

Menneskers evne til å tåle akselerasjoner i livbåter

Arne Kvitrud, 2007

Regelverk

LSA pkt 4.7.5 sier: "Protection against harmful acceleration

Each free-fall lifeboat shall be so constructed as to ensure that the lifeboat is capable of rendering protection against harmful accelerations resulting from being launched from the height for which it is to be certified in calm water under unfavourable conditions of trim of up to 10^0 and list of up to 20^0 either way when it is fully equipped and loaded with:

- 1 its full complement of persons;
- 2 occupants so as to cause the centre of gravity to be in the most forward position;
- 3 occupants SO as to cause the centre of gravity to be in the most aft position; and
- 4 the operating crew only."

Videre er det i 6.17 gitt flere sider med videre anbefalinger. Det angis en formel "dynamic response model" basert på forskyvninger av øyeballene, som da må være kroppens mest utsatte punkt(?) som: $\text{SQRT}((d_x/S_x)^2 + (d_y/S_y)^2 + (d_z/S_z)^2) < 1$. En angir så S-verdiene i tre retninger for trening og nød for deformasjoner og akselerasjoner (tabell 2). S-verdiene i nød er fra 4 til 9 cm.

Ved mangel på det som kreves for den anbefalte metoden, kan en bruke noe de kaller SRSS-metoden. En bruker da en tilsvarende formel basert på akselerasjoner av øyeballene som: $\text{SQRT}((a_x/G_x)^2 + (a_y/G_y)^2 + (a_z/G_z)^2) < 1$. Tabell 3 gir akselerasjoner på 7-18 (m/s^2 eller er enheten "g"??). Tabell 3 forteller at den er for akselerasjoner, men i toppen av kolonnen er det forskyvninger i cm, som i tabell 2.

NS 4928 beskriver vibrasjoner i bygninger som er akseptable stort sett for å unngå klager. Akseptable akselerasjon ser ut til å ligge lavt.

NS 4930 drøfter langvarige svingninger i hovedsak med arbeid med maskiner.

NS4931 drøfter stort sett svingninger av noe varighet. De sier i A.4 at det er lite data for varigheter under 10 min.

ISO 2631-1 beregner virkningen av akselerasjoner på mennesker som (kp 6.5): $\text{SQRT}(k_x^{2*} a_{wx}^2 + k_y^{2*} a_{wy}^2 + k_z^{2*} a_{wz}^2)$, der k-ene er multiplikasjonsfaktorer og a-ene er vektete (w) akselerasjoner (a) i hver retning. Ellers drøftes bare verdier for komfort og bevegelsessyke. Ved mer enn 2 m/s^2 er situasjonen "extremely uncomfortable".

ISO 10227 (1996): forteller hva som bør måles i forsøk. En bør måle hode, nakke, brystkasse og bekken. Det bør måles i de tre hovedaksene og på rotasjon.

BS 7085 (1989) slår fast at mekaniske vibrasjoner og sjokk bør karakteriseres fra målinger av akselerasjoner i tre akser i skulderhøyde, med et tillegg av en ut av stolen akselerasjon i bekkennivå for en sittende person. De anbefaler normalt ikke forsøk som gir mer enn $15 \text{ms}^{-1.75}$.

Det tilsvarer 11 ms^{-2} i ett sekund eller 8 ms^{-2} i fire sekunder. Ved forsøk med større akselerasjoner bør medisinsk personell være tilstede. Dersom en går til forsøk med mer enn $30 \text{ms}^{-1.75}$ bør en innhente råd fra en medisinsk spesialist på forhånd. Gravide bør ikke testes.

Publikasjoner mm

Brinkley et al (1989) viser en kurve (nr 2) der en har en sikker sone og en sone med sannsynlig skade som funksjon av akselerasjon og varighet (platå) av akselerasjonen. Dess lengre varighet dess lavere er sikker akselerasjon. De beregner en egenfrekvens for mennesket og dempning. De kommer ut med en tabell (nr 1) for lav, medium og høy risiko- der de gir D-verdier for x, y og z retning. De viser at akselerasjonen i kinnet kan være en god del større enn i setet (funksjon av varigheten av pulsen).

IMO (18.12.2003) beskriver fem skader på personell ved frittfall-livbåter i perioden 1998-2001: Nakkeslengskade (M/V Rigoletto), ryggsmertter (M/V Don Quijote), alvorlig skade uten å være festet til livbelte (M/V Elektra), båt i sjø med svak **slagside** ga flere personer med mindre skader (M/V Titus) og den siste ga rygg og lårsmerter (M/V Boheme).

Nelson med flere (1996) drøfter ulike metoder å beregne skade på personell i livbåter. SRSS har svakhet ved at den bare vurderer størrelsen og ikke varigheten på akselerasjonen. DR-metoden er basert på vurdering av øyeballer. En baserer seg på 50% fraktil for en 28 år gammel mann. En beregnet verdier på 0,5%, 5% og 50% sjanse for skade. Brinkley mener å påvise godt samsvar med hendelser, mens erfaringer fra Royal Air Force viser dårlig korrelasjon. Metoden ga en feilrate på 4%, mens praksis viste 30-50%. De viser så til Hybrid II-modellen utviklet av General motors i 1976 – som gir 50% skade verdier for voksne menn. Forfatterne konkluderer med at SRSS- og DR-metodene er lette å bruke, og gir en rimelig indikasjon på sikkerheten når det er en god kobling mellom personen og setet. Metodene kan ikke forutse om en skade vil oppstå, eller hva slags skade som kan oppstå. De anbefaler testing av aktuelle tilfeller med ”a human surrogate”.

SAE (1986) skriver at av kroppens bein er skallen og knekappene de mest utsatt i kroppen – da særlig ved punch-through. Skader på myke organer er komplekse og en kjenner lite til hva som skjer. De definerer seks ulike typer av hudskader – slike skader er mye undersøkt og er kjent.

* For hodeskader angir SAE (side 9) en tabell over last som fører til skader (”fracture”) på skallen. I bakhode gis middelverdien 6410 N – med et område ned til 5120N.

* Et ”klinisk syndrom” er det hyppigste følgen av store mekaniske påkjenninger. Det medfører tap av bevissthet, forstyrrelser i synet og balanse. Dette er normalt en helt reversibel prosess.

* Indre hodeskader er ikke fullt ut forstått. Store akselerasjoner kan føre til relativ bevegelser mellom hjernen og skallen og blodårer til hjernen med mer kan bli skadet. For rotasjoner er det gjort forsøk med dyr herunder aper – og det er funnet toleransegrenser for mennesker. For translasjonsbevegelser viser de til ulike vurderinger som gir 45g til 80g som akseptable verdier. Det drøftes ulike metoder (severity index – SI og head Injury criterion – HIC) for å beregne skadevirkningene i hjernen. Skaden er i begge avhengig av akselerasjonsnivået og tiden (typisk millisekunder) en utsattes. Begge metodene bruker akselerasjonen opphøyd i 2,5, mens det ser ut til å være større usikkerhet på betydningen av eksponeringstiden.

* Det drøftes skader på bein i ansiktet.

* Nakkeskader (side 18ff) fås ved lave laster og er avhengig av retningen. Det vises til middelveier på 180N til 490N, med laveste intervall-verdi på 62N. **Ego:** For å få 62N må en ha 310 gram ($62/(20*10)$ kg) – med hodet fastholdt er jeg usikker på hvor mye lasten vil bli i nakken og hvor mye ett stykk nakke veier! En kan også få nakkeskader fra aksialkrefter overført fra hodet (og kroppen i livbåter?).

* Brystet er en ribbekonstruksjon som inneholder flere organer som hjerte, lunger, luftrør, spiserør og større blodkar. Den mest vanlige skaden er skade på luftrørsblodåren. Hjerteskadene er forårsaket av sammenpressing av hjertet. Skademuligheten er størst nå hjertet er i den posisjonen av pumpe-syklusen, der den er full av blod.

* Underlivet skal være det minst undersøkte og forståtte delen av kroppen. Den består av en rekke indre organer. Den øvre delen av underlivet er mer utsatt enn den nedre. Det som oftest blir skadet er lever, nyre, milt, tarm, bukspyttkjertel og urinblære. Diagnostisering og lokalisering av indre skader er vanskelig og krever ofte rask operasjon. Det drøftes skader ved setebelter og skulder og mage. En kan få skade med setebelter for folk under 30 år ved 7300N og over 50 år ved 4200N. For magebelter er skadefrekvensen høyere.

* Bekken til tærne. Her er det gjort en god del forsøk på hva som skal til å skade ulike knokler og ledd. Ulike verdier på ulike ledd.

Tsyckova (2004) viser til de samme fem skadene. Videre skriver hun at i Norge hadde 34500 personer deltatt i frifalltester til 1998. Det var tre rapporterte skader: to skadet av VHF radioer og en som ikke hadde hodet mot ryggen i stolen. I perioden 1985-1992 var det 59176 personer med 16 skader på NUTEC i Bergen med fall fra 28m og 12,5m. Hun skriver (side 5) at det er tre metoder til å vurdere skader SRSS, dynamic response criteria (DR) og Hybrid III human surrogate. De to første er anerkjent i IMO. SRSS tar bare hensyn til akselerasjonslasten. DR tar også hensyn til varigheten av akselerasjonens kraft impuls. Hun skriver at ingen av metodene kan forutsi om det vil bli skade eller hva slags skade som vil opptre.

Konklusjon

IMO forutsetter at livbåtpassasjerene er fastspent som i US airforce jagerfly (ikke tilfellet) og at de er i samme fysiske form og i samme aldersgruppe som US airforce flygere (ikke tilfellet). IMO bør ikke brukes uten at en har samme livbelter og fysisk tilstand på folk!

Litteratur jeg har sett på:

Brinkley James W, Specker Lawrence J, and Mosher Stephen E (1989): Development of Acceleration Exposure Limits for Advanced Escape Systems. Implications of Advanced Technologies for Air and Spacecraft Escape, Advisory Group for Aerospace Research and Development, Conference Proceedings, No. 472, AGARD NATO. 1-1-1-14.

BS 7085:1989: Guide to safety aspects of experiments in which people are exposed to mechanical vibration and shock.

Hansson Anders og Andreas Stolt: safety belts in lifeboats, evaluation and dynamic tests for improved launch safety, KTH, 2002.

IMO: Life-saving appliances, 2003 Edition, London.

IMO: Measures to prevent accidents with lifeboats, draft amendments to SOLAS regulation III/19.3.3.4, 18.12.2003.

IMO: Measures to prevent accidents with lifeboats, evaluation of adequacy of current design criteria for free-fall lifeboats – literature overview, submitted by Sweden, DE 48/INF.2, 2.11.2004

ISO 2631-1 (1997): Mechanical vibration and Shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements.

ISO 10227 (1996): Human/human surrogate impact (Single shock) testing and evaluation – Guidance on technical aspects.

NS 4928 (1984): Veiledning for bedømmelse av hvordan vibrasjoner og støt i bygninger virker inn på mennesker, akseptable verdier for vibrasjoner. Standarden stemmer overens med ISO/DIS 2631-1978.

Nelson J K, T J Hirsch og N S Phillips: Evaluation of occupant accelerations in lifeboats, Journal of offshore mechanics and arctic engineering, vol 111, November 1989

Nelson James K jr, Peter J Waught og Alan Schweickhardt: Injury criteria of the IMO and hybrid III dummy as indications of injury potential in free-fall lifeboats, Ocean Engineering, vol23, no 5, pp 385-401, 1996.

Nelson J. K., Fredericks T. K., Butt S. E. and MacKinnon S. N: Evaluation of Occupant Seats and Seating Space in Free-Fall Lifeboats, Research Report CCE-2005-02 (Prepared for IMO Maritime Safety Committee), College of Engineering and Applied Sciences, Department of Civil and Construction Engineering, Western Michigan University, Kalamazoo, Michigan, USA, November 2004.

NS 4930 (1984): prinsipper for måling og bedømmelse av vibrasjoner som overføres til hånden. Standarden stemmer overens med ISO/DIS 5349-1979.

NS 4931 (1985): veiledning for bedømmelse av menneskers reaksjoner på lavfrekvente horisontale bevegelser (0,063 til 1 Hz) i faste konstruksjoner, særlig bygninger og installasjoner til havs. Standarden stemmer overens med ISO 6897-1984.

Re Antonio J Simones og Brian Veitch: Systematic investigation of freefall lifeboats evacuation performance, NRC/MUN, for IMO, London 2006.

Rutgersson Olle, Elena Tsyhkova og Monica Andersson: Evacuation of passenger ships in rough weather – a study of equipment behavior and its interaction with human performance, The naval architect, September 2003, side 74ff.

The Engineering Society for advancing mobility Land, Sea, Air and Space (SAE): Human tolerance to impact conditions as related to motor vehicle design, juli 1986.

Sjøfartsdirektoratet: Forskrift 11. april 2003 nr 492 om redningsredskaper og evakuering på flyttbare innretninger.

Sjøfartens Arbeidsmiljønämnd: Olyckor med frifall-livbåtar utreds, SAN nytt, 2-3/04.

SOLAS: Consolidated text of the international Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates, Consolidated edition, 2001.

Tsyhkova Elena: Evaluation of adequacy of current design criteria for free-fall lifeboats – literature overview, annex til IMO: measures to prevent accidents with lifeboats, 2.11.2004.