



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TRIESTE**



Ing. Carlo Antonio Stival  
via A. Valerio 6/1  
34127 Trieste  
+390405583489  
cstival@units.it

**LEZIONE**

**3**

## Chiusure orizzontali

intermedie e superiori: la copertura degli ambienti

---

A. A. 2021-2022

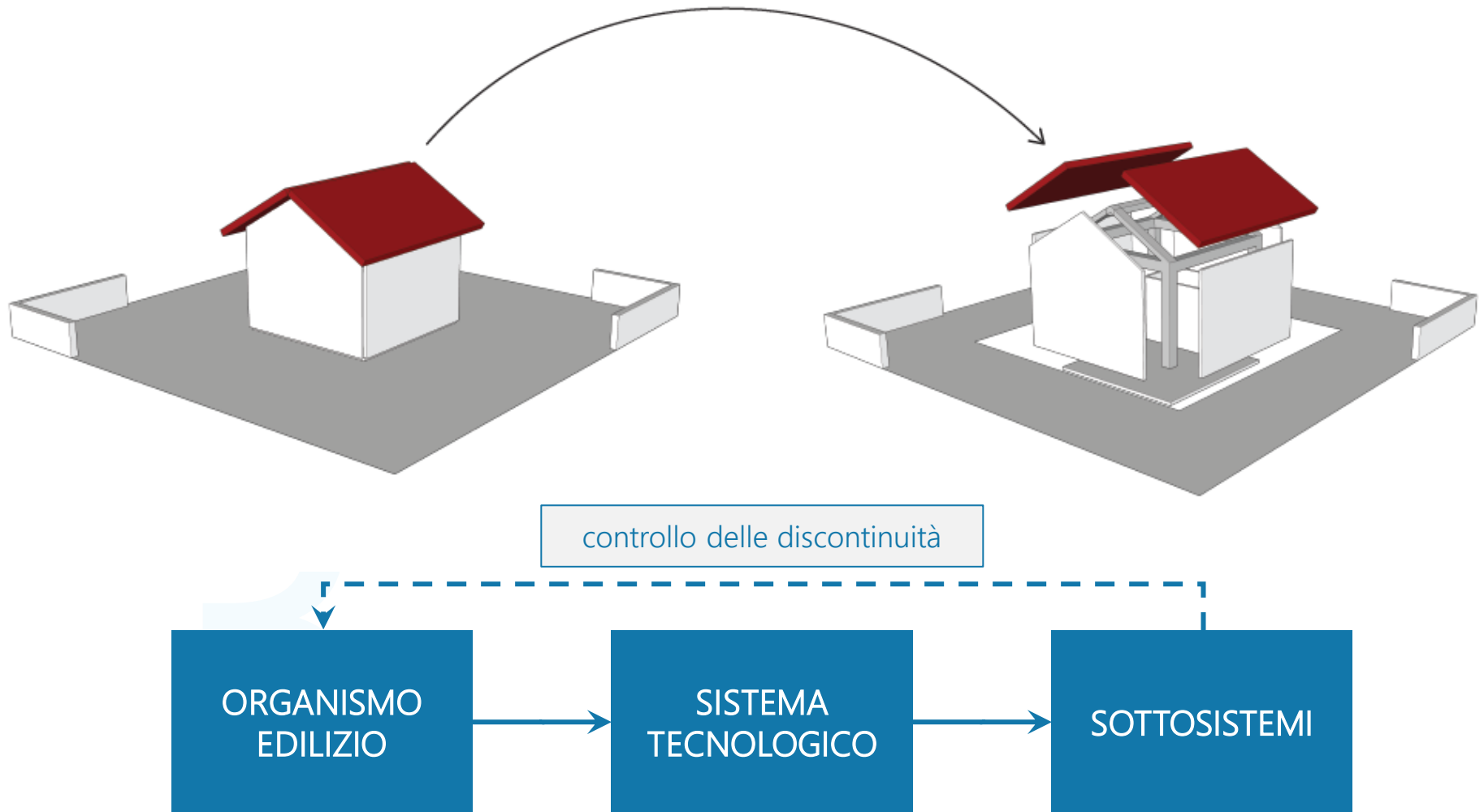
Laboratorio di Progettazione Tecnologica dell'Architettura  
Corso di Metodi e Strumenti di Progettazione Tecnologica

# 3.1

---

Generalità

# Alcune definizioni



# Alcune definizioni

SISTEMA	SUBSISTEMA/ UNITÀ TECNOLOGICA	UNITÀ TECNOLOGICA										
	Strutture portanti	Strutture di fondazione	Strutture in elevazione	Strutture di contenim.								
	Chiusure	Chiusure verticali	Chiusure orizzontali inferiori	Chiusure orizz. spazi esterni	Chiusure orizzontali superiori	Insieme di u. t. e di e. t. aventi funzione di separare e di conformare gli spazi interni del sistema edilizio stesso rispetto all'esterno						
	Partizioni interne	Partizioni interne verticali	Partizioni interne orizzontali	Partizioni interne inclinate		Insieme di u. t. e di e. t. aventi funzione di separare e di conformare gli spazi interni del sistema edilizio						
<b>Sistema Tecnologico</b>	Partizioni esterne	Partizioni esterne verticali	Partizioni esterne orizzontali	Partizioni esterne inclinate		Insieme di u. t. e di e. t. aventi funzione di separare e di conformare gli spazi esterni connessi con il sistema edilizio stesso						
	Impianti fornit. servizi	Impianti climatizz.	Impianti idro sanitario	Impianto smaltim. liquidi	Impianto smaltim. aeriformi	Impianto smaltim. solidi	Impianto distribuz. gas	Impianto elettrico	Impianto telecom.	Impianto fisso	Impianto trasporto	
	Impianti di sicurezza	Impianto antincendio	Impianto messa a terra	Impianto parafulmini	Impianto antifurto / antintrus.							
	Attrezzatura interna	Arredo domestico	Blocco servizi									
	Attrezzatura esterna	Arredo esterno collettivo	Allestim. esterno									

# Alcune definizioni

SISTEMA	SUBSISTEMA/ UNITÀ TECNOLOGICA	UNITÀ TECNOLOGICA								
	Strutture portanti	Strutture di fondazione	Strutture in elevazione	Strutture di contenim.						
	Chiusure	Chiusure verticali	Chiusure orizzontali inferiori	Chiusure orizz. spazi esterni	Chiusure orizzontali superiori	PAVIMENTI SOLAI CONTROTERRA	SOLAI SU SPAZI ESTERNI			COPERTURE
	Partizioni interne	Partizioni interne verticali	Partizioni interne orizzontali	Partizioni interne inclinate		SOLAI SOPPALCHI				
	Partizioni esterne	Partizioni esterne verticali	Partizioni esterne orizzontali	Partizioni esterne inclinate		BALCONI LOGGE AGGETTI				
	Impianti fornit. servizi	Impianti climatizz.	Impianti idro sanitario	Impianto smaltim. liquidi	Impianto smaltim. aeriformi	Impianto smaltim. solidi	Impianto distribuz. gas	Impianto elettrico	Impianto telecom.	Impianto fisso trasporto
	Impianti di sicurezza	Impianto antincendio	Impianto messa a terra	Impianto parafulmini	Impianto antifurto / antintrus.					
	Attrezzatura interna	Arredo domestico	Blocco servizi							
	Attrezzatura esterna	Arredo esterno collettivo	Allestim. esterno							
<b>Sistema Tecnologico</b>										

# Alcune definizioni



# Alcune definizioni



Chiusura  
verticale  
trasparente

Partizione  
esterna (O)

Chiusura  
verticale opaca

# Alcune definizioni



Chiusura superiore

Chiusura verticale trasparente

Partizione interna (O)

Partizione interna (V)



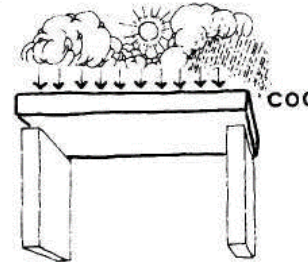
# Funzioni di chiusure e partizioni orizzontali

CHIUSURE E  
PARTIZIONI  
ORIZZONTALI

funzioni

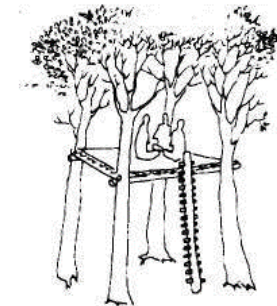
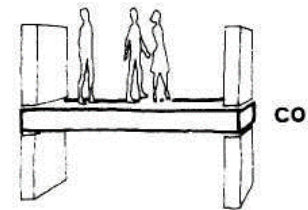
C.O. Superiori  
o di copertura

Costituire il confine tra  
interno ed esterno  
Garantire condizioni di  
comfort



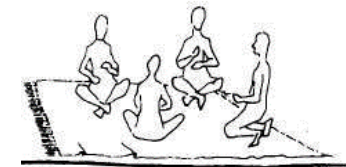
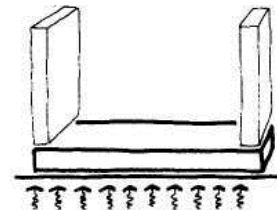
P.O. Interne  
o C.O. Intermedie

Costituire superfici per  
lo svolgimento delle  
attività



C.O. Inferiori  
o di Base

Costituire il confine tra  
interno ed esterno  
Garantire condizioni di  
comfort



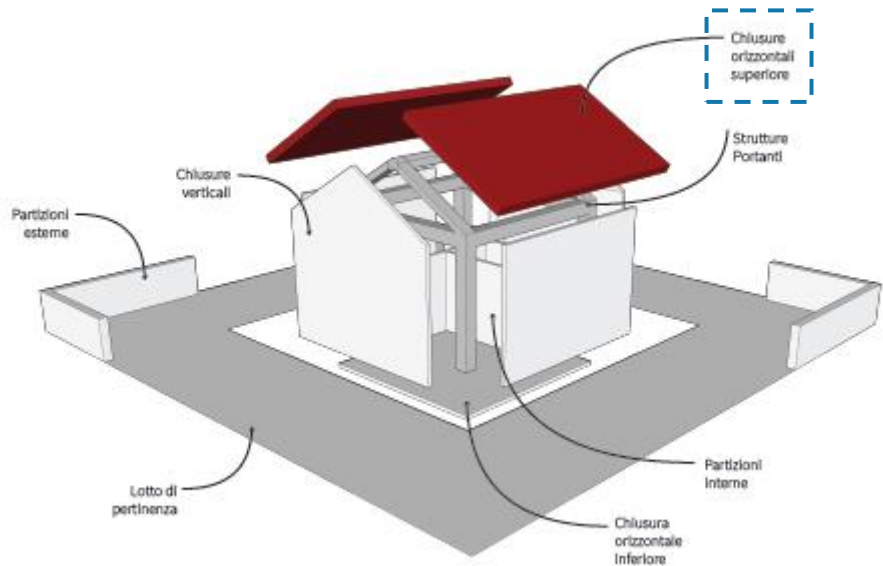
3

# Funzioni di chiusure e partizioni orizzontali

La **chiusura superiore** è l'insieme delle unità tecnologiche e degli elementi del sistema edilizio avente funzione di **separare** e **conformare** gli **spazi interni** del sistema edilizio dallo **spazio esterno sovrastante**.

Le funzioni espletate dalle chiusure orizzontali superiori, oltre alla **resistenza** a **carichi propri** e **d'esercizio** sono:

- la **protezione** dagli **agenti atmosferici** e la **tenuta all'acqua** e **all'aria**;
- il **controllo** delle **condizioni igrotermiche** rispetto alle condizioni previste negli ambienti sottostanti;
- la **resistenza** ai **carichi variabili** (neve e vento);
- il **controllo** e la riduzione delle **dispersioni energetiche** nella stagione invernale;
- il **controllo** dei **carichi termici estivi**, alla quale sono particolarmente sensibili;
- l'eventuale **praticabilità**, che comporta un'ulteriore valutazione dei carichi variabili e la predisposizione di **elementi tecnici** per la **fruizione in sicurezza**.



# Funzioni di chiusure e partizioni orizzontali

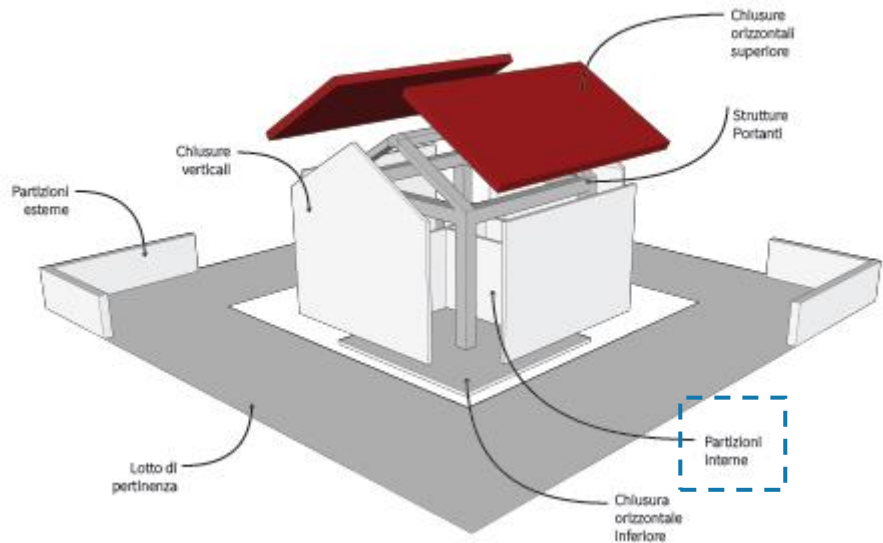
Le **partizioni interne** costituiscono l'insieme di unità tecnologiche ed elementi tecnici che suddividono gli spazi interni del sistema edilizio.

Le partizioni orizzontali **dividono** in **senso orizzontale** l'edificio e possono essere **piane** o **inclinate**.

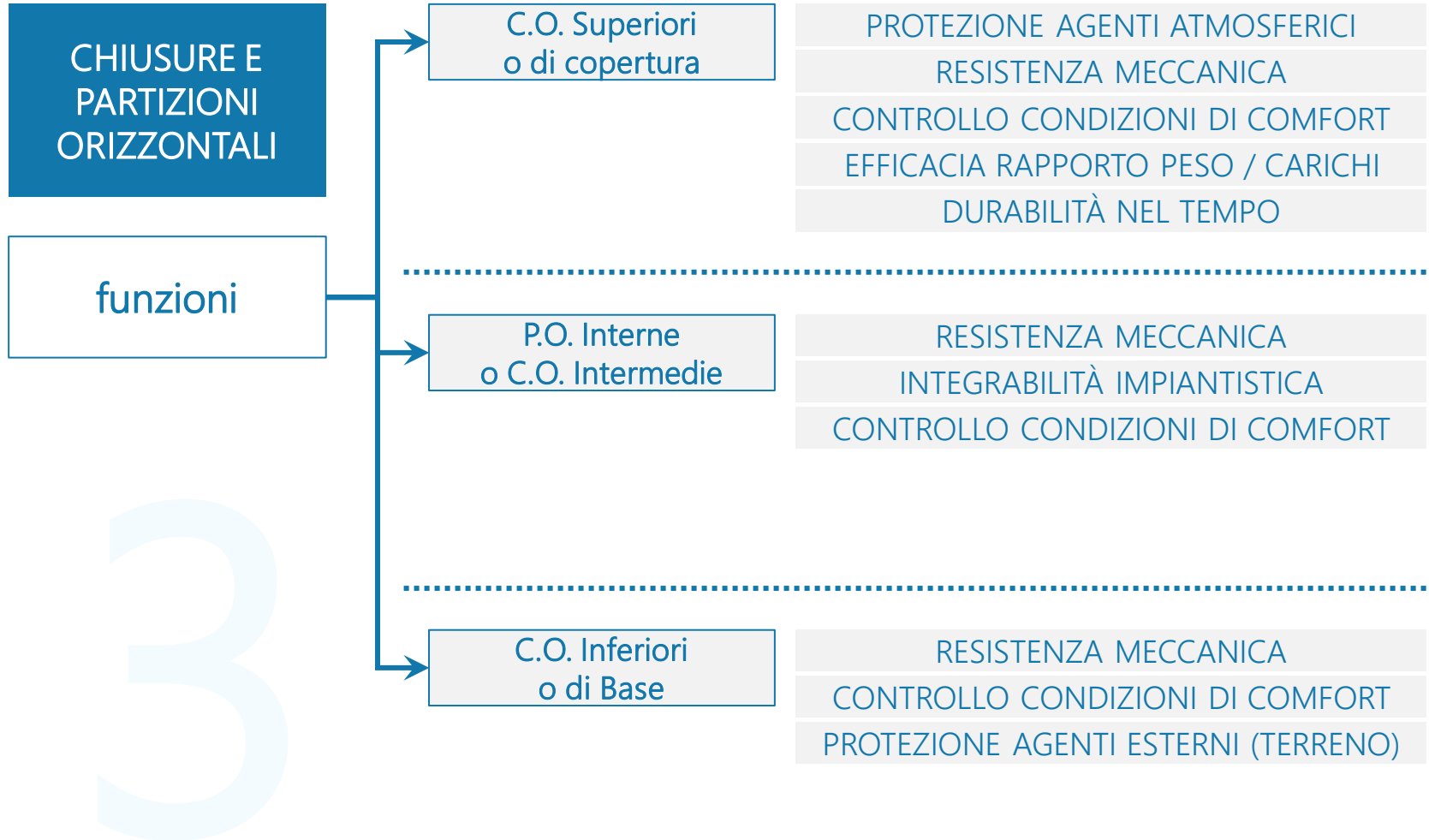
Con riferimento al singolo spazio monolivello, sono anche dette chiusure **orizzontali intermedie**.

Le funzioni espletate dalle partizioni orizzontali sono essenzialmente:

- la **resistenza a carichi propri e d'esercizio** (struttura inflessa in quanto poggiata su elementi lineari);
- l'«**isolamento acustico**»;
- (eventuale) **resistenza al fuoco**;
- l'**igiene** delle superfici;
- l'**integrità impiantistica**. Va evidenziato come gli impianti possano trovare una installazione autonoma secondo criteri di flessibilità e rimovibilità.



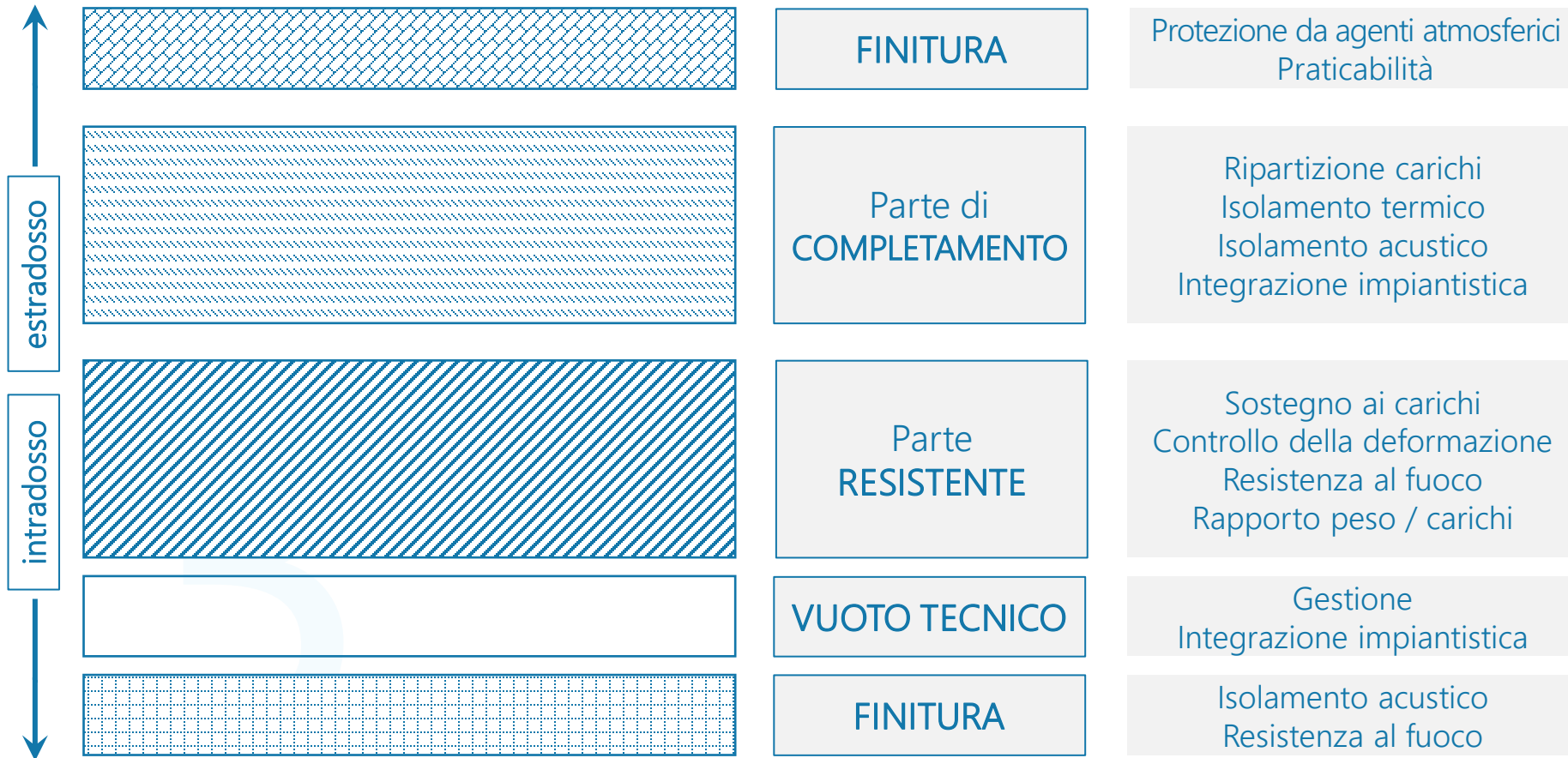
# Funzioni di chiusure e partizioni orizzontali



# 3

# Strati funzionali

Esploso per composizione degli elementi tecnologici di copertura degli ambienti



# 3.2

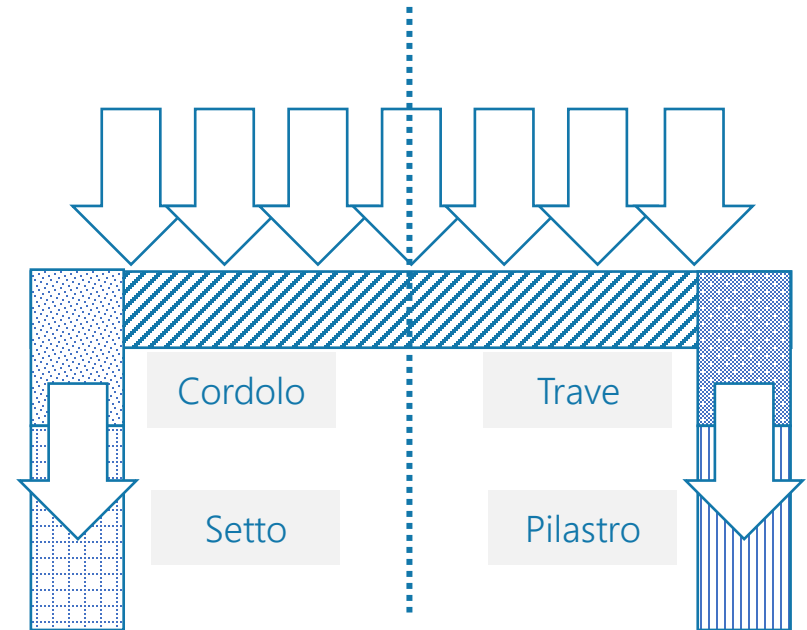
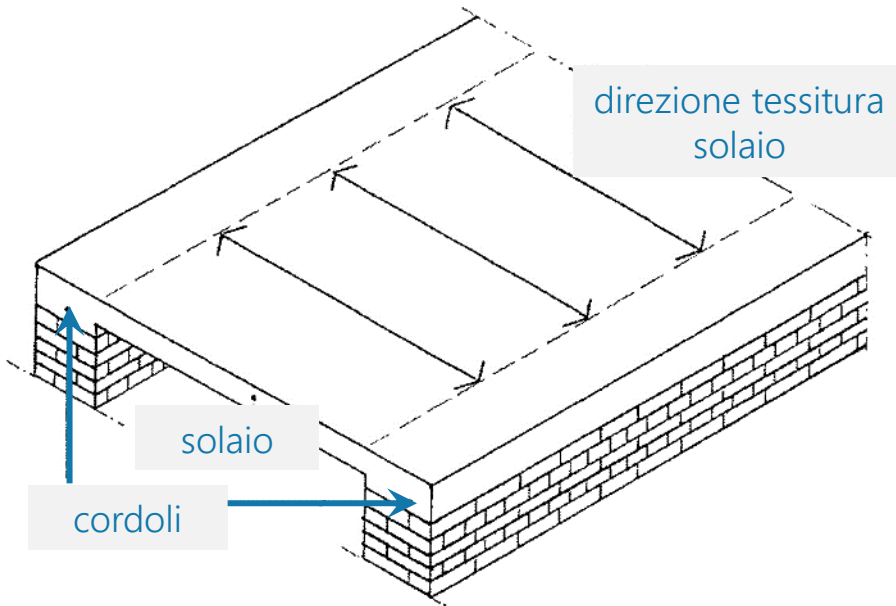
---

## La trasmissione dei carichi

# Sicurezza e resistenza meccanica

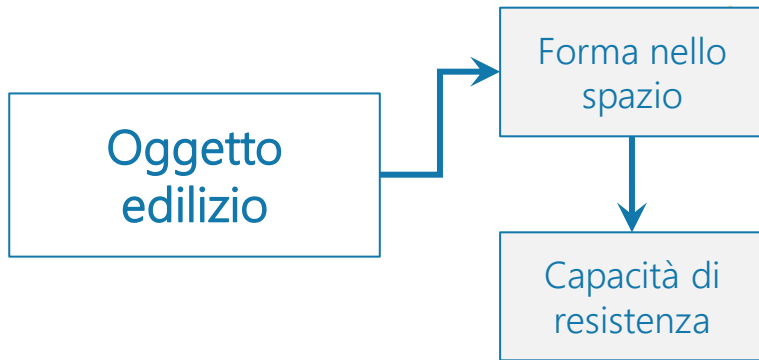
La **parte resistente** si occupa di **sopportare** i **carichi** permanenti e variabili e **trasferirli** agli **elementi portanti principali**.

Allo stesso tempo, per configurazione geometrica essa costituisce l'elemento di **irrigidimento** orizzontale (**controvento di piano**).

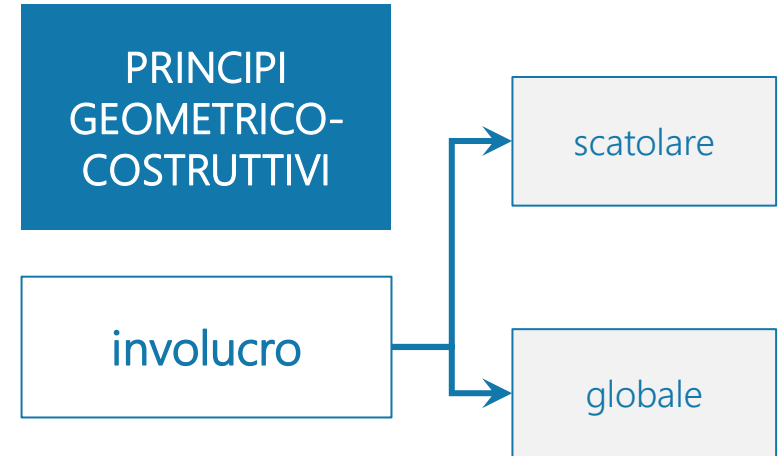


# Sicurezza e resistenza meccanica

Il **meccanismo interno** di **trasmissione** dei **carichi** è correlato ai **principi geometrico – costruttivi**.



Tali principi evidenziano le **relazioni intercorrenti** tra le **parti** dell'**apparecchiatura costruttiva** per consentirne la **realizzabilità**.



L'involucro **scatolare** si compone di chiusure verticali e orizzontali a definire una forma prismatica.

In questo modo, la verifica di stabilità si differenzia per elementi **verticali** ed **orizzontali** in termini di **azioni trasmesse**, **carichi** permanenti e variabili, **elementi portanti principali** e **secondari**.

L'involucro **globale** racchiude lo spazio interno **senza soluzioni di continuità**, rendendo complessa la **distinzione** tra le **chiusure verticali** e la **chiusura orizzontale**.

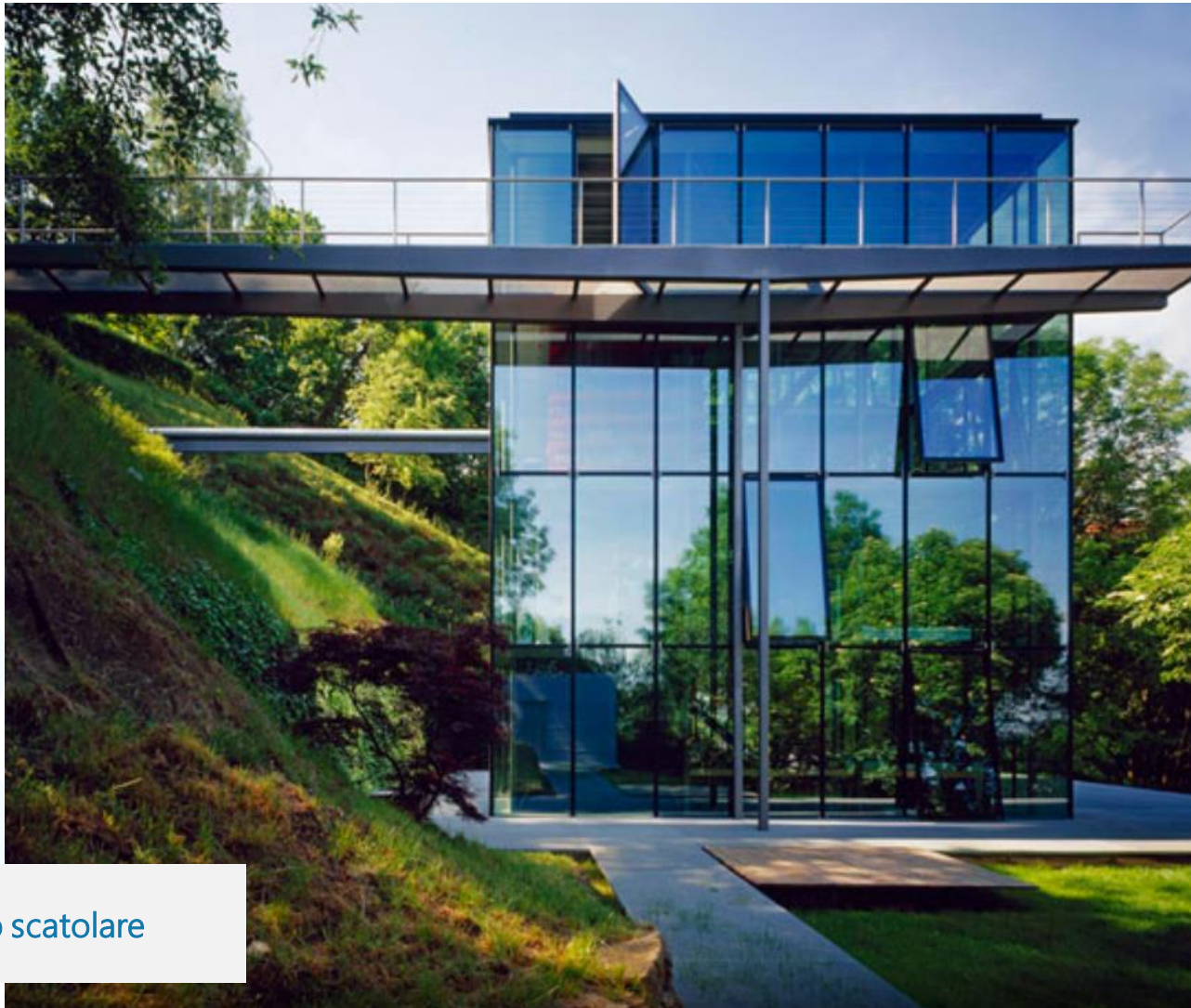


# Sicurezza e resistenza meccanica



Involucro scatolare

# Sicurezza e resistenza meccanica



Involucro scatolare

# Sicurezza e resistenza meccanica



Involucro globale

# Sicurezza e resistenza meccanica



Involucro globale

# Modalità di trasmissione dei carichi

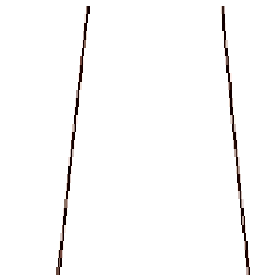
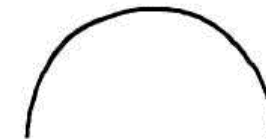
APPARECCHIATURE  
COSTRUTIVE

modalità

flessione

compressione

trazione



3



FLESSIONE  
(solai)

# Modalità di trasmissione dei carichi



COMPRESSIONE  
(volte)



COMPRESSIONE  
(gusci)



# Modalità di trasmissione dei carichi



TRAZIONE  
(volte sottese)

# 3.3

---

## Procedimenti di realizzazione

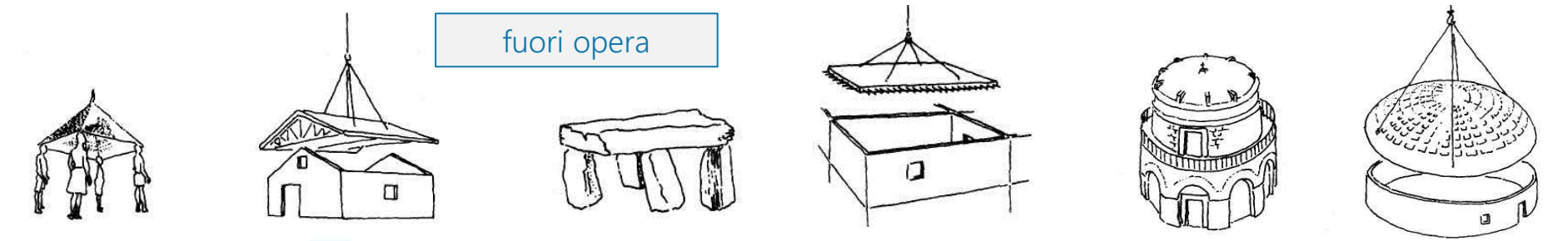
# Modalità di realizzazione

La realizzazione **fuori opera** prevede la copertura della luce mediante un **unico elemento**, costruito **fuori cantiere**, che funge da **coperchio**.

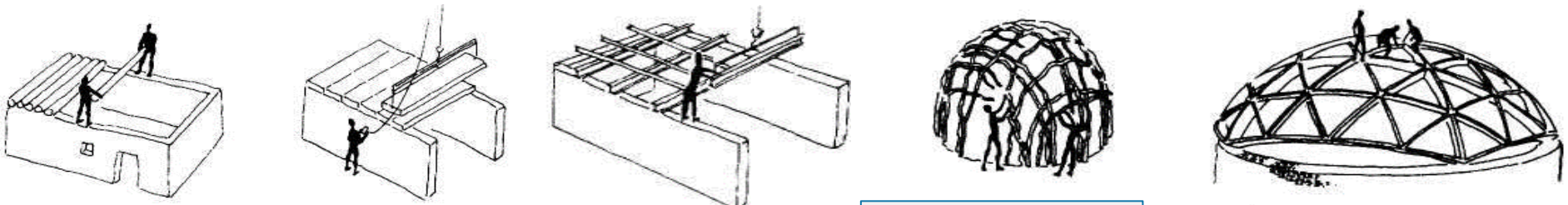
La realizzazione **in opera** prevede la **modellazione progressiva** del solaio per **concrezione** o per **composizione** di più elementi.



fuori opera



in opera



# Modalità di realizzazione

Un solaio ad **elementi autoportanti** copre la luce con **elementi accostati** tra di loro, resistenti a flessione, ed eventualmente solidarizzati.

Nella modalità a **ordito** e **impalcato**, uno o più ordini di travi (ordito) riduce la luce libera complessiva in campi di dimensione minore, affrontabili da **elementi** di completamento di **piccole dimensioni** (impalcato).



# Modalità di realizzazione

Un solaio ad **elementi autoportanti** copre la luce con **elementi accostati** tra di loro, resistenti a flessione, ed eventualmente solidarizzati.

Nella modalità a **ordito** e **impalcato**, uno o più ordini di travi (ordito) riduce la luce libera complessiva in campi di dimensione minore, affrontabili da **elementi** di completamento di **piccole dimensioni** (impalcato).



# Modalità di realizzazione



Impalcato  
(lamiera grecata  
+ soletta cls)

Trave secondaria

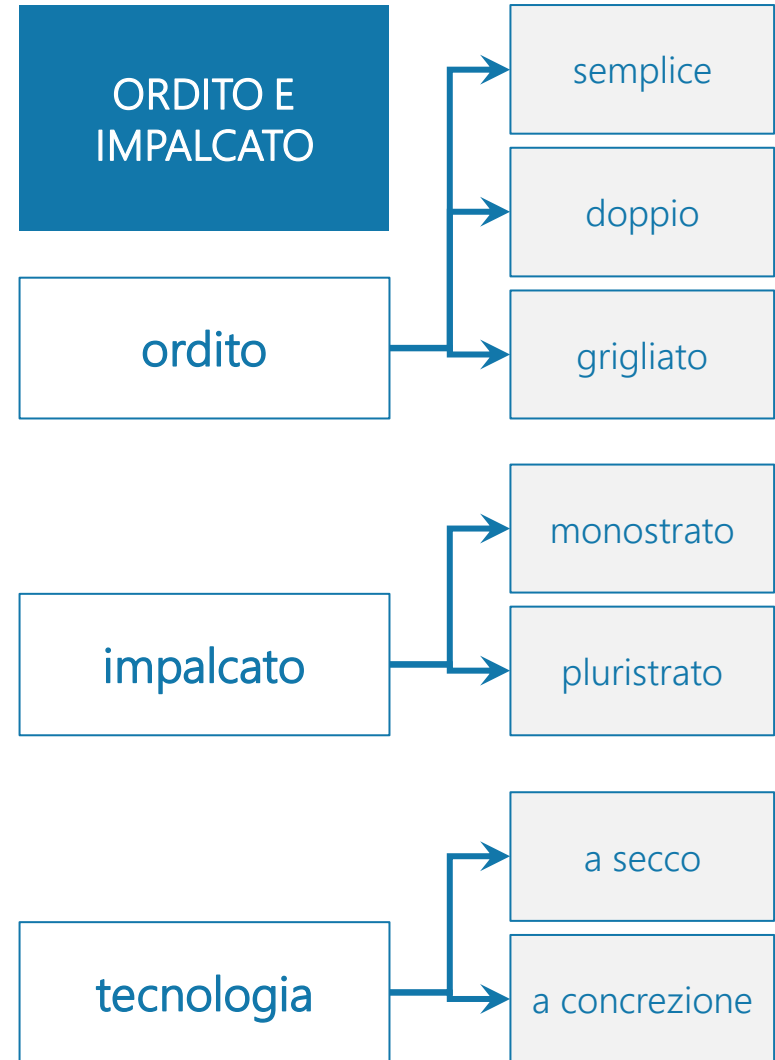
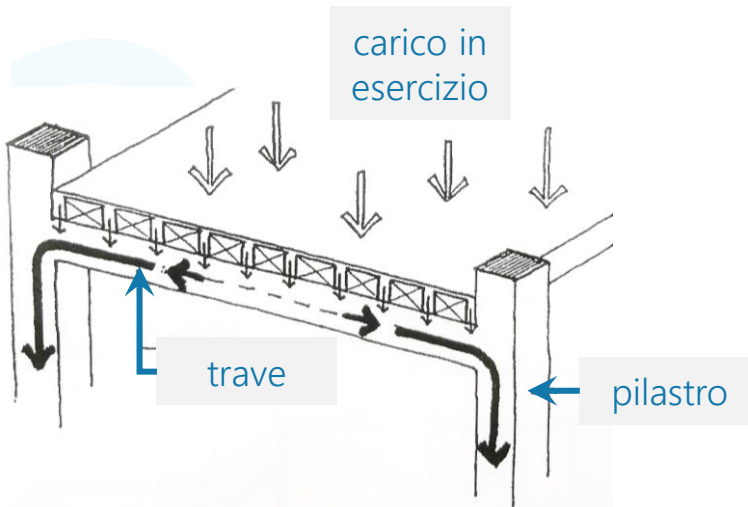
Trave principale

# Modalità di realizzazione

I sistemi a **ordito** e **impalcato** contemplano l'impiego di diversi materiali: legno, acciaio (o metallo in genere), vetro, polimeri tessuti.

L'impalcato può avere una diversa funzione:

- **chiudere** ogni **porzione di luce libera** presente tra gli elementi dell'ordito;
- **integrare** la **sezione resistente** dell'elemento d'ordito.



# Modalità di realizzazione



SOLAIO A ORDITO  
SEMPLICE



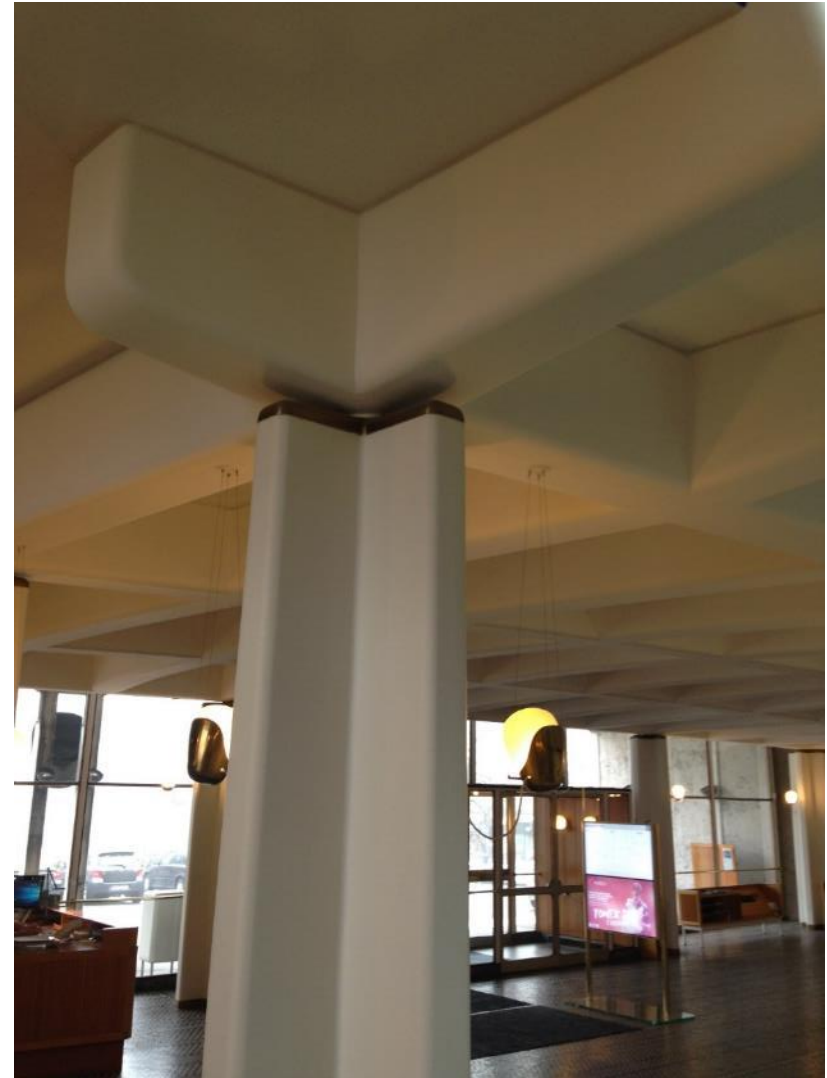


SOLAIO A ORDITO  
MULTIPLO

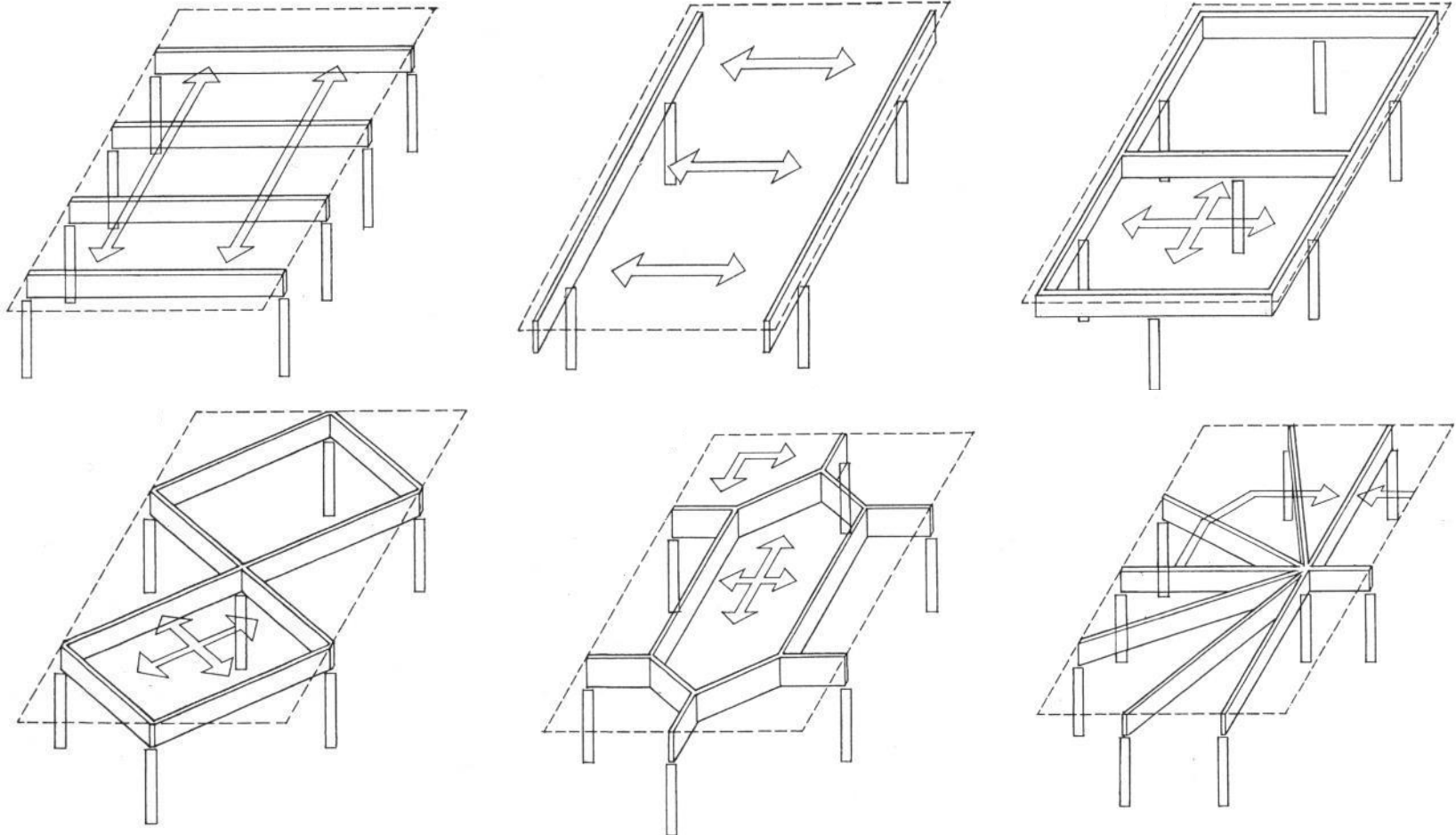
# Modalità di realizzazione



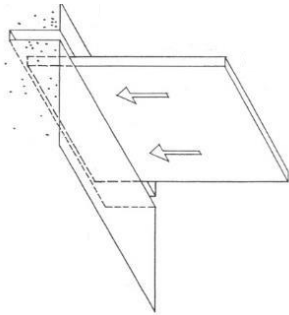
SOLAIO A GRIGLIATO



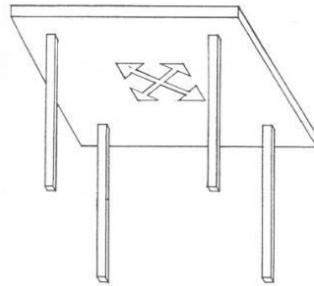
Impalcato come elemento di chiusura tra elementi d'ordito: solai a grigliato di travi



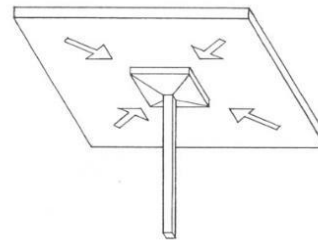
Impalcato come integrazione della sezione resistente: solai a piastra



soletta a sbalzo



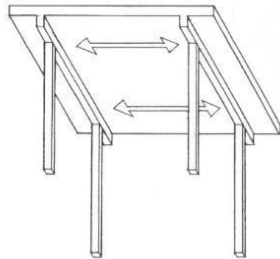
piastra semplice



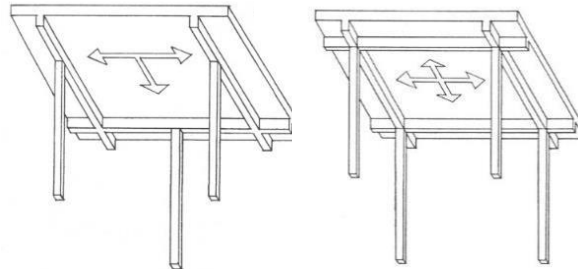
piastra a fungo con rinforzi d'imposta



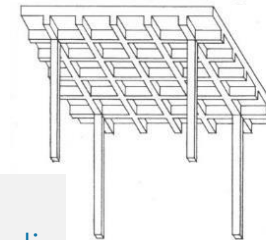
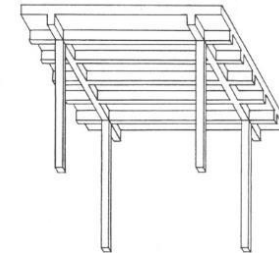
direzione di trasmissione dei carichi/tessitura elementi resistenti



piastra su due appoggi monodirezionale



piastra su 3 o 4 appoggi



piastre nervate mono o bidirezionali

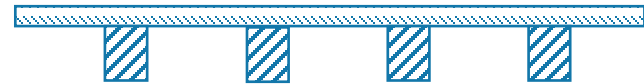
# Modalità di realizzazione

IMPALCATO

ruolo nel meccanismo

completamento

strutturale



(completamento e copertura delle luci)



(parte della sezione resistente)

3

# 3.4

---

Ordito

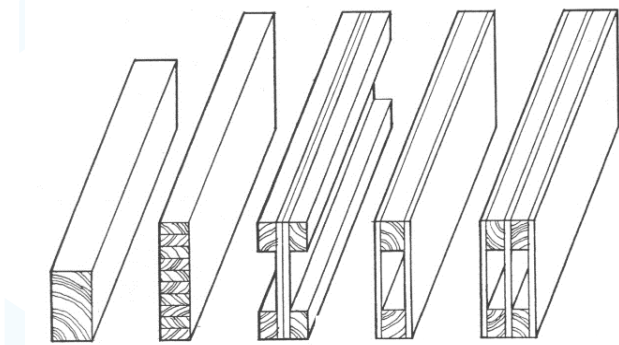
# Ordito in legno e acciaio

ORDITO  
IN LEGNO  
IN ACCIAIO

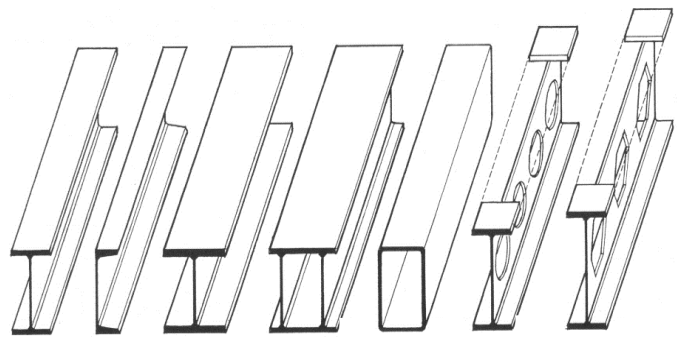
funzionamento

su 2 appoggi

su più appoggi  
(trave continua)



Profili in legno massello; composti



Profili in acciaio; tubolari; alleggeriti

# Ordito in legno e acciaio

ORDITO  
SISTEMI  
RETICOLARI

comportamento

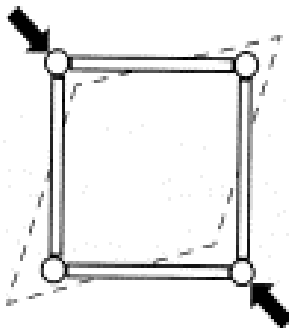
nodi

aste

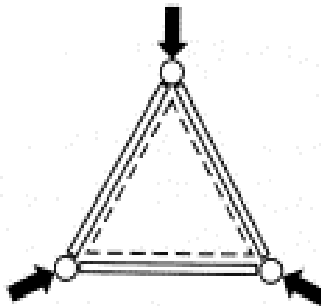
Vincoli ideali, privi di attrito, esplicitati in un punto, in cui la rotazione è permessa

Elementi dotati di rigidezza di massa trascurabile rispetto alle azioni applicate

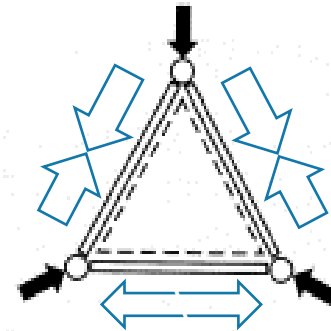
deformazione sotto sollecitazione



sistema instabile



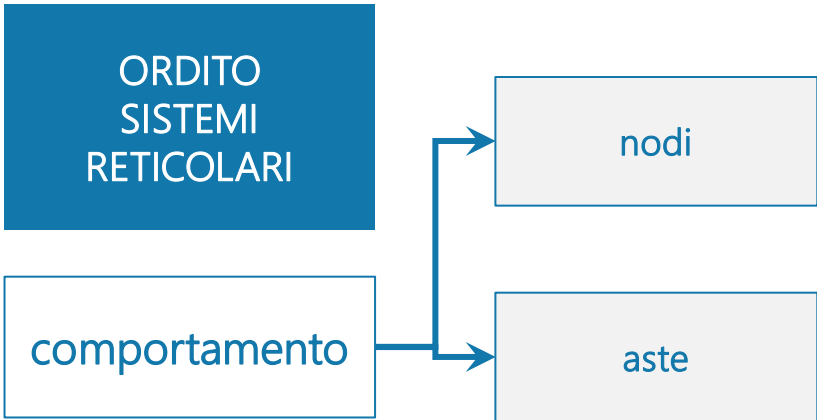
sistema stabile



sollecitazioni interne alle aste



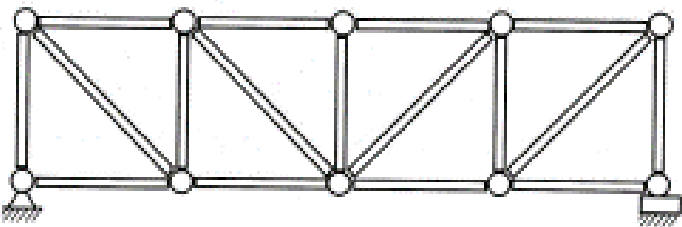
# Ordito in legno e acciaio



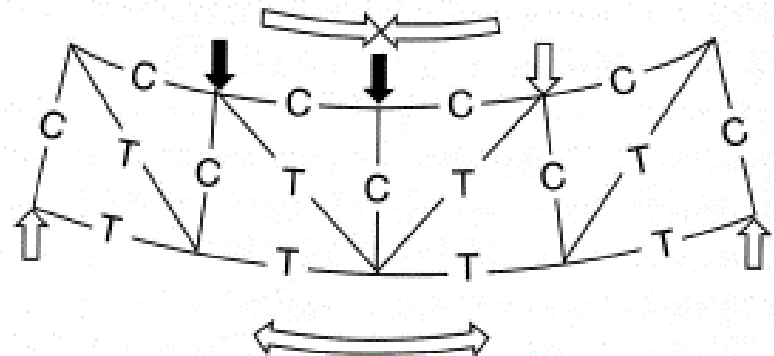
Vincoli ideali, privi di attrito, esplicitati in un punto, in cui la rotazione è permessa

Elementi dotati di rigidezza di massa trascurabile rispetto alle azioni applicate

I sistemi reticolari portano alla **formazione** di sole **sollecitazioni** di **tipo semplice**: trazione e compressione.

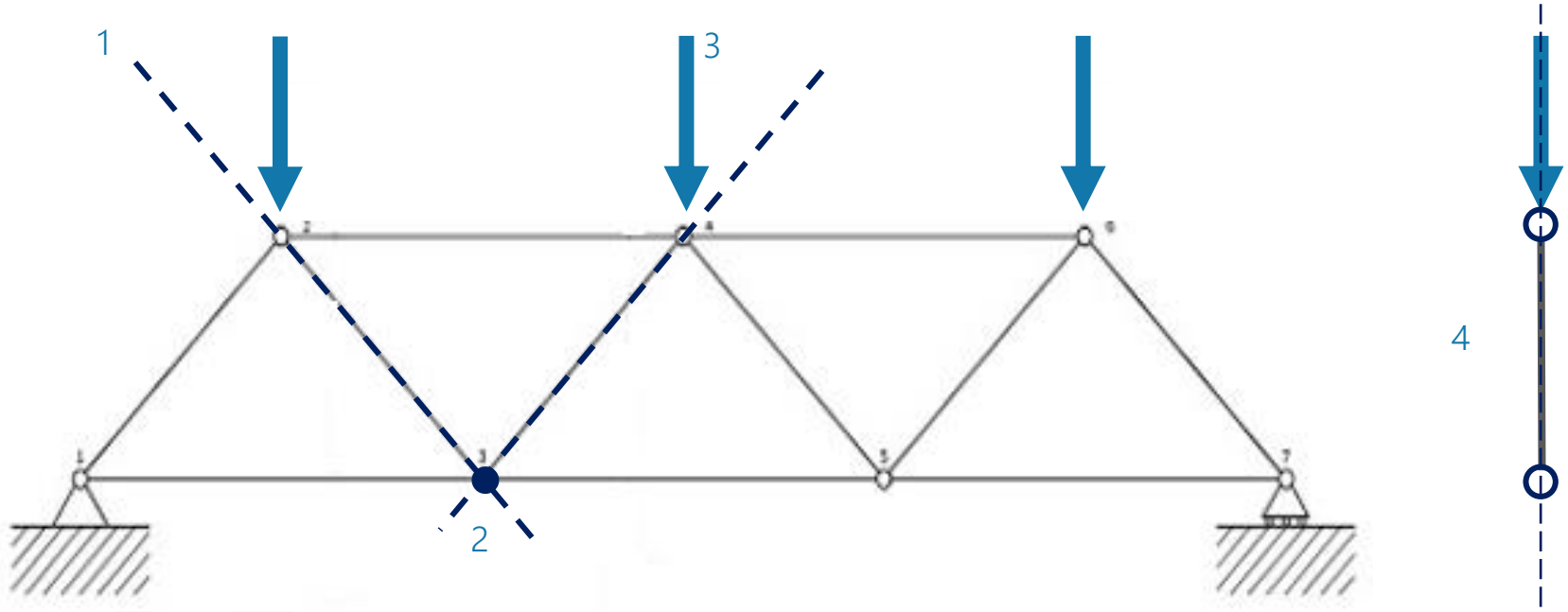


C compressione



T trazione

# Ordito in legno e acciaio



Per la geometria del sistema reticolare,

1. l'asse di ogni asta converge al centro geometrico di ogni nodo

2. ogni nodo è una cerniera ideale, che consente la rotazione delle aste convergenti

Per le condizioni al contorno del sistema reticolare,

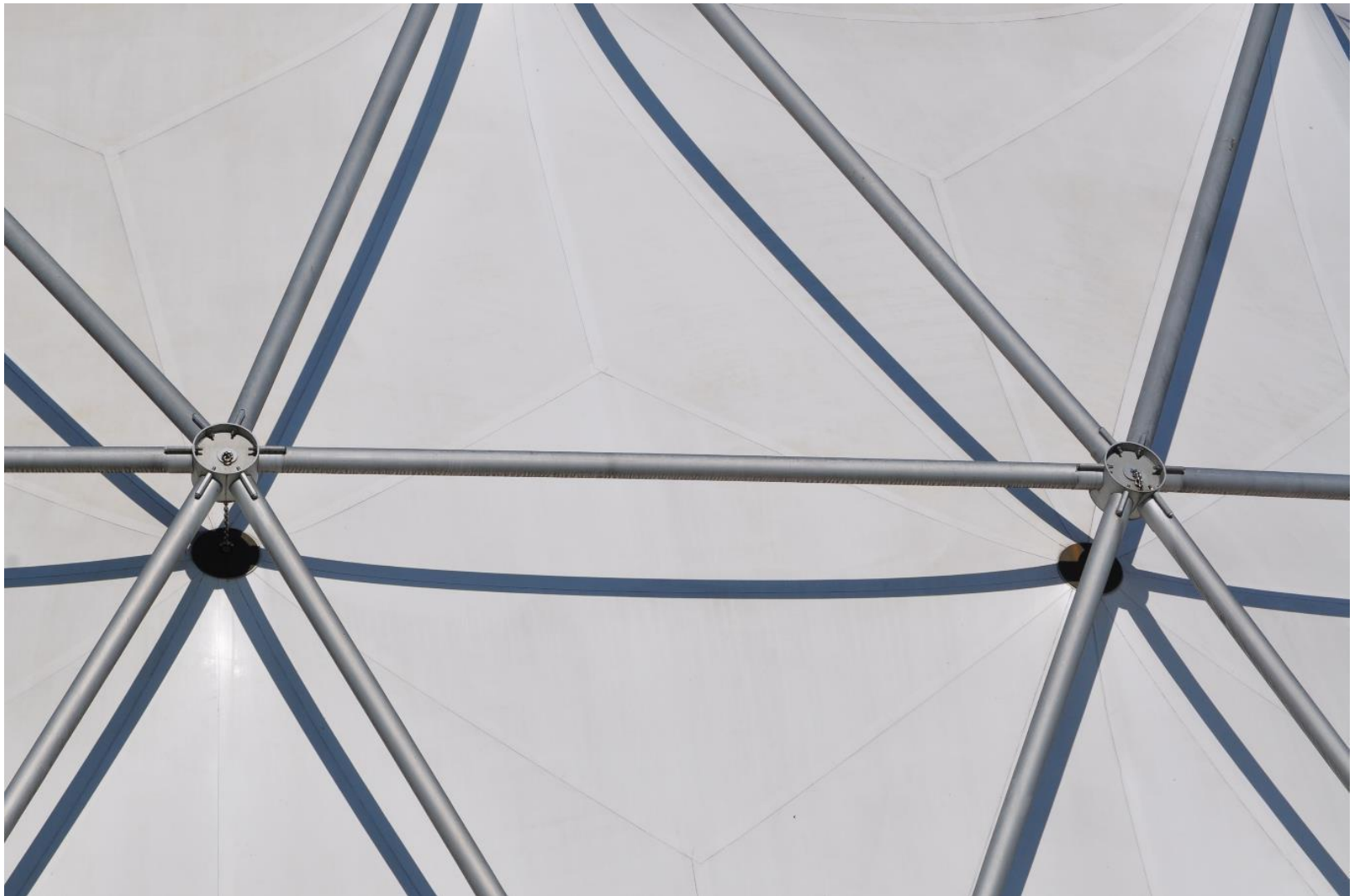
3. i carichi sono applicati esclusivamente ai nodi

4. aste, nodi e carichi sono contenuti nello stesso piano

# Ordito in legno e acciaio

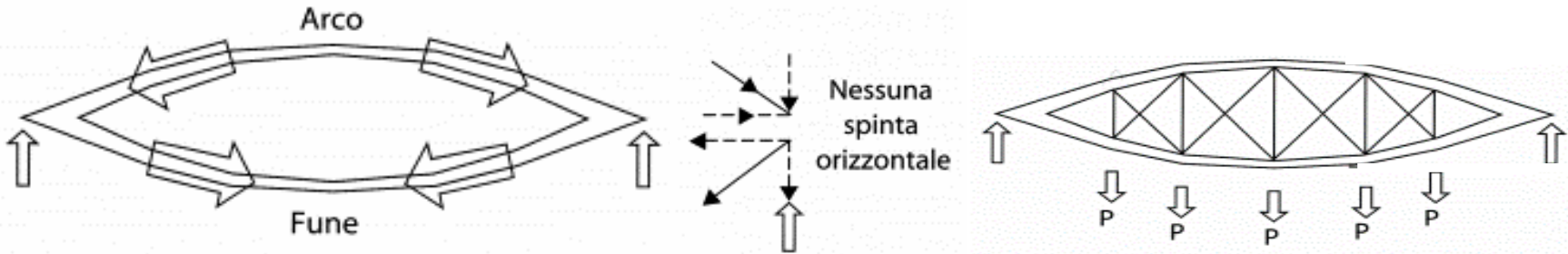


# Ordito in legno e acciaio

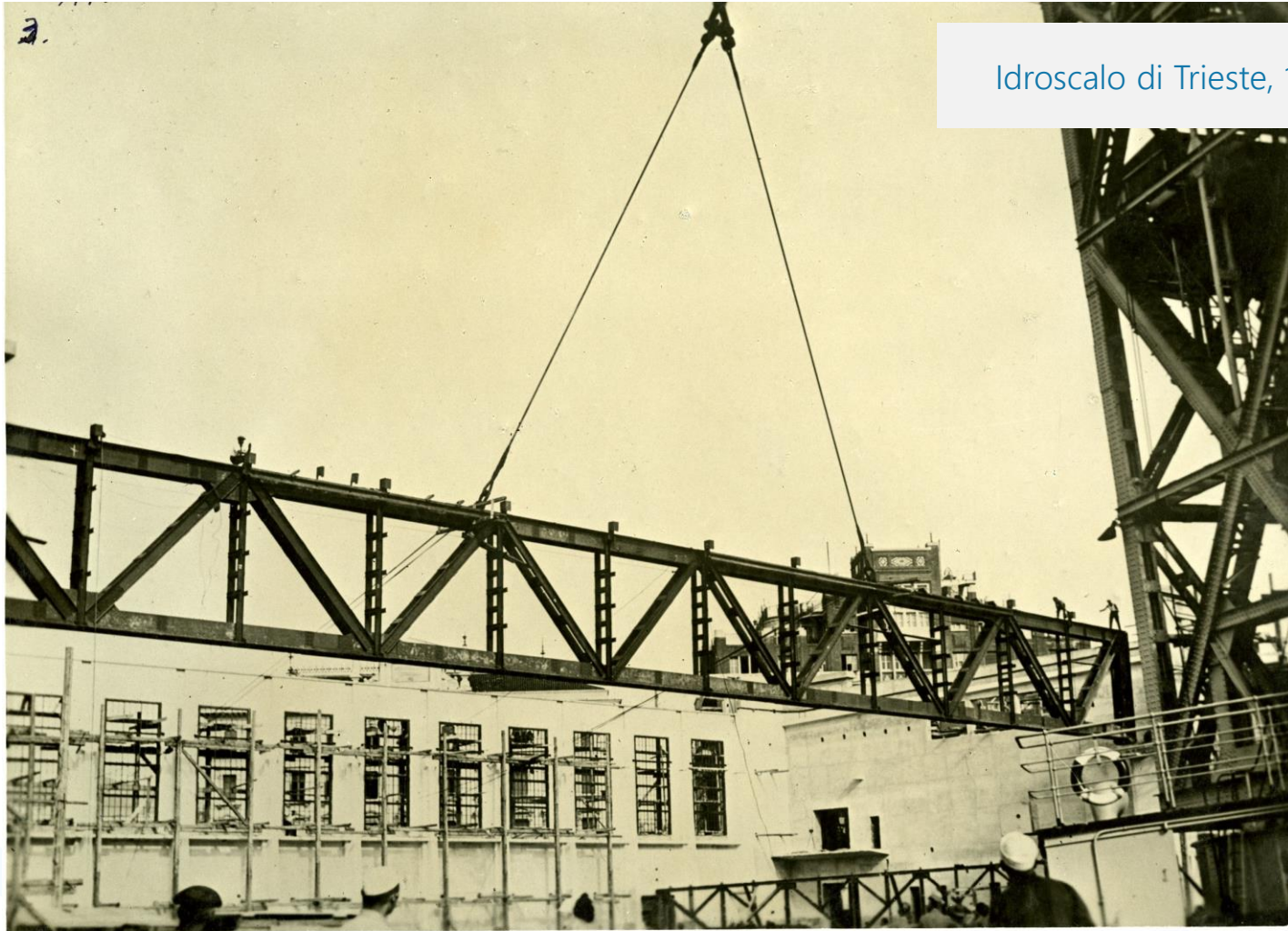


# Ordito in legno e acciaio

## Struttura lenticolare



# Ordito in legno e acciaio



Idroscalo di Trieste, 1931

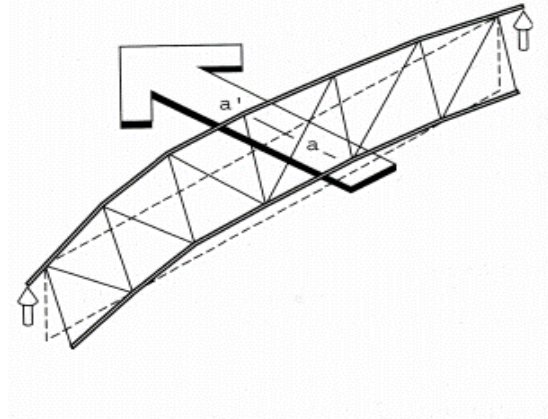
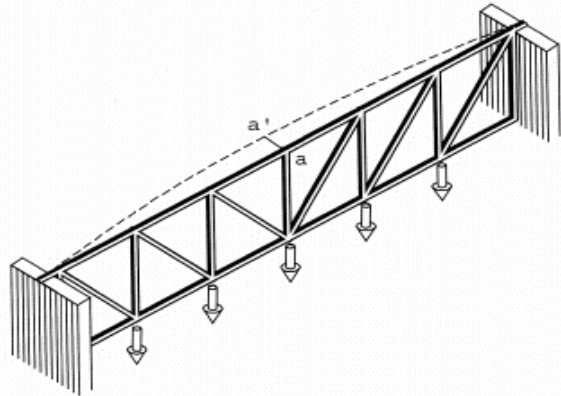
# Ordito in legno e acciaio



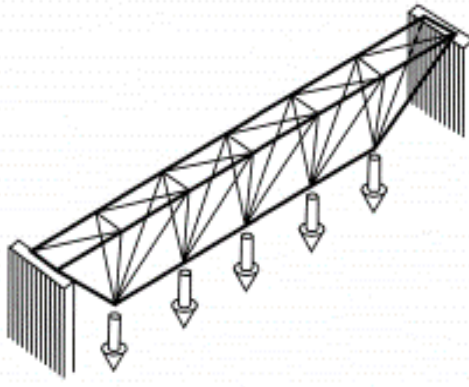
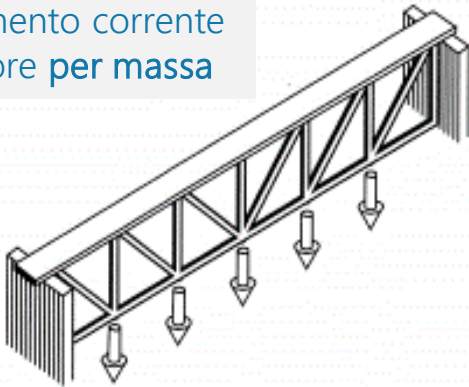
Idroscalo di Trieste, 1932

# Ordito in legno e acciaio

## Gestione dell'instabilità laterale



Irrigidimento corrente superiore per massa



Irrigidimento corrente superiore per geometria



# Ordito in legno e acciaio



IRRIGIDIMENTO  
PER MASSA

# Ordito in legno e acciaio



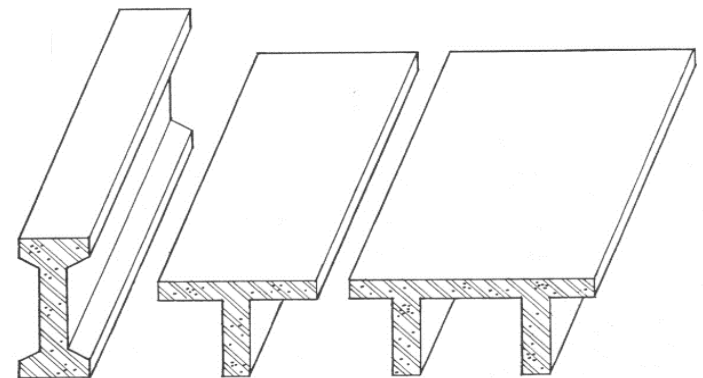
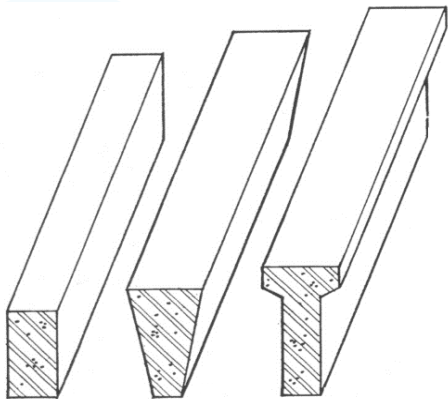
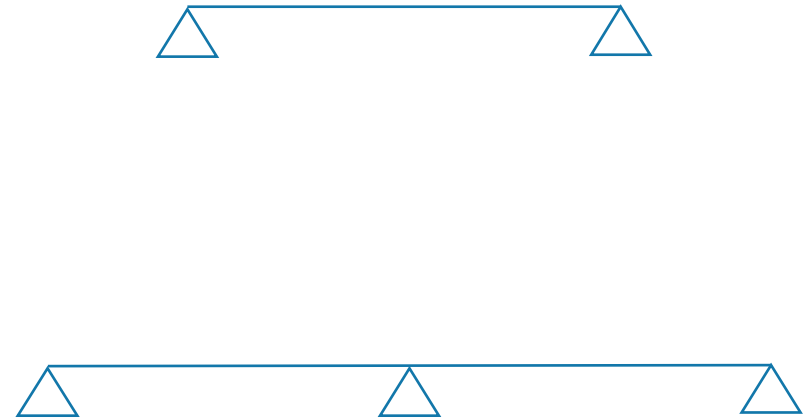
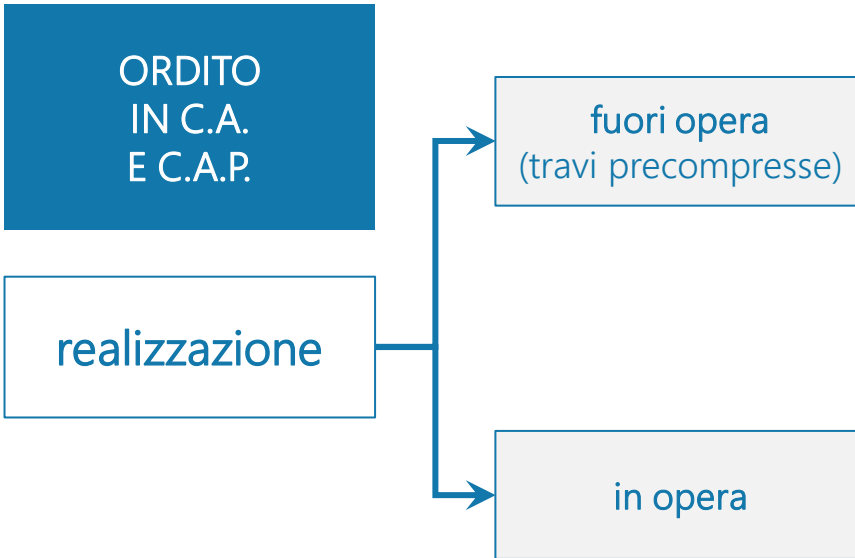
IRRIGIDIMENTO  
PER GEOMETRIA

# Ordito in legno e acciaio



IRRIGIDIMENTO  
PER GEOMETRIA

# Ordito in c.a. e c.a.p.



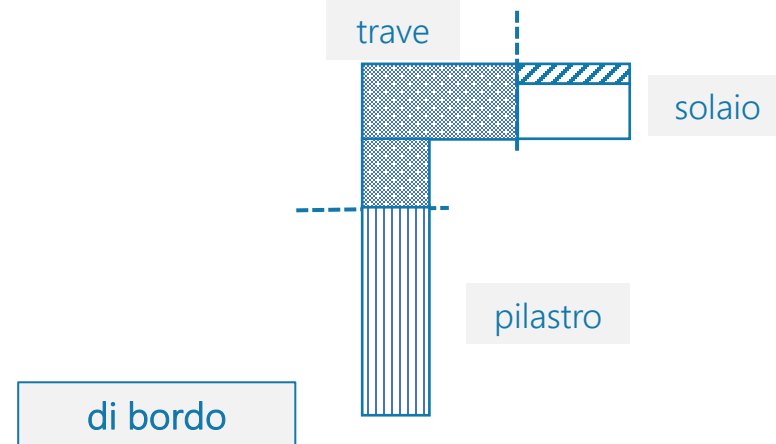
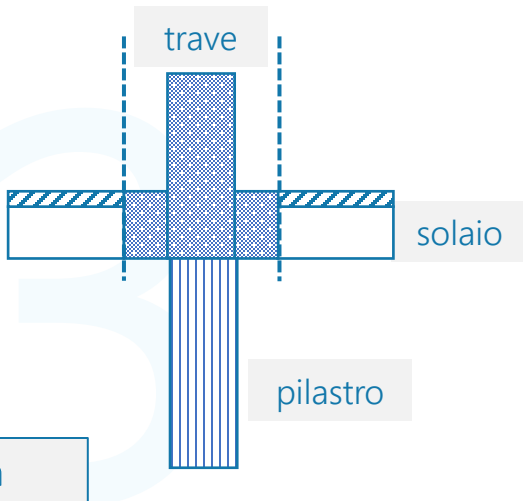
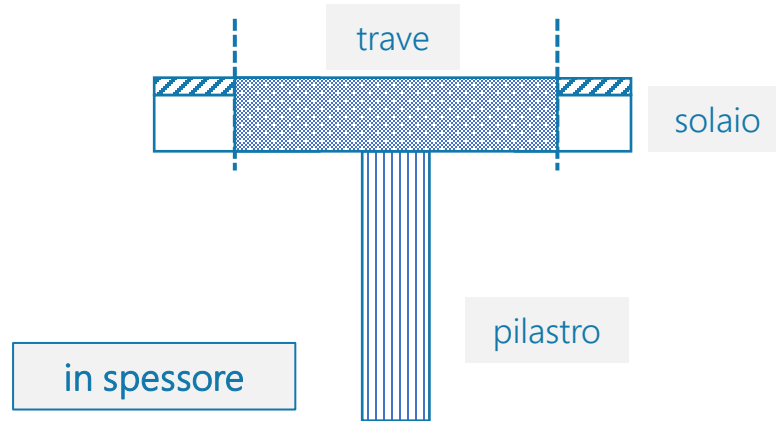
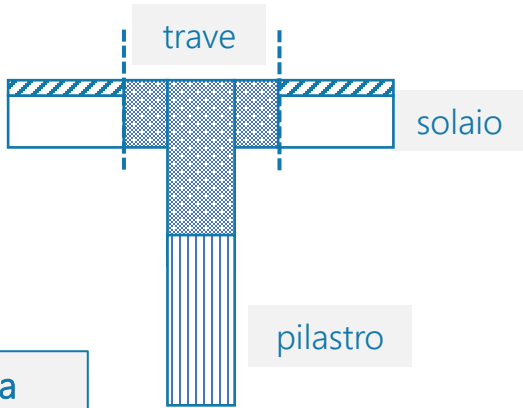
# Ordito in c.a. e c.a.p.



# Ordito in c.a. e c.a.p.



# Ordito in c.a. e c.a.p.



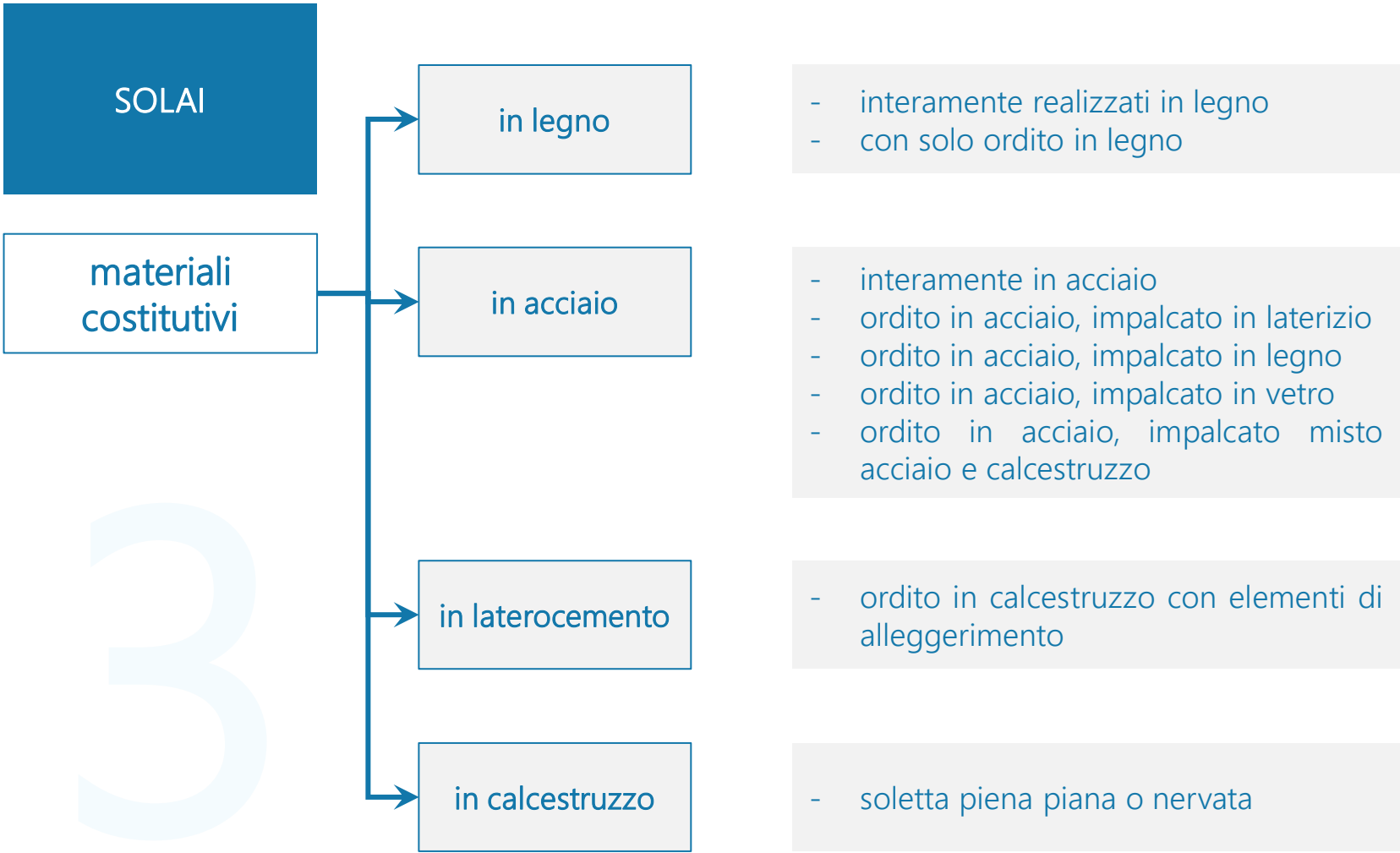
3.5

---

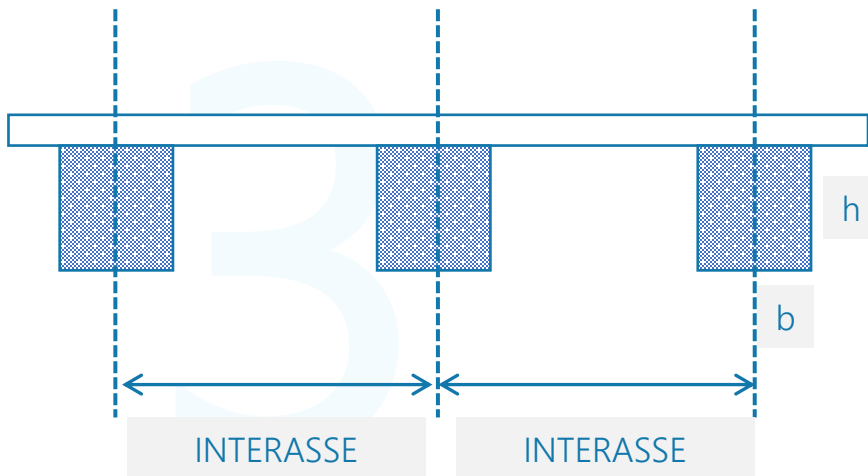
Solai



# Classificazione dei solai



3

SOLAI  
IN LEGNO

Nei solai in legno, l'ordito è usualmente costituito da:

- travi a **sezioni piene**, in legno massello o lamellare, classificate in base al rapporto  $b/h$  tra base e altezza;

per  $1/2 < A/B < 1/3$ , sezioni tozze  
per  $1/3 < A/B < 1/5$ , sezioni snelle

- travi a **sezioni composte**, ad esempio reticolari.

L'impalcato può essere realizzato:

- con un **tavolato** ligneo, semplice, doppio o con intercapedine;
- con **pannelli** a base di legno (compensati, OSB);
- in **laterizio** (tavelle e tavelloni).

Le problematiche dei solai in legno vanno ricercate nella **spessore** dovuto alla sovrapposizione di ordini multipli di ordito e nel necessario contenimento della **freccia** del solaio. Dal punto di vista realizzativo, le **estremità** (teste) della trave potrebbero essere soggette a **deterioramento**, e necessitano di un **raccordo all'appoggio** sulle **strutture** portanti **verticali**.

Chiusure orizzontali.

# Solai in legno

59



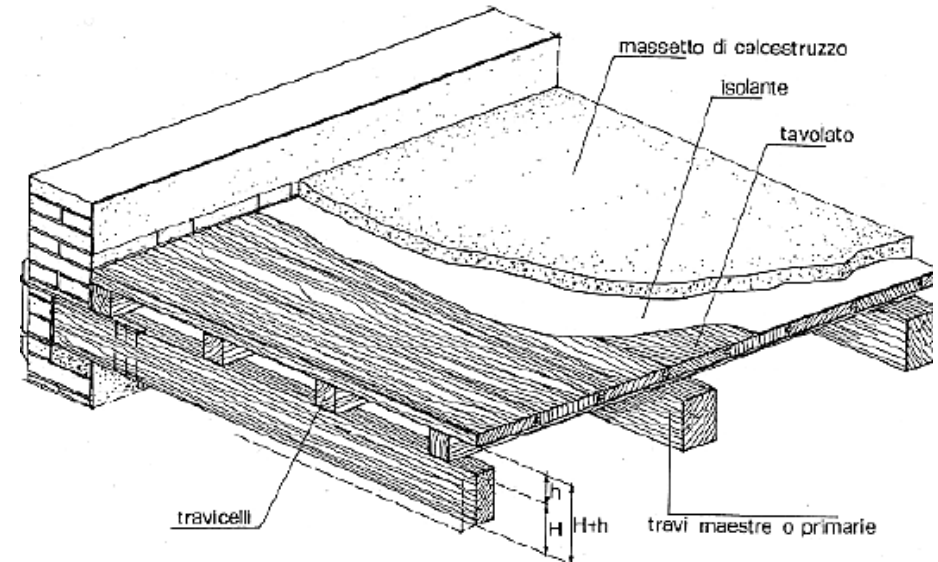
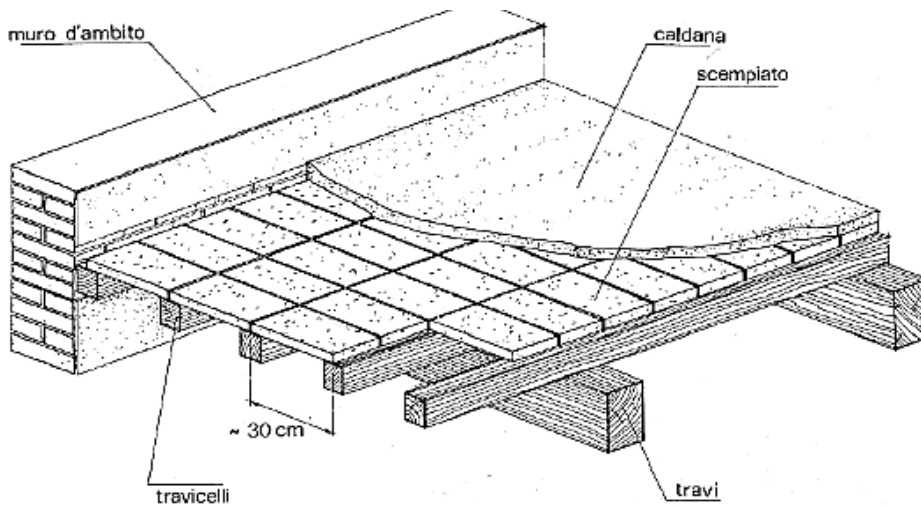
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TRIESTE



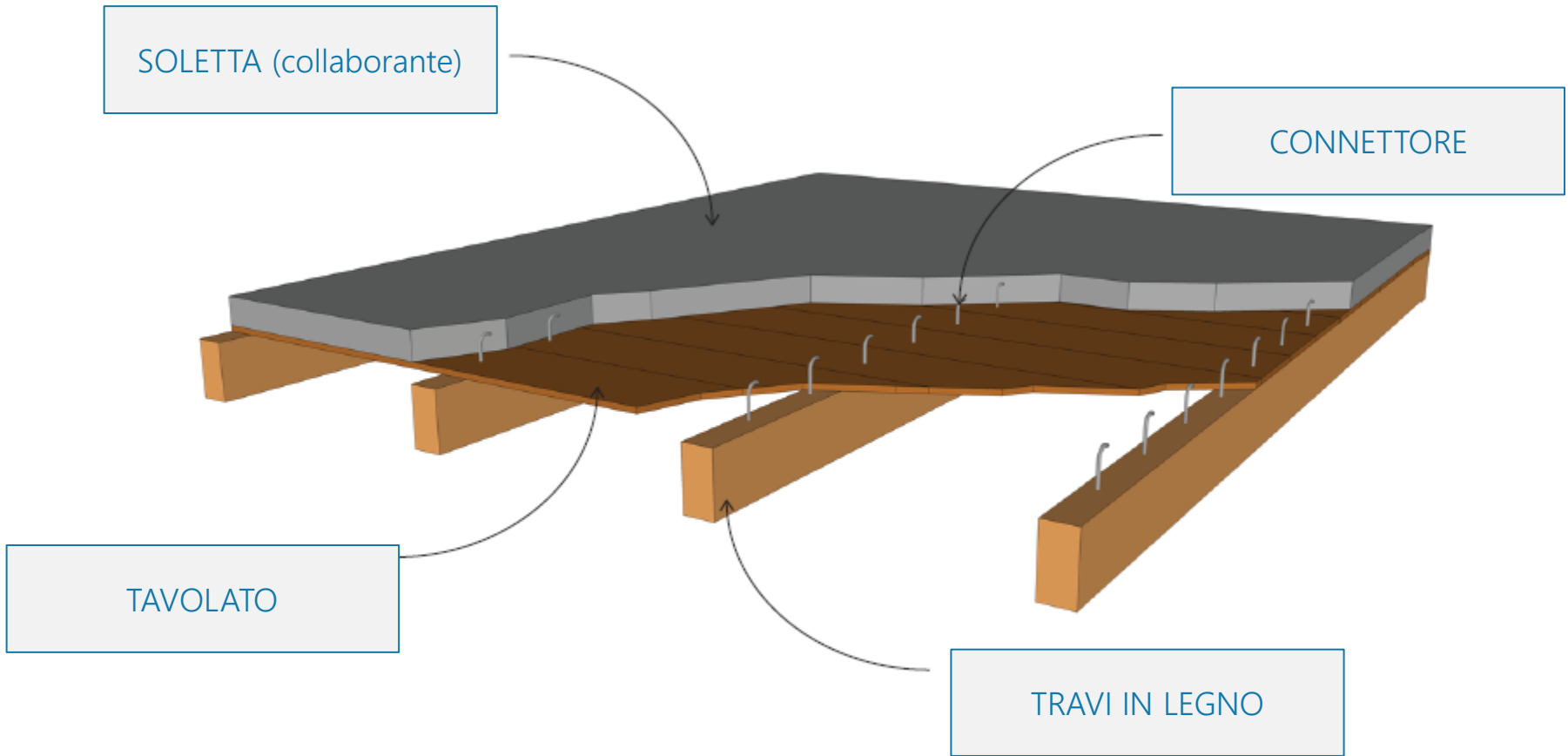
Carlo Antonio Stival  
Metodi e Strumenti di Progettazione Tecnologica

3

## SOLAI IN LEGNO



# Solai in legno



# Solai in legno

Riqualificazione di solaio in legno  
con connettori metallici, rete di ripartizione  
e getto integrativo



# Solai in legno

Riqualificazione di solaio in legno  
con connettori metallici, rete di ripartizione  
e getto integrativo



## SOLAI IN ACCIAIO

Nei solai in acciaio, l'ordito è usualmente costituito da:

- travi a **sezioni piene**, con profili aperti o chiusi, realizzati a caldo o a freddo;
- travi a **sezioni composte**, con elementi accoppiati o reticolari.

L'impalcato può essere realizzato:

- con **reti e grigliati**;
- in **vetro**;
- in **legno**;
- con **lamiere d'acciaio semplici** o **irrigidite** (per piegatura)
- con **lamiere grecate** e **calcestruzzo collaborante** (con rete saldata all'estradosso della lamiera);
- con **pannelli** stratificati (pannelli **sandwich**);
- con elementi in **laterizio** (tavelle, tavelloni, voltine).

# 3



# Solai in acciaio



# Solai in acciaio



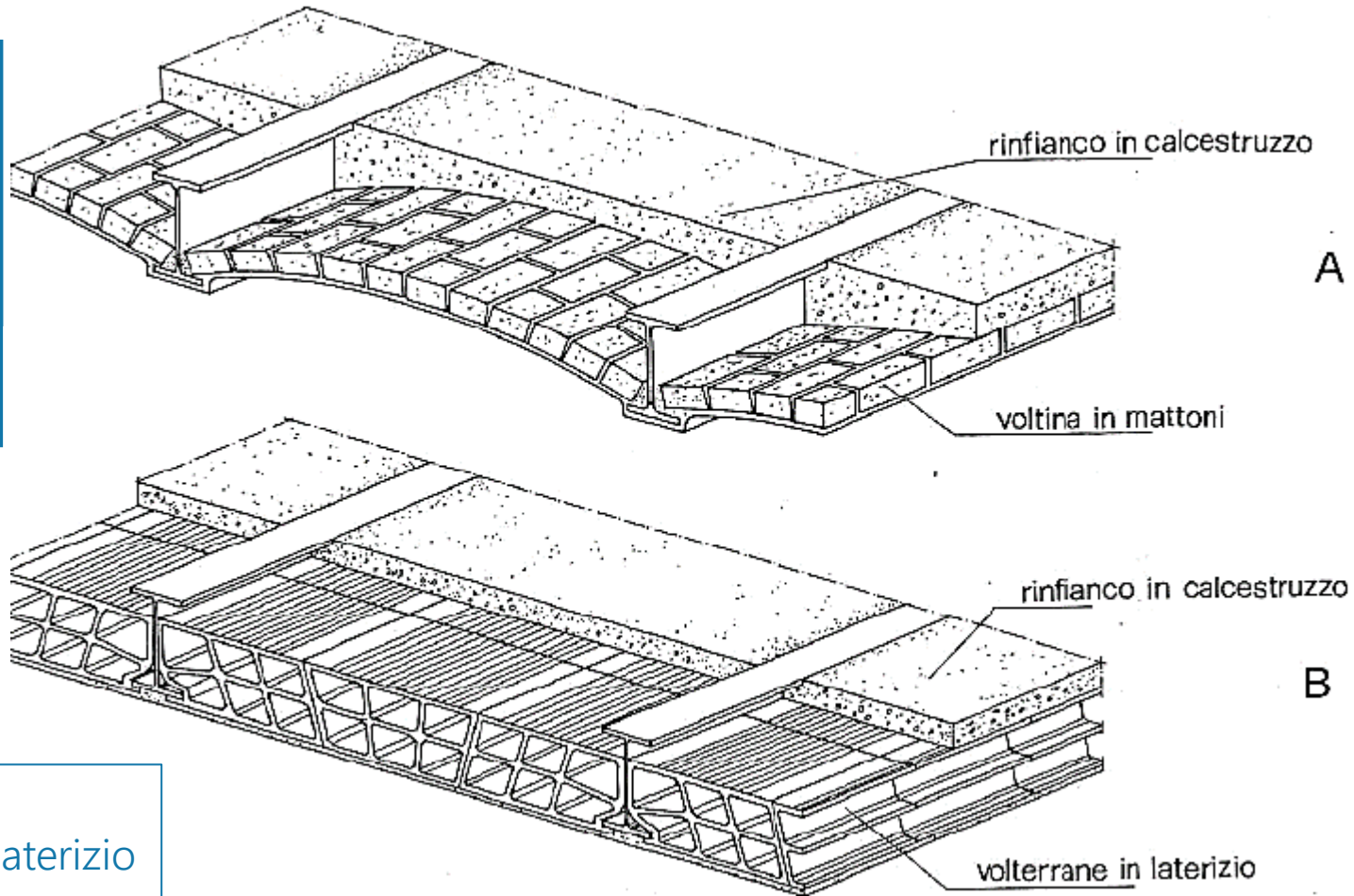
# Solai in acciaio



## EVOLUZIONE STORICA

Ordito  
Legno → Ferro  
→ Travetti

Impalcato  
Legno → Voltine in laterizio  
→ Tavelloni



# Solai in acciaio

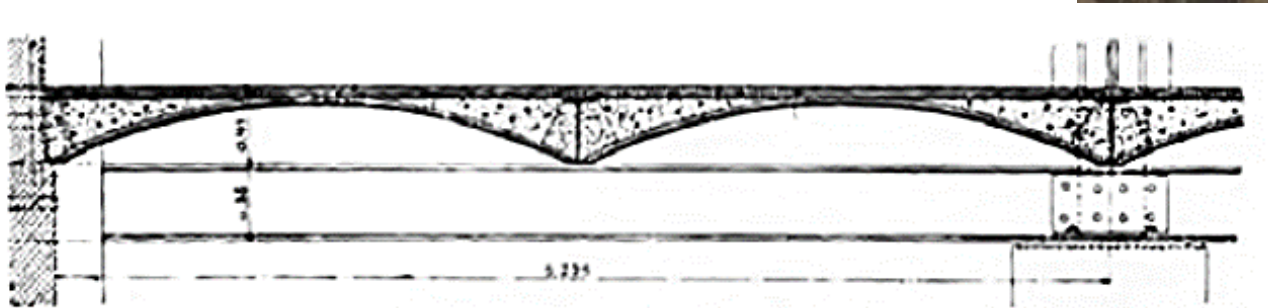
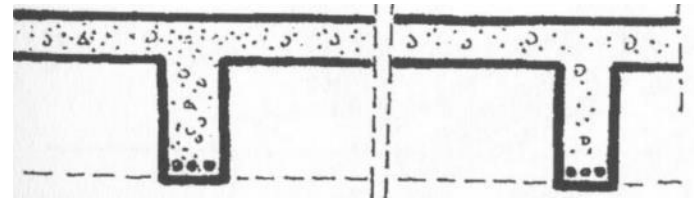
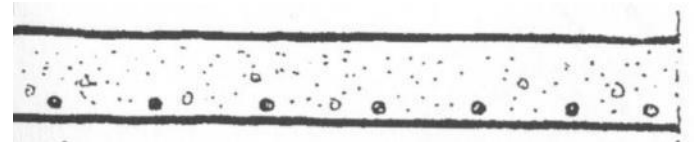
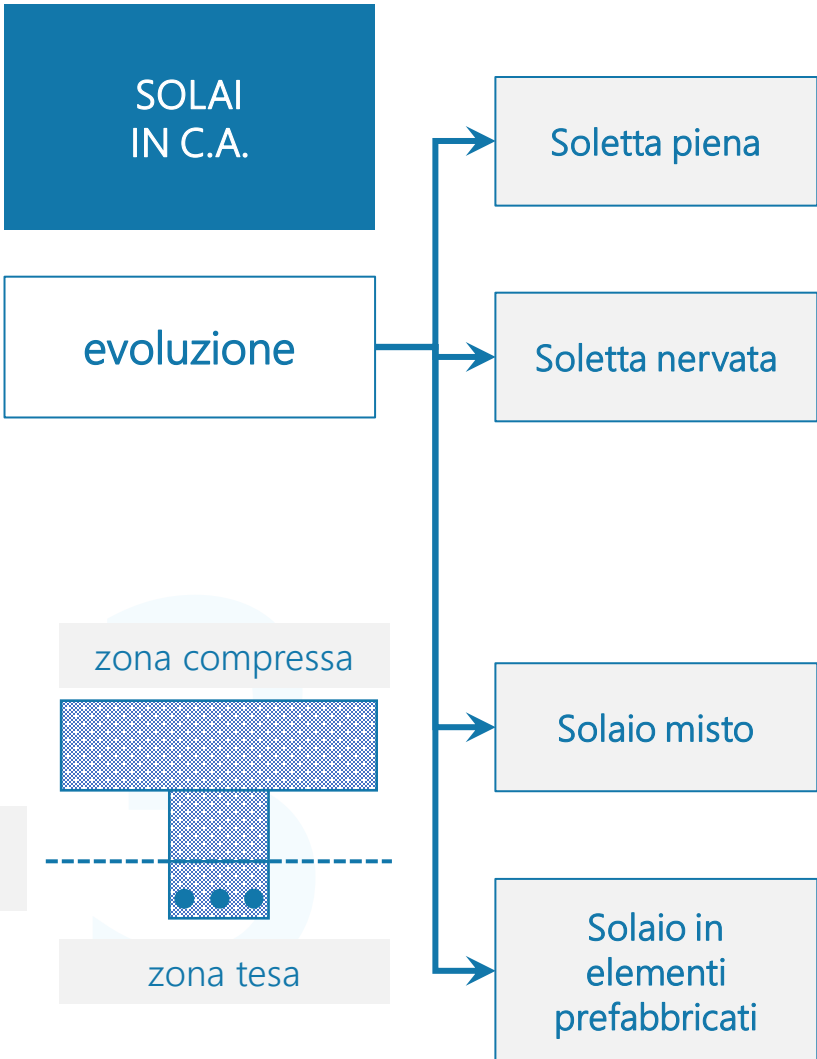
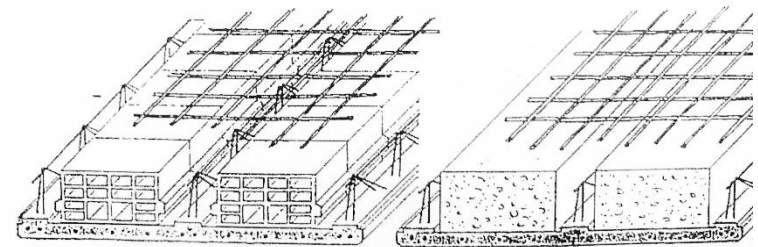
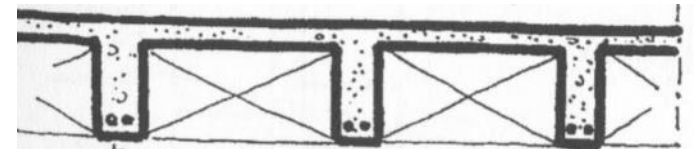


Fig. 153. — Plancher des entrepôts de TRIESTE.

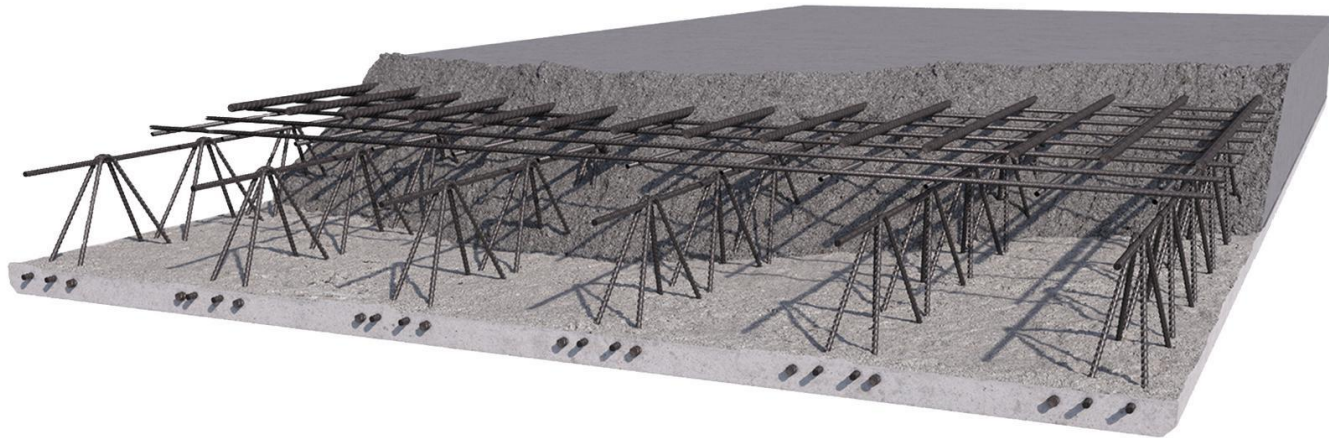
# Solai in cemento armato

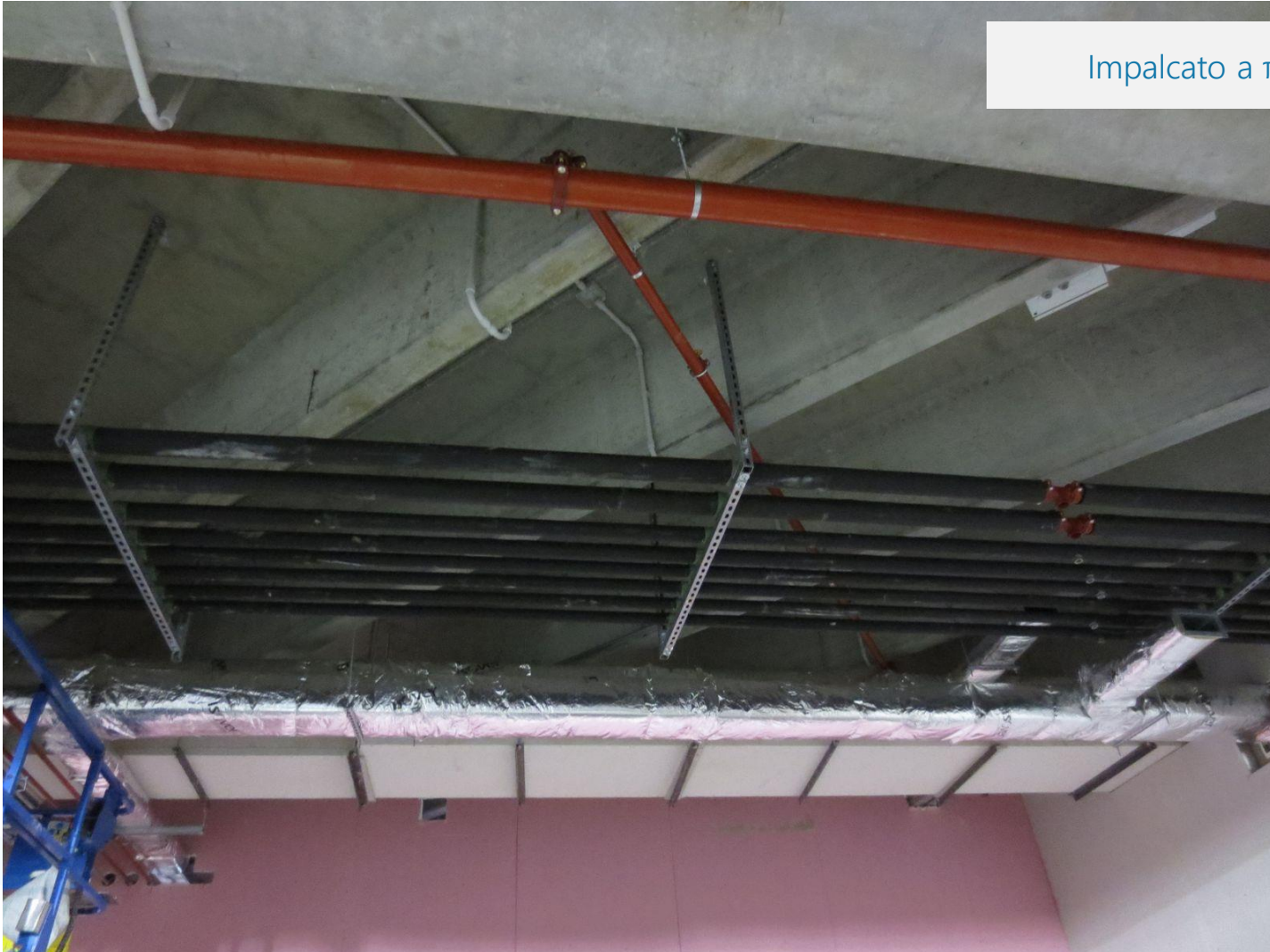


leggerezza      ↓      planarità



SOLAIO MONOLITICO





Impalcato a  $\pi$



# Solai in cemento armato

SOLAI IN C.A.

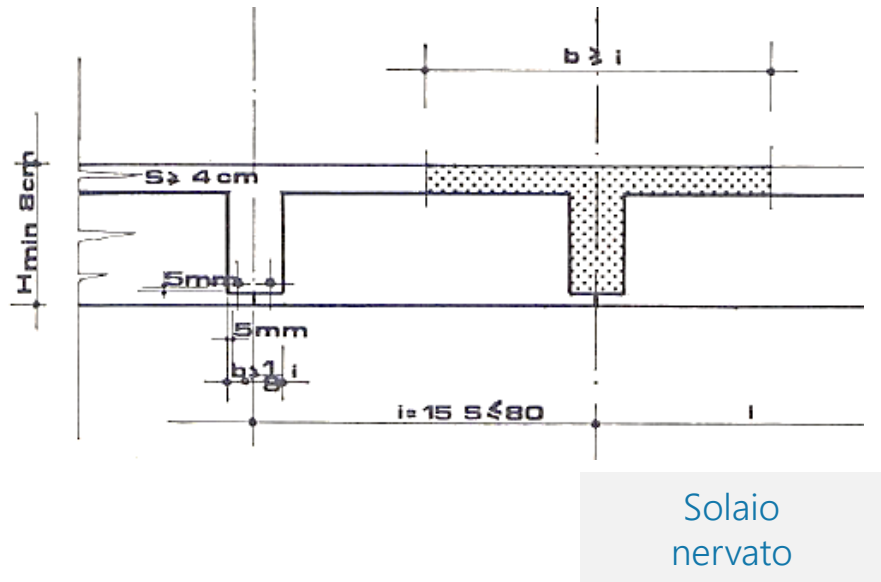
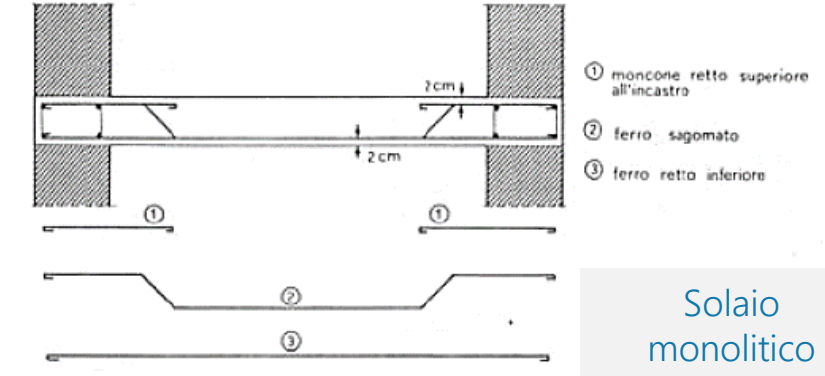
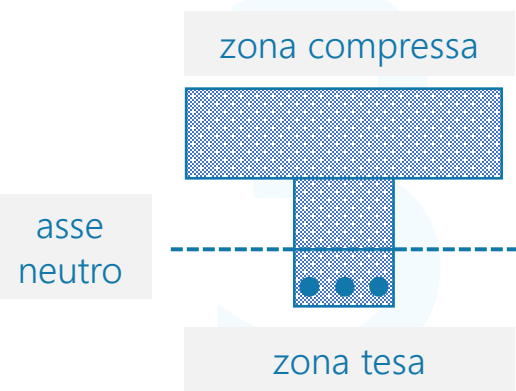
evoluzione

Soletta piena

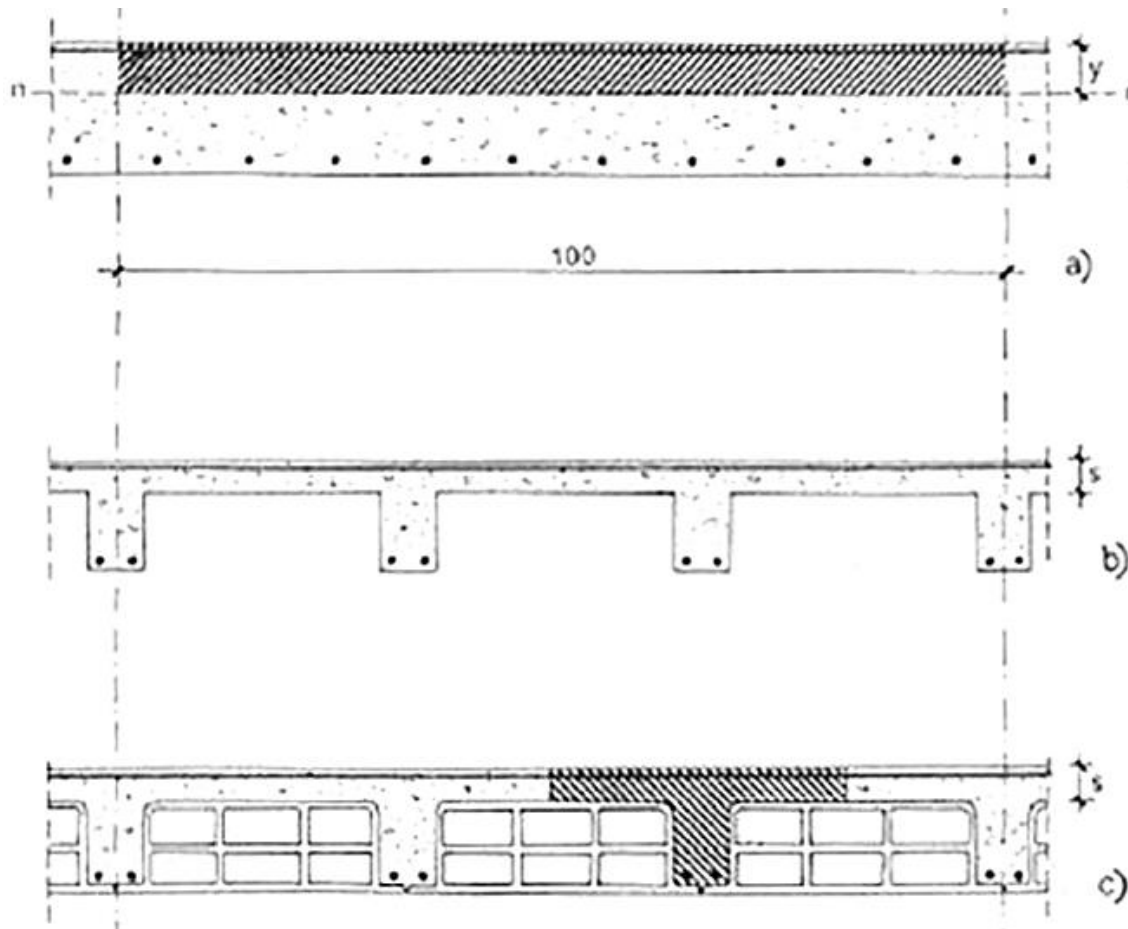
Soletta nervata

Solaio misto

Solaio in elementi prefabbricati



# Solai in cemento armato

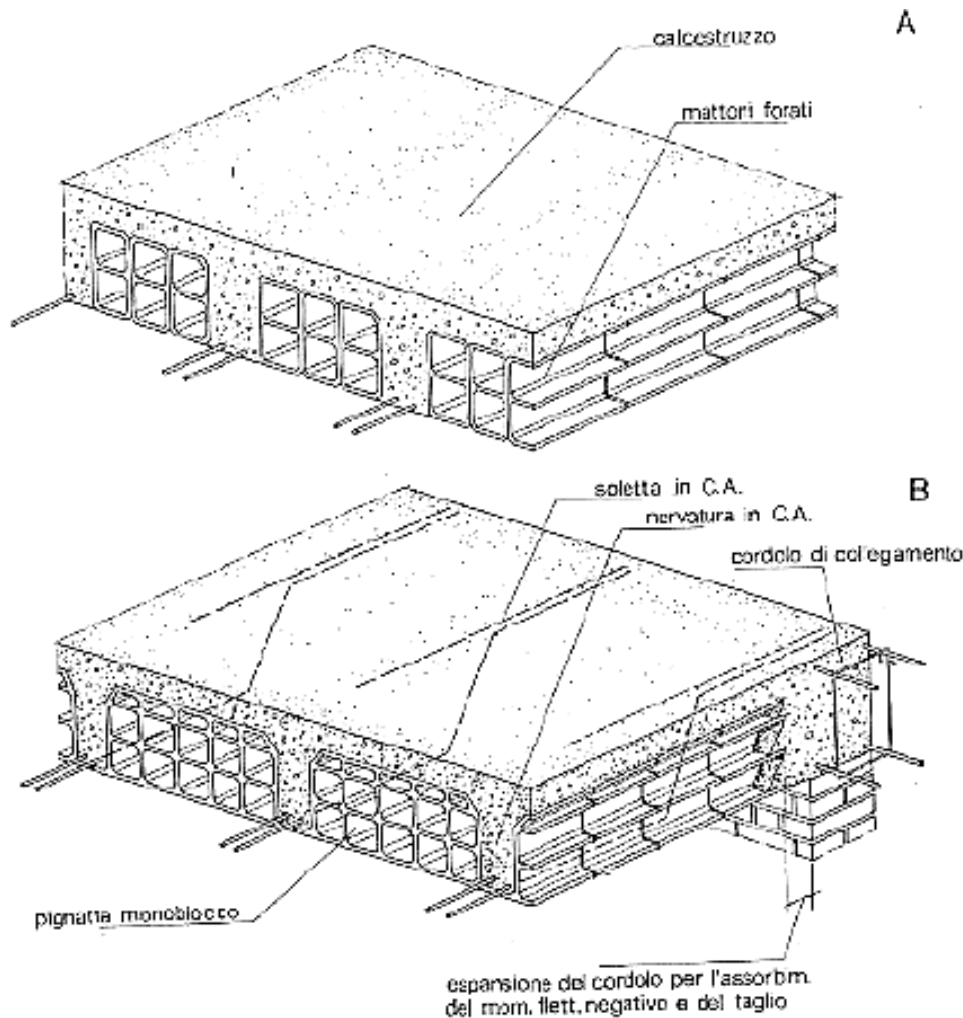


La naturale evoluzione del solaio nervato, in cui i copriferro esigui portavano ad una ossidazione rapida delle armature, è il solaio di tipo **misto**, in cui una **caldana armata** fornisce il collegamento superiore.

Si connota per una maggiore **leggerezza complessiva** e per un miglior **effetto «isolante»** dovuto all'aria contenuta nelle forature degli interposti.

L'utilizzo di interposti in laterizio provvisti di alette inferiori presenta il vantaggio di offrire una **superficie d'intradosso uniforme**, priva di discontinuità tra laterizio e calcestruzzo.

# Solai in cemento armato



La naturale evoluzione del solaio nervato, in cui i copriferro esigui portavano ad una ossidazione rapida delle armature, è il solaio di tipo **misto**, in cui una **caldana armata** fornisce il collegamento superiore.

Si connota per una maggiore **leggerezza complessiva** e per un miglior **effetto «isolante»** dovuto all'aria contenuta nelle forature degli interposti.

L'utilizzo di interposti in laterizio provvisti di alette inferiori presenta il vantaggio di offrire una **superficie d'intradosso uniforme**, priva di discontinuità tra laterizio e calcestruzzo.

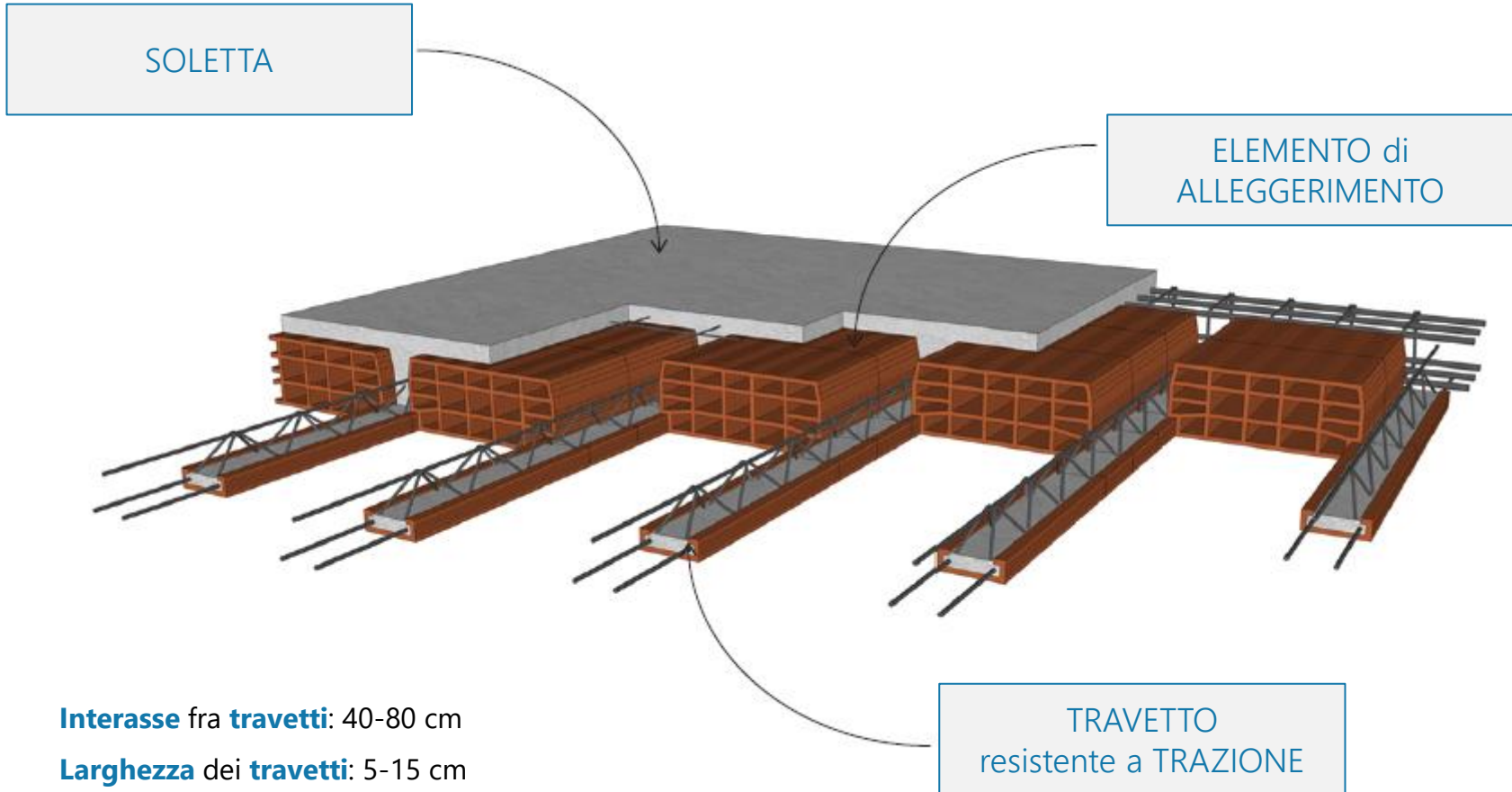
## SOLAI IN C.A.

Le tipologie di sistemi misti in cemento armato comprendono:

- Solai **gettati in opera**:
  - 1) Solai realizzati totalmente in opera;
  - 2) Solai a travetti prefabbricati a traliccio;
  - 3) Solai a travetti prefabbricati precompressi;
  - 4) Solai con laterizio armato.
- Solai a **elementi prefabbricati** e **getto** di **completamento**:
  - 1) Pannelli in laterizio prefabbricati
  - 2) Sistemi predalles alleggeriti in blocchi
  - 3) Coppi e blocchi.
- Solai a **elementi prefabbricati**, con **giunti** di **completamento**:
  - 1) Lastre alleggerite;
  - 2) Copponi profilati.

# 3

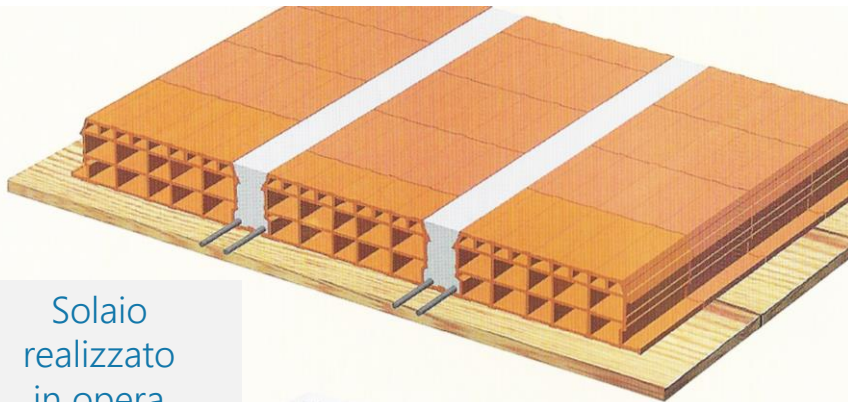
# Solai in cemento armato



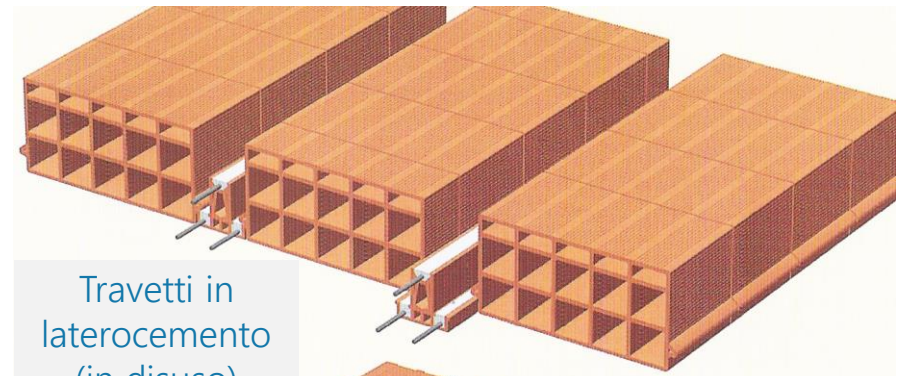
**Interasse** fra **travetti**: 40-80 cm

**Larghezza** dei **travetti**: 5-15 cm

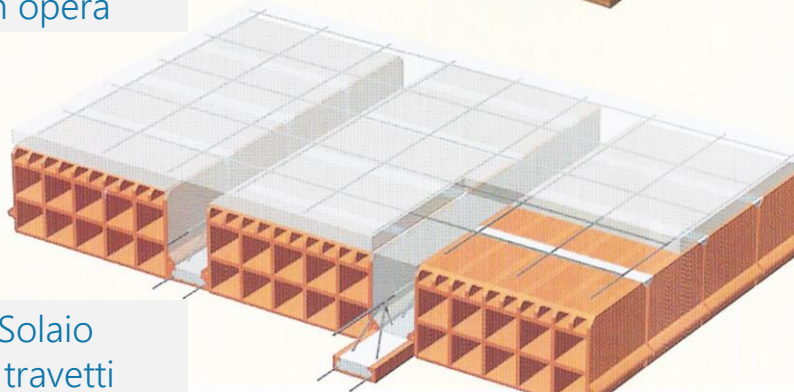
**Spessore** della **cappa**:  $\geq 5$  cm



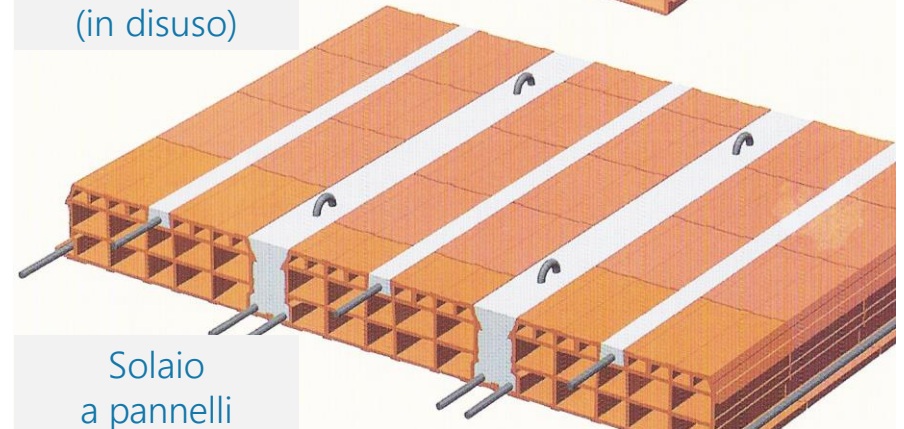
Solaio  
realizzato  
in opera



Travetti in  
laterocemento  
(in disuso)

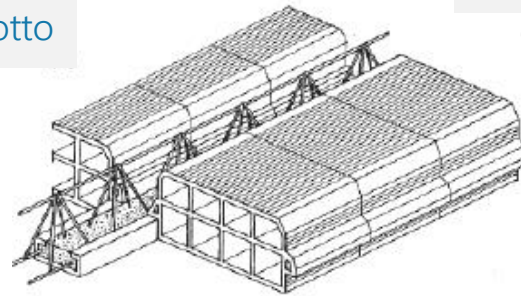


Solaio  
a travetti  
traliccianti

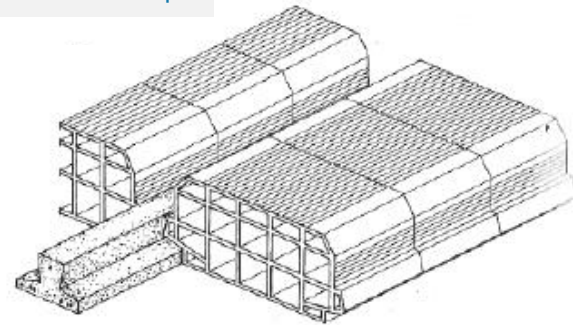


Solaio  
a pannelli  
prefabbricati

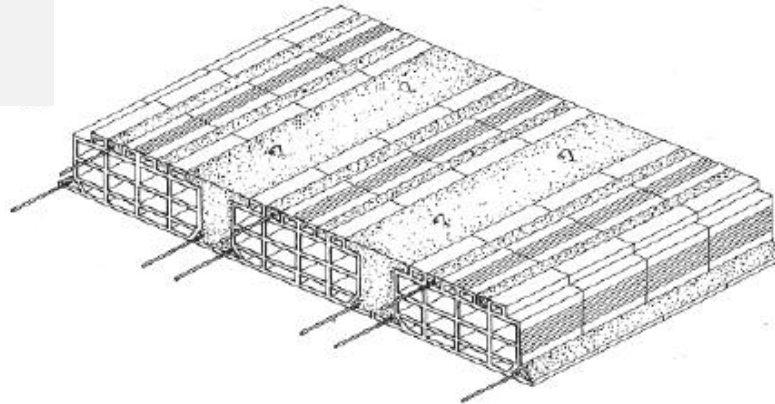
Travetto in c.a.  
e fondello in cotto



Travetto in c.a.p.



Pannelli  
prefabbricati



# Solai in cemento armato





# Solai in cemento armato



# Solai in cemento armato

Il solaio è costituito da **travetti prefabbricati** in **c.a. normale** o **precompresso** nei quali è **incorporata l'armatura**.

La realizzazione si completa con:

- la posa degli **elementi** di **alleggerimento**;
- la posa dell'**armatura** di **ripartizione** dei carichi;
- il **getto di calcestruzzo** di completamento.



# Solai in cemento armato





# Solai in cemento armato



# Solai in cemento armato



# Solai in cemento armato



Solaio alveolare





# Solai in cemento armato

