

## Lastvirkninger av jackuper i storm – en sammenstilling av en litteraturundersøkelse.

Arne Kvitrud, Ptil

Innledning.....	1
Instrumenterte jackuper.....	1
Observert og beregnet lastvirkning .....	3
Statistiske egenskaper av responsen i korttidstilstander .....	5
Dempning i jackuper .....	6
Ringning .....	8
Fjærstivheter for spudcan .....	8
Fjærstivheter skjørtefundamenter.....	9
Konklusjoner .....	9
Konklusjoner i forhold til DNV-OS-C104.....	10
Litteraturliste – ikke alle er brukt i teksten over. ....	11

### Innledning

Dette er et sammendrag av mine observasjoner funnet ved å lese gjennom det jeg har funnet om oppførselen til jack-up innretninger i Nordsjø-området. Videre er det gjort som en vurdering mot aktuelle bestemmelser i DNV-OS-C104 og NORSOK.

Flere av analysene er gjort i samsvar med SNAME 5-5A, som er grunnlaget for arbeidet med ISO 19905 om jackuper.

### Instrumenterte jackuper

Jeg har funnet at følgende jackuper har vært instrumentert i ulike periode fra måling av oppførselen. Alle er trebeinte jackuper. Alle er i Nordsjø-området.

- a) Maersk Endurer (Hunt et al, 1999 og 2001 og MSL, 2002). Vanddypet er 91m. Leggene er 55m fra hverandre. Penetrasjonen var 6,4m. Grunnforholdene er fast til stiv leire ned til 7,5m og videre stiv til hard leire. Måleperioden var 1997-1999 ved Shearwater.
- b) Maersk Guardian (Brekke, 1990 + Sterndorf, 1993 + Brichmann og Brekke, 1993 + Weaver og Brinkmann, 1995). På 75m vanddyp på Silver Pit i 1988-89 og på 75m vanddyp ved Ekofisk 2/4-W i 1990-91. På Silver Pit var det ”firm” sand.
- c) West Epsilon (Karunakaran et al, 1997 og 1998). Denne hadde 5m skjørt. Det ble målt i 1995-96 på Sleipner West på 107m vanddyp.
- d) Rowan Gorilla II (Hambly mfl, 1990),
- e) Galaxy-1 (Temperton mfl, 1999) på fem ulike lokasjoner med varierende grunnforhold i perioden 1990-96.
- f) Monitor (Temperton mfl, 1999) på ni ulike lokasjoner med varierende grunnforhold i perioden 1990-96.
- g) Magellan (Temperton mfl, 1999 + Nelson et al, 2001) på to lokasjoner i perioden 1990-96. Penetrasjonen var 0,9-3m (Temperton). Grunnforholdene var sand over leire. Videre på Franklin i 1998-99 på 91,8m vanddyp. Nelson et al oppgir penetrasjonen til å være 2,2-2,5m i fast til stiv leire (til 5m) over sand og hard leire.
- h) Kolskaya (McCarron mfl, 1992) på Hod. Vanddypet er 72m. Grunnforhold er sand over leire. Penetrasjonen var 1,4m. En hadde her et lokal brudd i jorda under det ene

fundamentet. Resultatene her om innspenning er da de mest relevante om forholdene nær  
brudd.

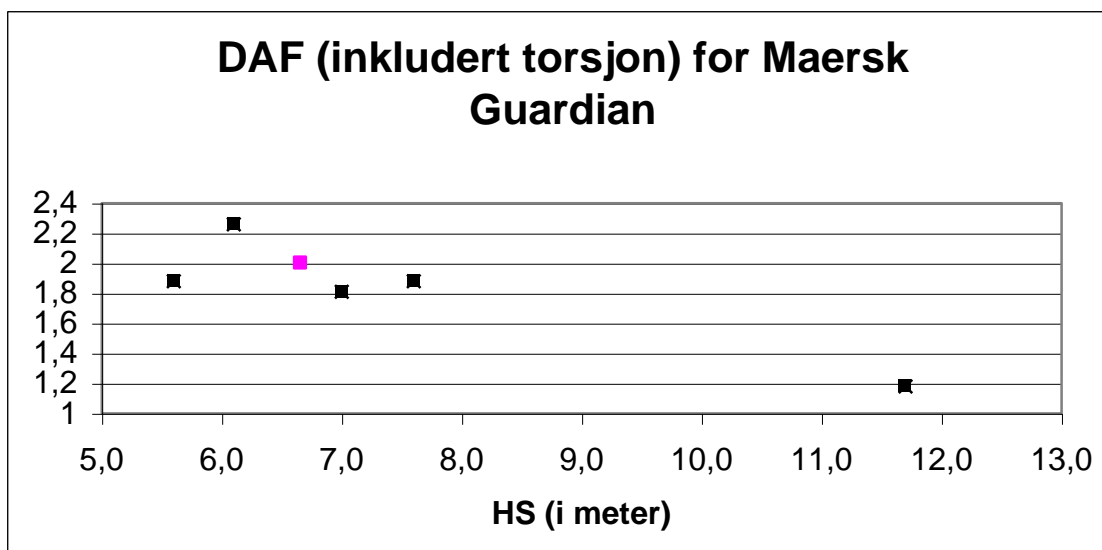
## Observert og beregnet lastvirkning

Brekke et al (1990) viser effekten av bølgespredning på Maersk Guardian. De har bølger opp til 7,5m. Resultatene er svært følsomme for bølgeretningen. Årsaken er kanseleringseffekter. Spredning av bølgene både reduserte og økte responsen. Målingen er kanskje årsaken til følgende tekst fra Noble Denton (1993 commentaries to chapter 3.5.1.2): " To use such a spreading factor in reducing overall forces on a structure is debatable, and especially so for jack-up structures. There may be cases where the inclusion of the spreading in irregular seas results in higher forces for some headings. If the leg spacing corresponds to a wave period, inducing opposing wave forces for different legs coinciding with the first resonance period, the forces will in fact be amplified when spreading is introduced". Brekke et al (1990) bruker Exxon verdier for hydrodynamiske koeffisienter som er nær ISO verdier. De finner at responsen typisk er underestimert med 5-10%. I tabell 2 viser de at for standardavviket undervurderer de OTM med 7,4-8,7% og for maksimalverdien underestimerer de responsen med 5-19,6% for storm 1. For storm 2 gir de også forskjeller mellom beregnet og målt – men her ser det ut som om de sammenlikner med målingene fra storm 1!

Karunakaran et al (1997 og 1998) har regnet på og analysert målinger fra West Epsilon 9.2. og 10.2.1996. Den er analysert for tre stormtidspunkt med  $H_s$  på 9,0-9,3m. Den største bølgen (H) var 13,6m og den tilhørende perioden var 10,8 sekunder. De har første egenperiode på 5,1 sekund. De finner egenperioder og stivheter som samsvarer bra med beregningene, men de sier ikke noe om hvordan beregningene er utført. Det er en nærnær lineær rotasjonsstivhet, og med bare en beskjeden hysteres. De regner med første og andre ordens bølger - med og uten strøm. Strømverdier var ikke tilgjengelige. De har målinger en rekke steder på jackupen – og måler deksbevegelser og tøyninger nær bunnen. De antar en begroing som er 10mm mellom +2m og -40m og 40mm under det. De sammenlikner standardavvik på responsen beregnet og målt. De får et forhold mellom målt og beregnet for forskyvning uten strøm kvasistatisk som er  $10,2/11,6 = 0,88$  og for overturning moment målt/beregnet =  $5956/5690 = 1,05$ . De får et forhold mellom målt og beregnet forskyvning uten strøm for totalrespons som er  $14,3/18,0 = 0,79$  og for overturning moment målt/beregnet =  $8342/9175 = 0,91$ . Det er da med en tilpasset fundamentstivhet i henhold til målingene.

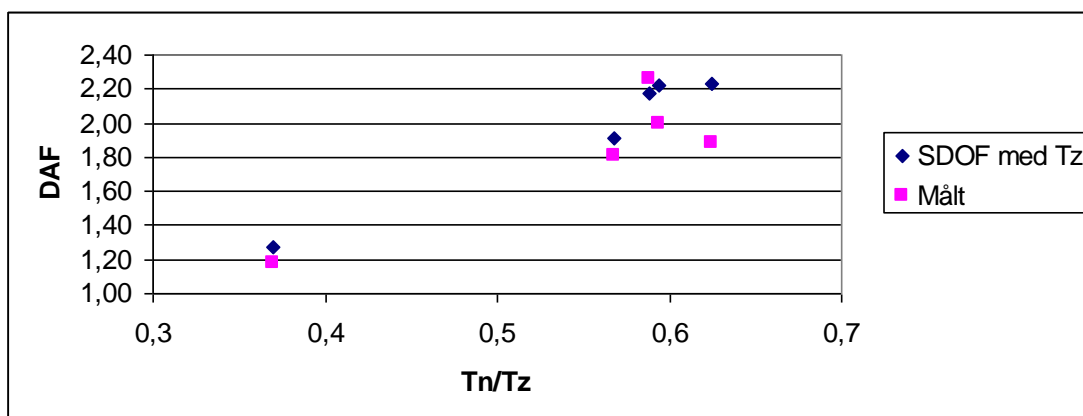
Morandi et al (1998) har også analysert West Epsilon dataene. De får en DAF på 1,1 på base shear og 1,28 på hull displacement fra målingene. De regner med 12,5mm marin begroing. Analysene underestimerer responsen, dersom en ikke bruker større verdier for groe så vel som for anoder, caissons, jetting tubes og stiger. De antar at fundamentet er som for spudcan med 5m penetrasjon. Det er relativt store forskjeller (underestimert) mellom det som ble gjort som utgangspunkt og det som er målt av respons.  $C_D$  er beregnet etter SNAME. Etter å ha justert opp  $C_D \cdot D_e$  (dragfaktor\*diameter) får de et rimelig godt samsvar mellom målinger og beregnet. De måtte justert opp  $C_D \cdot D_e$  med 9-39% for å få rimelig god tilpasning. Det vil si de har en betydelig ikke-konservativ bias.

Sterndorff (1993) har undersøkt Maersk Guardian for vinteren 1990/1991. Den sto da på Ekofisk. Han oppgir den første egenperioden til å være 5,95 sekunder i den største stormen. Han får en DAF på 1,18 for den høyeste stormen (12.12.1990) og DAF=2,26 (!) for februarstormen 1991.



**Figur 1: DAF for Maersk Guardian på Ekofisk 2/4-W i 1990-91 - etter Sterndorff (1993) og ett punkt for Silver Pit etter Brekke et al (1990) - for OTM.**

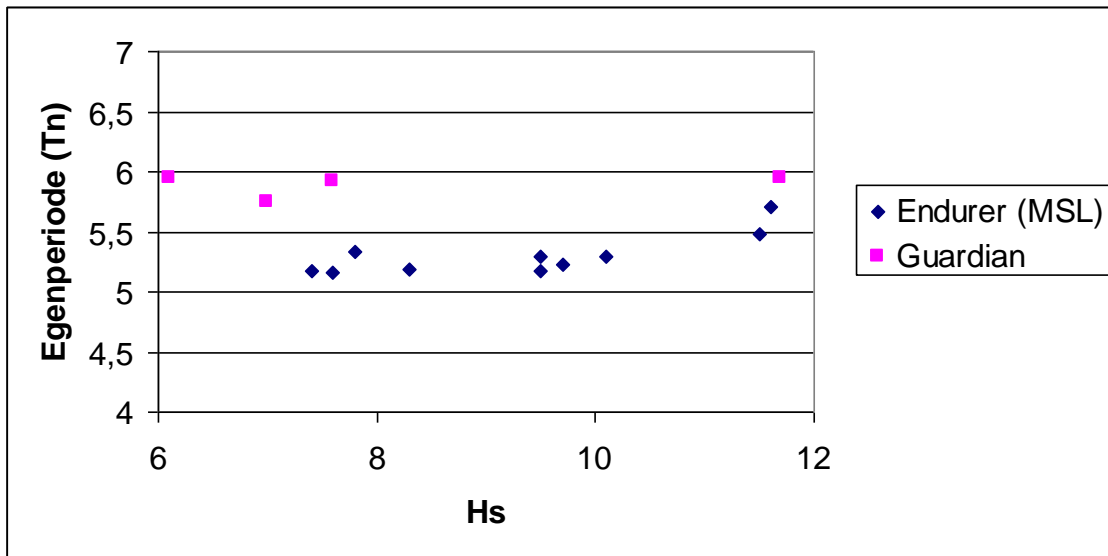
Dersom en sammenlikner DAF-ene fra SDOF-analyser med det en har målt får en figuren under. SDOF-analyser gir i dette tilfellet et bra overslag over den målte verdien. Det er brukt den målte dempningen i SDOF-analysen,  $T_z (= 0,92 * \text{peak-perioden i spekteret})$  og målte egenperiode i de forskjellige stormtilstandene. Dersom en bruker  $T_p$  i stedet for  $T_z$  kommer de målte verdiene svakt høyere enn SDOF-verdiene og COV (målt vs beregnet) blir bitte litt mindre.



**Figur 2: Dynamisk forsterkning (DAF) for Maersk Guardian på Ekofisk 2/4-W i 1990-91 - etter Sterndorff (1993) og ett punkt for Silver Pit etter Brekke et al (1990) - for OTM. SDOF er beregnet med målt dempning.**

MSL (2002) har analysert målinger fra Maersk Endurer i bølgehøyder opp til 11,6m. De har antatt en begroing på 12,5mm i henhold til SNAME. Egenperioden var 5,1-5,7 sekunder. De har brukt innspenningen av SNAME og beregnet forventet største respons i ti sjøtilstander. De får da for et gjennomsnittlig forhold for alle sjøtilstandene, - mellom målt og beregnet på 0,81. Gjennomsnittlig COV i hver sjøtilstand med hensyn til den samme forskyvningen er 21%. De beregnede verdiene er gjennomsnittet av fire simuleringer hver på 30 min. Den

målte verdien er den største i løpet av de aktuelle 30 min. COV på selve prediksjonen av den største målte verdien er på 33% for de ti sjøtilstandene. Dersom en sammenlikner standardavvik blir forskjellene mindre – 0,84 i bias og 21% i COV.



**Figur 3: Egenperioden som funksjon av bølgehøyden for Maersk Endurer i 1998-1999 (etter MSL, 2002). Egenperioden på Maersk Guardian på 2/4-W som funksjon av bølgehøyden (etter Sterndorff, 1993). Egenperioden øker på Endurer, men er konstant for Guardian i det samme bølgehøyde-området. Maersk Endurer sto på leire, mens Maersk Guardian sto på sand.**

### Statistiske egenskaper av responsen i korttidstilstander

Skjevetskoeffisienten uttrykker symmetriegenskapene til fordelingen. En økning i koeffisienten indikerer at ekstremene øker. Fordelingen er symmetrisk når skjevheten er null. Positive verdier indikerer at fordelingen er skeiv mot høyre og negative verdier en skeivhet mot venstre.

Kurtosiskoeffisienten uttrykker forholdet mellom små og store verdier. En økning i kurtosis koeffisienten indikerer at antall store verdier øker. For en Gaussisk prosess er kurtosis koeffisienten 3,0. Haver angir at en økning i kurtosis fra 3,0 til 3,1 på bølgemålinger i en sjøtilstand øker bølgehøyden med 0,3 til 0,4m.

Spidsøe og Karunakaran (1989) definerer skeivhets- og kurtosiskoeffisientene som:

$$\text{- skeivhet} = m_3 / (m_2)^{3/2}$$

$$\text{- kurtosis} = m_4 / (m_2)^2$$

der  $m_i$  = integralet av  $dx$  fra minus uendelig til pluss uendelig av  $((x-x_m)^i) * f(x)$ . Der  $x_m$  er middelverdien av  $x$ .

Haver (1992) har uttrykt det samme ved å definerer skeivhet og kurtosis som følger:

$$\text{- skeivhet} = m_3 / s^3$$

$$\text{- kurtosis} = m_4 / s^4$$

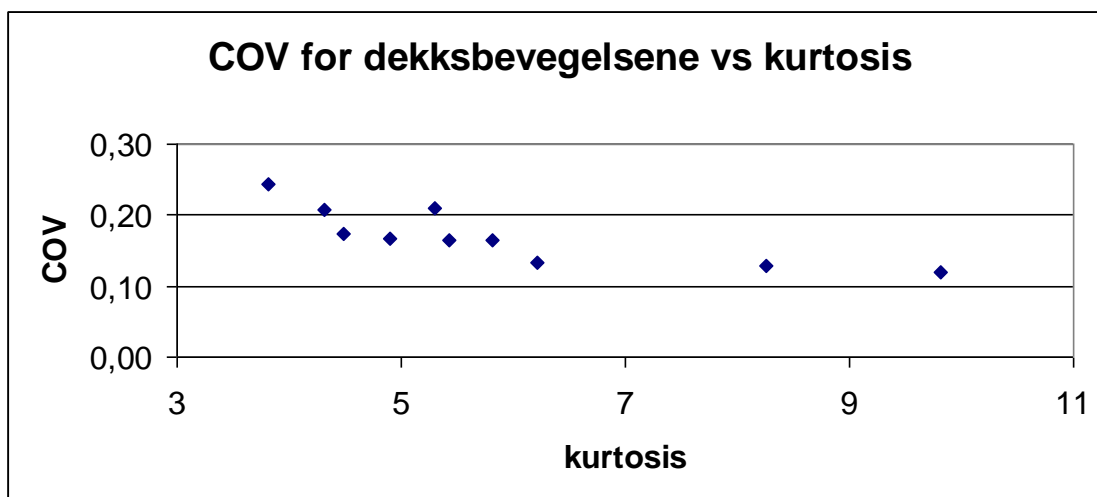
der  $m$  er momentet til fordelingen og  $s$  er standardavviket.

Stansberg bruker en noe annen definisjon på kurtosis. I det han trekker fra 3.

Karunakaran et al (1997, 1998 og 1999) har regnet på og analysert målinger fra West Epsilon 9.2. og 10.2.1996. Den er analysert for tre stormtidspunkter med Hs på 9,0-9,3m. Den største bølgen var 13,6m og den tilhørende perioden var 10,8 sekunder. Alle de viste fordelingsfunksjonene viser at Rayleigh fordelingen underestimerer ekstremene i korttidstilstander til dels mye både for skrogeforskyvning og OTM.

MSL (2002) har analysert målinger fra Maersk Endurer i bølgehøyder opp til 11,6m. Den sto da på fast til stiv leire. De får mye mindre beregnet kurtosis i respons enn målt. De har målte kurtosis-verdier på 3,8 til 9,8. MSL skriver at kurtosis er et mål for om det er inertia eller drag som dominerer. De får mye mindre standardavvik målt enn i beregnet respons. Responsen er ikke gausisk, men de tester ikke andre fordelinger. De skriver at årsaken kan være at de ikke har målt bølgespredningen.

Hunt (1999) skriver at for en massedominert konstruksjon er kurtosis lik 3 og for en dragdominert konstruksjoner er kurtosis 11,67. Han skriver ikke hva som er forutsetningene for dette, men han antar at responsen på massedominert konstruksjon er gausisk. Muligens har han da antatt gausisk sjø og så beregnet kurtosis for en dragdominert konstruksjon. Plotter en kurtosis-verdiene for Maersk Endurer (MSL, 2000) mot Hs eller Tp får en nesten ikke noen korrelasjon! Det eneste som gir god korrelasjon er om en plotter kurtosis-verdiene mot COV for horisontalbevegelsene i dekket. Det er kanskje heller ikke overraskende!



**Figur 4:** COV (mm) for deksbevegelsene mot kurtosisverdiene for Maersk Endurer. Etter tall hos MSL (2002 – tabell 2).

Spidtsøe og Karunakaran (1993 med referanse til Karunakaran, 1993) gir skewness-verdier på 0,99-1,75 for ulike deler av en jackup og kurtosis på 6,05-6,97. De har også noe de kaller en "extreme value parameter" på 6,6-9,2 (= ekstemverdi/standardavvik?). Dette er simulerte verdier for ulike responsverdier på en jackup (TPG 500).

### **Dempning i jackuper**

Dempningen nedenfor er oppgitt som Rayleigh dempning i % av kritisk dempning. Målt dempning vil inneholde konstrusjonsdempning, fundamentdempning, hydrodynamisk

dempning, dempning fra jekkesystemet med mer. Målingene i seg selv skiller ikke hva som kommer fra hvilken kilde.

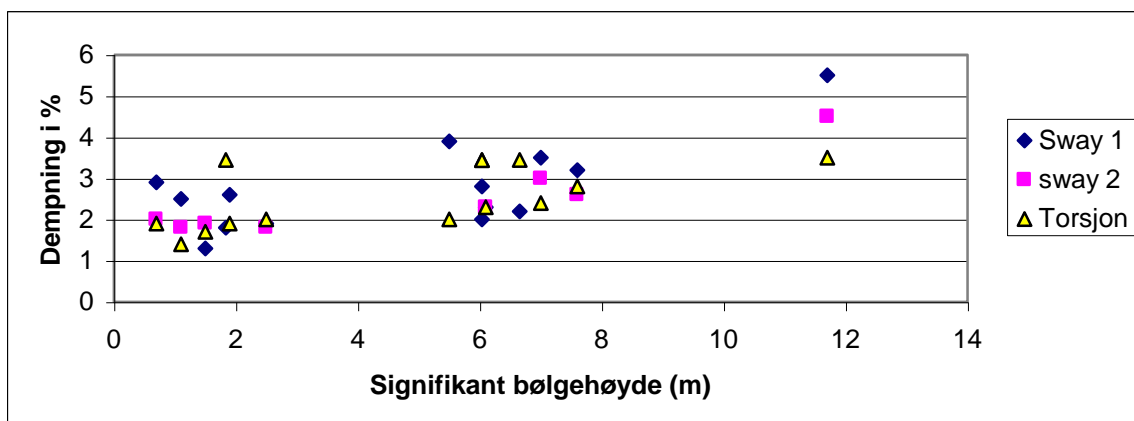
DNV (30.5, punkt 5.7.10) skriver at dempning er:

Konstruksjonsdempning	1-3%
Jorddempning	0-2%
Hydrodynamisk dempning	2-4%
Total dempning	3-9%

Hambly mfl (1990) angir at de for riggen Rowan Gorilla II på Arbroath i Nordsjøen har målt dempning. Vanddypet er 93m. Dempningen er 2% for lave sjøtilstander til 5% for høye. Disse tallene er basert på bredden ved spektertoppen, og kan være noe høy ved høye sjøtilstander siden båndbredden er påvirket av jackupens egenperiode. Egenperioden endres med sjøtilstanden fra 3,9 sek til 4,4 sek ved store bølger. Den største sjøtilstanden som ble målt var  $H_s=8m$ . De angir at en økning av dempningen fra 2% til 5% bare øker maksimalmomentet på toppen av leggene med 2%.

Brekke et al (1990) finner et best estimat på dempning på 1,8-2,8% for Maersk Guardian. De har bølger opp til 7,5m på Silver Pit.

Brichmann og Brekke (1993) har undersøkt Maersk Guardian for vinteren 1990/1991. Den sto da på Ekofisk. Egenperiodene for jackupen var 5-6 sekunder, og den signifikante bølgehøyden var opp til 11,7m. Enkeltbølger var opp til 22m. I denne bølgen var den totale dynamisk forsterkningen ikke mer enn 1,10. Sterndorff (1993) har gjort det samme. Han oppgir den første egenperioden til å være 5,95 sekunder i den største stormen. I vedlegg E gir han dempningsverdier som jeg har plottet mot  $H_s$  (i meter) nedenfor. Han gir dempningsverdiene er beregnet som en middelvei og et standardavvik. Den største dempningen har en verdi på 5,5% +/- 1,2% (ett standardavvik).



**Figur 5: Dempning i % for de tre første svingeformene av Maersk Guardian på lokasjon 2/4-W og Silver Pit plottet mot  $H_s$  (i meter). Etter tabellopplysninger hos Sterndorff (1993) og Brekke (1990). Sterndorff har for hver dempningsverdi beregnet middelvei og standardavvik, men det er ikke vist her.**

Karunakaran et al (1998) har regnet på og analysert målinger fra West Epsilon. Den var utstyrt med skjørt. Den er analysert for tre stormtidspunkter med HS på 9,0-9,3m. De finner

egenperioder og stivheter som samsvarer bra med beregningene, men de sier ikke noe om hvordan beregningene er utført. Det er nært lineær rotasjonsstivhet, og med bare en beskjeden hysteresese. For å få beregningene til å stemme for maksimal respons bruker de 3,5% dempning. For de påfølgende bølgene bruker de 4,5%. Om de antar at det ikke er strøm, passer 5,5% best. Det er ikke målt strøm.

Morandi et al (1998) har også analysert West Epsilon dataene. De får best tilpasning ved å bruke 5,5%.

## Ringing

Brichmann og Brekke (1993) har undersøkt ringing på Maersk Guardian for vinteren 1990/1991. Den sto da på Ekofisk. Det er flere tilfeller hvor en har målt transiente laster. Størrelsen på disse er imidlertid små, og anses ikke å være av betydning for brudd- eller utmattingsgrensetilstandene. Egenperiodene for jackupen var 5-6 sekunder, og den signifikante bølgehøyden var opp til 11,7m. Enkeltbølger var opp til 22m.

Spitsøe og Karunakaran (1997) viser analytisk at effekten av ringing kan være 40-60% av totalresponsen for en jackup. Den er likevel faseforskjøvet, og kommer etter draglasten - slik at bidraget til totallasten fra ringing blir lite.

## Fjærstivheter for spudcan

Temperton mfl (1999) har analysert målinger på tre rigger i Nordsjøen: Galaxy-1, Monitor og Magellan. De har data for fem år fordelt på sju lokasjoner. Største målte enkeltbølge er ca 17m. De definerer seg en statisk stivhet som er  $= K / (K + E * I / L)$  der K er rotasjonsstivheten. De oppnår en stivhet her på 45-90%. Ved bruk av SNAME får de stivheter mellom 28-70%. SNAME gir konsekvent lavere stivhet for alle.

Videre en dynamisk stivhet som er:

$= (f_m^2 - f_p^2) / (f_r^2 - f_p^2)$  der f er frekvenser, med indeks m for målt, p er beregnet egenperiode ved leddlager (pinned),  $f_r$  er beregnet egenperiode ved fast innspenning. De oppnår 30-90% stivhet. Det oppnås også varierende stivhet gjennom en storm. Samme riggen har også store variasjoner avhengig av hvor den står. Det er større innspenning i leire enn i sand.

Temperton mfl (1999) og MSL (2002) sammenstiller data fra egne og andres undersøkelser:

Jackup	Posisjon	Jord	Vanndyp (m)	H-max (m)	Statisk innspenning (%)	Dynamisk innspenning (%)
Maersk Guardian	Silver Pit	Sand	70	H=6	98	62
Rowan Gorilla II	Arbroath	Sand over leire	94	H=14	-	30
Kolskaya	Hod	Sand	72	H=21	-	12
Galaxy-1	Ranger	Sand	92	H ca 8	44	50
Galaxy-1	Judy	Siltig sand	75	H ca 7,5	28	30
Galaxy-1	Shearwater	leire	89	H ca 12	70	80-90
Magellan	North Everest	leire	89	H=17,1	66	70-80
Magellan	Joanne	Siltig sand	77	H=16,4	54	60-70
Monitor	Joule	Sand	28	H ca 11	32	47-51



Monitor	Halley North	Sand over silt	84	H ca 9	54	50
Maersk Endurer	Shearwater	leire	91	Hs = 11,6	-	59

Grunnen til at Kolskaya kommer ut med en så lav stivhet er nok at en der hadde et lokalt brudd med påfølgende setninger under fundamentet. Størrelsen på fundamentet var også lite.

### Fjærstivheter skjørtefundamenter

Karunakaran (1998) har regnet på og analysert målinger fra West Epsilon på Sleipner. Den står der med bro over til en jacket. Den var utstyrt med skjørt. Den er analysert for tre stormer med  $H_s$  på 9,0-9,3m. De finner egenperioder og stivheter som samsvarer bra med beregningene, men de sier ikke noe om hvordan beregningene er utført. Det er nær lineær rotasjonsstivhet, og med bare en beskjeden hysteres. Stivhetene er kalibrert i stormene til 350 GNm/rad. De oppgir også en designstivhet for  $H_s = 15,5m$  på 310 GNm/rad og 420 GNm/rad for  $H_s = 5m$ . Leland mfl (1994) skriver at vanddypet er 107m på Sleipner, hvor West Epsilon ble brukt. Skjørtelengden er 5m. De angir at typiske verdier for stivheten er 116 GNm/rad i ULS og 490 GNm/rad i FLS. Su er 60KPa i overflatelagene. Bærheim (1993) angir for samme fundament en initiell stivhet på 300 GNm/rad, men denne minker fort når rotasjonen øker. Initiell vertikal stivhet er 8,8GNm/rad.

Rotasjonsstivhet for West Epsilon på Sleipner kan settes opp slik:

Kilde	FLS	ULS
Leland mfl (1994)	490 GNm/rad	116 GNm/rad
Bærheim (1993)	300 GNm/rad	
Karunakaran (1998)	420 GNm/rad	310 GNm/rad
Målt (Karunakaran, 1998)	350 GNm/rad	

Spriket mellom tallene er altså betydelig, men neppe større enn en kunne forvente.

### Konklusjoner

Det er gjort rimelig mange målinger på jack-up innretninger til å kunne danne seg et bilde av hvordan de oppfører seg. Vi har likevel bare tilgang til begrensede deler av resultatene fra undersøkelsene. I hovedsak er resultatene rapportert i artikler.

Jeg har nedenfor forsøkt å oppsummere det jeg har fått ut av målingene:

1. Dersom en tilpasser fundamentstivheten til målingene av oppførselen, får en et rimelig godt samsvar mellom forventet oppførsel og observert oppførsel. Svært grovt regnet ser det ut til at Maersk Endurer gir ca 20% overestimering, Maersk Guardian og West Epsilon gir ca 10% underestimering. Det innebærer likevel en tilpasning av måleresultatene for å få forventet resultat. En "blindverdi" eller en fundamentstivhet fra en stedsspesifikk analyse ville ha gitt et annet resultat.
2. Jackupene har en COV som er i størrelsesorden 20-30% på beregnede verdier i forhold til målte verdier. COV-en blir større om en sammenlikner enkeltverdier enn standardavvik. Det er samme størrelsesorden som for jacketkonstruksjoner.

3. Det er viktig å få med seg rett marin begroing, anoder og andre sekundære elementer i lastanalysene.
4. Dersom en bruker en SDOF-metode får en en DAF som synes å være i rett størrelsesorden. Den målte dynamiske forsterkningen i midlere sjøtilstander er stor.
5. Flere analyser viser at dempningen betyr lite i tidsserieanalyser av høye sjøtilstander siden DAF-en er liten. Målingene kan tilsi at dempningen øker svakt med sjøtilstanden - på leire.
6. Fundamentstivheten har vist seg vanskelig å forutsi med en stor nøyaktighet både med spudcan og med skjørt. Metoden i SNAME synes konsekvent å gi lavere fundamentstivhet enn målingene, og kan nok brukes som en nedre grense.

### **Konklusjoner i forhold til DNV-OS-C104**

Jeg har nedenfor forsøkt å oppsummere erfaringene fra målingene i forhold til DNV-OS-C104:

1. Det er fornuftig at DNV-OS-C104 krever en øvre og en nedre grense for fundamentstivheten. Fundamentstivheten har vist seg vanskelig å forutsi med en stor nøyaktighet både med spudcan og med skjørt. Metoden i SNAME synes konsekvent å gi lavere fundamentstivhet enn målingene, og kan nok brukes som en nedre grense.
2. Jackupene har en COV som er i størrelsesorden 20-30% på beregnete verdier i forhold til målte verdier. COV-en blir større om en sammenlikner enkeltverdier enn standardavvik. Det er samme størrelsesorden som for jacketkonstruksjoner. Det tilsier at en burde ha samme lastfaktorer for jackuper som jacketer,
3. Sammenlikninger mellom målinger og analyser viser at det er viktig å få med seg rett marin begroing, anoder og andre sekundære elementer i lastanalysene. DNV-OS-C104 har ikke med tykkelse på begroing, mens SNMAE har det.
4. Dersom en bruker en SDOF-metode får en en DAF som synes å være i rett størrelsesorden. Flere analyser viser at dempningen betyr lite i tidsserieanalyser av høye sjøtilstander siden DAF-en er liten. Målingene kan tilsi at dempningen øker svakt med sjøtilstanden - på leire, men den er langt unna de verdiene som DNV spesifiserer som øvre grense.
5. Som angitt over kan bruken av DNV kan gi ikke-konservative resultater (kinematisk reduksjonsfaktor, begroing og lavere lastfaktorer enn for jacketer). I positiv retning er at reglene ikke har reduksjonsfaktorer for current blockage og conductor shielding inne i analysene.

## **Litteraturliste – ikke alle er brukt i teksten over.**

Brekke J N, J D Murff, R B Campbell og W C Lamb: Calibration of jackup leg foundation model using full-scale structural measurements, OTC 6127, Houston, 1989.

Brekke J N, J D Murff, R B Campbell og W C Lamb: Calibration of jackup structural analysis procedure using field measurements from a North Sea jack-up, OTC 6465, Houston, 1990.

Brinkmann Carl R: Maersk Guardian measurements at Ekofisk - Ringing effect, Telefax fra Exxon til PPCoN, Houston, 25.8.1993, OD ref 92/8856-80.

Brinkmann Carl R og James N Brekke: Maersk Guardian Jack-up measurements at Ekofisk 2/4-W Location, Exxon production research company, Houston, EPR.79PS.93, draft juli 1993, OD ref 92/8856-80. Vi har bare tilgang på noen sider av dokumentet.

Bærheim Morten: Structural effects of foundation fixity on large jack-up, The fourth international conference, the jack-up platform, design, construction & operation, London, 21-22.9.1993.

Christensen Ø: Higher order wave load effects - ringing, brev fra PPCoN til OD av 5.10.1993. OD ref 92/8856-80.

DNV: Strength analysis of main structures of self-elevating units, Classification note 31.5, Høvik, 1992.

DNV: Structural design of self-elevating units (LRFD method), ODV-OS-C104, Høvik, 2001.

Hambly E C, G R Imm og B Stahl: Jackup performance and foundation fixity under developing storm conditions, OTC 6466, Houston, 1990.

Hattori Yoichi, Takaaki Ishihama, Kohei Matsumoto, Kenji Arima, Norihiko Sakata og Akira Ando: Full-scale measurements of natural frequency and damping ratio of jackup rigs and some theoretical considerations, OTC 4287; OTC, Houston, 1982.

Haver S: A discussion of the wave conditions in the Northern North Sea, Technical note, Shell, Troll prosjektet, 18.12.1992.

Hunt Rupert J: Jack-up and jacket relative motions, prediction and measurements, Seventh international conference, The jack-up platform design, construction & operation, London, September 1999. Han har analysert data fra Maersk Endurer.

Hunt Rupert J, Adrian F Dier og Wayne Jones: Further interpretation of North sea jack-up motion measurements, Eighth international conference, The jack-up platform design, construction & operation, London, September 2001.

Karunakaran D, N Spidsøe og J I Dalane: Nonlinear dynamic response of two deep water jack-up platforms, 2nd offshore and polar engineering conference, San Francisco, Proceedings, volum 1, side 278-287, ISBN 1-880653-01-X, 1992.

Karunakaran D og N Spidsøe: Verification of methods for simulation of nonlinear dynamic response of jack-up platforms, 5<sup>th</sup> jack-up platforms int conference, London, ISSN: 0951-8339, 1995.

Karunakaran D, M Bærheim og N Spidsøe: Full-scale measurements from a large deepwater jack-up platform, 6th London City univ jackup-platform int conference 9/23-24/1997, Proceedings, ISBN 0-9531709-0-X, 1997.

Karunakaran D og N Spidsøe: Verification of methods for simulation of nonlinear dynamic response of jack-up platforms, Marine structures, nr 10, Elsevier forlag, ISSN: 0951-8339, 1997.

Karunakaran D, M Bærheim og N Spidsøe: Measured and simulated dynamic response of a jackup and a large jack-up platform in North Sea, OTC 8827, Houston, 1998.

Karunakaran D, M Bærheim og N Spidsøe: Full-scale measurements from a large deepwater jack-up platform, Marine structures nr 12, Elsevier Science ltd, 1999.

Leland A, C J Mommaas og M Bærheim: Cost effective spud can modifications, IADC/SPE drilling conference, 274443, 1994

Liu P og W W Massie: Elevated jack-up model, Delft University of technology, side 1001-1014, ca 1992. Dette er en artikkel jeg har hatt liggende, men hvor jeg ikke har påført hvor den er presentert.

McCarron W O og Broussard M D: Measured jack-up response and spudcan-seafloor interaction for an extreme storm event, BOSS 92, London, Proc V 1, side 349-361, 1992, ISBN 1-874612-00-5

Morandi A C, D Karunakaran, A T Dixon, M Bærheim: Comparison of full-scale measurements and time domain irregular sea analysis for a large deepwater jack-up, OTC 8828, Houston, 1998

MSL: Interpretation of full-scale monitoring data from a jack-up. Rapport utgitt av HSE, Offshore technology report 2001/035, UK, 2002. De har analysert data fra Maersk Endurer.

Nelson K, Smith P, Hoyle M, Stonor R, Versaval T: Jack-up response measurements and the underprediction of spud-can fixity by SNAME 5-5A, OTC-12074, Houston 2000

Nelson K, R W P Stonor og T Versavel: Measurements of seabed fixity and dynamic behavior of the Santa Fe Magellan jack-up, Marine Structures volum 14, nr 4-5, side 451-483, juli-oktober 2001, ISSN 09518339.

Noble Denton: Guideline for Site-specific Assessment of Mobile Jack-up Units, final draft, London 1993.

Spidsøe N and D Karunakaran: Effects of super harmonic excitation to the dynamic response of offshore platforms, E&P forum workshop on wave and current kinematics and loading, Paris, 1989.

Spidsøe N and D Karunakaran: Nonlinear dynamic behavior of jack-up platforms, 4<sup>th</sup> inst mech eng et al jack-up platform int conf, London, 1993, ISBN 1-874612-11-0.

Spidsøe N and D Karunakaran: Effects of non-Gaussian waves to the dynamic response of jack-up platforms, 5<sup>th</sup> jack-up platforms int conference, London, 1995.

Spidsøe N and D Karunakaran: Nonlinear dynamic behavior of jack-up platforms, Marine structures, nr 9, 1996, Elsevier forlag, ISSN 0951-8339.

Spidsøe N and D Karunakaran: Effects of non-Gaussian waves to the dynamic response of jack-up platforms, Marine structures, nr 10, 1997, Elsevier forlag, ISSN: 0951-8339.

Springett C N, R W P Stonor, X Wu: Results of jack-up measurement program in the North Sea and their comparison with the structural analysis, 4th Inst Mech Eng et al jack-up platform int conf, London, Proceedings, ISBN 1-874612-11-0, London, 1993

Springett C N, R W P Stonor, X Wu: North sea jackup measurement program reduces response uncertainty, Petrol Eng Int Volum 66, nr 4, side 46-48,51,53, april 1994, ISSN 01648322, 1994

Springett C N, R W P Stonor, X Wu: Results of jack-up measurement program in the North Sea and their comparison with the structural analysis, Marine Structures volum 9, no 1, side 53-70, 1996, ISSN 09518339.

Sterndorff M J: Note on ringing effects for the Maersk Guardian, DHI, Hørsholm, 24.9.1993, OD ref 92/8856-80.

Temperton I, R W P Stonor og C N Springett: Measured spudcan fixity: analysis of instrumentation data from three North Sea jack-ups and correlation to site assessment procedures, Marine Structures, nr 12, 1999.

Weaver T O og C R Brinkmann: Calibration of a dynamic analysis procedure using measurements from a North sea jack-up in a severe storm, OTC-7840, volum 5, side 333-341, Houston, 1995.