

OLF Frittfallivbåtprosjektet – Verifikasjon og utvikling av metode for slag mot skrog- og fremdriftsanalyser

Karl Jørgen Strauman/DNV, Per Otto Selnes/OLF

Denne artikkelen er utarbeidet for å gi generell informasjon om prosjektet. Artikkelen er publisert på websiden til OLF, <http://www.olf.no/>. Detaljerte prosjektrapporter som danner grunnlaget for denne artikkelen kan kjøpes fra Oljeindustriens Landsforening, postboks 8065 Forus 4068 Stavanger, Norge, eller via e-post: firmapost@olf.no.

Sammendrag

Denne oppsummeringsrapporten beskriver de aktiviteter som ble gjennomført i OLF Frittfallivbåtprosjektet (FFLBP) i perioden mars 2010-juni 2011. Prosjektaktiviteten var i denne perioden relatert til verifisering av metodikk for slag mot skrog analyse og fremdriftsanalyse.

Metoden for fremdriftsanalyse anvendt i OLF prosjektet er delt i to hoveddeler:

1. Fysiske dropp tester med modell for å finne startbetingelser (utgangsposisjon, retning, hastighet)
2. Simulering av livbåtenes bane (på overflaten, etter innkopling av propell) i irregulær sjø, bort fra innretning/plattform

Slag mot skrog analysen starter med å identifisere kritiske lastekondisjoner. Dette etterfølges av en droppsimulering for å bestemme faktiske trykklaste over hele livbåtskroget, inkludert overbygg (canopy). Når kritiske lasttilfeller er bestemt gjennomføres det strukturanalyse av hele skroget.

Introduksjon

OLF Frittfallivbåtprosjektet startet i 2005, da en av frittfallivbåtene på Veslefrikk ble testdroppet. Testen avslørte utilstrekkelig styrken av overbygg og tilkomstluker. OLF startet på vegne av sine medlemsbedrifter en fullstendig undersøkelse av alle 16 fritt fall livbåt typer på norsk sokkel. Dette har senere blitt referert til som fase 1/LBP1 av FFLBP. Fase 1/LBP1 varte fra 2005 til sommeren 2007 med de følgende viktigste leveranser:

- Identifikasjon av mangler i gjeldende IMO/SOLAS kravene
- Anbefalinger med hensyn til styrke på overbygg av alle frittfall livbåter på norsk sokkel. Som et resultat fikk 140 livbåter, hvor 11 av totalt 16 fritt fall livbåt typer er representert, sine overbygg forsterket
- Evaluering av de akselerasjoner som livbåtenes passasjerer utsettes for ved dropp, med anbefalinger til forbedringer av seter og selearrangement

- Evaluering av akselerasjoner under dropp med anbefalinger til kriterier for maksimalt tillatte akselerasjonsnivåer for livbåtenes passasjerer

Man forsto etter hvert at mer arbeid fortsatt gjensto etter Fase 1 for å kunne fullføre gjennomgang av identifiserte svakheter. Fase 2/LBP2 ble dermed lansert i oktober 2007, med følgende hovedelementer (Noen av de nedenstående punkter var ikke inkludert i prosjektet men ble initiert som parallelle prosjekter):

- Sikkerheten til livbåtenes passasjerer
 1. Akselerasjonsnivåer
 2. Seter og selearrangement
 3. Overbygg og sammentrykking av skroget
- Fremdrift fra offshoreinnretning/plattform
- Slag mot skrog laster
- (Midlertidig) spesifisering for nye livbåt design utviklet i prosjektets løpefase
- Ny standard for design av frittfallivbåter
- Konvensjonelle (lære-) livbåter
- Utsettelsesarrangement for redningsbåter og utstyr (NORSOK R-002)

Denne rapporten oppsummerer kort videreføring av arbeidet for to av de ovennevnte aktiviteter, utført i perioden mars 2010 – juni 2011:

1. Fremdrift fra offshoreinnretning/plattform
2. Slag mot skrog laster

Dette dokumentet er basert på mer detaljerte avsluttende rapporter for hver disiplin, ref./1/ og ref./15/, og videre på detaljerte rapporter¹ fra de to delaktiviteter, i hovedsak ref./2/ til /8/ og /16/ to /24/. Legg merke til at de omtalte livbåt typer har blitt anonymisert i teksten, og også i referansene.

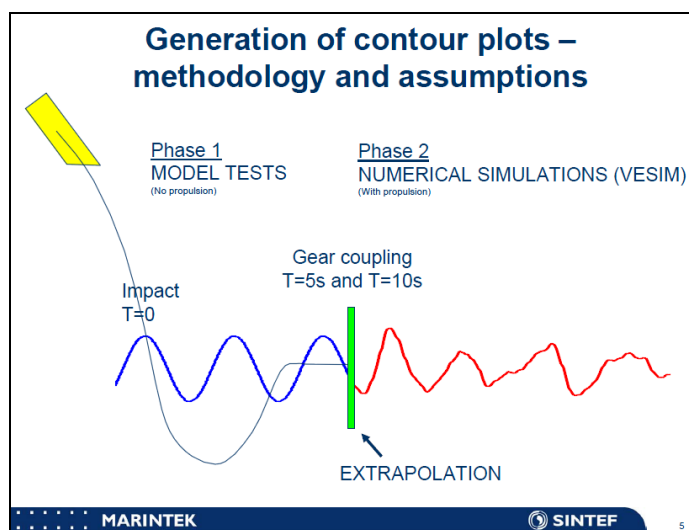
¹ Merk at noen av rapportene er konfidensielle eller har begrenset tilgang. Tilgangsstatus er definert i referanselisten. For oversiktens skyld er alle relevante referanser, uavhengig av tilgangsstatus, oppgitt i denne rapporten.

Fremdrift

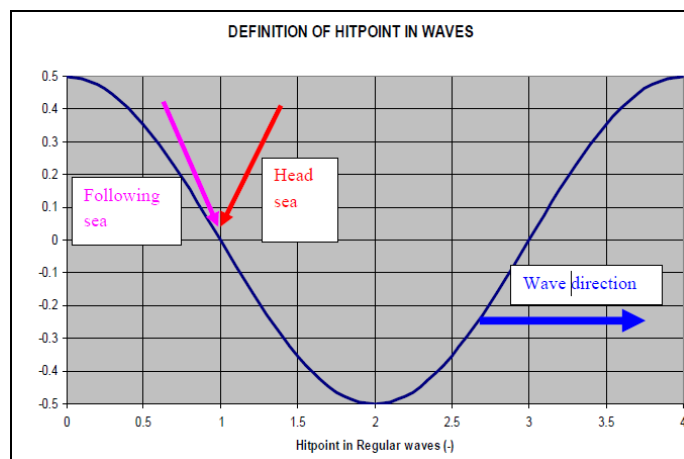
Eksisterende metode

Metodikk for fremdrifts analyse, utviklet gjennom OLF-prosjektet består av to hoveddeler, ref. Figur 1:

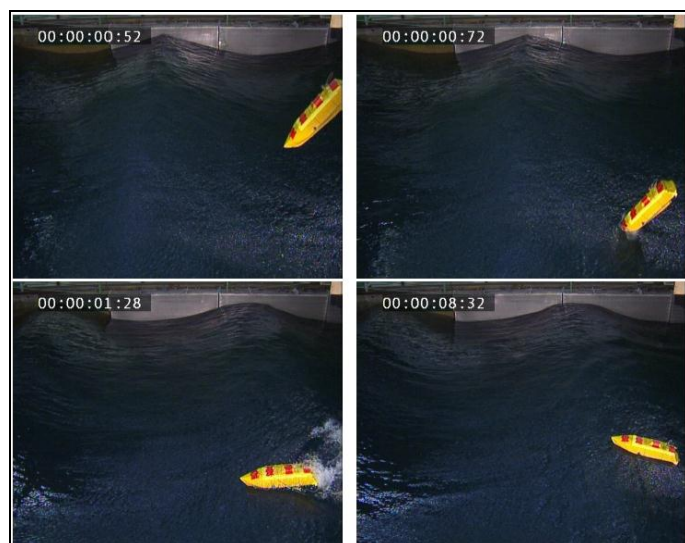
1. Modelldropp fase (modell uten egen propulsjon)
 - Livbåtmodell (skala ~ 1: 13) sjøsettes i regulære bølger med forskjellig høyde (se Figur 2 for definisjoner og Figur 3 for eksempel på dropp i gitte værtilstander)
 - Måle hastighet, posisjon og orientering (i horisontalplanet) av modellen 5 og 10 sekunder etter modellen treffer overflaten
 - Etablere statistisk fordeling (for hastighet, posisjon og orientering) basert på resultater fra dropp tester. Denne fordelingen danner grunnlaget for initialbetingelsene (startbetingelser før simuleringsfase)
2. Simuleringsfase (med propulsjon)
 - Simulere livbåtenes bane i gitte værtilstander for relevant hastighet og orientering
 - Kombinere simulerte baner med start betingelser (hastighet, posisjon, retning) fra modelltester og plote hele banen fra innkopling av propell (5/10 s) frem til 90 s
 - 1000 forskjellige baner bestemmes for hver sjøtilstand og hver spesifikke dropp tilstand.



Figur 1 Skjematisert fremstilling av analysemetode. (© Marintek)



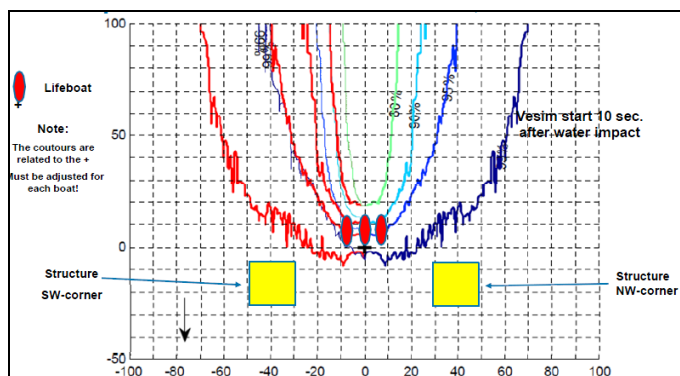
Figur 2 Definisjon av treffpunkt i bølger for dropp test i regulære bølger (© Marintek)



Figur 3 Eksempel fra dropp test. Dropphøyde 30 m, droppvinkel 50° , vindhastighet 25 knop, bølgehøyde 6.5 m. (© Marintek)

For hver type frittfall livbåt, er "konturlinjeplott" definert for en gitt dropphøyde og en definert vindhastighet og en angitt propellinnkoplingstid. Et illustrert eksempel av et konturlinjeplott er gitt i Figur 4.

Den gitte metoden beskrevet ovenfor ble utviklet av Marintek for OLF, og leveranser fra Marintek ble avsluttet i løpet av 2009 med framdriftsrapporter (Forward distance) - rapporter for hver livbåt.



Figur 4 Konturplott som viser dropp posisjon (+), samt posisjon og geometri av plattformstruktur.

(© Marintek/Statoil)

Gjennomgang av eksisterende metode

Som et resultat av rapporterte funn fra Marintek relatert til feil i settingparametere i simuleringsprogrammet Vesim, som potensielt kunne påvirke resultatene rapportert i "forward distance" rapporter, ble ytterligere uavhengige undersøkelser initiert av OLF. OLF Verifikasjonsteamet ble etablert mars 2010 med det formål å fremskaffe objektive bevis på kvaliteten på arbeidet som ble levert av Marintek. Marintek gjennomførte også sin egen gransking, ref./3/.

Marin (Maritime Research Institute Nederland) ble valgt til å utføre 3^{de} parts verifikasjonsarbeid under oppsyn av OLF Verifikasjonsteamet. Arbeidsomfanget besto av følgende hovedelementer:

1. Gjennomgang av Marintek data, metodikk og antakelser, inkludert en vurdering av statistisk usikkerhet.
2. Modelltester hos Marin for å etablere koeffisienter for manøvrering, motstand og fremdrift (dette hadde aldri før blitt gjort).
3. Uavhengige beregninger, sammenlikning av VeSim (Marintek) og Fredyn (Marin), utført med identiske initialbetingelser (heading, posisjon, hastighet) og med samme bølgerealisasjon.

Gjennomgang av Marintek data og rapporter

Marin startet sitt arbeid med gjennomgang av to av Marinteks rapporter som var ansett for å være representativ for den utviklede metode anvendt av Marintek i OLF prosjektet:

- Marintek rapport "Lifeboat A Forward distance in waves and wind", ref./9/
- Marintek rapport 530456.00.23: "Sensitivity study Level 1", ref./10/, hvor sensitivitet av inputdata anvendt for beregning av konturlinjer

Marin fullførte sin rapportgjennomgang tidlig i mai 2010, deres rapport og inneholdt et antall observasjoner, konklusjoner og anbefalinger.

Hovedkonklusjonene² var:

- Basert på gjennomgåtte rapportene virker metoden anvendt av MARINTEK fornuftig med en god balanse mellom nøyaktighet og effektivitet
- Rapportene mangler grundig bevis for at metoden produserer riktige resultater (merk at dette betyr ikke at metoden er feil eller utilstrekkelig).
- Resultatene levert av Marintek er ledsaget av usikkerheter (som burde kvantifiseres)

Merk at de ovenstående observasjoner ble gitt på basis av nevnte rapportgjennomgang og utfordret før modelltester og numeriske sammenlikninger ble igangsatt hos Marin i Nederland

Modelltestprogram

En nødvendig forutsetning for å kunne sikre kvaliteten og robustheten av Fredyn-simuleringene var å ha validerte manøverkoeffisienter for den valgte livbåten. For å kvalitetssikre disse koeffisientene ble et omfattende sett av PMM (Planar Motion) modellforsøk gjennomført i juni og rapportert i juli. Disse koeffisienter ble brukt i de senere livbåtsimuleringer utført av Marin. Testene ble utført på en skala fra 1: 5 for å minimere mulige skalaeffekter.



Figur 5 Modell med skala 1:5, Livbåt A, brukt ved testing hos Marin (© Marin)

Sammenlikningsstudie av simuleringsprogrammer

Det opprinnelige målet var å validere Marintek VeSim-beregninger ved å utføre analoge og uavhengige beregninger med Marin sin Fredyn kode

- En VeSim og Fredyn sammenlikning ble gjennomført i juli som en "blindtest" med et avtalt sett av 48 forskjellige kombinasjoner av sjøtilstander og initialbetingelser (hastighet og heading).
- Sammenlikningsstudiet fokuserte på fartøyets bane i propulsjonsfasen (det vil si etter innkopling av propell)

Return Period (years)	Significant Wave Height (m)	Peak Period (s)	Mean Wind Speed (m/s)	Velocity (m/s) of wind and wave induced current
N/A	8	10	27.8	1.02
1	11.4	15	29.7	1.00
10	13.7	16.5	31.4	1.06
100	15.7	17.5	34.9	1.18

Tabell 1 Bølgehøyder og vindhastigheter for Vesim/Fredyn sammenlikningsstudie

² Hovedkonklusjonene er her oversatt til Norsk fra opprinnelig engelsk formulering. Det henvises til opprinnelig rapport, ref./2/ for gjengivelse av konklusjon på originalspråk engelsk

For noen av testtilfellene viste Marin og Marintek sine resultater betydelige avvik. Det var også noen små problemer knyttet til notasjon og definisjoner. Disse problemene ble løst ved å gjøre om beregninger.

Et hovedmål i verifikasjonsarbeidet var å forsikre seg om at Marintek sine resultater kunne anses som robust og konservative. Sammenlikningsstudiet ga imidlertid ikke klare svar på dette.

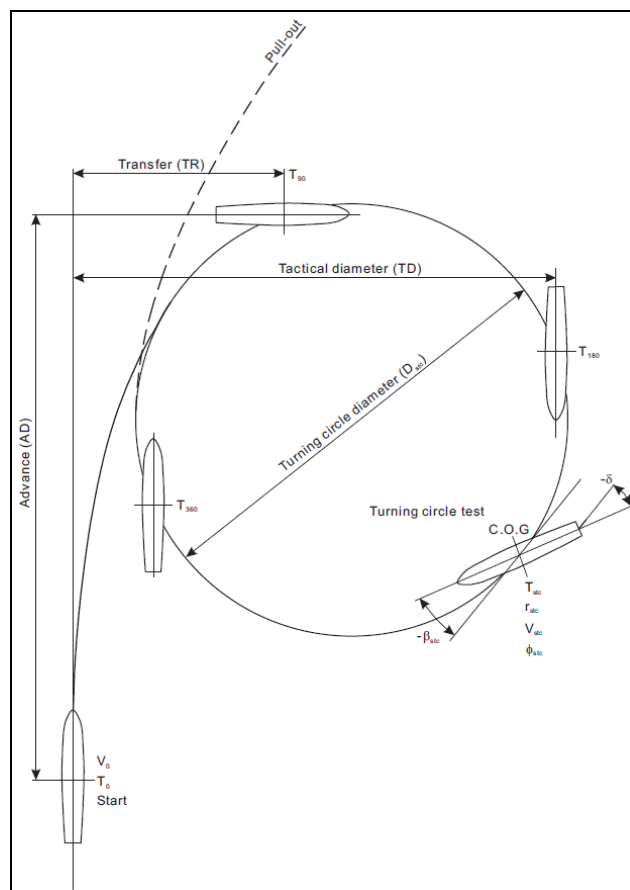
Utvidet omfang av eksperimentelle valideringer og reviderte beregninger

Status for sammenlikningsstudiet ble gjennomgått og diskutert i detalj i løpet av november 2010. Det var helt klart at ytterligere undersøkelser måtte gjennomføres før man kunne kvalifisere eller diskvalifisere resultatene. For å etablere eksperimentell validering for testtilfellene i sammenlikningsstudien, ble følgende videre aksjoner avtalt med Marin:

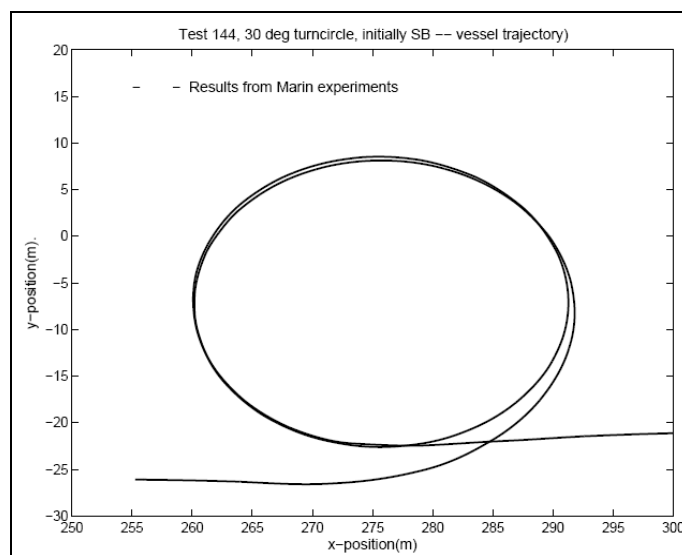
- Utføre nye modelltester med fritt løpende modell, inkludert akselerasjonstester, fri drift tester, svingsirkel- og sikksakk tester (desember 2010)
- Utføre nye Fredyn beregninger med reviderte motstands-/manøverkoeffisienter for å bekrefte riktighet av svingsirkel (se Figur 6, Figur 7 og Figur 8) og sikksakk tester (se Figur 9 og Figur 10). Marin skal også gjøre beregninger for å vurdere innflytelsen av nye koeffisienter på de eksisterende testresultatene.
- Undersøke sensitivitet av nøkkelparameterne (som manøverkoeffisienter, autopilot innstillinger, vind koeffisienter osv.) på beregningsresultatene (januar 2011).

Den samme modellen i målestokk 1: 5 som ble brukt som til de forrige testene (juni 2010) ble også brukt denne gangen. Modellens dypgang tilsvarer fullastet kondisjon. Testene ble utført i Marin sitt *Sea keeping & Manoeuvring* basseng (170x40 m²).

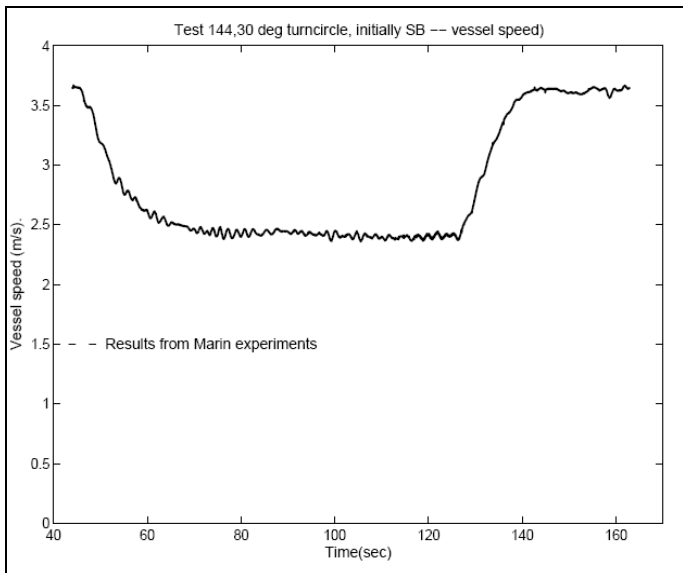
De fleste resultatene ble regnet på nytt med reviderte manøverkoeffisienter. På forhånd dette ble ansett for å være en mer rutinemessig øvelse da det ikke var ventet at resultatene skulle endre seg betydelig. Det viste seg derimot at noen av resultatene endret seg, sannsynligvis som følge av mindre hastighetsreduksjon enn tidligere ved manøvrering/rorbruk.



Figur 6 Skjematisk fremstilling av arrangement ved svingsirkeltest hos Marin (© Marin)



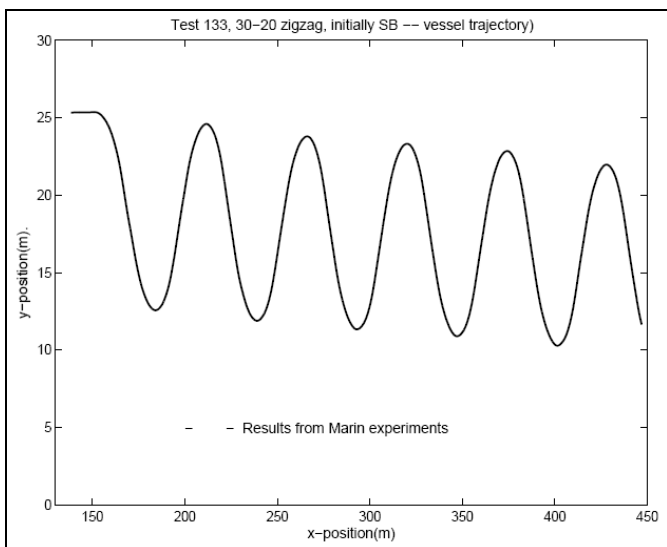
Figur 7 Svingsirkel ved 30 graders dysevinkel fra modelltest hos Marin. Reviderte resultater



Figur 8 Fartøyshastighet ved 30 graders svingsirkeltest. Reviderte resultater



Figur 9 Livbåtmodell avbildet under sikksakk manøvertest hos Marin (© Marin)

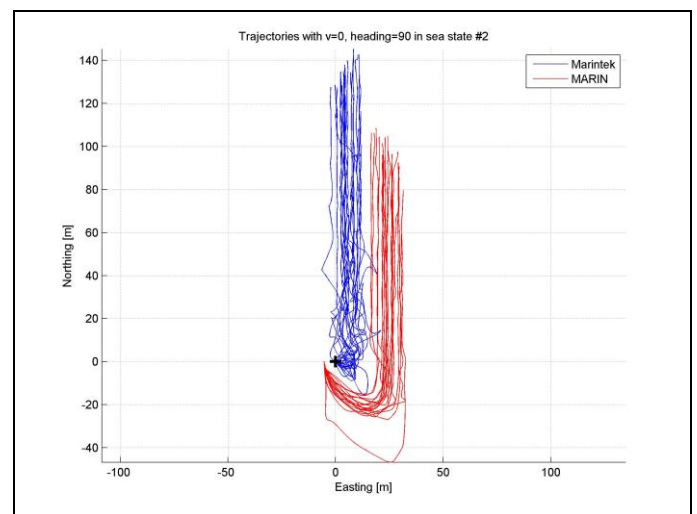


Figur 10 Fartøyets bane ved sikksakk test i Marins sea keeping and manoeuvring basseng (tall omregnet til fullskala). Reviderte resultater

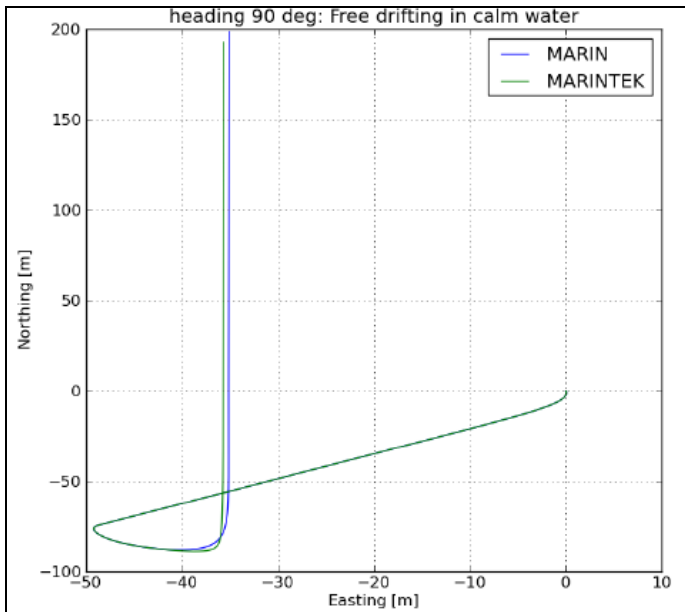
Endringer i Marins manøverkoeffisienter påvirket hovedsakelig roregenskaper og tillagt masse i jag (frihetsgrad i modellens langsipsakse)

Noen viktige resultater fra sammenlikningsstudier:

- Eksempler på store forskjeller i fartøyets oppførelse/respons i irregulær sjø, f.eks. med hensyn på bakover drift og sideveis bevegelse. Et eksempel er vist i Figur 11). Dette kan ha praktiske konsekvenser for konturlinjene.
- Stabilitet av autopilot: Valg av autopilot har liten effekt på de viktigste resultatene. Hovedårsaken til dette er at autopilot har en tendens til å operere på enten null eller maksimalt rorutslag. Se Figur 12.



Figur 11 Reviderte beregninger fra Marin. Fartøysbane for for $H_s = 11.4\text{m}$ og 90 graders (start)heading (sidesjø)). Null fremover hastighet. Merk at Marin har fartøyets hekk som referansepunkt, mens Marintek har c.o.g. (fartøyets tyngdepunkt)



Figur 12 Fartøysbane. (Start)heading 90 grader, innkopling av propell etter 120 sek. Stille vann (ingen bølger). Marin sine opprinnelige resultater, med egen autopilot, i blått, og Marin sine resultater, med Marintek sine autopilotinnstillinger, i grønt

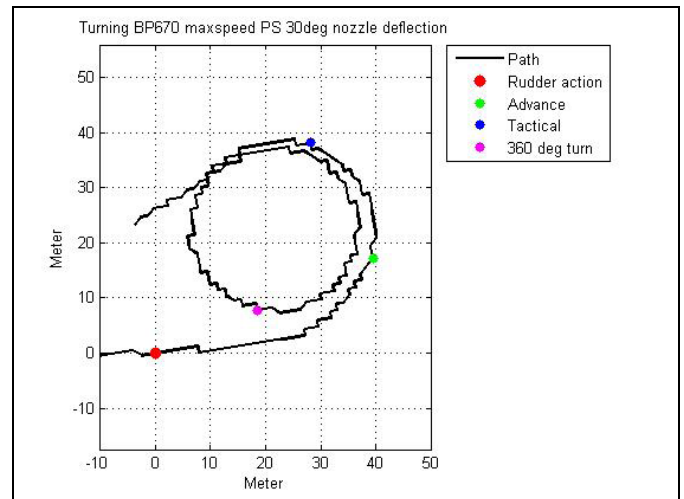
Fullskala testresultater

Livbåt A har blitt testet i full skala ved flere anledninger:

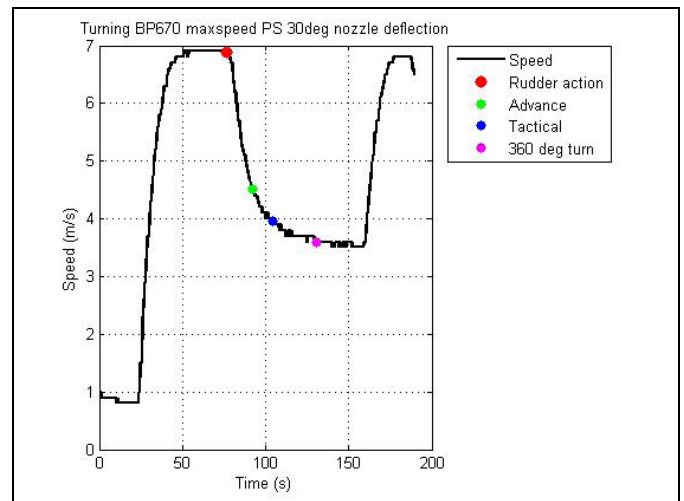
- Stillevanntester på Søvik (i et skjermet område inne i en fjord), desember 2008.
- Tester i bølger/hardt vær ved Marsteinen fyr (offshore), januar 2008. Rapportert bølgehøyde (Hs) mellom 7.9 og 8.6 m.

Stillevanntestene synes å ha vært av spesielt god kvalitet, testen er dokumentert i en Marintek rapport, ref./11/. Det har ikke vært mulig å finne en egen rapport fra testen ved Marsteinen fyr, selv om noen resultater fra denne testen er gjengitt som Appendiks i noen av Marintek sine rapporter.

Det refereres til resultater vist i Figur 13 og Figur 14, kopiert fra rapporten for stillevanntestene på Søvik (desember 2008). Figur 13 viser svingsirkeltest for Livbåt A med en oppgradert propell (den samme som har blitt brukt for Fredyn/VeSim-sammenligninger). Den eneste forskjellen er at tester på Søvik er utført for halvt lastet fartøy. Effekt på resultatene av forskjell i lastekondisjon er antatt å være +/-10 % eller mindre. Svingsirkeldiameter er ca. 30 m (se Figur 13) og hastighetstap i svingsirkeltesten er i størrelsesorden 40-48 % (se Figur 14). Disse tallene er grovt sett konsistente både med Marin sine modelltester, og med reviderte beregninger hos Marin.



Figur 13 Svingsirkel ved fullskaletest av Livbåt A (stillevanntest ved Søvik)



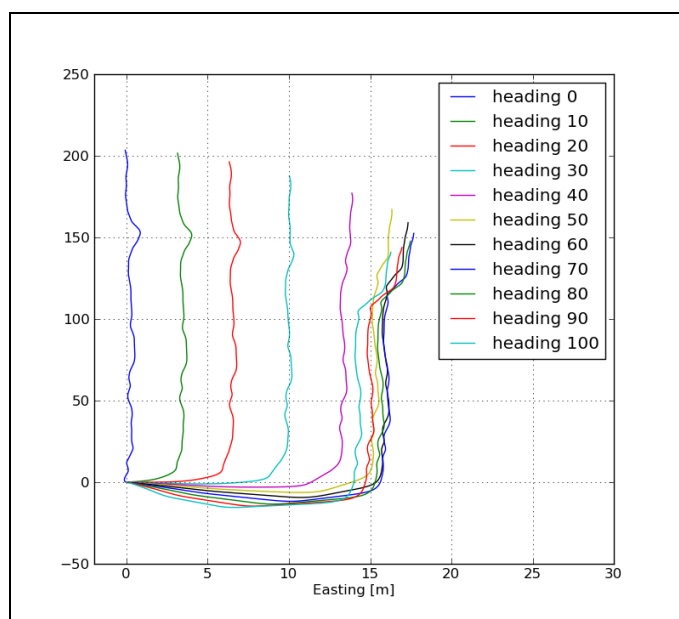
Figur 14 Hastighetsmålinger logget under sirkeltester ved Søvik. Vær oppmerksom på at hastigheten gitt på den vertikale akse er i knop og ikke i m/s (7 knop tilsvarer omtrent 3,5 m/s)

Sensitivitet av livbåt A sin respons ved endring av nøkkelparametre

En studie har blitt gjennomført av Marin, ref. /8/, for å vurdere følsomheten av en rekke parametre som kan påvirke den generelle responsen på en avgjørende måte. Disse er alle potensielle feilkilder. Studiet adresserte følgende punkter:

- Følsomhet for valg av autopilot (dvs. autopilot innstillinger).
- Effekten av "ikke standard" geometri (dvs. i håndteringen av et fartøy med uvanlig geometri hvor det finnes liten forhåndserfaring og lite data)
- Følsomhet for valg av vindkoeffisienter.
- Følsomhet for vindhastighet.
- Følsomhet for strøm.
- Følsomhet for startheading.
- Følsomheten for fartøyets referansepunkt (dette påvirker konturlinjer)

En generell observasjon er at de fleste av disse faktorene kan kontrolleres, og i noen tilfeller er de tilknyttede usikkerheter heller ubetydelig. Ett eksempel, der usikkerheten har vist seg å være ubetydelig, er effekten av autopilot, ref. Figur 12 på forrige side, som tidligere omtalt. Et annet eksempel, hvor usikkerheten er betydelig, er sensitiviteten til initial «heading», det vil si livbåtens orientering/fartsretning i startøyeblikket for simuleringen. Se på Figur 15. Det kan sees at "easting", det vil si sideveis bevegelse, klart er påvirket av initial «heading». Legg også merke til at forskjellen er mest fremtredende for mindre vinkler.



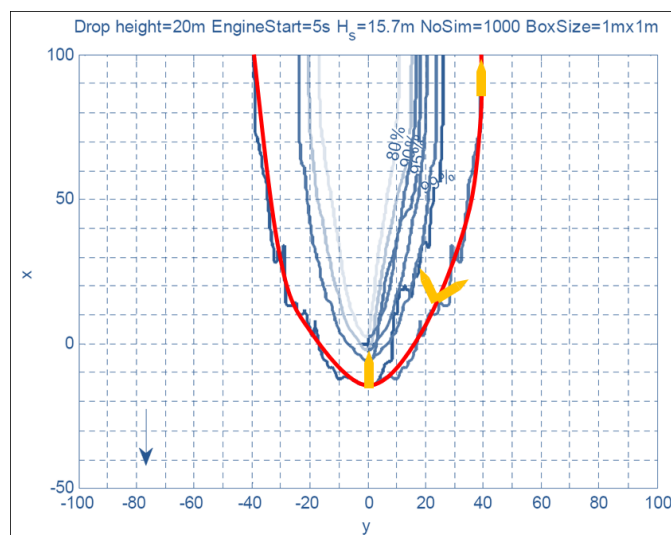
Figur 15 Effekt på sideveis bevegelse for gitt initial heading. Eksempel er gitt for tilfellet med starthastighet 0 m/s og $H_s = 11.4$ m. Initial heading varierer mellom 0° og 100° (© Marin)

Viktige punkter fra hovedoppsummeringen i OLF Verifikasjonsteamets sin sluttrapport /1/

- Det finnes ingen fullstendig og konsistent dokumentasjon fra fullskallatester.
- Usikkerheter knyttet til forskjellige lastekondisjoner har ikke blitt viet tilstrekkelig oppmerksomhet. Det er ansett som nødvendig for å undersøke dette nærmere.
- Det er betydelige forskjeller i responsparametere (akselerasjon, motstand, hastighet, retningsstabilitet osv.) i Marin og Marintek sine resultater
- Følsomhet for vindlast: En sensitivitetsstudie av dette ble utført av Marin, og effekten av vinden er betydelig.
 1. Følsomhet for vind koeffisienter synes å være liten.
 2. Følsomhet for faktisk vindhastighet er større.

Legg merke til at disse bemerkninger gjelder livbåt A, noen av de andre (lettere) livbåttypene kan være mer påvirket av vind.

- Skalaeffekter:
 1. Skalaeffekter i 1: 5 modelltester hos Marin antas å være relativt små.
 2. Droppstestene ble utført i en mindre skala (1: 13 eller mindre). Her vil skalaeffekter påvirke initialbetingelsene som danner basis propulsjonsfasen.
- Det er mange usikkerheter knyttet til initialbetingelsene (konvertering fra regulære til irregulære bølger, effekt av kortkammet sjø, livbåtens lastekondisjon, diffraksjonseffekter, antakelser med hensyn på vindfelt, valg av design sjøtilstand osv.).
- Konturlinjene er gitt med fartøyet hekk som referansepunkt. I stedet bør en konsekvent anvende det minst gunstige referansepunktet på livbåten (dvs. det punkt som til enhver tid er nærmest installasjonen). En illustrasjon av effekten er vist i Figur 16.



Figur 16 Illustrasjon av betydning av referansepunkt (fra Marin rapport, ref. /8/)

Konklusjoner og anbefalinger for videre arbeid

OLF verifikasjonsteamet har, basert på de viktigste funn og konklusjoner fra verifikasjonsarbeidet, anbefalt at nye konturlinjeplott bør utarbeides.

Mer detaljerte konklusjoner og anbefalinger vedrørende fremgangsmåte for å kunne re-kvalifisere resultater og metodikk ble levert sammen med sluttrapporten, ref./1/, til OLF livbåteiergruppen våren 2011. Livbåteiergruppen har, basert på arbeidet til verifikasjonsteamet, besluttet at ytterligere arbeid er nødvendig for å utarbeide pålitelige resultater som igjen vil danne basis for beslutninger mht. operative kriterier.

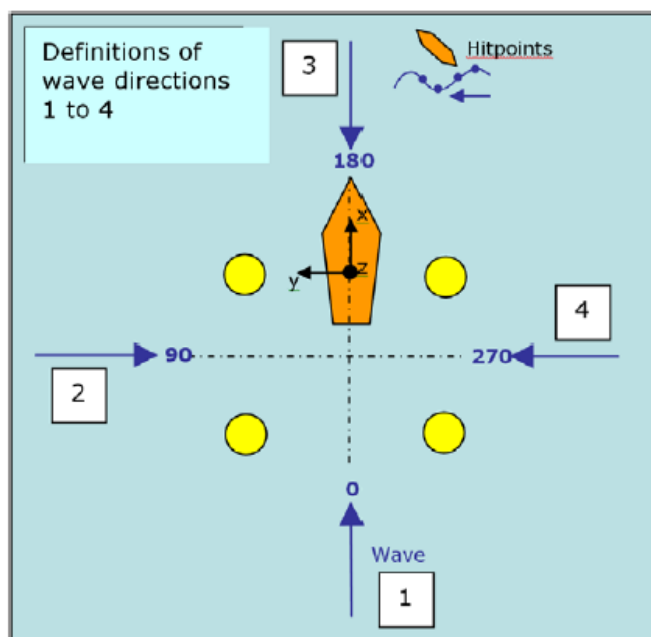
Slag mot skrog (slamming)

Eksisterende metode

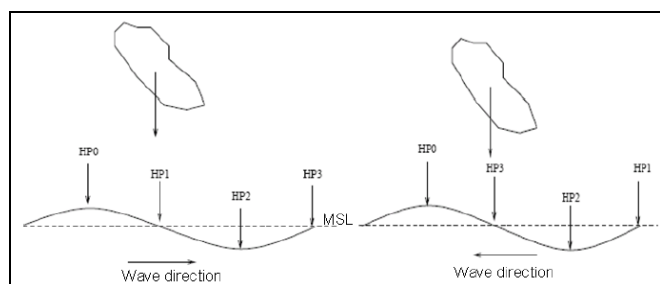
Den opprinnelige metoden, utviklet av Fedem Tecnology for OLF i 2009, er beskrevet i en egen metode-rapport, ref./16/. De viktigste trinnene 1-3 av metoden er oppsummert nedenfor:

1. Definisjon av designlaster

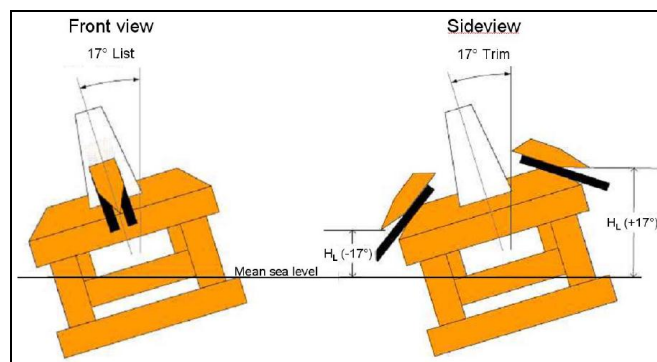
- Designbølge tilsvarende 100 års storm
- Bølgesteilhet 1/10
- Definisjon av kritiske droppkondisjoner og treffpunkt, se Figur 17, Figur 18 og Figur 19
- Design lastfaktor 1.3 (ULS nivå), det skiller her ikke mellom sliske- og droppbåter



Figur 17 Definisjon av bølgeretninger (© Fedem Technology)



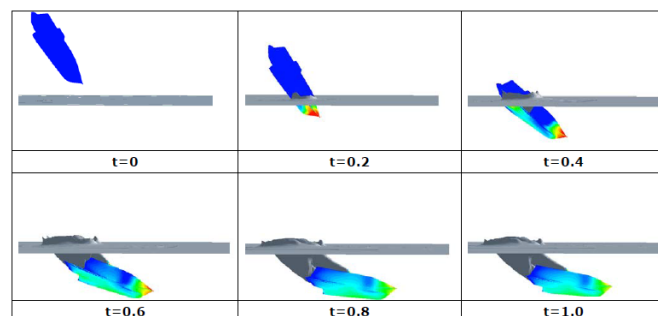
Figur 18 Definisjon av treffpunkter i bølge (© Fedem Technology)



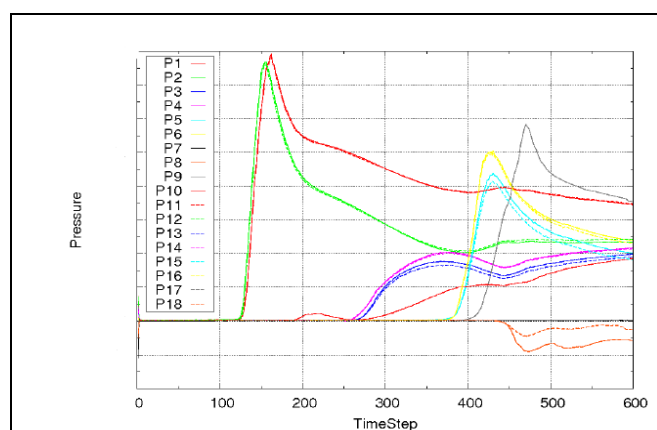
Figur 19 Host list and trim

2. Simuleringsfase

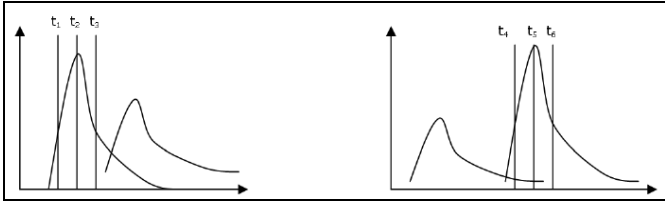
- Designlaster beregnes fra CFD simuleringer, se Figur 20 (Merk at CFD simuleringene i den opprinnelige metoden ikke dekker tidsskritt hvor luftflomme lukkes bak livbåt (i praksis vil det si at simuleringstiden var for kort))
- Manuell postprosessering av lasthistorie fra trykkindikatorer for identifikasjon av kritiske tidsskritt (dvs. å finne tidspunkt hvor belastningen på livbåten er maksimal), se Figur 21 og Figur 22



Figur 20 Øyeblikksbilder ved forskjellige tidsskritt fra et simulert dropp. Farger indikerer størrelse på trykk (© Fedem Technology)



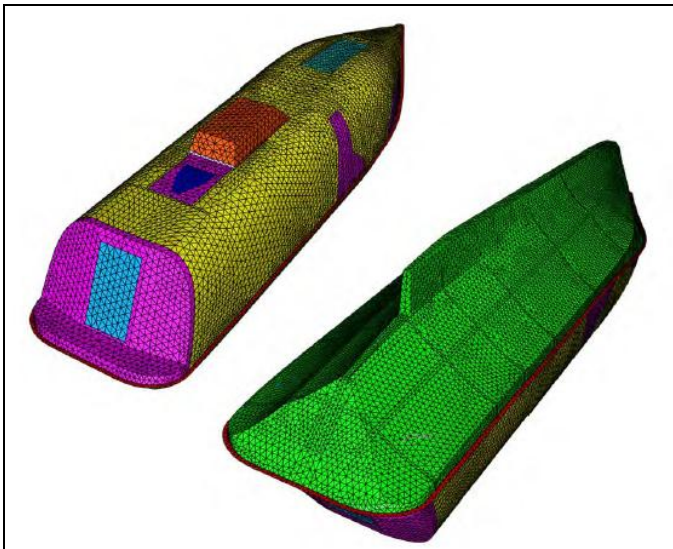
Figur 21 Trykk for ulike indikatorer langs livbåt skroget som en funksjon av tid (© Fedem Technology)



Figur 22 Valg av lasttilfeller. Tidsskritt ved maksimal last (makstrykk), sammen med tidsskritt tett før- og etter maksimal last, er utgangspunktet for de dimensjonerende lasttilfeller (© Fedem Technology)

3. Strukturanalyse og postprosessering

- Ikke lineær statisk strukturanalyse av identifiserte kritiske tidsskritt. Lasttilfellene er "øyeblikksbilder" av trykkbelastningen over hele skroget ved gitte tidspunkt.
- Dynamisk forsterkning er ikke inkludert.
- Koblingseffekter (hvor trykk på skroget kan påvirkes av skrogets defleksjon/deformasjon) er ikke inkludert.
- Ingen lastfaktor å ta hensyn til mulige dynamisk effekter.
- Feilkriterier for strukturkomponenter i komposittmateriale basert på:
 1. Tsai-Wu for komposittlaminater
 2. Von Mises kriterium for polykarbonatvinduer
 3. Maksspenningskriterium for sandwich kjernemateriale



Figur 23 FE modell livbåt A, overside og underside (© Fedem Technology)

Historikk

De første vurderingene i OLF prosjektet av slag mot skrog belastning startet i 2007, under fase 1 av OLF Frittfalllivbåtprosjektet. Analysemetodikken ble så videreutviklet av Fedem. En generisk OLF slag mot skrog metoderapport, ref. /16/, ble levert av Fedem i desember 2009.

To livbåttypen, livbåt A og livbåt B, ble analysert av Fedem for OLF i 2009 etter metode angitt i ref. /16/. Hovedhensikten med analysene var å vurdere den strukturelle kapasiteten på to antatt representative båter basert på ny metodikk, samt å vurdere nødvendig omfang av analyser og beregninger for de gjenværende livbåttypen. Utfallet av analysene er gjengitt i to OLF analyserapporter, ref. /17/ og /18/. Konklusjonen var at strukturen i de analyserte livbåtene hadde begrenset eller utilstrekkelig kapasitet for påkjenningene fra designlaster angitt i ref. /16/, med potensielle alvorlige konsekvenser for de evakuerte om bord gitt et scenario med evakuering under vanskelige værforhold.

Statoil utførte installasjonsspesifikke slag mot skrog analyser av type A og B livbåter for totalt elleve installasjoner i første halvår 2010. Metodikken som ble brukt var i hovedsak den samme som OLF utviklet i 2009, med noen mindre endringer (vedrørende design laster (modifisert med krav til forskjellige bølgeretninger) og kapasitetskriterier (lasttilfeller kjørt med lastfaktorer på både ULS og ALS nivå). Analyseresultater fra dette prosjektet er funnet i ref. /19/. Utfallet av analysene fra var hovedsakelig forenlig med OLF sine resultater fra 2009.

Arbeidet med slag mot skrog ble igangsatt på nytt i OLF regi våren 2010 og en OLF Slamming (verifikasjons-) gruppe ble nominert. Målet var å få større fortrolighet til utviklet metodikk via grundig verifikasjon, eventuelt å revidere den hvis nødvendig. Videre har prosjektet prøvd å etablere, med nøyaktighet, den faktiske strukturelle kapasiteten til en representativ livbåt sjøsatt fra en representativ installasjon for dermed å kunne vurdere omfanget av studier og analyser som er nødvendig for de gjenværende livbåttypen. Det gjenstående arbeidet ble delt inn i tre faser:

Fase 1:

- Gjennomgang og detaljverifikasjon av etablert OLF/Statoil analysemetodikken for slag mot skrog som beskrevet i /16/, /17/ og /18/, med hensyn på basis for designlaster og strukturelle kapasitetskriterier
- Verifikasjon av etablert modellering- og analyseteknikk, samt postprosessering av resultater
- Vurdere behovet for uavhengige analyser og assistanse fra eksterne eksperter
- Vurdere behov for videre studier, analyser og testing
- Vurdere mulig forenkling av etablerte analysemetode

Fase 2:

- Bestemme omfang, rekkefølge og prioritet for analyser basert på føringer fra livbåteieregruppen.
- Forberede arbeidspakker for totalomfang av installasjonsspesifikke livbåtanalyser
- Nominere kvalifiserte analyseleverandører
- Utføre verifikasjon og kontroll av alle fase 2 analyser
- Oppfølging av alle leverandører i fase 2

Fase 3:

- Leverer sammendrag, konklusjoner og anbefalinger etter avslutning av fase 2.

Status er at fase 1 og deler av fase 2 er fullført, men installasjonsspesifikke analyser og en re-kvalifisering av alle livbåtene for ulike installasjoner har ikke startet. Det følgende beskriver arbeid og resultater som er dekket i fase 1.

Uavhengig analyse av livbåt B

FiReCo ble valgt til å utføre selvstendige analyse av livbåt B (Statfjord A). Omfanget besto av følgende:

- Simuleringer av droppets luftfase fra sliske til vannoverflate
- Analyse av vannfase ved hjelp av CFD
- Etablering av kritiske lasttilfeller
- Strukturanalyse
- Vurdering av spenningsnivå og konsekvenser av overbelastning

Antakelser vedrørende innretning/plattform, dropp høyde, designlaster etc. var identisk med tilsvarende analyse utført for samme livbåttype av Fedem i 2009. Hensikten var å få en direkte sammenlikningsbasis. Detaljerte resultater fra analysene er samlet i to rapporter, ref. /20/ og /21/.

Ekstern verifikasjon av metodikk

FiReCo ble også gitt oppgaven å utføre en uavhengig gjennomgang av OLF sin analysemetodikk. Arbeidet besto av følgende delaktiviteter:

- Evaluering av lastekondisjoner
- Evaluering av analysemetodikk
- Vurdering av dynamiske lasteffekter
- Vurdering av feilmodi og feilkriterier

Resultater fra denne metodegjennomgangen er summert i ref./22/.

Ekspert hjelp til OLF Slamminggruppen

I tillegg til å tildele spesifikke oppgaver til Fedem og FiReCo ble Brian Hayman (Hay-con) ansatt for å støtte arbeidet til OLF Slamminggruppen. Hans viktige bidrag var knyttet til følgende oppgaver:

- Evaluering og verifikasjon av etablert OLF/Statoil analysemetodikk for slag mot skrog analyse
- Verifikasjon av modellering, analyseteknikk og postprosessering hos underleverandører

- Uavhengig vurdering av relevante strukturelle feilkriterier for analyse av frittfallivbåter bygget i komposittmaterialer
- Bidra med ekspertråd om konsekvensstudier (f.eks. FMEA/FMECA analyse) av strukturelle globale og lokale feilmodi
- Generelt å fungere som teknisk ekspert og rådgiver til OLF slamminggruppen på tekniske problemstillinger knyttet til strukturelle kapasitet av komposittstrukturer

Parametersensitivitetsstudie på designlaster

Som et bidrag til verifikasjon av design laster, gjennomførte Fedem en sensitivitetsstudie med forskjellige kombinasjoner av bølgesteighet og bølgeretninger (den opprinnelige metoden utviklet i 2009 definerte en preskriptiv bølgesteighet, 1/10 [-]).

Fedem etablerte videre en multivariabel lastmodell for å evaluere den "virkelige" konservatisme av designlaster og ytterligere for å evaluere designlast fra OLF-metoden i forhold til kravene som er angitt i den nye DNV livbåtstandarden, DNV OS-E406/26/.

Resultater fra Fedem sine studier er samlet inn i rapporter /23/ og /24/.

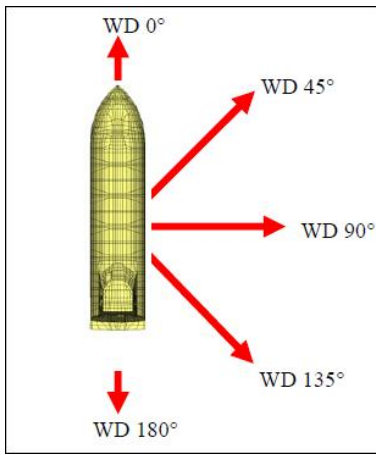
Kommentarer og funn fra verifikasjonsprosessen

Generelt

Hovedkonklusjonene fra verifikasjonsarbeidet er at metodikken utviklet i OLF prosjektet, hvor det brukes et sett med forenklete kritiske scenarier, er en anvendbar metode for å estimere designlaster eksisterende livbåter. Fra utvikling av metoden, via installasjonsspesifikke analyser utført av Statoil, og frem til avslutning av verifikasjonsarbeidet til OLF, har metoden blitt lettere modifisert, forbedret og "modnet" til et akseptabelt nivå

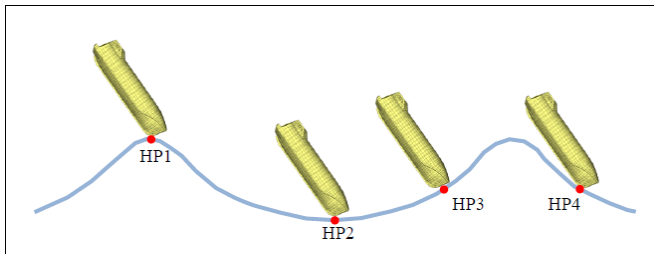
Last og lastekondisjoner

I den opprinnelige metoden ble tilfeller med motsjø, sidesjø og følgende sjø (0, 90 og 180 grader bølgeheading) anvendt som designlasttilfeller. Man har i videre studier, analyser og verifikasjonsarbeid sett at kvartsjø (45 og 135 grader) også kan gi dimensjonerende laster i mange tilfeller, og bør inkluderes i analysen, se Figur 24.



Figur 24 Bølgeretninger som anvendes i analysen (© FiReCo)

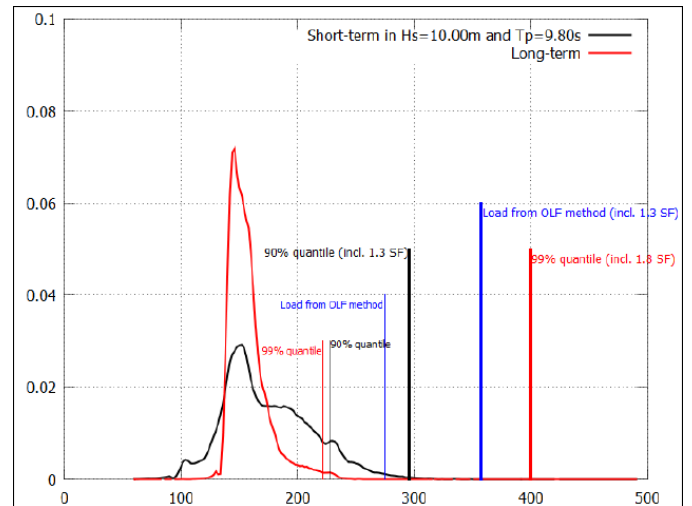
De bølgetreffpunkt som tidligere er funnet i /16/ og som gir størst belastninger har blitt bekreftet i verifikasjonsarbeidet, se Figur 25.



Figur 25 Treffpunkt i bølgeprofil anvendt i slag mot skrog analyser (© FiReCo)

Størrelsen på maksimalt trykk på skroget er følsomt for bølgesteilheten i bølgen den droppes inn i.

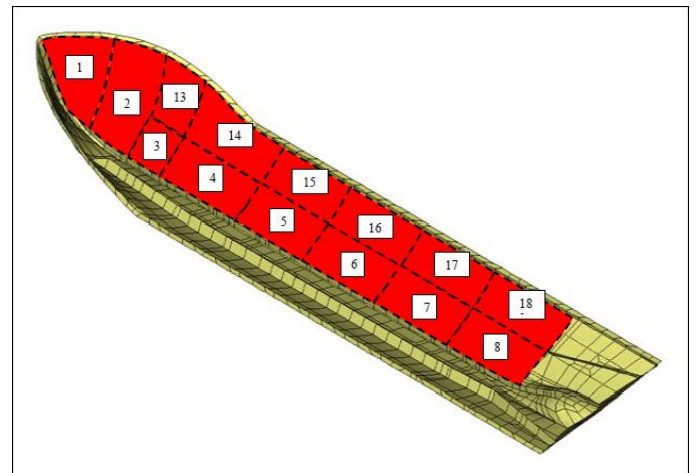
For en bestemt livbåt og strukturell del (baugen) som ble studert ble det konkludert at nåværende designlastmetode gir 20-30 % høyere laster enn laster funnet ved å bruke 99 % fraktil fra langtidsstatistikk i henhold til DNV sin livbåtstandard/26/. Inkluderer man derimot lastfaktorer er laster utledet fra DNV-standarden 10 % høyere enn belastningen gitt fra OLF metoden, se Figur 26. Å bestemme lastfunksjonen, som er en forutsetning ved bruk av langtidsstatistikk, er komplekst, og resultatene kan være båt- og områdespesifikke.



Figur 26 Lastfordeling – fast installasjon. Sammenligning av slammingerlaster for et enkelt baugpanel for en bestemt livbåt. Tykke linjer inkluderer lastfaktorer (© Fedem Technology)

Analyseprosedyre og FE-Modellering

Logging av trykk på skroget under CFD simuleringer kan gjøres ved hjelp av trykkpanelindikatorer som brukes i /16/-/19/, eller ved finere panelinndeling av hele skroget som vist i /20/-/22/. Sistnevnte metode, se Figur 27, foretrekkes, på grunn av sine fordeler knyttet til å finne kritiske lasttilfeller lettere, samt fordelene med logisk inndeling av struktur som gir bedre oversikt og som bedre dokumenterer lasthistorikk for hvert strukturpanel.



Figur 27 Panelinndeling av livbåt B, bunn SB side (© FiReCo)

Det konkluderes i ref. /21/ og /25/ at en full strukturanalyse av livbåter bør inkludere bruk av både lokale og globale strukturelle modeller. Det er imidlertid viktig at omfanget av lokale modeller og deres betingelser adresseres på riktig måte. Semi-globale- eller globale effekter, f.eks. global dynamisk respons og globalt deformasjonsmønster, kan være vanskelig å ivareta på riktig måte i lokalmodeller

Design av eksisterende livbåter er basert på et sett med funksjonelle krav. Som drøftet i ref. /22/ og /25/ kan strukturens respons, når disse skrogene utsettes for realistiske designlaster, være av betydelig dynamisk og ikke-lineær natur. Dynamiske og ikke-lineære effekter må derfor vurderes for hver design og for hver analyse.

Livbåtens akterende har i det nåværende arbeidet blitt identifisert som et potensielt kritisk område med hensyn på strukturell kapasitet. Stor belastning kan oppstå når luftflomme bak båten lukkes i dykkfasen. Videre kan laster på akterveggen fra CFD-analysen være unøyaktig. Det er derfor viktig å vie spesiell oppmerksomhet til dette området, både med hensyn til respons, men også med hensyn til verifikasjon av design laster.

Anbefalinger for videre arbeid

Et detaljert sett av tekniske anbefalinger, knyttet til modifikasjon av analysemetodikk er inkludert i sluttrapporten fra OLF slamminggruppen, ref./15/. Sluttrapporten ble presentert for OLF livbåteierne våren 2011. Anbefalingene i rapporten vil brukes som basis for spesifisering av analyser som er planlagt å utføres i forbindelse med den forestående re-kvalifisering av eksisterende livbåttyper.

Det bemerkes spesielt at de refererte anbefalinger fokuserer på slag mot skrog fase inkludert lukking av luftflomme. For en fullstendig re-kvalifisering anbefales det at hele dykket (slag mot skrog fase, lukking av luftflomme, maksimum neddykking og oppstigning), og ikke bare slag mot skrog fasen, er inkludert.

Takk til bidrag

OLF ønsker å takke Marin, Statoil, FiReCo, Fedem Technology, Marintek og Hay-Con for deres bidrag.

Referanser*

* NOTE: Noen av referansene er eksterne dokumenter eller dokumenter fra tidligere faser av FFLBP, og dermed ikke del av leveringen for denne fasen av prosjektet. Tilgang/tilgjengelighetsstatus for hver referanse er angitt. Hvis ikke annet er angitt betyr Konfidensiell at rapporten er åpen kun for OLF, LB eiere og Ptil.

- /1/ “Review of results from propulsion/headway phase in the OLF free fall lifeboat project”, av OLF, rapport nummer OLF FFLBP-R063 Rev.3, datert 2010.06.14. Status: Konfidensiell.
- /2/ “Draft report review Marintek reports”, av Marin, rapport nummer. OLF FFLBP-R065 Rev.01, datert 2010.05. Status: Konfidensiell.
- /3/ “Assessment of contour plots generated with the OLF LBP2 method”, av Marintek, rapport nummer MT53 F10-096 Rev.0, datert 2010.05. Status: Konfidensiell. Marintek rapport, ikke en del av OLF leveranse.

- /4/ “Status third party verification, OLF Verification Team”, av OLF, rapport nummer OLF FFLBP-R061 Rev.0, datert 2010.12.23. Status: Konfidensiell.
- /5/ “OLF life boat project – Captive tests to create mathematical model”, av Marin, rapport nummer OLF FFLBP-R069 Rev.0, datert 2011.02.28. Status: Konfidensiell.
- /6/ “OLF life boat project – Independent analysis”, av Marin, rapport nummer OLF FFLBP-R070 Rev.0, datert 2011.02.17. Status: Konfidensiell.
- /7/ “OLF life boat project – Free sailing, sea keeping and manoeuvring tests”, av Marin, rapport nummer OLF FFLBP-R071 Rev.0, datert 2011.01.28. Status: Konfidensiell.
- /8/ “OLF life boat project – Third party verification. Evaluation results”, av Marin, rapport nummer OLF FFLBP-R072 Rev. 2 datert 2011.02.28. Status: Konfidensiell.
- /9/ “Lifeboat A Forward distance in waves and wind”, av Marintek, rapport nummer OLF-LBP2-R035 Rev.0, datert 2009.07.02. Status: Konfidensiell. Leveranse fra tidligere fase av FFLBP.
- /10/ “Sensitivity study Level 1”, av Marintek, rapport nummer 530456.00.23 Rev.1, datert 2009.09.11. Status: Konfidensiell. Leveranse fra tidligere fase av FFLBP.
- /11/ “Lifeboat A Sea keeping and manoeuvring in harsh weather”, av Marintek, rapport nummer 530542.00.01 Rev.0, datert 2008.12.08. Status: Konfidensiell. Leveranse fra tidligere fase av FFLBP.
- /12/ Lifeboat A Full scale sea keeping test of Marsteinen fyr 2008-01-24, ingen offisiell rapport funnet.
- /13/ Lifeboat B Full scale sea keeping test west of Marsteinen fyr 14-15 september 2007, ingen offisiell rapport funnet.
- /14/ “Closure review” (MUN Close-out report, site visit to Marintek 2008), av Brian Veitch, datert 2008.11.25. Status: Konfidensiell. Åpen for OLF, LB eiere og Ptil. Leveranse fra tidligere fase av FFLBP.
- /15/ “Conclusions and recommendations for OLF slamming analysis method”, av OLF, rapport nummer OLF FFLBP-R064 Rev.1, datert 2010.04.12. Status: Konfidensiell.
- /16/ “Method for Assessment of slamming loads and structural capacity of free fall lifeboats”, av FEDEM Technology, rapport nummer OLF LBP2 – R055 Rev.0, datert 2009.12.18. Status: Konfidensiell. Leveranse fra tidligere fase av FFLBP

- /17/ “Slamming loads and structural capacity of the free fall lifeboat Lifeboat B”, av FEDEM Technology, Report No. OLF LBP2 – R056 Rev.0, datert 2009.12.18. Status: Konfidensiell. Leveranse fra tidligere fase av FFLBP.
- /18/ “Slamming loads and structural capacity of the free fall lifeboat Lifeboat C”, av FEDEM Technology Report No. OLF LBP2 – R057 Rev.0, datert 2009.12.18. Status: Konfidensiell. Leveranse fra tidligere fase av FFLBP.
- /19/ “Structural capacity against slamming for free fall lifeboats, Lifeboat C, Statfjord A”, av FEDEM Technology, Statoil Doc. No. 2356 Rev.5, datert 2011.04.28. Status: Konfidensiell (Statoil-dokument), ikke en del av OLF leveranse.
- /20/ “CFD slamming loads for Lifeboat C installed at Statfjord A”, av FiReCo, Report No. OLF FFLBP-R067 Rev. A, datert 2011.01.27. Status: Konfidensiell.
- /21/ “Slamming analyses of Lifeboat C installed at Statfjord A”, av FiReCo, Report No. OLF FFLBP-R066 Rev. A, datert 2011.01.26. Status: Konfidensiell.
- /22/ “Evaluation of proposed slamming analysis method for free fall lifeboats”, av FiReCo, Report No. OLF FFLBP-R068 Rev. A, datert 2011.02.07. Status: Konfidensiell.
- /23/ “Wave steepness parameter study, OLF-FFLBP Lifeboat A”, av Fedem, Report No. OLF FFLBP-R073 Rev.1, datert 2011.04.0. Status: Konfidensiell.
- /24/ “Short-term and long-term distribution of slamming loads on offshore free fall lifeboats”, av Fedem, Report No. OLF FFLBP-R074 Rev.2, datert 2011.04.05. Status: Konfidensiell.
- /25/ “Evaluation of analysis methods used by Fedem and FiReCo for Lifeboat C free-fall lifeboats”, av Brian Hayman, Report No. OLF FFLBP-R062 Rev.0, datert 2011.09.08. Status: Konfidensiell.
- /26/ Offshore Standard DNV-OS-E406, April 2010 (Status: Åpen)
- /27/ OLF Lifeboat Project - General Overview and Structural Methodology. OLF dokumentnummer: 07D9400263689, 20.03.2007. Status: Konfidensiell. Leveranse fra tidligere fase av FFLBP.
- /28/ GES 40v1 - ULS, FiReCo dokumentnummer. 70227/01-Fi-002-A. Status: Konfidensiell (Statoil-dokument), ikke en del av OLF leveranse.
- /29/ Heggelund, S.E. (2006). Structural Integrity Assessment of Lifeboat C Free Fall Lifeboats. MARINTEK, Report 700786.00.01, rev. 2 datert 2006. 04.05. Status: Konfidensiell (Statoil-dokument), ikke en del av OLF leveranse.
- /30/ ”Structural Design Basis – Free Fall Glass Fibre Reinforced Plastic (GRP) Lifeboats”, Statoil Doc. No. ANT-MBM-PMT-2006/002, 20.01.2006. Status: Konfidensiell. Statoil-dokument, ikke en del av OLF leveranse.