

KALDE UTFORDRINGER

HELSE OG ARBEIDSMILJØ PÅ INNRETNING I NORDOMRÅDENE

MAI 2010

Rapport nr. 10-31

ISBN 978-82-8032-024-7



Forsidefoto: Elin Høyland

Oppsummering

Økt interesse for petroleumsaktivitet i nordområdene vil innebære større utfordringer med hensyn til helse og arbeidsmiljø for personell involvert i slik aktivitet enn dagens aktivitet på norsk sokkel. I 1998 utarbeidet *The Oil Industry International Exploration and Production Forum* rapporten "Health Aspects of Work in Extreme Climates within the E&P Industry". Rapporten beskrev helsemessige problemer forbundet med eksponering i kaldt klima, og ga et sett med retningslinjer for aktivitet i slike klimatiske forhold.

Foreliggende rapport behandler samme problemområde/tema med oppdatert viten og med fokus rettet spesifikt mot arbeid på innretning i nordområdene på norsk sokkel. Begrepet nordområdene er i denne rapporten definert primært å gjelde sør og vestlige deler av Barentshavet. Rapporten er utarbeidet av Thelma AS på oppdrag gitt av Petroleumstilsynet. De mest ekstreme hendelsene som kan inntreffe på en innretning gjelder immersjonsulykker dersom noen havner i sjøen. Dette temaet er viktig kunnskap som derfor er viet et eget kapittel i rapporten. Rapporten inkluderer ny kunnskap om vindavkjølingsindeksen, samt standarder/retningslinjer som er kommet i den senere tid.

En rekke klimafaktorer vil skape utfordringer for arbeid i petroleumsindustrien i nordområdene, slik som temperatur, vindforhold, ising, polare lavtrykk, usikre værvarsel og mørketid. Faktorer som påvirker kroppens temperaturregulering er foruten klima; aktivitet, tekniske klimabeskyttende tiltak/systemer og bekledning. De kritiske klimatiske faktorene for personellet er lufttemperatur, stråletemperatur, vind og fuktighet. Vind øker bevegelsen av luften rundt kroppen og varmetapet øker derfor når vindstyrken øker. Avkjølingseffekten som oppstår ved kombinasjonen temperatur og vind beregnes i vindavkjølingsindeksen (Wind Chill Index) som brukes for estimering av risiko for kulderelaterte skader. I 2001 ble en ny vindavkjølingsindeks innført. Formelen er basert på testing av varmetap fra eksponert hud på mennesker.

Sykdom eller skader kan oppstå som direkte følge av kuldeeksponering. Kulde kan gi nye eller forverre eksisterende symptomer hos personer som allerede er syke, men kan også gi plager og symptomer hos friske individer. Arbeidsrelaterte ulykker er høyere for arbeidere som i perioder gjennom året arbeider under kuldeeksponerte forhold, enn for arbeidere som ikke er eksponert for slike klimabelastinger. Forekomsten av frostskafer viser en sterk økning under forhold med omgivelsestemperaturer lavere enn $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sykdommer som kan relateres til kuldeeksponering er hjerte- og karsykdommer, Raynauds syndrom, kuldeallergi, muskel- og skjelettsykdommer og respirasjonssykdommer.

Eksponering for ekstreme situasjoner kan ha negativ innvirkning på individets kognitive, emosjonelle og/eller fysiske ytelse. Nedsatt ytelse hos personell vil i tillegg til nedsatt arbeidseffektivitet, kunne føre til økt risiko for ulykker. Avkjøling påvirker alle enkeltelementer i den muskulære ytelsen, som utholdenhet, styrke, kraft, hastighet og koordinering. Motorisk ferdighet bestemmes av bevegelseevnen og muligheten til å manøvrere objekter for arm, hånd og fingre. Mange studier viser at det er en klar sammenheng mellom hudtemperatur og

motoriske ferdigheter. Kuldeeksponering kan i tillegg til redusert fingerferdighet innvirke på fysisk ytelse gjennom kraftig skjelving, sammentrekninger av øvre deler av luftveiene og reduksjon i muskelens elastiske egenskap.

Kuldeeksponering vil ikke utelukkende forringe kognitiv ytelse. Nyere systematisk oversikt over forskningsresultater på området viser at lett kuldeeksponering øker kognitiv ytelse mens ekstrem kuldeeksponering over tid, avhengig av innvirkende faktorer i tillegg, gir kraftig reduksjon i kognitiv ytelse.

Operatørselskaper som har vært kontaktet informerer om at kulderelaterte utfordringer oppleves minst like store på Haltenbanken som utenfor kysten av Finnmark og norsk petroleumsindustri har lang erfaring i håndtering av slike klimatiske utfordringer i forhold til helse og arbeidsmiljø i Nordsjøen. Arbeid i nordområdene vil også inkludere utfordringer som mørketid, polare lavtrykk, lang avstand til infrastruktur, lavere temperaturer og mer ising. Kombinasjoner av flere krevende klimafaktorer vil gjøre utfordringene ved arbeid i nordområdene mer ekstreme.

Hverken operatører eller entreprenører som har operert i nordområdene, informerer om store problemer med gjennomføring av arbeid på grunn av kuldeproblematikk for de ansatte per i dag. Gode rutiner, vinterisering av innretning og tilstrekkelig med personell som kan bytte på arbeidsøkter utendørs om nødvendig, er viktige faktorer for gode arbeidsforhold i kalde omgivelser.

Boreentreprenører melder at dekkspersonell som laster og loss er de som til daglig, og over lengre tid er mest eksponert for vær og kuldeproblematikk. I nordområdene vil fjerning av is som legger seg på eksponerte områder bli en større arbeidsoppgave enn det oljeindustrien på norsk sokkel har erfaring med i dag. Det er satt klare grenser for akseptabel kuldeeksponering for personell som jobber på disse områdene. En plan for håndtering av kuldeproblematikk bør inneholde elementer som: Identifisering av kulderelaterte utfordringer ved design av innretning, kartlegging og vurdering av risiko/tilrettelegging av arbeidsoppgaver, teknisk forbyggende tiltak/vinterisering, beskyttende bekledning, personlig vernebekledning og annet utstyr, informasjon og opplæring, medisinsk utvelgelse og oppfølging av personell, medisinsk beredskap samt organisering av HMS for arbeid i kulde.

Vanntemperatur og kuldeeksponering i en immersjonssituasjon (nedsenking i vann) kan være livstruende og er en direkte årsak til mange dødsulykker. Ulykkesituasjon ved immersjon består av fire livstruende faser - kuldesjokk, hemmet muskelfunksjon/koordinering, hypotermi og postimmersjon.

Kuldesjokk kan i ekstreme tilfeller føre til hjertestans. Kuldesjokket vil også kunne føre til hyperventilering som igjen kan føre til innånding av vann og drukning. Bruk av nødpuستهutstyr ved helikopterflyvninger på norsk sokkel er koblet til risikoen for kuldesjokk ved en nødlanding.

Nedkjøling av muskulaturen kan føre til utmattethet og nedsatt muskelkoordinering, noe som kan føre til drukning, dersom ikke nødvendige flytemiddel er tilgjengelig. Nedkjølings hastigheten av kroppen bestemmes av vanntemperatur, bølger og strømminger i vannet, bekledningens isolasjonsevne og vanninntrenging. Sprutbeskytter vil kunne hindre vanninntrenging i bekledningen. I tillegg kan den hindre innånding av vann og gjøre personen i

stand til å medvirke i selve evakueringen. Overlevelsestid bestemmes av individuelle forskjeller, beskyttelsesutstyr benyttet i ulykkessituasjonen, vanninntregning, vanntemperatur, vanntilstand og mental tilstand til vedkommende.

20 % av dødsfall ved immersjon forekommer i forbindelse bergingsfasen. Dette skyldes blant annet at redusert blodstrøm til hjertemuskelen i en hypoterm tilstand sammen med en økt hjertemuskelaktivitet grunnet forventning om berging kan resultere i manglende oksygenforsyning til hjertet. Den hyppigste årsak til dødsfall etter berging av personer ut av vannet er mangel på oksygen i blodet, som følge av innånding av vann. Dersom gjenoppvarmingen foregår for intensivt vil en utvidelse av blodårene i hud og ytre vev kunne gi redusert tilbakestrømming til hjertet og føre til et fall i blodtrykket. Et blodtrykksfall kan i verste fall føre til hjertestans.

Norsk petroleumsaktivitet flytter seg stadig lenger nord og øst. Mer helårig aktivitet i disse kalde områdene byr på klimatiske og lokalitetsmessige utfordringer som petroleumsindustrien har mangelfull erfaring med. Arbeid i de nordligste områdene innebærer ekstreme kuldeeksponeringer. Kombinasjoner av krevende klimafaktorer gjør problemstillingene relevant også for områder noe lenger sør selv om kuldeeksponeringen her ikke er like ekstrem som i nordområdene. Mye av informasjonen i rapporten har derfor like stor betydning for havområdene utenfor kysten av Haltenbanken.

Summary

An increased interest for petroleum activity in the arctic region, will cause greater challenges due to health and working environment for personnel involved, than today's petroleum activity in Norway. In 1998, the report: "Health Aspects of Work in Extreme Climates within the E&P Industry", was performed by *The Oil Industry International Exploration and Production Forum*. The report describes health-related problems related to work in cold climate, and it points out a set of guidelines to reduce the risk for personnel involved.

The present report aims to give an updated knowledge about the same topic, focusing on work on facilities operating in the northern areas. For the purpose of this report, the term "northern areas", is defined as the southern and western part of the Barents Sea. The report has been prepared by Thelma AS, on behalf of the Petroleum Safety Authority in Norway. The most extreme incident to occur on facilities is immersion accidents, i.e. when a person falls into the water. This is a topic of great importance, and it is therefore dedicated a chapter to it alone. The report also includes new knowledge about the wind chill index, in addition to recently made standards and guidelines.

A number of climatic factors are known to increase challenges related to work in the northern areas, such as temperature, wind, icing, polar low, uncertain weather forecast, and polar night. In addition to climatic factors, regulation of body temperature is affected by activity, technical protective actions/systems, and clothing. The critical climatic factors for personnel are: air temperature, wind, and humidity. Wind increases the movement of the thin layer of air next to the skin, and the heat loss from the body rises due to increased wind speed. The effect of cooling caused by a combination of temperature and wind is estimated by the Wind Chill Index. In 2001, a new Wind Chill Index was introduced, in which the formula is based up on measurements of heat loss from exposed skin on humans.

Cold weather exposure can immediately cause health problems. For already sick people, cold exposure can lead to new, or aggravate existing symptoms, however cold exposure may also cause pain and symptoms to healthy subjects. There is an increased occurrence of frost damage for ambient air temperature lower than -10 °C. Health related problems related to cold exposure are heart- and vascular disease, Reynaud's syndrome, cold allergy, muscular- and skeleton disease, and respiratory problems.

Exposure to extreme situations may have negative impact on cognitive, emotional, and/or physical performance. Reduced performance, in addition to decreased work efficiency, may also cause an increased risk of accidents.

Motorical dexterity depends on power of locomotion and the ability to maneuver arms, hands and fingers. Several studies indicate a clear relationship between skin temperature and physical performance. Physical performance may be reduced due to cold exposure through powerful shivering, muscle contracture in upper part of respiratory passage, and a general reduction in the muscles elasticity. Studies so far, do not support a uniform deterioration of cognitive

performance in extreme environment. Recent meta-analysis indicate increased cognitive performance due to light cold exposure, however a continuing extreme cold exposure may lead to severe reduction in cognitive capacity. This is, of course, influenced by other parameters.

Contacted operators have not experienced heavier cold weather related challenges from work outside Finnmark than on Haltenbanken. The Norwegian Oil Industry has long term experience in dealing with the climatic challenges related to health- and work environment in the North Sea. Work in the northern areas will also include issues about polar night, polar low, long distance to infrastructure, lower air temperature, and icing. Combination of severe climatic factors may cause extreme challenges regarding work in the northern area.

Neither operators nor contractors which have operated in the northern area have reported any work standstill due to cold related problems for the personnel. Beneficial routines, winterization and sufficient numbers of personnel to alternate outside work, is important to secure appropriate working environment in cold surroundings.

Personnel who loads and unloads on a rig, are those who the interviewed drilling contractors reports to be most exposed to weather and cold conditions. Removal of ice from exposed areas is more likely to be a larger task in the future than the Oil Industry is accustomed to so far. There are distinct restrictions on acceptable exposure for personnel who work on such exposed areas on a rig. Schedules for handling issues due to cold exposure should include elements such as: identifying cold related challenges during the design phase of the rig, risk identification and evaluation of adjustment to work tasks, personal protective clothing, personal safety equipment and other equipment, information and training, medical selection of personnel, medical support requirement, and organizing HSE for work in cold climate.

Water temperature and cold exposure during immersion can be life-threatening and are often direct cause of fatal accident. Immersion accidents often consist of four life-threatening phases – cold shock response, inhibited muscular function/coordination, hypothermia, and post immersion.

Cold shock response may in extreme cases lead to cardiac arrest. Hyperventilation may also be a result of cold shock response, which in turn may lead to inhalation of water, and in worst case drowning. An emergency system for breathing is often used during helicopter transport.

Down cooling of the muscular system may lead to exhaustion and decreased muscular coordination. Without use of necessary flotation device, drowning could be the result. The rate of body cooling is determined by water temperature, waves and water currents, insulation value of clothing, and water entry. Splash hood could prevent water entry in the clothing, and also make the person capable to co-operate during the helicopter pickup. Survival time determines by individually differences, safety equipment used in the situation, water entry, water temperature, water condition, and the person's mental condition.

Twenty percent of immersion related deaths, occurs during rescuing. This is a result of a combination of several factors. The heart receives less blood when

entering hypothermia. In addition, the heart rate increases as a consequence of an expectation for being rescued. During a rescue operation, blood with low temperature from peripheral parts of the body, may flow back to the central circulation, and hence give a thermal shock to the heart. Straight after rescuing, the most frequent cause of death is hypoxia, caused by inhalation of water. In addition, an intensive reheating of a person after rescuing will cause a dilatation of skin- and peripheral blood vessels. As a consequence, the blood flow back to the heart may be reduced and lead to a drop in the blood pressure and cardiac arrest.

The Norwegian Oil Industry is moving farther north and east. More year-round operation in cold area, lead to climatic and geographical challenges in which the Oil Industry have deficient experience. Work in the northern areas will involve extreme cold exposure. The climatic factors are not necessary extreme in itself; however, a combination of several extreme climatic elements will make cold weather related problems relevant to areas farther south. A lot of the information, in this report has therefore equal importance for areas as far south as Haltenbanken.

Innholdsfortegnelse

OPPSUMMERING	3
SUMMARY	6
INNHOLDSFORTEGNELSE	9
FORORD	10
KLIMAFORHOLD I NORDOMRÅDENE	11
VIND	11
POLARE LAVTRYKK	12
TEMPERATUR	12
ISING	12
ISFORHOLD	13
GENERELT OM KROPPSTEMPERATUR OG TERMOREGULERING	14
REGULERING AV KROPPSTEMPERATUR	14
VARMETAP	14
EFFEKTER AV KULDE PÅ HELSE	16
KULDERELATERTE SKADER	16
KULDERELATERTE SYKDOMMER	17
EFFEKTER AV KULDE PÅ YTELSE	20
FYSISK YTELSE	20
KOGNITIV YTELSE	22
KULDERELATERTE UTFORDRINGER PÅ ARBEIDSPLASSEN	24
KULDEEKSPONERING AV PERSONELL	24
KLIMABESKYTTENDE BEKLEDNING	24
ISING	25
TILLEGGSFAKTORER	25
HÅNDTERING AV KULDERELATERTE UTFORDRINGER I NORDOMRÅDENE	26
ARBEIDSMILJØSTANDARDER	26
PLAN FOR HÅNDTERING AV KULDE SOM RISIKOFAKTOR	27
IDENTIFISERING AV KULDERELATERTE UTFORDRINGER I DESIGNFASEN AV INNRETNING	27
KARTLEGGING OG VURDERING AV RISIKO/TILRETTELEGGING AV ARBEIDSPPGAVER	27
TEKNISK FOREBYGGENDE TILTAK/VINTERISERING	28
BESKYTTENDE BEKLEDNING, PERSONLIG VERNEBEKLEDNING OG ANNET UTSTYR	28
INFORMASJON OG OPPLÆRING	31
MEDISINSK UTVELGELSE OG OPPFØLGING AV PERSONELL	31
MEDISINSK BEREDSKAP	31
IMMERSJONSULYKKER I KALDT VANN	33
KULDESJOKK	33
HEMMET MUSKELFUNKSJON/KOORDINERING	34
HYPOTERMI	35
POSTIMMERSJON	40

Forord

I 1998 utarbeidet *The Oil Industry International Exploration and Production Forum* rapporten "Health Aspects of Work in Extreme Climates within the E&P Industry". Rapporten beskrev helsemessige problemer forbundet med eksponering i kaldt klima, og ga et sett med retningslinjer for aktivitet i slike klimatiske forhold.

Foreliggende rapport behandler samme problemområde/tema med oppdatert viten og med fokus rettet spesifikt mot arbeid på innretning i nordområdene på norsk sokkel. De mest ekstreme hendelsene som kan inntreffe på en innretning gjelder immersjonsulykker dersom noen faller over bord. Dette temaet er viktig kunnskap som derfor er viet et eget kapittel i rapporten. Rapporten inkluderer ny kunnskap om vindavkjølingsindeksen, samt standarder/retningslinjer som er kommet i den senere tid. Rapporten er utarbeidet av Thelma AS^(*) på oppdrag gitt av Petroleumstilsynet.

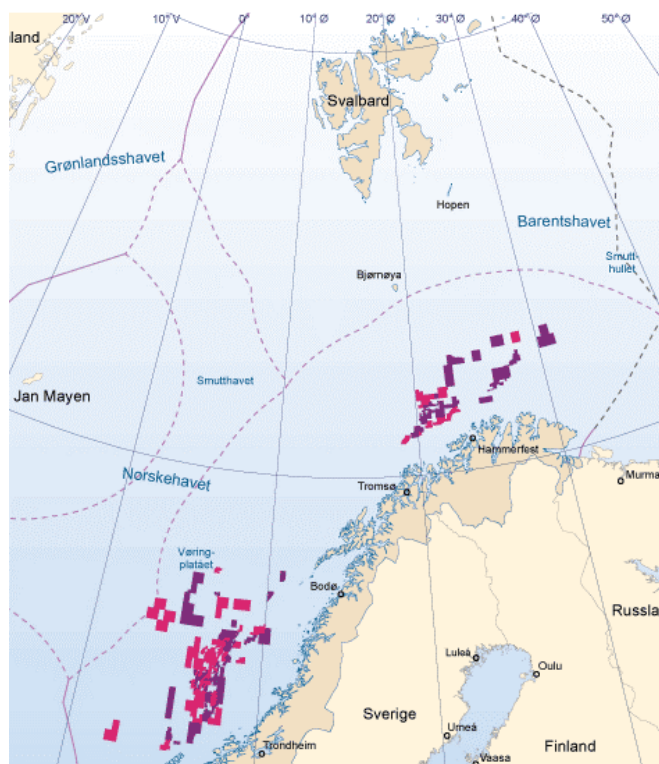
Begrepet nordområdene er i denne rapporten definert primært å gjelde sør og vestlige deler av Barentshavet. Norsk petroleumsaktivitet flytter seg stadig lenger nord og øst. Mer helårig aktivitet i disse kalde områdene byr på klimatiske og lokalitetsmessige utfordringer som petroleumsindustrien har mangelfull erfaring med. Arbeid i de nordligste områdene innebærer ekstreme kuldeeksponeringer. Kombinasjoner av krevende klimafaktorer gjør problemstillingene relevant også for områder noe lenger sør, selv om kuldeeksponeringen her ikke er like ekstrem som i nordområdene. Mye av informasjonen i rapporten har derfor like stor betydning for havområdene utenfor kysten av Haltenbanken.

Sikre helse
- sikre effektivitet

^(*) Siri Brunvoll, Brit Furu og Arvid Påsche.

Klimaforhold i nordområdene

Operatørselskaper som har vært aktive både i Nordsjøen og i det sørlige Barentshavet påpeker at kulderelaterte utfordringer oppleves minst like store på Haltenbanken som utenfor kysten av Finnmark. Erfaringsmessig er værforholdene mer stabile gjennom året, mens temperaturen er relativt kaldere i Barentshavet enn i Nordsjøen (fig. 1). På norsk side fins det lite erfaring med arbeid lenger nord og øst i Barentshavet. Det er i tillegg sparsomme data på ising- og klimaforhold i Barentshavet i forhold til øvrig norsk sokkel. Klimaforskjellene er for øvrig store fra de sør- og vestlige områdene til det nord- og østlige Barentshavet.



Figur 1 Bildet viser oljefeltene på norsk sokkel fra Halten og til nordområdene (utsnitt av kart IX. Havområdene rundt Norge, Statens kartverk og Oljedirektoratet).

Nordområdene byr i tillegg på lavere luft og sjøtemperaturer, mer ising, hyppigere polare lavtrykk, mørketid og lange avstander.

En rekke klimafaktorer skaper betydelige utfordringer for arbeid i petroleumsindustrien i nordområdene, slik som lavere temperaturer, vindforhold, ising, polare lavtrykk, usikre værvarsel og mørketid. Generelt lavere luft- og havtemperaturer kan, når de oppstår i kombinasjon med andre krevende klimaforhold, gi vesentlige utfordringer for arbeid på innretninger i området.

Vind

En sammenligning av vindforhold i Barentshavet og Nordsjøen viser ingen store forskjeller i vindstyrke. Andelen av vindstyrke over 6 på Beaufort skala (stiv kuling) er høyest for Halten fyr. De høyeste vindhastighetene er derimot målt ved Bjørnøya, og avtar mot øst og nord. Metrologiske forhold i Barentshavet domineres av stormer som oppstår i Nord Atlanteren. Vanligvis er vindretning

vinterstid fra sørvest, med unntak nært kysten hvor vindretningen vanligvis er fra nordøst.

Polare lavtrykk

Polare lavtrykk er små og intensive lavtrykk som dannes i kald arktisk luft over nordlige havområder i vinterhalvåret. Norskehavet og Barentshavet er spesielt gunstige dannelsesområder. Polare lavtrykk er mest utbredt mellom Bjørnøya og Nord-Norge, men er vanlig helt ned til Trøndelag. Polare lavtrykk kjennetegnes ved raskt skifte av vindretning, maks. vindhastighet 70 knop, kraftig snøfall og ising. De flytter seg raskt og varer fra 6 timer til 1-2 dager. Polare lavtrykk er metrologisk vanskelig å forutsi.

Temperatur

Mest ekstreme temperaturer nord og øst

Både sjø- og lufttemperaturer tenderer til å falle fra syd mot nord, og fra vest mot øst. Lokale temperaturvariasjoner er ikke uvanlig. Eksempelvis gir tilstrømming av kaldt sjøvann fra polområdet til østsiden av Bjørnøya, markert kaldere sjøtemperaturer nær østlige deler av øya sammenlignet med sjøtemperaturene på vestsiden. De laveste sjø- og lufttemperaturene forekommer vanligvis i perioden senvinter/tidlig vår. Lufttemperaturer på -10 °C eller lavere og sjøtemperaturer på 0 °C eller lavere kan forekomme under alle deler av året, med unntak av sommermånedene (juni - august) i de fleste deler av vestlig Barentshavet. Perioder med spesielt lave temperaturer forekommer hyppigst i de nordlige områdene.

Temperaturforholdene i østlige deler av Barentshavet (Pechora) er vesentlig mer ekstreme. Det er omtrent 230 dager i året med lufttemperaturer under 0 °C .

Under de siste 20-40 år har man hatt en markert temperaturstigning i Arktis. Trenden har vist en temperaturøkning på $0,04\text{ °C/år}$, sammenlignet med $0,025\text{ °C/år}$ for lavere breddegrader. Temperaturøkning vil kunne påvirke øvrige klimafaktorer og utfordringene vil derfor kunne endre seg.

Ising

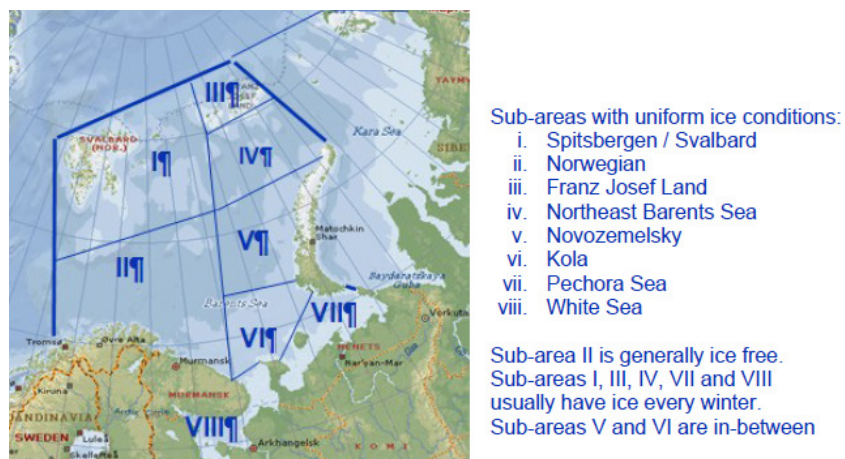
Ising forårsakes av sjøsprøyt, underkjølt regn, nedbør og tåke i kombinasjon med kulde. Sjøsprøyt er den hyppigste årsaken til ising og den som gir de største ismengdene på skip. En kombinasjon av sjøsprøyt og atmosfærisk ising kan gi ekstreme islaster.

Isdannelse på grunn av sjøsprøyt er et fenomen som kan forekomme ved lave temperaturer i kombinasjon med sterk vind fra sør og sørøst som fører med seg kalde luftmasser fra øst. Datagrunnlaget for ising er sparsommelig. I følge Meteorologisk Institutt vil ising fra sjøsprøyt kunne forekomme når lufttemperaturene er under -2 °C og vindhastigheten er større enn 11 m/s . Observasjoner av lufttemperatur ved norske kyststasjoner tilsier at ising hovedsakelig vil være et problem som knytter seg til Barentshavet. I den delen av Barentshavet som er åpnet for petroleumsaktivitet er denne type ising et fenomen som i hovedsak opptrer i kystnære områder, ved lav temperatur og sterk vind fra sør og sørøst. Nord i Barentshavet kan nedisingsproblemet bli

ekstremt. På det verste kan sjøsprøyt og tåkedis bygge opptil fire centimeter med is per time på overflaten av en innretning.

Isforhold

Nordområdene er normalt isfrie (område II, figur 2).



Figur 2 Bildet viser klimasoner definert av *The Arctic and Antarctic Research Institute of St. Petersburg*, som er brukt i rapporten "Barents 2020 - Harmonisation of HSE Standards for the Barents Sea".

REFERANSER

FUGRO (2005). Regional Reference: Barents Sea. [Http://www.oceanor.com](http://www.oceanor.com).

FUGRO OCEANOR (2009). Metocean Data Collection in the Barents Sea. C55224/R0/27-Aug-2009, StatoilHydro.

Kvitrud A. (1991). Environmental Conditions in the Southern Barents Sea. <http://home.c2i.net/kvitrud/Arne/Enviomental-conditions-Barents-Sea.htm>.

OCEANOR for Oljedirektoratet (1998). Innsamling av naturdata i Norskehavet og Barentshavet Sammen drag 1976-1997.

Metereologisk Institutt. <http://www.met.no>

Nygaard E. (2008). Oil and gas activity in the Arctic – challenges in a changing climate. ECT 17 April 2008.

Statistisk årbok (2009). Kart: Havområdene rundt Norge. Statens kartverk og Oljedirektoratet. <http://www.ssb.no/aarbok/kart/ix.html>.

Petro.no. [Http://www.petro.no](http://www.petro.no)

Meteorologileksikon - Polare lavtrykk. http://metlex.met.no/wiki/Polare_lavtrykk.

Generelt om kroppstemperatur og termoregulering

Kroppstemperaturen påvirkes av aktivitet, beklledning, tekniske beskyttelsestiltak/systemer – og klima

Regulering av kroppstemperatur

Effektiv og optimal funksjon for menneskekroppen betinger at kroppstemperaturen holdes innen et smalt temperaturområde, som for de sentrale deler av kroppen er $37\text{ °C} \pm 1\text{-}2\text{ °C}$. Faktorer som påvirker kroppens temperaturregulering er foruten klima; aktivitet, beklledning og tekniske klimabeskyttende tiltak/systemer. De kritiske klimatiske faktorene er lufttemperatur, stråletemperatur, vind og fuktighet.

I kalde omgivelser setter kroppen i gang en rekke fysiologiske reaksjoner for å opprettholde en konstant kroppstemperatur. Både fysiologisk regulering og adferdsregulering er med på å opprettholde en stabil kroppstemperatur. Transport av varme mellom de sentrale og perifere deler av kroppen foregår via blodet.

En tidlig fysiologisk respons for å redusere varmetapet ved kuldeeksponering, er å redusere blodstrømmen til de ytre deler av kroppen. Blodstrømmen i de ytre hudlagene, som kan være på 3-4 liter blod per minutt, kan bli redusert med 99 % til 0,02 liter blod når de ytre blodkarene trekker seg sammen. Blodtilførsel til hodet blir derimot ikke redusert ved eksponering til kulde. Uten tilstrekkelig beklledning, vil en person i hvile kunne tape mer enn 50 % av all varme fra et ubeskyttet hode.

Blodstrømmen til ytre hudlag kan reduseres med opptil 99 %

Kjernetemperatur under 36 °C kan føre til ukontrollert skjelving

Dersom kjernetemperaturen faller under 36 °C , kan muskelspenningen øke og føre til spontane muskelsammentrekninger. Slik ikke-viljestyrt muskelskjelving, genererer varme og bidrar til å redusere avkjølingshastigheten. Dette er energikrevende aktivitet, som tar fokus og kapasitet vekk fra en jobb som skal skjøttes.

Skjelving er ubehagelig og stimulerer til handlinger for å forbedre situasjonen. Kunnskap, erfaring og forventinger hos mennesket påvirker beslutningen om tiltak. Handlinger kan f.eks. være justering av påklledning, endret aktivitetsnivå og eksponeringstid eller søke mindre eksponerte områder. Rutiner og reguleringer av aktiviteten vil også være en naturlig del av en arbeidsforholds beskrivelse under slike utfordrende arbeidsforhold.

Varmetap

Varmetap bestemmes av forskjellen i temperatur mellom kropp og omgivelser samt fuktighet inn mot kroppen. Ved kuldeeksponering vil det kunne bli en ubalanse mellom varmeproduksjon og varmetap. Vanligste resultat av en slik ubalanse er vevsavkjøling.

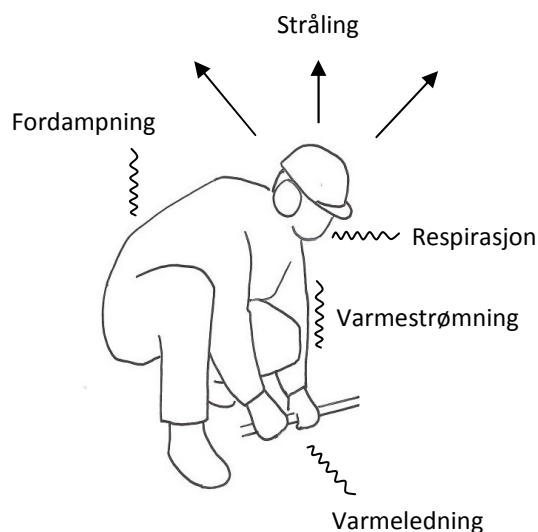
Kroppen kan avgi varme på fire forskjellige måter (figur 3):

- *Konveksjon/varmestømning* er transport av varme fra bevegelse av luftlaget nærmest huden. Den største delen av varmetapet fra menneskekroppen skjer via konveksjon, som bestemmes av kroppens overflatetemperatur, lufttemperaturen og lufthastigheten (vind). Vind

øker bevegelsen av luften rundt kroppen og varmetapet øker derfor når vindstyrken øker. Dette kalles vindavkjølingseffekten (wind chill factor). Ca. 50-80 % av all varme kan bli avgitt på denne måten.

- *Radiasjon/stråling.* Alle gjenstander avgir varme i form av infrarøde stråler til kaldere overflater i omgivelsene. Jo større temperaturforskjellen er, jo større blir varmetapet. Godt isolerende bekledning vil kunne begrense varmetapet via stråling til inntil 20 % av det totale varmetapet. Dette på grunn av liten temperaturforskjell mellom overflaten av klærne og omgivelsene.
- *Konduksjon/varmeledning.* Varme ledes fra kroppen til omgivelsene som er i direkte kontakt med kroppens overflate. Luft leder varme dårlig, mens faste objekter leder bedre. Kroppen taper varme 20-30 ganger raskere i vann enn i luft. Der kroppen er i direkte kontakt med fuktige omgivelser, vil varmeledningen naturlig nok være større.
- *Evaporasjon/fordampning.* Når vann fordampes (fra for eksempel respirasjon eller svetting) går det over fra væske til gass. Dette krever energi i form av varme. Ca. 10-15 % av kroppens totale varmetap skjer via respirasjon (lungeventilasjon).

Varmetap fra kroppen er 20-30 ganger raskere i vann enn i luft



Figur 3 Figuren visualiserer forskjellige typer varmetap fra menneskekroppen (illustrert av Thelma AS).

REFERANSER

Åstrand P.O., Rodahl K., Dahl H.A og S.B Strømme (2003). Textbook of work physiology – Physiological Bases of Exercise, fourth edition. Human kinetics.

Vander A., Sherman J. og D Luciano (1998). Human physiology – The Mechanisms of Body Function, seventh edition. McGraw-Hill Companies.

Effekter av kulde på helse

Sykdom eller skader kan oppstå som direkte følge av kuldeeksponering. Kulde kan gi nye eller forverre eksisterende symptomer hos personer som allerede er syke, men kan også gi plager og symptomer hos friske individer.

Kulderelaterte skader

Kuldeskader omfatter frostskafer, hypotermi (kroppstemperatur under 35 °C) og andre skader som er koblet til avkjøling av menneskekroppen. Vind vil også kunne bidra til å øke skadefrekvensen sterkt.

Frostskafer

Frostskafer forekommer vanligvis i de mest perifere deler av kroppen (hoderegionen, hender og føtter). Lettere frostskafer er vanligst å finne i hoderegionen. De mest alvorlige frostskafer er oftest på hender og føtter og krever i mange tilfeller medisinsk behandling eller sykehusinnlegging. Frostskafer kan føre til at det skadede området for alltid kan være ekstra følsomt for varme og kulde.

Forekomst av frostskafer viser en sterk økning under forhold med omgivelsestemperaturer lavere enn -10 °C. Våte klær eller kontakt med kalde materialer med bare hender øker risikoen for frostskafer også ved noe høyere temperaturer.

- En frostskafe utvikler seg over flere stadier. Frostbitt kjennetegnes av at hudoverflaten mister sin blodforsyning og blir hvit. Frostbitt gir ingen varig skade fordi bare overlaget av huden er rammet.
- Ved fortsatt kuldeeksponering, vil huden bli frossen og hard. Denne typen skade gir blemmer en dag eller to etter forfrysningen. De fleste andregrads frostskafer tilheler i løpet av 3-4 uker.
- Ved dyp frostskafe vil muskler, sener, blodårer og nerver i det skadede området være skadet. Området vil være blåfiolett med blemmer, som vanligvis er fylt med blod. En frostskaftet hånd eller fot vil forbigående eller i verste fall permanent kunne føre til arbeidsuførhet. I ekstreme tilfeller kan forfrysning føre til behov for amputasjon.
- Flere individuelle faktorer kan gjøre en person disponert for frostskafer. Dette kan være kuldesensitivitet, komplikasjoner i forbindelse med diabetes, psykiske forstyrrelser, tidligere frostskafer, høy alder, tobakksrøyking, utmatthet og dårlig ernæring.

Hypotermi

Hypotermi defineres som nedkjøling av kroppens kjernetemperatur under 35 °C. Hypotermi innledes av tretthet og mental forvirring, etterfulgt av ukontrollerte skjelvninger, manglende koordinasjon og dårlig dømmekraft. Ettersom kroppstemperaturen faller, vil skjelvingen øke gradvis og etter hvert vil sterk utmattelse kunne føre til død. En person som lider av hypotermi må umiddelbart varmes opp av eksterne varmekilder. Personen må fjernes fra

kuldeeksponeringen og ikles varme, tørre klær. Profesjonell medisinsk hjelp er alltid nødvendig dersom en person lider av hypotermi.

Kulderelaterte sykdommer

Kulde kan forårsake sykdom enten direkte eller indirekte ved at forløp eller symptombilde påvirkes av eksponering til kulde. Hvor fort ulike deler av kroppen avkjøles kan påvirkes av flere individuelle faktorer, slik som hjerte- og karsykdommer, forstyrrelser i perifer sirkulasjon, lunge-/luftveissykdommer, muskel- og skjelettsykdommer, hudsykdommer og allergier (hypersensitivitet). Forebygging og behandling av disse sykdommene vil være en kombinasjon av organisatoriske tilpasninger og sykdomsspesifikke behandlinger utført av kvalifisert helsepersonell.

Hjerte- og karsykdommer

Omtrent 5-20 % av alle dødsfall forårsaket av hjerte- og karsykdommer har direkte relasjon til kuldeeksponering. Årsaker til dette kan være:

- 1) Direkte påvirkning på hjerte og kretsløp
- 2) Økt hyppighet av infeksjoner i respirasjonssystemet
- 3) Indirekte effekter av fysisk belastende vinteraktiviteter

Effekten av kulde på hjerte- og karsykdommer er som regel forbigående og kan vare noen dager eller uker. Kunnskapen om effekten av vedvarende kuldeeksponering er mangelfull.

Hjerteinfarkt/angina. Brystsmerter under kuldeeksponering kan skyldes forstyrrelser i blodforsyningen til hjertet. Symptomer kan dessuten forsterkes ved en kuldeindusert reduksjon av lungefunksjonen. Forekomsten av denne typen problem er aldersrelatert, med økende forekomst ved økende alder. Langsomme årstidsrelaterte temperatursvingninger synes å ha mindre effekt på dødeligheten enn ekstreme kuldefall for kortere perioder. Dette kan ha sammenheng med at hjerte-kar responsene blir svakere ved gjentatte eksponeringer. Forstyrrelser i hjerterytmen er likeledes kulderelatert, og også relatert til alder og til brystsmerter.

Perifer sirkulasjonssykdom og Raynauds syndrom

Perifer sirkulasjonssykdom. Flere sykdommer i sirkulasjonssystemet vil kunne påvirke menneskets responser på kuldestress. En konsekvens av kuldeeksponering kan være hemming av blodårenes reguleringsmekanisme. Termisk komfort og fysisk ytelse vil dermed reduseres og risikoen for kuldeskader vil øke. Frostskader i fingre eller tær kan også gi forstyrrelser i lokal blodsirkulasjon som en senere konsekvens.

Raynauds syndrom (RS) beskrives ofte som "hvite fingre". Sterk sammentrekking av perifere blodårer som respons på kuldeeksponering fører til betydelig reduksjon i blodtilførsel til fingre og tær. RS er relatert til kjønn og alder hvor kvinner og eldre er mer utsatt. Personer med Raynauds syndrom har økt risiko for å få frostskaade. Fenomenet kan forekomme i så høye temperaturer som +15 °C, men er vanligst forekommende ved lavere temperaturer. Kuldeeksponering for en person med RS vil kunne resultere i forbigående konstriksjoner i blodkarene for hjerte, lunger, nyrer og hjerne. Symptomer på dette er blant annet migrene, hodepine, brystsmerter og mulige synsforstyrrelser.

RS bidrar til reduksjon i fysisk fingerferdighet under og etter kuldeeksponering. Smerter eller svakhet og funksjonelle forstyrrelser i fingrene som følge av RS, kan gi opptil 100 % reduksjon i reell arbeidsevne.

Hjerneslag

En økning i forekomsten av hjerneslag er observert ved kalde omgivelsestemperaturer.

Kuldeallergi

Kuldeallergi er vanligste patologiske hudreaksjon på kuldeeksponering og karakteriseres ved rødflammet hud, svelling, kløe og hudpapiller. Andre symptomer er svimmelhet, hodepine, kvalme, oppkast, hurtig puls, kortpustethet, nedsatt bevissthet og kollaps. Kuldeallergi forekommer oftest når huden gjenoppvarmes etter nedkjøling. Symptomene forsvinner etter 20-30 minutter. Så mange som 15 % av en normalpopulasjon vil på et eller annet stadium av sitt liv få slike symptomer etter kuldeeksponering.

Kuldeallergi er ikke nødvendigvis et permanent problem, men vil kunne vare fra noen få måneder til flere år under kuldeeksponering. I alvorlige tilfeller kan livstruende sjokk kunne utløses av kuldeeksponering for en pasient med kuldeallergi.

Muskel-skjelett sykdommer

Muskel- og skjelettplager er den største enkeltårsak til sykefravær i arbeidslivet. I Norge, skyldes ca. 12 % av sykemeldingene arbeidsrelaterte muskel- og skjelettplager. Arbeid i kulde er en risikofaktor for utvikling av muskel- og skjelettplager. Smerter i korsrygg, knær og skuldre forekommer oftere for arbeidere med hyppig kuldeeksponering (-15° til -25 °C). Symptomene er vist å ha relasjon til hvor lenge arbeideren har vært eksponert for den ekstreme kuldeeksponeringen. Lav omgivelsestemperatur påvirker den subjektive vurderingen av korsryggsmerter for personer som er følsomme for slike forhold. Symptomene ved muskel- og skjelettplager kan være lokale og/eller en generell følelse av smerte og utmattethet i muskler og ledd. Det eksisterer bare begrenset vitenskapelig kunnskap om forholdet mellom muskel- og skjelettplager og kulde.

Respirasjonssykdommer

Kuldeeksponering vil kunne utløse sykdom eller mildere symptomer i øvre eller nedre deler av luftveissystemet. De kulderelaterte symptomene i luftveiene vil kunne være pipende pusting, hoste, kortpustethet og vanskeligheter med å puste. Av friske mennesker uten noen tidligere historie med kroniske luftveissykdommer, har 4-5 % denne typen plager når de kuldeeksponeres. Dersom fysisk arbeidsbelastning kommer i tillegg til den klimatiske eksponeringen, vil andelen kunne være så høy som 20 %. Astmaliknende reaksjoner kan forårsake arbeidsbegrensninger i kaldt miljø.

- Astmaliknende symptomer er relativt vanlige i normalbefolkningen. De fleste som har astma rapporterer typiske symptomer i kalde omgivelser, spesielt i forbindelse med fysisk aktivitet.
- Avkjøling av ansikt og nakke kan også framkalle reflektorisk obstruksjon i bronkiene. I ekstreme tilfeller kan reflekskonstriksjon av strupehodet forhindre innånding av kald luft, noe som vil være livstruende og kreve intensiv medisinsk behandling.

REFERANSER

Arbeidstilsynet. Faktaark – Om arbeidsrelaterte muskel og skjelettplager.

Budd G.M., Brotherhood J.R., Hendrie A.L. og S.E. Jeffery (1991). Effects of fitness, fatness, and age on men's responses to whole body cooling in air. *The American Physiological Society*. 2387-2393.

Cherniack M, Clive J, A Seidner (2000). Vibration exposure, smoking, and vascular dysfunction. *Occup Environ Med*. 57(5):341-7.

Ervasti O., Juopperi K., Kettunen P., Rintamäki H., Latvala J., Pihlajaniemi R., Linna T. og H. Hassi (2004). The Occurrence of Frostbite and its Risk Factors in Young Men. *International J of Circumpolar Health*. 63:1.

Førstehjelp og redningsopplæring i Troms. <http://www.forstehjelpscompetanse.no>

Hassi J., Rytkönen M., Kotaniemi J. og H Rintamäki (2005). Impacts of cold climate on human heat balance, performance and health in circumpolar areas. *International Journal of Circumpolar Health*. 64:5.

Heindl S., Struck J., Wellhöner P., Sayk F. og C. Dodt (2004). Effect of facial cooling and cold air inhalation on sympathetic nerve activity in men. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 142: 69-80.

Hess K.L., Wilson T.E., Sauder C.L., Gao Z., Chester A.R. og K.D. Monahan (2009). Aging effects the cardiovascular responses to cold stress in humans. *J Appl Physiology*. 107:1076-1082.

Holmér I. (1993). Review of methods for assessment of cold exposure. *Int Arch Occup Environ Health*. 65: 147-155.

Koskela H., Pihlajamäki J., Pekkarinen H. og H. Tukiainen (1998). Effect of cold air on exercise capacity in COPD. *Chest*. 113: 1560-1565.

Kudaiberdieva G., Timuralp B., Ata N., Unalir A., Gorenok B., Cavusoglu Y. Goktekir Ö og A. Birdane (2003). Cold exposure and Left Ventricular Diastolic Performance In Coronary Artery Disease. *Angiology*. Vol 54, No 2., 187-193.

Mercer J.B., Østerud B. og T. Tveita (1999). The effect of short-term cold exposure in risk factors for cardiovascular disease. *Thrombosis Research*. 95: 93-104.

Rissanen S., Hassi J., Juopperi K. og H. Rintamäki (2000). Effects of whole body cooling on sensory perception and manual performance in subjects with Raynaud's phenomenon. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*. 128: 749-757.

Shet T., Nair C., Muller J., og S. Yusuf (1999). Increased winter mortality from acute myocardial infarction and stroke: the effect og age. *Journal of the American College og Cardiology*. Vol 33, no. 7,1916-1919.

Stocks J.M., Taylor N.A.S., Tipton M.J. og J.E. Greenleaf (2004). Human physiological responses to cold exposure. *Aviat Space Environ Med*. 75: 444- 457.

The Eurowinter Group (1997). Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *The Lancet*. Vol 349, 1341-1346.

Vander A., Sherman J. og D Luciano (1998). *Human physiology – The Mechanisms of Body Function*, seventh edition. McGraw-Hill Companies.

Effekter av kulde på ytelse

Menneskets ytelse har direkte relasjon til sikkerhet og arbeidseffektivitet. Eksponering til ekstreme situasjoner har innvirkning på kognitiv, emosjonell og/eller fysisk stress på individet. Nedsatt ytelse hos personell vil i tillegg til nedsatt arbeidseffektivitet, kunne føre til økt risiko for ulykker.

Fysisk ytelse

Avkjøling påvirker alle enkeltelementer i den muskulære ytelsen, som utholdenhet, styrke, kraft, hastighet og koordinering. Raske bevegelser og aktivitetsutøvelser som utnytter musklernes elastiske egenskaper er spesielt utsatt ved avkjøling.

Motorisk ferdighet bestemmes av bevegelseevnen og muligheten til å manøvrere objekter for arm, hånd og fingre og de viktigste faktorene er reaksjonstid, følsomhet, nerveledningshastighet, grepstyrke, utholdenhet og mobilitet. Mange studier viser at det er en klar sammenheng mellom hudtemperatur og motoriske ferdigheter (se tabell 1).

Tabell 1 Effekt av kulde på motoriske ferdigheter.

Hudtemperatur (°C)	Effekt på motorisk ferdighet
32-36	Optimal temperatur
27-32	Svekket følsomhet, presisjon og muskelkraft i fingre
20-27	Reduksjon i nøyaktighet og utholdenhet
15-20	Redusert motorisk ferdighet
10-15	Smerte, redusert muskelstyrke og koordinasjon i hånd
< 10	Tap av følelse

Vindavkjølingsindeksen (Wind Chill Index, tabell 2) brukes for estimering av risiko for kulderelaterte skader. I 2001 ble en ny vindavkjølingsindeks innført. Formelen er basert på testing av varmetap fra eksponert hud på mennesker.

Tabell 2 Tabellen viser effektiv temperatur som følge av kombinasjoner av forskjellig vind og omgivelsestemperatur. (ISO 15743; Ergonomics of the thermal environment-Cold workplaces-Risk assessment and management).

Vind (km/t) \ T _{luft} (°C)		T _{luft} (°C)											
		5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Flau vind	5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
	10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
Svak vind	15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
	20	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
Leter bris	25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
	30	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
Frisk bris	35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
	40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
Liten kuling	45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
	50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76
Stiv kuling	55	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
	60	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
Sterk kuling	65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
	70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80
Liten storm	75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
	80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

Forklaring på fargeskala:

Ukomfortabelt kaldt
Veldig kaldt, risiko for at hud forfryser
Bitende kaldt, fare for at eksponert hud fryser etter 10 min
Ekstremt kaldt, fare for at eksponert hud fryser etter 2 min

Fingerferdighet

I nyere tid er sammenhengen mellom vindavkjølingsindeksen og reduksjon i fingerferdighet undersøkt, for praktisk å kunne anvende sammenhengen i forskjellige arbeidssituasjoner (tabell 3). Resultatene i undersøkelsen baserer seg på eksponering i kulde med votter og tabellen som ble satt opp viser kombinasjoner av kritiske verdier i vindavkjølingsindeksen og eksponeringstid som tilsvarer en fingertemperatur på 14 °C. Disse kombinasjonene gir en indikasjon på hvor lenge en kan utføre manuelt arbeid ved de forskjellige vindavkjølingsindeksene før fingertemperaturen reduseres slik at det oppstår fare for smerte, redusert muskelstyrke og koordinasjon i hånd (her ved 14 °C). En slik form for praktisk framstilling kan være et nyttig verktøy i en kartlegging av risiko for skade og/eller risiko for redusert arbeidsevne under arbeid ved ekstrem kuldeeksponering.

Tabell 3 Kombinasjoner av kritiske verdier i vindavkjølingsindeksen og eksponeringstid som tilsvarer en fingertemperatur på 14 °C (Hein A.M. Daanen 2009).

Temperatur i vindavkjølingsindeks (°C)	Eksponeringstid med votter (min)
-10	<60
-20	37
-30	16
-40	9
-50	5

Lengre eksponeringstid og/eller lavere temperatur i vindavkjølingsindeks enn i tabellen er forventet å føre til betydelig **reduksjon i fingerførlighet**.

Redusert fingerferdighet er et stort problem for manuelt arbeid, og ofte refereres det til en terskel på hudtemperatur for fingerferdighet på ca. 15 °C.

Avkjøling som resultat av arbeid i kaldt klima, reduserer fysisk ytelse med 2-10 % per grad (°C) reduksjon i muskeltemperatur. Kuldeeksponering kan i tillegg til redusert fingerferdighet innvirke på fysisk ytelse på flere måter:

- Kraftig skjelving kan nedsette ytelsen for gjennomføring av finere manuelle oppgaver. Kuldeindusert skjelving vil kunne viljestyres i kortere perioder mens man utfører oppgaver som krever god konsentrasjon.
- Kraftig kuldeeksponering vil hemme fysisk ytelse også gjennom sammentrekninger av øvre deler av luftveiene. Det er store individuelle forskjeller, men problemer vil i mange tilfeller oppstå under hardt arbeide i omgivelsestemperaturer under -15 °C.
- Raske bevegelser og aktivitetsutøvelser som utnytter muskelens elastiske egenskaper er spesielt utsatt for avkjøling.

Kognitiv ytelse

God tilrettelegging, forberedelse og personlig motivasjon er viktige faktorer for arbeidsinnsats

Kognisjon omfatter det å motta og bearbeide informasjon, hukommelse, bedømming, resonnering og problemløsning. Mange studier viser at kognitiv ytelse begrenses når individer blir eksponert for ekstreme omgivelser – deriblant kulde. Det er derimot mange faktorer som innvirker på graden av påvirkning, som for eksempel lengde og varighet på eksponeringen, mental forberedelse, akklimatisering og personlig motivasjon. God tilrettelegging og motivasjon kan derfor redusere negative effekter på kognisjon. Over tid vil det å tøye grensene for ytelse kunne øke faren for negative effekter i form av utmattelse og behov for lengre restitusjonstid.

Kuldeeksponering vil ikke utelukkende forringe kognitiv ytelse.

Studier hittil støtter ingen konklusjon om en ensartet forringelse av kognitiv ytelse i ekstremt kalde omgivelser. Nyere systematisk oversikt over forskningsresultater på området viser at lett kuldeeksponering øker kognitiv ytelse mens ekstrem kuldeeksponering over tid, avhengig av innvirkende faktorer i tillegg, gir kraftig reduksjon i kognitiv ytelse.

Redusert kognitiv ytelse vil kunne gi lengre reaksjonstider og resultere i en økning i antallet feilhandlinger. Kuldeeksponering som kan føre til redusert kognitiv ytelse vil derfor ikke bare innvirke på arbeidseffektiviteten men også føre til større risiko for ulykker.

I tillegg til de umiddelbare effektene av kuldeeksponering på kognitiv ytelse, vil det å oppholde seg i mørke og kalde omgivelser også kunne påvirke den mentale tilstanden i negativ retning, som for eksempel søvnmønster og sinnsstemning. Dette kan igjen redusere kognitiv og fysisk ytelse ytterligere.

REFERANSER

Daanen Hein A.M. (2009). Manual performance Deterioration in the Cold Estimated Using the Wind Chill Equivalent Temperature.

Hancock P.A., Ross J.M. og J.L. Szalma (2007). A Meta-Analysis of Performance Response Under Thermal Stressors. *Human Factors*. Vol. 49, No. 5, 851-877.

ISO 15743; Ergonomics of the thermal environment-Cold workplaces-Risk assessment and management.

Mäkinen T.M., Palinkas L.A., Reeves D.L., Pääkkönen T., Rintamäki H., Lëppäluoto J. og J. Hassi (2005). Effect of repeated exposures to cold on cognitive performance in humans. *Physiology & Behavior*. 87 (2006), 166-176.

O'Brien C, Tharion W.J, Sils I.V og J.W. Castellani (2007). Cognitive, psychomotor and physical performance in cold air after cooling by exercise in cold water. *Aviat Space Environ Med*. 78(6):568-73.

Palinkas LA (2001). Mental and cognitive performance in the cold. *Int J Circumpolar Health*. 60(3):430-9.

Paulus M.P. et al. (2009). Review - A neuroscience approach to optimizing brain resources for human performance in extreme environments. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 33: 1080-1088.

Pilcher J.J., Nadler E. og C. Busch (2002). Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics*. Vol. 45, No.10, 682-698.

Tikuisis P. og R.J. Osczevski (2003). Facial cooling during cold air exposure. *American Meteorological Society*. DOI:10.1175/BAMS-84-7-927.

Kulderelaterte utfordringer på arbeidsplassen

Noen arbeidslokaliteter får aldri fullgod klimaskjerming

Petroleumsaktiviteten i norske farvann inkluderer arbeid der personell i perioder blir eksponert for kulde. Økt virksomhet i arktiske strøk vil gi mer ekstreme, kulderelaterte utfordringer. Selv om ny design av innretning vil gjøre det mulig å gjennomføre de fleste oppgaver i skjermet område, vil det alltid være behov for at ansatte utfører arbeidsoppgaver hvor effektiv klimaskjerming er begrenset. Dette vil stille store krav til personell, bekledning, teknisk og personlig verneutstyr og rutiner.

Kuldeeksponering av personell

Temperatur, vind og nedbør kan endres betydelig i løpet av en arbeidsdag på 8-10 timer. I tillegg kan også den fysiske aktiviteten som utføres endre karakter og intensitet. Perioder med svetting og påfølgende avkjøling representerer en stor utfordring ved arbeid i kaldt klima. Endring i eksponeringsklima og fysisk aktivitet krever kontinuerlig termoregulatorisk justering.

Kontakt med kalde overflater er vanlig i arbeidssituasjoner hvor arbeidet krever manuell håndtering. Fingre og hender er oftest eksponert for kontaktavkjøling, eksempelvis ved bruk av verktøy og håndtering av konstruksjoner i metall. I visse situasjoner kan dette også være tilfelle for andre deler av kroppen slik som sete/bakside av lår (når man sitter) og knær.

Kontakt med kalde væsker som følge av regn, sjøsprøyt og olje, har en betydelig innvirkning på effekten av nedkjøling. For offshorevirksomhet er ulykker med resulterende immersjon i kaldt vann en spesiell risikofaktor, og er svært alvorlig (se kapittel om immersjonsulykker).

Klimabeskyttende bekledning

Bekledning som løser ett eksponeringsproblem kan skape andre funksjonelle problemer i bruk

Dagens tilgjengelige utvalg av bekledning vil kunne gi tilstrekkelig termisk beskyttelse selv i ekstremt kaldt klima. Det er likevel en utfordring å finne bekledning som i tillegg til å gi nødvendig termisk beskyttelse, også tilfredsstiller krav til funksjonalitet for å kunne utføre arbeidsoppgavene. En voluminøs håndbekledning som holder hendene tilstrekkelig varme vil for eksempel kunne vanskeliggjøre manuelle operasjoner.

I kaldt klima er det viktig ikke bare å finne tilstrekkelig termisk isolerende klær, men også å tilpasse bekledning og aktivitet for å unngå svetting. Arbeidsintensiteten kan variere når arbeidsperioden løper over en viss tid. Dette krever justering av bekledningen for å forhindre overoppheting under hardt arbeid og avkjøling ved lettere arbeid. Under arbeid med høy intensitet vil man, selv i kaldt klima, kunne begynne å svette. Svettedamp som fanges opp i klærne reduserer isoleringsegenskapene. Ved etterfølgende periode med lav arbeidsintensitet reduseres varmeproduksjonen, noe som kan gi negativ varmebalanse.

Sterk kulde, eller kulde i kombinasjon med fuktighet, kan føre til endrede egenskaper i tekstile materialer. For personlig verneutstyr, som for eksempel

overlevelsedrakter, vil endring av materialenes egenskaper kunne gi svært alvorlige konsekvenser.

Ising

Selv med vinterisering (vintertilpasning) av innretningene, vil noen områder likevel være utsatte og kunne påføres islag. Isen må fjernes for å opprettholde operasjonell funksjon og sikkerhet. Dette kan gjelde eksempelvis dekk, stiger, håndtak, livbåtstasjoner, trapper, nødutstyr med mer. Ising gir økt risiko for fallulykker. Fallende isklumper må også tas i betraktning.

Tilleggsfaktorer

Store avstander og uvante/ekstreme lys- og klimaforhold, stiller skjerpede krav til aktsomhet

- Nordlige havområder omkranses av landområder med begrenset infrastruktur. I tillegg vil avstanden til land ha betydning for tilgjengeligheten til og fra innretningene i nordområdene. Dette vil stille større krav til ulykkesberedskap om bord.
- I tillegg til de klimatiske forholdene vinterstid, er mørke en typisk og viktig faktor for dette geografiske området. Dårlig belysning vil i betydelig grad forsterke risikoen for personelluhell og skader. Vintermørket gir også ekstra utfordringer spesielt i forhold til transport til og fra, samt evakuering.
- Områdene i nord har fravær av dagslys i noen av vintermånedene og midnattssol forekommer i noen av sommermånedene. Mørketid og midnattssol vil kunne påvirke søvnmønster og sinnsstemning.
- Kravet til næring er større når man arbeider i ekstremt kalde omgivelser, både antall kalorier og nærings sammensetning. Så mye som 5000 Kcal per dag kan være nødvendig ved en omgivelsestemperatur på -20 °C. Svetting under hardt arbeid kan føre til dehydrering også i kaldt klima. Dehydrering øker risikoen for kulderelaterte skader, og kan dessuten føre til redusert arbeidskapasitet og effektivitet. Det bør derfor være lett tilgang på næring og væske i nærheten av arbeidsområdene. Større krav til næringsinntak vil kunne føre til behov for et kosthold som er mer næringsmessig riktig sammensatt og/eller større lagringskapasitet om bord på innretningene.

REFERANSER

Abeysekera J., Hassi J., Holmér I., Huurre M., Kuklane K., Mäkinen T., Påsche A., Raatikka V.P., Rintamäki H., Risikko T., Toivonen L. and J. Westman (2002). Håndbok for arbeid i kulde. Thelma AS.

Berg T.E. og Ø Endresen. (2005). MARUT – Kaldklima. Marintek.

Dahle I.B. Risikoutsatte grupper i petroleumsvirksomheten – petroleumstilsynets observasjoner av trender og risikoprofiler. Petroleumstilsynet.

Ervasti O., Juopperi K., Kettunen P., Rintamäki H., Latvala J., Pihlajaniemi R., Linna T. og H. Hassi (2004). The Occurrence of Frostbite and its Risk Factors in Young Men. International J of Circumpolar Health 63:1.

NORSOK Standard S-002 N. Arbeidsmiljø. Standard Norge.

Nygaard E. (2008). Oil and gas activity in the Arctic – challenges in a changing climate. ECT 17 April 2008
Raude E. (2006). Experience from Drilling Operations in the Barents Sea. Kristiansandskonferansen 2006.

Working in Arctic region – Part II, Analysis of Climatic Conditions at the Snøhvit Field. Winterization Manual NOR-POL-009. Transocean (2004).

Håndtering av kulderelaterte utfordringer i nordområdene

Ekstrem kuldeeksponering er en generell **tilleggsbelastning** for alt personell som eksponeres

Hverken operatører eller entreprenører som har vært kontaktet informerer om store problemer med gjennomføring av arbeid på grunn av kuldeproblematikk for de ansatte per i dag. Temperaturforhold begrenser utendørs jobbing på områder med lite vindskjerming. Gode rutiner, vinterisering av innretning og tilstrekkelig med personell som kan bytte på arbeidsøkter utendørs om nødvendig, er viktige faktorer for gode arbeidsforhold i kalde omgivelser.

Borentreprenører som ble intervjuet melder at dekkspersonell som laster og loss er de som til daglig er mest eksponert for vær og kuldeproblematikk. Disse dekksonrådene kan vanskelig gis effektiv vindskjerming til enhver tid. Helikopterdekk og kjemikalietankanlegg er ekstremt eksponerte områder, ofte helt uten vindskjerming. Ved kraftig kuldeeksponering er det mindre aktivitet på disse dekksonrådene, og det sette begrensninger i oppholdstid ute.

I nordområdene vil fjerning av is som legger seg på eksponerte områder sannsynligvis bli en større arbeidsoppgave enn det oljeindustrien på norsk sokkel har erfaring med i dag. Fjerning av is gjøres i dag av flere arbeidsgrupper ombord på innretningene. Nedising vil skje spesielt på eksponerte konstruksjoner hvor klimaskjerming er ekstra vanskelig. Tilkomstteknikere informerer om at personell som jobber på disse områdene har klare grenser for akseptabel kuldeeksponering.

Med utsikter til arbeid i kaldere omgivelser og med sannsynlighet for større ismengder, vil krav til forebyggende tiltak for å holde kuldeeksponeringen på et akseptabelt nivå øke. Grundige forberedelser og nye måter å løse oppgavene på, bør ha stor fokus.

Arbeidsmiljøstandarder

Det finnes flere forskjellige internasjonale og nasjonale standarder og retningslinjer relatert til helse- og arbeidsmiljø ved arbeid i kaldt klima. Standarden ISO 15743:2008 "Ergonomics of the thermal environment - Cold workplace, risk assessment and management" tar sikte på å gi informasjon, retningslinjer og praktisk anvendbare redskaper for å kunne vurdere og ivareta helseeffekter og risiko forbundet med arbeid i kulde. Standarden er anvendbar både for arbeid på land og offshore. ISO 19906 "Petroleum and natural gas industries, Arctic offshore structures" er under utvikling og vil inkludere problemstillinger relatert til virksomhet i arktiske strøk. I følge "Report for Joint Industry Project 2009 - Barents 2020", er derimot NORSOK S-002 den beste tilgjengelige standard til bruk som et utgangspunkt for offshorevirksomhet i Barentshavet, da denne inkluderer en mer omfattende retningslinje på arbeidsmiljøproblemstillinger. Den er derimot svak på problemstillinger rundt arbeid i ekstreme miljø som i arktiske strøk. Barents 2020 anbefaler derfor en endring av NORSOK S-002 for å inkludere problemstillinger knyttet til arktiske strøk, samt at denne deretter kan brukes som et tillegg til ISO 19906 ved neste revisjonssyklus.

Plan for håndtering av kulde som risikofaktor

Forebyggende tiltak er av svært stor viktighet for å sikre mot de negative effektene for helse og sikkerhet som kaldt klima kan ha. Forebyggende tiltak mot kulde må derfor planlegges på lik linje med øvrige HMS aktiviteter.

Å være i forkant av risiko:

1. Kartlegge
2. Planlegge
3. Sette i verk

En plan for håndtering av kuldeproblematikk bør inneholde:

- Identifisering av kulderelaterte utfordringer i designfasen av innretning
- Kartlegging og vurdering av risiko/tilrettelegging av arbeidsoppgaver
- Teknisk forbyggende tiltak/vinterisering
- Beskyttende bekledning, personlig vernebekledning og -utstyr
- Informasjon og opplæring
- Medisinsk utvelgelse og oppfølging av personell
- Medisinsk beredskap

Identifisering av kulderelaterte utfordringer i designfasen av innretning

Identifisering av kulderelaterte utfordringer i designfasen vil gi grunnlag for tilleggskrav til utforming av innretning til bruk i nordområdene. Dette gjelder både ved design av nye - og modifikasjoner på eksisterende innretninger.

Kartlegging og vurdering av risiko/tilrettelegging av arbeidsoppgaver

Målsetningen med å kartlegge og vurdere risiko i forbindelse med utførelse av arbeidsoppgaver, er generelt å identifisere og evaluere mulige faremomenter som kan ha betydning for arbeiderens helse og sikkerhet. Som et resultat av vurderingen bør en foreslå nødvendige forebyggende tiltak for å sikre mot de negative effektene som arbeid i kaldt klima kan gi. Sikker jobbanalyse (SJA) kan være et nyttig verktøy i forhold til en konkret oppgave eller en aktivitet.

Følgende mulige problemstillinger bør søkes identifisert:

- Eksponering mot kald luft
- Eksponering mot fukt/væske
- Direktekontakt med kalde materialer
- Vurdering av beskyttelsestiltak på arbeidsstedet (skjerming, lokale varmekilder etc.)
- Utfordringer forbundet med arbeidsbekledningen
- Utfordringer med å beskytte utsatte kroppsdeler (hender, føtter og hodet)
- Utfordringer forbundet med å bruke personlig verneutstyr (vernehjelm) sammen med kuldebeskyttende bekledning
- Behovet for "Cold Permit"
- Behovet for vakt/opsyn under arbeidssituasjonen
- Andre utfordringer knyttet til kulde

Resultater fra kartleggingen gir gode føringer for endring av og etablering av nye arbeidsprosedyrer.

Slke risikoreduserende tiltak kan innebære:

- Redusert arbeidstid i kuldeeksponerte områder
- Redusert generell utendørs oppholdstid
- Bekledning tilpasset arbeidsoppgaver og verneutstyr
- Oppvarmingsmuligheter
- Muligheter for inntak av næring og væske

Teknisk forebyggende tiltak/vinterisering

Skjerming og oppvarming

De økte utfordringene som følge av ekstrem kuldeeksponering vil forverre arbeidsforhold på en rekke arbeidsområder i nordområdene. Det vil derfor stilles større krav til teknisk design og nye løsninger for å møte disse utfordringene. Vinterisering/tilpassing av både innretning, utstyr, arbeidsbekledning og overlevelsedrakter er derfor viktig ved offshore arbeid i nordområdene. Høy "wind chill"-faktor søkes håndtert i nordområdene ved å bygge inn innretningen mest mulig. Å bygge inn arbeidsområder på en innretning kan gi økte utfordringer med hensyn til ventilering, på grunn av eksplosjonsfare. Denne risikofaktoren gjør det ikke mulig å iverksette en fullstendig avskjerming for en del eksponerte arbeidsområder. Et arbeidsområde kan også avskjermes midlertidig, men dette kan skape nye arbeidsmiljøutfordringer.

Eksponerte områder og konstruksjoner kan påføres islag som må fjernes for å opprettholde operasjonell funksjon og sikkerhet. Skli- og fallulykker på islagte underlag kan forhindres med oppvarmede gangveier. Andre områder kan tilføres varme for å sikre tilgang til og betjening av redningsutstyr. I lengre perioder med ekstreme temperaturforhold vil energiforsyning til oppvarming av kritiske utildekte områder (gangarealer, tilgang til livredningsutstyr etc.) kunne bli en utfordring. Det må dessuten søkes å utforme innretninger hvor is forhindres i å falle ned og gjøre skade på personell og utstyr.

God klimabeskyttelse av alle arbeidsoperasjoner til enhver tid, er svært vanskelig, selv på innebygde innretninger. For eksempel vil tilkomstteknikere som utfører oppgaver på vanskelig tilgjengelige, eksponerte områder, hvor klimaskjerming ikke lar seg gjøre, være en utsatt arbeidsgruppe.

Beskyttende bekledning, personlig vernebekledning og annet utstyr

Bekledning i kalde omgivelser er en viktig faktor for å sikre arbeidernes helse, opprettholde arbeidseffektiviteten og redusere risikoen for ulykker. Arbeid i kaldt klima stiller strengere krav til at bekledningen er tilpasset aktivitetsnivået. Variasjon av aktivitetsnivået innen korte tidsintervall, kan kreve betydelige justeringer av bekledningen for å unngå overopphetning ved hardt arbeid og nedkjøling ved lett arbeid eller hvile. Slik variasjon medfører gjerne at behovet for isolasjon varierer, og den valgte bekledningen må derfor kunne justeres i henhold til betingelsene. Offshorevirksomhet i nordområdene med fare for ekstrem kuldeeksponering, vil stille spesielle krav til bekledning og verneutstyr.

Isolasjon. En beklednings isoleringsevne bestemmes hovedsakelig av mengden luft i og mellom bekledningslagene. En bekledning skal ha så høy isoleringsevne at den beskytter mot kuldeeksponering selv når arbeidsintensiteten og varmeproduksjonen er lav. Svette akkumuleres lett i bekledningen og vil kunne føre til redusert isoleringsevne til bekledningen. I kalde omgivelser er det vanskelig å unngå akkumulering av svette i bekledningen. Dette gjør utfordringen med bekledning enda større.

Prinsipp med flerlagsbekledning. Arbeid i kaldt klima hvor variasjoner i klima og aktivitetsnivå kan variere krever bekledning med justeringsmuligheter. En flerlagsbekledning vil derfor være ideell ettersom den kan bygges opp av flere lag som hver seg har sin egen tiltenkte funksjon. En slik flerlagsbekledning består gjerne av et innerlag, mellomlag og ytterlag:

Innerlag	→	Oppsuging og transport av svette
Mellomlag	→	Isolering og transport av svette
Ytterlag	→	Beskyttelse mot omgivelsene, spesielt vind og nedbør

Innerlag

Undertøy skal holde hudoverflaten tørr. Undertøyets evne til å transportere bort svette, er sterkt avhengig av materialvalg og konstruksjon av tekstilet. En naturfiber som ull, er i stand til å absorbere betydelige mengder med fuktighet uten at den føles våt og resulterer i tap av isolasjonsevne. Ullundertøy vil ofte være det beste valget, da materialet har høyere termisk isolasjon og kan absorbere mer fuktighet uten at isolasjonsevnen går tapt. Godt alternativt undertøysmateriale for kaldt klima, er ikke-absorberende, vanngjennomtrengende syntetiske materialer, f.eks. polypropylen (PP) og polyester (PES). Bomull som innerste lag bør unngås da den absorberer svette og fuktighet som reduserer isoleringsevnen til tekstilet og i tillegg øker varmeledningsevnen vekk fra kroppen.

Mellomlag

Mellomlag skal først og fremst gi god isolasjon. Mellomlagsbekledning av et fuktighetsabsorberende materiale, vil fremme transport av fuktighet og dermed føre til at fuktigheten akkumuleres så lang ut i bekledningen som mulig. Ved å tilføre eller ta bort et eller flere lag i mellomlags bekledning gjør det mulig å justere termisk isolasjon ettersom værforhold og aktivitetsnivå endrer seg. Plagg laget av fiberpels, syntetisk fleece, ullfleece eller strikkes ull, er å anbefale som mellomlagsbekledning. Slike plagg inneholder store mengder med stillestående luft i tekstilene, noe som gir gode isolasjonsegenskaper.

Ytterlag

Hovedfunksjonen til det ytterste bekledningslaget er å beskytte mot ytre omgivelser og må derfor være vindtett, vanntett og slitesterk. Ved omgivelsestemperaturer under 0 °C vil fuktighet etter hvert fryse i porene på materialer som består av "pustende" membraner. Ved ekstrem kuldeeksponering vil derfor pustende og ikke-pustende bekledning ha like egenskaper med tanke på transport av fuktighet.

Gode bevegelsesmuligheter bør sikres gjennom riktig design av den ytre bekledningen. Ytterbekledning bestående av jakke og bukse vil for eksempel gi

bedre bevegelsesmuligheter enn en kjeledress. Ytterlaget bør dessuten gi mulighet for justeringer av halsåpning og håndledd og dessuten være enkel å ta av og på.

Beskyttelse av kroppens ekstremiteter som hender, føtter og hode, er av stor betydning i kalde omgivelser, på grunn av fare for stort varmetap fra disse kroppsdelene. Lue, votter/hansker og skjerf/løshals vil redusere varmetapet. Generelt beskytter votter mer enn hansker. Manuell ferdighet kan reduseres ved bruk av hansker/votter. Arbeid med ubeskyttede hender bør derimot unngås i kulde. Bruk av tynne hansker (PES, PP, ull) inne i arbeidshansker/votter anbefales når presisjonsarbeid skal utføres i kulde.

Ved arbeid i kalde omgivelser bør et hodeplagg dekke pannen, ørene og deler av kjeven og haken. Dersom det er påkrevd med vernehjelm anbefales det å bruke en hette under hjelmen eller en løsnings som dekker overgangen mellom hode og hjelm. Å tillate fordampning av svette er også viktig å ta hensyn til ved valg av hodebekledning ved kuldeeksponering. Ved arbeid i kald vind bør man bruke en ansiktsmaske, og ved ekstrem kuldeeksponering kan det være lurt å beskytte øynene med beskyttelsesglass med vattering rundt kantene.

Fottøy

Nedkjøling av føttene skjer oftest når man må stå stille og spesielt når fottøyet er fuktig. Fuktige føtter øker, i tillegg til faren for nedkjøling, også faren for gnagsår.

Viktige egenskaper for riktig fottøy i kaldt klima:

- Sko laget av materialer som tillater ventilasjon av fuktighet
- Store nok sko for isolerende luftlag i fottøyet og som minst mulig hemmer blodsirkulasjon
- Tykke skosåler, gjerne med utagbare innleggssåler for ekstra isolasjon
- Skosåle med god friksjon som motvirker skliulykker
- Ullsokker og innersåle av ullfilt eller frottéstoff anbefales

Personlig verneutstyr

Personlig verneutstyr, som for eksempel vernehjelm, vernesko og redningsvest kan ha betydning for valg av bekledning. De vanligste tilpassningsproblemene mellom bekledning og personlig verneutstyr kan oppsummeres som følgende:

- Samtidig bruk av personlig verneutstyr og termisk beskyttelse, gir ofte store upraktiske løsninger. Arbeidsoperasjoner vil kunne vanskeliggjøres når utstyr som vernehjelm, vernesko og vernehansker brukes i kombinasjon med kaldklimabekledning.
- Personlig verneutstyr beskytter ofte ikke mot kulde, f.eks. er bekledning mot regn, sjøsprøyt og /eller kjemiske substanser laget av tette materialer uten termisk isolasjon.
- En vernehjelm er ofte vanskelig å tilpasse dersom en må benytte termisk hodebeskyttelse.
- Vernehansker er store og tillater ikke bruk av ytterligere en vinterisolert vott. Vernehansker er vanligvis ikke utstyrt med termisk isolasjon tilsvarende vintervotter.

Smarte tekstiler

Det er en kontinuerlig forskning og utvikling innenfor tekstile materialer hvor en søker å "skreddersy" materialer til spesielle aktiviteter og utfordringer. Smarte tekstiler, som for eksempel faseendrede materialer, er interessante nye produkter som finner sin anvendelse i flere kuldeeksponerte og utfordrende situasjoner.

Informasjon og opplæring

Arbeid i nordområdene vil stille større krav til kunnskap om kuldeproblematikk hos alle ledd i organisasjonen, også den enkelte arbeider. Kunnskap og forståelse av hvordan kulde vil innvirke på arbeidssituasjonen, mulige effekter av dette, og hvordan de mulige negative forhold best mulig kan forebygges/redueres, er viktig. Ved å forbedre kunnskapene om kuldepåvirkninger, vil personell bedre være i stand til å håndtere slike utfordringer.

Medisinsk utvelgelse og oppfølging av personell

God helse øker både fysisk og mental ytelse i ekstrem kulde. Det er i dag krav om medisinsk helseattest for personell som jobber offshore. Risiko for ekstrem kuldeeksponering som følge av arbeid i nordområdene, stiller derimot strengere krav til vurdering av den enkelte arbeiders helsetilstand og helsehistorie. Det vil være behov for å utvikle egne helsekrav for arbeid i nordområdene fra både sikkerhets- og helsemessige årsaker.

Krav til utvelgelse og oppfølging av helsesituasjon til arbeiderne vil være viktig for alle som skal arbeide på innretninger i nordområdene. Personell med kortere oppholdstid på innretningene vil være like utsatt for klimautfordringene. I denne sammenheng vil oppfølging av innleid personell over tid være en utfordring.

Medisinsk håndtering av personell bør inkludere:

- Strengere helsekrav
- Oppfølging av helsetilstand
- Aktiv helsemessig forebygging av personell

Faktorer som taler i mot arbeid i ekstrem kulde:

- Respiratoriske eller kardiovaskulære sykdommer
- Stoffskifteforstyrrelser
- Raynauds syndrom
- Kuldeindusert astma
- Tidligere kulderelaterte sykdommer

Medisinsk beredskap

Ulykkesberedskap må ta hensyn til at klimatiske forhold vil kunne gi en raskere negativ utvikling av helsetilstanden for den skadede. Det vil derfor kunne være nødvendig å øke medisinsk kompetanse om bord på innretningene i nordområdene. Kravet til medisinsk beredskap om bord på innretningene må også vurderes i forhold til avstanden til land og en generell begrenset medisinsk

Arbeid i ekstrem kulde og med lang evakueringstid krever utvalgt personell

Høyere medisinsk beredskap om bord?

infrastruktur på land i nordområdene. Trening av beredskapspersonell og førstehjelpsutdanning av arbeidere vil også være enda viktigere ved offshorearbeid i nordområdene.

REFERANSER

Barents 2020, Report no.2009 -1626, Report for Joint Industry Project. Det Norske Veritas.

Berg T.E. og Ø Endresen (2005). MARUT – Kaldklima. Marintek.

Dahle I.B (2008). Risikoutsatte grupper i petroleumsvirksomheten – petroleumstilsynets observasjoner av trender og risikoprofiler. Petroleumstilsynet. <http://www.ptil.no/getfile.php/Presentasjoner/Arkiv-presentasjoner/RUG-seminar%202008/RUG-Irene.pdf>.

Hassi J., Rytönen M., Kotaniemi J. og H Rintamäki (2005). Impacts of cold climate on human heat balance, performance and health in circumpolar areas. *International Journal of Circumpolar Health*. 64:5.

Holmér I. (1993). Review of methods for assessment of cold exposure. *Int Arch Occup Environ Health*. 65: 147-155.

Internkontrollforskriften - Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter.

Nygaard E. (2008). Oil and gas activity in the Arctic – challenges in a changing climate. ECT 17.

Raude E. (2006). Experience from Drilling Operations in the Barents Sea. Kristiansandskonferansen 2006.

Stocks J.M., Taylor N.A.S., Tipton M.J. og J.E. Greenleaf (2004). Human physiological responses to cold exposure. *Aviat Space Environ Med*. 75: 444- 457.

Transocean (2004). Working in Arctic region – Part II, Analysis of Climatic Conditions at the Snøhvit Field. Winterization Manual NOR-POL-009.

Åstrand P.O., Rodahl K., Dahl H.A og S.B. Strømme (2003). Textbook of work physiology – Physiological Bases of Exercise, fourth edition. Human kinetics.

Immersjonsulykker i kaldt vann

Immersjonsrelaterte dødsfall (alle typer: til havs, i elver og vann, badebasseng etc.) er den tredje mest vanlige ulykkesrelaterte dødsårsak, og står for nært 140 000 dødsfall årlig på verdensbasis. Selv om man allerede for mer enn 2000 år siden registrerte at vanntemperaturen var en viktig faktor for dødsulykker i vannet, har drukning lenge vært tillagt størst oppmerksomhet. Gjennom århundrer har synet på fareelementene i en slik ulykkesituasjon gradvis endret seg, med stadig større erkjennelse av at vanntemperatur og kuldeeksponering i en immersjonssituasjon vil være livstruende, og er direkteårsak til mange av dødsulykkene som kanskje henføres til drukning.

Drukning er utvilsomt en viktig direkteårsak til fatalitet i forbindelse med immersjonsulykker, og hovedårsak i de fleste tilfeller for ikke-svømmedyktige personer. Dette ligger også klart bak det forhold at den største innsatsen innen utvikling av redningsutstyr i marint miljø har vært rettet mot det å ha tilgjengelig flytehjelpemiddel. Mange ulykker har imidlertid demonstrert at dette vil kunne være utilstrekkelig for å kunne sikre overlevelse selv for relativt korte immersjonsperioder i kaldt vann. Titanic-ulykken er et velkjent eksempel på nettopp dette.

Immersjonsulykke
- fire kritiske faser

Med dagens kunnskap om hva som skjer med et menneske ved immersjon i kaldt vann deler man en slik ulykkesituasjon inn i fire livstruende faser, hvor utfallet kan være fatalt i hver av disse fasene.

Disse fasene er:

1. Initielt kuldesjokk (0-3 min)
2. Hemmet muskelfunksjon/koordinering (3-30 min)
3. Hypotermi (etter mer enn 30 min)
4. Postimmersjon (under og etter redning)

Tradisjonelt har man koblet immersjon i kaldt vann til utvikling av hypotermi (generell nedkjøling av kroppskjernen til under 35 °C). Imidlertid er alle de tre førstnevnte risikofasene direkte knyttet til effekten av kaldt vann på kroppen til mennesket som har falt i vannet.

Kuldesjokk

En plutselig senking av hudtemperaturen som følge av eksponering for kaldt vann forårsaker en rekke fysiologiske reaksjoner som i sterk grad kan redusere mulighetene for overlevelse. Disse responsene utløses umiddelbart ved immersjonen, og når sitt maksimum i løpet av en 30 sekunders periode, og vil ha en varighet på 2 til 3 minutter. Responsene er like sterke hos mennesker med mye underhudsfett som hos tynne mennesker og indikerer derfor klart at de er initiert av kuldesensorer på hudoverflaten. Vanntemperaturen som utløser disse reaksjonene varierer fra individ til individ og er sterkest for mennesker med høy følsomhet for kulde. Individuer som er uvant med eksponering til kaldt vann vil vise disse responsene i vanntemperaturer så høye som 25 °C.

De første responsene som i hovedsak påvirker blodsirkulasjonen og lungeventileringen betegnes under et samlebegrep som kuldesjokk. Denne står sannsynligvis ansvarlig for hoveddelen av nærdrukningsulykkene og drukninger i åpent vann med vanntemperaturer under 15 °C.

Ved immersjon i kaldt vann inntreer en umiddelbar sammentrekning i blodårene i huden, noe som medfører økt motstand for blodsirkulasjonen i disse kroppsområdene, og økt blodleveranse tilbake til hjertet. Samtidig vil det være økning i hjerterefrekvens (puls), og blodtrykket stiger dramatisk. Hjertet vil arbeide hardere i forsøket på å pumpe blod ut mot den økte perifere motstanden i blodårene.

Dette vil kunne ha en negativ effekt for personer med sykdom i koronararteriene, og likeledes et problem for personer som allerede forut for en slik hendelse har høyt blodtrykk. Resultatet vil kunne være infarkt eller slag. Hormoner (katekolaminer) som frigis i blodbanen som et resultat av det plutselige stresset vil også kunne forårsake uønskede og unormale hjerterytmer hos enkelte personer, med hjertestans som resultat i ekstreme tilfeller.

Plutselig avkjøling av huden vil også gi en kraftig stimulering for lungeventileringen allerede for vanntemperaturer under 25 °C. I vann med temperaturer lavere enn 15 °C vil en slik hudavkjøling resultere i en gispereaksjon, etterfulgt av hurtig ukontrollert hyperventilering med nært fulle lunger. Dette resulterer i en betydelig grad av panikkopplevelse, og den ukontrollerte lungeventileringen gir en betydelig grad av risiko for innånding av vann, som vil kunne være første steg i en drukning.

Nødpustesystem kan redde liv ved kuldesjokk

En erkjennelse av kuldesjokk som et betydelig potensielt problem ved ulykker i kaldt vann har ført til utvikling av beskyttelsesutstyr rettet spesielt mot denne risikofaktoren. I flere land (inkludert Norge) har operatørselskapene satt krav til at passasjerer i helikopterflyvninger over sjøen skal ha tilgjengelig nødpusteutstyr som gir dem mulighet til å evakuere en vannfylt helikopterkabin uten å måtte innånde vann som følge av den sterke kuldesjokkstimuleringen av lungeventileringen.

På Britisk side av Nordsjøen har også flere operatører innført bruk av en spesiell arbeidsdrakt til bruk ved arbeid over åpen sjø, hvor drakten skal redusere kuldesjokkeffektene ved en eventuell plutselig immersjon i det kalde vannet.

Hemmet muskelfunksjon/koordinering

Etter huden på menneskekroppen er de neste kroppsvevene som påvirkes av fallende temperatur nerver, muskler og ledd i armer og bein. For disse kroppsdelene har kulde en svekkende effekt på nerveledningshastighet, kjemiske reaksjoner og muskelmekanikk. Hastigheten for reduksjonen i disse funksjonene er direkte temperaturrelatert og skjer raskere jo lavere vanntemperaturen er. Nedkjøling av perifere nerver og muskler kan raskt føre til en tilstand av funksjonshemming ekvivalent til lammelse. Kort tid etter immersjon i kaldt vann vil avkjølingen av kroppen redusere vedkommendes evne til å utføre aktiviteter som kan være av største viktighet for overlevelse. Manuell ferdighet, håndgripsstyrke og bevegeshastighet kan falle så mye som 60 til 80 % etter immersjon i kaldt vann. Det er eksempelvis vist at håndgripsstyrken for personer

som har falt i vannet iført vinterbekledning har falt 20 % etter bare 5 minutter i 5 °C vann.

Dersom en person har overlevd det initiale kuldesjokket vil overlevelse i den påfølgende fasen av immersjonen i stor grad være avhengig av om personen har flytemiddel (redningsvest, livbøye, immersjonsdrakt etc.) som bidrar til å holde nese/munn over vannet. Uten slik hjelp av flytemiddel må personen i vannet være i stand til å gjøre svømmebevegelser for å holde seg flytende eller å komme seg fram til en redningsmulighet.

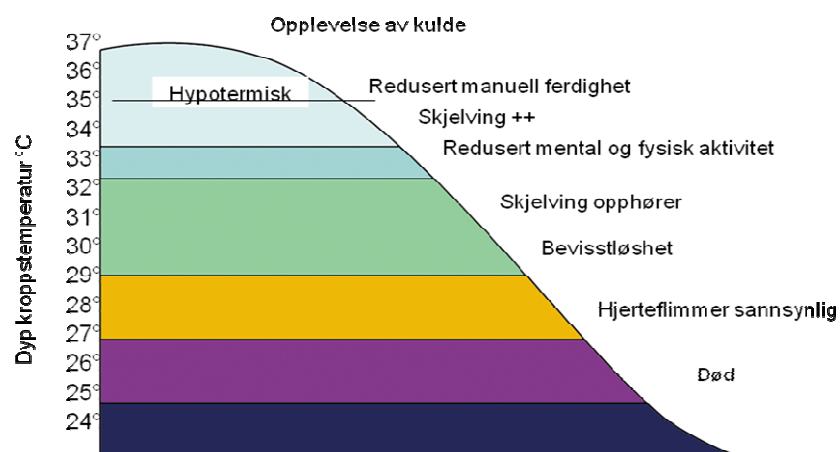
Erfaringene har imidlertid vist at det er svært vanskelig å svømme under de første minuttene etter immersjon i kaldt vann. Selv personer som er gode svømmere i varmt vann kan ha problemer med å svømme 2 – 3 meter. Disse problemene er antatt å ha sammenheng med at svømmeproblemene de første minuttene etter immersjonen for en stor del skyldes problemer med å koordinere svømmetakene med lungeventileringen.

Flytemiddel er avgjørende for overlevelse i kaldt vann

Problemer med svømming i kaldt vann gjelder imidlertid ikke bare de første minuttene etter immersjonen. Problemer med å opprettholde effektiv svømmeaktivitet er godt demonstrert også i perioden etter at det første kuldesjokket har avtatt, og før den generelle nedkjølingen av kroppen blir markert. En typisk utvikling for en svømmer i kaldt vann er at kroppen inntar en mer opprett stilling i vannet, og at svømmebevegelsene for hender og føtter blir dårligere koordinert. Med nedkjøling blir sanseapparatet for hud og kroppsledd hemmet som også er tilfelle for muskelfunksjonen. Hemmet tilbakemelding til hjernen om posisjonen for de aktuelle kroppsdelene involvert i svømmeaktiviteten, i kombinasjon med nedsatt muskelfunksjon vil gi en dårlig koordinert svømmeaktivitet med stigende risiko for panikkopplevelse og drukning. Svømmere i kaldt vann opplever også utmattethet raskere enn tilfellet er i varmere vann. Ved nedkjøling reduseres leveransen av blod til ekstremitetene (armer og bein), som også betyr nedsatt oksygenleveranse til den arbeidende muskelen. Resultatet av dette er at en større andel av arbeidet som muskelen utfører vil være et resultat av anaerob metabolisme (uten oksygen). Et produkt av denne metabolismen er melkesyre som i muskelen gir utmattethet og kramper som resultat.

Hypotermi

For en person som har havnet i kaldt vann, og som har klart seg gjennom det første kuldesjokket og som har nødvendig flytemiddel til ikke å komme i en kritisk situasjon på grunn av sviktende svømmefunksjon, vil gå inn i den tredje kritiske fasen av immersjonsperioden. Her vil en generell nedkjøling av kroppen gjøre seg gjeldende. Figur 4 angir symptomer som er typiske for forskjellige nivåer av nedkjøling av kroppen.



Figur 4 Tegn og symptomer ved reduksjon i dyp kroppstemperatur.

Det kan være interessant å merke seg at kjernetemperaturen for en person som har falt i kaldt vann faktisk viser en stigning de første minuttene etter immersjonsstart. Dette er et resultat av den hormonelle frigjøringen til blodbanen som stimulerer hjerteaktivitet, muskelspenning og metabolisme. Dette er imidlertid en endring som bare kan observeres gjennom måling av kjernetemperaturen, og er en temperaturutvikling av relativt kort varighet, 5 – 15 minutter. Et klart tegn på at personen er i en situasjon med kuldebelastning vil være start av skjelving. Først som kortere utbrudd av skjelving, etterfulgt av mer kontinuerlig skjelving. Det at en person skjelver er ikke ensbetydende med at vedkommende er hypoterm. Hypotermi defineres som en tilstand hvor dyp kroppstemperatur har falt under 35 °C.

Skjelving er en av kroppens forsvarsmekanismer mot varmetap til omgivelsene. Gjennom muskelaktivitet som ligger til grunn for skjelvingen, økes varmeproduksjonen. En annen av kroppens beskyttelsestiltak mot stort varmetap er å redusere varmeleveransen (varmt blod) til armer og bein, noe som fører til at ekstremiteten nedkjøles og manuelle ferdigheter blir redusert. Dette er også forhold som gjør seg gjeldende før en har nådd en tilstand av hypotermi. Ved ytterligere nedkjøling forsterkes reduksjonen i muskelfunksjon, og ved en kroppstemperatur i området 33 °C vil det også være en påvisbar reduksjon i mental kapasitet.

Med en kroppstemperatur i området 32 til 31 °C opphører skjelvingen, noe som vil være svært kritisk, idet kroppens egen varmeproduksjon vil bli redusert kraftig og en avkjøling fra dette punkt vil følgelig skje vesentlig raskere.

Når kroppstemperaturen faller under 30 °C inntreer i mange tilfeller bevisstløshet. For kroppstemperaturer i området 28 °C eller lavere er det en økende risiko for hjerteflimmer. Ved 25 °C er det stor sannsynlighet for død, selv om man har flere eksempler på at en har lyktes å gjenopplive personer fra lavere kroppstemperaturer enn dette. Disse må imidlertid sees på som unntak.

Nedkjølingshastigheten for en person i kaldt vann bestemmes av flere faktorer. Vanntemperaturen er selvsagt en av de viktigste faktorene, men også omrøringen

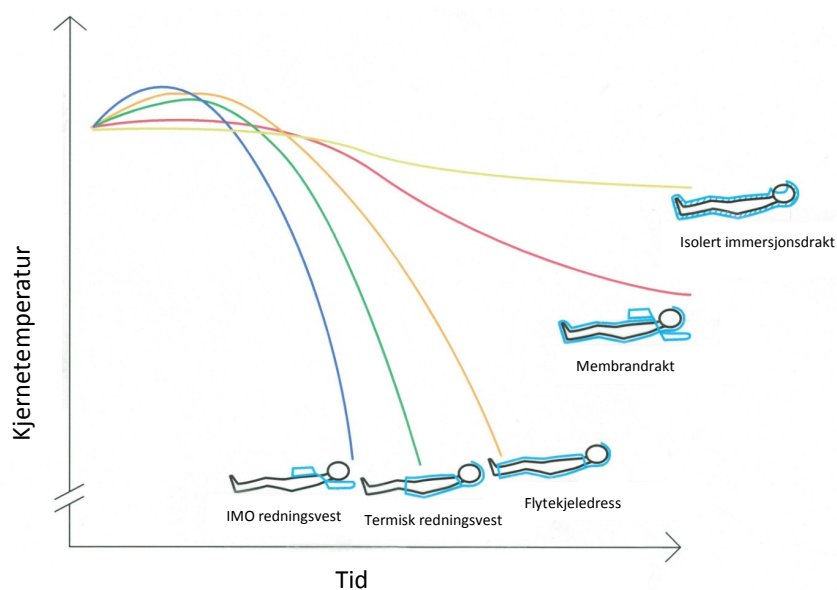
i vannet (strøm, bølger etc.) vil kunne medvirke til større varmeavgift og dermed raskere fall i kjernetemperaturen.

Isolasjon av personen mot varmetapet til omgivelsene har svært stor betydning. Personens egen kroppsisolasjon i form av underhudsfett utgjør en kritisk faktor. I en slik situasjon er stor underhudsmasse langt å foretrekke framfor stor muskelmasse. Dette er en situasjon hvor "survival of the fittest" ikke nødvendigvis er helt dekkende. Her vil heller uttrykket "survival of the fattest" være mer gjeldende.

Isolasjon og redusert vanninntregning bremser nedkjølingen av kroppen

For de aller fleste som havner i en slik ulykkessituasjon vil isolasjonen i beskyttelsessystemet mellom menneskekroppen og det kalde vannet være avgjørende for hvor hurtig temperaturfallet i kroppen skjer, og hvor lang overlevelsestiden vil være. Luft er en særdeles god isolator mot varmeavgift, og en bekledning eller drakt som avstenger mye luft i bekledningsmaterialene vil følgelig gi en vesentlig bedre beskyttelse mot varmeavgiften enn en bekledning/drakt med mindre luft. Ved en immersjonssituasjon vil det derfor være særdeles viktig å beholde luftlaget i klærne inn mot kroppen.

Figur 5 illustrerer forskjellen i avkjølingshastighet for en person i kaldt vann iført ulike typer redningshjelpemiddel over en standard kroppsbekledning. Dårligst ut kommer den tradisjonelle redningsvesten. Denne er viktig for å holde personen flytende, men gir liten beskyttelse mot avkjøling, fordi all bekledning blir gjennomvåt, luften drives ut av bekledningen og avkjølingen går relativt rask. De termiske redningsvestene gir en liten økning i isolasjon i forhold til de tradisjonelle redningsvestene. Disse redningsvestene gir derimot ingen beskyttelse mot vanninntregning i bekledningen som personen bærer, og isolasjonen mot varmeavgift fra kroppen blir følgelig minimalt forskjellig fra hva tilfellet er ved de tradisjonelle redningsvestene.



Figur 5 Illustrasjon av kjernetemperaturutvikling for en person i kaldt vann iført en standard vinterbekledning i kombinasjon med ulike typer redningsutstyr.

En flytekjeledress (50N flyteplagg) gir noe bedre termisk beskyttelse. Også i dette konseptet blir all underbekledning (innenfor drakten) våt og taper alt luftinnhold. Flytekjeledressen vil likevel gi noe bedre termisk beskyttelse enn hva tilfellet er for redningsvestene av to årsaker. Det ene er fordi disse draktene har innebygget noe flytemiddel som inneholder noe avstengt luft, og som følgelig vil gi noe isolasjon. Det andre skyldes at drakten vil redusere utskiftingen av oppvarmet vann nært kroppen med det kaldere omgivelsesvannet.

En membrandrakt, eller passasjerdrakt som vi kjenner den i Norge, vil gi en vesentlig forbedring når det gjelder beskyttelse mot varmetap i forhold til de tre tidligere omtalte redningsproduktene. Dette til tross for at drakten ikke selv har integrert isolasjonsmateriale, men fordi den kan holde bekledningen innenfor drakten tørr og derved kuldeisolerende. Vel og merke så lenge drakten er hel og brukes korrekt.

En isolert immersjonsdrakt vil gi en ytterligere forbedret situasjon med hensyn til å forhindre eller redusere kroppens varmetap. I tillegg til at drakten hindrer at underbekledningen blir fuktet av inntrengende vann, har drakten integrert isolasjonsmaterialer som vil bidra til å gi en økt samlet isolering mot varmetap.

Lekkasje inn i en immersjonsdrakt vil kunne ha store konsekvenser med hensyn til draktens mulighet til beskyttelse mot kritisk varmeavgift. En vannlekkasje inn ved håndleddene i drakten med påfølgende fukting av bekledning for underarmene vil ha relativt liten betydning, fordi hender og underarmer ofte allerede er noe avkjølt som et resultat av redusert tilførsel av varmt blod til ekstremitetene. En tilsvarende fukting av den isolerende bekledningen av personens torso vil ha en langt mer dramatisk effekt med hensyn til varmetap. Undersøkelser har vist at 1 liter vann inn i underbekledningen (torsodel for kroppen) for en person i en isolert redningsdrakt vil gi 40 % reduksjon i total isolasjon.

En immersjonsdrakts sikring mot vanninntrenging kan være vanskelig å vurdere, spesielt fordi den vesentligste delen av slik evaluering gjennomføres i laboratorieforhold i basseng med helt stille vann. Forholdene i en virkelig ulykkesituasjon i åpent turbulent vann kan representere en vesentlig større utfordring. Under slike forhold med økt vanninntrenging og resulterende konvektivt varmetap har undersøkelser vist at isolasjonen kan falle fra 33 til 100 % i forhold til det som er målt i laboratoriene.

Sprutbeskytter på overlevelsesdrakt vil redusere faren for vanninntrenging

Vanninntrenging ved draktens forsegling mot brukerens hals eller ansikt er i de fleste tilfeller lekkasjested for vanninntrenging i drakten. En integrering av en sprutbeskytter ("splash hood") har dokumentert å gi et vesentlig bidrag til å redusere vanninntrenging i drakten under forhold med urolig sjø, sjøsprøyt og vind. En sprutbeskytter burde inngå som et standardelement i alle immersjonsdrakter. I tillegg til å bidra til å redusere vanninntrenging ved ansiktsåpningen for immersjonsdrakten, vil en slik sprutbeskytter bidra til å redusere risikoen for at personen i vannet kan innånde vann fra en eventuell bølge som uforutsett når opp i nese/munn regionen. Sprutbeskytteren muliggjør også større grad av medvirkning fra personen i vannet under helikopteroppplukking. Gjennom sprutbeskytterens gjennomsiktige plastvindu vil personen være i stand til å se opp mot vindpiskingen forårsaket av helikopterrotoren. Integrering av sprutbeskytter skulle ideelt ikke begrenses bare til

immersjonsdrakter men kunne med fordel være et standardelement også på redningsvester.

Fysisk aktivitet med økt muskelbruk vil øke kroppens varmeproduksjon. Fra noen hold hevdes det derfor at man i en immersjonssituasjon skal utøve fysisk aktivitet for å hindre utvikling av hypotermi.

Effekten av fysisk aktivitet for en person som ligger i vannet vil være bestemt av en rekke ulike faktorer, som blant annet:

- Intensiteten for den utførte fysiske aktiviteten
- Type aktivitet som utføres
- Vanntemperatur
- Omfanget av vannbevegelse
- Fysisk karakteristikkk av personen i vannet
- Iførte klær
- Mental tilstand (evne til å bevare roen og vilje til å overleve)

Generelt kan en konkludere at i vann med temperaturer lavere enn 25 °C vil full kroppslig aktivitet (bevegelse av både armer og bein) bidra til å akselerere fallet i dyp kroppstemperatur. Dette skjer fordi bevegelsene som følger utførelsen av den fysiske aktiviteten forstyrrer den termiske sjiktingen i vannet nærmest kroppen og bringer nytt kaldt vann nært kroppsoverflaten. Dette øker temperaturforskjellen mellom kroppsoverflaten og omgivelsesvannet, og derved øker også varmetapet fra menneskekroppen.

Fysisk aktivitet øker også leveransen av varmt blod til ekstremitetene (armer og bein). I hvile vil hud, fett og hvilende muskler representere isolerende kroppsvev for kroppen. Ved en aktivitetsintensitet på 150 – 200 watt (ca dobling av hvilemetabolismen) har blodtilførselen til de arbeidende musklene økt så mye at muskelens isolerende funksjon er tapt. Når blodtilførselen til musklene øker, øker også temperaturene i de kroppsdelene for disse musklene. Dette bidrar til å øke hudtemperaturene for de samme kroppsdelene og varmeavgiften fra kroppen øker.

Anbefaler å begrense fysisk aktivitet til beina

Forsøk har også vist at fysisk aktivitet med bare beina i mindre grad enn fysisk aktivitet for hele kroppen til å øke varmeavgiften til kalde omgivelser. En anbefaling for en person som ligger i vannet og som må svømme bør søke å begrense dette til bare å bruke beina.

Et ofte forekommende spørsmål i forhold til ulykker til havs er hvilken overlevelsestid en kan regne med. Beklageligvis er dette et spørsmål det ikke er mulig å gi et eksakt svar på blant annet fordi så mange faktorer vil være av betydning for hvor raskt nedkjølingen av kroppen til et fatalt nivå vil skje.

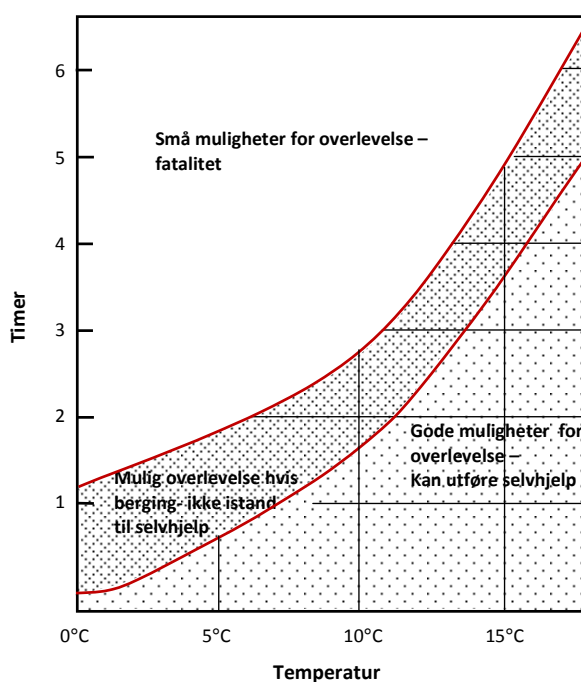
Flere av disse har allerede vært omtalt, så som:

- Individuelle forskjeller mellom mennesker (morfologiske forskjeller)
- Beskyttelsesutstyr benyttet i ulykkesituasjonen
- Vanninntrenging i beskyttelsesutstyret
- Vanntemperatur
- Vanntilstand (bølger, sirkulasjon, sprut)

Vilje til overlevelse er antatt å ha stor betydning

Selv om det foreligger lite eksperimentelle data, antar man med stor sikkerhet at også personens mentale tilstand har stor betydning for en eventuell overlevelse. I dette ligger eksempelvis det å bevare roen i en kritisk situasjon og ha vilje til å søke å overleve.

Figur 6 viser beregnet overlevingstid for en gjennomsnittlig mannsperson iført vanlig vinterbekledning (ingen tørr immersjonsdrakt) i vann ved ulike temperaturer. For en person med større mengder underhudsfett vil disse kurvene skyves oppover mot høyere indikerte overlevingstider. Forbedret ytre isolasjon, gjennom tørrdrakt og/eller isolert tørrdrakt, vil gi samme positive endring med hensyn på overlevingstid.



Figur 6 Forhold mellom beregnet overlevingstid for en person i vanlig vinterbekledning i forskjellige vanntemperaturer. (Barnett P.W, 1962)

Postimmersjon

Analyser av redningsstatistikker viser at i noen situasjoner skjer en prosentvis andel av dødsfallene i forbindelse med immersjonsulykker i kaldt vann like før, noen under, eller kort tid etter bergingsfasen. Prosentandel dødsfall i postimmersjonsfasen varierer noe fra hendelse til hendelse, men gjennomsnittstallene ligger nært 20 %. Dette gjelder også overlevende fra redningsflåter eller livbåter som ikke har ligget i vannet.

På tidspunktet for berging vil disse overlevende være påvirket av en eller flere av følgende tilstander:

- Nær drukning
- Hemmet perifer nevromuskulær funksjon
- Hypotermi
- Traumer

I tillegg vil en kunne ha en tilstand med fysiologisk endring med hensyn til blodvolum og fordeling som følge av immersjonen, noe som kan påvirke hjerte- og kar funksjonene for den overlevende idet denne tas ut av vannet.

Før berging

Faren for hjertestans øker når bergingen nærmer seg!

Rapportene fra dødsfall umiddelbart før redning indikerer en plutselig negativ fysiologisk endring i tilstanden for de omkomne idet redningen syntes svært nær, og antas å ligge i hjerte/sirkulasjons-mekanismene.

Hjerteaktiviteten er langsom for en person i hypoterm tilstand og det er samtidig en økt viskositet (fortykning) for blodet. Dette gir i sum en markert reduksjon i blodstrømmen i koronararteriene som forsyner hjertemuskelen med nødvendig oksygen og næring. En økning i hjertemuskelbelastningen, som for eksempel i forventninger til og forberedelse til redning, kan resultere i manglende oksygenforsyning til hjertet.

Katekolaminer, spesielt noradrenalin, er vist å ha beskyttende effekt under hypotermi. Denne effekten henføres til økningen i blodtrykk som sekresjonen av dette hormonet forårsaker. Det er vist at for personer som ligger i kaldt vann er noradrenalin-sekresjonen økt kraftig. Det ansees som plausibelt at en person som blir oppmerksom på at redning er umiddelbart nær vil oppleve en sterk grad av lettelse. En slik emosjonell opplevelse vil kunne forårsake en reduksjon i noradrenalin-sekresjonen, og derved en fjerning av den beskyttende effekten av dette hormonet. Med mindre noradrenalin frigitt i blodbanen vil blodtrykket falle og derved også blodforsyningen til hjertet. For et nedkjølt og ustabil hjerte vil dette kunne gi hjertestans.

Under berging

Det pågår debatt vedrørende mulige mekanismer som måtte ligge bak dødsfallene en registrerer under selve redningsfasen, om disse kan henføres til termiske, kardiovaskulære, biokjemiske eller hormonelle responser.

En rekke studier har fokusert termiske responser etter en immersjonsperiode i kaldt vann. I de fleste av disse studiene har en observert et fortsatt fall i dyp kroppstemperatur under den tidlige gjenoppvarmingen av de nedkjølte personene. Dette fortsatte fallet i kjernetemperatur betegnes som "afterdrop", og har av flere blitt angitt som sannsynlig årsak til flere dødsfall. Teorien bak dette har vært at nedkjølt blod fra kroppspesiferien (armer og bein) kommer tilbake i blodsirkulasjonen og gir en termisk sjokkeffekt for hjertet som kan få katastrofale følger. Nyere undersøkelser har i liten grad støttet disse hypotesene.

Det er også klart vist at "afterdrop" for kjernetemperaturen er mest uttalt om den måles i rektum kontra på hjertenivå.

En annen årsak til dødsfall for nedkjølte personer som bringes ut av vannet antas å ligge i det forhold at den hydrostatiske bistand som vannet har gitt den venøse siden av sirkulasjonssystemet og som har medvirket til at blod returneres til hjertet vil forsvinne når personen løftes ut av vannet. Skjer dette med personen i en vertikal stilling vil en pga gravitasjonen få en ansamling av blod i beina, og sterkt redusert tilbakestrømming til hjertet. Dette vil i sin tur redusere blodutpumpingen fra hjertet og derved redusert leveranse til hjerne og hjertemuskel. Resultatet av dette vil kunne være besvimelse og noen tilfeller også hjertestans.

Dersom personen som har blitt nedkjølt må bidra aktivt selv i redningsfasen, vil effektene på et nedkjølt hjerte og økt blodviskose kunne utløse hjertestans slik som beskrevet for dødsfall før bergingsfasen.

Etter berging

Den hyppigste årsaken til dødsfall etter berging av personer ut av vannet er hypoksi (mangel på tilstrekkelig oksygen), som følge av innånding av vann. Med andre ord en forsinket effekt av nærdrukning. Dette kan også være tilfelle for personer som er bevisste og ventilerer spontant ved tidspunktet for berging. Dødsfall kan også skje som en forsinket effekt av lavt blodtrykk slik som beskrevet for dødsfall i de to foregående fasene.

For rask gjenoppvarming kan føre til blodtrykksfall

En for intensiv oppvarming av kroppsoverflaten (for eksempel ved oppvarming i varmt vann) kan gi som resultat en utvidelse (dilatasjon) av blodårene i hud og ytre kroppssvev, og redusert tilbakestrømming til hjertet av den grunn. Fall i blodtrykk vil være et sannsynlig resultat. Ved normal kroppstemperatur har kroppens sirkulasjonssystem et kontrollsystem som opprettholder nødvendig blodtrykk. I en nedkjølt menneskekropp er dette kontrollsystemet sterkt hemmet eller helt uten funksjon, og et fall i blodtrykket fører ikke til noen kompensierende reaksjoner. Blodtrykksfallet kan i så fall bli katastrofalt, spesielt for personer som i utgangspunktet lider av sykdom i koronararteriene (blodårene til hjertemuskel).

REFERANSER

Barnett P.W. (1962). Field tests of two anti exposure assemblies. Arctic Aerospace Laboratories Report No. AAL-TDR-61-56.

Golden F.St.C. (1973). Death after rescue from immersion in cold water. Journal of the Royal Naval Medical Services. 59: 5-8.

Golden F.St.C. (1976). Hypothermia: A problem for North sea Industries. Journal of the Society of Occupational Medicine. 26: 85-88.

Golden F. St. C, Hervey GR (1977). The mechanism of the afterdrop following immersion hypothermia in pigs. Journal of Physiology. 272: 26-27.

Golden F. St. C, Hervey GR (1981). The "afterdrop" and death after rescue from immersion in cold water. In Hypothermia ashore and afloat, ed J.A. Adam. Aberdeen University Press, Aberdeen.

Golden F, St. C, Hardcastle PT (1982). Swimming failure in cold water. *Journal of Physiology*. 330: 60-61.

Golden F, Tipton M (2002). *Essentials of Sea Survival*.

Hayes PA, Cohen B (1987). Further development of a mathematical model for the specification of immersion clothing insulation. RAF, IAM Report 653.

Home Office. (1977). *Report of the working party on water safety*. HMSO. London.

Tipton. M. J. (1989). The initial responses to cold water immersion in man. *Clinical Science*. 77:581-588.