

Lätta konstruktioner

VT2 7,5 hp halvfart

Lars Bark och Janne Carlsson





Torsdag 29:e mars 13:15 – 16:00

Material/kompositer PPU422

- Eftermiddagens agenda
 - Litteratur och planering för material/komposit-delen
 - Materialval och materialindex
 - Paus
 - Vad är kompositer?
 - Från fiber till komposit



Litteratur material/komposit-delen

- Från kursboken kommer vi att behandla:
 - Kapitel 5, Materialval – grunderna
 - Kapitel 9, Val av material och form
 - Kapitel 10, Fallstudier – material och form
 - Kapitel 11, Design av hybridmaterial
 - Kapitel 12, Fallstudier – hybrider
- Från fiber till komposit
 - Tillämpad materialteknik, kompendium från LTH (1998)
- Kompositboken
 - Polymerbaserad fiberkomposit, Sveriges Verkstadsindustrier (2001)



Planering material/komposit-delen

- Föreläsning 1
 - Introduktion till lätta konstruktioner
- Föreläsning 2
 - Materialval och materialindex, kap 5
 - Vad är kompositer?
 - Från fiber till komposit
- Föreläsning 3
 - Kompositer
 - Val av material och form, kap 9
 - Fallstudier – material och form, kap 10
- Föreläsning 4
 - Design av hybridmaterial, kap 11
 - Fallstudier – hybrider, kap 12
 - Kompositberäkning med SolidWorks

Materialval och materialindex



Structures with components loaded in tension, bending, torsion, and compression with material indices. (Image of Stansted Airport courtesy of Norman Foster and Partners, London.)



Designstyrd taktik för att välja material och processer

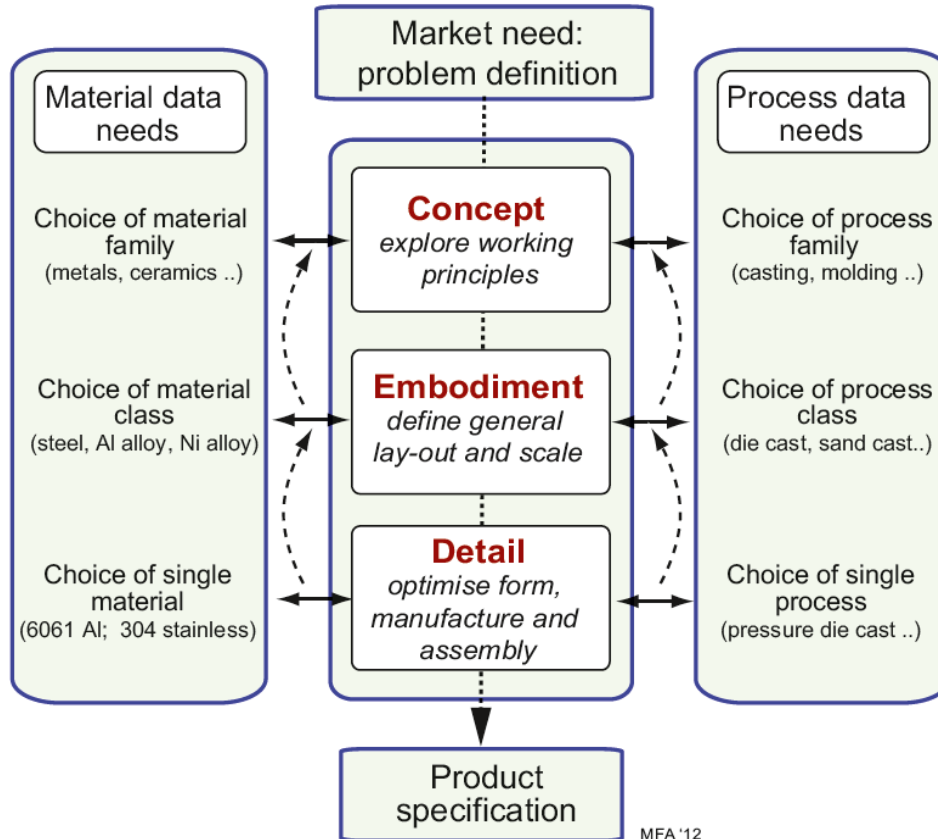
Identifiera
Marknadens Behov

Utryck behoven som
Designkrav

Utveckla en
Produktspecification

- Val av material och processer görs parallellt med designprocessen

Designprocessen



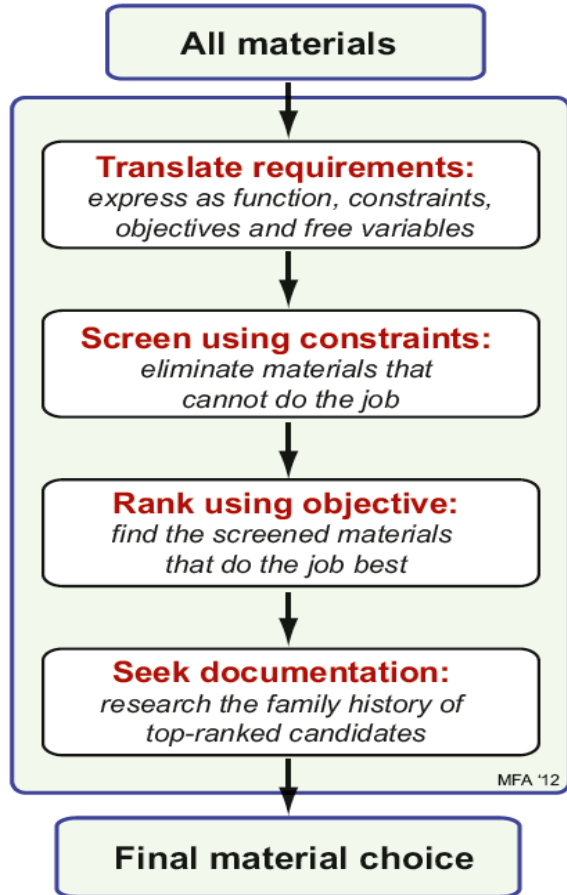
- Koncept
- Utformning
- Detalj
- Tre designfaser mellan marknadens behov och produktspecifikationen
- Material- och processdata behövs i varje steg men i olika bredd och djup



Material- och Processdata för design

- Valet av material börjar med alla material som minskas genom att sälla ut de material som inte uppfyller designkraven
- Konceptfasen
 - Vi behöver enbart ungefärliga egenskaper men för en stor mängd material
- Utformningsfasen
 - Här behöver vi mer och noggrannare data för en delmängd av materialen
- Detaljfasen
 - Nu behöver vi all tillgänglig data för ett fåtal material

Valstrategi



- En process med 4 steg
- Översättning
 - Omformulera designkraven till designkritiska egenskaper
- Sällning
 - Sälla bort alla material som inte klarar jobbet
- Rangordna
 - Lista de material som bäst uppfyller kraven
- Dokumentera
 - Undersök bästa materialens historia



Översättning

- Omformulera designkraven till designkritiska egenskaper
- Identifiera följande:
 - Funktion - Vad gör komponenten?
 - Begränsningar - Vilka villkorlösa krav måste uppfyllas?
 - Målsättningar - Vilka prestanda ska optimeras?
 - Fria parametrar - Vilka egenskaper är vi fria att ändra?

Begränsningar mot målsättningar

- Begränsning
 - Väsentligt krav som måste uppfyllas, ofta ett gränsvärde
- Målsättning
 - Egenskap där vi söker ett extremvärde
 - Ger oss ett materialindex att maximera

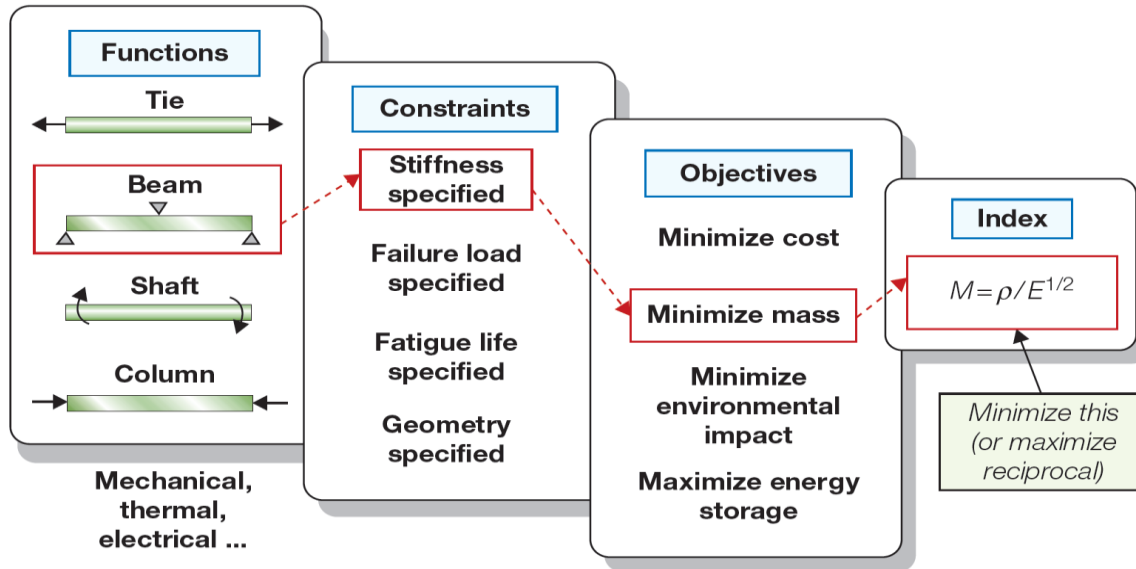


Figure 5.7

Exempel på materialindex

Table 5.5 Examples of Material Indices

Function, Objective, and Constraints	Index
<i>Tie</i> , minimum weight, stiffness prescribed	$\frac{E}{\rho}$
<i>Beam</i> , minimum weight, stiffness prescribed	$\frac{E^{1/2}}{\rho}$
<i>Beam</i> , minimum weight, strength prescribed	$\frac{\sigma_y^{2/3}}{\rho}$
<i>Beam</i> , minimum cost, stiffness prescribed	$\frac{E^{1/2}}{C_m \rho}$
<i>Beam</i> , minimum cost, strength prescribed	$\frac{\sigma_y^{2/3}}{C_m \rho}$
<i>Column</i> , minimum cost, buckling load prescribed	$\frac{E^{1/2}}{C_m \rho}$
<i>Spring</i> , minimum weight for given energy storage	$\frac{\sigma_y^2}{E \rho}$
<i>Thermal insulation</i> , minimum cost, heat flux prescribed	$\frac{1}{\lambda C_p \rho}$
<i>Electromagnet</i> , maximum field, temperature rise prescribed	$\frac{C_p \rho}{\rho_e}$

ρ = density; E = Young's modulus; σ_y = elastic limit; C_m = cost/kg; λ = thermal conductivity; ρ_e = electrical resistivity; C_p = specific heat



Val vid lättviktskonstruktion

- Vilken funktion har konstruktionen?
 - Dragstång?
 - Balk?
 - Panel?
- Vilka krav är begränsande?
 - Styrka?
 - Styvhet?
- Vilka mål har vi?
 - Minimal vikt?
 - Minimal kostnad?



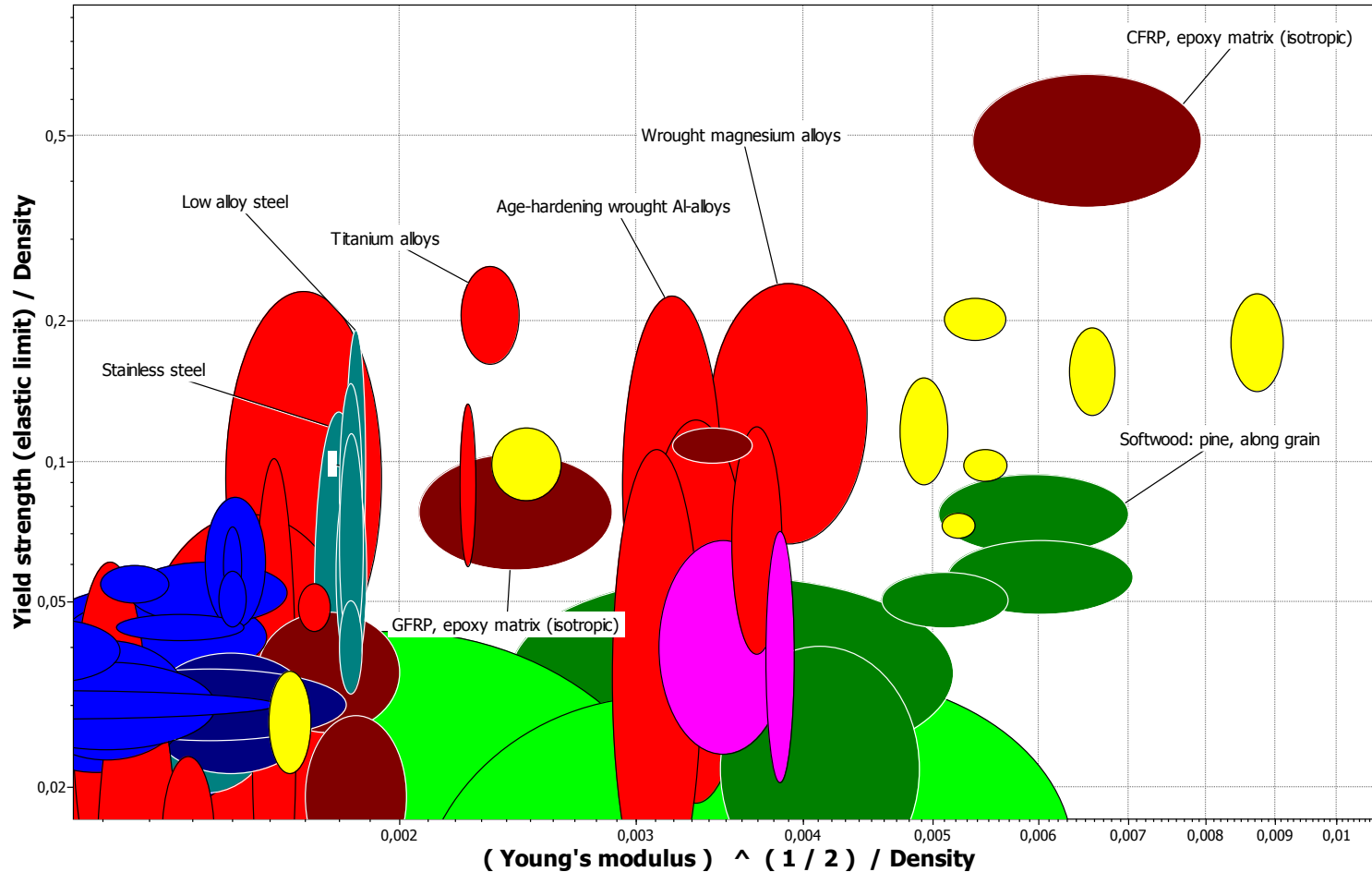
Exempel: tryckbelastad sträva

- En massiv rundstång används som sträva
- Målet är att minimera vikten
 - $m = AL\rho$

Begränsningar:

- $\sigma_f \geq \frac{F}{A} \rightarrow A \geq \frac{F}{\sigma_f}$
- $F \leq P_k = \frac{\pi^2 EI}{4 L^2} = \frac{\pi EA^2}{16 L^2} \rightarrow A \geq 4L \sqrt{\frac{F}{\pi E}}$
- För hög last, F, får vi stukning:
 - $m = \frac{F}{\sigma_f} L\rho \rightarrow M = \frac{\sigma_f}{\rho}$
- För låg last, F, får vi knäckning:
 - $m = 4L \sqrt{\frac{F}{\pi E}} L\rho \rightarrow M = \frac{\sqrt{E}}{\rho}$

Optimala materialindex för en sträva



Grafer med materialindex

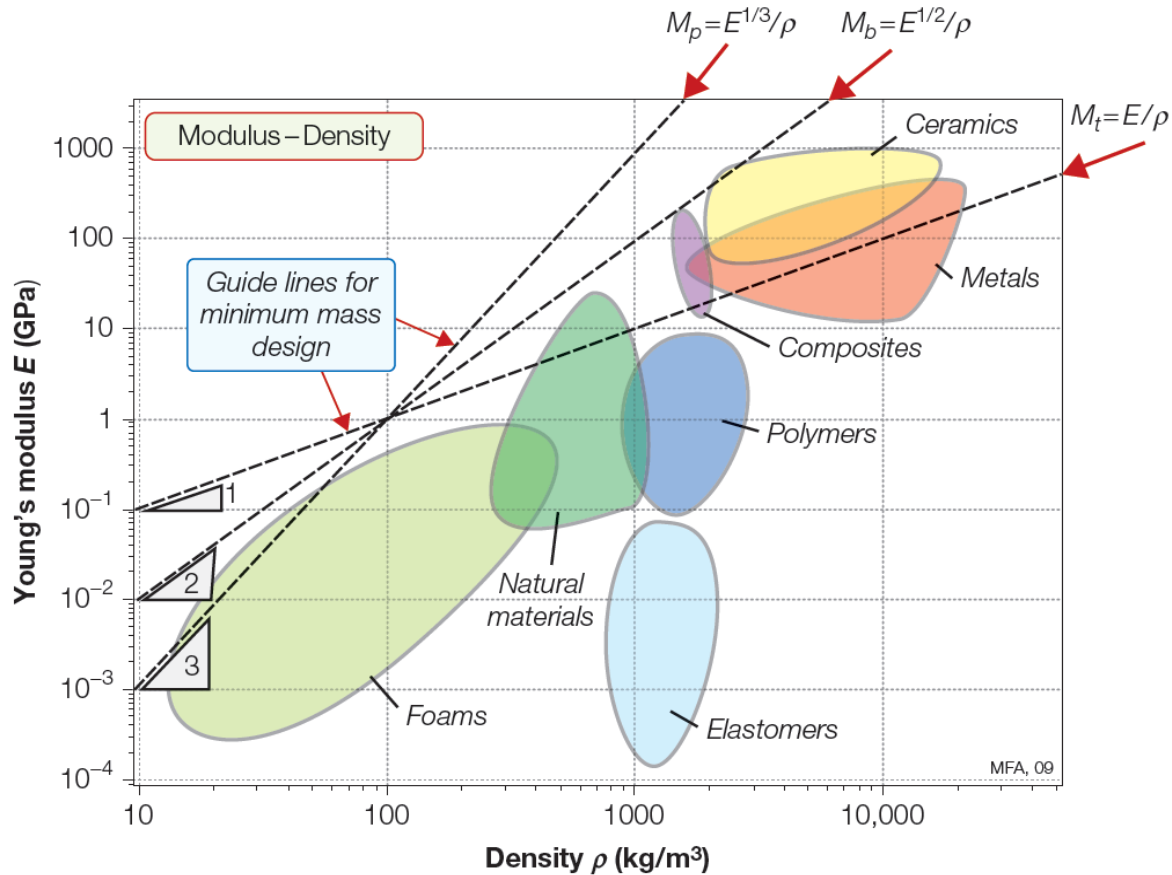


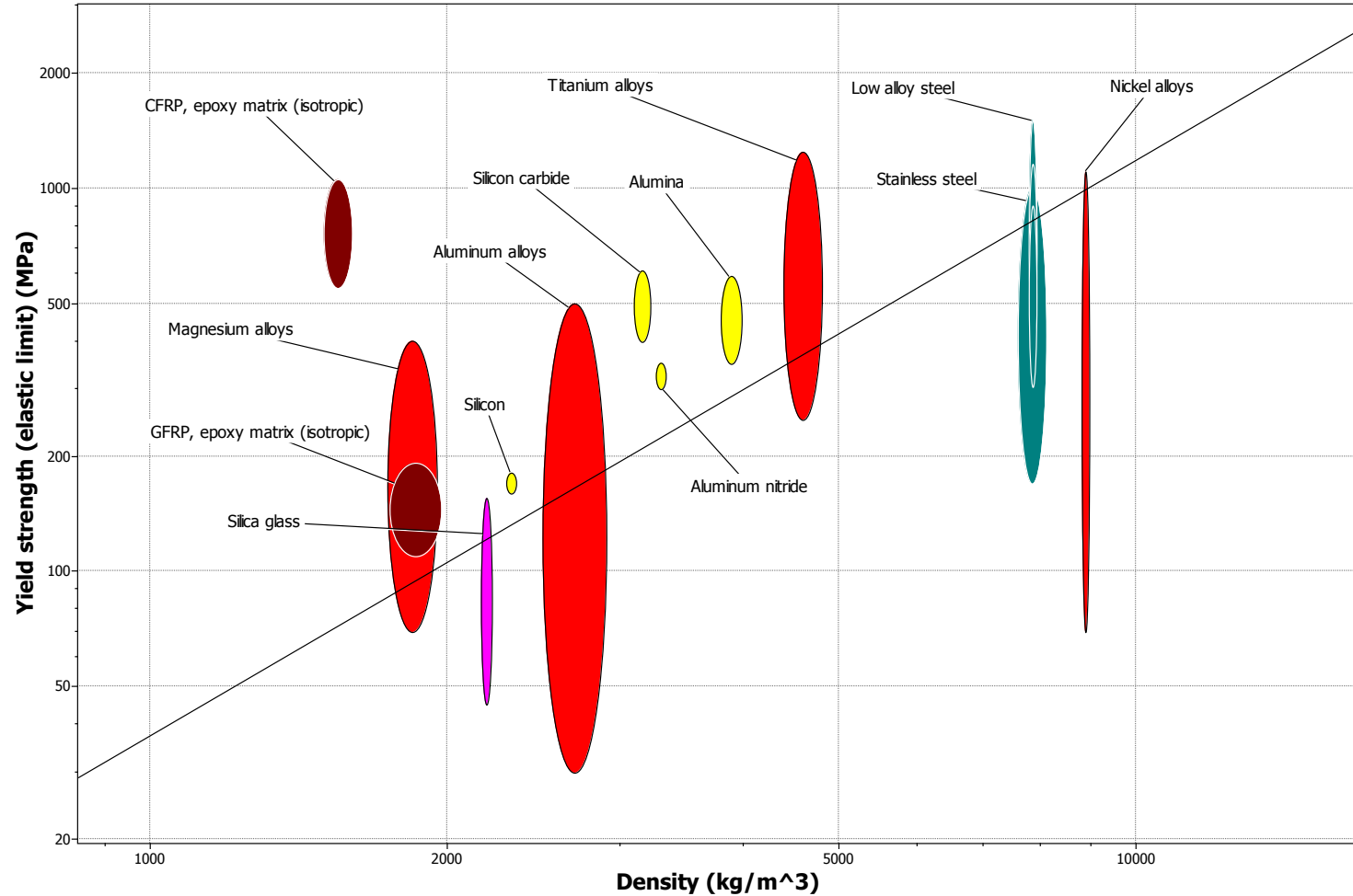
Figure 5.9



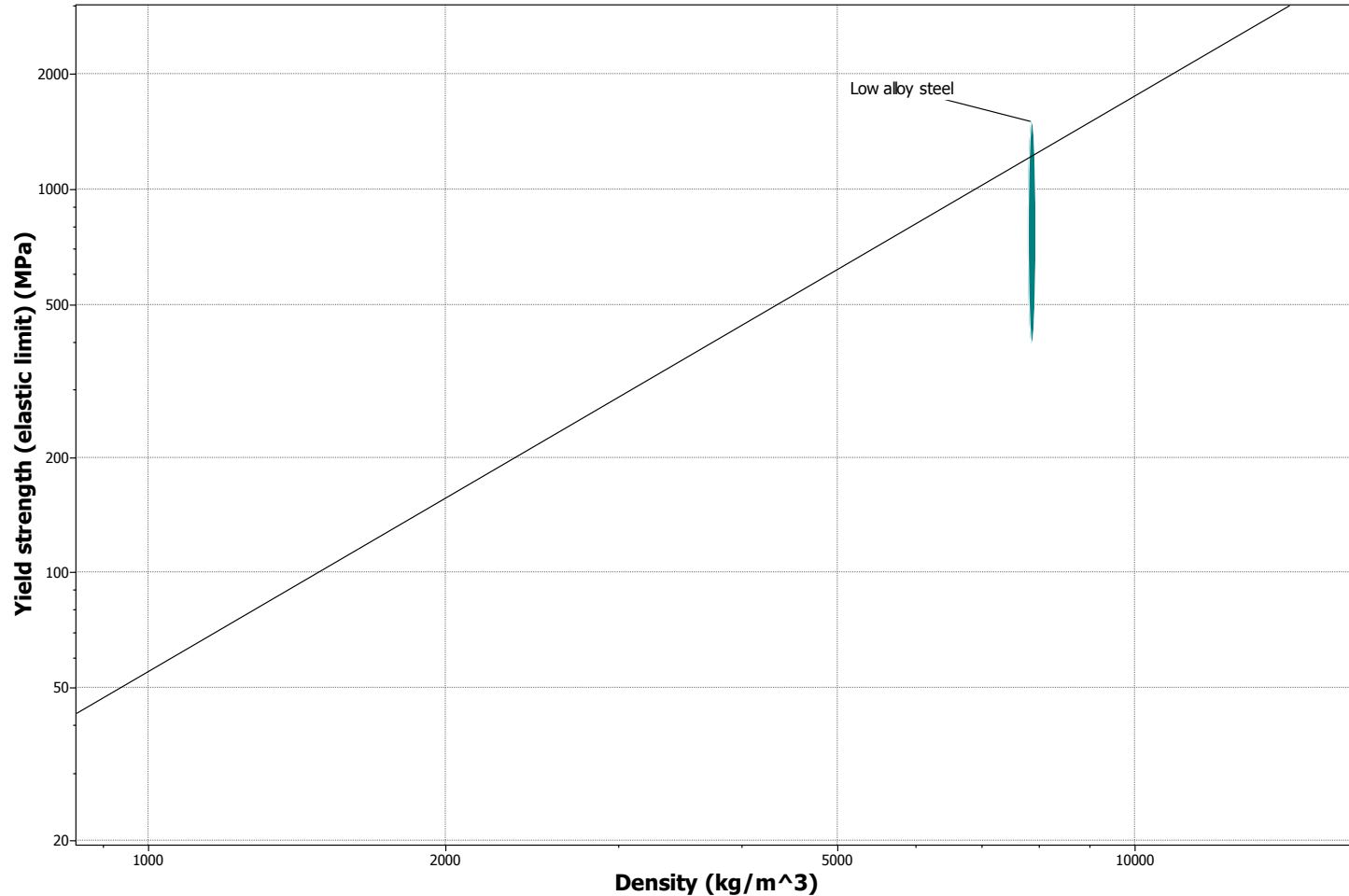
Exempel med CES

- Vi ska tillverka en balk som ska vara så lätt och stark som möjligt
- Vi har krav på E-modulen, $E > 20 \text{ GPa}$
- Den får heller inte vara för dyr
- Vi har även krav på brottsegheten, $K_{IC} > 10 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$

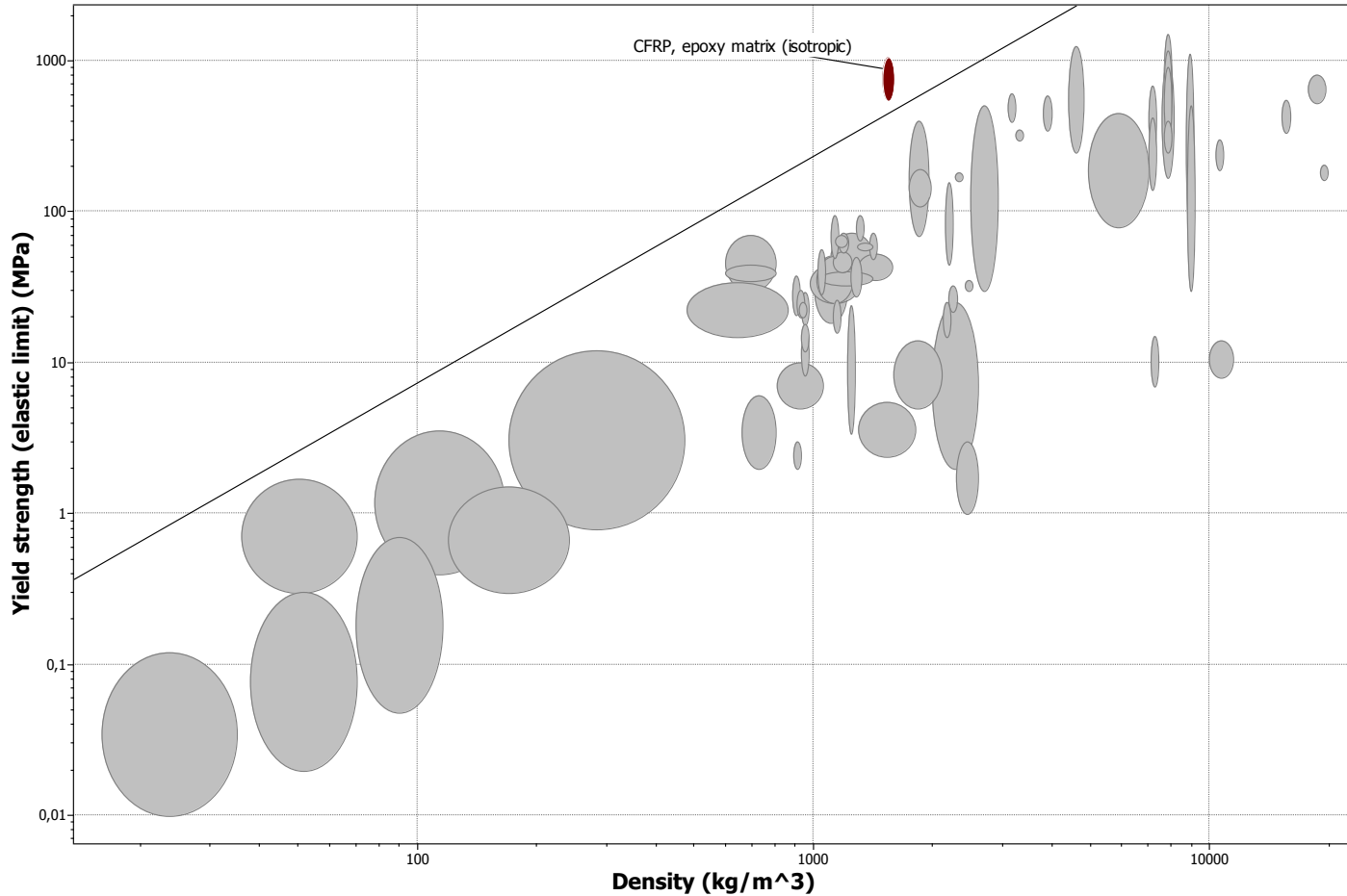
Materialval för lättviktsbalk



Materialval för lättviktsbalk, billig & seg



Materialval för optimalt lätt balk





Lättviktskonstruktioner

- När det är optimala prestanda som gäller
- När priset är underordnat

- Då är kompositer intressanta!



- Paus – 20 min



Vad är kompositer?

- Ordet komposit kommer från latinets "compositum" som betyder sammansatt
- En definition av komposit
 - En struktur som består av fler än ett material, sammansatta på ett sådant sätt att karakteristiska egenskaper från dess enskilda material ger bidrag till komponenten (Från fiber till komposit).



Kompositer – skulle kunna omfatta

- Maskiner
- Byggnader
- Fartyg
- Ben
- Trä
- Laminat
- Fler-fasiga strukturer, perlit



Kompositmaterial

- I kursen kommer vi att fokusera på materialstrukturer sammansatta av flera olika material där en eller flera förstärkningsfaser förstärker en vekare fas.
- Den vekare fasen kallas matris
 - Matrisens funktion är att hålla samman fibrerna, överföra laster mellan olika fibrer.
 - Matrisen förbättrar även seghet och ofta korrosionsegenskaper
- Vi får en förstärkt komposit
 - t.ex. fiberförstärkt komposit, fiberkomposit



Exempel på förstärkta kompositer

- Partikelkompositer
 - Utskiljningshärdade metaller, porösa material, betong, hårdmetall
- Lamellkompositer
 - Perlit, plywood
- Fiberkompositer
 - Glasfiberförstärkt plast, kolfiberförstärkt plast, Aramidfiberförstärkt plast (Kevlar), keramförstärkt metall, stålfiberförstärkt betong, glasfiberförstärkt betong



Kombinerade kompositstrukturer

Hybrider

- Laminat
 - Flera tunna skikt med kompositer, lameller, placeras med olika riktningar och bygger upp ett laminat med önskat riktningsberoende.
- Sandwich
 - Två tunna ytterskikt, ofta laminat, separerade av ett tjockare distansmaterial, kärnmaterial
- Hybrider
 - Strukturer med flera förstärkningsfaser, ex. kol-, glas- och borfibrer

Förstärkningsmaterial - fibrer

- Fibrer har bättre hållfasthet än motsvarande bulkmaterial

Material	Hållfasthet bulkmaterial [MPa]	Axiell hållfasthet fiber [MPa]
E-glasfiber	30 - 150	500 - 3000
Kolfiber	10 - 70	500 - 8000
Stål	250 - 1000	2000 - 5000
Wolfram	250 - 1000	2000 - 5000



Förstärkningsmaterial

- Kan framställas av en mängd olika material, organiska såväl som oorganiska.
- Önskade egenskaper är framförallt hög specifik draghållfasthet och hög specifik E-modul
- Partiklar
- Korta fibrer
- Kontinuerliga fibrer

Specifika egenskaper för förstärkningsfibrer

Fiber	Specifik hållfasthet [MPa/(kg/m ³)]	Specifik E-modul [MPa/(kg/m ³)]
Polyeten, Spectra 1000	3,1	180
Kevlar 29	1,8	40
Kevlar 49	2,0	90
Sisal	0,76	25
Kolfiber Rayon	0,31	30
Kolfiber HM, PAN	1,45	200
Kolfiber HS, PAN	2,50	130
Bor	1,30	160
SiC (whiskers)	3,1	220
SiC (monofilament)	1,29	130
Al ₂ O ₃	0,36	100
E-glasfiber	0,87	30
S-glasfiber	1,00	30
Stål SS 1650	0,075	60
Stål SS 1300	0,040	30
Aluminium SS 4244	0,090	27



Förstärkningsmaterial

- Partiklar
 - Fler tillgängliga material än för fibrer då det är lätt att tillverka genom t.ex. malning
 - Ger materialet isotropa egenskaper
 - Keramer används ofta, t.ex aluminiumoxid och kiselkarbid
- Korta fibrer
 - Komposit klassas som kortfiberförstärkt då egenskaperna beror på fiberlängden
 - Diameter/längd ungefär 1:50
 - Lätt att sammanfoga med matris materialet
 - Ger materialet isotropa egenskaper



Förstärkningsmaterial

- Kontinuerliga fibrer
 - Kan tillverkas i obegränsad längd genom t.ex. smält- eller trådragning
 - Kompositfibrer har en kärna av wolfram eller kol där en gasblandning kan kondensera
 - Whiskers (morrhår) är enkristaller med extremt hög hållfasthet
 - Ger kompositmaterial med anisotropa egenskaper



Sista sidan

- Nu får det räcka för idag!
- Läs igenom kapitel 9 & 10 Val av material och form till nästa vecka