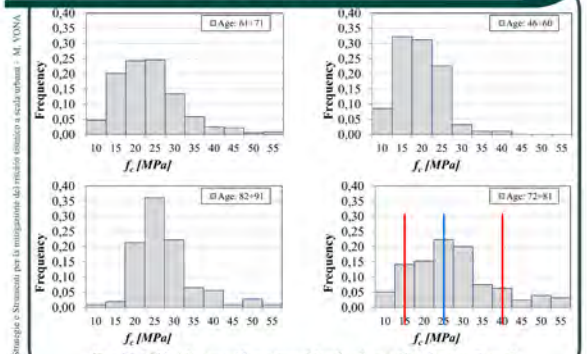
CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA: TAMPONATURE

MODELLAZIONE

Il comportamento globale di un telaio tamponato può essere modellato con puntoni equivalenti inseriti nella maglia strutturale

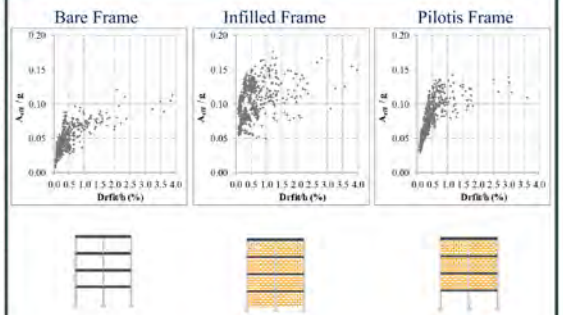


CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

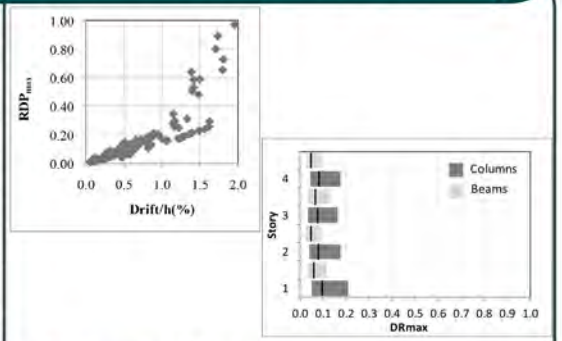


Vona M., 2013. *A Review of Experimental Results about in Situ Concrete Strength. Advanced Materials Research, Vol. 773, pp 278-282*

PERFOMANCE: ANALISI DINAMICA NON LINEARE



STRUCTURAL PERFOMANCE - DAMAGE LEVELS



Forte legame tra **IDR** e Rapporti di Duttilità (ovvero danno)

STRUCTURAL PERFOMANCE - DAMAGE LEVELS

OBIETTIVO → STRUCTURAL PERFORMANCE ANALYSES

QUALITATIVO → DEFINIZIONE LIVELLI DI DANNO

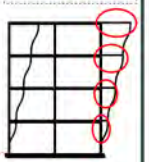
QUANTITATIVO → INTERSTORY DRIFT

DANNO STRUTTURALE e NON COLLASSO

CODE

.....

Global



FRAGILITTY CURVES

RAPPORTI DUTTILITÀ

Danno Locale

29

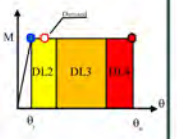
STRUCTURAL PERFOMANCE - DAMAGE LEVELS

Coerentemente con gli obiettivi e la normativa possono essere considerati

- Rapporti di Duttilità (**DR**) negli elementi strutturali
- **Localizzazione dei danni strutturali** e tipologia di elemento strutturale danneggiato
- **Numero di elementi strutturali** in cui lo stato limite fissato è stato superato

La rotazione per il danno significativo (SD) non deve superare i tre quarti (75%) della capacità

Per lo SL di Limitazione del Danno (DL) per le colonne e travi la deformazione non supera il 25% della capacità



30

STRUCTURAL PERFOMANCE - DAMAGE LEVELS

EMS98	Damage level	Performance	Reparability	Ductility Ratio
4 (5)	Heavy (collapse near collapse)	For columns and beams considered as primary components deformation exceeds three quarters (75%) of the ultimate value and at most one structural elements exceed the ultimate value	Hardly reparable or more often No reparable	1.00 > DRCmax > 0.75 1.00 > DRBmax > 0.75
3	Significant / Medium Structural damage	For columns and beams considered as primary components the deformation not exceed three quarters (75%) of the ultimate value	Reparable More expansive	DRCmax 0.25 – 0.75 DRBmax 0.25 – 0.75
2	Moderate / Low Structural damage	For columns and beams considered as primary components the deformation not exceed 25% of the ultimate value	Easily repairable	DRCmax < 0.25 DRBmax < 0.25
1	Weak No Structural damage	For columns and beams, the deformation not exceeds elastic limit. Only inter-storey drift-sensitive non-structural components are considered	Total	DRCmax < 1 DRBmax < 1 IDR< 0.1%
0	None	--		--

31

CURVE DI FRAGILITÀ

Le Curve di Fragilità (FCs) sono una rappresentazione del rapporto tra la probabilità che una serie di livelli danno venga raggiunto o superato in corrispondenza di una definita domanda

Considerando una funzione di distribuzione lognormale a due parametri le FCs ***possono*** essere definite come

$$P\left[d_{Si} \mid I_H\right] = \Phi\left[\frac{1}{\beta_{d_{Si}}} \cdot \ln\left(\frac{I_H}{\alpha_{ds}}\right)\right]$$

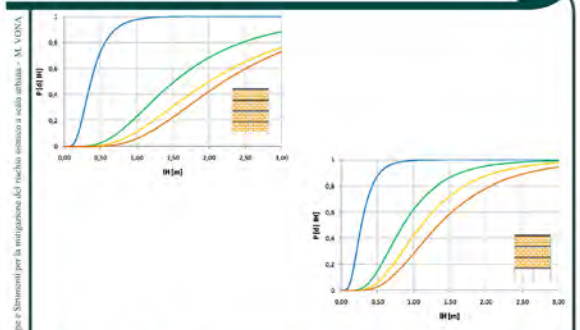
α_{ds} Valore medio della Intensità sismcia (Houner) per ciascun livello di danno d_{Si}

$\beta_{d_{Si}}$ deviazione standard del logaritmo naturale dell'intensità di Housner per ogni livello di danno

Φ funzione di distribuzione normale cumulativa

32

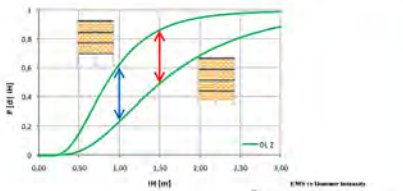
CURVE DI FRAGILITÀ



Vona M., 2014, Fragility curves of existing RC buildings based on specific structural performance levels. Open Journal of Civil Engineering. V4(2), pp. 120-134

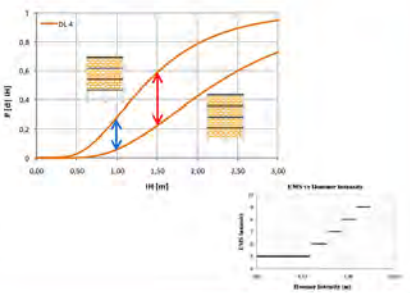
33

CURVE DI FRAGILITÀ



34

CURVE DI FRAGILITÀ



35

RICERCA DELLE SOLUZIONI

La corretta **VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA è preliminare** a tutto e fondamentale per la corretta definizione delle strategie di mitigazione

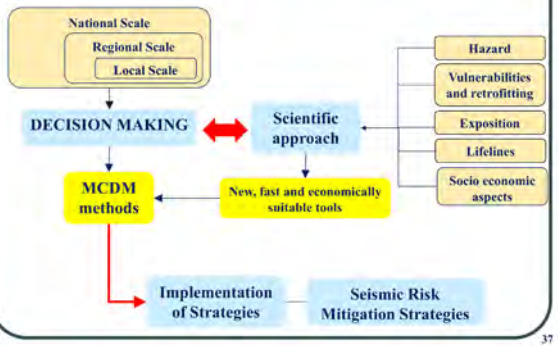
A supporto delle decisioni (e dei decisori) sono necessari metodi *"moderni"* che consentono un approccio **MULTIDISCIPLINARE** (ad esempio Metodi DECISIONALI MULTICRITERI - MCDM)

Alcune applicazioni interessanti sono state condotte per studiare l'applicabilità e l'efficacia dei metodi MCDM per il problema decisionale dell'**ADEGUAMENTO SISMICO** sia di un singolo edificio sia di un insieme di edifici o di una comunità

36

RICERCA DELLE SOLUZIONI

STRATEGIE DI INCREMENTO DELLA RESILIENZA



PRIORIZZAZIONE E OTTIMIZZAZIONE INTERVENTI

Doppia applicazione dei metodi **MCDM**

Ottimizzazione delle risorse economiche disponibili

Predispozione di linee guida chiare e trasparenti per gli interventi

OBIETTIVI APPLICAZIONE METODI MCDM

OBIETTIVI GENERALI

Definire una priorità degli interventi (esempio sulle scuole di Lima)

Identificare gli interventi ottimali sulle singole strutture

RISULTATI ATTESI

Incremento della resilienza mediante la mitigazione su larga scala del rischio sismico adottando metodi MCDM specifici per gli scopi e coerenti con la scala considerata

FRAMEWORK

Definizione delle priorità degli interventi a scala urbana

Utilizzo di strumenti operativi in grado di supportare i decisori in modo razionale e valido sul piano tecnico – scientifico

Geographic Information Systems (GIS)

Multi-Criteria Decision Methods (MCDM)

- Metodologie semplici e razionali
- Approccio multidisciplinare
- Visione olistica del problema
- Incremento qualitativo e **quantitativo** della resilienza

FRAMEWORK

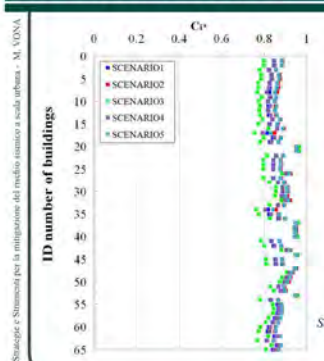
Definizione delle priorità di intervento sulla base di criteri di valutazione di natura qualitativa e quantitativa

1. **Tipologia (categoria) di suolo, Tipologia di edificio, Livello di danno atteso per differenti eventi sismici, Perdite annuali attese, Valore storico (STATO DI FATTO)**
2. **Densità di utilizzatori, Servizi base disponibili (tipologia, qualità, quantità), Aree utilizzabili, Densità abitativa del territorio, Esigenze funzionali degli utenti/proprietari**
3. **Tipologia, dimensione, qualità e quantità delle strade nell'intorno degli edifici, Distanza della più vicine via di collegamento e servizi principali**
4. **Condizioni Socio-economiche di contesto, Livello di organizzazione della comunità**
5. **Conseguenze di diversi tipi di retrofitting (livello di sicurezza, costi di realizzazione/manutenzione/smaltimento)**

Strategie e Strumenti per la mitigazione del rischio sismico a scala urbana - M. VONA

41

RISULTATI: METODO TOPSIS



Differenti scenari e alternative

Il metodo fornisce una valutazione delle soluzioni ottimali sulla base dei valori assunti dal coefficiente C_i

Vona M., Murgante B.,
Seismic retrofitting of strategic buildings based on multi-criteria decision-making analysis
IALCCE 2014

Strategie e Strumenti per la mitigazione del rischio sismico a scala urbana - M. VONA

42

CONCLUSIONE

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

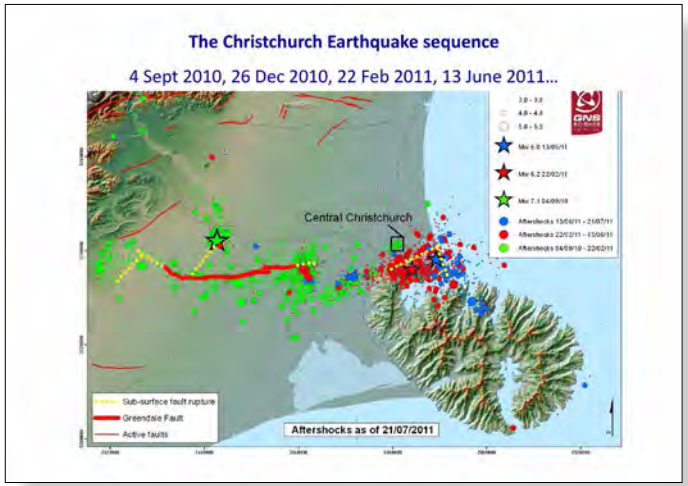
Strategie e Strumenti per la mitigazione del rischio sismico a scala urbana - M. VONA

43

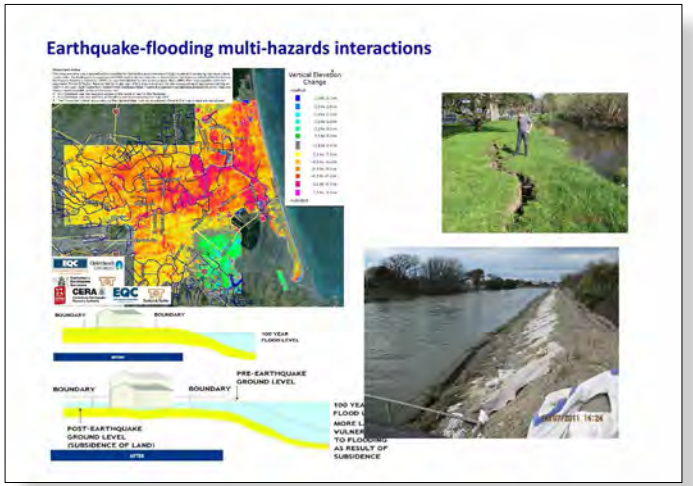
Infrastrutture Resilienti per Città e Comunità Resilienti dalla teoria alla pratica

Infrastrutture Resilienti per Città e Comunità Resilienti dalla teoria alla pratica

Sonia Giovinazzi
Department of Civil and Natural Resources Engineering, University of Canterbury, New Zealand



12.51pm 22nd February 2011


Earthquake-flooding multi-hazards interactions
BOUNDARY
BOUNDARY
PRE-EARTHQUAKE GROUND LEVEL
BOUNDARY
POST-EARTHQUAKE GROUND LEVEL (SUBSIDENCE OF LAND)

Earthquake-flooding multi-hazards interactions
Christchurch flooding March 5, 2014

Infrastrutture Resilienti per Città e Comunità Resilienti

Resilience is all about the people

Resilience is the abilty of a city and community exposed to crises and severe shocks to resist, absorb and accommodate them and to recover from their effects in a timely and efficient manner.

Infrastructure Systems are essential structures and functions for our cities.

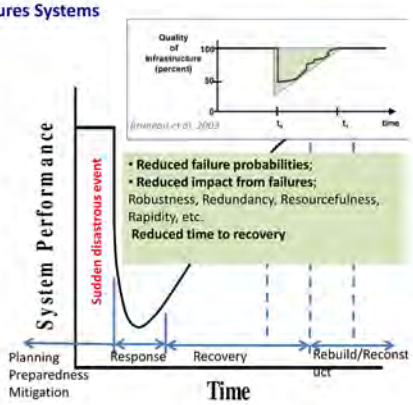
Therefore modern cities cannot be resilient without the support of resilient infrastructures

The NIST Community Resilience Planning Guide for Buildings and Infrastructure Systems (Guide)

http://www.nist.gov/el/resilience/guide.cfm

Lifelines Infrastructures Systems

- Pre-event
  - Planning
  - Preparedness
  - Mitigation
- Response
  - Assessment
  - Initial repairs
- Recovery
  - Repairs
  - Restore system services
- Rebuild
  - Reconstruct
  - System modifications

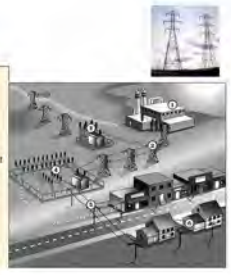


Infrastrutture Resilienti per Città e Comunità Resilienti:

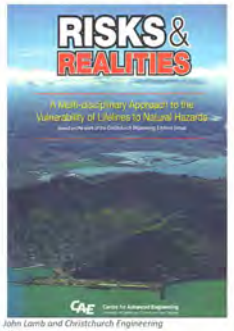
Il valore della preparazione e della mitigazione

Lifelines Infrastructures Systems

Systems or networks, which provide for the circulation of peoples, good, services and information upon which health, safety, comfort and economic activity depend" (Platt, 1991)



Lifelines Culture in New Zealand



John Lamb and Christchurch Engineering Lifelines team

DGL 3/02 - www.civildefence.govt.nz

The CDEM Act 2002 requires lifeline utilities to be "able to function to the fullest possible extent, even though this may be at a reduced level, during and after an emergency"

New Zealand Engineering Lifelines

UC University of Canterbury

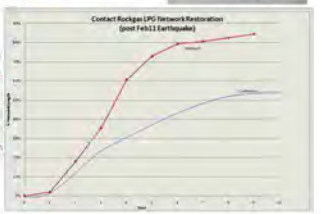
EQC EARTHQUAKE COMMISSION

Performance of underground buried infrastructure
Gas Distribution System

The **gas system performance** was **remarkably good**

Highlights of Resilience

- *robust and redundant hardware*
- *back-up resources (rapidity)*
- *preparedness (resourcefulness)*



Performance of underground buried infrastructure
Water and wastewater Systems

- **50% of the city was without water for the first days**
- **"boil order"** was in-place for over six weeks
- **chlorination**, remained a requirement until 7 Dec 2011

- the City had to rely heavily on **a temporary sewage service facilitated by chemical and portable toilets** for several months
- **Strategic facilities** (e.g. health system) were without water and sewage service for several days

Performance of the road network (1/3)

- 83 sections of 57 roads were closed
- 5 of the 6 bridges crossing lower Avon River closed
- many bridges required weight restrictions

Pre-earthquake seismic improvements to bridges on Highways 73 and 74 **keep the highways in operation post-earthquake**

Effective and timely liquefaction ejecta clean-up

Performance of the road network (2/3)

Performance of the road network (3/3)

Severe functional Impacts
- Temporary Traffic management Issues

Performance of electric power distribution network (1/3)

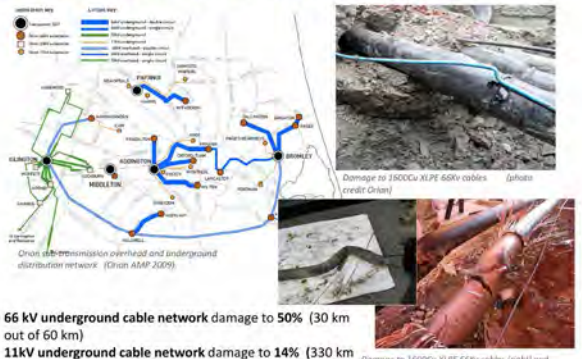
Performance of electric power distribution network (2/3)

	Restoration of 90% of the service	Estimated Cost	Customer minutes lost
4th Sept 2010	Day 1	$4M	~90M
22nd Feb 2011	Day 10	$40-50M	~ 629M
13th June 2011	Day 1	$3M	

Resilient system and Management
- *Risk mitigation*
- *Learning from past events*
- *Planning and preparedness*
- *Communication*
- *GIS*

$6 million seismic upgrade program *(Orion AMP 2009)*
saved up to $30-50 million *(John O'Donnell, personal communication)*

Performance of electric power distribution network (3/3)



Damage to 1500Cu XLPE 66Kv cables (photo credit Orion)

Damage to 1600Cu XLPE 66Kv cables (right) and internal damage to 11Kv cables (left) (photo credit Orion)

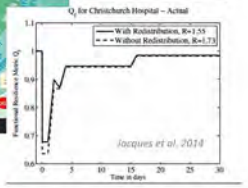
66 kV underground cable network damage to **50%** (30 km out of 60 km)
11kV underground cable network damage to **14%** (330 km out of 2,300 km)

Performance of the Hospital System (1/2)

Performance of the Hospital System (2/2)

Service	Christchurch Hospital Actual	Christchurch Hospital Hindcasted
SUPPORT		
Laundry	Y	Y
Kitchen	N	Y
Medical records	R	R
MRI and CT scan	Y	Y
X-ray and ultrasound	R	R
Blood bank	N	N
Administration	N	N
CLINICAL		
Emergency dept.	N	R
In-patient medical care	N	R
Out-patient care	R	R
Surgery	R	R
Intensive care	R	R
Obstetric/delivery	N	N

Q_t for Christchurch Hospital – Actual



Lesson Learnt: Resilience by

Reduced Impact
- Value of seismic design and retrofitting
- Still Unresolved Issues: managing aging infrastructures whose components are known to be seismic vulnerable
- Reducing impacts from geotechnical-induced hazards
- Reducing impacts on headquarters and depot buildings

Reduced time to recovery
Value of
- Coordination and Collaborations
- Value of planning and pre-disaster liaison
- Ability to mobilise resources (physical and human)
- Ability to free-up and surge resources
- Availability of cantralised and spatial databases

Still Unresolved Issues: Challenge of Managing
- Accessibility issues (cordon, red zones, traffic)
- Interdependencies (physical and organisational)

Infrastrutture Resilienti per Città e Comunità Resilienti:

Ripristinare la funzionalità in modo efficiente e rapido, le problematiche da affrontare in tempo di pace

Short-term recovery issues and questions

Power

Analysis of seismic performance of underground cables and identification of the multiple causes of the damage to the underg

Assessment of the residual/future functionality of affected power underground cables

Seismic Scenario Analysis for assessing and comparing alternative solutions to build permanent capacity in the eastern subur

Assessing earthquake risk to underground lines versus wind and snowstorm risk to overhead lines

Assessing cable-bridge interactions and coordinating repair activities with road and bridge

Telecommunication

Assessing residual/future functionality of stretched copper cabling

Existing standards/procedures to straighten the cellular network towers out of plumb due to liquefaction

Seismic Scenario Analysis for assessing and comparing alternatives solutions to replace damaged exchanges

Highway and Urban Road

Assessing and accounting, within repair/rebuilding designing procedures, for the increased risk of flooding induced by the ground deformation and subsidence due to repeated earthquakes

Assessing and mitigating the rock-fall risk on roads induced by the earthquakes and following aftershocks

Water and wastewater

Documenting and analysing the seismic performance of different buried pipes typologies (material/age) to identify the less vulnerable solutions for repairing and rebuilding

Identifying techniques and tools to support the prioritisation of repairing/reconstruction activities and to justify costs of earthquake resistant solutions

Defining a method and a tool for automatically mapping and assessing earthquake-induced damage to sewage network, starting from CCTV (closed circuit television) footage

NHRP Natural Hazards Research Platform

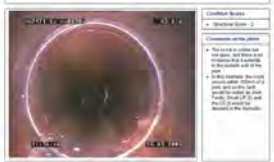
Assessing physical damage and functional impacts: standardised procedures

NZ Pipe Inspection Manual

Description

Data Entry Requirements

Small



Bridge Damage Database

Avonside Drive Footbridge

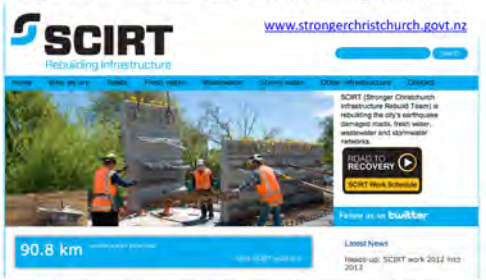
UC University of Canterbury

Bridge Database Report

Earthquake Damage

Residual Functionality of Bended Cables, Deformed Pipes, etc.

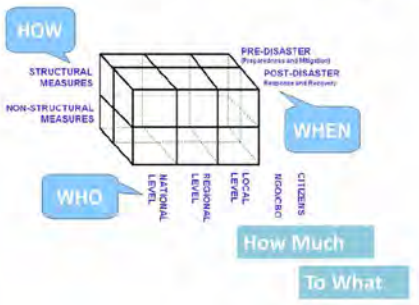
Stronger Christchurch Infrastructure Rebuilding Team, SCIRT



SCIRT vision statement ***"Creating resilient infrastructure that gives people security and confidence in the future of Christchurch"***
By making the asset components
more robust (less likely to sustain damage in the event of future earthquakes) - Infrastructure standards and specifications have been reviewed and making them ***faster to repair and re-establish services*** when subjected to damage

Robustness, Readiness, Redundancy paid off

....But



Resilient Infrastructures for Resilient Communities: questions on strategies and technical solutions

What should be taken account of in lifeline resilience planning frameworks to best underpin stronger community resilience?

How do you and your lifeline engineer community normally engage with the authorities to identify the higher priority community assets that need to keep operating after an event and are a priority in the longer term for a strong community?

In Christchurch, the main hospital building remained intact but the services to it were vulnerable. It lost power so we had to relocate generators onto the hospital campus. In other jurisdictions, what do they do to make sure the critical lifelines to such structures are fit for purpose?

UC Lifelines Week

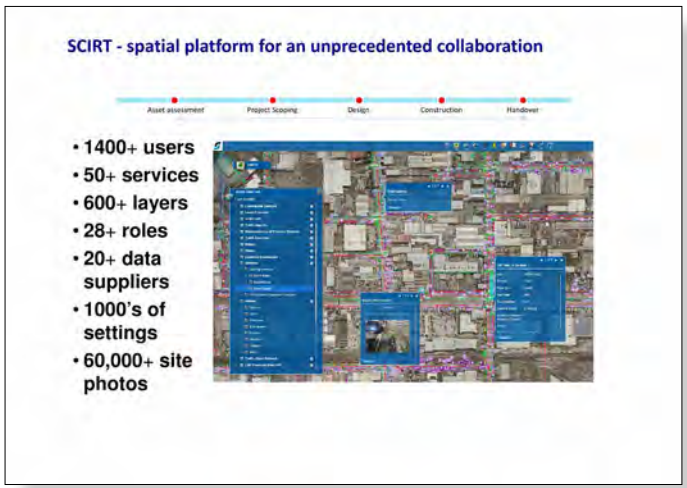
CERA Canterbury Earthquake Recovery Authority

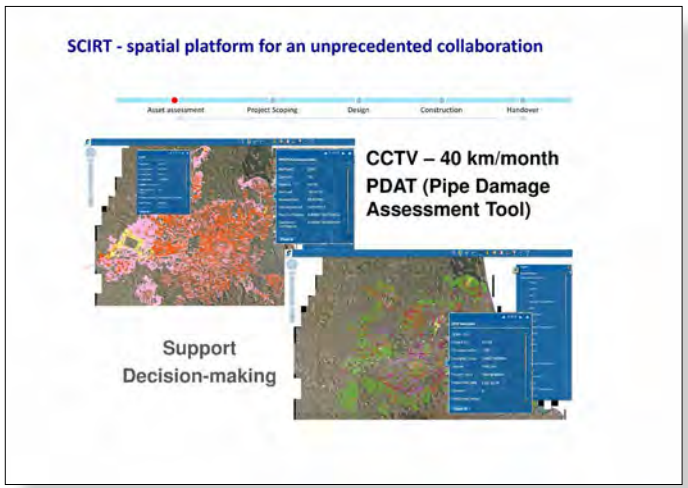
ASCE

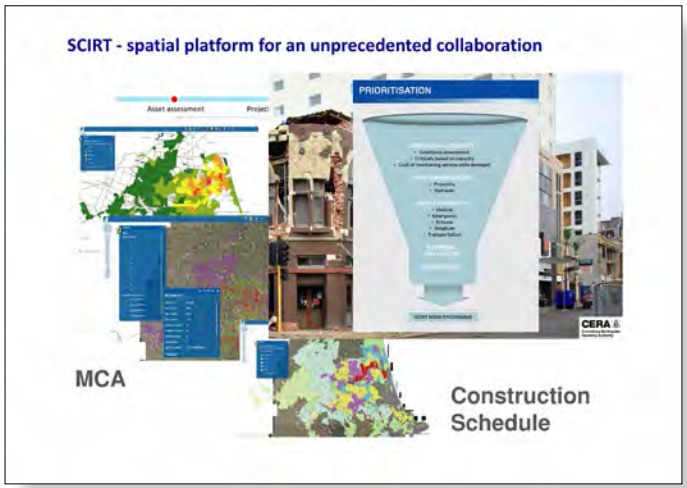
SCIRT **Assessing Relative resilience of different sewer systems**

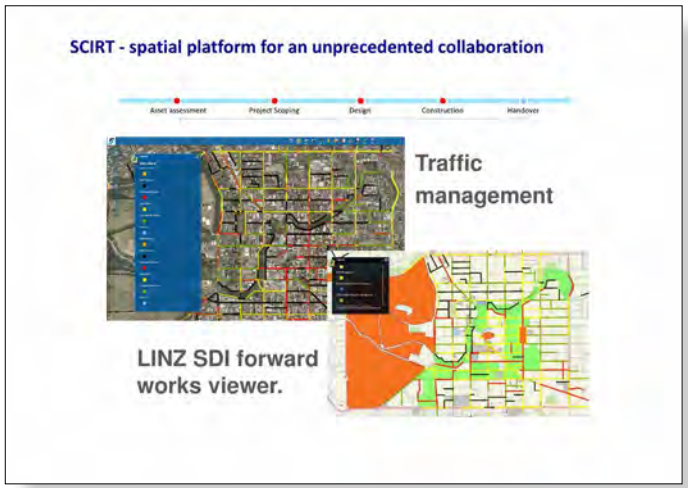
Has independent research been completed that **compares the resilience offered by gravity, vacuum, pressure and mixed systems?**

SCIRT - spatial platform for an unprecedented collaboration

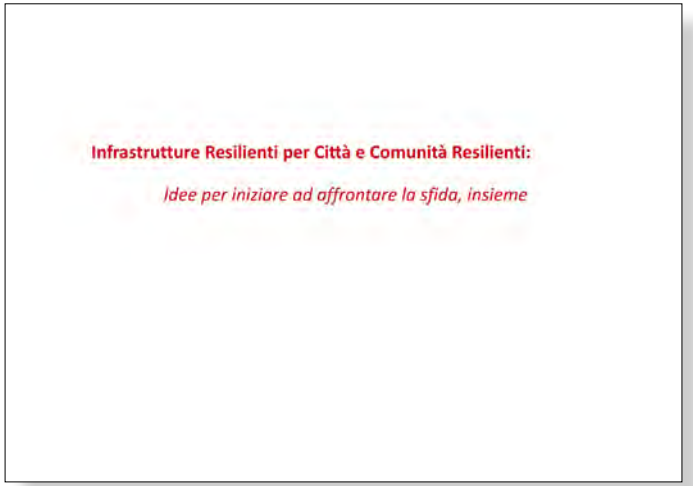

SCIRT - spatial platform for an unprecedented collaboration
Asset assessment
Project Scoping
Design
Construction
Handover
• 1400+ users
• 50+ services
• 600+ layers
• 28+ roles
• 20+ data suppliers
• 1000's of settings
• 60,000+ site photos


SCIRT - spatial platform for an unprecedented collaboration
Asset assessment
Project Scoping
Design
Construction
Handover
CCTV – 40 km/month
PDAT (Pipe Damage Assessment Tool)
Support Decision-making

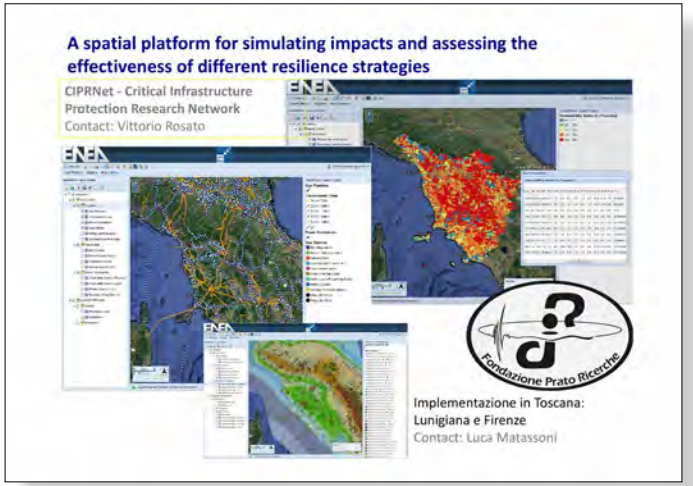

SCIRT - spatial platform for an unprecedented collaboration
PRIORITISATION
CERA
MCA
Construction Schedule


SCIRT - spatial platform for an unprecedented collaboration
Asset assessment
Project Scoping
Design
Construction
Handover
Traffic management
LINZ SDI forward works viewer.

NATIONAL INFRASTRUCTURE UNIT
"National Infrastructure networks are able to deal with significant disruption and changing circumstances"
National Infrastructure Plan
• Use lessons from Christchurch,
• develop improved seismic design standards,
• reviewing organisation culture to improve performance in emergencies and,
• identifying ways to quickly return services to full operational capacity.
Vision
By 2030 New Zealand's infrastructure is resilient, coordinated and contributes to economic growth and increased quality of life
Outcomes
Better use of existing infrastructure
Better allocation of new investment
Principles
Investment analysis
Resilience
Funding mechanisms
Accountability/ Performance
Regulation
Coordination


Infrastrutture Resilienti per Città e Comunità Resilienti:
Idee per iniziare ad affrontare la sfida, insieme

https://sites.google.com/site/resilientinfrastructures/home
Towards More Resilient Communities
3rd UC Lifeline Week
Resilient Infrastructures for Resilient Cities & Communities
Key Topics
SCIRT
RETE
EQC
ASCE
ISI
KIT

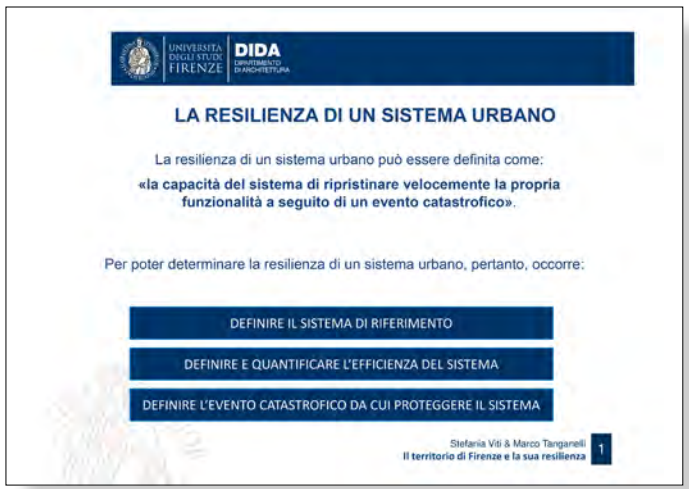

A spatial platform for simulating impacts and assessing the effectiveness of different resilience strategies
CIPRNet - Critical Infrastructure Protection Research Network
Contact: Vittorio Rosato
ENEA
Fondazione Prato Ricerche
Implementazione in Toscana: Lunigiana e Firenze
Contact: Luca Matassoni

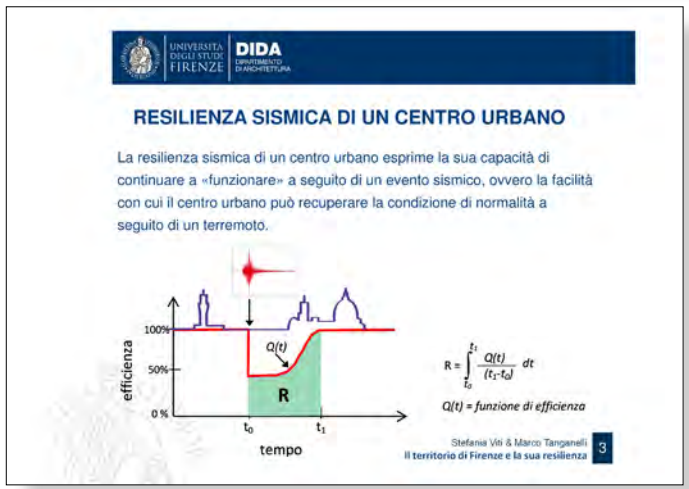
Thank you
sonia.giovinazzi@canterbury.ac.nz
Acknowledgements
The financial support of the QuakeCore is gratefully acknowledged

Il territorio di Firenze e la sua resilienza

Il territorio di Firenze e la sua resilienza

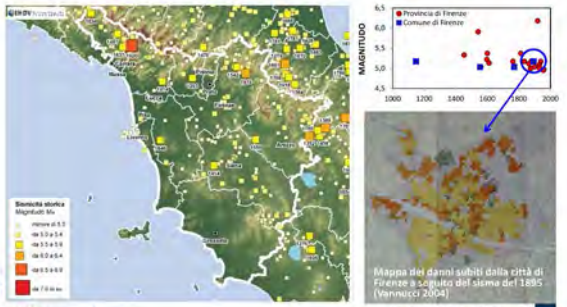
Stefania Viti, Marco Tanganelli
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze





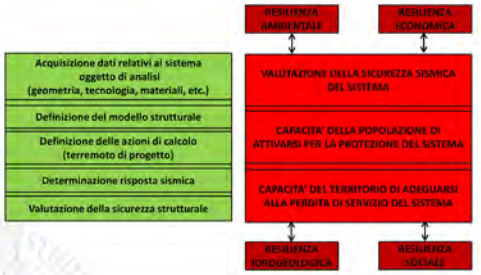
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

LA SISMICITÀ DELL'AREA FIORENTINA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA SISMICA E SICUREZZA SISMICA: UN PROBLEMA D'INTERFACCIA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

GLI «STRUMENTI DI LAVORO» DELLA RESILIENZA

archiviare, archiviare, archiviare....

Si è già detto che una caratteristica della valutazione della resilienza consiste nell'ampia contestualizzazione dell'oggetto dell'indagine.

Quale che sia il tema dell'indagine, quindi, occorrerà reperire un elevato numero di informazioni, non solo limitate al tema da affrontare, ma estese a tutti gli ambiti che possono condizionarlo o esserne condizionati.

I principali problemi con cui occorre sempre confrontarsi, quindi, risultano:

- INDIVIDUAZIONE DEI DATI SIGNIFICATIVI
- REPERIMENTO DEI DATI
- ARCHIVIAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

I COLLETTORI DI INFORMAZIONI

Tra gli strumenti più vocati alle analisi di resilienza troviamo:

DIAGRAMMI DI FLUSSO
per mettere a fuoco le interazioni tra i diversi fattori significativi all'interno del sistema in osservazione

SISTEMI DI SCHEDATURA
per raccogliere ed utilizzare molti dati, riferiti a ciascuno degli elementi che costituiscono «il sistema» oggetto d'indagine

SISTEMI DI MAPPATURE
per visualizzare in modo sintetico le informazioni relative a porzioni anche estese del territorio

ADEGUATI AMBIENTI SOFTWARE DI ARCHIVIAZIONE
per archiviare ed elaborare dati geo-referenziati, memorizzati in una struttura di tipo DBMS (Data-Base Management System): GIS

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DELL'EDILIZIA DI BASE DI FIRENZE

- Layout dell'indagine -

CLASSIFICAZIONE PERIODO PROPRIO DEL SUOLO

CLASSIFICAZIONE PERIODO PROPRIO DEGLI EDIFICI

INDICE DI RISONANZA (IR)

CLASSIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DEL SUOLO

CLASSIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DEL SINGOLO EDIFICIO

Stefania Viti & Marco Tanganelli
Il territorio di Firenze e la sua resilienza 9

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DELL'EDILIZIA DI BASE DI FIRENZE: T_{suolo}

CLASSIFICAZIONE PERIODO PROPRIO DEL SUOLO

ACQUISIZIONE DATI 1850 PERFORAZIONI 32 DOWNHOLE

MODELLIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO

DETERMINAZIONE DEL PERIODO PROPRIO DI VIBRAZIONE

Stefania Viti & Marco Tanganelli
Il territorio di Firenze e la sua resilienza 10

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DELL'EDILIZIA DI BASE DI FIRENZE: $T_{edificio}$

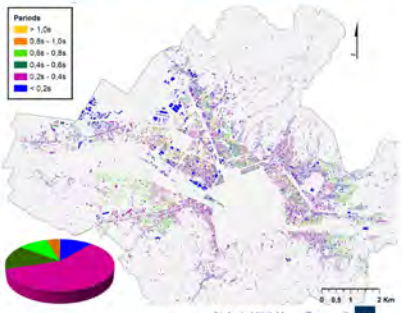
CLASSIFICAZIONE PERIODO PROPRIO DEGLI EDIFICI

ESTRAZIONE DATI SIGNIFICATIVI (ALTEZZA) DALLA BANCADATI ISTAT IN AMBIENTE GIS

IMPLEMENTAZIONE DATABASE (TIPOLOGIA STRUTTURALE)

EDIFICI IN MURATURA
$T_n = 0.050\ h^{0.75}$

EDIFICI IN C.A.
$T_n = 0.075\ h^{0.75}$



Stefania Viti & Marco Tanganelli
Il territorio di Firenze e la sua resilienza 11

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DELL'EDILIZIA DI BASE DI FIRENZE

Individuazione di una grandezza di riferimento per la misura del rischio sismico

Ricerca svolta all'interno del progetto SISMED, finanziato dalla Cassa di Risparmio di Firenze. L'unità di ricerca comprende esponenti del Dipartimento di Architettura e di Scienze della Terra dell'Università di Firenze: M. Tanganelli, S. Viti, B. Paoletti, S. Barducci, M. De Stefano G. Lacanna, P. Deguy, M. Coli, M. Ripepe

$R = P \times E \times V$

R = rischio sismico (edificio)
P = pericolosità sismica (suolo)
E = esposizione (edificio)
V = vulnerabilità (edificio)

PERICOLOSITA' SISMICA DEL SINGOLO EDIFICIO

Stefania Viti & Marco Tanganelli
Il territorio di Firenze e la sua resilienza 8

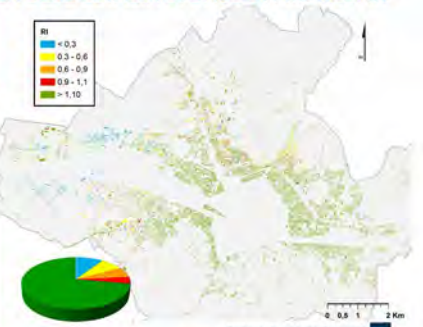
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DELL'EDILIZIA DI BASE DI FIRENZE: *IR*

DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RISONANZA (IR)

$IR = T_{edificio} / T_{suolo}$

IR range	RISONANZA
0.0 – 0.3	nessuna
0.3 – 0.6	scarsa
0.6 – 0.9	rilevante per terremoti di elevata intensità
0.9 – 1.1	rilevante per terremoti di bassa intensità
> 1.1	nessuna



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

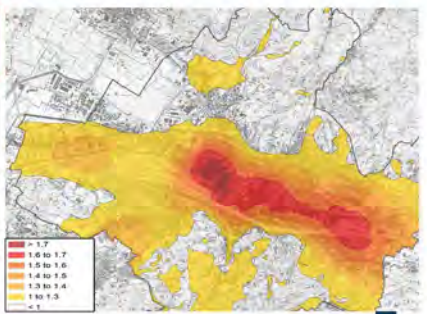
RESILIENZA DELL'EDILIZIA DI BASE DI FIRENZE: *FA*

CLASSIFICAZIONE PERICOLOSITA' SISMICA DEL SUOLO

ACQUISIZIONE DATI
1850 PERFORAZIONI
32 DOWNHOLE

MODELLIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO

DETERMINAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

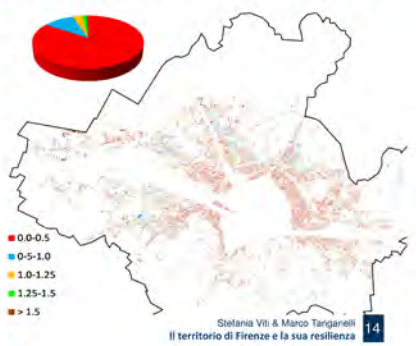
RESILIENZA DELL'EDILIZIA DI BASE DI FIRENZE: PSE

CLASSIFICAZIONE PERICOLOSITA' SISMICA DEL SINGOLO EDIFICIO

IR range	coeff_IR
0.0 – 0.3	0.2
0.3 – 0.6	0.5
0.6 – 0.9	0.8
0.9 – 1.1	1.0
> 1.1	0.2

FA range	coeff_FA
> 1.7	1.80
1.6 – 1.7	1.65
1.5 – 1.6	1.55
1.4 – 1.5	1.45
1.3 – 1.4	1.35
1.0 – 1.3	1.20
< 1.0	1.00

PSE= coeff_*IR* x coeff_*FA*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DEL TERRITORIO DI FIRENZE
- la rete organizzativa della Protezione Civile -

Ricerca in avviamento con la Protezione Civile della Toscana, che ci ha messo a disposizione tutto il materiale acquisito. Si ringraziano l'Ing. Gaddi e l'Ing. Covelli per la disponibilità.

CONDIZIONI ORDINARIE

CONDIZIONI DI EMERGENZA: COM (Centro Operativo Misto)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DEL TERRITORIO DI FIRENZE
- i COM della Provincia di Firenze -

Distribuzione C.O.M e Comuni Afferenti

com_sedi

Sedi di C.O.M.

Centri Operativi Misti e Comuni afferenti

- C.O.M. 1 FIRENZE
- C.O.M. 2 SCANDICCI
- C.O.M. 3 SESTO FIORENTINO
- C.O.M. 4 BORGO SAN LORENZO
- C.O.M. 5 PONTASSIEVE
- C.O.M. 6 FIGLINE VALDARNO
- C.O.M. 7 BAGNO A RIPOLI
- C.O.M. 8 SAN CASCIANO VAL DI PESA
- C.O.M. 9 EMPOLI

Limiti Amministrativi Comunali

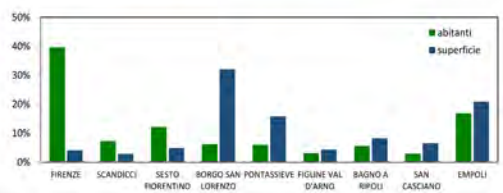
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DEL TERRITORIO DI FIRENZE
- i COM della Provincia di Firenze -

FIRENZE	Firenze, Fiesole
SCANDICCI	Scandicci, Lastra a Signa
SESTO FIORENTINO	Calenzano, Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio, Signa
BORGO SAN LORENZO	Firenzuola, Palazzuolo sul Senio, Barberino di Mugello,San Piero a Sieve, Scarperia, Vaglia, Vicchio, Marradi, Borgo San Lorenzo
PONTASSIEVE	Pontassieve, Rufina, Pelago, Reggello, Londa, San Godenzo, Dicomano
FIGLINE VEL D'ARNO	Figline, Incisa, Rignano sull'Arno
BAGNO A RIPOLI	Greve, Bagno a Ripoli, Impruneta
SAN CASCIANO	San Casciano, Tavarnelle, Barberino Val d'Elsa
EMPOLI	Fucecchio, Cerreto Guidi, Vinci, Capraia, Limite, Montelupo Fiorentino, Montespertoli, Castelfiorentino, Montaione, Gambassi Terme, Certaldo

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DEL TERRITORIO DI FIRENZE
- i COM della Provincia di Firenze -



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | DIDA DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

RESILIENZA DEL TERRITORIO DI FIRENZE
- le sedi COM della Provincia di Firenze -

FIRENZE	***Sede Protezione Civile***, Via dell'Olmatello 25
SCANDICCI	***Cantiere Comunale***, Via S. Antonio 17
SESTO FIORENTINO	***Palazzo Comunale***, Piazza Vittorio Veneto 1
BORGO SAN LORENZO	***Sede Unione Montana Comuni del Mugello***, Via Togliatti n. 8
PONTASSIEVE	***Istituto Statale E. Balducci***, Strada statale 67 Tosco Romagnola
FIGLINE VAL D'ARNO	***Palazzo Comunale***, Piazza IV Novembre,
BAGNO A RIPOLI	***Sede Magazzino Comunale***, Via Antella angolo Via Chiantigiana
SAN CASCIANO	***Complesso Polivalente***, Via del Cassero 19
EMPOLI	***Istituto Statale E. Fermi***, Via Bonistallo 73

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DIDA
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA
RESILIENZA DEL TERRITORIO DI FIRENZE
- i COM della Provincia di Firenze: scheda di valutazione -
Sezione A: DATI GENERALI
Caratteristiche fisiche, amministrative ed organizzative riferite a EDIFICIO, COMUNE, CCS
Sezione B: VULNERABILITA' STRUTTURALE DELL'EDIFICIO
Riepilogo dati progettuali, classificazione tipologia strutturale e descrizione dei principali sub-sistemi strutturali e non strutturali
Sezione C: CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL TERRENO
Morfologia, individuazione fattori di rischio
Sezione D: COLLEGAMENTI PRINCIPALI DEL COMUNE
Analisi delle raggiungibilità dell'edificio dall'area di pertinenza
Sezione E: VULNERABILITA' CIRCOSTANTE L'EDIFICIO
Viabilità di accesso, edifici ad esse prospicenti
Sezione F: SINTESI E ALLEGATI
Stefania Viti & Marco Tanganelli
Il territorio di Firenze e la sua resilienza
20

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DIDA
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA
RESILIENZA DEL TERRITORIO DI FIRENZE
- i COM di Firenze: implementazione della scheda di valutazione -
RETE DI ASSOCIAZIONI VOLONTARIE SUL TERRITORIO
Individuazione associazioni, descrizione organizzativa, possibile coordinamento
MAPPATURA «LOGISTICA» DELL'ORGANICO
Quadro informativo relativo al personale operativo operante in ciascuna sede, per valutarne l' «affidabilità» in caso di emergenza
VALUTAZIONE DEI TEMPI DI ACCESSO
Individuazione dei tempi di accesso della aree servite, valutate in relazione alla distanza delle diverse località di afferenza
VALUTAZIONE VIABILITA' ALTERNATIVE
Individuazione di località caratterizzate da una sola via d'accesso
Stefania Viti & Marco Tanganelli
Il territorio di Firenze e la sua resilienza
21

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DIDA
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA
RESILIENZA SISMICA DEL TERRITORIO DI FIRENZE
- altre possibile ricerche tematiche -
PATRIMONIO ARTISTICO MONUMENTALE
SISTEMA MUSEALE
SISTEMA DEI TRASPORTI
INFRASTRUTTURE SANITARIE
INFRASTRUTTURE SCOLASTICHE
EDIFICI RELIGIOSI
INFRASTRUTTURE SPORTIVE
Stefania Viti & Marco Tanganelli
Il territorio di Firenze e la sua resilienza
22

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DIDA
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA
LA RESILIENZA E IL TERRITORIO DI FIRENZE
I nuovi strumenti di archiviazione hanno portato allo sviluppo di nuove tecniche di ricerca, e di nuovi ambiti di indagine.
Queste nuove risorse devono essere valorizzate, con la messa a punto di programmi di ricerca che riescano a fornire nuovi strumenti di controllo del territorio.
La messa a punto di strumenti di gestione adeguati non può che partire dalle necessità reali del territorio, espresse dagli organismi istituzionali atti a governarlo.
Questa giornata di lavoro nasce proprio dalla volontà di stabilire un momento di confronto tra ricerca, istituzioni e professioni, con l'auspicio che questi importanti attori del territorio fiorentino possano stabilire una forma di sinergia permanente.
Stefania Viti & Marco Tanganelli
Il territorio di Firenze e la sua resilienza
23

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DIDA
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA
GRAZIE PER
L'ATTENZIONE
Stefania Viti & Marco Tanganelli
Il territorio di Firenze e la sua resilienza
24

Ipotesi di sviluppo dei temi trattati

resilience
concept
motivate
optimism
flexibility
steadiness
strong
vitality
stability
mental
growing
adjustability
determination
information
reaction
process
financial
resilient
achievement
equipment
improvement
industry
word
defense
symbol
security
triumph
business
pressure
resist
resistance
connection
grow
influence
optimistic
action
protection
response
adaptability
positive
path
immunity
type
leadership
marketing
inspirational
idea
endurance
travel
sky
way
persist
destination
natural
conceptual
compliance
success
elasticity
education
direction
stamina
impact
personality
growth

Ipotesi di sviluppo dei temi trattati

La giornata di lavoro organizzata il 1 Aprile ha fornito a tutti i partecipanti una stimolante opportunità di confronto. L'esito positivo della giornata è ovviamente da accreditare alla qualità dei relatori che vi hanno partecipato, tutti in prima linea nel tema della resilienza, alcuni nella ricerca, altri in ambito normativo o nelle applicazioni sul territorio.

Gli interventi hanno illustrato interessanti esperienze, incentrate su diverse realtà territoriali, sia in Italia che negli Stati Uniti e in Nuova Zelanda. Le presentazioni hanno sottolineato l'importanza di confrontare sistemi organizzativi diversi, con scale di rappresentazione differenti: il confronto, infatti, mette in luce i molteplici fattori che condizionano la resilienza dei sistemi, e fa emergere l'unitarietà degli aspetti procedurali, facendo capire l'opportunità di declinare la disciplina in modo diverso, in funzione dei diversi ambiti applicativi.

Un'altra osservazione scaturita dagli interventi della giornata riguarda la necessità di applicare le metodiche elaborate per la quantificazione della resilienza a casi reali. Gli studi inerenti alla resilienza, infatti, ancor più di quanto avviene per altri temi di interesse ingegneristico, acquisiscono una chiarezza di contenuto soltanto confrontandosi con contesti territoriali reali, e non simulati. Risulta quindi importante ed auspicabile che le linee di ricerca da sviluppare siano fissate in stretta collaborazione tra il mondo della ricerca, delle professioni, e dell'amministrazione territoriale alle sue diverse scale.

Poiché dagli interventi presentati è emerso che sul territorio di Firenze sono attivi diversi nuclei di ricerca distinti ed indipendenti l'uno dall'altro, sarebbe auspicabile attivare una collaborazione più sistematica e permanente tra i diversi ricercatori operanti, in modo da migliorare le banche-dati disponibili, e confrontare i risultati raggiunti, anche se riferiti a scenari legati ad eventi catastrofici diversi. Riteniamo particolarmente interessante la valutazione della resilienza di sottosistemi omogenei relativi ad uno stesso sistema territoriale, e il territorio di Firenze, multivalente nelle sue sfaccettate e poliedriche funzionalità, ben si presta allo sviluppo di uno studio del genere.

La giornata di lavoro si è conclusa con un interessante dibattito sul significato da attribuire alla disciplina. Infatti, se la potenzialità delle resilienza come strumento di gestione del territorio è riconosciuta da tutti gli operatori del settore, le finalità delle ricerche ad essa ancorate sono ancora oggetto di discussione tra gli 'addetti ai lavori'; alcuni ricercatori ne promuovono un uso traslato, orientato all'analisi del rischio ad alla valutazione preventiva dei danni da associare ad eventi estremi, mentre gli esponenti più 'ortodossi' del mondo della ricerca sottolineano come questa disciplina sia intrinsecamente legata alla gestione post-emergenza dei sistemi territoriali, e come allontanarsi da questo inquadramento rischi di farle perdere la connotazione che le è propria.

Da parte nostra, non possiamo che sentirci fieri di aver raccolto numerosi apprezzamenti positivi, sia da parte degli ascoltatori, costituiti prevalentemente da liberi professionisti (appartenenti agli Ordini Professionali degli Architetti e degli Ingegneri) che da parte degli stessi relatori.

Spinti da questo proposito, abbiamo cercato – per quanto possibile – di intraprendere delle iniziative volte a creare, a Firenze, le condizioni idonee allo sviluppo di un'attività di ricerca permanente in tema di resilienza.

La prima iniziativa concreta che possiamo attribuire alla catalizzazione di interesse che lo workshop ha costituito è rappresentato dall'attivazione dell'Unità di Ricerca *COmmunities REsilience* (*CORE*) all'interno del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze. L'u-

nità di ricerca raccoglie diversi ricercatori, attivi – all'interno del DiDA – in ambiti disciplinari differenti, nonché alcuni esponenti del Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale (DiCEA). Essa potrà inoltre contare sulla partecipazione del Prof. Emerito Andrei Reinhorn, che ha risposto all'iniziativa con l'entusiasmo che gli è consueto, offrendosi di fornire la sua preziosa esperienza, ampiamente accreditata in campo internazionale.

Un altro importante effetto della giornata di lavoro è rappresentato dall'introduzione, all'interno del percorso formativo offerto dalla Scuola di Architettura, del seminario tematico 'Resilienza a Territorio', tenuto da docenti afferenti a discipline diverse, e volto a sensibilizzare gli studenti di Architettura nei confronti di questo complesso ed importante tema di ricerca. In questo momento, infatti, malgrado il crescente interesse che la resilienza sta riscuotendo, essa risulta di esclusivo retaggio di operatori molto specialistici e motivati. La coscienza dell'approccio multidisciplinare alla cura e alla gestione del territorio, e dell'importanza di inquadrarne i fattori determinanti in condizione di crisi, non è ancora entrata a far parte del bagaglio 'ordinario' degli operatori. Introdurre un corso sulla resilienza all'interno del percorso formativo degli Architetti costituisce un primo passo per la formazione di una professionalità più moderna e preparata alla gestione del territorio.

Le due iniziative intraprese (l'attivazione dell'Unità di Ricerca e del Seminario Tematico) sintetizzano, in qualche modo, l'impegno che abbiamo intenzione di assumerci, relativamente a questo importante tema: impegno nella ricerca multidisciplinare, volta a coordinare i contributi di esperienze, background a conoscenze relative a diversi ambiti disciplinari e percorsi scientifici, e impegno nella didattica.

Biografie degli autori

Riccardo Gaddi

L'ing. Riccardo Gaddi si è laureato in Ingegneria Civile presso l'Università degli Studi di Pisa. Ha quindi conseguito l'abilitazione alla professione di Ingegnere (1988), l'abilitazione "Project Management Professional PMP®", e l'abilitazione di Coordinatore alla Sicurezza per cantieri temporanei e mobili (1997); dal 2003 fino alla soppressione dell'Albo è stato arbitro della Camera Arbitrale presso l'Autorità di Vigilanza dei Lavori Pubblici, ed ha svolto un Master per Responsabile del procedimento presso la Scuola di Pubblica Amministrazione, conseguendo il Diploma di Specializzazione.
Si riportano, di seguito, le principali esperienze professionali svolte, a partire dall'incarico attuale.
Dal 1 giugno 2016 ad oggi lavora per la Regione Toscana, rivestendo il ruolo di Dirigente del settore "Protezione Civile e Riduzione del Rischio alluvioni" e di Dirigente ad interim del settore "Idrologico Regionale".
Dal 1 gennaio 2016 al 31 maggio 2016 ha lavorato per la REGIONE TOSCANA rivestendo il ruolo di Dirigente del settore "Protezione Civile e Riduzione del Rischio Alluvioni" e di Commissario delegato dal Capo del Dipartimento della Protezione Civile e titolare della contabilità speciale aperta.
Dal 23 luglio 2015 al 31 dicembre 2015 ha lavorato per l'Amministrazione di Lucca rivestendo il ruolo di Dirigente del servizio "Organizzazione e Personale, politiche comunitarie e di sviluppo. Protezione Civile" – Dirigente del servizio "ambiente", e di Capo del Personale provinciale ai sensi del d.lgs. 165/2001, assolvendo l'incarico di datore di lavoro ai sensi del d. lgs. 81/2008, di titolare delle banche dati gestite dall'ente ai sensi del d.lgs. 196/2003, e di curatore del progetto di riordino dell'Ente di Area Vasta in accordo con il Decreto del Presidente 23/2015 partecipando in rappresentanza dell'amministrazione ai tavoli di lavoro ed istituzionali.
Dal 22 giugno 2011 ad 22 luglio 2015 ha lavorato come Direttore Generale per l'amministrazione Provinciale di Lucca assolvendo gli incarichi di: Commissario Straordinario Consorzio 1 Toscana Nord, di componente del gruppo di lavoro in rappresentanza ANCE presso la Regione Toscana per il progetto interregionale per la predisposizione della *Guida operativa per l'utilizzo del criterio di aggiudicazione dell'offerta economicamente più vantaggiosa negli appalti di lavori pubblici di sola esecuzione*, di docente nel Seminario "Direzione e Organizzazione di piani e progetti Complessi" organizzato per gli studenti del Master in gestione dei Sistemi Logistici all'Università degli Studi di Pisa. Ha inoltre effettuato il Collaudo della Rete di teleriscaldamento a Radicondoli, e partecipato a numerose commissioni (Europa park srl: nomina componete commissione giudicatrice Parcheggio Piazza Europa a La Spezia, Consorzio Bonifica padule di Fucecchio: Nomina commissione Giudicatrice Torrente Pescia di Collodi, Regione Toscana: componente commissione giudicatrice per la realizzazione di tre ponti sul fiume Magra, Provincia di Pisa componente commissione ex art 240 d.lgs. 163/2006 – Incarico revocato dopo misura cautelare).
Dal 1 aprile 2001 al 21 giugno 2011 ha lavorato nell'amministrazione Provinciale di Lucca nel ruolo di Ingegnere Capo Dirigente dell'Ufficio Tecnico provinciale con competenza in materia di viabilità ed edilizia e fabbricati scolastici, Direttore Centrale Infrastrutture, Responsabile Protezione Civile e Responsabile del procedimento di Lavori Pubblici, assolvendo l'incarico di Responsabile della struttura tecnica provinciale per il censimento dei danni ai beni mobili ed immobili in via Ponchielli (Regione Toscana), di Responsabile della Funzione Assistenza alla Popolazione per il Dipartimento Nazionale Della Protezione Civile (Serchio Evento alluvionale Natale 2009, rottura arginature Serchio a Lucca e Pisa), e gestendo l'emergenza legata all'incidente ferroviario Viareggio 2009. Ha inoltre tenuto il Corso di Master "Previsione e Prevenzione del Rischio idraulico nel Territorio" (anno accademico 2001 – 2002) all'Università di Firenze, e svolto, all'interno della QUALITAL (Consorzio Universitario Di Ingegneria Della Qualità), attività di ricerca commissionata dal Diritto allo Studio dell'Università di Pisa. Ha inoltre fatto parte della Commissione per la sicurezza Stradale Regionale in rappresentanza della Unione delle Province della Toscana, e del consiglio di amministrazione della SALT spa.
Dal 1 gennaio 2000 al 31 marzo 2001 ha lavorato per l'amministrazione Provinciale Lucca e Regione Toscana rivestendo il ruolo di Ingegnere Capo Dirigente dell'Ufficio Tecnico Provinciale con competenza in materia di Viabilità ed Edilizia e Fabbricati Scolastici, di Direttore Centrale Infrastrutture, di Competenza di Protezione Civile, e di Comando del Dipartimento della Presidenza ed Affari Giuridici.
Dal maggio 1997 al 31 dicembre 1999 ha lavorato per la Regione Toscana – Ufficio del Commissario Straordinario per eventi alluvionali come Responsabile Ufficio per le Attività tecniche con le competenze di Supporto Tecnico a tutte le attività del Commissario, redazione ed eventuali rimodulazioni dei piani per gli interventi strutturali; pareri tecnici finalizzati alla presa d'atto degli interventi, attività di indirizzo e controllo tecnico-amministrativo per l'attuazione dei piani anche mediante verifiche periodiche collegati allo stato di avanzamento lavori; collaborazione con le strutture regionali a tutte le attività di programmazione e prevenzione relativamente al rischio idrogeologico e/o idraulico da attuare nelle zone colpite dall'alluvione della Lunigiana (Novembre 1996), Versilia e Garfagnana (Giugno 1996), progettazione e direzione di interventi.
Dal 1 marzo 1992 al maggio 1997 ha lavorato per La Regione Toscana (Ufficio del genio Civile di Grosseto) rivestendo il ruolo di Responsabile "Sismica e Cemento Armato". Ha inoltre rivestito il ruolo di Responsabile "Idraulica" – Competenze: progettazione, esecuzione e controllo di opere idrauliche, polizia idraulica, servizio di piena, sistema di monitoraggio idro pluviometrico, adempimenti RD 523/1904, sbarramenti di ritenuta, Responsabile "Porti", Responsabile del Servizio di Piena, in attuazione del RD 2669/1937 – Competenze: Opere idrauliche di II categoria (Ombrone, Bruna, Sovata, Pecora, Allacciante) e gestione di tutte le procedure per l'allertamento delle Prefettura e dei vari Enti Locali.
Dal 1 luglio 1989 al 28 febbraio 1992 ha rivestito il ruolo di Responsabile del settore Ingegneria Civile per USA ARMY– Setaf Engeneering Design Office "Special Assistant for the Italian Engineering Liason", certificando la rispondenza dei progetti da realizzare nelle basi italiane alla normativa Italiana, svolgendo attività di progettazione e direzione dei lavori per sistemazioni civili e per opere strutturali da realizzare all'interno delle basi americane in Italia, Grecia e Turchia. Ha inoltre partecipato alla progettazione di interventi per le basi in Italia, Grecia e Turchia. Ha inoltre operato come ingegnere civile e responsabile di settore per la UNITED STATES ARMY EUROPE (Attestazione "Superior Performances").

Andrei M. Reinhorn

Dr. Andrei Reinhorn, Professor Emeritus, is a former Professor of Structural Engineering at University at Buffalo for 33 years. He was educated at the Technion – Israel Institute of Technology where he obtained the undergraduate and graduate degrees (1968, 1978, resp.).
A structural engineer and professor of civil engineering, he is experienced in structural dynamics, testing, analysis, design and development of structural systems, advanced vibration reduction systems and vibration control for seismic retrofit. Dr. Andrei Reinhorn has conducted research on the seismic evaluation and retrofit of existing structural systems, including buildings, bridges and special structures using conventional and innovative structural control. Dr. Reinhorn has directed multiple research experiments investigating the behavior of structures under dynamic loads near collapse. He carried pioneering experiments of actively controlled structures and developed design procedures for controlled systems with active or passive damping components. Experienced in implementation and testing of several active control systems, such as active bracings and mass dampers, with novel control strategies of fuzzy sets and nonlinear feedback, he developed numerous analytical methods for evaluation and analysis of structures in damage state without and with control systems.He has worked on defining and quantifying seismic resilience of structures including technical and organizational aspects.
Prof. Reinhorn lead the design and construction of the large seismic shaking table at University at Buffalo and developed the seismic laboratory operations. He lead the expansion of the $21M large scale dynamic testing system and networking of University at Buffalo Equipment Site of NSF's George E. Brown Jr. Network of Earthquake Engineering Simulation (UB-NEES). He is a past-director of the SEESL which supports services for the UB's Department of Civil Structural and Environmental Engineering (CSEE), for the Multidisciplinary Center for Extreme-events Engineering (MCEER), for George E. Brown Jr. Network of Earthquake Engineering Simulation (NEES) and for industry research and development.
Past academic positions include lecturer and visiting fellowship at Technion – IIT/ Haifa, Israel and junior to senior positions (including Department Chairman) at University at Buffalo (SUNY). Taught design of reinforced concrete structures, earthquake engineering and structural dynamics, experimental dynamics methods and structure analysis. Member of the executive committee of Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research (MCEER), lead several projects on seismic evaluations.
Experienced in structural dynamics and engineering as employee of various firms in Israel (Israeli Army Corps of Engineers, Milstein and Singer Engineers) and in US (Fruchtbaum Engineers) and as independent consultant (Reinhorn Consulting Engineers). Experience include seismic evaluations of existing buildings / bridges and retrofit using advanced techniques of vibration control, energy dissipation, base isolations and combinations of conventional concrete technologies and epoxy based coatings. Additional experience in design, construction and site inspections of residential and industrial buildings. Special experience in structural design of machine tools and instrumentation. Holding for US Patents related to machine tools and diagnostic systems, and seismic protective systems.
Registered Professional Engineer (PE) in New York State and in Israel. Fellow of the American Society of Civil Engineers (ASCE) and member of American Concrete Institute (ACI) and Earthquake Engineering Research Institute (EERI). Current member of ASCE committees on structural control and seismic effects and of EERI committee on experimental research. Former President of ASCE/Buffalo Section and chair of ASCE/structural control committee. Technical Program Chairman of 7th National Conference of Earthquake Engineering, Boston, 2002
Received several professional awards, i.e. 2015 ASCE Moisseiff Award, 2011 ASCE/SEI/EMI Nathan M. Newmark Medal, 2007 SUNY Chancellor's Award for Excellence in Scholarship and Creative Activity, 2006 UB – University at Buffalo Sustained Achievement Award, 2005 NEES Outstanding Service Award – for development of NEES Data Sharing and Archiving Policies, 2005 ASCE/CERF Charles Pankow Award for Innovation – *Coupled Truss Walls with Damped Link Elements* (with WSF Cantor – Seinuk, with E.M. Romero(SA), with Taylor Devices Inc, with UB / SUNY – joint with M.C. Constantinou, 2002 Engineer of the Year Award NYSPE (2002) 1996 – Outstanding Achievements Award – Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council: *For outstanding contributions to the advancement of state-of-the-art in structural analysis techniques* (1996); 1995 – Outstanding Journal Paper Award – Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council: *Seismic Performance Analysis of a Multistory Steel Moment Frame Building Damaged During the 1994 Northridge Earthquake* (1996); 1995 – NYSPE/Buffalo Historical Society-Historical Achievement Award: *Active Control Implementation* 1992; Best Paper Award – 3rd World Congress on Joint Sealing and Bearing; Received several educational and administrative awards, i.e. Lady Davis Fellowship/Theresa Palay Manson Lectureship/Technion IIT (1991); Educator of the Year Award, NYSPE (1991); ASCE Award for outstanding service (1983,1984).
Published 3 books, more than 200 papers in archival journals and edited books and more than 500 papers in conference proceedings and extended professional reports. Authored three computer platforms (IDARC, 3D-BASIS and NSPECTRA) for evaluation of structures and for base isolation analysis, respectively, for national and international distribution. Received and managed research grants from NSF, (N)MCEER and private industries in excess of fifteen million dollars. He was senior Project Investigator of $21M NSF/NEES expansion and of the $7.5M maintenance-operations grant. Advised, supervised and graduated 39 PhD and 35 MS students and, supervised and instructed 27 post-doctoral fellows and visiting scholars from US and overseas universities.
Details of his performance can be found in the extended curriculum vitae:
http://civil.eng.buffalo.edu/~reinhorn

Mario De Stefano

Il Prof. Mario De Stefano ha conseguito nel 1986 la Laurea in Ingegneria Civile presso l'Università di Napoli Federico II, il Master of Science presso l'Università della California a Berkeley nel 1990 ed il Dottorato di Ricerca presso l'Università di Napoli Federico II nel 1992. È professore ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso il Dipartimento di Architettura (DIDA) dell'Università di Firenze. Ha rivestito la carica di Direttore del Dipartimento di Costruzioni e Restauro da Aprile 2010 a Dicembre 2012. Ha svolto attività di ricerca in cooperazione internazionale con l'Università della California a Berkeley, il Technion – Israel Institute of Technology e la State University of New York at Buffalo. Attualmente, è il Coordinatore del Working Group 8 (Seismic behaviour of irregular and complex structures) dell'Associazione Europea di Ingegneria Sismica. È stato membro del Consiglio Direttivo dell'Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica e del Consiglio Direttivo della Sezione Italiana dell'American Concrete Institute. È stato Responsabile Scientifico di numerosi progetti di ricerca finanziati dal Dipartimento della Protezione Civile, dal MIUR, dalla Regione Toscana, dal Ministero dei Beni e Attività Culturali, dal CNR e da altre Istituzioni scientifiche. È autore di oltre 100 lavori scientifici, di cui numerosi pubblicati su rivista internazionale; ha organizzato eventi scientifici nazionali ed internazionali; è stato membro dei comitati scientifici di Convegni nazionali ed internazionali ed è stato invitato a tenere Seminari scientifici presso Università nazionali ed estere, fra cui l'Università della California a Berkeley, la Columbia University, la State University of New York at Buffalo ed il Technion – Israel Institute of Technology.

Giovanni Cardinale

Nasce a Bastia Umbra (PG) il 17/07/1952, coniugato, due figlie. Si Laurea in ingegneria civile (sezione edile-strutture) presso l'Università degli Studi di Firenze nel 1976. Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Arezzo dal 1977.
Libero professionista, è professore a contratto di Tecnica delle Costruzioni presso la Facoltà di Architettura dell'Università di Firenze. Svolge la professione nel campo della progettazione architettonica e strutturale, direzione lavori, collaudi, ordinamento e project management di opere pubbliche e private. È consigliere dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Arezzo dal 05.02.1999 e Presidente dal 14.10.2009. È consigliere della Federazione Regionale degli Ordini degli Ingegneri della Regione Toscana dal 17.12.2001 e Presidente dal 29.05.2006. È componente del gruppo di lavoro sulle Federazioni e Consulte dell'Assemblea Nazionale dei Presidenti degli Ordini degli Ingegneri.
Altre cariche ricoperte: Componente del Consiglio Direttivo del Centro Studi CNI, di ITACA e Agenzia Quacing in rappresentanza del CNI.

Gian Paolo Cimellaro

Gian Paolo Cimellaro is currently Visiting Professor at the University of California, Berkeley. He is on leave from the Department of Structural, Geotechnical and Building Engineering of the Politecnico di Torino where is Associate Professor. He obtained his M.S. (2005) and Ph.D. (2008) from the University at Buffalo (SUNY) in USA. Graduated cum laude in Civil Engineering, University of Rome La Sapienza, 2001. He is the Chair of the ASCE Committee on *Disaster Resilience of Structures, Infrastructures and Communities* in USA.He has been invited to 3 Keynote lectures in India, Chile and Lettonia and more than 30 invited seminars in USA, Canada and Europe. He has authored 40 journal refereed papers, 98 international conference proceedings, 11 book chapters and 2 edited books. Bibliometric indices: total number of citations: 382 (Web of knowledge) 1140 (Google Scholar); h-index: 12 (Web of knowledge).Dr. Cimellaro current research interests address community disaster resilience and sustainability to natural disasters such as earthquakes, seismic risk mitigation of civil infrastructures and strategic buildings such as hospitals using advance technologies such as smart phones, monitoring and structural control of building vibrations, probabilistic methods and earthquake engineering. Gian Paolo Cimellaro has recently been awarded a grant of 1.3 M € by the European Research Council for the research project *IDEAL RESCUE: Integrated Design and control of sustainable communities During emergencies* ERC-2014-StG (2015-2019). This is the most prestigious prize assigned in Europe to researchers, performing high-risk and high-gain ground-breaking research.He is Guest Editor of the special Issue entitled: *Resilience-Based Design of Structures and Infrastructures* in the ASCE Journal of Structural Engineering. He is Professional Engineer, P.E. in Italy, since July 2001 in the Professional Engineers Boards of Rome. He is Principal Investigator of the European projects IDEAL RESCUE (2015-2019), *IRUSAT* (2013-2016) and *ICRED* (2010-2014), sponsored by the European Commission; *ECRIS* (2012-2014), sponsored by Israel-Italy Joint Innovation Program for Industrial, Scientific and Technological Cooperation in R&D; of two joint MITOR projects (2011, 2013) between Massachusetts Institute of Technology (MIT) and the Politecnico di Torino. In 2011, he has received the *Fib Achievement Award for Young Engineers* to recognize outstanding contribution to structural concrete, sponsored by fib – the international federation for structural concrete. In 2015, he has received the *Seed Grant Award from the Siebel Energy Institute* of UC Berkeley. He is member of the Editorial Board of the Journal *Earthquake Engineering and Engineering Vibration* – Springer edition, KSCE Journal of Civil Engineering and *Frontiers*. Further details can be found in www.cimellaro.org.

Marco Vona

L'attività di ricerca inizia nel 1997 presso il Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'ingegneria (DiSGG) dell'Università della Basilicata. Nel settembre del 1998 è iniziata la partecipazione a progetti nazionali ed internazionali (progetto ENSERVES – European Network on Seismic Risk, Vulnerability, and Earthquake Scenarios, Prof. M. Dolce).
L'attività di formazione e ricerca prosegue quindi con il dottorato di ricerca Progettazione, riabilitazione e controllo delle strutture convenzionali ed innovative – XIV ciclo (conseguito nell'Aprile del 2002) attivato presso il dipartimento di Scienze, Storia dell'Architettura e Restauro e poi presso il nuovo dipartimento di Progettazione, Riabilitazione e Controllo delle Strutture architettoniche (PRICOS) della facoltà di Architettura dell'Università G. D'Annunzio di Chieti, coordinato dal Prof. Camillo Nuti.
Tra il 2002 ed il 2009 Marco Vona è stato titolare di assegni di ricerca e numerosi contratti per attività di ricerca presso l'Università degli studi della Basilicata e presso il PRICOS dell'Università, 'G. D'Annunzio' di Chieti. L'attività di ricerca si è incentrata prevalentemente sull'ingegneria sismica e sul rischio sismico, con particolare riferimento alla vulnerabilità degli edifici, sia su ampia scala territoriale che nell'analisi di dettaglio, in laboratorio o in conseguenza di eventi sismici reali. In tale ambito, interessanti sono state anche le attività sperimentali su elementi strutturali e strutture per lo studio di metodologie di indagine finalizzate alla valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo.
È stato inoltre affrontato il delicato problema dell'interazione tra mitigazione del rischio e pianificazione del territorio. Alcuni interessanti studi sulla resilienza urbana sono stati condotti integrando differenti approcci e discipline nell'intento di individuare idonee procedure di pianificazione del territorio che siano rispettose delle esigenze di mitigazione dei rischi, di gestione delle emergenze e sviluppo sostenibile. Un ulteriore filone di ricerca è rappresentato dalle attività connesse alla valutazione del comportamento dinamico delle strutture, con particolare riferimento ai periodi fondamentali di strutture in c.a., determinate sia mediante modelli numerici sia mediante sperimentazioni di laboratorio e su casi reali.
Nel corso del 2013, nell'ambito del PRIN *Modelli ed algoritmi per l'analisi non lineare delle strutture e la validazione di regole di progettazione a base prestazionale*, è stata avviata una ulteriore interessante attività di ricerca indirizzata alla validazione di modelli ed algoritmi ed alla definizione e validazione di semplici ed efficienti procedure di progettazione, con particolare riferimento alle strutture esistenti in c.a..
L'attività di ricerca è documentata dalle numerose pubblicazioni presentate a congressi nazionali e conferenze internazionali, su prestigiose riviste scientifiche nazionali ed internazionali e come capitoli di libri.

Sonia Giovinazzi

Dr Sonia Giovinazzi expertise and research activities focus on natural-hazard risk analysis and damage scenarios, toward risk mitigation and management and post-disaster resilient recovery at regional scale for buildings, infrastructures, lifeline infrastructures, and health systems.
Present research includes: definition of empirical and analytical seismic vulnerability and fragility models for buildings, infrastructure, and lifeline infrastructure components; development of models and tools to support postdisaster event decision-making and pre-event mitigation planning. Sonia's research is contributing to different national and international projects aiming to assess and mitigate the impacts from disastrous events (e.g. MBIE funded *RiskScape* and *Economics of Resilient Infrastructure project* in NZ; EUfunded Syner-G project; the Global Earthquake Model, GEM; etc.). Sonia is a founder partner of the mHARP consortium developing an open-source GIS *Multi-Hazard Assessment Response and Planning* decision support tool. Professional speciality includes: development of damage scenario at territorial scale and within GIS-based environment; definition of resilience enhancement strategies, including risk reduction, risk mitigation, emergency management, post-disaster recovery. In the aftermath of the Canterbury earthquakes, Sonia directed and managed different projects to support to the initial recovery phase for multiple end-users and agencies, including SCIRT, CETAS, Orion, WDC, CHDB. Sonia acted as a consultant for the Canterbury Earthquake Recovery Authority (CERA) on decision support tools for post –disaster reconstruction planning at urban scale.

Stefania Viti

Stefania Viti si è laureata in Architettura nel 1994 presso l'Università di Firenze. Nel 2000 ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria Strutturale presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze. Dal 2001 al 2003 ha svolto un post-doc presso la SUNY University di New York, collaborando con il Prof. Andrei Reinhorn su temi inerenti alla valutazione della prestazione sismica di strutture complesse, all'adozione di metodi alternativi di intervento su strutture esistenti in c.a. e in acciaio e alla resilienza di sistemi territoriali.
Dal 2003 lavora come Ricercatrice presso il Dipartimento di Architettura (DiDA) dell'Università di Firenze, svolgendo attività didattica. Ha tenuto corsi di Tecnica delle Costruzioni, Laboratorio di Costruzioni e Progetto di strutture, parte dei quali in lingua inglese.
I principali temi di ricerca affrontati riguardano la valutazione della prestazione sismica di edifici irregolari in c.a., la valutazione delle risorse duttili di strutture realizzate con materiali ad elevate prestazioni, la vulnerabilità sismica dei centri urbani e il ruolo della modellazione nella valutazione della sicurezza strutturale di edifici in c.a. e in acciaio.
Attualmente si occupa di resilienza e prevenzione del rischio sismico, con particolare riferimento all'edilizia esistente, sia residenziale che strategica. È autrice di numerose pubblicazioni scientifiche, e frequenta con regolarità Convegni scientifici Internazionali nell'ambito dell'ingegneria sismica.

Marco Tanganelli

Marco Tanganelli è ricercatore di Tecnica delle Costruzioni (SSD ICAR/09, Area 08/B3) dal 2009 presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. Si è laureato nel novembre 2002, nel 2003 vince una borsa di studio dell'Ente Cassa di Risparmio di Firenze dal titolo *Vulnerabilità sismica di edifici storici e monumentali* coordinato dal Prof. Mario De Stefano. Nel 2007 consegue il titolo di Dottore di Ricerca (XIX° ciclo) con una tesi dal titolo *Analisi delle prestazioni sismiche di strutture intelaiate tridimensionali in c.a.*. Nel 2007 vince una borsa di studio post-dottorato, messa in palio dall'Università degli Studi di Firenze, dal titolo *Previsione della risposta sismica di edifici irregolari mediante analisi pushover* coordinata dal Prof. Mario De Stefano. Dal 2002 svolge attività scientifica nell'ambito dell'ingegneria sismica, con specifico riferimento alla valutazione delle prestazioni sismiche delle strutture civili esistenti e non. Nel dettaglio: 1. Valutazione delle prestazioni sismiche di strutture irregolari, con particolare riferimento ai fenomeni torsionali. 2. Analisi non lineare di strutture in c.a., considerando gli effetti indotti dalle diverse fonti di deformazione inelastica e dissipazione energetica che può nascere nelle membrature di un telaio in c.a. 3. Procedure e metodologie per la caratterizzazione meccanica del cls prelevato da strutture esistenti in c.a.. 4. Vulnerabilità sismica di edifici storico-monumentali. 5. Vulnerabilità a sismica di sistemi urbani complessi. Ha partecipato a progetti PRIN ex quota 40% e a progetti di ricerca riguardanti la valutazione della vulnerabilità sismica di edifici strategici e di edifici storico-monumentali finanziati da Regione Toscana e da fondazioni bancarie. Dal 2009 svolge con regolarità attività didattica, tenendo corsi di Laboratorio di Costruzioni e Progetto di strutture e seguendo Tesi di Laurea.

Indice

Introduzione **5**

Interventi
Interventi non strutturali per la protezione del territorio 11
Riccardo Gaddi

Disaster management of communities through Resilient-Based-Design 19
Andrei M. Reinhorn

Architettura e Resilienza sismica 55
Mario De Stefano

Rischio sismico ed evoluzione normativa 63
Giovanni Cardinale

Edifici ed infrastrutture resilienti: esperienze sul territorio 81
Gian Paolo Cimellaro

Strategie e strumenti per la mitigazione del rischio sismico 103
Marco Vona

Infrastrutture resilienti per città e comunità resilienti: dalla teoria alla pratica 117
Sonia Giovinazzi

Il territorio di Firenze e la sua resilienza 131
Stefania Viti, Marco Tanganelli

Ipotesi di sviluppo dei temi trattati **141**

Biografie degli autori **145**

Finito di stampare
novembre 2016

DIDAPRESS
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 14
www.dida.unifi.it

Stefania Viti, si è laureata in Architettura nel 1994 presso l'Università di Firenze. Nel 2000 ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria Strutturale presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze. Dal 2001 al 2003 ha svolto un post-doc presso la SUNY University di New York, collaborando con il Prof. Andrei Reinhorn su temi inerenti alla valutazione della prestazione sismica di strutture complesse, all'adozione di metodi alternativi di intervento su strutture esistenti in c.a. e in acciaio e alla resilienza di sistemi territoriali. Dal 2003 lavora come Ricercatrice presso il Dipartimento di Architettura (DiDA) dell'Università di Firenze, svolgendo attività didattica. Ha tenuto corsi di Tecnica delle Costruzioni, Laboratorio di Costruzioni e Progetto di strutture, parte dei quali in lingua inglese. I principali temi di ricerca affrontati riguardano la valutazione della prestazione sismica di edifici irregolari in c.a., la valutazione delle risorse duttili di strutture realizzate con materiali ad elevate prestazioni, la vulnerabilità sismica dei centri urbani e il ruolo della modellazione nella valutazione della sicurezza strutturale di edifici in c.a. e in acciaio. Attualmente si occupa di resilienza e prevenzione del rischio sismico, con particolare riferimento all'edilizia esistente, sia residenziale che strategica. È autrice di numerose pubblicazioni scientifiche, e frequenta con regolarità Convegni scientifici Internazionali nell'ambito dell'ingegneria sismica.

Marco Tanganelli, è ricercatore di Tecnica delle Costruzioni (SSD ICAR/09, Area 08/B3) dal 2009 presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. Si è laureato nel novembre 2002, nel 2003 vince una borsa di studio dell'Ente Cassa di Risparmio di Firenze dal titolo Vulnerabilità sismica di edifici storici e monumentali coordinato dal Prof. Mario De Stefano. Nel 2007 consegue il titolo di Dottore di Ricerca (XIX° ciclo) con una tesi dal titolo Analisi delle prestazioni sismiche di strutture intelaiate tridimensionali in c.a.. Nel 2007 vince una borsa di studio post-dottorato, messa in palio dall'Università degli Studi di Firenze, dal titolo Previsione della risposta sismica di edifici irregolari mediante analisi pushover coordinata dal Prof. Mario De Stefano. Dal 2002 svolge attività scientifica nell'ambito dell'ingegneria sismica, con specifico riferimento alla valutazione delle prestazioni sismiche delle strutture civili esistenti e non. Nel dettaglio: 1. Valutazione delle prestazioni sismiche di strutture irregolari, con particolare riferimento ai fenomeni torsionali. 2. Analisi non lineare di strutture in c.a., considerando gli effetti indotti dalle diverse fonti di deformazione inelastica e dissipazione energetica che può nascere nelle membrature di un telaio in c.a. 3. Procedure e metodologie per la caratterizzazione meccanica del cls prelevato da strutture esistenti in c.a.. 4. Vulnerabilità sismica di edifici storico-monumentali. 5. Vulnerabilità a sismica di sistemi urbani complessi. Ha partecipato a progetti PRIN ex quota 40% e a progetti di ricerca riguardanti la valutazione della vulnerabilità sismica di edifici strategici e di edifici storico-monumentali finanziati da Regione Toscana e da fondazioni bancarie. Dal 2009 svolge con regolarità attività didattica, tenendo corsi di Laboratorio di Costruzioni e Progetto di strutture e seguendo Tesi di Laurea.

Resilienza e territorio

Invulnerabile. È così che vorremmo il nostro territorio. Capace di resistere ai colpi inferti dai disastri, naturali o indotti dall'uomo. Capace di superare un sisma senza riportare danni, capace di sostenere l'eccezionale ingrossamento di un fiume senza esserne invaso, capace di consolidare il terreno più fragile in modo da evitare frane e dissesti.

La necessità di abitare in un territorio sicuro ha governato, in questi anni, lo sviluppo di tutte quelle discipline volte a salvaguardare le nostre città dai pericoli. Abbiamo imparato a costruire meglio, ad adeguare gli edifici e a renderli antisismici, a consolidare i terreni, a deviare il corso dei fiumi e a progettare invasi che ne contengano le esondazioni. La mitigazione del rischio è stato, e continua ad essere, un tema essenziale per l'analisi e la salvaguardia del nostro territorio. Ma che succede se qualcosa non funziona? Se si verifica un sisma superiore all'intensità prevista, se un fiume esce comunque dagli argini, se la Concordia si incaglia in uno scoglio che c'è sempre stato? Un territorio 'sicuro' non può non confrontarsi con l'eventualità dell'emergenza, perché è proprio la capacità di affrontare una situazione di emergenza a renderlo affidabile. Ecco allora che entra, nella nostra formazione e nelle nostre scuole, la necessità di confrontarsi con il controllo della funzionalità di un sistema, con la capacità di ripristinare delle condizioni di 'efficienza' anche quando eventi esterni, eccezionali e non prevedibili – o comunque non previsti – intervengano a comprometterla. Ecco allora che lo studio della resilienza fa il suo ingresso nella nostra cultura e nella formazione dei nostri studenti.

Il workshop *Resilienza e Territorio* è stato organizzato della Scuola di Architettura di Firenze, in accordo con il Consiglio della Regione Toscana, per catalizzare l'attenzione su questo importante tema di ricerca. Il principale scopo del workshop è stato la creazione di un tavolo di lavoro in cui ricerca scientifica, liberi professionisti e Pubblica Amministrazione si sono incontrati per fare il punto sullo stato dell'arte della resilienza nel territorio di Firenze ed individuare delle possibili linee di sviluppo per favorirne la crescita.

9 788896 080634

didaworkshop