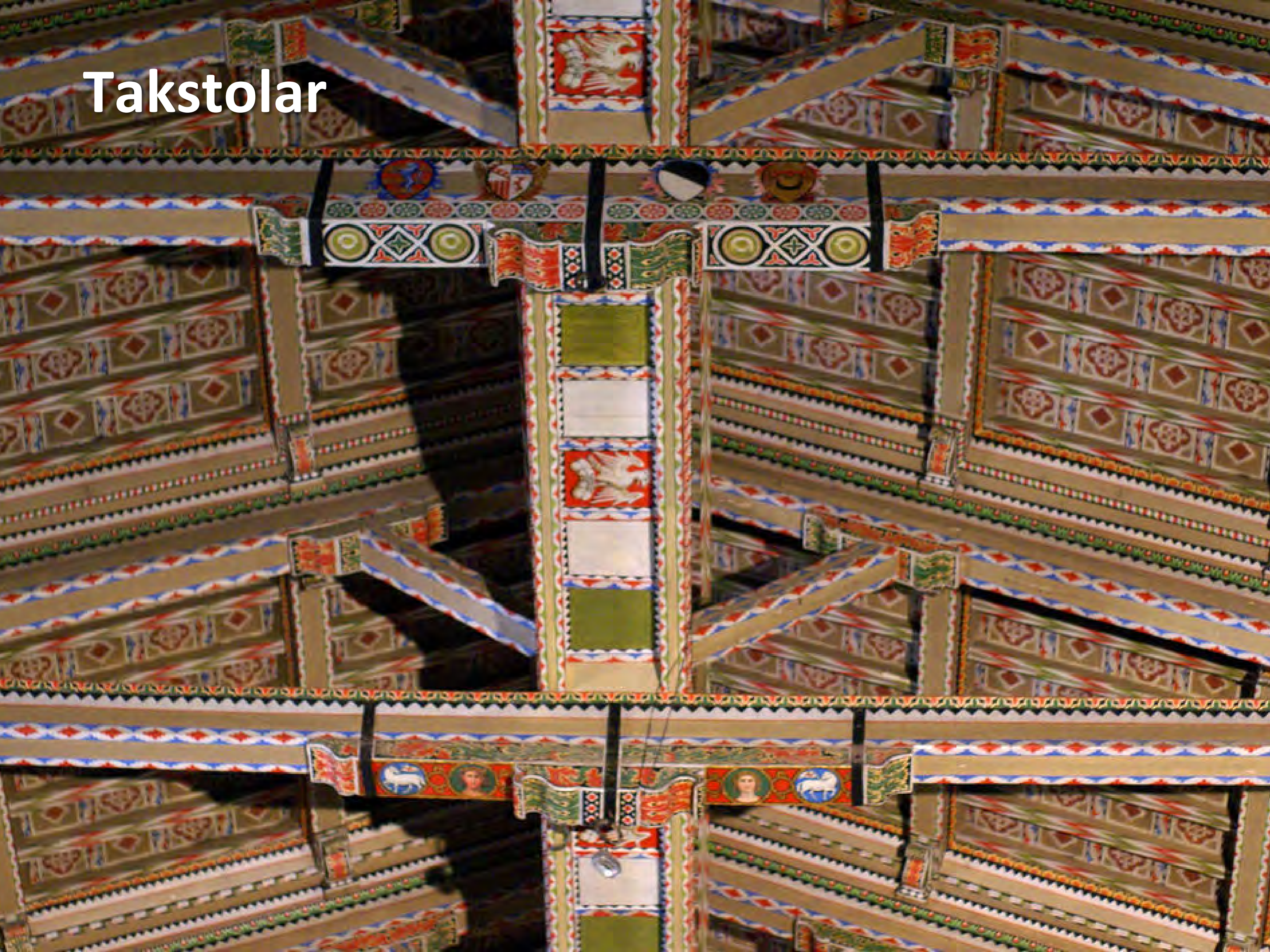
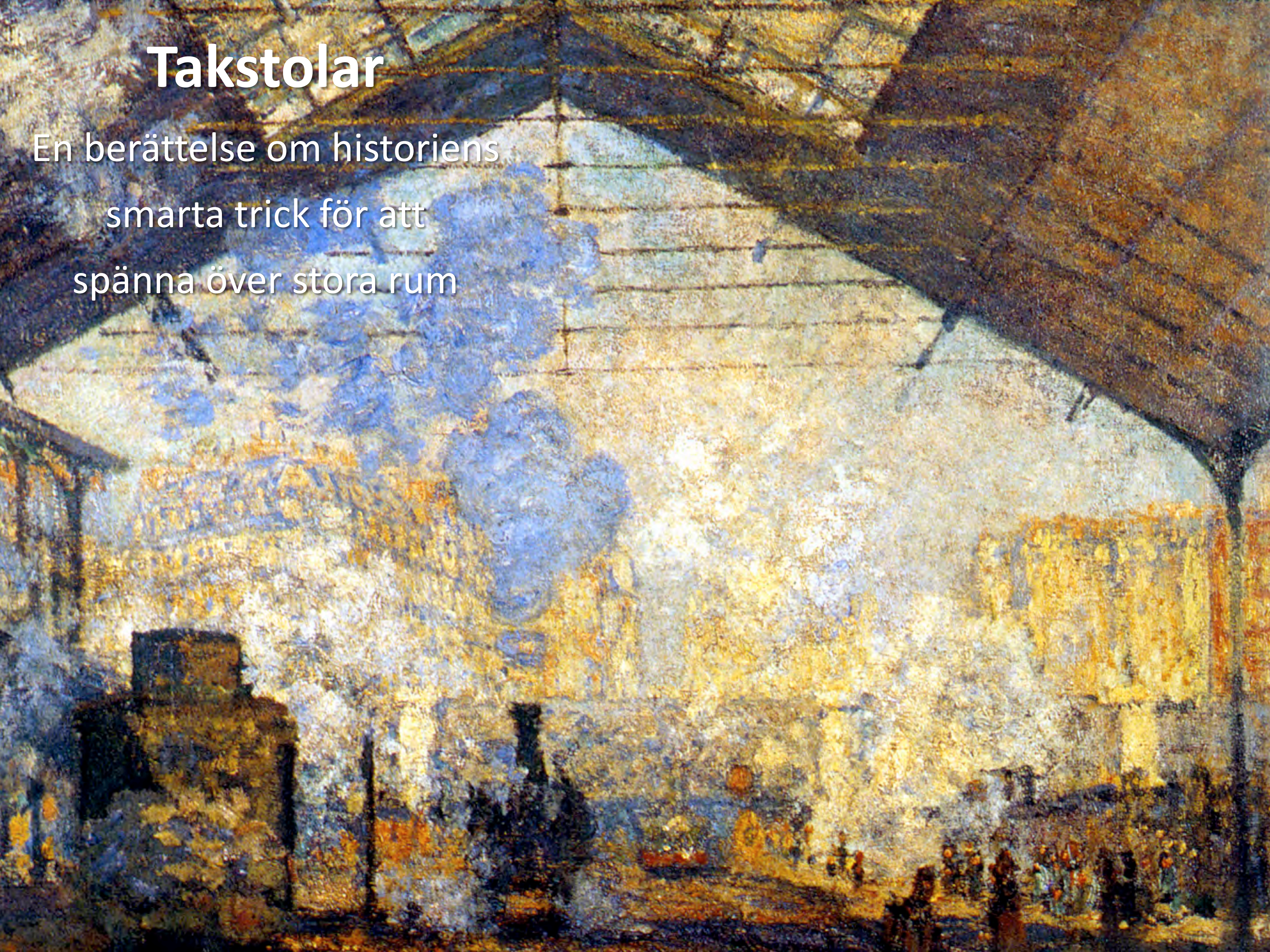

Skivan och pelaren

Takstolar

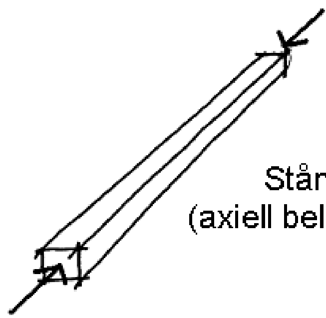


Takstolar

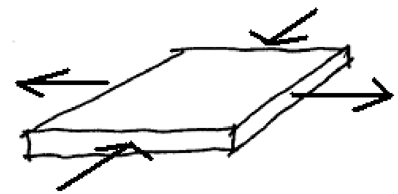
En berättelse om historiens
smarta trick för att
spänna över stora rum



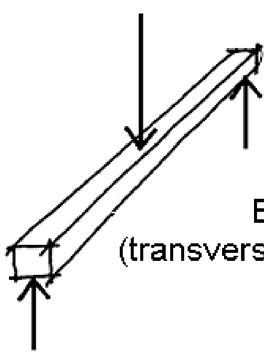
Konstruktionselementens verkningssätt (form + belastning)



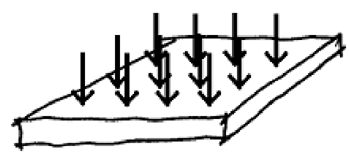
Stång
(axiell belastning)



Skiva
(belastning i planet)



Balk
(transversell belastning)



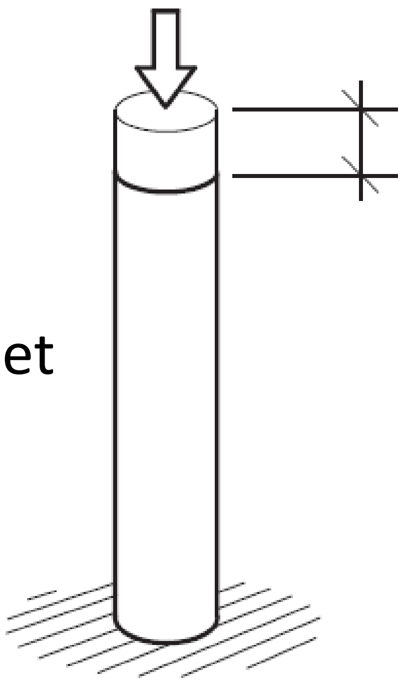
Platta
(belastning vinkelrätt planet)

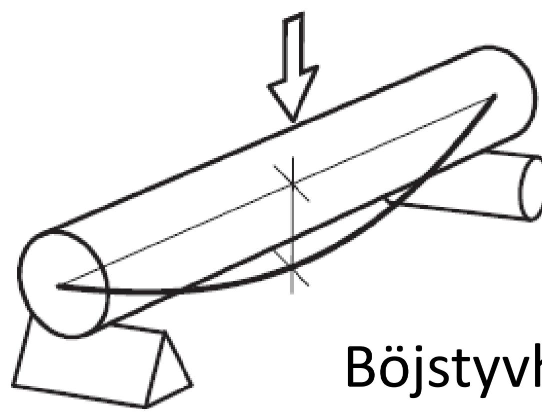
Takstolar

En berättelse om konstruktioners effektivitet och om att reducera böjning och bära med mer tryck och drag

Axiell styvhet

EA/L

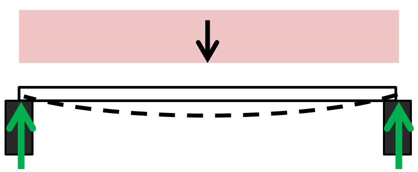




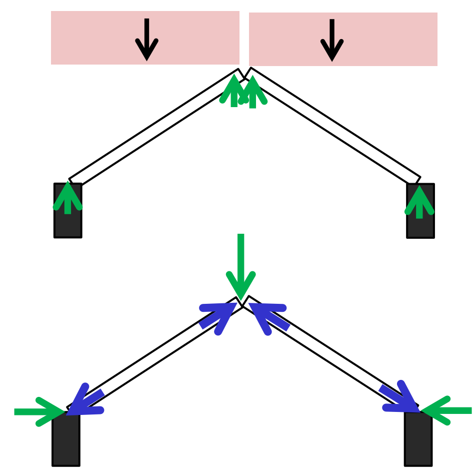
Böjstyvhet

EI/L^3

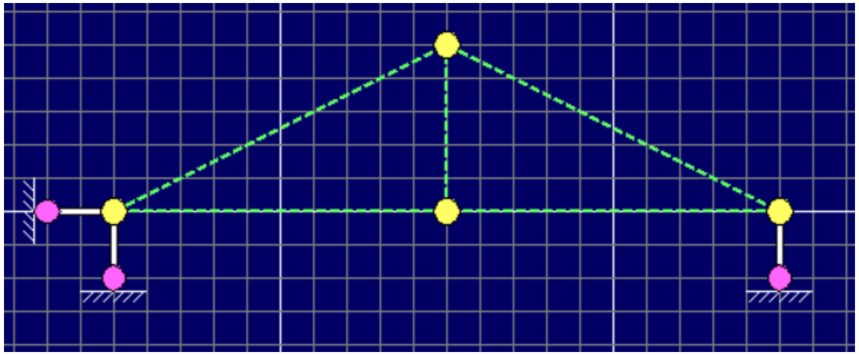
Balkverkans ineffektivitet begränsar balkens längd

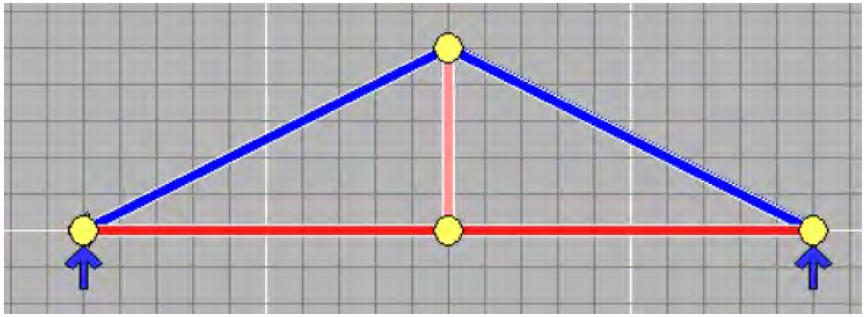


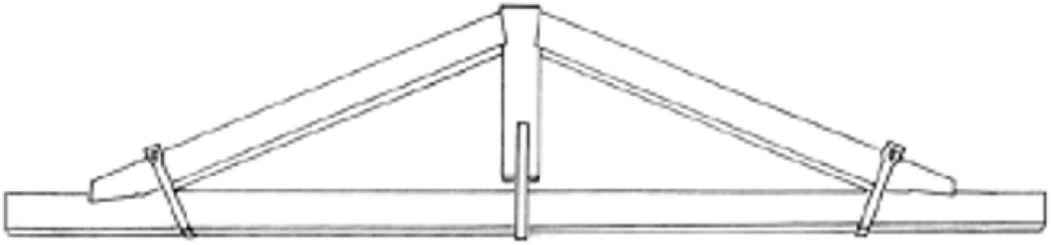
Hur förlänga en balk?

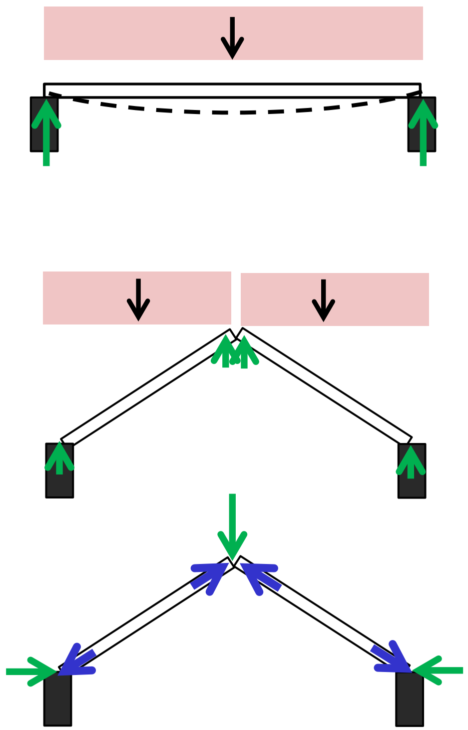


Hur förlänga en balk?

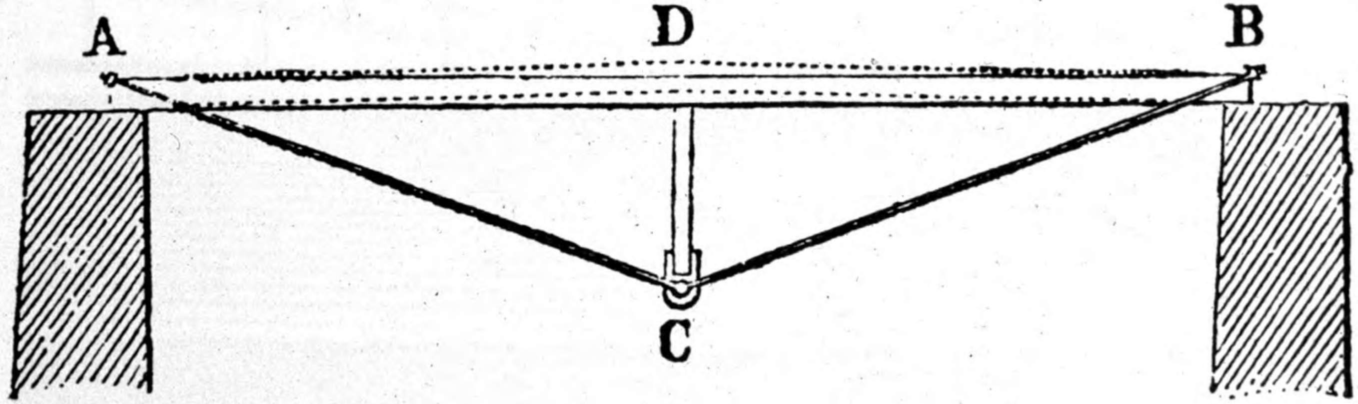






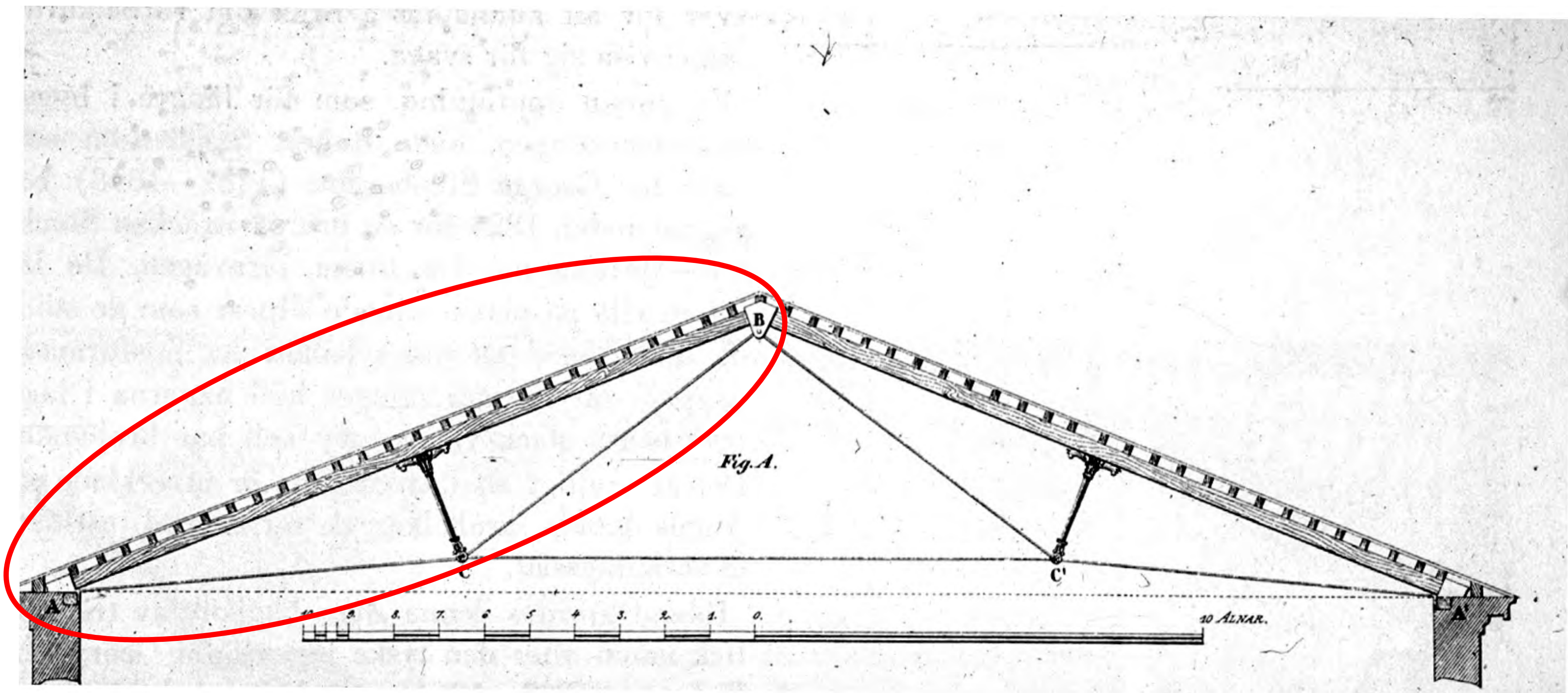


Hur förlänga en balk?



En förstärkt bjälke, utgångspunkten för Polonceaus takstolstyp.

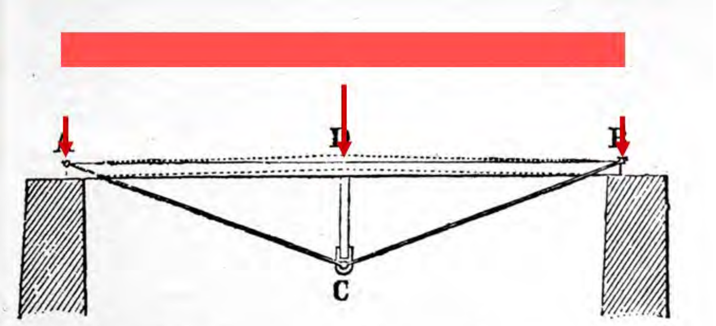
Ur Elias Cornell Byggnadstekniken 1970



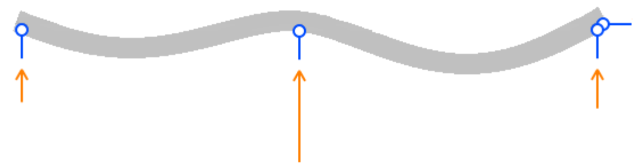
Ur Elias Cornell Byggnadstekniken 1970

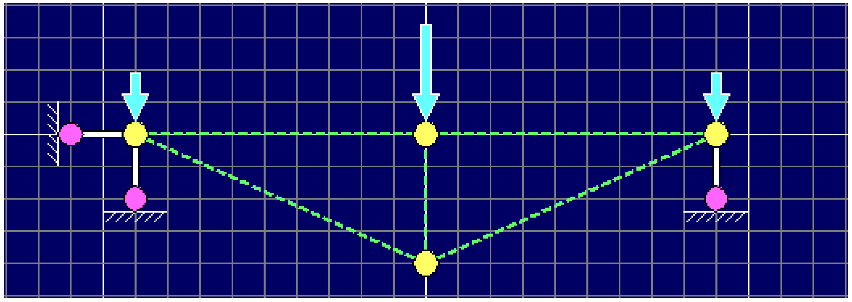
Idé

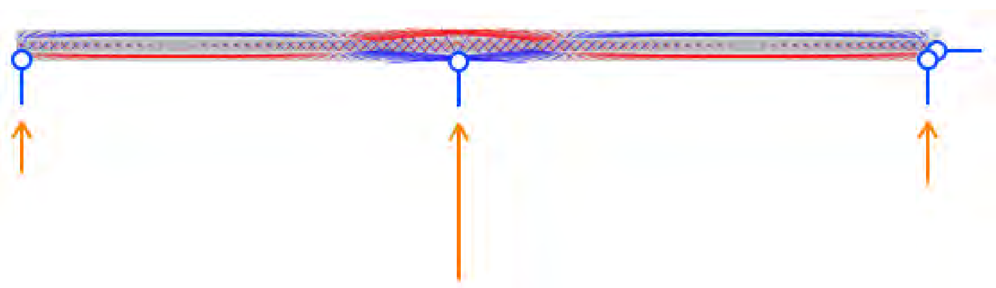
att reducera böjning och bära mer med tryck och drag

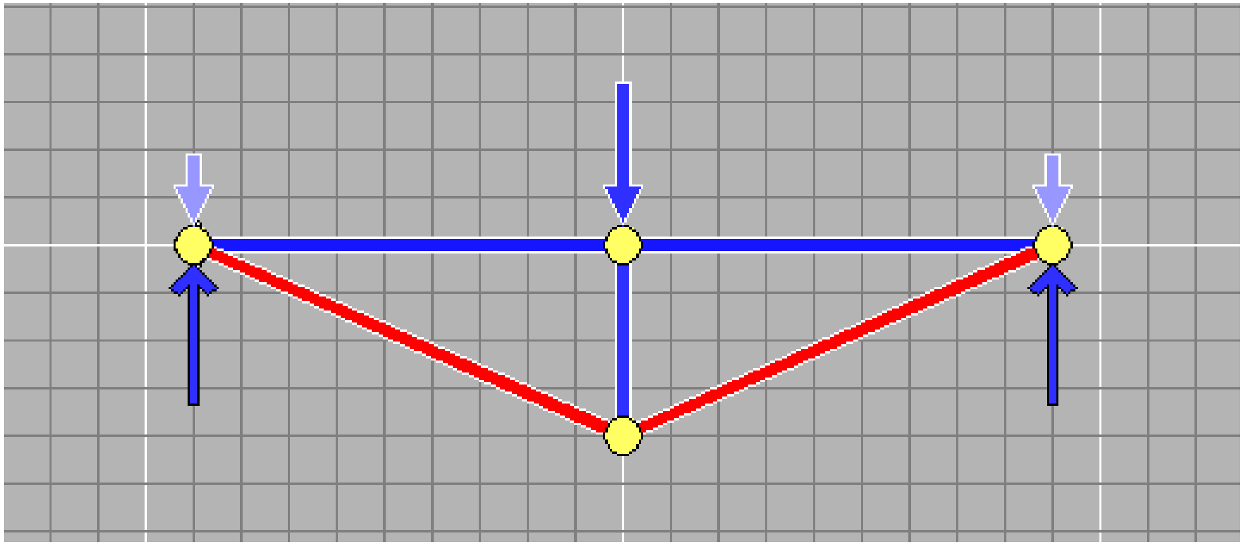


En förstärkt bjälke, utgångspunkten för Polonceaus takstolstyp.

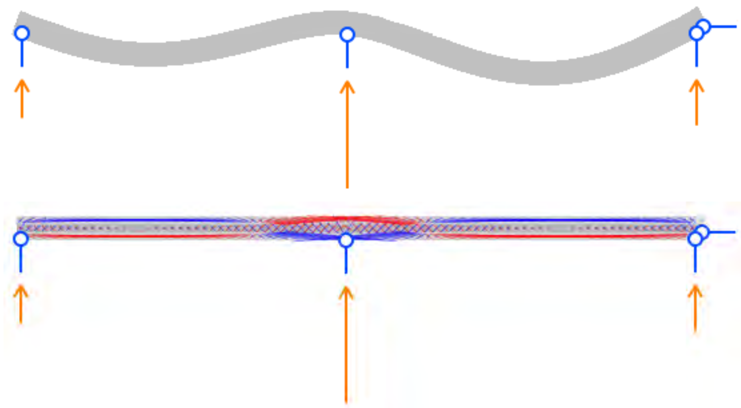




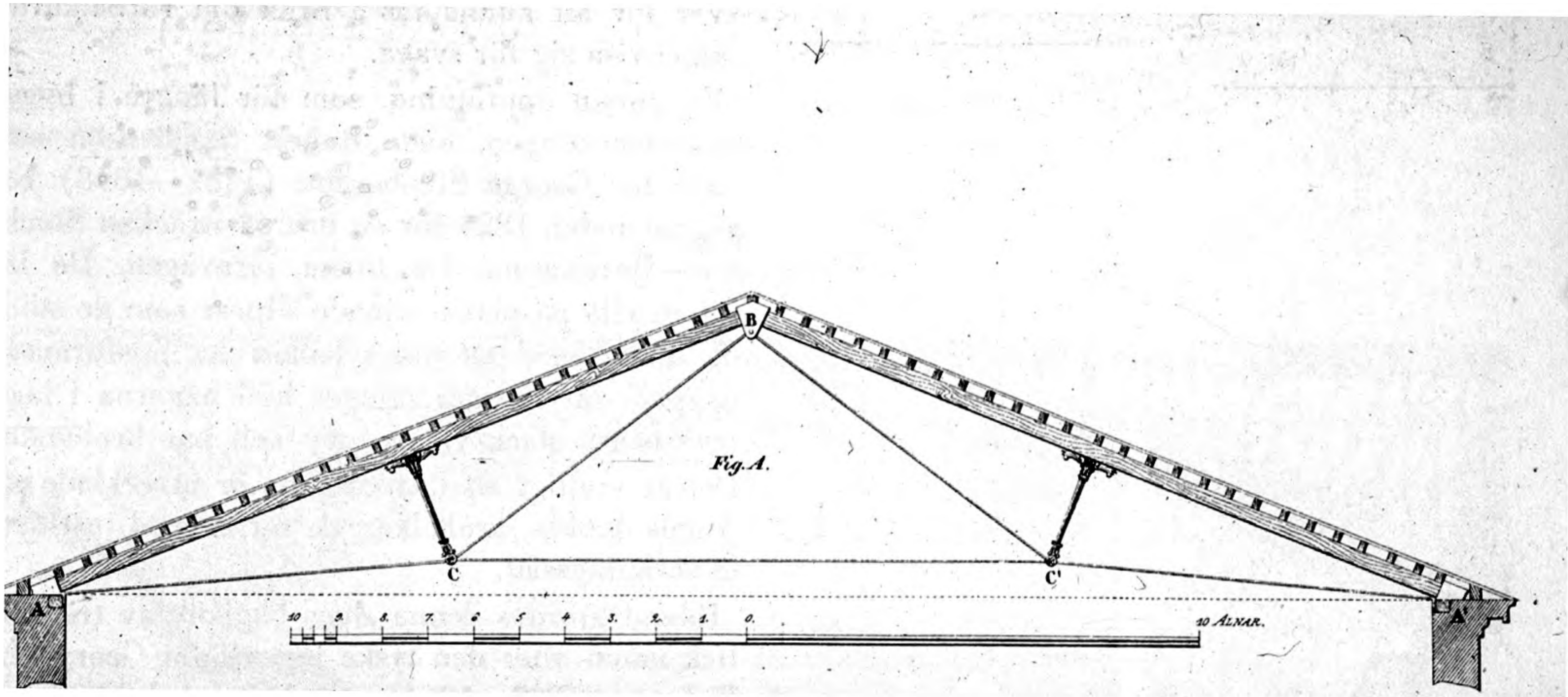




Skarv där krökningen (momentet) är noll



Polonceautakstol



År 1839 uppfann **Camille Polonceau**
en metod för att spänna över stora rum

"one of the most successful roof designs
of the nineteenth century"

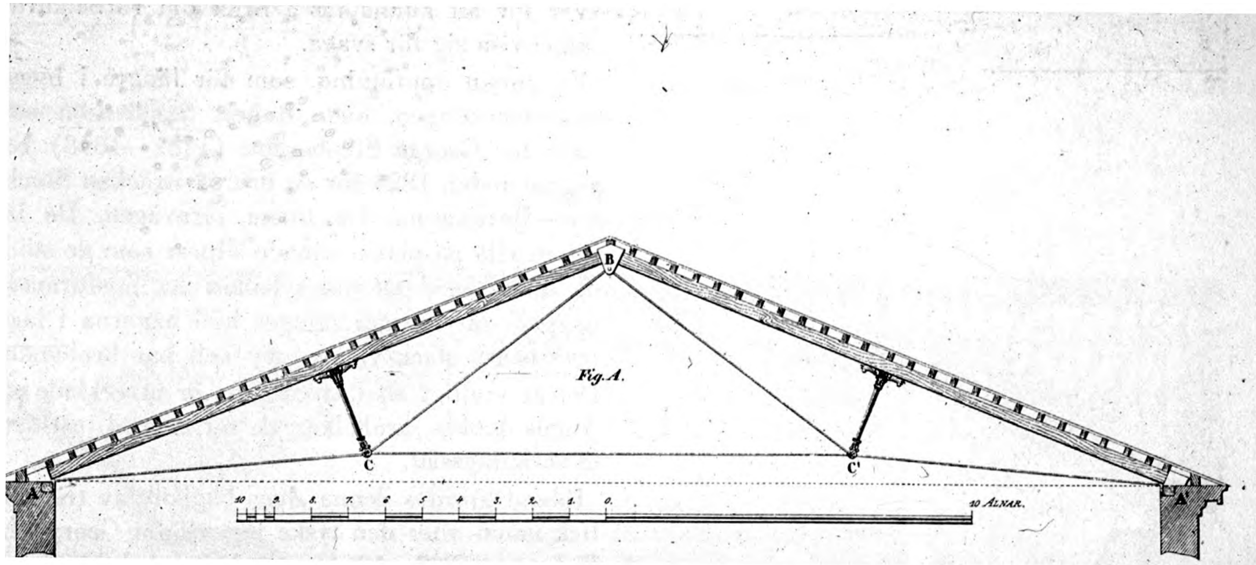
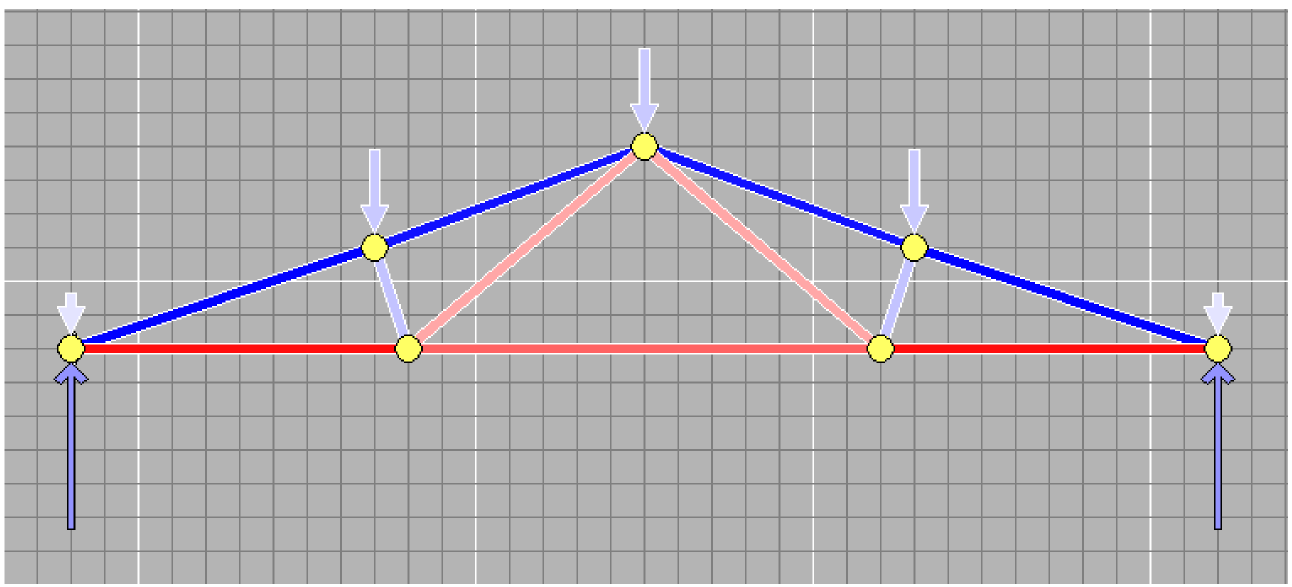
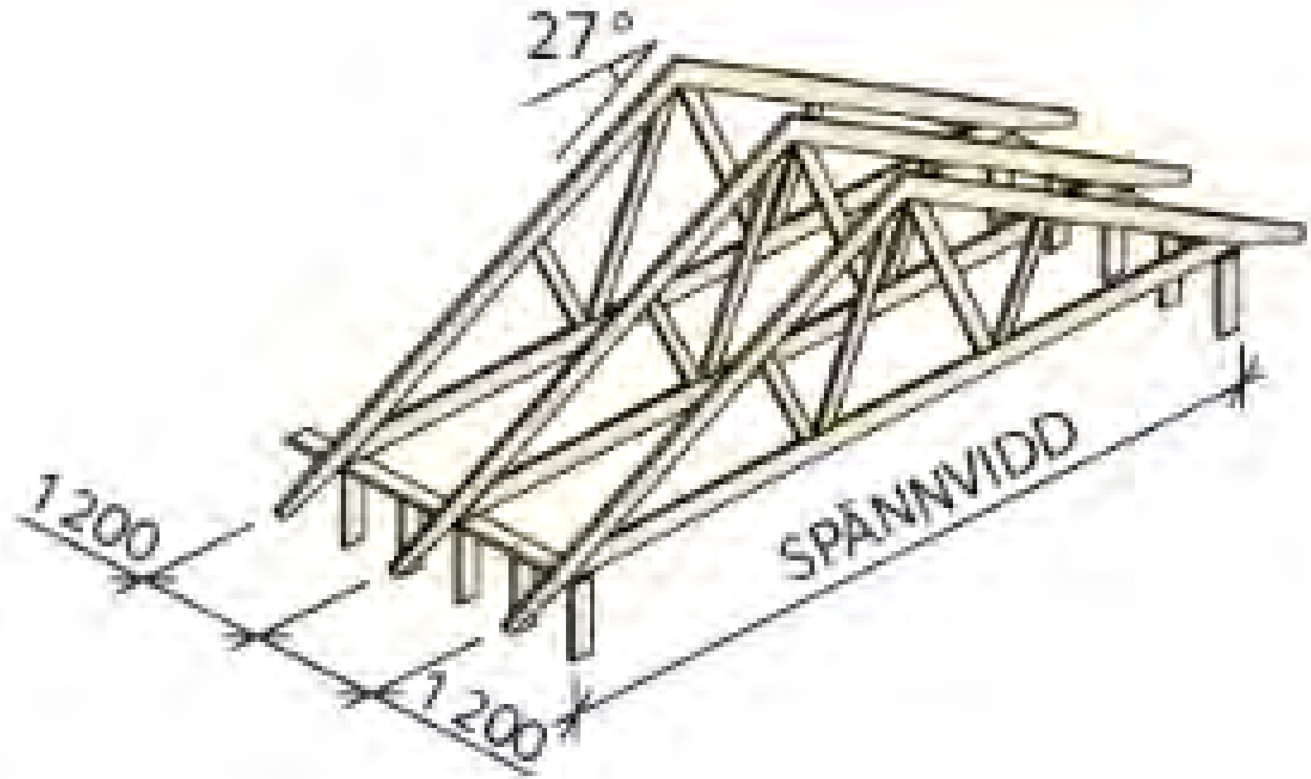


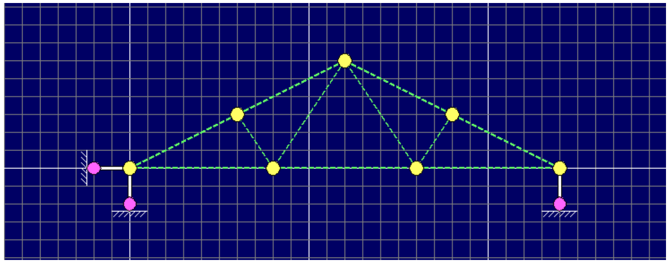
Fig. A.
B
C
C'
A
A'
10 ALNAR.

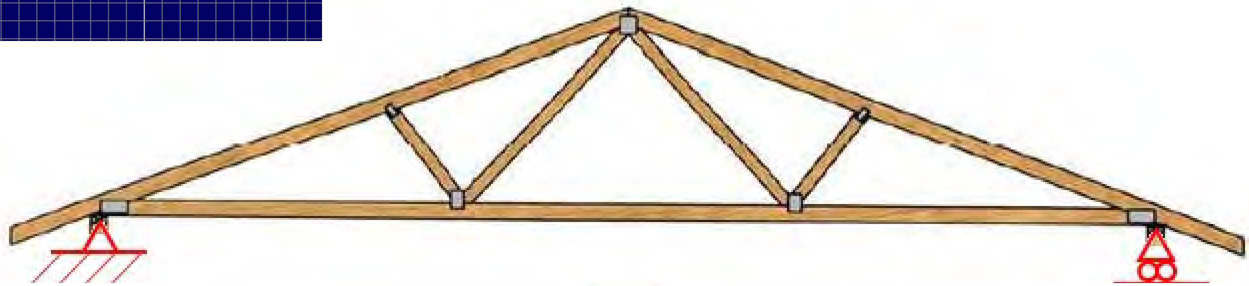


W - takstol

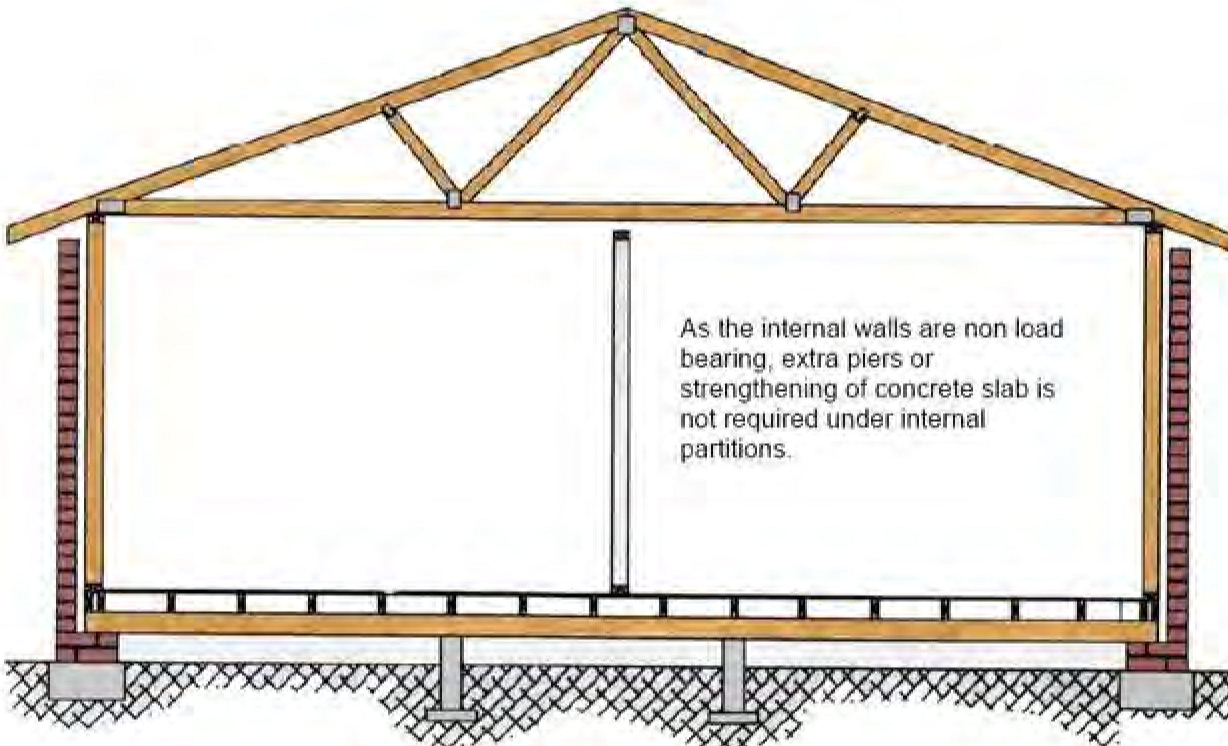


ur Träguiden

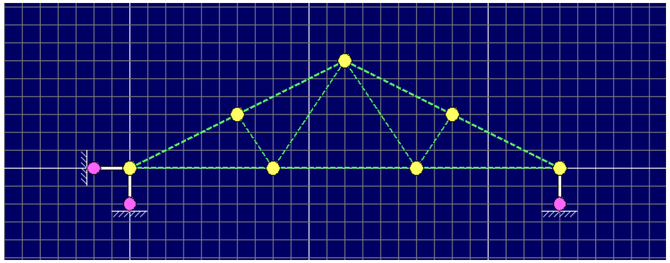


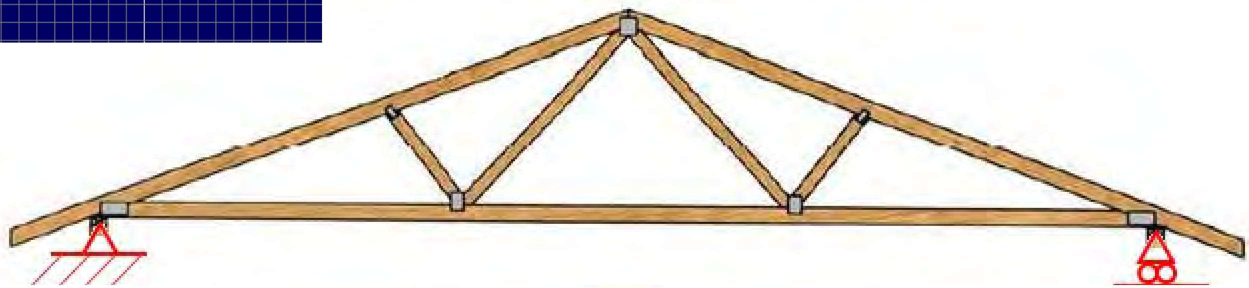


With trussed roof construction, only external walls are load bearing, making the design of floor structure simple and inexpensive.

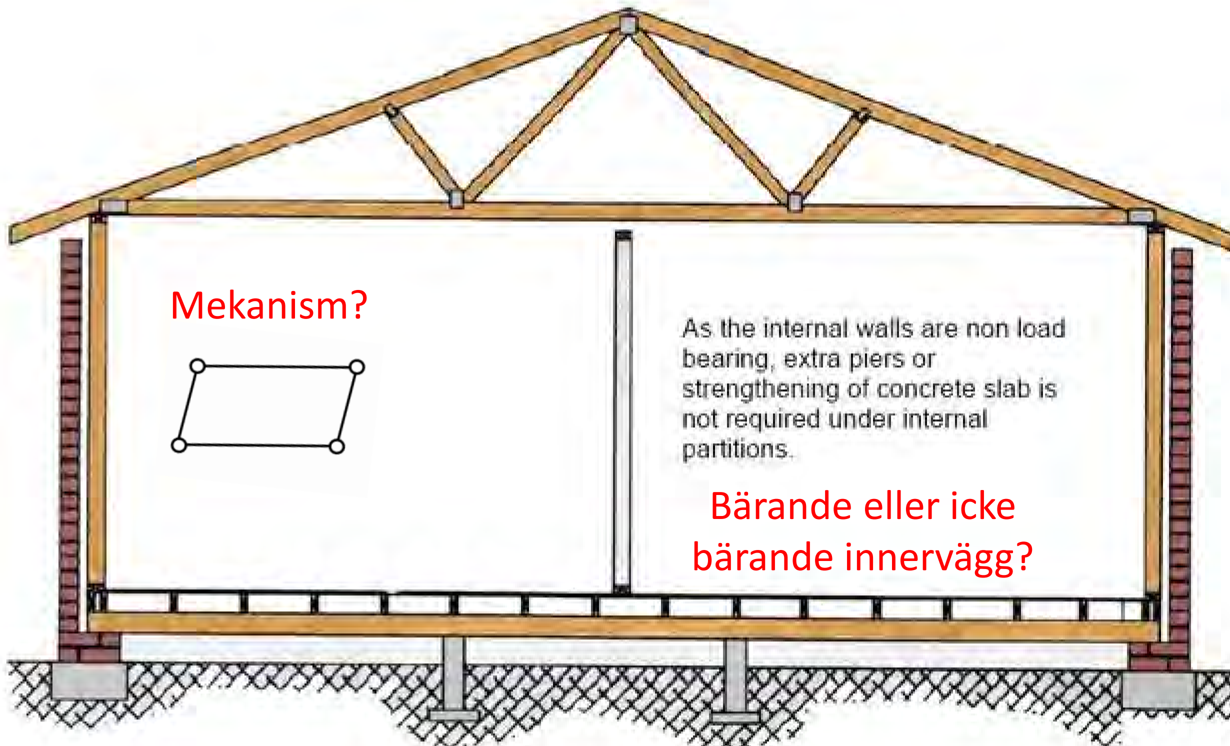


As the internal walls are non load bearing, extra piers or strengthening of concrete slab is not required under internal partitions.





With trussed roof construction, only external walls are load bearing, making the design of floor structure simple and inexpensive.



Plintarnas placering och varför extra plintar?

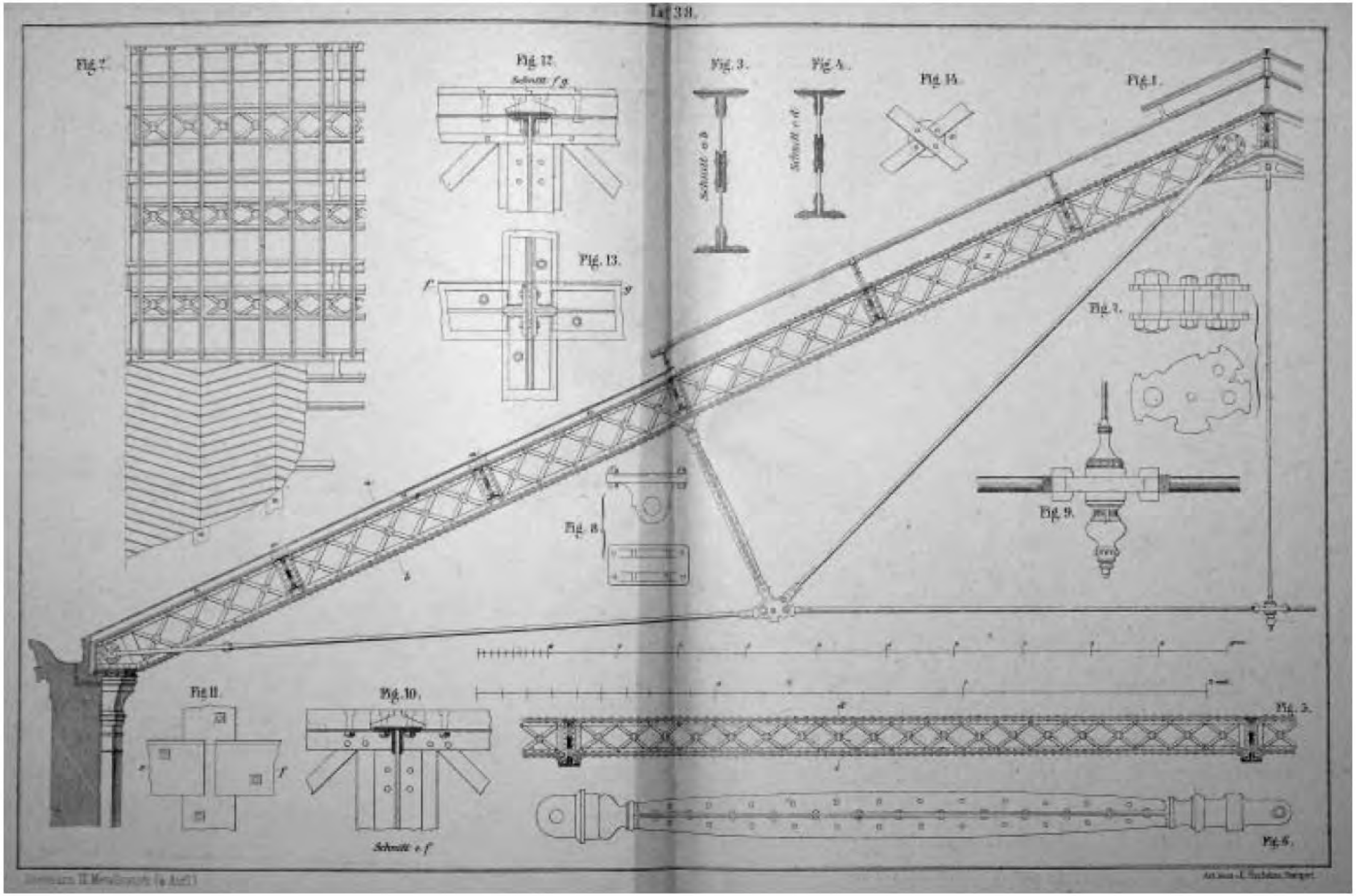


FIGURE 15 Lyon-Perrache, roof of the railway station (completed in 1855). From Breymann 1877, plate 38.

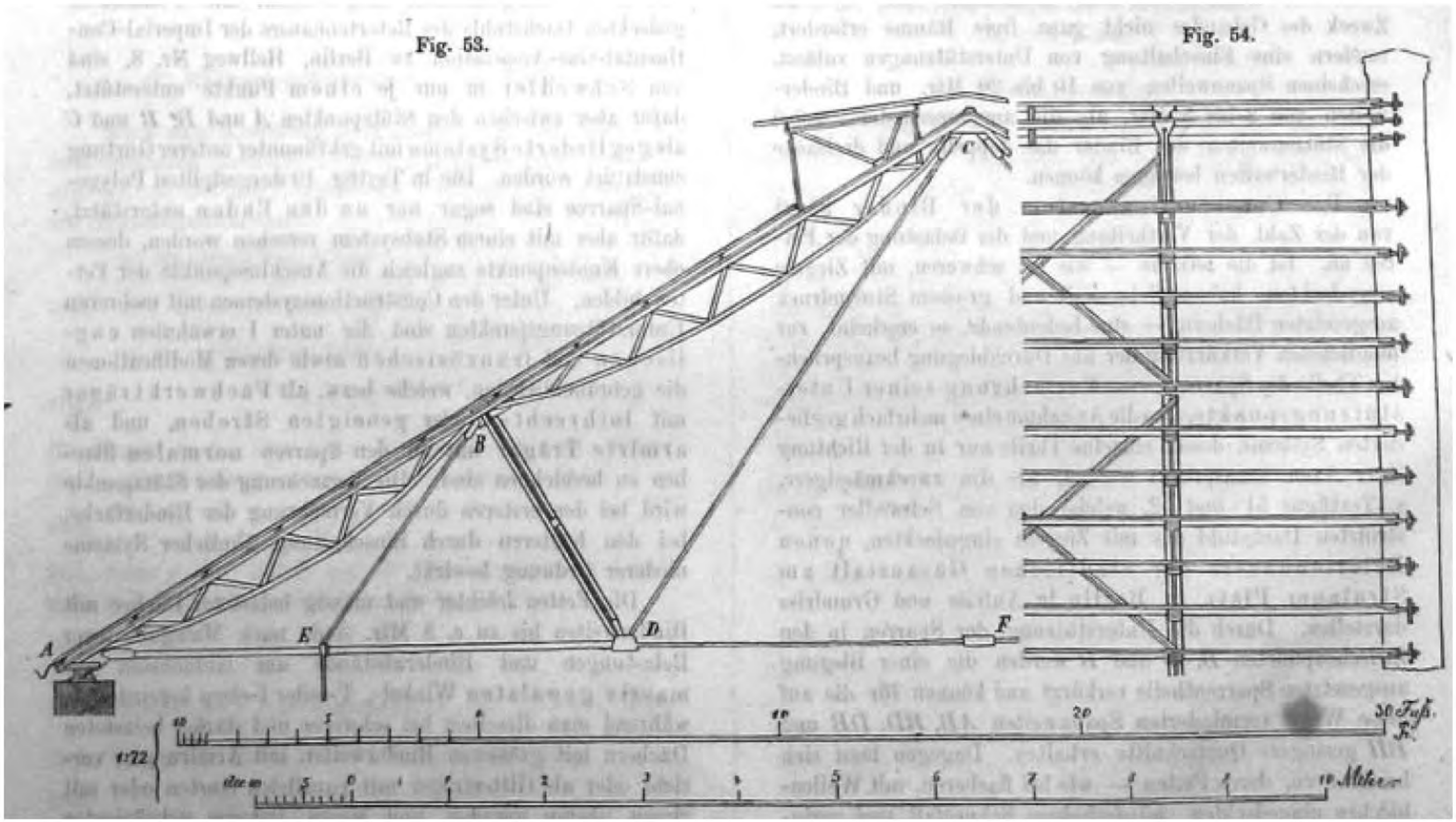


FIGURE 17 Berlin, roof of a workshop of the Imperial Gas Association (designed by J. W. Schwedler). Transverse section (left) and ground plan (right). From Heinzerling 1876, p. 20.

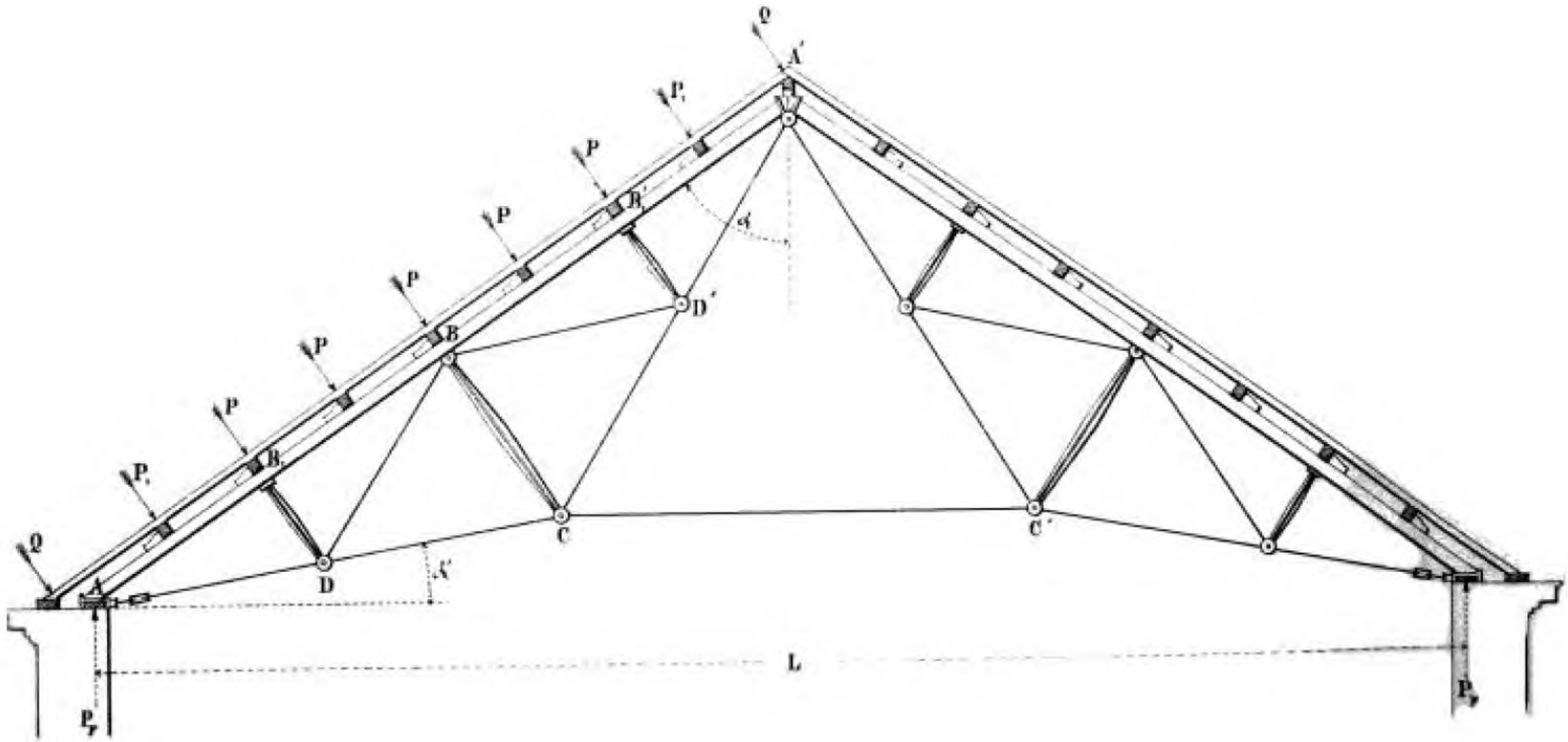
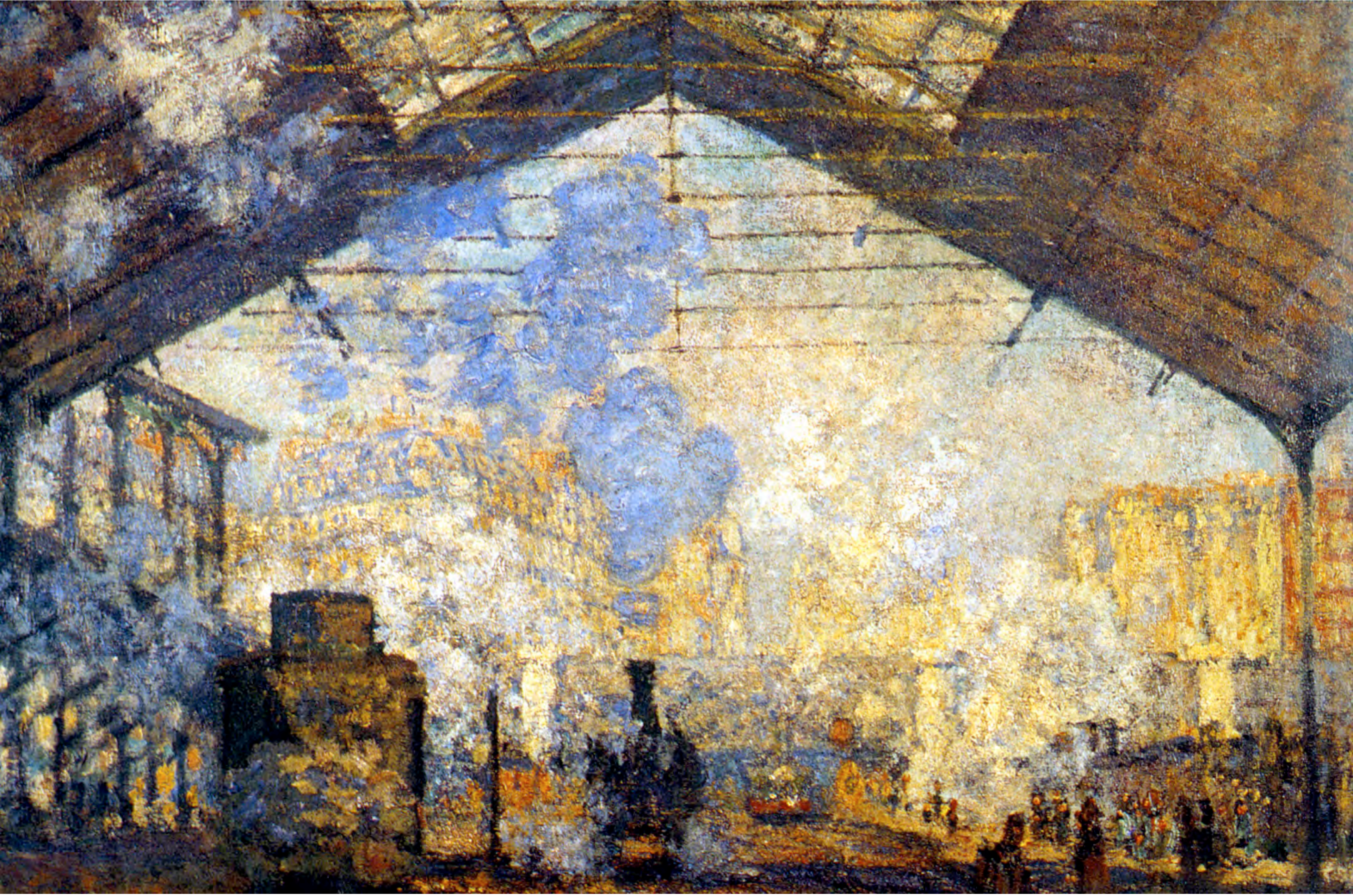
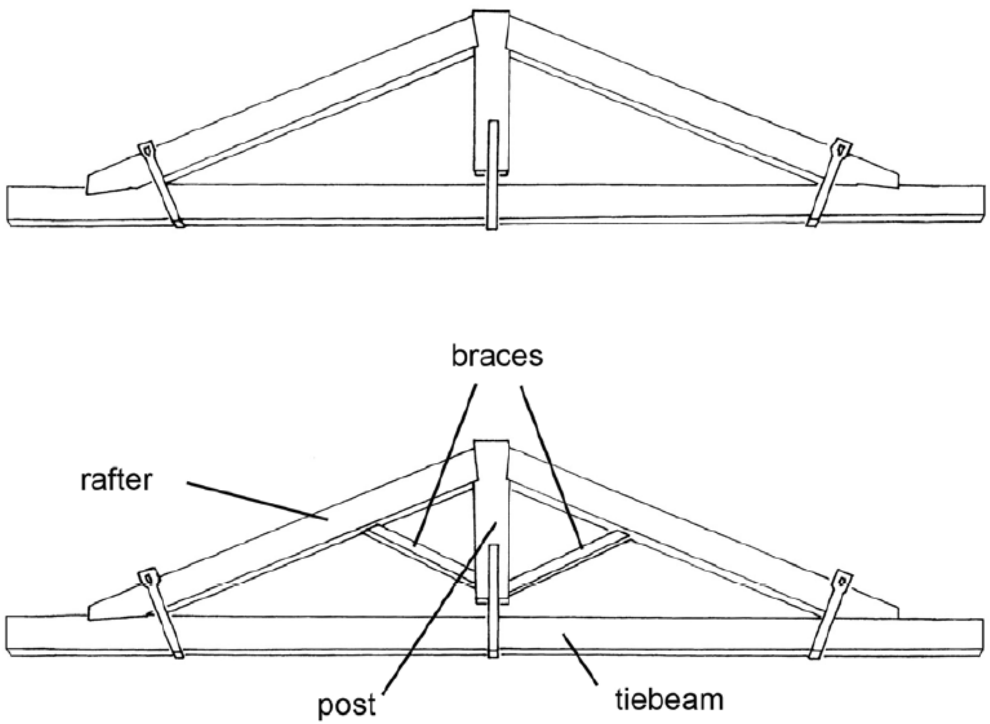


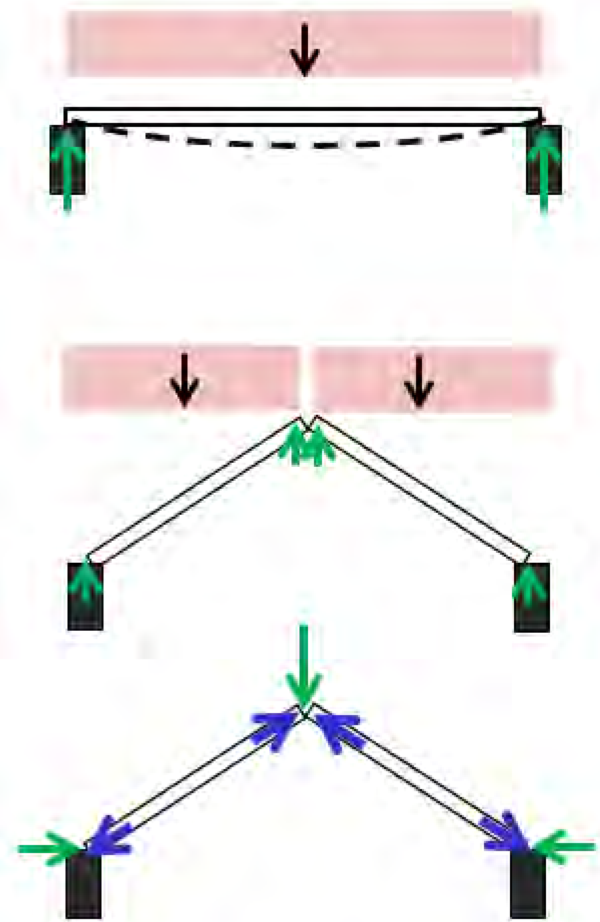
FIGURE 20 Poloneceau roof with triply braced principal rafters. From Michon 1848, p. 290.



Claude Monet   Gare Saint-Lazare

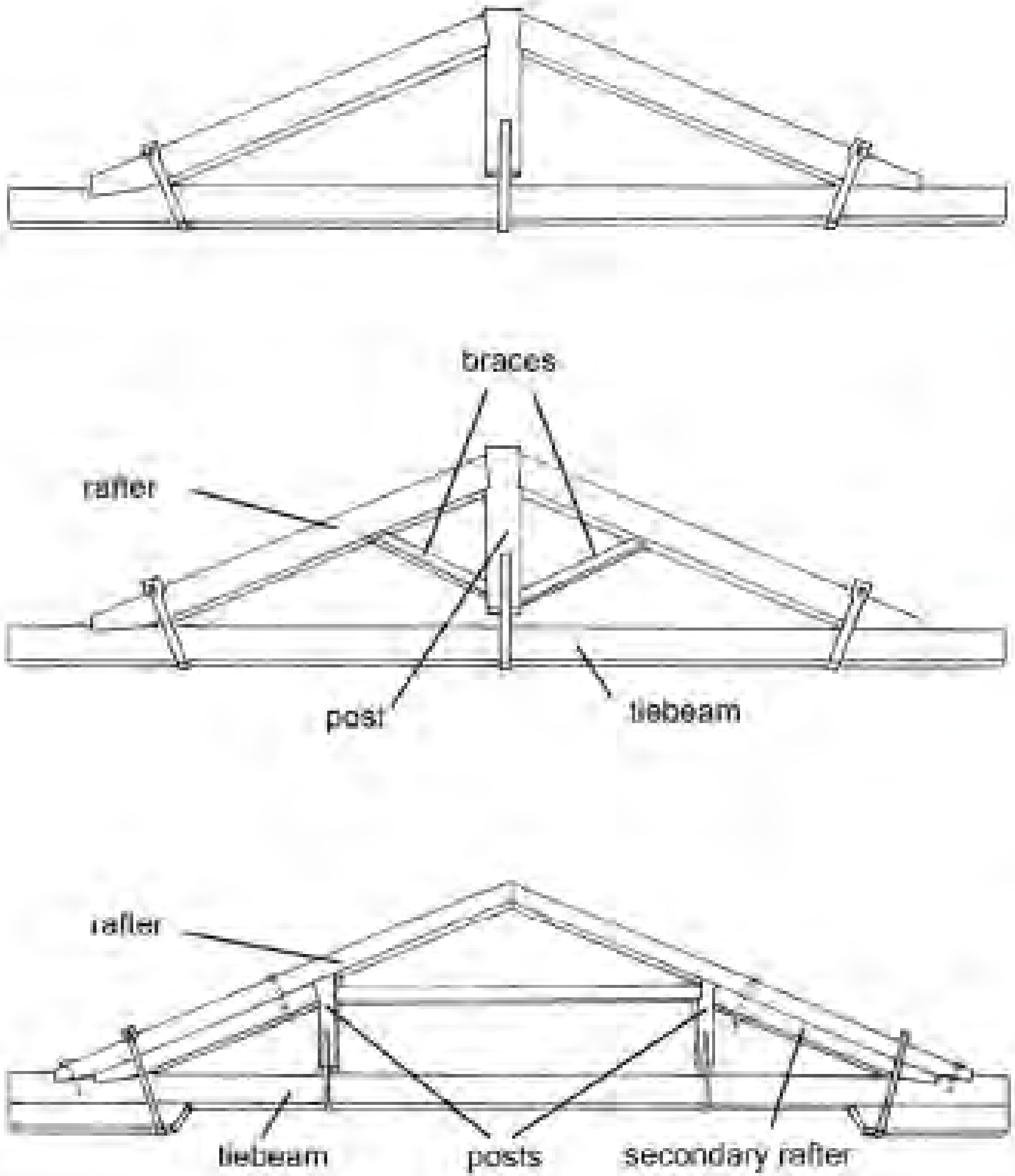
Hur förlänga en balk?



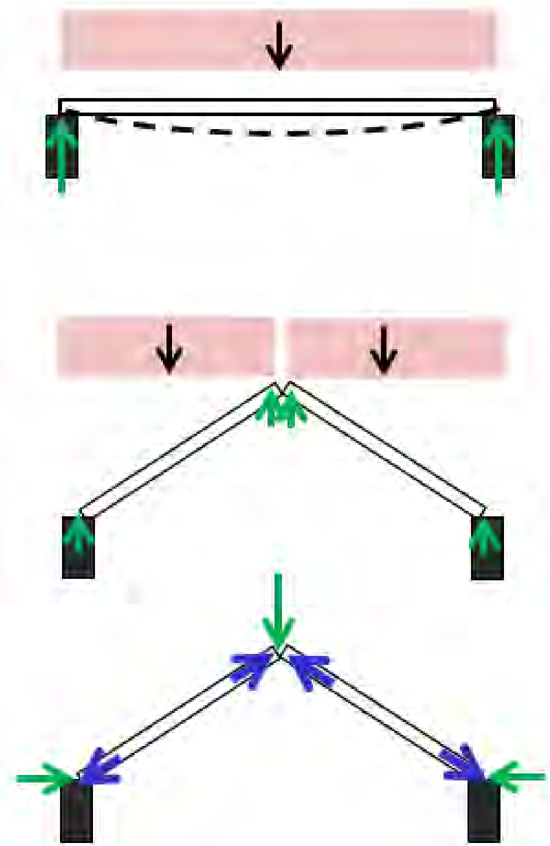



Saint Catherine's Monastery
Mount Sinai

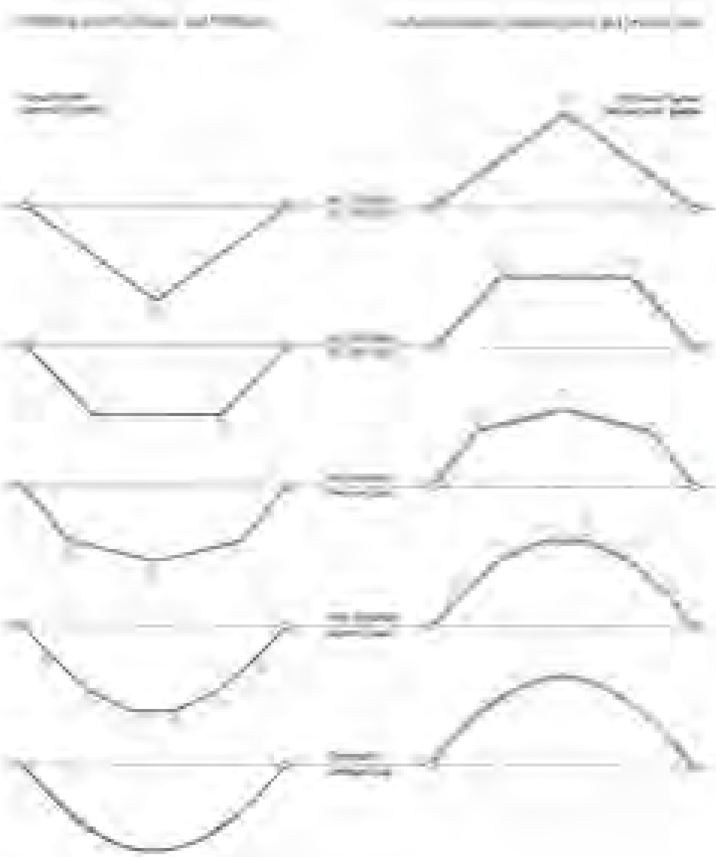

Palazzo Vecchio
Florence

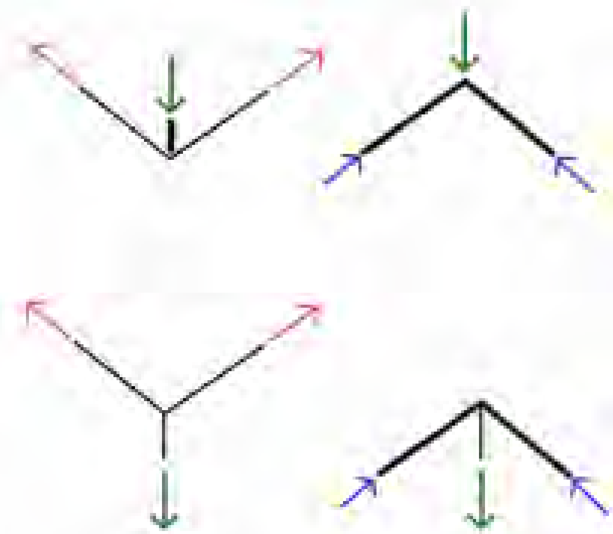
Hur förlänga en balk?



Linan och bågen (kedjekurvan och trycklinjen)

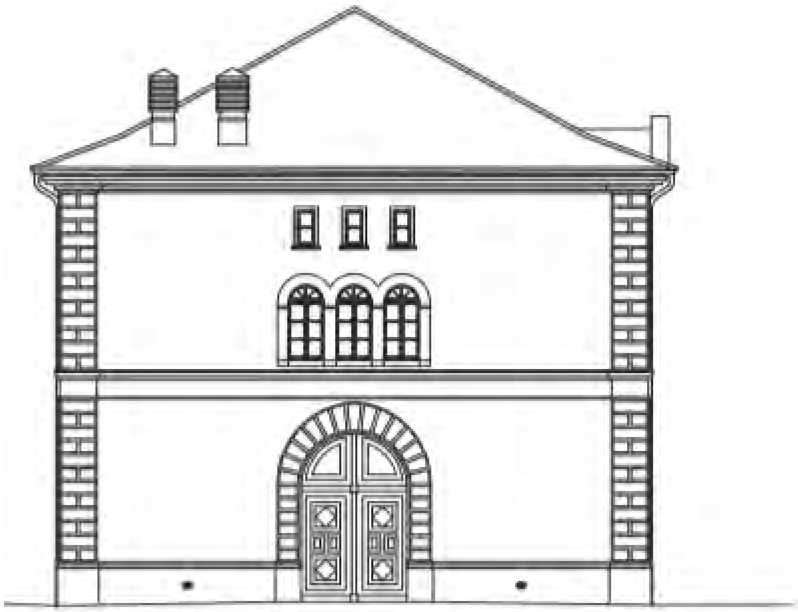


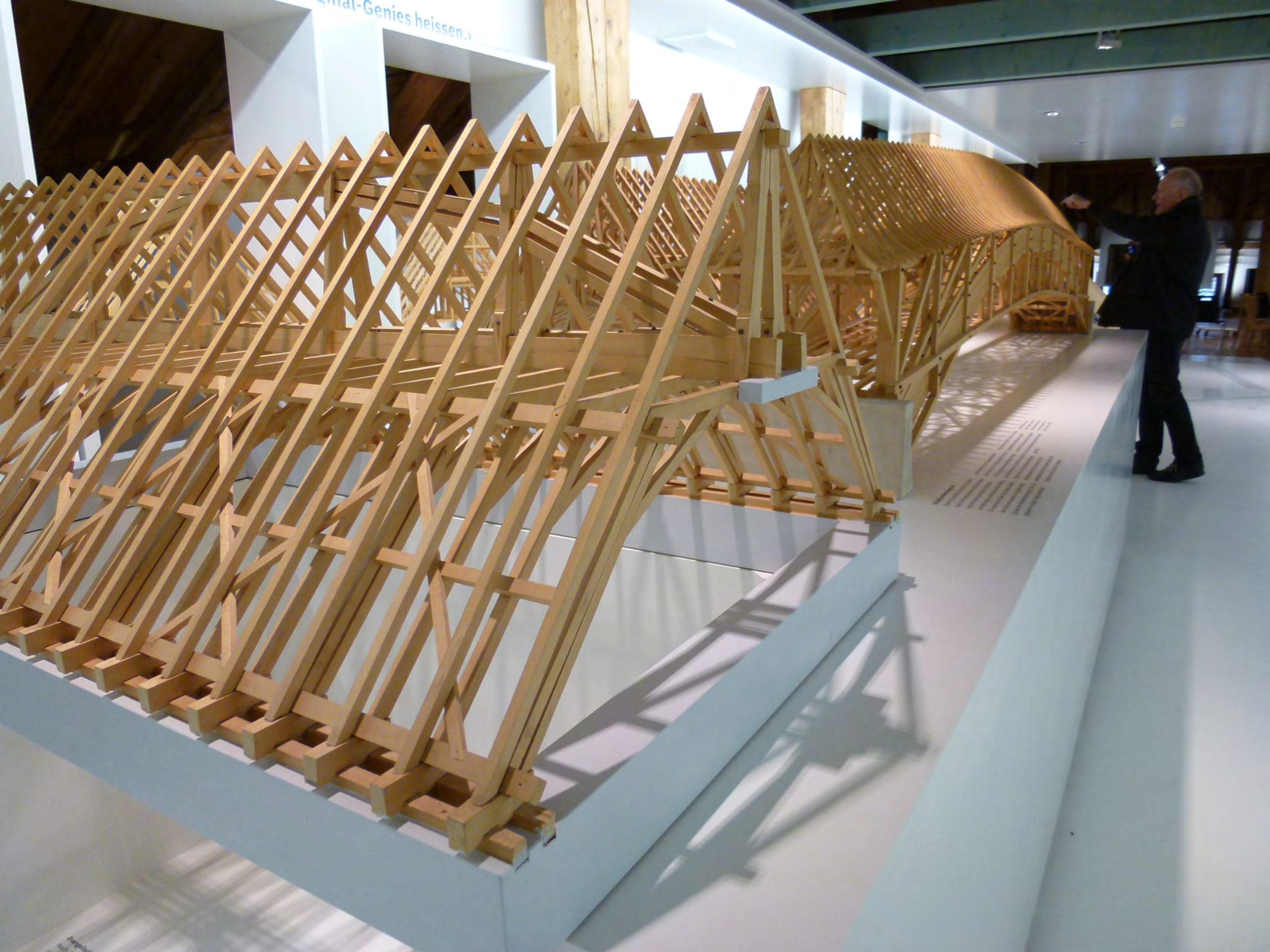
Grundläggande mekanism



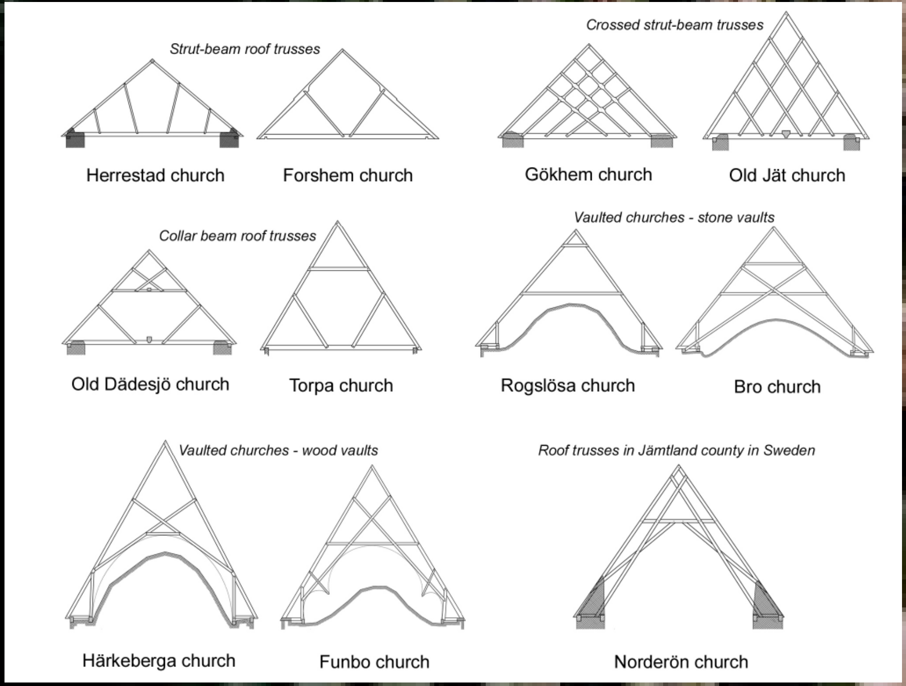
Partikeljämvikt

Strukturen bär den yttre kraften genom rent drag eller rent tryck




ginal-Genies heissen.»

Mechanical patterns and structural form

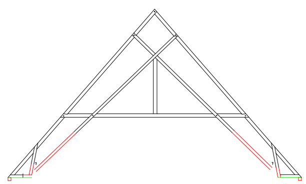



Old Jät Church

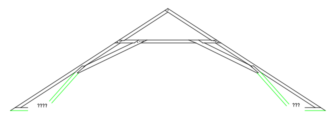
Hidden behind ceilings
Sweden have an extensive heritage
of old timber structures

There are today 120 known
still standing timber roof structures
dated as medieval

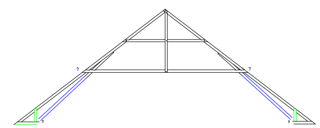
17 of them from before 1150 a.D.



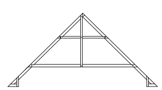
ALMUNDSRYDS KYRKA, 1828 – 31



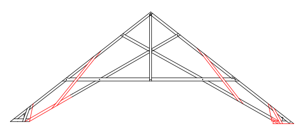
BERGA KYRKA, 1819 – 21



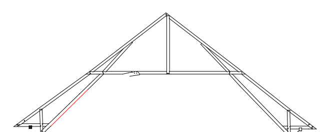
HJORTSBERGA KYRKA, 1838 – 40



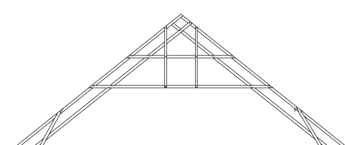
HÄRLUNDA KYRKA, 1822 (ombyggd)



RYSSBY KYRKA, 1844



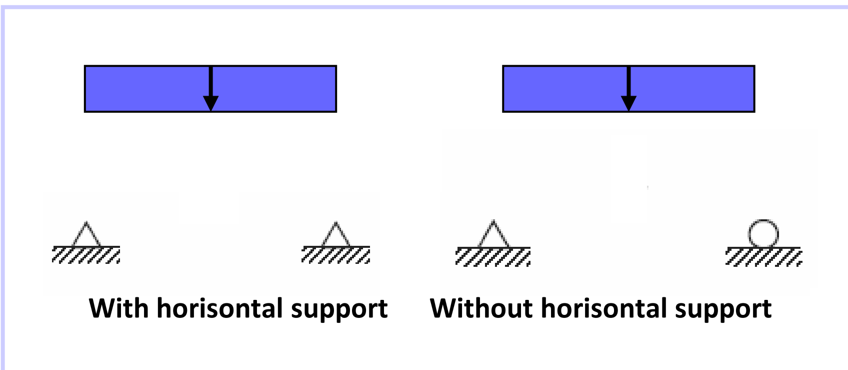
TINGSÅS KYRKA, 1853

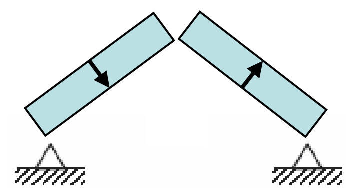


URSHULTS KYRKA, 1808 – 10

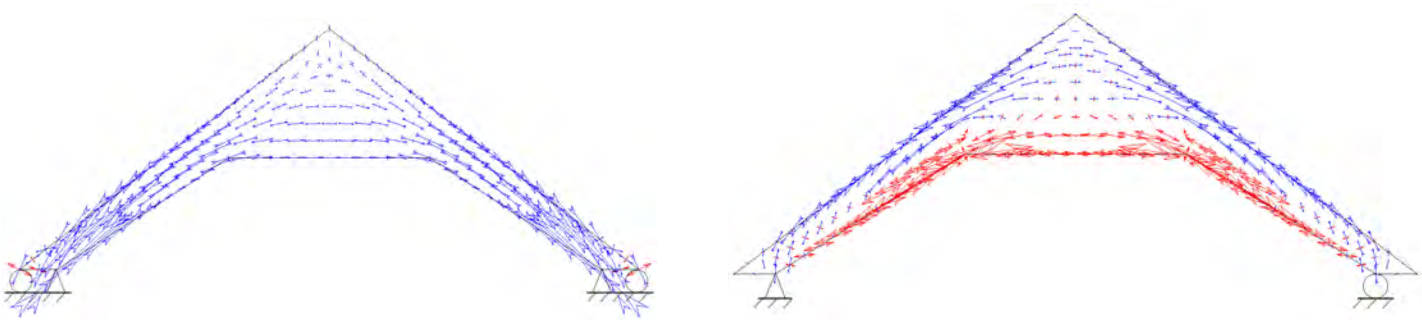
In this environment **Ylva Sandin**

analyses how the inner form
respond to a redistribution of internal forces
due to lack of horisontal support



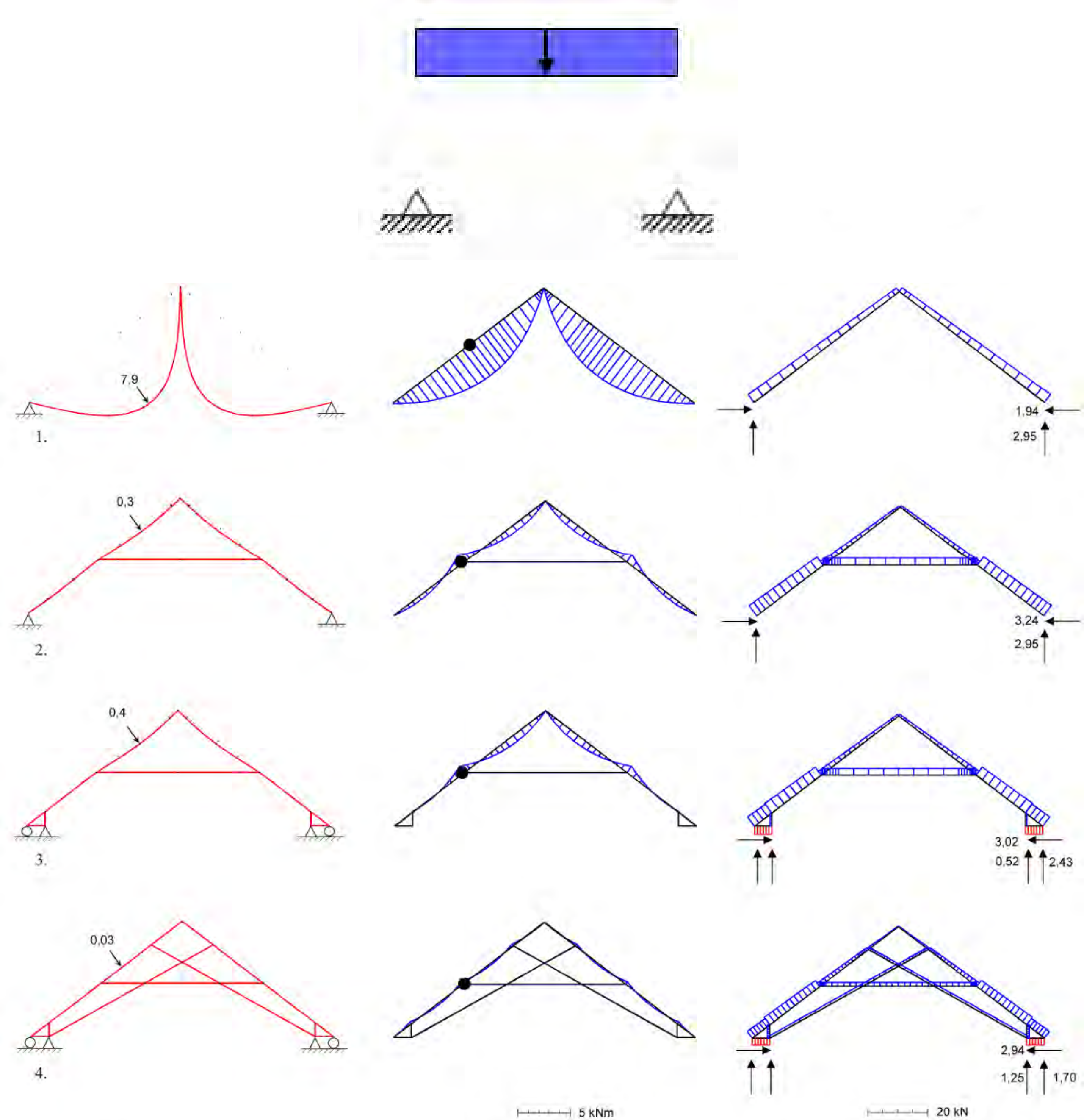


Structural tasks

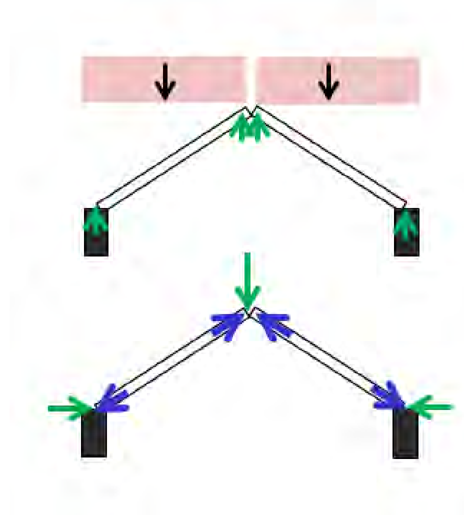


Patterns of load paths

A successive redistribution of stress pattern



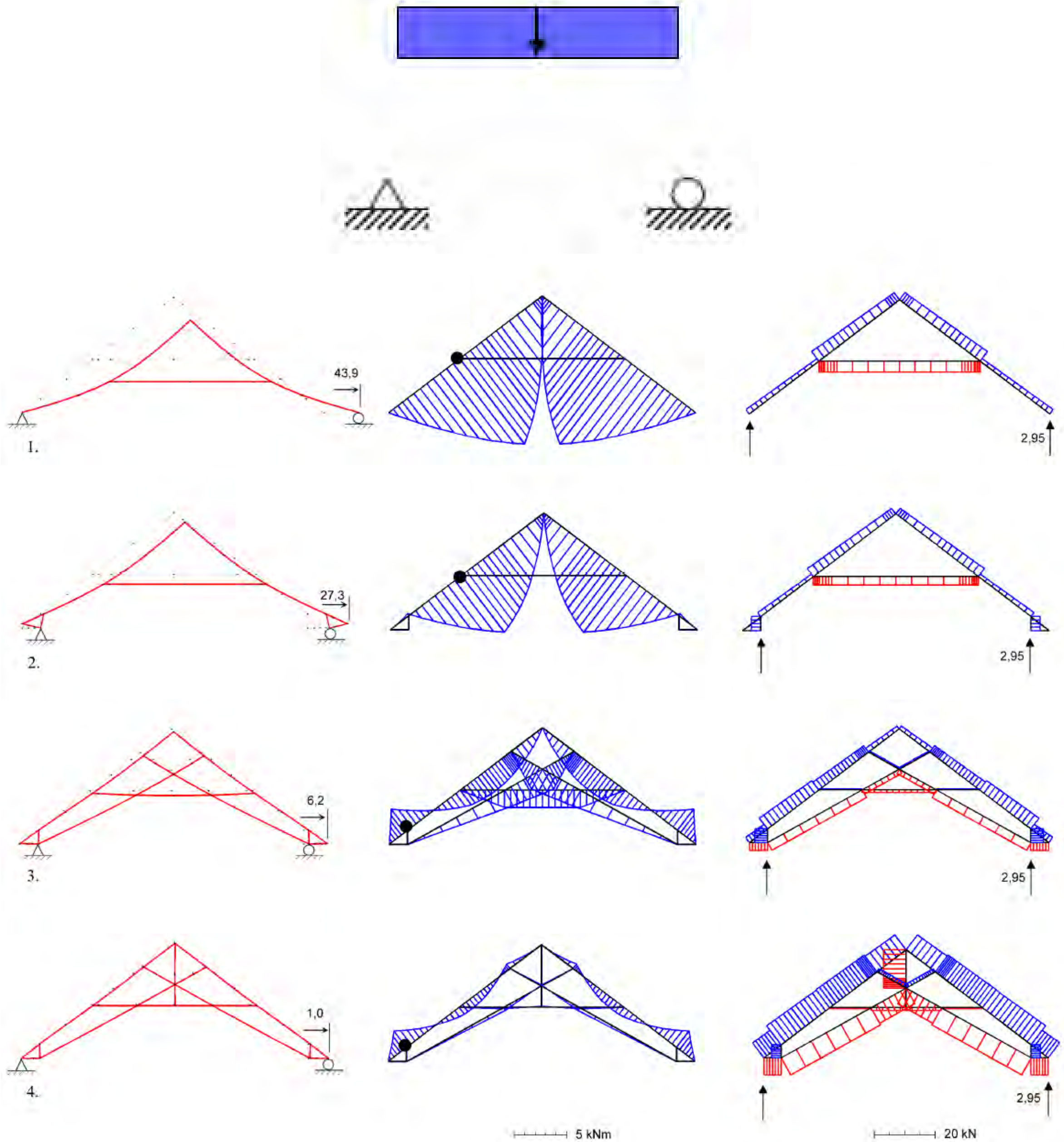
A. Deformationsfigur B. Böjmoment C. Normalkrafter och stödkrafter



The presence of an inner structure enables a redistribution

from less efficient bending action

to more efficient axial action



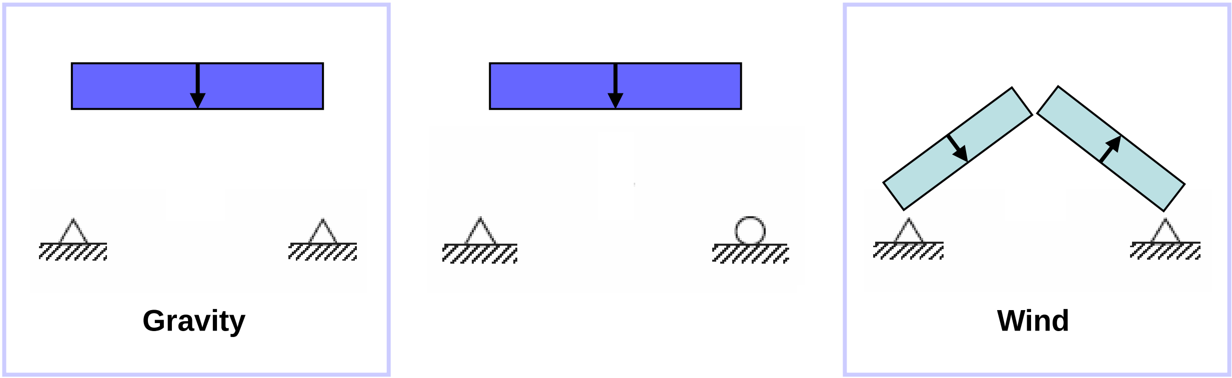
A. Deformationsfigur

B. Böjmoment

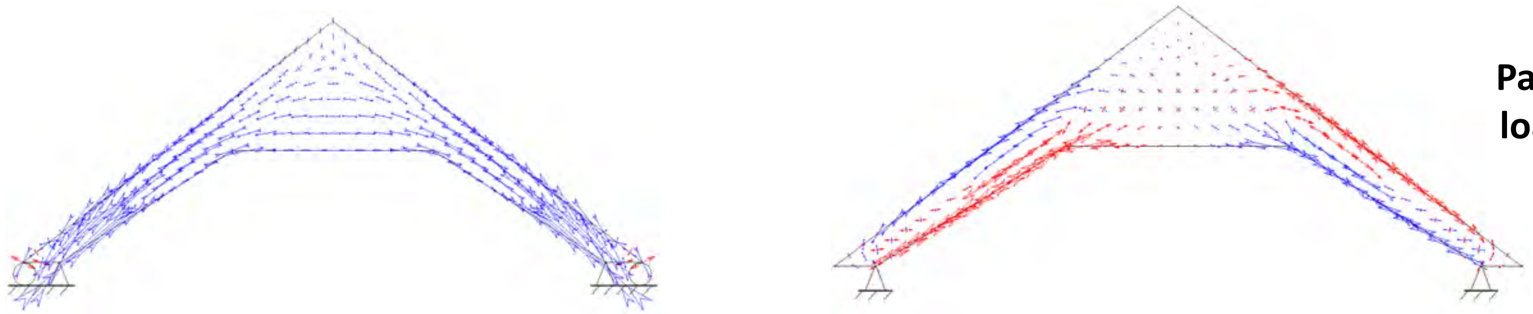
C. Normalkrafter och stödkrafter

Ylva Sandin

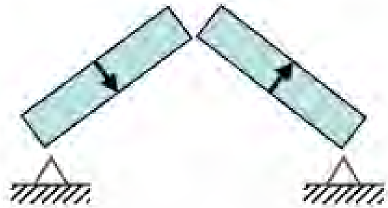
analyses the efficiency of the inner structure
for different structural tasks



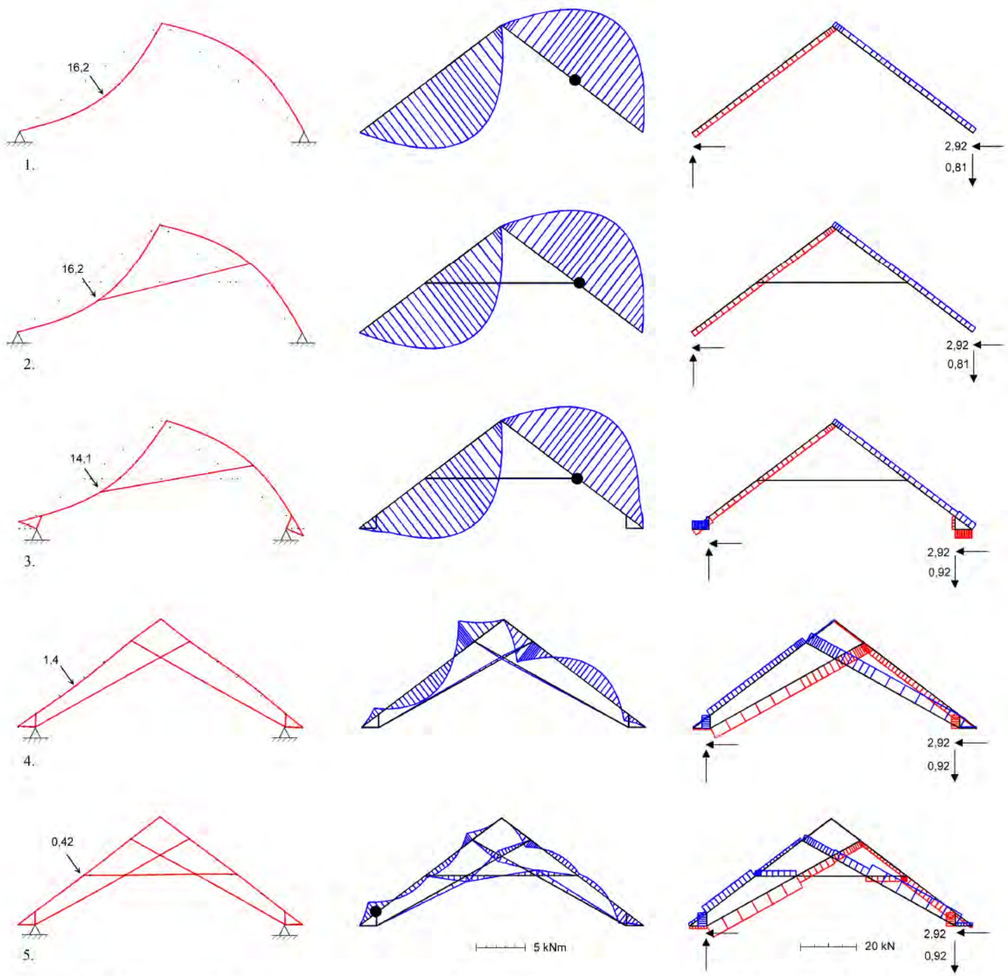
Structural tasks



Patterns of load paths



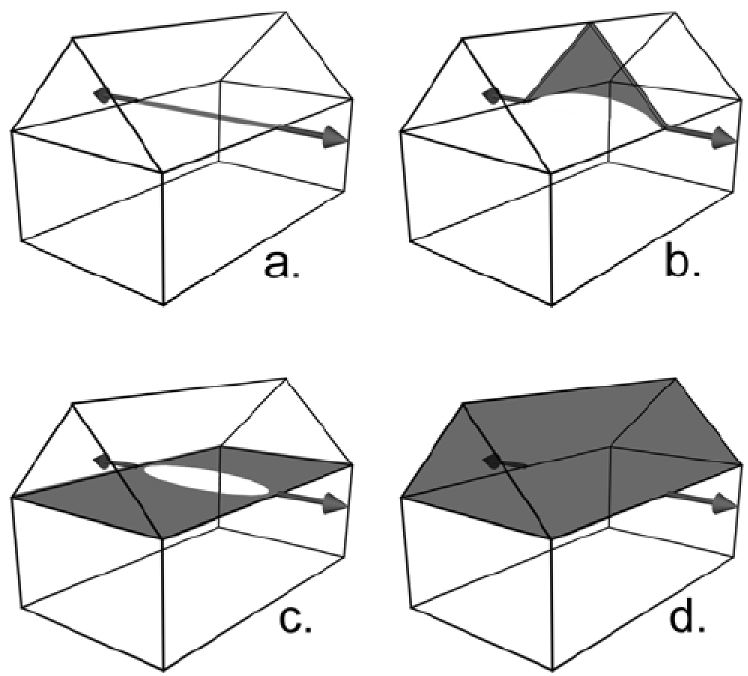
Wind

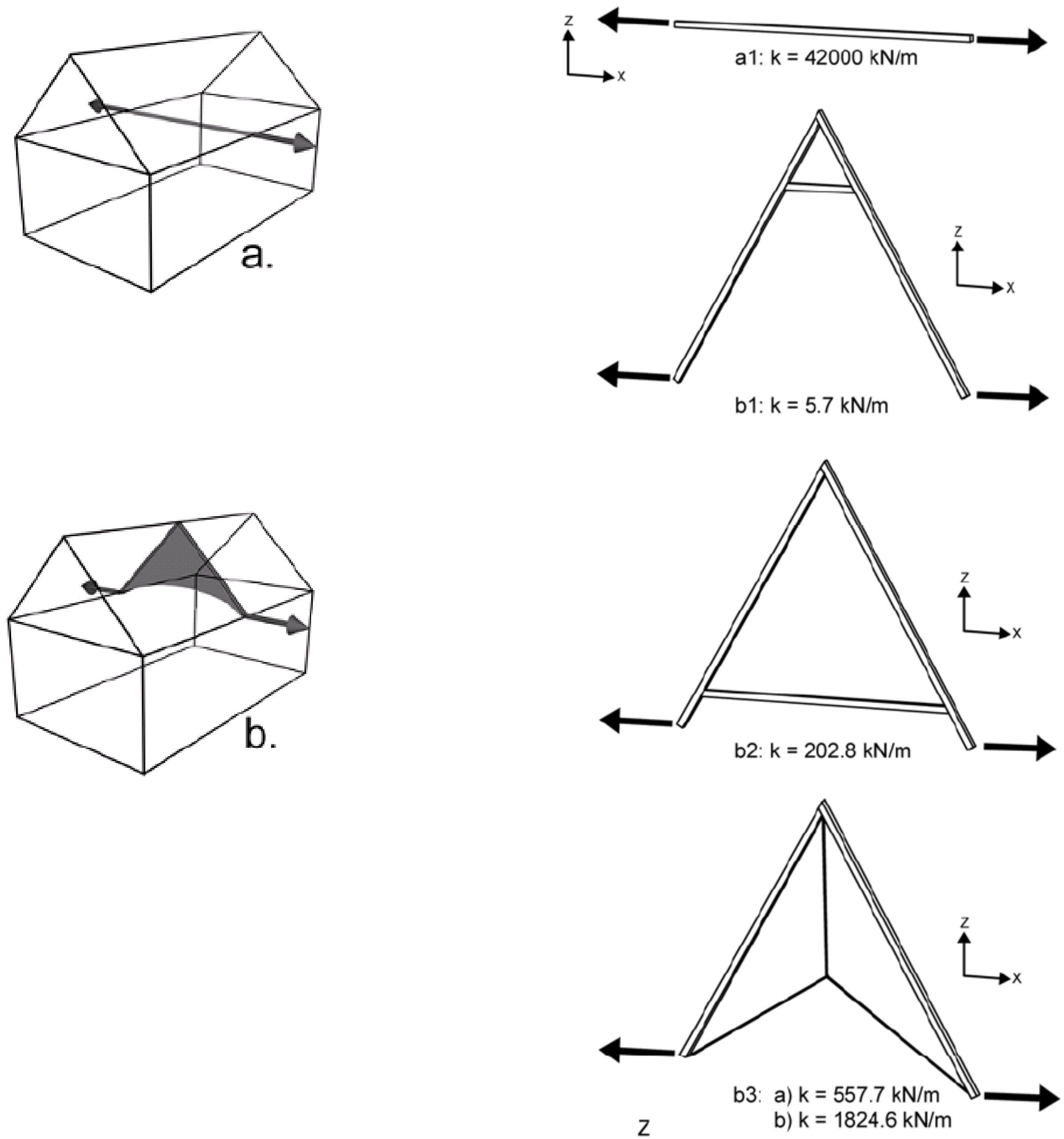


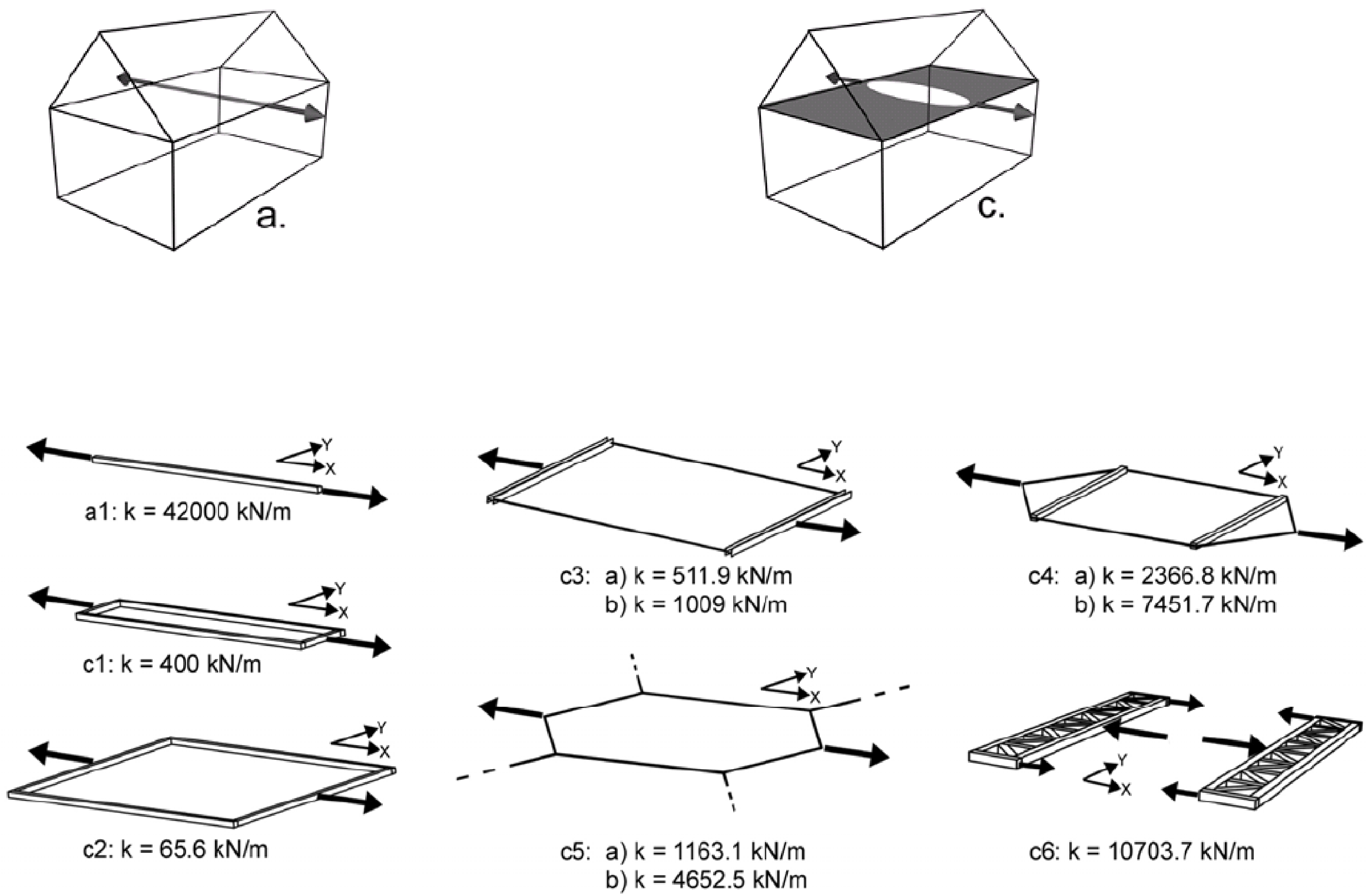
A. Deformationsfigur B. Böjmoment C. Normalkrafter och stödkrafter

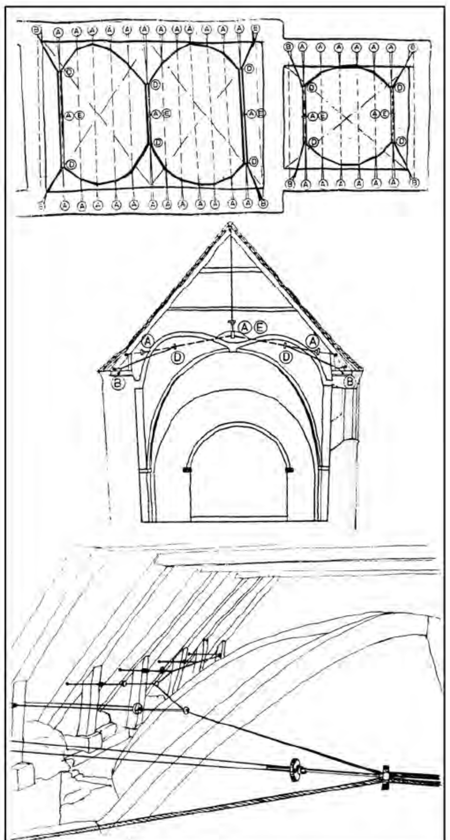
In this environment **Carl Thelin**

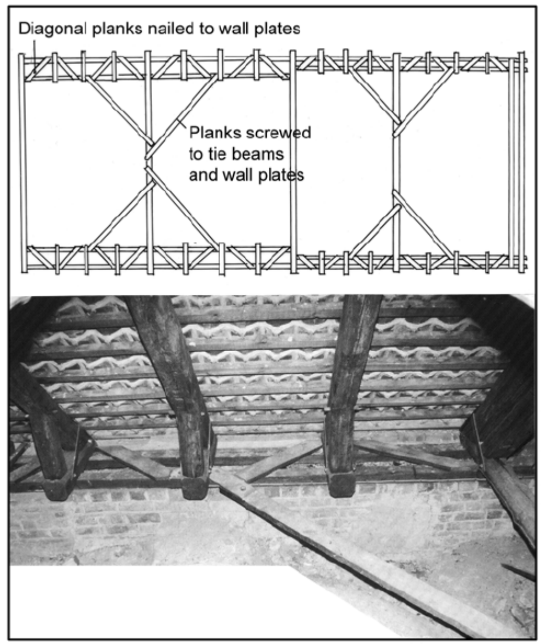
computes and compares efficiency
in terms of stiffness
for different internal load paths

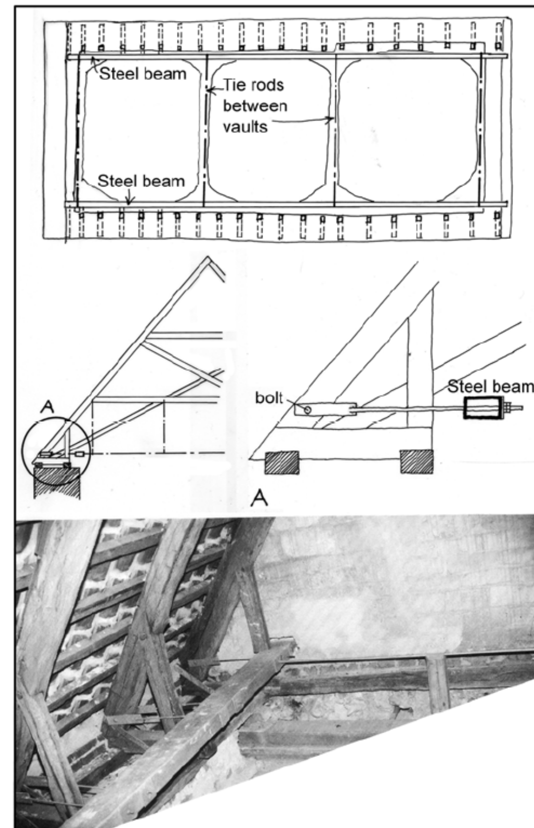


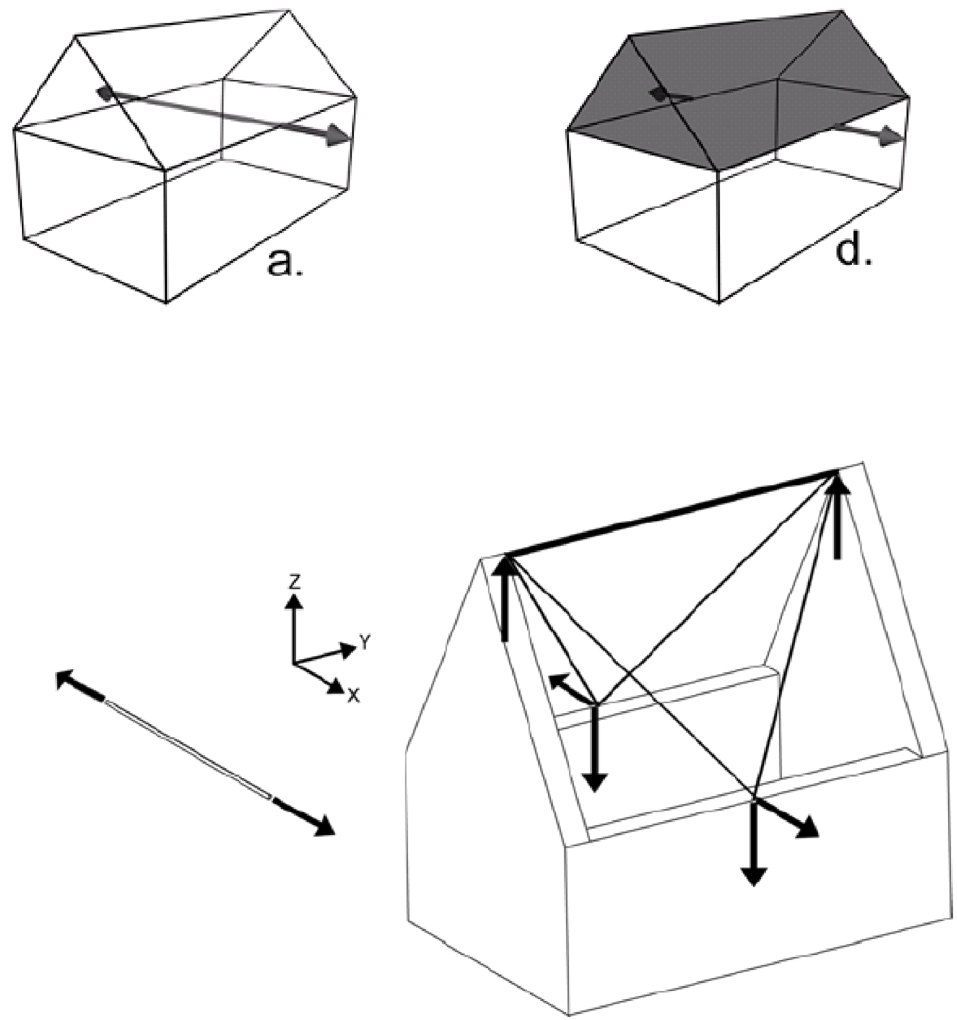

z
x
a1: k = 42000 kN/m
a.
z
x
b1: k = 5.7 kN/m
z
x
b.
b2: k = 202.8 kN/m
z
x
b3: a) k = 557.7 kN/m
b) k = 1824.6 kN/m
Z


a.
c.
a1: k = 42000 kN/m
c1: k = 400 kN/m
c2: k = 65.6 kN/m
c3: a) k = 511.9 kN/m
b) k = 1009 kN/m
c4: a) k = 2366.8 kN/m
b) k = 7451.7 kN/m
c5: a) k = 1163.1 kN/m
b) k = 4652.5 kN/m
c6: k = 10703.7 kN/m
Y
X




Diagonal planks nailed to wall plates
Planks screwed
to tie beams
and wall plates

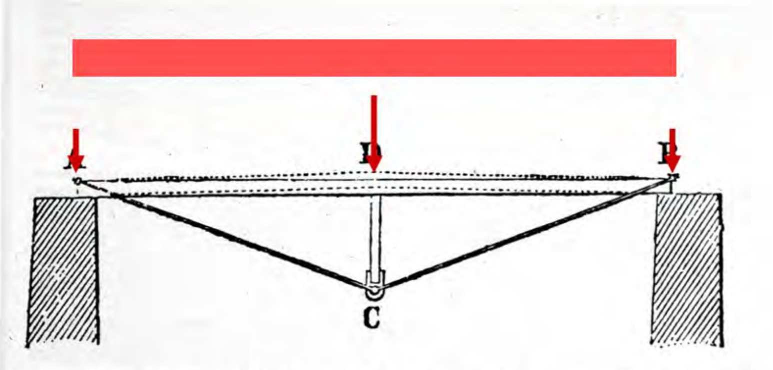

Steel beam
Tie rods
between
vaults
Steel beam
A
bolt
Steel beam
A



a1: k = 42000 kN/m

d1: a) k = 731.8 kN/m
b) k = 2789 kN/m

7. Takstolen



En förstärkt bjälke, utgångspunkten för Polonceaus takstolstyp.

Analysera en *Poloceau-takstol* som fackverk.
Beskriv med hjälp av pointSketch hur den fungerar i termer av inre tryck och drag.

Analysera på motsvarande sätt *S:a Catharina-takstolen* som ett fackverk.
Den kommer då visa sig vara en mekanism. Ge exempel på belastning som denna takstol är känslig för (se mekanismens deformationsmönster).
Föreslå en förändring som gör takstolen mer effektiv.

~~A1 Structural~~
~~Design Contest~~

~~8. Konsten att bära en punktlast.~~

Föreläsning onsdag den 11/3
med start 9.00

Uppgiften är att med trä, tråd och lim
formge och bygga en konstruktion
avsedd att bära en punktlast mitt på.

Konstruktionen ska spänna över en 90 cm
bred öppning. Provbelastning sker genom att
en last hängs underifrån i en lina som ska
kunna fästas vid konstruktionen.

Tänk på att konstruktionen måste klara
upphängningen av linan,
både vad gäller form och lokal hållfasthet.

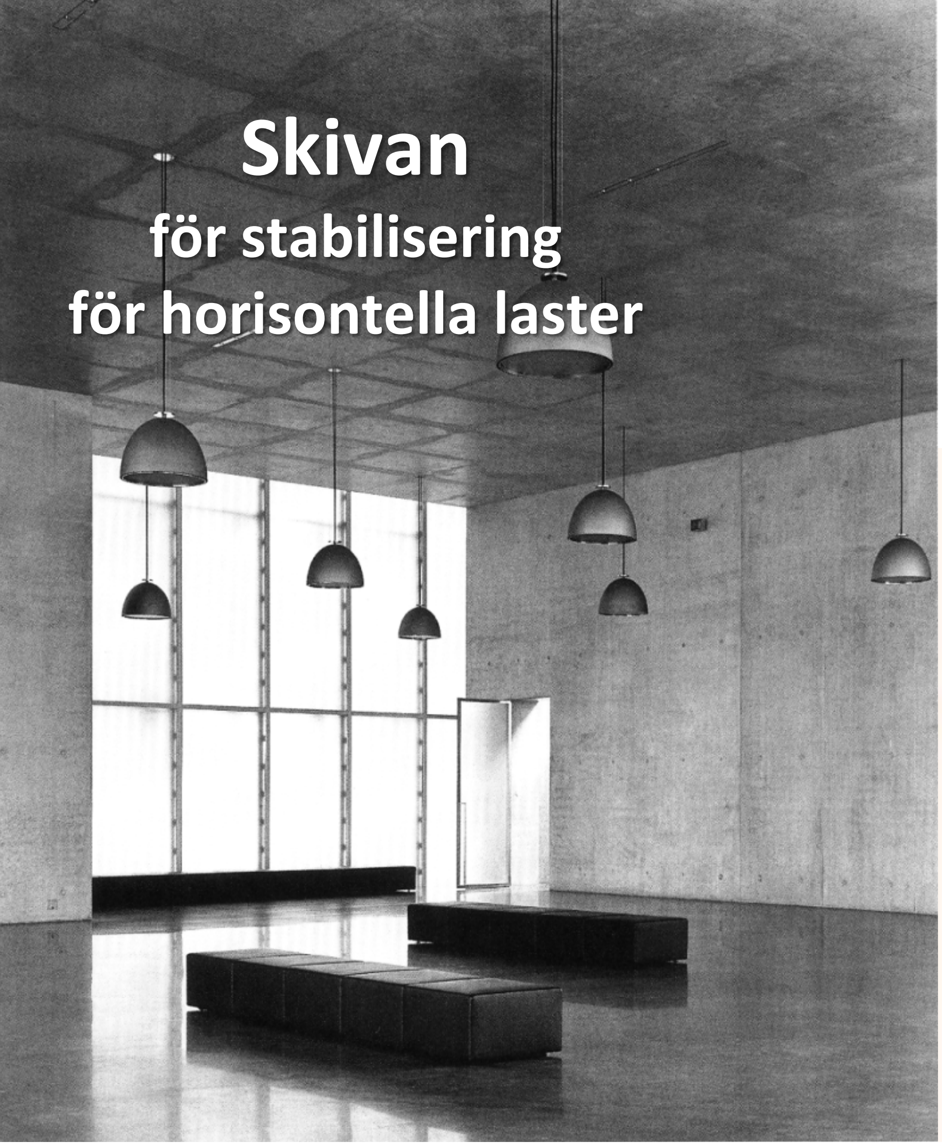
Strukturen får väga max 130 gram.

Två konstruktioner per ritsal.
Redovisning torsdag den 14/3.

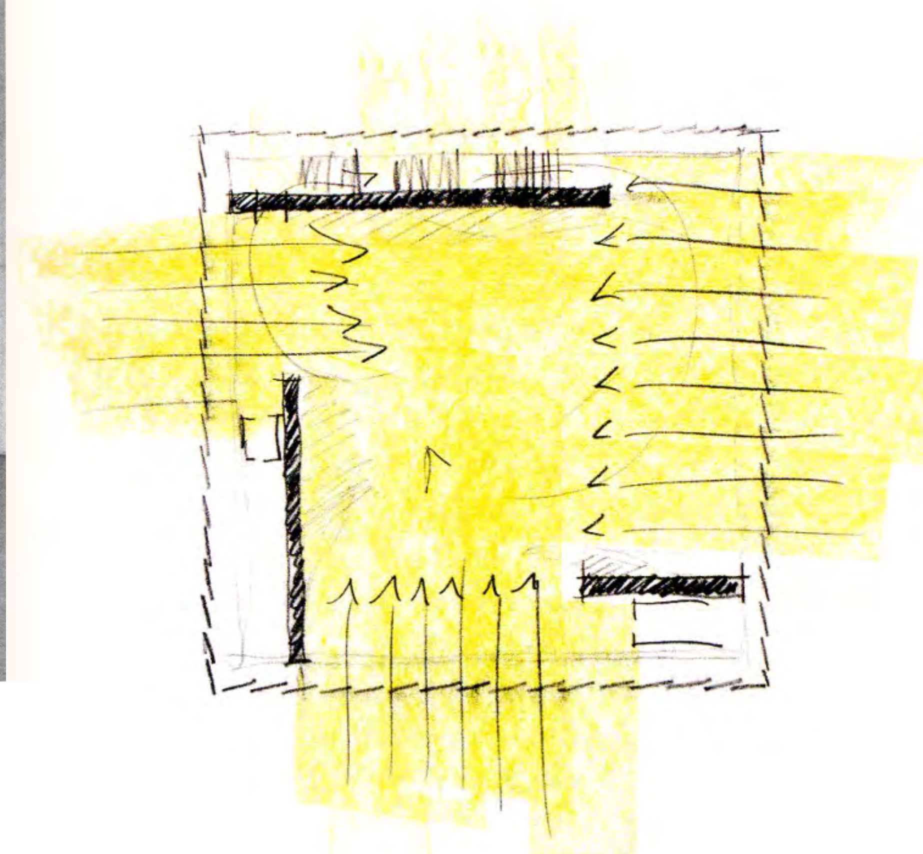
Vecka 10

Onsdag	10/3	09.00 - 9.45 Zoom OBS tiden!
		Föreläsning: Konsten att bära en punktlast
		10.00 - 11.45
		Morten Lund: Broar - arkitektur och konstruktion
Torsdag	11/3	08.00 - 17.00 Ritsalar/ Eget arbete
		Sammanställning av Lärobok
Fredag	12/3	BYGGDAG RESERV Zoom
		08.00 - 17.00
		Sammanställning av Lärobok

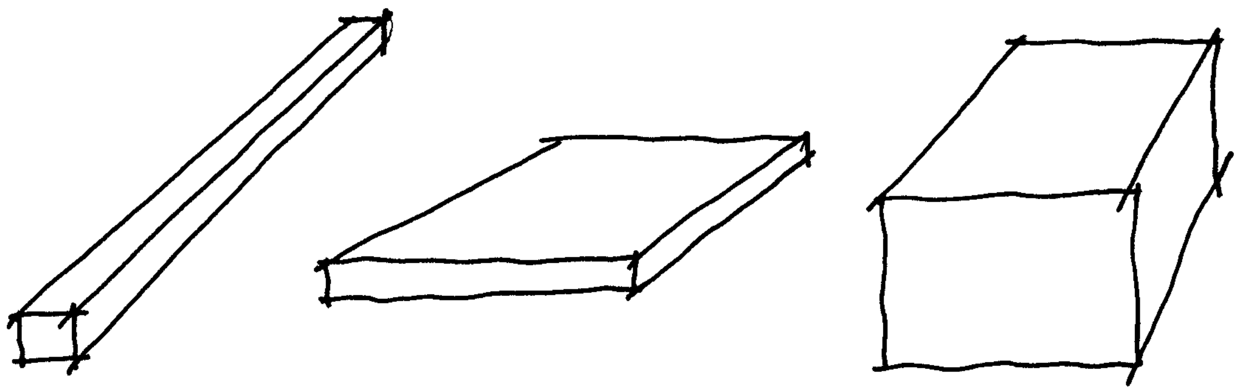

Skivan och pelaren



Kunsthaus Bregenz
Peter Zumthor

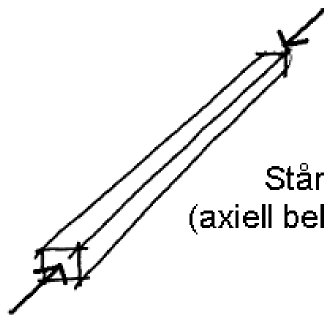


Strukturdelar sorterade efter kroppens dimensioner

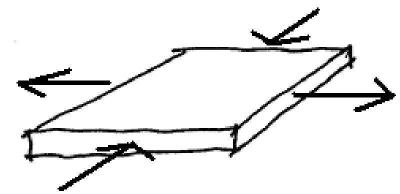


1-dim	2-dim	3-dim
Stång Balk	Skiva Platta	Solid

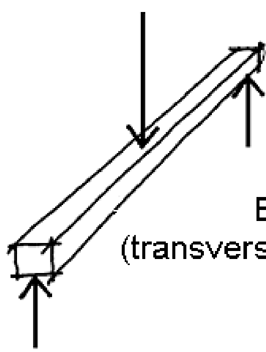
Konstruktionselementens verkningssätt (form + belastning)



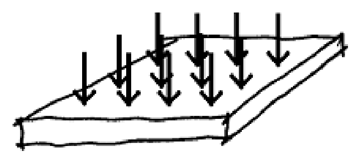
Stång
(axiell belastning)



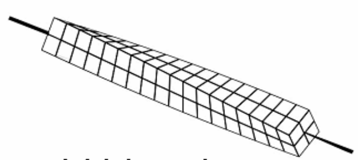
Skiva
(belastning i planet)



Balk
(transversell belastning)

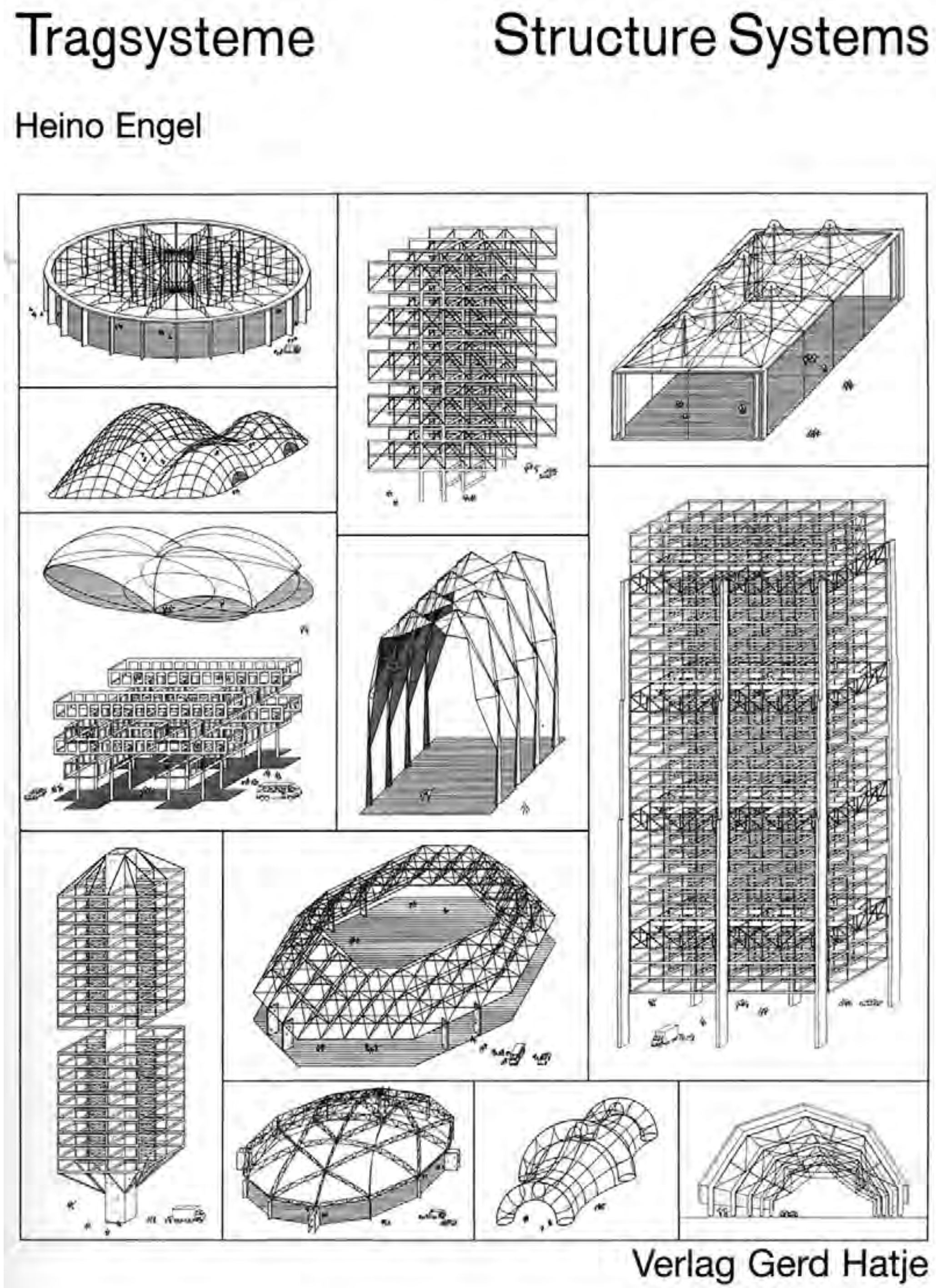


Platta
(belastning vinkelrätt planet)



Vrid-verkan
(vridande belastning)

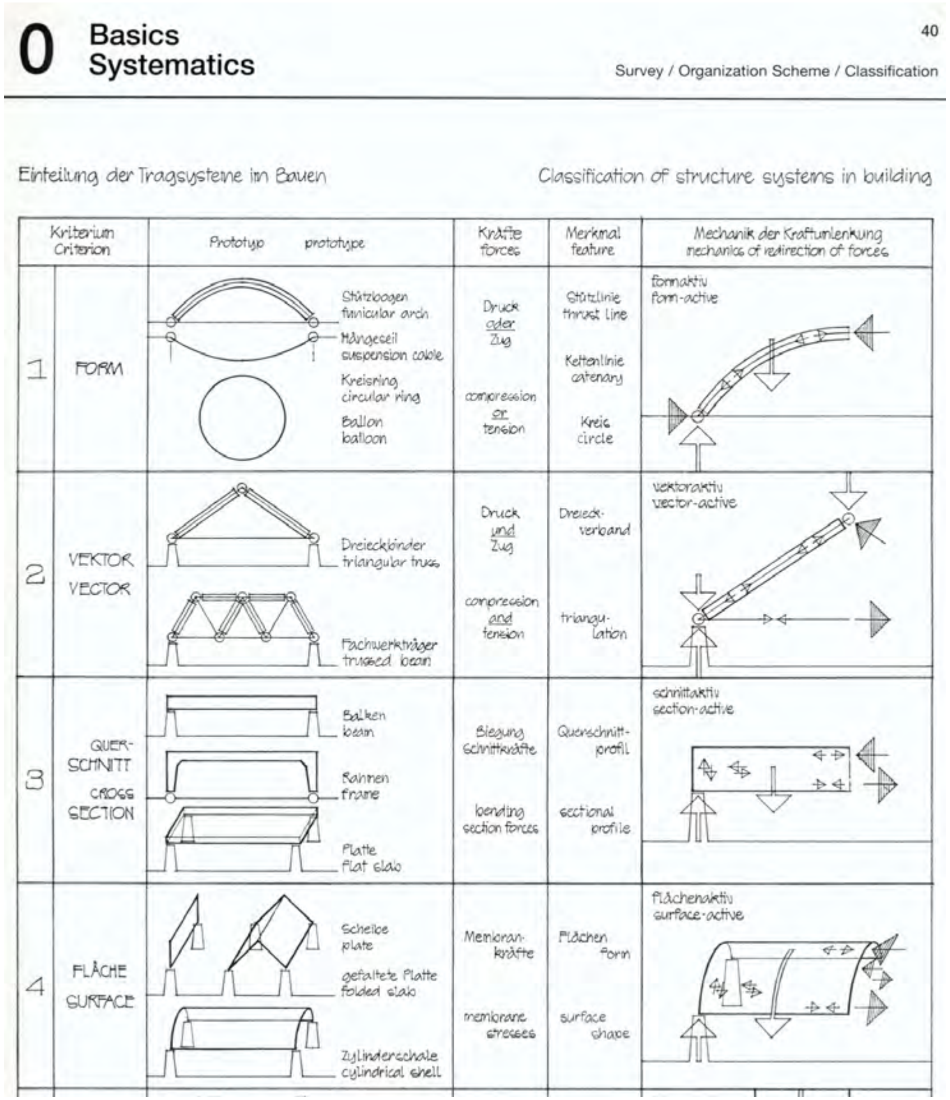

Väggar och tak kan
fungerar som ”skivor”
för horisontell last



Strukturer sorterade efter hur form möter last

Heino Engel
Structural Systems

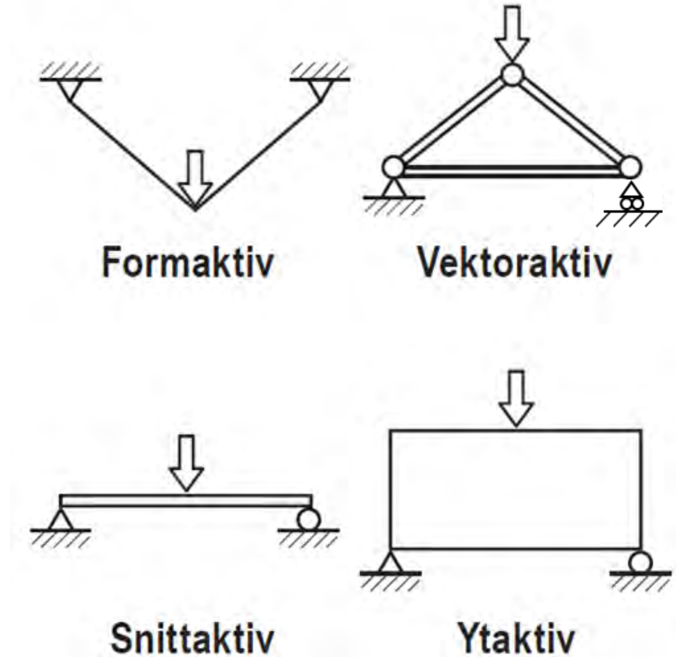
Formaktiva strukturer
(linan, bågen)
Vektoraktiva strukturer
(fackverket)
Snittaktiva strukturer
(balken, ramen)
Ytaktiva strukturer
(skivan)



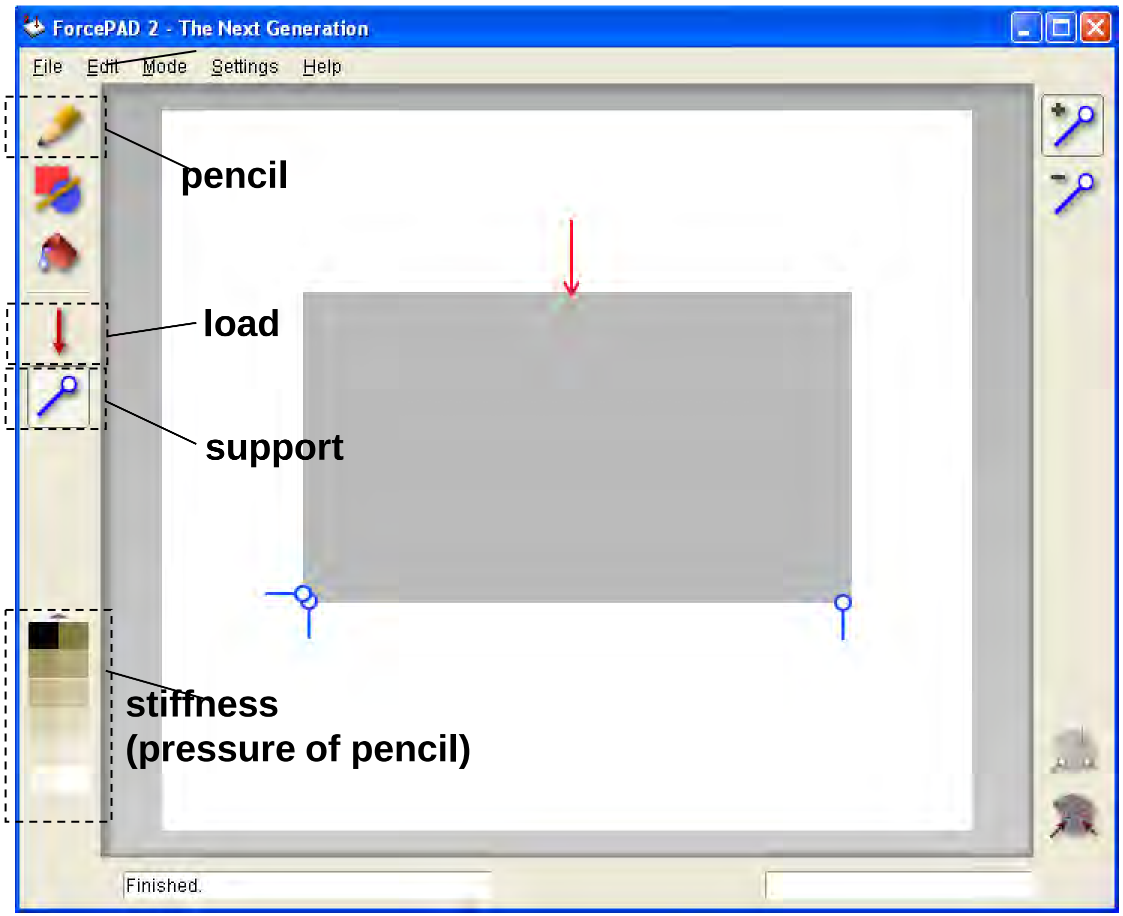
Einteilung der Tragsysteme im Bauen

Classification of structure systems in building

Kriterium Criterion		Prototyp prototype	Kräfte forces	Merkmal feature	Mechanik der Kraftumlenkung mechanics of redirection of forces
1	FORM	Stützbogen funicular arch; Hängeseil suspension cable; Kreisring circular ring; Ballon balloon	Druck oder Zug; compression or tension	Stützlinie thrust line; Kettenlinie catenary; Kreis circle	formaktiv form-active
2	VEKTOR VECTOR	Dreieckbinder triangular truss; Fachwerkträger trussed beam	Druck und Zug; compression and tension	Dreieckverband; triangulation	vektoraktiv vector-active
3	QUER-SCHNITT CROSS SECTION	Balken beam; Rahmen frame; Platte flat slab	Biegung Schnittkräfte; bending section forces	Querschnittprofil; sectional profile	schnittaktiv section-active
4	FLÄCHE SURFACE	Scheibe plate; gefaltete Platte folded slab; Zylinderschale cylindrical shell	Membrankräfte; membrane stresses	Flächenform; surface shape	flächenaktiv surface-active

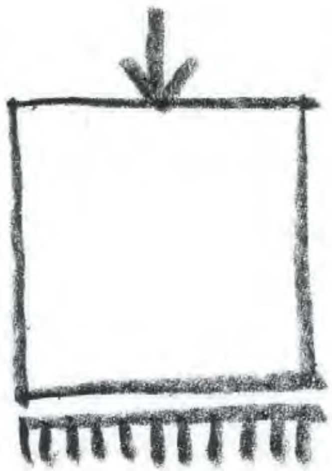


Force PAD – analyserar skivor

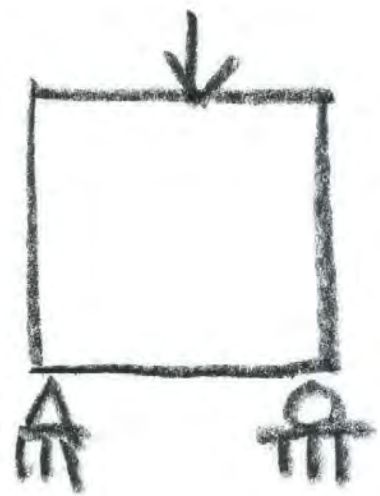


Skivan

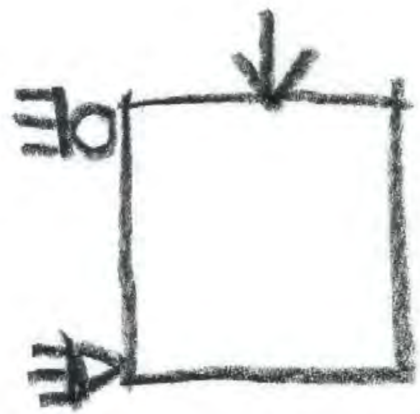
och tre grundläggande uppgifter



Lyfta upp



Spänna över

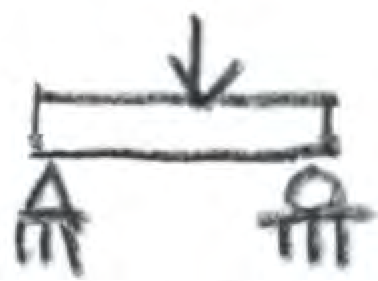


Nå ut

Jämför med

Pelaren
Fritt upplagda balken
Konsolen

Lyfta upp

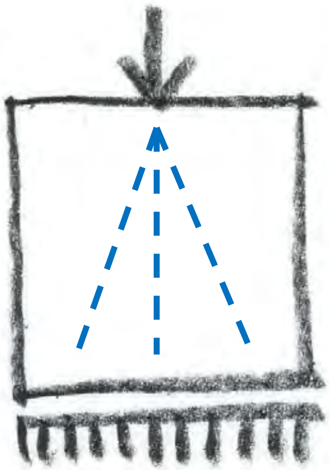


Spänna över

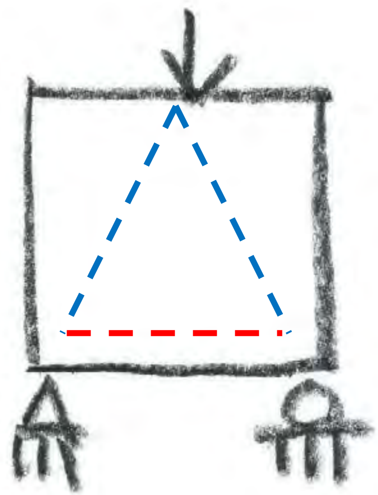
Nå ut

Skivan - 2D form

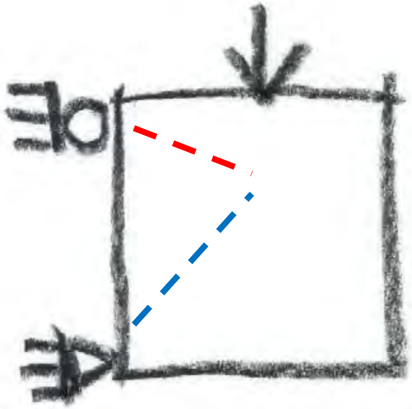
synliggör tre
grundläggande kraftmönster



Lyfta upp



Spänna över

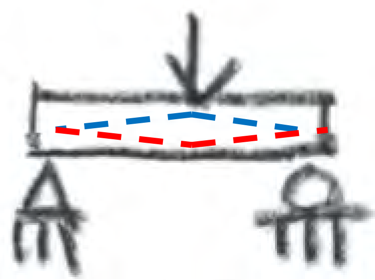


Nå ut

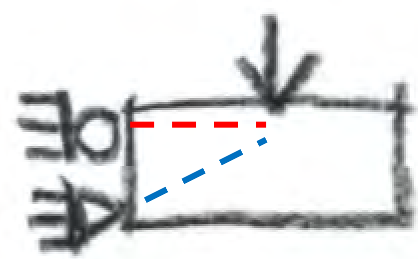
Samma mönster i 1D form

Pelaren
Fritt upplagda balken
Konsolen

Lyfta upp

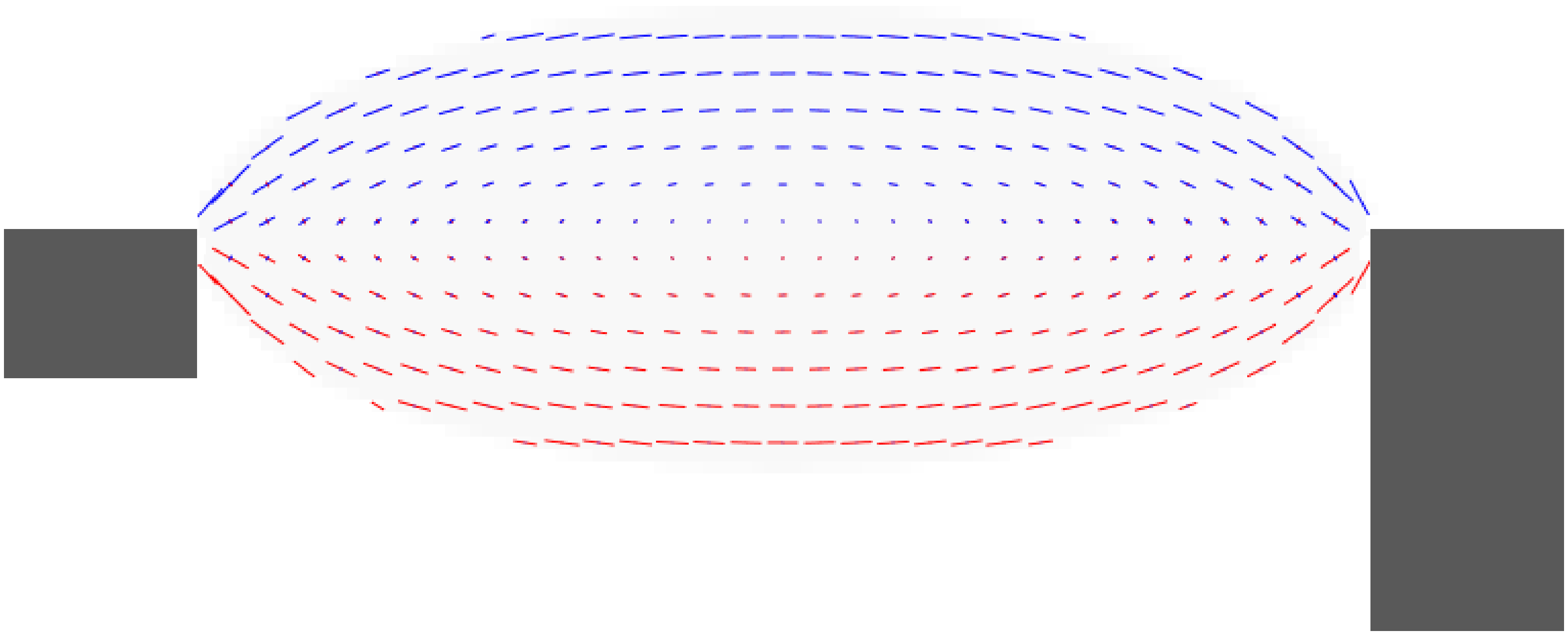


Spänna över

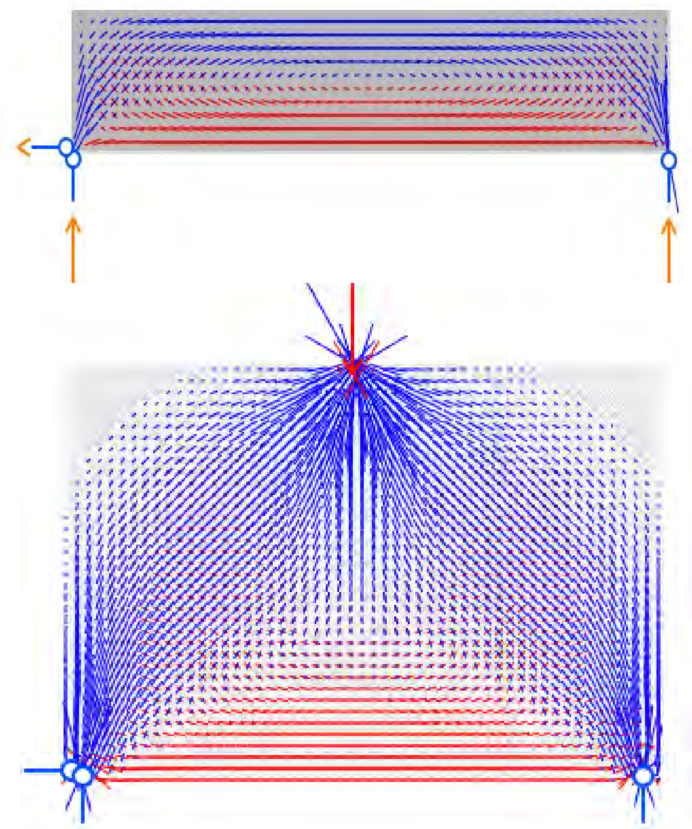


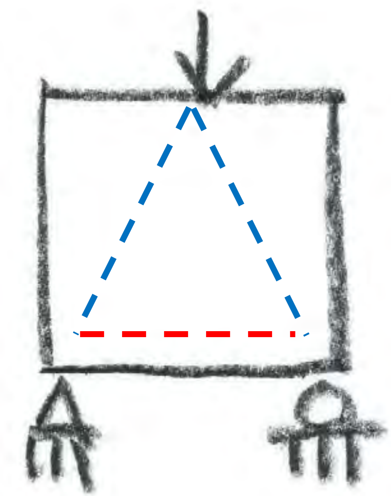
Nå ut

Kraftmönster – spänna över



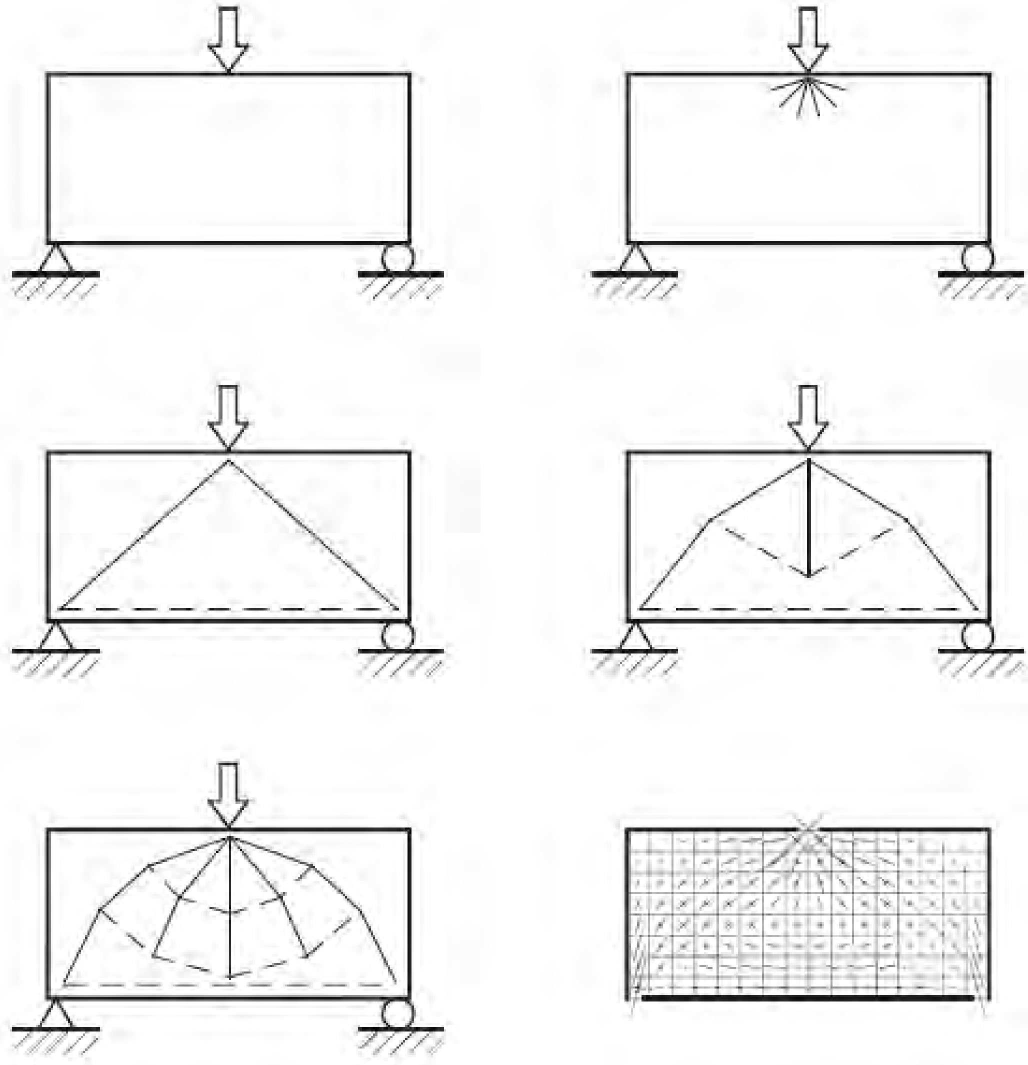
Kraftmönster – spänna över

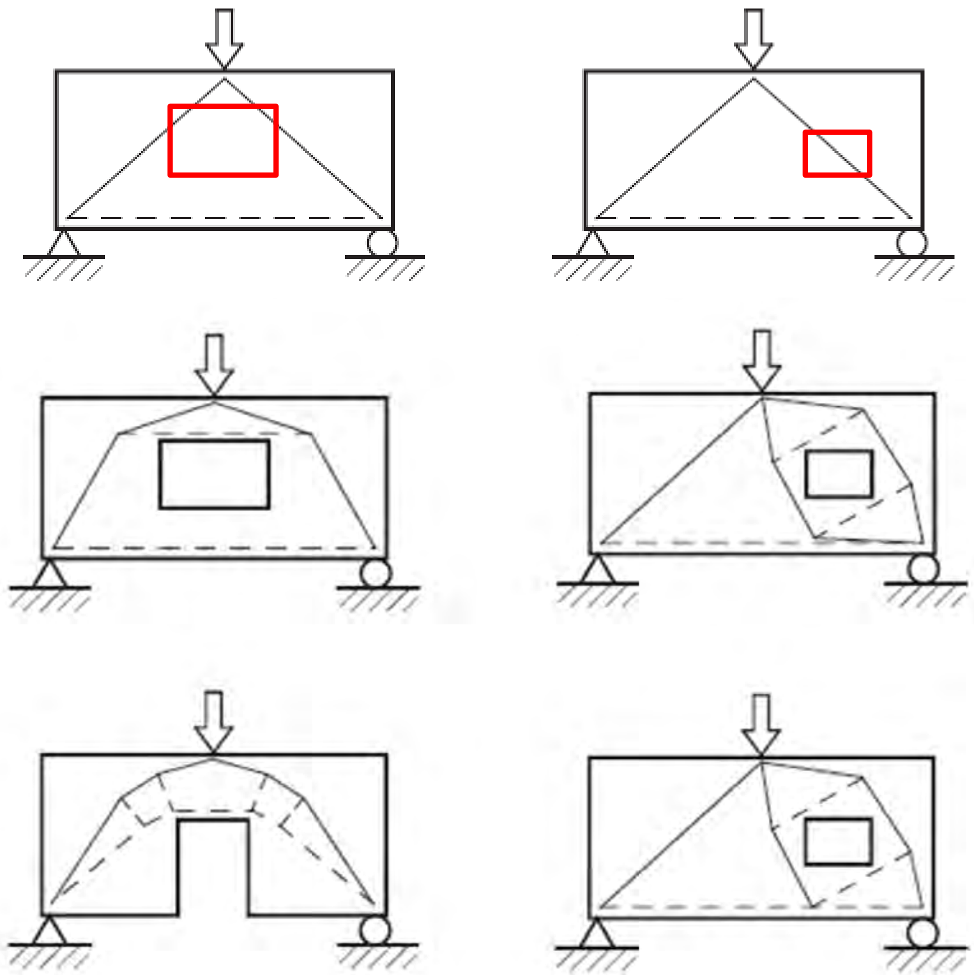




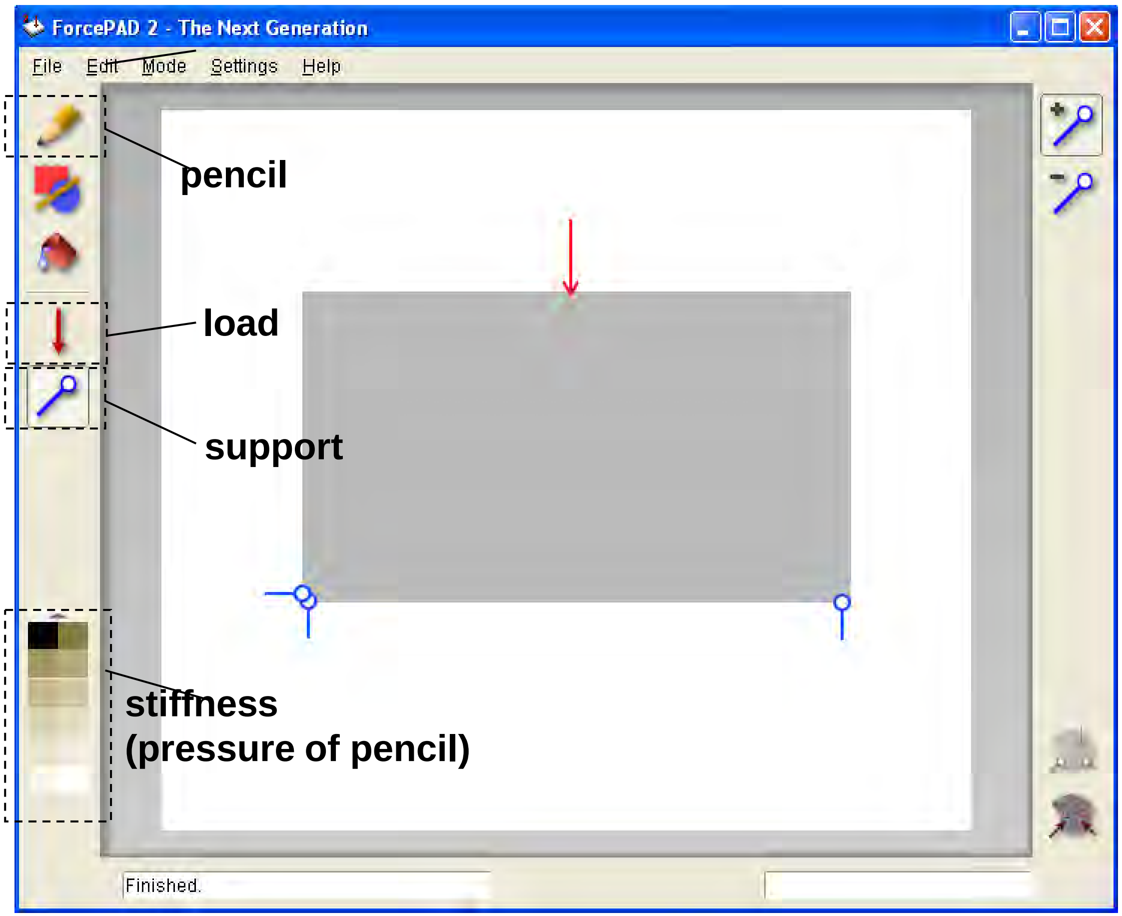
Spänna över

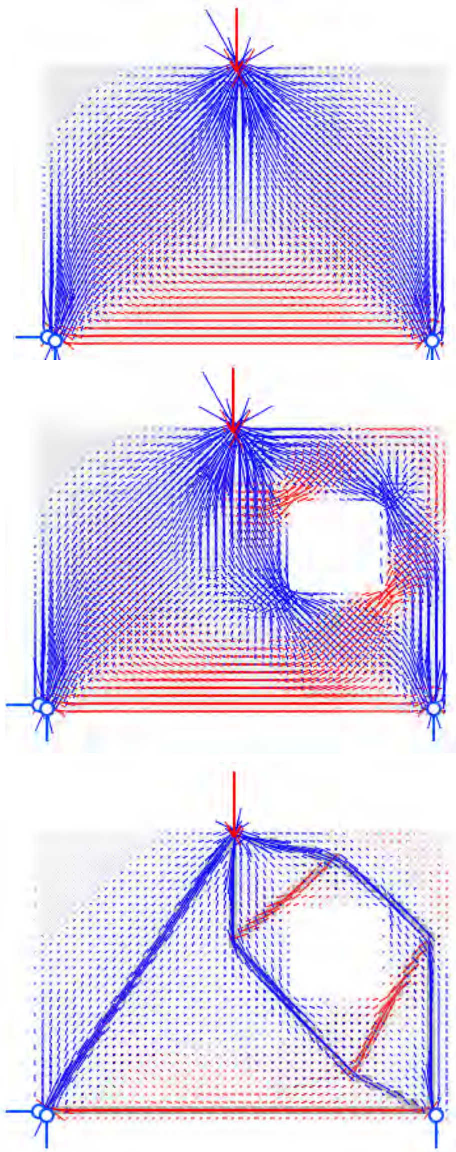
Från kedjekurvor och trycklinjer till spänningsmönster i en skiva



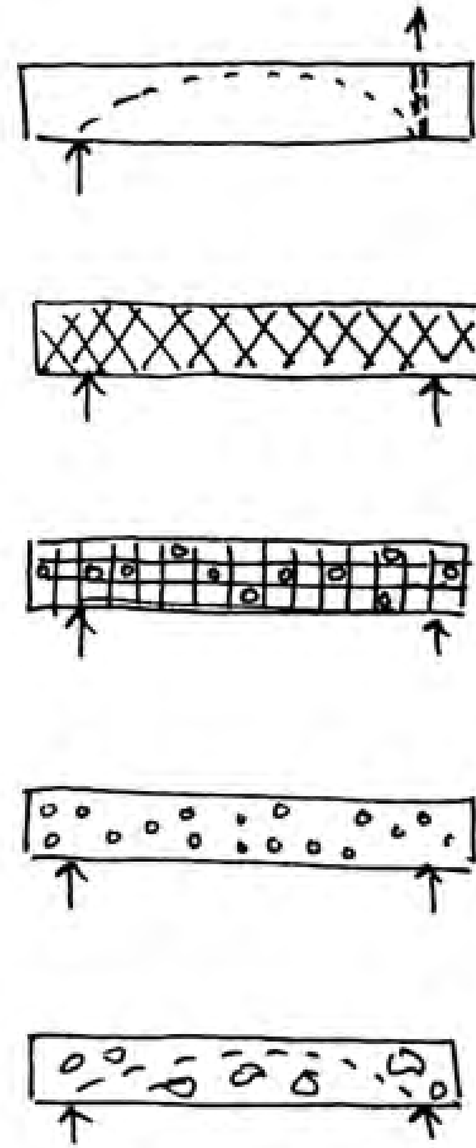


Force PAD – att skissa i ett kraftfält

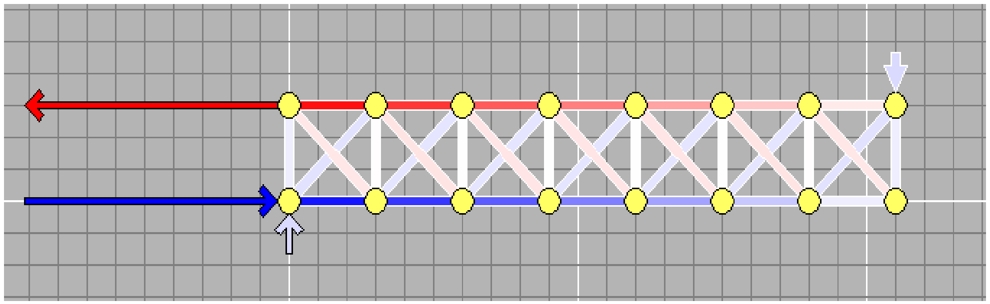


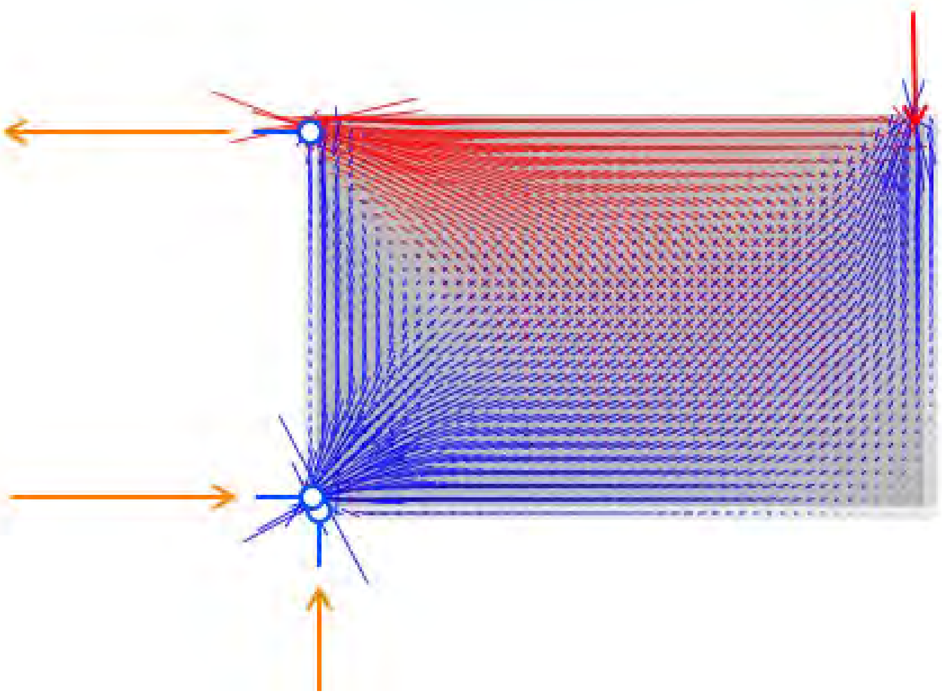


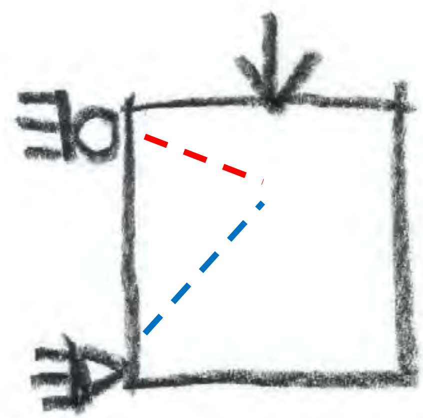
Skivan som "fritt upplagd balk"



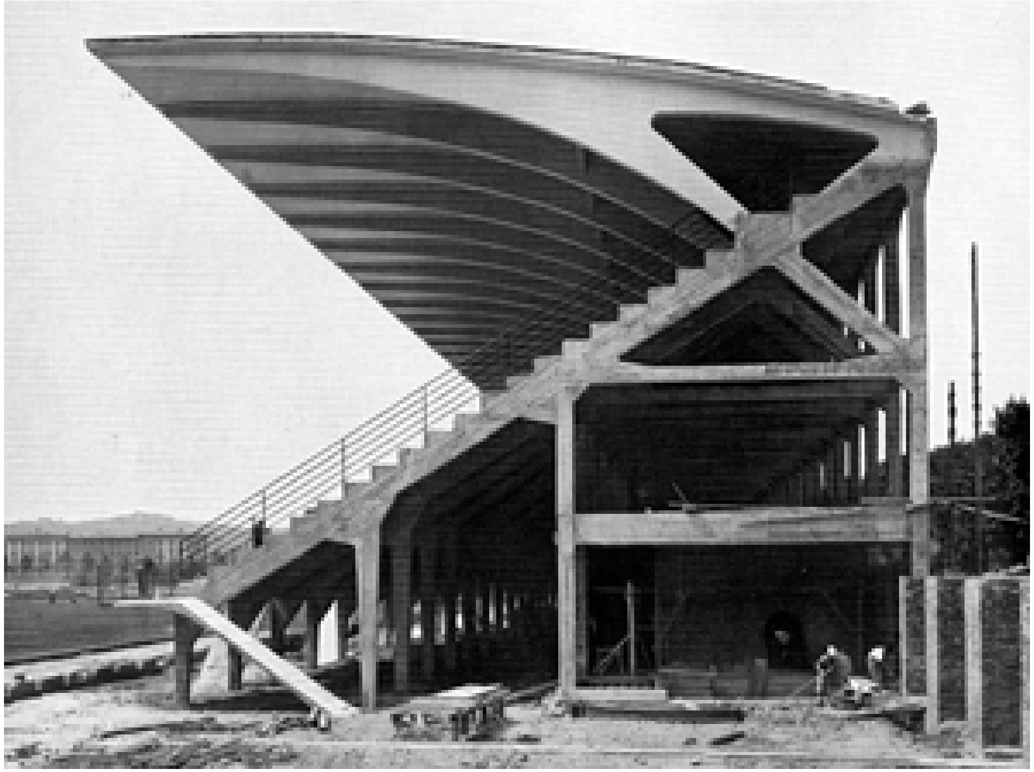
Kraftmönster – nå ut

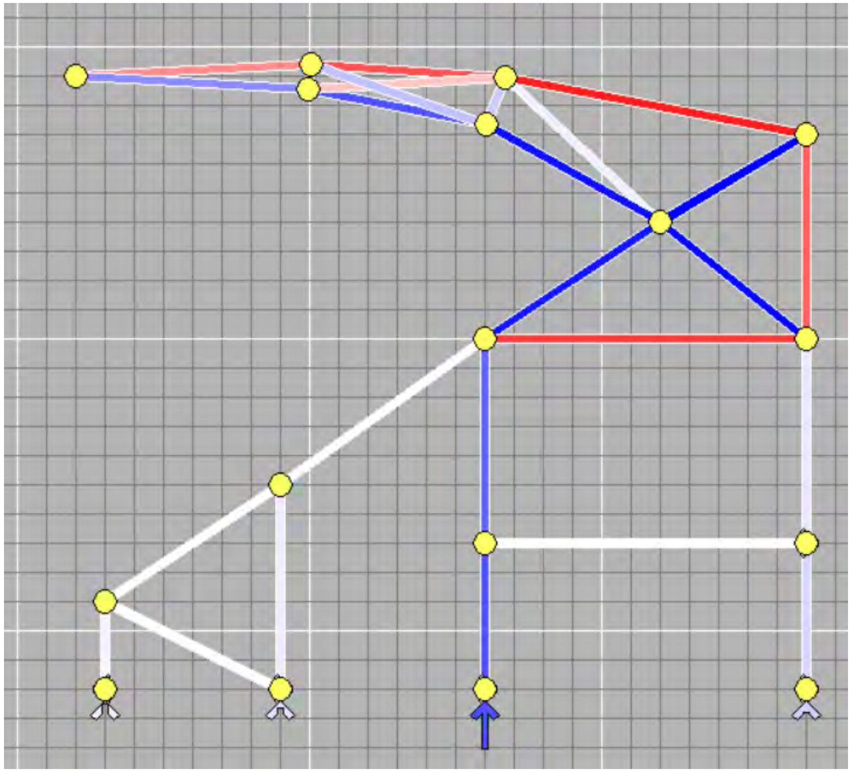






Nå ut





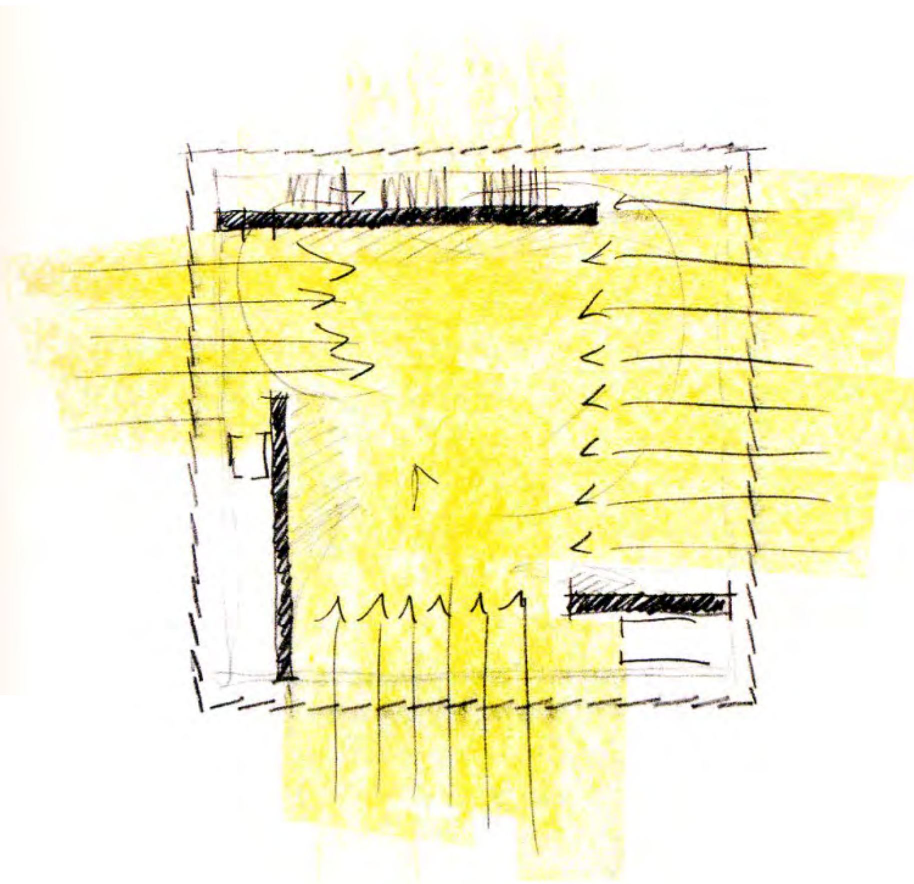
Piero Luigi Nervi

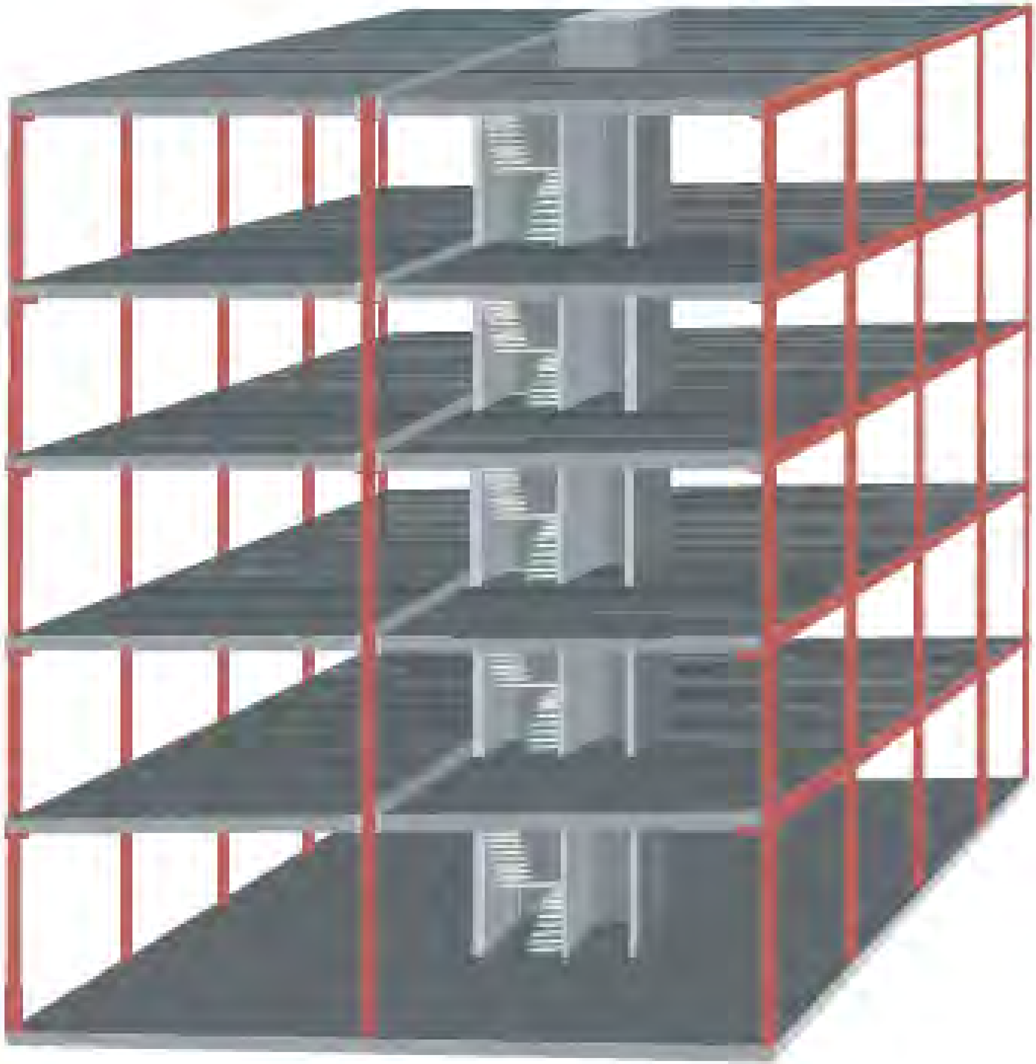
Florence Municipal Stadium

1930-32 and 1950-51

Skivan som "konsolbalk"

till exempel för horisontell stabilisering

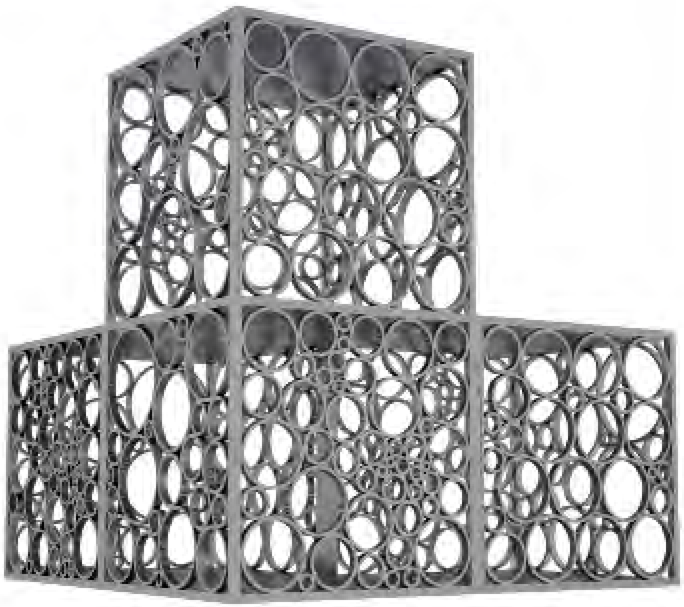


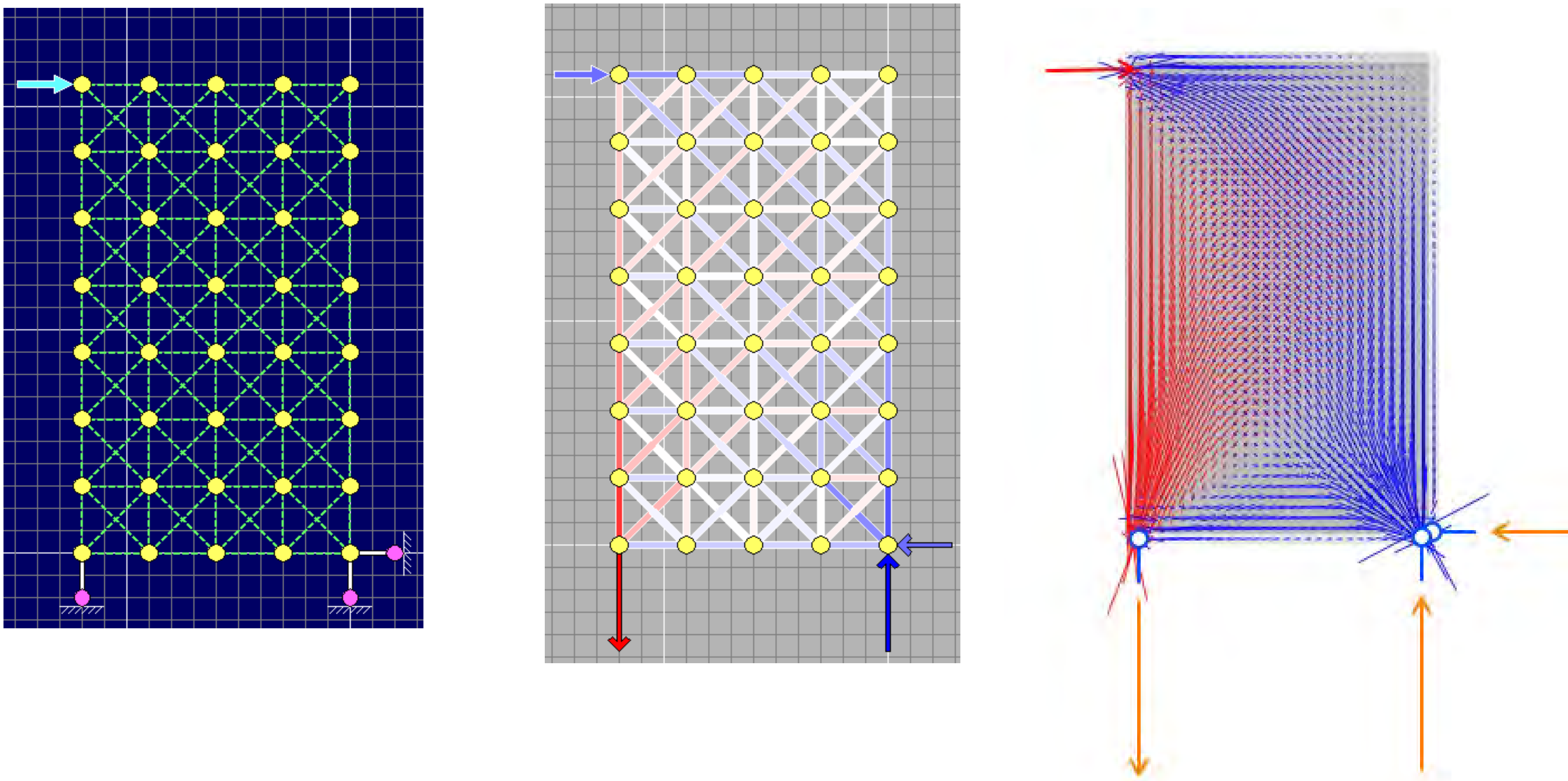


3. Stålstomme med betongbjälklag.

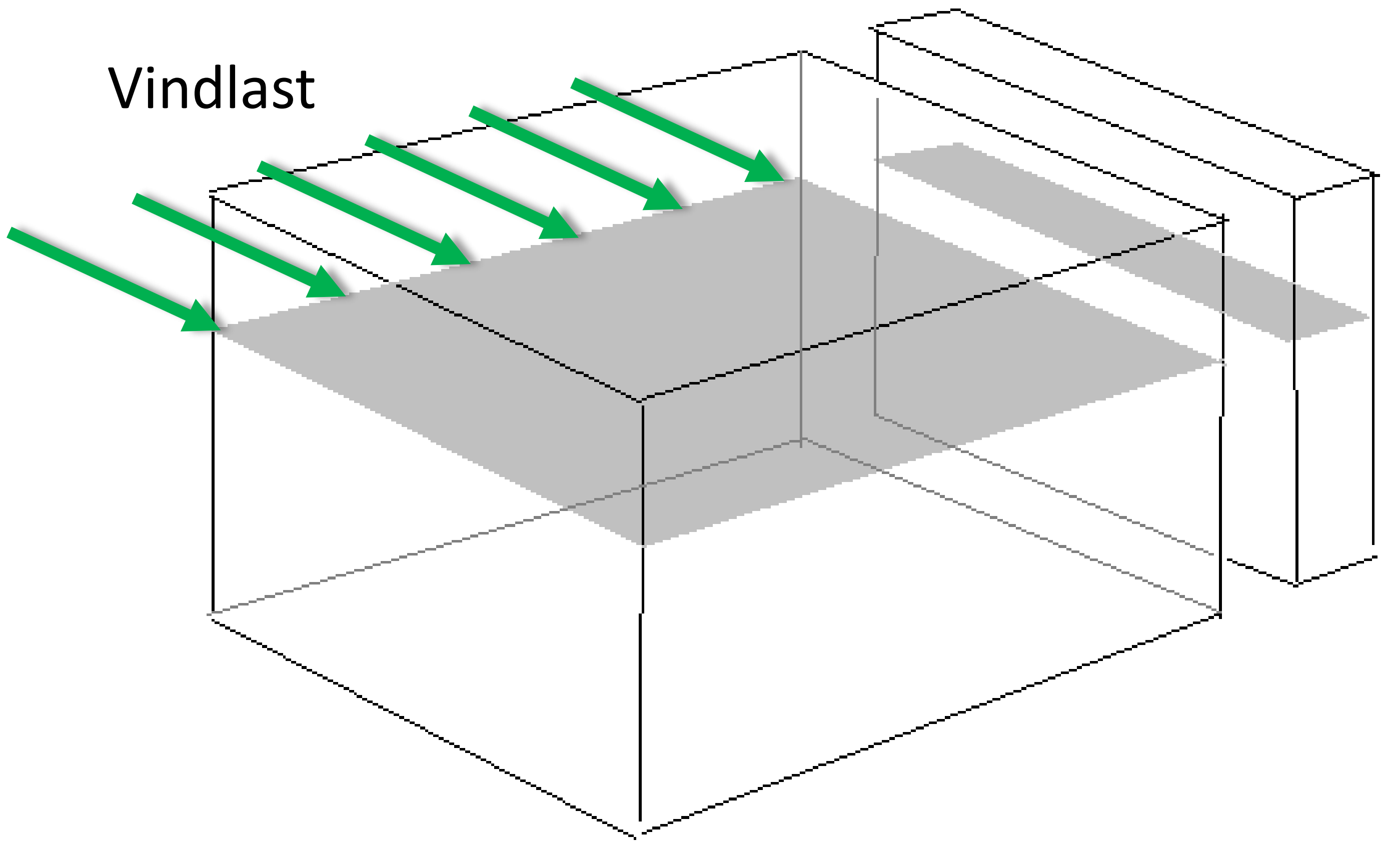
Strängbetong levererar också Basbyggnaden i ett utförande där bjälklagen bärs upp av pelare och balk i stål.

Tumregel
H/L = 1/10



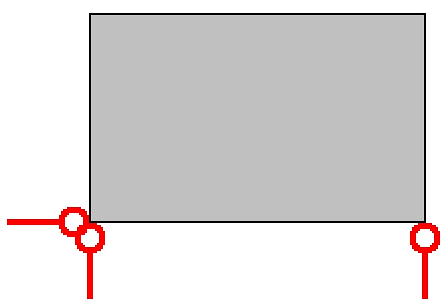


Ett bjälklagsplan betraktat som en skiva

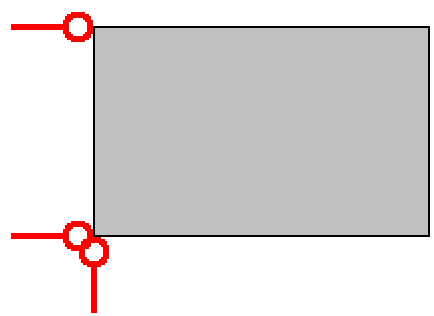


Bjälklagsplanet i sig själv är en **inre stabil** skiva – **yttre stabilitet ?**

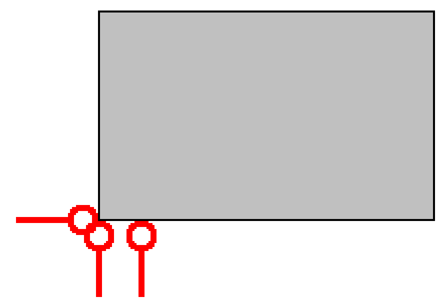
För stabilitet behövs minst tre låsta frihetsgrader
två vinkelräta riktningar och en rotation



Stabiliserande ytterväggar

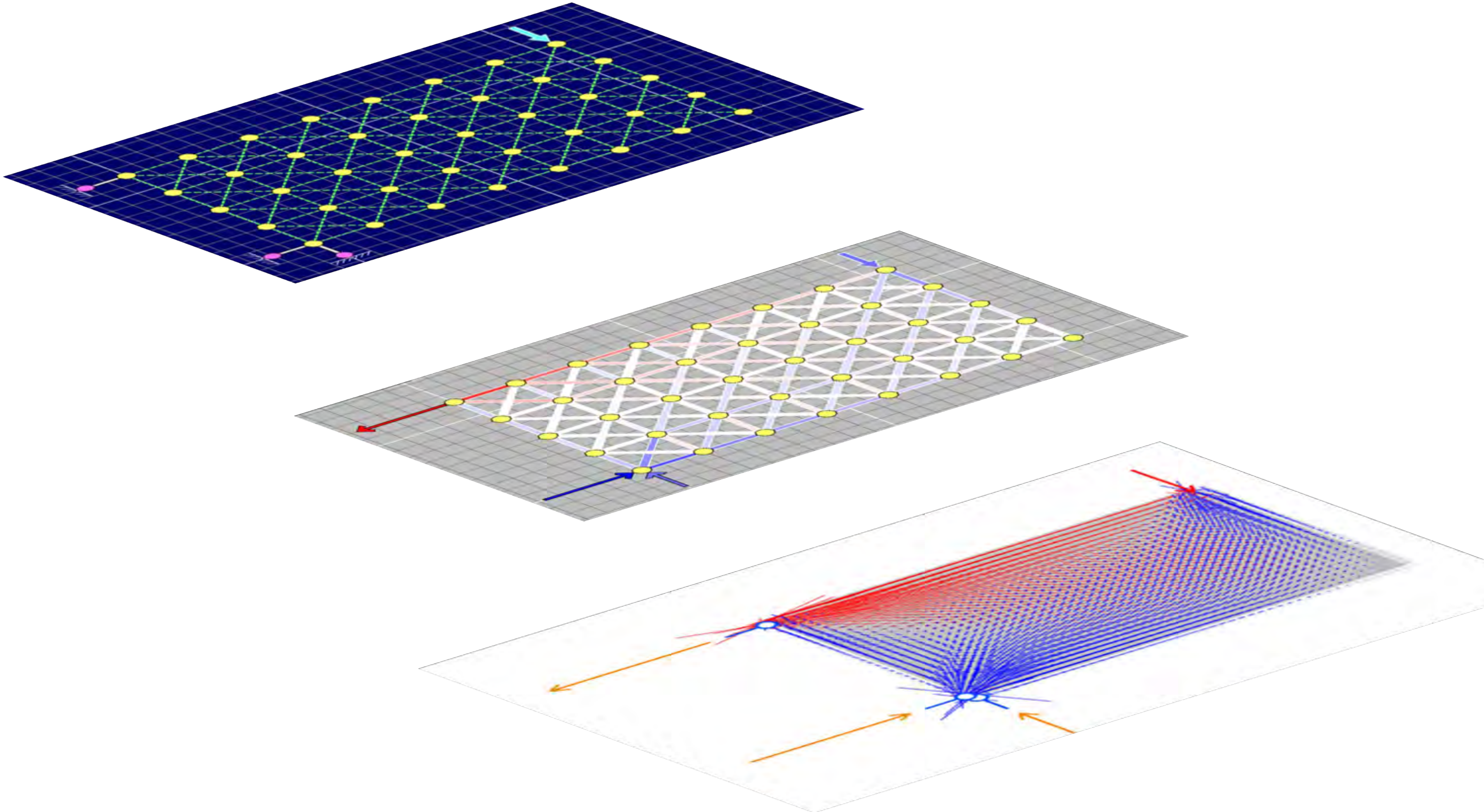


Stabiliserande ytterväggar

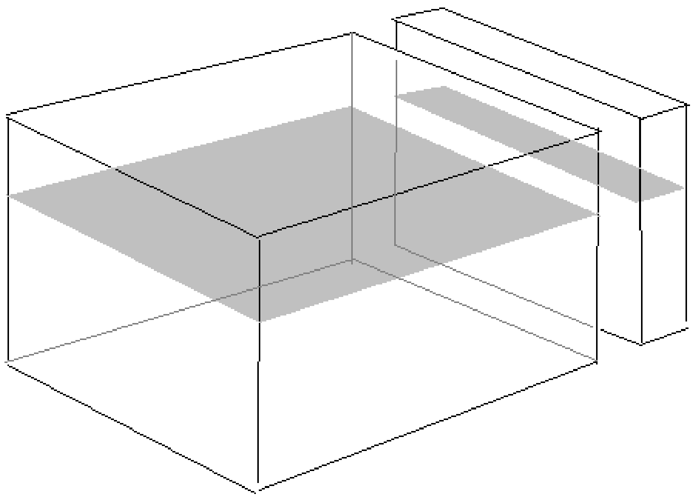


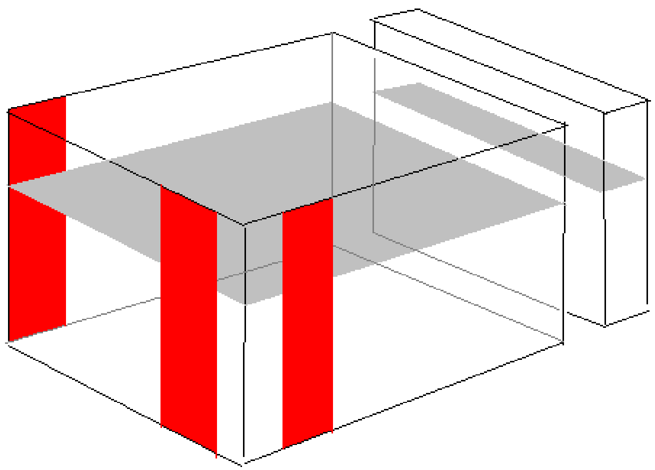
Stabiliserande trapphus

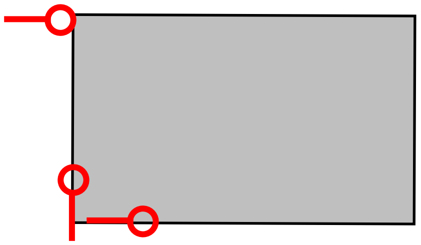
Bjälklagsplan modellerat i pointSketch och i ForcePAD



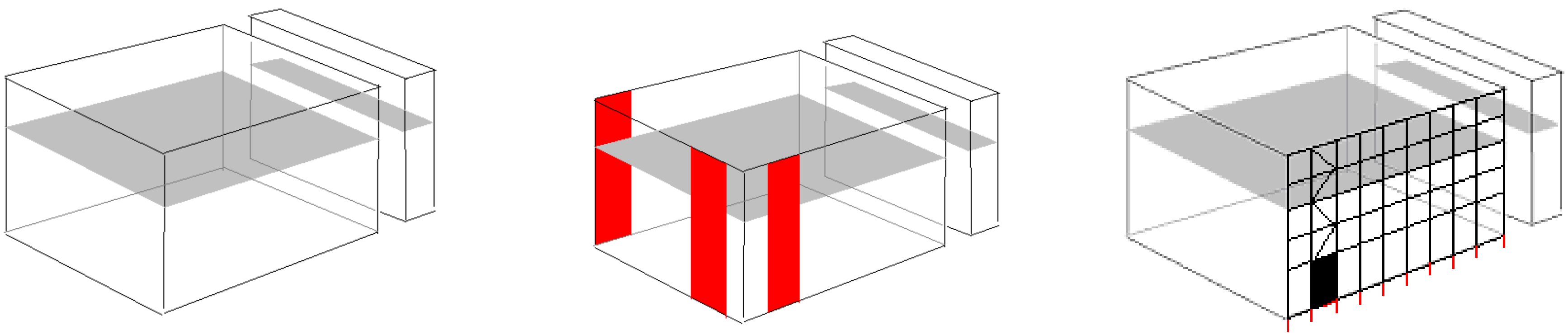
Stabiliserande väggar

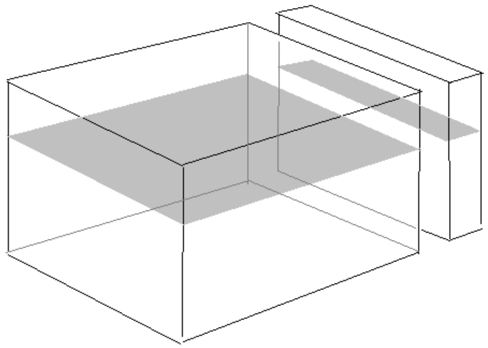


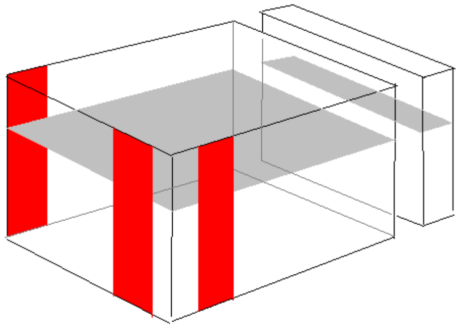


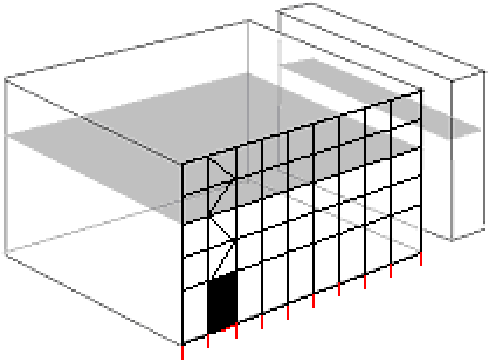


Stabiliserande väggar – samlade i begränsade zoner …

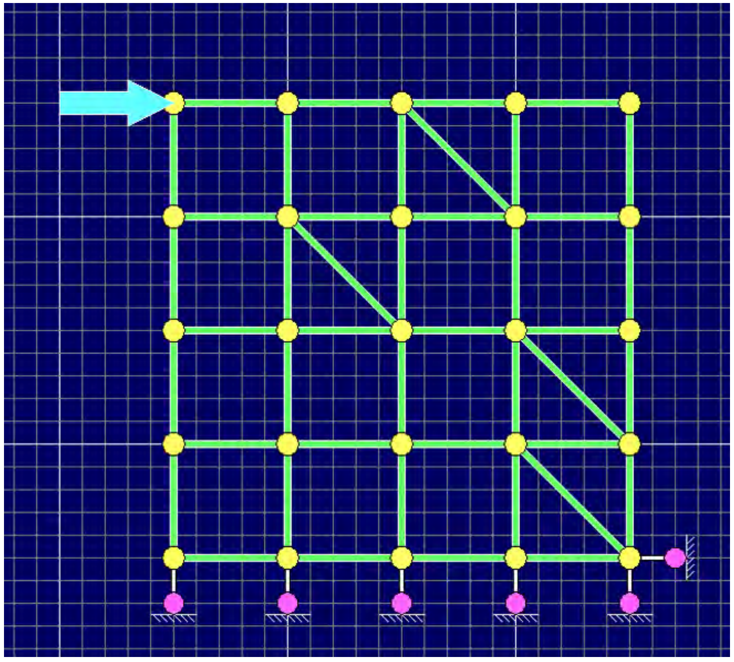


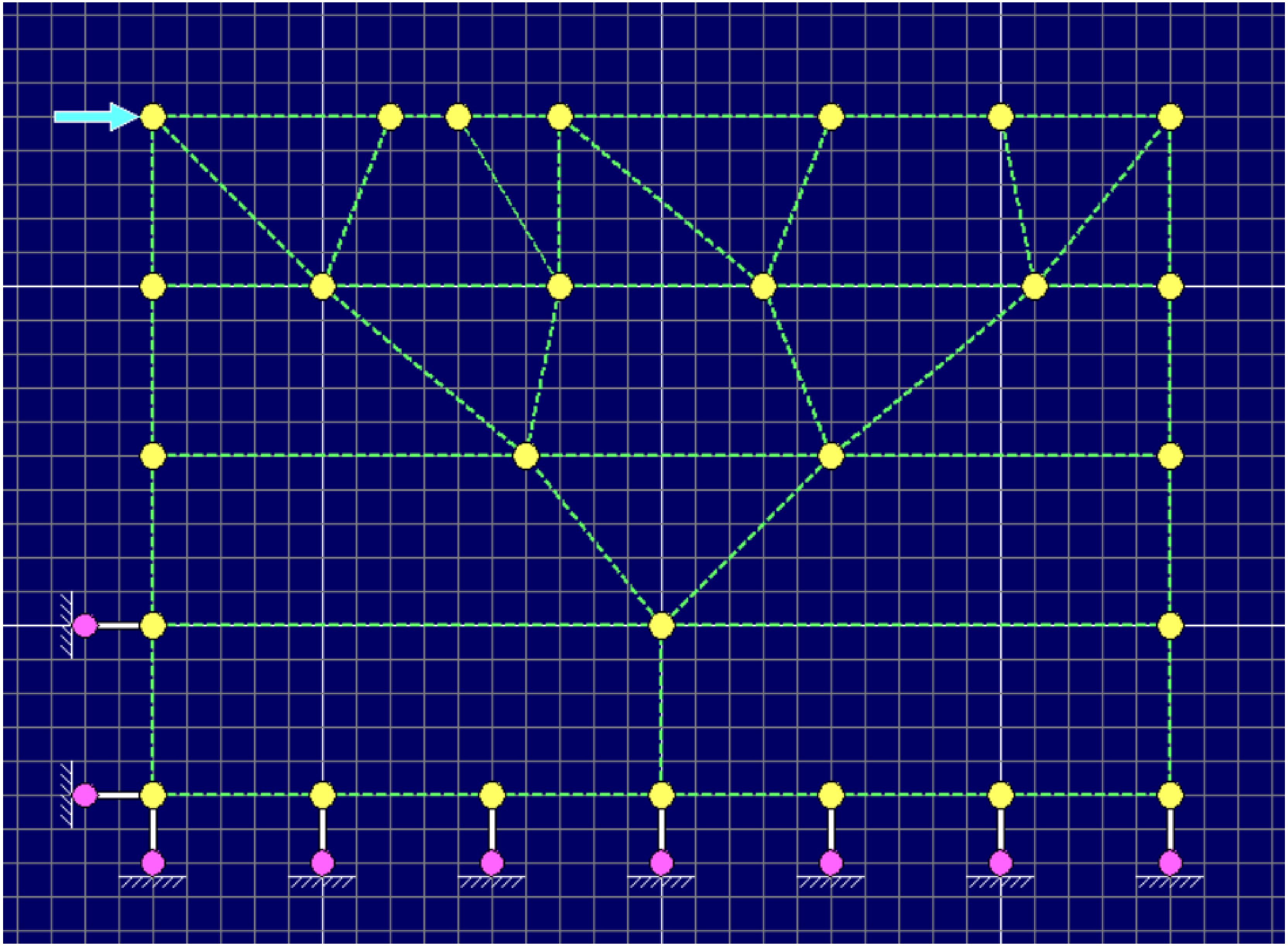




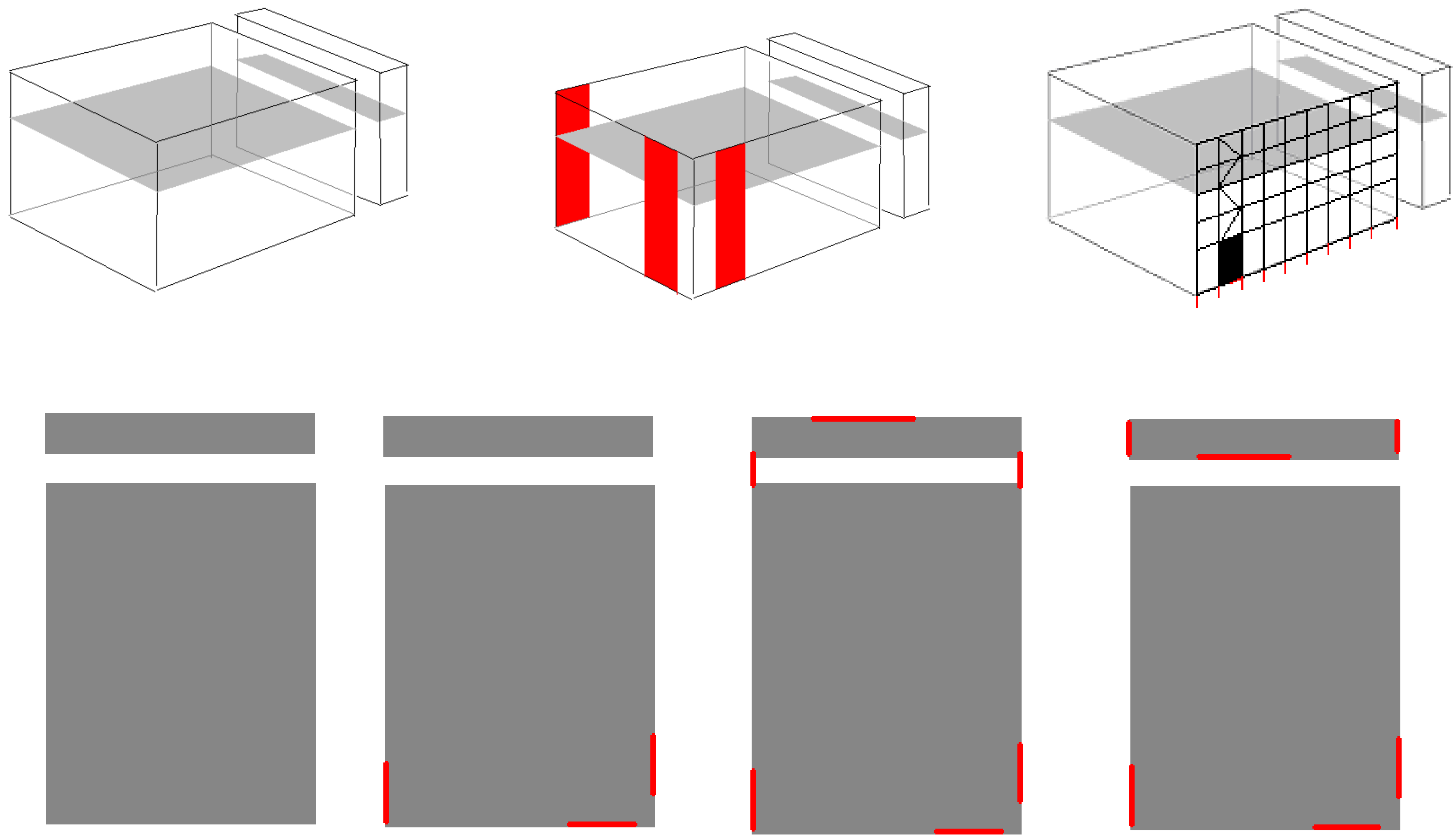


… eller utspridda över hela väggytan

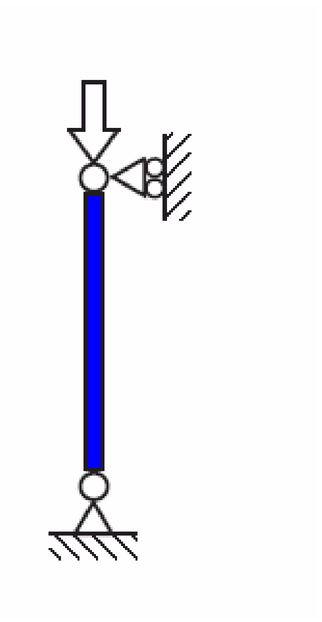


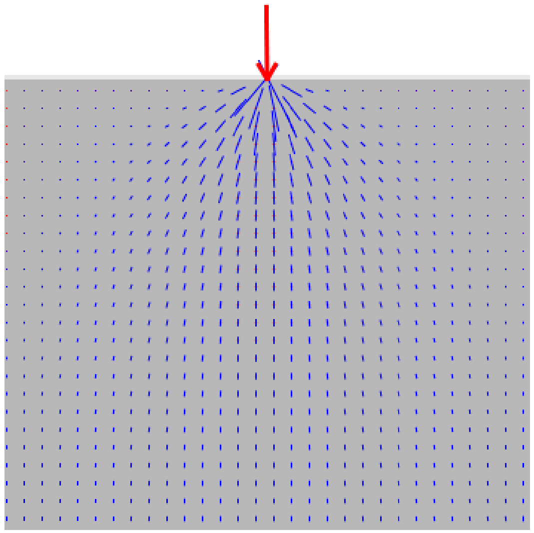


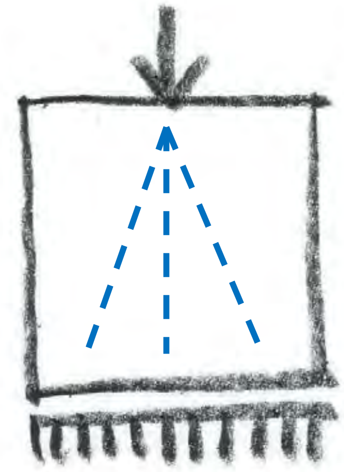
Yttre stabilisering av flera horisontella bjälklagsskivor i samma plan



Kraftmönster – lyfta upp

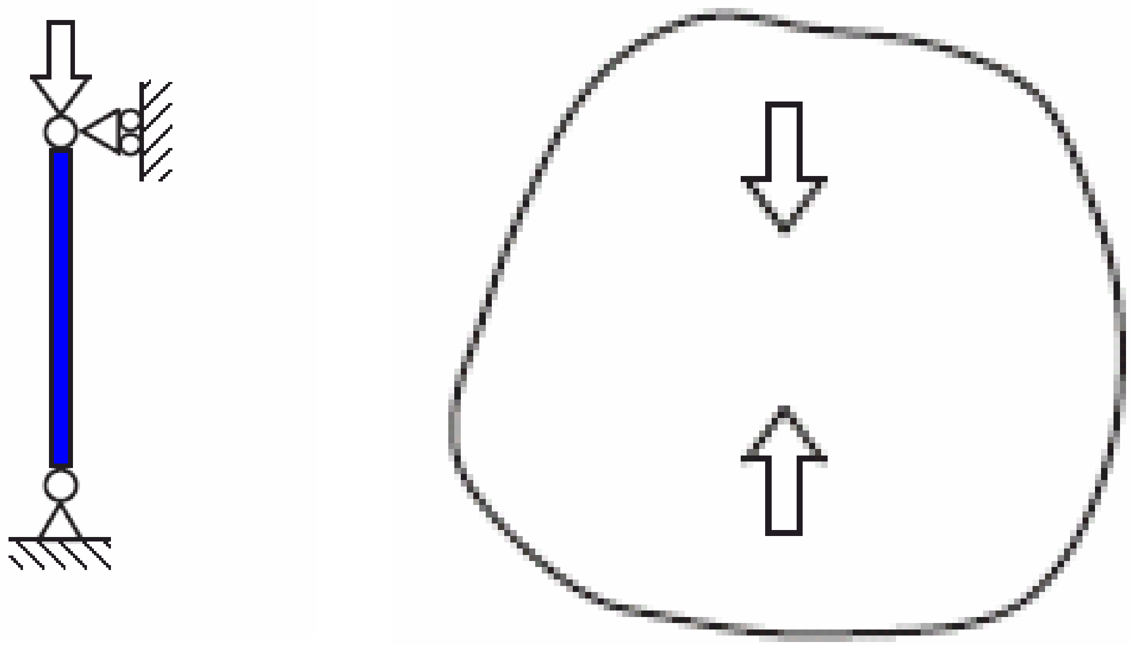






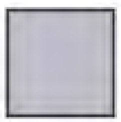
Lyfta upp

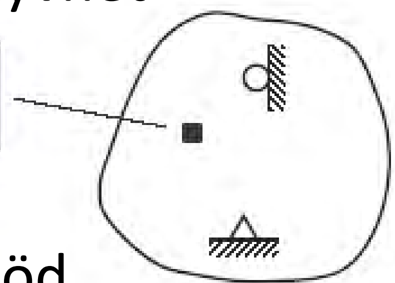
Pelaren sedd som en skiva



Samma materialstyvhet E i hela skivan

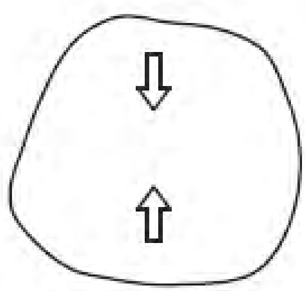
materialstyvhet

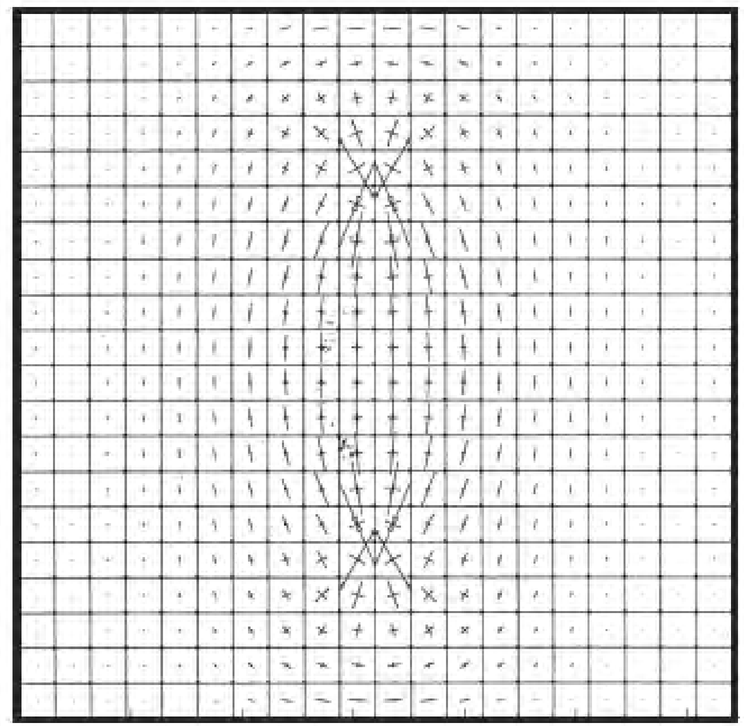




och
yttre stöd

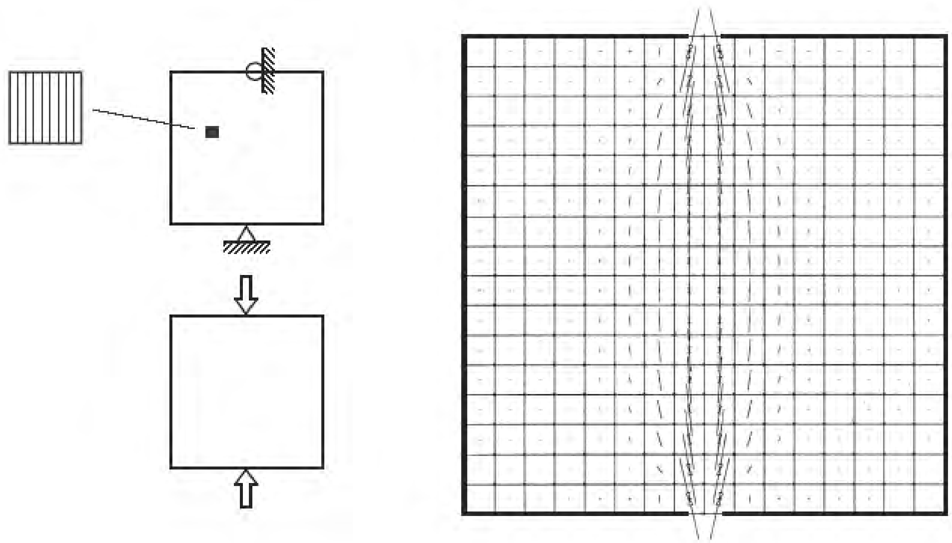
yttre last och
yttre stödkraft



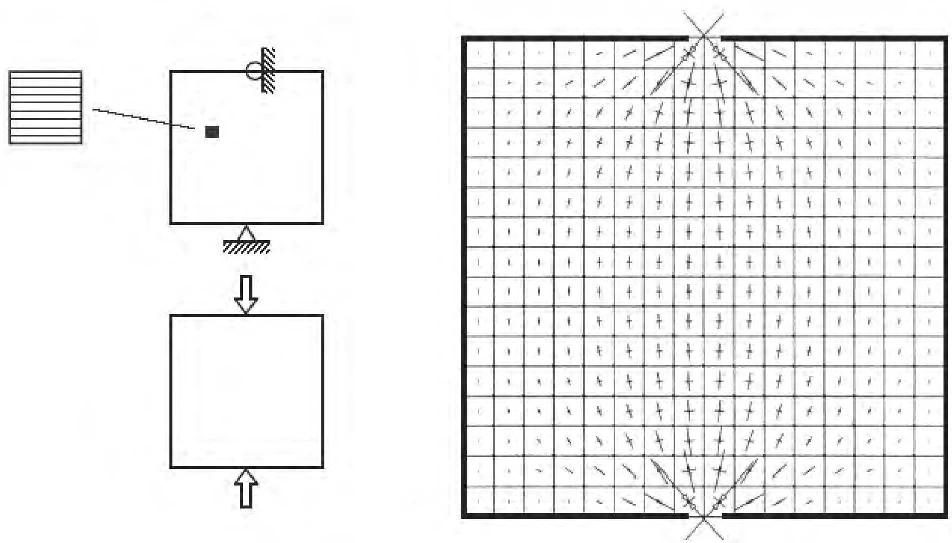


Olika materialstyvhet E i olika riktningar, till exempel trä parallellt och vinkelrätt fiberriktning

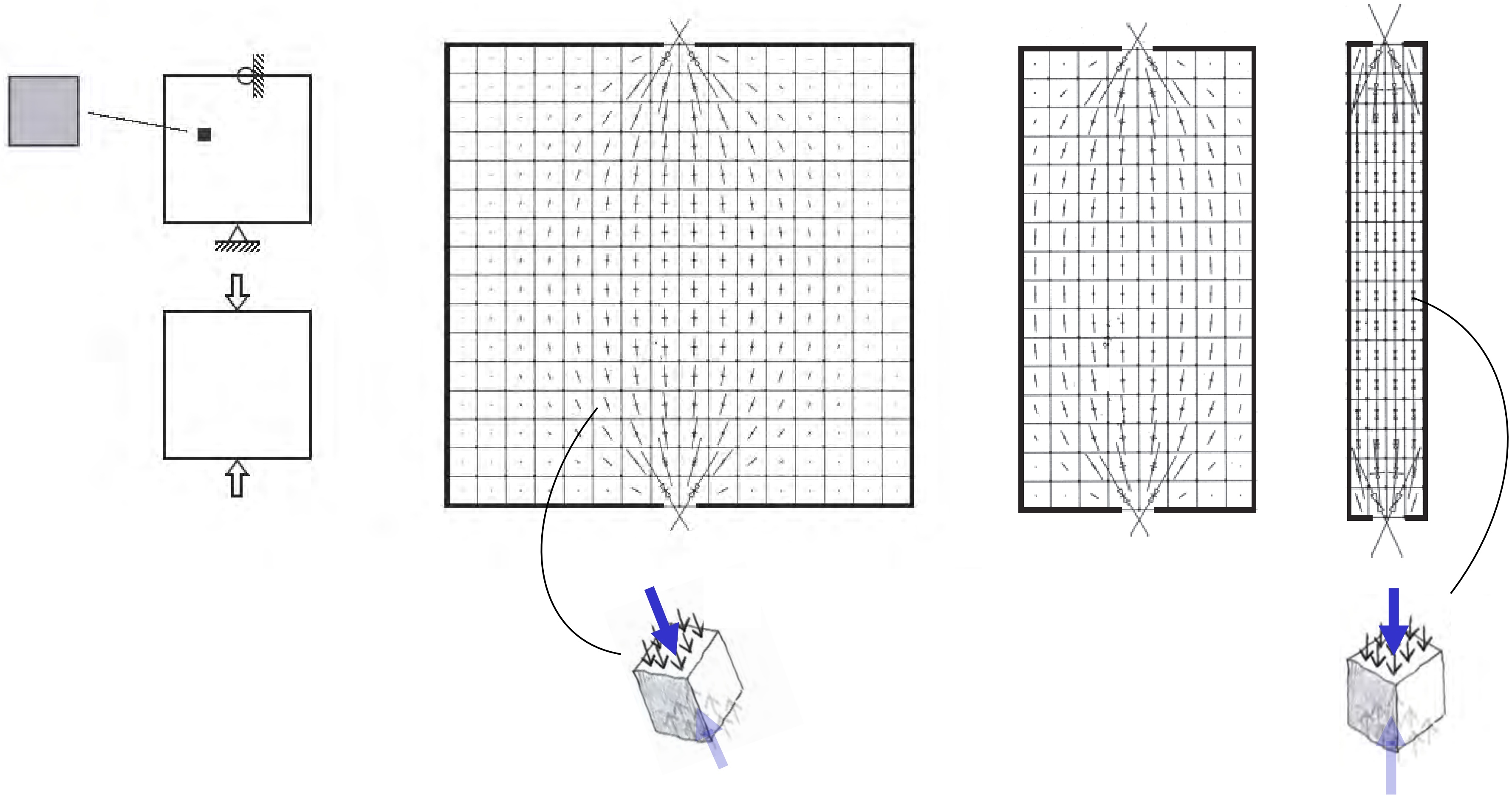
materialstyvhet



materialstyvhet



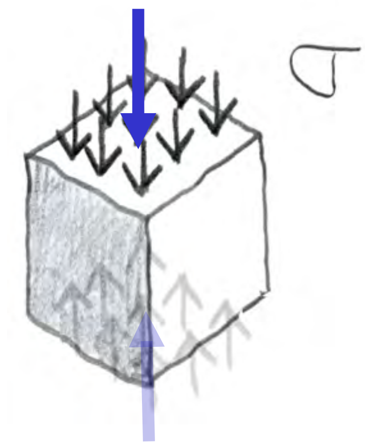
Skivan sedd som en pelare



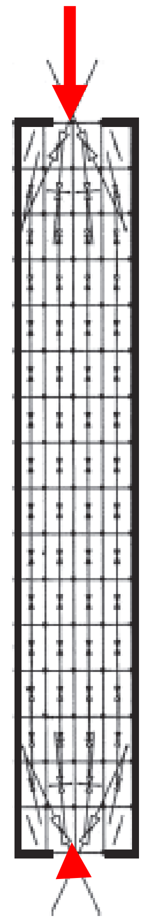
normalspänning

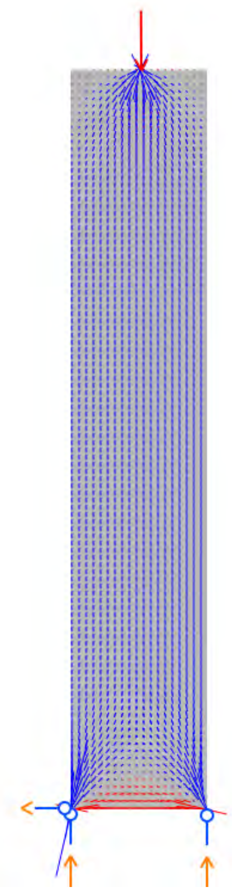
normalspänning
jämnt fördelad
över tvärsnittet

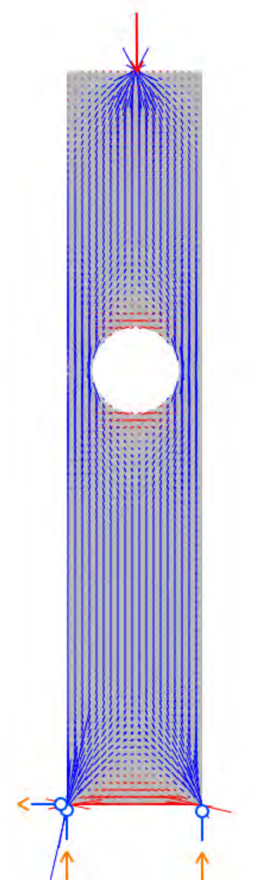
Normalspänningen är inte jämnt fördelad över tvärsnittet – vid yttre last, vid stöd och där geometri och materialegenskaper avviker



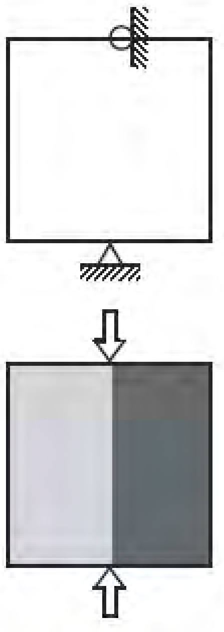
normalspänning

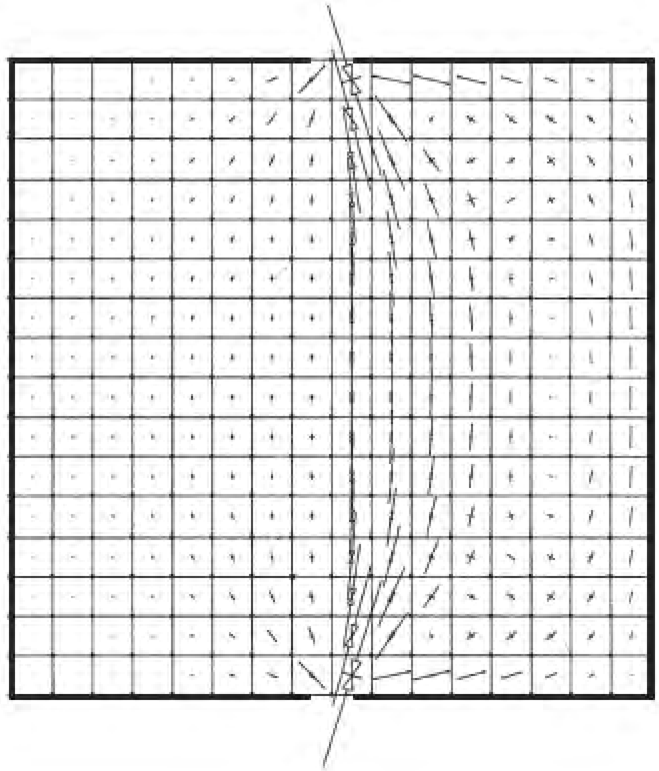


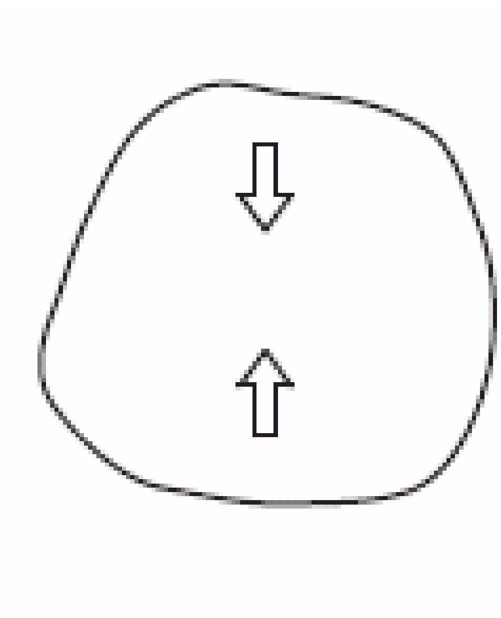




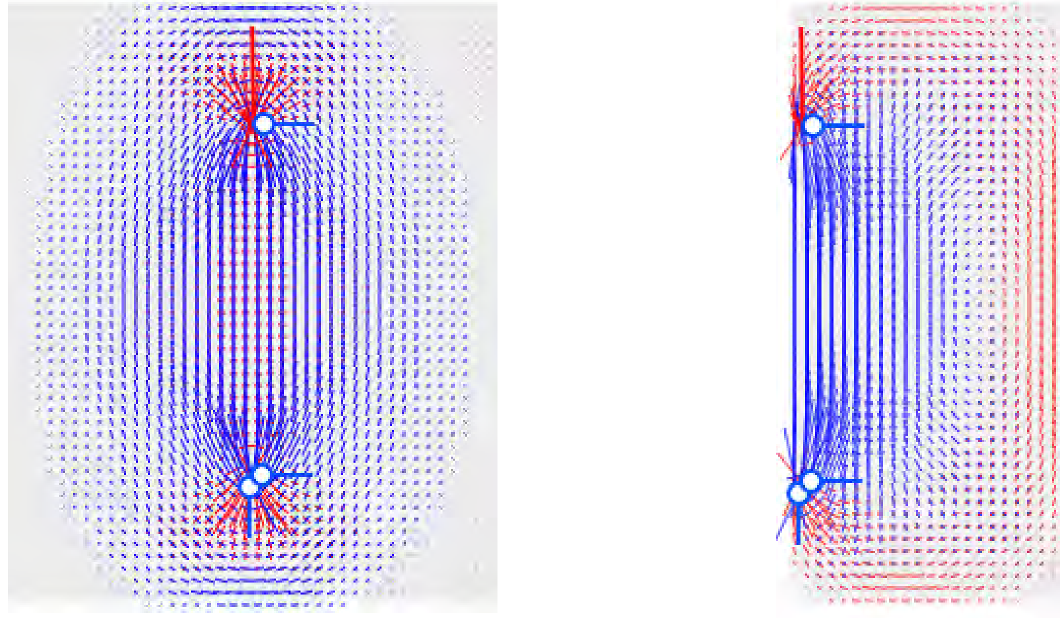
Olika materialstyvhet E i olika delar av skivan



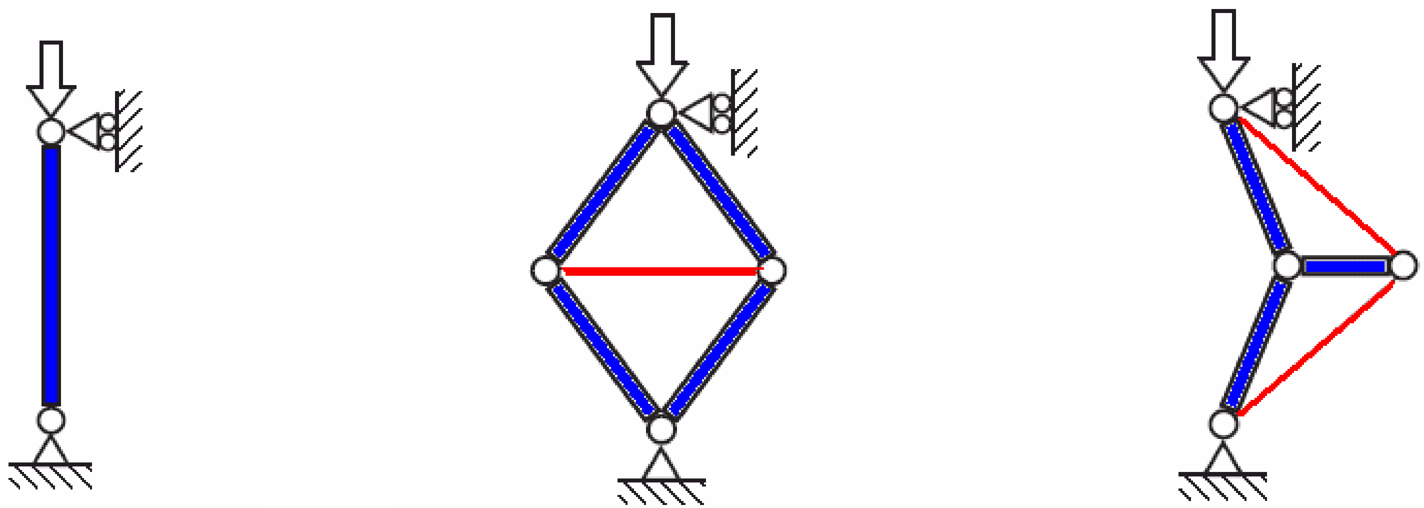




Structural task

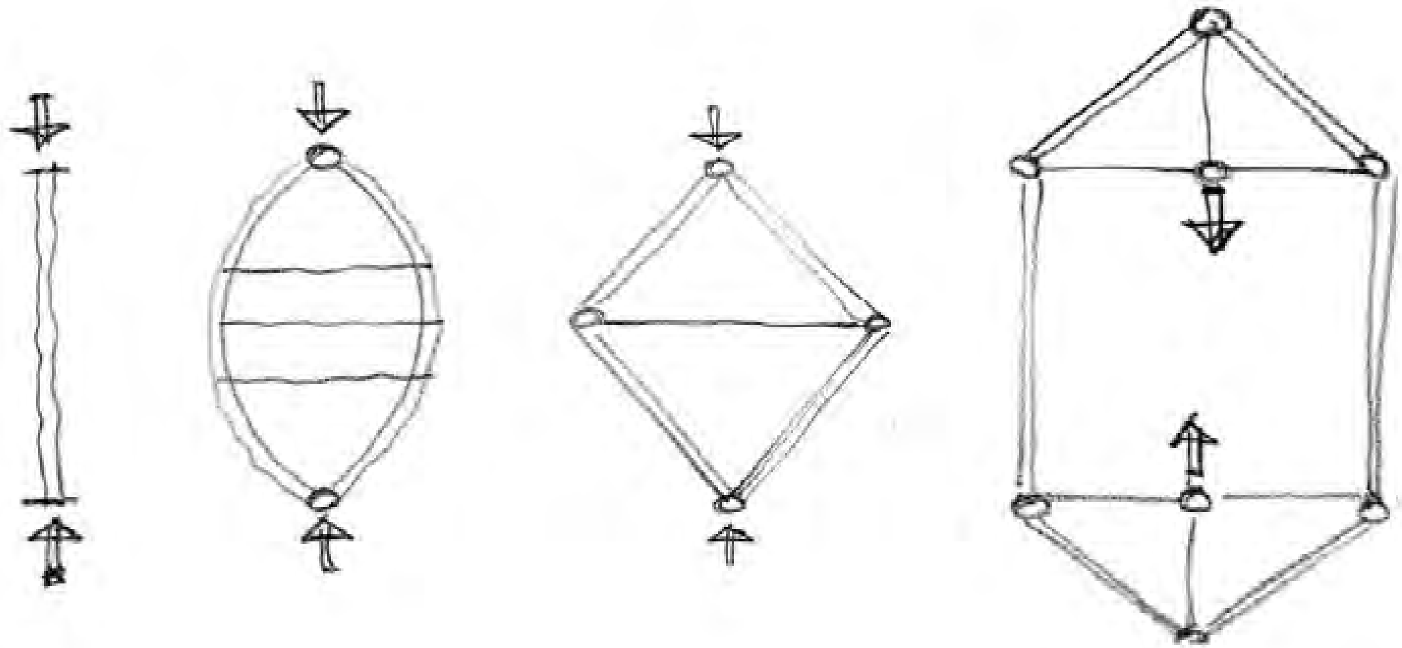


Structural patterns



Potential structures

Vad är en ”pelare”?



Effektiva strukturer den i meningen
att de är utformade för att renodlat bära i tryck och drag

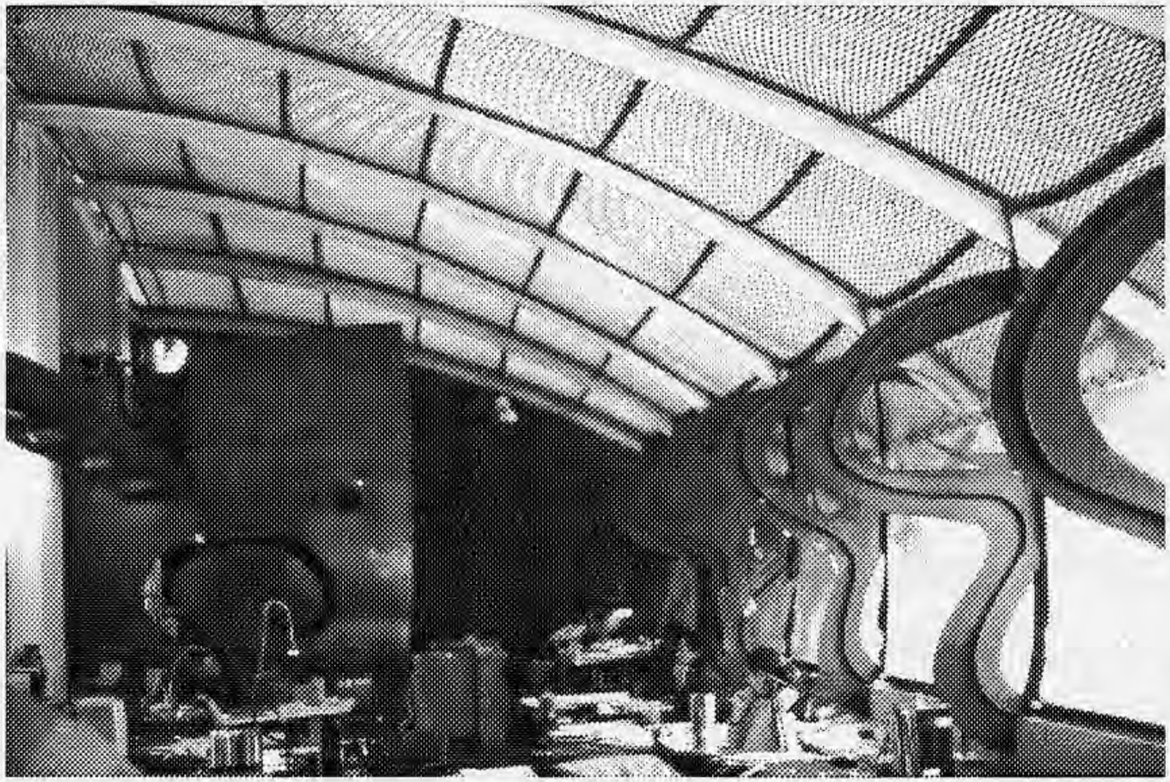
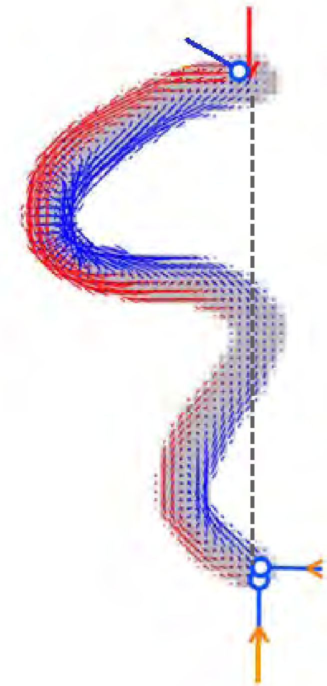


Fig. 3.1 Ron Arad and Alison Brooks; the "One-Off" Studio and Showroom.



Pelare som i huvudsak bär genom böjning
Storleken på böjningen är proportionell mot avståndet
till linjen mellan belastning och stöd

1. Lyfta upp, spänna över, nå ut

VIKTIG UPPGIFT I KURSEN!
Kan vara ett tema för hela läroboken

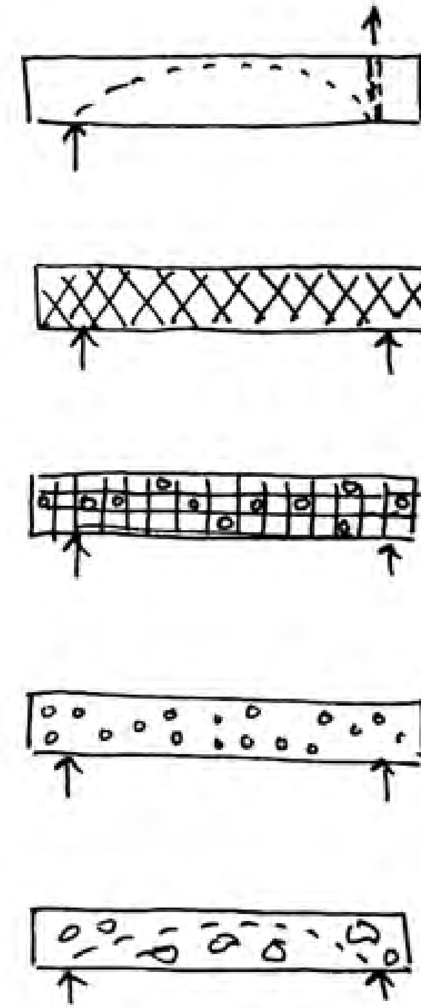
Gör ett collage med egna skisser/fotografier av bärande strukturer.
Ge först ett ord/ett begrepp som berättar om vad konstruktionen ska bidra till att uttrycka.
Skissa sedan svarta konturer som visar form, blåa linjer som visar tryck och röda linjer som visar drag.

LYFTA UPP – skissa egna koncept eller fotografera en eller flera ovanliga pelare och väggar

SPÄNNA ÖVER – skissa egna koncept eller fotografera en eller flera fritt upplagda balkar och/eller skivor

NÅ UT – skissa egna koncept eller fotografera en eller flera konsolbalkar/skivor och/eller horisontellt stabiliserande väggar

En träning i att skissa i gränslandet mellan form och kraftmönster



(2. Modellkammaren)

Kan också vara ett tema för hela läroboken

Välj i varje seminariegrupp ut en modell från modellkammaren.

Förklara *den bärande strukturen* genom att förklara:
hur den bär vertikal last
hur den bär horisontell last
(föreläsning 1)

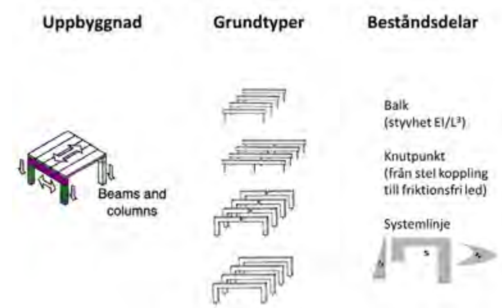
Välj ut minst *ett bärande element* och beskriv detta:
Vilken <u>typ</u> av bärverk det är (om det kan inordnas under någon typ)
Vilka <u>kraftmönster</u> som uppkommer när det belastas (vilka stöd finns, vilken belastning väljer ni att studera, och vad blir det då för kraftmönster)
Visa där det är relevant på <u>partikeljämvikter</u> som ni kan identifiera.

Mer om teman för läroboken

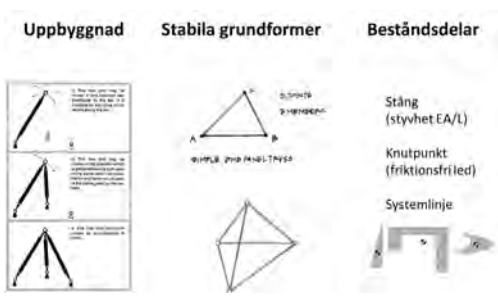
Till exempel **ordlista** som täcker hela kursen

Kedjekurva/trycklinje

Balkar och ramar



Stänger och fackverk



Skivor

Pelare

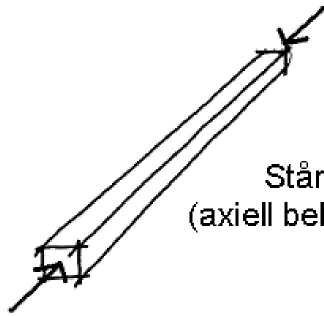

Pelaren
en stång
i tryck

Nimes
Foster+Partners

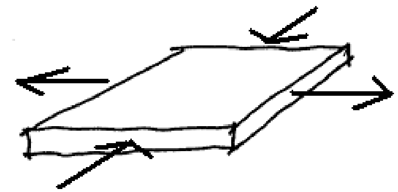
Turin

Kolding

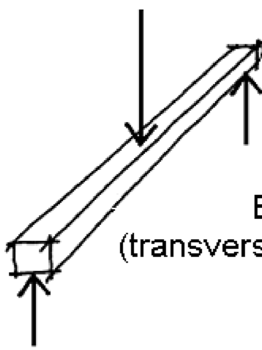
Konstruktionselementens verkningssätt (form + belastning)



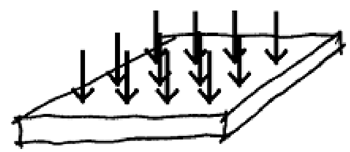
Stång
(axiell belastning)



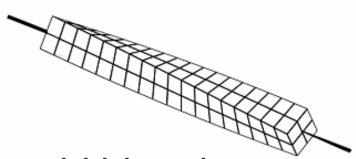
Skiva
(belastning i planet)



Balk
(transversell belastning)

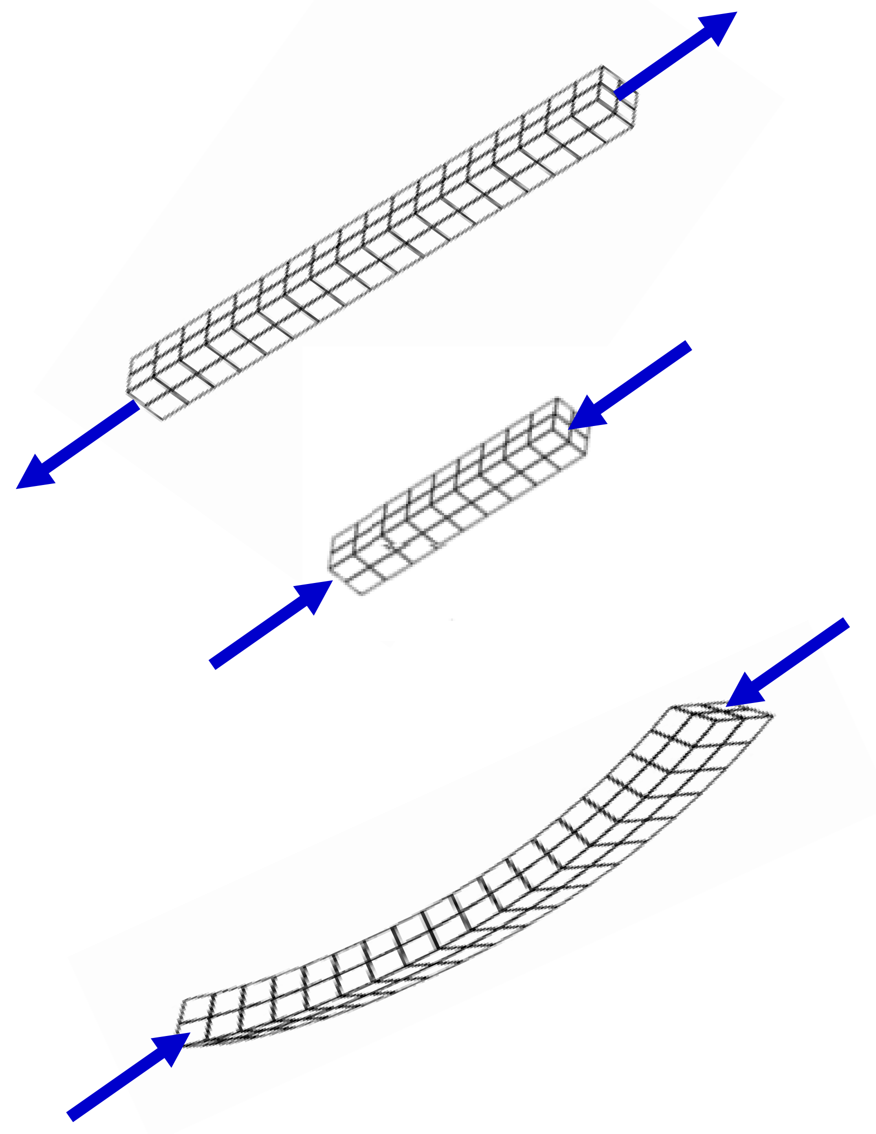


Platta
(belastning vinkelrätt planet)



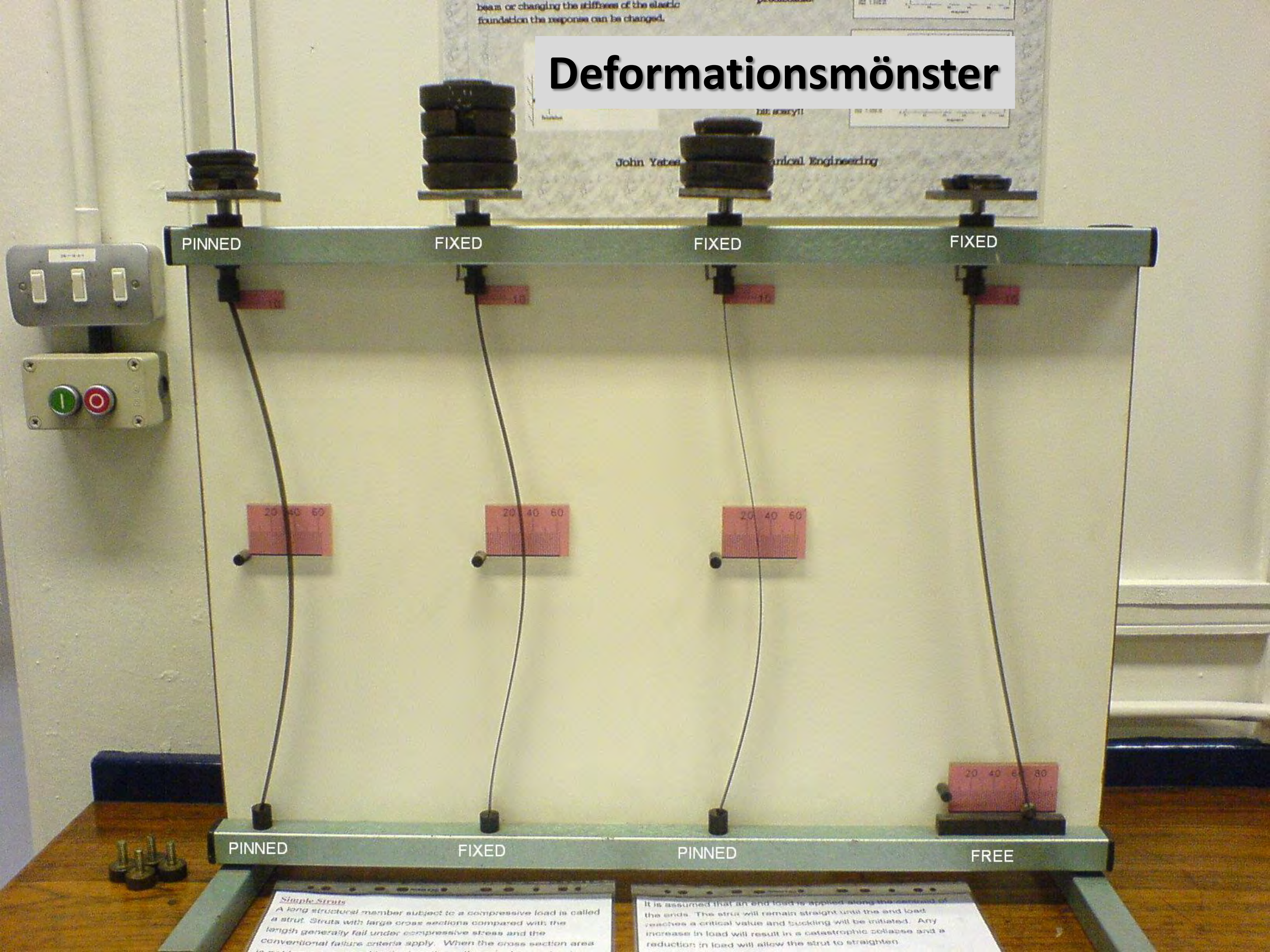
Vrid-verkan
(vridande belastning)

Dragna och
korta tryckta element
STÅNGVERKAN



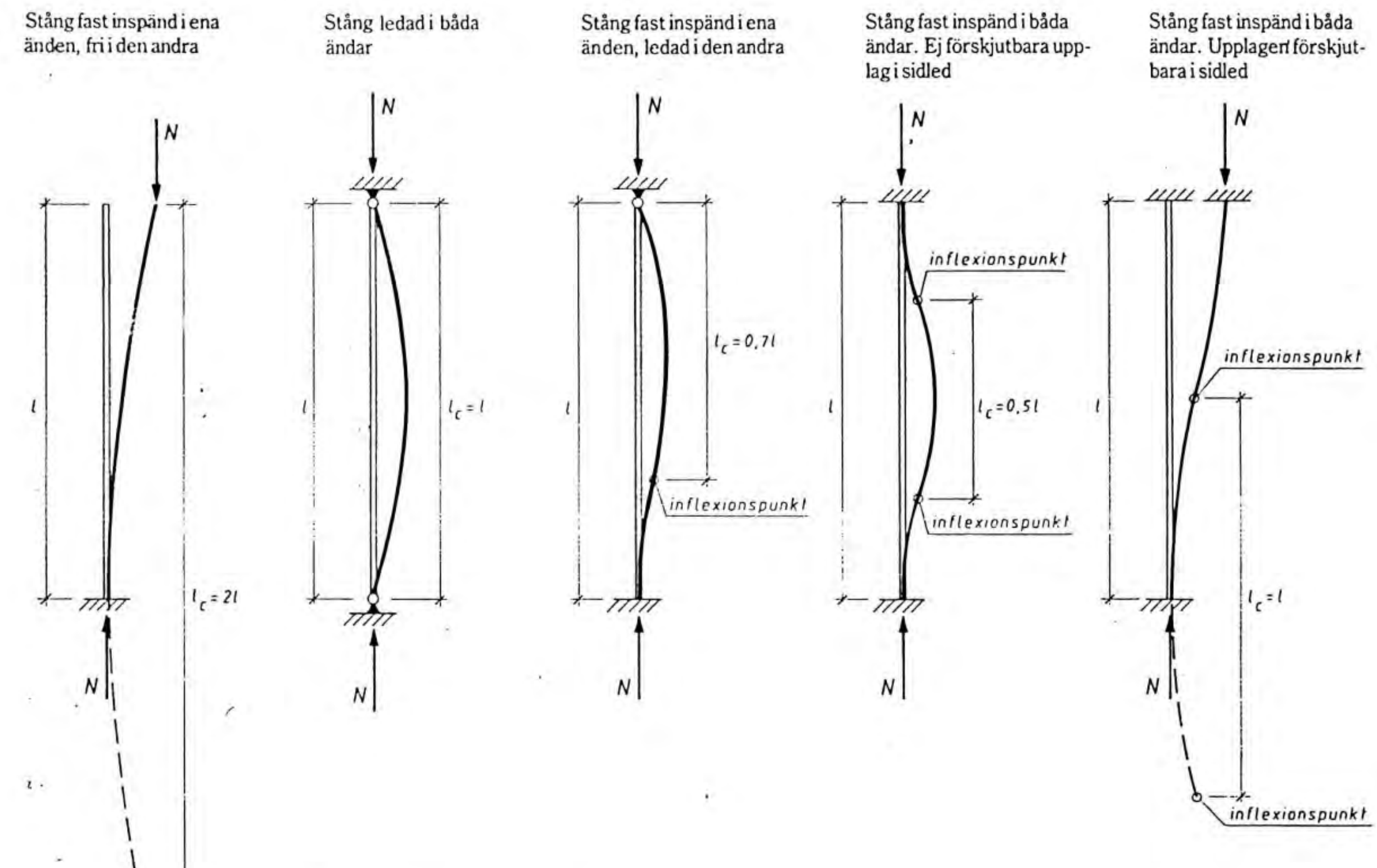
Långa ”slanka”
tryckta element
BALKVERKAN!

Deformationsmönster

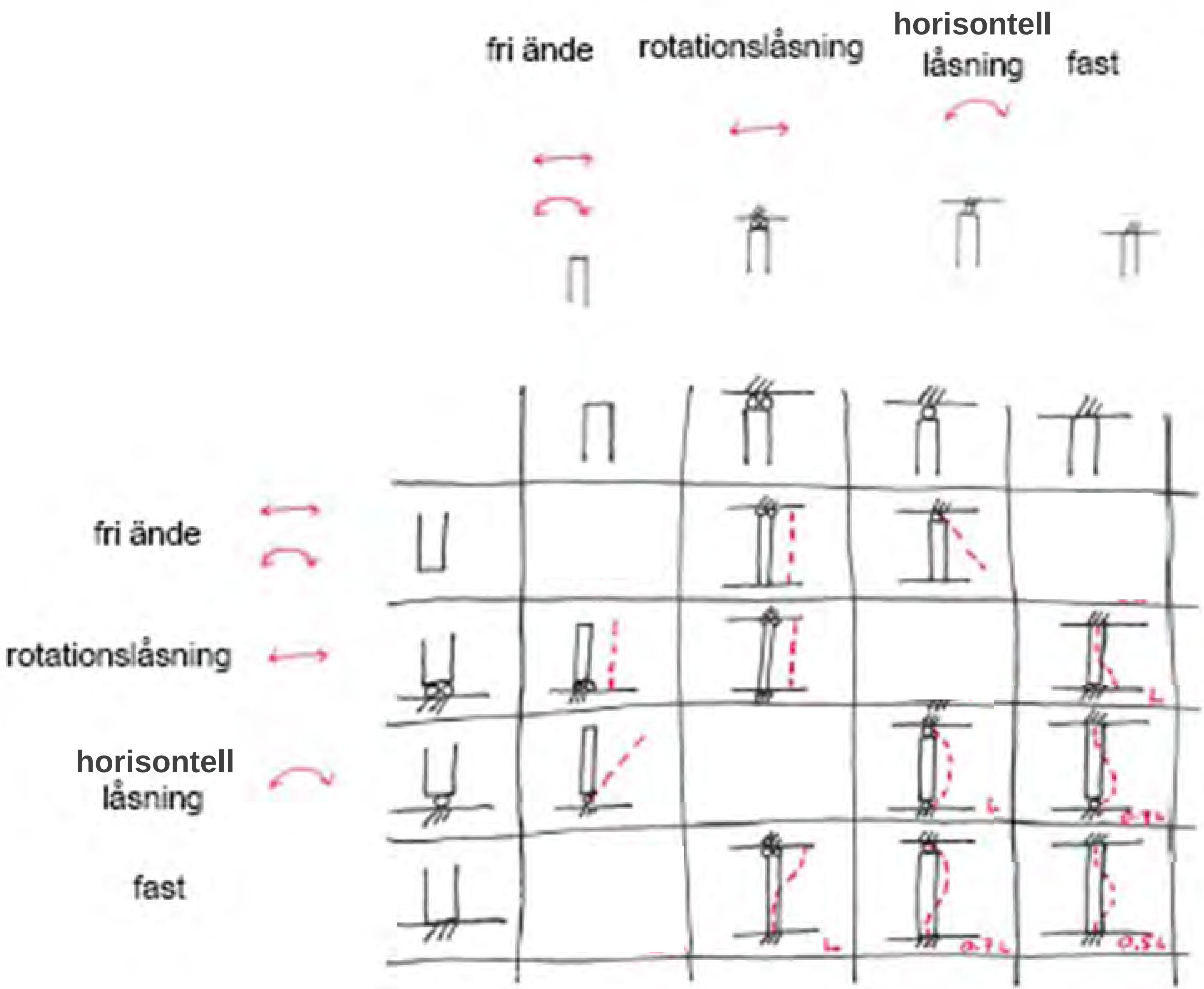


Pelares typologi

ges av deformationsmönster
som skapas av infästningar
och kallas Eulers knäckningsfall



Tabell med pelartyper sorterade efter infästningar



2. Pelartyper

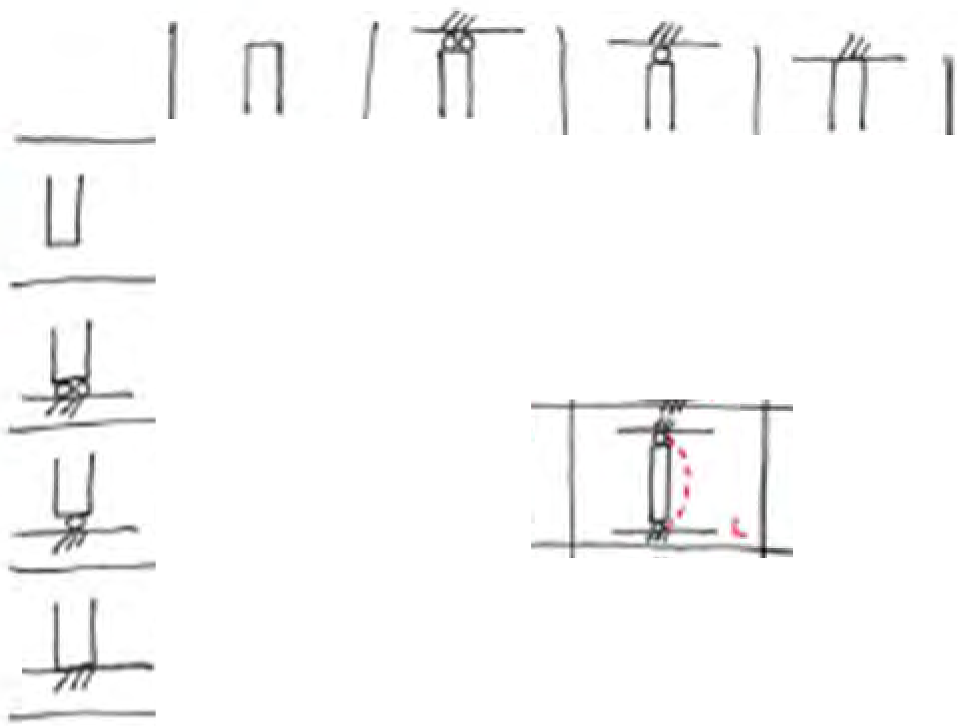
Gör en tabell som illustrerar olika typer av pelare:

Utgå från pelarens rörelsemöjligheter
i sin övre och i sin nedre ände:

- fri horisontell rörelse + fri rotation
- fri horisontell rörelse + låst rotation
- låst horisontell rörelse + fri rotation
- låst horisontell rörelse + låst rotation

Visa för varje pelare det *deformationsmönster* som uppstår.

Observera att flera kombinationer ger pelare som är *mekanismer* (stelkroppsrörelse utan deformation) fri ände | rotationslåsning | horisontell låsning | fast



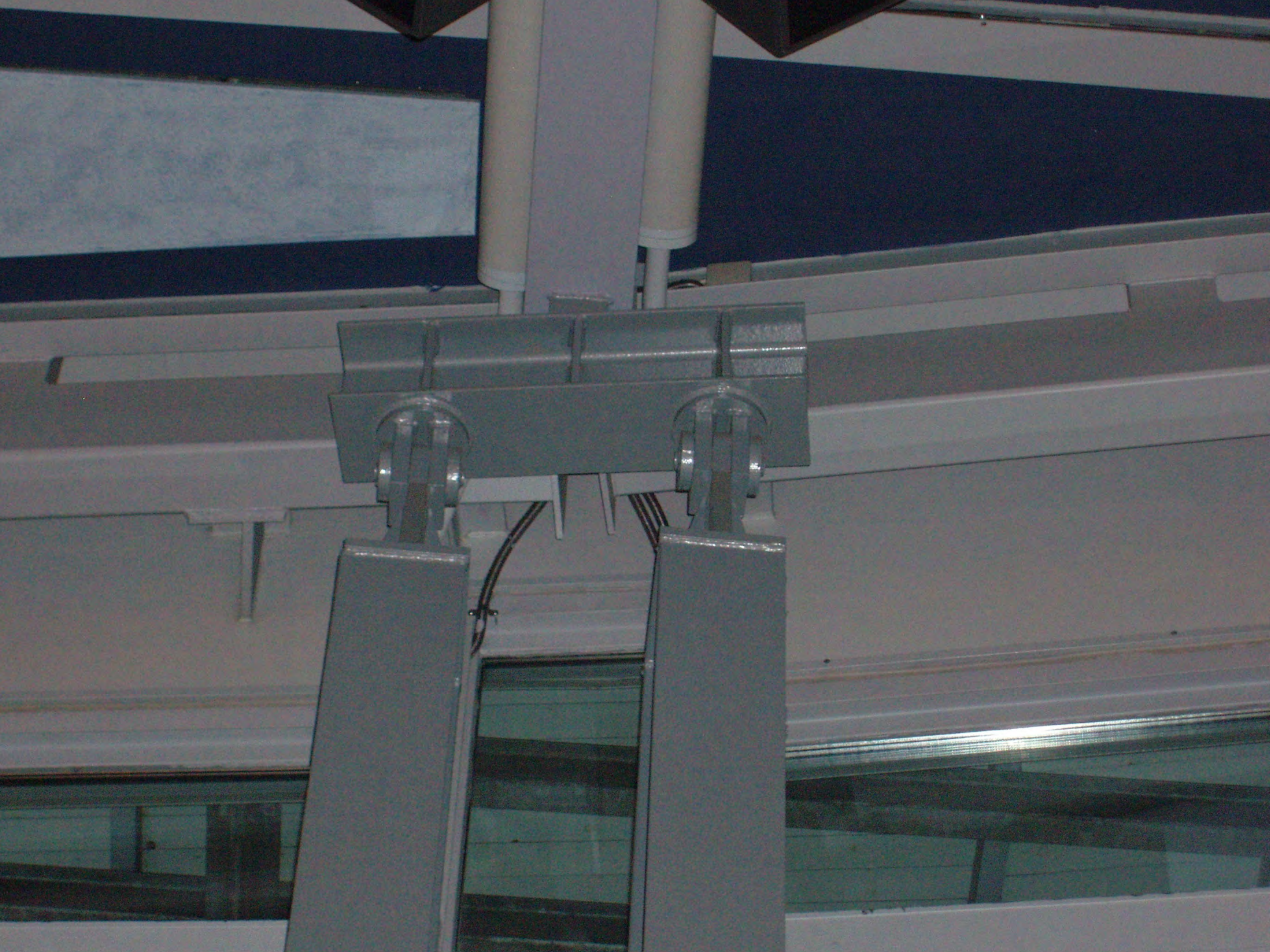
fri ände

rotationslåsning

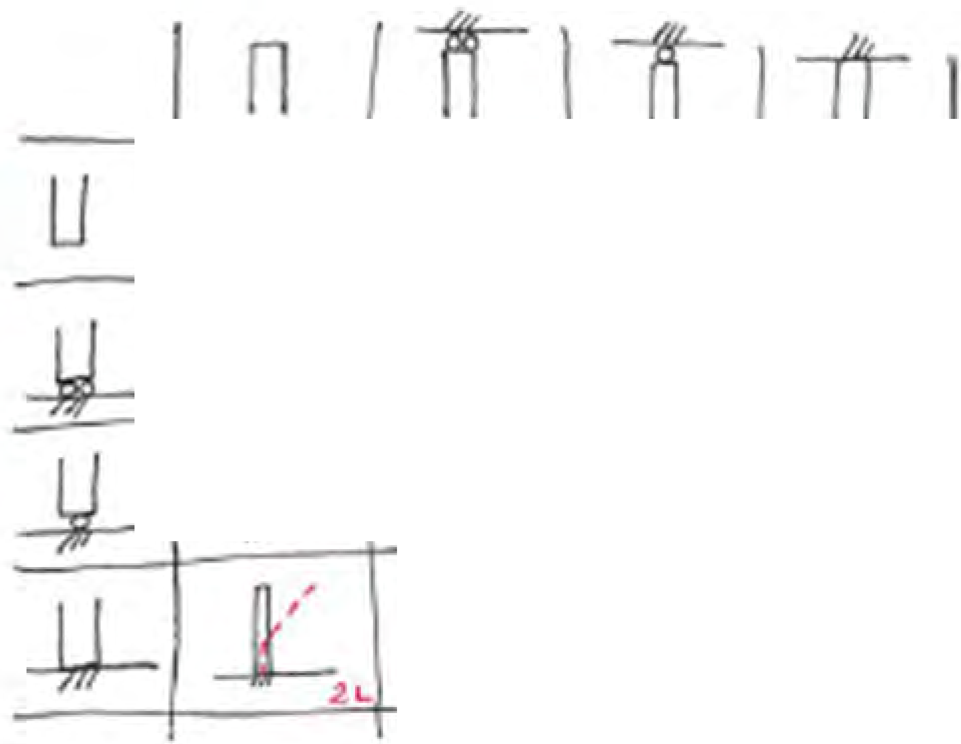
horisontell låsning

fast

Jan Izikowitz
Göteborgsoperan



fri ände | rotationslåsning | horisontell låsning | fast



fri ände

rotationslåsning

horisontell låsning

fast

Piero Luigi Nervi
Palazzo del Lavoro
Turin

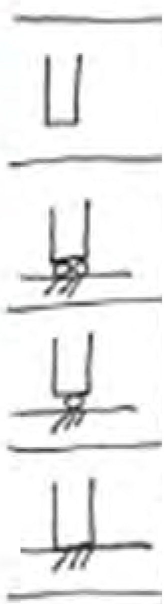
fri ände rotationslåsning horisontell låsning fast

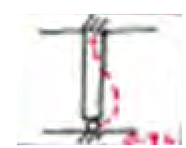
fri ände

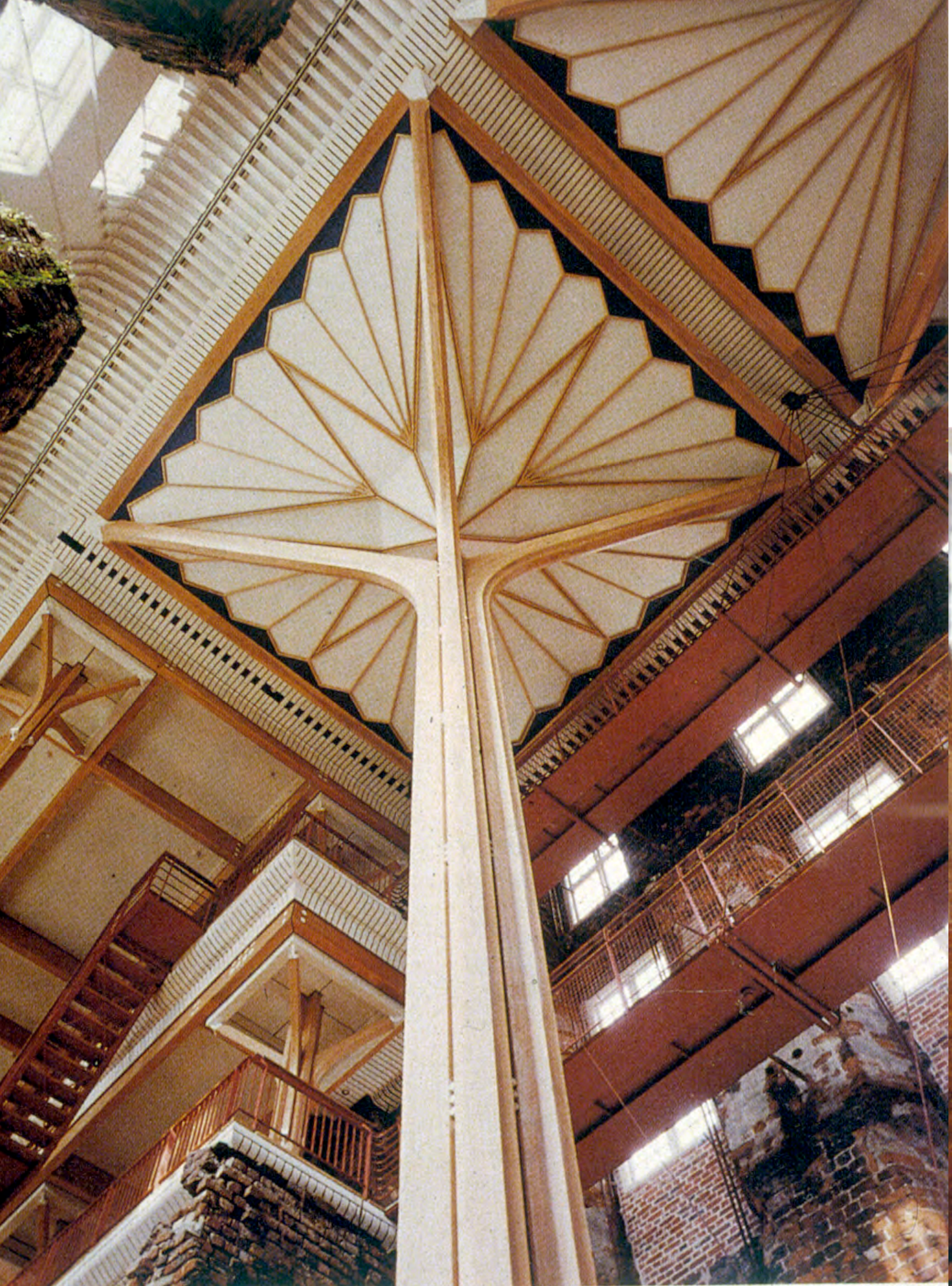
rotationslåsning

horisontell låsning

fast

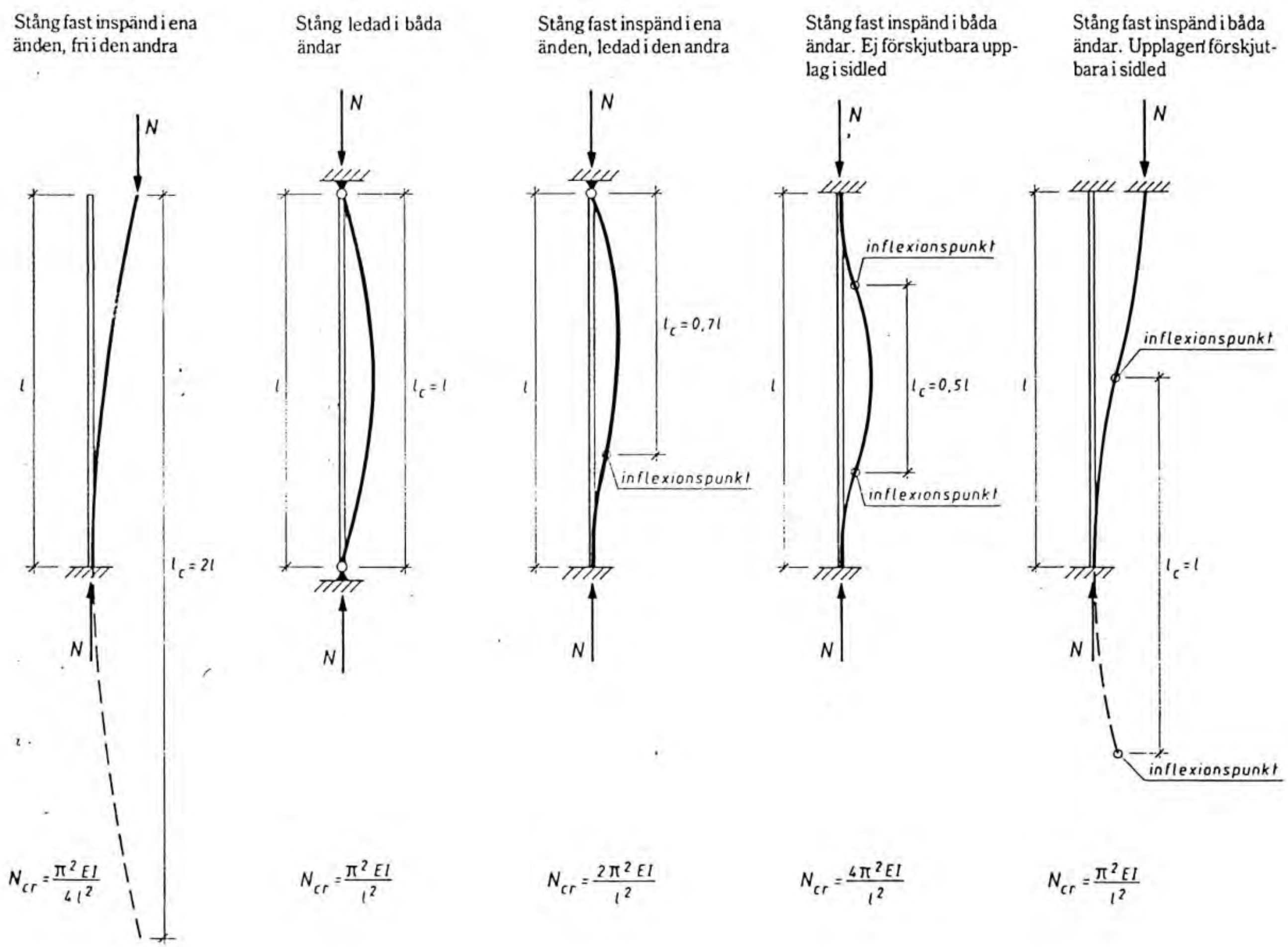






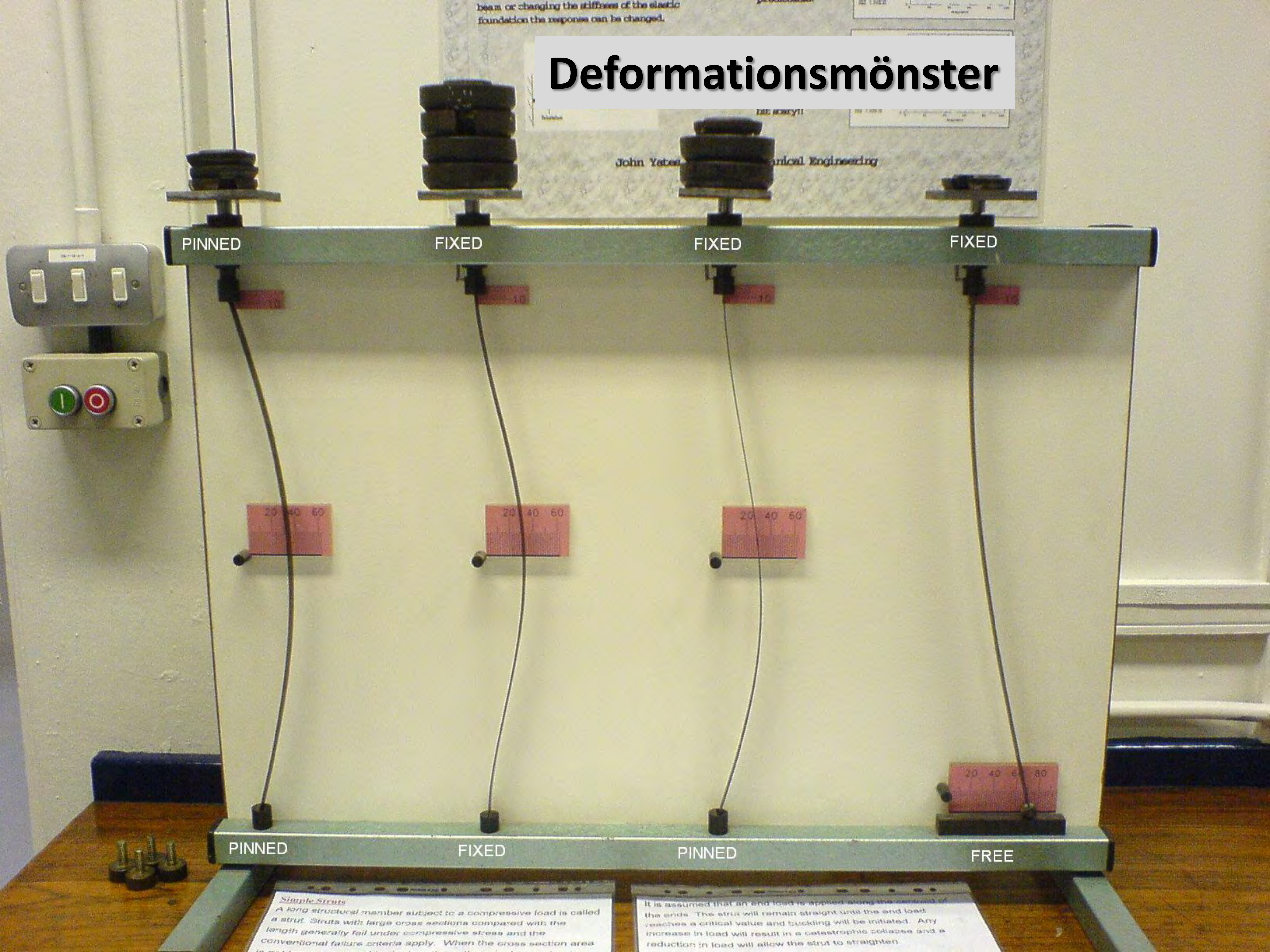
Koldingshus
Koldong
Jylland

Inflexionspunkt och knäckningslängd

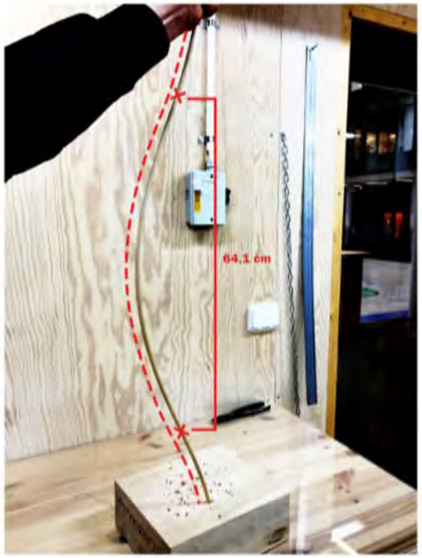


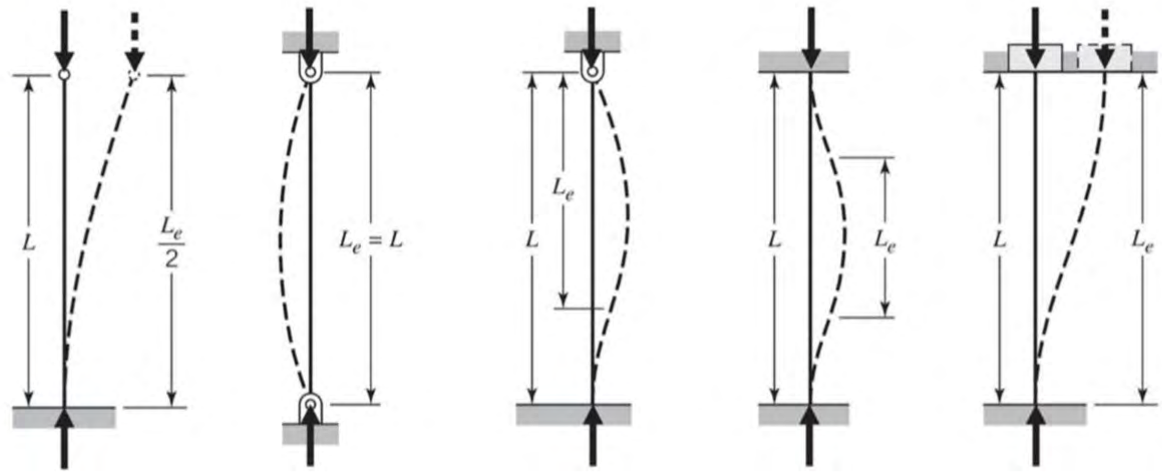
Knäckningslängd l_c är avståndet mellan *inflexionspunkter*
(friktionsfria leder kan också ses som inflexionspunkter)

Deformationsmönster



3. Deformationsmönster och knäckningslängd

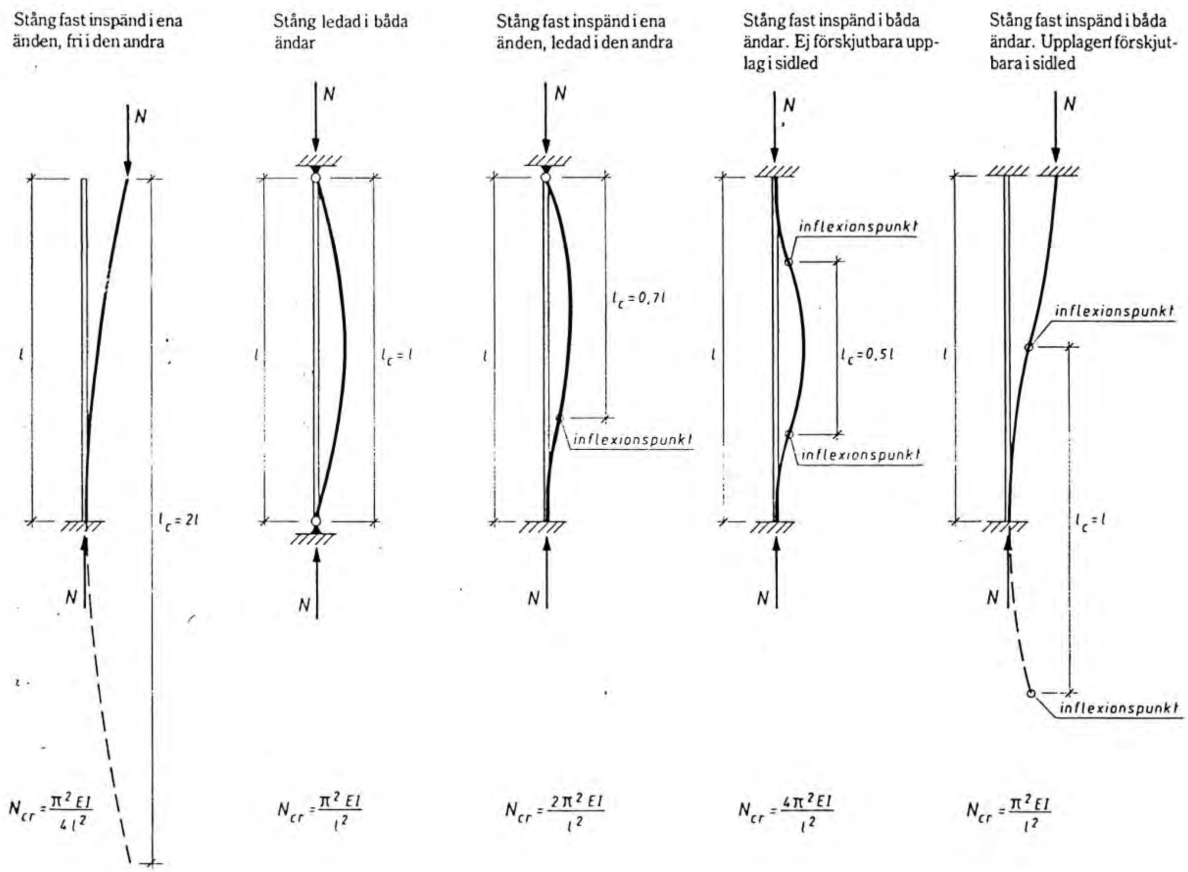




Skaffa en träpinne, 1 m lång och med en tvärsnittsyta på 5 x 5 mm^2. Pröva att belasta träpinnen med olika inspänningsförhållanden. Känn efter hur styvheten (motståndet mot belastning) påverkas. Dokumentera deformationsfigurerna (fotografera gärna).

Ange i tabellen i Uppgift 2 *knäckningslängden* för respektive pelare.

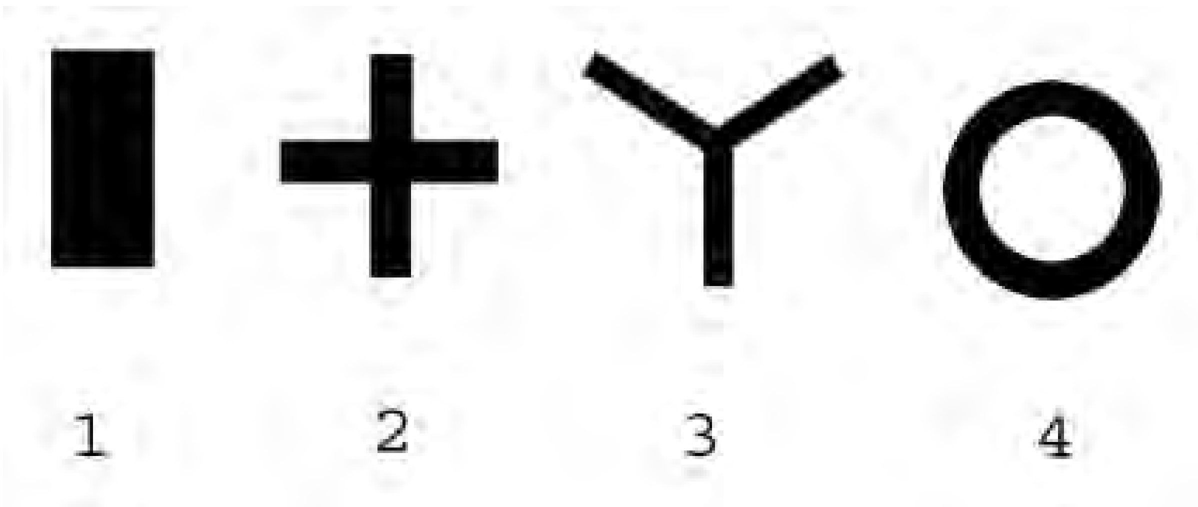
Eulers knäckningsformel



Eulers knäckningsformel
$N_{cr} = \pi^2 EI/L_c^2$

Bärförmåga skapas av
längd, *tvärsnitt* och *material*
(jfr böjstyvhet EI/L^3)

Utknäckning kan ske i alla riktningar



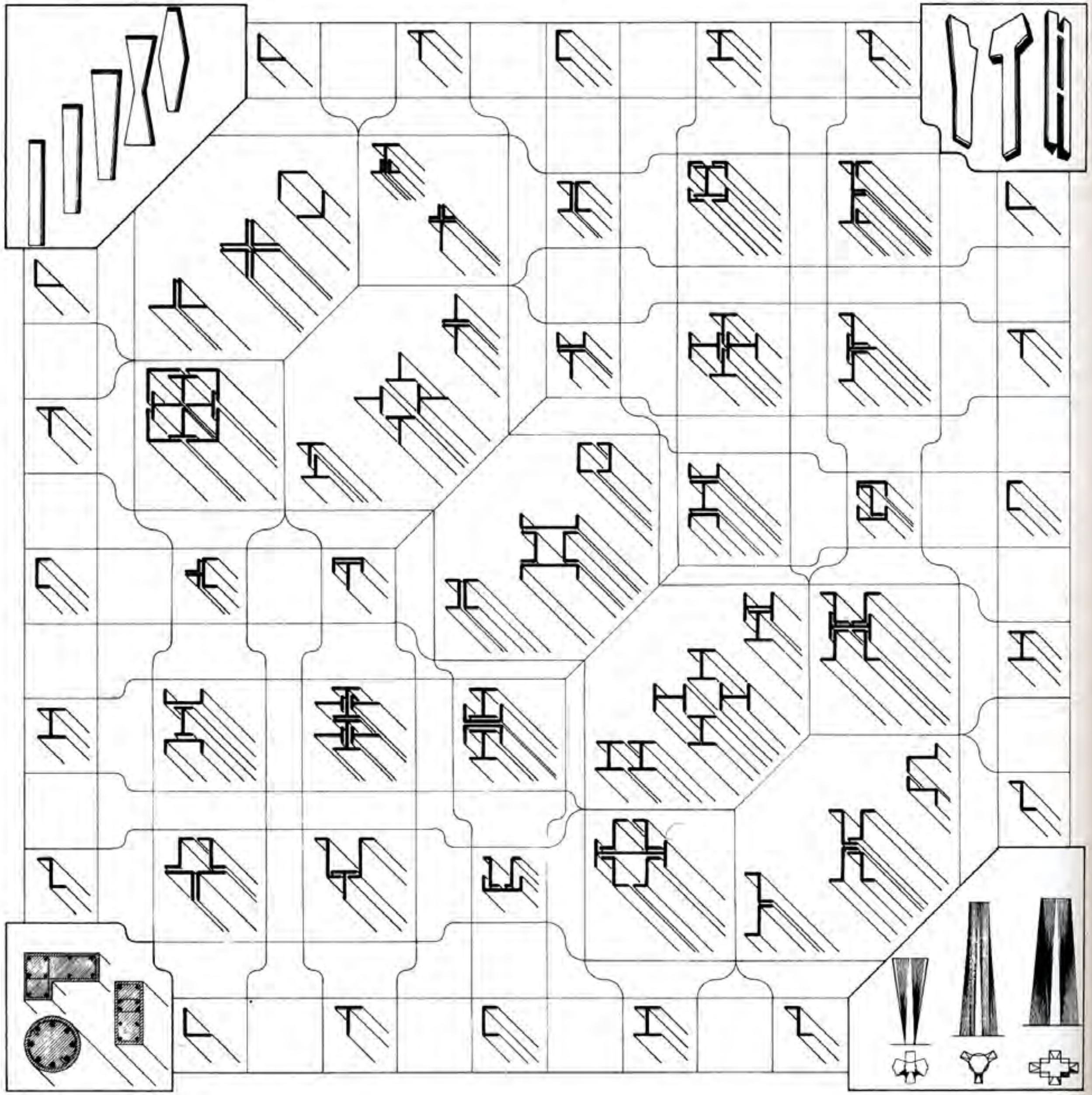
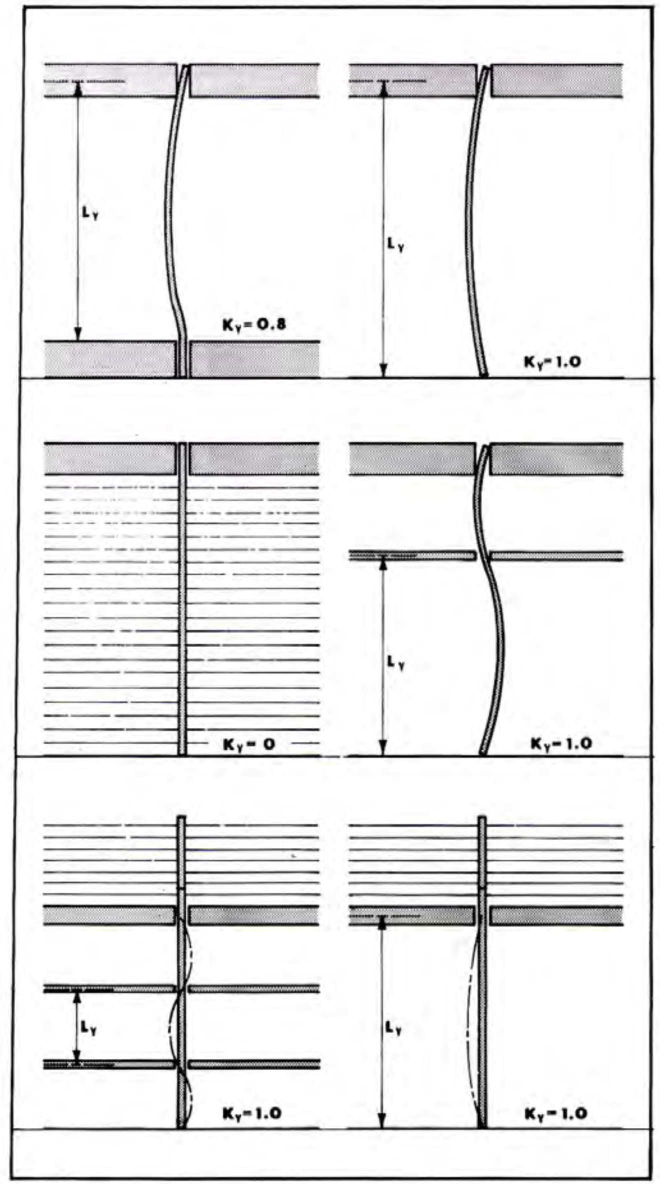


Figure 3.20 Column shapes.

Knep för att minska knäckningslängden




Aufgang
Kasse

4. Knäckningslängd och tvärsnittsform

$$N_{cr} = \pi^2 EI/L_c^2$$

Ett tryckt element knäcks alltid ut i sin svagaste riktning. Det kan vara den riktning som har den *längsta knäckningslängden* eller den riktning som har det *minsta tröghetsmomentet*.

Visa exempel från arkitekturen där man åstadkommit styva och starka pelare, genom att kombinera ett styvt tvärsnitt i en riktning med en kort knäckningslängd i den andra riktningen.

Macro Contemporary Art Museum – Rome
DRAG – ingen risk för knäckning

ODBC
Odile Decq
Benoit Cornette