

Lätta konstruktioner

VT2 7,5 hp halvfart

Lars Bark och Janne Carlsson





Torsdag 26:e april 13:15 – 16:00

Material/kompositer PPU408

- Eftermiddagens agenda
 - Fallstudier Hybrider
 - Laboration: Dimensionering av kompositbalk
 - FEM-beräkningar i SolidWorks för kompositer
 - Paus
 - Genomgång av viktiga delar från föreläsningarna
 - Paus
 - Exempel på tentamensfrågor



Fallstudier: Hybrider





Exempel: Metallmatrixpanel

Table 12.1 Design Requirements for the Material of the Panel

Function	Light, stiff beam
Constraint	Magnesium matrix
Objective	Maximize stiffness to weight in bending (index $E^{1/2}/\rho$)
Free variable	Choice of reinforcement and volume fraction

Table 12.2 Superposition Rules for Composite Density and Modulus*

Property	Lower Bound	Upper Bound
Density	$\tilde{\rho} = f \rho_r + (1-f) \rho_m$ (exact)	
Modulus	$\tilde{E}_L = \frac{E_m E_r}{f E_m + (1-f) E_r}$	$\tilde{E}_U = f E_r + (1-f) E_m$

* Subscripts *m* and *r* mean “matrix” and “reinforcement”; *f* = volume fraction.

Möjliga metallmatriskompositer

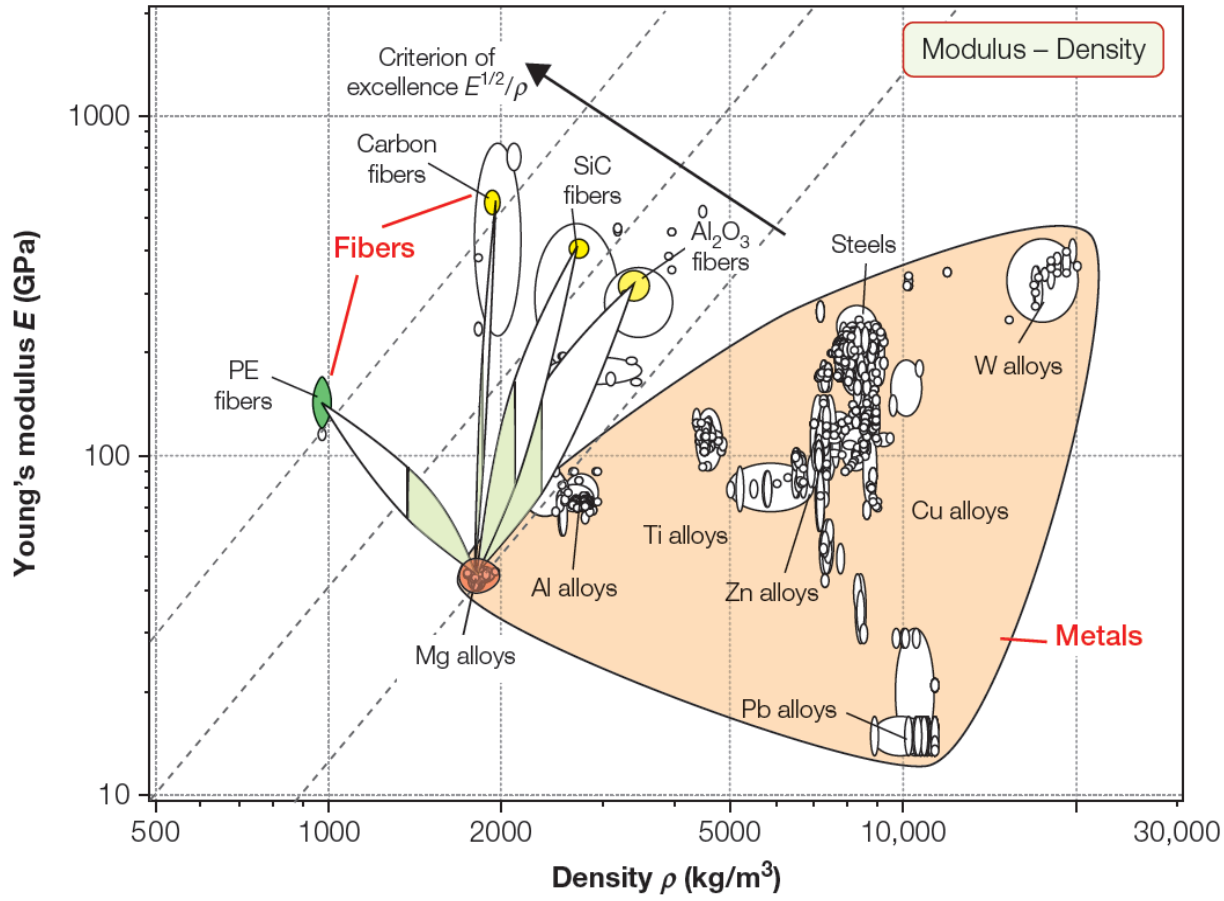


Figure 12.1



Laboration: Stark och lätt kompositbalk

- En sandwichbalk ska dimensioneras för att bli så lätt och stark som möjligt.
- Balken ska vara 190 mm lång och 24 mm bred och ha en honeycomb-kärna som är 15 mm tjock.
- Uppgiften är att välja ett optimalt tjockt täckskikt i kolfiberarmerad epoxy så att högsta möjliga materialindex uppnås
- $M = F^{1/2}/m$ där F är maxlasten och m är balkens vikt.
- Excel-ark för beräkning finns på zoomin



Excelark för design av lätt och stark sandwich

Design av lätt och stark sandwich								Trepunktsböjprov		
Materialdata								B4	2	
Densitet	E-modul	Sträckgräns	Skjuvgräns					B3	4	
[kg/m ³]	[GPa]	[MPa]	[MPa]					L	180 mm	
Täckskikt	1500	60	700	Epoxy woven carbon				t	0,125 mm	
Kärna	96	0,4	7,7	2,6	HRH10 Nomex Aramid				c	15 mm
								max	d	15,25 mm
								50,7 f	0,016393	
Volymsandel	Densitet	plastisering	buckling	skjuvning	styrka	Index	Material-index			
[f=2t/d]	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	50,7				
0,01639	119,0	30,2	39,7	60,5	30,2	36,4	46,2			
0,001	97,4	9,1	2,4	61,3	2,4	24,4	16,0			
0,005	103,0	14,6	12,1	61,1	12,1	27,3	33,8			
0,01	110,0	21,5	24,2	60,8	21,5	31,1	42,1			
0,02	124,1	35,1	48,5	60,3	35,1	39,6	47,8			
0,03	138,1	48,6	72,7	59,9	48,6	49,0	50,5			
0,04	152,2	62,0	96,9	59,5	59,5	59,5	50,7			
0,05	166,2	75,2	121,1	59,2	59,2	71,0	46,3			
0,06	180,2	88,3	145,4	59,0	59,0	83,5	42,6			
0,07	194,3	101,2	169,6	58,8	58,8	97,0	39,5			
0,08	208,3	114,0	193,8	58,7	58,7	111,5	36,8			
0,09	222,4	126,7	218,1	58,7	58,7	127,0	34,5			
0,1	236,4	139,2	242,3	58,7	58,7	143,6	32,4			
0,2	376,8	256,9	484,6	63,1	63,1	364,8	21,1			
0,3	517,2	360,8	726,9	74,5	74,5	687,2	16,7			
0,5	798,0	526,9	1211,4	118,2	118,2	1636,0	13,6			
0,7	1078,8	637,7	1696,0	189,9	189,9	2990,0	12,8			
0,9	1359,6	693,1	2180,6	289,6	289,6	4749,0	12,5			
1	1500,0	700,0	2422,9	350,0	350,0	5780,5	12,5			

Densitet

$$\tilde{\rho} = f\rho_f + (1-f)\rho_c$$

Plasticering av täcksikt

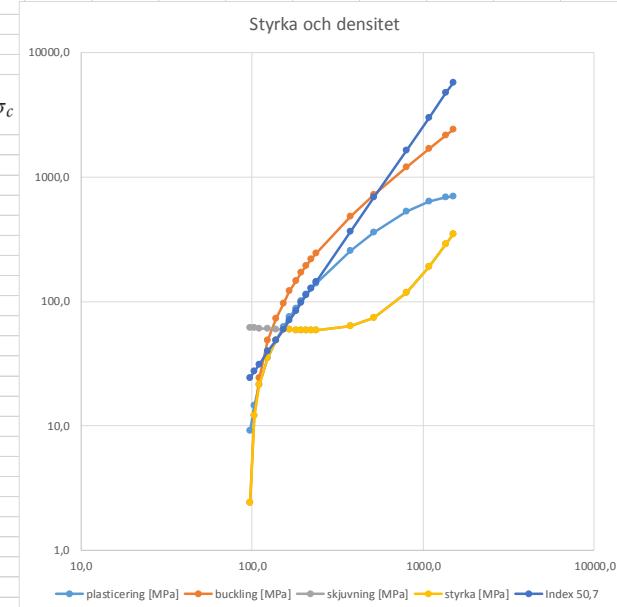
$$\tilde{\sigma}_{flex1} = (1 - (1-f)^2) \sigma_f + (1-f)^2 \sigma_c$$

Buckling av täcksikt

$$\tilde{\sigma}_{flex2} = 1.14 f(E_f E_c^2)^{1/3}$$

Skiuvning av kärnan

$$\tilde{\sigma}_{flex3} = \frac{B_4}{B_3} \left\{ 4 \frac{L}{d} (1-f) \tau_c + f^2 \sigma_f \right\}$$



Kompositberäkning i Solidworks

Här följer en kort beskrivning av hur en komposit kan beräknas i SolidWorks.

Beräkningen utgår från ett enkelt lastfall, som på bilden.



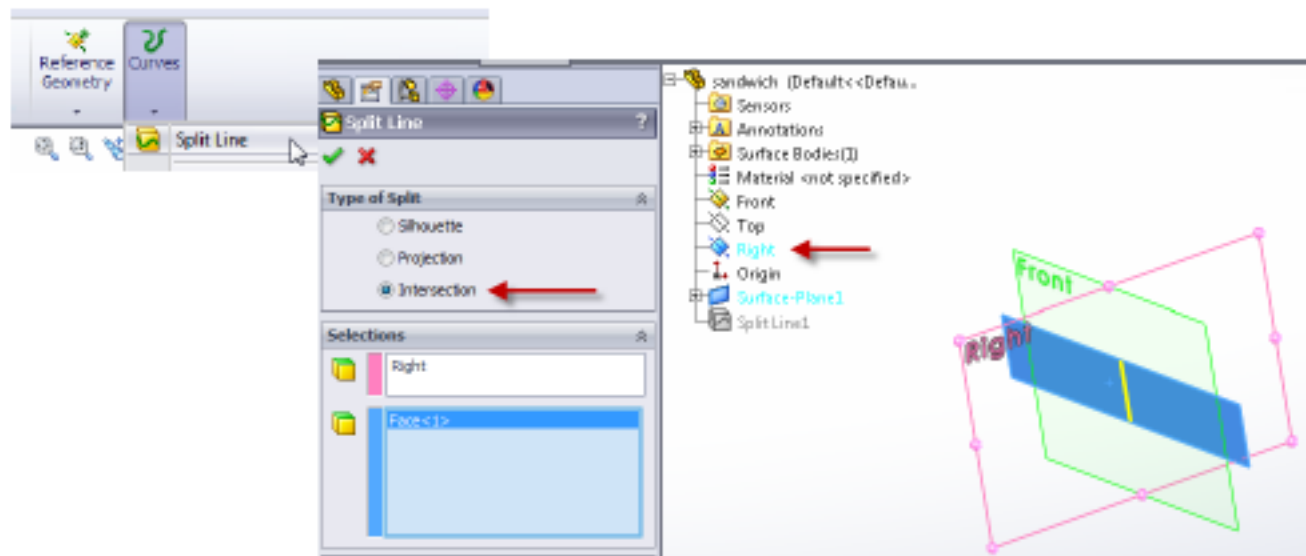
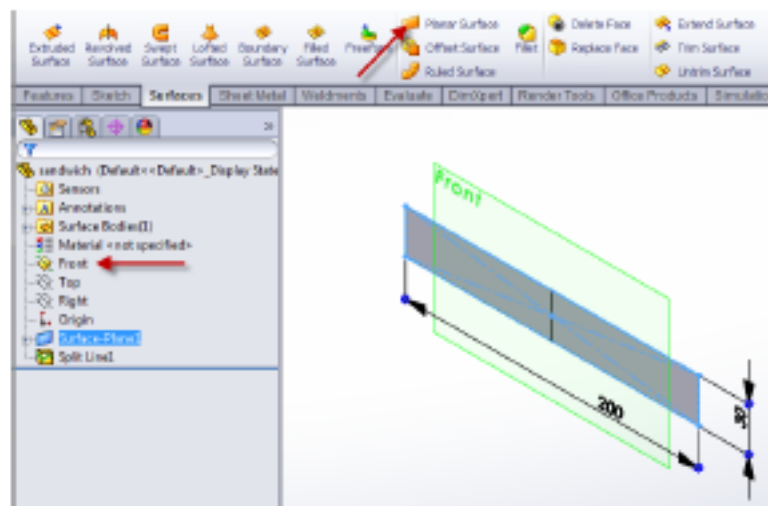
Kriterier

- Modell som kan definieras med en jämntjock yta
- Materialdata, linjärt ortotropiskt
- Randvillkor

Ytmodell

Skapa modellen som en Surface, dvs. en 2D-yta. Exemplet utgår från en enkel platta 30x200, skapad symmetriskt på Front Plane för att koordinataxlarna ska stämma med materialdefinitionen längre fram.

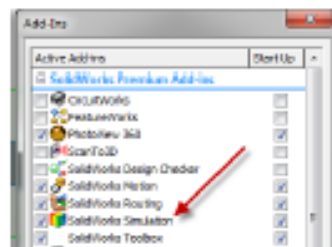
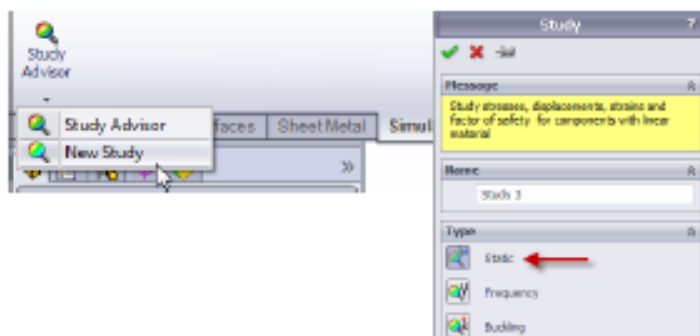
Krafter läggs på utefter kanter, i en punkt där kanter möts, eller på en hel yta. Eftersom kraften ska angripa mitt på ytan, behövs en kant. Denna skapas enklast med en Split Line, där Right Plane skär modellen.



SW Simulation

Modulen aktiveras genom Tools > Add-ins...

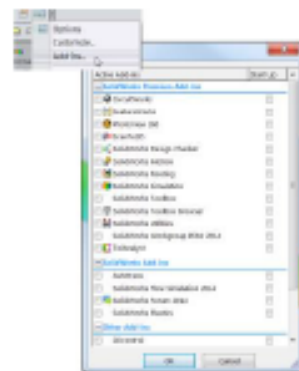
En beräkning kallas "Study", och i exemplet används Static som utgångsläge.



Eventuellt kan problem uppstå om endast "Static" är aktiverat. Normalt ska det se ut som på bilden ovan, där ett antal olika analystyper finns med (Frequency, Buckling...).

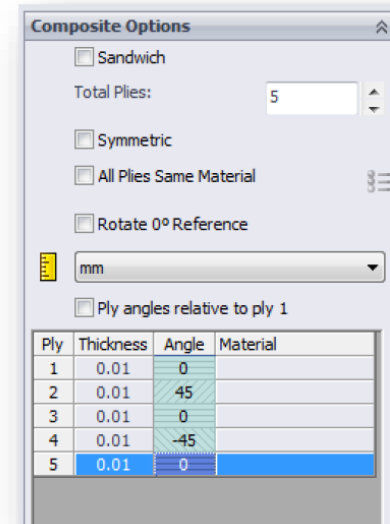
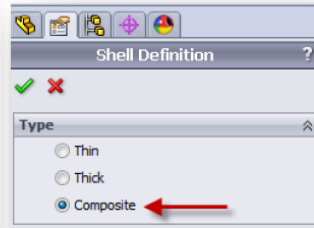
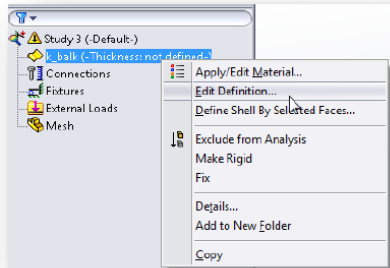
Syns endast "Static" beror det på en bugg i licenshanteraren. Detta kan oftast (inte alltid) lösas genom att:

- Avmarkera allt i Add-in-rutan
- Starta om SolidWorks
- Därefter aktivera endast Add-in "Simulation".



Definition av komposit

Högerklicka på ikonen som representerar ytan och välj Edit Definition och därefter Composite.



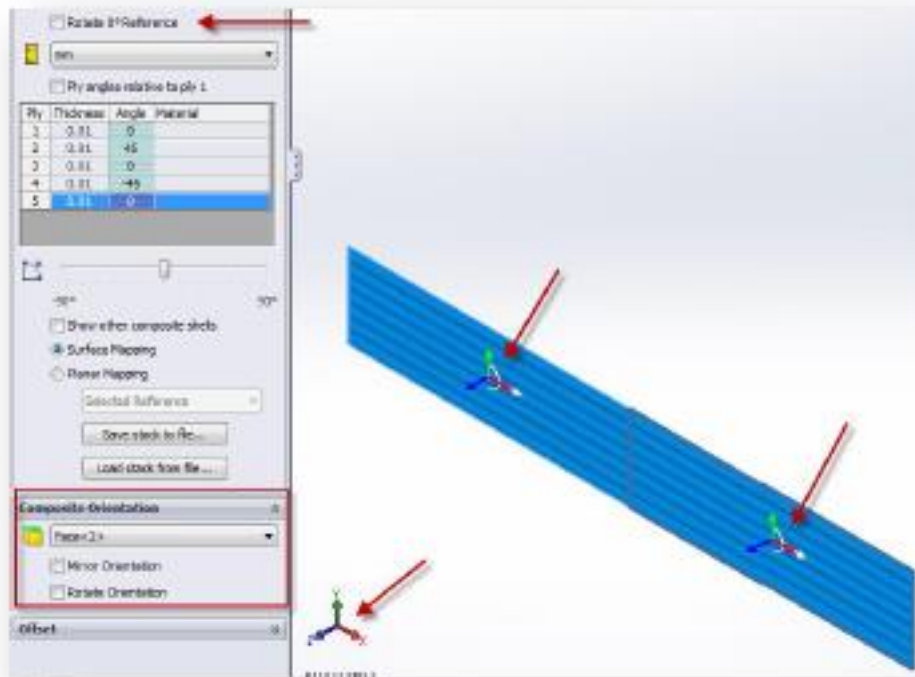
Under Composite Options definieras hur kompositen är uppbyggd:

- Antal lager
- Symmetri?
- Material – samma för alla eller olika?
- Lagertjocklek
- Lagrets vinkel

På bilden är fem lager upplagda. Material och lagertjocklek ännu ej satt.

Koordinatsystem

Det är viktigt att koordinaterna stämmer överens med hur materialet är tänkt att ligga. För att slippa förvirring är det enklast att låta kompositen orienteras enligt koordinatsystemet i SW. Använd "Composite Orientation".



Material

Enklast är förstås om alla lager har samma material. Klicka på materialikonen för att välja/redigera material.



Befintligt material

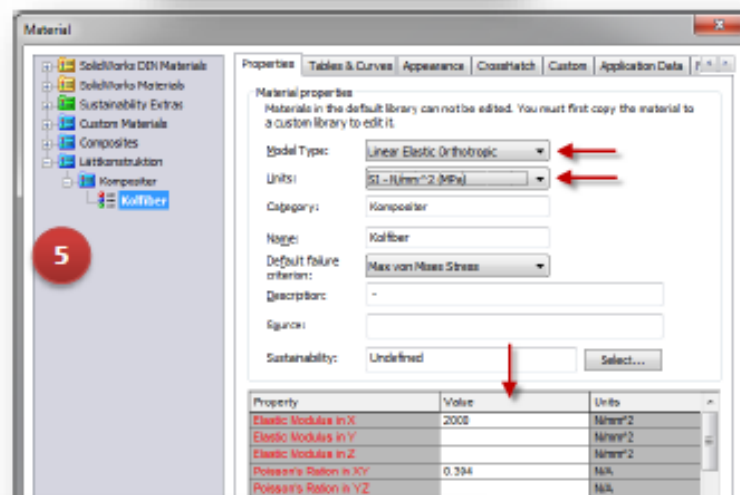
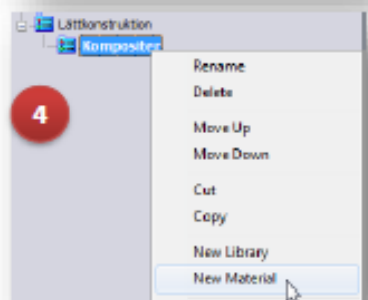
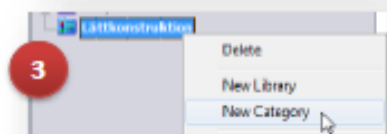
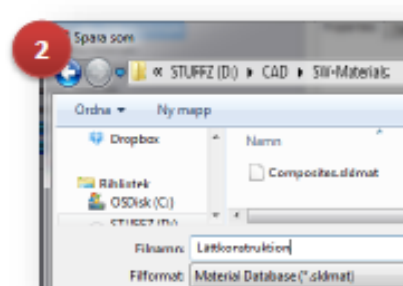
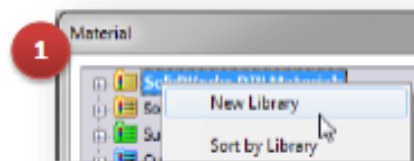
Välj ur listan. Se till att rätt materialmodell är vald: Linear Elastic Orthotropic.



Nytt material

Förutsätter att materialdata finns från leverantör, CES Selector eller annan källa.

1. Skapa ett nytt materialbibliotek(Högerklick > New Library)
Lägg biblioteket någonstans där du kommer åt det – hemkatalog, egen dator...
2. Skapa en ny kategori(Högerklick > New Category)
3. Skapa nytt material(Högerklick > New Material)
4. Byt materialmodell till linjärt ortotropiskt, och enhet till MPa.
5. Mata in data för E-modul i x, y, z osv.
6. Lägg till sökvägen till ditt materialbibliotek i Tools > Options > File Locations.

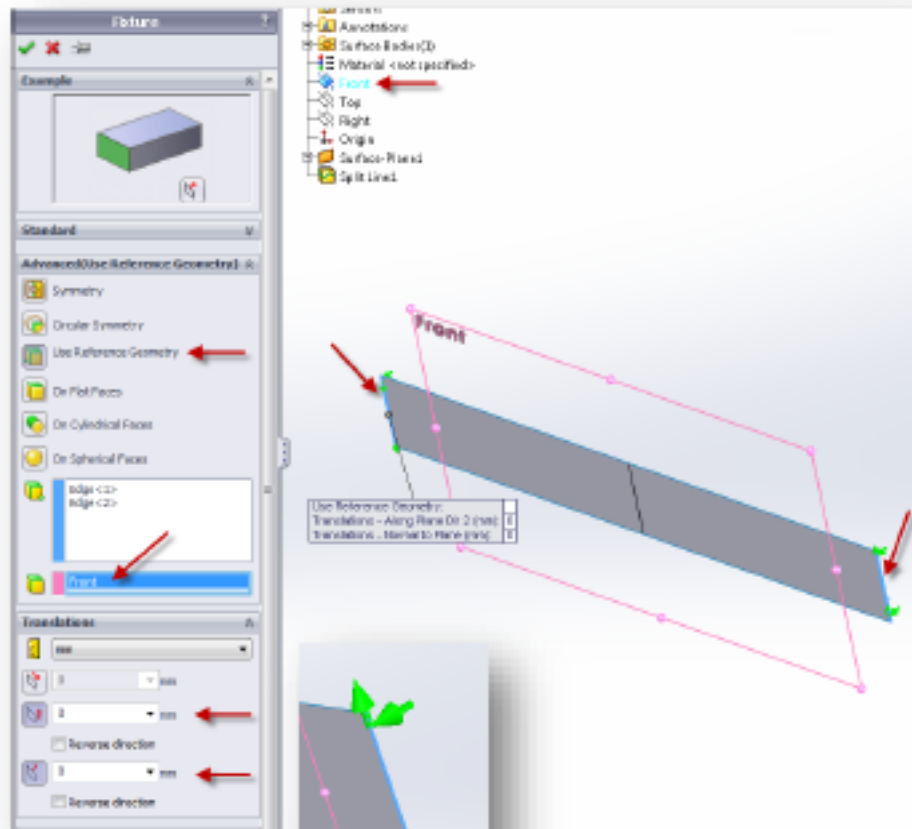
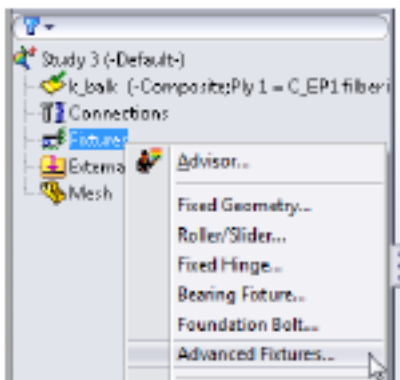


Upplägg för beräkning



Fixtures

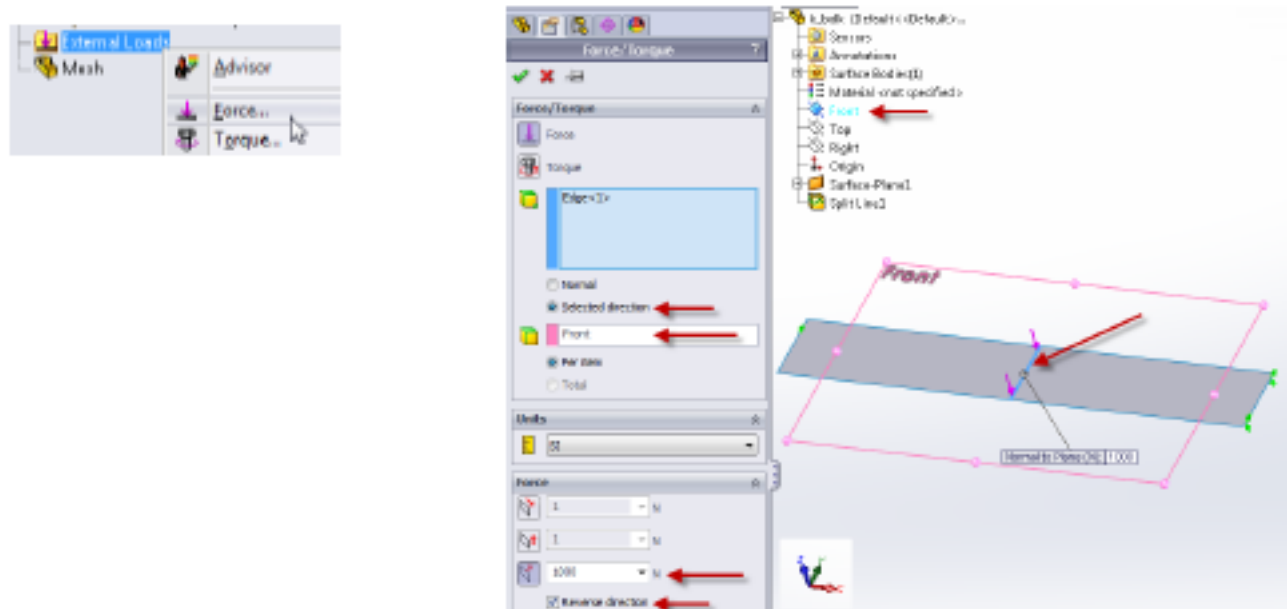
Balkens ändrar ska inte vara fast inspända. Högerklicka på Fixtures och välj Advanced Fixtures. Markera Reference Geometry, välj de två kanterna på modellen och Front Plane som referensriktning. Den första riktningen får vara fri – omarkerad – och de andra två sätts till 0. Resultatet blir att ändarna kan röra sig i X-riktning men inte i Y eller Z.



Loads

Högerklicka på External Loads, välj Force. Markera linjen där kraften ska angripa, och Front Plane som referensriktning. Ange kraft i normalens riktning, välj Reverse om kraften går åt fel håll.

Exemplet använder 1000 N.



Mesh

Operationen delar upp modellen i finita element. Flytta inställningen närmare "Fine" för att få en noggrannare beräkning.



Kör simuleringen

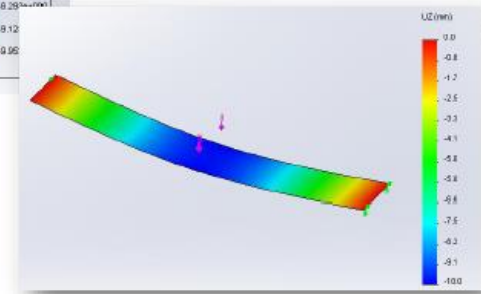
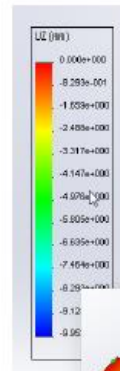
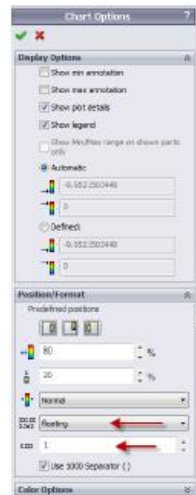
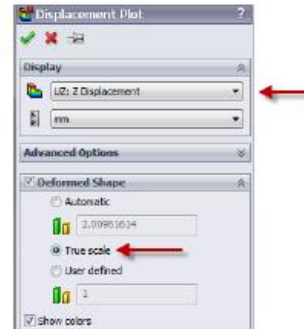
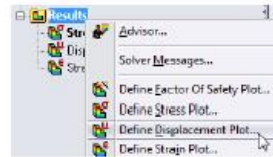


Analysera resultatet

Displacement

Högerklicka på Results-mappen och välj Displacement Plot. Ange Z som riktning, och True scale, därefter Ok.

Dubbelklicka på färgskalan och byt till "Floating" och en decimals noggrannhet. Resultatet bör se ut som på nedersta bilden.



Stress

Högerklicka på Results, välj Stress Plot. Klicka på häftstiftet för att hålla dialogrutan öppen. Byt till X normal stress, MPa och därefter ett lager i taget. Ok:a efter varje lager (grön bock) för att se plotten. Markera "Display results in ply direction" om färgerna inte visas korrekt. (Möjlig bugg.)

