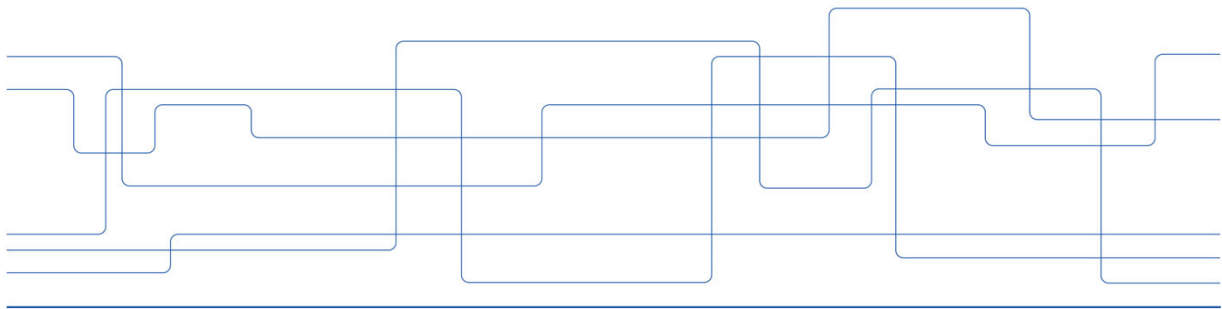




## Sensorbaserad utvärdering av broars verkningsätt, tillstånd och skador

Raid Karoumi & John Leander, *avdelningen för bro- och stålbyggnad*



## Innehåll

- Introduktion
- Sensorer, mätsystem och verktyg för beslutsstöd (app)
- Exempel från projekt
- Sensorbaserad tillståndsbedömning
- Sammanfattning & slutord



## Introduktion – varför mätningar?

- Vårt brobestånd är relativt gammalt med många broar som passerat 100 års livslängd (särskilt järnvägsbroar).
- Konsekvensen är att kostnaderna för drift och underhåll ökar stadigt. Ökad trafikvolym gör det svårt att få tid att underhålla.
- Trafikverket spenderar ca 1,3 miljarder per år på brounderhåll.
- Med fältmätningar kan broars tillstånd bedömas mer effektivt och reducera antalet inspektioner – som i förlängningen kan bidra till förlängd livslängd.



Sikåsan 1911.



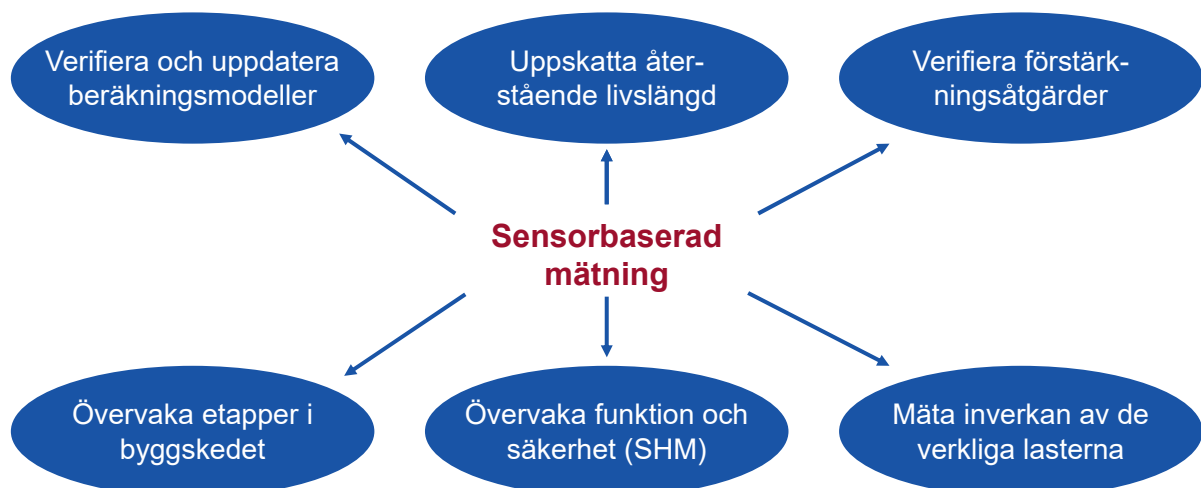
Angermanälven vid Forsmo 1911.



Skurubron 1915 (1957).



## Introduktion – varför mätningar?





## Introduktion – typiska broskador

Vanligt förekommande skador i lastbärande delar:

- Betongbroar – nedbrytning av betongen och korrosion av armeringen.
- Stålbroar – korrosion och utmattningskador.
- Nötning av lager och övergångskonstruktioner.
- Förlust av spännkrafter – i Sverige finns ca 1 650 förspända betongbroar.
- Påkörningskador
- Stödsättningar
- ...



## Introduktion – forskning på KTH brobyggnad

Övergripande mål:

*Utveckla integrerade system för övervakning, dataöverföring, tillståndsbedömning och beslutsstöd för kritiska broar.*

Omfattar:

- Konventionella sensorer.
- Data från drönare.
- Trådlösa sensornätverk med integrerad energiförsörjning.
- Molnbaserade tjänster för infrastrukturförvaltning.
- Tillståndsbedömning, skadedetektering och beslutsstöd.

Projekt finansierade genom:

*Vinnova, InfraSweden2030, In2Smart, In2Track, Trafikverket och Trafikkontoret*

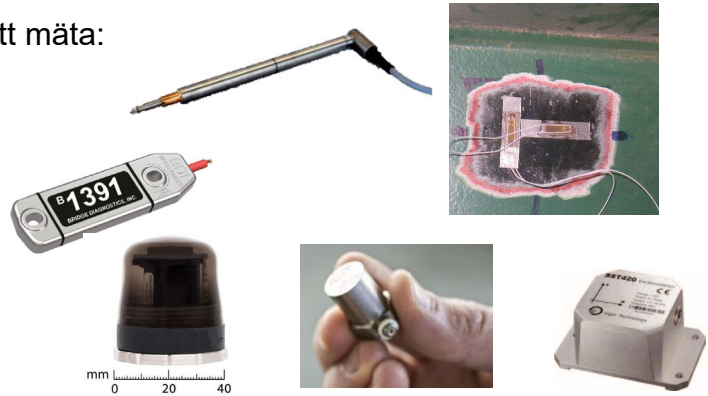




## Sensorer och mätsystem

Vi behöver sensorer för att mäta:

- Förskjutningar
- Töjningar
- Rotationer
- Accelerationer
- Krafter
- Korrosion
- Temperatur
- ...



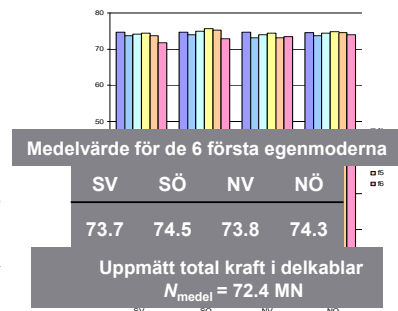
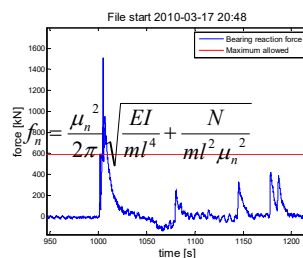
Flera olika typer → kräver bestämning av mätintervall, känslighet etc.  
Givarna kan vara trådade eller trådlösa.



## Sensorer och mätsystem

Data från sensorerna används för...

- Förskjutningssensorer → direkt användbara resultat.
- Töjningar → direkta spänningsnivåer och indirekta laster.
- Accelerationer → direkta rörelseindikationer och indirekta egenfrekvenser, kabelkrafter, dämpning etc.





## Exempel på projekt



Högakustenbron



Nya Årstabron



Essingebroarna



Älvsborgsbron



Nya Svinesundsbron



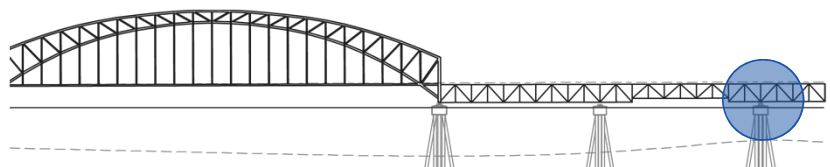
Gamla Lidingöbron

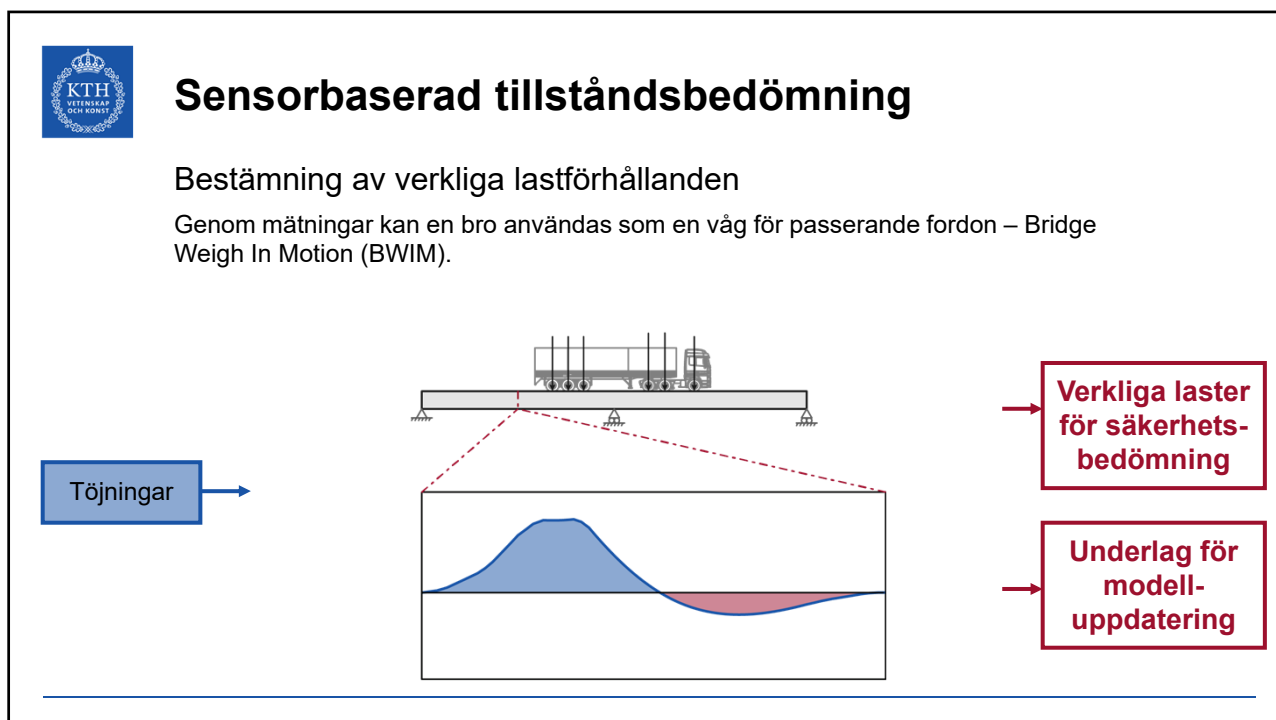
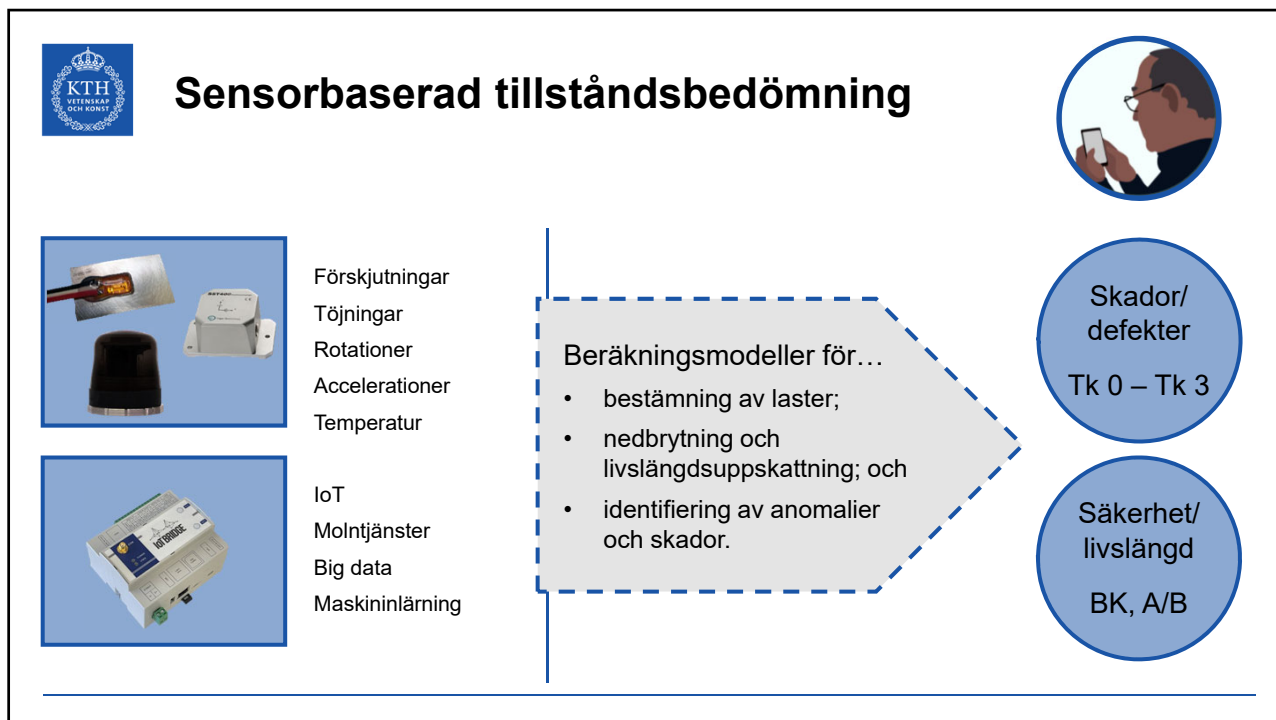


Ölandsbron



## Exempel på projekt – Gamla Lidingöbron

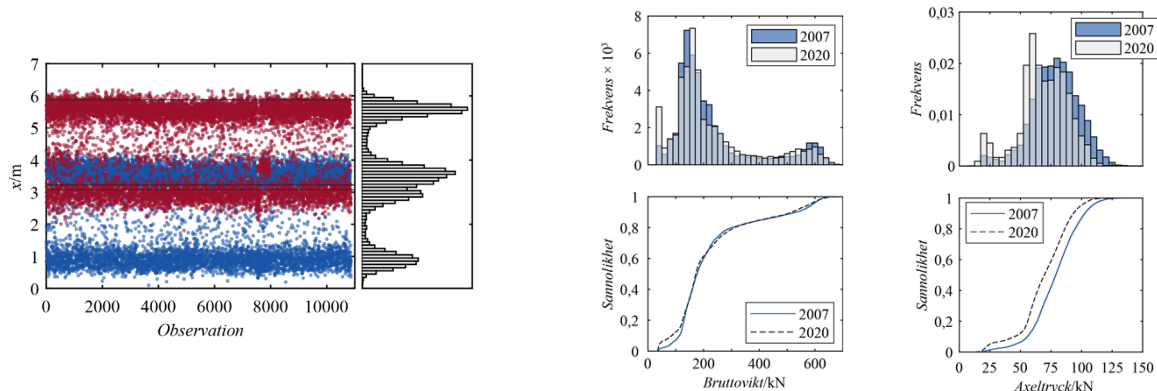






## Sensorbaserad tillståndsbedömning

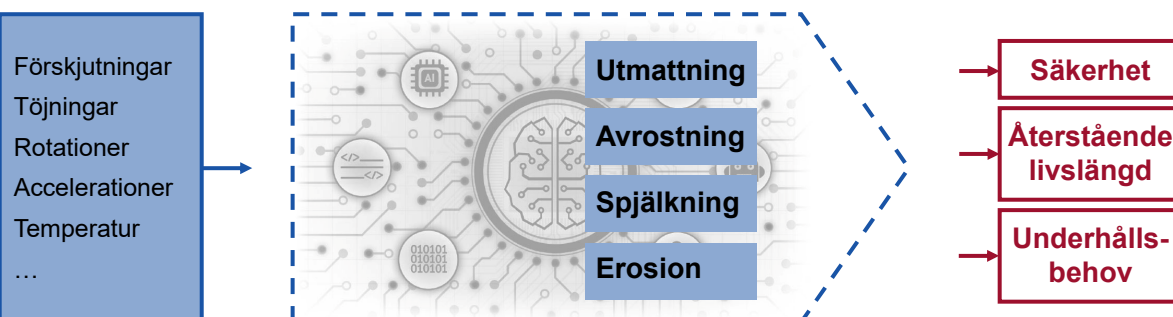
Bestämning av verkliga lastförhållanden – Exempel  
Ölandsbron



## Sensorbaserad tillståndsbedömning

Nedbrytning och livslängdsuppskattning

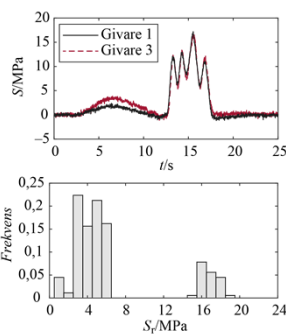
Mätningarna registrerar verklig lastrespons under tiden för mätning men visar inte den faktiska nedbrytningen – varken historisk eller framtida.





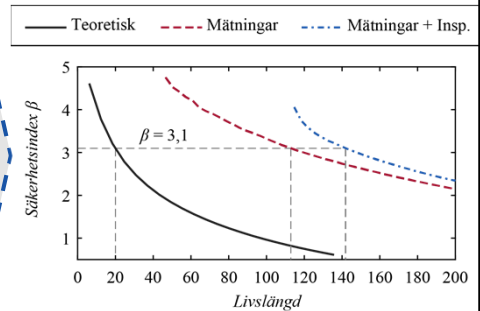
## Sensorbaserad tillståndsbedömning

Nedbrytning och livslängdsuppskattning – Exempel  
Gamla Lidingöbron



Brottmekanisk sannolikhetsbaserad modell för kombination av ...

- utmattning;
- korrosion; och
- inspektioner.



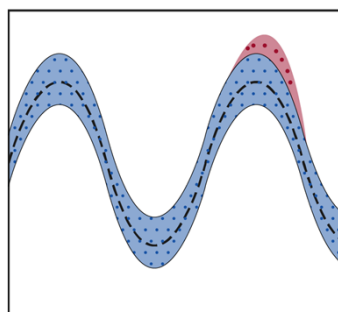
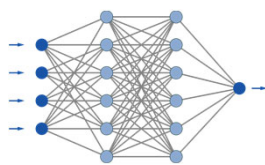
## Sensorbaserad tillståndsbedömning

Identifiering av skador och anomalier (skadedetektering)

Med kontinuerliga/återkommande mätserier kan ett "normaltillstånd" identifieras.

Genom maskinell prediktion och utvärdering av avvikelser kan anomalier (skador) detekteras.

Förskjutningar  
Töjningar  
Rotationer  
Accelerationer  
Temperatur  
...



Säkerhet

Underhålls-  
behov

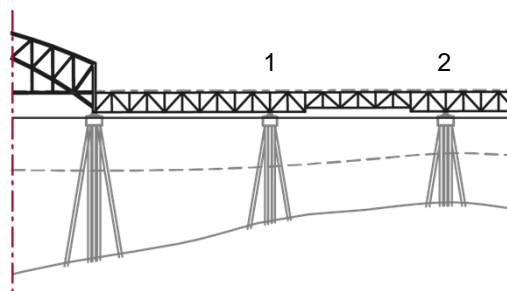
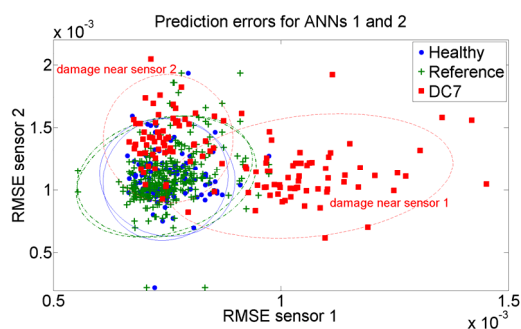




## Sensorbaserad tillståndsbedömning

### Identifiering av skador och anomalier – Exempel

Cláudia Neves avhandling om skadedetektering baserat på accelerationssignaler.



Neves et al., 2019. Application of a model free ANN approach for SHM of the Old Lidingö Bridge. IABSE Symposium 2019.



## Sammanfattning – nytta och utmaningar

### Nytta:

- + Kontinuerlig tillståndsbedömning.
- + Effektivare DoU, minskat antal dyra inspektioner.
- + Alternativ till att reparera/byta ut.
- + Mindre LCC/LCA.

### Utmaningar:

- Många sensorer kan behövas (dyra installationer).
- Relativt korta livslängder för sensorer.
- Mätssystemen kräver underhåll.
- Stora mängder data ska hanteras, lagras och tolkas.
- Tolkningen kräver i regel expertkunskaper.



## Demonstration of App

