



Fenomeen Lijndansen

- Introductie Lijndansen (Wat is lijndansen eigenlijk?)
- Kennis uit het verleden en de huidige status
- Samenwerking met Statnett, EFLA, DNV en TenneT
- Simulatie lijndansen in EEM omgeving
- Effect mitigerende maatregelen op lijndansen
- Conclusie en vervolgstappen



Wat is lijndansen?



Vierverlaten – Robbenplaat 220 kV, jr 2016



Lijndansen kan leiden tot het volgende:

- Overslag tussen de fasen en naar de mast
- Schades aan geleiders (voornamelijk vermoeiing)
- Gebroken isolatoren
- Schades aan klemmen, armaturen en afstandhouders
- Verbogen stalen profielen en boutschade in de masten



Vierverlaten – Robbenplaat 220 kV, jr 2016



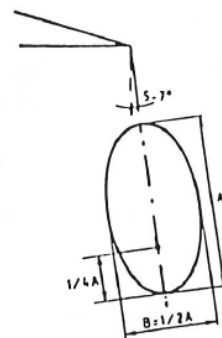
TenneT's ervaringen met lijndansen (laatste 45 jaar)

Date	Incident
December 1978	Ice accrediting Mid-/North Netherlands
February 1979	Snow storm, North Netherlands
March 1987	Galloping Northern province
December 1994	Galloping 380 kV line North Netherlands
November 2005	Snowstorm, North and South Netherlands
December 2012	Galloping South Netherlands
December 2014	Wet snow, South Netherlands
January 2016	380 kV and 220 kV line galloping North Netherlands

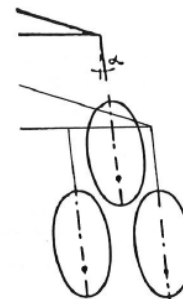


Nederlandse acties in navolging van lijndansevents

- Toepassen van verschillende mitigerende maatregelen (flow spoilers, Interphase spacers, pendels) in de jaren 1970 en 1980.
- Ontwerpeisen lijndanscriterium (1996)
- Lijndans “warning system” i.s.m. Meteoconsult (2018)
- Additionele “Galloping loadcase” (2018)



a) Nederlandse ellipsmethode.



b) Ellipsen raken elkaar niet; Geen kans op overslag.



Waarom additioneel onderzoek naar lijndansen?

- Veel lijndans mitigerende maatregelen zijn uitgebouwd en de werking en kennis hierover is verdwenen
- Kennis opbouwen over hoe lijndansen ontstaat en hoe we het kunnen mitigeren
- Specificaties voor “Interphase spacers (IPS)” ontwikkelen



Onderzoek gestart samen met Statnett TSO (Norway)

- Statnett (TSO Norway);
- EFLA (Adviesbureau)
- DNV (Adviesbureau)
- TenneT (TSO Netherlands)



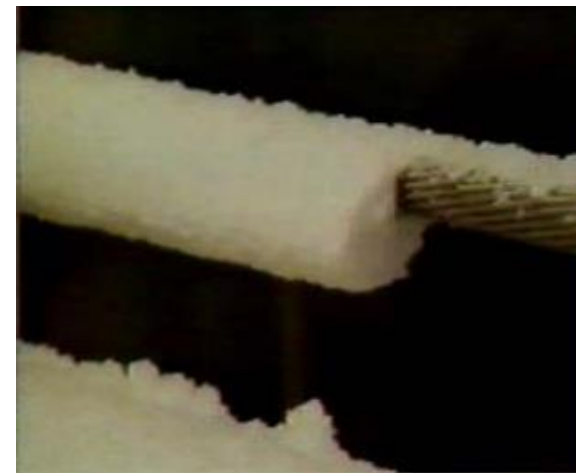
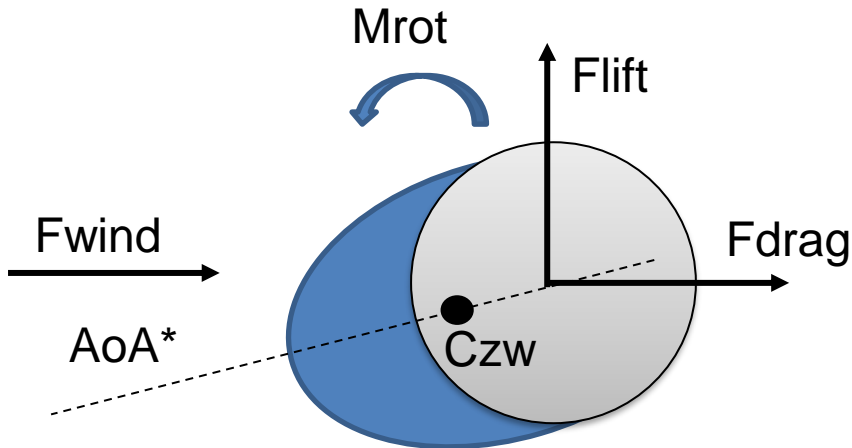
Veel sneeuw, veel galloping, veel problemen!

Simulatie lijndansen in Eindige Elementen Modelering omgeving

1. Begrip van de lijndansbelastingen
 - Stromingsmodel van het ijsprofiel
 - Bepalen lift, drag en momentcoëfficiënten
2. Eindige Element Modelering van een geleiderspanveld
 - Parametrische studie van windsnelheid
 - Turbulentie
 - Hoek van de wind op ijsprofiel
3. Onderzoeken mitigerende maatregelen



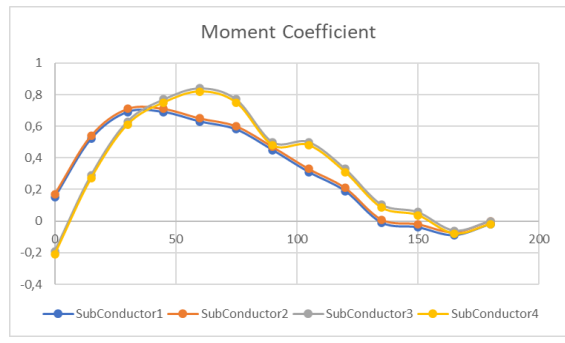
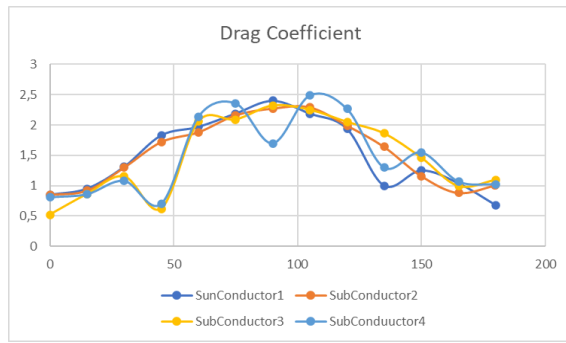
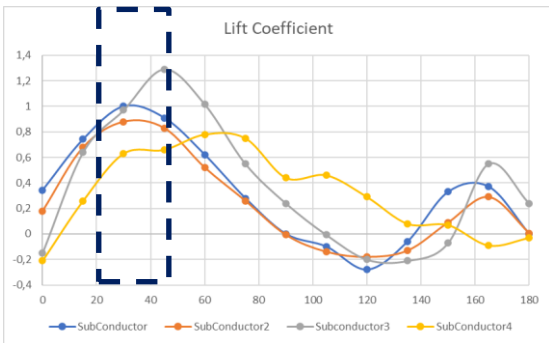
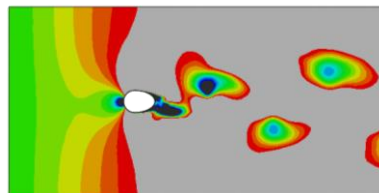
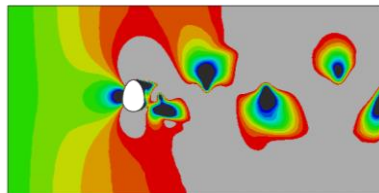
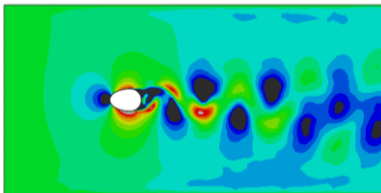
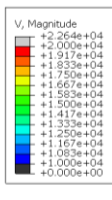
Achtergrond informatie



Lijndansen is een gekoppelde verticale beweging en rotatie van de geleider



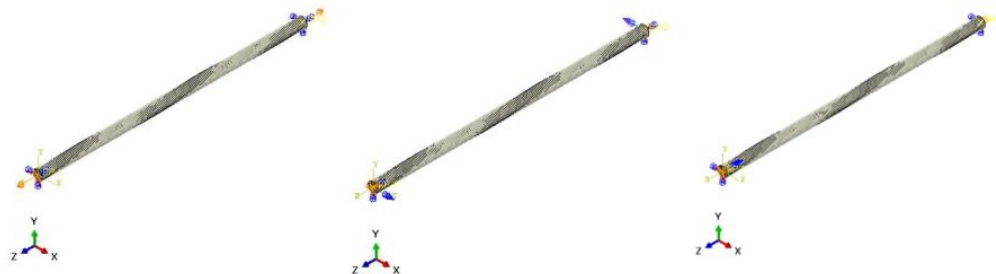
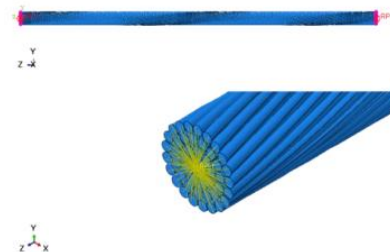
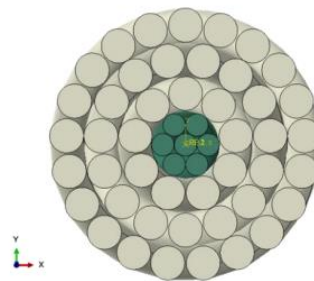
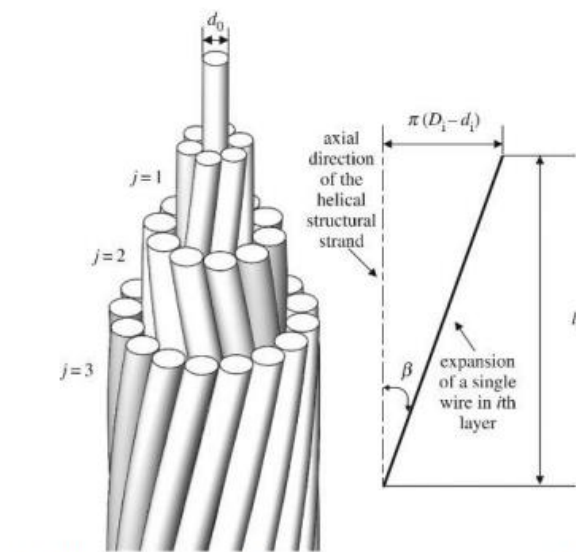
Stromingsmodel geleider (CFD analyse)



Meeste lift bij een aanblaashoek (AoA) tussen 20 en 50 graden

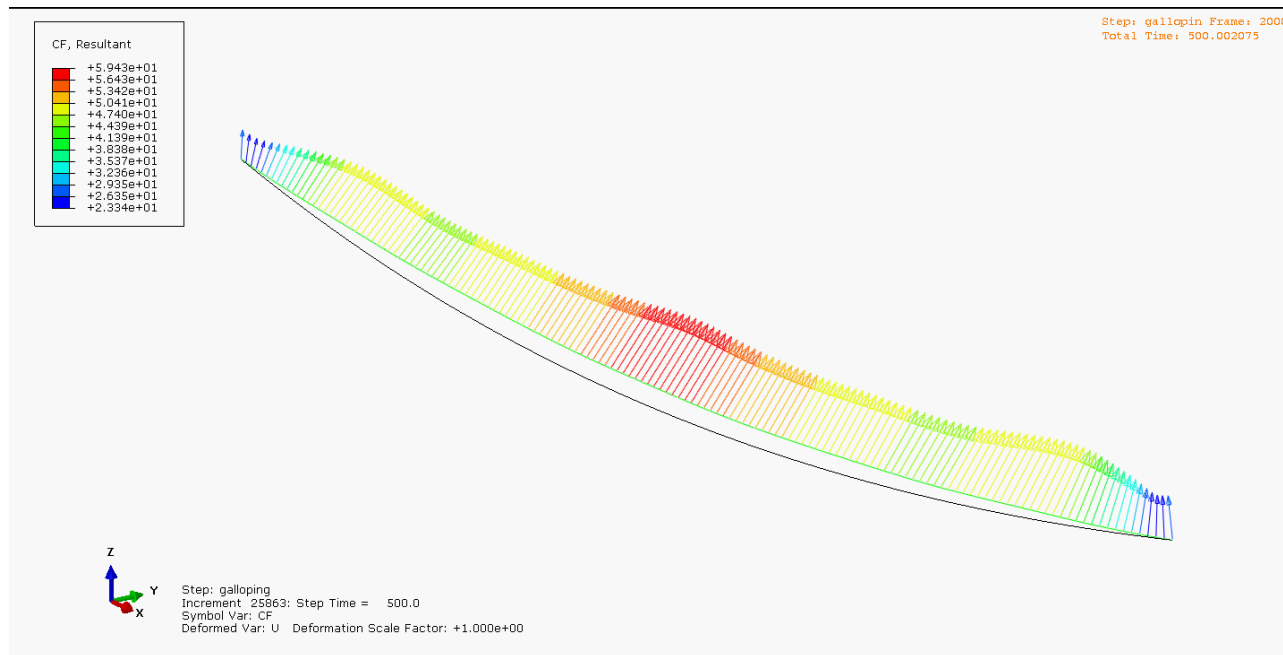


Modelling stiffness en (zelf)damping conductor





Simulatie Lijndansen



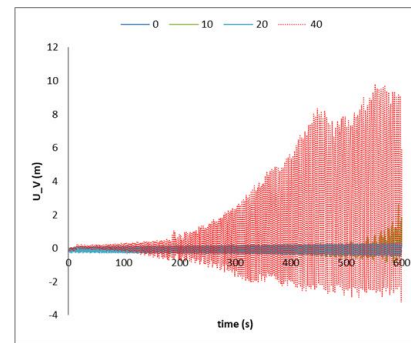
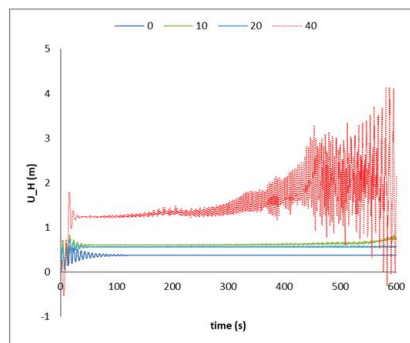
Verschillende trillingsmodes tijdens lijndansen

Trillingen komen goed overeen met (video) opnames

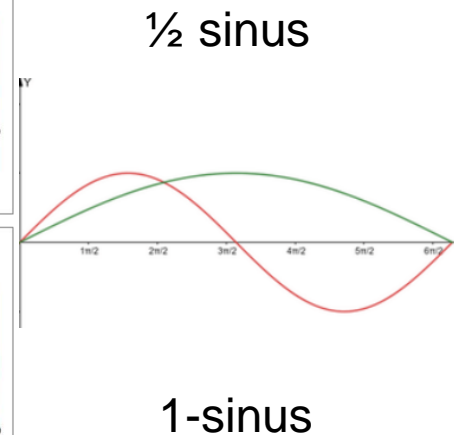
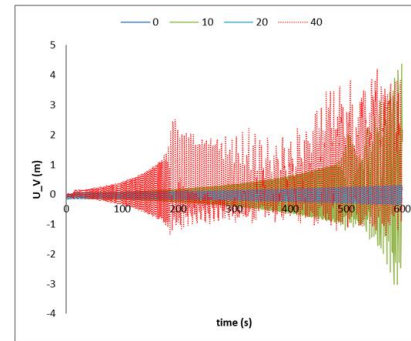
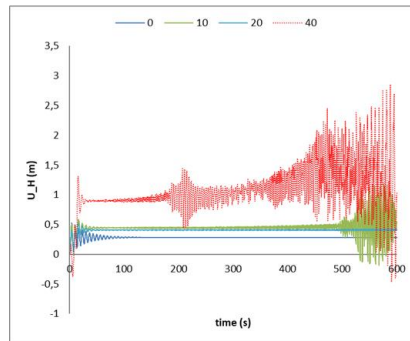


Horizontale en verticale verplaatsing (8m/s)

- 8m/s – mid-span



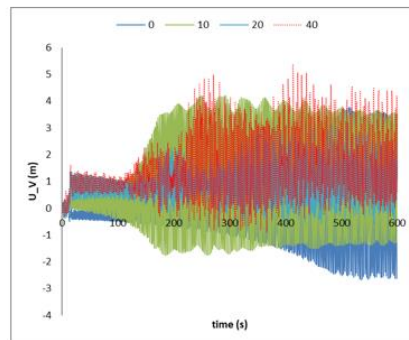
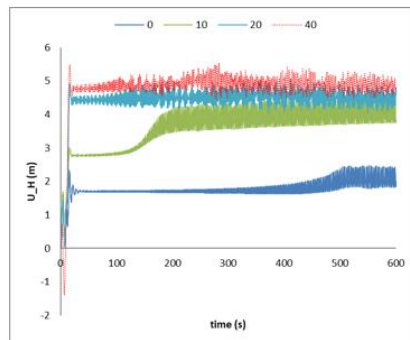
- 8m/s – 1/4 span



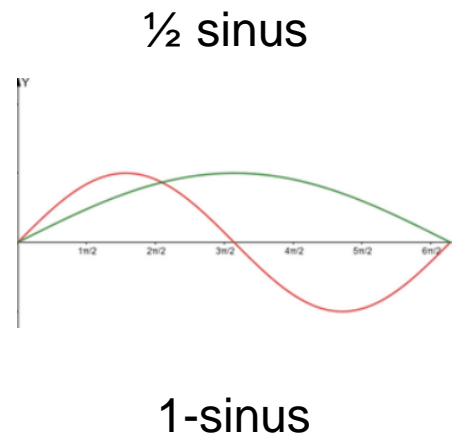
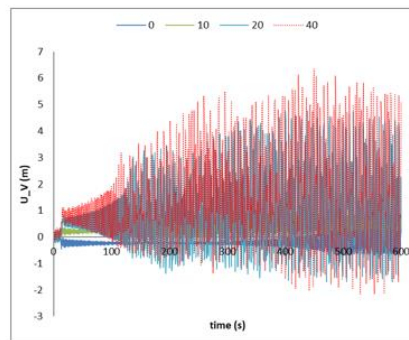
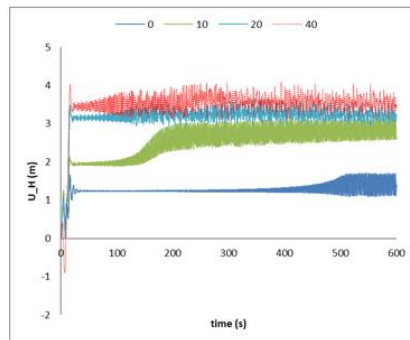


Horizontale en verticale verplaatsing (12m/s)

- 12m/s – mid-span



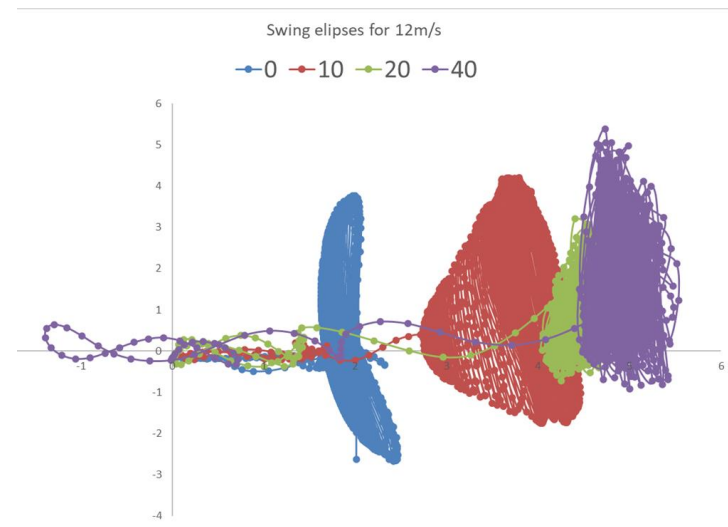
- 12m/s – 1/4 span





Tussentijdse resultaten

- Lijndansen beweegt zich in ellipsvorm
- Bij 8 m/s wind vooral volledige sinus lijndansen (2-loop)
- Bij 12 m/s wind vooral $\frac{1}{2}$ -sinus lijndansen (1-loop)
- Bij 15/s wind vooral $\frac{1}{2}$ -sinus lijndansen, echter lagere amplitudes





Lijndansen mitigeren door InterPhase Spacers (IPS)



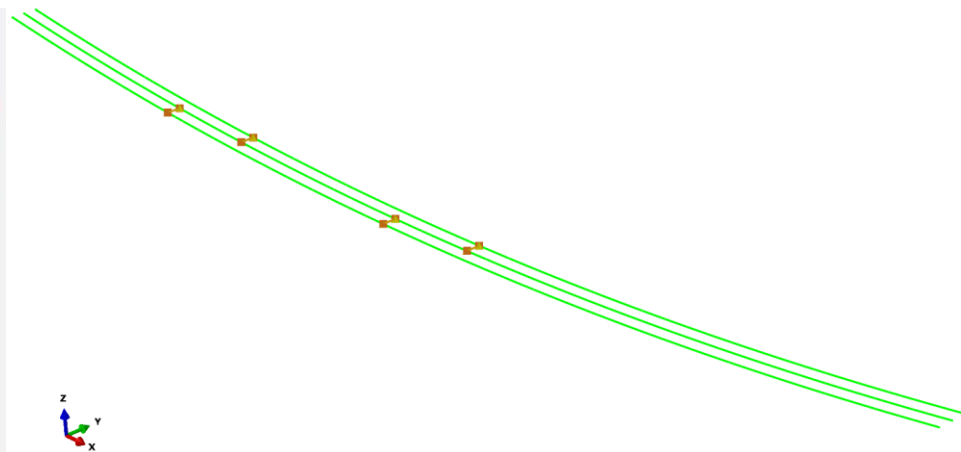
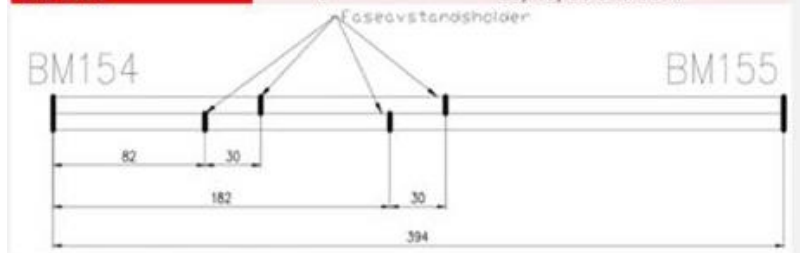
- Locatie in het veld meest effectief?
- Hoeveel per veld benodigd?
- Wat zijn de (compressie) krachten op de IPS?





Locatie IPS conform Statnett specificaties

SPAN LENGTH	NUMBER OF IPS	LOCATION OF IPS SET
		% OF SPAN LENGTH
150-299	2	30 %
300-599	4	25 and 50 %
600-899	6	25, 50 and 75 %
900-1200	8	20, 40, 60 and 80 %



Eerste resultaten: Amplitude wordt gereduceerd tot 1 tot 2 meter



Conclusie (tot nu toe)

- Om lijndansen op te starten heeft het voldoende windsnelheid en aanblaashoek nodig
- 2-loop (volledige sinus) wordt als eerste geexciteerd en bij voldoende windsnelheid ook 1-loop ($\frac{1}{2}$ Sinus)
- Amplitudes van 6 meter (peak-peak) kunnen ontstaan (bij meerdere steunmasten kan dit hoger zijn)
- IPS kan het lijndansen verminderen
- **VERVOLG:** Opstellen technische specificaties IPS
 - Nu afhankelijk van leverancier

Om situaties zoals hiernaast te voorkomen!

