

# Lezione

Progetto di Strutture

# Approcci delle normative

# Normative del passato

- **Obiettivi progettuali**  
legati principalmente alla salvaguardia della vita umana  
ma anche alla funzionalità, durabilità e estetica della costruzione
- **Approccio di verifica alle tensioni ammissibili**  
(unico fattore di sicurezza)

# Moderne normative

- **Obiettivi progettuali molteplici**  
legati sia alla salvaguardia della vita umana  
che alla funzionalità, durabilità, estetica della costruzione  
nonché alla limitazione dei costi di eventuali riparazioni
- **Approccio di verifica semiprobabilistico**  
(fattori di sicurezza parziali delle azioni e dei materiali)

# Metodo di verifica o progetto

alle tensioni ammissibili

- Si esplicita nel confronto tra il valore massimo della tensione prodotto dalle azioni di progetto e il valore ammissibile della tensione;
- Il valore ammissibile della tensione è ottenuto da quello resistente, dividendolo per un opportuno coefficiente di sicurezza;
- Il coefficiente di sicurezza è applicato unicamente alle resistenze dei materiali e tiene conto di tutte le incertezze insite nel processo di verifica o progetto.
- Le tensioni prodotte dalle azioni di progetto sono determinate attraverso analisi lineari elastiche.

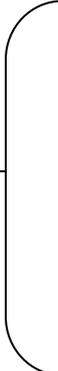
# Metodo di verifica o progetto

semiprobabilistico

- Si esplicita nel confronto tra il valore di calcolo della variabile agente e il valore di calcolo della corrispondente variabile disponibile;
- Il valore di calcolo della variabile agente è ottenuto moltiplicando quello indotto dai carichi agenti con il loro valore caratteristico per un opportuno coefficiente di sicurezza delle azioni;
- Il valore di calcolo della variabile disponibile è ottenuto dividendo quello caratteristico per un opportuno coefficiente di sicurezza delle resistenze;
- Il coefficiente di sicurezza è applicato sia agli enti agenti che a quelli disponibili; nel loro complesso, i due coefficiente di sicurezza tengono conto di tutte le incertezze insite nel processo di verifica o progetto.

# Fattori di sicurezza

**1.** I fattori di sicurezza devono tenere conto delle incertezze presenti nel processo di progetto o verifica.



Geometria  
Carichi e  
combinazione dei carichi  
Resistenze  
Modelli

**2.** I fattori di sicurezza, inoltre, devono prendere in considerazione la diversa importanza delle verifiche da eseguirsi.

# Incertezze

## Le classi

Le incertezze possono essere divise nelle due categorie:

**Incertezza naturale  
o aleatoria**

dipendente dalla casualità  
presente in natura

**Incertezza epistemica**

dipendente dalla conoscenza umana  
(in teoria potrebbe essere ridotta  
aumentando la conoscenza dell'area di  
interesse)

# Incertezze

## Le cause

- ✦ **Tempo** ————— C'è incertezza nel prevedere il futuro (ad es. quanta neve cadrà sulla nostra struttura?) e incertezza nel conoscere il passato (ad es. quale era la resistenza a compressione del cls dell'edificio da restaurare?)
- ✦ **Limiti statistici** ————— I dati non sono mai sufficienti (ad es. ho estratto delle carote da un vecchio edificio e testato il cls. I valori di queste prove rappresentano davvero la resistenza del cls?)
- ✦ **Limiti dei modelli** ————— Il modello strutturale trascura o semplifica molti aspetti del comportamento strutturale
- ✦ **Casualità** ————— Le proprietà strutturali (ad es. modulo di elasticità o resistenza alla compressione) variano in un campo di valori. Le proprietà sono variabili casuali
- ✦ **Errore umano** ————— E' possibile che sia fatto un errore umano durante il processo di progetto o di costruzione

# Diversa impostazione tra vecchie e nuove normative

## **Vecchie normative: Impostazione cogente, prescritzionale**

- le indicazioni progettuali devono essere obbligatoriamente seguite
- non è sempre chiaro il legame tra le formule di normativa e il loro obiettivo

## **Normative attuali: Impostazione prestazionale**

- gli obiettivi progettuali devono essere obbligatoriamente raggiunti
- le regole applicative suggerite per raggiungere tali obiettivi non devono essere obbligatoriamente seguite

# Vantaggi della moderna normativa

A differenza delle prime normative, gli obiettivi progettuali delle norme attuali sono dichiarati ed i metodi utilizzati allo scopo (procedure di analisi strutturale e di dimensionamento degli elementi) singolarmente giustificati.

Il vantaggio di questa impostazione e' duplice poiche'

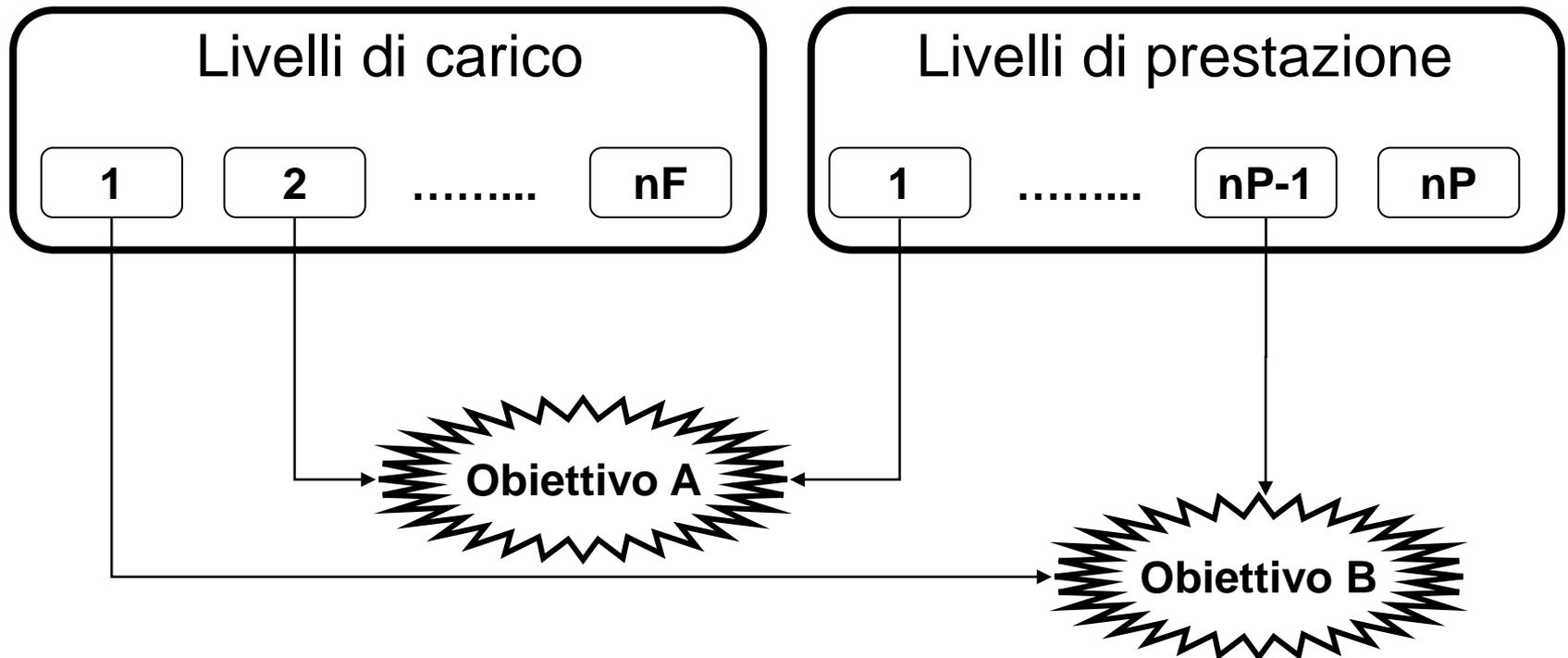
- fornisce al progettista la consapevolezza della finalita' e del rilievo di ogni singola operazione;
- consente alla committenza di graduare la prestazioni richieste all'opera in corso di progettazione in relazione ad esigenze specifiche di natura sociale ed economica.

# Obiettivi prestazionali

# Obiettivi progettuali

## Definizione

Gli obiettivi progettuali sono definiti dall'associazione tra livelli di carico e livelli di prestazione



# Come si definisce un livello di carico ?

Supponendo di non avere una conoscenza deterministica dell'azione che agisce sulla struttura (ciò vale in fase di progetto per la quasi totalità dei carichi immaginabili ed in fase di verifica ad eccezione di casi particolari)

definire un livello di carico significa fissare un valore di carico (o un valore di un parametro caratteristico di quel carico) che corrisponda ad una prefissata probabilità di essere minorato o maggiorato in un predefinito lasso di tempo.

# Come si definisce un livello di prestazione ?

Supponendo di non avere una conoscenza deterministica delle capacità resistenti e deformative degli elementi strutturali e non-strutturali (ciò vale in fase di progetto per la quasi totalità delle prestazioni immaginabili ed in fase di verifica ad eccezione di casi particolari)

definire un livello di prestazione significa fissare un valore di capacità resistente o deformativa (o un valore di un parametro caratteristico di quella prestazione) che corrisponda ad una prefissata probabilità di essere minorato o maggiorato in un predefinito lasso di tempo.

# quali prestazioni considerare ?

	Aspetti comportamentali interessati
<b>Sicurezza strutturale</b>	(caratteristiche meccaniche materiali)
<b>Funzionalità</b>	(deformabilità, sensibilità alle vibrazioni esterne, fessurazione in serbatoi)
<b>Estetica</b>	(deformabilità, fessurazione)
<b>Durabilità</b>	(materiali, posa in opera, stagionatura, manutenzione )
<b>Robustezza</b>	(caratteristiche meccaniche materiali, progettazione opera)

# e quali parametri di prestazione prendere in considerazione ?

Valori sollecitanti e resistenti flessionali, taglianti ecc.

Valori richiesti e disponibili di enti di spostamento o deformazione

assoluti o relativi

a breve o lungo termine

( ad es. per viscosità  
o  
eventi sismici )

Prestazione interessata

(sicurezza strutturale, robustezza, durabilità)

(funzionalità, estetica, limitazione costi riparazione)

(durabilità, estetica)

(funzionalità, estetica, limitazione costi di riparazione)

# Obiettivi, principi e regole applicative delle moderne normative

## OBIETTIVI PROGETTUALI



### Principi

- I principi discendono dagli obiettivi progettuali e devono essere necessariamente soddisfatti. (negli Eurocodici sono indicati con la lettera P)



### Regole applicative

- Le regole applicative possono essere disattese purché si dimostri che le regole seguite conducono ad una sicurezza almeno pari a quella conseguente all'applicazione delle regole suggerite nella normativa.

# **Obiettivi progettuali .... in zona non sismica**

# Obiettivi progettuali dell'Eurocodice 2 (zona non sismica)

Una struttura deve essere progettata e costruita in modo che:

- Con accettabile probabilità rimanga adatta all'uso per il quale è prevista, tenendo nel dovuto conto la sua vita presupposta e il suo costo
- Con adeguati livelli di accettabilità sia in grado di sopportare tutte le azioni o influenze, cui possa essere sottoposta durante la sua realizzazione e il suo esercizio, e abbia adeguata durabilità in relazione ai costi di manutenzione

# Obiettivi progettuali dell'Eurocodice 2 (zona non sismica)

Una struttura deve essere progettata e costruita in modo che:

- Con adeguati livelli di accettabilità sia in grado di sopportare tutte le azioni o influenze, cui possa essere sottoposta durante la sua realizzazione e il suo esercizio, e abbia adeguata durabilità in relazione ai costi di manutenzione

Prestazione

Carico

1. Sopportare. . .  
cioè evitare il collasso . . .

con adeguati livelli di accettabilità . . .  
tutte le azioni o influenze, cui possa essere  
sottoposta durante la sua realizzazione e il  
suo esercizio

**Verifica allo stato limite ultimo  
(SLU)**

# Obiettivi progettuali dell'Eurocodice 2 (zona non sismica)

Una struttura deve essere progettata e costruita in modo che:

- Con accettabile probabilità rimanga adatta all'uso per il quale è prevista, tenendo nel dovuto conto la sua vita presupposta e il suo costo

Prestazione

Carico

2. Rimanere adatta all'uso . . .  
ovvero limitare:  
deformazioni, fessurazione ecc.

Con accettabile probabilità .....  
tenendo nel dovuto conto la sua  
vita presupposta

**Verifica allo stato limite di esercizio  
(SLE)**

**.....e in zona sismica ???**

# Evoluzione del concetto di protezione sismica

## Prime normative: Unico livello di protezione

1. Evitare perdite di vite umane nel caso di terremoto con periodo di ritorno molto alto

## Normative attuali: Doppio livello di protezione

Normativa italiana, dal 1996 al 2005  
Normativa europea (Eurocodice 8)

1. Evitare perdite di vite umane nel caso di terremoto con periodo di ritorno molto alto
2. Limitare i danni nel caso di terremoto con periodo di ritorno basso

# Obiettivi progettuali dell'OPCM 3431 (zona sismica)

- **Sicurezza nei confronti della stabilità (SLU)**  
per azione con alto periodo di ritorno le strutture, pur subendo danni di rilevante entità, devono mantenere una residua resistenza e rigidità nei confronti delle azioni orizzontali e la capacità portante nei confronti dei carichi verticali
- **Protezione nei confronti del danno (SLD)**  
per azione con basso periodo di ritorno le costruzioni non devono subire danni gravi ed interruzioni d'uso; i danni strutturali devono essere di entità trascurabile

# Obiettivi progettuali dell'OPCM 3431 (zona sismica)

1. Sopportare tutte le azioni . . .

evitare il collasso nel caso di  
terremoto con periodo di ritorno alto

**Verifica allo stato  
limite ultimo  
(SLU)**

2. Rimanere adatta all'uso . . .

limitare i danni nel caso di  
terremoto con periodo di ritorno basso

**Verifica allo stato limite  
di danno (SLD)**

# Obiettivi progettuali del FEMA

## Più livelli di prestazione

1. Evitare il crollo
2. Evitare perdite di vite umane
3. Consentire un rapido ripristino dell'operatività
4. Mantenere l'operatività

**associati a diversi livelli di intensità sismica**

# Livelli di prestazione FEMA

## **1. Evitare il crollo ( Near collapse )**

La capacità dell'edificio di portare azioni orizzontali e verticali è compromessa. L'uso dell'edificio dopo l'evento sismico comporterebbe un sensibile livello di rischio.

## **2. Evitare perdite di vite umane ( Life safety )**

Significativi danni agli elementi strutturali e non strutturali. Esiste ancora un consistente margine nei confronti del collasso. La funzionalità dell'edificio è compromessa.

## **3. Consentire un rapido ripristino dell'operatività ( Operational )**

Danni modesti agli elementi non strutturali e quasi nulli a quelli strutturali. L'utilizzo dell'opera dopo il sisma dovrebbe essere consentito, anche se alcune funzionalità potrebbero risultare compromesse.

## **4. Mantenere l'operatività ( Fully operational )**

Danni estremamente modesti agli elementi non strutturali, tali da non compromettere in alcun modo la funzionalità dell'edificio.

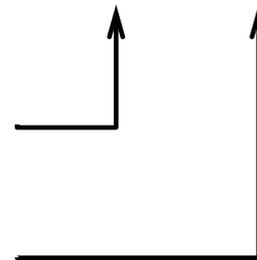
# Livelli di intensita' sismica

## FEMA

Livello	Periodo di ritorno	Probabilità di superamento
Frequente	43 anni	50% in 30 anni
Occasionale	72 anni	50% in 50 anni
Raro	475 anni	10% in 50 anni
Estremamente raro	970 anni	10% in 100 anni

Probabilità di superamento

Finestra temporale in esame



# Matrice degli Obiettivi prestazionali

Livelli di prestazione

Frequente				<p>Livelli di carico</p>
Occasionale	OPCM 3274		Non accettabili	
Raro		OPCM 3274		
Molto raro				
	Fully operational	Operational	Life safety	Near collapse

**..... e cosa accade con le  
Norme Tecniche per le  
Costruzioni**

**D.M. 14/01/08 ??????**

**FINE**