

Hilde Færevik, PhD, Forskningsleder
SINTEF Teknologi og Samfunn,
avdeling Helse

Hypotermi, overlevelse i sjø, redningsdrakter

HMS utfordringer I Nordområdene

Arbeidsseminar 5

Clarion hotel the Edge, Tromsø

Arrangør: Norsk olje og gass

Challenges for Emergency Preparedness in Arctic and SubArctic Areas

- *"The challenges for emergency preparedness in arctic and sub-arctic areas are first of all due to **rough weather conditions**, but they are also related to **communication challenges**, unreliable **meteorological data**, **improper emergency equipment** and **lack of infrastructure**."*
- Evacuation and rescue operations **lasts longer** due to long distances and harsh weather conditions in the Arctic Sea
- It is vital to design appropriate survival suits which can keep the crew warm for a longer period of time
- Knowledge on hypothermia and survival

Salma Basharat.

Master theses 2012 NTNU.

"Proactive Emergency Preparedness in the Barents Sea"

Agenda

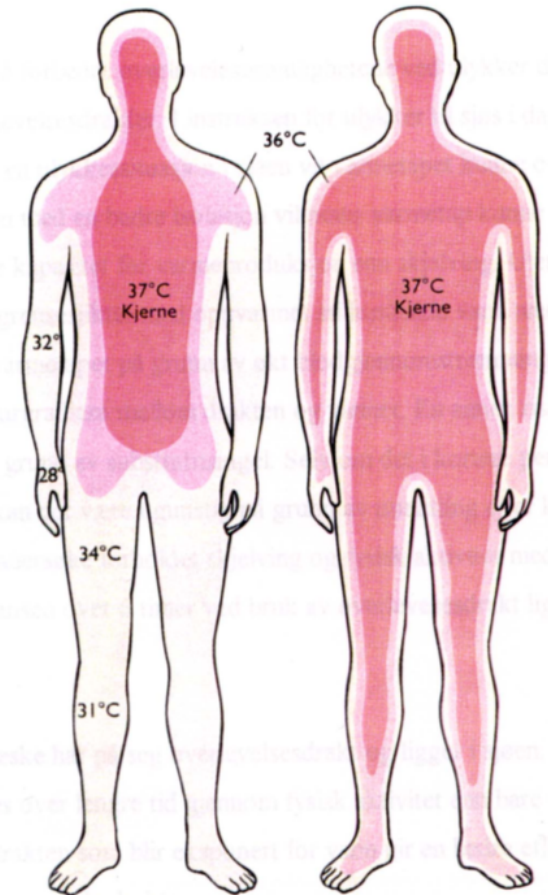
- Hypotermi - definisjon
- Historikk redningsutstyr og overlevelse i kaldt vann
- Kritiske faktorer for overlevelse i kaldt vann
- ENI prosjektet 2010-2012. Utvikling av ny helikoptertransportdrakt for Barentshavet
- Utfordringer

Hypothermia - definition

Golden and Tipton 2002:

"A deep body temperature more than 2°C below normal (i.e less than 35°C)"

- Clinically induced hypothermia / anesthesia
- Accidental hypothermia



Definition of Accidental Hypothermia

Primary Accidental Hypothermia:

The condition of patients who are cold because the prevailing environmental conditions have overwhelmed their body's ability to maintain thermal balance

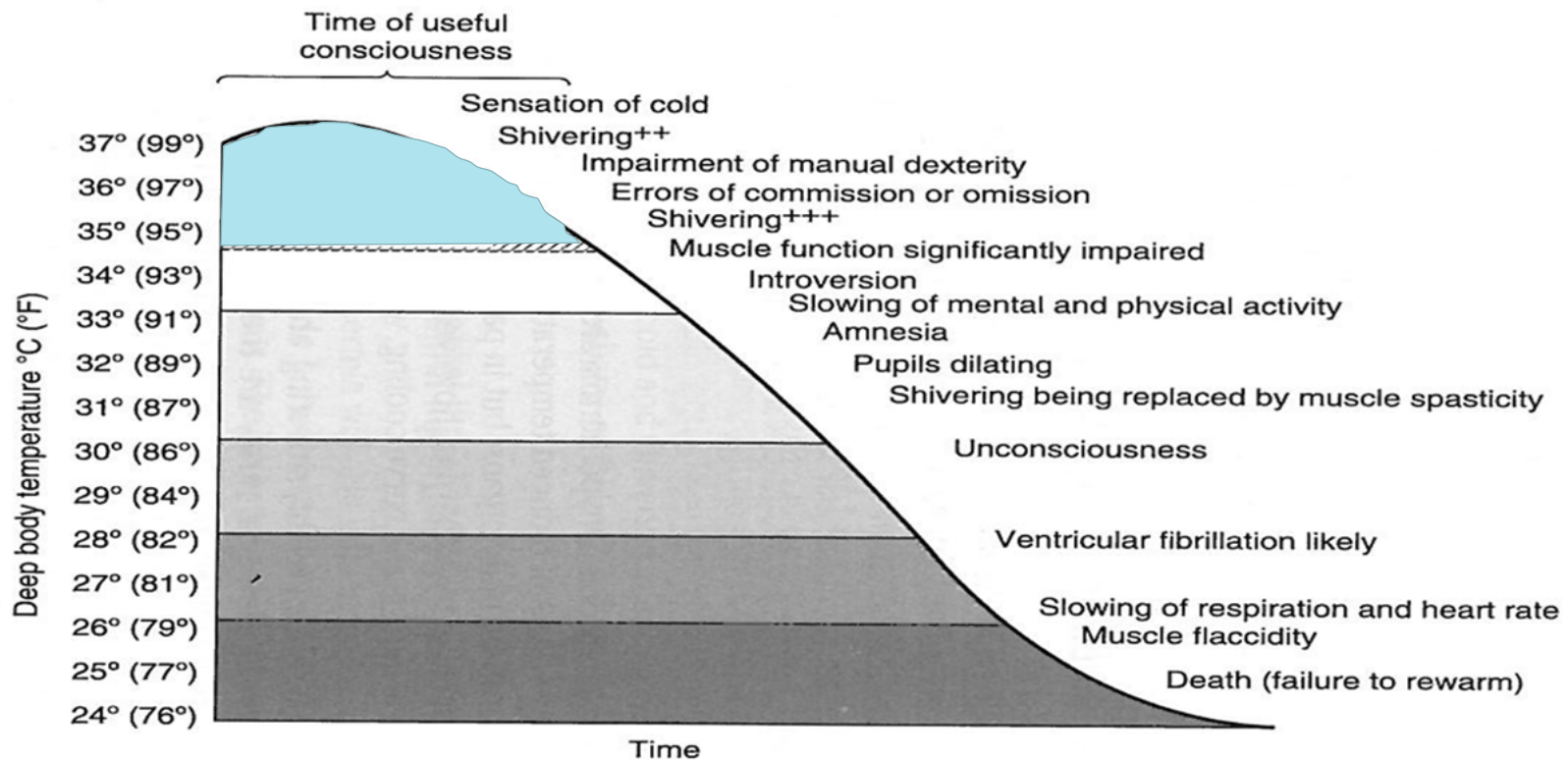
(Goldon and Tipton, 2002)

Secondary Accidental Hypothermia

Applies to patients whose hypothermia is the result of impaired thermoregulatory responses due to injury, illness, drugs, alcohol etc.

(Goldon and Tipton 2002)

Clinical classification of accidental hypothermia



Occurrence of accidental hypothermia

1) Acute (immersion) hypothermia

Severe cold stress, rapid body cooling before energy reserves is used

Rewarm spontaneously when removed from the cold

2) Subacute (exhaustion) hypothermia

Less severe cold stress, energy reserves depleted

Spontaneous rewarming is less certain

3) Subchronic (urban) hypothermia

Exposure to moderate cold for long time

Fluid balance distortion

Rewarming should be slow and gentle

4) Submersion hypothermia (without oxygen)

Totally submerged in cold water for up to 60 minutes

The speed of induction of hypothermia and the mechanism of cardiac arrest differ in a small child who submerges, the adult who is caught in an avalanche and the elderly who have an accident and lie still at home ...this has implications for treatment and outcome!

Lloyd EL (1996) Accidental hypothermia. Resuscitation, (32)2: 111-124



13.7 °C - The lowest temperature reported in a survivor of accidental hypothermia



“On May 20, 1999, at 1820 h, an experienced female offpiste skier aged 29 years fell while skiing down a waterfall gully in North-Norway”

Her head and body was submerged in icy water for more than one hour. She found an air pocket under the ice and for 40 minutes she was struggling before she fell still.

After 40 more minutes the rescue team were able to drag her out of the ice.



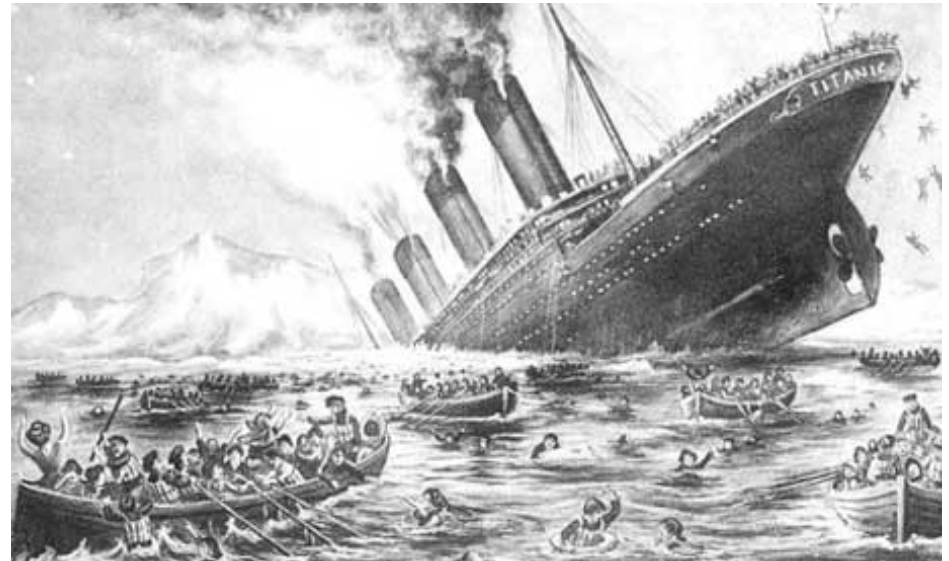
She survived!

Ref: Gilbert et al 2000 (Lancet):

Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7°C with circulatory arrest

Titanic 1912

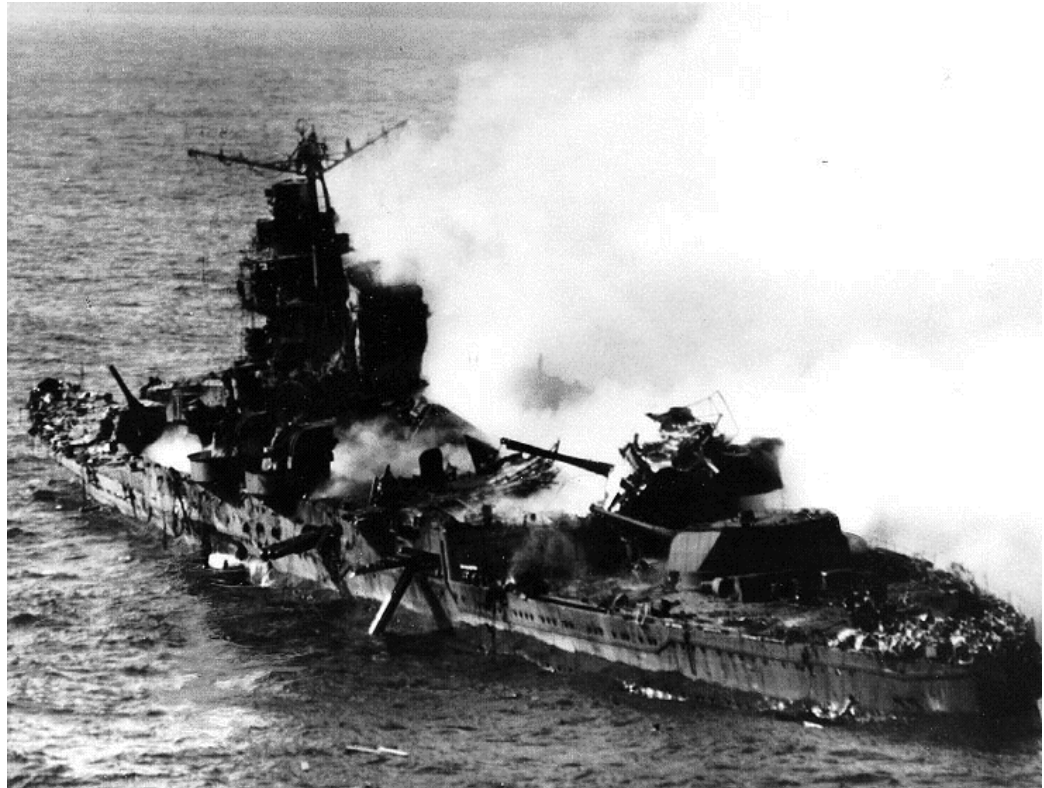
- 1498 mennesker mistet livet
- Drukning ble antatt å være dødsårsaken



Postcard showing the Titanic sinking. Photograph: Rex Features

Andre verdenskrig

- Skip og fly går ned i havet
- Utvikling av redningsutstyr og metoder for å beskytte mannskapene mot eksponering til kaldt vann
- Forskning på hvordan isolasjonsfaktor påvirker overlevelsestid i kaldt vann



Alexander Kielland ulykken 1980

- 27. mars 1980 kl. 18.30 kantret hotellfartøyet "Alexander Kielland" på Edda-feltet i Ekofisk-området
- 123 mennesker omkom
- Ulykken førte til nye og skjerpede krav til sikkerhet på norsk sokkel. Det ble innført bedre rutiner for beredskap og utviklet mer effektivt redningsutstyr



Foto: Bjørn Sigurdsøn, Scanpix

Referanse: <http://www.norskoljeoggass.no/no/Faktasider/Oljarahistorie/>

Sleipner ulykken 1999

- 16 av 88 passasjerer mistet livet
 - De overlevende rapporterte store problemer med redningsutstyret
 - Redningsvestene var vanskelige å få på
 - Livbåtene fungerte ikke slik de skulle
-
- Sjøfartsdirektoratet kom i etterkant av ulykken med nye og skjerpede krav til redningsutstyr:
 - Bl.a - Termisk beskyttelse og påkledning i mørke



Økt aktivitet i polare områder

- Når aktiviteten i polare områder øker, øker også risikoen for at det vil skje ulykker
- *1989 havarerte turistskipet Maxim Gorkij med 950 passasjerer utenfor Svalbard*
- *2011 "MS Explorer" kolliderte med isfjell i Sør-Ishavet, alle 154 passasjerer og mannskap ble reddet*
- "Heldigvis var værforholdene bra!"
- *"One third of passengers are over 60 years old and in some ships three quarters are over 65 years."*
- *"The majority are middle aged and above and many have pre-existing medical disorders."*



<http://www.aftenposten.no/nyheter/uriks/Kolliderte-med-isfjell-6496098.html>

Kamaro ulykken



Foto: Kystvakten / KV Harstad / NTB scanpix

- Autolinebåten «Kamaro» fra Selje i Sogn og Fjordane fikk motorhavari sør for Bjørnøya og var på slep etter «KV Harstad» med retning Sørøysundet i Finnmark.
- I full storm og 14 meter høye bølger fikk de 14 sjøfolkene beskjed om å hoppe i sjøen før de ble heist opp i redningshelikopter.
- "I stedet for å ta risikoen å hente noen opp fra et ståldekk som beveger seg flere meter opp og ned, blir mannskapet bedt om å hoppe på sjøen for å bli hentet opp en og en, det er mindre risikabelt å hente personer med overlevelsесdrakt opp fra sjøen enn fra dekk".

Frode Iversen, redningsleder ved Hovedredningsentralen i Nord-Norge

PROBLEM OMRÅDER ARKTISK

- Mer ekstreme/uforutsigbare værforhold
- Lange avstander
- Ising
- Varsling – PLB
- Hva hvis du ikke rekker å ta på en overlevelsesdrakt, kan vi utvikle arbeidstøy med integrert sikkerhet?

Arbeidstøy med integrert sikkerhet?

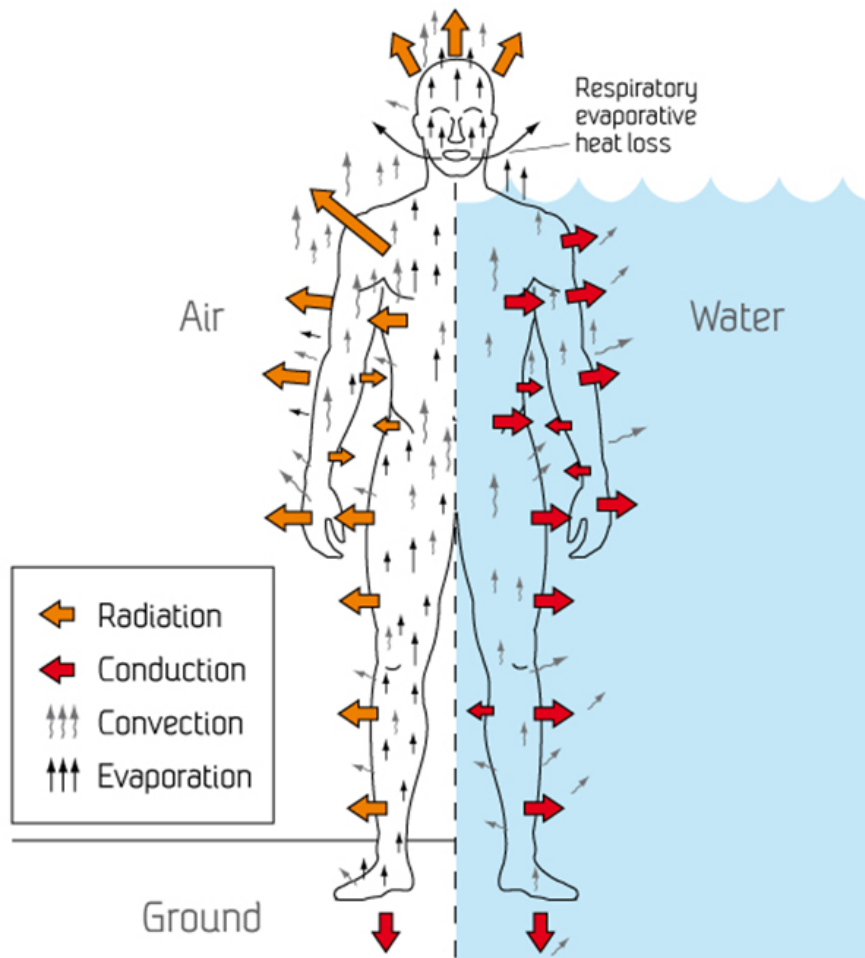
"Overlevingsdrakt er uten tvil det beste hjelpemidlet når en må forlate båten og hoppe i havet. Rett montert holder den oss tørr og flytende"

"Erfaring viser at det under kritiske hendelser, spesielt på mindre fartøy ofte går veldig fort når noe skjer. Da kan det rett og slett være snakk om for liten tid til å hente frem overlevelsesdrakten - og ikke minst få den på seg"

Kritiske faktorer for overlevelse i kaldt vann



Varmebalanse = varmetap + varmeproduksjon



Modified from: Golden FStC, Tipton MJ (2002).
Essentials of sea survival, Champaign, Ill. *Human Kinetics*. IL, US.

Overlevelse i kaldt vann er avhengig av en rekke faktorer

- Tilgjengelig utstyr (bekledning, redningsutstyr, vest, drakt, spayhood, hansker, flåte osv)
- Lekkasje
 - 1 l vann reduserer isolasjon i drakt med 30-40%
- Antropometriske data og status av personen (underhudsfett, kjønn, fysisk form, alder, ernæring, svømmedyktighet, psykologisk tilstand)
- Forhold overflateareal / masse
- Varighet av eksponeringen
- Flytestilling i vann
- Varmeproduksjon gjennom skjelving eller bevegelse
- Omgivelses faktorer (vann og luft temperatur, vind, bølger , vindhastighet)



Hva skjer med kroppen når du eksponeres for kaldt vann?

- Korttidseffekt av kulde:
“Kuldesjokk” responsen
- Drukning
- Nedsatt svømmeferdigheter
- Langtidseffekt av kulde:
Hypotermi



Korttids effekt av kulde

- Kuldesjokk respons:
 - Kardiovaskulære
 - » Økt hjerterefrekvens
 - » Økt minuttvolum
 - » Vasokonstriksjon
 - » Økt blodtrykk
 - Respiratoriske:
 - » “Gisperespons”
 - » Hyperventilering
 - » Ukontrollert ventilering
 - » Redusert tid du klarer å holde pusten
- Svømming er vanskelig på grunn av kuldens effekt på muskler og nerver kombinert med ukontrollert ventilering
- Nedsatt motoriske ferdigheter vil inntreffe lenge før dyp hypotermi inntreffer - ikke i stand til å gjøre de nødvendige tiltak for å redde seg selv og andre – drukning
- Store individuelle forskjeller

The critical stages of cold water immersion (CWI)

- Initial responses (0-3 minutes)
 - Cooling of the skin - vasoconstriction
 - Risk of cold shock response (Keatinge 1961)
- Short term responses (3-30 minutes)
 - Shivering
 - Muscle cooling
 - Cooling of arms and legs – manual performance loss
 - Swimming failure
- Long term responses (more than 30 minutes)
 - Core cooling and cooling of deeper tissues
 - Hypothermia
 - Metabolic fatigue– diminished shivering activity (Shender 1995)
- Post immersion responses
 - During and after rescue
 - Post rescue collapse (Golden 1981,1991)
 - Lift the victim in an horizontal position



Andre faktorer som påvirker overlevelse i kaldt vann

- Individuelle faktorer (underhudsfett, fysisk form, ernæring, svømmedyktighet, psykologisk tilstand)
- Kroppsfett (1% mer underhudsfett – 0.1°C forskjell – McArdle 1984)
- Fysisk form – opprettholde skjelveaktivitet bedre – holder ut lenger
- Kjønn
- Alder – evne til å temperatur regulere nedsettes med alder
- Kompetanse om overlevelse i kaldt vann
- Sjøsyke og dehydrering
- Fysisk aktivitet i vann
- Psykologisk tilstand
- Omgivelsene
- Tilgjengelig utstyr



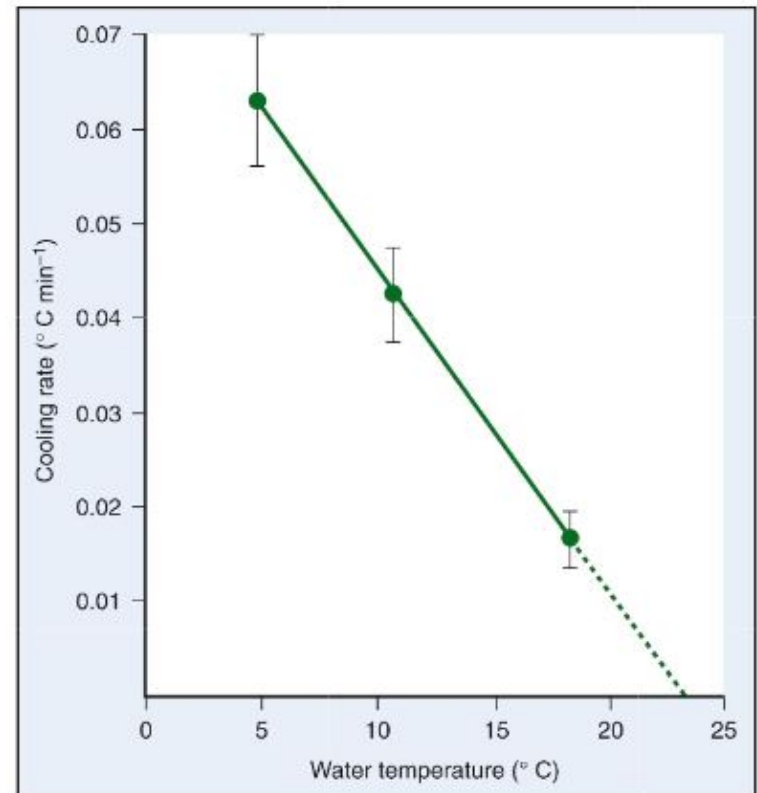
Foto: Hilde Færevik

Psykologi – viljen til å overleve

- Kamp for å opprettholde frie luftveier
- Kulde
- Sjøsyke
- Lykkes ikke med å redde seg selv
- Gradvis utmattelse og viljen til å overleve reduseres – gir opp

Omgivelser

- Værforhold
- Vann og luft temperatur
- Sjøforhold – bølgehøyde/type bølger mm
 - Brytende bølger pga mye vind
- Vind hastighet og retning
- Oljesøl



Wilderness Medicine, 6th Edition. Elsevier

Survival time prediction

- Is it possible to predict? (mathematical models)
- Review of probable survival times:
 - Wissler model (1964): A mathematical model of the human thermal system. Bulletin of mathematical biophysics Vol 26.
 - Tikuisis P (1997). Prediction of survival time at sea based on observed body cooling rates, *Aviat Space Environ Med*, 68(5), 441-448.
 - Robertson DH and Simpson ME 1996. Review of probable survival times for immersion in the North Sea. Offshore technology report OTO 95038
- Goldon and Tipton (2002): “The single most omission from the prediction of survival is the variability caused by sea state”

Sea state is a major determinant of survival time!

Stable body posture and airway freeboard – drowning

Robertson DH and Simpson ME 1996. Review of probable survival times for immersion in the North Sea. Offshore technology report OTO 95038

Hayward JS, Eckerson JD (1984). Physiological Responses and Survival Time Prediction for Humans in Ice-Water, *Aviat Space Environ Med*, 55, 206-212.

Beregninger av overlevelsestid

- Termoregulatoriske matematiske modeller
- Laboratorieforsøk
- Analyse av ulykker

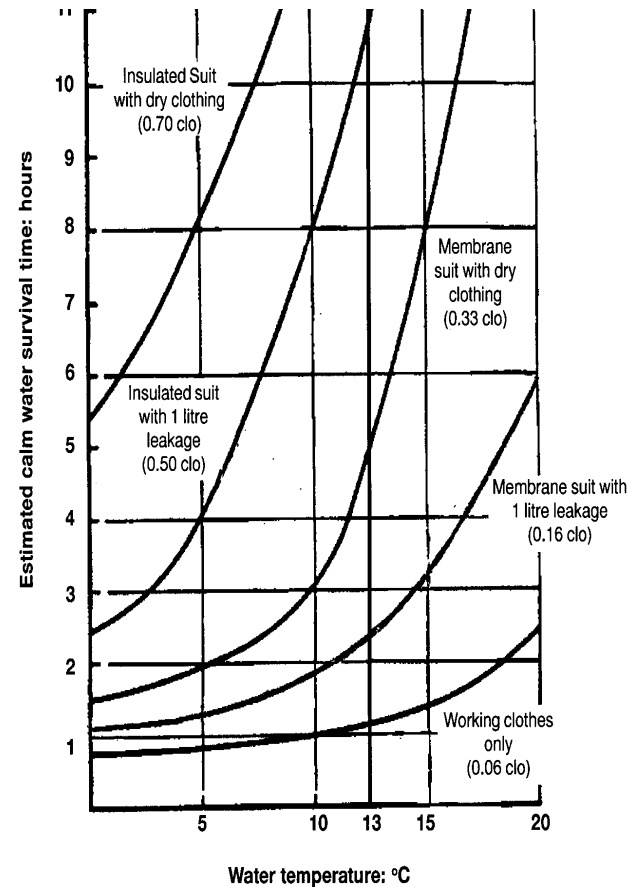


Figure 2
Predicted Survival Time Against Sea Temperature for Different Levels of Immersed Clothing Insulation - As Derived from Wissler Model, Modified by Hayes, 1987

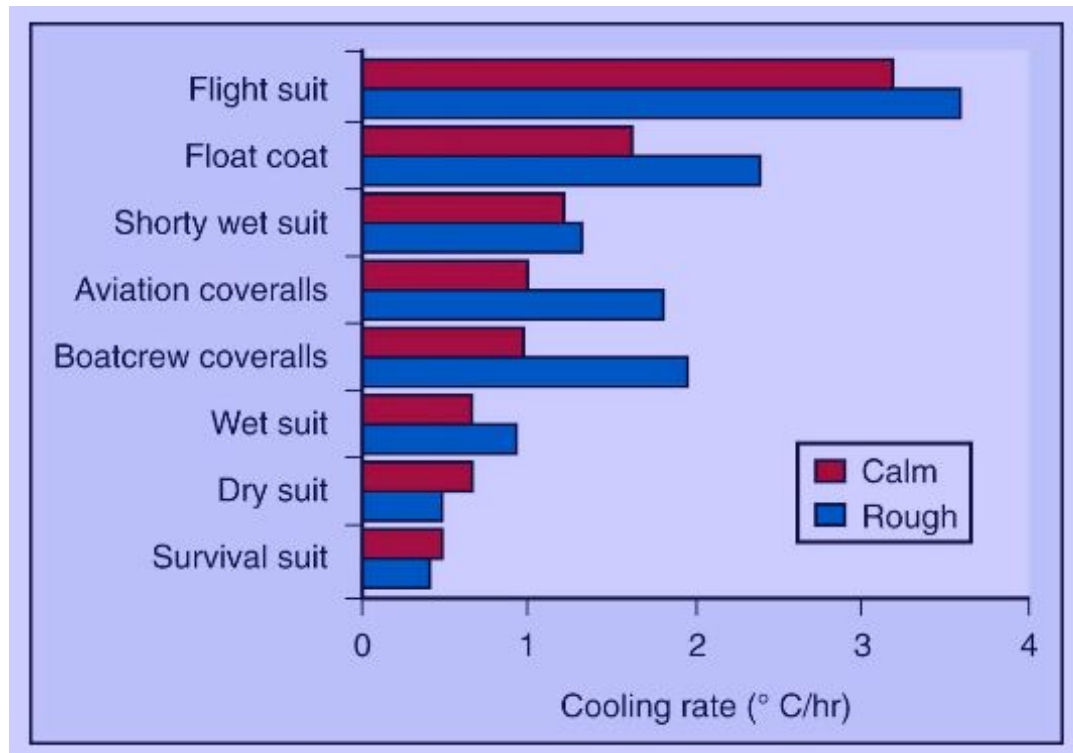
Survival time and functional time

- **Survival time:** "the time for the body to cool to a deep body temperature of 28°C (core temperature)"
 - Ignoring the risk of drowning
- **Functional time;** "Impairments of cognitive and manual performance at 34°C (core temperature)"

Rough seas vs calm seas

- Accidental immersion in rough seas has been associated with shorter survival times than have been estimated from calm-water studies (Steinman et al 1987)
- Tipton (1995) estimated a 30% reduction in predicted survival time with just a mild increase in the severity of laboratory conditions (including waves, wind and spraying of the subjects) compared to the test conditions described in international standards
- Wave heights up to 70 cm decreased insulation of a total dry suit system by 14%

Vil bølger og vind påvirke nedkjølingshastigheten?



Steinman, A.M., J.S. Hayward, M.J. Nemiroff, and P.S. Kubilis, Immersion hypothermia: comparative protection of anti-exposure garments in calm versus rough seas. *Aviat Space Environ Med*, 1987. 58(6): p. 550-8.

Survival in breaking waves

- **Primary problem;** maintenance of airway freeboard and avoid drowning
- Hypothermia is of secondary importance
- Cooling rate is affected by swimming or movements in the water to maintain stable position
- Flushing of cold water over the suit and leaking of cold water into dry suits affects heat loss
- Recommended posture in water to reduce heat loss (HELP) or huddling becomes difficult

Utstyrs variabler

- Fribord – oppdrift – opprettholde frie luftveier
- Oppdrift som en integrert del av overlevelsedrakten
- Flyteposisjon
- Snuegenskaper
- Termisk isolasjonsverdi (Clo)
- Lukkemekanismer og mansjetter
- Riktig undertøy
- Tilbehør:
 - ✓ Hansker/votter (manuell yteevne)
 - ✓ Sprutbeskyttelse – riktig designet
 - ✓ Kameratline og festepunkter
 - ✓ Nødpusteutstyr
 - ✓ Nødpeilesender
 - ✓ Lyskilde



SEABARENTS

Ny helikopterdrakt for arktiske farvann

Finansiert av ENI

Scope of work

2010/2011

- Identify relevant needs and requirements
- Literature review on accidental immersion in cold water

Testing of existing survival suits in more realistic conditions ;

- Water temperature: $-0.1 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Air temperature: $-11.3 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$
- Wind speed: $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Waves: 40-50 cm
- Every 10 minutes the subjects were overflowed with water

2012

- Develop an improved helicopter transportation suit adapted to Arctic Conditions

SINTEF P17620 - Confidential

Report

Immersion suits for arctic waters

Specification of requirements for the functionalities and demands of immersion suits to be used in the Barents Sea

Author(s)
Torstein Thøgersen, Ørjan Holmen, Ole Petter Nøstgaard, Ingunn Marie Holmen, Hilde Færøvik and Morten Sandlund



SINTEF Technology and Society
Preventive Health Research
2010-12-16

SINTEF P17621 - Confidential

Report

Immersion suits for arctic waters

Physiological responses during exposure to cold air and water

Author(s)
Morten Sandlund, Morten Thøgersen, Hilde Færøvik



SINTEF Technology and Society
Health Research
2011-02-11

Bassengforsøk SINTEF SeaLab

MÅL

Forbedret funksjonalitet og beskyttelse i arktiske farvann

- Termiske forbedringer av en allerede god drakt
- Forbedre funksjonalitet og brukervennlighet i kulde
- Robuste og brukervennlige løsninger - Pålitelig funksjon

Rammebetingelser

- Tilpasset eksisterende logistikksystem/-rutiner
- Tilpasset eksisterende rutiner for helikoptertransporten

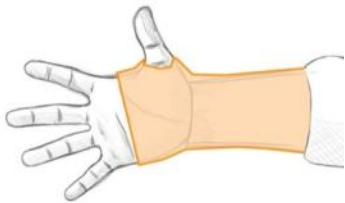


FUNKSJONALITET I ULIKE FASER

NØDSITUASJON / DITCHING – Helikopter synker

Overordnede aksjoner	Varsel om ditching	Forberedelse på ditching	Nedlanding på vann	Helikopter ruller rundt og synker	Evakuering av helikopter	Aktiv initieell fase (0-30 min)	Passiv ventefase (30- 120 min)	Redning/henting	Transport
						Opphold i vann			
Detaljerte aksjoner	Pilot varslar om ditching	Sikre løse gjenstander Lukke drakt Presse ut luft av drakt Stramme setebelte Orientering om nødutganger Innta krasjstilling	Press ut vinduene Etabler pustelunge Avvent ordre fra pilot	Aktiver pustelunge	Løsne setebelte Evakuer	Ta på hansker Ta på sprayhood Entre redningsflåte Feste kameratline			
Nødvendig funksjonalitet		Utlufting av drakten (spes beina) Fullstendig lukking av drakten	Etablering av pustelunge	Holde pusten / bruke EBS Ventilering av luften i drakten	Tilstrekkelig oppdrift				
					Hindre vanninntrenging				
					God synlighet				
					Håndtere kameratline				
					Lys for orientering				
					Entre redningsflåte				
					Håndtering av sprayhood				
					God sikt			God sikt	

Idé- og konseptutvikling



Mockups



Testing



Identified areas for improvements "Arctic survival suit"

Nr	CHALLENGE	MODUL
1	How to make sure to maintain a hand- and finger temperature to ensure that necessary operations (handling of buddy line and spray hood, boarding of life raft) can be performed in an initial phase of an emergency situation in arctic waters.	Cuff/gloves
2	How to ensure that necessary operations (handling of buddy line and spray hood, boarding of life raft) in an emergency situation in arctic waters can be performed with gloves on?	Gloves
3	How to ensure adequate thermal protection for the hands, feet and core for 3 hours in an emergency situation in arctic waters?	Innersock/boots
4		
5	Ensure the suit should be designed in such a way that it can be combined with other required equipment in the helicopter in a correct and comfortable manner, without reducing the level of protection	
6	What sealing and hood solution (including primary opening) will ensure the best comfort and protection during helicopter transport and in an emergency situation?	Sealings/openings/zipper
7	How to ensure it is easy to attach yourself to other persons in the water?	Buddy line
8	How to maintain good visibility during use of the sprayhood in arctic waters?	Sprayhood
9	How to ensure easy donning and doffing of the sprayhood in darkness in arctic waters and while wearing gloves?	Sprayhood
10	How to ensure that all parts of the suit (including hood and gloves) have a colour that is highly visible from a vessel and helicopter?	Hood and gloves
11	How can the light source of the suit ensure that a person in the water is found as quickly as possible, regardless of the floating position?	Light source
12	How to ensure that the person in the water can orient themselves of the nearest surroundings in the darkness (e.g. to locate a nearby life raft)?	Light source



NYE LØSNINGER

SEABARENTS

Håndmansjetter

Forlenget for økt termisk beskyttelse



Synlighet

Forbedret fargebruk



Krokfeste

Bedre tilgang og lettere funksjon



Sprayhood

Mer brukervennlig

Hette

Klaff over glidelås

Lys

Endret plassering

Krok

Mer brukervennlig

Lomme

Skråstilt



Lys

For orientering i mørke

Innersokk

Isolert tåparti + ny såle

Støvler

Økt termisk beskyttelse

Demonstrasjon i Hammerfest 13-14 november 2012

Feste kameratline..



Sprayhood



Foto: Henriette E. Toreskaas
News on Request

Enjoy a swim in the Barents Sea...



Foto: Henriette E. Toreskaas
News on Request

Hva trenger vi mer kunnskap om

Redningsutstyr

-er draktene gode nok
under mer ekstreme
værforhold

Ny teknologi

Kan man integrere
individbaserte
systemer for varslings
og gjenfinning

Metoder og modeller

Bedre modeller for
beregning av
overlevelsestid

Standarder

Strengere krav
Tester under mer
realistiske forhold

Ulykkesgranskning

Gransking av ulykker
som er skjedd i arktisk
med fokus på utstyr,
overlevelse i sjø

Kunnskap og opplæring



Technology for a better society



**SINTEF's pris for
fremragende forskning**

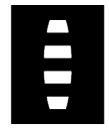


AWARD FOR DESIGN EXCELLENCE
NORWEGIAN DESIGN COUNCIL



NOMINATED FOR
HONOURS AWARD FOR DESIGN EXCELLENCE
NORWEGIAN DESIGN COUNCIL

Are women colder than men?



AWARD FOR DESIGN EXCELLENCE
NORWEGIAN DESIGN COUNCIL

