



Freake bølger til havs



Ekstreme bølger til havs — hva vet matematikken om freake bølger?

Noe teori og et par hendelser fra virkeligheten

KARSTEN TRULSEN

Seksjon for mekanikk

Matematisk institutt

Det matematisk naturvitenskapelige fakultet

Universitetet i Oslo

Neppe freake, definitivt ekstreme



Ekstreme, og kanskje freake



Ekstreme, og kanskje freake



Ekstreme, og kanskje freake



Ekstreme, og kanskje freake



Ekstreme, og kanskje freake



Ekstreme, og kanskje freake



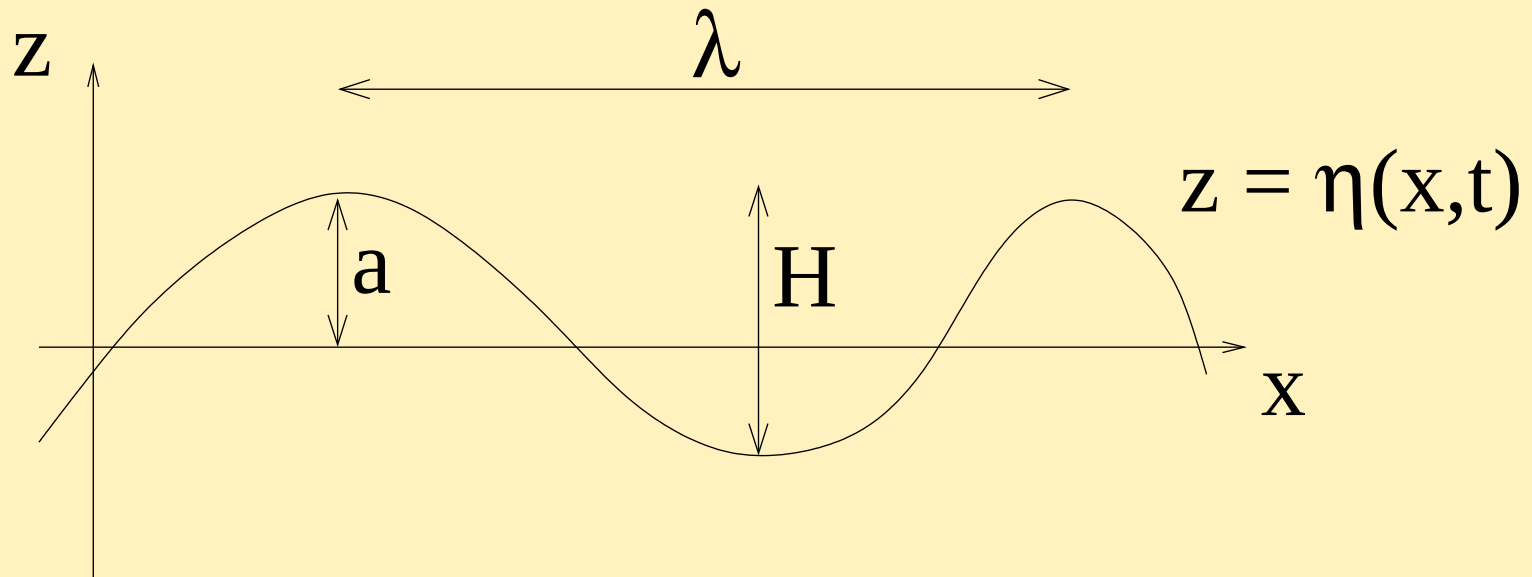
Konsekvens



Konsekvens



Noen bølgedefinisjoner



- Bølgelengde λ
- Overflatehevning η
- Amplitude a
- Bølgehøyde H

Tsunami $\neq$ Freak $\neq$ Ekstrem

■ Tsunami

- ◆ en liten gruppe lange bølger generert av en lokal hendelse, f.eks. jordskjelv eller ras

■ Freak bølge

- ◆ uvanlig stor i forhold til *vanlige* bølger

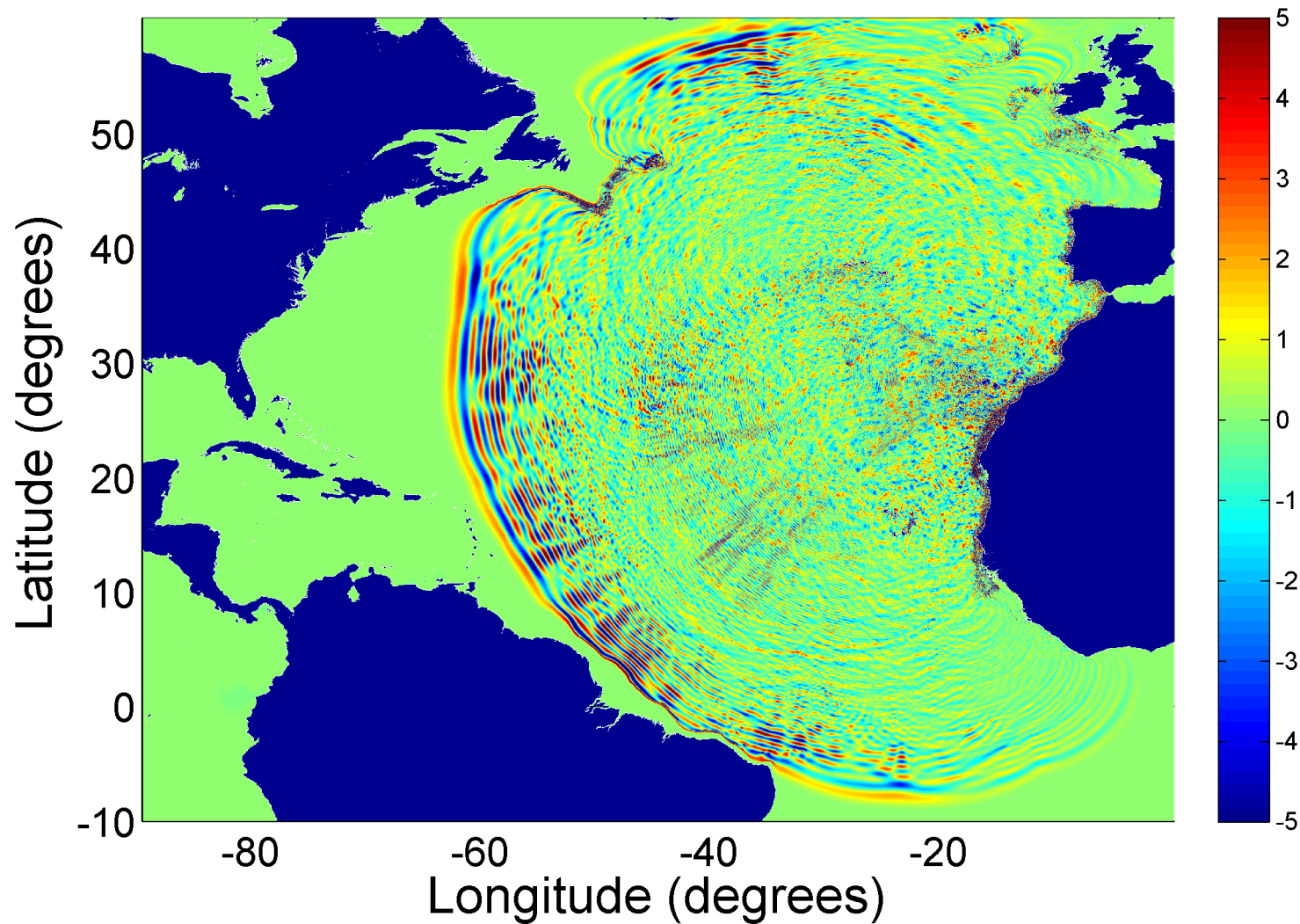
■ Ekstrem bølge

- ◆ store fysiske dimensjoner (meter)
- ◆ ikke nødvendigvis *uvanlig*

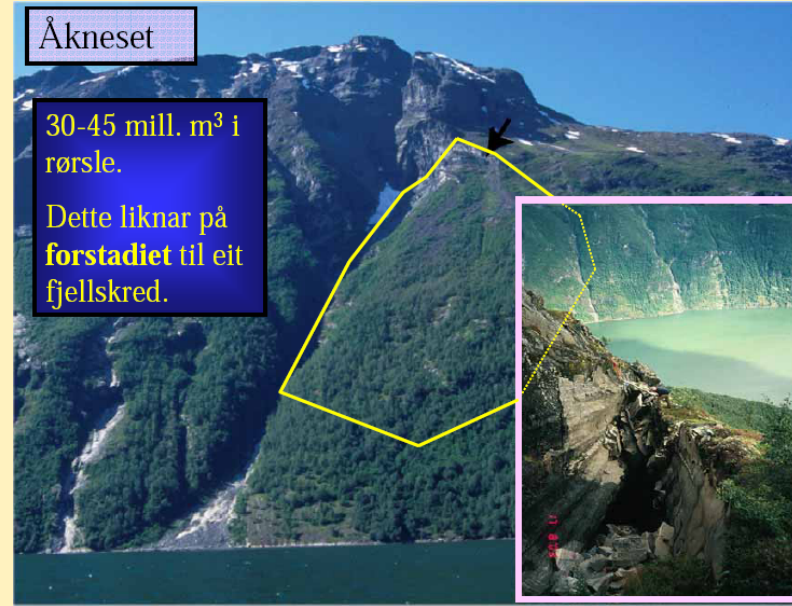
Hva er en “*vanlig*” bølge?

Tsunami generert fra Kanariøyene

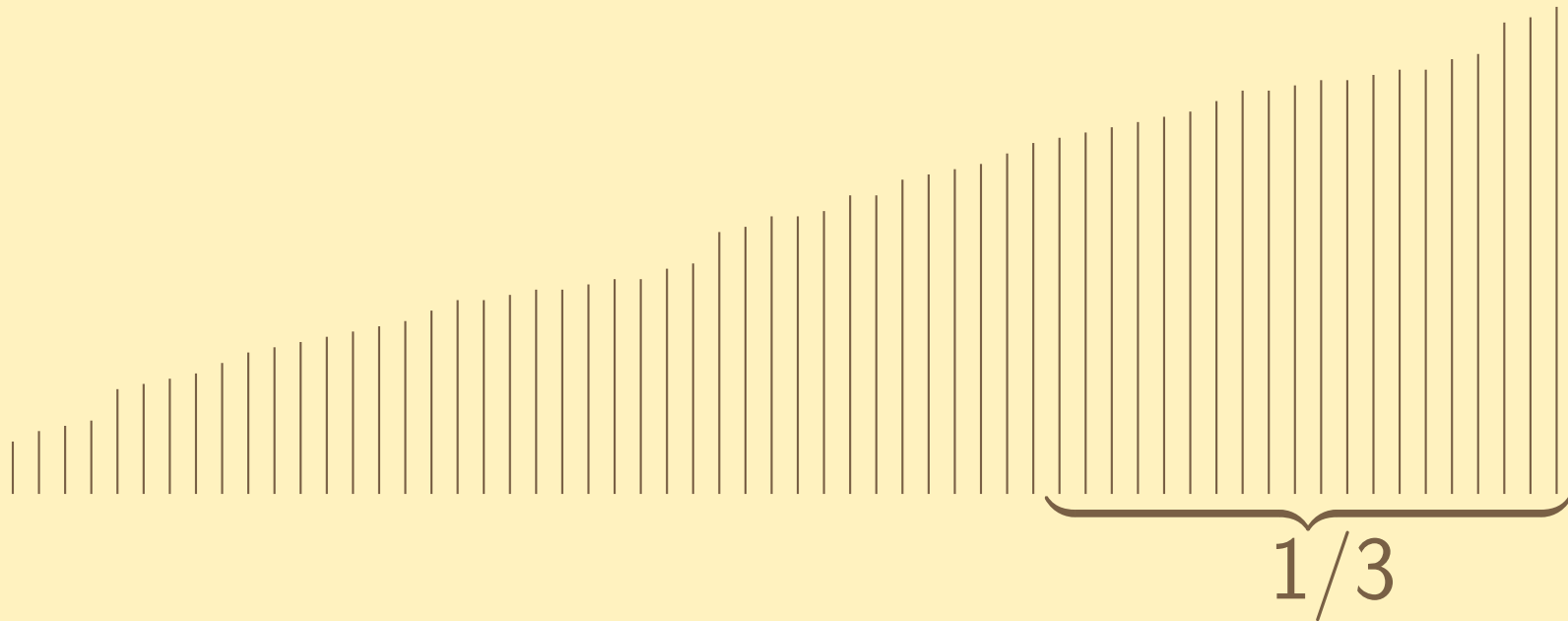
Overflate i meter etter 5 timer og 45 minutter



Rasgenererte flodbølger i norske fjorder



klassisk definisjon



$H_{1/3}$ = middelerdi av de $1/3$ største bølgehøydene

Skal tilsvare visuelt inntrykk for trenet observatør

moderne definisjon

$$H_s = 4\sigma$$

hvor σ er standardavviket til overflatehevningen

$$\sigma^2 = \langle (\eta - \bar{\eta})^2 \rangle$$

Vi har

$$H_s \approx H_{1/3}$$

Freak bølge

Tilfeldig valgt kriterium for hva som er tilstrekkelig uvanlig

$$H > 2H_s = 8\sigma$$

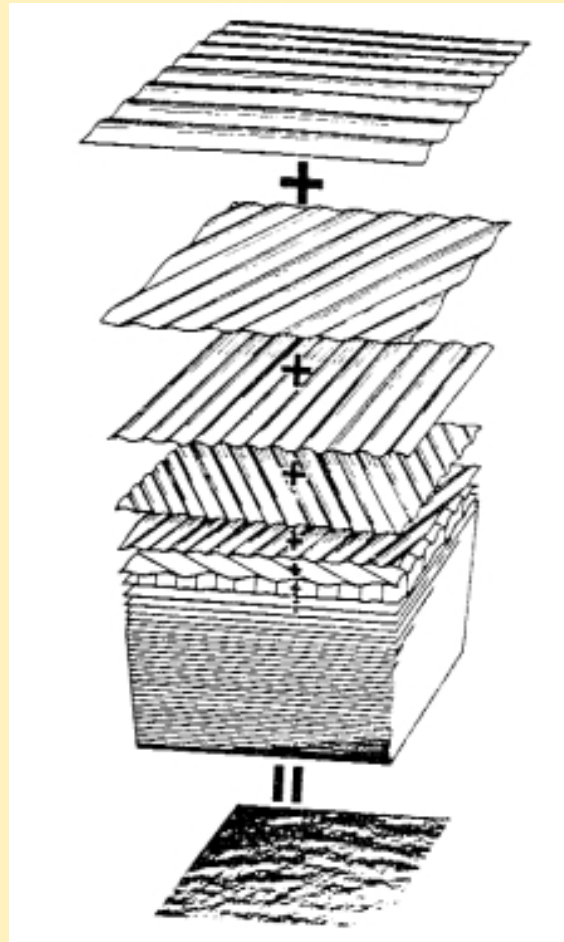
eller

$$\eta > 1.25H_s = 5\sigma$$

Hvor ofte forekommer freake bølger?

Gaussisk sjø = normalfordelt sjø

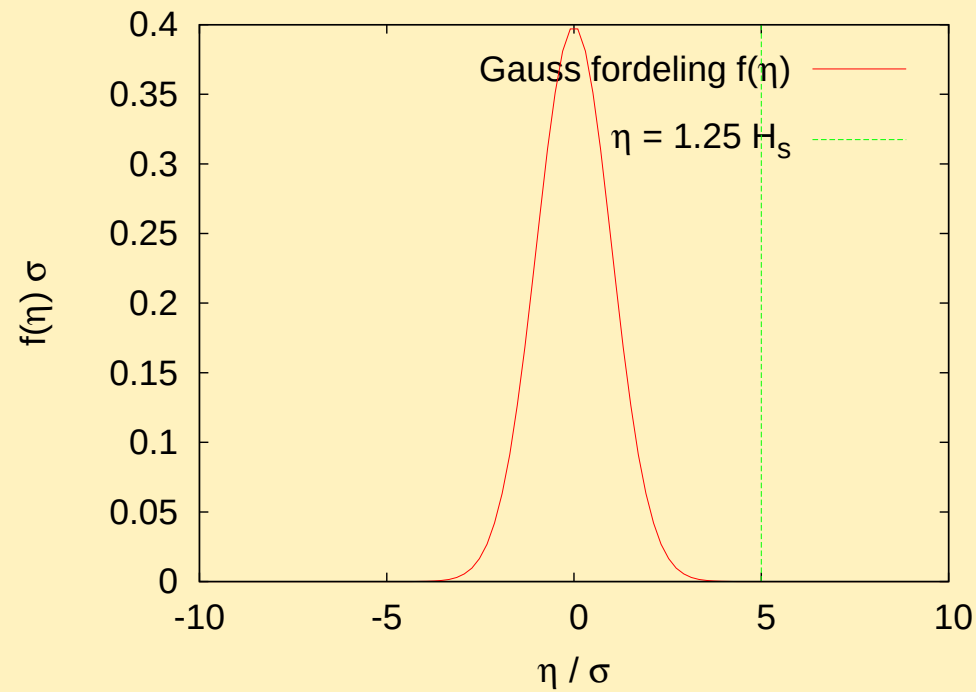
Superposisjon av statistisk uavhengige bidrag



bruk sentralgrenseteoremet . . .

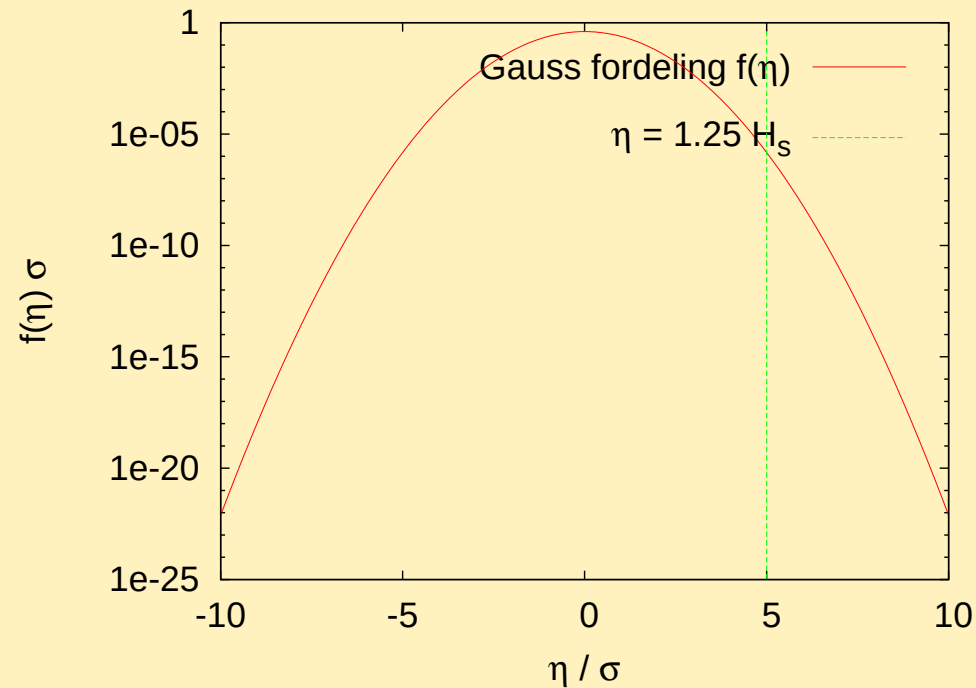
Gaussisk sjø

Overflatehevning blir Gaussisk fordelt (normalfordelt)



Gaussisk sjø

Overflatehevning blir Gaussisk fordelt (normalfordelt)





Er sjøen Gaussisk?



Skip og oljeplattformer må bygges “sikre nok” i forhold til forventede sjøtilstander.

I utgangspunktet anta Gaussisk sjø.

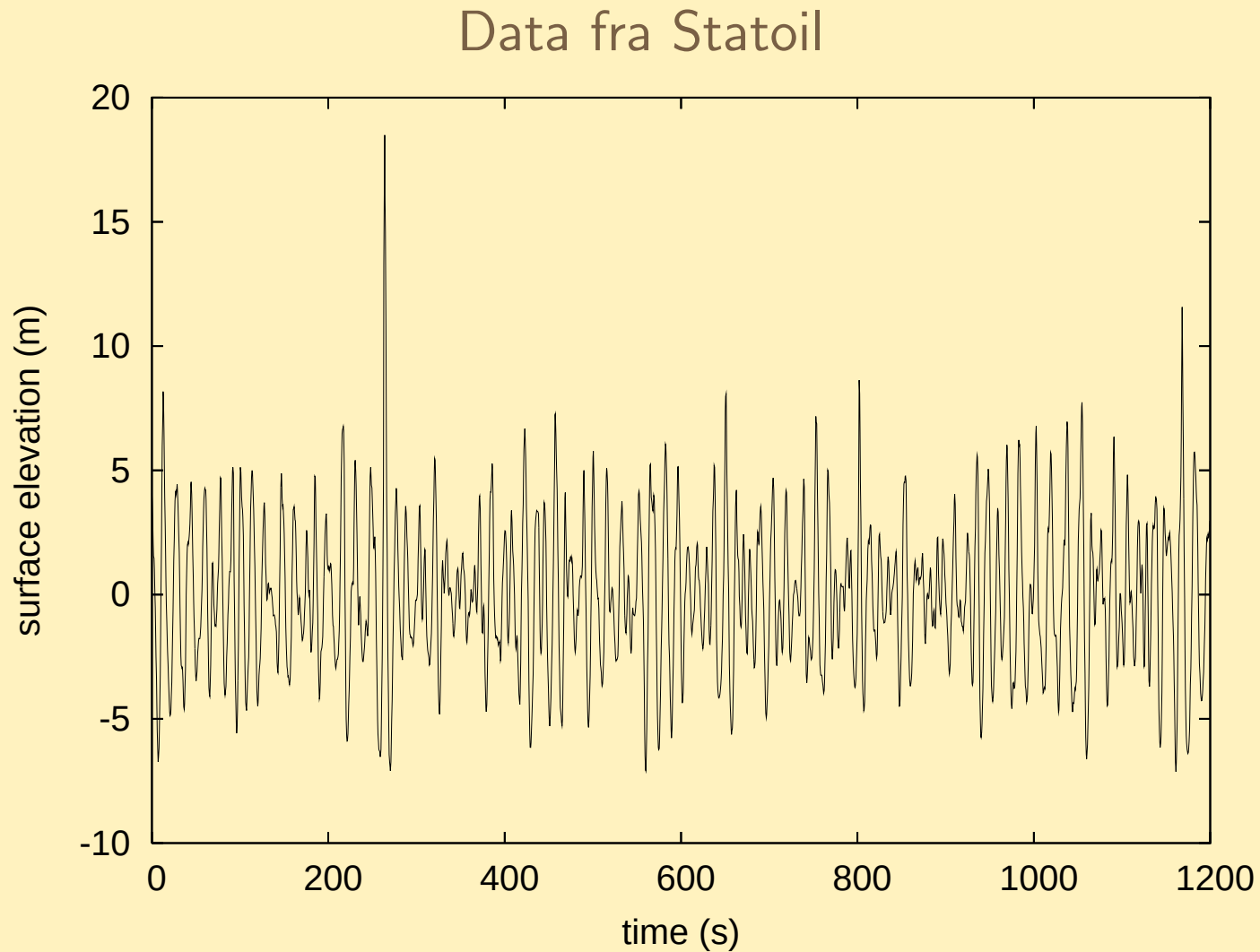
Stadig flere hendelser har ført til mistanke om at typiske sjøtilstander er “farligere” enn Gaussisk.

Forstå hvordan og når en sjøtilstand avviker fra Gaussisk!

Nyttårsbølgen (1/1-1995) ved Draupner



Nyttårsbølgen (1/1-1995) ved Draupner



$$\eta = 6.2\sigma \quad H = 8.6\sigma$$



Pustere - en teori for freake bølger



En uskyldig havoverflate kan fokuseres til en kjempebølge, og deretter roe seg ned til en uskyldig havoverflate igjen.

Peregrine puster



Prestige ulykken 19. november 2002



Inspirasjon for

Master-, Ph.D.- og postdoc til

Odin Gramstad

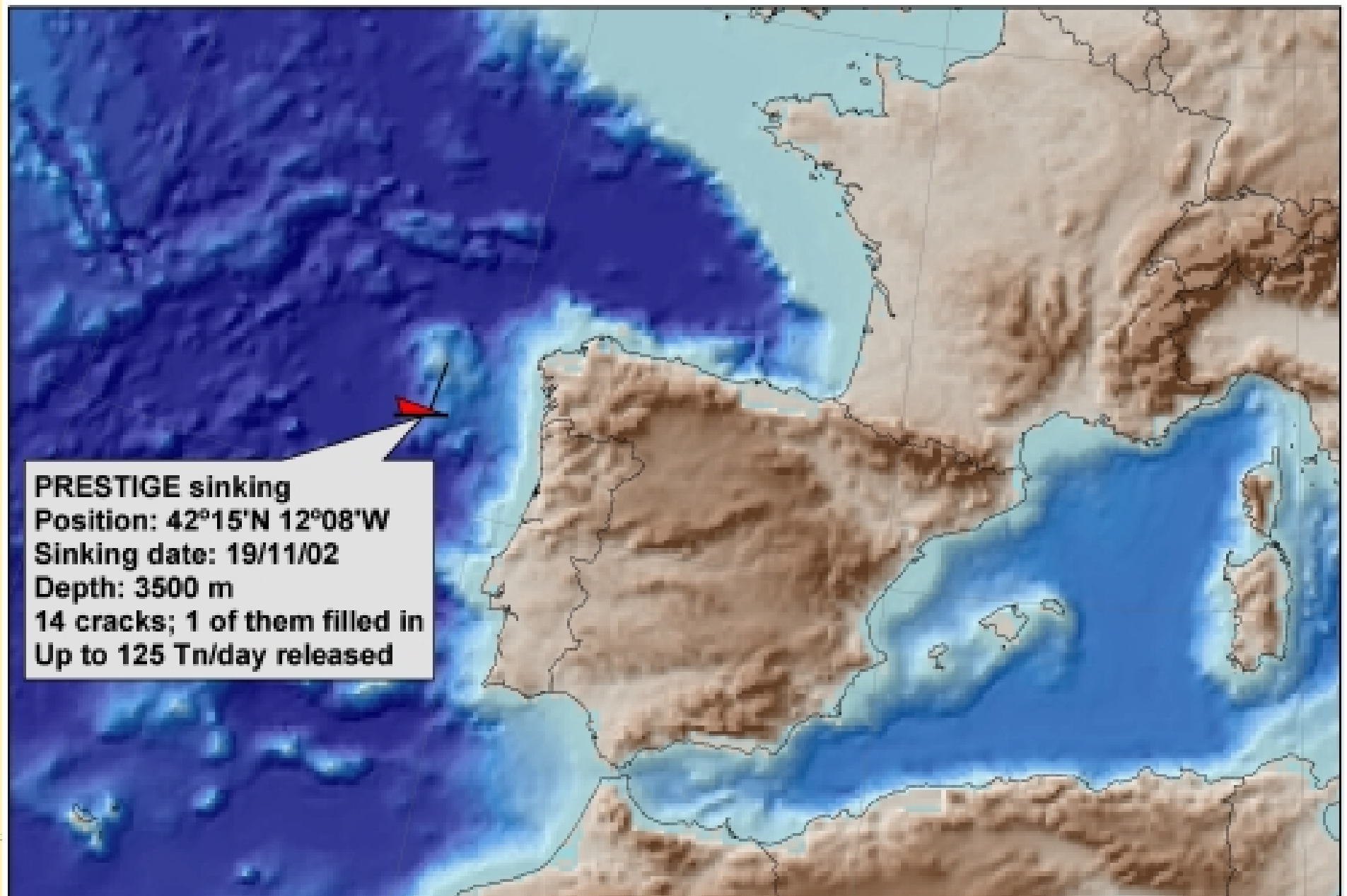
Prestige ulykken 19. november 2002



Prestige ulykken 19. november 2002



Prestige ulykken 19. november 2002



Prestige ulykken 19. november 2002





Prestige ulykken 19. november 2002



Hvem skal betale for miljøskadene og opprydningen?

Rettsakene vil ingen ende ta ...

- Rederiet påstår at skipet kan ha blitt truffet av en freak bølge, og at Spanias beslutning om å taue skipet ut i Atlanterhavet medførte at det sank



Prestige ulykken 19. november 2002



Hvem skal betale for miljøskadene og opprydningen?

Rettsakene vil ingen ende ta ...

- Rederiet påstår at skipet kan ha blitt truffet av en freak bølge, og at Spanias beslutning om å taue skipet ut i Atlanterhavet medførte at det sank
- ABS (American Bureau of Shipping) påstår at Spania var uansvarlig ved å taue skipet langt ut i Atlanterhavet

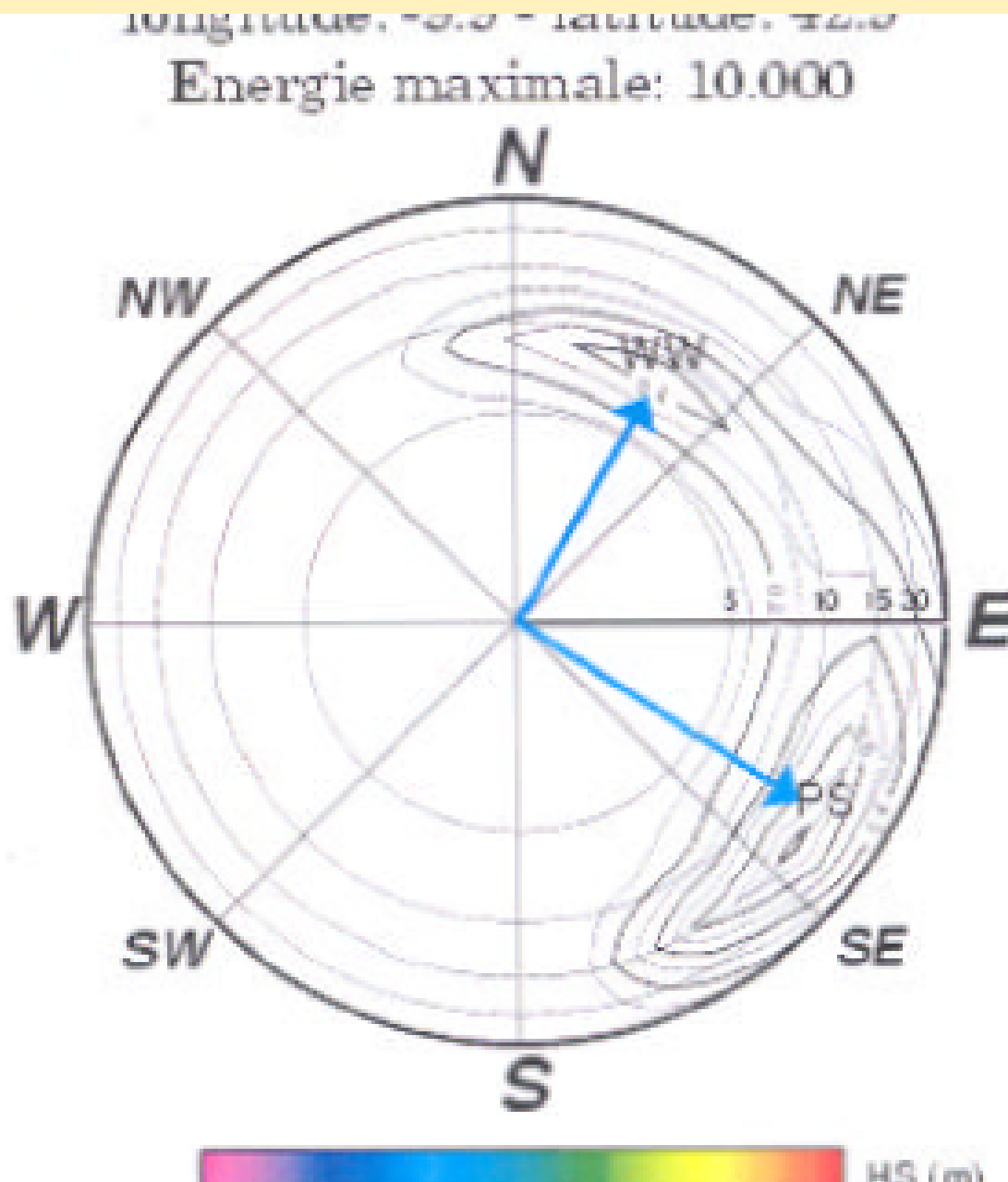
Prestige ulykken 19. november 2002

Hvem skal betale for miljøskadene og opprydningen?

Rettsakene vil ingen ende ta ...

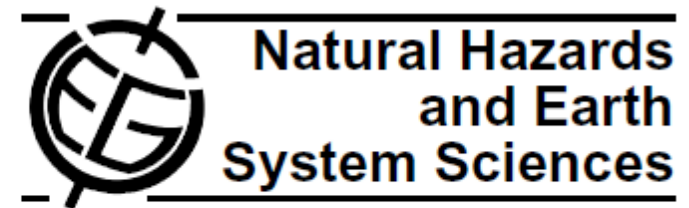
- Rederiet påstår at skipet kan ha blitt truffet av en freak bølge, og at Spanias beslutning om å taue skipet ut i Atlanterhavet medførte at det sank
- ABS (American Bureau of Shipping) påstår at Spania var uansvarlig ved å taue skipet langt ut i Atlanterhavet
- Spania påstår at skipet umulig kan ha blitt truffet av en freak bølge, og at ABS godkjente et skip som ikke var sjødyktig

Prestige ulykken 19. november 2002 — kryssende sjø



Prestige ulykken 19. november 2002

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 973–978, 2006
www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/6/973/2006/
© Author(s) 2006. This work is licensed
under a Creative Commons License.



Were freak waves involved in the sinking of the Tanker “Prestige”?

A. Lechuga

CEDEX Ministry of Fomento, Madrid, Spain

Received: 12 July 2006 – Revised: 16 November 2006 – Accepted: 16 November 2006 – Published: 21 November 2006

Abstract. This paper deals with the possible involvement of freak, rogue or giant waves in the damage suffered by the Tanker Prestige, which eventually led to its sinking. By reason of their very characteristics, giant waves are hard to

1 Introduction

Some people and institutions concerned with the accident of the Tanker Prestige expressed the opinion that perhaps

Prestige ulykken 19. november 2002

Noen presse-oppslag:

- Desember 2004: Representanter for rederiet sier en freak bølge er sannsynlig årsak.

Prestige ulykken 19. november 2002

Noen presse-oppslag:

- Desember 2004: Representanter for rederiet sier en freak bølge er sannsynlig årsak.
- Høst 2005: Spanske myndigheter sier det ikke finnes spor etter noen freak bølge.

Prestige ulykken 19. november 2002

Noen presse-oppslag:

- Desember 2004: Representanter for rederiet sier en freak bølge er sannsynlig årsak.
- Høst 2005: Spanske myndigheter sier det ikke finnes spor etter noen freak bølge.
- 21 November 2006: En forsker ansatt hos den spanske stat publiserer et arbeid som påstår freake bølger ikke kan oppstå under gjeldende sjøtilstand.

Prestige ulykken 19. november 2002

Noen presse-oppslag:

- Desember 2004: Representanter for rederiet sier en freak bølge er sannsynlig årsak.
- Høst 2005: Spanske myndigheter sier det ikke finnes spor etter noen freak bølge.
- 21 November 2006: En forsker ansatt hos den spanske stat publiserer et arbeid som påstår freake bølger ikke kan oppstå under gjeldende sjøtilstand.
- 15 Desember 2006: Flere forskere fra flere land sier i “Der Spiegel” at den spanske forskeren tar feil.

Prestige ulykken 19. november 2002

Noen presse-oppslag:

- Desember 2004: Representanter for rederiet sier en freak bølge er sannsynlig årsak.
- Høst 2005: Spanske myndigheter sier det ikke finnes spor etter noen freak bølge.
- 21 November 2006: En forsker ansatt hos den spanske stat publiserer et arbeid som påstår freake bølger ikke kan oppstå under gjeldende sjøtilstand.
- 15 Desember 2006: Flere forskere fra flere land sier i “Der Spiegel” at den spanske forskeren tar feil.
- Høst 2007: Det påstås at rederiet “oppfant” påstand om freak bølge for å villedde etterforskningen.

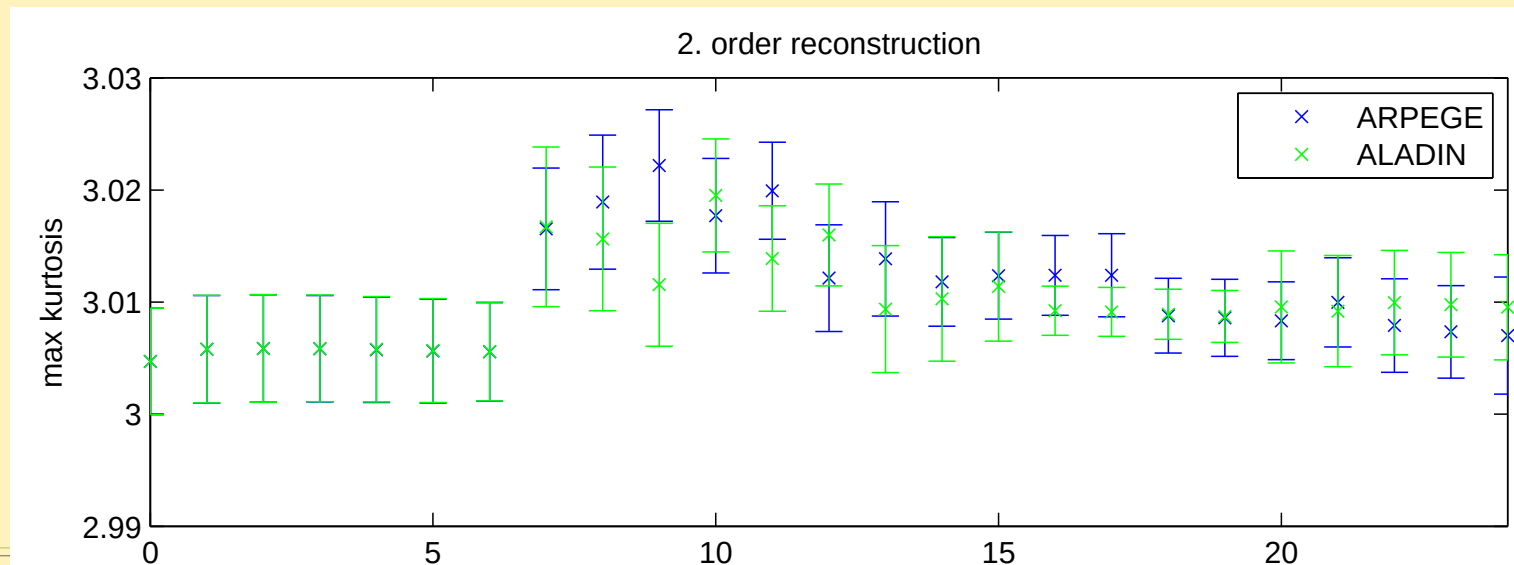
Prestige ulykken 19. november 2002

Vår første teori for bølge/dønning vekselvirkning (Gramstad & Trulsen 2010)

Vår andre teori for generell kryssende sjø (Gramstad & Trulsen 2011; Gramstad, Lefevre & Trulsen 2011)

Havtilstanden fra time til time

Sannsynlighet for freake bølger fra time til time:



Prestige ulykken 19. november 2002

- Ulykken inntraff ved kryssende sjø.
- Vi finner flere freake bølger ved kryssende sjø enn uten kryssende sjø.
- Vi finner størst sannsynlighet for freake bølger omtrent når ulykken sjedde.

Våre resultater står i skarp kontrast til mye som har blitt hevdet fra diverse hold



Freaky bølger til havs



Dersom dette var interessant kan du studere:

Matematikk — Mekanikk — Statistikk — Fysikk

Lektorprogrammet — Realfag — Matematikk og fysikk