Victoria Falls Bridge

Eftersyn og bæreevnevurdering 2005 og 2016

Bjørn Nordgaard Lassen
(bl@ramboll.dk)

Lars Christensen
(lac@ramboll.dk)

RAMBOLL

Indhold

- **Historie**
- **Broens konstruktion**
- **Opgaven**
- **Resultater**
- **Perspektiver**

RAMBØLL

Historie

1855

Livingstone opdager Victoriafaldene

RAMBØLL

Historie

Slutningen af 1800-tallet:

Britisk forretningsmand, Cecil Rhodes, tager initiativ til Cape-Cairo Railway.

Rhodes var meget aktiv i koliniseringen af det sydlige Afrika. Rhodesia, nu Zambia og Zimbabwe var opkaldt efter ham.

RAMBØLL

Historie

1905:

Charles Darwins søn indvier Victoria Falls Bridge som et led i Cape-Cairo Railway

Placeringen af broen valgt af hensyn til oplevelsen

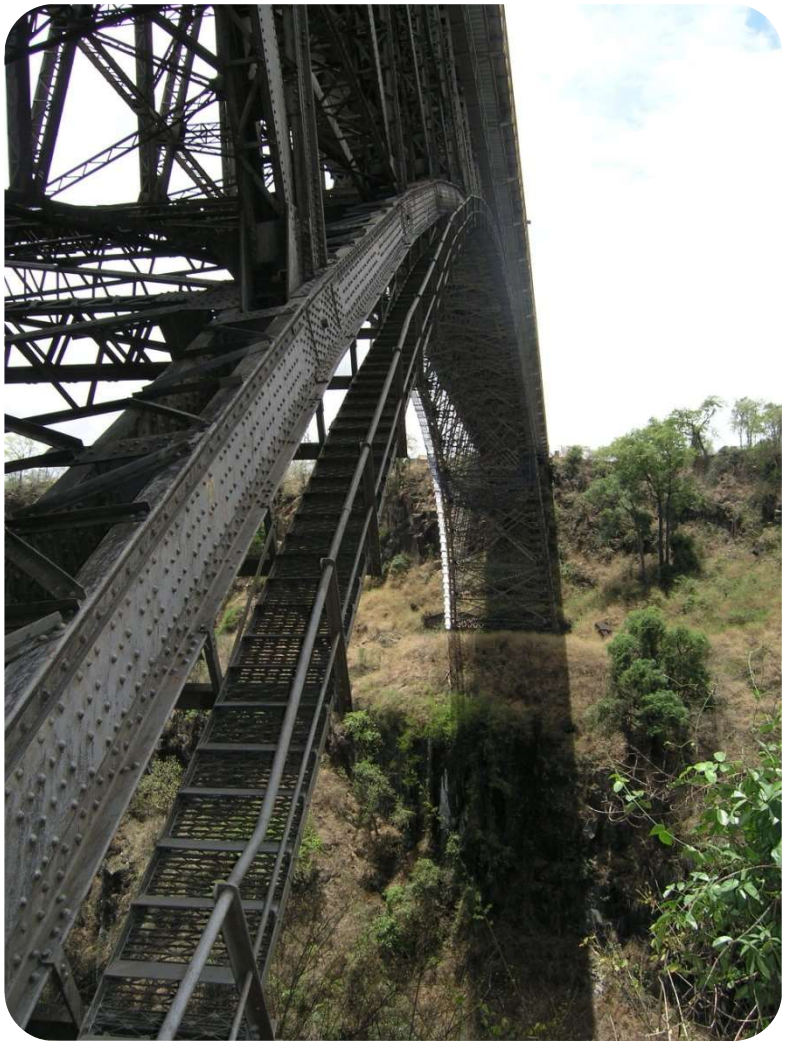
RAMBØLL

Historie

2004:

Et ingeniørfirma siger om fremtidsudsigterne for broen:

Stålbroer som Victoria Falls Bridge har en levetid på 100 år.



RAMBØLL

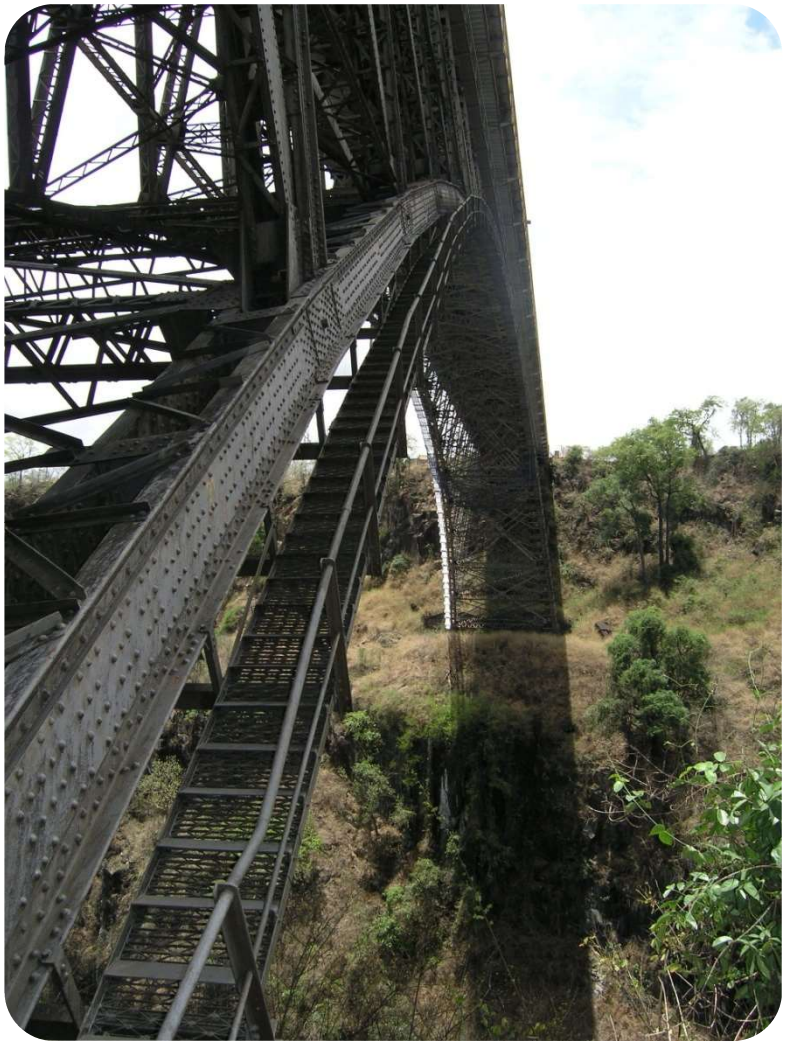
Historie

2004:

Et ingeniørfirma siger om fremtidsudsigterne for broen:

Stålbroer som Victoria Falls Bridge har en levetid på 100 år.

Den er nu 99 år, så den er gruelig gal



Historie

2004:

Et ingeniørfirma siger om fremtidsudsigterne for broen:

Stålbroer som Victoria Falls Bridge har en levetid på 100 år.

Den er nu 99 år, så den er gruelig gal.

På den anden side findes der i New York en stålbro som er over 120 år, så måske går det alligevel.

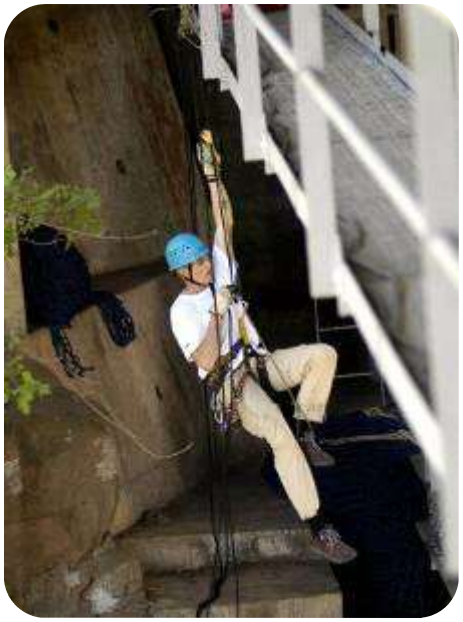
RAMBØLL

Historie

2005: Rambøll efterser broen og vurderer dens bæreevne

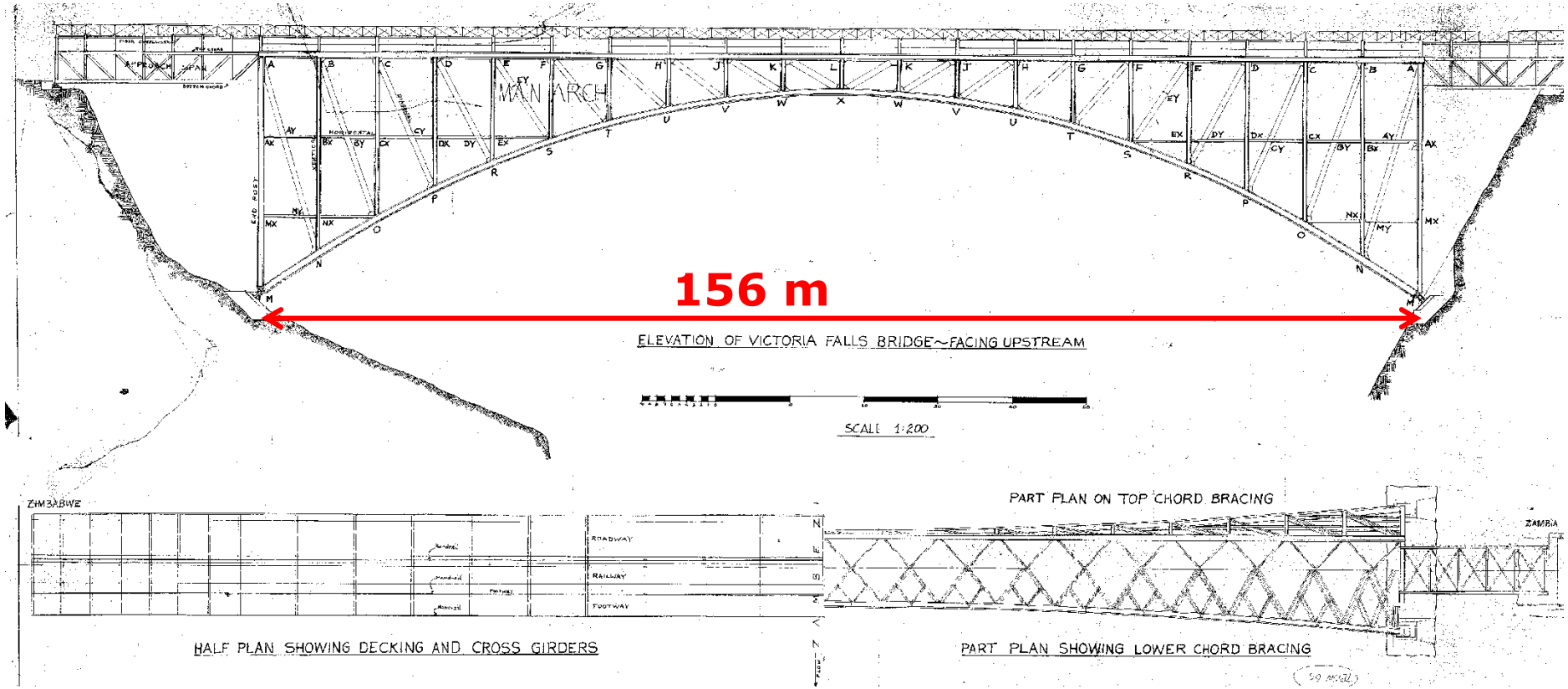
2016: Rambøll opdaterer eftersyn og vurderinger

2105: Broen fejrer sin 200 års fødselsdag – sund og rask



RAMBØLL

Konstruktion



RAMBOLL

111 m ned

RAMBOLL

Konstruktion

Konstruktionen er designet og fabrikeret i England af *Cleveland Bridge and Engineering Company*

Chefdesigner var Ralph Freeman, der også stod for Sidney Harbour Bridge

Det statiske system og detaljerne er yderst fornuftigt opbygget

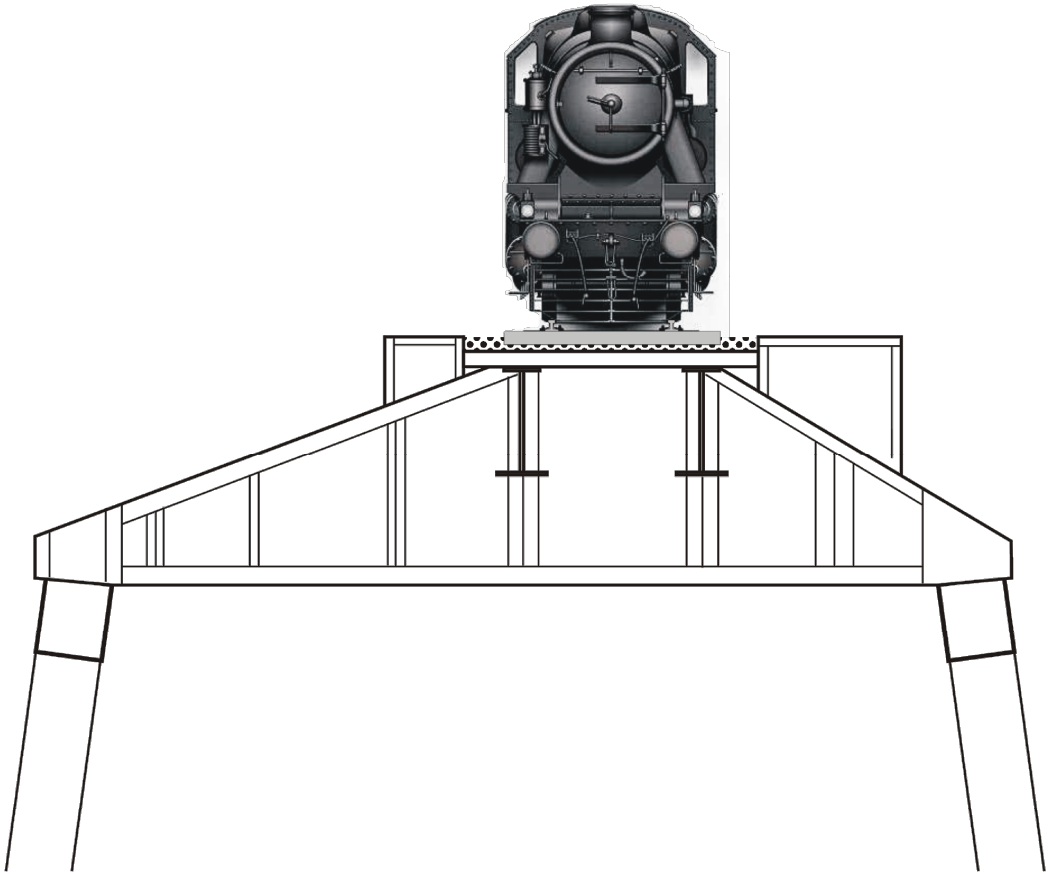
RAMBØLL

Konstruktion

Prøvesamlet i England, adskilt og transporteret til stedet med skib og jernbane

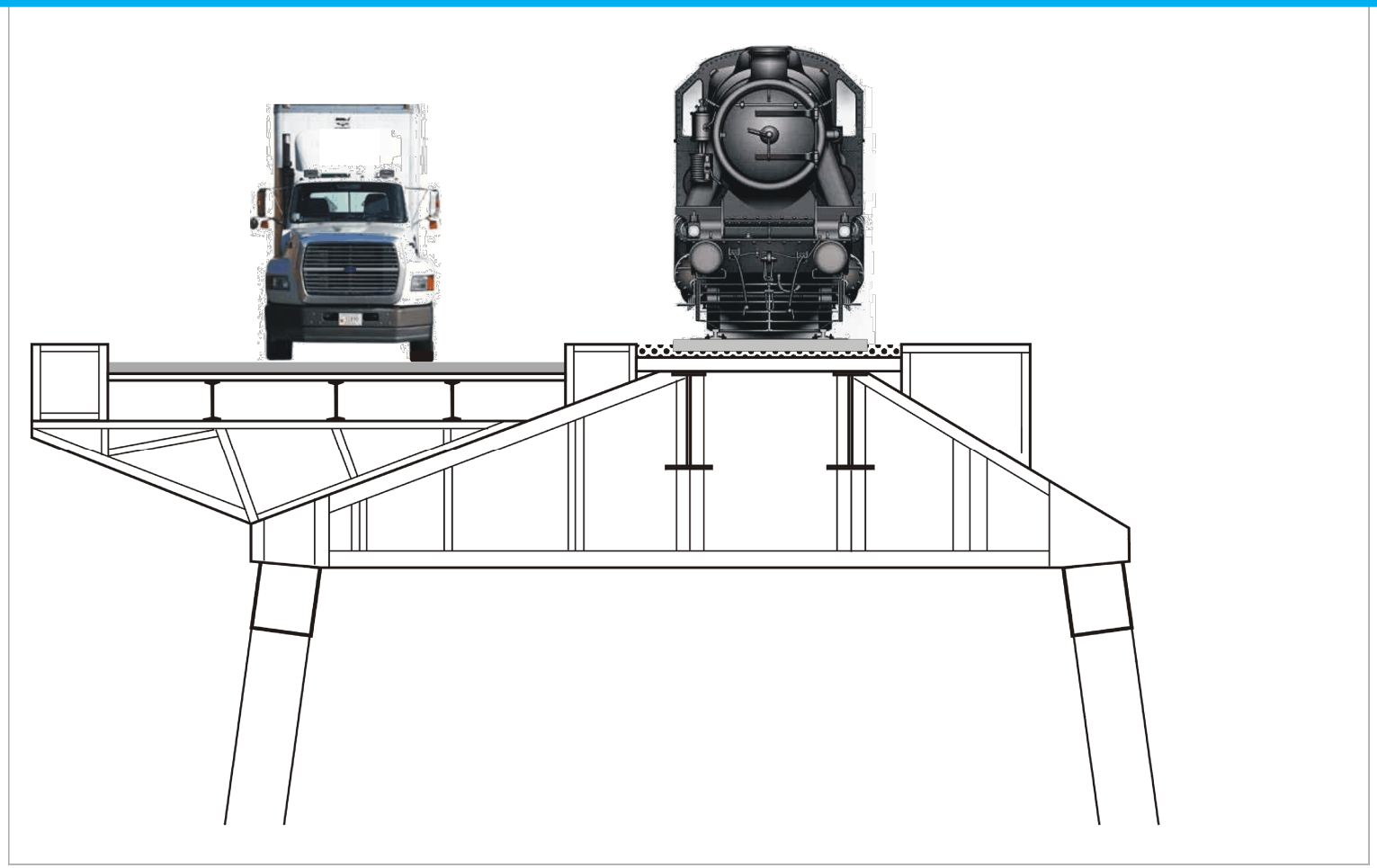
Opført ved fri frembygning fra begge sider

Konstruktion:
I 1929 ombygget fra to jernbanespor til ét



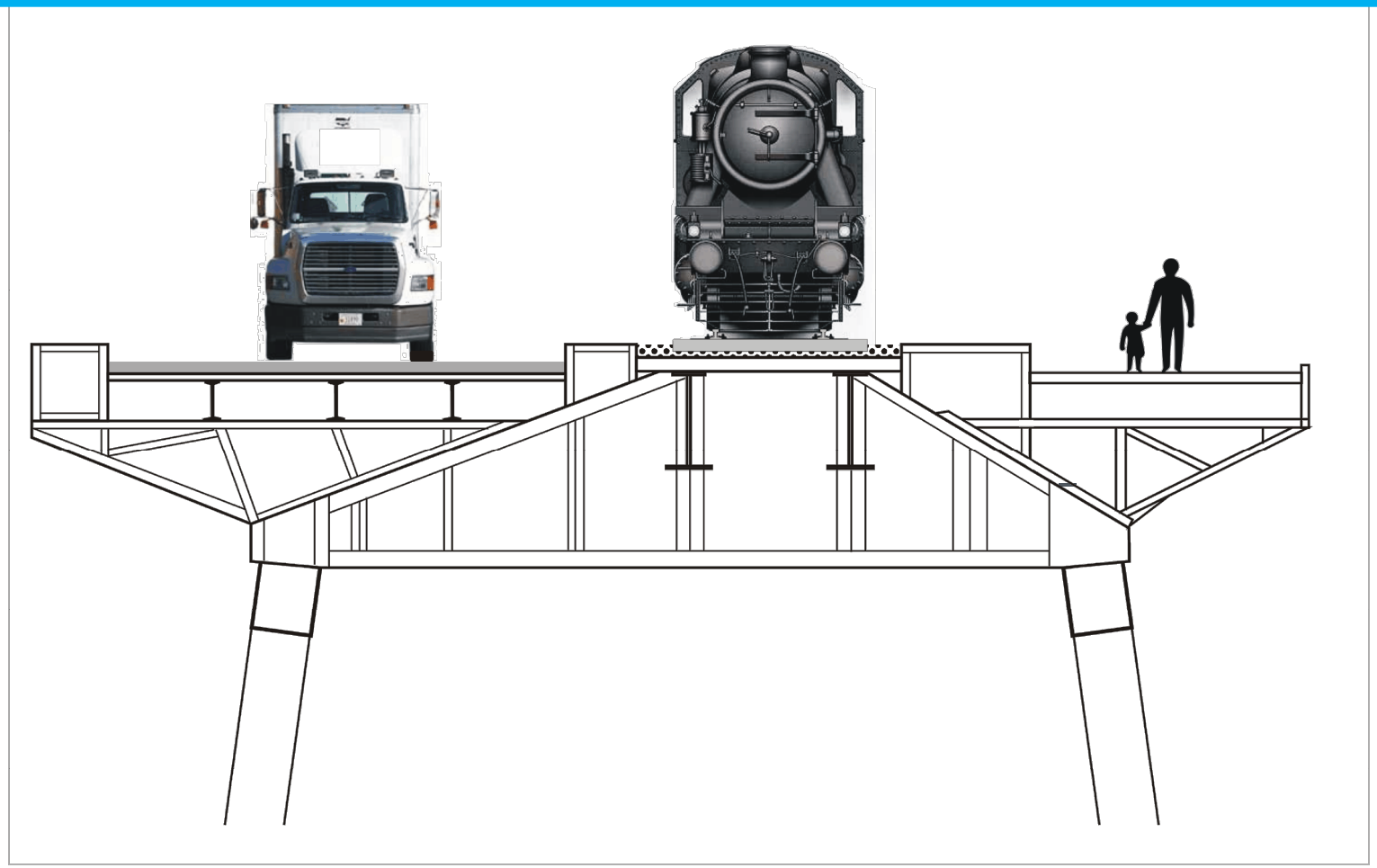
RAMBØLL

Konstruktion:
Plus vejbane



RAMBØLL

Konstruktion:
Plus cykelsti / fortov



RAMBØLL

Vores opgave

- Visuelt eftersyn (generaleftersyn) af alle dele inkl. klipperne
- Bæreevneberegning
- Specielle inspektioner og prøvning
- Indstillinger (kortsigtet og langsigtet vedligeholdsprogram)
- Projekt for konkrete reparationer

RAMBØLL

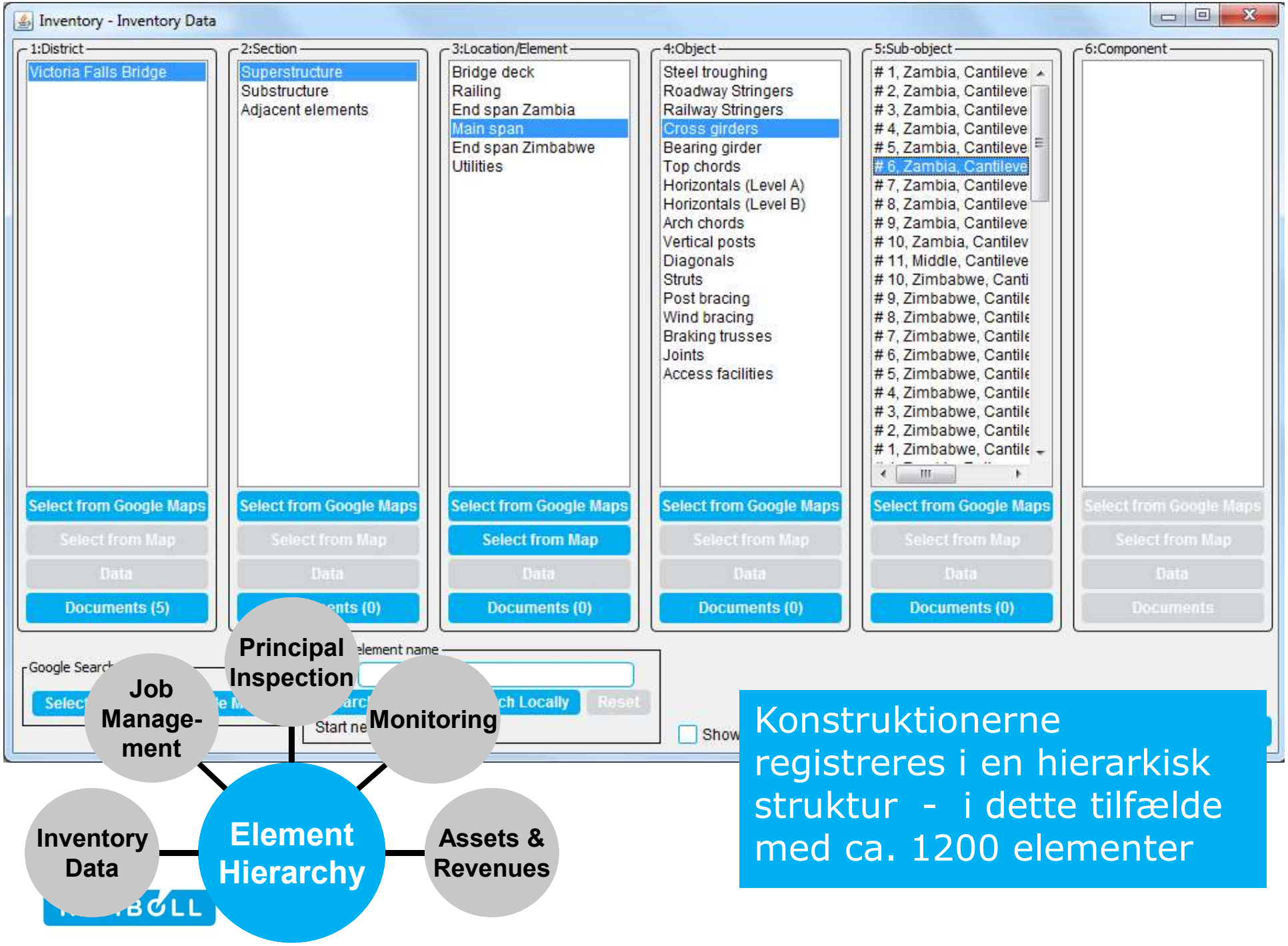
Visuelt eftersyn rapporteret i SMART Bridge

RAMBOLL

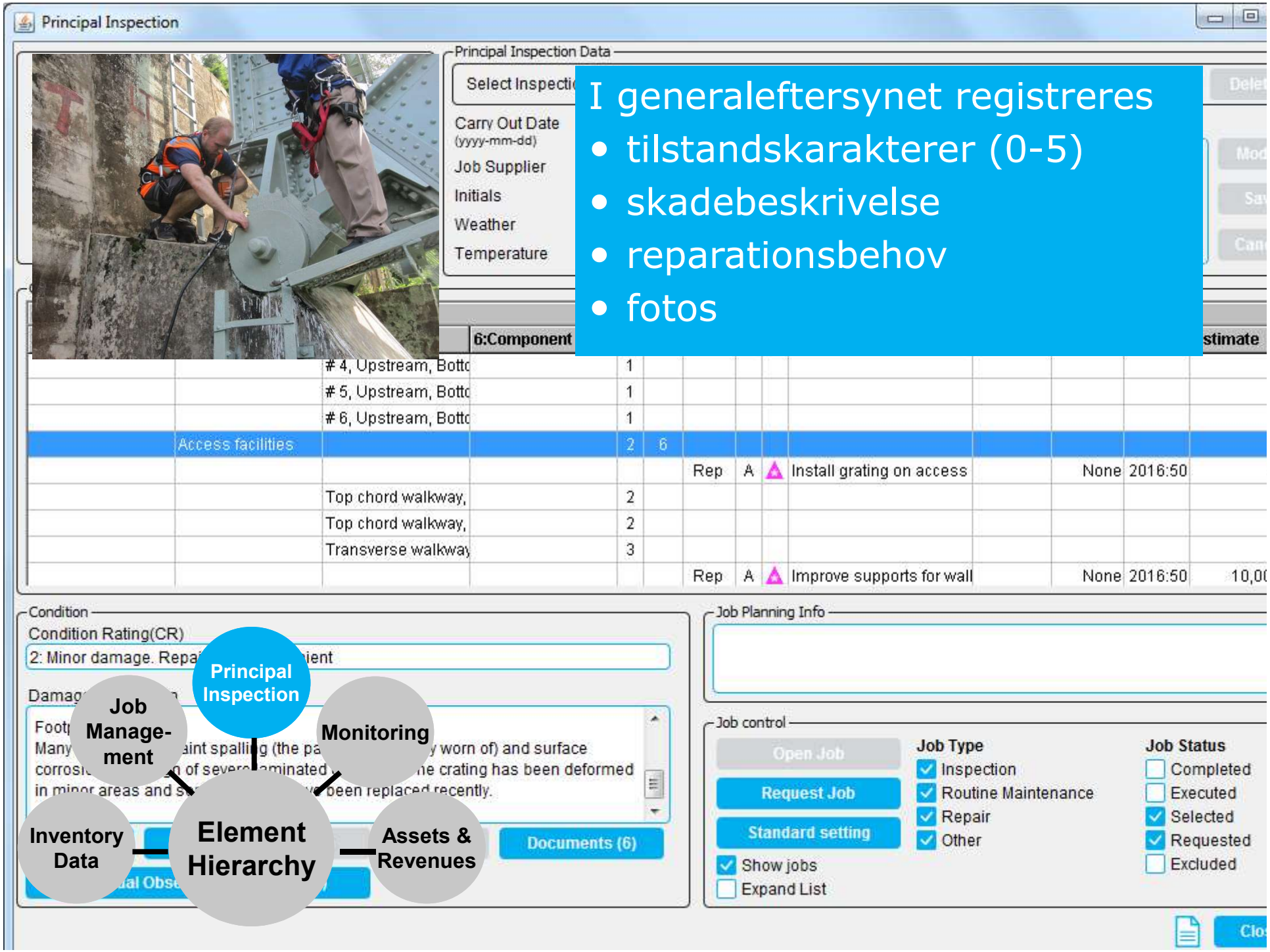
Registrering i SMART Bridge

- Alle konstruktionsdele registreret
- Tilstandskarakterer, skadebeskrivelse og fotos registreret på ca. 1200 elementer
- Detaljeringsgrad: et element er f.eks. en knude eller en gitterstang mellem to knuder
- Resultat:
  - eftersynsrapport
  - oversigt over tilstandskarakterer
  - Vedligeholdsprogram
  - Projekt for enkelte reparationer
  - langtidsbudgetter
  - værktøj til fremtidig styring

RAMBØLL



Konstruktionerne registreres i en hierarkisk struktur - i dette tilfælde med ca. 1200 elementer

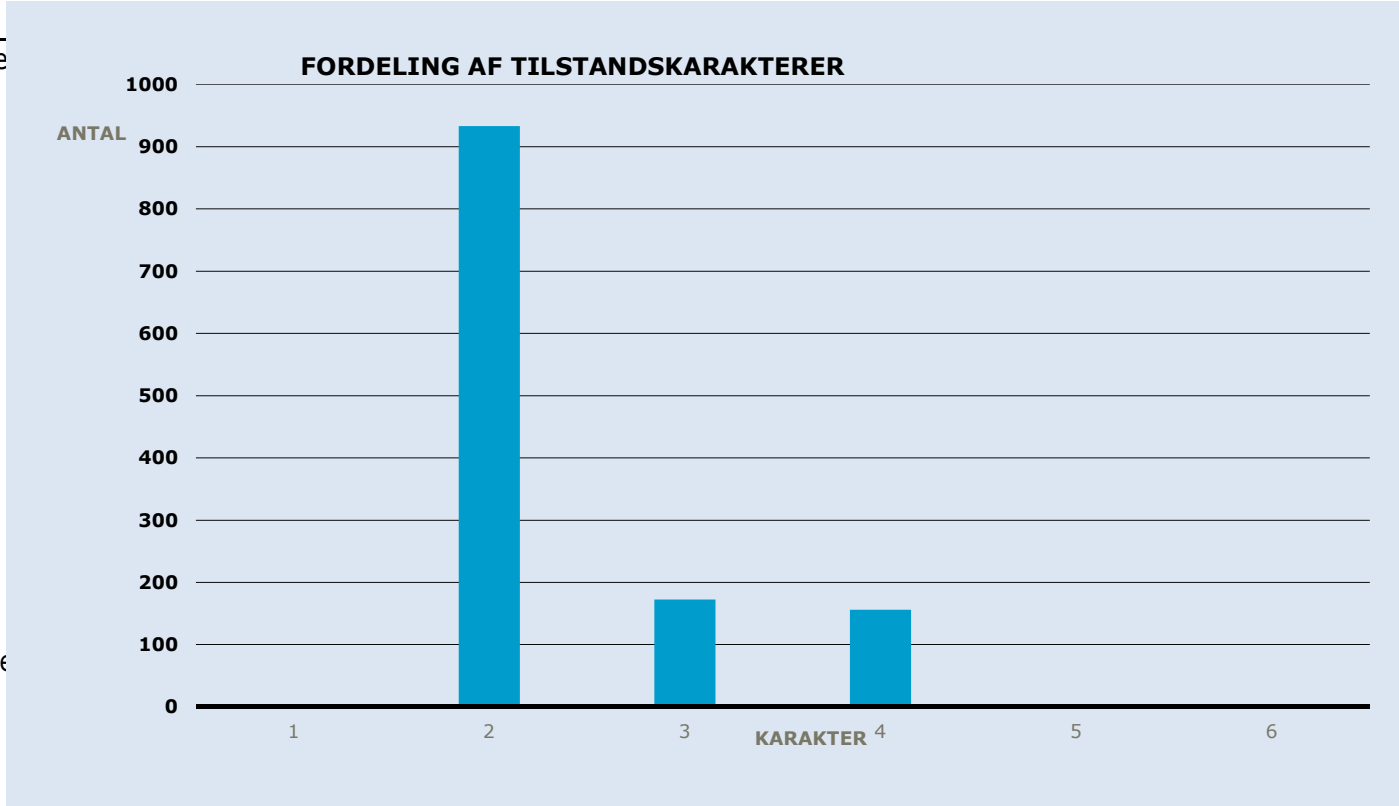


I generaleftersynet registreres

- tilstandskarakterer (0-5)
- skadebeskrivelse
- reparationsbehov
- fotos

Fordeling af tilstandskarakterer

Section	Object type	Sub-object type	No. of	0	1	2	3	4	5
Superstructure									
Substructure									
Adjacent eleme									
		Road Signs	2			2			
		Railing	2		1		1		
		All assessed elements	**1261**	**0**	**933**	**172**	**156**	**0**	**0**



Skader og fejl

- Hovedkonstruktionen
  - Ingen væsentlige skader
  - En del overfladekorrosion

- Ingen væsentlig ændring af den generelle tilstand siden 2005, hvilket primært tilskrives det regelmæssige maleprogram

RAMBØLL

Skader og fejl

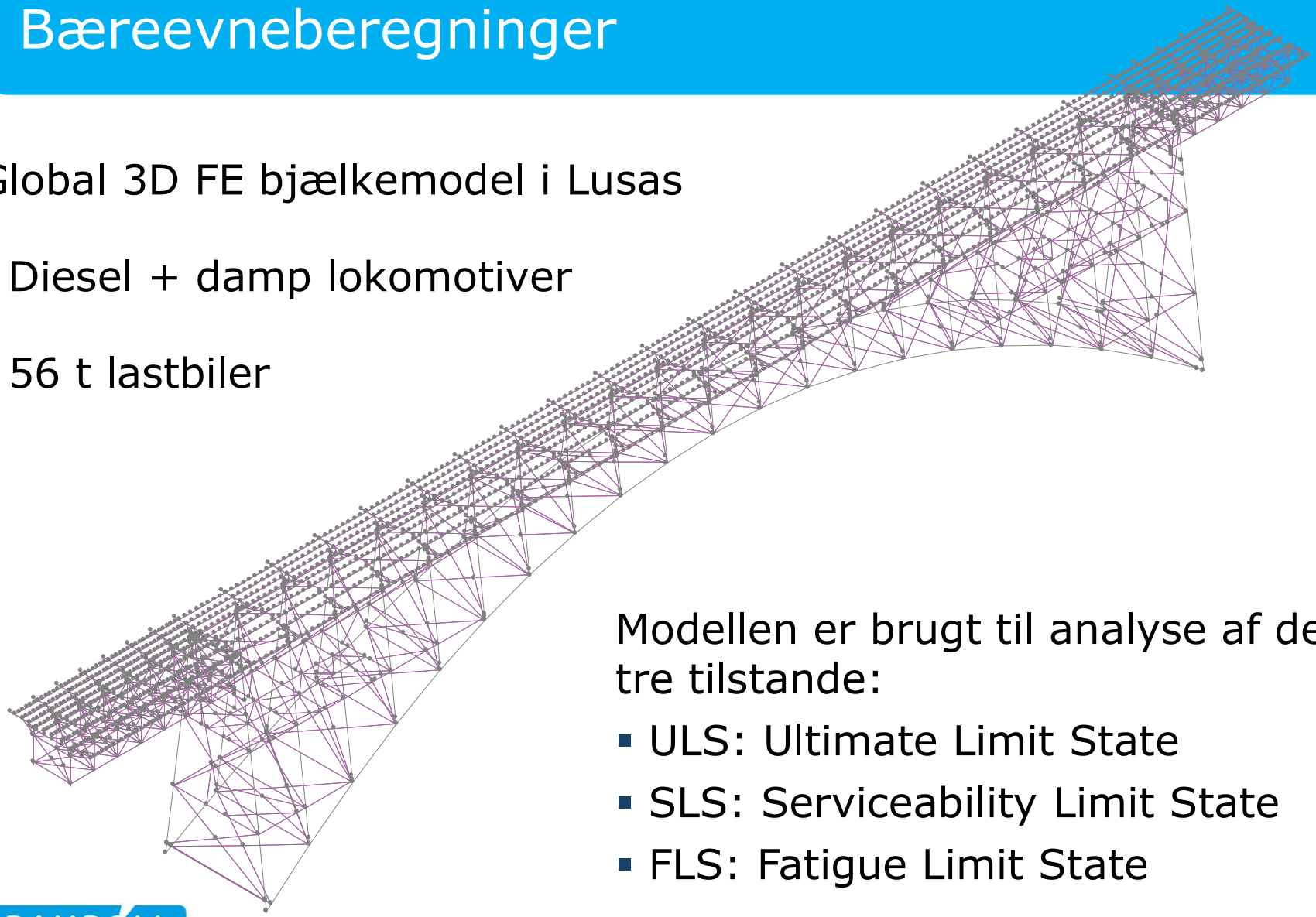
- ”Overbygningen” (Tværbjælker, sekundære længdedragere, dæk)
  - Enkelte tilfælde af dårligt design
  - En del korrosion pga. dårlige afvandingsforhold
  - Nogen overfladekorrosion
  - Underdimensionering af kantbjælker

RAMBØLL

Bæreevneberegninger

Global 3D FE bjælkemodel i Lusas

- Diesel + damp lokomotiver
- 56 t lastbiler



Modellen er brugt til analyse af de tre tilstande:

- ULS: Ultimate Limit State
- SLS: Serviceability Limit State
- FLS: Fatigue Limit State

RAMBØLL

Bæreevneberegninger

Stålprøver (profiler og nitter) er testet for at verificere beregningsgrundlaget.

Resultaterne er flotte og meget ensartede:

Flydespænding 240-280 MPa

Brudstyrke 400-475 MPa

Brudforlængelse 30-40%

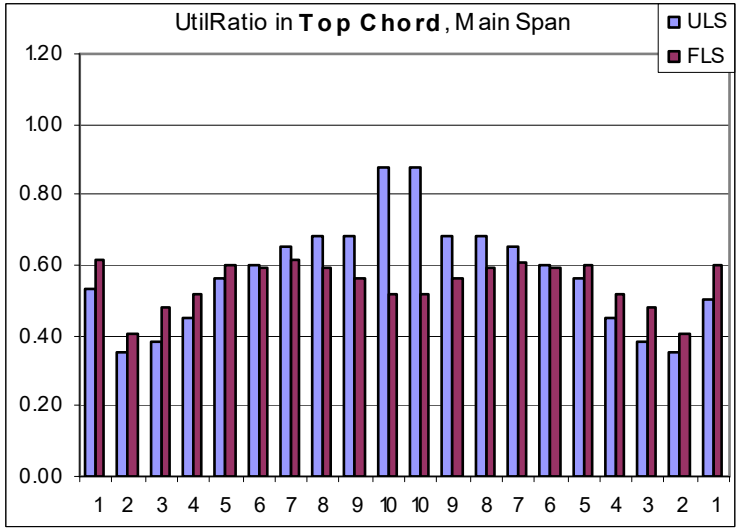
Hvilket er fuldt acceptabelt

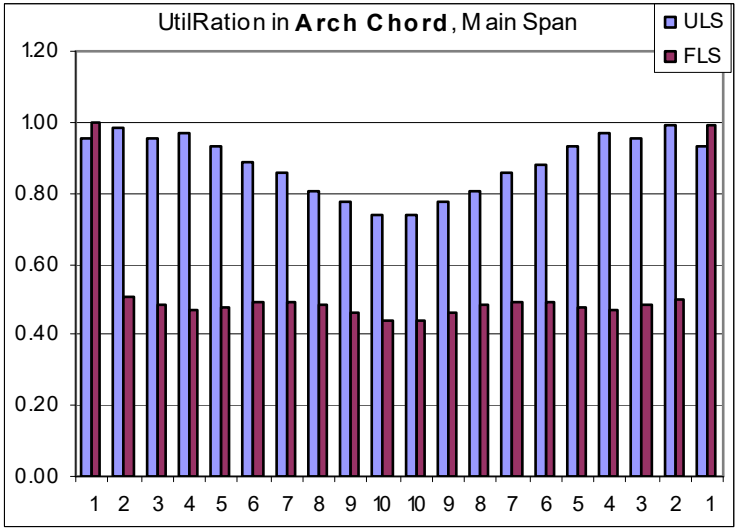
RAMBØLL

Bæreevneberegninger

Udnyttelsesgrader, brud og udmattelse beregnet iht. BS 5400

Hovedkonstruktionen er i god stand – de primære problemer ligger i dækkonstruktionen





Brud

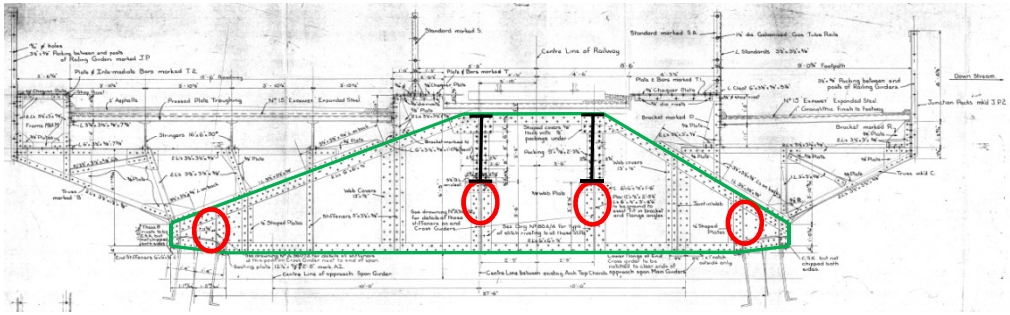
Udmattelse

RAMBØLL

Bæreevneberegninger, problemområder

Skrå bremsedragere med uheldigt design ved samlingerne i enderne:

Løsning: Udskifte til et bedre design



RAMBØLL

Bæreevneberegninger, problemområder

Udmattelsesstyrken af jernbanedragere i enkelte fag er beregningsmæssigt ved at udløbe

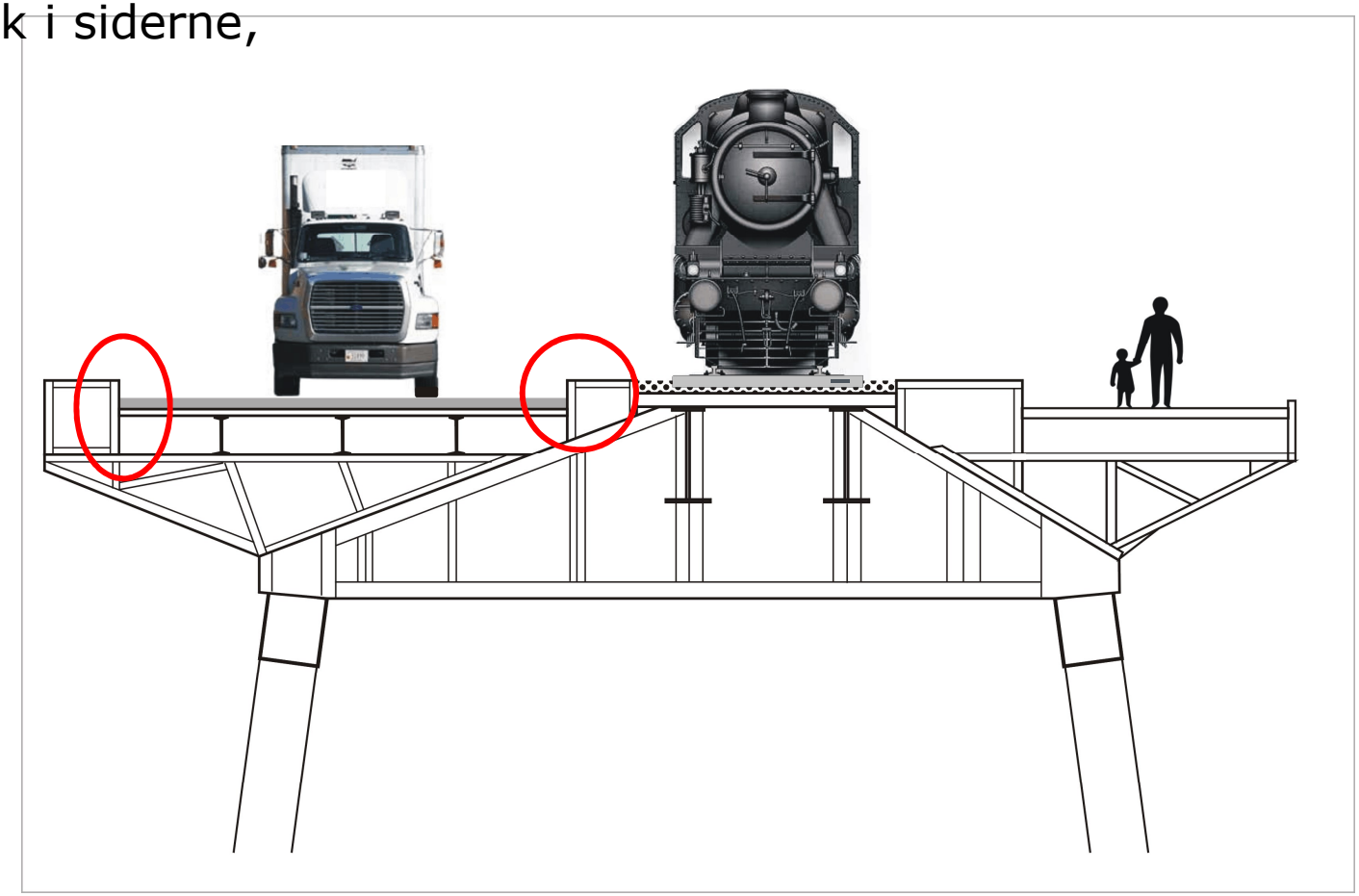
Løsning:

Inspektionsprogram i kritiske områder på de kritiske dragere

RAMBØLL

Bæreevneberegninger, problemområder

Kantdragere der understøtter vejbanens trug-dæk i siderne, er for svage



RAMBØLL

Bæreevneberegninger, problemområder

Kantdragere der understøtter vejbanens trug-dæk i siderne, er for svage

Løsning:

Hold trafiklasten væk fra kanterne med betonklodser - Der er plads til det

RAMBØLL

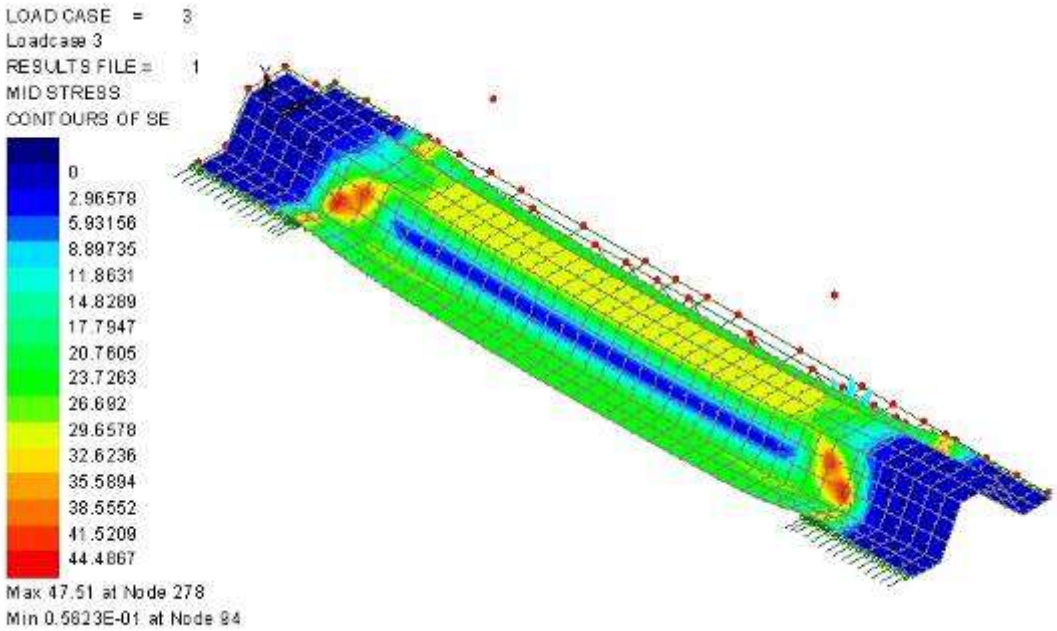
Bæreevneberegninger, problemområder

Bæreevnen af jernbanedækkets trug er afhængig korrosion samt svellernes evne til at fordele lasten

Nuværende tilstande giver tilstrækkelig bæreevne

Løsning:

- Mål tykkelse af trug jævnligt
- Efterse sveller og ballast



RAMBØLL

Bæreevneberegninger, udmattelse

Structural element(s)	Year for expiry of functional life
Main superstructure including bracing	2100
Cross girders, main bridge	2100
Cross girders, end spans	2100
Railway stringers, main bridge	2100
Railway stringers, end spans	About to expire (+)
Railway troughs	2100 (+)
+ routine inspections proposed	
Roadway cantilever brackets	2100
Roadway stringers, main bridge	2100
Roadway, concrete and deck structure	2100

RAMBØLL

Konklusioner

Broen er sund og stærk og holder de næste 100 år

Begrænsningerne for vej- og togtrafik kan lempes betydeligt

RAMBØLL

Perspektiver

- **For kunden:**
  - **Broen kan holde mange år endnu, så det kan betale sig at investere i vedligehold**
  - **Der er etableret et godt grundlag og et system til administration af det fremtidige vedligehold**
- **For lokalsamfundet:**
  - **Lastbiltrafik kan genoptages i fuldt omfang**
- **For verden:**
  - **Et historisk monument kan bevares intakt og i fuld funktion i mange år fremover**

Tak for opmærksomheden---