Forskning och innovation avseende byggnadsverk inom järnvägsområdet

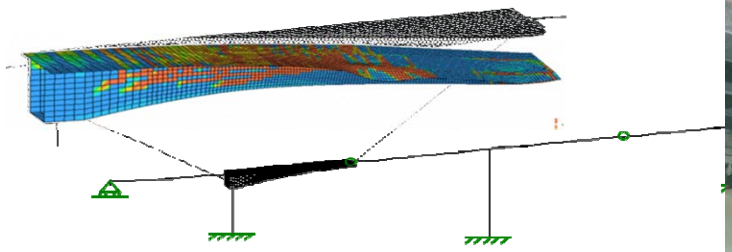
Utmaningar för framtiden

Mario Plos
Mohammad Al-Emrani
Konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola

Framtidsvision

för byggnadsverk inom järnvägsområdet

- Utnyttja befintliga byggnadsverk längre
  - Bättre utvärdering av bärförmåga, livstid & funktion
  - Effektivare förstärkning och reparation
- Effektiva & innovativa nya byggnadsverk
  - Industrialiserat byggande
  - Innovativa tekniska lösningar



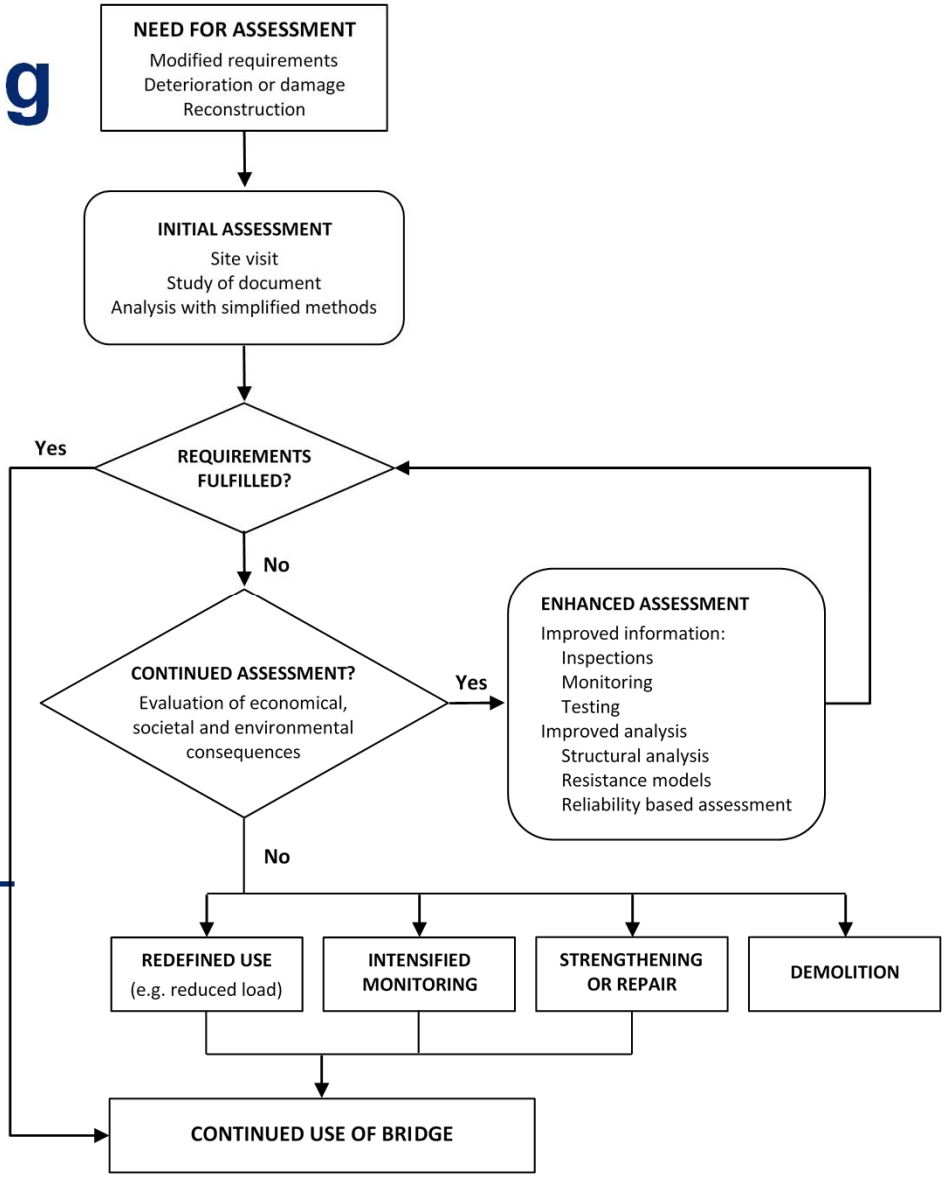
Utnyttja befintliga byggnadsverk längre

Bättre utvärdering av bärförmåga, livstid & funktion

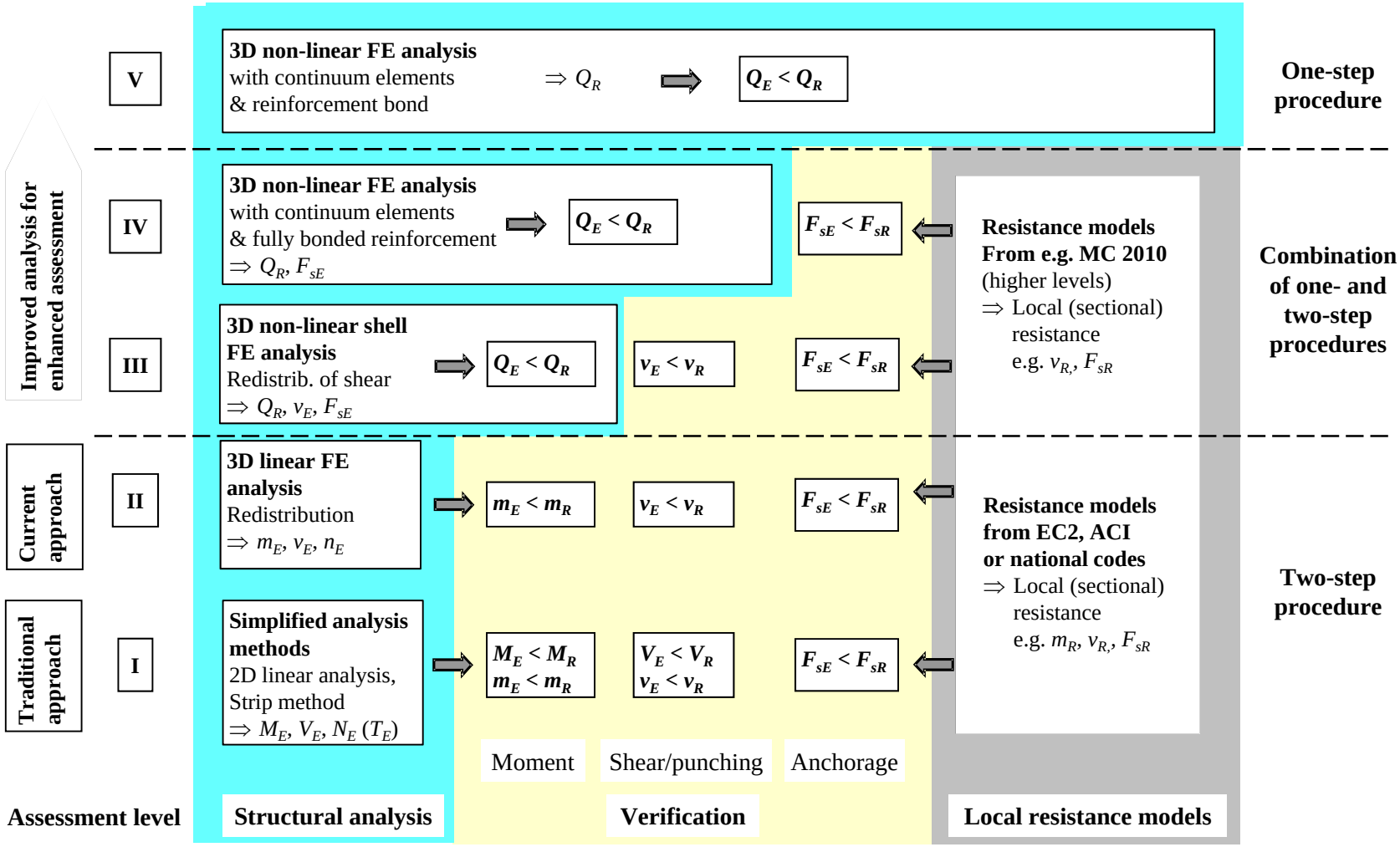
- Avancerade analysmetoder
  - Utnyttja olinjär FEM och probabilistiska metoder
- Hänsyn till nedbrytning på nyanserat sätt
  - Inkludera effekten i beräkningsmodeller
- Bättre metoder för utmattning

Bärighetsutvärdering

- Stegvis procedur
  - integrerad med beslutsprocessen
- Användning av avancerade metoder
- Frånsteg från detaljbestämmelser
  - men samma säkerhets-krav

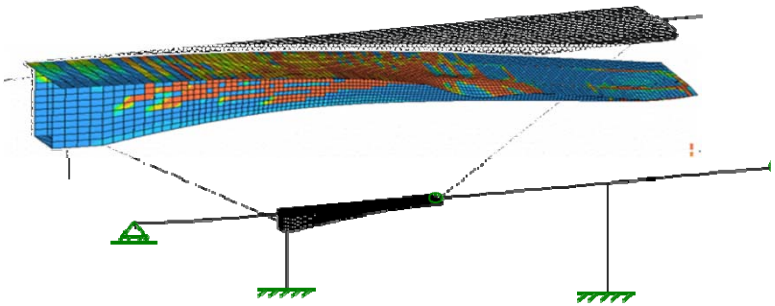


Beräkningsmodeller på olika detaljnivåer

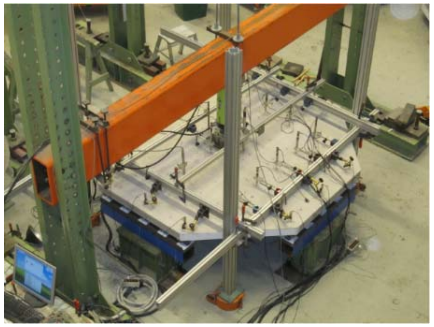


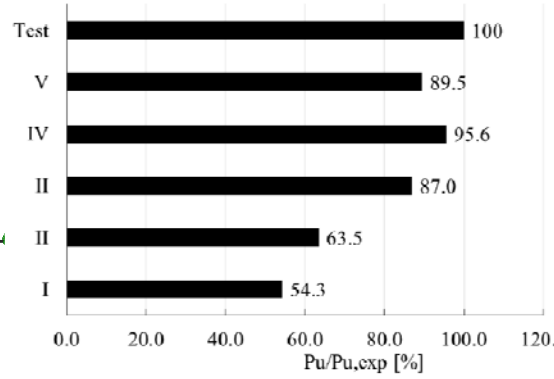
Exempel på tillämpning

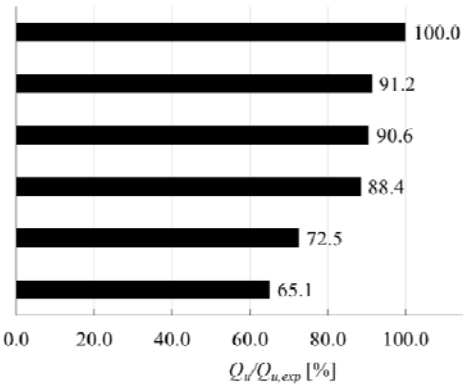
Verklig bro (Källösundsbron)



Experiment (böjbrott och skjuvbrott)





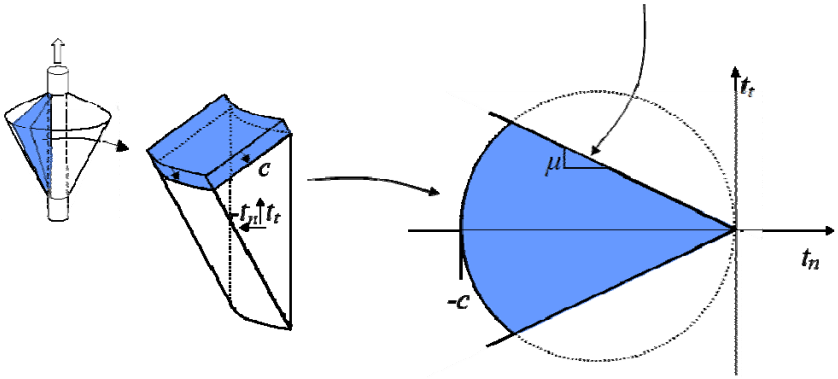


3D corrosion model

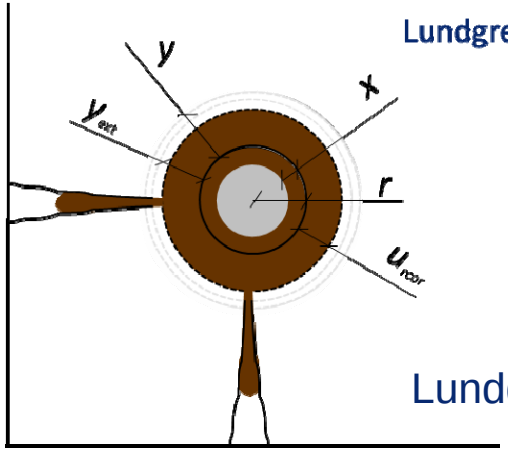
Bond and corrosion model

Stresses in inclined compressive struts

Friction

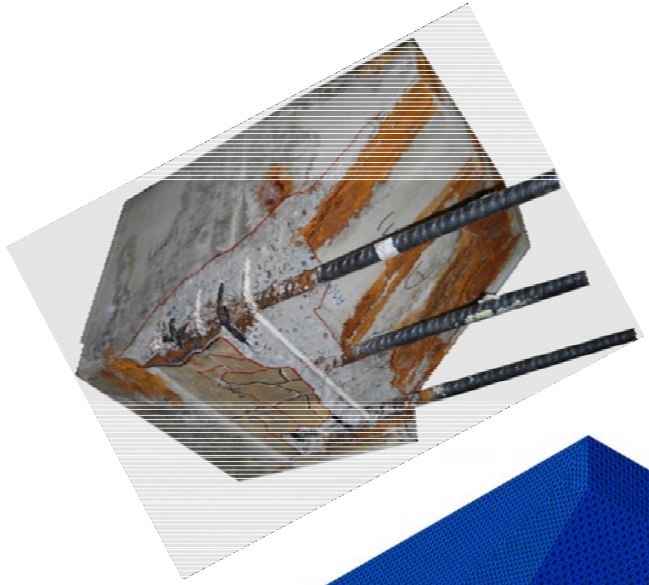


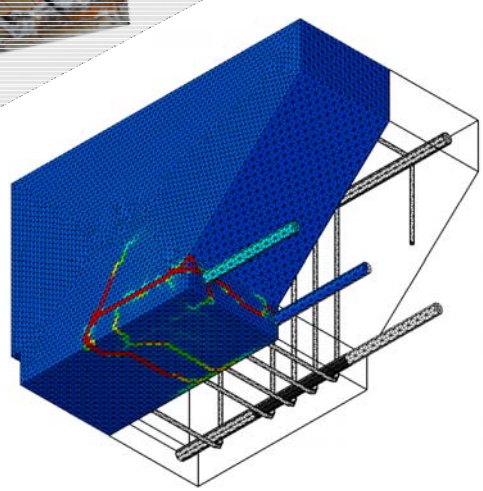
Lundgren and Gylltoft (2000)



Lundgren and Zandi

Example of application

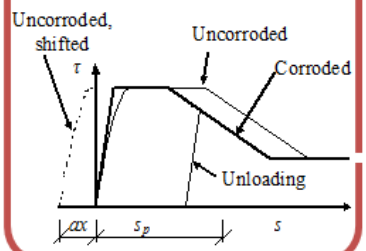




Development of simplified model for 1D bond-slip response

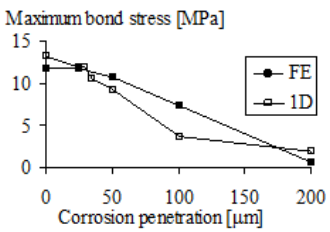
2006-2007

- Formulation of 1D-ARC model



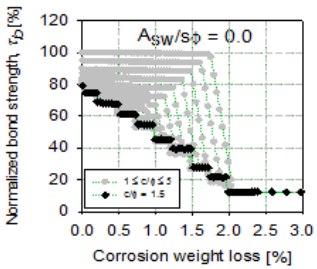
2008-2010

- Validation with 3D NLFE analyses and experiments



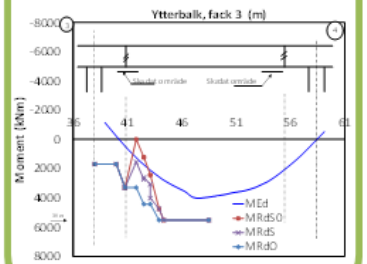
2011-2014

- Validation for natural corrosion and cover spalling



2014

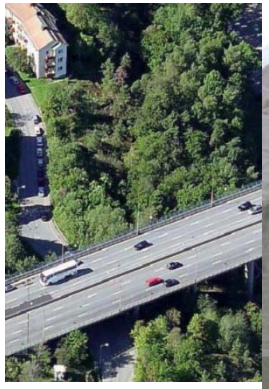
- Pilot study for two bridges



2014-...

Adopted by *fib* SAG7

Pilot study for two bridges



Blommenbergsviadukten, Gröndalsviadukten

Conclusions from assessment of Blommenberg- and Gröndal viaducts

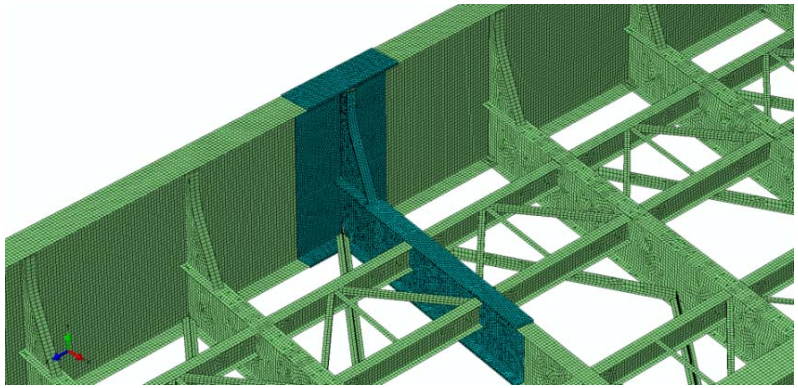
- Sufficient capacity was shown in all beams, in all spans, except for a small violation in one span.
- Many conservative assumptions made
- More detailed inspection will be made to judge if the damage is as large as assumed.

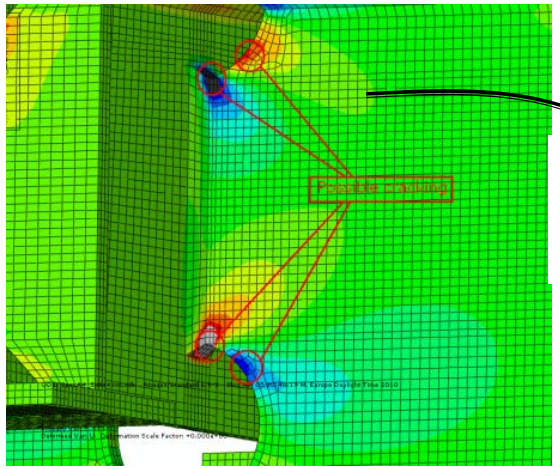
- Earlier: planned strengthening ~46 mkr
- Now: planned maintenance ~19 mkr.
- Assessment cost ~0,2 mkr

=> Saved 27 mkr

Utmattningsanalys med FEM

”Skadetålightsmetod”

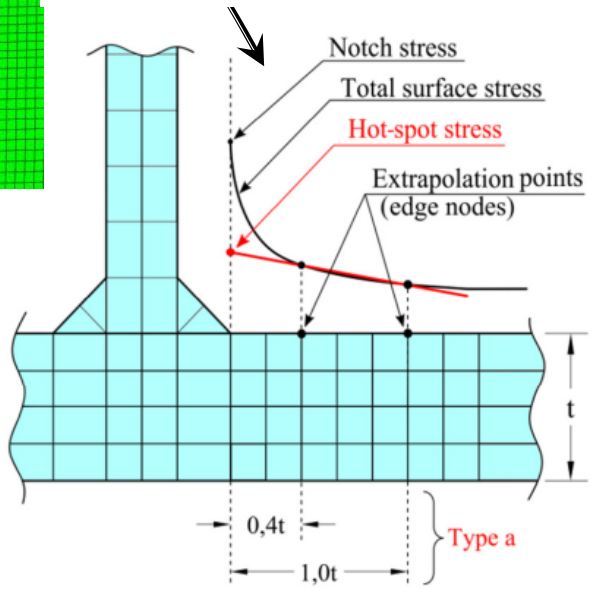




M. Al-Emrani

Mustafa Aygul

Spänningsextrapolering från FE-modell

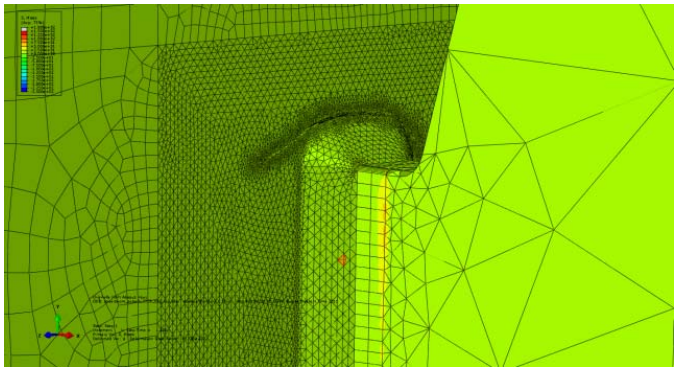


- ✓ Handbok finns snart att köpa / ladda ner
- ✓ ”Kurs” 12:e december (CTH)

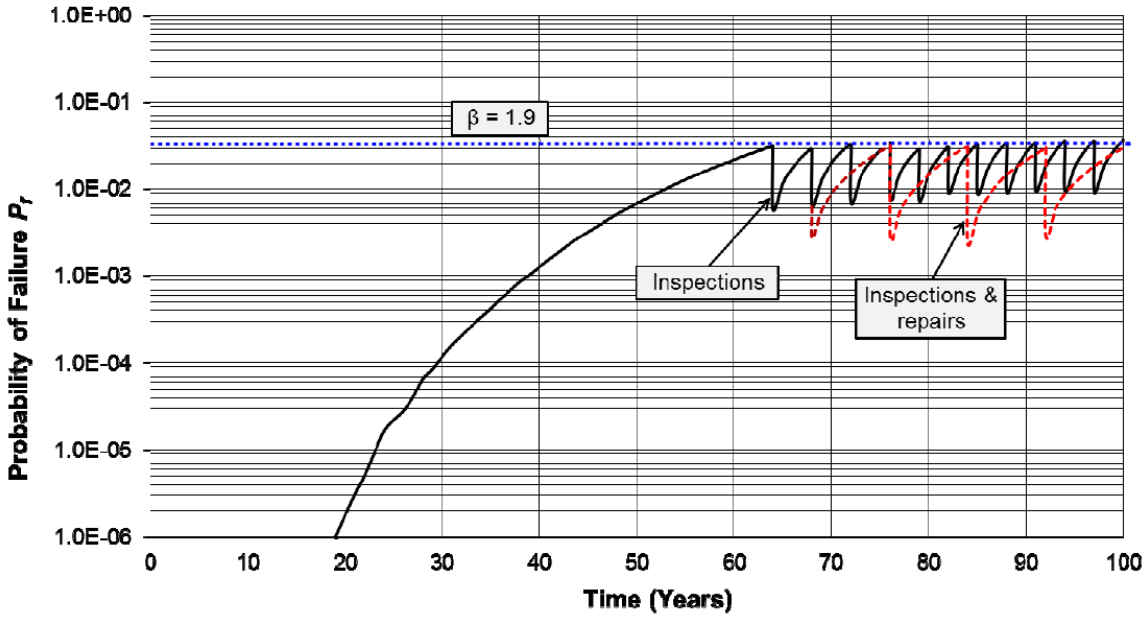
Livslängd- och säkerhetsbedömning med PBM

(Probabilistisk brottmekanik)

TRAFIKVERKET



BM-modell av spricka i Söderströmbron



John Leander
KTH

Farshid Zamiri
CTH

Utnyttja befintliga byggnadsverk längre

Effektivare förstärkning och reparation

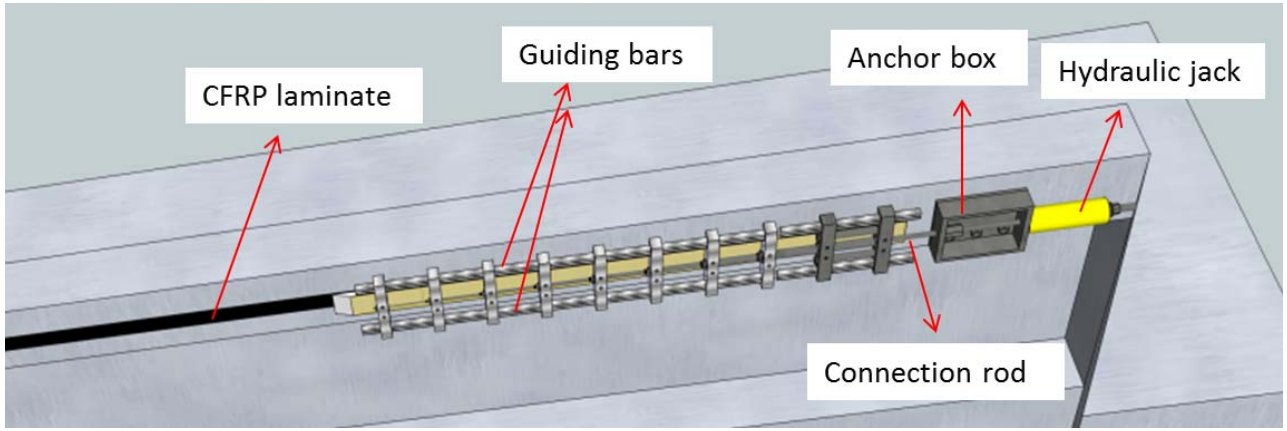
- Fiberkompositer
  - Vidhäftning, förspänning, livstid
- Ny betongteknik
  - Fiberbetong (högpresterande, självkompakterande)
  - Textilarmering
  - Krympfri betong
- Svetsefterbehandling

Broförstärkning med försända kompositlaminat

Forskningsrådet Formas

Formas främjar framstående forskning för hållbar utveckling

PANTURA



Reza Haghani
Forskarassistent

M. Al-Emrani

Broförstärkning med försända kompositlaminat

Verifiering i lab

TRAFIKVERKET

LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

SKANSKA

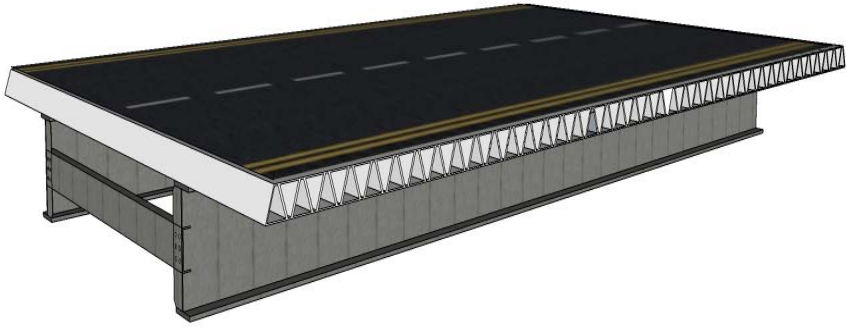
Demonstration – bron över Nossan

Fullskaleprovning, Gruvvagnbron, Kiruna

Beständigheten hos epoxilimmade FRP kompositer

Forskningsrådet Formas

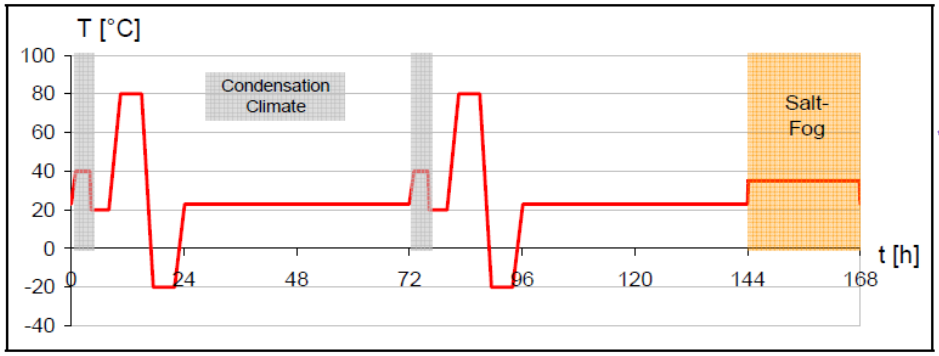
Formas främjar framstående forskning för hållbar utveckling

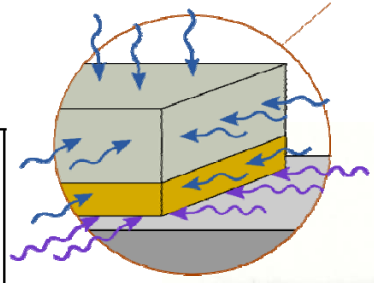


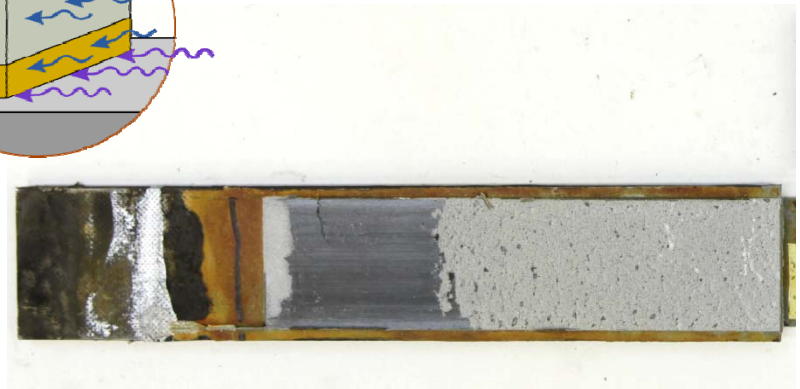
FRP brodäck

FRP förstärkning

Mohsen Heshmati
Doktorand







Effektiva & innovativa nya byggnadsverk

Industrialiserat byggande

- Effektiv och innovativ process
  - Integrering av projektering, produktion & underhåll
  - Störningsfritt byggande
- Att välja rätt teknisk lösning
  - Conceptual design
  - Set-based design

Effektiv industrialiserad brobyggnad

Daniel Ekström

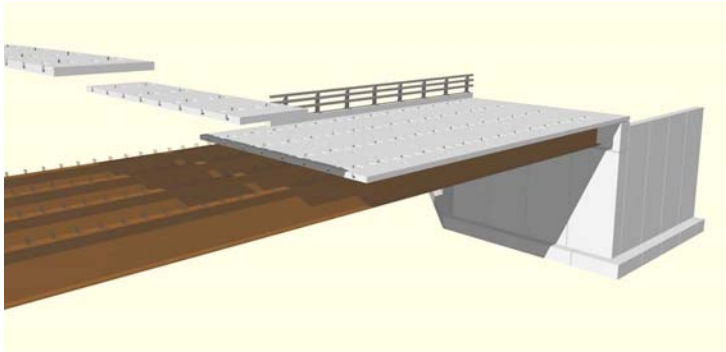
TRAFIKVERKET

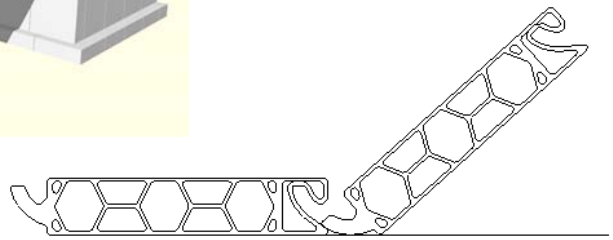
- Integrering av konstruktions- och produktionsprocessen.

Störningsfri brobyggnad i städer

- **Pantura: Flexible Processes and Improved Technologies for Urban Infrastructure Construction Sites**

  2011-2014





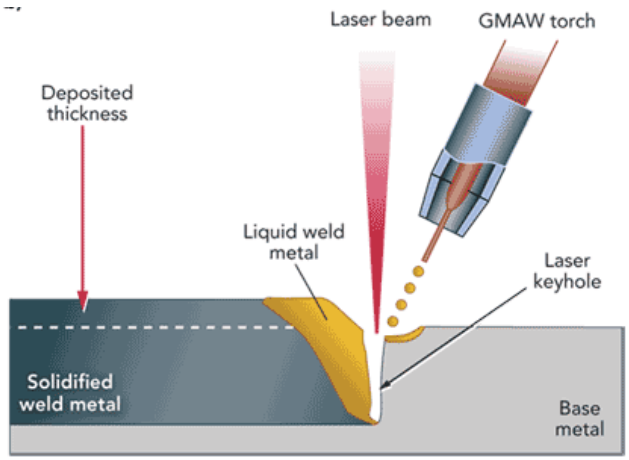
Effektiva & innovativa nya byggnadsverk

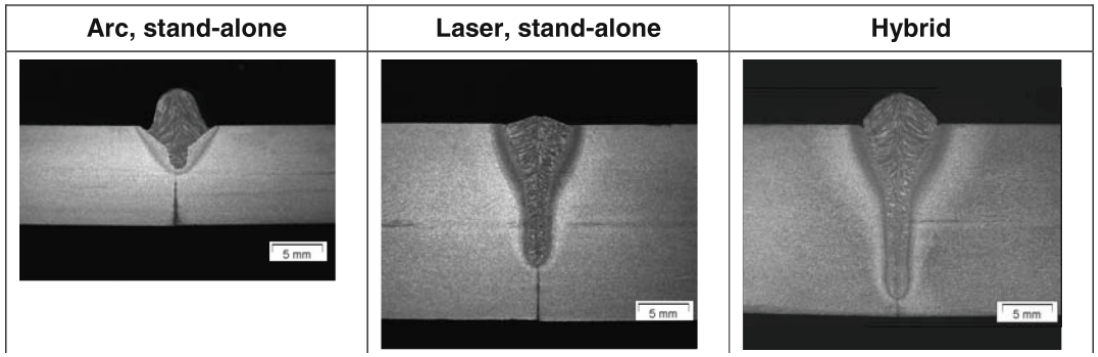
Innovativa tekniska lösningar

- Nya produktionsmetoder
  - Ny svetsteknik
  - Svetsefterbehandling
  - Industriell armering och betonggjutning
- Nya tekniska lösningar
  - Stålsandwichelement
  - Fiberbetong
  - Fiberkompositer
  - Samverkanskonstruktioner

Nya produktionsmetoder

Laser & Laser-hybrid svetsning

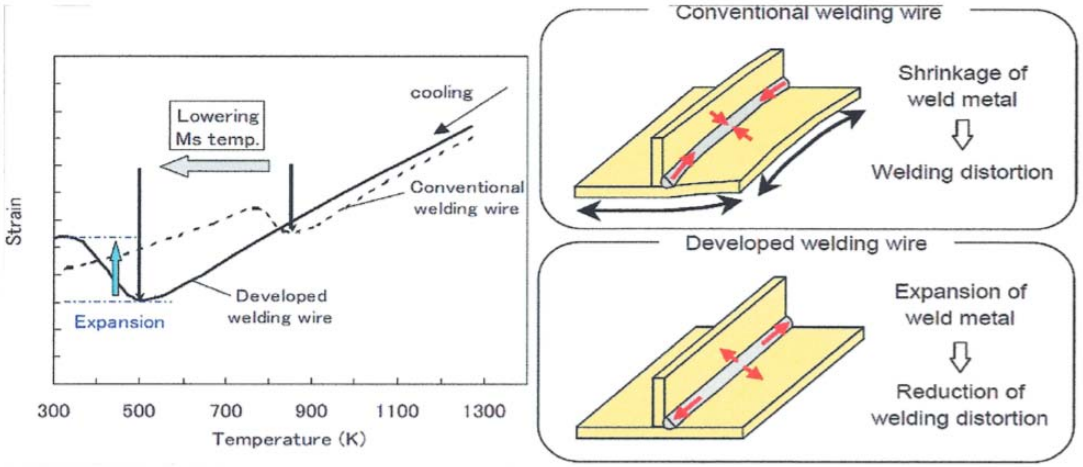




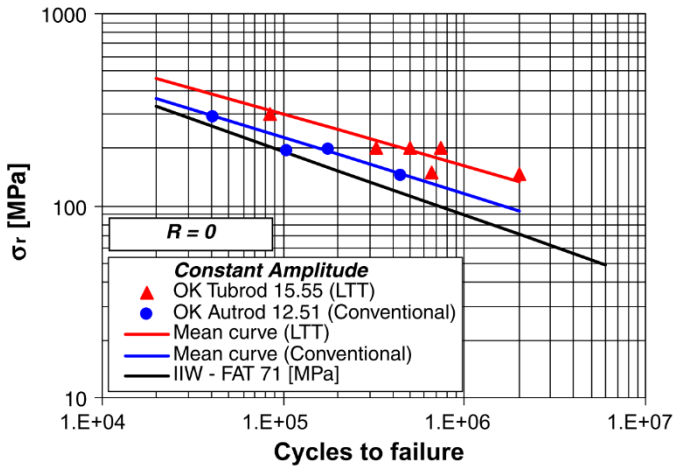
- Mycket snabb och helt automatiserad svetsning (upp till 6 m/min!!)
- Stor penetreringsdjup
- Ingen kantberedning
- Låg värmetillförsel (egenspänningar & krokighet)
- Överlägsen utmattningshållfasthet

Nya produktionsmetoder

Svetsning med LTT-material (Low Transformation Temperature)



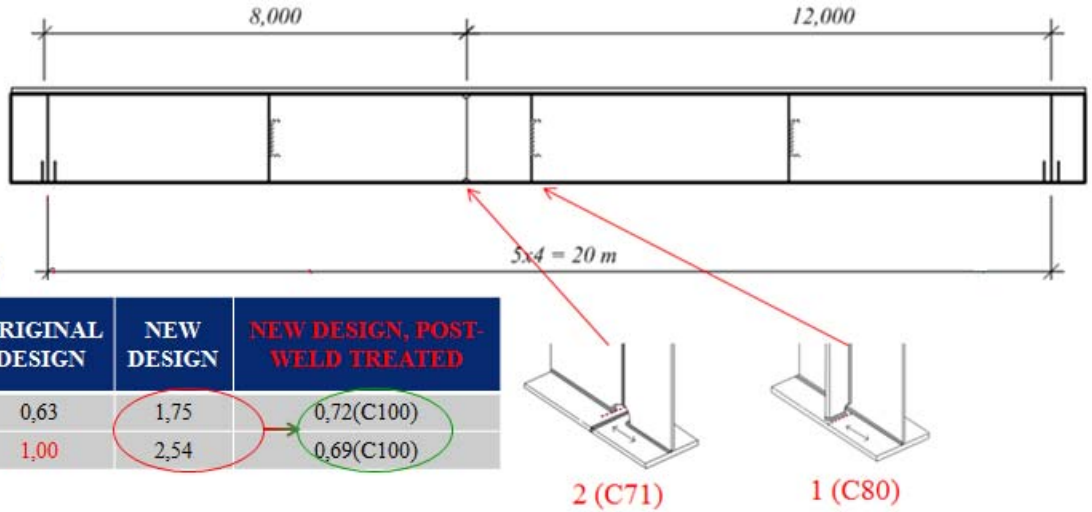
ALGHAMDI & LIU



- Mycket lägre distorsion
- Fördelaktig svetsegenspänning vid svetsfattningskant (drag → tryck)
- Förbättrad utmattningshållfasthet

Svetsefterbehandling

HFMI-treated



Utilization Ratio

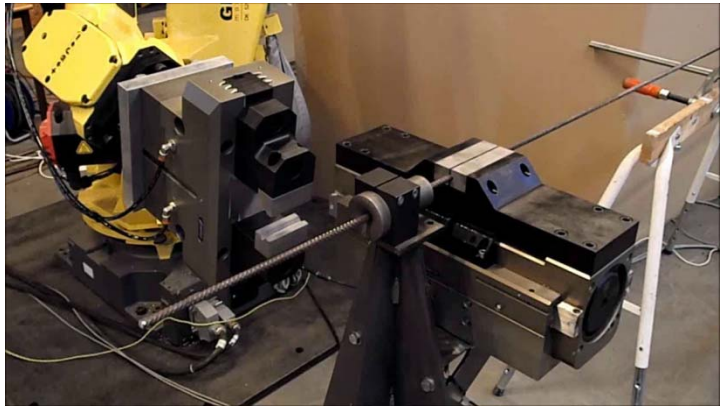
		ORIGINAL DESIGN	NEW DESIGN	NEW DESIGN, POST-WELD TREATED
FLS	Detail 1	0,63	1,75	0,72(C100)
	Detail 2	1,00	2,54	0,69(C100)

- 3-5 steg högre utmattningshållfasthet (C-klass)
- Upp till 25% vikt- och materialbesparing
- Låg utförandekostnad (få detaljer avgör brons utmattningslivslängd)

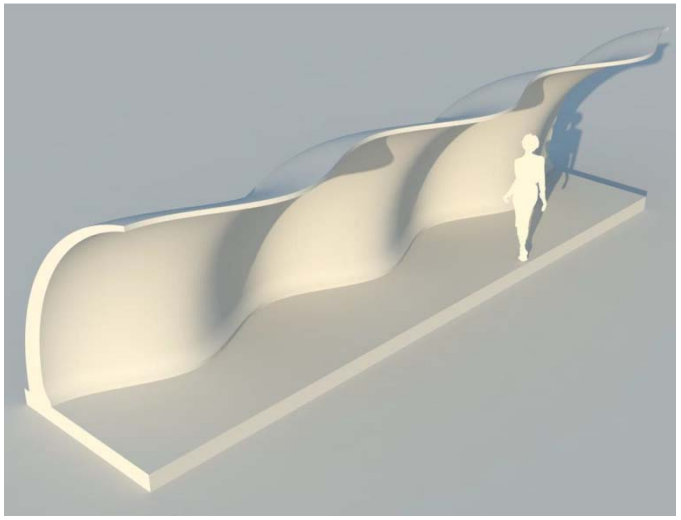
- Utförandekrav och kvalitetskontroll behöver utvecklas
- Behöver verifieras för plåttjocklekar och belastningsförhållanden relevanta för broar

Armering i betongkonstruktioner med komplex geometri

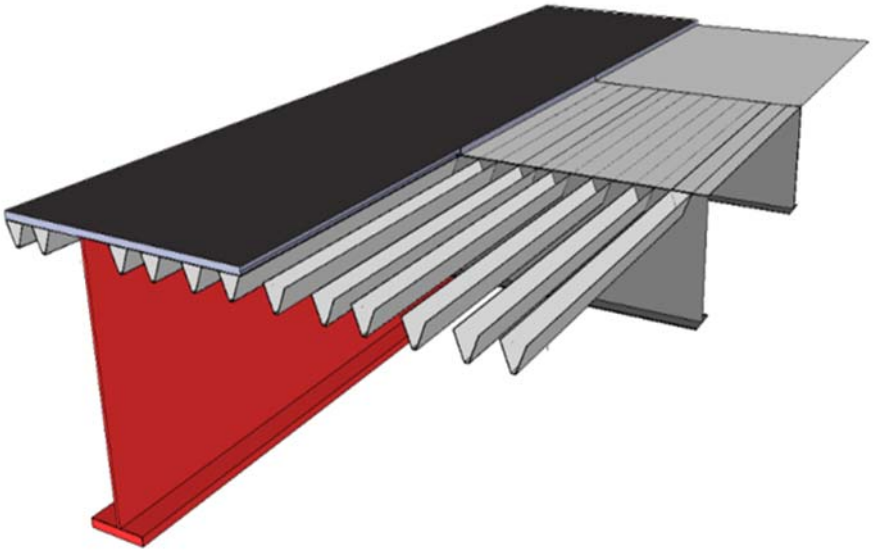
David Fall

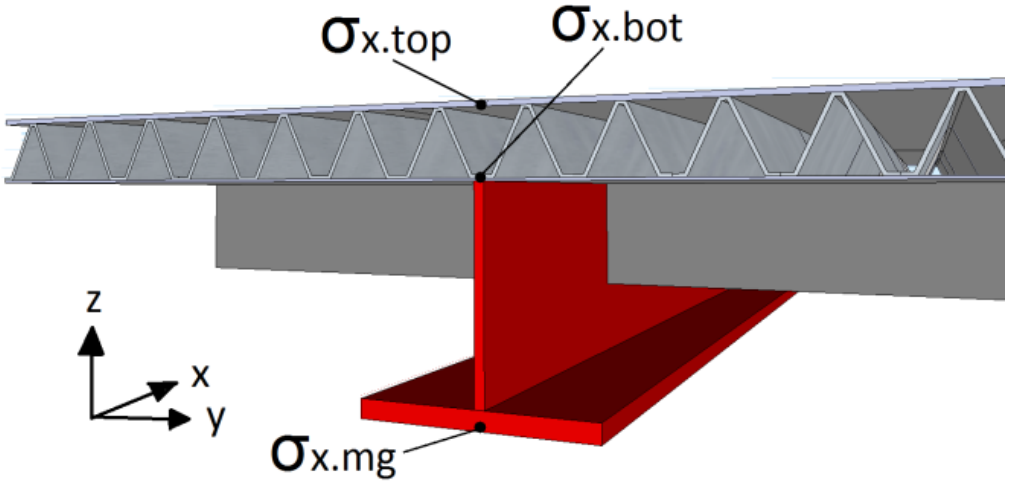


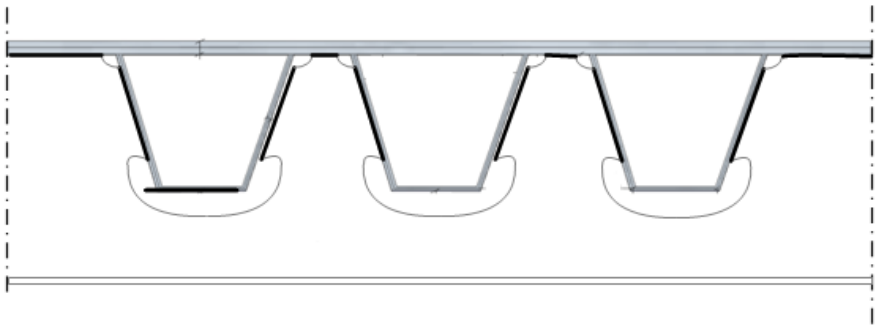
- Del av EU-projekt TailorCrete, industrialiserad tillverkning med robotar
- Rationell dimensionering av konstruktioner med komplex geometri
- Användning av fiberbetong

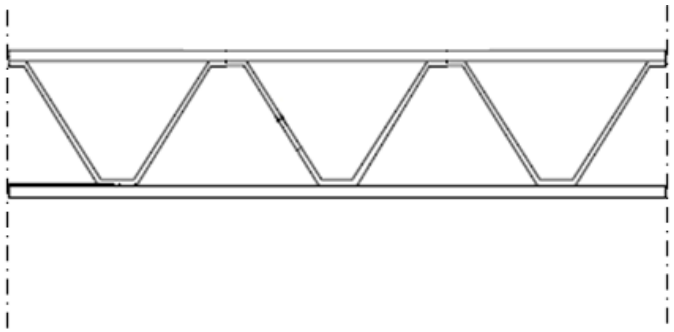


Nya concept
Stålsandwich brodäck









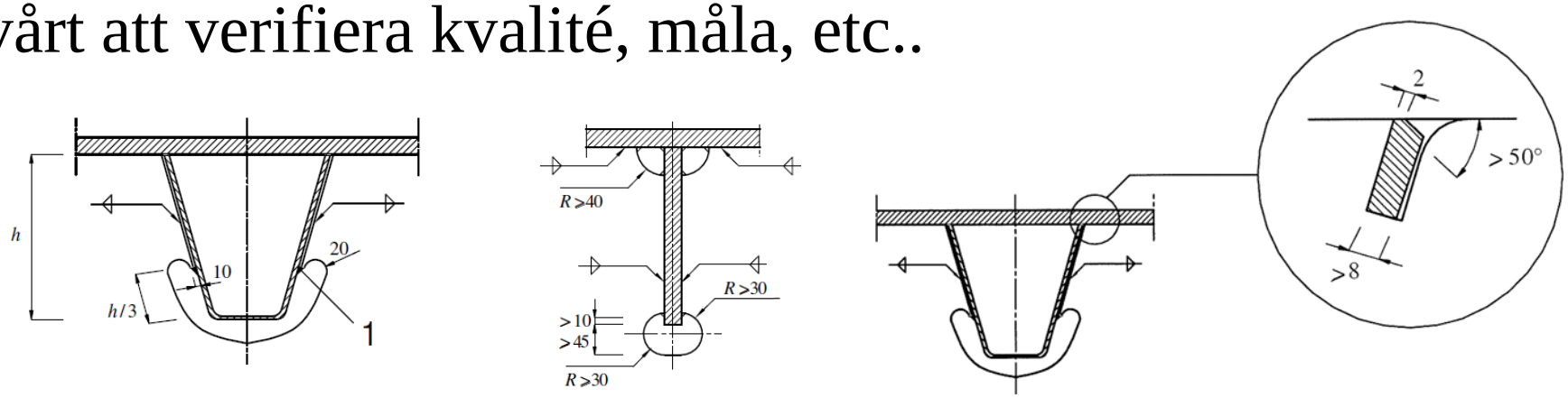
”Konventionell” ortotrop platta

Stålsandwich platta

Nya concept
Stålsandwich brodäck

Ersätter ortotropa brodäck

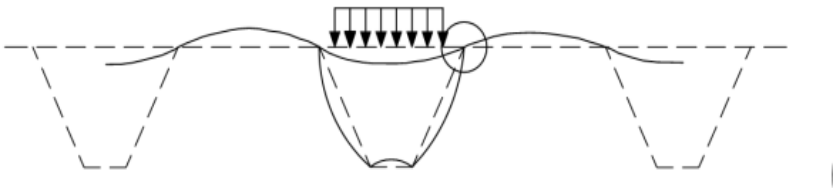
- Hög produktionskostnad
- Komplexa detaljer
- En hel del manuell svetsning
- Svårt att verifiera kvalité, måla, etc..

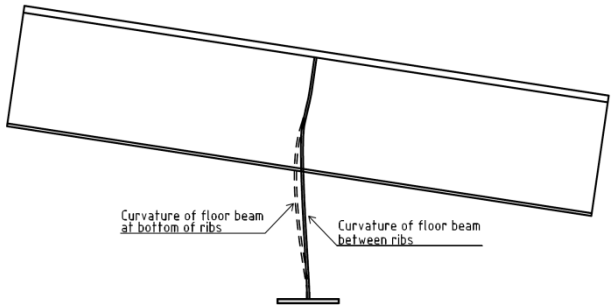


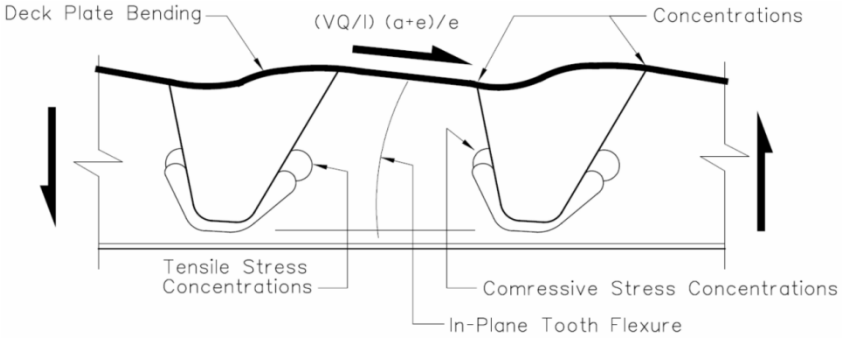
Nya concept
Stålsandwich brodäck

Ortotropa brodäck

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

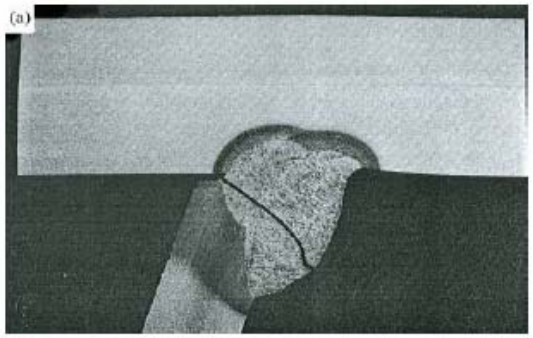


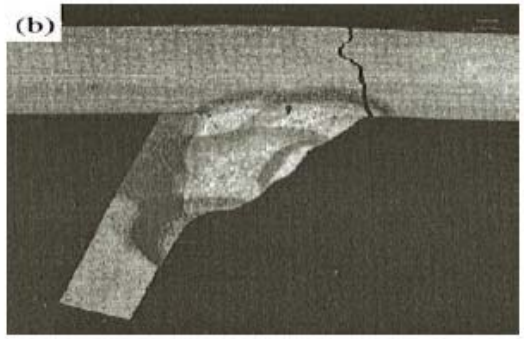




Nya concept
Stålsandwich brodäck

Ortotropa brodäck

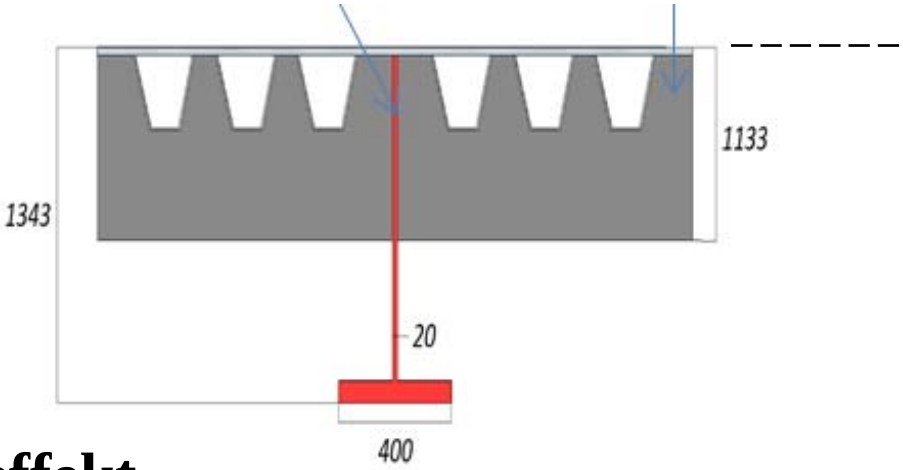




Utmattningskänsliga detaljer

Problem med beläggning

Sandwich element av stål - Fallstudie



Snöbolleffekt ….

- ”Plate action” i två riktningar
- Högre böjstyvhet (x2)

→ varannan tvärbalk sparas!

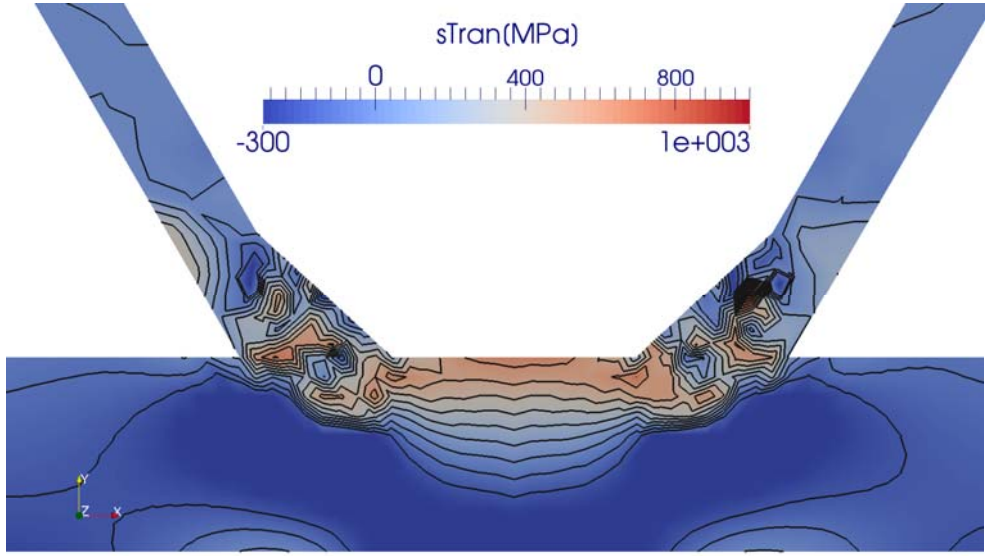
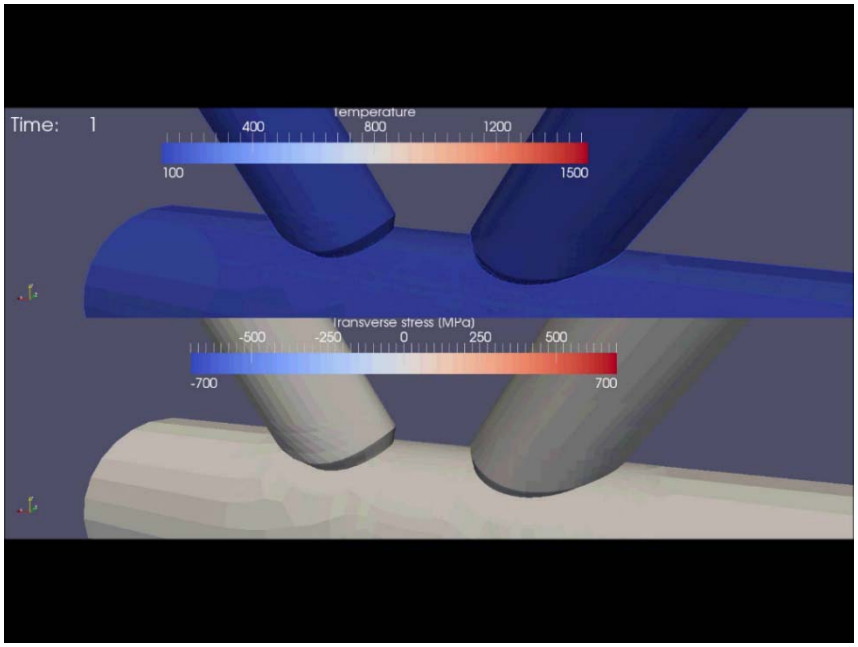
- Större effektivbredd (x2)
- Högre axial- och skjuvstyvhet

→ Bättre material utnyttjande

- Bättre utmattningshållfasthet och lägre lokala spänningar

Vikt och materialbesparing = 44%

Svetsnings- och tillverkningssimulering

Verktyg för innovativa material och tillverkningsmetoder

- Optimering av svetsparametrer
- ”Engineering” av svetsegenspänningar
- Simulering svetsföljd och produktionssteg