

Sandwichelement av stål

– ett robust alternativ till ortotropa brodäck ... (mm)



Statens vegvesen



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

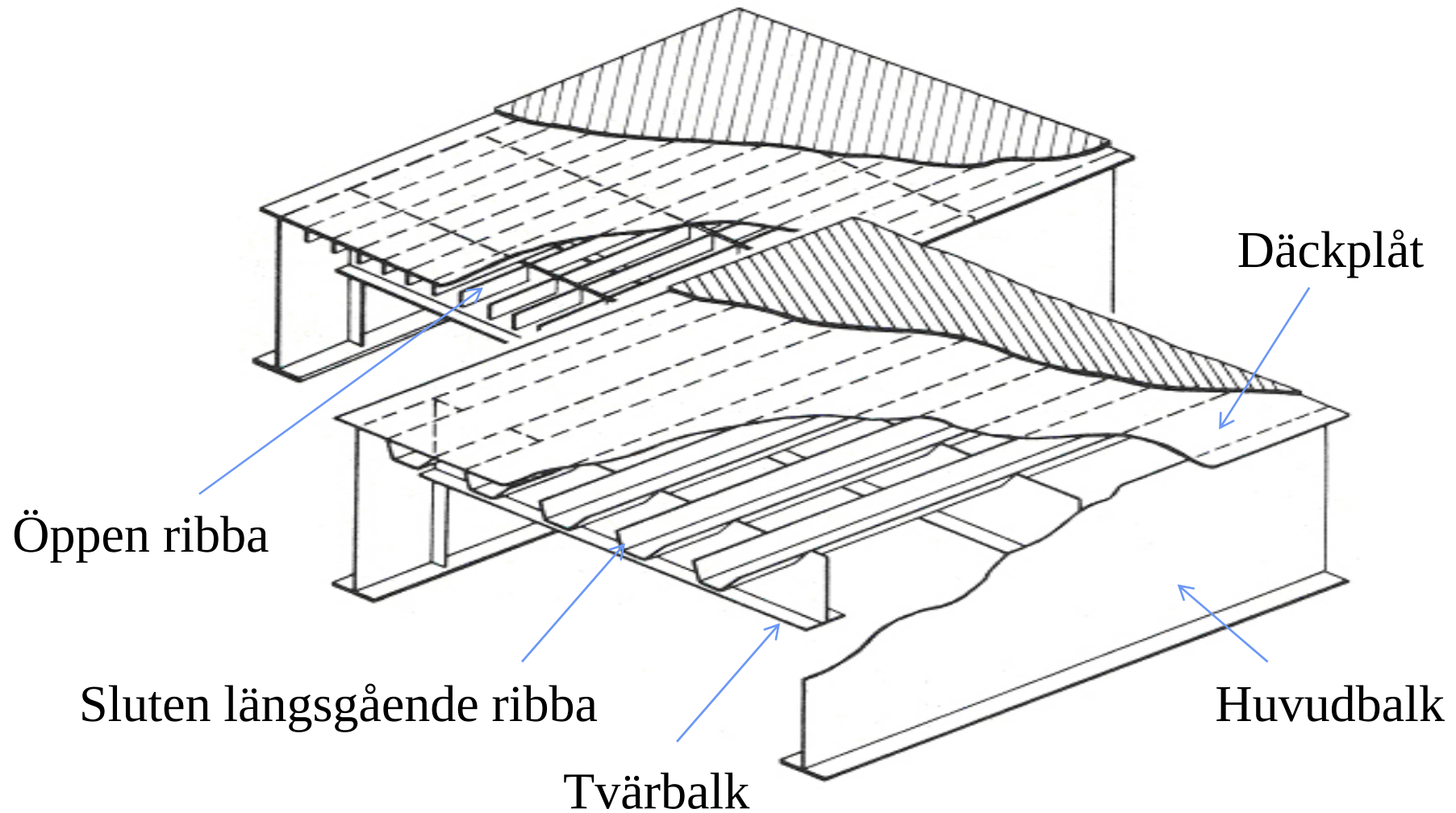


Sandwichelement av stål

– ett robust alternativ till ortotropa brodäck ... (mm)

- Problem med konventionella ortotropa brodäck
- Varför sandwich element
- Tillverkning av sandwichelement i stål
- En fallstudie
- Utmaningar

Ortotropa brodäck



Ortotropa brodäck



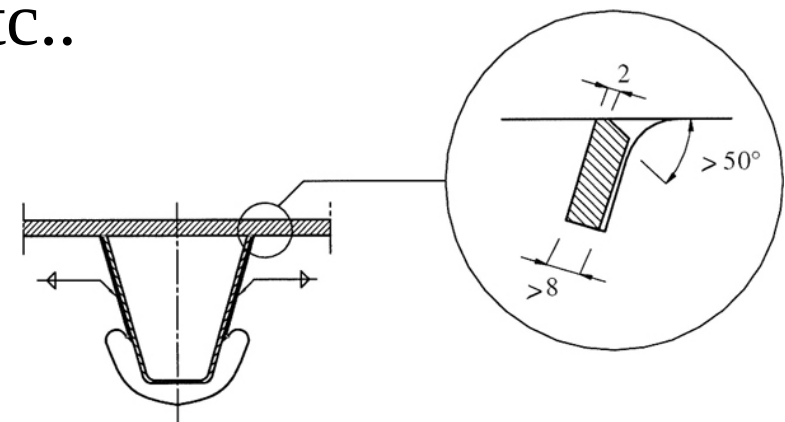
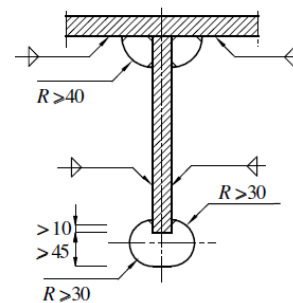
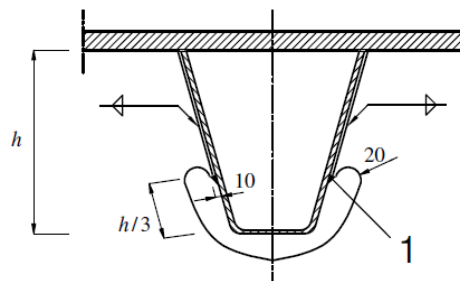
Bron över Götakanal vid Lyrestad



San Francisco Oakland Bay Bridge

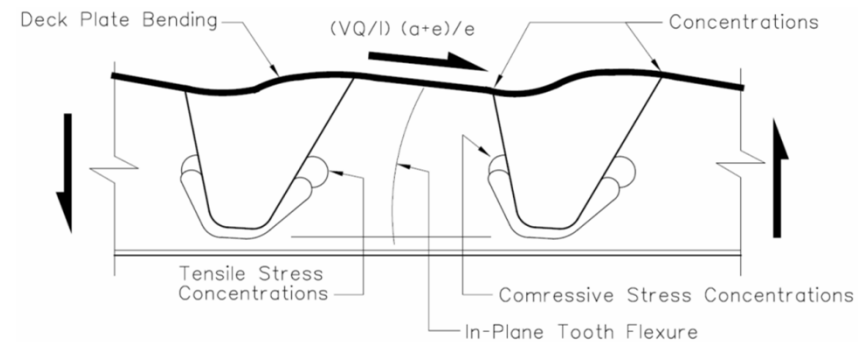
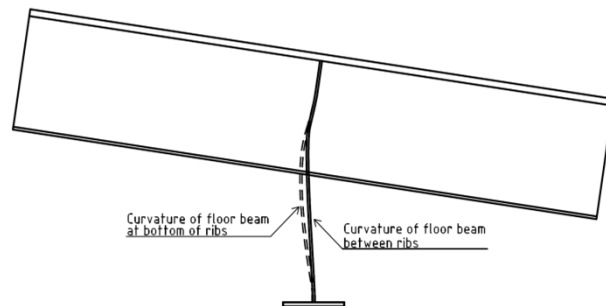
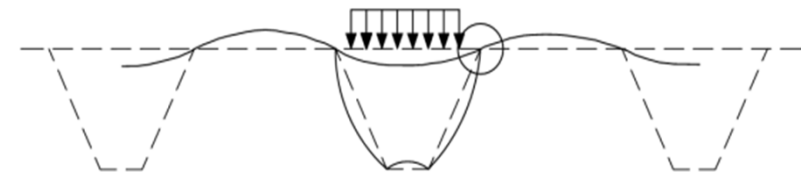
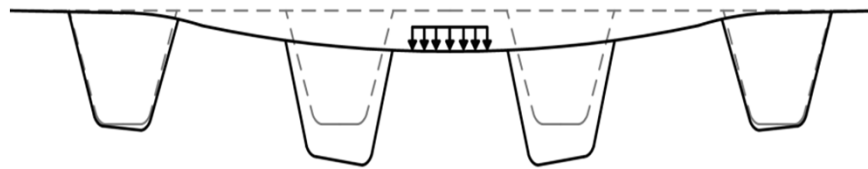
Ortotropa brodäck

- o Hög produktionskostnad
- o Komplexa detaljer
- o En hel del manuell svetsning
- o Svårt att verifiera kvalité, måla, etc..



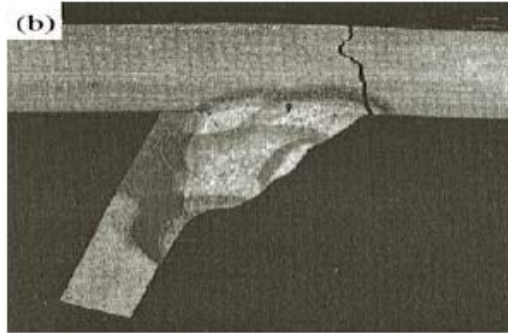
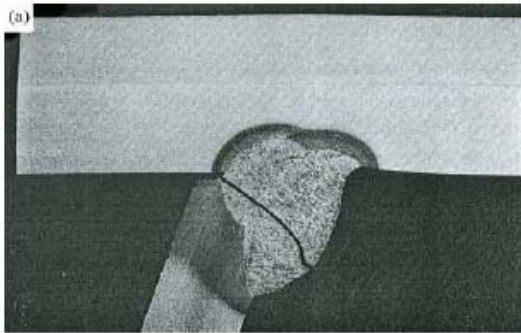
Ortotropa brodäck

Komplext beteende med lokaliserade deformationer
och komplex 3-dimensionell verkningssätt!



Ortotropa brodäck

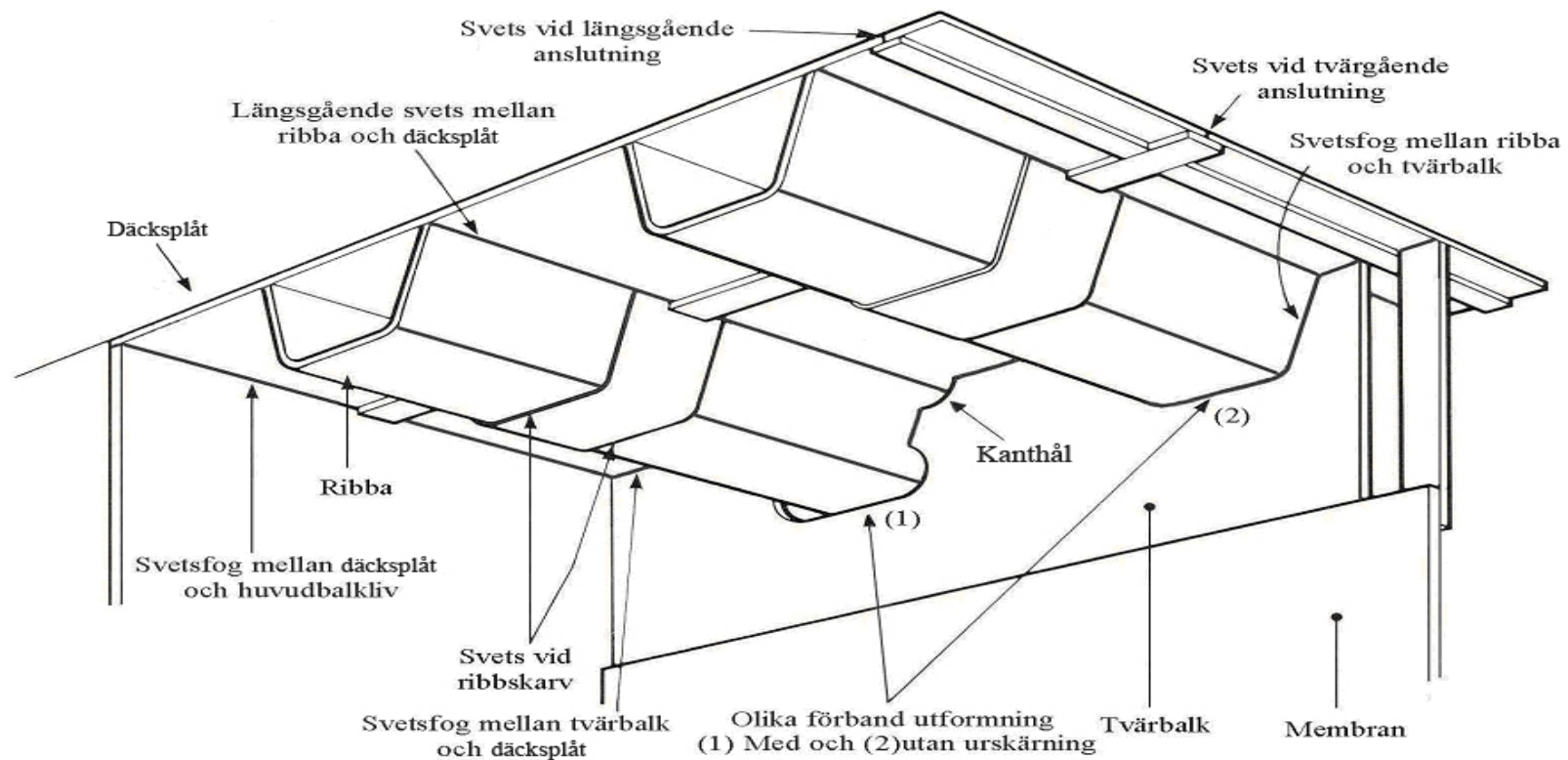
Utmattningskänsliga detaljer



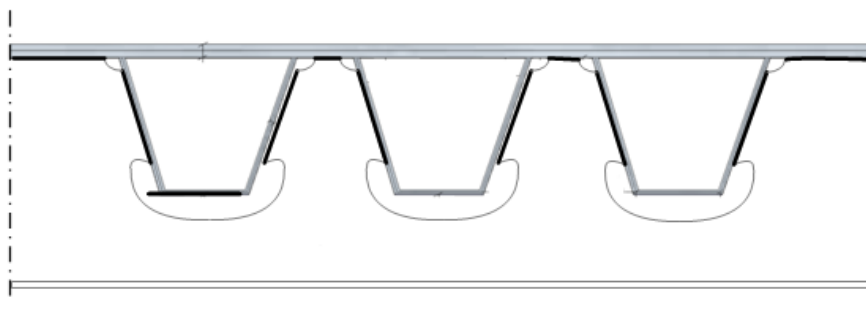
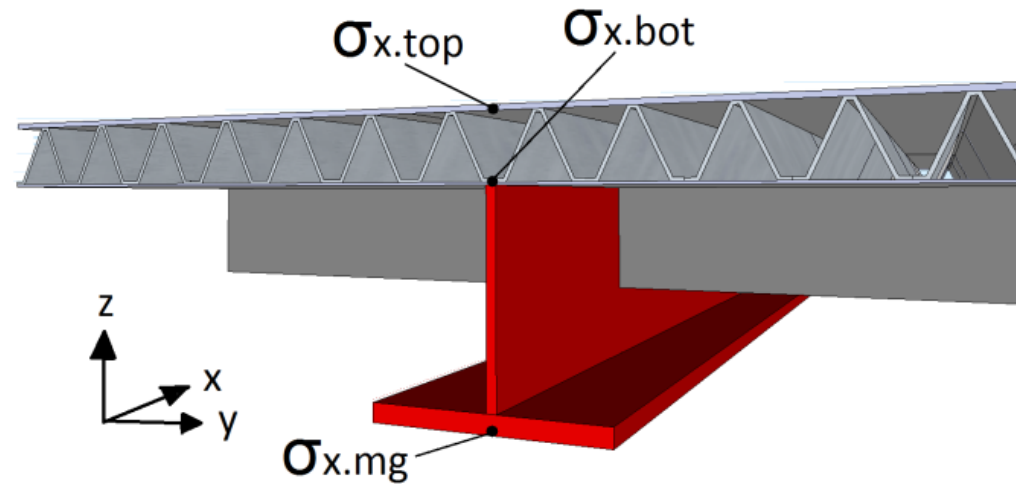
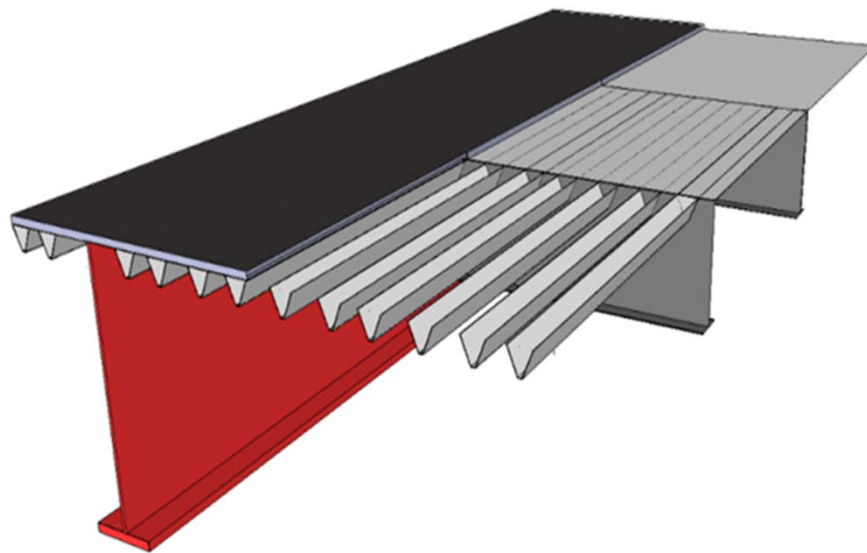
Problem med beläggning

Ortotropa brodäck

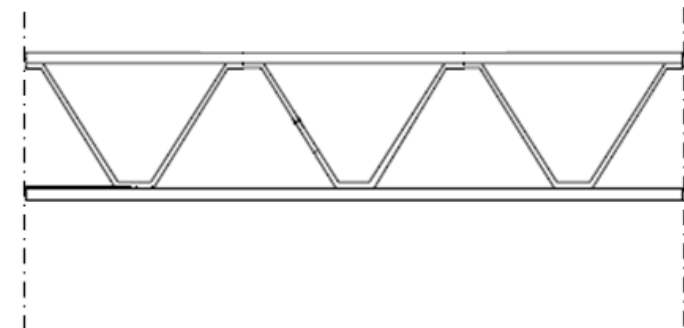
”Otaligt” många detaljer att kontrollera för utmattning...



Steel Sandwich Elements



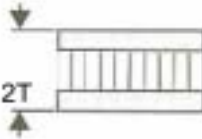
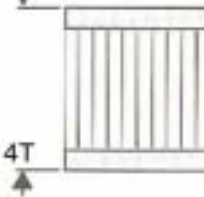
”Konventionell” ortotrop platta



Stålsandwich platta

Sandwich Elements

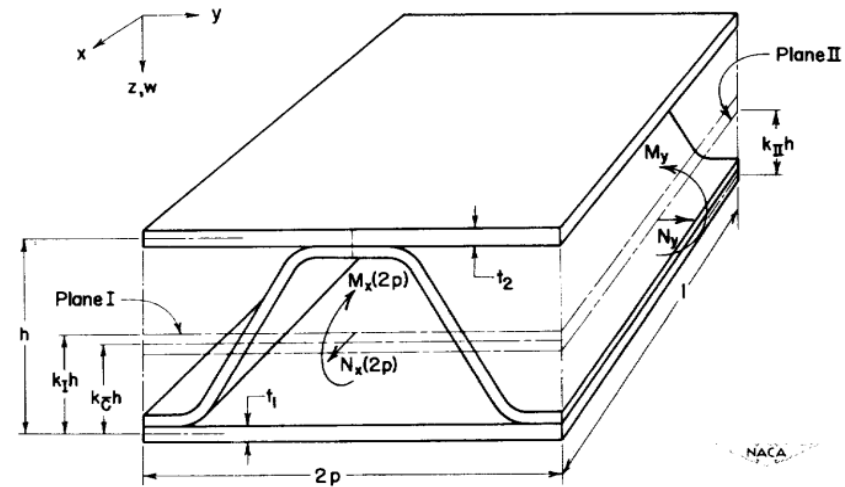


	Solid Material	Core Thickness T	Core Thickness $3T$
			
Stiffness	1.0	7.0	37.0
Flexural Strength	1.0	3.5	9.2
Weight	1.0	1.03	1.06

Best Practice Guide for Sandwich Structures in Marine Applications

Sandwich element av stål

NASA var först ...redan 1951



Libove, C & Hubka, R E. (1951).

Dock, enbart teoretiskt arbete .. Produktionsmetod saknas

Sandwich element av stål

En annan typ av sandwich ..



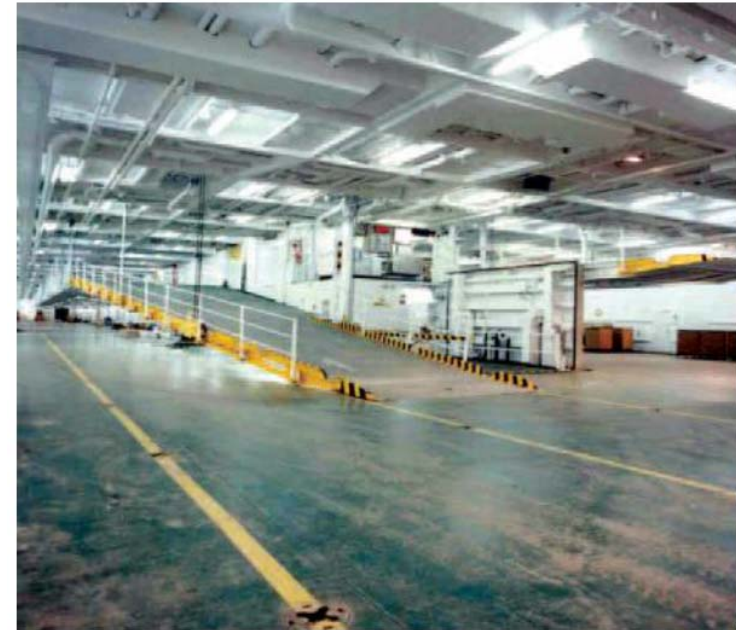
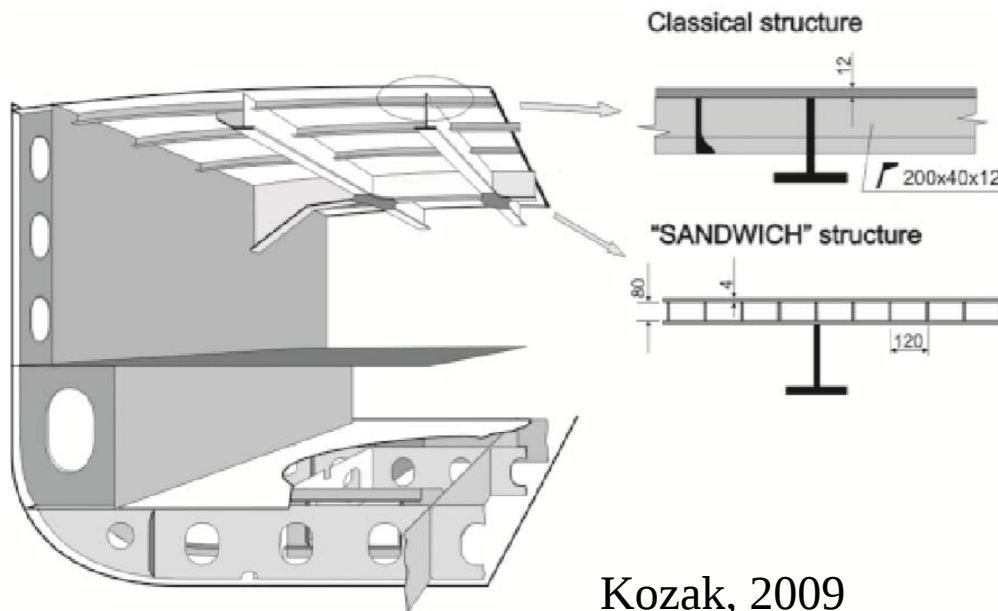
Sandwich Plate System (SPS) (Harris, 2007)



Sandwich element av stål

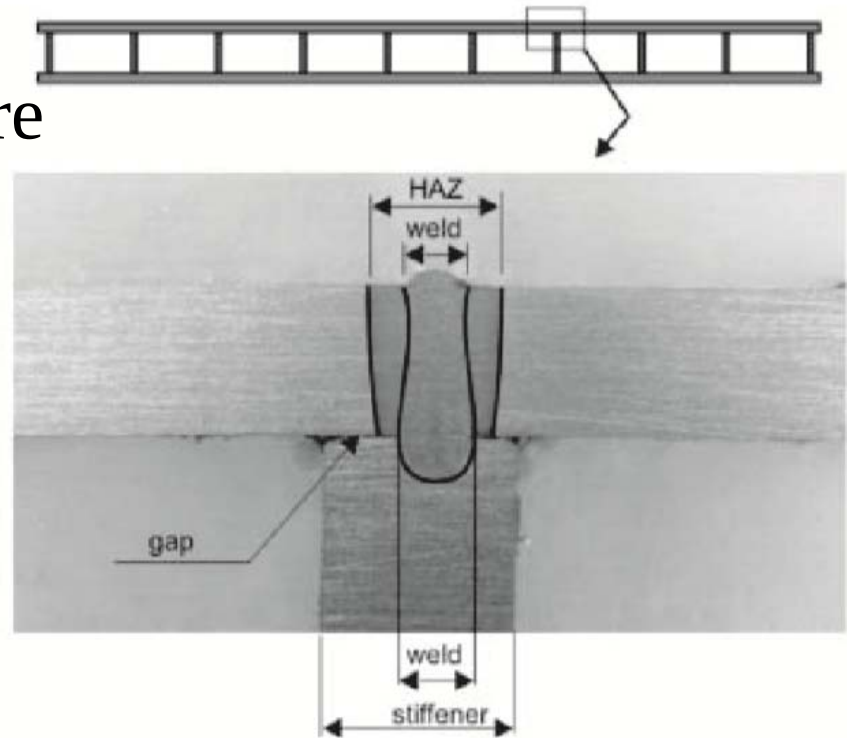
De sista 5 åren ...

Marinsidan driver fram utvecklingen inom svetsade stålsandwich ...



Sandwich element av stål

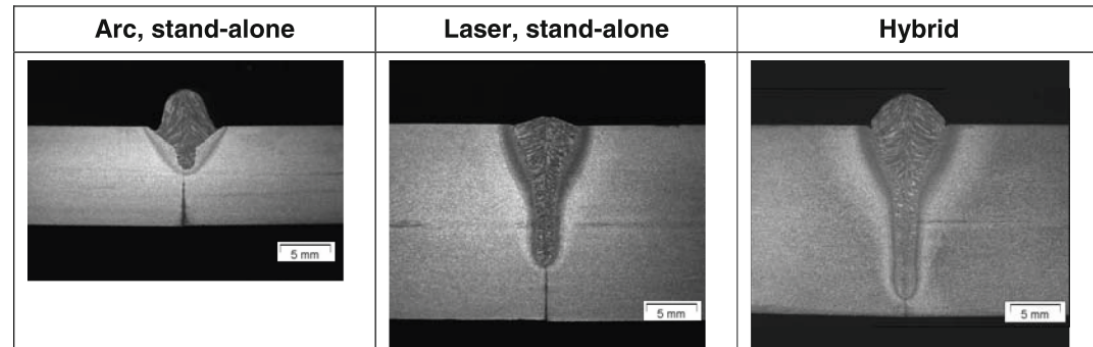
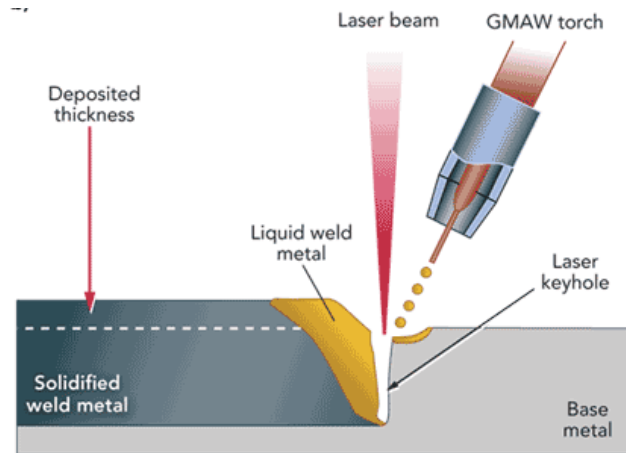
Nya svetsmetoder.. en möjliggörare



Laser- och laser-hybrid svetsning

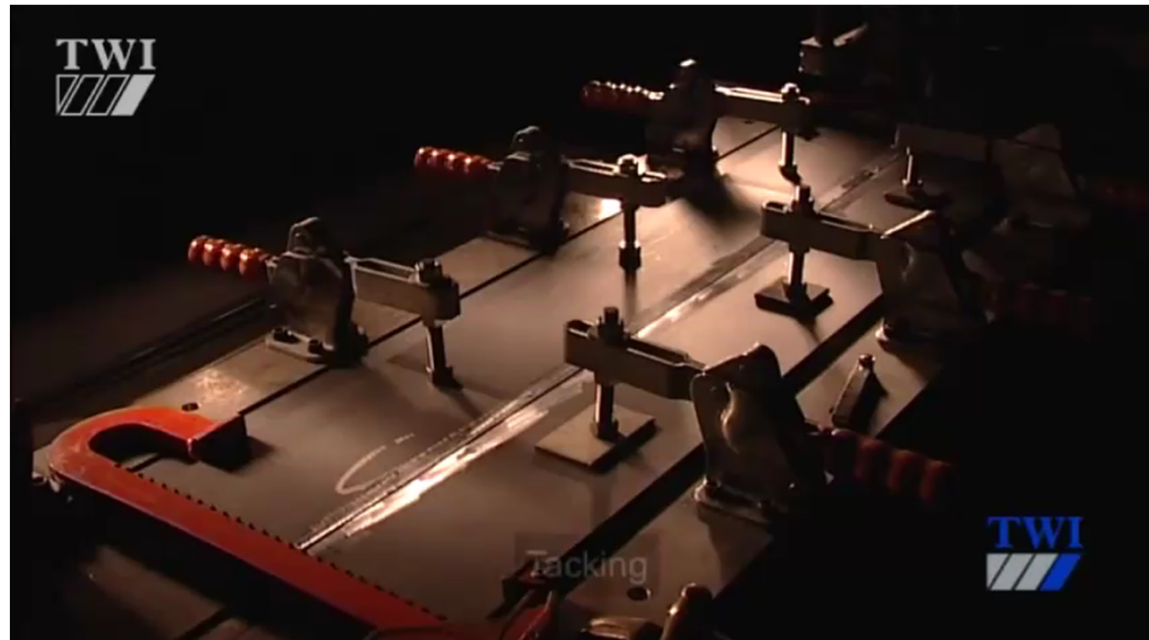
- Tunna plåtar (2-4 mm)
- Låg flexibilitet (Vierendeeffekt) och lokal böjning av svets

Steel Sandwich Elements – Laser-hybrid svetsning



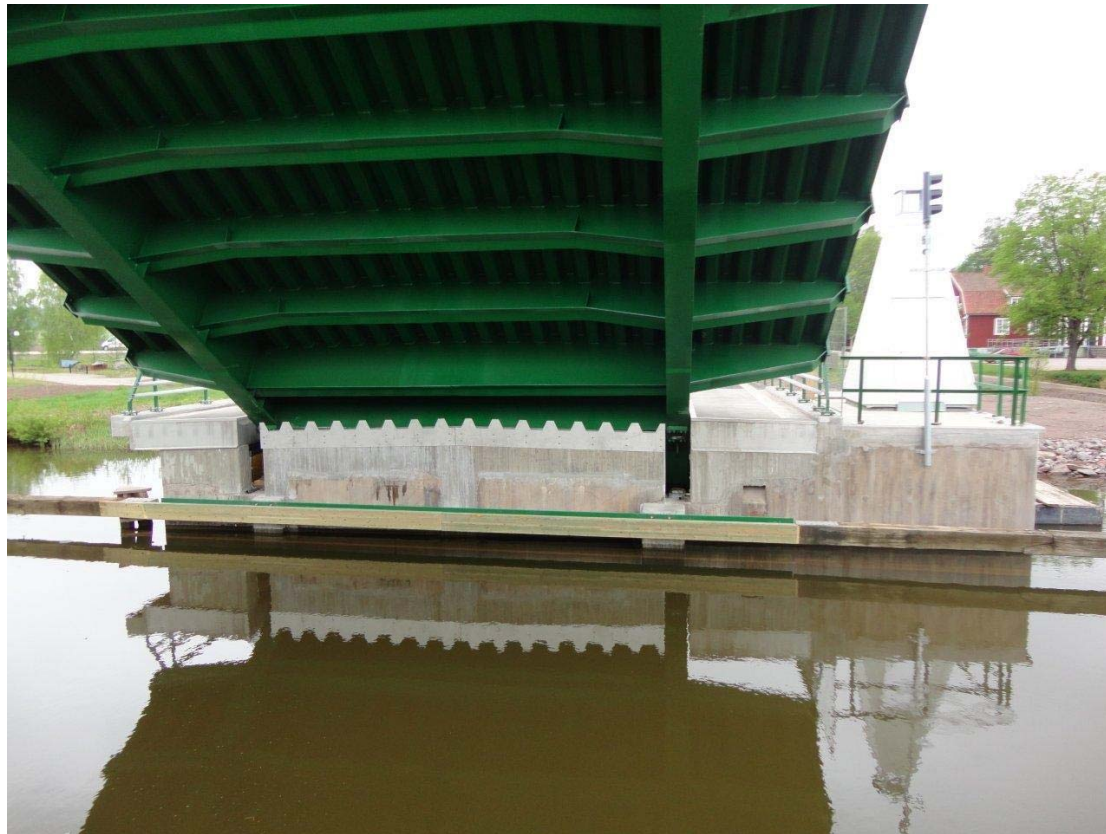
- Mycket snabb och helt automatiserad svetsning
- Stor penetreringsdjup
- Ingen kantbearbetning
- Låg värmeförsel (egenspanningar & krokighet)
- Överlägsen utmattningshållfasthet





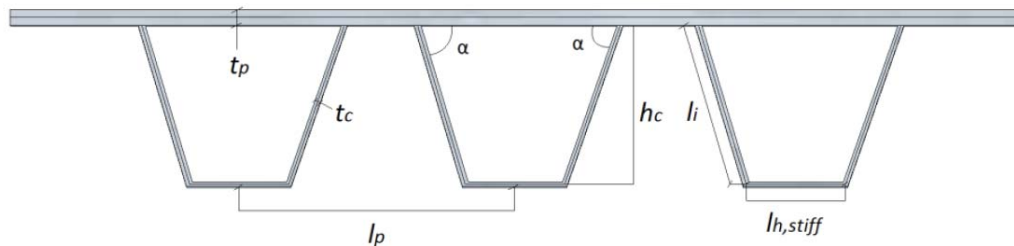
Sandwich element av stål

En första fallstudie .. En klaffbro

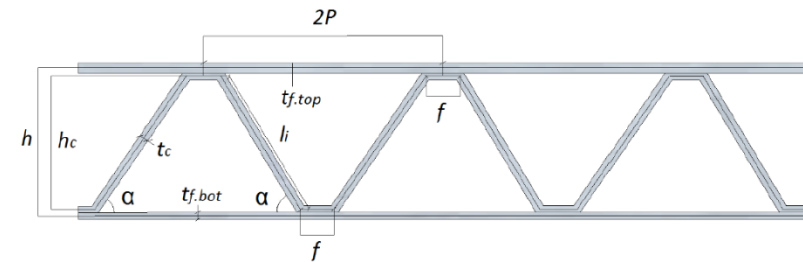


Bron över Götakanal vid Lyrestad

Sandwich element av stål - Fallstudie



Dimensions	Ortho [mm]
t_p	16 mm
t_c	12 mm
l_p	0.5 mm
α	63 deg
h_c	179 mm
l_i	200 mm
$l_{h,stiff}$	171 mm

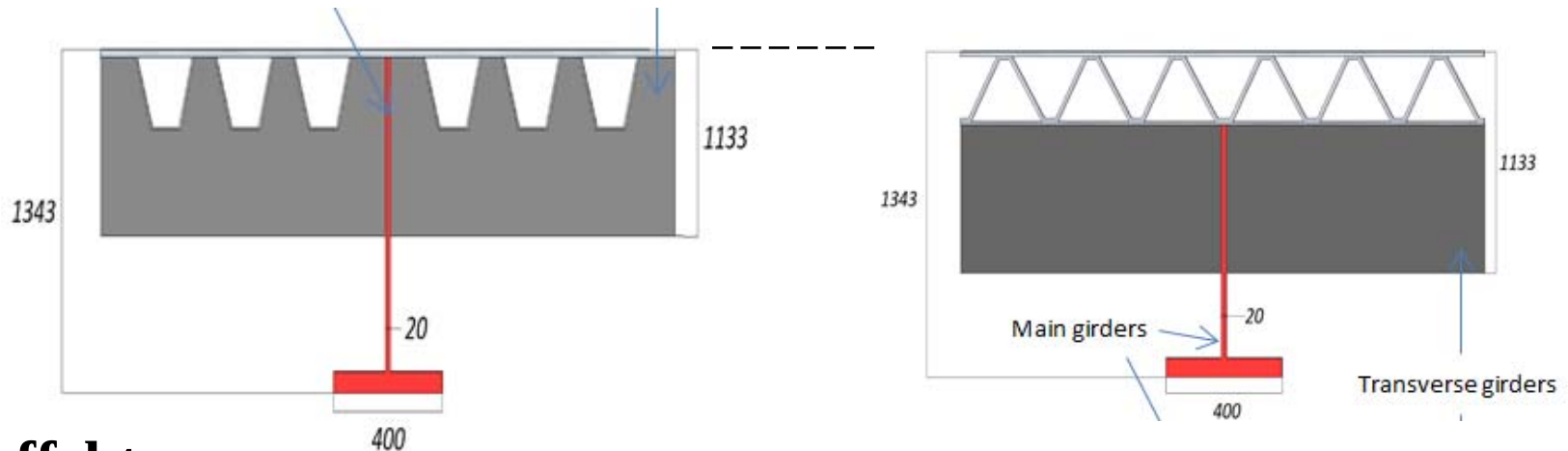


Optimeringsproblem

Alt. 1: Samma A $\rightarrow$ maximera styvhet

Alt. 2: Samma styvhet $\rightarrow$ maximera A

Sandwich element av stål - Fallstudie

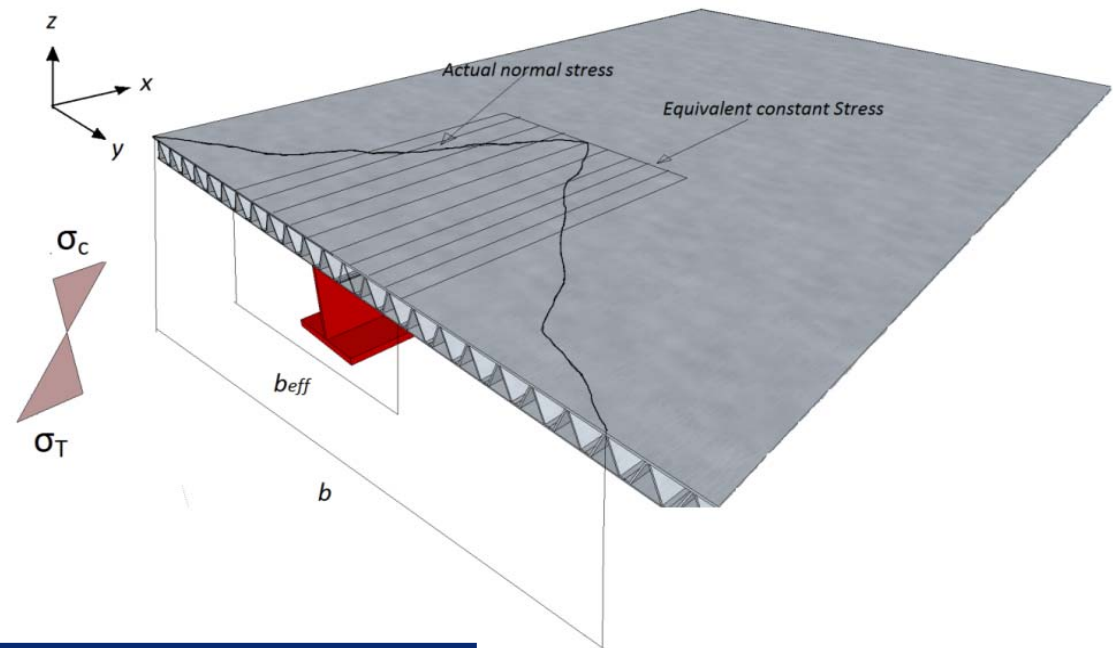


Snöbolleffekt

- "Plate action" i två riktningar
 - Högre böjstyvhets (x2)
 - Större effektivbredd (x2)
 - Högre axial- och skjuvstyvhets
 - Bättre utmattningshållfasthet och lägre lokala spänningar
- varannan tvärbalk sparas!
- Bättre material utnyttjande

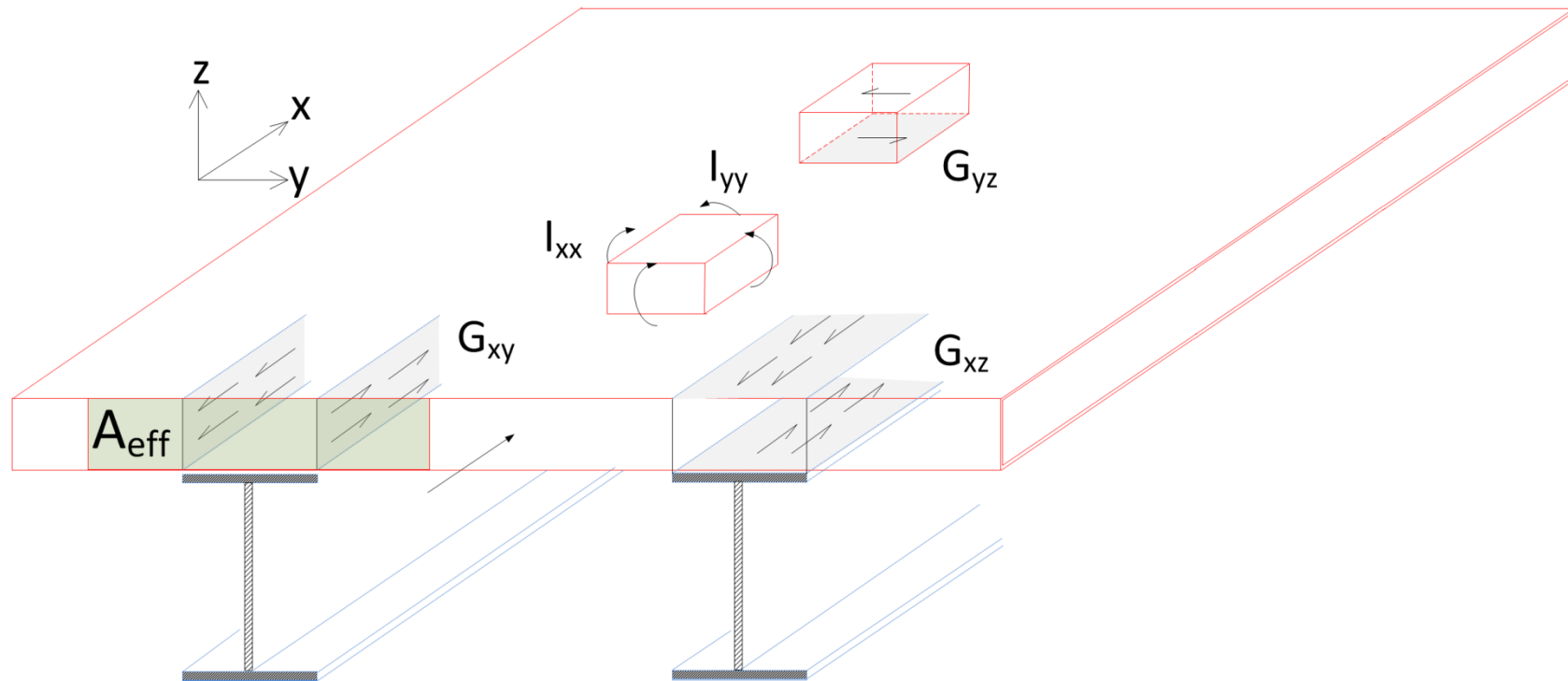
Vikt och materialbesparing = 44%

Sandwich element av stål - Fallstudie



Cross section	Utilization ratio b_{eff}/b
Maximize D_x	66%
Minimize A	59%
Orthotropic	37%

Sandwich element av stål - Fallstudie



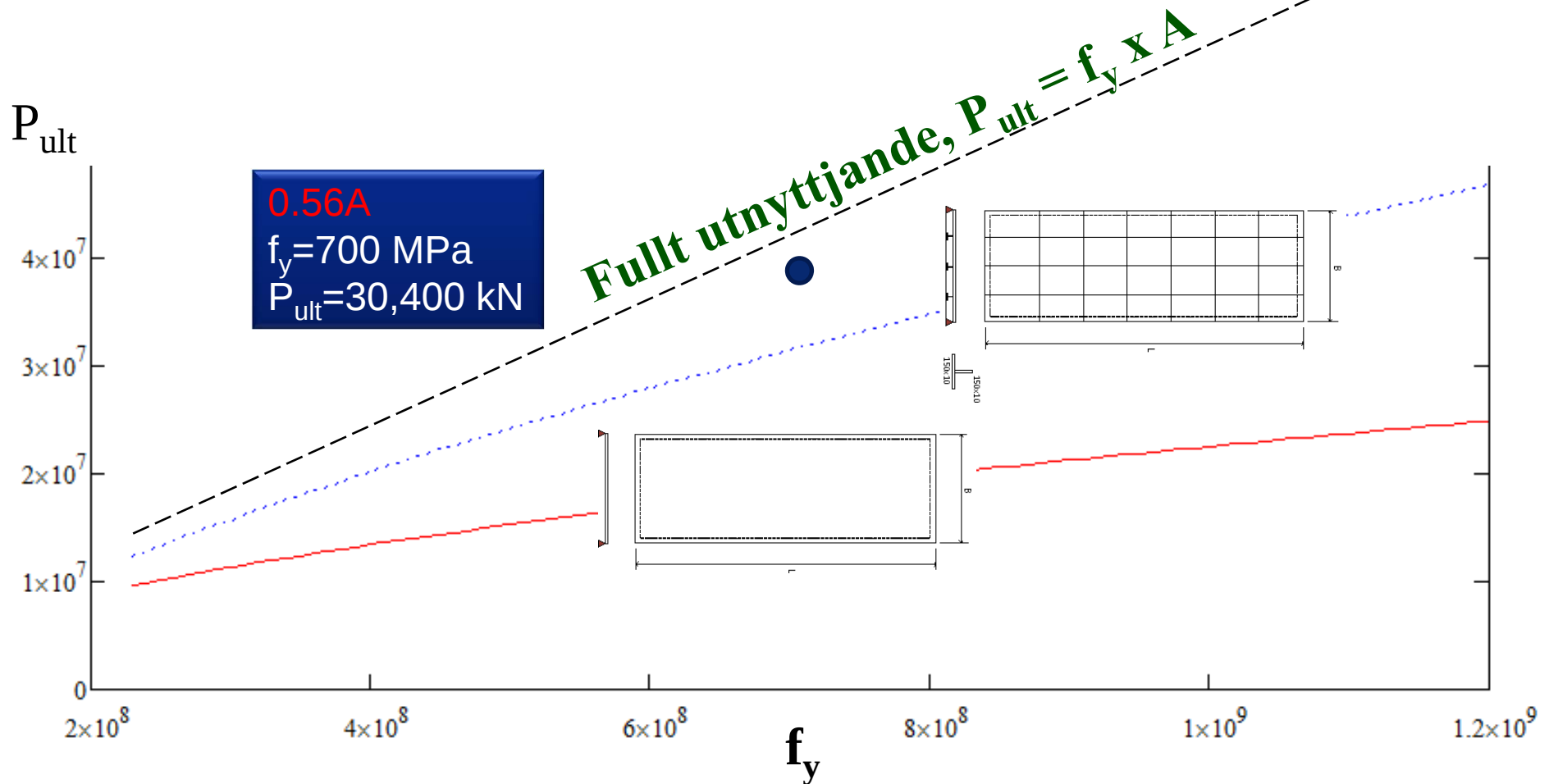
Ett sandwich däck kan "skräddarsys"..

Lasten bärs i två riktningar (I_x , I_y , G_{yz} , G_{xz}) ..

Effektivbredd / -Area (G_{xy} , EA)

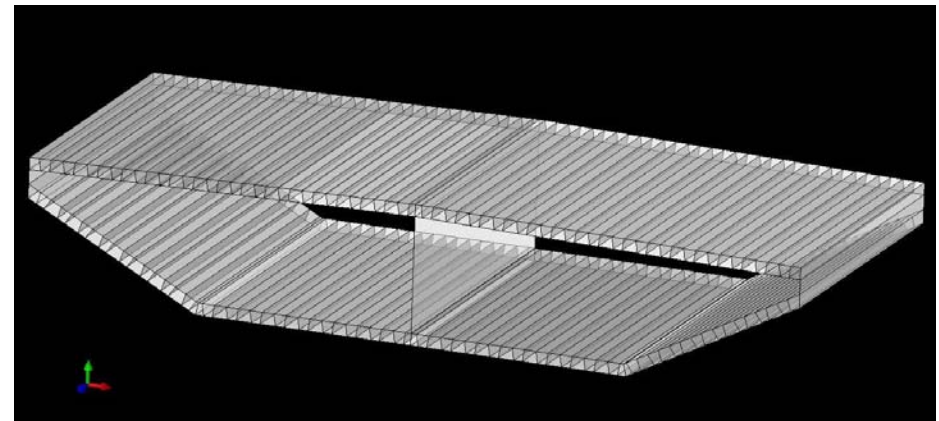
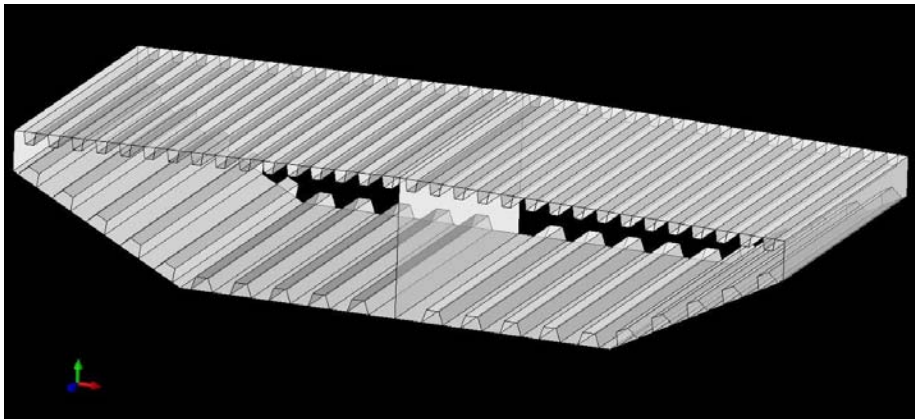
Sandwich element av stål

Nya möjligheter med höghållfaststål...!!



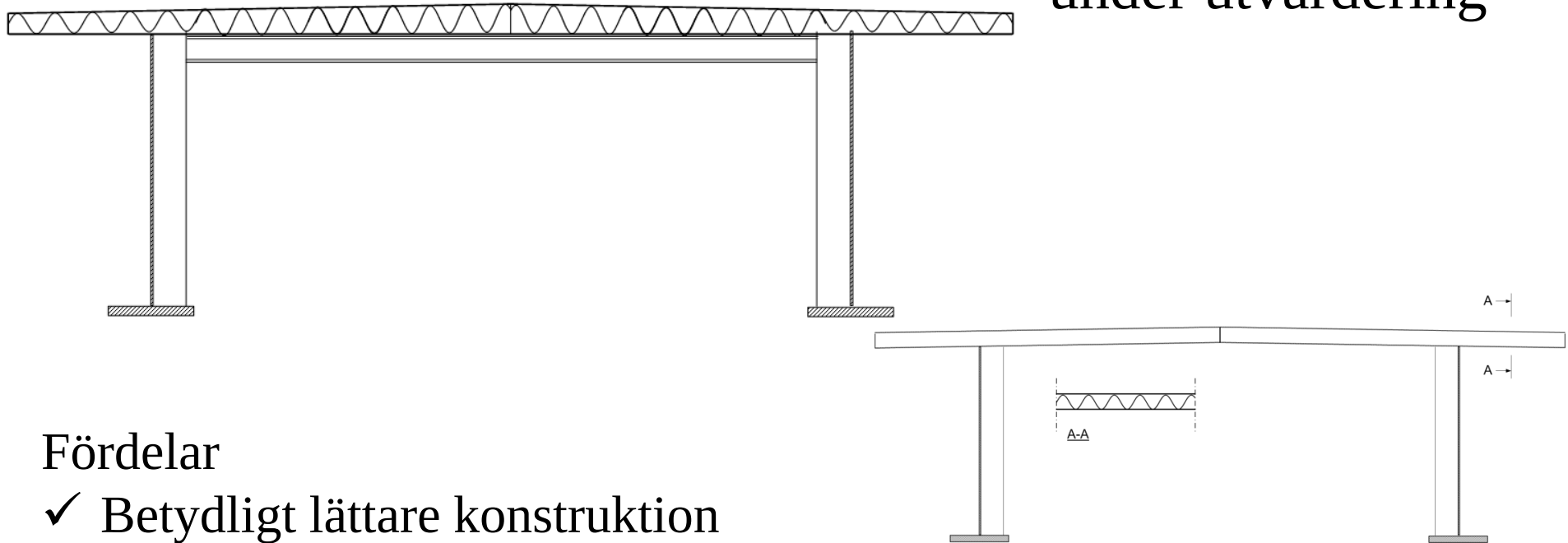
Sandwich element av stål

Andra tillämpningar under utvärdering



Sandwich element av stål

Andra tillämpningar
under utvärdering

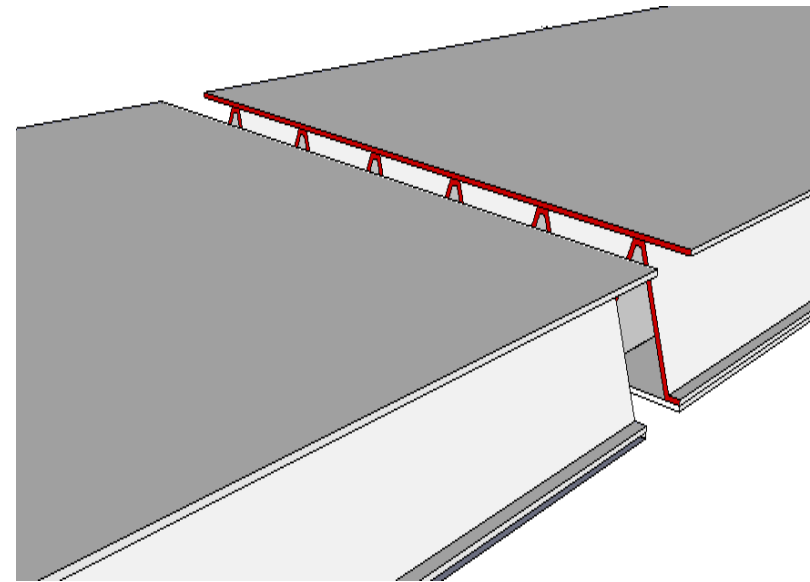
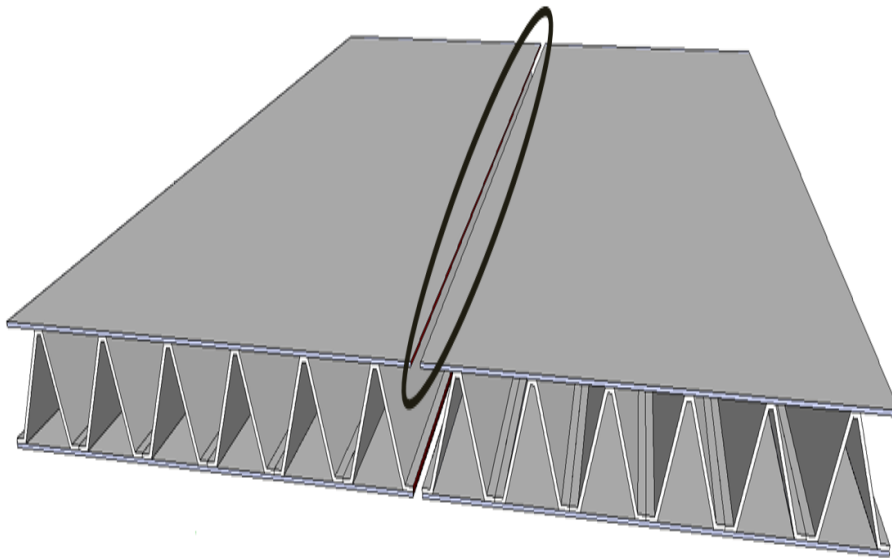


Fördelar

- ✓ Betydligt lättare konstruktion
 - Mindre broar förtillverkas och lyfts på plats
 - Större broar kan lanseras i slututförande
- ✓ Däcket fullt fungerande över mellanstöd (-M)
- ✓ Ingen betong, ingen armeringsrost, inga kantbalkar (i betong) ☺
- ✓

Sandwich element av stål ... Utmaningar

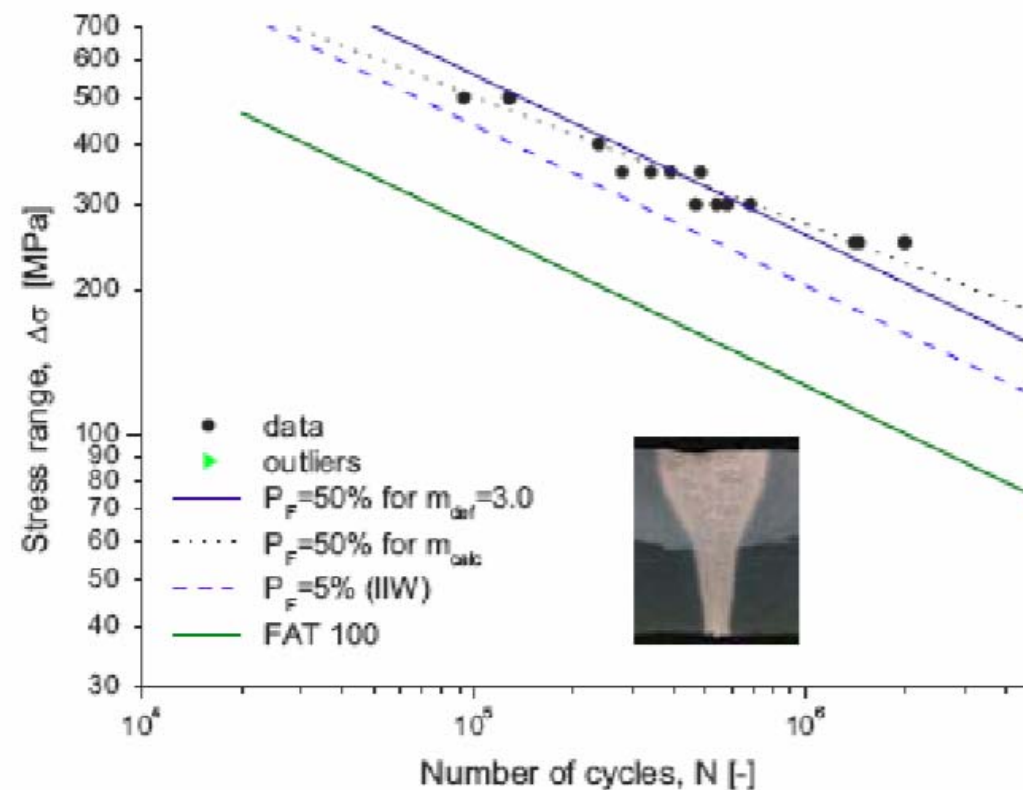
Eventuella däckskarvar



En riktig utmaning...

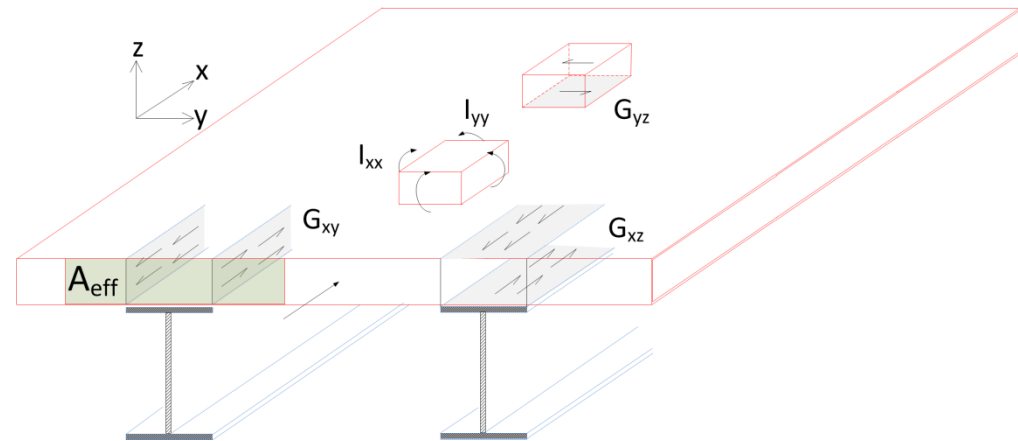
Sandwich element av stål ... Utmaningar

Verifiering av utmattningshållfasthet (försök planeras)



Sandwich element av stål ... Utmaningar

Dimensioneringsmodeller



Produktionsindustri

Sandwich element av stål ... Utmaningar

outokumpu
high performance stainless steel



SSAB



TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg

GSI SLV
Duisburg

KLEVEN®



Peter Nilsson



Mohammad Al-Emrani

.....

.....

Tack för uppmärksamheten