

IL B.I.M. per la progettazione strutturale

Alessandro De Stefano

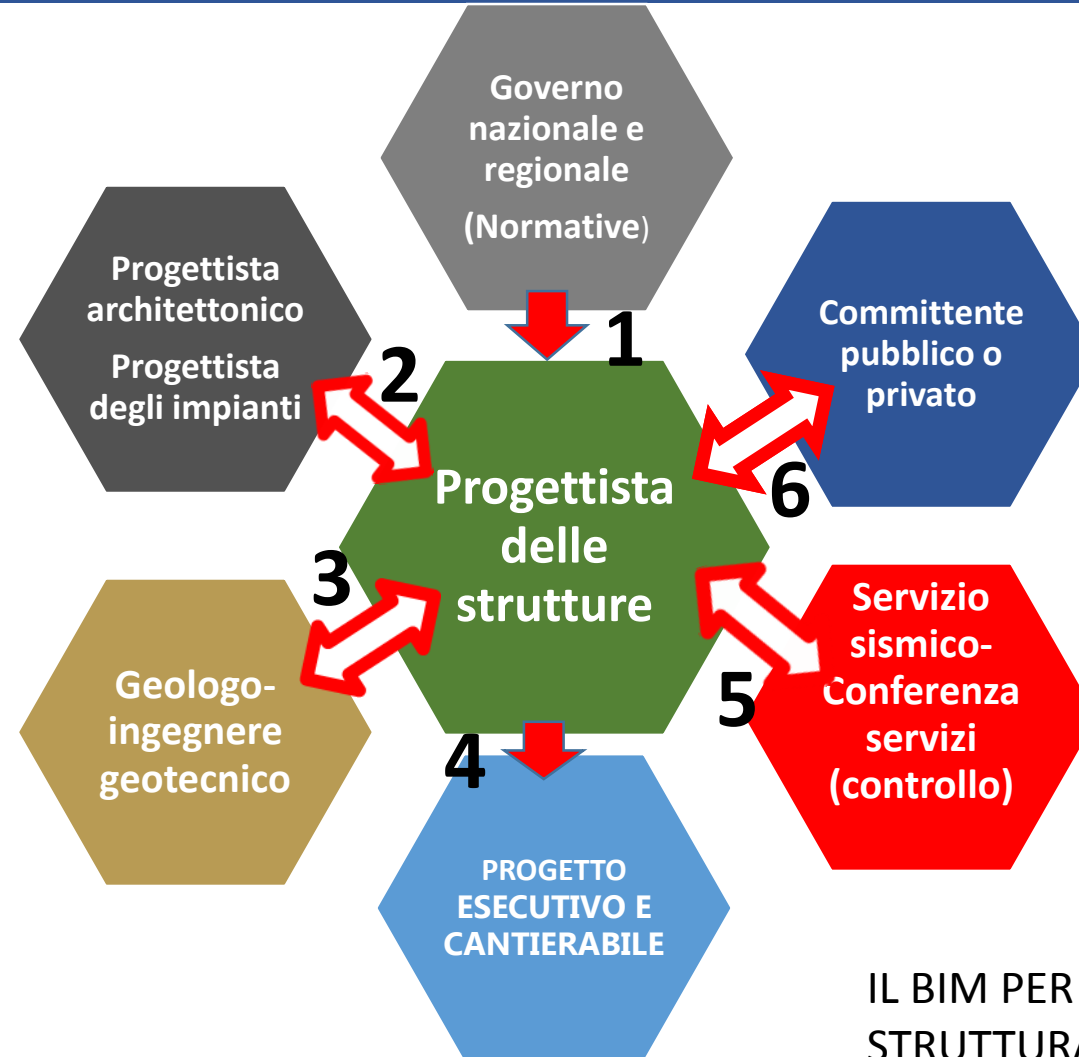
Professore in pensione, ex docente di Ingegneria Sismica

Presso il Politecnico di Torino

aledestef@gmail.com

+39 329 6567723

INTERAZIONI CUI E' SOGGETTO IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE



IL BIM PER LA PROGETTAZIONE STRUTTURALE – A. De Stefano

Interazioni 2 e 3: bidirezionali

Che cosa conviene fare

Progettazione integrata e condivisa (**B.I.M.**) *che tenga conto dei futuri problemi di gestione e manutenzione*, sufficientemente dettagliata per non consentire digressioni arbitrarie al costruttore

Nel progetto strutturale **partire dall'analisi di rischio** e tener conto da subito dei componenti non strutturali in una modellazione realistica

Che cosa non conviene fare

Progettare in modo «sequenziale» (prima l'architetto e poi gli altri, che dovranno risolvere problemi inutilmente complessi, imposti rigidamente)


Non prendere sul serio il terremoto e l'evoluzione del clima



IL BIM PER LA PROGETTAZIONE STRUTTURALE – A. De Stefano

B.I.M.: Progettazione integrata e Facility Management. Il punto di vista dell'ingegnere strutturista

B.I.M.

- Rappresentazione grafica 3D tramite modelli parametrici. La restituzione grafica è originata da numeri e parametri di rapporti dimensionali che permettono di osservarla variando il punto di vista con assonometrie e prospettive.
- «Data-base» relazionale (i dati sono contestualizzati tramite informazioni topologiche che permettono di ricostruire le interazioni reciproche. Per lo strutturista, in sostanza, i vincoli interni ed esterni e la loro natura)
- R.A. (A.R.) Realtà Aumentata. Sarebbe più corretto dire «rappresentazione aumentata della realtà» nel senso che alla rappresentazione geometrica della realtà si sovrappone una rappresentazione simbolica o testuale degli attributi che caratterizzano la natura, lo stato e/o la topologia degli oggetti componenti
- Interoperabilità verticale (disegno architettonico  disegno strutturale)
- Cloud computing

LO STUMENTO GIS

1-USO CIVILE DI IMMAGINI SATELLITARI O FOTOGRAMMETRIE DAL SUOLO SU COSTRUZIONI ESISTENTI – GRANDE SCALA

- *Pancromatiche*
- *Cromatiche*

Non acquisibili con cielo coperto. Limite attuale di risoluzione: circa 30 cm. In futuro il limite di risoluzione sarà legato più a rispetto della privacy che a ragioni tecnologiche

- *Radar*

Ognitempo. Minore risoluzione e definizione

Molto utili usandole:

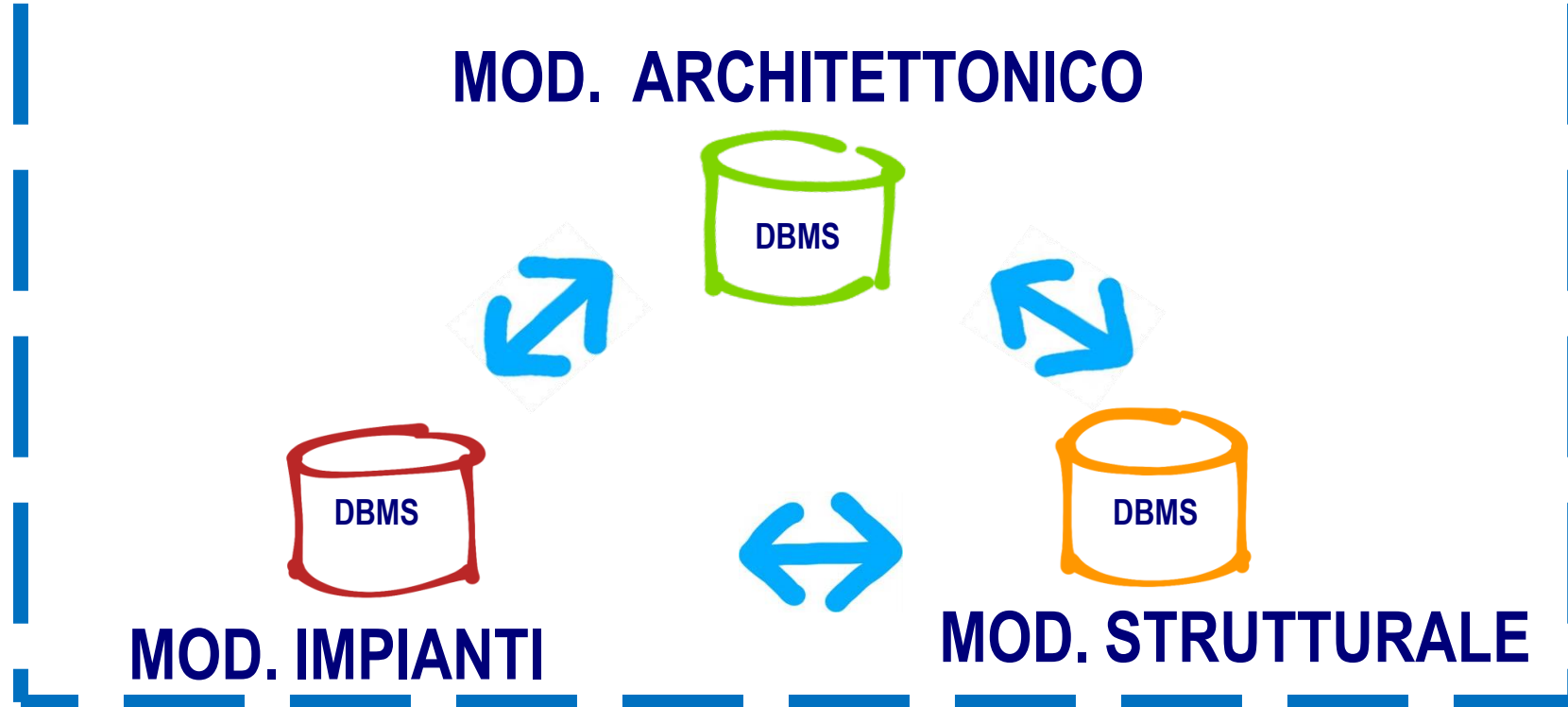
- per confronto, prima e dopo un evento catastrofico(sisma, alluvione, frana...)
- Come supporto cartografico per data-base interattivi su manutenzione, monitoraggio e analisi di rischio e progetto strutturale (GIS – BIM)

2-USO DI LASER-SCANNER O FOTOGRAMMETRIE DAL SUOLO SU COSTRUZIONI ESISTENTI – PICCOLO SCALA, ESTERNO INTERNO

CLOSED BIM Soluzioni integrate non accessibili

Il collegamento tra i diversi modelli avviene in modo non trasparente e non gestibile dall'utente

SOFTWARE A.



Strumenti software più frequentemente coinvolti

- Software GIS per il rilievo del sito di costruzione e delle costruzioni esistenti utilizzando nuvole di punti a grande o piccola scala
- Software B.I.M. (soprattutto Autodesk REVIT e ALLPLAN)
- Software di disegno architettonico (Cad, Archicad,...)
- Software di analisi strutturale
- Software di analisi e disegno strutturale

Devono contenere o essere associati a codici di lettura, interpretazione e trasmissione delle informazioni IFC

Interoperabilità
=
Cooperazione
+
Integrazione

Interoperabilità = **Cooperazione** + Integrazione

1. Cooperazione: abilità a operare e collaborare in un gruppo.

Passaggio critico:

dalla

COMPETIZIONE

alla

COLLABORAZIONE

Interoperabilità= Cooperazione + **Integrazione**

2.Integrazione: Scambio dati e informazioni all'interno di un progetto

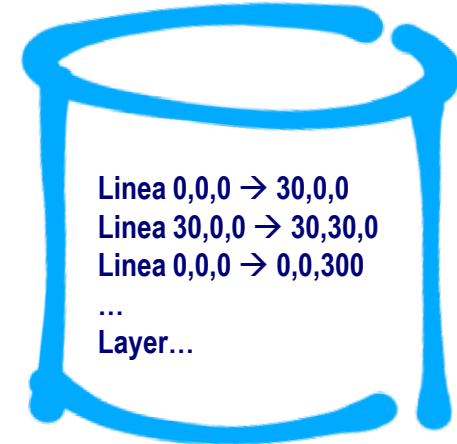
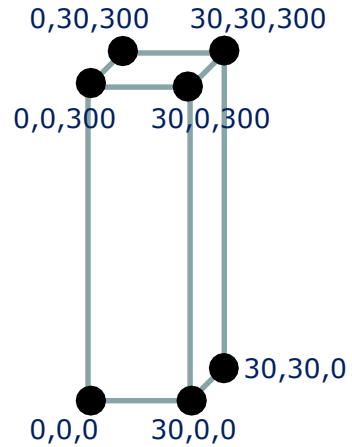


Integrazione delle informazioni ricavate dai diversi modelli

- Architettonico
- Strutturale
- Impianti

Software CAD

CAD
GIM
Geometric
Information
Model

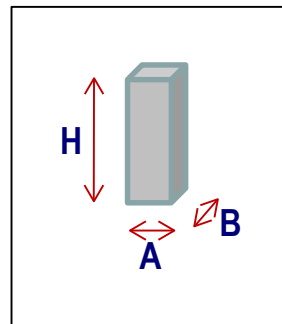


Software BIM

BIM
BIM
Building
Information
Model



Libreria



**MOTORE
PARAMETRICO
PER LA
GESTIONE
DEGLI
OGGETTI**



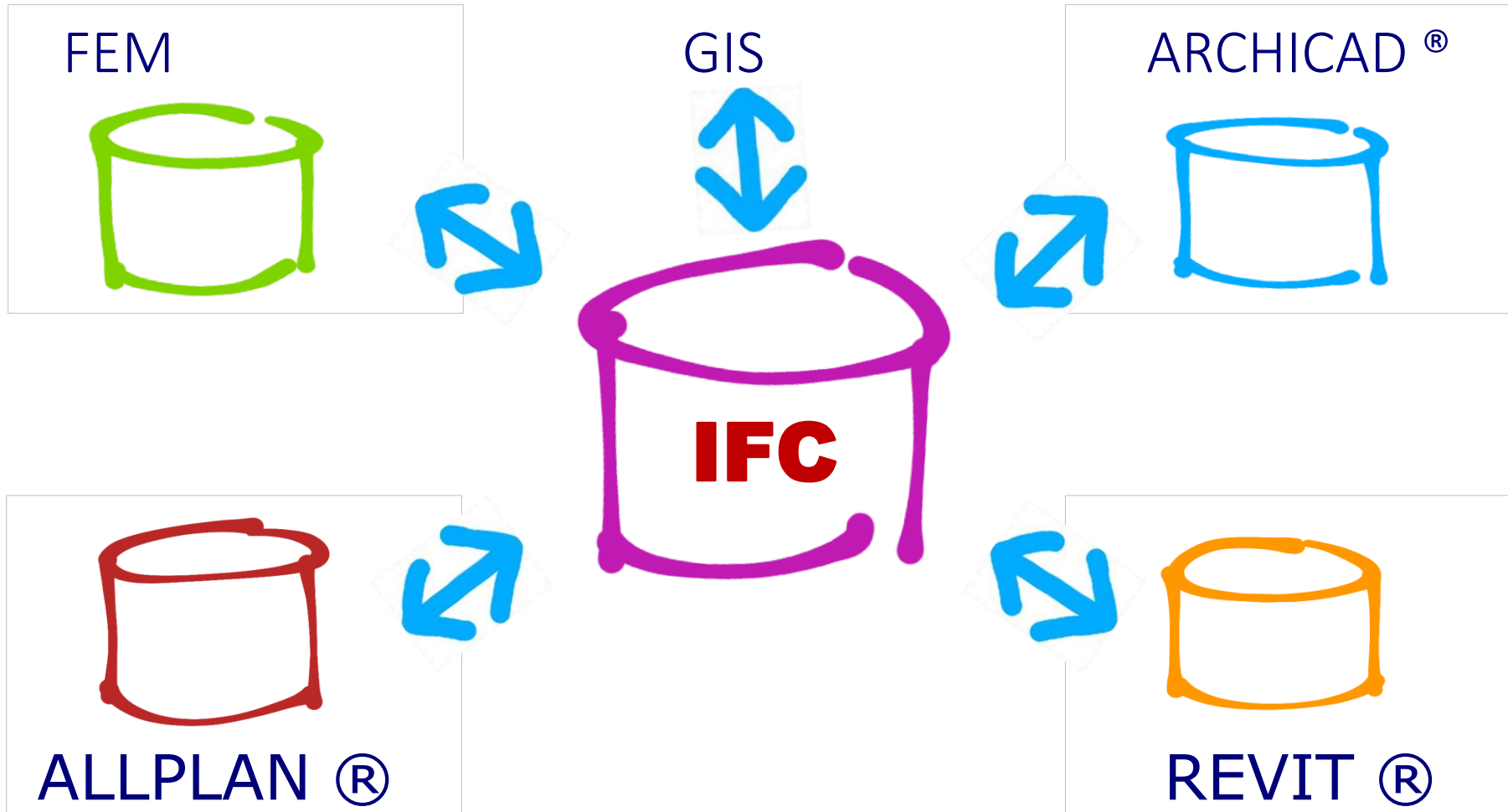
A= 30 B= 30 H= 300

CLOSED BIM

VANTAGGI	SVANTAGGI
Unico fornitore e certezza delle responsabilità	Vincolato alle politiche commerciali del fornitore
Ottimizzazione della integrazione dei software	Difficoltà o impossibilità a scambiare informazioni con altri software
Soluzione per chi opera autonomamente	Le normative per le opere pubbliche, tra cui la UNI 11337, prevedono solo soluzioni OPEN BIM

OPEN BIM

La soluzione è l'uso di un formato neutro (ad es. IFC) comune a tutti i software



OPEN BIM

VANTAGGI	SVANTAGGI
Massima apertura per lo scambio di informazioni con altri software	Possibili difficoltà operative (file IFC sono complicati)
Possibilità di scegliere il software migliore per ogni singolo problema	E' richiesta una maggiore conoscenza degli aspetti informatici
Maggiore trasparenza	

B.I.M.: interoperabilità verticale

Problema centrale per lo strutturista

- Interoperabilità → trasmissione delle informazioni utili senza perderle per la strada.
 - La trasmissione delle informazioni tra software diversi è codificata con strutture standard presenti nei software B.I.M. (IFC). Le procedure standard di interscambio per classi di oggetti e gerarchie di precedenza sono necessarie alla interoperabilità estesa ma devono essere aggiornate con continuità per non generare conflitti con l'innovazione tecnologica su materiali, componenti costruttivi e strutturali e tecniche costruttive.
 - **I componenti strutturali possono essere generati e descritti in modo diverso nei codici software architettonici e B.I.M. e nei codici di analisi strutturale. Occorre ricalibrare il modello strutturale dopo aver importato i dati per non perdere informazioni.**
 - Non tutte le informazioni architettoniche sono necessarie per il calcolo strutturale. Il software BIM può filtrarle trasferendo solo quelle utili (selezione «smart»). ***NB! NEL CALCOLO SISMICO SPESSO I COMPONENTI SOVRASTRUTTURALI SONO UTILI E VANNO TRASMESSI. «Smart» va inteso come «intelligente» nel senso che l'intelligenza e la competenza degli operatori non va mai lasciata fuori dalla porta.***
 - Procedure di verifica di congruenza e ricalibrazione vanno effettuate anche trasmettendo i dati in direzione opposta (BIM GIS AR FM, AA.VV a cura di Anna Osello, 2015, Dario Flaccovio Editore)

IFC: Industry Foundation Classes data model



<http://www.buildingsmart.org>

IFC: Industry Foundation Classes data model

IFC è uno standard in grado di trasferire informazioni relative a:

- 1. Geometrie** (oggetti 3d in vari formati)
- 2. Relazioni** (collegamento tra gli oggetti, es. finestra inserita in una parete)
- 3. Proprietà** (materiali, prezzo, ecc.)
- 4. Metadati** (es. dati relativi allo stato del progetto: approvato, in esecuzione, ecc.)

IFC 2x4 comprende **800 entità, 358 proprietà e 121 tipi di dati!**

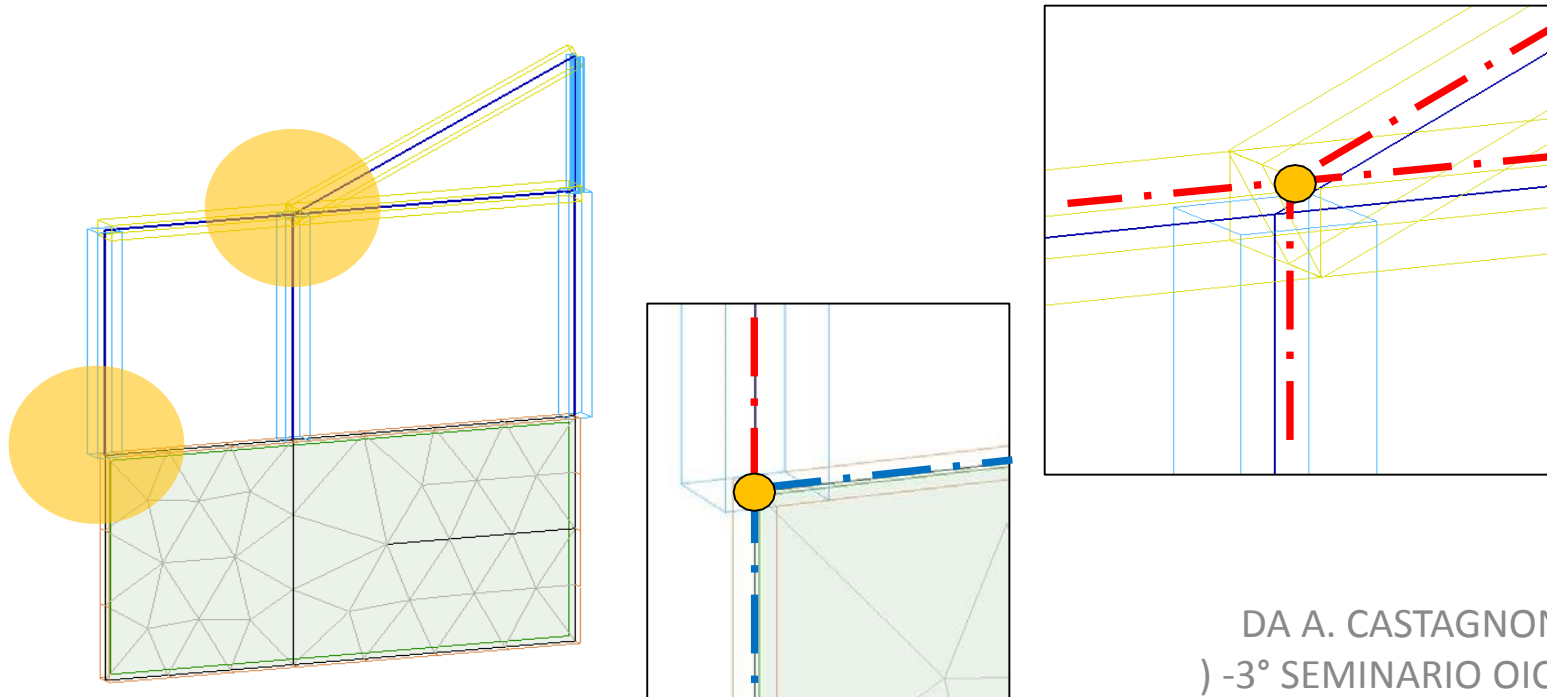
IFC un catalogo di oggetti

- BIM ha come antenato Object Oriented CAD
- IFC è un catalogo di oggetti definiti da informazioni che riguardano: **proprietà qualitative, attributi materiali e topologici (rapporti con il mondo vicino e gli oggetti prossimi) ed insiemi di dati quantitativi variabili in modo parametrico**
- Nell' OPEN BIM il problema è rendere compatibili gli oggetti con le esigenze specifiche degli àmbiti operativi (ARCHITETTURA, STRUTTURE, IMPIANTI..). Esistono filtri automatici che nascondono le informazioni inutili a chi le riceve senza cancellarle. Data la complessità di IFC il trasferimento «verticale» delle informazioni resta complesso e le interpretazioni talvolta arbitrarie e non armonizzate.
- **IFC deve aggiornarsi continuamente per includere oggetti e dispositivi offerti dall'innovazione tecnologica**
- **Anche se il trasferimento è effettuato con procedure automatiche un controllo a posteriori è necessario.**

ESEMPI DI ESIGENZE DIFFERENTI TRA RAPPRESENTAZIONI TRA ARCHITETTURA E STRUTTURE

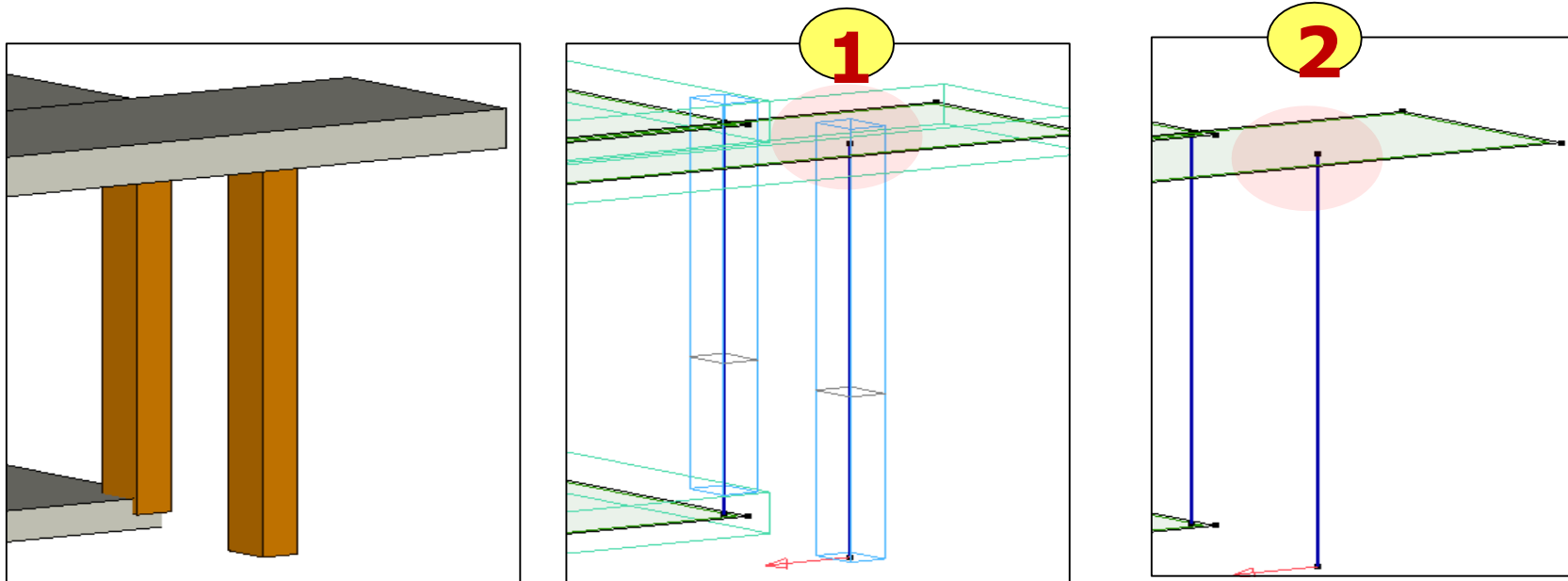
Caratteristiche del calcolo FEM

1. Gli elementi strutturali sono introdotti con riferimento agli assi ed ai piani medi
2. Il calcolo FEM richiede NODI COMUNI agli elementi, attraverso i quali si realizza la continuità strutturale



DA A. CASTAGNONE (STA DATA
) -3° SEMINARIO OICE SU BIM-2016

Nel passaggio IFC architettonico → modello FEM occorre adattare geometrie alla logica FEM (offset)



Il pilastro è posizionato sotto al solaio, quindi il nodo (1) deve spostarsi per posizionarsi sul piano medio del solaio (2)

Interazioni 2 e 3: bidirezionali

Che cosa conviene fare

Progettazione integrata e condivisa (**B.I.M.**) *che tenga conto dei futuri problemi di gestione e manutenzione*, sufficientemente dettagliata per non consentire digressioni arbitrarie al costruttore

Nel progetto strutturale **partire dall'analisi di rischio** e tener conto da subito dei componenti non strutturali in una modellazione realistica

Che cosa non conviene fare

Progettare in modo «sequenziale» (prima l'architetto e poi gli altri, che dovranno risolvere problemi inutilmente complessi, imposti rigidamente)

Non prendere sul serio il terremoto e l'evoluzione del clima



ANALISI DI RISCHIO

L'analisi di rischio risponde alla domanda:

Quanto è affidabile una struttura esistente o nuova nel sopportare carichi presenti e futuri e nello svolgere la sua funzione per un prestabilito periodo di tempo?

deve tener conto di diverse fonti di incertezza:

difetti di conoscenza delle strutture e delle condizioni ambientali (effetti di temperature e umidità, alluvioni e frane, eventi sismici.....);

incertezze epistemiche (chi, progettando ponti in muratura nel XIX° secolo, avrebbe potuto immaginare la natura e l'entità dei carichi mobili a cui oggi sono sottoposti?);

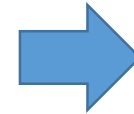
interazione con i comportamenti umani e sociali (cattivo uso, assenza di manutenzione, minacce terroristiche o belliche).

ANALISI DI RISCHIO

INCERTEZZE STRUTTURALI IN DETTAGLIO:

- Incertezze di modello
- Meccanismi di degrado
- resistenza dei materiali
- Geometrie
- Errori di misura
- Carichi e azioni

**VARIABILITA'
NEL TEMPO**



Approcci probabilistici

Analisi di rischio

In termini matematici: Rischio = convoluzione tra:

- **Probabilità che si verifichi un evento esterno (offese ambientali, incidenti di servizio...) o interno (degrado, fatica, invecchiamento...) di intensità capace di generare danno (PERICOLOSITA')**
- **Probabilità condizionata che, posto il verificarsi dell'evento di cui sopra, il sistema o un suo componente subisca un danno di prestabilita natura e gravità (VULNERABILITA')**

Analisi di rischio

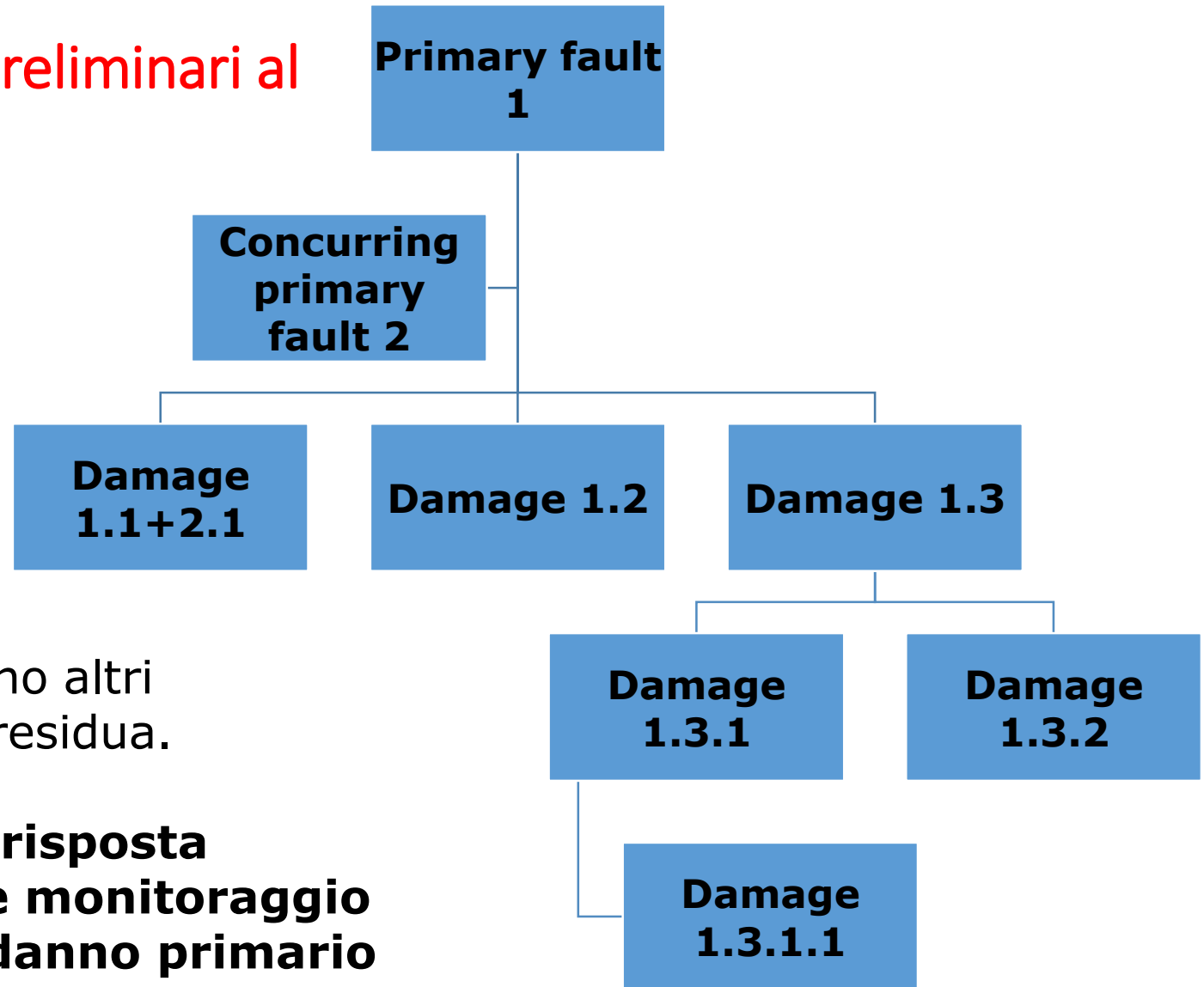
Nella pratica operativa:

- ***Raramente esistono dati sufficienti per modelli probabilistici completi. Si usano metodi euristici: per la VULNERABILITA' algoritmi basati su schemi logici ad albero (fault tree), per VULNERABILITA' e PERICOLOSITA' analisi numerica calibrata, monitoraggio ed anche algebra "fuzzy", procedure auto-apprendenti neurali o neuro-fuzzy***

“FAULT TREE” (esempio)

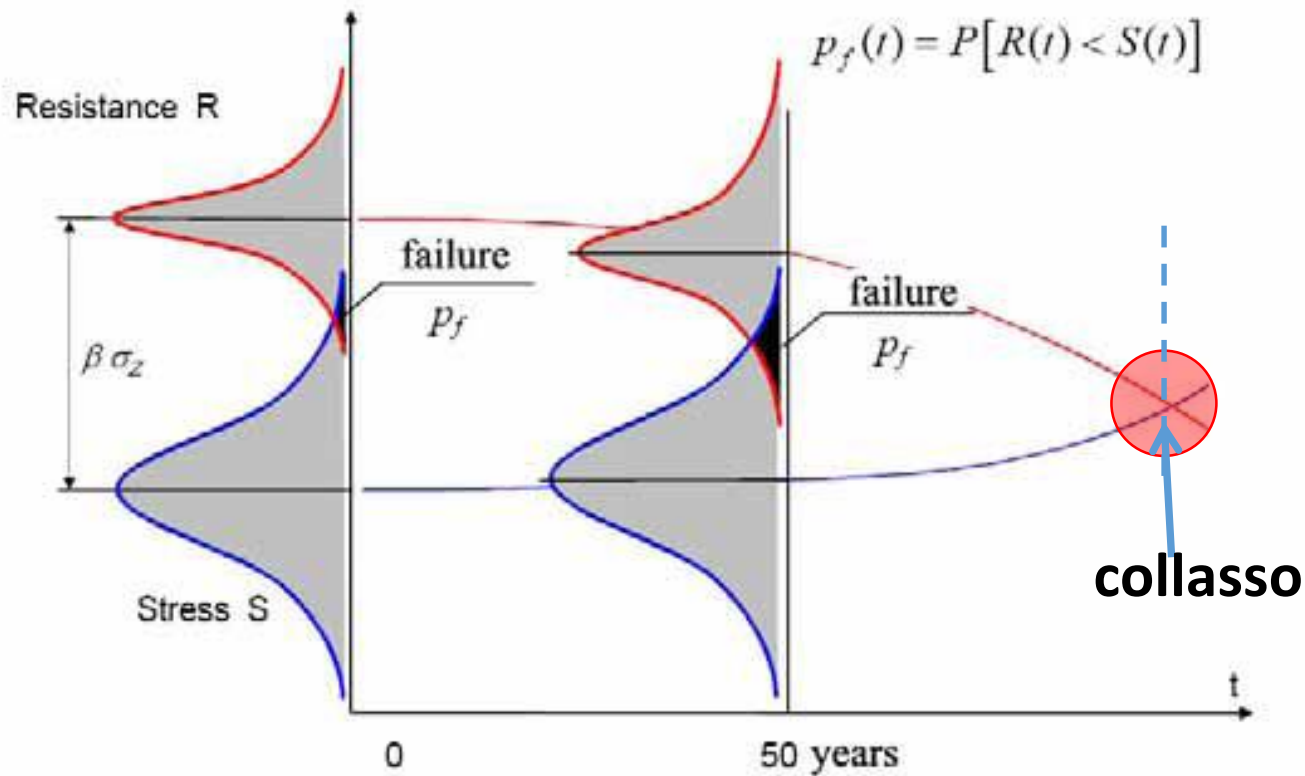
da costruire mediante simulazioni preliminari al progetto

- I danni primari (primary faults) possono indurre danni secondari che, a loro volta, ne possono causare altri, o provocare risposte inattese, secondo uno schema causale ad albero (effetto domino).



- Esistono danni che non ne causano altri e che non riducono sicurezza e vita residua.
- **I danni secondari indotti, o le risposta inattese, rivelate da eventuale monitoraggio possono essere **SINTOMI** del danno primario (monitoraggio strutturale)**

APPROCCIO SEMPLIFICATO LINEARE ALLA STIMA DI RISCHIO



In generale, la resistenza di una struttura diminuisce nel tempo a causa del degrado e la domanda di prestazione aumenta. Si può raggiungere il limite di prestazione o il collasso anche durante la prevista vita utile.

AZIONI PRELIMINARI AL PROGETTO (CICLO DI VITA UTILE)

- Stima o definizione della vita utile
- Definizione del modello di deterioramento durante tutta la vita utile

CAUSE DI PERDITA DI EFFICIENZA STRUTTURALE:

- effetti dei carichi e delle azioni e della loro possibile crescita di intensità nel tempo
- minacce ambientali o antropiche (terremoti, inondazioni, frane, uragani, gelo, incendi, esplosioni,)
- degrado per aggressione chimica

Occorrono criteri per tarare il profilo di decadimento di prestazioni in base all'osservazione ed al modello di evoluzione del degrado

“RELIABILITY” E “HAZARD RATE” COME PROCESSO STOCASTICO

- **Reliability (affidabilità) di una struttura $R(t)$**

- *probabilità che il tempo necessario per raggiungere un certo stato limite di riferimento, t_b , sia maggiore di un tempo assegnato t ($R(t)=1-$ Rischio):*

$$R(t) = P(t \leq t_b)$$

- **Funzione di “hazard rate” $h(t)$**

- *Rapidità istantanea di deterioramento della “reliability”*

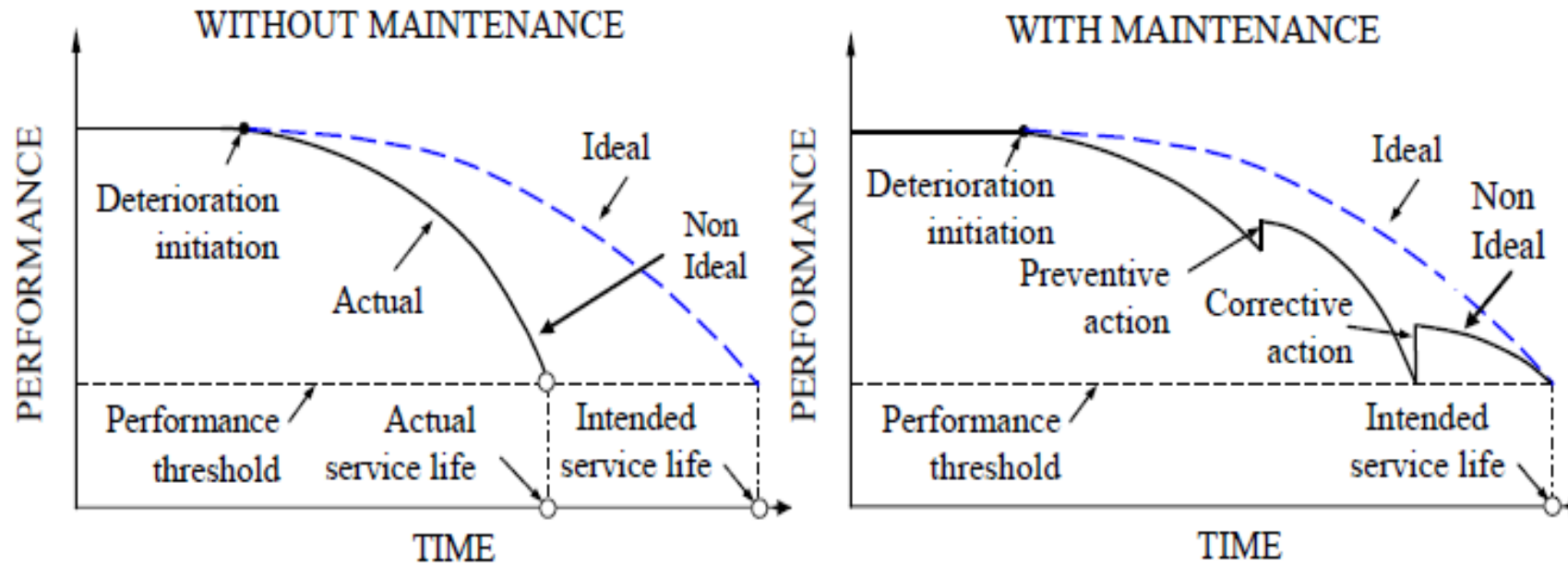
$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t_b < t + \Delta t \mid t_b \geq t)}{\Delta t};$$

$$R(t) = \exp \left(- \int_0^t h(x) dx \right)$$

Hazard Rate sta a Rischio come:

- Densità di probabilità sta a probabilità
- Deficit sta a debito
- Velocità sta a spazio percorso
- Intensità di forza distribuita sta a risultante della stessa

EFFETTI DELLA MANUTENZIONE SULLA VITA UTILE DELLE COSTRUZIONI



VITA UTILE SENZA E CON MANUTENZIONE⁽¹⁾

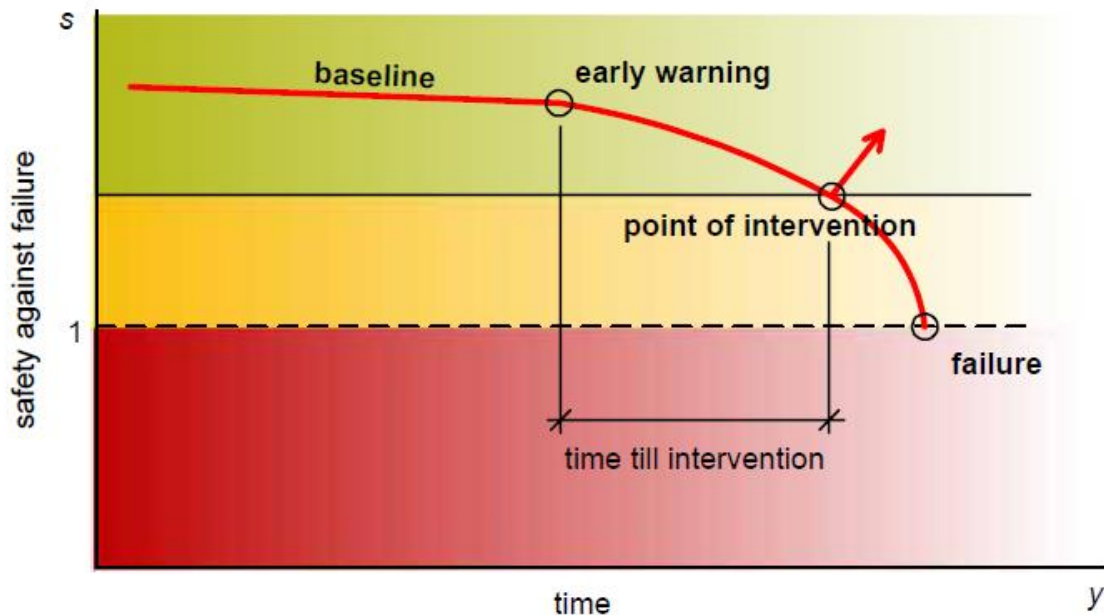
MANUTENZIONE PREVENTIVA (SUPPORTATA DAL MONITORAGGIO)

- Crescita della “performance”
- Decrescita della velocità di degrado

1) from Thomas B. Messervey , *Integration of Structural Health Monitoring into the Design, Assessment, and Management of Civil Infrastructure* , Ph.D. Thesis

DECADIMENTO DELLE CONDIZIONI E DELLA AFFIDABILITA'

- Il profilo di decadimento delle condizioni tiene conto del deterioramento in termini VISUALI di singoli component strutturali con osservazioni ad intervallici di tempo discreti usando modelli stocastici basati su basi di informazioni storiche
- Il profilo di decadimento dell'affidabilità si riferisce al deterioramento della "performance" strutturale definite dall' *Indice di affidabilità*:



$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}$$

μ_R, μ_S : valori medi di resistenza e degli effetti dei carichi

σ_R, σ_S : Deviazione Standard di resistenza ed effetto dei carichi

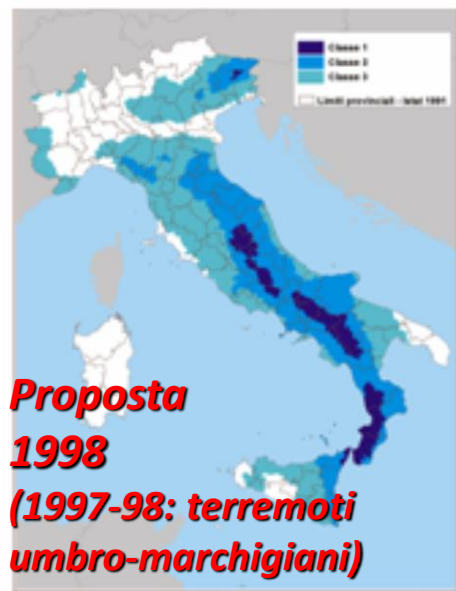
IL PROBLEMA SISMICO NELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE

**E' IL PIU' COMPLESSO PER LA COMPLESSITA' INTRINSECA E
PER L'EVOLUZIONE RAPIDA DI CONOSCENZE E
NORMATIVE E RICHIEDE PARTICOLARE ATTENZIONE**

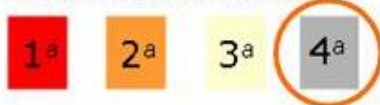
Interazione 1-normative tecniche

Normative → riferimento ma non feticcio

- Le norme tecniche sono frutto di un faticoso inseguimento della realtà osservata da parte di esperti normatori, soggetti spesso a pressioni di lobby industriali o professionali di vario orientamento.
- Le normative tecniche sono un necessario riferimento, per certi aspetti senza alternative, ma spesso sono inadeguate.
- Quando nuove normative rimpiazzano le vecchie quasi sempre impongono maggior severità e cautela, rivelando la precedente inadeguatezza.



Classificazione 2003



Evoluzione della classificazione sismica del territorio italiano

- ~ 25% classificato sismico nel 1980
- ~ 45% classificato sismico nel 1981
- ~70% proposto sismico nel 1998

IL BIM PER LA
PROGETTAZIONE
STRUTTURALE –
A. De Stefano

← **OCPM 3274/2003: Criteri generali di classificazione sismica**

(circa 70% del territorio in zone 1-3 + zona 4)

Elenco dei terremoti con il maggior numero di vittime avvenuti nel mondo a partire dall'anno 2000

Tutti i terremoti più devastanti sono stati sottostimati dalle tradizionali stime probabilistiche dello scuotimento atteso (GSHAP) => Necessità di una verifica oggettiva delle stime di pericolosità sismica

Region	Date	Magnitude	Fatalities	Intensity difference
Sumatra-Andaman "Indian Ocean Disaster"	26.12.2004	9.0	227898	4.0 (IV)
Port-au-Prince (Haiti)	12.01.2010	7.3	222570	2.2 (II)
Wenchuan (Sichuan, China)	12.05.2008	8.1	87587	3.2 (III)
Kashmir (North India and Pakistan border region)	08.10.2005	7.7	~86000	2.3 (II)
Bam (Iran)	26.12.2003	6.6	~31000	0.2 (=)
Bhuj (Gujarat, India)	26.01.2001	8.0	20085	2.9 (III)
Off the Pacific coast of Tōhoku (Japan)	11.03.2011	9.0	15811 (4035 missing)*	3.2 (III)
Yogyakarta (Java, Indonesia)	26.05.2006	6.3	5749	0.3 (=)
Southern Qinghai (China)	13.04.2010	7.0	2698	2.1 (II)
Boumerdes (Algeria)	21.05.2003	6.8	2266	2.1 (II)
Nias (Sumatra, Indonesia)	28.03.2005	8.6	1313	3.3 (III)
Padang (Southern Sumatra, Indonesia)	30.09.2009	7.5	1117	1.8 (II)

Differenza fra i valori di intensità osservati e quelli previsti da GSHAP

Kossobokov & Nekrasova (AGU, 2010)

Wyss, Kossobokov & Nekrasova (Nat.Haz., 2012)

La natura delle norme tecniche

- Le norme tecniche attuali non possono che essere «prestazionali»; sono troppo dettagliate per coprire tutte le situazioni possibili con chiarezza evitando arbitrio e ambiguità e per non ostacolare l'innovazione tecnologica.
- **impongono** prestazioni obbligatorie (Principi, che vanno rispettati: p. es. la struttura non deve collassare) e **suggeriscono** regole che implicitamente permettono di rispettare i principi.
- Le regole possono essere disattese purché si dimostri che la sicurezza ottenuta con scelte diverse è equivalente o maggiore.
- In altri Paesi (p.es. USA) le norme tecniche non hanno valore legale assoluto ma possono essere imposte dal committente come condizione contrattuale

CULTURA DELLA DIFESA DAL TERREMOTO COME SI COSTRUISCE

1. LIBRI E ARTICOLI (www)
2. OSSERVAZIONI SUL CAMPO (VOLONTARIATO POST SISMA)
3. **STUDIO DEI DANNI DOCUMENTATI E DELLE TIPOLOGIE STRUTTURALI CHE LI HANNO SUBITI (RILIEVI POST-SISMA).**
4. **RICADUTE DELLA RICERCA (SOPRATTUTTO SPERIMENTALE)**
5. FORMAZIONE

Punto 3: BASI DI DATI DEI DANNI DOCUMENTATI E DELLE TIPOLOGIE STRUTTURALI CHE LI HANNO SUBITI. CHI LE DETIENE?

- DIPARTIMENTO DI PROTEZIONE CIVILE
- CNR (ISTITUTI SPECIALI)
- MINISTERO DEI BENI CULTURALI (SOPRINTENDENZE)
- ALCUNI CENTRI DI RICERCA CONVENZIONATI

IL BIM PER LA PROGETTAZIONE
STRUTTURALE – A. De Stefano

OSPEDALE REGIONALE DI Lushan, Un caso illuminante: tre corpi di fabbrica separati da giunti



Sisma di Lushan, 20 Aprile 2013:
magnitudo 7,0, lontano 150 km far, 5
anni dopo l'evento distruttivo di
Wenchuan (Magn. 8,1):

◆ 2 corpi di fabbrica fondati rigidamente al suolo.
Danni: strutture, impianti, muri, controsoffitti.

◆ 1 corpo di fabbrica isolato alla base: nessun danno (neppure cosmetico).
La sola risorsa sanitaria in loco capace di assistere i feriti dal terremoto (250.000)

2 corpi di fabbrica
fondati rigidamente sul
suolo



IL BIM PER LA
PROGETTAZIONE
STRUTTURALE –
A. De Stefano

1 Un corpo di fabbrica isolato alla base

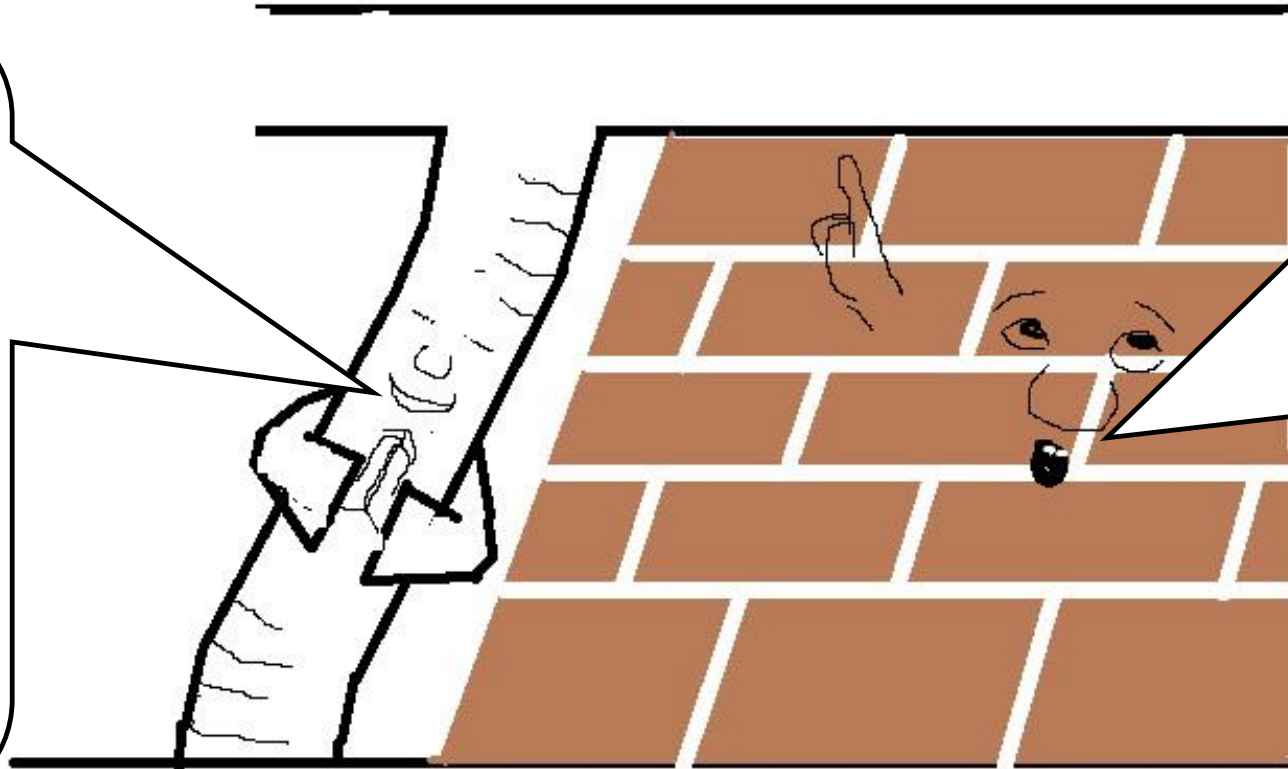


IL BIM PER LA
PROGETTAZIONE
STRUTTURALE –
A. De Stefano

Che cosa ci insegna l'ospedale di Lushan?

- **Per un ospedale non è importante solo la salvaguardia della vita di chi si trova nell'edificio durante il terremoto, ma anche, e soprattutto, la salvaguardia della vita di chi viene ferito fuori dall'ospedale, nei tanti edifici che collassano o subiscono danni gravi.**
- **Un ospedale che non perde neppure per un minuto la capacità operativa consente quell'assistenza e cura tempestiva che sola può evitare molti lutti.**

«Io sono
duttile, mi
piego ma
non collasso.
Affronto il
sisma con
successo»



Va bene, ma
se questa
trave si
muove troppo
e troppo
spesso mi fa
male.

«Performance» based design (Performance= sicurezza strutturale e protezione della vita).

La struttura è duttile se le singole membrature lo sono e se vale la gerarchia delle resistenze. La struttura si occupa poco del benessere dei componenti non strutturali che trovano protezione nella verifica a danno incipiente, ma solo per un terremoto più moderato.

Da
sicurezza delle
strutture e delle
persone
a
protezione della
funzione,
sostenibilità,
resilienza

- In una corretta progettazione antisismica la sicurezza strutturale e la salvaguardia della vita delle persone devono essere comunque garantite.
- Il caso dell'ospedale di Lushan aiuta a comprendere che questo è un punto di partenza e non di arrivo.
- **Se la struttura non collassa e nessuno è gravemente ferito o ucciso ma i danni sovra-strutturali sono gravi ed estesi prendono forma gli scenari seguenti:**
 - Le attività produttive e commerciali sono interrotte con danni economici talvolta irreversibili.
 - Le abitazioni sono dichiarate inagibili e gli abitanti dislocati in alberghi o alloggi provvisori, come case in legno di uso temporaneo, container, ...
 - Le riparazioni richiedono tempi lunghi ed impegno finanziario severo, aggravato da procedure d'urgenza scarsamente controllate e ritardi nella erogazione di contributi pubblici.
- **Tutto ciò crea condizioni di insostenibilità e induce danni indiretti nella salute psichica degli individui, nella tenuta del tessuto sociale, nel senso di identità ed appartenenza della società civile, nella fiducia nel futuro.**

Progetto strutturale e norme tecniche

IL BIM PER LA
PROGETTAZIONE
STRUTTURALE –
A. De Stefano

- **Nella pratica progettuale corrente, nel pieno rispetto delle norme tecniche vigenti, l'analisi può essere lineare o non-lineare.**
- **La struttura viene poi verificata in condizioni ultime e allo stato limite di danno o servizio. Ciascuno dei due tipi di verifica può creare condizioni più restrittive e vincolanti rispetto all'altro. I due tipi di verifica richiedono due sismi di riferimento diversi; più intenso e raro in condizioni ultime, più moderato e frequente per incipiente danno o servizio.**
- **Se non limitata dallo stato limite di danno incipiente o servizio, la verifica in condizioni ultime (SLC o SLV) può ammettere ampie deformazioni plastiche nella struttura portante, fino a valori di 5-6 volte il limite elastico**
- ***Non ne soffriranno i componenti non strutturali?***

Progetto strutturale sostenibile e resiliente

- **La risposta della struttura sotto il sisma di riferimento per la verifica in condizioni ultime deve rispettare il diritto dei componenti non-strutturali a sopravvivere con pochi danni, riparabili rapidamente e con costi limitati**
- **La struttura portante non deve essere obbligata a dissipare energia mediante le proprie deformazioni plastiche. La dissipazione deve essere delegata allo smorzamento elastico, se la risposta rimane sostanzialmente lineare, o a dispositivi specificamente progettati per questo scopo. IL FATTORE q IN NTC E' UN VALORE MASSIMO CHE GARANTISCE SICUREZZA (duttività disponibile) ma nel sisma di progetto è bene rimanere ampiamente al di sotto se si vogliono ridurre i costi manutentivi e globali nel ciclo di vita**

«Io sono duttile, mi piego ma non collasso. Affronto il sisma con successo»



Smetti di comportarti come un arrogante idiota: tieni la schiena dritta e lascia a chi lo sa fare la responsabilità di reggere il terremoto. Noi tutti «non-strutturali» vogliamo danni trascurabili e riparabili presto e con poca spesa!

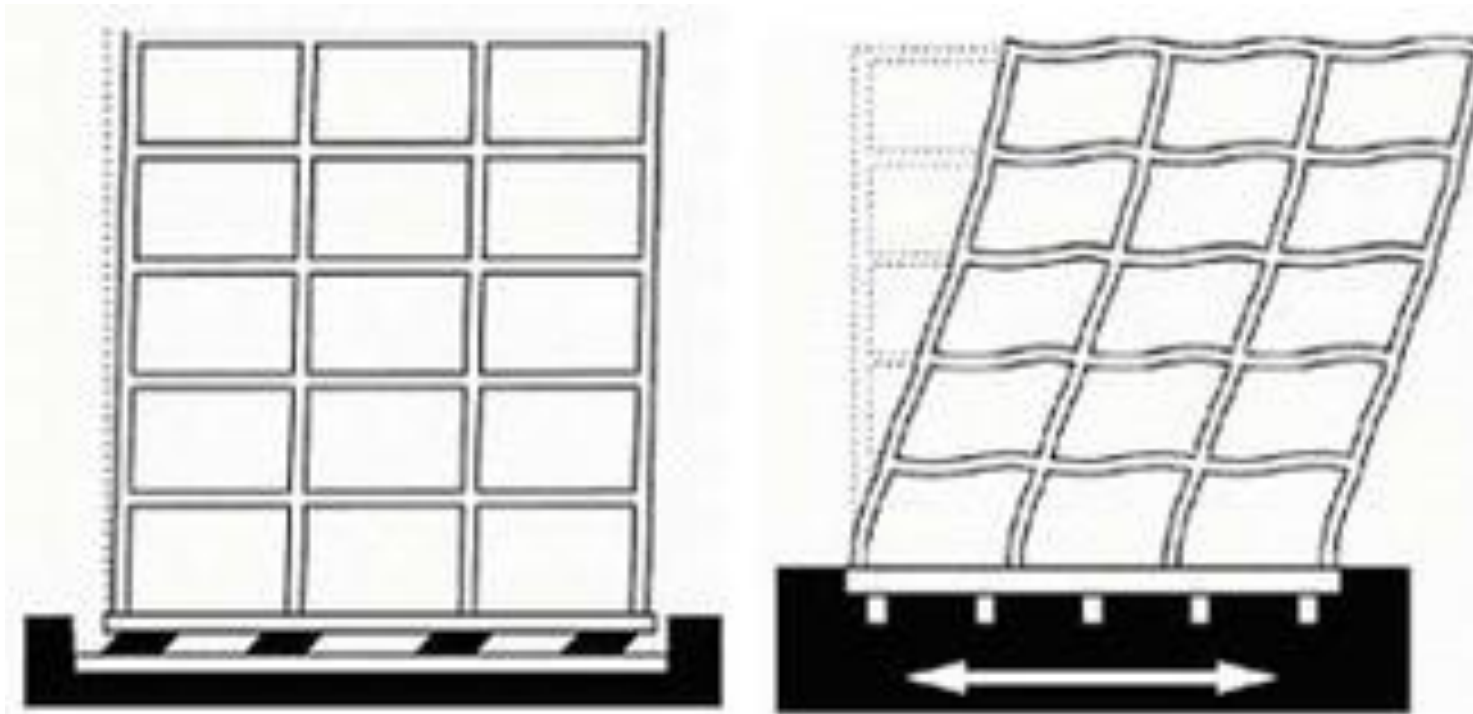
«Resilience»based design (resilience= contenere i danni e permettere un rapido e poco costoso recupero di funzionalità : verso sostenibilità e prevenzione. (i criteri di Sld si applicano a SLU)

Come, dunque? Che fare?

Parola chiave: **ENERGIA**

Il terremoto cerca di trasferire la sua energia dal suolo alla struttura. La struttura può rispondere con tre strategie alternative.

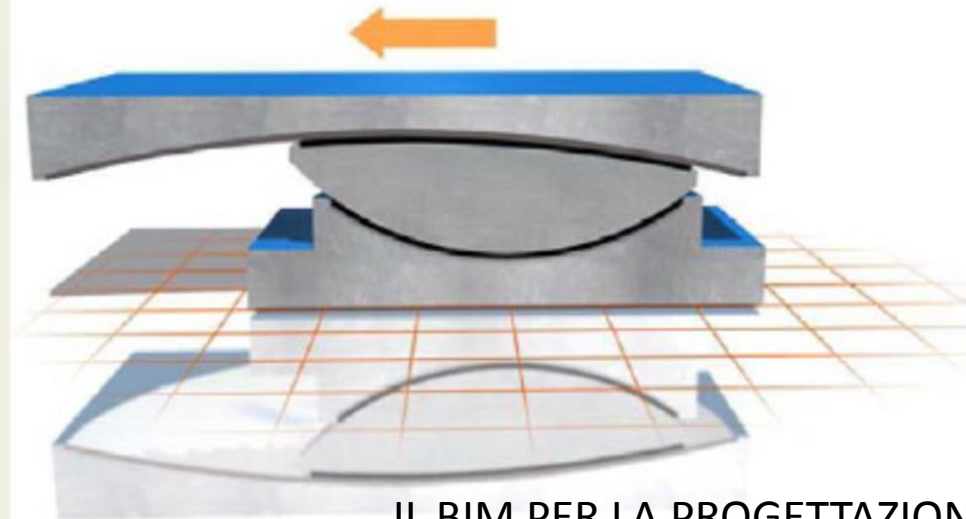
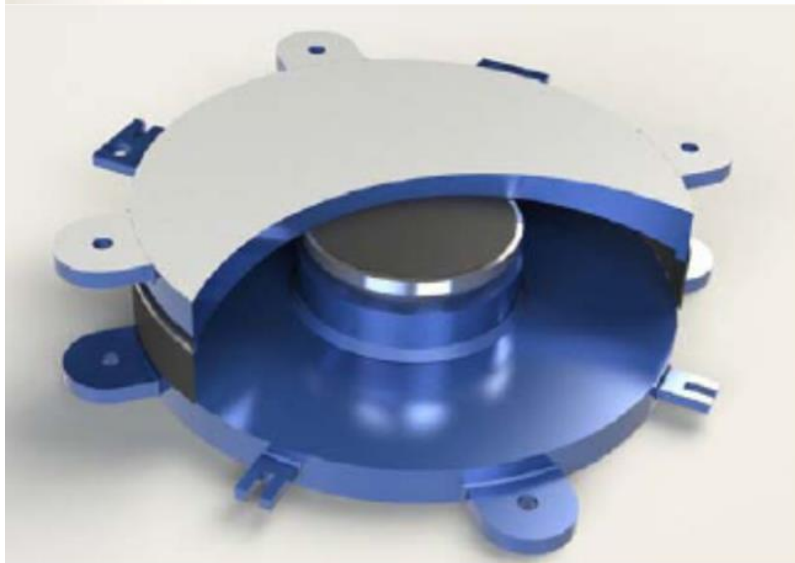
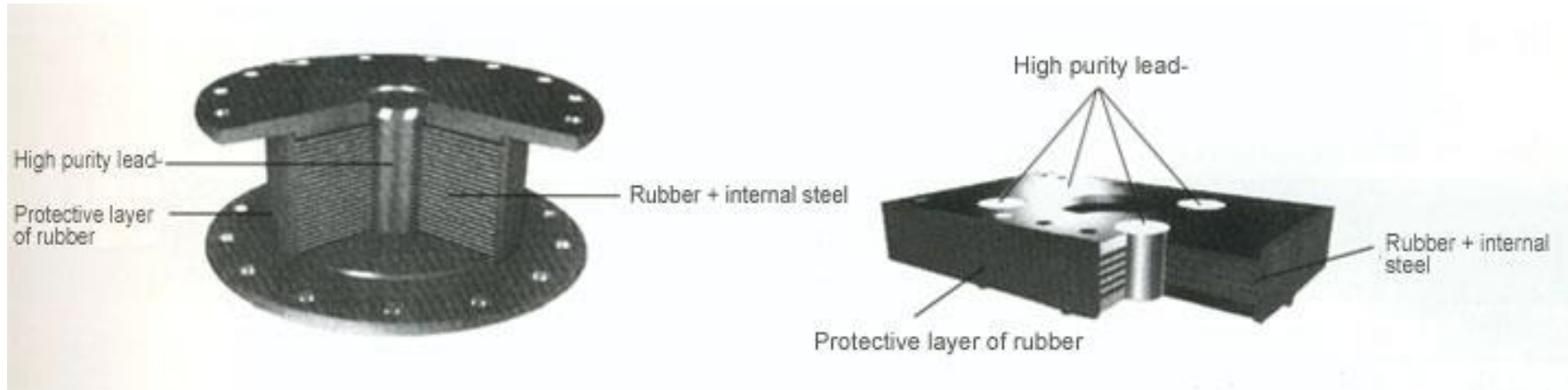
1. La maggior parte della energia rimane reversibile, come energia cinetica o potenziale elastica, e la risposta strutturale resta elastica o quasi. (Sismi moderati, muri di taglio, dissipatori a massa intonata). La dissipazione è delegata al “damping” lineare o a dispositivi tecnologici aggiunti
2. La maggior parte della energia è filtrata via e rimane imprigionata nel suolo (isolamento sismico alla base). Soluzione applicabile anche alle strutture esistenti, purchè sia consentito uno spostamento relativo tra struttura e suolo di qualche decina di centimetri
3. La maggior parte dell'energia è dissipata; E' importante che la dissipazione sia riservata a componenti con elevata isteresi o viscosità, progettati in modo che la struttura portante rimanga sotto o poco sopra il limite elastico, anche in prossimità dello SLU.



isolamento sismico alla base.

Si può applicare a costruzioni esistenti e nuove

I più comuni dispositivi per isolamento alla base: Lead-rubber bearings (Lushan hospital) e curved surface sliders



IL BIM PER LA PROGETTAZIONE
STRUTTURALE – A. De Stefano

Dispositivi
dissipatori

- Viscosi
- Visco-elastici
- Attritivi
- Plastici
- Shock transmitters

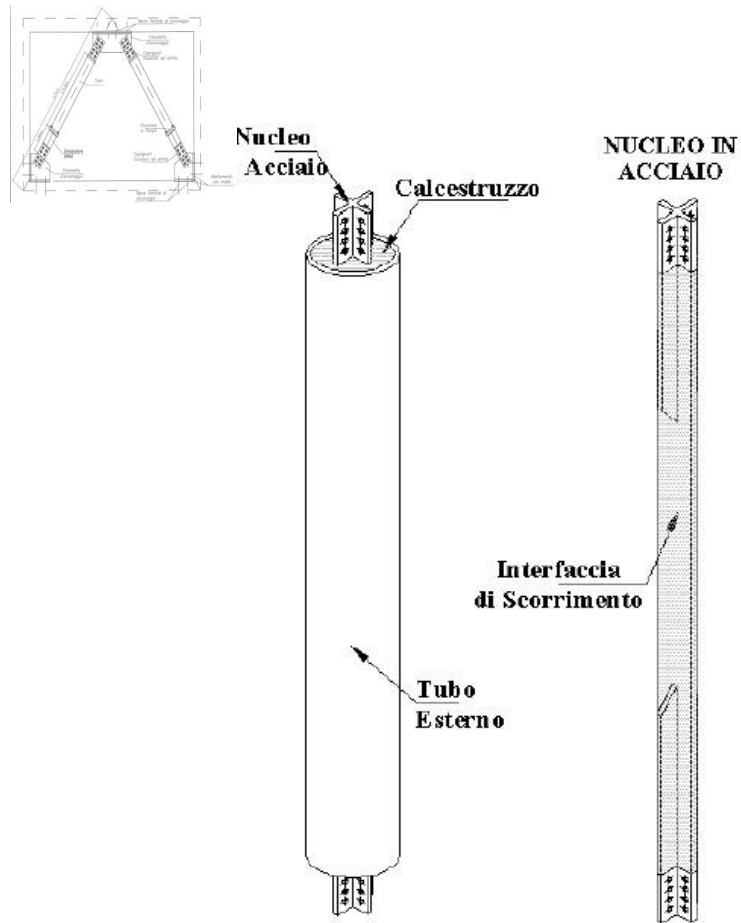


Figura A

B.R.A.D.

Bukling Restreined Axial Dampers
 elevata dissipazione
 poca manutenzione

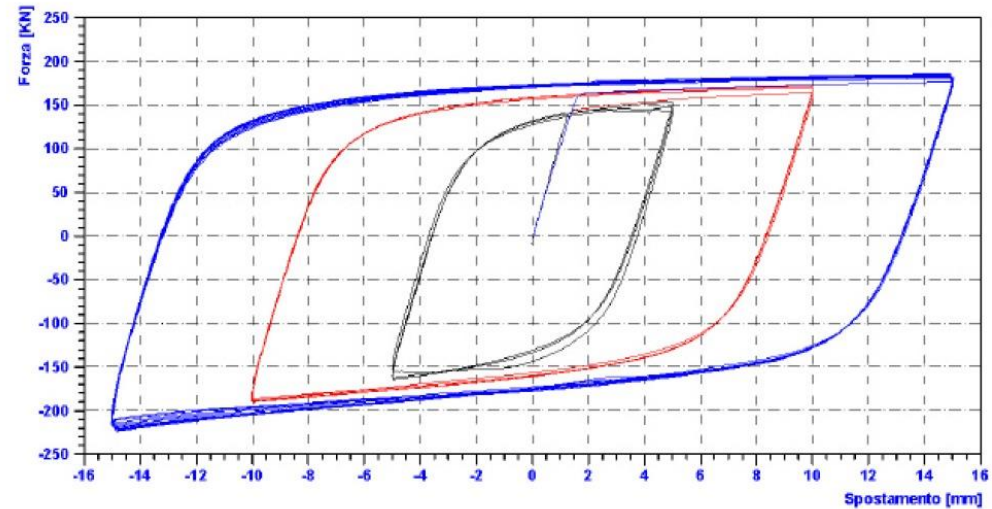
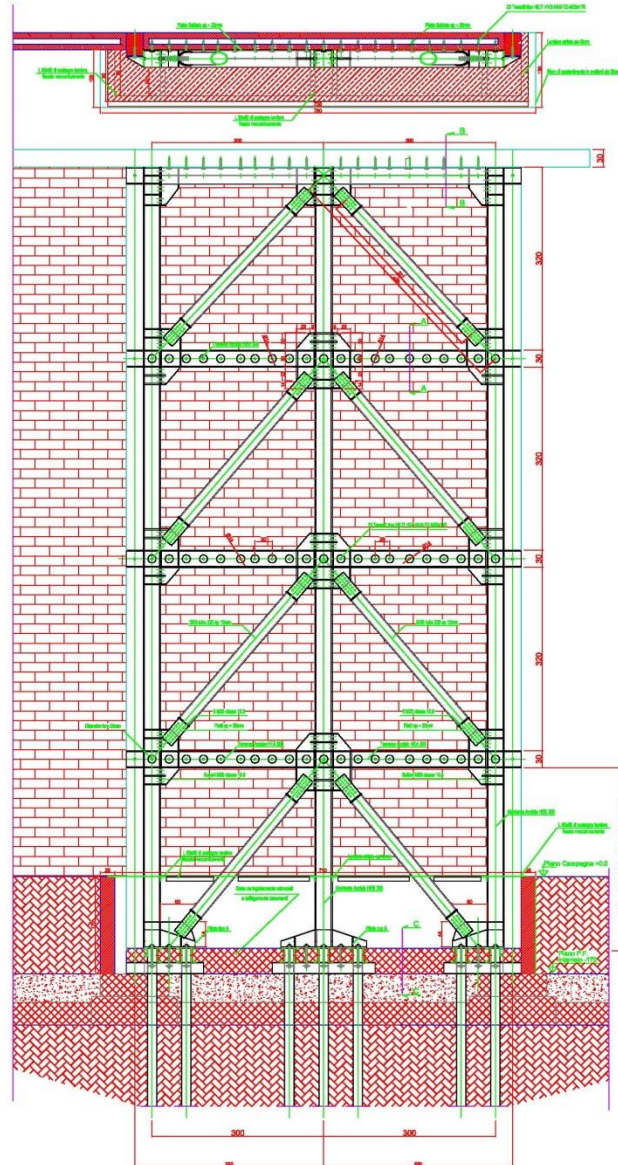
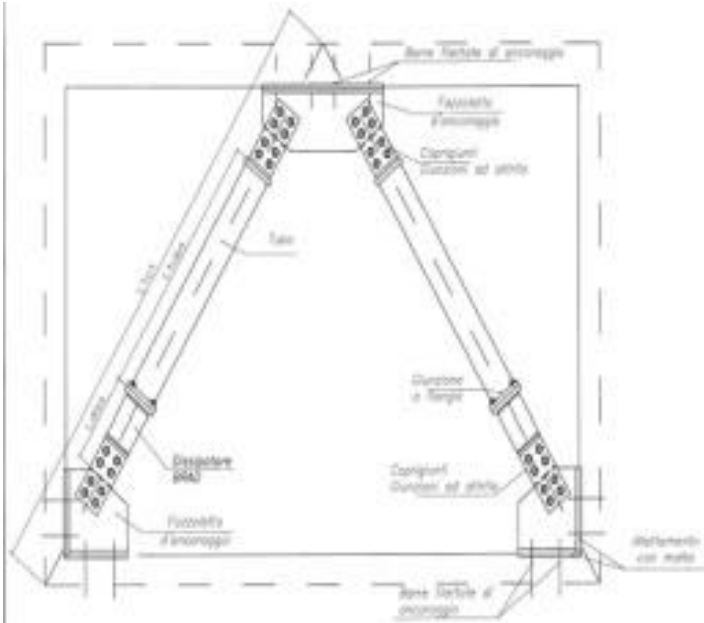


Figura D



Telaio metallico con BRAD (Applicazione reale)



IL BIM PER LA PROGETTAZIONE
STRUTTURALE – A. De Stefano

DISPOSITIVI ANTISISMICI E IFC

I DISPOSITIVI ANTISISMICI DEVONO:

- **ESSERE USATI SEMPRE PIU' SPESSO NELLA PROGETTAZIONE ANTISISMICA ORDINARIA COME STRUMENTO DI RIDUZIONE DEL DANNO, DEI COSTI MANUTENTIVI E GLOBALI E DEVONO PERCIO' ESSERE PRESENTI CON AGGIORNAMENTO FREQUENTE IN IFC**

GRAZIE

PER LA PAZIENZA E L'ATTENZIONE