



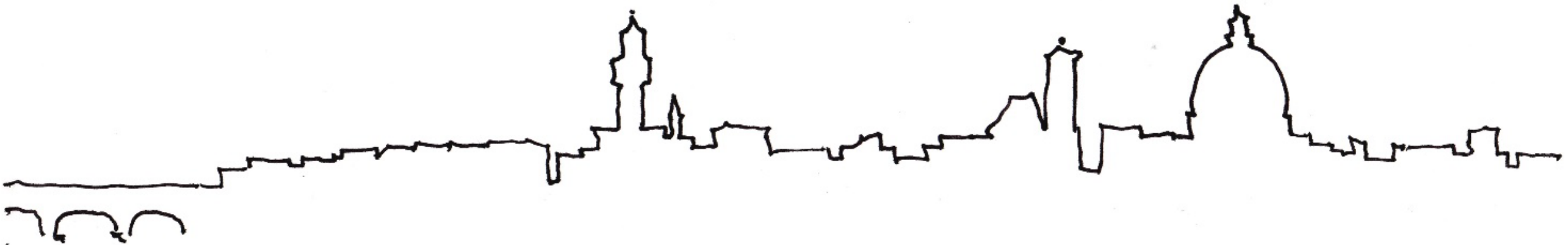
© de-a arhitectura

# 14. Firmitas I

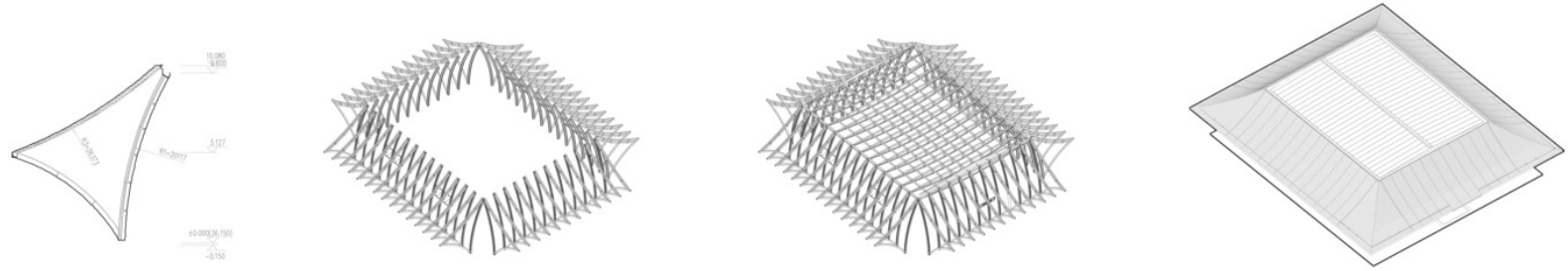
(Stabilitatea)

## Rezistența clădirilor

**Firmitas** (stabilitate) este unul dintre cele trei atribute ale arhitecturii, alături de **utilitas** și **venustas**, (utilitate și frumusețe), pe care Vitruvius le menționa în *De Architectura - 10 cărți de arhitectură*, încă din anul 30 î.Hr. **Firmitas** se referă la rezistența și stabilitatea clădirii, la adecvarea materialelor folosite la metodele de construcție, la utilizarea clădirii, la locul unde se află, iar prin extrapolare și la cât de sigură este clădirea pentru utilizatorii ei, oamenii.



Arhitectura unei clădiri nu poate fi înțeleasă pe deplin dacă nu înțelegi logica structurii sale și a materialelor din care e făcută.

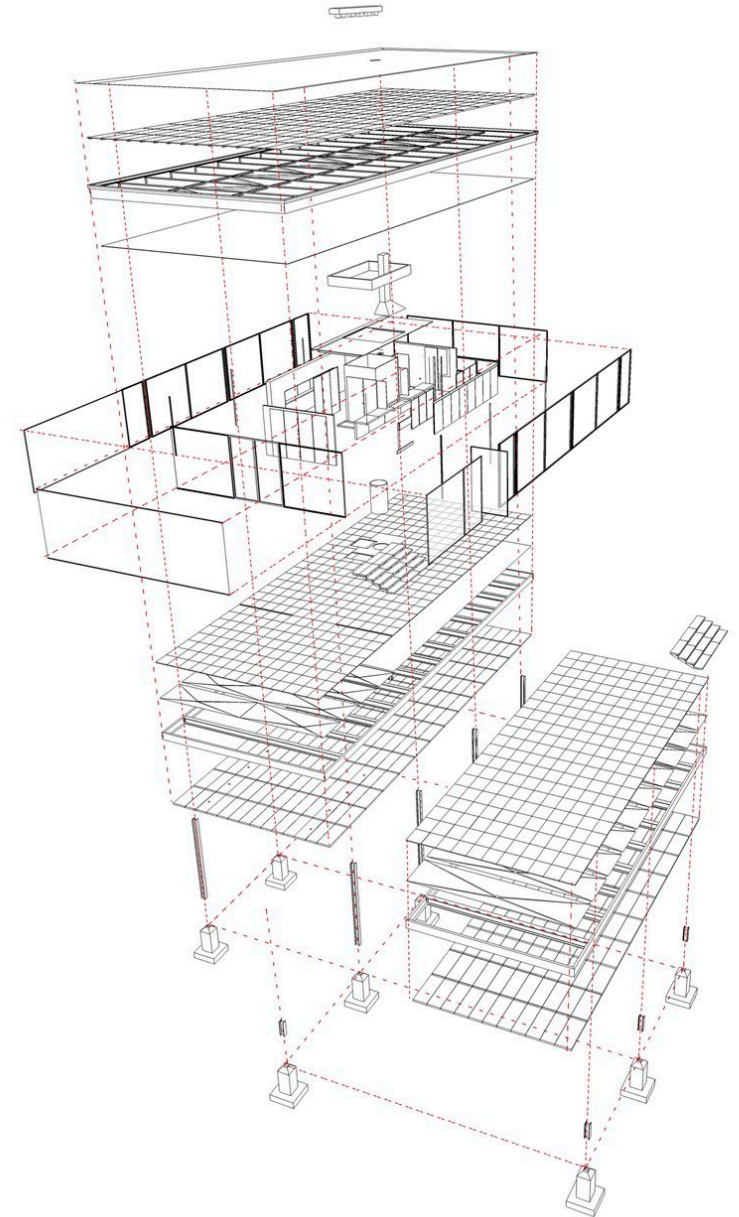


Tahoe Qingyun Town, arh. Shanghai Tianhua architectural design, Fuzhou, China, 2018

Imaginează-ți clădirea ca un mecanism, adică o mulțime de componente individuale interconectate, a căror rol este de a transfera încărcările tuturor forțelor care acționează asupra clădirii în fundațiile acesteia.



Farnsworth House, arh. Ludwig Mies van der Rohe, Plano, Illinois, SUA, 1945-1951



Axonometrie explodată, Farnsworth House

Principala forță care acționează asupra unei clădiri este **gravitația**, de aceea arhitectura este spectaculoasă când încercă să „păcălească” gravitația.



Glacier Skywalk, arh. Sturgess Architecture, Jasper National Park, Alberta, Canada, 2014



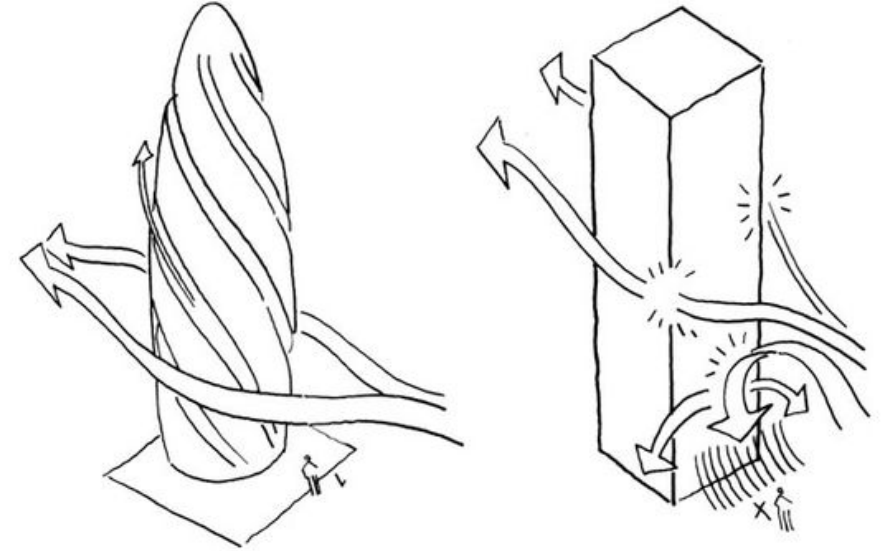
Balancing Barn, arh.MVRDV, Suffolk, Marea Britanie, 2010



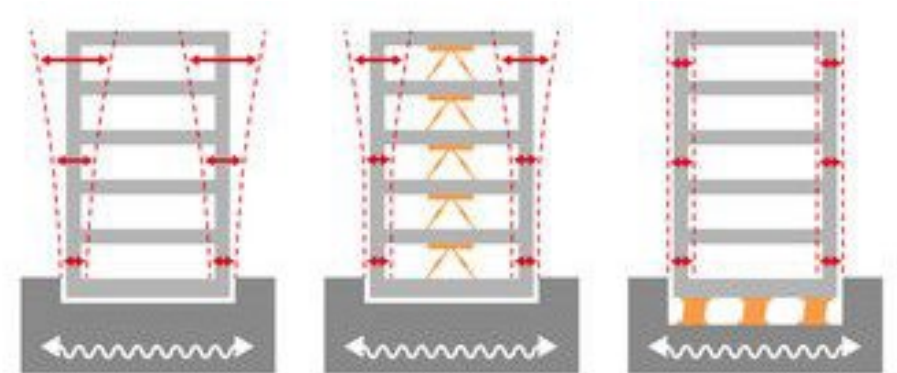
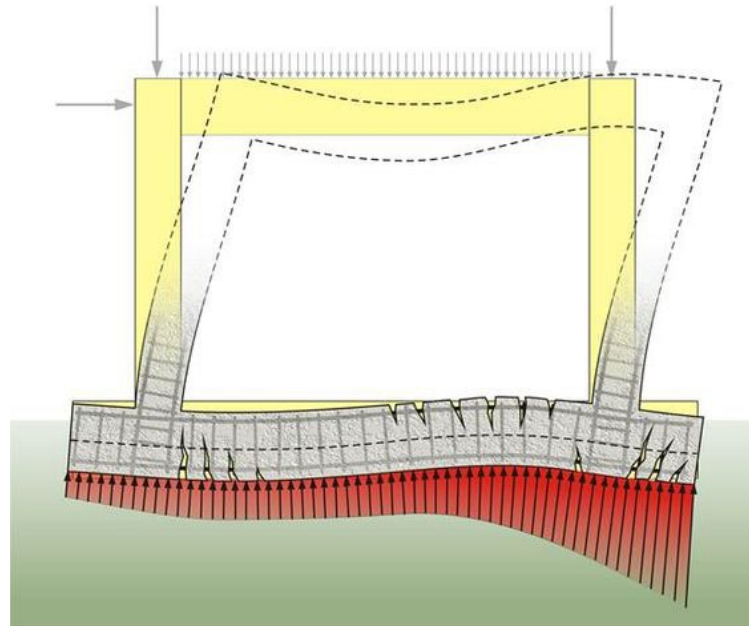
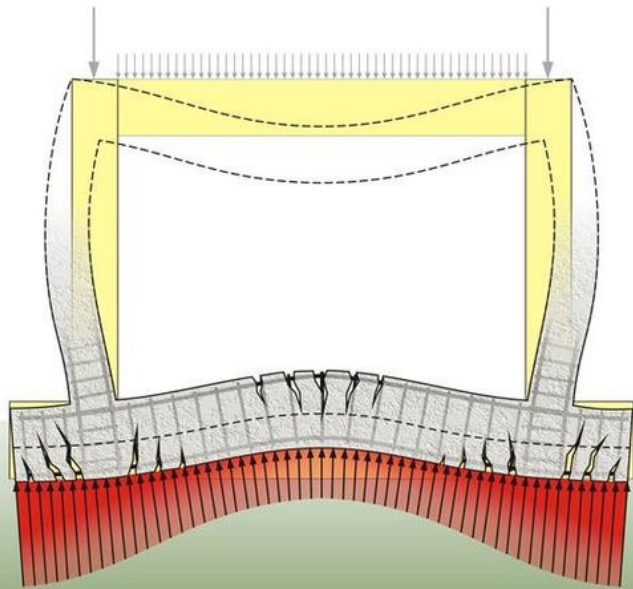
Sharp Centre - Facultatea de Design, arh. Will Alsop, Toronto, Canada, 2004

Alte forțe care acționează asupra unei clădiri sunt:

- vântul;
- mișcările seismice;
- vibrațiile determinate de activitățile oamenilor și diverselor echipamente;
- încărcările cu oameni și obiecte din clădire;
- defecte ale structurii de rezistență ce pot apărea din greșeli de construcție/ proiectare/ utilizare improprie etc.



Schemă diagramă vânt  
Clădirea 30st Mary Axe, arh. Foster and  
Parteners, Londra, Marea Britanie, 2004



Rezistență  
seismică

Controlul  
Vibrațiilor

Izolarea  
bazei

Comportarea unui cadru de beton armat sub  
acțiunea greutății clădirii

Comportarea unui cadru de beton armat sub  
acțiunea unei forțe seismice

Pentru a analiza rezistența structurii unei clădiri, și implicit a distribuției încărcărilor forțelor, se aplică principiile echilibrului static, al treilea principiu al mecanicii, enunțat de Newton - Principiul acțiunii și reacțiunii:

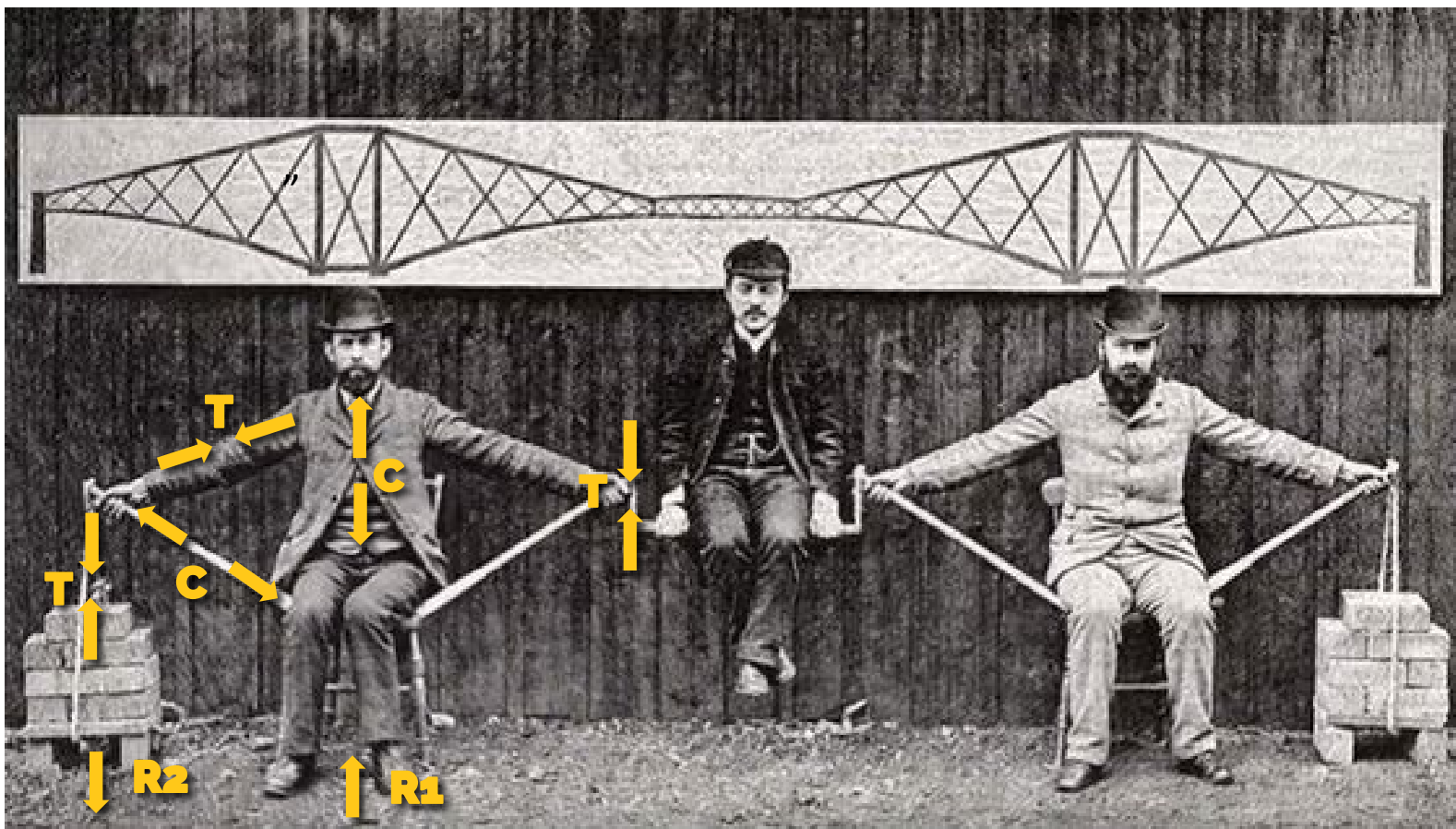
„Când un corp acționează asupra altui corp cu o forță (numită **forță de acțiune**), cel de-al doilea corp acționează și el asupra primului cu o forță (numită **forță de reacțiune**) de aceeași mărime și de aceeași direcție, dar de sens contrar.”

Cu alte cuvinte, **ca o clădire să fie stabilă, orice forță care acționează asupra ei trebuie să fie contracarată cu o forță egală și opusă.**



Forth Rail Bridge, Scoția, Marea Britanie, 1890, ilustrarea stabilității sale de către inginerii săi.

T- tensiune  
C - compresiune  
R- reacțiune





Rolul fiecărui component în ansamblul rezistenței clădirii este diferit:

**Portant** - formează sistemul structural al clădirii (scheletul ei); dacă ar fi eliminate clădirea s-ar deteriora/prăbuși;

**Neportant** - dacă ar fi eliminate clădirea nu s-ar deteriora/ prăbuși; acestea îndeplinesc diverse funcțiuni necesare bunei utilizării a clădirii: de închidere spre exterior, compartimentare interioară, decorație și finisaje etc. Atenție! Și elementele portante pot avea aceste funcțiuni.

**Rezistența** întregii clădirii se analizează și se calculează pe ansamblul clădirii. Toate structurile trebuie să **fie stabile și sigure** pentru ocupanții lor.

Scara nu este prinsă de planșeu!

Eliminarea căror elemente constructive nu ar pune în pericol structura clădirii?



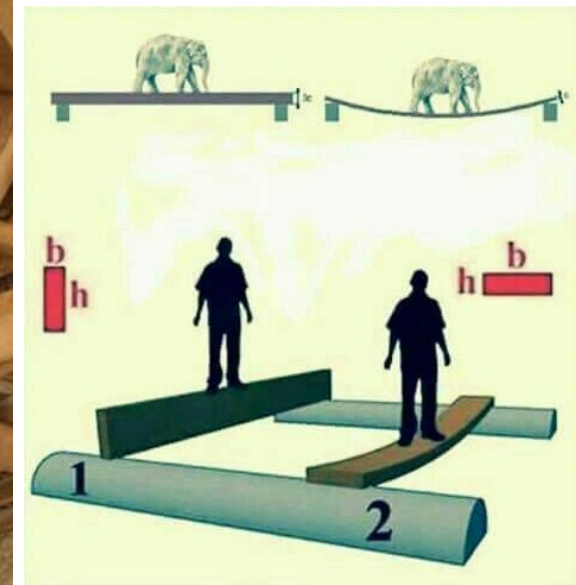
„Pleonastic is fantastic”, restaurare, arh. AMAA, Lonigo, Italia, 2020

Componentele unei clădiri trebuie să fie proiectate atât pentru a rezista încărcărilor la care sunt supuse fără a se prăbuși, cât și să își poată îndeplini scopul dorit fără să se clatine, să se miște sau să vibreze într-o asemenea măsură încât să îi perturbe pe ocupanții clădirii sau să provoace deteriorări altor elemente ale clădirii, instalațiilor sau finisajelor sau chiar a vecinătăților.

Pentru a determina dacă un element structural este capabil să reziste încărcărilor forțelor la care este supus, doi factori majori se iau în considerare:

- **dimensiunea sa;**
- **proprietățile materialului din care este făcut.**

Șarpantă de lemn



Numărați câte elemente constructive cu secțiuni de dimensiuni diferite se află în această șarpantă. De ce? Care sunt portante și care nu?

**Arhitectul stabilește tipul de sistem structural care se va utiliza în construcția sa, iar inginerul de structuri se ocupă de proiectarea acestuia și răspunde de rezistența sa.**

Pe parcursul proiectării, structura propusă inițial de arhitect este ajustată după calculele de rezistență.

Pentru structuri noi, sau cu elemente inovative, echipa de ingineri de structuri și arhitecți face testări pe machete și/sau pe prototipuri de elemente constructive la scara 1:1.



Macheta de lucru a bisericii Coloniei Güell (nerealizată) – fotografie de epocă, acum în muzeul catedralei Sagrada familia, arh. Antoni Gaudí, Barcelona, Spania, 1883- ...

Cele mai reușite exemple de arhitectură au **forma derivată din logica lor structurală**, iar ornamentele sunt adecvate materialului de construcție folosit.



Şcoala La Rouche,  
arh. Tracks  
architectes,  
Perthes-en-  
Gâtiniais, Franța,  
2018



Heydar Aliyev  
Center, arh. Zaha  
Hadid Architects,  
Baku, Azerbaijan,  
2013

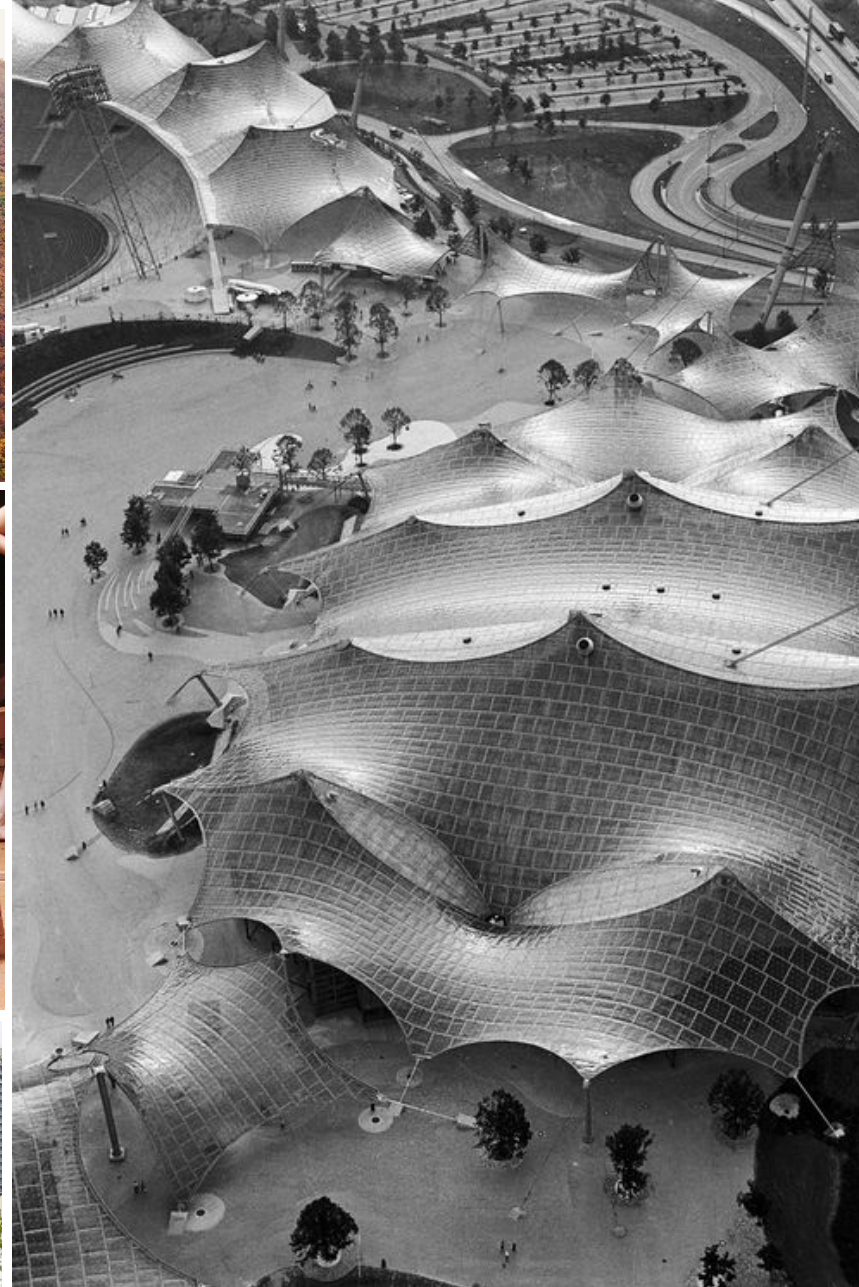
## Tipologii de structuri de rezistență

**Formă activă** - este tipul structural care se bazează pe o serie de componente flexibile, non-rigide, pe care dacă le punem împreună obținem o formă stabilă sub încărcarea forțelor. Cel mai sugestiv exemplu este un lanț sau un pod pe funii. Arcele de zidărie sunt și ele forme active, fiind de fapt lanțuri inversate (vezi macheta lui Gaudi). Tot forme active sunt structurile ce se pot obține cu pânze tensionate, pe principiul cortului, sau structurile pneumatice.

Hängeseilbrücke,  
Mörzdorf,  
Germania



test  
carămizi  
pământ,  
Satprem  
Măini



Ontario's Celebration Zone  
Pavilion, Hariri Pontarini  
Architects, Canada, 2015

Parcul și stadionul olimpic,  
arh.Günther Behnisch & ing. Otto  
Frei, Munchen, Germania, 1972

## Tipologii de structuri de rezistență

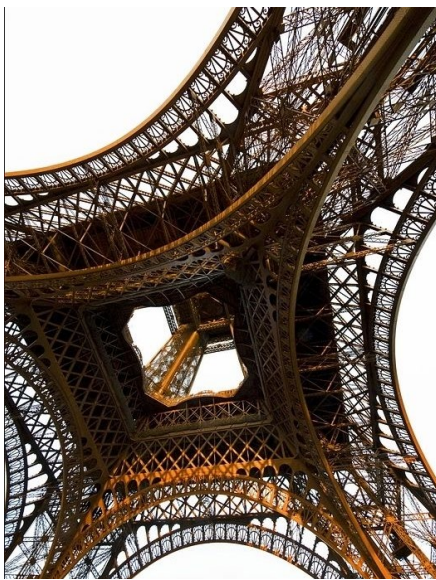
**Vector activ** – este tipul structural care transferă încărcările forțelor printr-o serie de componente rigide și interconectate, care sunt mici în comparație cu dimensiunile structurii întregi și, prin urmare, nu sunt capabile să dezvolte forțe semnificative de îndoire sau forfecare. Modul de dispunere al acestor componente este în triunghiuri sau tetraedru triunghiular (forme nedeformabile). Cel mai simple exemple sunt grinzile bidimensionale, iar cele mai complexe sunt structurile tridimensionale și domurile semisferice/sferice.



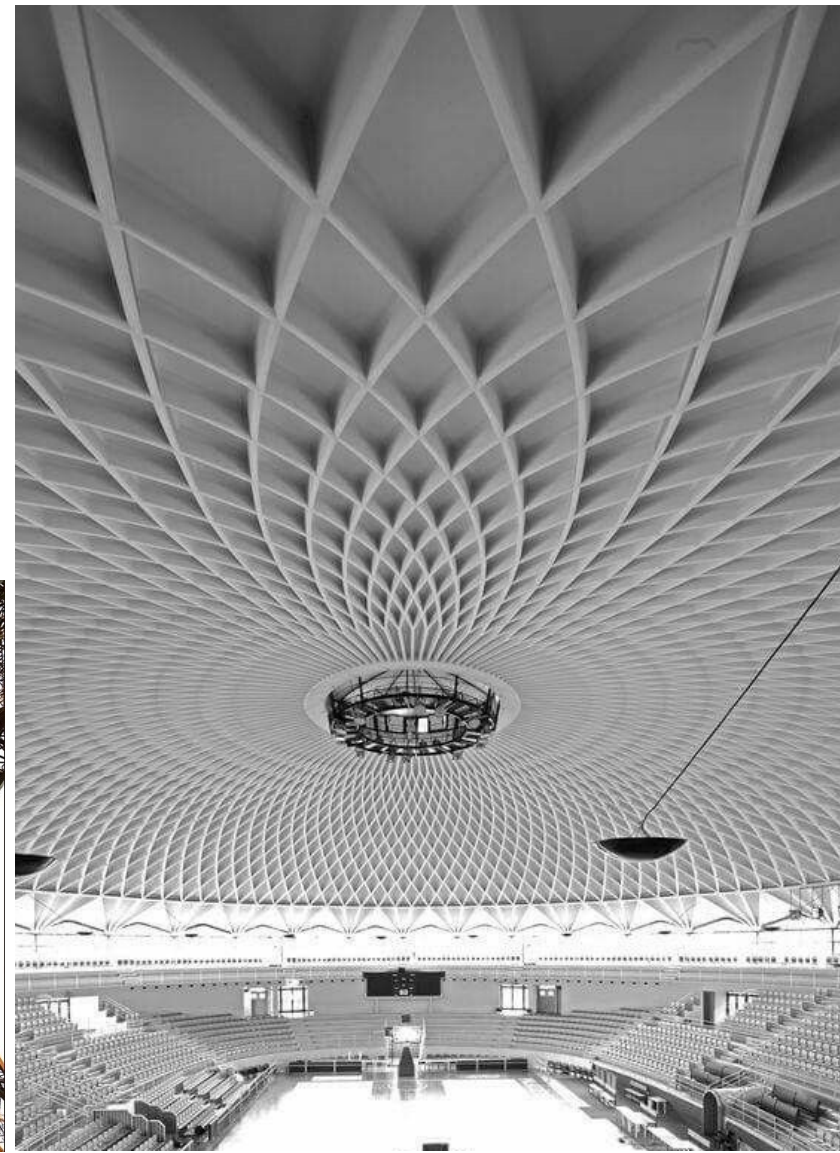
Congress and Exhibition Center, arh. Studio Botter & Studio Bressan, Agordo, Italia, 2018



structură din bețe de înghețată care ține 909 kg, realizată la un concurs anual al inginerilor spanioli



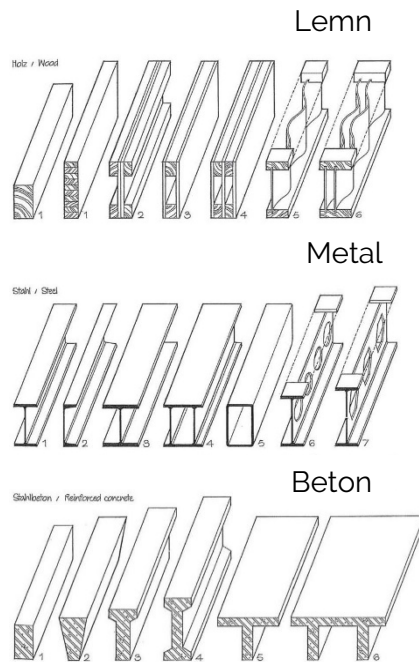
Turnul Eiffel, ing. Gustave Eiffel, Paris, Franța, 1889



Palazzetto dello Sport, arh. & ing. Pierre-Luigi Nervi, Roma, Italia, 1957

## Tipologii de structuri de rezistență

**Secțiune activă** - este tipul structural cel mai versatil, determină cea mai comună formă de structură, secțiunile structurilor active se bazează pe proprietățile secționale ale componentelor rigide individuale, cum ar fi grinzile și stâlpii, pentru a prelua forțele, astfel că toate clădirile cu acest tip de structură au grinzi, plăci și stâlpi.

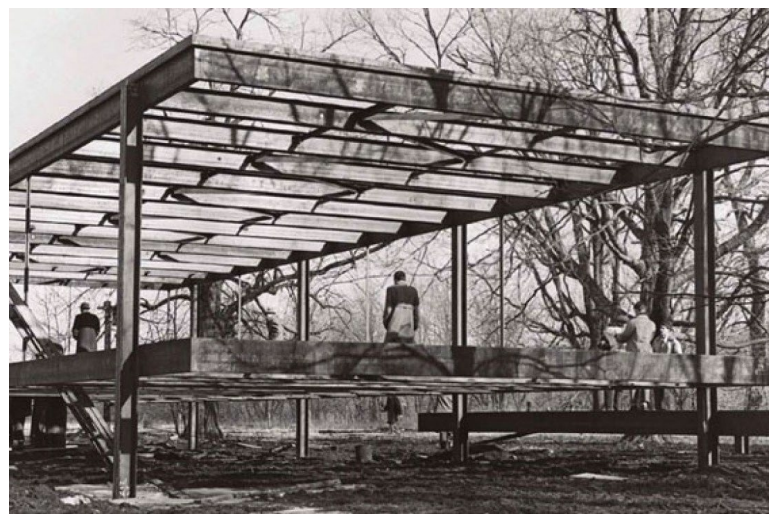


Heino Engel – Sisteme structurale

Structură metalică  
Farnsworth House, arh. Ludwig Mies van der Rohe  
Plano, Illinois, SUA, 1945-1951



Structură de lemn  
Tamedia Office Building, arh. Shigeru Ban Architects, Zurich, Elveția, 2013



Structură de beton  
Beirut Terraces, arh. Herzog & de Meuron,  
Beirut, Liban, 2009



## Tipologii de structuri de rezistență

**Suprafață activă** - tipul structural care include cupolele de beton sau zidărie, clădiri celulare și cochilii de beton și caracterizate de suprafețele lor rigide care sunt capabile să dezvolte tensiuni axiale (compresie și tensiune) și de forfecare, astfel încât orice forță este redirecționată prin forma structurilor și, prin urmare, forma este intrinsec legată de performanța structurală.



Cercul de stat, arh. N. Porumbescu, C. Rulea, S. Bercovici, N. Pruncu, A. Aioanei, I. Podocea, București, România, 1960



Opera din Sydney, arh. Jørn Utzon, ing. Ove Arup, Australia, 1959-1973

## Tipologii de structuri de rezistență

**Înălțime activă** - tip structural pentru clădirile înalte, care au un raport mic între suprafața și înălțimea lor. În acest sistem structural complex rezistența clădirii este asigurată atât structurile ei interioare cât și cele exterioare. Structurile interioare sunt formate din tuburi rigide sau/și diafragme de beton armat, aflate la interiorul clădirii, adesea în centrul ei de greutate, iar structurile exterioare folosesc închiderile perimetrice ale clădirii pentru a forma un tub rigid care să ofere stabilitate.

Clădirea 30st Mary Axe, arh. Foster and Partners, Londra, Marea Britanie, 2004



Fotografii:

[www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

[www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)

[www.dwell.com](http://www.dwell.com)

[archello.com](http://archello.com)

[architecturaldigest.com](http://architecturaldigest.com)

[buildinghow.com](http://buildinghow.com)

[www.divisare.com](http://www.divisare.com)

[civil-engineering-facts.blogspot](http://civil-engineering-facts.blogspot)

[designboom.com](http://designboom.com)

[terra-award.org](http://terra-award.org)

Instagram, Parcul și stadionul olimpic Munchen, foto: Johannes Wachter

[500px.com](http://500px.com)

[archdaily.com](http://archdaily.com)

[architectural-review.com](http://architectural-review.com)

arhiva UAR

[designweek.co.uk](http://designweek.co.uk)

[fosterandpartners.com](http://fosterandpartners.com)