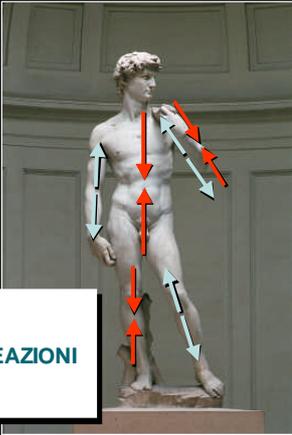


EQUILIBRIO



AZIONI → REAZIONI

AT
ARCHITETTURA
ENERGIA

EQUILIBRIO

- Stabile



AZIONI → REAZIONI

AT
ARCHITETTURA
ENERGIA

EQUILIBRIO

- Instabile



AZIONI → REAZIONI

AT
ARCHITETTURA
ENERGIA

EQUILIBRIO

- dell'insieme
- dell'elemento



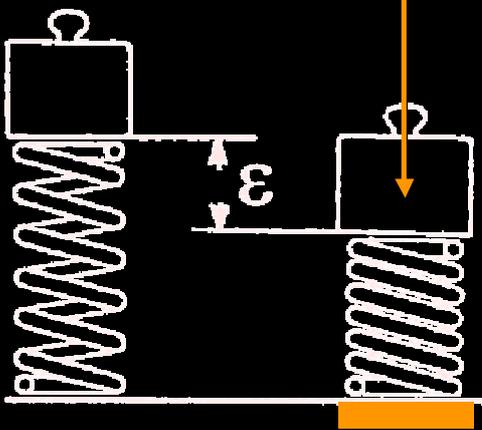

AT
ARCHITETTURA
ENERGIA

- Equilibrio non vuol dire assenza di sforzo
- Le reazioni degli elementi strutturali richiedono tensioni interne
- La tensione interna degli elementi strutturali è ciò che collega il sistema dei carichi al sistema dei vincoli.

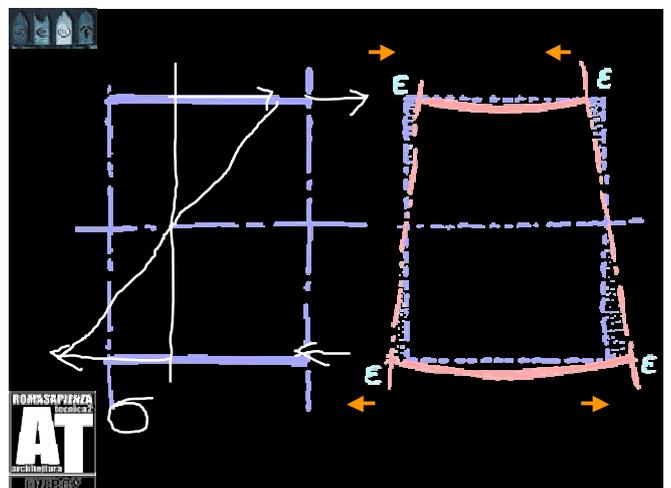
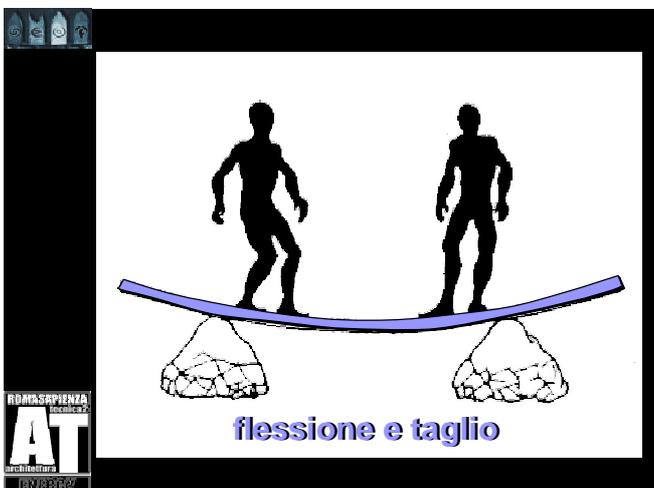
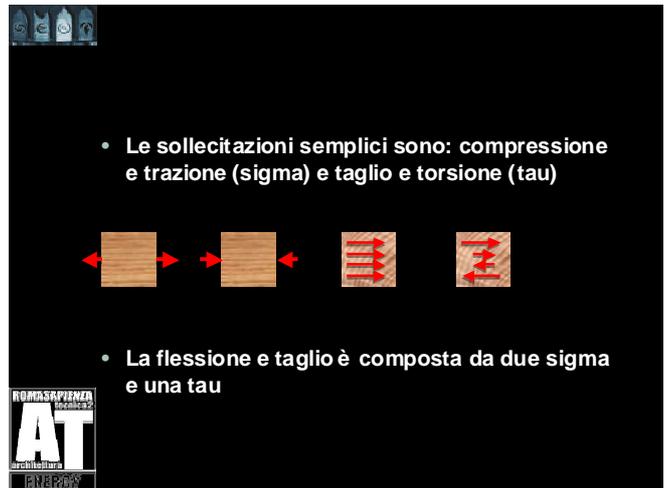
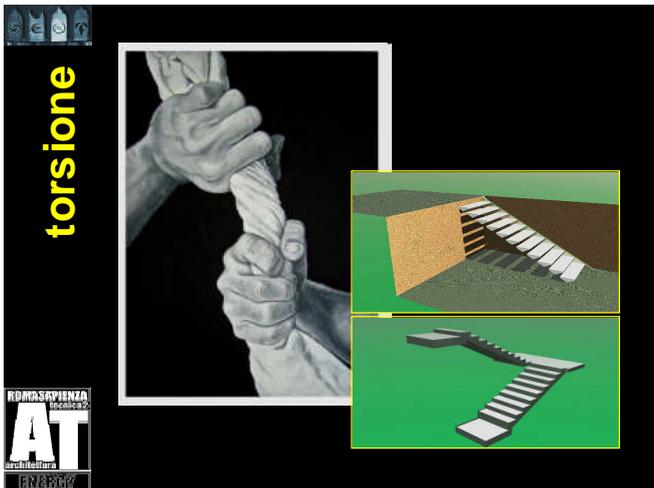
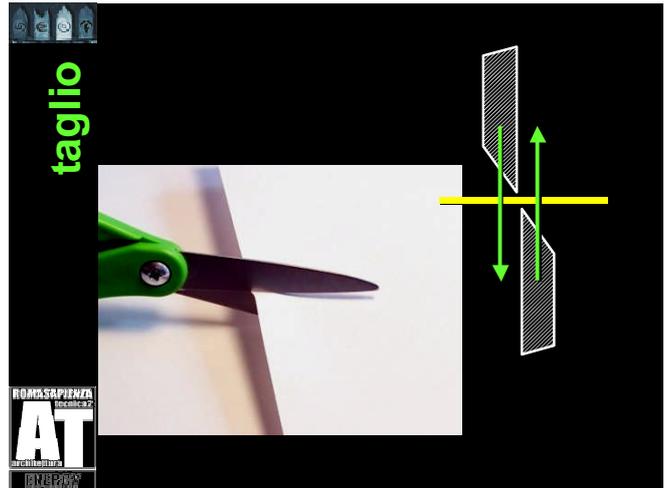
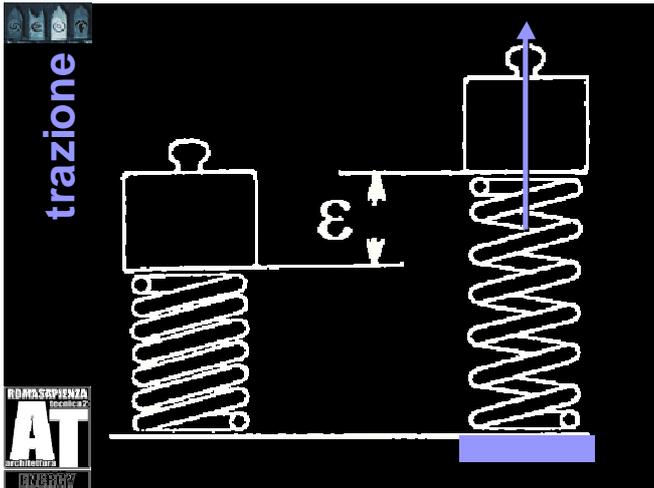


AT
ARCHITETTURA
ENERGIA

compressione

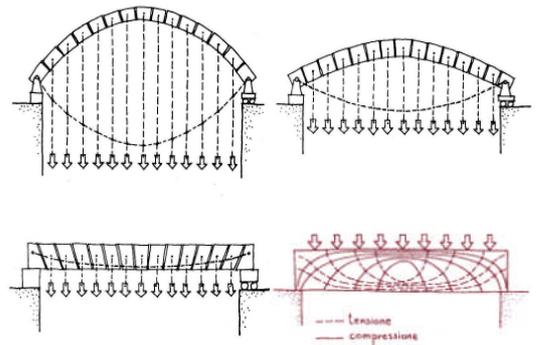
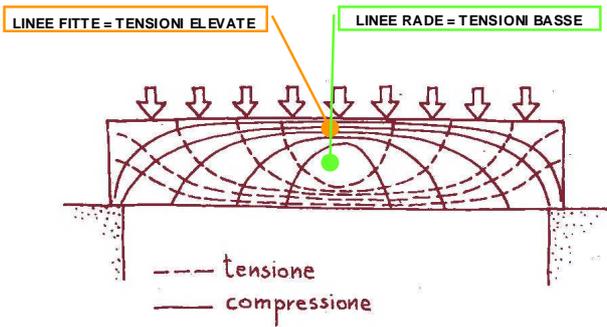
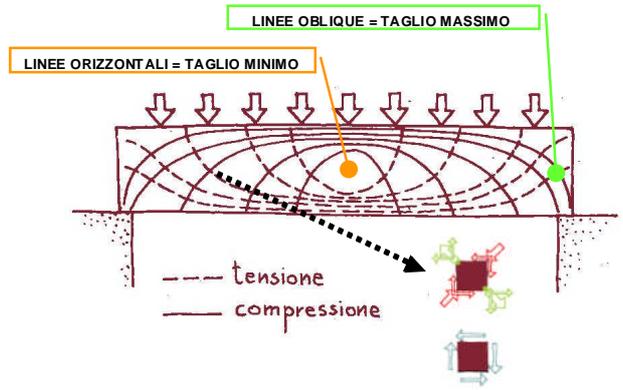


AT
ARCHITETTURA
ENERGIA

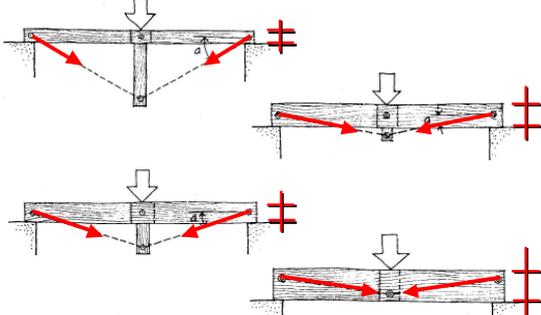




ROSSA SAPIENZA
 AT
 ARCHITETTURA
 INGENGGIA



PICCOLE TENSIONI - GRANDE INGOMBRO

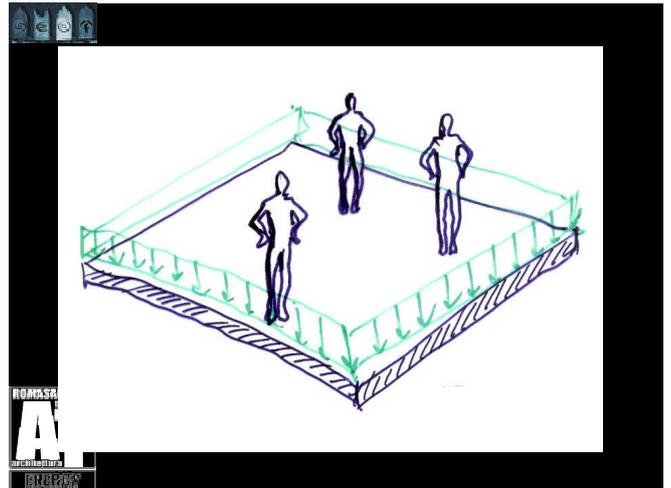
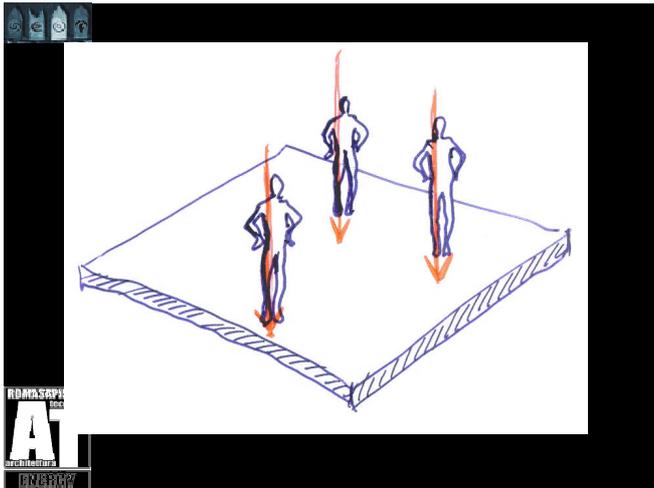


GRANDI TENSIONI - PICCOLO INGOMBRO

carichi verticali

persone

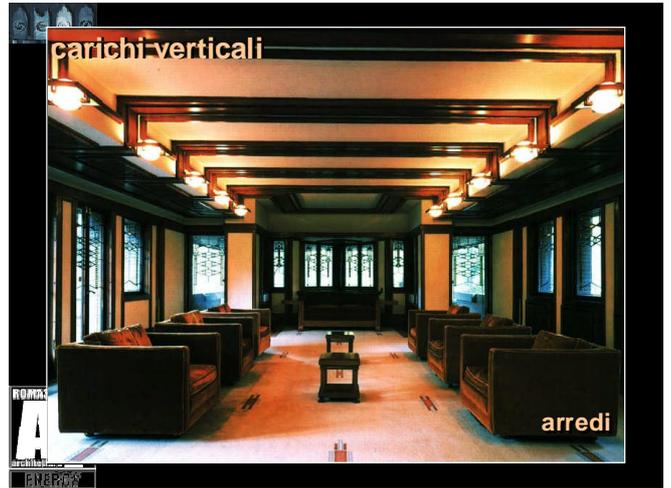
ROSSA SAPIENZA
 AT
 ARCHITETTURA
 INGENGGIA



Sovraccarichi variabili per edifici

| Cat. | TIPO DI LOCALE | Verticali ripartiti N/m ² |
|------|--|--------------------------------------|
| 1 | Ambienti non suscettibili di affollamento (locali abitazione e relativi servizi, alberghi, uffici non aperti al pubblico) e relativi terrazzi a livello praticabili | 2,00 |
| 2 | Ambienti suscettibili di affollamento (ristoranti, caffè, banche, ospedali, uffici aperti al pubblico, caserme) e relativi terrazzi a livello praticabili | 3,00 |
| 3 | Ambienti suscettibili di grande affollamento (sale convegni, cinema, teatri, chiese, negozi, tribune con posti fissi) e relativi terrazzi a livello praticabili | 4,00 |
| 4 | Sale da ballo, palestre, tribune libere, aree di vendita con esposizione di fissa (mercati, grandi magazzini, libreria, ecc.) e relativi terrazzi a livello praticabili, balconi e scale | 5,00 |
| 5 | Balconi, ballatoi e scale comuni (resolati questi pertinenti alla Cat. 4) | 4,00 |

| Cat. | TIPO DI LOCALE | Verticali ripartiti N/m ² |
|------|---|--------------------------------------|
| 6 | Sottotetti accessibili (per sola manutenzione) | 1,00 |
| 7 | Coperture: <ul style="list-style-type: none"> — non accessibili — accessibili: secondo categoria di appartenenza (da 1 a 4) | 0,50 |
| 8 | Rimesse e parcheggi: <ul style="list-style-type: none"> — per autoveicoli di peso a pieno carico fino a 30 kN — per transito di automezzi di peso superiore a 30 kN, da valutarsi caso per caso | 2,50 |
| 9 | Archivi, biblioteche, magazzini, depositi, laboratori, officine e simili: da valutarsi secondo il caso ma comunque | ≥ 6,00 |



Il carico neve sulle coperture sarà valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_s q_{sk}$$

dove

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_s è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore di riferimento del carico neve al suolo.

Fig. 6.2 - Coefficienti di forma per coperture a falde

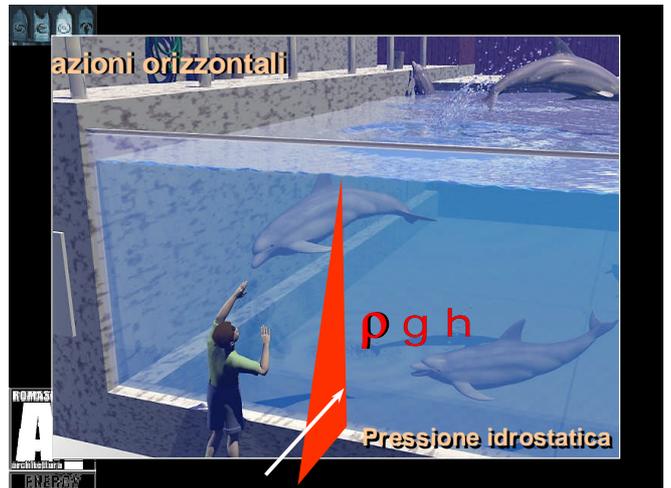
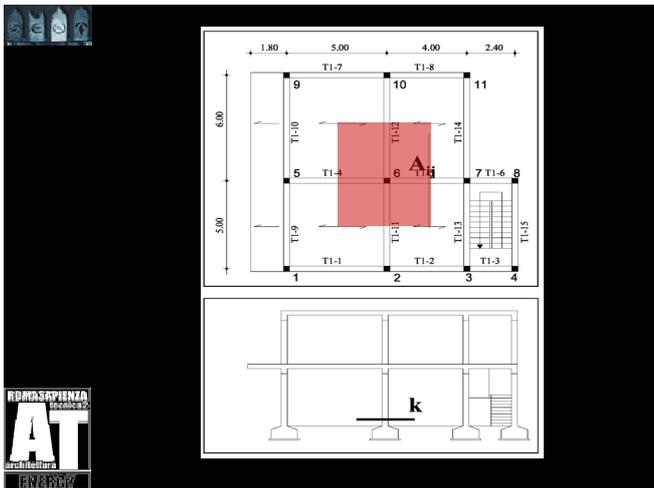
$q_s < 5 \text{ kN/m}^2$
 $5 < q_s < 10 \text{ kN/m}^2$
 $q_s > 10 \text{ kN/m}^2$



carichi verticali

- permanenti
 - peso proprio
 - tramezzature e altri elementi costruttivi
- accidentali
 - persone
 - arredi
 - neve

ROMASPANZA
Architettura
AT
ENERGY



azioni orizzontali

spinta del vento

Circolare Ministeriale 4 Luglio 1996, n. 156 AA.GG./STC.
 (Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.217 del 16 Settembre 1996)

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 Gennaio 1996

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$P = q_{ref} \cdot c_{pe} \cdot c_{pi}$$

$$q_{ref} = \frac{1}{2} \rho v_{ref}^2$$

$$v_{ref} = v_{base} \cdot k_z \cdot k_{dir} < v_{lim}$$

$$v_{base} = v_{base} + a_w (a_w - a_b) \quad \text{per } a_w > a_b$$

dove:

- q_{ref} è la pressione dinamica di riferimento di cui al punto 7.4;
- c_{pe} è il coefficiente di esposizione di cui al punto 7.5;
- c_{pi} è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati sperimentali da apposite sperimentazioni o da prove sperimentali in galleria del vento;
- a_w è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti di risonanza associati alla non omogeneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni armoniche.

| Zona | Descrizione | v _{base} (m/s) | a _w (m/s) | a _b (m/s) |
|------|--|-------------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | Valli d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'esclusione dell'altopiano di Sesto), ... | 20 | 1000 | 0,010 |
| 2 | Emilia Romagna, ... | 25 | 750 | 0,020 |
| 3 | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria (con la provincia di Reggio Calabria), ... | 27 | 500 | 0,030 |
| 4 | Valle d'Abruzzo, Puglia (provincia di Taranto), ... | 28 | 500 | 0,030 |
| 5 | Sardegna (con la zona interna della valle del golfo di Cagliari), ... | 28 | 750 | 0,020 |
| 6 | Apulia (con la zona interna della valle del golfo di Taranto), ... | 28 | 500 | 0,030 |
| 7 | Liguria, ... | 29 | 1000 | 0,020 |
| 8 | Provincia di Trento, ... | 31 | 1000 | 0,015 |
| 9 | Valle d'Aosta (con la zona interna della valle del golfo di Aosta), ... | 31 | 500 | 0,010 |

Vertikal-schnitt

Druck Sog

Grundriß

Stau-druck

WIND PRESSURE ON ROOF. INTERNAL PRESSURE ADDS TO ROOF UPLIFT.

WIND PRESSURE ON WALLS. INTERNAL PRESSURE ADDS TO WALL SUCTION.



modellazione semplificata

- schemi semplificati (riduzione dimensioni, introduzione discontinuità strutturali, vincoli ideali, esecuzione priva di imperfezioni)
 - procedimento di tipo intuitivo
 - per azioni dirette è cautelativo ridurre continuità, collaborazioni, grado di vincolo
 - per azioni indirette è cautelativo fare il contrario

modellazione semplificata

- approssimazioni geometriche
 - riduzione dal continuo a elementi discreti
 - sostituzione di forma complessa con una più semplice
 - riduzione a elementi bi- o monodimensionali
- approssimazioni nelle collaborazioni
 - collaborazione del solaio o delle tamponature rispetto allo scheletro portante
- approssimazioni dei vincoli
 - esempio nodo trave-pilastro

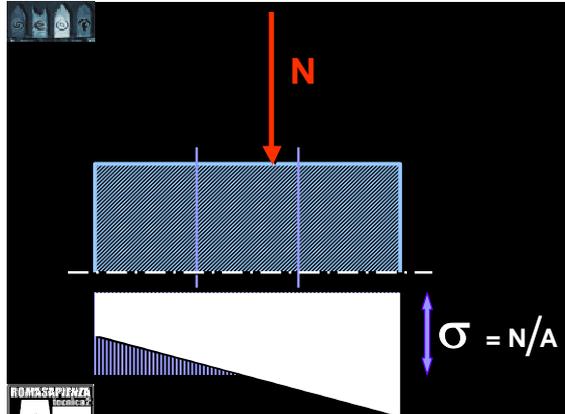
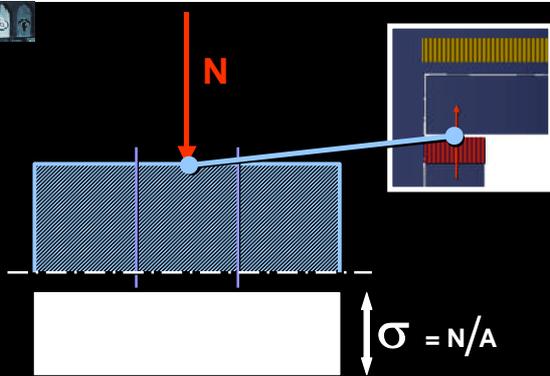
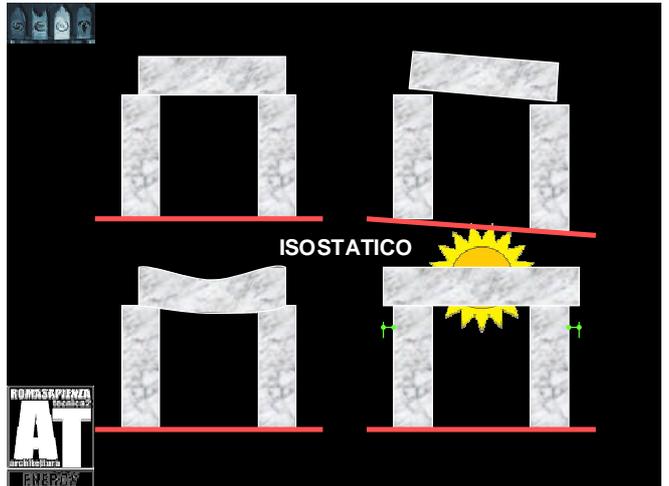
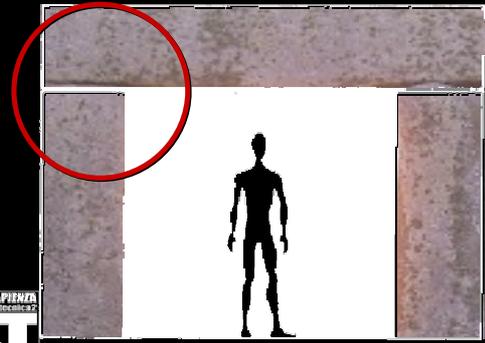
-> principi costruttivi

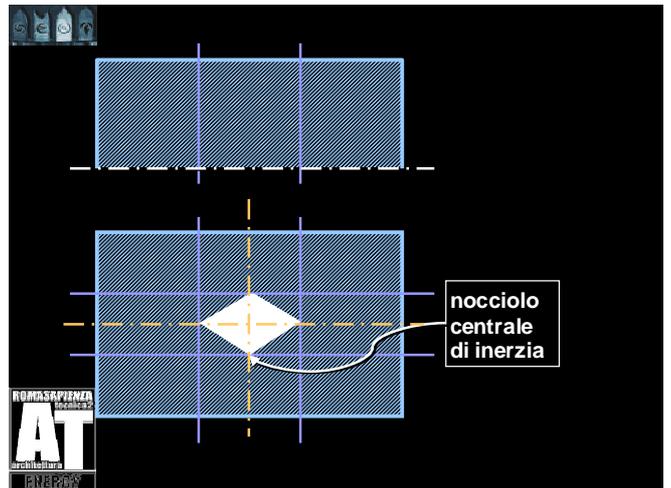
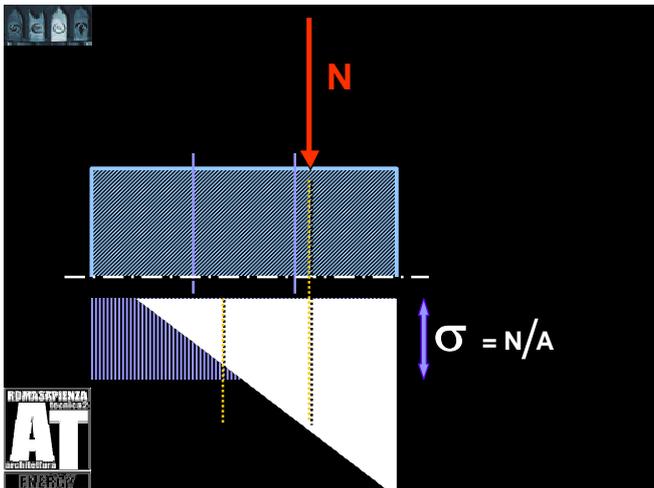
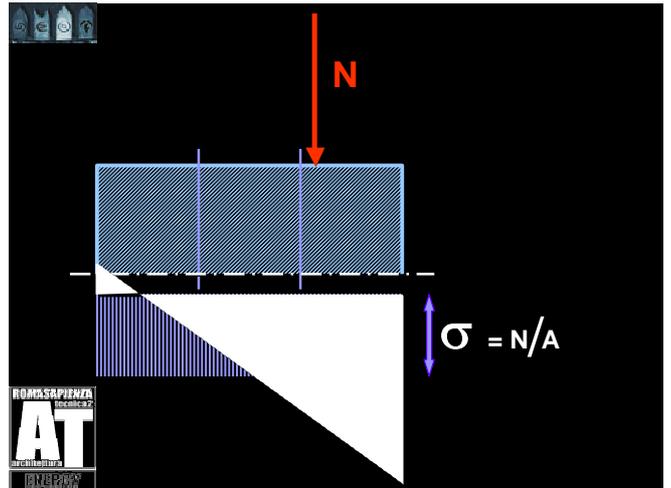
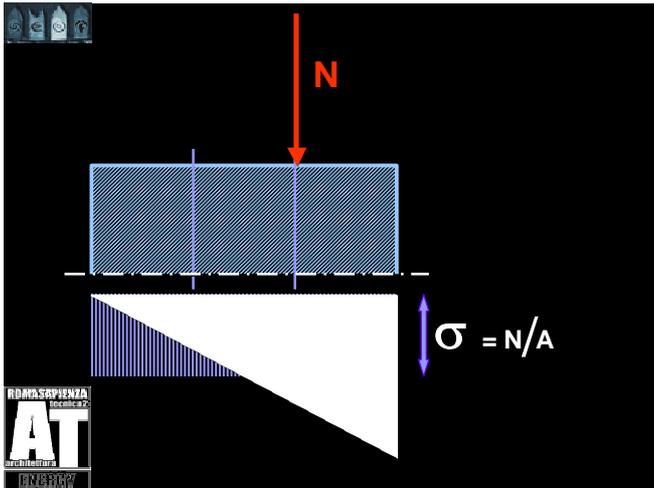
modelli di comportamento e sistemi di vincolo

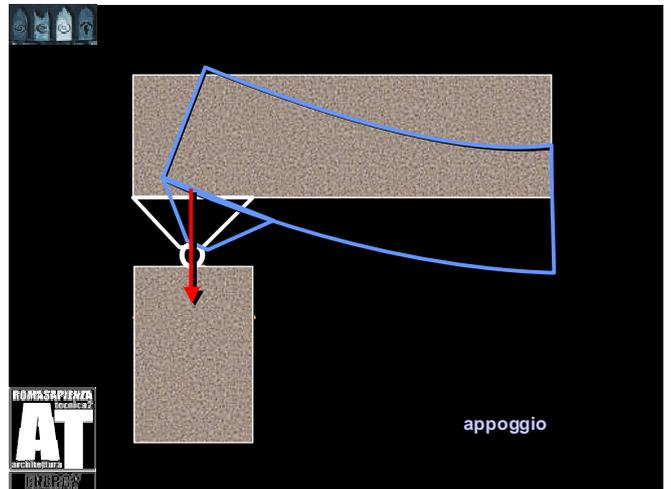
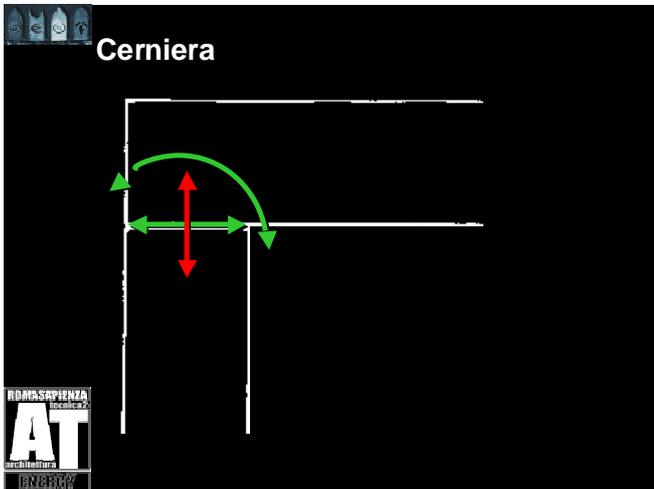
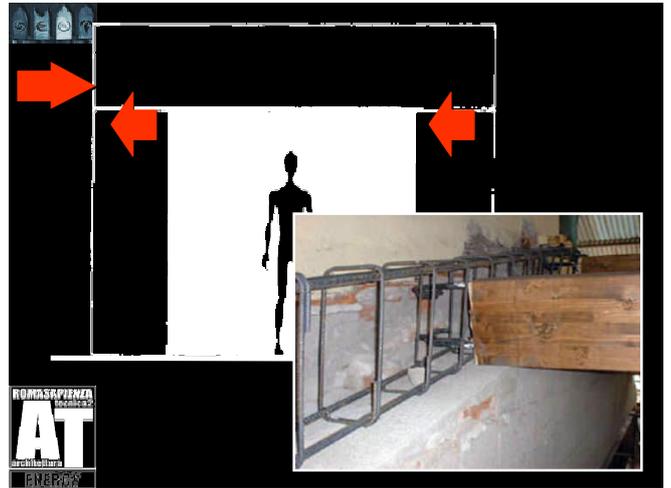
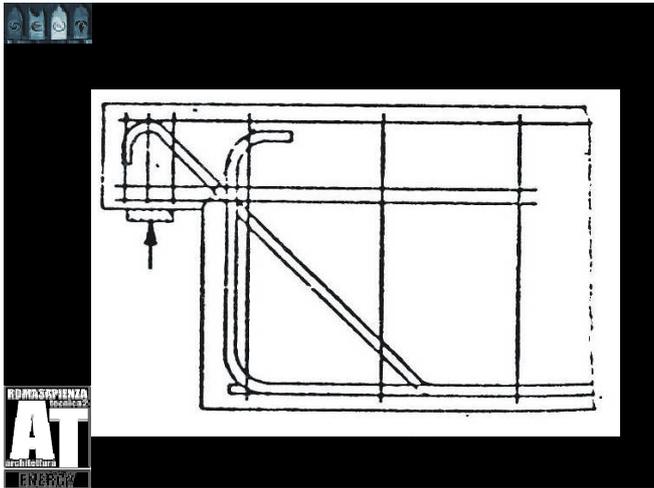
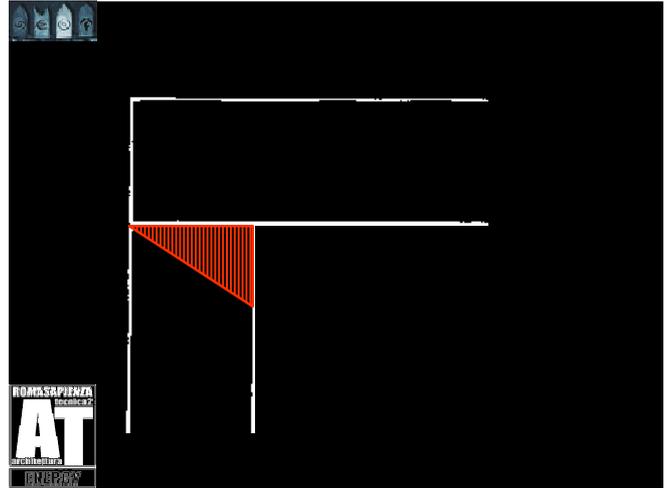
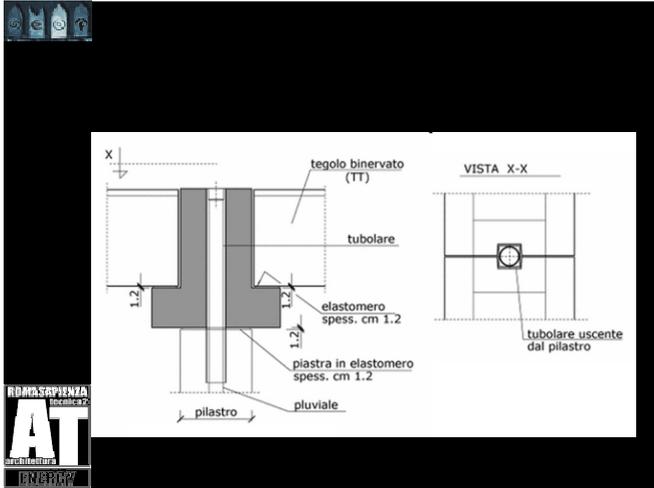
- Appoggio
- Cerniera
- Incastro

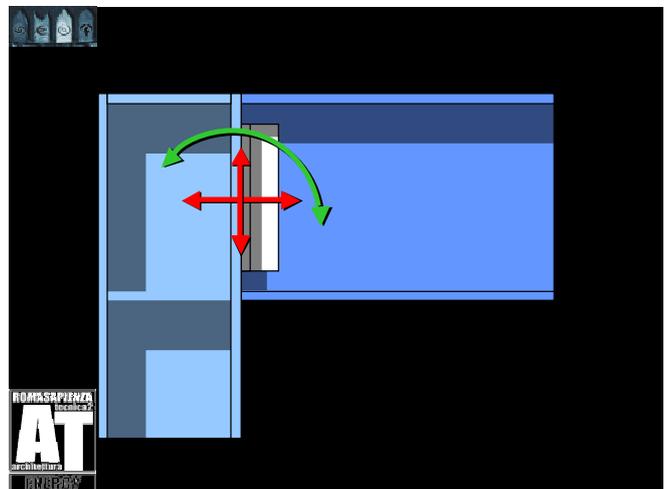
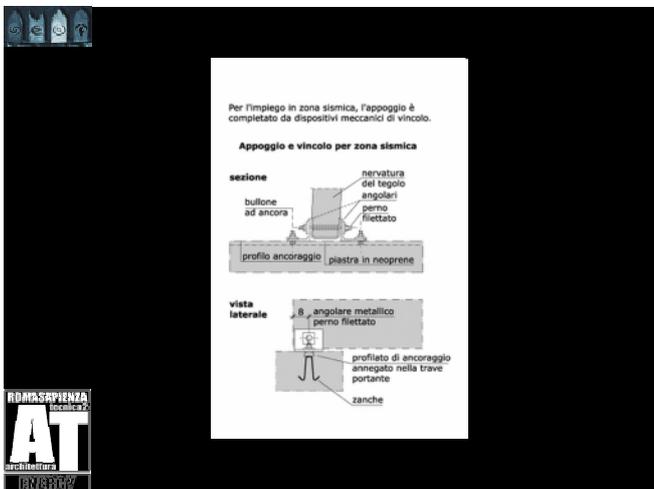
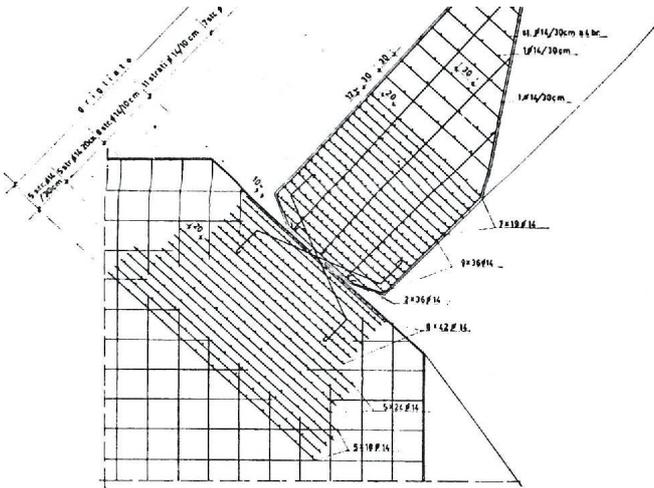
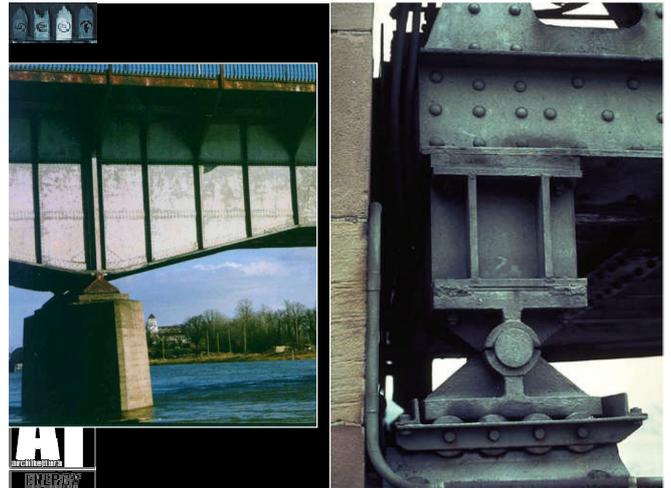
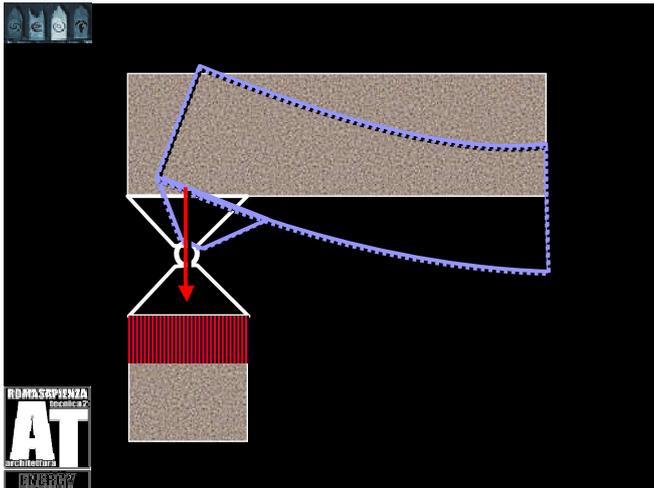


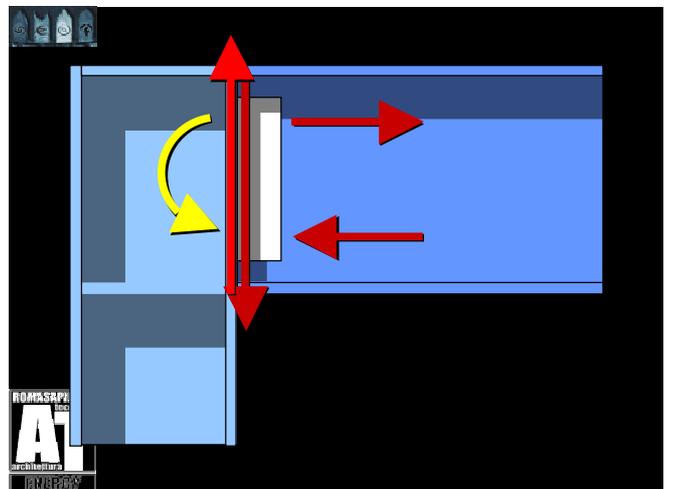
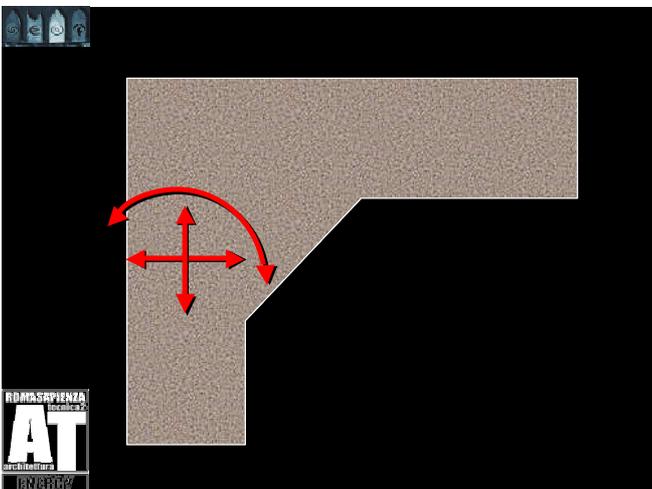
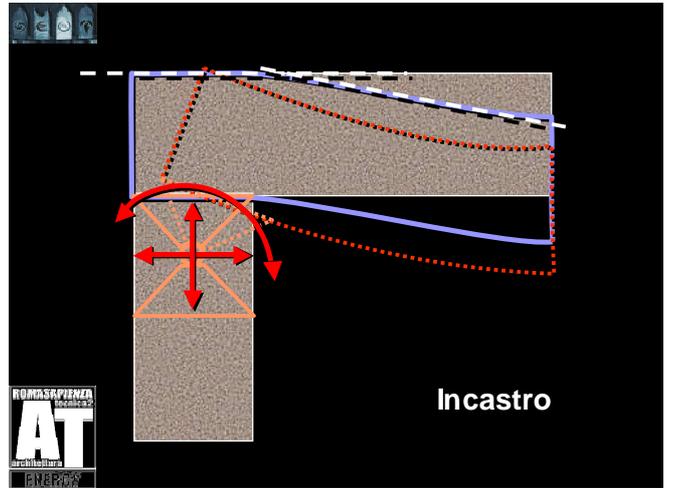
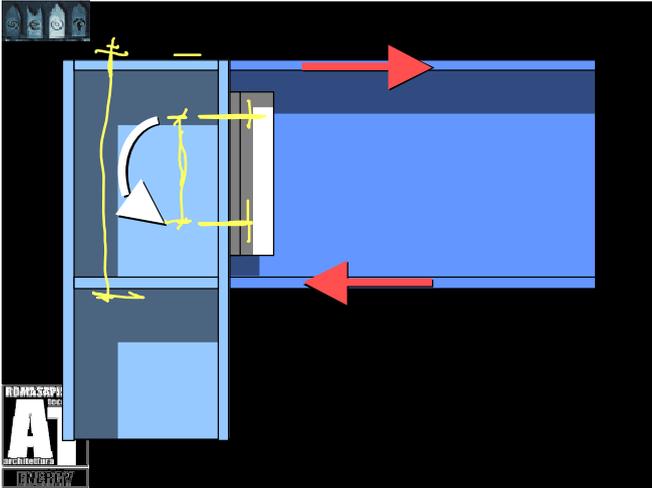
appoggio

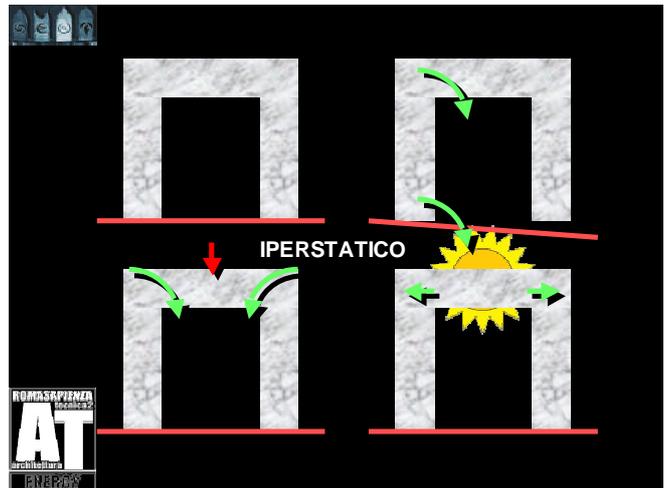
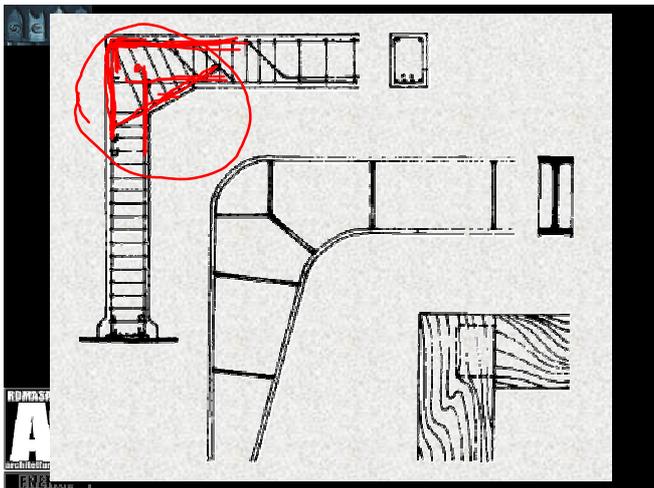
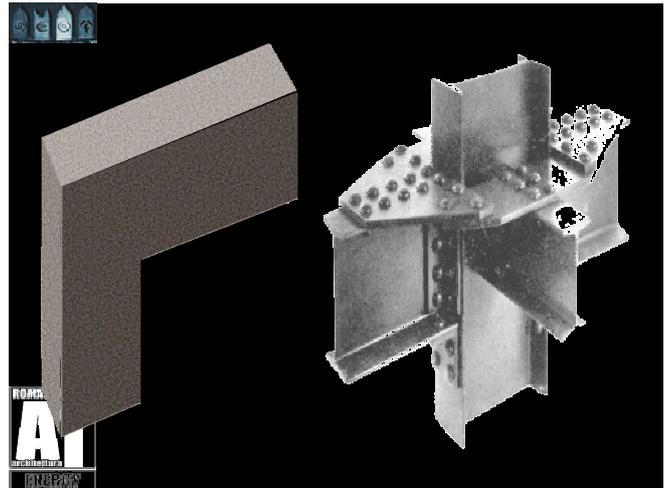
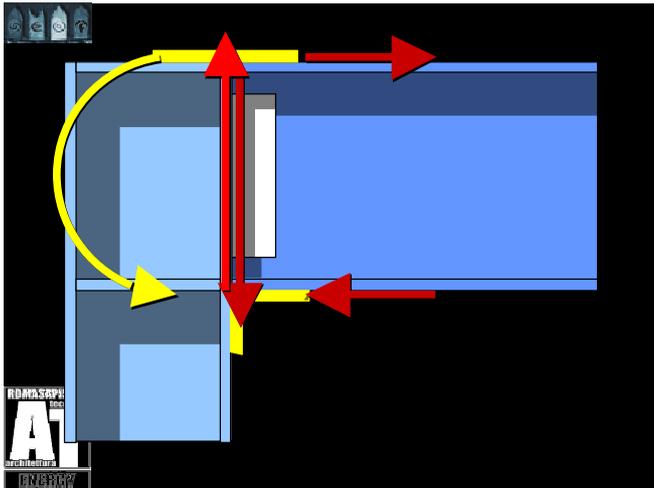












Instabilità

- carico di punta
- instabilità flessione-torsionale

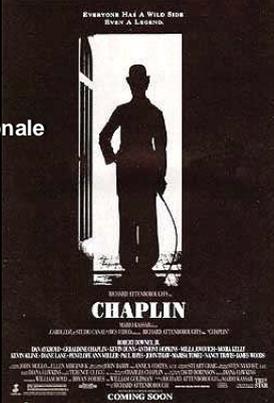
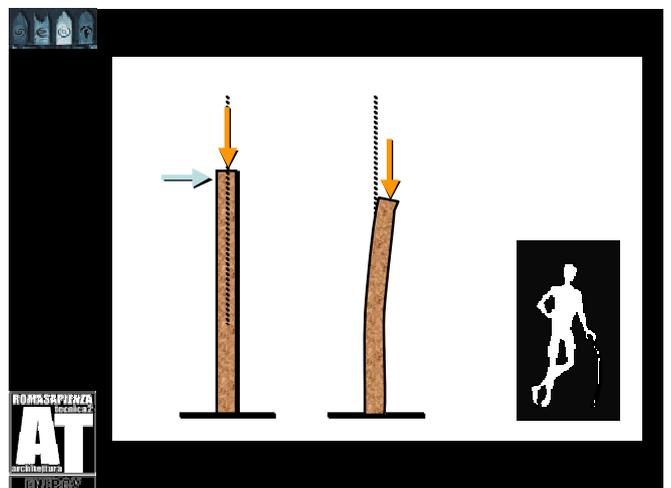
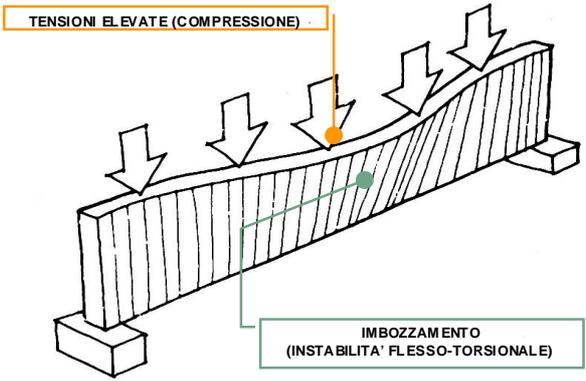
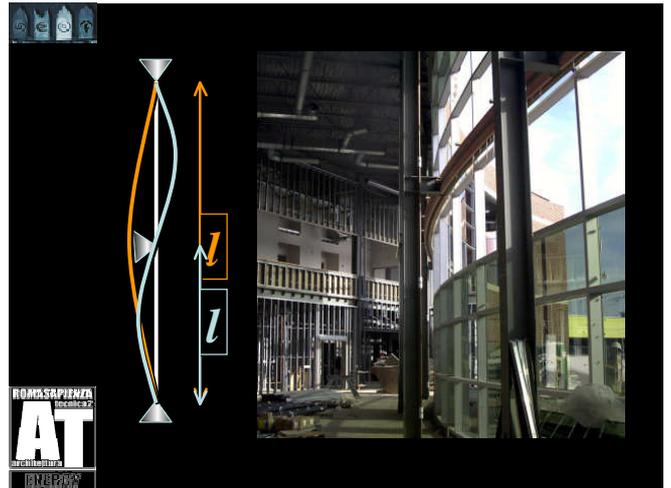
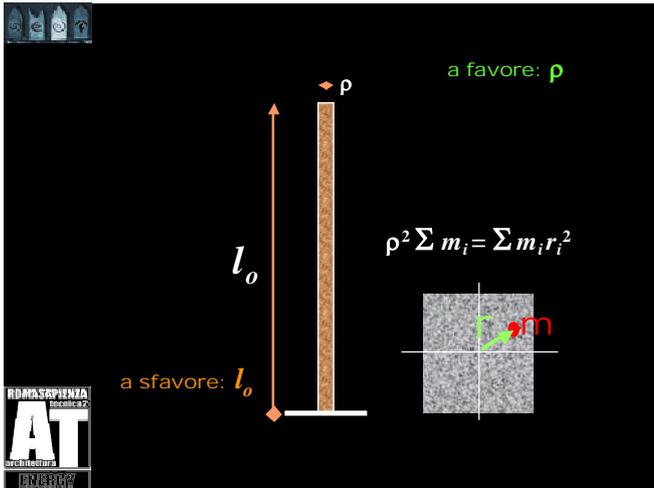



Diagram illustrating instability, showing a silhouette of a person in a dynamic pose and a movie poster for "Chaplin".

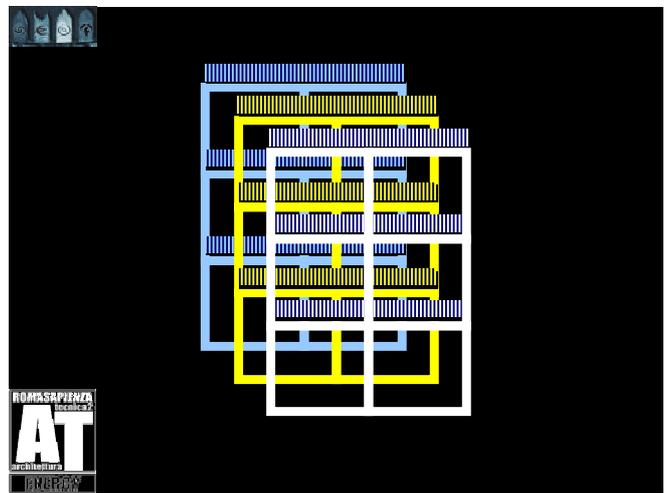


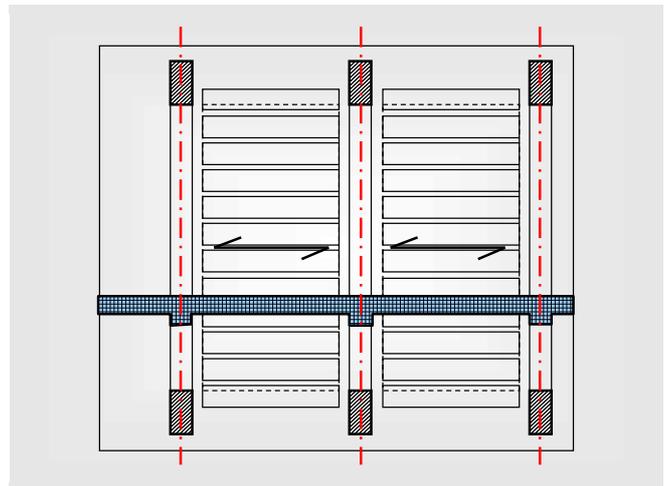
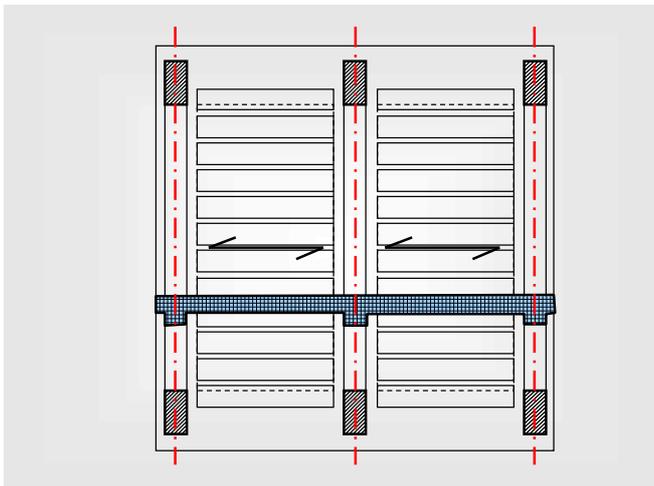
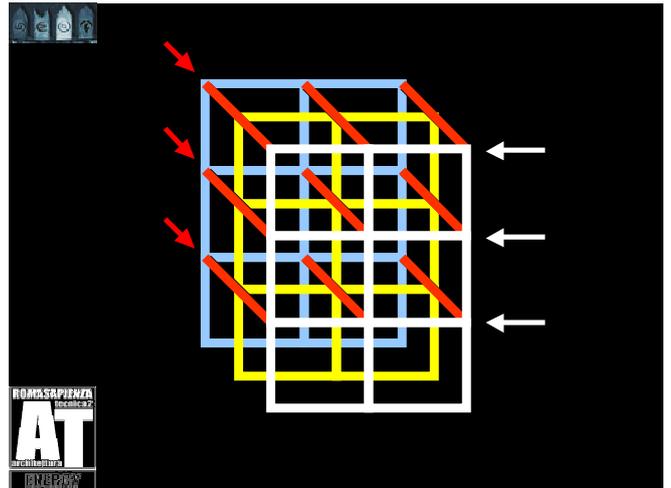
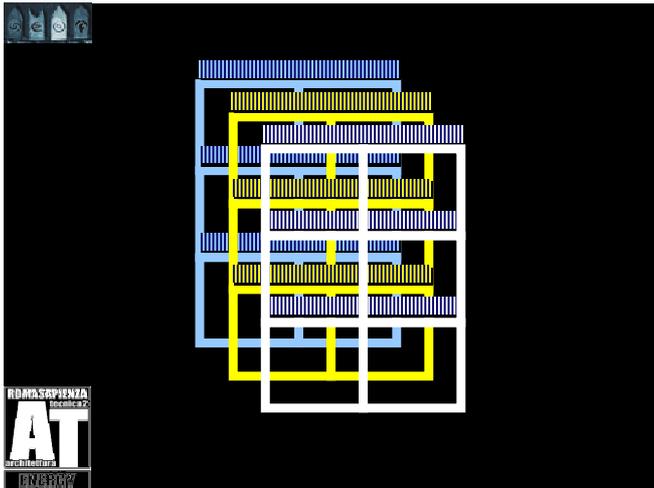


ossatura: sistema costruttivo

- elementi
 - fondazioni
 - membrature
 - pilastri
 - travi
 - (setti)
 - orizzontamenti
 - impalcati
 - (volte)
- struttura
 - vincoli
 - incastro
 - (cerniera)
 - controventamenti
 - lineari
 - piani
 - volumici

AT



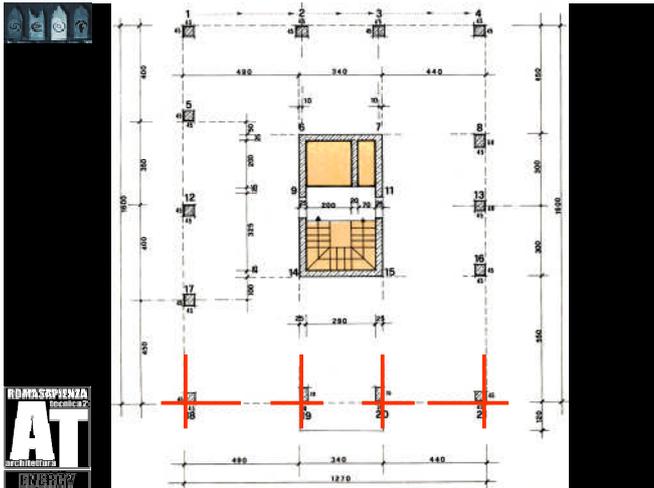


ossatura: procedimento costruttivo

- **metodi**
 - in opera
 - tradizionali
 - industrializzati
 - prefabbricati
 - tradizionali
 - industrializzati
- **mezzi**
 - mat. isotropi
 - acciaio
 - alluminio
 - mat. anisotropi
 - legno
 - mat. compositi
 - c.a. - c.a.p.
 - GFRC
 - FRP pultruso

AT logo is visible in the bottom left corner.





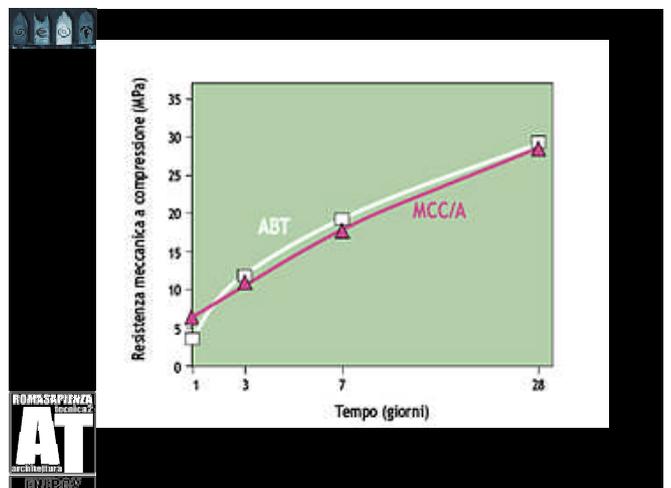
calcestruzzo

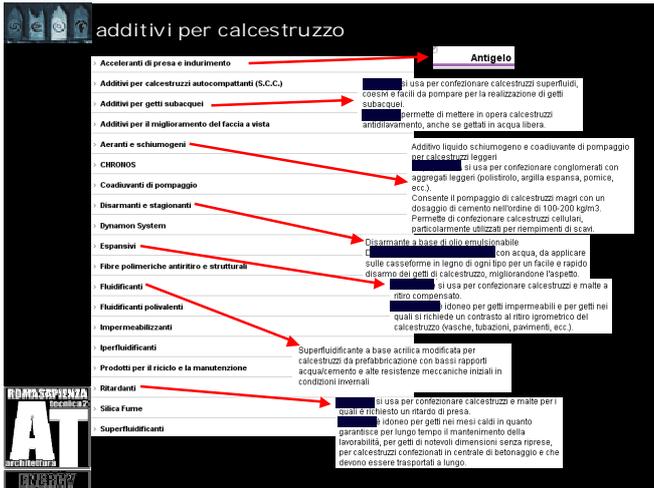
- Il termine **calcestruzzo** deriva dal latino medievale *calcistrutum*, composto da *calx*, *calcis* calce e *instructus* costruito.
- In latino, "calcis structio" è una costruzione a base di calce. Parola correlata è *betunium* (da cui il francese *béton* e l'italiano *betoniera*), che per i Romani indicava il conglomerato artificiale.
- Il termine inglese **concrete** è invece legato alla definizione "*concretus corpus ex elementis*" con la quale Cicerone indicava un corpo formato da elementi diversi, quale appunto il calcestruzzo. Da questa radice deriva anche il procedimento a setti "**a concrezione**".



compattezza

resistenza



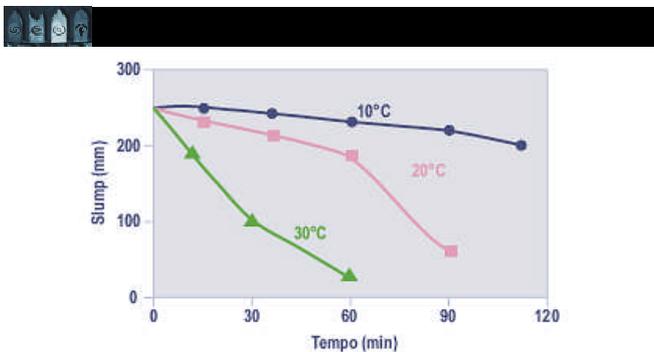
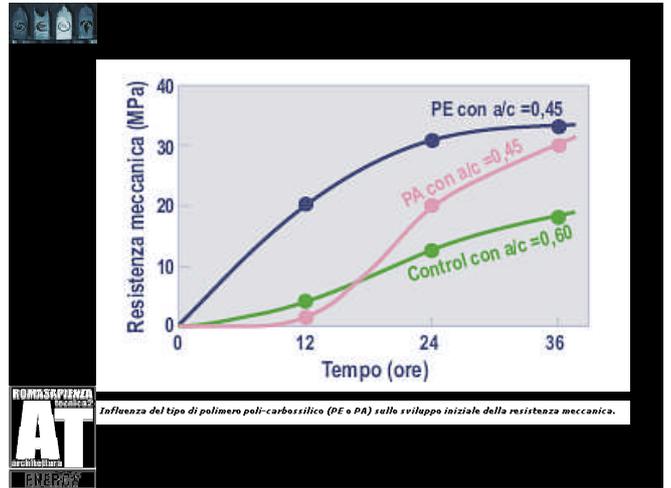
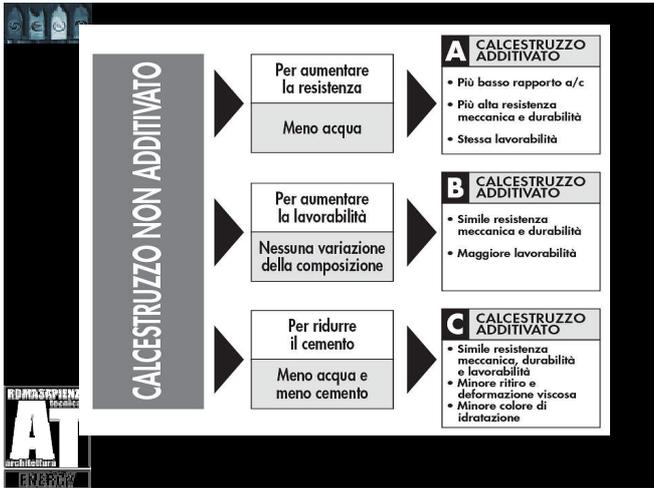


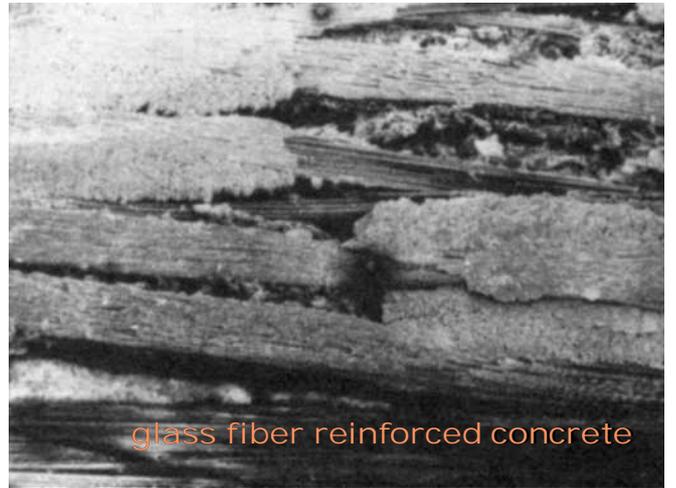
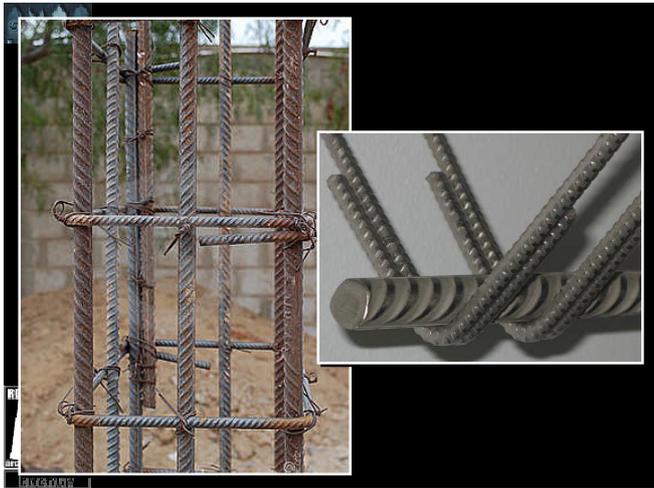
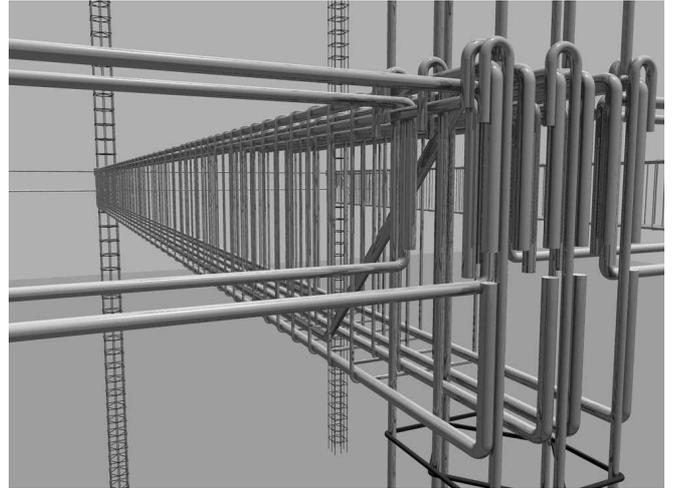
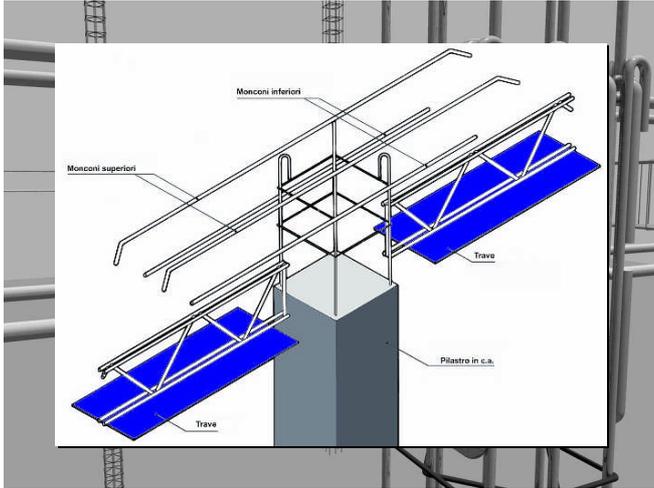
superfluidificanti

a) per ridurre solo l'acqua rispetto al calcestruzzo non additivato a pari lavorabilità: si registrano di conseguenza aumenti di resistenza meccanica, riduzione di permeabilità all'acqua ed incrementi di durabilità (tabella "Dati prestazionali");

b) per incrementare la lavorabilità rispetto al calcestruzzo non additivato di buona qualità prestazionale (resistenza meccanica, impermeabilità, durabilità) ma di difficile posa in opera (calcestruzzo asciutto o plastico);

c) per ridurre sia l'acqua che il cemento (in eguali proporzioni) in modo da lasciare immutato sia il rapporto A/C (e quindi le prestazioni) sia la lavorabilità rispetto al calcestruzzo non additivato: si registrano in questo caso vantaggi tecnici per il minor ritiro igrometrico, la minore deformazione viscosa, il minor sviluppo di calore, ecc.; questa modalità di impiego è raccomandata soprattutto per calcestruzzi ad elevato dosaggio di cemento (> 350 kg/m³).





Pilastri

ISTITUTO DI CALCOLO A COMPRESIONE NEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO
 per il conglomerato cementizio la resistenza di calcolo a compressione, f_{cd} , vale:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{m,c}}$$

ove $\gamma_{m,c}$ è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al conglomerato cementizio
 f_{ck} è la resistenza caratteristica cubica a compressione del conglomerato cementizio a 28 giorni,
 il coefficiente $\gamma_{m,c}$ è pari ad 1,5.

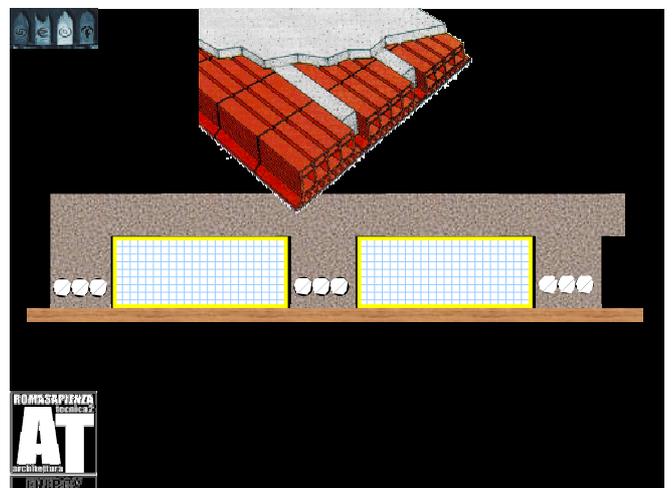
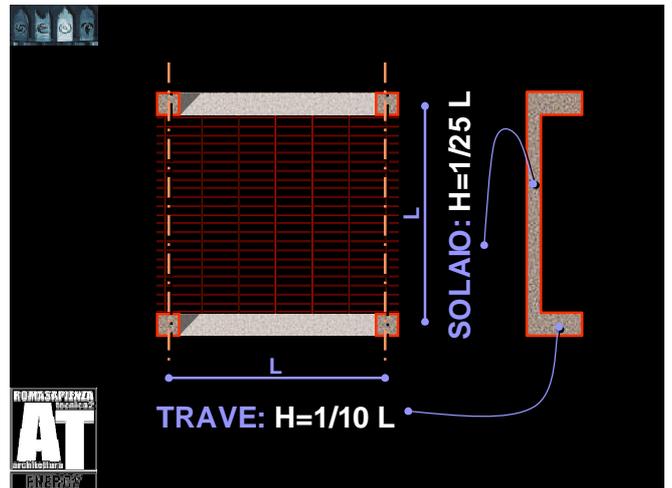
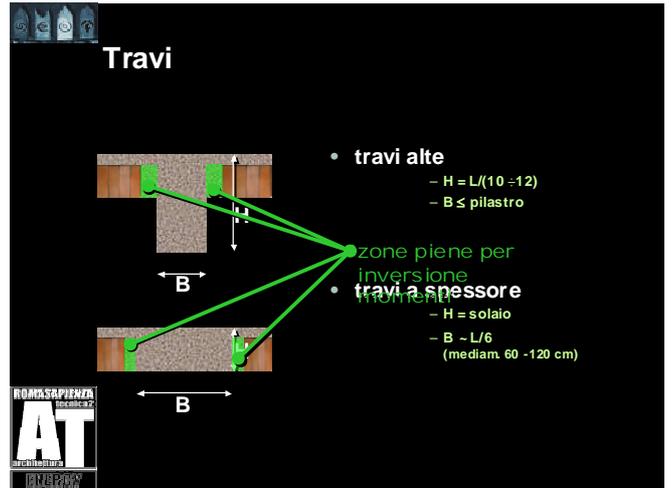
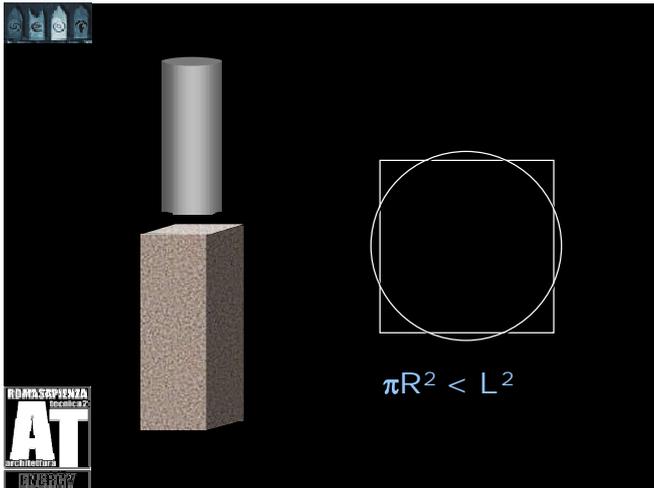
Caso di compressione centrata, lo sforzo normale ultimo che la sezione sopporta è:

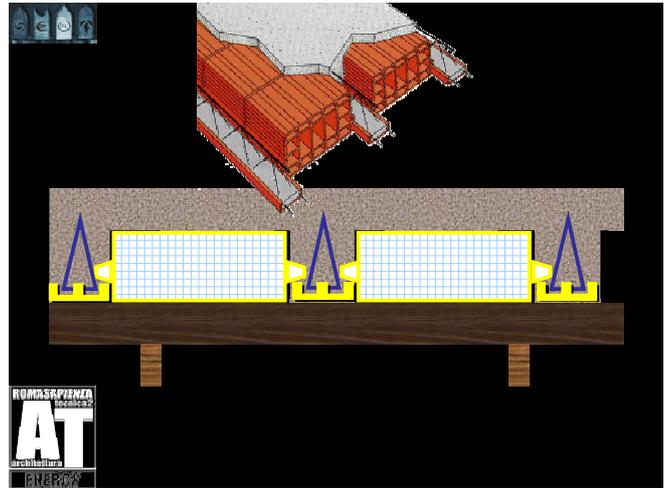
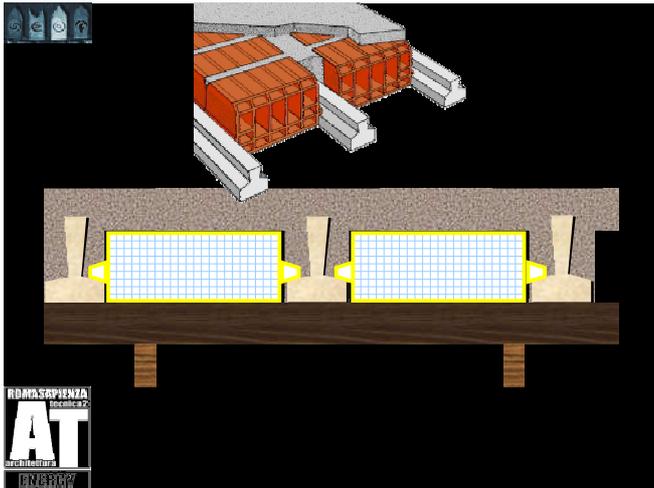
$$N_u = A_s \cdot f_{sd} + A_c \cdot f_{cd}$$

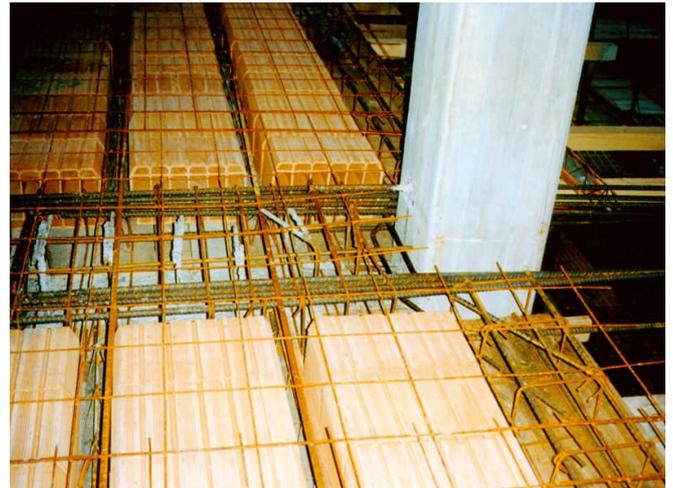
$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_{m,c}$, calcestruzzo con R_{ck} 300, si avrà:
 $f_{cd} = 300 / 1,50 = 157,89$ kg/cmq
 $f_{sd} = f_{yk} / \gamma_{m,s}$, barre di acciaio tipo Fe B 44 k, f_{yk}
 $= 4400 / 1,15 = 3826$ kg/cmq

La verifica consiste nel controllare che:
 $N_u \leq N_c$

| | |
|---|--|
| <p>calcestruzzo</p> <p>30 x 40 cm = 1200 cm²</p> <p>portanza 1200x77= 92,4 t</p> <p>peso 300 kg/m</p> | <p>legno lamellare</p> <p>24 x 35 cm = 840 cm²</p> <p>portanza 840x110= 92,4 t</p> <p>peso 42 kg/m</p> |
| | |
| <p>acciaio</p> <p>HE B 140 = 35 cm²</p> <p>portanza 35x2600= 92,4 t</p> <p>peso 31 kg/m</p> | |





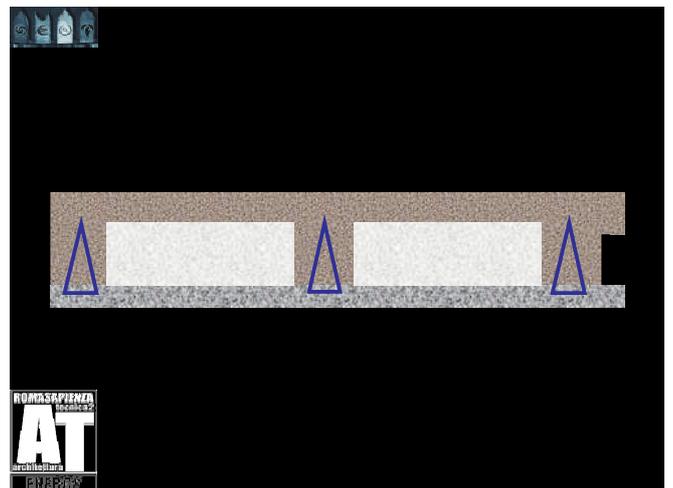


predimensionamento soffitto laterocementizio

D.M. 09/01/96, paragrafo 7

| | | |
|--------------------|---|--|
| Altezza solaio | $H \geq 1/25 L$ $H \geq 12 \text{ cm}$ | L è la luce della campata più lunga. Considerando che una pignatta non è alla meno di 12 cm, l'altezza minima del solaio è 16 cm. |
| Altezza soletta | $s \geq 4 \text{ cm}$ | In genere non si usano solette con spessore maggiore di 5 cm, ma 4 cm è lo spessore più usuale. |
| Interasse travetto | $i \leq 15 s$ | Un interasse usuale è $i = 50-52 \text{ cm}$, a seconda di b_p , considerando una pignatta larga 40 cm. |
| Larghezza travetto | $b_p \geq 1/8 i$ $b_p \geq 8 \text{ cm}$ | Dimensioni usuali sono $b_p = 10-12 \text{ cm}$, possibilmente non più di 14 cm; la larghezza del travetto viene determinata anche in funzione delle sollecitazioni di taglio previste. |
| Dimensioni | $b_p \leq 52 \text{ cm}$ | In genere l'altezza delle pignatte è sempre un numero pari: 12 + 14 + 16 cm ecc. Il minimo è 12 cm. |

AT
ARCHITETTURA
ENERGY

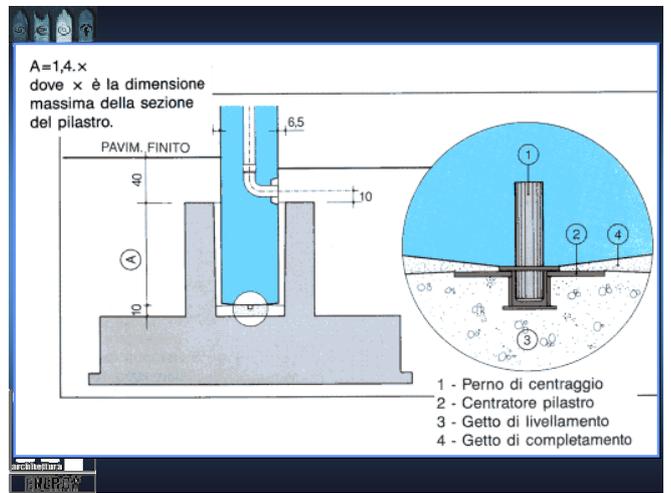
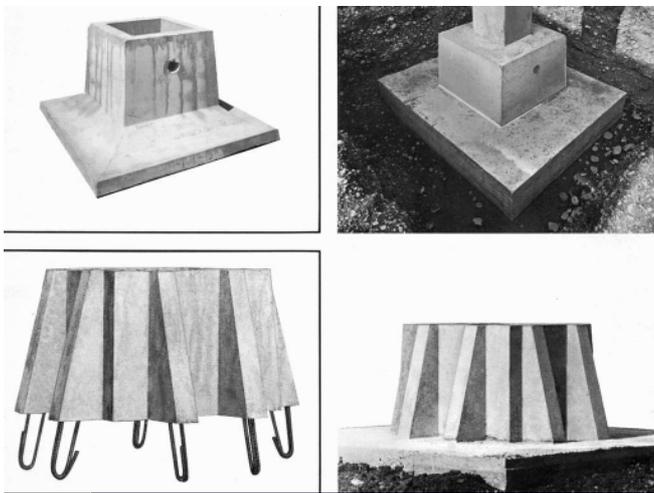
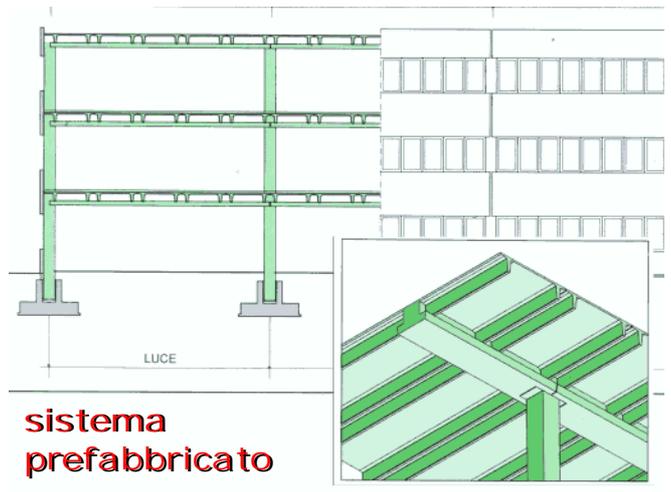


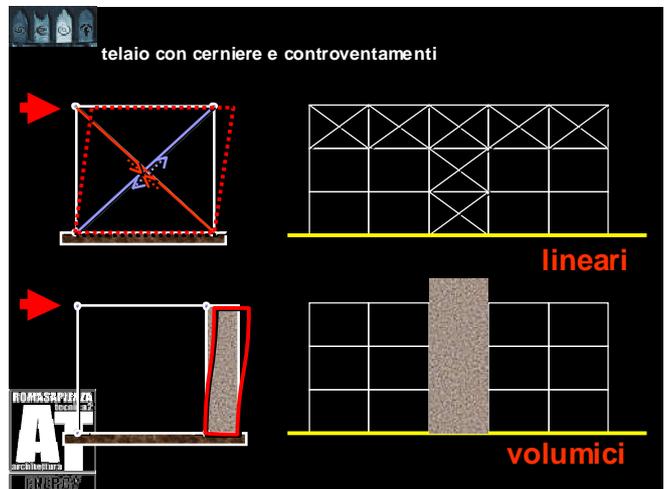
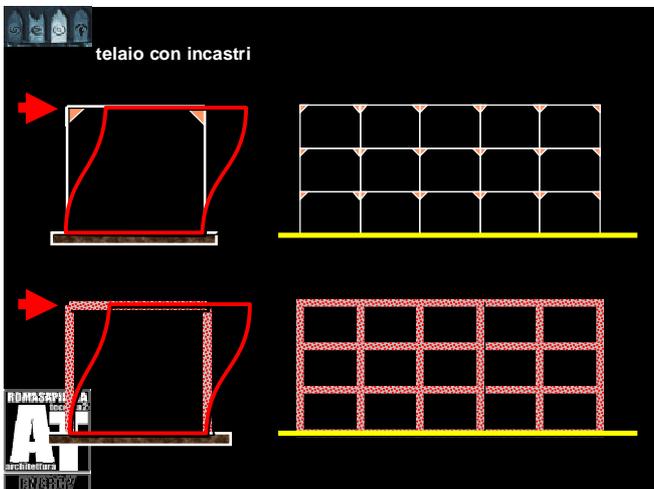
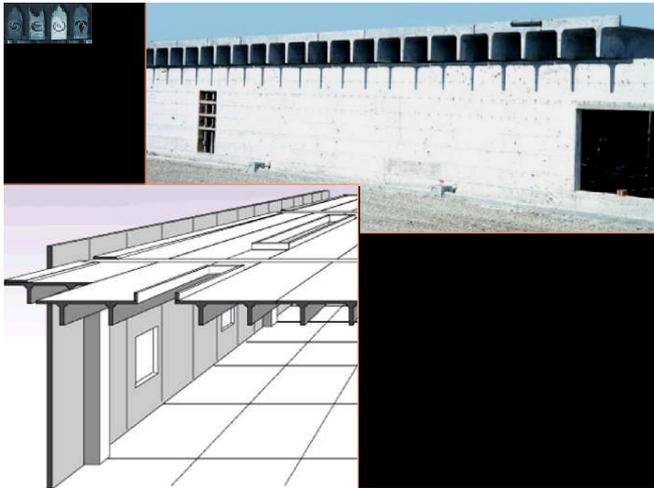
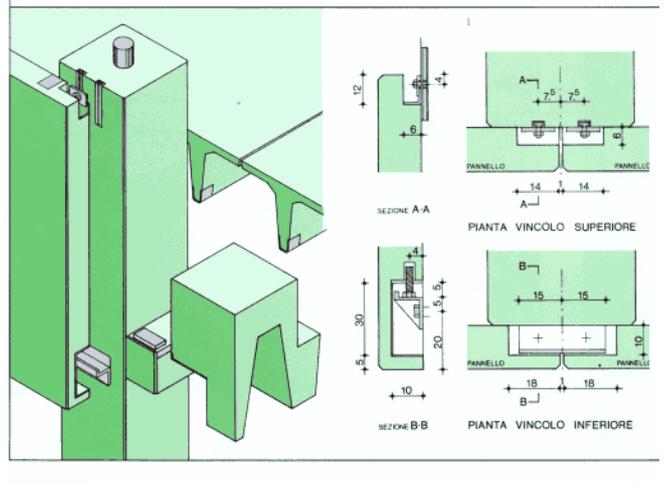
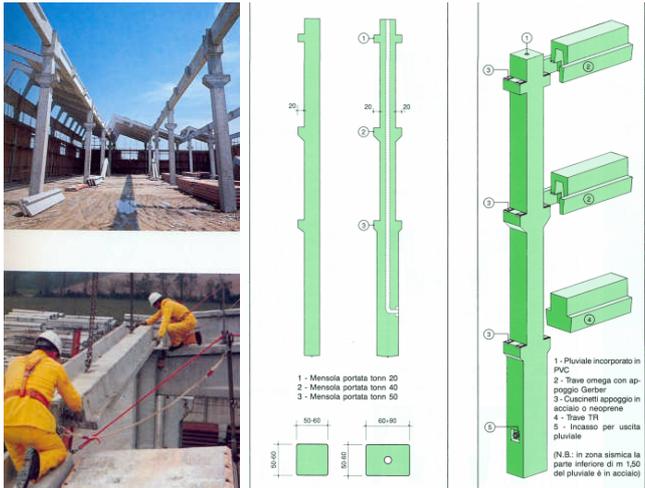
SENONE

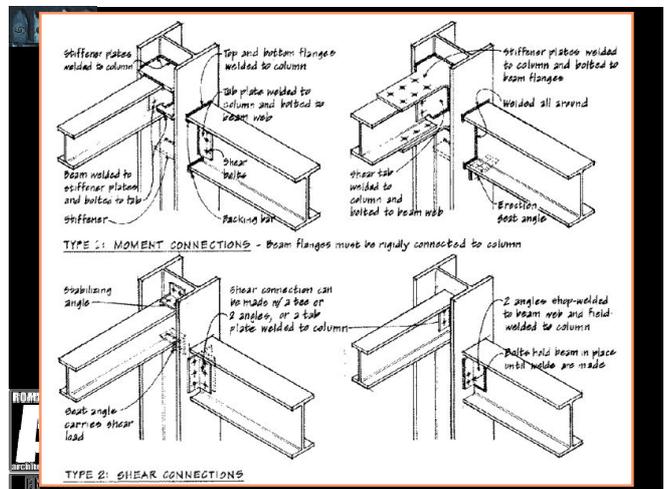
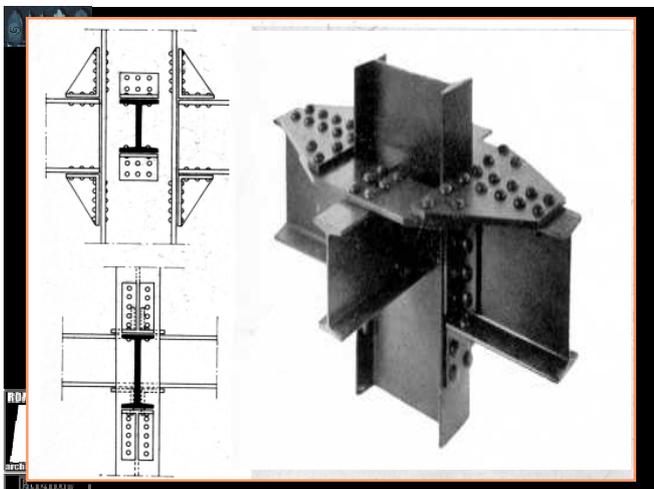
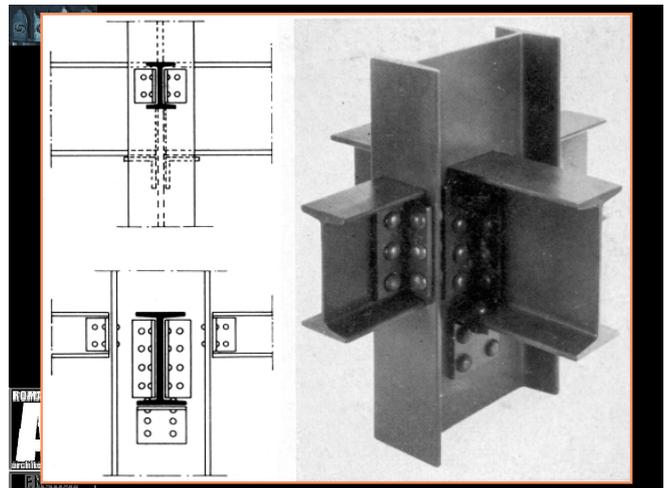
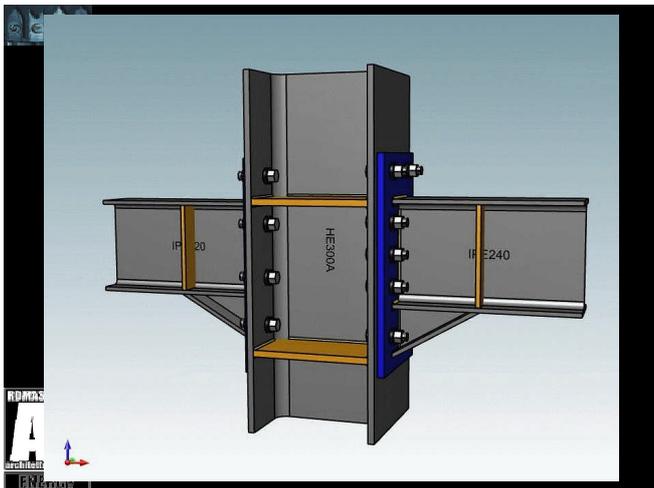
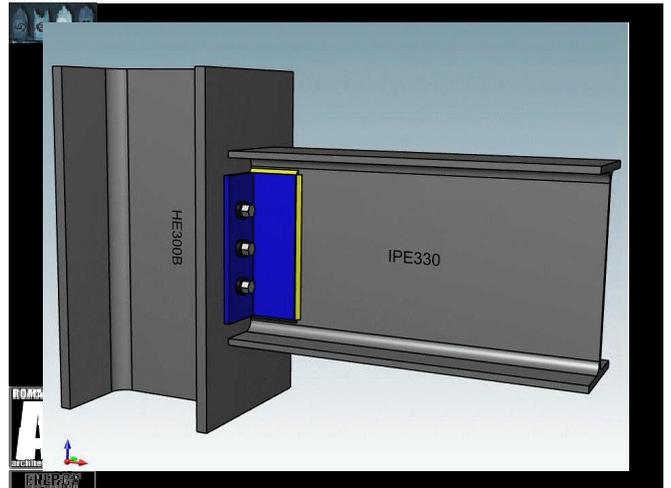
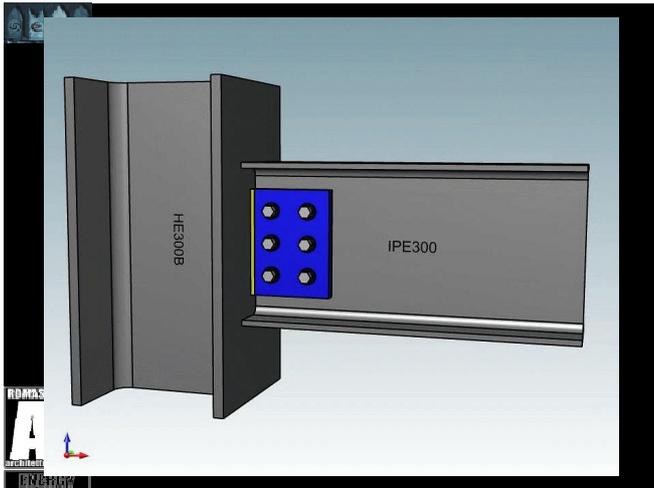
PARTICOLARE PREDALLE B = 120 cm
(H = 6 + 39 + 5 = 50 cm)
[E 20] - COPRIFERRO* BARRI DI CONFEZIONAMENTO E TRALICCIO 3.0 cm
* DISTANZA FIN SUPERFICIE ESTERNA FERRO E SUPERFICIE ESTERNA AL PIÙ
INCLIA ELETTRODIFESA 4 x 5 / 20 x 20

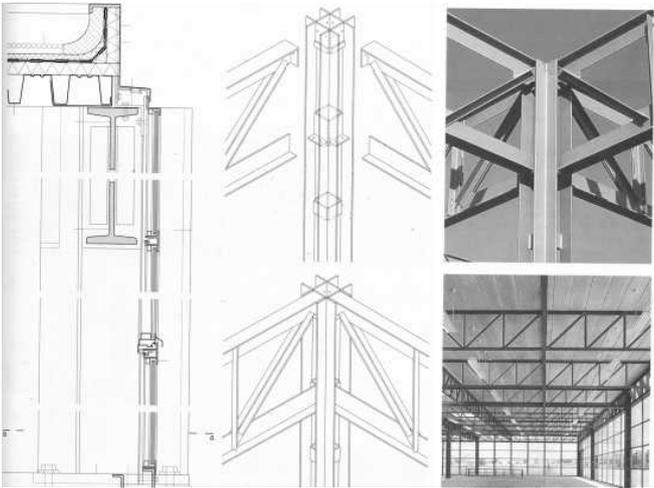
PARTICOLARE PREDALLE MARCA "A3" B = 110 cm
(H = 6 + 39 + 5 = 50 cm)
[E 20] - COPRIFERRO* BARRI DI CONFEZIONAMENTO E TRALICCIO 3.0 cm
* DISTANZA FIN SUPERFICIE ESTERNA FERRO E SUPERFICIE ESTERNA AL PIÙ
INCLIA ELETTRODIFESA 4 x 5 / 20 x 20

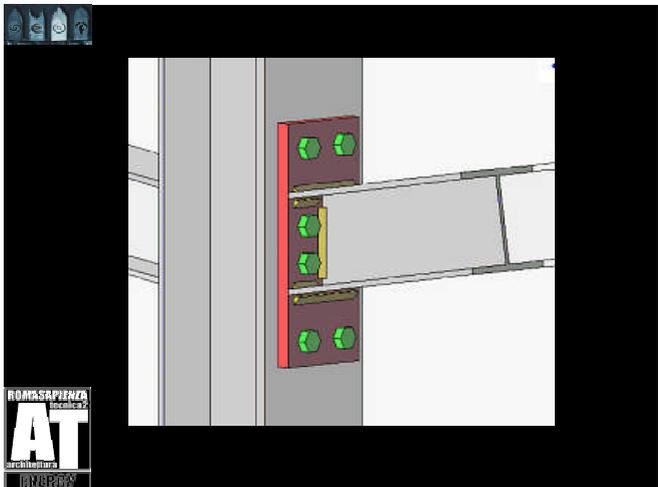
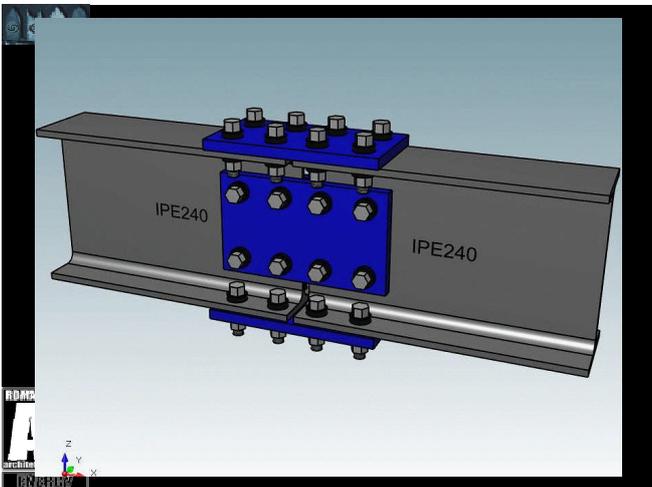
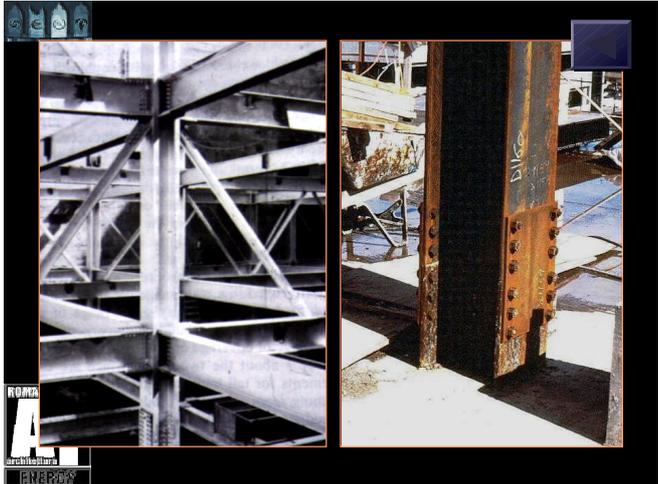
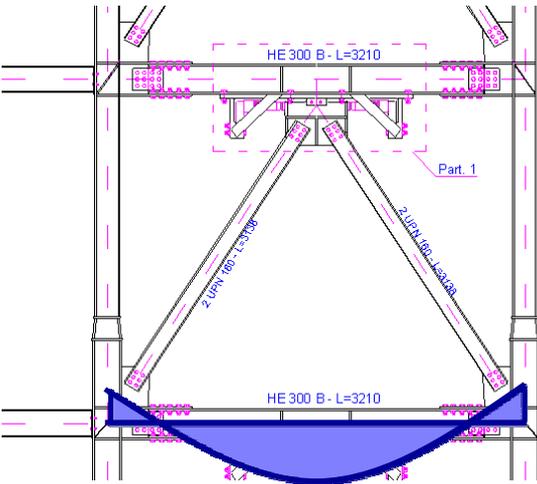
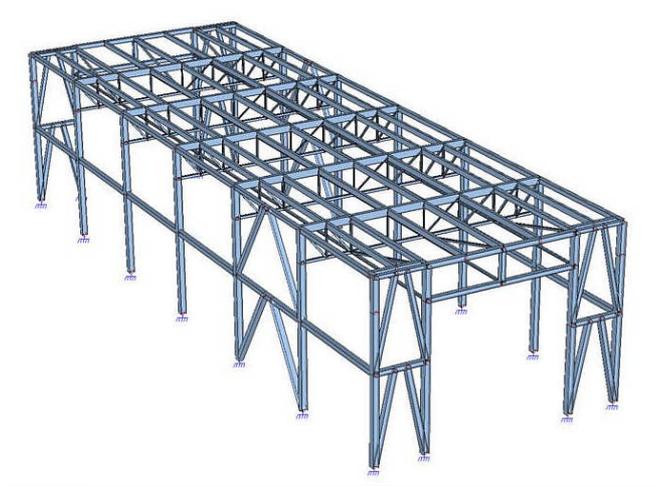
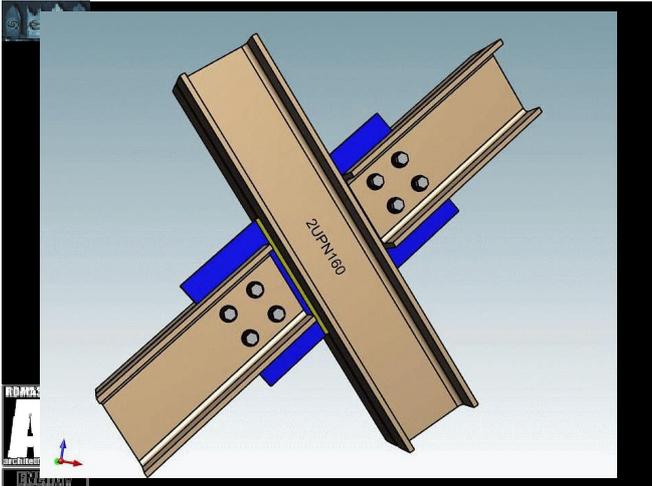
AT
ARCHITETTURA
ENERGY

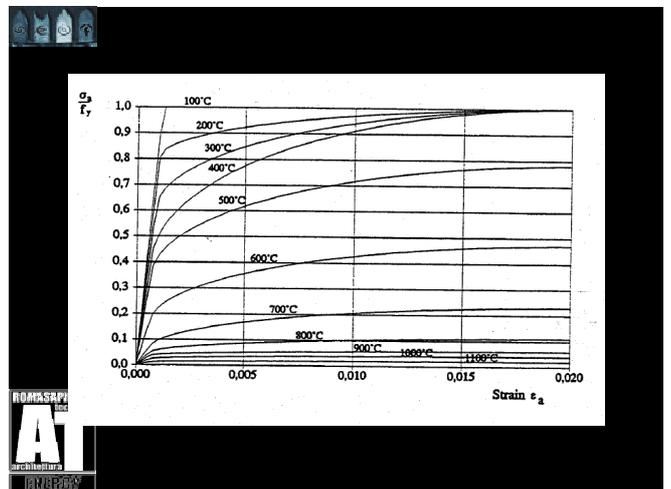
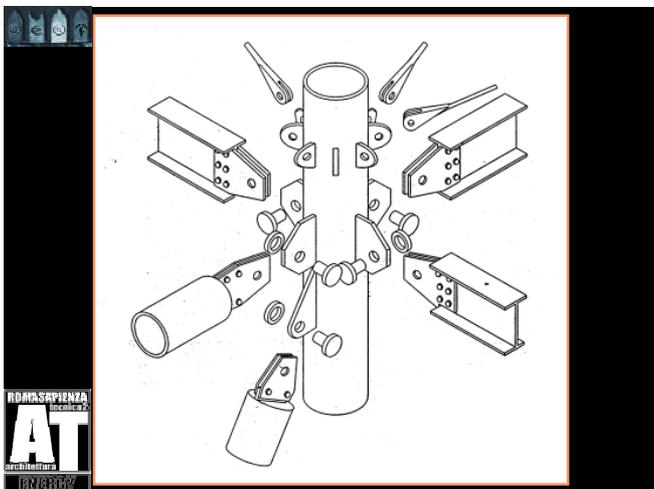
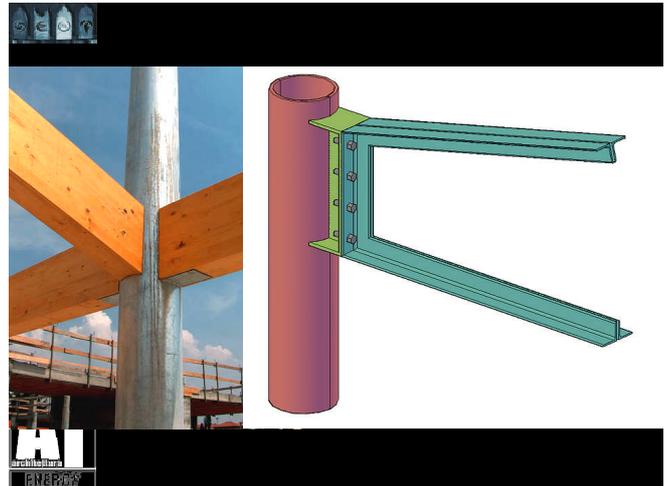
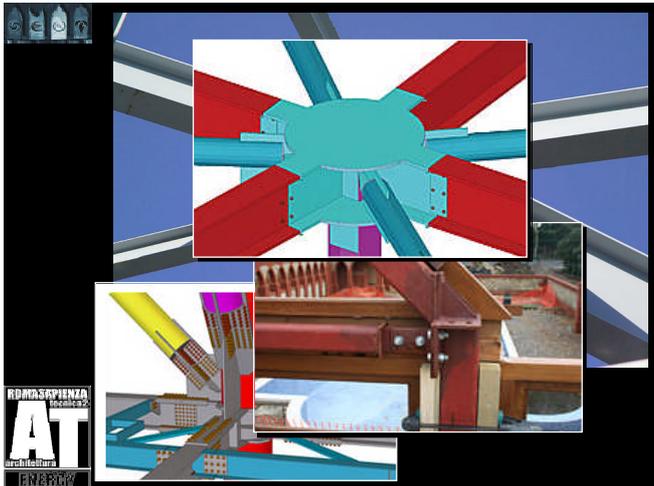
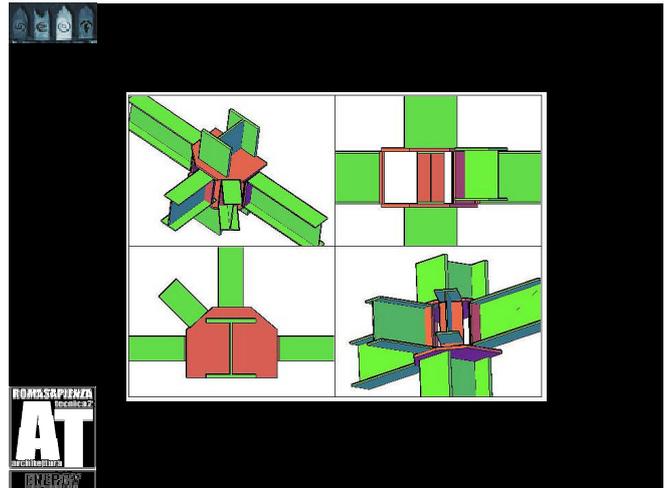
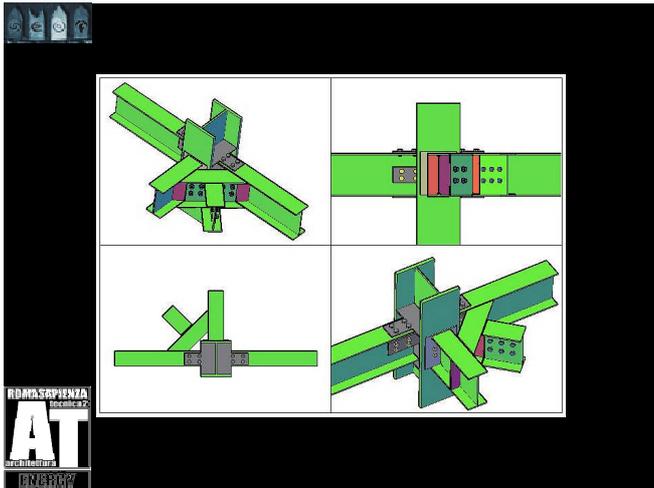












Protezione pilastro in acciaio HEB 220 R 120

Legenda

1. Lettre di gesso rivestito
2. Pilastro HEB 220
3. Montanti
4. Paraspigolo
5. Banda armata

Dati tecnici

Lettre: Rigips RF 15 spessore 15 mm
 Montanti: a C larghezza 50 mm
 Giunti d'angolo interni: paraspigolo metallico a L
 Giunti d'angolo esterni: banda armata e stacco Rigips

Prospetto

Sezione orizzontale

solai in acciaio

Rinforco in conglomerato

Rinforco in conglomerato

Rinforco in conglomerato

$9/16''$, spanning 1'-6" to 3'
 1", spanning 3' to 5'
 2", spanning 5' to 12'

$1\frac{1}{2}''$, spanning 4' to 8'
 2", spanning 8' to 12'
 3", spanning 8' to 15'

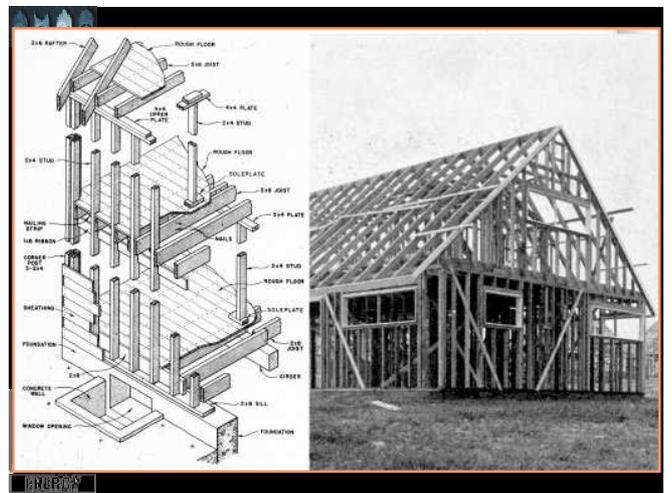
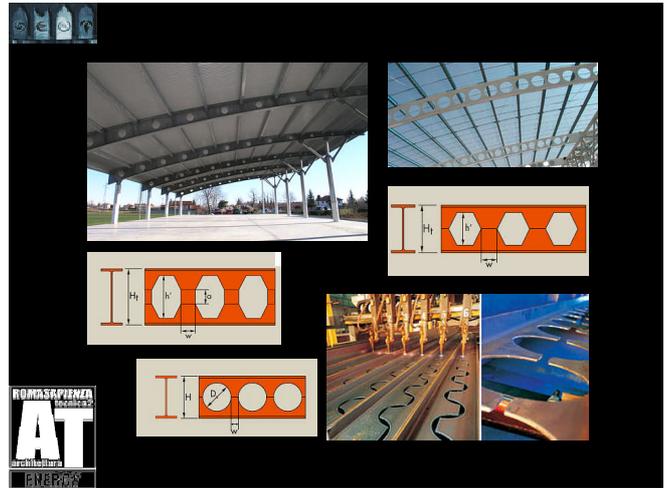
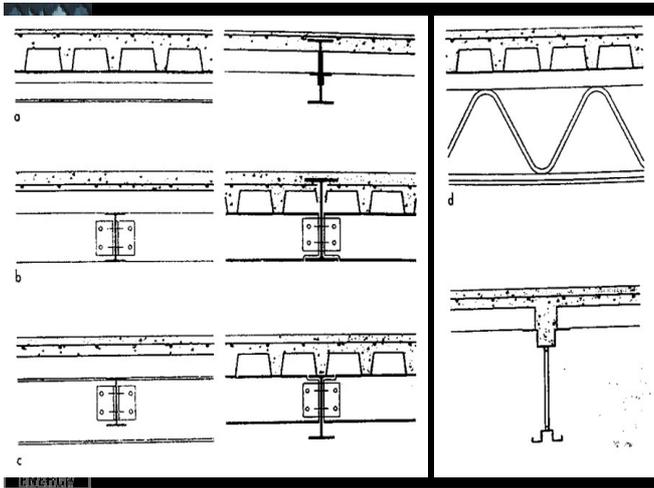
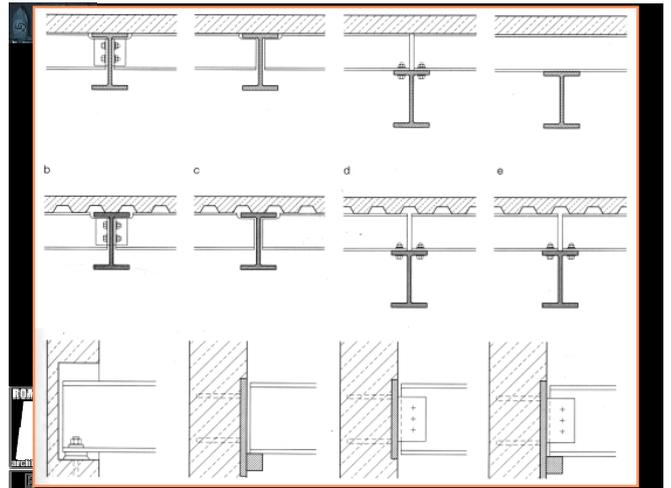
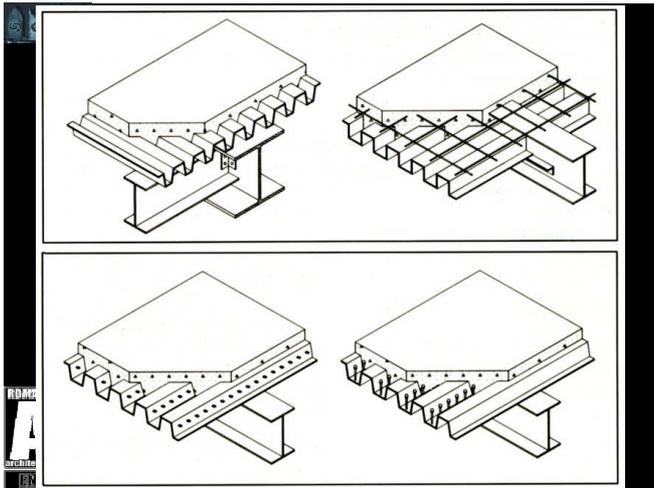
lamiere grecate:

altezza = 15 - 90mm
 larghezza = 60cm - 1m
 luce = 1 - 5m

a
 103, 232/916/1098, S=0.6-1.25, 183, 450, 190, 938

b
 15, 190, 570, 618, S=0.6-1.25, 232/916/1098

c
 183, 232/916/1098, S=0.6-1.25, 190, 570, 618





il legno lamellare



- superare limiti dimensionali del legname naturale

ottenere curvature e/o sezioni particolari



Valori tensionali massimi ammissibili per essenze di conifere secondo le DIN 1052

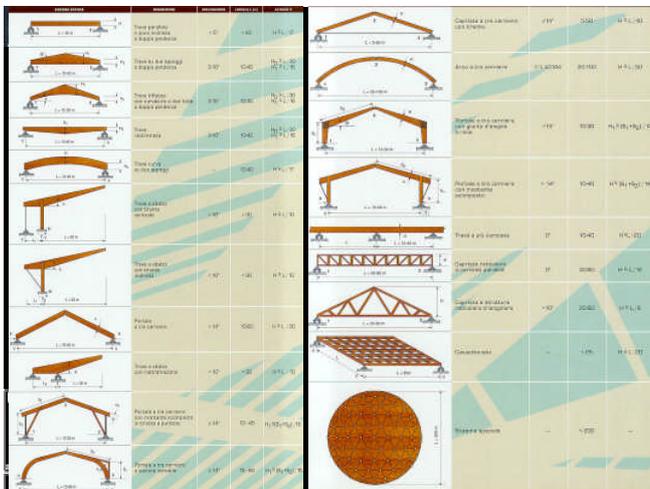
| | | N/mm ² | | | | | kg/cm ² | | | | |
|--------------------------|----------------------|-------------------|------|------|------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | CONIFERE | | | | | CONIFERE | | | | |
| | | III | II | I | II | I | III | II | I | II | I |
| Flessione // fibre | σ_{\parallel} | 7,0 | 10,0 | 13,0 | 11,0 | 14,0 | 70 | 100 | 130 | 110 | 140 |
| Trazione // fibre | σ_{\parallel} | - | 8,5 | 10,5 | 8,5 | 10,5 | - | 85 | 105 | 85 | 105 |
| Trazione \perp fibre | σ_{\perp} | - | 0,05 | 0,05 | 0,20 | 0,20 | - | 0,5 | 0,5 | 2 | 2 |
| Compressione // fibre | σ_{\parallel} | 6,0 | 8,5 | 11,0 | 8,5 | 11,0 | 60 | 85 | 110 | 85 | 110 |
| Compressione trasversale | σ_{\perp} | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 |
| Taglio longitudinale | τ_{\parallel} | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Taglio trasversale | τ_{\perp} | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 9 | 9 | 9 | 12 | 12 |
| Torsione | $\tau_{//}$ | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,6 | 1,6 | 9 | 10 | 10 | 16 | 16 |



vincoli dimensionali

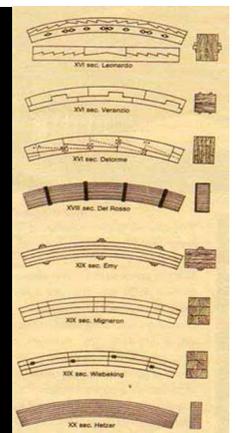


- altezza H massima = 2m (piallatura)
- spessore sezione (s=b) fra 10 e 18 cm
- raggio di curvatura R > 200 spessore (t) lamelle (circa 5m)



cenni storici

- travi composte (Leonardo)
- Philibert Delorme XVI sec. riuniva mediante chiodatura più tavole in strati sovrapposti dando approssimativamente la forma dell'arco v oluto, quindi profilando con una sega l'estradosso
- Emy nel 1823, realizzando archi mediante chiodatura di tavole unite in pacchi con bulloni
- In seguito, prima Mignerone e poi Wiebeking, misero a punto un sistema che prevedeva un arco con lamelle formate da travi curve a freddo e tenute a pressione da staffe metalliche il bloccaggio delle travi era assicurato da biete in legno che assorbivano le possibili tensioni di scorrimento.
- 1905 sviluppo dei collanti, Hetzer iniziò ad applicare la tecnica che ha portato alle attuali strutture in legno lamellare incollato.
- 1960 arriva in Italia impotrato dalla vicina Austria
- 1970 La Holzbau inizia per prima la produzione di L.L. in Italia



- **lamellazione:** permette di ovviare alla discontinuità della materia prima, scartandone le parti difettose
- **incollaggio:** permette di ricostituire tra le fibre adiacenti un collegamento meccanico il piu' possibile simile a quello originario.



ROMASAPIENZA
AT
 architettura
ENERGY

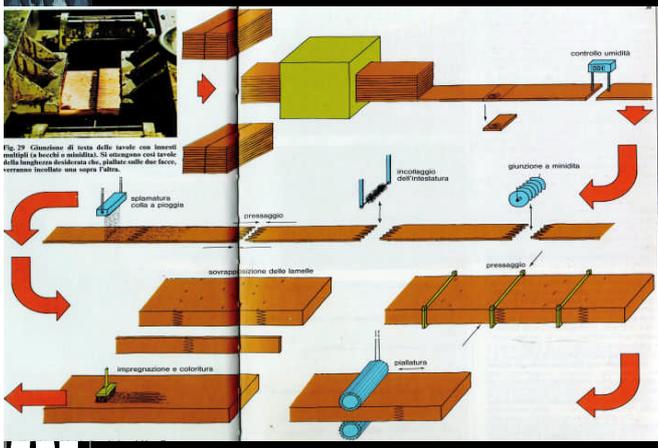
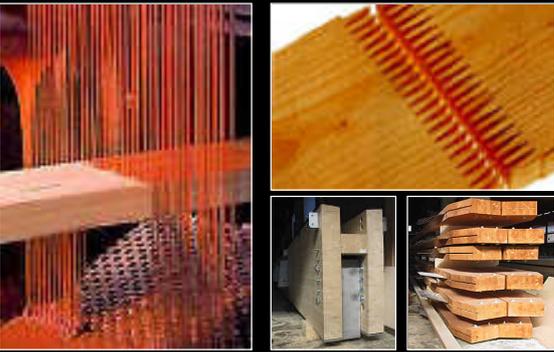


Fig. 19. Ciclo di vita delle lamine con inserti multipli (a bozze e massella). Si estraggono con tavole della sega le diverse dimensioni che, giunte nelle due file, verranno incollate una sopra l'altra.

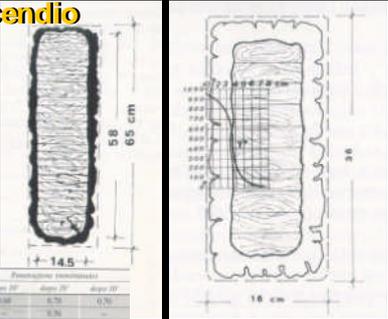
controllo umidità
 giunzione a metallo
 preseleggio
 incollaggio dell'interfaccia
 sovrapposizione delle lamine
 impregnazione e coloritura
 lamine
 colla a pioggia
 preseleggio
 preseleggio
 preseleggio
 preseleggio
 preseleggio
 preseleggio

ROMASAPIENZA
AT
 architettura
ENERGY



ROMASAPIENZA
AT
 architettura
ENERGY

sicurezza all'incendio



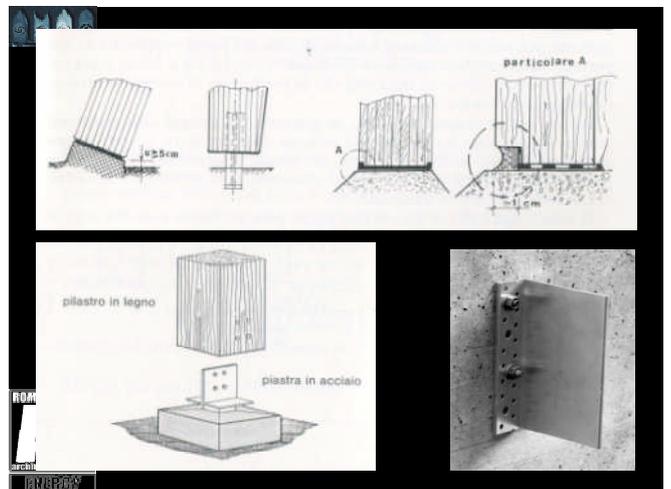
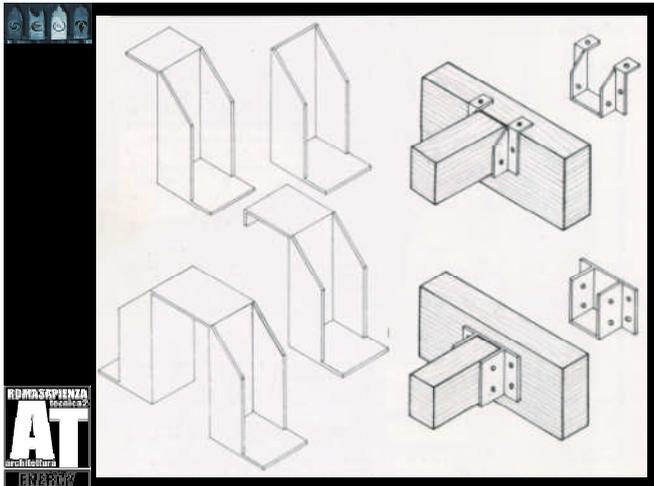
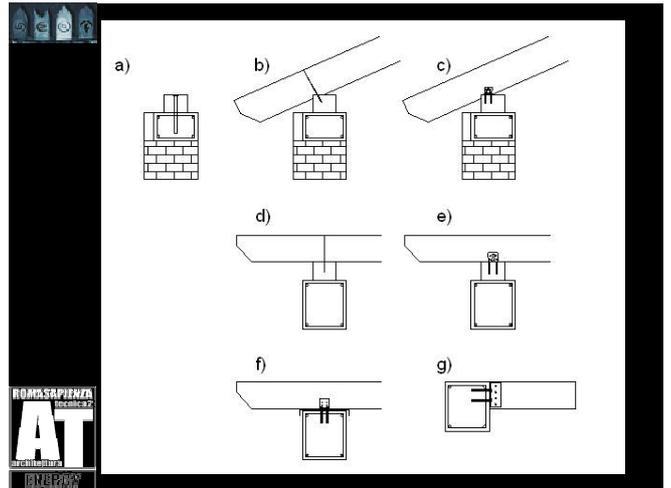
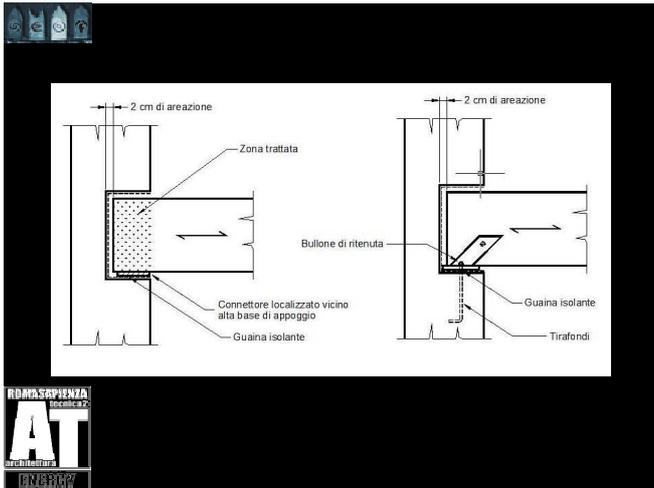
| Prestanza (classe) | Prestazioni (normalizzate) | | |
|--------------------|----------------------------|-------------|--------------|
| | Altezza (H) | Altezza (h) | Spessore (B) |
| Classe C16 | 10,00 | 10,70 | 11,70 |
| Classe C24 | 10,00 | 10,70 | 11,70 |
| Classe C30 | 10,00 | 10,70 | 11,70 |
| Classe C35 | 10,00 | 10,70 | 11,70 |
| Classe C40 | 10,00 | 10,70 | 11,70 |
| Classe C45 | 10,00 | 10,70 | 11,70 |
| Classe C50 | 10,00 | 10,70 | 11,70 |
| Classe C55 | 10,00 | 10,70 | 11,70 |
| Classe C60 | 10,00 | 10,70 | 11,70 |

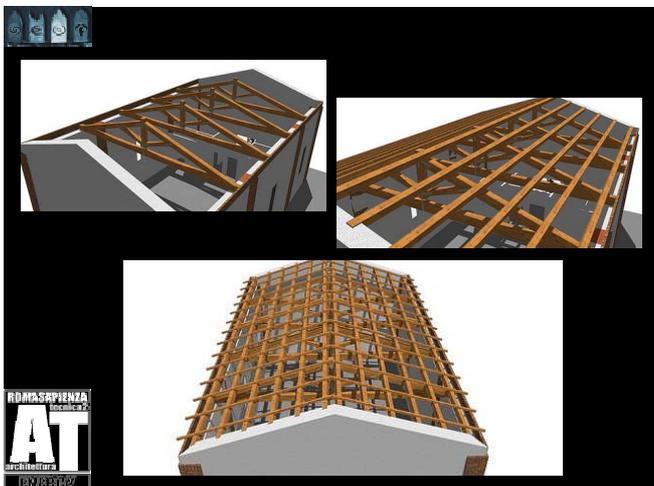
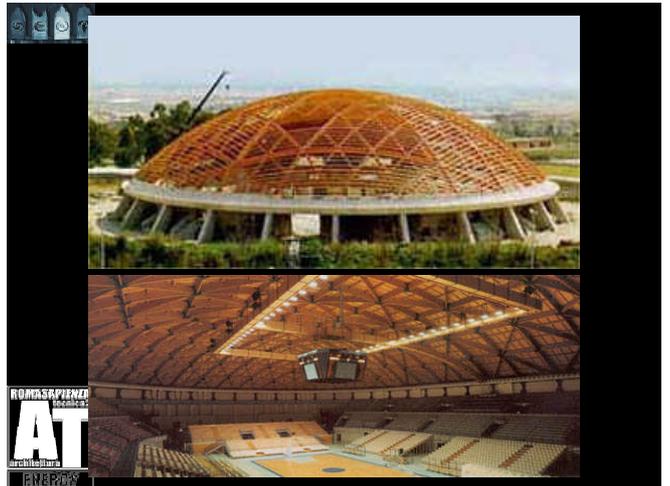
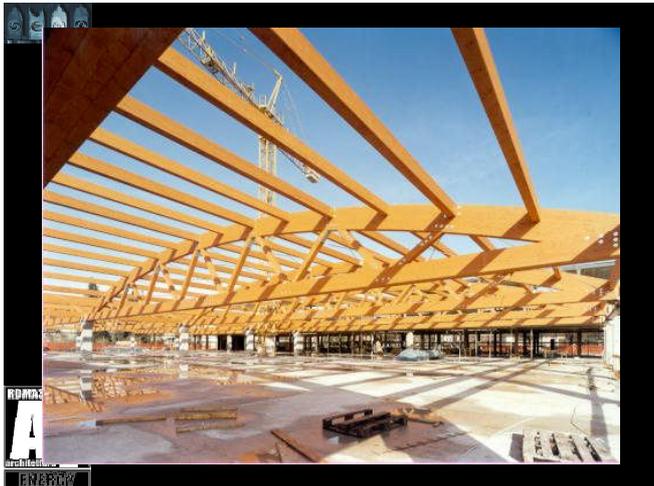
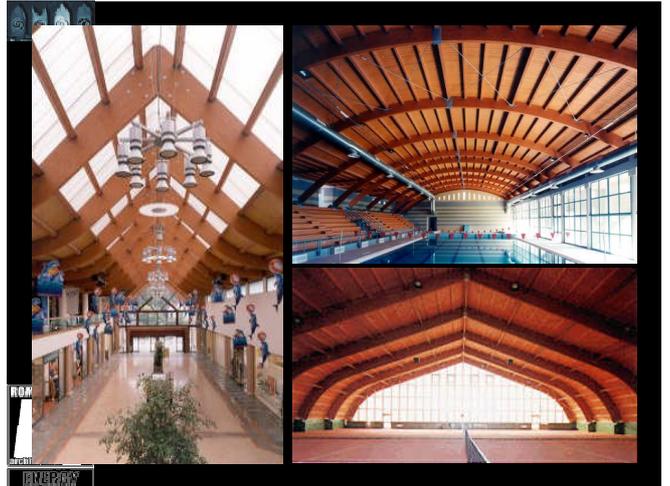
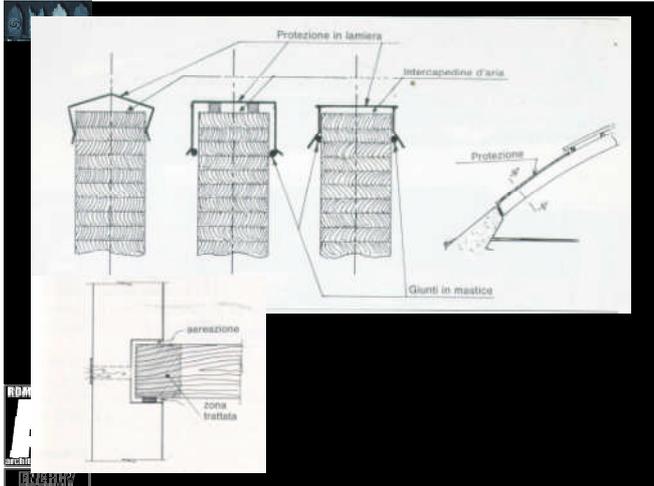
ROMASAPIENZA
AT
 architettura
ENERGY



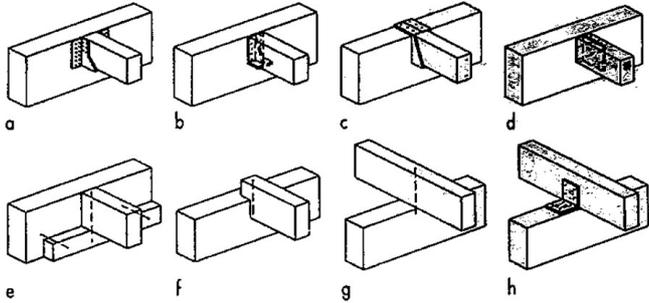
ROMASAPIENZA
AT
 architettura
ENERGY



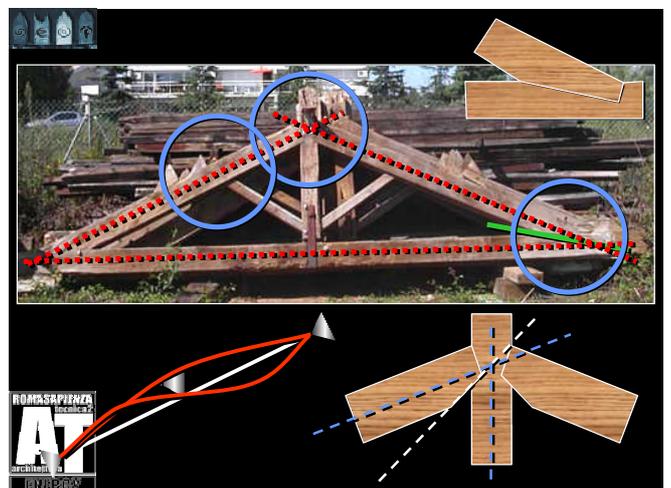
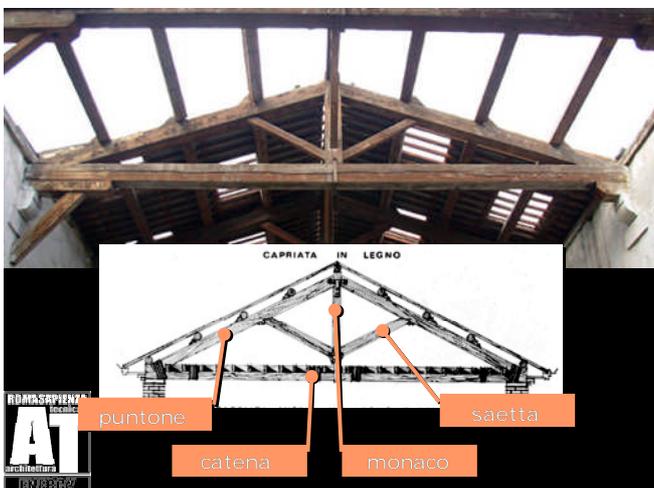
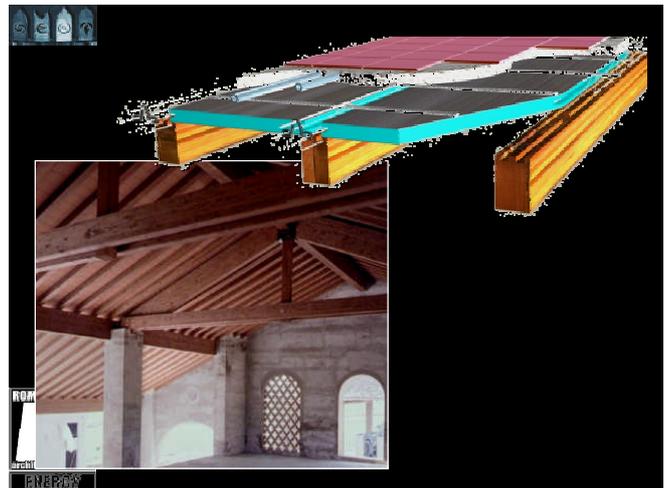


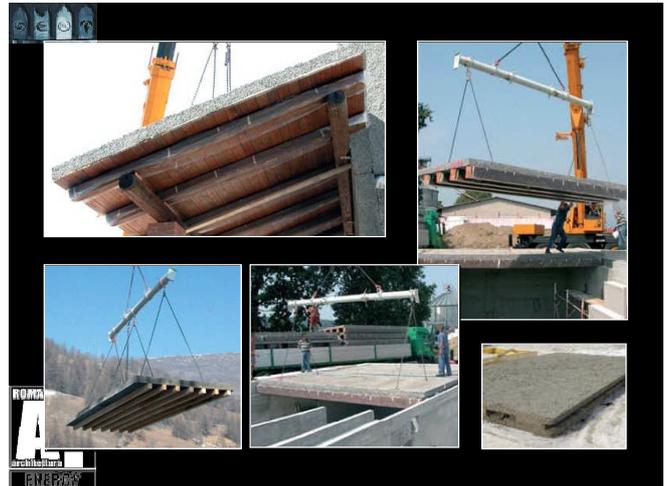
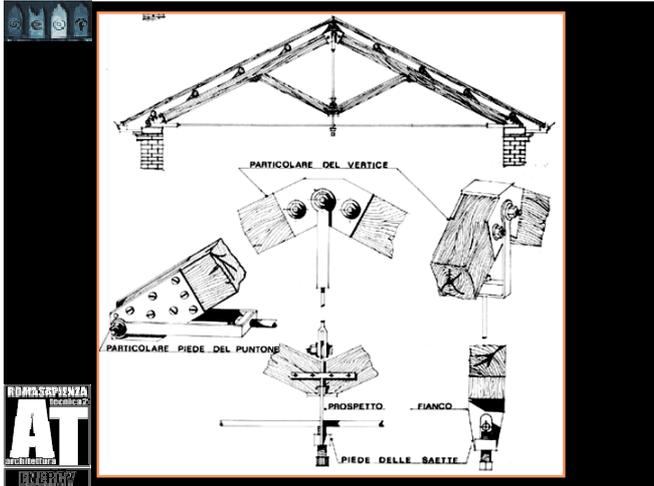


| TIPO DI STRUTTURA | l (m) | h/l | interasse a (m) |
|--|-------|---------------------|-----------------|
| TRAVE IN LEGNO LAMELLARE A SEZIONE RETTANGOLARE | 10-40 | 1/17 (b=10-40cm) | 4-12 |
| TRAVE IN LEGNO LAMELLARE A SEZIONE RETTANGOLARE SU PIU' APPOGGI | 10-30 | 1/20 | 4-12 |
| TRAVE IN LEGNO LAMELLARE RETICOLARE CON ASTE DIAGONALI | 30-80 | 1/14 | 4-12 |
| TRAVE IN LEGNO LAMELLARE RETICOLARE CON ASTE DIAGONALI E VERTICALI | 30-80 | 1/12 | 4-12 |



| TIPO DI STRUTTURA | | l (m) | h/l | interasse a (m) |
|--|--|-------|-----------|-----------------|
| SOLAI CON TRAVI MAESTRE E TRAVI SECONDARIE | | 4-7 | 1/12 | 3-5 |
| PIASTRA O PANNELLI DI SOLAI CON NORVATURE E COMPENSATO STRUTTURALE | | 3-5 | 1/20 | 0.40 |
| CASSETTONATO IN TRAVI DI LEGNO LAMELLARE | | 12-25 | 1/16-1/30 | 2-7 |





Il valore nominale del carico d'incendio specifico è determinato con la seguente relazione:

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \cdot g_i \cdot m_i \cdot \Psi_i}{A} \quad [\text{MJ/m}^2]$$

- g_i è la massa dell'esimo materiale combustibile, espresso in kg;
- H_i è il potere calorifico inferiore dell'esimo materiale combustibile, espresso in MJ/kg;
- m_i è il fattore di partecipazione alla combustione dell'esimo materiale combustibile, pari a 0,85 per i materiali di natura cellulosa e 1,0 per tutti gli altri materiali combustibili;
- Ψ_i è il fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell'esimo materiale combustibile, pari a 0 per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco; 0,85 per i materiali contenuti in contenitori non combustibili e non appositamente progettati per resistere al fuoco; 1,0 in tutti gli altri casi;
- A è la superficie in pianta lorda del compartimento (ovvero la superficie in pianta compresa entro il perimetro interno delle pareti delimitanti il compartimento).

Il valore del carico d'incendio specifico di progetto è determinato con la seguente relazione:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_{t1} \cdot q_f \quad [\text{MJ/m}^2]$$

Tabella 1 dell'Allegato al DM 9.3.2007

| Superficie in pianta lorda del compartimento (m ²) | δ_{21} | Superficie in pianta lorda del compartimento (m ²) | δ_{21} |
|--|---------------|--|---------------|
| A < 500 | 1,00 | 2.500 < A < 5.000 | 1,60 |
| 500 < A < 1.000 | 1,20 | 5.000 < A < 10.000 | 1,80 |
| 1.000 < A < 2.500 | 1,40 | A ≥ 10.000 | 2,00 |

Tabella 2 dell'Allegato al DM 9.3.2007

| Classe di rischio | Descrizione | δ_{21} |
|-------------------|--|---------------|
| I | Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte della squadra di emergenza | 0,80 |
| II | Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza | 1,00 |
| III | Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte della squadra di emergenza | 1,20 |

Tabella 3 dell'Allegato al DM 9.3.2007

| δ_{21} Funzione delle misure di protezione | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|----------------|---|------------------------|---|----------------|-------------------------|----------------|------------------------------|----------------|--|----------------|
| Sistemi automatici di estinzione | | Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore | | Sistemi automatici di rivelazione segnalazione e allarme incendio | | Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio | | Rete idrica antincendio | | Percorsi protetti di accesso | | Accessibilità ai mezzi di soccorso VVF | |
| ad acqua δ_{211} | altro δ_{212} | δ_{213} | δ_{214} | δ_{215} | interna δ_{216} | esterna δ_{217} | δ_{218} | δ_{219} | δ_{219} | δ_{219} | δ_{219} | δ_{219} | δ_{219} |
| 0,60 | 0,80 | 0,90 | 0,85 | 0,90 | 0,90 | 0,80 | 0,90 | 0,80 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |

Tabella 4 dell'Allegato al DM 9.3.2007

| Carichi d'incendio specifici di progetto ($q_{p,d}$) | Classe | Carichi d'incendio specifici di progetto ($q_{p,d}$) | Classe |
|--|--------|--|--------|
| Non superiore a 100 MJ/m ² | 0 | Non superiore a 900 MJ/m ² | 60 |
| Non superiore a 200 MJ/m ² | 15 | Non superiore a 1.200 MJ/m ² | 90 |
| Non superiore a 300 MJ/m ² | 20 | Non superiore a 1.800 MJ/m ² | 120 |
| Non superiore a 450 MJ/m ² | 30 | Non superiore a 2.400 MJ/m ² | 180 |
| Non superiore a 600 MJ/m ² | 45 | Superiore a 2.400 MJ/m ² | 240 |

resistenza al fuoco

Attitudine di un elemento da costruzione a conservare la stabilità R, la tenuta E e l'isolamento termico I.

| | | |
|--------|--------|---------|
| R 45 | R 60 | R 120 |
| RE 45 | RE 60 | RE 120 |
| REI 45 | REI 60 | REI 120 |

La stabilità è l'attitudine di un elemento a conservare la resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco.

La tenuta è l'attitudine di un elemento a non lasciar passare né produrre (se sottoposto all'azione del fuoco su un lato) fiamme vapori o gas caldi sul lato non esposto al fuoco.

L'isolamento termico è l'attitudine a ridurre (entro un dato limite) la trasmissione del calore.



reazione al fuoco

Ai materiali vengono assegnate varie classi: 0, 1, 2, 3, 4, 5 con l'aumentare della loro partecipazione alla combustione, a partire dalla classe 0 che viene assegnata ai **materiali incombustibili**.

Certificati attestanti la classe di appartenenza dei materiali vengono rilasciati da Centro Studi ed Esperienze del ministero dell'Interno o da laboratori privati legalmente riconosciuti dal Ministero stesso.




PULTRUDED FIBERGLASS vs. Traditional Materials

| | FRP | Steel | Aluminum | Timber |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Corrosion Resistance | High | Low | Medium | Low |
| Strength | High | High | High | Low |
| Weight | Low | High | Low | Medium |
| Electrical Conductivity | Low | High | High | Moderate |
| Thermal Conductivity | Very Low | High | High | Low |
| EMI/RFI Transparency | Yes | No | No | Yes |
| Fabrication | Easy | Easy | Moderate | Easy |
| Life Cycle Cost | Low | Moderate | Moderate | High |
| Environmental Impact | Low | High | High | Low |





progettazione strutturale

- **approccio tradizionale**
 - modellazione semplificata
 - ordito e impalcato
 - grigliato
 - impalcato autoportante
 - telaio piano
 - meridiani e paralleli
 - guscio
- **approccio innovativo**
 - modelli parametrici
 - modellazione procedurale

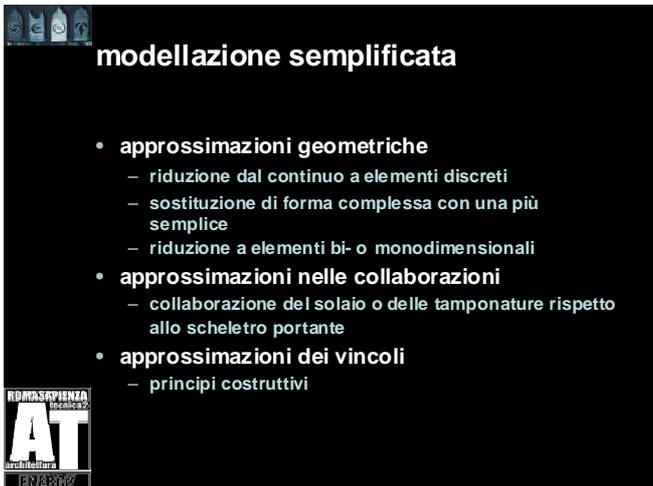
ENERGY



progettazione strutturale

- **approccio tradizionale**
 - disegno di soluzioni di progetto
 - ottimizzazione in fase esecutiva
 - forme regolari e soluzioni ripetibili
- **va bene per realizzazioni dalle forme geometriche "euclidee"**

ROVASSAPPIENZA
idraulica 2
AT
architettura
ENERGY



modellazione semplificata

- **approssimazioni geometriche**
 - riduzione dal continuo a elementi discreti
 - sostituzione di forma complessa con una più semplice
 - riduzione a elementi bi- o monodimensionali
- **approssimazioni nelle collaborazioni**
 - collaborazione del solaio o delle tamponature rispetto allo scheletro portante
- **approssimazioni dei vincoli**
 - principi costruttivi

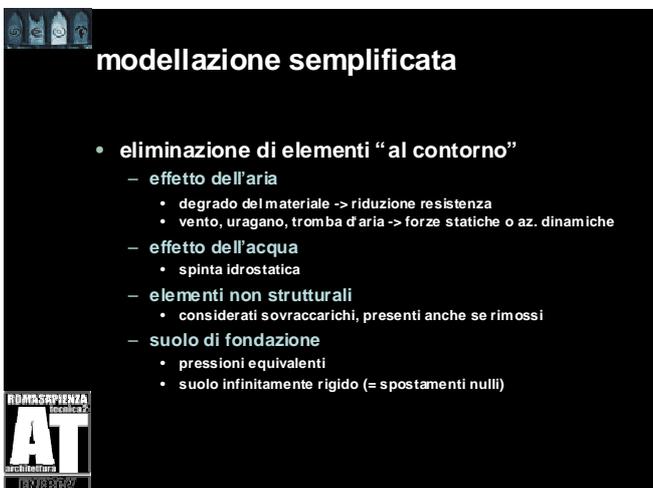
ROVASSAPPIENZA
idraulica 2
AT
architettura
ENERGY



modellazione semplificata

- **schemi semplificati**
(riduzione dimensioni, introduzione discontinuità strutturali, vincoli ideali, esecuzione priva di imperfezioni)
 - procedimento di tipo intuitivo
 - per azioni dirette è cautelativo ridurre continuità, collaborazioni, grado di vincolo
 - per azioni indirette è cautelativo fare il contrario

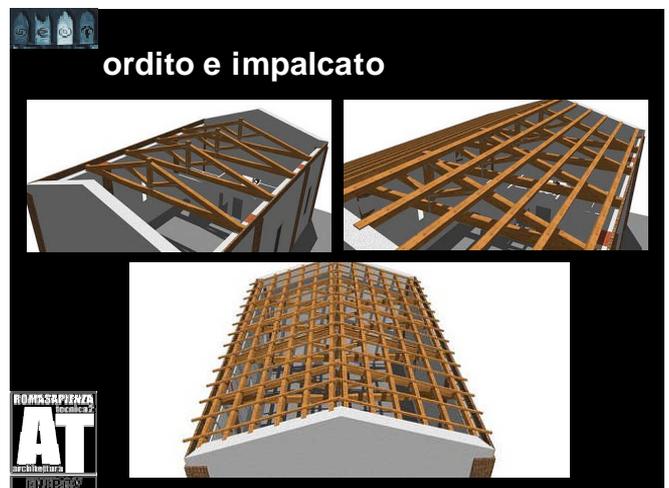
ROVASSAPPIENZA
idraulica 2
AT
architettura
ENERGY



modellazione semplificata

- **eliminazione di elementi "al contorno"**
 - effetto dell'aria
 - degrado del materiale -> riduzione resistenza
 - vento, uragano, tromba d'aria -> forze statiche o az. dinamiche
 - effetto dell'acqua
 - spinta idrostatica
 - elementi non strutturali
 - considerati sovraccarichi, presenti anche se rimossi
 - suolo di fondazione
 - pressioni equivalenti
 - suolo infinitamente rigido (= spostamenti nulli)

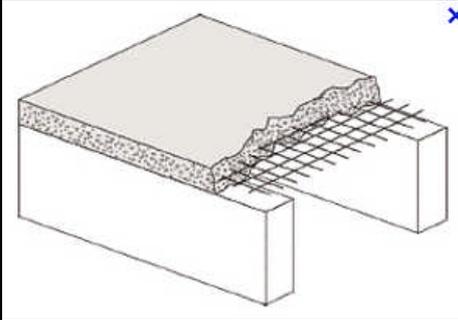
ROVASSAPPIENZA
idraulica 2
AT
architettura
ENERGY



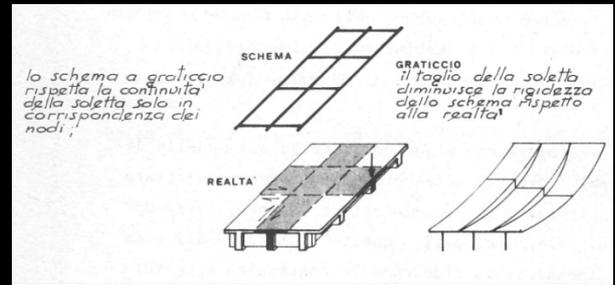
ordito e impalcato

ROVASSAPPIENZA
idraulica 2
AT
architettura
ENERGY

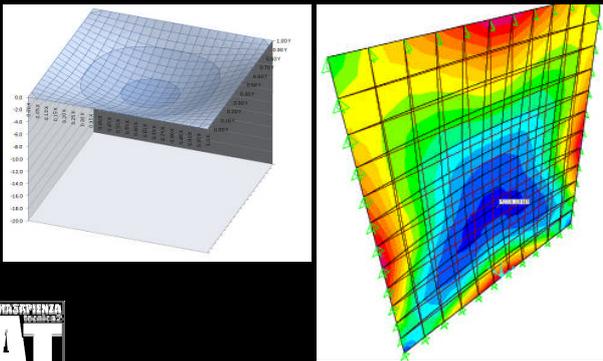
impalcato autoportante



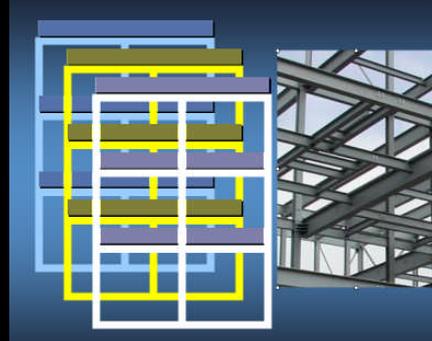
grigliato



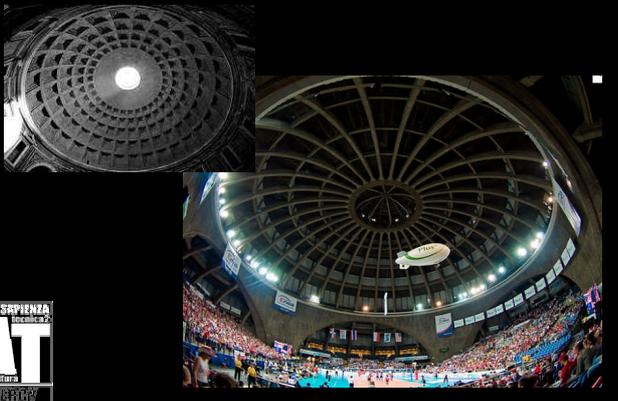
piastra



telaio piano



meridiani e paralleli



guscio



progettazione strutturale

- **approccio innovativo**
 - modelli parametrici
 - forme non riconducibili a elementi standardizzabili
- **necessario per realizzazioni dalle forme complesse**

AT
ARCHITETTURA
ENERGY

modellazione parametrica

- **modellazione procedurale**
- **la soluzione di dettaglio diventa prerogativa fondamentale del progetto**
 - infatti è possibile personalizzare il prodotto industriale ma poi subentra l'effetto puzzle
- **il modello contiene al suo interno la soluzione costruttiva, fatta di elementi e connessioni (il più possibile uguali tra loro)**

AT
ARCHITETTURA
ENERGY

modellazione parametrica

- **modellazione procedurale**
 - relazione tra progettista e produttore
 - trasferimento tecnologico da altri settori produttivi
 - "file to factory" = produzione direttamente dal modello, senza elaborati cartacei
 - software evoluti o sviluppati ad hoc

Da citare sono senz'altro i prodotti della Dassault Systèmes, a partire dal celeberrimo **CATIA**, reso noto dall'uso fatto da Frank Gehry che ne ha potuto una versione ridotta ad uso espressamente architettonico frutto dell'esperienza del suo studio, messa sul mercato col nome di Digital Project da parte di una società che ha preso il nome di Gehry Technologies.

The main difference in Autodesk's Revit software and Gehry Technologies Digital Project is that Revit is a BIM software which recognizes each unique building piece as a separate entity and stores characteristic data on it; for example a steel beam would contain all the information of the geometry, structural and visual characteristics of the beam and would be broken down into it's components in each dimension within space (X,Y,Z) requiring alot of data to be stored simply for one beam. Whereas a 3D modelling software only recognizes the points in space of the steel beam, resulting in less data per beam and the ability to create complex geometric structures.

AT
ARCHITETTURA
ENERGY

