

Hålogalandsbrua, hængebrotalternativ

Dansk Brodag 2008

ved

Lars Jensen, COWI A/S

Bjerkvik

Narvik



Hålogalandsbrua, hængebroalternativ

COWI-gruppen:

- **COWI** **ProjeKtleDelse, globalmodel, aerodynamiske analyser, kabelsystem, brodrager, fjeldforankringer, viadukter**
- **Dissing+Weitling** **Arkitekt**
- **Johs Holt** **Tårn**
- **NGI** **Specialist fjeldforankringer og fundering**

Dansk Brodag 2008, præsentation:

- **Opgavens omfang**
- **Broens udformning**
- **Udfordringer (aerodynamik)**

Hålogalandsbrua, opgavens omfang

- Forprojekt (august-oktober 2007):
 - Udarbejdelse af tegninger
 - Udarbejdelse af illustrationer
 - Beregning af mængder
 - Anlægsoverslag indenfor $\pm 10\%$
- Forprojekt for alternativ linieføring med pyloner i søen (nov 2007 - jan 2008)
- Udbudsprojekt (forventes påbegyndt i 2009)

Klient: Statens vegvesen, Region Nord



Hålogalandsbrua, broens udformning

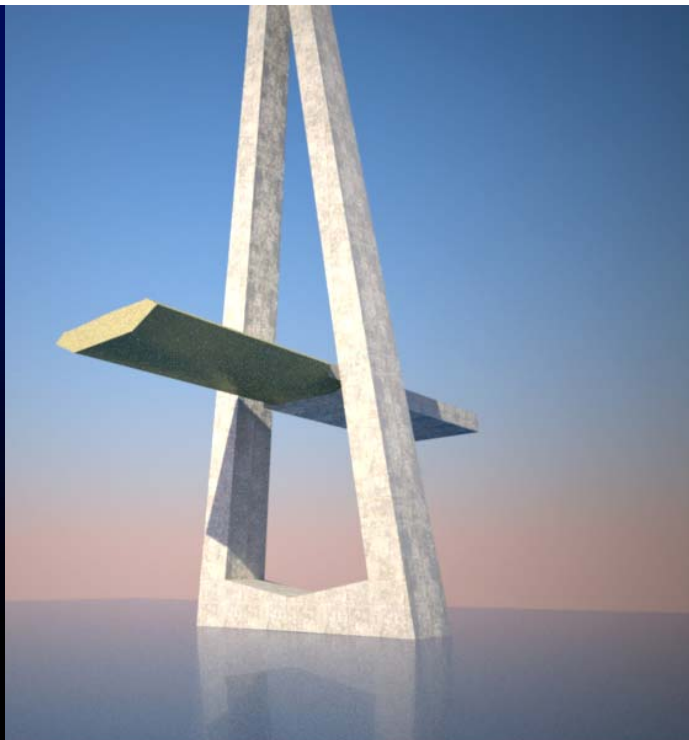
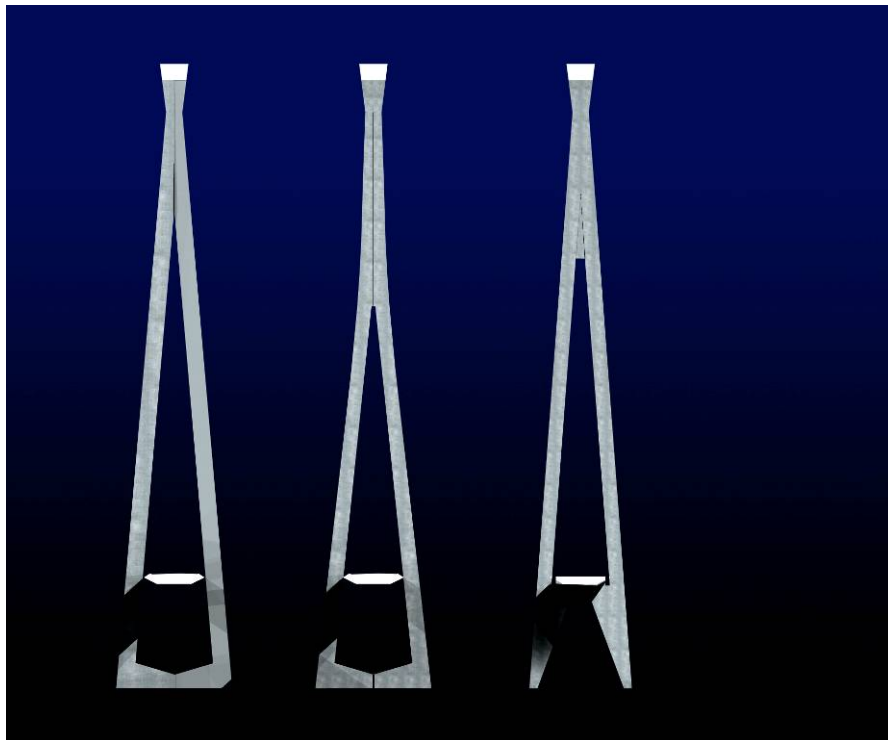
- Mange parter involveret
- Fælles forståelse vigtig
- Bedste løsning - workshop på brostedet:
 - 2-3 dages intensiv konceptudvikling
 - Deltagelse af nøglepersoner
 - Hvorfor på brostedet?
 - Gruppen arbejder uforstyrret
 - Brostedet besigtiges
 - Klienten inddrages

Hålogalandsbrua, æstetik

- Krav om involvering af broarkitekt for at sikre balance mellem:
 - teknik,
 - økonomi, og
 - æstetik.
- Broen kan blive et vartegn for regionen:
 - Dramatisk og storslået landskab
 - :) hold broen enkel
 - Smal brodrager kombineret med stor spændvidde
 - :) høj, spids og elegant A-pylon



Hålogalandsbrua, resultat af workshop

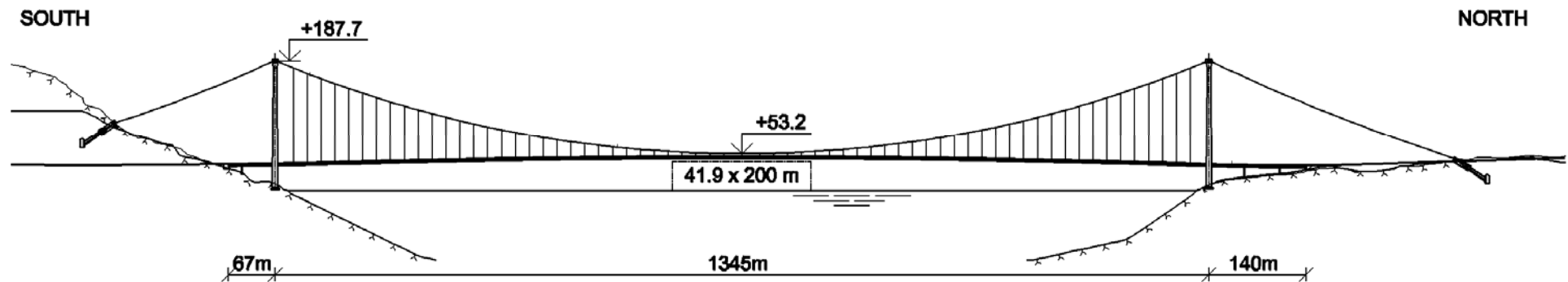




Hålogalandsbrua, broens udformning

Overordnet udformning :

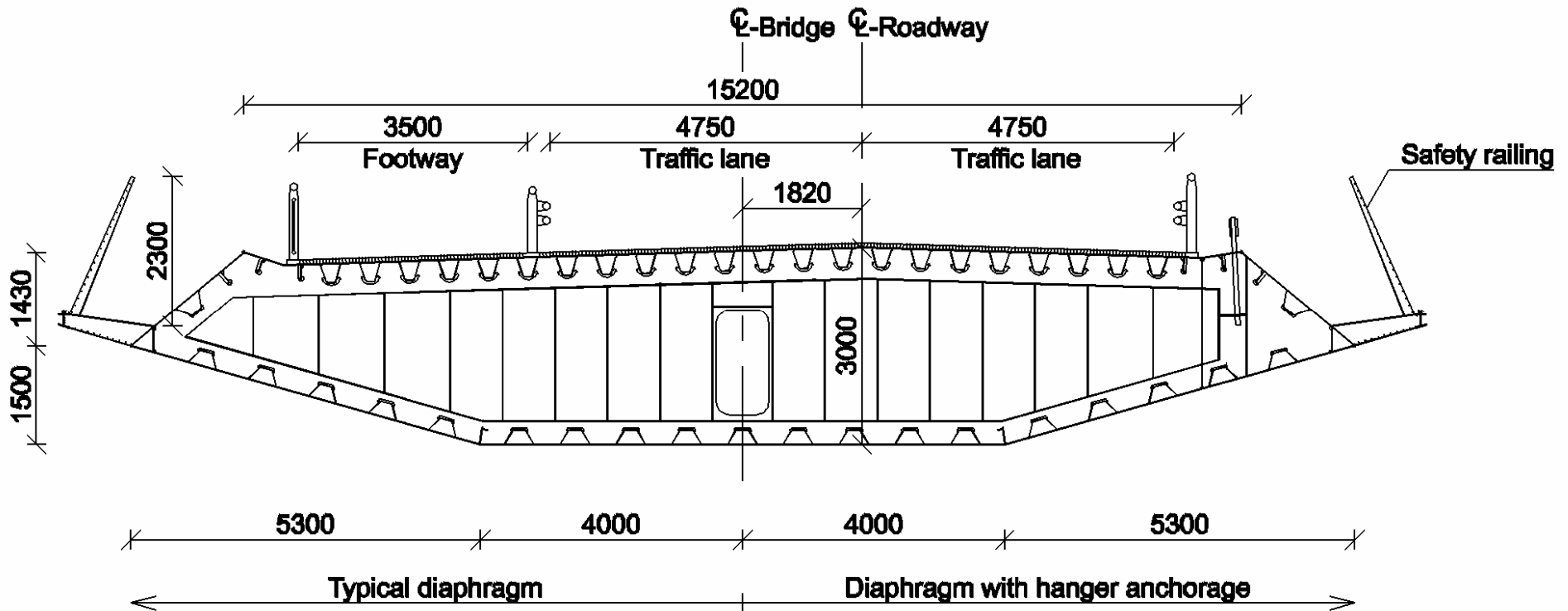
- Et-fags hængebro
- Pilhøjde på 134,5 m svarende til 1/10 x spændvidden
- Hovedkablerne forankres i fjeldet
- Gennemsejlingshøjde 40 m over højvande



Hålogalandsbrua, broens udformning

Brodrager:

- Lukket stålkasse.
- Sikkerhedsrækværk på 2,2 m på begge sider af broen.



Hålogalandsbrua, sikkerhedsrækværk

Funktionskrav fra Statens vegvesen:

- Meget vanskeligt at klatre over
- På begge sider af brodrageren
- Min. 2.2 m højt

Rækværkstype:

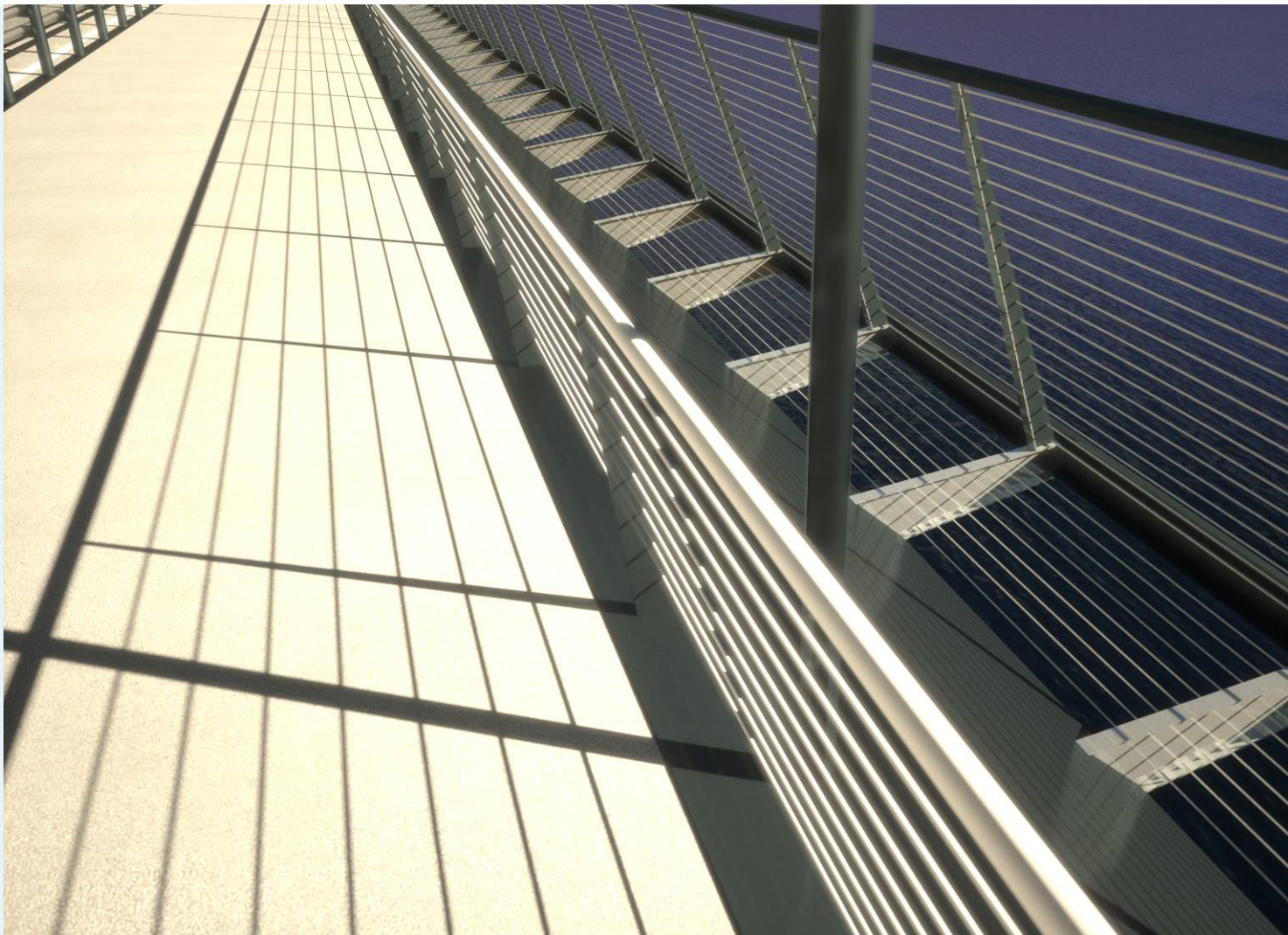
- Meget åbent wirerækværk \Rightarrow min. aerodynamisk indvirkning

Begrundelse for placering:

- Ekstra sikring
- Mindre risiko for ophobning af sne
- Frit udsyn fra broen sikres



Hålogalandsbrua, sikkerhedsrækværk



April 2008

Hålogalandsbrua, Dansk Brodag 2008

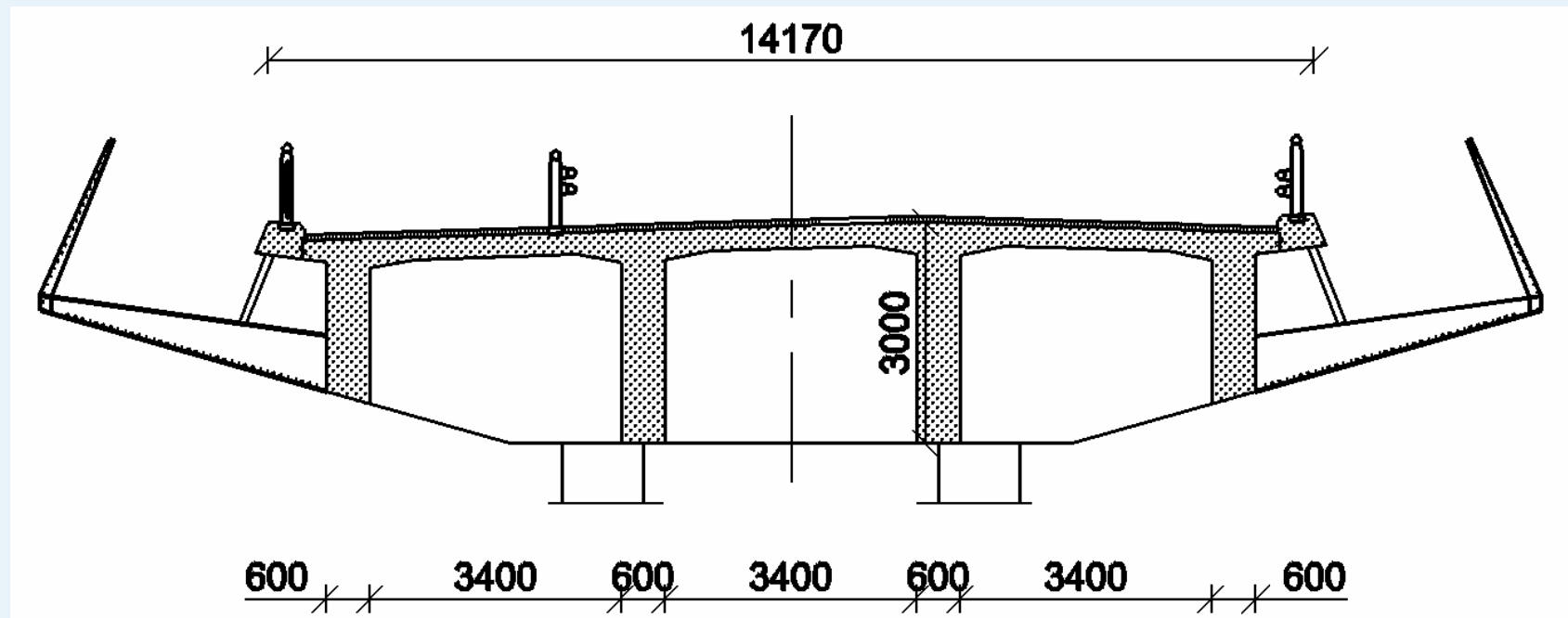
COWI



Hålogalandsbrua, broens udformning

Viadukter:

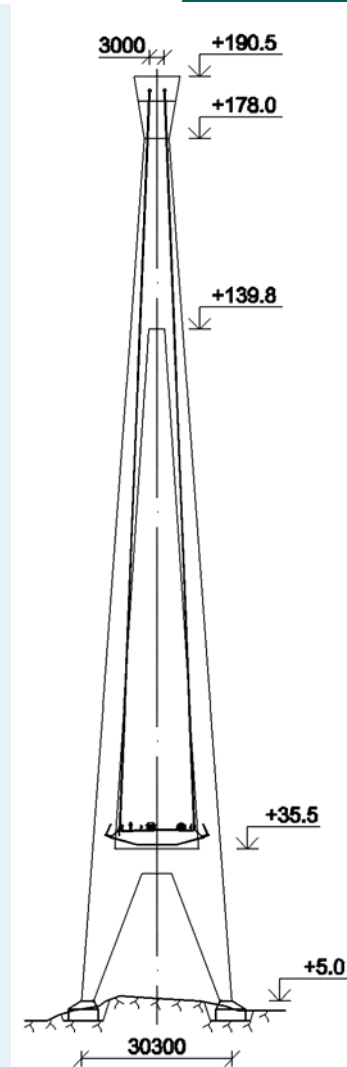
- Enkel broplade støbt monolitisk sammen med fire langsgående bjælker
- Dragerhøjde som i hovedfaget



Hålogalandsbrua, broens udformning

Tårn:

- Slankt
- A-formede tårne i beton og skrå kabelplaner
- Enkel geometrisk form
- Skrå kabelplaner medfører 3-5% forøgelse af den kritiske vindhastighed sammenlignet med en traditionel hængebro med H-tårne.
- Let udseende pga. tilspidsning nedadtil
- Karakteristisk vartegn for stedet







Hålogalandsbrua, udfordringer

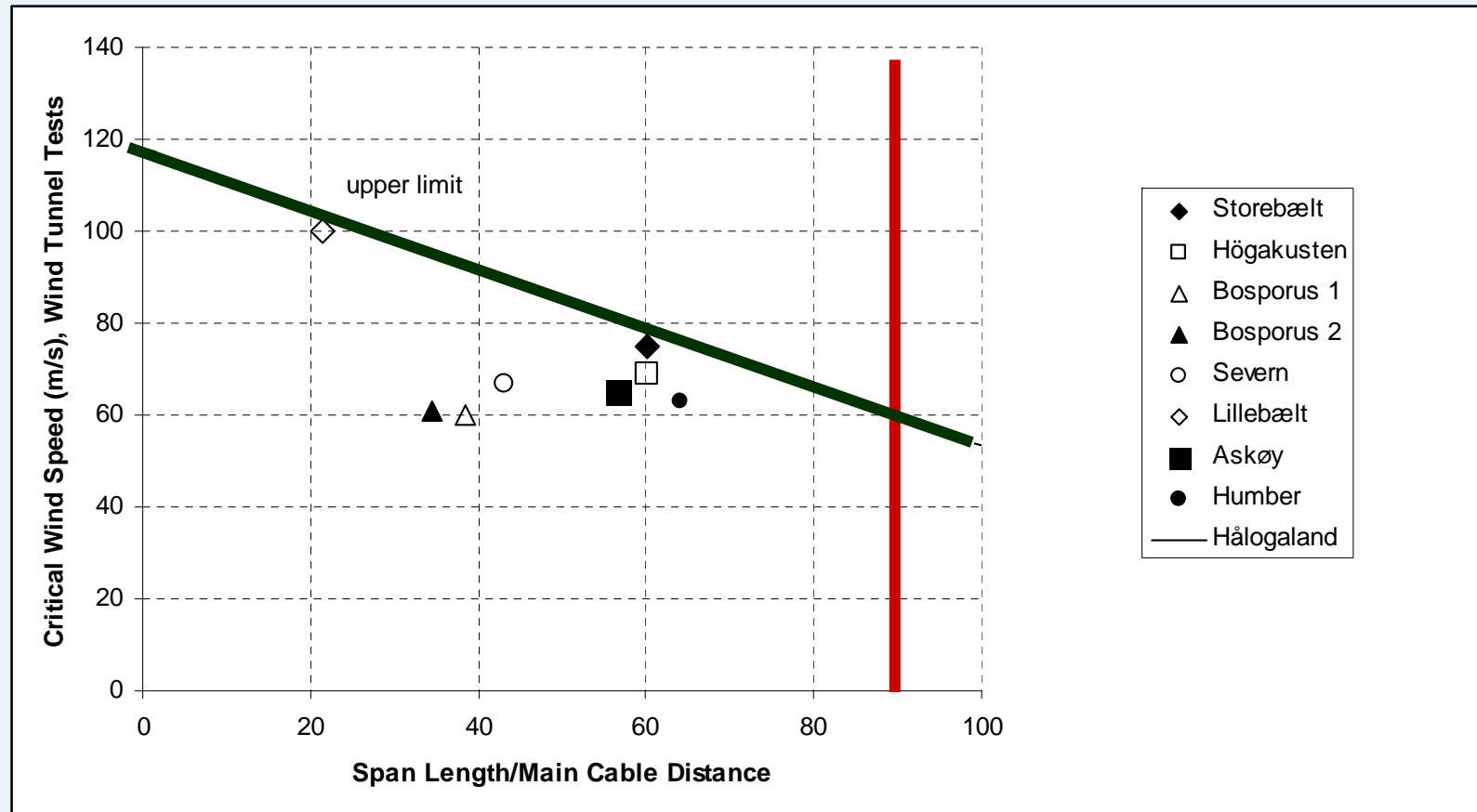
Aerodynamiske udfordringer:

- Dokumentere den aerodynamiske stabilitet
- Udforme brodrageren så den er mindst mulig følsom overfor hvirvelafløsningssvingninger.



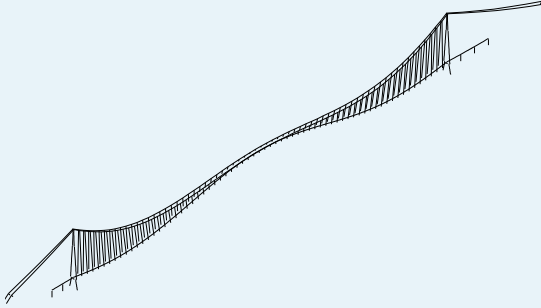
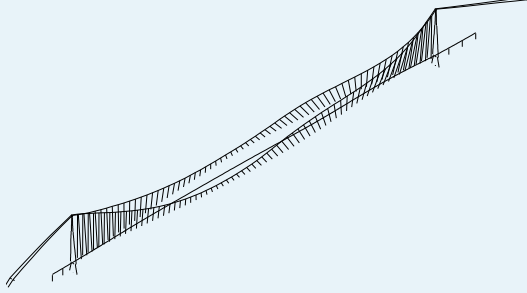
Hålogalandsbrua, aerodynamisk stabilitet

Dokumenteret kritisk vindhastighed for en række kassedragerbroer



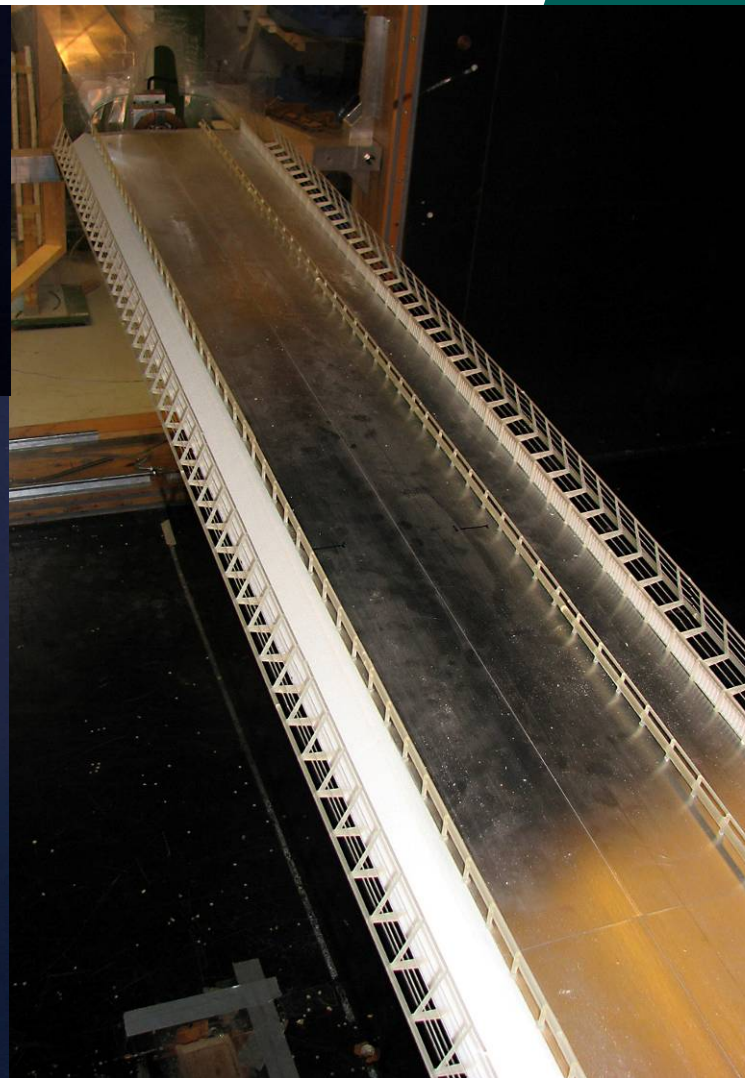
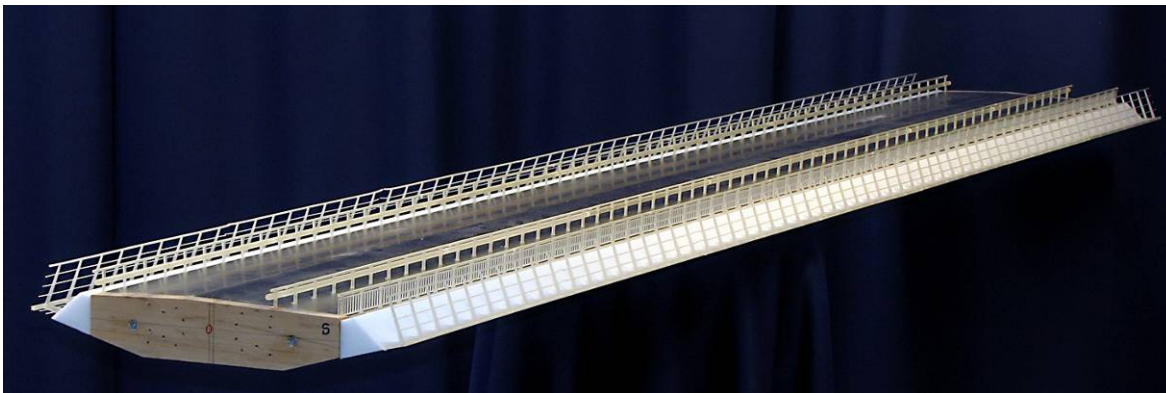
Hålogalandsbrua

Aerodynamisk Stabilitet - DVMFLOW Simuleringer

Modalform	Inertidata	Egenfrekvens	Kritisk vindhastighed
	$11,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}$	0,137 Hz	Krav: 56,4 m/s DVMFLOW simulering: 68,8 m/s
	$375,1 \cdot 10^3 \text{ kgm}^2/\text{m}$	0,397 Hz	

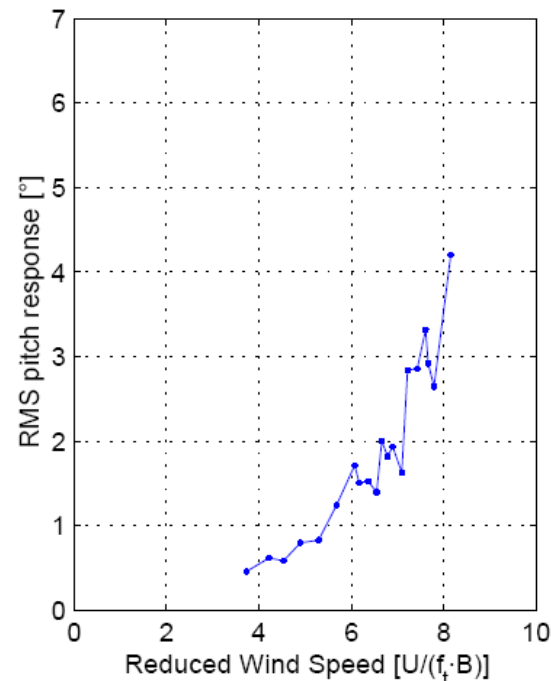
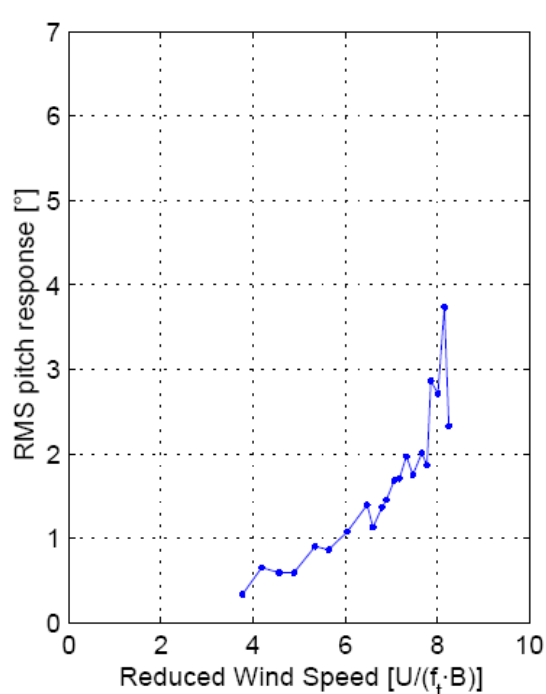
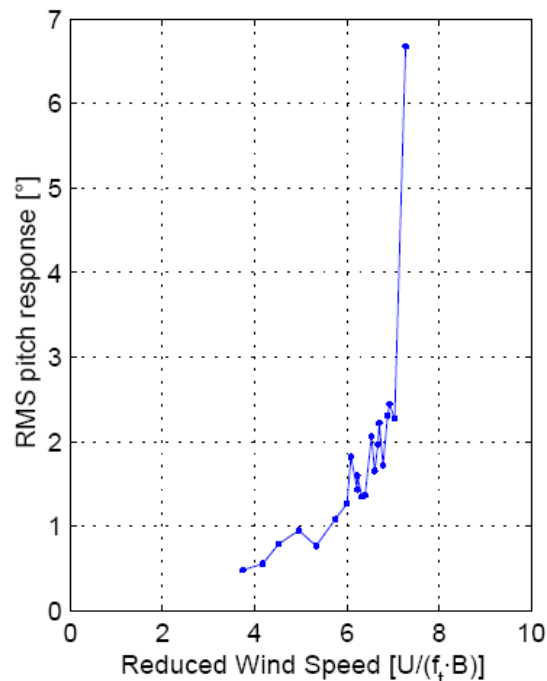


Hålogalandsbrua Vindtunnelforsøg - FORCE Technology



Hålogalandsbrua

Aerodynamisk Stabilitet - Vindtunnelforsøg



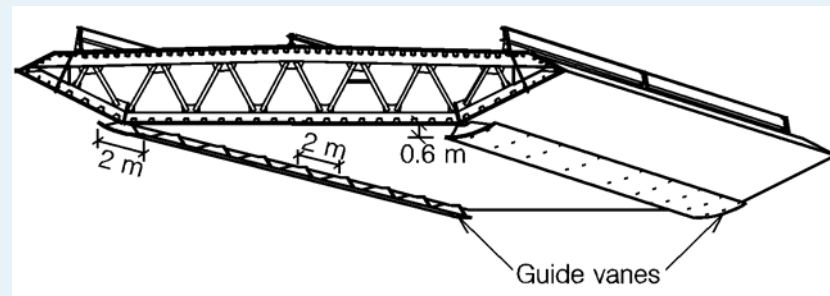
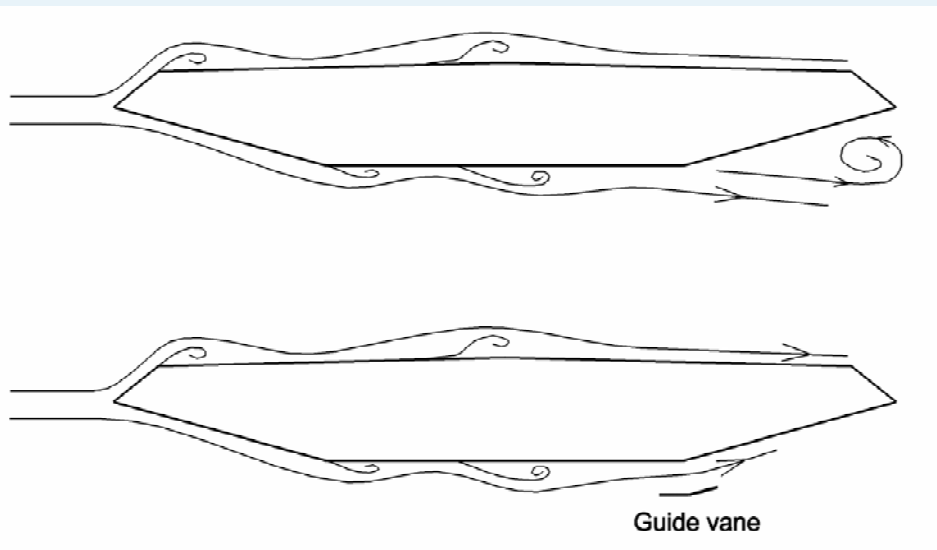
Anstrømningsvinkel α	-3°	0°	$+3^\circ$
Dimensionsløs kritisk vindhastighed $V_C/f_t B$	7,3	8,3	8,1
Kritisk vindhastighed for bro V_C (m/s)	53,9	61,2	59,8
Krav	-	56,4	-



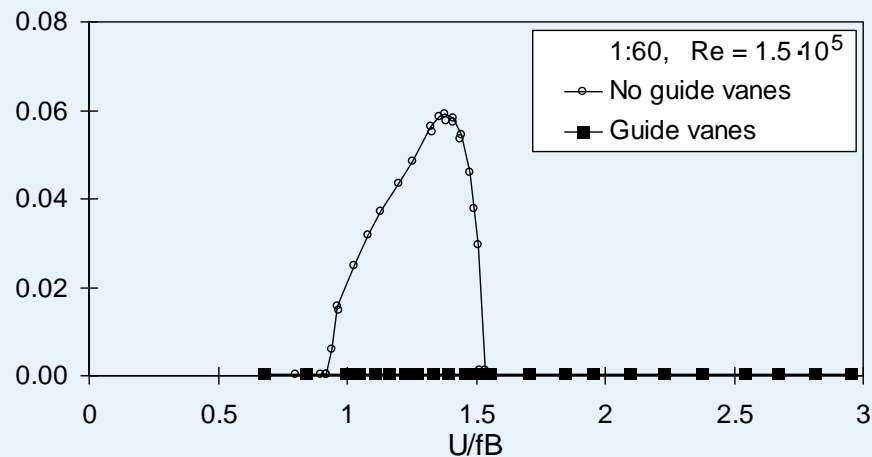
Hålogalandsbrua

Hvirvelafløsningsvingninger

Hvirvelafløsningsvingninger kan undgås ved installation af guide vanes



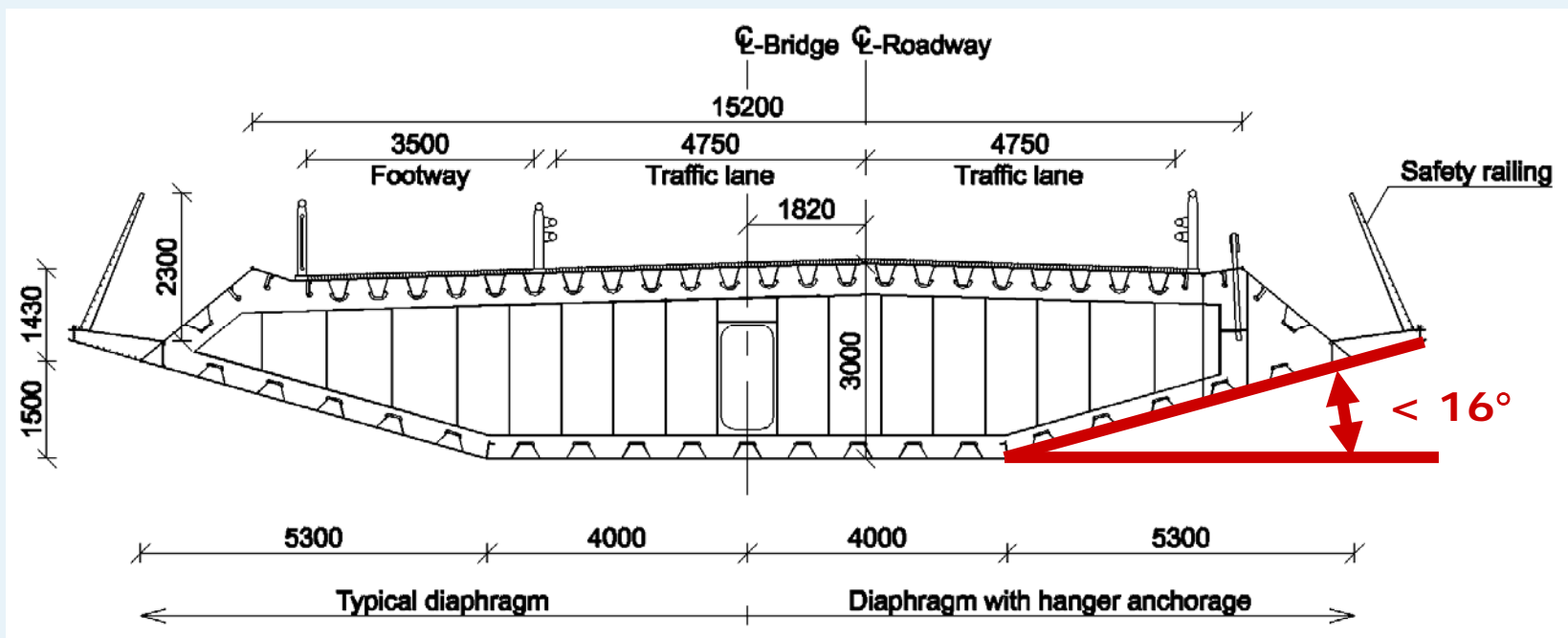
RMS displacement / deck height



Hålogalandsbrua

Hvirvelafløsningsvingninger

- Følsomheden for hvirvelafløsningsvingninger kan reduceres ved at vinklen mellem brodragerens bund og det skrå sidepanel gøres mindre end ca. 16°

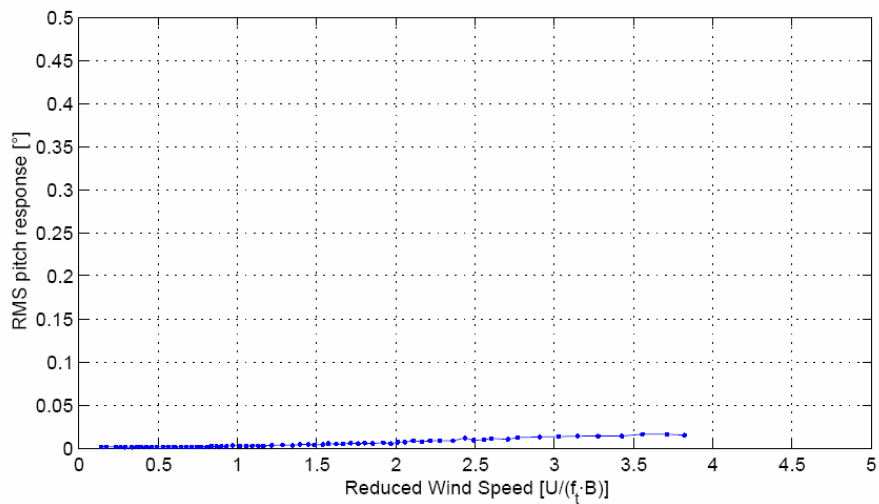
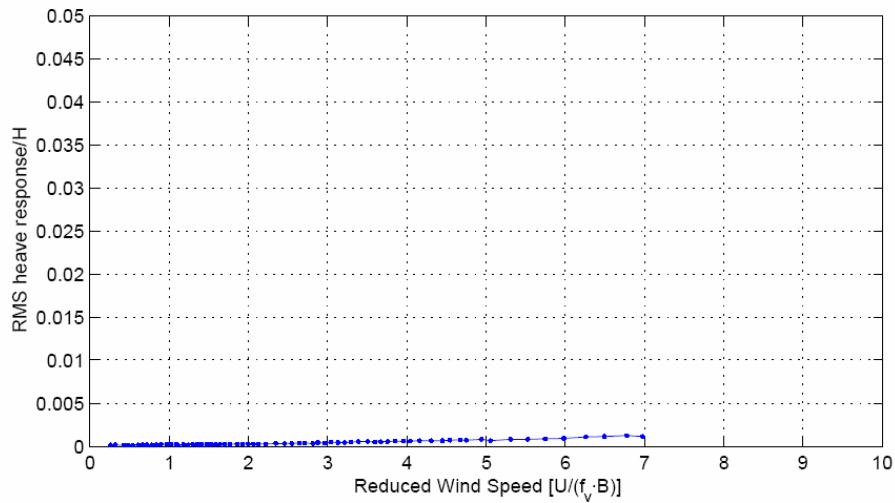


- Guide vanes ikke nødvendigt



Hålogalandsbrua

Hvirvelafløsningsvingninger - Vindtunnelforsøg



Hålogalandsbrua

Drift og vedligehold

Princip:

- Normale aktiviteter uden forstyrrelse af trafikken
- Adgang gennem bund af tårn - herfra arrangeres adgangsveje til øvrige konstruktionsdele

Korrosionsbeskyttelse:

- Alle stålkonstruktioner kan beskyttes ved affugtning.







