



Vurdering av behovet for helseoppfølging av dykkere i petroleumsvirksomheten

Marit Skogstad, Rita Bast-Pettersen, Arve Lie, Anthony S. Wagstaff, Merete Bugge, Knut Skyberg

Nr.1 (2010) Årgang 11 Serie: STAMI-rapport

ISSN nr. 1502-0932



Forsidefoto: Acergy/Norsk Oljemuseum

1. Sammendrag

I mai 2009 ble det gjort avtale mellom Petroleumstilsynet og Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) der STAMI skulle påta seg å foreta en vurdering av industriens nyetablerte system for helseovervåking av dykkere i petroleumsvirksomheten, en årlig spørreskjemaundersøkelse. Vurderingen skulle sees i lys av alle systemene for helseoppfølging av dykkere som er etablert i dag, og det skulle trekkes sammenligninger til helseoppfølging av andre sammenlignbare grupper. Generelt skal en helseundersøkelse bygge på en konkret risikovurdering og den skal være målrettet mot de risikoforholdene som er avdekket. For noen spesielle eksponeringer har myndighetene laget egne forskrifter hvor det beskrives nærmere hvordan dette skal gjennomføres. Oppfølging av spesielle yrkesgrupper som dykkere og flygere er omfattende og nødvendig først og fremst ut fra et sikkerhetsperspektiv.

På bakgrunn av tilgjengelig litteratur er det grunn til å tro at dykking ikke gir noen alvorlig påvirkning av lungene, og det er lite trolig at et spørreskjema med spørsmål om symptomer fra luftveiene, vil ha noen verdi ved helseoppfølging av dykkere i petroleumsvirksomheten. Det anbefales at dykkernes lungefunksjon følges regelmessig med målinger fra starten av karrieren. En regelmessig kontroll av hørselen til dykkeren ved audiometriundersøkelse anbefales og man anser her at spørreskjemaundersøkelse for å avdekke evt. hørselstap har liten verdi.

Dykkevirksomhet i Norge er sannsynligvis forbundet med svært lav forekomst av aseptisk bennekrose. Etter at det er utført en obligatorisk førstegangs røntgen av lange rørknokler ved sertifisering, er det ikke grunnlag for å screene dykkernes lange rørknokler på et generelt grunnlag. Man bør likevel følge selekterte dykkere for hos disse å vurdere radiologiske undersøkelser med tanke på aseptisk bennekrose.

Dagens helseundersøkelser er basert på selvrapportering av lette effekter på nervesystemet i form av endret kognitiv funksjon. Men det er vanskelig å vurdere egen kognitiv funksjon. Den tilgjengelige litteraturen er ikke god nok til at man kan trekke en sikker konklusjon om at det foreligger økt risiko for lette effekter på nervesystemet hos metningsdykkere. Å innføre en ny obligatorisk undersøkelse er en stor endring, som må være begrunnet i en dokumentert risiko. Med utgangspunkt i den tilgjengelige litteraturen, finner vi ikke at det er grunnlag for å anbefale at det innføres en obligatorisk nevropsykologisk eller nevrologisk undersøkelse som en del av helseoppfølgingen av dykkere i petroleumsvirksomheten.

Man kan imidlertid vurdere å tilby en frivillig nevropsykologisk undersøkelse ved starten av dykkerkarrieren som vil kunne gi sammenligningsgrunnlag for senere tester for å avdekke eventuelle effekter på nervesystemet som følge av hendelser under dykking. Det er viktig å registrere hendelser i dykkerens arbeid, og følge opp disse med f.eks nevrologisk/nevropsykologisk undersøkelse. Sammenlignet med helseovervåking av arbeidstakere på land synes dykkerne å være godt ivaretatt med sitt langt mer omfattende batteri av helseundersøkelser. Dagens tilbud med vurdering før og etter dykk, og helsesjekk hvert 3. år tyder på at dykkerne er godt ivaretatt mht. helseovervåking. Årlige sertifikatkontroller (eller hvert annet år) kommer i tillegg som en ekstra sikkerhetsfaktor. Årlig spørreskjemascreening på symptomer fra lunge, hørsel og kognitiv funksjon sees ikke på som hensiktsmessig.

2. Summary

The Norwegian Petroleum authorities signed an agreement with The National Institute of Occupational Health (NIOH) in Mai 2009. Here, NIOH's task was to assess the industry's new health surveillance program, an annual questionnaire examination of saturation and air divers in the offshore and gas industry. The assessment was meant to be seen in addition to the already established programs concerning health surveillance among these divers, and a comparison with health surveillance programs among comparable workers were to be done.

A health surveillance program should ideally be based on a risk assessment and it should focus on the risks that already are known. As for given exposures, the authorities have made their own regulations in which it is described in more detail how this will be implemented. Follow-up of special occupational groups such as divers and pilots are comprehensive and necessary first and foremost from a security perspective.

On the basis of available literature, there is reason to believe that diving does not make any serious affection of the lungs, and it is unlikely that a questionnaire with questions about symptoms from the respiratory tract will have any value in health monitoring of divers in the oil and gas industry. It is recommended that divers' lung function is monitored regularly with measurements from the start of their career.

A periodic monitoring of the divers' auditory function is recommended, and we believe that a questionnaire survey to determine loss of hearing is of little value.

Diving activities in Norway is probably associated with a very low incidence of dysbaric osteonecrosis. There is not enough evidence for screening divers' long bones on a general basis after a baseline X-ray of long bones. One should nevertheless follow selected divers and for these assess radiological investigations with regard to dysbaric osteonecrosis.

Today's health surveys are based on self-report of small effects on the nervous system in the form of change in cognitive function. But it is difficult to assess one own's cognitive function. The available literature does not give the necessary basis for drawing a conclusion concerning a possible increased risk of small effects on saturation and air divers' nervous system. To introduce a new compulsory examination is a big change, which must be justified by a documented risk. On the basis of the available literature, we find that there is no basis for recommending an introduction of a mandatory neuropsychological or neurological examination as part of a health surveillance program of divers in the oil and gas industry.

One can consider offering divers a voluntary neuropsychological examination at the start of the diving career. This could provide a basis for comparison for future tests in order to detect any diving related nervous system effects. However, it is important to record events during the divers' work and to follow up these with e.g. neurological / neuropsychological examinations.

Compared with the health monitoring of other employees, divers seem to be well taken care of with their far more extensive health surveillance program. Today's health surveillance program with the assessment before and after dives, and health examination every 3 years, suggests that divers are well taken care of with regard to health surveillance. Annual Certificate controls (or every other year) are an additional safety factor. Annual screening for symptoms of pulmonary, auditory and cognitive function is, in our opinion, not appropriate.

3. Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	3
2. Summary	4
3. Innholdsfortegnelse	5
4. Ordliste / forkortelser	7
5. Bakgrunn for prosjektet	10
6. Kunnskapsstatus.....	11
6.1. Dykking og lungefunksjon	11
6.1.1. Innledning	11
6.1.2. Dynamisk lungefunksjon	11
6.1.3. Luftstrøms hastighet.....	12
6.1.4. Gassutveksling	12
6.1.5. Andre faktorer som kan forklare lungefunksjonsfunnene hos dykkere	13
6.1.6. Faktorer ved selve lungefunksjonsmålingen.....	13
6.1.7. Sammenheng mellom angitte luftveissymptomer og objektive mål?	16
6.1.8. Konklusjon	16
6.2. Dykking og hørsel	17
6.2.1. Innledning	17
6.2.2. Kjente forhold ved dykking som kan gi skade av hørsel	18
6.2.3. Lave frekvenser.....	19
6.2.4. Høye frekvenser	19
6.2.5. Annen mulig skadelig påvirkning av dykkeres hørsel	19
6.2.6. Dykkerne sammenlignet med andre yrkesgrupper	21
6.2.7. Audiometriske undersøkelser eller spørreskjema for å avdekke mulig tap av hørsel?..	21
6.2.8. Konklusjon	21
6.3. Dykking og aseptisk bennekrose (DON)	22
6.3.1. Innledning	22
6.3.2. Forekomst	22
6.3.3. Etiologi.....	23
6.3.4. Patofysiologi	24
6.3.5. Klinikk/ Symptomer.....	24
6.3.6. Radiologi og differensialdiagnoser	24
6.3.7. Forebygging/ Behandling.....	25
6.3.8. Konklusjon	25
6.4. Dykking og effekter på nervesystemet.....	26
6.4.1. Innledning	26
6.4.2. Litteratursøk.....	28
6.4.3. Registerstudier	28
6.4.4. Kliniske studier	29
6.4.5. Oppsummering / Konklusjon	38
7. Vitenskapelig grunnlag for helseundersøkelser av offshore-dykkere – konklusjoner basert på litteraturstatus.....	40

7.1.	Lunge.....	40
7.2.	Hørsel	40
7.3.	Knokler.....	40
7.4.	Nervesystem	40
8.	Regelverk og praksis for helseundersøkelser av offshore-dykkere – desember 2009.	42
8.1.	Helsesertifiseringsundersøkelser	42
8.1.1.	Offshore helseattest.....	42
8.1.2.	Helsesertifisering av offshoredykkere	44
8.2.	Helseundersøkelser i regi av arbeidsgiver.....	45
8.2.1.	Før- og etterundersøkelse ved metningsdykk / periode med luftdykk.....	45
8.2.2.	3-årlig helseundersøkelse	46
8.2.3.	Årlig helseovervåking (screening) - spørreskjema	48
8.3.	Eksponeringsvurdering.....	50
9.	Helseundersøkelser i arbeidslivet	51
9.1.	Regelverk	51
9.2.	To ulike typer helsekontroller — sertifikatkontroller og arbeidsmiljørelaterte helsekontroller.....	52
9.3.	Helsekontroll av luftpersonell (inkludert flygere).....	52
9.4.	Helsekontroll av dykkere	53
9.5.	Helseoppfølging av dykkere sammenlignet med helseoppfølging av andre arbeidstakere. .54	
9.5.1.	Sertifikatundersøkelsen.....	54
9.5.2.	Arbidsmiljørelatert helsekontroll	54
9.6.	Ansettelsesforhold og helseovervåkning.....	54
9.7.	Konklusjon	54
10.	Anbefalinger om helseundersøkelser av offshore-dykkere.....	56
10.1.	Lunge	56
10.2.	Hørsel.....	56
10.3.	Knokler	57
10.4.	Nervesystem	57
10.5.	Spørreskjema.	57
11.	Referanser	59

4. Ordliste / forkortelser

Abalonedykking	Skjelldykking
Afasi	Språkvansker
BAEP	Brainstem Auditory Evoked Potentials – Ved hjelp av elektroder festet på hodet kan man registrere elektrisk aktivitet i hørselsnerven eller andre deler av hjernen, som reaksjon på et lydsignal.
Benatrofi	Sykelig henfall av benmasse
Benlakune	Hulrom i bensubstansen
Benscintigrafi	Test der et radioaktivt kjemisk stoff sprøytes i blodstrømmen. Kjemikaliet fester seg til områder der det er høy produksjon av nytt ben, noe som vanligvis indikerer en eller annen benskade. Et gammakamera brukes så til å påvise kjemikaliet i benvevet, og det skapes et digitalt bilde.
Cava tympani	Hulrom i øret, innenfor trommehinnen
CNS	Sentralnervesystemet (= hjerne og ryggmarg)
Cortis' organ	Cortis' organ inneholder sansecellene i sneglehuset – kroppens hørselsorgan
DCI ≈ DCS	Decompression illness / Decompression sickness: Trykkfallssyke
Dermatom	Hudområde som får sin nerveforsyning fra ett bestemt segment av ryggmargen.
Don	Dysbaric osteonecrosis – aseptisk bennekrose: Ødeleggelse av benvev uten infeksjon.
Dopplerteknikk	Supplement til ultralydundersøkelse som kan brukes til å måle blodstrømhastighet og blodtrykk
Endearterie	Arterie som er den eneste leverandør av oksygenert blod til et vevsområde
ERS / ATS	ERS=European Respiratory Society / ATS=American Thoracic Society – faggrupper som blant annet utarbeider retningslinjer for undersøkelse og behandling av lungesykdommer
Etiologi	Læren om sykdommenes årsaker
FEF _{25%} / FEF _{75%}	Del av lungefunksjonsundersøkelse: Hastighet på utpusten etter at hhv 25% og 75% av lungevolumet (VC) er pustet ut.
FEV ₁	Forsert ekspiratorisk volum i 1. sekund: Et av målene under en lungefunksjonsundersøkelse: Det luftvolum som personen klarer å blåse ut, fra helt fylte lunger, det første sekundet av undersøkelsen
Hemiplegi	Halvsidig lammelse
Histologi	Studie av kroppsvev i mikroskop
Hyperbareksponering	Eksponering for overtrykk
Hypercapni	For høy konsentrasjon av karbondioksyd i kroppen
Inert	Uten kjemisk aktivitet

Infarkt	Skade i kroppsvev som følge av manglende blodforsyning (vanligvis på grunn av blodpropp)
Inkapsitering	Brukes i flyvermedisin om akutt sykdomsanfall som gjør flyveren ute av stand til å kontrollere flyet
Insidensstudier	Studier av forekomst av nye sykdomstilfeller
Intra-arteriell	Inne i arterien (blodåren som fører fra hjertet og ut i vevet)
Intravaskulær	Inne i blodårer
Iskemi	Tilførselen av blod til et kroppsområde er lavere enn behovet
Juksta-artikulær	Nær et ledd
Kliniske studier	Studier som utføres på mennesker.
Lumbal-	Som har med korsryggen eller lenderyggen å gjøre
Metningsdykkere	Ved dykking til større dyp blir forholdet mellom nyttig arbeidstid og dekompresjonstid meget uøkonomisk. Man lar da være å dekomprimere etter hvert dykk. Dykkeren sover og spiser i sitt trykk-kammer, og først når oppgaven etter dager eller uker er ferdig, eller han skal avløses, foretas dekomprimering. Dekompresjonstiden avhenger av dypet, ca. et døgn for hver 30 meter. Denne teknikken kalles <i>metningsdykking</i> , fordi dykkeren er mett (står i likevekt) med pustegassen. Ved dypdykking brukes alltid hjelm og kabel- og slangeforbindelse til dykkerklokke like ved arbeidsstedet. I den befinner det seg en annen dykker.
MRI / MR	Magnetresonanstomografi – teknikk for å ta snittbilder av deler av kroppen
Nekrose	Vevsdød
Nitroxdykkere	Nitrox er en blanding av oksygen og nitrogen vanligvis med en høyere prosent oksygen enn 21 % som er vanlig i luft. Det er brukt i stedet for luft for å få lenger ikke-dekompresjonstid, forkorte dekompresjonstid eller for å redusere risikoen for trykkfallsyke.
Okklusjon	Tilstopning
Osmotisk etiologi	Væskediffusjon gjennom cellevegger som årsaksmekanisme
Osteoartritt	Slitasjegikt
Osteocytter	Celler som produserer benvev
Ototoksisk	Kjemisk stoff som kan skade hørselen
Paraplegi	Lammelse av begge ben
Parestesi	Prikkende følelse i huden
Foramen ovale	Naturlig åpning mellom høyre og venstre forkammer i fosterets hjerte. Fordi fosteret ikke puster med lungene, blir blodet ledet gjennom dette hullet, direkte til venstre hjertehalvdel og derfra ut i kroppen, i stedet for til lungene. Åpningen lukker seg normalt etter fødselen. Ufullstendig lukning av hullet kalles patent foramen ovale eller atriaseptumdefekt.

Registerstudier	Studier hvor opplysninger hentes fra et register og/eller hvor opplysninger fra ulike registre kobles/sammenstilles. Eksempler på registre kan være kreftregisteret eller dødsårsaksregisteret. Jfr. kliniske studier
Revaskularisering	Etablering av blodforsyning etter infarkt, gjennom innvekst av nye blodårer
SCUBA-dykk	SCUBA=Self-Contained Underwater Breathing Apparatus, dykk med presslufttank på ryggen.
SF-12, SF-36	Spørreskjema med hhv. 12 og 36 spørsmål, som måler funksjonsevne
Sklerose	Fortykkelse av vev, innvekst av bindevev.
Small airways disease	Betennelse og fibrose i de små luftveiene. Kan skyldes mange forskjellige sykdommer, blant annet kan det være tidlige KOLS-forandringer.
Temporary threshold shifts	Midlertidig hørselsnedsettelse, vanligvis etter en kraftig lydpåvirkning
Tender	Medlem av dykketeamet som ikke dykker aktivt, den som passer på fra overflaten under dykket, og tar affære dersom noe skulle hende.
Thorakal- TL _{co} / DL _{co}	Som har med brystkassen å gjøre Diffusjonskapasitet for CO (karbonmonoksyd) – et ledd i en avansert lungefunksjonundersøkelse. Brukes til å sjekke hvor stor del av innpustet gass som diffunderer over i blodbanen i løpet av et gitt tidsrom.
Tremor	Skjelving
Trombose	Blokkering av en blodåre på grunn av en blodpropp
Trykfallssyke type I	Leddsmerter og / eller hudsymptomer
Trykfallssyke type II	Organsymptomer (hjerne, ryggmarg, hjerte, lunger, det indre øre)
Vasospasme	Sammentrekning av blodåre
Vestibularisapparatet	Kroppens balanseorgan (i øret)
Visual evoked potentials	Ved hjelp av elektroder festet på hodet kan man registrere elektrisk aktivitet i synsnerven eller andre deler av hjernen, som reaksjon på et synsstimulus.
WASI	Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence - en intelligenstest

5. Bakgrunn for prosjektet

I mai 2009 ble det gjort avtale mellom Petroleumstilsynet og Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) om prosjektet ”Vurdering av internasjonalt system for helseoppfølging av dykkere i petroleumsvirksomheten.” STAMI påtok seg å foreta en vurdering av industriens nyetablerte system for helseovervåking av disse dykkerne, en årlig spørreskjemaundersøkelse. Vurderingen skal sees i lys av alle systemene for helseoppfølging av dykkere som er etablert i dag. Den skal gi svar på om arbeidsgiver har sikret at dykkerne gis et adekvat tilbud om regelmessig helsekontroll for å avdekke langtidsvirkninger av arbeidsmiljøfaktorer forbundet med dykking i petroleumsvirksomheten. Det ønskes svar på om helseoppfølging av dykkere innfrir relevante krav i arbeidsmiljøloven, aktivitetsforskriften og NORSOK standard for bemannede undervannsoperasjoner. Helseovervåkingen av dykkerne ønskes vurdert opp mot helseovervåkingen av andre arbeidstakere med sammenlignbar eksponering.

Arbeidsgruppen har bestått av forskningssjef dr. med. Knut Skyberg (gruppens leder), overlege dr. med Marit Skogstad (gruppens faglige leder), forsker dr.psychol. Rita Bast-Pettersen, overlege Arve Lie og avd. direktør ved Flymedisinsk institutt dr. med. Anthony Wagstaff. Lege Merete D. Bugge har vært sekretær for gruppen.

Gruppen har tilsammen hatt 3 møter hvor John Arne Ask, Bjarne Sandvik og Olav Hauso har deltatt som representanter for Petroleumstilsynet. Seniorrådgiver/lege Jan Fredrik Andresen fra Helsetilsynet har deltatt på 2 møter.

Helsekontroll av arbeidstakergrupper kan ha flere formål. Helsekontroll kan være viktig i det primærforbyggende arbeidet på arbeidsplassen – det at arbeidsbetingete sykdommers debut forebygges gjennom at arbeidstakeren får råd om risikoreduserende arbeidsmetoder eller livsstil. Dernest kan helsekontrollen være viktig i sekundær forebygging av slike sykdommer. Dette forutsetter at diagnosen stilles tidlig, helst så tidlig at helsesvikten er reversibel. Helsekontroll kan også sees på som en form for screening eller siling av en gruppe arbeidstakere. En slik siling kan ha en viss feilmargen og kan også være kostbar. Derfor må slik screening eller siling vurderes nøye før eventuell iverksettelse, ikke minst med tanke på at en rekke individer kan påføres uriktig eller unødig behandling (de såkalte falske positive) og de som er test negative men likevel syke (falsk negative) kan få forsinket behandling.

Når man skal bestemme innholdet i en grupperettet helsekontroll, er det derfor viktig å bygge på kunnskap. Som grunnlag for våre anbefalinger i denne rapporten er det derfor foretatt en gjennomgang av vitenskapelige publikasjoner om dykking – både innaskjærs og offshore – og helse.

De faglige vurderingene av behov for helseundersøkelser av offshoredykkere er i dette prosjektet utført av Marit Skogstad, som har hatt hovedansvar for kapittel 6.1, 6.2 og 6.3, og Rita Bast-Pettersen, som har hatt hovedansvar for kapittel 6.4. Kapittel 9 er skrevet av Arve Lie og Anthony Wagstaff. Stamis bibliotek, ved hovedbibliotekar Nina Wennerlund Svensen og bibliotekar Berit Brente, har bistått i forbindelse med litteratursøk.

6. Kunnskapsstatus

6.1. Dykking og lungefunksjon

6.1.1. Innledning

Dykkere er eksponert for ulike faktorer som kan påvirke lungefunksjonen. I forbindelse med dykking er lungene eksponert for et økende partialtrykk av oksygen og i forbindelse med dekompresjon kan venøse gassembolier oppstå. Disse faktorene kan indusere inflammatoriske reaksjoner i lungene og gi forandringer i gassutvekslingen (Hlastala et al., 1979, Neuman et al., 1980). Økt pustearbeid grunnet nedsenkning i vann (immersjon) og økt gasstetthet kan resultere i trening av respiratorisk muskulatur og dermed gi økt vitalkapasitet (Crosbie & Clarke, 1977, Crosbie et al., 1979).

De fleste studier før 1990-tallet av dykkernes lungefunksjon har vært tverrsnittsstudier.

I en konsensus fra Godøysundkonferansen i 1993 heter det at

"There is evidence that changesin the lung can be demonstrated in some divers who have not experienced a diving accident or other established environmental hazard.."

og det kom en anbefaling om flere studier som skulle se på mulige langtidseffekter ved dykking (Hope et al., 1994).

6.1.2. Dynamisk lungefunksjon

Studier av dykkere har vist at dykkere har større lunger enn forventet (Crosbie & Clarke, 1977, Davey et al., 1984, Skogstad et al., 2000¹). Det samme fenomenet er også vist i en oppfølgingsstudie av nitroxdykkere (Fitzpatrick & Conkin, 2003). Dette fenomenet kan være forårsaket av seleksjon av personer med store lunger inn til dykkerbransjen eller av tilpasning til dykking pga. trening av respiratorisk muskulatur. Slik trening av respiratorisk muskulatur kan oppstå ved økt luftveismotstand når dykkeren puster under vann og ved at gasstettheten er økt (Maio & Farhi, 1967), ved svømmetrening (Clanton et al., 1987) og ved motstand i pustestytret. Disse faktorene kan dermed bidra til å gi økt vitalkapasitet.

Når en gruppe unge yrkesdykkere ble fulgt over 6 år, ser det ut til at seleksjonsmekanismen er viktigere enn adaptasjonsmekanismen (Skogstad et al., 2002). Dette er også funnet av Adir og medarbeidere (2005).

Til tross for de store lungene hos dykkerne viser både eldre (Crosbie et al., 1979, Watt, 1985) og nyere studier et akselererende fall i lungefunksjonen etter at dykkerne har vært noen år i bransjen. De nyere studier omfatter blant annet tyske oksygendykkere i det militære og en tverrsnittsstudie av fritidsdykkere (Tetzlaff et al., 2005, Lemaitre et al., 2002). Blant norske dykkere som ble fulgt i 6 år, ble det vist at FEV₁ falt mer blant dykkerne sammenlignet med det som var tilfelle i kontrollgruppen fulgt i samme periode. Årlig tap i FEV₁ blant dykkerne var 34 ml (Skogstad et al., 2002). Dette er mer enn man ville forvente blant unge nordmenn fulgt prospektivt der man i aldersgruppen 30-35

åringer ville forvente et tilsvarende fall på 5-10 ml (Johnsen, 2009). Hos dykkerne kunne man imidlertid ikke relatere fallet til selve dykkeeksponeringen. Selv om det heller ikke her var en signifikant sammenheng med selve dykkeeksponeringen, kunne Skogstad & Skare (2008), i løpet av en 12-års oppfølging, vise et økende tap av vitalkapasitet blant dykkerne.

6.1.3. Luftstrøms hastighet

Studier har vist at dykkere tenderer til å få en reduksjon av luftstrøms hastigheten i det lave lungevolum, noe som kan indikere "small airways disease" (Thorsen et al., 1990¹, Tetzlaff et al., 1998). I en 6-års oppfølging av dykkere som hovedsakelig brukte luft som pustegass, ble det vist at dykkere hadde tap i FEF₂₅ % og FEF₇₅ % og at dette var assosiert med antall dykk i løpet av oppfølgingsperioden (Skogstad et al., 2002). Når man sammenlignet dykkere med mye versus liten eksponering ble det også funnet at de med høyest eksponering hadde det største fallet. Det årlige fallet i FEF₇₅ % blant dykkere var på 61 ml/sek. mot forventet 47 ml/sek (Skogstad et al., 2002). Tilsvarende ble det i en studie av metningsdykkere vist et årlig tap på 79 ml/sek (Thorsen et al., 1993).

Fall i ekspiratorisk luftstrøms hastighet i de små lungevolumer har vært et funn som har gått igjen i svært mange studier av dykkers lungefunksjon (Crosbie & Clarke, 1977, Crosbie et al., 1979, Davey et al., 1984, Watt, 1985). I en studie var dette relatert til antall år med dykk (Tetzlaff et al., 1998) og når en kohort av dykkere følges i 12 år og man kontrollerer for alder, antall år, røyking, høyde og vekt, får man en effekt av totalt antall dykk på fallet i FEF₂₅₋₇₅ % (Skogstad & Skare, 2008). I en studie av Reuter og medarbeidere fant man imidlertid ingen radiologiske forandringer av lungene (HRCT) som kunne bekrefte funnene om "small airways disease" (Reuter et al., 1999).

6.1.4. Gassutveksling

Gassutveksling er studert blant dykkere som bruker luft som pustegass og blant metningsdykkere (Bermon et al., 1997, Thorsen et al., 1990²).

I en studie over 6 år av dykkere som hovedsakelig bruker luft som pustegass, ble det funnet at dykkere med liten dykke-eksponering hadde det største fallet i gassutveksling, men når dykkerne i totalgruppen ble sammenlignet med den eksterne kontrollgruppen, var det likevel et større fall i gassutveksling blant dykkerne sammenlignet med kontrollgruppen (Skogstad et al., 2002). Tilsvarende fall i gassutvekslingen ble funnet blant 15 politi/redningsdykkere som ble undersøkt over en like lang periode (Bermon et al., 1997). Blant unge ikke-røykere regner man det årlige tapet i TL_{CO} å være 0,06 mmol/min/kPa (Thorsen et al., 1993). Blant dykkere studert over 6 år var dette på 0,19 (Skogstad et al., 2002) og den reduserte gassutvekslingen kunne forklares med røykevanene til dykkerne. Studien av dykkere som strakk seg over 12 år, der hovedsakelig luft var pustegass, kunne ikke bekrefte fall i gassutveksling. Her fant man at jo mer dykke-eksponering, jo bedre gassutveksling noe som er i tråd med Adir som heller ikke klarte å bekrefte tidligere funn av redusert gassutveksling blant erfarne dykkere (Adir et al., 2005).

Studier av metningsdykkere har vist at et langt metningsdykk gir nedsatt gassutveksling (Thorsen et al., 1990¹, Thorsen et al., 1990², Cotes et al., 1987, Suzuki et al., 1991), og det er vist at oksygen og

venøse mikroembolier kan være årsaken til slik endring av lungefunksjonen rett etter dykket (Dujic et al., 1993, Thorsen et al., 1994). Det er også vist at det årlige fallet i gassutveksling etter et enkelt metningsdykk over en oppfølgingsperiode på 1-4 år er større enn forventet (Thorsen et al., 1993).

I forbindelse med korte dykk, der luft brukes som pustegass, er det også funnet nedsatt gassutveksling som nok kunne forklares med forbigående ødem pga immersjonseffekten (Skogstad et al., 1996).

6.1.5. Andre faktorer som kan forklare lungefunksjonsfunnene hos dykkere

Nyere studier tyder på at dykkere som røyker løper en større risiko for skader slik som mer alvorlig trykklfallsyke i forbindelse med dykking enn ikke-røykere (Dillard & Ewald, 2003). I tillegg er det i en studie av SCUBA-dykkere vist et økende tap av FEV₁ blant røykende dykkere (Tetzlaff et al., 2006). Dette kan altså tyde på at røyking kan samvirke med dykking og gi et akselererende tap av lungefunksjonen.

Økt vekt kan også delvis forklare fall i FEV₁ blant dykkere fulgt i 6 år (Chen et al., 1993, Skogstad et al., 2002). I løpet av en oppfølging av den samme gruppen over 12 år var det gjennomsnittlig en vektøkning på 8 kg i perioden (Skogstad & Skare, 2008). Vektøkning er kjent å kunne ha en sammenheng med tap av lungefunksjon og luftstrømhastighet.

Det er kjent at sveising kan gi forbigående metallrøykfeber, luftveisirritasjon og lungefunksjonsendringer. Det er også holdepunkter for at sveising kan gi økt risiko for lungebetennelse og lungekreft (Antonini et al., 2003). Sveising og andre yrkeseksponeringer kan tenkes å påvirke også dykkernes lunger, men man er ikke kjent med om dette har vært studert. Metningsdykkere i konstruksjons- og reparasjonsarbeid er utsatt for hyperbar kjemisk eksponering. Det er ukjent hvorvidt det kan oppstå mer alvorlige helseeffekter i en slik situasjon enn ved tilsvarende eksponering for kjemikalier på land.

Shykoff og Petryszyn (2004) har kritisert flere studier av dykkere der det er funnet akselererende fall av lungefunksjon for ikke å ha tatt hensyn til aldersforventede verdier eller inter-test variabilitet. De har også kritisert studier av gassutveksling blant dykkere for ikke å ha brukt hemoglobin-korreksjon ved utregning av verdier for gassutveksling.

6.1.6. Faktorer ved selve lungefunksjonsmålingen.

Spirometri er en fysiologisk test som måler et individs inhalerte eller utpustede luftvolum som funksjon av tiden. Det primære målesignalet er volum eller lufthastighet.

For at man skal minske muligheten for feilmålinger skal spirometeret kalibreres i henhold til faste prosedyrer. Testpersonen må få grundig informasjon om gjennomføring av testen i forkant av utførelsen og utfører et gitt antall spirometriske målinger (Miller et al., 2005).

For å oppnå optimale forhold ved selve testingen er det også ønskelig at den samme trenete teknikeren utfører testingen hver gang av personer som skal testes over tid.

Tabell 1. Utvalgte lungestudier av dykkere de siste 20 årene

Forfatter	År publisert / Journal	Type studie	Type dykk	Hovedfunn / Svakheter med studie
Adir et al.	2005/ Chest	Retrospektiv	Sjøforsvaret, pustegass ikke oppgitt	Lavere FEF _{50%} blant dykkere med flest dykk av totalt 109 dykkere. Dykkernes lunger store pga seleksjonsmekanismer Usikkerhet rundt metode for datainnsamling
Bermon et al.	1997/Eur J Appl Physiol Occup Physiol	Prospektiv over 6 år	Rednings-brannvesen	Nedsatt gassutveksling blant 15 brannmenn fulgt over 6 år. Ikke Hb-korrigert Liten gruppe. Ingen kontrollgruppe
Fitzpatrick & Conkin	2003/ Aviat Space Environ Med	Prospektiv over 3 år	Nitrox (46% O ₂)-dykkere	Økt FVC/FEV ₁ blant 43 dykkere i løpet oppfølgingsperioden Få dykkere over kort oppfølgingstid. Ikke ktrl gruppe - Problem å konkludere.
Lemaitre et al.	2002/ Int J Sports Med	Tverrsnitt	Sports-dykkere Luft?	Større vitalkapasitet men lavere luftstrømhastighet blant 32 dykkere sammenliknet med forventningsverdier (ERS 93) Ikke matched kontrollgruppe. Få selekterte dykkere.
Shykoff & Petryszyn	2004/ Undersea Hyperbar Med	Retrospektiv over nær 6 år	Dykkere i sjøforsvaret O ₂ ?	Ingen vedvarende effekt av dykking på FVC, FEV ₁ og DL _{CO} blant 25 dykkere. Liten gruppe. Usikkerhet rundt metoden
Skogstad et al.	1999/ Aviat Space Environ Med	Tverrsnitt	Stort sett luft som pustegass	FVC større blant 26 anleggsdykkere versus kontrollgruppe. FEF _{50%} lavere blant dykkere versus kontroller. Liten studie populasjon blant "Healthy workers".
Skogstad et al.	2000/ Occup Environ Med	Prospektiv over 3 år	Stort sett luft som pustegass	Ved karrierestart er det ingen forskjell på dykkernes lungestørrelse når de med SCUBA-dykkeerfaring sammenliknes med de uten. Tap av lungefunksjon over oppfølgingsperioden var ikke relatert til dykkeeksponeringen
Skogstad et al.	2002/ Occup Environ Med	Prospektiv over 6 år	Stort sett luft som pustegass	Oppfølging av 77 fra kohort på opprinnelig 87 viser dykkerrelatert fall i FEF _{25%} og FEF _{75%} . Større tap i dynamisk lungefunksjon og gassutveksling sammenliknet med ekstern ktrl gruppe. Begrenset antall dykk blant dykkerne. Ktrl gruppe selektert ulikt fra dykkerne

Skogstad & Skare	2008/ Aviat Space Environ Med	Prospektiv over 12 år	Stort sett luft som pustegass	Oppfølging av 37 dykkere viser effekt av totalt antall dykk på $FEF_{25-75\%}$ Få dykkere studert med begrenset antall dykk men dette oppveies av svært lang observasjonstid
Tetzlaff et al.	1998/ Eur Respir J	Tversnitt	Luft/oksygen	Undersøkelse av 180 friske dykkere viser nedsatt luftstrøms hastighet i små og mellomstore luftveier, "small airways dysfunction"
Tetzlaff et al.	2005/ Aviat Space Environ Med	Prospektiv over 6 år	Sjøforsvaret Oksygen	Dykking på grunne dyp med oksygen som pustegass gir ikke tap av lungefunksjon blant de 39 dykkerne som ble fulgt over 6 år. Sammenliknet med referanseverdier
Tetzlaff et al.	2006/ Chest	Prospektiv studie over 5 år	Sjøforsvaret O_2 ?	SCUBA dykking blant 468 personer er ikke assosiert med akselerert fall av FEV_1 men røyking/dykking bidrar til økt fall av FEV_1
Thorsen et al.	1990 ¹ / Br J Ind Med	Tverrsnitt	Metning	152 metningsdykkere hadde lavere FEV_1 og luftstrøms hastighet samt gassutveksling enn kontrollgruppe på 106 personer Tverrsnittsdesign. Viser studien sub-akutte forandringer?
Thorsen et al.	1990 ² / Br J Ind Med	4-6 ukers oppfølging etter metning	Metning	Nedsatt gassutveksling som delvis normaliseres etter noen uker hos 38 dykkere Kort oppfølgingstid, få dykkere, ingen kontroller
Thorsen et al.	1993/ Scand J Work Environ Health	Prospektiv over 4 år	Metning	Fallet i FEV_1 blant 24 dykkere ett år etter dypt metningsdykk større enn blant kontrollene Hadde vært ønskelig med større index gruppe og lengre obs. tid
Thorsen et al.	1994 / Eur Respir J	Crossdive	Metning	Fall i gassutveksling og luftstrøms hastighet kort tid etter metningsdykk med sterkest korrelasjon mellom endring av lungefunksjon og hyperoksi Kort oppfølging. Er dette forbigående forandringer?

Flere faktorer kan gi uønsket variabilitet i målingene. Personer som har luftveisproblemer kan variere mer i måleresultatene enn andre og kan ha vansker med å oppnå akseptable målinger. I tillegg må man ha i mente at en og samme person kan variere i lungefunksjonen i løpet av en måleserie og at denne variabiliteten mellom sesonger er større enn ved et gitt tidspunkt.

Det er viktig at en og samme person blir testet på det samme instrumentet fordi ulike instrumenter kan angi ulike resultater. De største forskjellene er mellom ulike typer spirometre slik som volumbaserte vs. mer flow-baserte instrumenter. Instrumentet som brukes bør tilfredsstillende internasjonale standarder (ERS/ATS).

I flere av skjemaene som brukes ved undersøkelse av dykkere skal lungefunksjonsverdiene angis sammen med forventningsverdier. Det er svært mange forventningsverdier ”på markedet”. I Norge brukes enten verdier fra norske befolkningsgrupper (Gulsviks materialer) eller referanseverdier fra gamle Europeiske studier. I alle tilfeller er det noe å utsette på slike referanseverdier. De Europeiske dataene er gamle og det er svært mange røykere som inngår i dataene. De norske dataene kan slite med de samme problemene og kan i tillegg ha få forsøkspersoner i enkelte alderssjikt, men er, etter vår mening, mer sammenliknbare med andre norske populasjoner. Tatt disse problemene i betraktning, er det når det gjelder den enkelte dykker, viktig at han blir fulgt over tid, med det samme instrumentet og gjerne den samme teknikeren. På den måten vil han være sin egen kontroll og det er jo eventuelle endringer av lungefunksjonen hos den enkelte over tid som er av interesse.

6.1.7. Sammenheng mellom angitte luftveissymptomer og objektive mål?

Kliniske symptomer brukes til å kartlegge tegn på kronisk obstruktiv lungesykdom og astma. Det er imidlertid usikkert om et spørreskjema om symptomer fra luftveiene korrelerer med det man faktisk måler ved en lungefunksjonsundersøkelse.

I en review ble det sett om det var en sammenheng mellom symptomangivelse ved astma og det man faktisk målte fra luftveiene (Ståhl, 2000). Tjueen studier ble identifisert der man skulle se om det var en sammenheng mellom objektive mål slik som FEV₁/PEF og subjektive mål som astmasymptomer. De fleste studiene kunne ikke avdekke noen signifikant korrelasjon. I en annen studie, der man ønsket å avdekke tidlige tegn på kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS), ble et spørreskjema brukt blant nær 3500 pasienter i allmennpraksis. I tillegg ble spirometriundersøkelse benyttet på et utvalg av pasientene. Den positive prediktive verdien til spørreskjema var lav med en sensitivitet på 58% og en spesifisitet på 78% (Buffels et al., 2004). Spirometriundersøkelse er nå en anerkjent metode til å avdekke begynnende KOLS på slik som blodtrykksapparatet er for hypertensjon (Soriano et al., 2009).

6.1.8. Konklusjon

Samlet sett er det funnet små forandringer av lungefunksjonen i gruppen av yrkesdykkere som man har fulgt fra de startet i faget og i til sammen 12 år (Skogstad et al., 2000¹, 2002, 2008). Dykkerne hadde gjennomsnittlig et begrenset antall dykk, men likevel var det mulig å finne en sammenheng mellom fall i lungefunksjonen i de små luftveiene og økende antall

dykk (Skogstad & Skare, 2008). Selv om det var et lite antall dykkere som ble studert er oppfølgingstiden over 12 år så vidt lang at man kan være fristet til å konkludere med at dykking, der luft hovedsakelig brukes som pustegass, kan påvirke lungefunksjonen og gi en liten reduksjon i luftstrømhastigheten (Skogstad & Skare, 2008).

Det er gjort få prospektive studier av rene metningsdykkere. De studiene som foreligger har vist at også slike dykkere tenderer til å få en reduksjon av luftstrømhastigheten eller ”maksimal ekspiratorisk flow” i det lave lungevolum, noe som kan indikere ”small airways disease”. Videre har studier av metningsdykkere vist nedsatt gassutveksling, i hvert fall forbigående, i forbindelse med et langt metningsdykk. For denne gruppe dykkere ville det være ønskelig med flere prospektive studier.

I en konsensus fra Bergen i 2005 heter det at

”There is evidence that changes in... lung function can be demonstrated in some occupational divers...”

I konsensusen pekes det på at kunnskapen om mekanismene til forandringene er begrenset og at det er ønskelig med videre forskning på området. Det er videre anbefalt forebyggende tiltak som inkluderer helseovervåking (Brubakk et al., 2006).

Angitte luftveissymptomer sier lite om mulig endring av lungefunksjonen. Det er derfor lite trolig at et spørreskjema der dykkerne skal angi symptomer fra luftveiene vil ha noen verdi.

Det er flere forhold rundt selve prosedyren ved lungefunksjonstesten som skal være oppfylt, og man anbefaler at det ikke tas unødig mange tester i forbindelse med undersøkelse av lungefunksjonen (tre tester er anbefalt hvis de oppfyller kvalitetskravene, ikke mer enn 8 hver gang) av dykkeren og at han/hun følges av den samme test-teknikeren på det samme instrumentet over tid.

Det er grunn til å tro at dykking ikke gir alvorlig påvirkning av lungen. Likevel er det viktig å understreke viktigheten av å følge opp dykkernes lunger regelmessig fra starten av karrieren (f.eks hvert eller annet hvert år) med lungefunksjonsundersøkelser og samtidig påvirke dem til en sunn livsstil som innbefatter fravær av røyking.

6.2. Dykking og hørsel

6.2.1. Innledning

Studier av yrkesdykkere som utfører metningsdykking, anleggsdykking, inspeksjon eller dykking for forsvaret, har vist at dykking kan gi nedsatt hørsel (Molvær & Albrektsen, 1990, Molvær & Lehmann, 1985). Selv blant dykkere som ikke har støy i anamnesen har det vært påvist nedsatt hørsel (Edmonds, 1985). To studier av anleggsdykkere viser et raskere hørselstap i høye frekvenser, spesielt på venstre øre sammenlinket med eksterne eller interne kontroller (Skogstad et al., 1999, 2000²). Andre studier derimot kan ikke vise til et større hørselstap blant dykkere sammenlignet med den generelle befolkning til tross for støyeksponering, lang dykkeerfaring og gjennomgåtte barotraumer (Brady et al., 1976).

6.2.2. Kjente forhold ved dykking som kan gi skade av hørsel

I forbindelse med dykking er det flere forhold som er kjent å kunne gi skade av hørselen.

Trykkfallsyke og barotraumer er de mest kjente tilstandene (Edmonds et al., 1992).

Trykkfallsyke kan oppstå etter at det dannes inerte gassbobler inni små kar og i væsken i det indre øret. Dette skjer når trykket faller raskt i forbindelse med oppstigning ved et dykk fra et lavere nivå enn det som skal til for å gjøre at gassboblen holder seg oppløst (Shubak et al., 1991).

Barotraume i det indre øret oppstår i forbindelse med problemer med å utjevne trykket i mellomøret. Dette skjer som regel i forbindelse med nedstigning ved dykk når økt omgivelsestrykk fører til et relativt undertrykk i cava tympani (Edmonds et al., 1992).

Hodeskade og øreinfeksjon er også kjente årsaker til hørselstap blant dykkere (Edmonds et al., 1992).

Når det gjelder eksponering for høyt trykk uten påfølgende trykkfallsyke eller barotraume har dyrestudier vist at Cortis' organ kan ødelegges (Wilkes et al., 1984). Blødninger i indre øre, som et resultat av gjentatte kompresjoner/dekompresjoner, er også vist å kunne skade indre øre (Zheng & Gong, 1992). En studie av Meller og medarbeidere, derimot, har ikke kunnet påvise forandringer i indre øret hos dyr etter eksponering for gjentatte trykkbelastninger (Meller et al., 2003).

Dykkere kan være eksponert for både luft- og vannbåren støy i forbindelse med arbeidet, og høye støynivåer i arbeidsomgivelsene til dykkeren kan påvirke hørselen (Summitt & Reimers, 1971). Hørselsområdet til mennesker reduseres fra mer enn 130 dB i luft til 55-60 dB i vann (Hollien, 1993). Siden lyd ikke forsvinner så fort under vann som i luft, kan det økte deteksjonsnivå for lyd i vann gjøre dykkere mindre i stand til å unngå den aktuelle intensiteten til høyenergi lyd som de er utsatt for (Hollien, 1993).

I arbeidsmiljøet til dykkerne kan støy i hjelmen, i tillegg til støy fra trykkammer og hydraulisk verktøy, generere støynivåer opp mot 105 dB (Curley & Knafelc, 1987, Molvær & Gjestland, 1981). Verktøy og eksplosjoner kan gi impulsstøy også i vann. Dykkere som utfører arbeid med trykkluftsverktøy kan være eksponert for støynivåer opptil 105 dB (Molvær & Gjestland, 1981).

En kombinasjon av vibrasjon og støy kan også gi større risiko for støyskade (Zhu et al., 1997). Når dykkeren bruker vibrerende verktøy kan dette altså potensere mulig støyindusert hørselstap.

Yrkeseksponering for løsemidler og gasser slik som kullos og tungmetaller som bly, arsenikk og kvikksølv, kan tenkes å påvirke hørselen også til dykkere (Phaneuf & Hetu, 1990).

6.2.3. Lave frekvenser

Tap av hørsel i lave frekvensområder har blitt rapportert både blant dykkere som jobber med og uten støypåvirkning (Haraguchi et al., 1999, Harashima et al., 1965). En tverrsnittsstudie av sportsdykkere derimot kunne ikke avdekke forskjeller mellom sportsdykkere og kontroller (Klingmann et al., 2004). To longitudinelle studier av henholdsvis Haraguchi og medarbeidere (1999) og Molvær og Albrektsen (1990) fant at hørselen til dykkere, fulgt i hhv 5 og 6 år, tapte seg raskere enn blant kontrollene, og hørselstapet var mest fremtredende i de lavere frekvensene 0.5 til 2 kHz. I en oppfølgingsstudie av dykkere, som stort sett brukte luft som pustegass, ble det også funnet tap i de lave frekvenser, spesielt på det høyre øret, men en sammenheng med dykkeeksponering ble ikke påvist (Skogstad et al., 2005), heller ikke når den samme gruppen ble studert over en periode på 12 år (Skogstad et al., 2009).

6.2.4. Høye frekvenser

Tap i de høye frekvensområdene er funnet i en tverrsnittsstudie av dykkere i sjøforsvaret der dykkerne ble sammenlignet med andre soldater med tilsvarende støyeksposering (Zulkaflay et al., 1996). Tilsvarende funn er gjort i prospektive studier av dykkere (Molvær & Lehmann, 1985, Coles, 1976). I en 12 års oppfølgingsstudie ble det funnet at antall dykk hadde en sammenheng med tap av hørsel i 4 og 8 kHz-området (Skogstad et al., 2009).

I en 6 års oppfølgingsstudie ble det vist at dykkere med de fleste dykk (høyt eksponerte) hadde et større hørselstap enn de med lav eksponering allerede ved skolestart (Skogstad et al., 2005). Dette kunne forklares med at de høyt eksponerte dykkerne hadde mer SCUBA-dykkeerfaring før skolestart. Dette er for så vidt interessant fordi man i aldersgruppen 17-23 år ikke ville forvente noe hørselstap (Lindeman et al., 1987). Det er derfor trolig at det aktuelle hørselstapet i 4 kHz-området kunne relateres til fritidsdykkingen forut for skolestart.

6.2.5. Annen mulig skadelig påvirkning av dykkeres hørsel

Støy i forbindelse med annen yrkesutførelse og i fritiden, slik som ved skyting, kan bidra til resultatene i studier av dykkere. Nedsatt hørsel i 4 og 6 kHz-området har blitt satt i sammenheng med støyeksposering i flere studier (Taylor et al., 1965, Rosler, 1994). Støy påvirker yngre personer, spesielt i 4 kHz-området. Hørselstap i 6 og 8 kHz-området er også nært assosiert med støyeksposering (Taylor et al., 1965, Schneider et al., 1970).

Molvær og medarbeidere har tidligere funnet at det er et større hørselstap på venstre sammenlignet med høyre øre blant dykkere (Molvær & Albrektsen, 1990). Dette er også funnet av andre forfattere som mener at venstre øre er mer følsomt for skade enn det høyre øre (Sharoni et al., 2001, Skogstad et al., 1999). En forklaring kan være at venstre øre er mer eksponert for støy (Pirila, 1991). Bl. a. kan dette komme av at det er mer støy på venstre side inne i dykkermasken/hjelmen (Curley & Knafelc, 1987). For det annet kan fritidspåvirkning av støy ved skyting gjøre at venstre øre er mer påvirket enn høyre (McGill & Schuknecht, 1976) og til slutt er det foreslått en asymmetri i hørselssystemet som kan forklare dette funnet (McFadden, 1993).

Tabell 2. Utvalgte studier av hørsel blant dykkere de siste 20 årene

Forf.	År publisert	Type studie	Type dykkere / pustegass	Hovedfunn / Svakheter ved studien
Haraguchi et al.	1999	Prospektiv	Yrkesdykker Luft	Større tap av hørsel enn forventet blant 18 yrkesdykkerne fulgt over 5 år
Klingmann et al.	2004	Tverrsnitt	Sportsdykkere Luft	Ingen forskjell i hørsel når 60 dykkere sammenliknes med 63 ikke-dykkere. Seleksjonsproblem; de med dårlig hørsel kuttet ut dykkingen?
Molvær & Albrechtsen	1990	Prospektiv	Yrkesdykkere Luft Metning	Raskere tap av hørsel blant 116 dykkere fulgt over 6 år sammenliknet med referanse populasjon
Sharoni et al.	2001	Tverrsnitt	Yrkesdykkere	Hørselstap blant 13 dykkere i 3-6 kHz området. Liten gruppe studert, seleksjon?
Skogstad et al.	1999	Tverrsnitt	Anleggsdykkere Hovedsakelig luft	26 anleggsdykkere sammenliknet med like mange kontroller fra støyutsatt bransje. Ingen forskjell mellom gruppene. Større tap på venstre enn høyre øre hos dykkerne
Skogstad et al.	2000	Prospektiv	Yrkesdykkere Hovedsakelig luft	En 3-års oppfølging av 54 yrkesdykkere viser et signifikant tap i 4 kHz området
Skogstad et al.	2005	Prospektiv	Yrkesdykkere Hovedsakelig luft	En 6 års oppfølging av yrkesdykkere viser ingen signifikante forskjeller mellom høyt og lavt eksponerte dykkere. Hørselen til dykkerne bedre enn i den generelle befolkning
Skogstad et al.	2009	Prospektiv	Yrkesdykkere Hovedsakelig luft	En 12-års oppfølging av yrkesdykkere som viser effekt av dykking i 4 og 8 kHz området
Taylor	2006	Tverrsnitt	Sportsdykkere Luft	16 erfarne dykkere sammenliknet med 16 kontroller viser tap av hørsel i 6 kHz området blant dykkerne. Seleksjonsproblematikk? Liten gruppe

Andre ototoksiske faktorer, både av kjemisk og fysisk art som er assosiert med fritid, slik som sigarettøyking, kan påvirke hørselen – også hos dykkere (Nakanishi et al., 2000).

Det er kjent at dykkere kan ha forbigående symptomer fra vestibularisapparatet slik som svimmelhet. Hva angår dykkere og symptomer og funn fra vestibularisapparatet, er ingen prospektive studier tidligere publisert før en norsk oppfølgingsstudie over 6 år (Goplen et al., 2009). I fravær av barotraumer og trykkfallsyke i det indre øre, ble det ikke funnet langtidseffekter av dykking på vestibularisapparatet i denne studien (Goplen et al., 2009).

6.2.6. Dykkerne sammenlignet med andre yrkesgrupper

Selv etter 6 års oppfølging var hørselen til dykkerne bedre enn referansegruppens hørsel (Skogstad et al., 2005, Molvær et al., 1983). I andre studier er det også vist at hørselen til unge dykkere kan være bedre enn det som er tilfelle for referansegruppene (Molvær & Lehmann, 1985). En grunn til dette kan være seleksjonsmekanismer som inkluderer selvseleksjon dvs. at dykkerne som søker seg inn i bransjen har bedre helse enn andre. En mulig kohort-effekt kan også være relevant fordi referansepopulasjonene kan ha vært undersøkt 10-20 år før dykkerne og kan dermed ha hatt andre oppvekstvilkår som har kunnet påvirke hørselen.

6.2.7. Audiometriske undersøkelser eller spørreskjema for å avdekke mulig tap av hørsel?

I følge Statens helsetilsyns ”Retningslinjer for helseundersøkelse av yrkesdykkere” fra 2000 bør audiogram gjentas årlig etter første helseundersøkelse. Vi mener at dykkere bør gjennomgå obligatoriske hørselstester hvert eller annet hvert år ved sertifikatfornyelsen. Selv om slike hyppige undersøkelser kan gi en læringseffekt (Robinson, 1991), er audiometriundersøkelsen bedre egnet til å fange opp hørselstap enn et spørreskjema om nedsatt hørsel. En studie der subjektiv angivelse av hørselstap ble sammenliknet med det som faktisk ble målt, viste en svært lav sensitivitet i alle alderskategorier for slike spørsmål. Forfatterne konkluderer med at slike spørreskjema ikke er noe alternativ til audiometriundersøkelsen ved helsekontrollen (Hashimoto et al., 2004).

6.2.8. Konklusjon

I en konsensus fra Bergen i 2005 heter det at

”There is evidence that changes in... cochleo-vestibular system can be demonstrated in some occupational divers...”

I konsensusen er det videre anbefalt forebyggende tiltak som inkluderer helseovervåking (Brubakk et al., 2006).

I tråd med konsensusen finner vi i vår litteraturgjennomgang holdepunkter for at dykking, uavhengig av kjente skader som kan påvirke hørselen, kan gi et lite hørselstap både i de lave frekvenser men spesielt i de høye frekvensområdene. Dette gjelder både dykkere som dykker med luft som pustegass og metningsdykkere. I de første årene av karrieren ser det ut til at dykkerne hører bedre enn forventet.

I følge Statens helsetilsyns ”Retningslinjer for helseundersøkelse av yrkesdykkere” fra 2000 bør audiogram gjentas årlig etter første helseundersøkelse men ved senere årlige kontroller er det tilstrekkelig at dykkerne oppfatter talestemme på 1 meters avstand. Vi mener at dykkere bør, slik tilfelle er for togførere, underkastes regelmessige audiometriundersøkelser fra starten av karrieren, og dykkeren må læres opp til å ta hensyn til/beskytte seg mot støy både i arbeid og i fritiden.

6.3. Dykking og aseptisk bennekrose (DON)

6.3.1. Innledning

Infarkt i ben, som igjen har vært assosiert med trykkeksposering, enten i vann eller i luft, har vært kjent i over hundre år. Allerede i 1888 ble det foreslått at slike nekroser kunne oppstå uavhengig av infeksjoner. I 1913 ble det vist at det var en sammenheng mellom trykkfallssyke og senere røntgenpåvist benatrofi og sklerose hos en arbeider som jobbet under trykk. Den første nekrosen hos en dykker ble påvist i 1936 (Hutter, 2000) og i 1943 ble røntgenforandringer hos en dykker påvist. Da hadde det gått flere måneder fra hyperbar-eksponeringen til symptomene fra leddet oppsto. Aseptisk bennekrose (dysbaric osteonecrosis = DON) har kunnet oppstå ved trykksettinger på så grunt dyp som 12 meter (Edmonds et al., 1992).

Det er også vist at lesjoner i ben kan tilhele ved at nytt benvev blir dannet. Blant 30 dykkere som deltok i 17 oksygen/helium metningsdykk fant Pearson og medarbeidere 22 lesjoner hos 13 dykkere ved benskintigrafi. Gruppen ble fulgt med en rekke undersøkelser før og etter fullførte dykk. Kun fire av lesjonene konverterte til typiske DON ved røntgenundersøkelse (Pearson et al., 1982).

I en konsensus fra den såkalte Godøysundkonferansen i 1993 ble det angitt at det er holdepunkter for at forandringer i ben, CNS og lunge kan være tilstede hos dykkere som ikke har gjennomgått ulykker og at slike endringer kan tenkes å påvirke dykkerens fremtidige helse. Det ble understreket at det var viktig med mer forskning på området (Hope et al., 1994).

6.3.2. Forekomst

Insidensstudier av DON ble ikke foretatt før på 1960-tallet. Blant trykksatte tunnelarbeidere (Caisson arbeidere) ble det blant 1674 arbeidere påvist nær 20% med bennekrose. De var trykksatt en gang daglig, og ofte til grunne dyp. Blant dykkere ligger forekomsten i ulike studier på mellom 2,5% og mulig 80% (blant kinesiske yrkesdykkere). Det ser ut som dykkere som foretar relativt dype dykk med lang bunntid og med utilstrekkelige dekompresjoner har den største risikoen for å få slike nekroser. I Vesten ligger forekomsten svært lavt slik at det blant 7000 yrkesdykkere kun ble avdekket 12 tilfeller, dvs. 0,2%. Fra England er det rapportert at DON oppstår hyppigere blant eldre menn som har hatt lang dykkererfaring og ofte med dype dykk. Tilsvarende er det blant Caisson-arbeidere en forekomst på 17%, men også her er lesjonen hyppigere hos eldre menn. Blant SCUBA-

dykkere, eller fritidsdykkere, er DON svært sjeldent. Denne gruppen dykker til maksimalt 50 m, og følger som regel dekompresjonstabeller (Edmonds et al., 1992). I en nyere tysk tverrsnittsstudie av (O₂) dykkere i forsvaret, der man brukte MR teknikk, var ikke slike nekroser hyppigere enn i den generelle befolkningen (Bolte et al., 2005). De som hadde usikre funn blant dykkere og kontroller ble fulgt i fire år og de radiologiske funnene viste ingen progresjon.

6.3.3. Etiologi

DON forekommer hyppigst i lårbenets hode eller i lårhalsen, men også i margholdig skaft til de lange rørknoklene i armen (Hutter, 2000). I en studie av benlesjoner blant 207 trykksatte arbeidere ble det funnet at 20% av lesjonene var i humerushodet (skulder), 1% i femoralhodet (hofta), 60% i nedre del av femur (rett over kneet) og at 17% var i øvre tibia (rett under kneet) mens 2 % var i tibia skaftet (McCallum i Hope et al., 1994).

Blant pasienter som står på steroider ser man ofte at ankel og kneledd kan affiseres, noe man aldri ser blant dykkere. Dette kan bety at disse bennekrosene har ulik etiologi.

Ulike etiologiske teorier for DON har blitt foreslått. Det vanligste er at tilstedeværelse av intravaskulære gass bobler, som utvikles i forbindelse med dekompresjonen, kan forårsake okklusjoner av endearteriene (Davidson, 1989).

På den måten tror man at infarkt i bensubstansen er forårsaket av en arteriell gassemboli, som dannes i forbindelse med dekompresjonen. Stille bobler kan avdekkes gjennom dopplertechnikker og flere studier kan tyde på en sammenheng mellom type 1 trykfallssyke og intra-arterielle bobler.

Flere dyremodeller er utviklet for å studere fenomenet og andre teorier som en osmotisk etiologi er også blitt foreslått (Harrelson & Hills, 1970).

I 1970 foreslo Harrelson & Hills at langsommere kompresjon kunne redusere i forekomsten av DON og at en mulig risikofaktor til DON var rask kompresjon (Hutter, 2000).

Andre mener at store mengder nitrogen tas opp i fett i benmargen i forbindelse med lange trykkeksponeringer. Deretter frigjøres gassen fra fettvevet og ekspanderer på en slik måte at blodforsyningen til benvevet forstyrres.

En annen mulig forklaring til DON kan være oksygentoksisitet. Dette kan skje gjennom en lokal vasospasme som igjen fører til iskemi. Ved høyt oksygentrykk er det vist svelling av fettceller som igjen kan føre til at blodtilførslen hindres. Teorien tilbakevises av Kindwall som viser til at dykkere som bruker oksygen under trykk for å dekomprimere har en mindre forekomst av DON enn dem som dekomprimerer på luft. Det er heller ikke beskrevet tilfeller av DON blant pasienter som behandles med hyperbar oksygenbehandling og Kindwall hevder at dekompresjon med oksygen er den tryggeste måte å dekomprimere tunnelarbeidere på (Kindwall, 1997, Hutter, 2000).

Det å redusere forekomsten av trykkfallsyke ved f.eks å fokusere på å redusere overvekt blant de som trykkesetter ser ut til å gi redusert forekomst av DON (McCallum i Hope et al., 1994). Samlet sett tenker man seg at DON er en langtidseffekt av utilstrekkelig dekompresjon.

6.3.4. Patofysiologi

DON sees histologisk ved at det er fravær av osteocytter i benlakunene. Dette begynner antagelig få timer etter et infarkt. Revaskularisering starter deretter, og dette kan igjen føre til at noen lesjoner blir borte. Imidlertid vil nekrotiske områder kollapse under belastning og det er i dette stadiet at kliniske symptomer oppstår. Hvis nekrosen er nær brusk i ledd kan det skje en avflating av leddflaten og frakturer kan oppstå under bruskområdet. Sekundært kan degenerative osteoartritter oppstå i slike ledd (Edmonds et al., 1992).

6.3.5. Klinikk/ Symptomer

De tidligere lesjonene, som gjerne kan oppstå etter anamnesticke opplysninger om trykkfallsyke, er ofte asymptomatiske og vil da kun detekteres gjennom røntgenundersøkelse. Men det er tilfeller der symptomer, med først og fremst smerter, oppstår før røntgenfunn. Smertene oppstår i hofte eller skulderledd. Slike smerter kan komme plutselig eller over måneder og til og med år.

Det er to hovedområder for slike lesjoner som kalles:

Juksta-artikulær lesjon

Hode-/hals- og skaftlesjoner

6.3.5.1. Juksta-artikulære lesjoner

Disse lesjonene refererer seg til lesjoner nær ledd og kalles for type A lesjoner. De kan dreie seg om store lesjoner. De er ofte nær vekt bærende ledd og kan gi en kollaps av selve leddet. Det dreier seg om hofte eller skulder.

Symptomer som kommer fra juksta-artikulære lesjoner avhenger av posisjon og alvorlighetsgraden av benskaden. Som regel er smerten over leddet. Sekundær degenerativ artritt kan komme etter nedbrytning av leddets brusk, og på den måten reduseres leddets bevegelighet (Edmonds et al., 1992).

6.3.5.2. Hode-/hals- og skaftlesjoner

Disse kalles gjerne for type B lesjoner. De er ofte asymptomatiske. Som regel er det snakk om femur- og humerus skaftlesjoner. Tilheling av ben har blitt rapportert for disse lesjonene.

6.3.6. Radiologi og differensialdiagnoser

Det er flere differensialdiagnoser som må vurderes ved et evt. røntgenfunn hos en dykker, som er lite sensitivt i et tidlig stadium av DON (Bolte et al., 2005). Det kan dreie seg om godartede svulster, andre artritter, traumer, alkoholbetingede skader og evt. steroidpåvirkede tilstander. Radiologiske forandringer er relativt sene i forløpet og ofte kan det være snakk om flere år før slike forandringer er synlige.

Andre måter å stille diagnosen på kan være benskontigrafi som gir en høy grad av sensitivitet men er lite spesifikk og kan gi høy kumulativ stråledose (Bolte et al., 2005), tomografi av benet, slik som CT undersøkelse kan også benyttes. I dag er MR undersøkelsen etablert som en sensitiv metode for å avdekke DON, og i dyrestudier kan nekrosen avdekkes en uke etter en gitt hendelse (Bolte et al., 2005).

6.3.7. Forebygging/ Behandling

Tidligere var holdningen at det var viktig å påvise slike nekroser tidlig hos dykkere som dykker dypere enn 15m med baseline røntgen av lange rørknokler og evt. benskontigrafi, CT/MR undersøkelse ved usikre røntgenfunn, benskontigrafi/MR ved smerter i ledd eller bursitter, røntgenundersøkelse og benskontigrafi 1-2 uker etter en trykfallssyke samt røntgenundersøkelse 6 mnd. etter trykfallssyke (Edmonds et al., 1992). CT anbefales nå fremfor vanlig røntgen ved diagnostikk av DON (Jiang et al., 2005). I følge David Elliott er det ikke lenger grunnlag for å screene friske personer med røntgenundersøkelser. Han hevder også at DON har en god prognose hos de fleste og han anbefaler derfor flere epidemiologiske MR studier (Brubakk et al., 2006). Der lesjoner hos dykkere er mistenkt, slik som etter en trykfallssyke, og der smerter i muskel-skjelett-systemet oppstår ved rekompresjonsbehandling (HBO), kan også MR være et nyttig verktøy (Stephant et al., 2008).

Det vil vanligvis ikke være aktuelt med medisinsk behandling av DON, men kirurgi kan vurderes hvis DON gjør pasienten svært handikappet.

6.3.8. Konklusjon

I en konsensus fra Bergen i 2005 heter det at

"There is evidence that changes in... bone can be demonstrated in some occupational divers..."

I konsensusen pekes det på at disse endringene kan påvirke dykkerens livskvalitet. Det er anbefalt forebyggende tiltak som inkluderer helseovervåking (Brubakk et al., 2006).

I følge Statens helsetilsyns "Retningslinjer for helseundersøkelse av yrkesdykkere" fra 2000 skal røntgen av lange rørknokler tas før sertifisering for klasse II og III dykkere og deretter baseres undersøkelsene på klinisk skjønn.

Risiko for DON vil være avhengig av hvordan man dykker. Insidensen er høyere i u-land enn i i-land (Brubakk et al., 2006). Selv om det er kjent at trykfallssyke underreporteres er det for dykking i Norge sannsynligvis svært lav insidens av DON. Det er også trolig at mange begynnende DON tilheler av seg selv. Kostnadene ville være enorme ved evt. screening av dykkere for DON.

Det er ikke grunnlag for å screene dykkers lange rørknokler på et generelt grunnlag. Man bør likevel følge selekterte dykkere slik som dykkere med gjennomgått trykfallssyke, leddsmerter eller utelatte dekompresjon, og for disse vurdere radiologiske undersøkelser.

6.4. *Dykking og effekter på nervesystemet*

6.4.1. Innledning

Ved siden av oksygenforgiftning med mulighet for kramper, kan både nitrogen (nitrogennarkose) og CO₂ (hypercapni kan gi bevissthetstap) gi akutt påvirkning av CNS når gassene er satt under trykk. Dette gir begrensninger når luft under trykk skal brukes som pustegass ved dyp dypere enn 40-50 meter.

Trykkfallsyke, Decompression Sickness (heretter omtalt som DCS), skyldes at det dannes bobler i vev eller blodomløp på grunn av manglende oppløsning av inerte gasser. Tidligere delte man DCS inn i mild DCS type I ("pain only", hud, lymfesystem), og alvorlig DCS type II som omfattet hjerte/kar/lunger eller nervesystem. Mange bruker nå DCS om begge tilstandene, eller bare om DCS type II. Et annet forslag er å bruke decompression illness (DCI) som en samlebetegnelse for DCS I, DCS II og arteriell gass embolisme (AGE) (Baratt et al., 2002).

At dykking kan skade CNS i forbindelse med hendelser slik som DCS er velkjent. Symptomer som parestesier, svimmelhet og koordinasjonsproblemer kan tyde på DCS i CNS, som ser ut til å være hyppig forekommende når først dykkere søker behandling for DCS (Newton et al., 2007). Slike pasienter kan i tillegg, avhengig av hvor lesjonen sitter, ha ulike kliniske tegn slik som hemiplegi, kramper, afasi, hodesmerter og forvirringstilstander. De fleste med gjennomgått DCS ser likevel ut til å være uten senskader, men histologiske undersøkelser av CNS tyder på større endringer enn symptomatologien i enkelte tilfeller kan tyde på (Palmer et al., 1981). Mens MRI undersøkelser av CNS hos pasienter med gjennomgått arteriell gassemboli eller DCS har vist skade både intracranielt og i spinalkanalen (Warren et al., 1988, Gao et al., 2009) hevder Grønning og medarbeidere (2005) at MRI og EEG har lav sensitivitet i diagnosen av DCS i CNS men kan være et nyttig verktøy ved påvisning av skader i spinalkanalen (Grønning et al., 2005).

De patologiske skadene i CNS inkluderer blødninger, ødem og demyelinisering i store- og lillehjernen i tillegg til hjernestammen (Edmonds et al., 1992). Rozsahegyi (1959) var den første som beskrev psykologiske forstyrrelser etter gjennomgått DCS. Selv etter behandling for DCS kan pasienten ha avvik på nevropsykologiske tester eller EEG (Edmonds et al., 1992). Tegn som tremor og ataksi kan tyde på skade av lillehjernen mens påvirkning av spinalkanalen, som forekommer i 66% av DCS i CNS, gjerne i thorakal- eller lumbalavsnittet, kan gi paraplegi, nedsatt sensibilitet i lumbaldermatomene og urinretensjon.

Mens epidural venøs trombose ser ut til å være mekanismen ved spinal DCS, ser det ut til at de rene cerebrale skadene hos dykkere refererer seg til arteriell gassemboli (Warren et al., 1988, Hallenbeck et al., 1975). Slike embolier kan oppstå i forbindelse med barotraumer i lungene med direkte ruptur inn i det arterielle systemet eller pga embolier grunnet ukjent høyre-venstre shunt i hjertet. Ca en fjerdedel av befolkningen har en slik patent foramen ovale. Kognitive symptomer dominerer bildet ved slike tilstander som oppstår kort tid etter at dykkeren har nådd overflaten (Warren et al., 1988).

Spørsmålet man har stilt seg er om forsvarlig dykking uten DCS eller andre hendelser kan påvirke sentralnervesystemet. Enkelte av bidragsyterne på en konsensuskonferanse i 1993, Godøysundkonferansen, mente det var grunnlag for å hevde at dykking per se kunne forårsake CNS-skade mens andre deltakere mente det ikke kunne dokumenteres at dykking uten hendelser kunne føre til CNS påvirkning.

Eventuelle ”silent bubbles” med derpå trombocyttaivering og skade av endotelet i hjernen samt Todnems studier fra 1990-91, der disse fant konsentrasjonsproblemer og parestesier blant dykkere uten kjent hendelse, ble brukt for å støtte synet om at dykking per se kunne gi CNS-skade (Hope et al., 1994). I tråd med dette ble det også vist til en studie av Palmer og medarbeidere (1992) som i hjerner til avdøde dykkere fant lakuner og hyalinisering av små kar i hvit substans i hjernen som kunne minne om det man ser ved hypertensjon. I spinalkanalen fant den samme gruppen infarkter (Palmer et al., 1992).

High pressure nervous syndrome (HPNS) er også kjent å påvirke hjernen, men her ser det ut til at de fleste dykkerne kommer seg uten varige men. HPNS oppstår ved dykk, gjerne dypere enn 150 meter, og har en sammenheng med gass-sammensetningen i pustegassen. Forbigående kliniske og elektrofysiologiske forandringer kan oppstå slik som tremor, døsigheit, hyperrefleksi, søvnforstyrrelser og EEG-forandringer (Rostain i Hope et al., 1994).

Konsensus fra Godøysundkonferansen i 1993 munnet ut i at:

”There is evidence that changesin the CNS can be demonstrated in some divers who have not experienced a diving accident or other established environmental hazard..”

og det kom en anbefaling om flere studier som skulle se på mulige langtidseffekter ved dykking (Hope et al., 1994).

Siden man vurderer CNS-påvirkning som mest alvorlig i forbindelse med dykking og at konsensusen fra Godøysund i 1993 var basert på undersøkelser av metningsdykkere som deltok i dype forsøksdykk (300 meter eller dypere), ble en ny konsensuskonferanse holdt i 2005 (Brubakk et al., 2006). Under denne konsensusen ble flere upubliserte resultater presentert, og man understreket at lite ny kunnskap var kommet for en dag i løpet av de 12 årene som hadde gått etter konferansen i 1993 (Brubakk et al., 2006).

Det var betydelig uenighet mellom forskerne fra forskjellige miljøer om hva slags konklusjoner som kunne trekkes, og et flertall på konferansen samlet seg om følgende konsensusuttalelse:

”There is evidence that changes in.....CNS can be demonstrated in some occupational divers...”

I konsensusen pekes det på at forandringene har potensiale til å påvirke dykkernes livskvalitet og at kunnskapen om mekanismene til forandringene er begrenset. Det vises videre til at det er ønskelig med videre forskning på området. Det er videre anbefalt forebyggende tiltak som inkluderer helseovervåking (Brubakk et al., 2006).

Uavhengig av konsensusen fra 2005 (Brubakk et al., 2006), ønsket vi å danne oss en oversikt over publiserte studier av effekter på nervesystemet relatert til dykking, i det aktuelle prosjektet "Vurdering av behovet for helseoppfølging av dykkere i petroleumsvirksomheten". Derfor ble det, på sensommeren 2009, i samarbeid med Stamis bibliotek, gjort et litteratursøk. Man laget så en tabell hvor studier som ble vurdert som aktuelle ble satt inn, med publikasjonsår, opprinnelsesland, antall dykkere / kontroller og en kort, stikkordsmessig beskrivelse av funnene. Tabellen inneholder fullstendige referanser, slik at leseren selv lett kan finne frem til studier av interesse.

Med bakgrunn i litteratursøket, vil først en del registerstudier bli omtalt, deretter enkelte kliniske studier. De kliniske studiene som blir diskutert har enten utgangspunkt i Norge, eller har vært omtalt i det norske dykkermedisinske miljøet. For øvrig vises det til tabellen som i form av stikkord omtaler relevante studier som ble funnet i litteratursøket.

6.4.2. Litteratursøk

Litteratursøket ble gjort i tre databaser. I *Pubmed* ble det gjort ett endelig søk. Ved å kombinere alle søkeord for dykkeksponeringer pluss alle effekter og alle relevante undersøkelsesmetoder, fikk man som endelig treff: 74 artikler.

Det ble utført til sammen tre endelige søk i *ISI-basene*. Disse søkene ga, ved søk på kombinasjonen av dykkeksponering, alle undersøkelsesmetoder og skadet organ: 46 treff / artikler. Ved et søk med dykkeksponering og skadet organ, fikk man 19 treff. Ved et søk som omfattet nevropsykologiske søkeord og dykkeksponering, fant man 13 artikler.

I *Ovid (Embase / psychlit)* ble det gjort to endelige søk. Ett søk omfattet alle eksponeringstermer og alle nevropsykologiske termer og ga 49 treff / artikler. Ett søk som omfattet alle eksponeringstermer pluss alle nevrologiske / nevropsykologiske syndromer ga i alt 89 treff / artikler.

Til sammen ble 290 abstrakt vurdert. Mange var dubletter. 54 artikler ble inkludert i tabell med fulle referanser. Tabellen viser opprinnelsesland og publiseringsår, antall eksponerte og kontroller, studiedesign, undersøkelsesmetoder og viktigste resultater i stikkordsform, samt vurdering av relevans (+/-) for helseeffekter fra dykk generelt og for helseundersøkelser spesielt. Referanser som er satt inn i tabellen er merket med en (T). Enkelte artikler som ikke ble fanget opp av søket er allikevel omtalt i teksten. Av metodiske årsaker valgte man ikke å inkludere disse i tabellen. Disse er imidlertid lagt inn i referanselisten ved slutten av kapitlet, sammen med andre studier som er omtalt i teksten. Studier som bare er omtalt i tabellen, er ikke inkludert i referanselisten.

6.4.3. Registerstudier

En studie fra 1978 (Bayne, 1978) (T), vurderte 50 tilfeller av DCS som ble behandlet i trykktank og konkluderte med at alle ble helt friske. Vurderingen ble gjort umiddelbart etter behandling, slik at man ikke vet om det tilkom komplikasjoner senere. Samme studie

rapporterte at i den amerikanske marinen, ble det rapportert bare 46 tilfeller av DCS etter 70.249 dykk, en insidens på 0,065%.

En registerstudie fra 1986 analyserte 1.174 ulykker (accidents) blant amerikanske marine-dykkere. Ulykkene hadde skjedd i løpet av 706.259 dykk. Den mest vanlige skaden var DCS og barotraumer. Det var økt risiko for skader ved metningsdykk, mens den totale ulykkesraten var 1,69/1.000 dykk, var den 111,63/1.000 ved metningsdykk. Man fant en viss grad av senvirkninger etter nesten 20% av uhellene (Blood & Hoiberg, 1985) (T).

De samme forfatterne gjorde også en registerstudie av 1.977 marinedykkere (offiserer) sammenlignet med 1.973 offiserer som ikke var dykkere (Hoiberg & Blood, 1986)(T). Marinedykkerne hadde flere sykehusinnleggelser på grunn av lidelser i nervesystemet eller leddplager, men sykehusoppholdene var ikke relatert til stor dykkeraktivitet.

En fransk registerstudie (Barre et al., 1988) (T) som omfattet 956 dykkere med 1.500.000 dykk, fant færre rapporterte skader enn i sammenlignbare grupper, sannsynligvis på grunn av underreportering av lette skader. Imidlertid var dødeligheten høyere (10 dødsfall; 1,3%).

En registerstudie som har lite relevans for norske forhold, fordi den ble utført i Saudi Arabia, omtales her for helhetens skyld. Studien vurderte 52.691 dykk foretatt i 1993-95 av dykkere som betjente et oljefirma i Midtøsten (Luby, 1999) (T). Ved dykkedybde dypere enn 100 fot (30,5 m), økte risikoen for DCS mer enn syv ganger sammenlignet med grunnere dykk. Man fant ingen sammenheng mellom henholdsvis alder, type utstyr, eller bunntid og DCS.

En nyere fransk registerstudie (Blatteau et al., 2005) (T) som omfattet 1.800 dykkere (1.600 skipsdykkere og 200 minedykkere med dykk ned til 60 meter) fant en ulykkesrisiko på 1/30.000 dykk. Ved dykk til 45-60 meter var ulykkesrisikoen 1/3.000 dykk. Tilfellene med DCS fordelte seg med 66% spinalt, 23% cerebralt, 8% indre øre og 3% ledd. Det var ingen dødsfall og bare to tilfeller med varig nevrologisk skade. Man fant ingen sammenheng med temperatur, alder, anstrengelse under dykking eller gjentatte dykk. Mer enn halvparten av ulykkene skjedde blant marinedykkerne.

6.4.4. Kliniske studier

6.4.4.1. Norske studier

Norske forskere har bidratt med flere kliniske studier av dykkere. I en liten studie av dykkere som hadde vært utsatt for alvorlige uhell fant man klare nevropsykologiske utfall blant åtte av ni dykkere (Værnes & Eidsvik, 1982). I en studie av nevropsykologiske effekter relatert til metningsdykk, testet man 23 dykkere før og etter dykk til 300 og 350 meter. Tolv dykkere ble også testet under dykking. Alle dykkerne viste nevrologiske tegn og symptomer mens de var under trykk. Man fant ingen utfall på nevropsykologi etter ett dykk, men seks dykkere som også hadde dykket noen måneder tidligere hadde utfall på nevropsykologiske tester (Aarli et al., 1985) (T).

I en studie av nevropsykologiske effekter ved metningsdykking ble en gruppe på 32 metningsdykkere fulgt i 3,5 år. Artikkelen viser ikke absolutte resultater, men angir i prosent hvor stor andel som hadde mer enn 10% svakere resultater ved annen gangs undersøkelse. Dette varierte mellom 10 og 53% for ulike tester. Studien fulgte også opp en gruppe på 64 metningsdykkere med dype dykk, og resultater fra undersøkelse rett etter dykk og ett år etter dykk viser at en viss andel hadde nedsatte prestasjoner (definert som minst 10% svakere enn publiserte normer) etter dykk og at dette ikke endret seg etter ett år (Vaernes et al., 1989) (T). Da en viss andel av dykkerne presterte bedre enn gjennomsnitt, kan flere av resultatene i studien derfor avspeile normalfordelingen i en gruppe.

En gruppe på 156 dykkere, både metningsdykkere og luftdykkere, danner utgangspunkt for flere publikasjoner utgått fra Norge (Todnem et al., 1990¹, Todnem et al., 1990², Todnem et al., 1991¹, Todnem et al., 1991²) (T). En epidemiologisk studie av effekter av dykking på nervesystemet, omfattet 156 metnings- og luftdykkere med minst ett års eksponering og 100 kontroller. Det fremgår ikke helt klart hvorledes dykkere og kontroller ble rekruttert til studien, og det ser ut til at kontrollene ikke var helt sammenliknbare med dykkerne i det de hadde lengre utdanning og et lavere alkoholkonsum. Studien omfattet rundt halvparten av de 294 norske dykkerne med et dykkersertifikat for klokkedykkere (diving bell certificate). De fleste hadde utført både luft- og metningsdykk. Mens de dykket, hadde 33% av dykkerne opplevd symptomer fra nervesystemet og 51% hadde hatt DCS enten grad 1 eller 2. Dykkerne rapporterte flere symptomer relatert til det perifere nervesystemet, og problemer med hukommelse og konsentrasjon. Det ble ikke utført nevropsykologisk testing, men ved en standard nevrologisk undersøkelse fant man flere unormale funn hos dykkerne enn hos kontrollene. Man fant en statistisk signifikant sammenheng mellom dykkeeksponering og nevrologiske symptomer og med funn ved nevrologisk undersøkelse, og at prevalensen av DCS var korrelert med angitte symptomer og nevrologiske funn (Todnem et al., 1990¹) (T).

Den samme gruppen som ble beskrevet i Todnem et al., 1990¹ ble også undersøkt med EEG og MRI. Man fant en sammenheng mellom avvikende EEG og utførte metningsdykk, og med gjennomgått DCS. (Todnem et al., 1991¹) (T).

Disse studiene, der halvparten av dykkerne rapporterer gjennomgått trykkfallsyke, bekrefter tidligere studier om en sammenheng mellom gjennomgått DCS og nevrologiske funn.

Førti dykkere fra Todnem et al., 1990¹ som utførte dypdykk, inngikk i en egen studie (Todnem et al., 1991²) (T). Dypdykk ble definert som dykk dypere enn 180 meter og med ett unntak representerte dette alle norske dypdykkere ved undersøkelsestidspunktet. De fleste av dykkene var eksperimentelle dykk utført i tank. Man fant økt forekomst av nevrologiske symptomer blant dykkere som hadde hatt DCS 2, blant dem som hadde utført metningsdykk, hadde mange dykk, og dype dykk. Men også luftdykk, DCS 1+2 og hjernerystelser økte risikoen for nevrologiske symptomer. Ved standard nevrologisk undersøkelse var det flere funn blant dykkere med henholdsvis luftdykking, totalt antall dykk, metningsdykk, og DCS, dype dykk, og høyere alder. Unormalt EEG forekom oftere hos metningsdykkere, dypdykkere og dykkere med mange dykk. Visuelt ”evoked potentials”, hjernestamme- ”auditory evoked potentials” (BAEPs) og MRI var ikke mer unormale i

metningsdykkergruppen. Fire dypdykkere hadde opplevd episoder med cerebral dysfunksjon etter dypdykk, og fire dykkere (de samme?) hadde mistet sin dykkerlisens pga nevrologiske forstyrrelser (Todnem et al., 1991²) (T).

To norske studier beskrev funn blant omkomne dykkere (Mørk et al., 1994; Morild & Mørk, 1994) (T). Det var ingen økt forekomst av degenerasjon / lesjoner i ryggmargen hos 20 omkomne dykkere, heller ikke hos de syv som hadde vært metningsdykkere (Mørk et al., 1994) (T). Derimot fant man tap av hjerneceller i en gruppe bestående av 21 tidligere dykkere. Metningsdykkere hadde ikke større celletap enn andre dykkere (Morild & Mørk, 1994) (T). Materialet består delvis av de samme dykkere som i Mørk et al., 1994.

En norsk studie, som omfattet en gruppe anleggsdykkere med i gjennomsnitt 18 års eksponering, fant ingen klare utfall ved nevropsykologisk testing med ett unntak; anleggsdykkerne hadde langsommere reaksjonsevne målt med to tester for reaksjonstid (Bast-Pettersen, 1999) (T).

En norsk tverrsnittsstudie tok for seg helserelatert livskvalitet (HRQL) blant tidligere Nordsjødykkere (Irgens et al., 2007). Studien er basert på resultater fra et selvadministrert spørreskjema, "Short form 36" (SF-36) og derfor ikke å anse som en klinisk studie, men omtales likevel her. Målgruppen var 375 Nordsjødykkere som hadde begynt sin karriere før 1990. En del av dykkerne var henvist for undersøkelse på sykehus på grunn av dykkerrelaterte helseproblemer (N=96). De fylte ut spørreskjemaet før undersøkelsen begynte. Dykkere som ikke var henvist til undersøkelse (N=210) fikk spørreskjemaet sendt i posten, og 134 svarte (responsrate 64%). I denne tverrsnittstudien var altså 41% henviste pasienter. Dykkere med gjennomgått trykkfallsyke hadde nedsatte skårer sammenlignet med et normmateriale på SF-36. Videre fant man at dykkere som hadde gjennomgått DCS hadde en mer redusert livskvalitet enn dykkere uten DCS. Når man delte DCS i to grupper, så hadde dykkere med nevrologisk trykkfallsyke mer redusert livskvalitet enn de med hud/leddsmerter. Mange i gruppen med DCS ble henvist i forbindelse med erstatningssøksmål, nettopp fordi de hadde nedsatt livskvalitet, det er derfor usikkert hva dette egentlig måler. Det er kjent at personer som søker erstatning for skader relatert til nervesystemet, har en tendens til å overdrive / aggravere sine symptomer (Egeland, 2008). I gruppen av ikke henviste pasienter, angis det at samme tendens ble beholdt for flere av underskalaene, men ikke for mental helse, eller smerter, som kan hende sier mest om nevrologiske senvirkninger.

Studien angir at 75% av den tilgjengelige kohorten deltok. Men prosenten er en kombinasjon av de kliniske pasientene som allerede var til undersøkelse og en tverrsnittsstudie med 64% oppslutning. Den siste prosenten er derfor den som mest korrekt avspeiler responsraten.

Tabell 3. Utvalgte studier av effekter på nervesystemet av dykking.

Referanse	Land / År	N ekspo/ kontr	Studiedesign*/ Type dykk →Metning /anleggsdykk /Eksperiment	Undersøkellesmetode / Rapportert utfall	Info dykk. eff. generelt	Relev anbef helse-us
Health-related quality of life in former North Sea divers. Ross J, Macdiarmid J, Osman L, Watt S, Lawson A. Occup Med 2007;57(8):611-2.	Skottland/ 2007 ²	-/-	Kommentar	Kommentar til Irgens et al. 2007	+/-	+/-
Reduced health-related quality of life in former North Sea divers is associated with decompression sickness. Irgens A, Gronning M, Troland K, Sundal E, Nyland H, Thorsen E. Occup Med 2007;57(5):349-54.	Norge/ 2007	230/-	Tverrsnittsstudie/ Nordsjø dykkere reg før 1990/ Spørre-skjema (HRQL)	Redusert Health related Quality of life hos dykkerne sml.m. normer. /DCS korr høyest m. lav livskvalitet. /Kumulativ dykk, inkl. Tid metning: redusert livskval.	+	(+)
Incidence of ischemic brain lesions in hyperbaric chamber inside attendants. Ors F, Sonmez G, Yildiz S, Uzun G, Senol MG, Mutlu H, Saracoglu M. Adv Ther 2006;23(6):1009-15.	Tyrkia / 2006	10/10	Kasuistikk/ Kammer /"Tender"	MRI/ "Ingen statistisk sikre"		-
Objective neuropsychological test performance of professional divers reporting a subjective complaint of "forgetfulness or loss of concentration". Taylor CL, Macdiarmid JI, Ross JA, Osman LM, Watt SJ, Adie W, Crawford JR, Lawson A. Scand J Work Environ Health 2006;32(4):310-7.	Skottland / 2006	102/ 100 / 100	Tverrsnittsstudie/ a) Glemske dykkere, b) ikke glemske dykkere,/c) eksterne kontroller	Nevropsyk tester / Glemske dykkere: dårlig hukomm. Tester/ Dykketekn. brukt offshore olje & gass ind.: lett nedsatt nevropsyk.	+	+
Air diving with decompression table MN 90: 12 Years of use by the french Navy: Study about 61 decompression sicknesses for 1990-2002. Blatteau J-E, Guigues J-M, Hugon M, Galland F-M, Sainty J-M, Menu J-P. Sci Sports 2005;20(3):119-23.	Frankrike/ 2005	1800/-	Registerstudie/ Dykkerulykker. Årlig 150.000 dykk og ca 5 uhell	1 ulykke/30.000 dykk. Bare 2 nevrologiske varige senvirkninger. Av DCS var fordelingen: Spinal: 66%, cerebral 23%, øre 8%, ledd 3%. Viktigste risiko: dykke-dybden.	+	+
Probability of decompression sickness in no-stop air diving and subsaturation diving. Van Liew HD, Flynn ET. Undersea Hyperb Med 2005;32(5):375-90.	USA /2005	-	Teoretisk modell		+/-	+ / -
Brain magnetic resonance imaging, aerobic power, and metabolic parameters among 30 asymptomatic scuba divers. Tripodi D, Dupas B, Potiron M, Louvet S, Geraut C. Int J Sports Med 2004;25(8):575-81.	Frankrike/ 2004	30/	Tverrsnittsstudie / Scuba dykkere / instruk. Ald. > 40 år	MR/ lesjoner ved rask oppstign. Nitrogen bobler	+	-
Evaluation of decompression safety in an occupational diving group using self reported diving exposure and health status. Doolette DJ, Gorman DF. Occup Environ Med 2003;60(6):418-22).	New Zealand /2003	383/-	Tverrsnittsstudie/ Selvadministr. helsesørreskjema	Vurdert skjema; mer plager sammenh. M. Økt risiko for DCS	+/-	+/-
Changes in sleep patterns during simulated nitrox saturation diving to 20 and 30 meters. Nagashima H, Matsumoto K, Seo YJ, Mohri M, Naraki N, Matsuoka S. Percept Mot Skills 2002;94(3 Pt 1):753-66.	Japan / 2002	27	Eksperiment / N2/O2 /Søvn	Nedsatt søvnkvalitet	+	+/-
Spatial orientation in construction divers--are there associations with diving experience? Leplow B, Tetzlaff K, Höll D, Zeng L, Reuter M. Int Arch Occup Environ Health 2001;74(3):189-98.	Tyskland / 2001	19 /19	Tverrsnittsstudie/ Nevropsykologi	Lesjoner MR /hyperbar eksponering	+	+/-

Neurologic outcome of controlled compressed-air diving. Cordes P, Keil R, Bartsch T, Tetzlaff K, Reuter M, Hutzelmann A, Friege L, Meyer T, Bettinghausen E, Deuschl G. Neurology. 2000 Dec 12;55(11):1743-5.	Tyskland/ 2000	24/24	Tverrsnittstudie/ Militære luftdykk uten uhell/ Nevropsykologi	Ingen utfall nevropsykologi / MR	+	+/-
Does diving damage the brain? MR control study of divers' central nervous system. Hutzelmann A, Tetzlaff K, Reuter M, Müller-Hülsbeck S, Heller M. Acta Radiol 2000;41(1):18-21.	Tyskland / 2000	59/48	Tverrsnittstudie/ Eldre dykkere (luft)	MR/Ingen økt forekomst lesjoner på hvit substans	+	+/-
A trial to determine the risk of decompression sickness after a 40 feet of sea water for 200 minute no-stop air dive. Ball R, Parker EC. Aviat Space Environ Med 2000;71(2):102-8.	USA/ 2000	30/-	Ekspirement/ militære dykkere/ etter 91 dykk, / 40 fot/200 min.: 2 tilfelle DCS.	DCS forekommer oftere i laboratoriet enn i virkelig dykking (!)	+/-	+/-
Electroencephalography and magnetic resonance imaging after diving and decompression incidents: a controlled study Sipinen SA, Ahovuo J, Halonen JP. Undersea Hyperb Med 1999;26(2):61-5.	Finland/ 1999	21/37 Del 2: 29/ 25/24	Tverrsnittstudie/ Del 1: Dykkere m. DCS mot dy. uten DCS/ Del 2: Dykkere DCS/ Dy.uten DCS/ normale kontr.	En større andel av dykkere med DCS hadde unormal EEG.	+	+/(-)
Magnetic resonance signal abnormalities and neuropsychological deficits in elderly compressed-air divers. Tetzlaff K, Friege L, Hutzelmann A, Reuter M, Höll D, Leplow B. Eur Neurol 1999;42(4):194-9	Tyskland/ 1999	20/20	Tverrsnittstudie/ Eldre dykkere	MRI/Nevropsykologi/ korrel. Lesjoner - tid dykk 40-60 m. Dykkere: nedsatt nevropsyk.	+	+
Long-term neuropsychological effects in non-saturation construction divers. Bast-Pettersen R. Aviat Space Environ Med 1999;70(1):51-7.	Norge/ 1999	20/20 /20	Tverrsnittstudie/ Erfarne dykkere (luft)	Nevropsykologi/Ingen klar effekt/lett nedsatt RT	+	+/-
A study of decompression sickness after commercial air diving in the northern Arabian Gulf: 1993-95. Luby J. Occup Med 1999;49(5):279-83.	Sa. Arabia /1999		Registerstudie/ DCS 50.000 dykk analysert	Dykkdybde og bunntid eneste signifikante. Sammenlignbart m. Nordsjø dykkere	+	+
Memory deficits at 0.6 MPa ambient air pressure Tetzlaff K, Leplow B, Deistler I, et al. Undersea Hyperb Med 1998;25(3):161-6.	Tyskland/ 1998	24/	Ekspirement/ 12+ 12: 50m. vs 0,5m	Husket dårligere v. 50 m. Gjenkjenning upåvirket	+/-	-
Cognitive factors in the close visual and magnetic particle inspection of welds underwater. Leach J, Morris PE. Hum Factors 1998;40(2):187-97.	England/ 1998	-/-	Ekspirement/ Anleggsdykkere	Nevropsykologi/ Sammenh. Feil i arbeid/ nevropsykologi	+/-	-
EEG and sleep disturbances during dives at 450 msw in helium-nitrogen-oxygen mixture. Rostain JC, Gardette-Chauffour MC, Naquet R. J Appl Physiol 1997;83(2):575-82.	Frankrike/ 1997	12/-	Ekspirement/ Helium/nitrogen/O2 /søvn	Søvn påvirket	+	+/-
Compressed air tunneling and caisson work decompression procedures: development, problems, and solutions. Kindwall EP. Undersea Hyperb Med 1997;24(4):337-45. Review.	USA/ 1997	-	Review/ Behandling		+/-	-
Correlation between Tc-99(m)-HMPAO-SPECT brain image and a history of decompression illness or extent of diving experience in commercial divers. Shields TG, Duff PM, Evans SA, et al. Occup Environ Med 1997; 54(4):247-53.	1997	28/26/19	Tverrsnittstudie/ SPECT	Ved billediagnostikk hjernen Sammenheng DCI endringer i hjernen.	+	+/-

Central nervous system lesions and cervical disc herniations in amateur divers. Reul J, Weis J, Jung A, Willmes K, Thron A. Lancet 1995;345(8962):1403-5.	Tyskland/ 1995	52/50	<i>Tverrsnittstudie/</i> MRI	Lesjoner hvit substans/skade nakke, mellomvirvelskive	+/-	-
A histopathologic and immunocytochemical study of the spinal cord in amateur and professional divers. Mørk SJ, Morild I, Brubakk AO, Eidsvik S, Nyland H. Undersea Hyperb Med 1994;21(4):391-402.	Norge/ 1994	10/10	<i>Kasuistikk/</i> Døde dykkere/ histopatologisk	Ingen økt histopatologi ryggmarg, heller ikke hos metningsdykkere	+	+/-
A neuropathologic study of the ependymoventricular surface in diver brains. Morild I, Mørk SJ. Undersea Hyperb Med 1994;21(1):43-51.	Norge/ 1994	21/15	<i>Tverrsnittstudie/</i> Nevropatologisk studie	Tap av hjerneceller yrkesdykkere uten metningsdykking	+	+/-
Pupil cycle time in the long-term neurologic assessment of divers. Day RT. Undersea Hyperb Med 1994;21(1):31-41.	Skottland/ 1994	10/20/20/10	<i>Tverrsnittstudie/</i> Pupillereaksjon	Tri-mix gass-dype dykk: sammenheng. Dykkerne eldre	+/-	-
Complement activation during saturation diving. Stevens DM, Gartner SL, Pearson RR, Flynn ET, Mink RB, Robinson DH, Dutka AJ. Undersea Hyperb Med 1993;20(4):279-88.	USA/ 1993	11	<i>Eksperiment/</i> 28 dager metn. 31,3 atm	C3a, C5a korrelerer m. DCI	+/-	-
Bubble formation and decompression sickness on direct ascent from shallow air saturation diving. Ikeda T, Okamoto Y, Hashimoto A. Aviat Space Environ Med 1993;64(2):121-5.	Japan/ 1993	19/-	<i>Eksperiment/</i> kammer 6, 7, 8 meter.	3 døgn: Alle ved 8 meter dannet bobler, Fire dykkere v 7m.; En dykker v. 6m. Grense for bobledannelse: 6 m.	+	+/-
Cerebral vasculopathy in divers. Palmer AC, Calder IM, Yates PO. Neuropathol Appl Neurobiol 1992;18(2):113-24.	England/ 1992	25/-	<i>Tverrsnittstudie/</i> Nevropatologisk/22 omkommet dykking	Vaskulære endringer sannsynlig fra intravaskulær bobledannelse.	+	+/-
Psycho-sensorimotor performance in divers exposed to six and seven atmospheres absolute of compressed air. Abraini JH, Joulia F. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1992;65(1):84-7.	Frankrike 1992	21/-	<i>Eksperiment/</i> Dykk 6 ATA / 7 ATA	Nevropsykologi/ Ved 7 ATA luft (60 m) nedsatt Nevropsykologi; fingerferdighet og reaksjonstid.	+	+/-
Sleep organization in man during long stays at 30 and 40 bar in a helium-oxygen mixture. Rostain JC, Regesta G, Gardette-Chauffour MC, Naquet R. Undersea Biomed Res 1991;18(1):21-36.	Frankrike / 1991	16/-	<i>Eksperiment/</i> Helium/oksygen 30 og 40 bar	Søvnforstyrrelser, verst ved 40 bar. Relatert til tempo kompresjon/ indikasjon HPNS	+	+/-
MR imaging of the central nervous system in divers. Rinck PA, Svihus R, de Francisco PJ. Magn Reson Imaging 1991;1(3):293-9.	Norge / 1991	70 /47	<i>Tverrsnittstudie/</i> MR	Negativ korrelasjon endringer MR og dykkedybde, antall dykk, risikodykk og DCI	+	+
Electroencephalography, evoked potentials and MRI brain scans in saturation divers. An epidemiological study. Todnem K, Skeidsvoll H, Svihus R, Rinck P, Riise T, Kambestad BK, Aarli JA. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1991;79(4):322-9.	Norge /1991 ¹	156/ 100	<i>Tverrsnittstudie/</i> Metningsdykkere + luftdykkere/ + kontr.gr.	EEG, Visuelt og auditivt fremkalte responser, cerebral MRI. Avvikende EEG korrelerte med eksponering for metningsdykking og DCS. Visuelt fremkalte responser noe langsommere i dykkergruppen.	+	+
Neurological long term consequences of deep diving. Todnem K, Nyland H, Skeidsvoll H, Svihus R, Rinck P, Kambestad BK, Riise T, Aarli JA. Br J Ind Med 1991;48(4):258-66.	Norge / 1991 ²	40/ 100	<i>Oppfølgingsstudie</i> /Metningsdykkere us 1-7 år etter siste dypdykk.	Økt symptomer CNS/PNS /4 mistet lisens/korrelasjon ekspo dypdykk/ + luft og metningsdykk/ + DCI	+	+
Influence of occupational diving upon the nervous system: an epidemiological study. Todnem K, Nyland H, Kambestad BK, Aarli JA. Br J Ind Med 1990;47(10):708-14.	Norge/ 1990 ¹	156/ 100	<i>Tverrsnittstudie/</i> Metningsdykkere/ nevrologiske	22 vært bev.løse/79 hatt DCS (DCI)/problem hukommelse,	+	+

			tegn og symptomer /	konsentrasjon/polyneuropati		
Analysis of neurologic symptoms in deep diving: implications for selection of divers. Todnem K, Nyland H, Riise T, Kambestad BK, Vaernes R, Hjelle JO, Svihus R, Aarli JA. Undersea Biomed Res 1990;17(2):95-107.	Norge/ 1990 ²	18/-	<i>Eksperiment /</i> 360 meter heliox gassblanding	Kliniske symptomer: balanse, søvn, tretthet, kvalme, mageplager, tremor, mental ubalanse, hodepine	+	+/-
The influence of diving variables on perceptual and cognitive functions in professional shallow-water (abalone) divers. Williamson AM, Clarke B, Edmonds CW. Environ Res 1989;50(1):93-102.	Australia/ 1989	80/-	<i>Tverrsnittstudie/</i> Grunne dykk/ abalone	Nevropsykologi/størst utfall ved størst risiko DCI	+	-
Memory deficit caused by compressed air equivalent to 36 meters of seawater. Philp RB, Fields GN, Roberts WA. J Appl Psychol 1989;74(3):443-6.	-/1989	24	<i>Eksperiment /</i> 36 meter.	Nevropsykologi/ hukommelse nedsatt, manuell funksjon og gjenkjenning OK	+	-
Neuropsychologic effects of saturation diving. Vaernes RJ, Kløve H, Ellertsen B. Undersea Biomed Res 1989;16(3):233-51.	Norge/ 1989	32 + 64-	<i>Oppfølgingsstudie/</i> Metningsdykk 300 –500 meter	Nevropsykologi/ nedsatt hos 20% av dykkerne (N=64) etter dypdykk, ingen bedring etter 1 år/ ”Vanlige” metn. dykkere (N=32) etter 3,5 år med dykk: 20 >10% impairment Hele gruppen: neg. Korrel. Metn.dykk-nevropsyk. /Res. tilskrives metningsdykk	+	+
Pathology linked with diving in population of 956 professional divers. Barre P, Beaumier T, Conso F, Choudat D, Susbielle G. Arc Mal Prof 1988;49(6):389-95.	Frankrike/ 1988	956/-	<i>Registerstudie/</i> basert på 1,500.000 dykk 1974-1986.	Få ulykker; under-rapportering? 10 dødsulykker overrisiko; 1.31%	+	+
Personality and demographic variables related to individual responsiveness to diving stress. Biersner RJ, Larocco JM. Undersea Biomed Res 1987;14(1):67-73.	USA/ 1987	30/-	<i>Eksperiment/</i> Personlighetstester	Reaksjon på flere timer i trykkammer/diskusjon faktorer	+/-	-
Neurobehavioural effects of professional abalone diving. Williamson AM, Clarke B, Edmonds C. Br J Ind Med 1987;44(7):459-66.	Australia/ 1987	33/33	<i>Tverrsnittstudie/</i> Abalonedykkere	Nevropsykologi/ Dykkerne dårligere syn, læring, hukomm., tremor. Reaksjontid var bedre, men flere feil	+/-	-
Does non-clinical decompression stress lead to brain damage in abalone divers? Andrews G, Holt P, Edmonds C. Med J Aust 1986;144(8):399-401.	Australia/ 1986		<i>Tverrsnittstudie/</i> Abalone-dykkere/ fiskere/Nevropsyk.	Ingen nedsatt nevropsykologi.	+/-	+/-
Health risks of diving among U.S. Navy officers. Hoiberg A, Blood C. Undersea Biomed Res 1986;13(2):237-45.	USA/ 1986	1977/1973	<i>Registerstudie/</i> sykdommer/sykehus/ mortalitet,	Uerfarne dykkere hadde flere sykehusopphold, mer stress sykdommer (alkohol), mer hjerte-kar sykd. enn erfarne. Dykkerne totalt hadde mer nervesyst. og ledd syk.	+	(+)
Analyses of variables underlying U.S. Navy diving accidents. Blood C, Hoiberg A. Undersea Biomed Res 1985;12(3):351-60.	USA/ 1985	1.174	<i>Registerstudie /</i> 1,174 ulykker av 706.259 dykk	DCS og barotraume mest vanlig. Dype dykk flest uhell/ 81% helt helbredet/18% vesentlig helbredet	+	+/-
Intellectual deterioration with excessive diving (punch drunk divers). Edmonds C, Boughton J. Undersea Biomed Res 1985;12(3):321-6.	Australia/ 1985	-/-	<i>Tverrsnittstudie/</i> Abalonedykkere, “Survey”	Halvparten nedsatt intellektuell funksjon; Punch drunkenness”	-	-

Central nervous dysfunction associated with deep-sea diving. Aarli JA, Vaernes R, Brubakk AO, Nyland H, Skeidsvoll H, Tønjum S. Acta Neurol Scand 1985;71(1):2-10.	Norge/1985	23/-12	Tverrsnittstudie/ Metningsdykk 300 /350 meter før og etter dykk. 12 undersøkt mens dykket.	Alle: nevrologiske symptomer/ tegn under kompresjon. Nevropsykologi: Ingen utfall e. 1 dykk men etter 2.	+	+(+/-)
Estimation of human susceptibility to the high-pressure nervous syndrome. Rostain JC, Lemaire C, Gardette-Chauffour MC, Doucet J, Naquet R. J Appl Physiol 1983;54(4):1063-70.	/1983	24/-8	Eksperiment/ overflate + 180m.15 min. +8 til 450 m. EEG+ Nevropsyk.	Endringer ved 180 m. Samsvarte m. endringer v. 450m.	-	-
Endocrine reactions and cognitive performance at 60 metres hyperbaric pressure: Correlations with perceptual defense reactions. Vaernes, RJ, Darragh, A. Scand J Psychol 1982;23(3):193-9.	Norge/1982	29/-	Eksperiment/ akutt-effekter/før, under, etter, 60m.	Nedsatt hukommelse ved 60m. Endokrine reaksjoner +redusert kognitiv funksj. Pga nitrogen + emosjonelt stress	+	-
Some studies of neurophysiological and psychological function during nitrogen-oxygen saturation in depth of 20-36.5 meters and air excursion simulated diving in depth of 50-70 meters. [Chinese]. Chen, B, Wu, S, Yin, W. Xin Li Xue Bao (Acta Psychologica Sinica) 1981;13(3):317-26.	Kina/1981	22/-	Eksperiment/ Nevropsyk. akutteffekter.	Ved 50-70 m. forlenget RT/ nedsatt konsentrasjon 70m	+	-
Mental abilities during a simulated dive to 427 meters underwater. Carter, RC. J Appl Psychol 1979;64(4):449-54.	USA/1979	6	Kasuistikk/ Eksperiment/Nevropsykologi/ marinedy. /427m	Effekter på nevropsykologiske tester	+	-
Acute decompression sickness: 50 cases. Bayne CG. JACEP 1978;7(10):351-4.	USA/1978	50/-	Tverrsnittstudie/ Marinedykkere	Ingen varige senvirkninger	+/-	-
Sleep, mood, and fatigue during 14-day He-O2 open-sea saturation dive to 850 fsw with excursion to 950 fsw. Townsend RE, Hall DA. Undersea Biomed Res 1978;5(2):109-17.	USA/1978	12/12	Eksperiment/ Metningsdykkere/Akutteffekter ved 14 dager metn. 850 fot	5 ganger 950 fot/ EEG, POMS, reaksjonstid. Effekt søvn, vigør RT	+	+/-
Learning rate equivalency of two narcotic gases. Biersner, RJ, Hall DA, Neuman TS, Linaweaver PG. J Appl Psychol 1977;62(6):747-50.	USA/1977	21/11/-	Eksperiment/ Kammer 65 m./ Marine-dykkere/ Nevropsykologi.	21 dykkere 30% N ₂ O/ 11 dykkere Hyper N ₂ . Hukommelse dårligere v. begge pustegasser	+/-	-
Antall studier: 54						

6.4.4.2. Internasjonale studier

En studie av Curley (1988) av 25 marinedykkere sammenlignet testresultater før og etter metningsdykk i kammer. Metningsdykkene varte fra 26 til 31 dager og gikk til maks 337 meter. Dykkerne presterte i hovedsak bedre ved undersøkelsen etter dykk. Selv om det gikk i overkant av en måned mellom første og andre testsesjon må man regne med at læringseffekten kan maskere den evt. lette effekten av dykk, dersom det var noen slik effekt. Denne problemstillingen nevnes ikke i artikkelen.

En tysk studie av luftdykkere (Hutzelmann et al., 2000) (T) omfattet 59 erfarne dykkere som ikke hadde hatt DCS (DCI) og 48 kontroller. Man fant ingen økt forekomst av cerebrale lesjoner hos dykkerne. Deres konklusjon var at yrkesdykkere uten dykkeuhell ikke står i fare for å få skader i hjernen som kan påvises med radiologiske metoder.

En annen tysk studie (Cordes et al., 2000) (T), undersøkte dykkere som ikke hadde hatt DCS (DCI). Ved MRI fant man ingen økt forekomst av lesjoner blant dykkerne. Ved en standard nevrologisk undersøkelse fant man ingen gruppeforskjell. Man fant heller ingen gruppeforskjeller på de fleste nevropsykologiske testene. På en av flere tester for reaksjonstid (delt oppmerksomhet) presterte dykkerne svakere enn kontrollene. På enkelte deltester i en hukommelsestest presterte dykkerne svakere, men samlet sett ble ikke hukommelsestestene vurdert som svakere enn hos kontrollene.

I en engelsk spørreskjemaundersøkelse kontaktet man 2.958 mannlige dykkere registrert før 1991, og 2.708 menn som hadde jobbet i oljeindustrien med annet arbeid (Ross et al., 2007¹). Studien omtales her, selv om det ikke er en klinisk studie, fordi den omfatter dykkere som har dykket i samme områder som norske offshore dykkere, og fordi den i stor grad omtaler tidligere norske studier. Studien, som hadde 56% oppslutning blant dykkerne og 51% blant kontrollene, anvendte flere skjemaer for å kartlegge demografiske data og dykkeeksponering. Helserelatert livskvalitet ble kartlagt med SF-12, som er en kortversjon av SF-36 anvendt i Irgens et al., 2007. Dykkerne rapporterte flere symptomer enn kontrollene i form av glemsomhet og konsentrasjonsvansker. Videre rapporterte offshoredykkere flere slike symptomer enn ikke offshoredykkere, som igjen hadde flere symptomer enn kontrollene. Det var ingen forskjell i forekomst av uførepensjonering mellom offshoredykkerne, dykkerne som ikke jobbet offshore, og kontrollene. Studien konkluderer med at man ikke fant tegn til langvarige alvorlige helseproblemer relatert til dykking. Den konkluderer videre med at forskjellen mellom norske og britiske dykkere kan skyldes psykososiale forhold.

En studie av objektiv nevropsykologisk funksjon hos en gruppe dykkere som klaget over glemsomhet og konsentrasjonsvansker (Taylor et al., 2006) (T), fant at dykkere med slike problemer presterte dårligere på nevropsykologiske tester enn dykkere uten slike problemer. Dykkerne presterte klart svakere enn sine ikke glemske dykkerkolleger på alle hukommelsestestene som inngikk i studien. Videre presterte de svakere på en test for reaksjonstid. På en del av testene presterte de også svakere enn en kontrollgruppe bestående av offshorearbeidere uten dykkerfaring.

Til tross for at forfatterne finner at dykkerne har en IQ i overkant av gjennomsnittet, settes kravet til "unormale" testresultater til 5. prosentil; dvs 1,65 SD under gjennomsnittet for normalbefolkningen. De glemske dykkernes IQ på 111 ved testtidspunktet, ligger på 77 prosentil, dvs ca 0,65 SD over gjennomsnitt. Forfatterne setter med andre ord som kriterium at de glemske dykkerne må prestere 2,3 SD svakere enn sitt IQ nivå på tester for hukommelse for at det skal regnes som redusert. De ikke-glemske dykkerne med IQ 116, må prestere mer enn 2,65 SD svakere enn sitt IQ nivå for at resultatet skal anses nedsatt.

Forfatterne begrunner valget av - 1,65 SD; 5. prosentil, som grense for nedsatt funksjon med at skårer under dette nivået blir ansett som statistisk signifikant forskjellig fra gjennomsnittet. Men ved en gruppestørrelse på 100 i to grupper, vil allerede en forskjell i 0,4 SD bli statistisk signifikant med en statistisk styrke på 0.80. En endring i kognitiv funksjon på mer enn 2 SD er dramatisk. Dette kan belyses med et eksempel fra en studie av diagnostiserte løsemiddelpasienter. I denne pasientgruppen er kjernesymptomene blant annet problemer med oppmerksomhet og hukommelse. Her var utfallet hos pasientene mindre enn 1 SD svakere enn hos kontrollene (Bast-Pettersen, 2009).

Mens enkelte norske studier er blitt ansett for å "overdrive" sine funn, ser det ut til at Taylor og medarbeidere underestimerer sine egne funn.

6.4.5. Oppsummering / Konklusjon

Ved et litteratursøk identifiserte man 290 artikler hvorav mange dubletter. Mange av studiene skilte ikke mellom dykkere som utførte metningsdykk og dykkere som utførte annen type yrkesdykk, og flere omfattet både metningsdykk og andre former for dykk. Mange studier rapporterer at økt dykkedybde gir økt sjanse for effekter på nervesystemet. Svært mange studier bruker undersøkelsesmetoder som er mindre egnet til å fange opp lette effekter på nervesystemet, så som hukommelsesproblemer og konsentrasjonsvansker. Hverken en generell nevrologisk undersøkelse eller et spørreskjema er de best egnede metodene for å avdekke lette endringer i kognitiv funksjon, for eksempel i form av problemer med oppmerksomhet, konsentrasjon eller hukommelse. Bare noen få studier anvender tester som er utviklet for å studere hukommelses- og konsentrasjonsvansker, men flere av disse studiene har metodiske svakheter, blant annet ved fortolkning av funnene. Vi vil derfor anbefale at det gjennomføres flere studier av dykkere der man ser på nevropsykologisk funksjon, evt. følger gitte nevrologiske undersøkelser over tid.

Selv om enkelte studier kan indikere lette effekter på nervesystemet, gir ikke litteraturen samlet sett noe entydig svar på om metningsdykkere og andre yrkesdykkere som følger forskriftene, og unngår hendelser slik som DCS, løper økt risiko for effekter / skader på nervesystemet.

Dagens helseundersøkelser av dykkere er basert på selvrapporing av symptomer på lette effekter på nervesystemet. Men det er vanskelig å vurdere egen kognitiv funksjon, og det er vanskelig å gjenkjenne eventuelle lette endringer i form av konsentrasjonsvansker og hukommelsesproblemer (Bast-Pettersen, 2006). Slik selvrapporing er det derfor liten

grunn til å anbefale som en del av en helseundersøkelse av dykkere i petroleumsvirksomheten.

Det beste grunnlaget for å kunne dokumentere en eventuell fremtidig dykkerrelatert effekt på nervesystemet, er å teste dykkere før de begynner å dykke. Allerede i 1977 fant Peters og medarbeidere en sammenheng mellom nevrologiske og nevropsykologiske funn blant dykkere med gjennomgått DCS, og de anbefalte baseline nevropsykologisk undersøkelse av yrkesdykkere før de kom ut i arbeidslivet (Peters et al., 1977). En relativt kortfattet nevropsykologisk undersøkelse vil kunne gi god informasjon om lette effekter på nervesystemet. Vi mener at en slik frivillig nevropsykologisk undersøkelse ved starten av dykkerkarrieren vil, for dem som gjennomgår en slik undersøkelse, gi grunnlag for å avdekke eventuelle senere effekter på nervesystemet som følge av dykking.

Den tilgjengelige litteraturen gir ikke en god nok dokumentasjon til å hevde at dykking, uten kjente uhell, gir uheldig langtidseffekter på nervesystemet. Derfor anbefaler vi ikke at det innføres en obligatorisk nevropsykologisk eller nevrologisk undersøkelse som en del av helseoppfølgingen av dykkere i petroleumsvirksomheten. Men vi vil samtidig understreke viktigheten av å følge dykkere med gjennomgåtte hendelser slik som DCS og fortløpende vurdere behovet for nevrologisk og nevropsykologisk oppfølging av dem.

7. Vitenskapelig grunnlag for helseundersøkelser av offshore-dykkere – konklusjoner basert på litteraturstatus

7.1. *Lunge*

Det er lite samsvar mellom angitte luftveissymptomer og det som måles fra luftveiene. Det er derfor lite trolig at et spørreskjema, der dykkerne skal angi symptomer fra luftveiene, vil ha noen verdi ved helseoppfølging av dykkere i petroleumsvirksomheten.

På bakgrunn av tilgjengelig litteratur er det grunn til å tro at dykking ikke gir noen alvorlig påvirkning av lungen. Likevel er det viktig å understreke viktigheten av å følge opp dykkernes lunger regelmessig fra starten av karrieren (f.eks hvert eller annet hvert år) med lungefunksjonsundersøkelser og samtidig påvirke dem til en sunn livsstil som innbefatter fravær av røyking.

7.2. *Hørsel*

Med utgangspunkt i målinger fra starten av karrieren er en regelmessig kontroll (f. eks. hvert eller annet hvert år) av hørselen til dykkeren påkrevet, og dykkeren må læres opp til å ta hensyn til/beskytte seg mot støy både i arbeid og i fritiden.

7.3. *Knokler*

Selv om det er kjent at trykkfallsyke underrapporteres, er dykkevirksomhet i Norge sannsynligvis forbundet med svært lav forekomst av DON. Det er også trolig at mange begynnende DON tilheler av seg selv.

Med utgangspunkt i gjeldende retningslinjer og Statens helsetilsyns ”Retningslinjer for helseundersøkelse av yrkesdykkere”, er det ikke grunnlag for å screene dykkernes lange rørknokler på et generelt grunnlag. Man bør likevel følge selekterte dykkere slik som dykkere med gjennomgått trykkfallsyke, leddsmerter eller utelatt dekompresjon, og for disse vurdere radiologiske undersøkelser med tanke på aseptisk bennekrose.

7.4. *Nervesystem*

Dagens helseundersøkelser er basert på selvrapportering av lette effekter på nervesystemet i form av endret kognitiv funksjon. Men det er vanskelig å vurdere egen kognitiv funksjon, og det er vanskelig å gjenkjenne eventuelle lette endringer i form av konsentrasjonsvansker og hukommelsesproblemer. Dykkerne er i utgangspunktet friske, derfor vil en relativt kortfattet nevropsykologisk undersøkelse kunne gi god informasjon om lette effekter på nervesystemet. Men å innføre en ny obligatorisk undersøkelse er en stor endring, som må være begrunnet i en dokumentert risiko. Den tilgjengelige litteraturen er ikke god nok til at man kan trekke en sikker konklusjon om at det foreligger økt risiko for lette effekter på nervesystemet hos metningsdykkere som ikke har gjennomgått hendelser som DCS. Det beste grunnlaget for å

kunne dokumentere en eventuell effekt av dykking i fremtiden, er å teste dykkere før de begynner å dykke. En frivillig nevropsykologisk undersøkelse ved starten av dykkerkarrieren vil, for de som gjennomgår en slik undersøkelse, gi grunnlag for å avdekke eventuelle senere effekter på nervesystemet som følge av dykking.

Med utgangspunkt i den tilgjengelige litteraturen, finner vi ikke at det er grunnlag for å anbefale at det innføres en obligatorisk nevropsykologisk undersøkelse som en del av helseoppfølgingen av dykkere i petroleumsvirksomheten.

8. Regelverk og praksis for helseundersøkelser av offshore-dykkere – desember 2009.

For dykkere som arbeider offshore, er det et omfattende regelverk som skal ivareta dykkerens helse og sikkerhet. Gjennom regelverket er en rekke forskjellige helseundersøkelser pålagt eller anbefalt, og det kan være vanskelig for en utenforstående å få oversikt over disse. Vi har i dette kapittelet samlet informasjon om gjeldende regelverk, og om hvilke tiltak som idag er iverksatt for å sikre dykkernes helse og sikkerhet. I punkt 7.3.2 beskrives det nye, spørreskjemaserte, systemet for årlig helsescreening.

8.1. Helsesertifiseringsundersøkelser

Dette er undersøkelser som er pålagt gjennom lov eller forskrift. Arbeidstakeren må kunne bevise at han har gjennomgått undersøkelsen og at han er helsemessig skikket for offshorearbeid. Arbeidstaker har ansvaret for at undersøkelsen blir gjennomgått, og det er kun bekreftelse / benektelse av skikkethet som blir videreformidlet til arbeidsgiver.

8.1.1. Offshore helseattest

Hjemmel: *Forskrift om helsekrav for personer i petroleumsvirksomheten.*

Alle som skal arbeide på en offshoreinstallasjon må gjennomgå en helseundersøkelse hvor det attesteres at de er

"helsemessig skikket til å oppholde seg på innretning som nevnt i petroleumsløven § 1, eller delta i bemannede undervannsoperasjoner i petroleumsvirksomheten."

Attesten er gyldig i maksimalt to år, og undersøkelsen utføres etter et skjema fra Statens Helsetilsyn / Fylkeslegen i Rogaland: *Blankett for legeundersøkelse av personer i petroleumsvirksomheten på den norske kontinentalsokkel.*

Skjemaet som fylles ut lagres hos utstedende lege, og den ansatte får egen helseerklæring

Første del av skjemaet består av en egenerklæring, hvor vedkommende skal besvare følgende spørsmål:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">* Lider De eller har De lidt av besvimelser, bevissthetsforstyrrelse, krampe, epilepsi eller sinnslidelse?* Har De eller har De hatt noen alvorlig eller langvarig sykdom. (Hjerteinfarkt eller annen hjertesykdom, lungesykdom, nyresykdom, sukkersyke, øyensykdom eller andre sykdommer)?* Bruker De noe legemidler/medikamenter fast eller regelmessig.* Har De nedsatt styrke og førlighet i ben og/eller armer?* Ser De dårlig i tusmørke (kveldsmørke), bruker De briller og/eller kontaktlinser?* Har De innskrenket synsfelt på ett eller begge øynene eller har De sterkt nedsatt syn eller er blind på ett øye? |
|--|

Ytterligere opplysninger dersom svaret på noen av de ovenstående er bekreftende:

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">* Har De vært innlagt på sykehus de to siste år? Når? Hvor?* Undertegnede er kjent med at tilbakeholdelse av opplysninger av betydning for den helsemessige vurdering vil kunne medføre at erklæring om ikke oppfylte helsekrav vil bli utstedt (Forskrift om helsekrav for personer i petroleumsvirksomheten §16) |
|---|

Legeattesten inneholder en generell organstatus i tillegg til en vurderingsdel.

Organstatus skal omfatte undersøkelse av:

- Høyde, vekt, kardiovaskulær status (blodtrykk, hjerte, perifer sirkulasjon), pulmonal status, abdomen, reflekser (pupille, patellar, achilles), synsfelt, visus, otoscopi, audiometri, og annet.

Dessuten laboratoriestatus hvis indisert:

- (Hb, SR, blodlipider, EKG, urin sticks/micro, tuberkulinprøve, skjermbilde /sputumprøve, annet)

Vurderingen inneholder følgende spørsmål:

- * Er der tegn til eller har den undersøkte symptomer på tilstand som kan medføre plutselig tap av bevissthet herunder diabetes type 1, eller av lidelse i sentralnervesystemet som kan medføre nedsatt bevissthetstilstand eller reduserte motoriske eller psykiske ferdigheter?
- * Er der tegn til, eller har den undersøkte symptomer på noen form for sinnslidelse?
- * Kjenner De til, eller er det tegn på at den undersøkte er henfallen til overdreven bruk av alkohol eller narkotiske midler?
- * Har den undersøkte symptomer på, eller har hun/han forøket risiko for å utvikle høyt blodtrykk, hjerte- eller karsykdom, eller annen tilstand/sykdom som kan medføre akuttmedisinsk behov?
- * Er det nedsatt kraft eller førlighet i noen av ekstremitetene?

Legens konklusjon skal inneholde følgende:

- * Kjennelse: Den undersøkte fyller/fyller ikke de krav som er stilt i forskrift om helsekrav til personer i petroleumsvirksomheten.
- * Den undersøkte må bruke briller og medbringe ekstra par. Ja / nei.
- * Den undersøkte må bruke høreapparat og medbringe ekstraapparat og nødvendig antall batterier. Ja / nei.
- * Helseattesten gyldig til (dato).

Det er ingen spesielle krav til legen som skal gjennomføre undersøkelsen.

Utdrag fra forskriften:

- § 13. Krav til helse.** Tilstander som skal medføre at helsekrav ikke anses oppfylt:
- * Innskrenket synsfelt.
 - * Synsstyrke svakere enn 5/ 10 ved undersøkelse av begge øynene samtidig.
Bruk av korrigerende glass eller kontaktlinser ved undersøkelsen tillates.
 - * Større hørselstap på det beste øret enn 35 dB ved frekvensene 500, 1000 og 2000 Hz, og 60 dB ved 3000 og 4000 Hz.
 - * Behandlingstrengende sinnslidelse.
 - * Alkoholisme eller narkomani.
 - * Tilstander som kan medføre plutselig tap av bevissthet, herunder diabetes mellitus, type I.
 - * Hemning i bevegelsesapparatet som medfører at vedkommende ikke vil kunne fysisk mestre en evakueringssituasjon.
 - * Svangerskap etter 28. uke.
 - * Tilstander som kan medføre at helsekrav ikke anses oppfylt.
 - * Infeksjonssykdommer.
 - * Malign sykdom.
 - * Diabetes mellitus.
 - * Overvekt.
 - * Sykdommer i blod og blod-dannede organer.
 - * Enhver lidelse i sentralnervesystemet som kan medføre nedsatt bevissthetstilstand eller reduserte motoriske eller psykiske ferdigheter.
 - * Kardiovaskulær sykdom.
 - * Tilstand som medfører nedsatt lungefunksjon.
 - * Tilstander som medfører øket risiko for akuttmedisinsk behov
 - * Andre tilstander som kan medføre at en person ikke er helsemessig skikket, jf. §12.
 - * Dersom den som søker helseerklæring lider av en eller flere tilstander som kan medføre at helsekrav ikke anses oppfylt, skal tilstanden og dens konsekvenser vurderes i forhold til §1. og §12.

§16. Utstedelse av helseerklæring eller erklæring om ikke oppfylte helsekrav.

- * Dersom legen etter undersøkelsen finner at en person fyller helsekravene gitt i og i medhold av denne forskrift, eller at helsekravene etter annet regelverk, jf. §4. er oppfylt, skal det utstedes helseerklæring. Helseerklæring skal ikke utstedes på grunnlag av helseundersøkelse eldre enn 6 måneder.
- * Helseerklæring skal heller ikke utstedes dersom person som ønsker helseerklæring overfor lege åpenbart har tilbakeholdt helseopplysninger av betydning for den sikkerhetsmessige vurdering.
- * Dersom legen etter undersøkelsen finner at en person ikke fyller helsekravene, skal det utstedes erklæring om ikke oppfylte helsekrav. Erklæringer føres på skjema fastsatt av Statens helsetilsyn.

§ 17. Helseerklæringens gyldighetstid.

- * Helseerklæringen er gyldig i maksimum to år. Gyldighetstiden regnes fra erklæringens utstedelse.

§ 18. Fornyelse av helseerklæring.

- * Helseerklæring skal fornyes etter tilfeller av sykdom eller arbeidsuførhet som har vart i mer enn åtte uker sammenhengende.
- * Operatør kan kreve framlagt ny helseerklæring når denne finner særlig grunn til det.
- * Den som har grunn til å tro at han ikke lenger tilfredsstiller kravene til helseerklæring skal uten ugrunnet opphold konsultere lege.

§20. Rett til å få saken behandlet av Statens helsetilsyn.

- * Dersom legen etter å ha utført helseundersøkelse finner å måtte utstede erklæring om ikke oppfylte helsekrav skal legen opplyse om retten til å få saken behandlet av Statens helsetilsyn.

§21. Statens helsetilsyns kompetanse.

- * Dersom Statens helsetilsyn finner at vedkommende som søker helseerklæring er helsemessig skikket til å oppholde seg på innretning som nevnt i petroleumsloven § 1 eller til å delta i bemannede undervannsoperasjoner, skal helseerklæring utstedes.
- * Dersom Statens helsetilsyn finner at vilkårene for å få helseerklæring ikke er tilstede kan vedtaket påklages til klagenemnd, jf. §22, innen 3 uker etter at underretning om vedtaket er kommet fram til vedkommende part.

8.1.2. Helsesertifisering av offshoredykkere

Hjemmel:

Forskrift om helsekrav for personer i petroleumsvirksomheten, § 10:

"For person som skal delta i bemannede undervannsoperasjoner skal helseundersøkelse utføres, og helseerklæring eller erklæring om ikke oppfylte helsekrav utstedes av lege med Helsedirektoratets godkjenning til å utferdige helseerklæring til person som skal delta i bemannede undervannsoperasjoner."

NORSOK U-100 § 5.1.3:

"ADS pilots shall hold a certificate of medical fitness as required by national regulations for offshore workers. Divers shall hold a certificate of medical fitness for personnel required to work under increased ambient pressure. The medical practitioner performing the examination shall be approved by national authority."

Statens helsetilsyn har i 2000 utarbeidet retningslinjer for helseundersøkelse av yrkesdykkere (IK-2708N). Formålet er å rettlegge leger som skal utstede helseerklæringer for yrkesdykkere som dykker både "innaskjærs" og "utaskjærs". Det er visse krav som stilles til legen som undersøker og til yrkesdykkernes helse. Retningslinjene gir en detaljert beskrivelse av hvilke helsekrav som stilles hos yrkesdykkeren. Helseundersøkelsens omfang og frekvens er også angitt. (www.helsetilsynet.no).

Godkjennelse av og registerføring av dykkerleger skjer hos fylkesmannen i Rogaland.

Dykkerleger må fornye sin godkjennelse annethvert år:

http://www.fylkesmannen.no/DykkerlegeListe_EOIPr.pdf

Helseattesten er gyldig i ett år, og undersøkelsen utføres etter et skjema fra Helsetilsynet i Rogaland: *Legeundersøkelse av yrkesdykkere*.

Skjemaet som fylles ut lagres hos dykkerlegen. Dykkeren får kopi av dette. Dykkerlegen sender en blankett med angivelse av hvorvidt dykkeren er skikket / ikke skikket til dykking til Helsetilsynet v/Fylkeslegen i Rogaland. (FLIR)

Skjemaet består av

- * en anamnesedel (detaljer om sykdommer siste år, medisinbruk, røykevaner, alkohol, allergier, høyde, vekt, BMI og Hb)
- * og organstatus, hvor det skal krysses av for normal/abnormal : Respirasjonssystemet (undersøkelse av thorax, evt. rtg, spirometri (PEF, FEV₁, FVC, FEV₁/FVC%)), kardiovaskulært system (undersøkelse hjerte/kar, BT, hvilepuls, hvileEKG, perifer sirkulasjon, varicer), arbeidsbelastning, sentralnervesystem, perifert nervesystem, muskel/skjelettsystem, ører, audiometri, øyne (visus, fargesyn), tenner (hvorvidt regelmessig undersøkelse), abdomen, urinstix, hud, hematologi (Hb, SR) og annet.
- * Konklusjon: helsemessig skikket til å dykke – ja/nei.

8.2. Helseundersøkelser i regi av arbeidsgiver

Dette er undersøkelser som arbeidsgiver har ansvar for å gjennomføre / tilby de ansatte. Noen av undersøkelsene er frivillige for den ansatte, andre er et vilkår for å få utføre arbeidet. Resultater fra undersøkelsene oppbevares hos dykkeselskapets helsetjeneste, og skal være et ledd i helseoppfølgingen av dykkeren, på kort og lang sikt.

8.2.1. Før- og etterundersøkelse ved metningsdykk / periode med luftdykk

Hjemmel:

NORSOK U-100 § 5.1.4:

"Pre- and post-dive medical checks, in accordance with procedures approved by the responsible diving doctor, shall be conducted routinely for all divers. For saturation divers these checks shall be performed upon entering and surfacing from saturation dives, and for air divers prior to and after completion of work periods.

Reports from these checks shall be part of the individual follow-up of the divers."

Aktivitetsforskriften (Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten) § 4:

"Arbeidsgiveren skal også sikre at arbeidstakerne gis tilbud om helsekontroll før de settes til arbeid som kan innebære særskilt helserisiko, slik at forebyggende tiltak kan settes i verk, jf. arbeidsmiljøloven § 3-1 andre ledd bokstav g og § 10-11 sjuende ledd.

Arbeidstakere som har vært utsatt for helseskadelig eksponering i sitt arbeid, skal gis tilbud om særskilt helsekontroll dersom det fortsatt eksisterer et arbeidsforhold, slik at eventuelle korrigerende tiltak kan settes i verk. "

Arbeidsmiljøloven § 3-1, annet ledd:

"c) kartlegge farer og problemer og på denne bakgrunn vurdere risikoforholdene i virksomheten, utarbeide planer og iverksette tiltak for å redusere risikoen

g) sørge for løpende kontroll med arbeidsmiljøet og arbeidstakernes helse når risikoforholdene i virksomheten tilsier det, jf. bokstav c."

Arbeidsmiljøloven § 10-11, syvende ledd:

"Arbeidstaker som hovedsakelig utfører arbeid om natten, skal gis tilbud om helsekontroll før tiltredelse og deretter med jevne mellomrom."

Undersøkelsene utføres av sykepleier på installasjonen, og vedkommende kan nekte dykkeren å gå i metning / dykke. Skjemaene lagres i den enkelte ansattes journal hos dykkeselskapets helsetjeneste og skal utgjøre en del av den individuelle oppfølgingen av dykk.

Skjemaet som benyttes under pre- og post-dive check er utarbeidet av det enkelte operatørselskap.

I et eksempel vi har fått tilgang til, består pre-dive check av en egenerklæring / spørreskjema:

- * Personalia, blodtype, kjente allergier,
- * dato for siste dykkersertifikatundersøkelse,
- * sykdom eller skade siden siste dykkerundersøkelse,
- * symptomer nå (eks. forkjølelse, kvalme),
- * alkoholbruk siste uke,
- * øreinfeksjoner, bruk av medisiner, røkevaner.
- * Ved bruk av kontaktlinser i kammeret skal dykkeren være oppmerksom på bakteriologiske problemer.
- * Dato for siste dykk, max dybde, bodybde.
- * Ved dykking utenfor gjeldende operatørselskap skal tidspunkt, max dybde og bodybde for hhv. metnings- og overflatedykk noteres.
- * Ved episode med trykkfallssyke skal år, type dykk, dybde og bunntid, tid etter dykk og /eller dybde ved symptomstart, symptomer og behandling noteres.

I tillegg skal følgende utfylles av sykepleier:

- * Høyde, vekt, temperatur, puls, blodtrykk, tegn på infeksjon, utseende av ørekanal,
- * tegn til alkohol- eller stoffmisbruk, andre funn.

Post-dive check fylles ut av sykepleier:

- * Datoer for inn og ut av metning, max dybde, max bodybde,
- * vekt, blodtrykk, puls,
- * sykdom eller skade relatert til dette dykket,
- * symptomer nå (inkl. forkjølelse, kvalme, uventet tretthet, nummenhet, etc.),
- * medikamenter brukt under metningen,
- * hudinfeksjoner eller andre hudproblemer,
- * øreproblemer, infeksjoner.

I forbindelse med dykket føres en operasjonslogg, som gir et grunnlag for å vurdere den eksponeringen dykkeren har vært utsatt for (spesielt vil det her noteres uventede hendelser, uhell etc.)

8.2.2. 3-årlig helseundersøkelse

Dette er en undersøkelse som skal sikre at arbeidstaker gis et tilbud om regelmessig helsekontroll for å dekke langtidseffekter av arbeidsmiljøfaktorer. Denne utføres i regi av bedriftshelsetjenesten. Undersøkelsen er frivillig for den ansatte, og resultatet av undersøkelsen er konfidensiell medisinsk informasjon, som lagres i den ansattes journal hos bedriftshelsetjenesten. Dykkeren er eier av resultatene av helseundersøkelsen, og kan bringe disse med seg ved eventuell bytte av arbeidsgiver.

Hjemmel:

NORSOK U-100 § 5.1.4:

"A system for monitoring long and short-term health effects of diving shall be established. Special attention shall be paid to long term health monitoring of organ systems known to be affected by diving. This shall as a minimum include monitoring of
a) ear function,
b) pulmonary function,
c) nervous system function,
d) long-bone structure.
Examinations shall be repeated at regular intervals not exceeding three years, using accepted methods. When diving deeper than 180 msw, the divers shall be followed up in accordance with detailed examination as specified e.g. in [19] or equivalent."

Aktivitetsforskriften § 4:

"Arbeidsgiveren skal sikre at arbeidstakerne gis tilbud om regelmessig helsekontroll for å avdekke langtidsvirkninger av arbeidsmiljøfaktorer. "

Arbeidsmiljøloven § 3-1, annet ledd:

"g) sørge for løpende kontroll med arbeidsmiljøet og arbeidstakernes helse når risikoforholdene i virksomheten tilsier det, jf. bokstav c"

Arbeidsmiljøloven § 10-11, syvende ledd:

"Arbeidstaker som hovedsakelig utfører arbeid om natten, skal gis tilbud om helsekontroll før tiltredelse og deretter med jevne mellomrom."

Opplegget for helseundersøkelsen utarbeides av det enkelte dykkeselskap. Vi har mottatt som et eksempel rutiner for helseundersøkelse hos ett dykkeselskap, som benytter et egenerklæringsskjema i tillegg til en nærmere beskrevet helseundersøkelse.

Egenerklæringen inneholder følgende punkter:

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">* Dykkererfaring: Årstall for start av dykking, start av kommersiell dykking, og start av metningsdykking, antall dykk (luft / metning grunnere og dypere enn 180 meter)* Eksponering – for: petrokjemikalier, løsemidler eller maling; hydrogensulfid; radioaktive kilder; kull- eller stenstøv; støy (kraftig nok til å vanskeliggjøre kommunikasjon); boreslam; asbest; sveiserøk.* Arbeidserfaring utenom dykking (antall år, type arbeid)* Relevante sykdommer, skader eller symptomer: Trykfallssyke (spesifiseres); dykkerulykke eller yrkesrelatert sykdom; sykdom eller skade på hørsel, lunge- eller nervesystem.* Aktuell bruk av medikamenter* Aktuelle plager: leddsmerter eller muskelstivhet; rygg- eller nakkesmerter; pusteproblemer; hoste eller piping i brystet; magesmerter, forstoppelse, diaré eller kvalme; muskelsvakhet eller skjelvninger; ustødig gange, svimmelhet eller dårlig balanse; glemsomhet eller konsentrasjonsvansker; dårlig syn (ikke korrigert av briller); nedsatt hørsel; hudutslett eller kløe; tretthet/utmattelse; hodepine; nummenhet eller stikninger i huden.* Røkevaner (spesifiseres) |
|---|

Helseundersøkelsen inneholder:

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">* Hørseltest (audiometri): bestemmelse av høreterskel på begge ører ved frekvensene 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 og 8000 Hz.* Lungefunksjon (spirometri): måling av FVC, FEV₁, FEV₁/FVC % og PEF. |
|---|

8.2.3. Årlig helseovervåking (screening) - spørreskjema

Hjemmel: Samme som 3-årlig helseundersøkelse.

Formål med undersøkelsen er angitt i "Entrance questionnaire", under overskriften

Confidentiality (vår understrekning):

"The information that you provide in this form will be used in two ways:

By your occupational health service to provide health surveillance for you at work under conditions of strict confidence. Any other use of your information that includes your personal identification details can only take place with your written permission. Information which identifies you will not be passed on to line management without your written permission. You are free at any time to have a copy of your occupational health record.

Health surveillance records are a most important source of information. Some use may be made of information which does not include your personal details (anonymised) for audit and management studies to help improve workplace health and safety. On occasion, the outcome of such studies may be made public, for example, by articles published in medical or health and safety journals. Great care is taken to ensure that no diver can be identified in this process. It is hoped that you will accept that such work is very important for advancing workplace health and safety and that you accept that your anonymised health surveillance records may be used in this way. You have, however, the right to refuse this use of your anonymised information. If this is your decision, please so indicate in Section 9 of this form."

Ved første gangs undersøkelse skal "Entrance Questionnaire" utfylles, ved senere undersøkelser benyttes "Follow-up Questionnaire".

Oppbygging av skjemaene:

Entrance questionnaire:

Del 1: Personalia

Del 2: Livsstil

- * Seksjonen innledes med et spørsmål om aktuell arbeidsstatus (ansatt eller selvstendig næringsdrivende, utfyllende spørsmål om hvorvidt dykkeren arbeider for ett eller flere selskaper, og evt. arbeid utenfor dykkervirksomhet)
- * Spørsmål om vekt, høyde, røkevaner (antall år / sigaretter, evt. sluttår), alkoholbruk (hvor lang tid på 8 enheter)

Del 3: Yrkeshistorie

- * Aktuelt arbeid (Detaljer om hver jobb)
- * Tidligere arbeid (Alle jobber etter avsluttet skolegang)

Del 4: Dykking

- * Varighet av dykkerkarriere (År for første / måned for siste profesjonelle dykk)
- * Overflateorientert luft- eller nitroxdykk
- * Antall dykk (SCUBA / SurDO₂ / Overflatesupplied) - Dybde
- * Overflateorientert mixed gas dykking - Antall / dybde
- * Kammerorientert mixed gas dykking
- * Hvor mange ganger har du kommet ut fra metning
- * Totalt antall dager i metning - Dybde
- * Hvilke dykkesektorer har du arbeidet i
- * Fritidsdykking (ja / nei) - Evt. tidsrom
- * Detaljer om antall dykk og dybde for luft- /nitroxdykk og mixed gas dykk
- * **Ulykker, sykdom og symptomer relatert til dykking (svaralternativer er nei / ja (antall ganger))**
- * **Nevrologisk trykfallssyke**
- * **Cerebral gassemboli**
- * **Trykfallssyke kun med smerte**
- * **(hvis ja for en av disse tre: bruk av rekompresjon eller gass under trykk?)**
- * **Undervannseksplosjon**
- * **Bevisstløshet under trykk**
- * **Hudetsing pga. boreslam**

- * **Forurenset pustegass**
- * Delvis drukning
- * Sykdom som hindret deg i arbeidet under metning
- * Symptomer (alle typer) i løpet av metning eller innen 6 timer etter metning, som ikke er tolket som trykkfallssyke eller cerebral gassemboli (detaljer)
- * Symptomer knyttet til bennekrose (smerter i lyske/hofte/kne ved gange; føles et ben kortere enn det andre; halting; smerter/stivhet i skulder)

Del 5: Støy

- * Tidligere og nåværende arbeid:
- * Detaljerte spørsmål om type / grad av støy / Bruk av støyende verktøy / Eksplosjonsstøy / Redusert hørsel på slutten av arbeidsdagen
- * En nærmere angivelse av i hvilke arbeidsforhold (fra Del 3) støyen har forekommet
- * Under dykking - lokalisasjon av støy (vann / klokke / sveisehabitat / bolig)
- * Bruk av hørselvern
- * **Symptomer på hørseltap**
- * *Andre øreproblemer (svimmelhet/vertigo; øresmerter; væsning fra ørene; øreabscess; pseudomonasinfeksjon eller annen infeksjon i øret; øreskade eller barotraume; perforert trommehinne; lyder eller ringing i ørene)*

Del 6: Vibrasjon

- * Bruk av håndholdt vibrerende verktøy, maskiner eller håndholdte prosesser (ja / nei)
- * **Bruk av slagverktøy eller roterende verktøy (varighet)**
- * Angivelse av hvilke arbeidsforhold (fra Del 3)
- * År for første og siste eksponering
- * **Symptomer (kribling/ nummenhet i fingre>20 min / om natten; hvite fingre ved kulde, hvis ja – problemer med å varme dem igjen; problemer med muskler eller ledd i armer eller hender; problemer med å plukke opp små ting)**
- * Andre skader som kan gi tilsvarende symptomer som vibrasjonsskade (nakke-/arm-/håndskade eller operasjon; alvorlig sykdom i ledd, hud, nerver, hjerte eller blodkar; langtids medisiner (detaljer))

Del 7: Løsemidler og kjemikalier

- * Eksponering under dykking (i vannet / i klokken / i sveisehabitat / i bolig)
- * *Lukt av petrokjemi; hydrogensulfid; annen lukt*
- * **Øyeirritasjon; ”sand”smak i munnen; lungeirritasjon; hoste; hudirritasjon; hodepine; kvalme; svimmelhet; ørhet; bevissthetstap**
- * Risikofaktorer for yrkesdermatitt (astma; astma/piping i brystet som barn; høyfeber; eksem)
- * **Hudsymptomer på fingre, hender, underarmer, tær, føtter eller ben (rødhet, hevelse; sprukken hud; blemmer, vabler; flassing, skjelling; kløe med sprekker i huden; hudinfeksjoner; flekker, rødhet, hevelse på andre deler av kroppen)**
- * **Varighet, hyppighet, relasjon til dykking eller annet arbeid, bedring i fritiden, sykefravær**
- * Har du funnet boreslam på innsiden av dykkerdressen etter dykket/skiftet

Del 8: Sveising

- * Arbeid med sveising (periode)
- * Fordeling av sveiseerfaringen (%-vis) på områder: Utendørs, innendørs – godt ventilert/ trangt, dårlig ventilert/ trykklagt sveisehabitat / våt sveising - i vann under dykk
- * Forekomst av brunt eller sort oppspytt eller neseslim etter sveising
- * Bruk av verneutstyr (Enkel støvmaske / enkel filtermaske (eks. 3M engangsmaske) / filtermaske med utskiftbart filter / Overtrykksmaske (eks. Aga) / annet
- * Sveiseteknikker (MMA / MIG / TIG / Oxyfuel / FCW /Flame or Arc metal cutting / Other)
- * *Ulykker (Strømgjennomgang / Forbrenning (inkl. radioaktiv) / Øyeskade / Metallfeber / Øreskade)*
- * **Helseeffekter (Hoste, tett bryst, piping, nedre luftveisinfeksjon (bronkitt, pneumoni), bryst-, kjeve- eller armsmerter ved gange, klatring eller løping)**

Follow-up Questionnaire:

Inneholder de samme spørsmålene som entrance questionnaire, men svarene skal begrenses til perioden siden siste utfylte skjema.

Actions required by occupational health team

Bedriftshelsetjenesten skal følge opp med utfyllende undersøkelser dersom det er positiv respons på noen av de uthevede punktene. Ved follow-up questionnaire skal også punktene i kursiv følges opp av BHT.

8.3. Eksponeringsvurdering

Hjemmel:

NORSOK § 5.1.4:

"When following up the individual diver's health, diving exposure data is an important parameter. The contractor shall therefore maintain a system to collect and store such data in a manner enhancing a prompt retrieval of each individual diver's exposure data. The contractor shall further contractually require that the individual diver make available to the health service (in the form of a self-declaration) all diving exposure data, including data from diving taking place outside the confines of employment/appointment with the contractor."

Aktivitetsforskriften § 41. Informasjon om risiko ved utføring av arbeid:

"Det skal sikres at arbeidstakerne gis informasjon om helserisiko og risikoen for ulykker ved det arbeidet som skal utføres.

Resultater av vurderinger, analyser, målinger, kartlegginger av årsaker til arbeidsbetingede sykdommer, gransking av arbeidsulykker og tilløp til slike ulykker, og betydningen av disse resultatene for utføringen av arbeidet, skal være tilgjengelig.

Arbeidstakerne og deres tillitsvalgte skal gjøre seg kjent med disse opplysningene."

Arbeidsmiljøloven § 3-1:

"c) kartlegge farer og problemer og på denne bakgrunn vurdere risikoforholdene i virksomheten, utarbeide planer og iverksette tiltak for å redusere risikoen."

Innsamling av individuelle eksponeringsopplysninger skjer ved pre-dive check (egenerklæring om dykk utenom kontraktør), i forbindelse med dykkene (operasjonslogg), ved post-dive check (basisdata om den aktuelle arbeidsperiode, samt hendelser / symptomer), gjennom egenerklæring (samlet oversikt) ved 3-årig helseundersøkelse, og gjennom årlig spørreskjema.

Innsamling av generelle eksponeringsopplysninger kan skje gjennom en oppsummering av de årlige spørreskjemaene.

9. Helseundersøkelser i arbeidslivet

I dette kapittelet har vi sett på hvilke krav og hvilken praksis som gjelder for helseundersøkelser i deler av arbeidslivet som har fellestrekk med med dykkerbransjen, og trukket noen sammenligninger til dagens praksis for helseoppfølging av dykkere.

9.1. Regelverk

Helseundersøkelser i arbeidslivet generelt er hjemlet i Arbeidsmiljølovens § 3.1.

Se særlig pkt. 2, c og g (understreket):

§ 3-1. Krav til systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid

(1) For å sikre at hensynet til arbeidstakers helse, miljø og sikkerhet blir ivaretatt, skal arbeidsgiver sørge for at det utføres systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid på alle plan i virksomheten. Dette skal gjøres i samarbeid med arbeidstakerne og deres tillitsvalgte.

(2) Systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid innebærer at arbeidsgiver skal:

- a) fastsette mål for helse, miljø og sikkerhet,*
- b) ha oversikt over virksomhetens organisasjon, herunder hvordan ansvar, oppgaver og myndighet for arbeidet med helse, miljø og sikkerhet er fordelt,*
- c) kartlegge farer og problemer og på denne bakgrunn vurdere risikoforholdene i virksomheten, utarbeide planer og iverksette tiltak for å redusere risikoen,*
- d) under planlegging og gjennomføring av endringer i virksomheten, vurdere om arbeidsmiljøet vil være i samsvar med lovens krav, og iverksette de nødvendige tiltak,*
- e) iverksette rutiner for å avdekke, rette opp og forebygge overtredelser av krav fastsatt i eller i medhold av denne lov,*
- f) sørge for systematisk arbeid med forebygging og oppfølging av sykefravær,*
- g) sørge for løpende kontroll med arbeidsmiljøet og arbeidstakernes helse når risikoforholdene i virksomheten tilsier det, jf. bokstav c,*
- h) foreta systematisk overvåking og gjennomgang av det systematiske helse-, miljø- og sikkerhetsarbeidet for å sikre at det fungerer som forutsatt.*

Helseundersøkelsen skal altså bygge på en konkret risikovurdering og den skal være målrettet mot de risikoforholdene som er avdekket. For noen spesielle eksponeringer har myndighetene laget egne forskrifter hvor det beskrives nærmere hvordan dette skal gjennomføres.

Eksempler på slike forskrifter er kjemikalieforskriften, støyforskriften, asbestforskriften, forskriften for arbeid med ioniserende stråling og forskriften for avløpsarbeid.

Arbeidsmiljøloven presiserer dessuten at ansatte som arbeider om natten, skal tilbys egnet helseundersøkelse, men sier ikke noe om hvordan dette skal gjøres.

For eksponeringer som ikke er spesifikt nevnt i forskriftsverket gjelder de generelle reglene i Arbeidsmiljølovens § 3.1. Det betyr at for flertallet av eksponeringer hvor helsekontroll kan være aktuelt foreligger det ikke noen ”oppskrift” for hvordan dette kan gjøres.

Kjemikalieforskriftens § 29 kan på mange måter ses på som retningsgivende for hvordan myndighetene mener at slike helsekontroller bør gjennomføres.

§ 29. Krav om helseundersøkelse

Arbeidsgiver skal sørge for at arbeidstaker gjennomgår egnet helseundersøkelse hvis arbeidstaker kan utsettes for farlige kjemikalier på en slik måte at det kan forårsake helseskade.

Egnet helseundersøkelse skal kunne påvise sykdom eller helseeffekt forårsaket av de aktuelle kjemikaliene og gi grunnlag for forebyggende tiltak i virksomheten eller andre tiltak som kan redusere arbeidstakerens risiko for helseskade.

Helseundersøkelsen skal utføres av kompetent lege før arbeidstakeren begynner arbeidet med farlige kjemikalier, og deretter med regelmessige mellomrom. Legen avgjør hyppigheten av og innholdet i undersøkelsen på bakgrunn av eksponeringens type, nivå og varighet, og på bakgrunn av arbeidstakerens helsetilstand.

Arbeidstaker skal informeres om kravet om helseundersøkelse før arbeidet tildeles.

I praksis vil arbeidsgiver som regel bruke sin bedriftshelsetjeneste til dette arbeidet. Det betyr at mange av vurderingene overlates til et faglig skjønn. Opp gjennom årene har den praktiske utformingen av slike undersøkelser vært til dels nokså ulike fra bedriftshelsetjeneste til bedriftshelsetjeneste. For å bidra til økt kvalitet har derfor Norsk arbeidsmedisinsk forening laget retningslinjer for gjennomføring av helsekontroller ved mange ulike typer eksponeringer.

9.2. To ulike typer helsekontroller — sertifikatkontroller og arbeidsmiljørelaterte helsekontroller.

Eksempler på sertifikatkontrollene er den kontrollen man gjør av for eksempel togførere, flyvere og yrkessjåfører for å finne ut om de er egnet til å utføre arbeidet. Målet med disse kontrollene er først og fremst av sikkerhetsmessig karakter. Legen som gjør undersøkelsen, er sakkyndig og har plikt til å rapportere avvik til myndighetene. Utformingen av undersøkelsene gjøres gjerne av myndighetene.

De arbeidsmiljørelaterte helsekontrollene gjøres for å forhindre eller tidligst mulig å oppdage helsesvikt pga arbeidet. Ved denne typen undersøkelser er legen vanligvis ikke sakkyndig, men har vanlig medisinsk taushetsplikt. Utformingen av disse undersøkelsene gjøres vanligvis av bedriftshelsetjenesten, men ofte basert på retningslinjer fra myndighetene eller fagmiljøene.

9.3. Helsekontroll av luftpersonell (inkludert flygere)

Luftpersonell inkluderer både flygere og andre besetningskategorier som arbeider om bord i fly. Helsekontroll av sivile flygere gjennomføres i Norge etter europeisk regelverk ifølge ”Joint Aviation Authorities” — Sammenslutningen av europeiske luftfartsmyndigheter — som for tiden er i ferd med å overføre myndighet til EASA — European Aviation Safety Agency. Disse helsekontrollene er først og fremst av sertifiserende karakter der legen er sakkyndig, og har derfor hovedfokus på to aspekter av helse: nemlig funksjonsnivå i forhold til arbeidet som skal utføres på den ene side, og risiko for akutt inkapasitering på den andre. Regelmessige kontroller (årlige eller halvårlige avhengig av alder) utføres av flyleger rundt om i landet oppnevnt av Luftfartstilsynet. Undersøkelsen følger et eget skjema som er felles

for hele Europa. Med noen års mellomrom, også avhengig av type luftpersonell, gjennomgår luftpersonellet utvidet undersøkelse ved nasjonalt "Aeromedical Center" som i Norge er Flymedisinsk institutt. Dette gjøres også i henhold til felleseuropeiske skjema, og inkluderer undersøkelse av øyespesialist i tillegg til flylege i et fagmiljø som inkluderer spesialkompetanse i flymedisin innen otorhinolaryngologi (øre/nese/hals) og indremedisin. Undersøkelsesresultatene (fra flyleger rundt om i landet eller fra Flymedisinsk institutt) blir overført til Luftfartstilsynet, Flymedisinsk seksjon som er samlokalisert med Flymedisinsk institutt i Oslo. Flymedisinsk seksjon utsteder legeattest for lufttjeneste eller krever ytterligere utredning der dette er indisert.

Militært har man i Norge et parallelt system basert på Luftforsvarets egne bestemmelser, men der Flymedisinsk institutt både er undersøkende og sertifiserende instans. Flymedisinsk institutt er i tillegg også fagansvarlig for helseovervåkning og forebyggende tiltak for Luftpersonellet innen forsvaret, og har således en utvidet funksjon sammenlignet med det som er tilfelle for sivile flygere. På tross av tett kontakt med personellet over tid og aktivt tillitsskapende arbeid, vurderes det nødvendig å gjøre egne, anonymiserte undersøkelser for å kartlegge spesifikke arbeidsmiljørelaterte lidelser. Dette skyldes hovedsakelig at informasjon som gis ved sertifiseringsundersøkelser vil kunne ha en konsekvens for den enkelte. Selv om en nok har oppnådd betydelig utvikling i tillit fra luftpersonellet over tid, er legeattest for lufttjeneste av en så avgjørende betydning for utøvelsen av yrket at situasjonen i mange tilfeller vil påvirke personellets terskel for hvilke helseplager en rapporterer.

9.4. Helsekontroll av dykkere

Helsekontrollen som gjøres hos dykkerlege årlig, evnt hvert annet år for unge innaskjærsdykkere, er en sertifikatundersøkelse hvor innholdet i undersøkelsen er bestemt av myndighetene og resultatet er avgjørende for om vedkommende får beholde sitt dykkersertifikat eller ei. Dykkerlegen er sakkyndig, på samme måte som flylegen er det ved utstedelse av flysertifikater.

De øvrige undersøkelsene er arbeidsmiljørelaterte og målrettede med 3-årlig helsekontroll hos lege og dessuten en forenklet undersøkelse hos helsepersonell før og etter hvert dykk eller metningsperiode. Undersøkelsene er målrettet i det de retter seg mot de organene som er mest utsatt for skade som CNS, lunge, beinstruktur og hørselsorgan. Helsepersonalet ved disse undersøkelsene er ikke sakkyndige, men har taushetsplikt om opplysningene de får. Det forhindrer dem ikke fra å kunne gripe inn hvis en person ønsker å dykke, men åpenbart ikke bør gjøre det pga helsemessige funn som er gjort. I en slik situasjon må legen overtale den ansatte til å følge de medisinske rådene eller bruke sin nødrett for å forhindre alvorlig skade på den ansatte eller andre. Legen kan imidlertid ikke orientere dykkerens nærmeste leder om resultatet av undersøkelsen uten å ha innhentet samtykke fra dykkeren eller forklart at det er nødvendig å informere for å forhindre alvorlig skade.

9.5. *Helseoppfølging av dykkere sammenlignet med helseoppfølging av andre arbeidstakere.*

9.5.1. Sertifikatundersøkelsen

Sertifikatundersøkelsen av dykkere kan sammenlignes med tilsvarende undersøkelse av flyvere, togførere og yrkessjåfører. Trafikkflygere må gjennomgå sertifikatkontroll årlig og ½ årlig etter fylte 40 år. Togførere må fornye sitt sertifikat med 5 års intervaller fram til 45 års alder, 3 års intervaller fram til 60 år og deretter årlig. Bussjåfører undersøkes ikke oftere enn med 5–10 års intervaller. Det er vanskelig å forklare disse forskjellene faglig. De beror nok mest på tradisjon.

9.5.2. Arbeidsmiljørelatert helsekontroll

Sammenlignet med andre arbeidstakere, er helseoppfølgingen av dykkere svært omfattende på dette området. Den er målrettet og innholdet i den virker vel gjennomtenkt. I forhold til andre yrkesgrupper med sertifikatkrav, som flygere og togførere er den veldig omfattende. Bedrifter vi kjenner til innen disse bransjene har bedriftshelsetjenester som gjennomfører sertifikatkontrollene og som samtidig kanskje stiller noen få spørsmål om arbeidsrelaterte problemer. Gruppene er imidlertid ikke særlig sammenlignbare da risikoen for å pådra seg helseproblemer pga jobben er langt lavere for flyvere og togførere enn for dykkere.

9.6. *Ansettelsesforhold og helseovervåkning*

For arbeidstakeren kan helseovervåking oppleves å være et tveegget sverd. På den ene siden er det viktig for den enkelte at arbeidsrelaterte helseproblemer avdekkes tidlig med tanke på å forebygge en negativ utvikling. Imidlertid vil frykt for konsekvenser i forhold til tap av sertifisering kunne bidra til underrapportering. Det vil kunne føre til en siling av informasjon avhengig av hva arbeidstakeren tenker kan være konsekvensene. Konsekvensen av dette er at enhver kobling mellom sertifiseringsundersøkelser og undersøkelser som har forebyggende hensikt kan føre til begrensninger i informasjonen som vil være tilgjengelig i forebyggende øyemed. Dette problemet kan delvis løses ved å bygge tillit til helsepersonellet ved at den ansatte går til samme lege over tid eller ved å innhente opplysninger anonymt. Det er lite trolig at tilfanget av forebyggende informasjon blir fullstendig med mindre denne informasjonen i praksis frikobles fra mulighet for konsekvenser.

9.7. *Konklusjon*

Oppfølging av spesielle yrkesgrupper som dykkere og flygere er omfattende og nødvendig først og fremst ut fra et sikkerhetsperspektiv. Usikkerheten i forhold til innrapportering av symptomer p.g.a. mulige konsekvenser er imidlertid en begrensning i forhold til forebyggelse. Undersøkelser som har sertifisering som mål bør derfor suppleres med andre undersøkelser der det vurderes nødvendig for å ivareta forebyggende hensyn i forhold til for eksempel kronisk helseskade.

Sammenlignet med helseovervåking av arbeidstakere på land synes dykkerne å være godt ivaretatt med sitt langt mer omfattende batteri. Svar på gjennomgåtte uhell, tegn til trykkfallsyke eller utelatt dekompresjon mv. vil kunne være nyttig tilleggsinformasjon til CNS-symptomer og si noe om risikoen for CNS-skader. Dagens tilbud med vurdering før og etter dykk og helsesjekk hvert 3. år tyder på at dykkerne er ganske godt ivaretatt mht helseovervåking. Årlige sertifikatkontroller (eller hvert annet år) kommer i tillegg som en ekstra sikkerhetsfaktor. Nytteverdien av i tillegg å innføre nevropsykologisk screening har vi per i dag lite kunnskap om.

10. Anbefalinger om helseundersøkelser av offshore-dykkere

10.1. Lunge

Selv om det er grunn til å tro at dykking ikke gir alvorlig påvirkning på lungene, er det viktig å følge opp dykkernes lunger regelmessig fra starten av karrieren, for å kunne påvise eventuelle endringer i lungefunksjon.

Dykkere blir i dag fulgt tett opp med lungefunksjonsundersøkelser, både ved sertifiseringsundersøkelser årlig, og hvert tredje år hos bedriftshelsetjenesten. Sertifiseringsundersøkelsene har bare som mål å vurdere dykkeren i forhold til gitte grenseverdier, og det kan ikke forventes at dykkerlegen gjør en vurdering av endringer som er skjedd siden forrige undersøkelse. En slik vurdering av utvikling over tid må derfor skje i regi av bedriftshelsetjenesten. Vår oppfatning er at behovet for regelmessige lungefunksjonsundersøkelser er dekket gjennom de treårige helseundersøkelsene i regi av bedriftshelsetjenesten, når det tas i betraktning at plutselige dramatiske endringer i lungefunksjon vil bli fanget opp i forbindelse med sertifiseringsundersøkelsen.

Vi vil imidlertid igjen påpeke at flere forhold rundt selve prosedyren ved lungefunksjonstesten skal være oppfylt og man anbefaler at dykkeren følges med samme prosedyre på det samme instrumentet over tid.

Dykkere bør oppfordres til ikke å røke.

Vi mener at en spørreskjemabasert helsescreening ikke vil ha noen funksjon i oppfølgingen av dykkernes lungehelse.

10.2. Hørsel

Med utgangspunkt i målinger fra starten av karrieren er en regelmessig kontroll av hørselen til dykkeren påkrevet, og dykkeren må læres opp til å ta hensyn til/beskytte seg mot støy både i arbeid og i fritiden.

På samme måte som for lunger, blir dykkernes hørsel testet både ved årlig sertifisering og ved 3-årig helseundersøkelse hos bedriftshelsetjenesten. Registering av endringer over tid vil imidlertid være bedriftshelsetjenestens ansvar. For at en slik registrering skal være god nok, bør det benyttes standardisert audiometri istedetfor hviskeprøve ved helseundersøkelsen hos bedriftshelsetjenesten.

Vi mener at spørreskjema ikke har noen naturlig plass i oppfølgingen av dykkernes hørsel.

10.3. *Knokler*

Det er ikke grunnlag for å screene dykkernes lange rørknokler på et generelt grunnlag. Ved å følge retningslinjene fra Helsetilsynet, med røntgen av lange rørknokler før sertifisering for klasse II og III dykkere, og ved senere oppfølging av selekterte dykkere slik som dykkere med gjennomgått trykfallssyke, leddsmerter eller utelatt dekompresjon, mener vi oppfølgingen er tilstrekkelig med tanke på å avdekke tilfeller av aseptisk bennekrose.

10.4. *Nervesystem*

Vi er tvilende til verdien av selvrapportering av endringer i kognitiv funksjon, både fordi det er vanskelig å vurdere egen kognitiv funksjon, og fordi en rapportering av endringer vil kunne få alvorlige konsekvenser for arbeidsforholdet.

En relativt kortfattet nevropsykologisk undersøkelse ville kunne gi god informasjon om lette effekter på nervesystemet. Men å innføre en ny obligatorisk undersøkelse er en stor endring, som må være begrunnet i en dokumentert risiko. Den tilgjengelige litteraturen er ikke god nok til at man kan trekke en sikker konklusjon om at det foreligger økt risiko for lette effekter på nervesystemet hos metningsdykkere som ikke har gjennomgått hendelser som trykfallssyke, og vi finner ikke at det er grunnlag for å anbefale at det innføres en obligatorisk nevropsykologisk undersøkelse som en del av helseoppfølgingen av dykkere i petroleumsvirksomheten.

Det beste grunnlaget for å kunne dokumentere en eventuell effekt av dykking i fremtiden, er å teste dykkere før de begynner å dykke. En frivillig nevropsykologisk undersøkelse ved starten av dykkerkarrieren vil, for de som gjennomgår en slik undersøkelse, gi grunnlag for å avdekke eventuelle senere effekter på nervesystemet som følge av dykking. For å sikre at undersøkelsen holder god nok kvalitet og for å sikre at konfidensialiteten ivaretas, bør en slik undersøkelse utføres på en sykehusavdeling med spesiell hyperbar kompetanse, f.eks Hyperbarmedisinsk avdeling ved Haukeland sykehus.

Dykkere som har gjennomgått hendelser som f.eks. trykfallssyke, må følges opp, og behovet for nevrologisk og/eller nevropsykologisk undersøkelse må vurderes.

10.5. *Spørreskjema.*

Vi har vurdert en eventuell nytte av screening ved hjelp av spørreskjema med tanke på å avdekke helseeffekter av dykking, og vår konklusjon er at vi tviler på at bruk av spørreskjema slik det har vært foreslått, med et papirbasert skjema som sendes hjem til dykkeren en gang årlig, vil være et nyttig redskap i denne forbindelse. Det er flere grunner til dette:

De helseeffektene som er aktuelle, er slike som utvikler seg gradvis, og hvor dykkeren ikke vil merke noen endring i funksjon før det har oppstått svært store endringer. For å avdekke endringer i funksjon over tid, må det gjøres undersøkelser med standardiserte metoder på

standardisert utstyr og med trent personell. Selv da vil det ofte være tvil om de registrerte endringene er til å stole på.

Dykkere er i utgangspunktet interessert i å fortsette å dykke, og det er lite trolig at de i et spørreskjema hvor de oppgir navn vil skrive noe som kan sette dem i risiko for å bli satt på land.

Dykkere blir fulgt svært tett opp med årlige sertifiseringsundersøkelser i tillegg til tilbud om treårig helseundersøkelse. Det er grunn til å stille spørsmål ved om motivasjonen vil være tilstede hos mange til å fylle ut et spørreskjema når de er hjemme på fritiden, hvis dette er frivillig og dykkeren i utgangspunktet ikke ønsker å informere om hendelser eller helseproblemer.

Imidlertid inneholder det foreslåtte spørreskjemaet en rekke viktige spørsmål om dykkerens eksponeringer i arbeidsforholdet. Vi vil foreslå to alternative måter å bruke dette skjemaet på:

- 1) Skjemaet kan benyttes som mal for intervju om eksponeringer i forbindelse med den treårige helseundersøkelsen hos bedriftshelsetjenesten. Også her må man være oppmerksom på det forhold at dykkeren ikke oppgir mer enn han/hun føler er trygt med tanke på å beholde arbeidsforholdet. Man har imidlertid en mulighet for å snakke om dette på tomannshånd med dykkeren, og eventuelle hendelser vil kunne følges opp der og da på en relevant måte.
- 2) Skjemaet kan benyttes i anonymisert form for å kartlegge eksponeringsforhold og hendelser på gruppebasis. Dette vil, dersom det samles og systematiseres, kunne gi et svært godt grunnlag for å si noe om dykkeres risiko for helseeffekter på lengre sikt. For at dykkerne skal gi utfyllende opplysninger, må de være helt trygge på at disse er anonyme, og vi vil anbefale at innsamlingen av opplysninger ikke skjer i regi av arbeidsgiver, men f.eks. i regi av Hyperbarmedisinsk avdeling ved Haukeland sykehus, som har et etablert forskningsmiljø som vil kunne gjøre seg god nytte av disse eksponeringsopplysningene, og som også vil kunne systematisere opplysningene for bruk av andre forskere. Istedenfor papirskjemaer vil vi anbefale bruk av internettbaserte questback-systemer.

11. Referanser

Aarli JA, Vaernes R, Brubakk AO, Nyland H, Skeidsvoll H, Tønjum S. [Central nervous dysfunction associated with deep-sea diving](#). Acta Neurol Scand 1985;71(1):2-10.

Adir Y, Shupak A, Laor A, Weiler-Ravell D. Large lungs in divers. Natural selection or a training effect? Chest 2005;128:224-8.

Antonini JM, Lewis AB, Roberts JR, Whaley DA. Pulmonary effects of welding fumes: review of worker and experimental animal studies. Am J Ind Med 2003;43:350-60.

Ball R, Parker EC. A trial to determine the risk of decompression sickness after a 40 feet of sea water for 200 minute no-stop air dive. Aviat Space Environ Med 2000;71(2):102-8.

Baratt DM, Harch PG, Meter KV. Decompression illness in divers: a review of the literature. Neurologist 2002;8:186-202.

Barre P, Beaumier T, Conso F, Choudat D, Susbielle G. Pathology linked with diving in population of 956 professional divers. Arch Mal Prof 1988;49(6):389-95.

Bast-Pettersen R. [Long-term neuropsychological effects in non-saturation construction divers](#). Aviat Space Environ Med 1999;70(1):51-7.

Bast-Pettersen R. Self-reported conceptions of memory and concentration in comparison with the neuropsychological test performance of manual workers. Scand J Work Environ Health Supp 2006;2:41-6.

Bast-Pettersen R. The neuropsychological diagnosis of chronic solvent induced encephalopathy (CSE) – A reanalysis of neuropsychological test results in a group of CSE patients diagnosed 20 years ago, based on comparisons with matched controls. Neurotoxicology 2009;30:1195–201.

Bayne CG. [Acute decompression sickness: 50 cases](#). JACEP 1978;7(10):351-4.

Bermon S, Magnie MN, Dolisi C, Wolkiewicz J, Gastaud M. Decreased pulmonary diffusing capacity of divers over a 6-year period. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1997;76:170-3.

Blatteau J-E, Guigues J-M, Hugon M, Galland F-M, Sainty J-M, Menu J-P. Air diving with decompression table MN 90: 12 Years of use by the french Navy: Study about 61 decompression sicknesses for 1990-2002. Sci Sports 2005;20(3):119-23.

Blood C, Hoiberg A. Analyses of variables underlying U.S. Navy diving accidents. Undersea Biomed Res 1985;12(3):351-60.

Bolte H, Koch A, Tetzlaff K, et al. Detection of dysbaric osteonecrosis in military divers using magnetic resonance imaging. *Eur Radiol* 2005;15:368-75.

Brady JI Jr., Summit JK, Berghage TE. An audiometric survey of navy divers. *Undersea Biomed Res* 1976; 3: 41-7.

Brubakk AO, Hope A, Lindrup AG, Risberg J, Segadal K, Thorsen E. Long-term health effects of diving. The Godøysund 1993 consensus conference revisited. Norwegian Underwater Intervention, Bergen, Norway. 2006.

Buffels J, Degryse J, Heyrman J, Descramer M. Office spirometry significantly improves early detection of COPD in general practice. *Chest* 2004;125:1394-9.

Chen Y, Horne SL, Dosman JA. Body weight and weight gain related to pulmonary function decline in adults: a six year follow up study. *Thorax* 1993;48:375-80.

Clanton TL, Dixon GF, Drake J, Gadek JE. Effects of swim training on lung volumes and inspiratory muscle conditioning. *J Appl Physiol* 1987;62:39-46.

Coles RR. Cochleo-vestibular disturbances in diving. *Audiology* 1976;15:273-8.

Cordes P, Keil R, Bartsch T, Tetzlaff K, Reuter M, Hutzelmann A, Friege L, Meyer T, Bettinghausen E, Deuschl G. [Neurologic outcome of controlled compressed-air diving.](#) *Neurology* 2000;55(11):1743-5.

Cotes JE, Davey IS, Reed JW, Rooks M. Respiratory effects of a single saturation dive to 300 m. *Br J Ind Med* 1987;44:76-82.

Crosbie WA, Clarke MB. Physical characteristics and ventilatory function of 404 commercial divers working in the North Sea. *Br J Ind Med* 1977;34:19-25.

Crosbie WA, Reed JW, Clarke MC. Functional characteristics of the large lungs found in commercial divers. *J Appl Physiol* 1979;46:639-45.

Curley MD, Knafelc ME. Evaluation of noise within the MK 12 SSDS helmet and its effect on divers' hearing. *Undersea Biomed Res* 1987;14:187-204.

Curley MD. US Navy saturation diving and diver neuropsychological status. *Undersea Biomed Res* 1988;15(1):39-50.

Davey IS, Cotes JE, Reed JW. Relationship of ventilatory capacity to hyperbaric exposure in divers. *J Appl Physiol* 1984;56:1655-8.

Davidson JK. Dysbaric disorders: aseptic necrosis in tunnel workers and divers. *Baillieres Clin Rheumatol* 1989;3:1-23.

Dillard TA, Ewald FW. Should divers smoke and vice versa? *Aviat Space Environ Med* 2003;74:1275-6.

Doolette DJ, Gorman DF. Evaluation of decompression safety in an occupational diving group using self reported diving exposure and health status. *Occup Environ Med* 2003;60(6):418-422.

Dujic Z, Eterovic D, Denoble A, et al. Effect of a single air dive on pulmonary diffusing capacity in professional divers. *J Appl Physiol* 1993;74:55-61

Edmonds C. Hearing loss with frequent diving (deaf divers). *Undersea Biomed Res* 1985;12:315-9.

Edmonds C, Lowry C, Pennefather J, eds. *Diving and subaquatic medicine practice*. 3 ed. Edition, Surrey, UK: Butterworth-Heinemann Ltd.; 1992.

Egeland J. Simulering og aggravering av nevrokognitiv funksjonssvikt. *Tidsskrift for Norsk Psykologforening* 2008;9:1116-23.

Fitzpatrick DT, Conkin J. Improved pulmonary function in working divers breathing nitrox at shallow depths. *Aviat Space Environ Med* 2003;74:763-7.

Gao GK, Wu D, Yang Y, et al. Cerebral magnetic resonance imaging of compressed air divers in diving accidents. *Undersea Hyperb Med* 2009;36:33-41.

Goplen FK, Grønning M, Aasen T, Noradahl SHG. Vestibular effects of diving – a 6-year prospective study. *Occup med* 2009 DOI:10.1093/occmed/kqp 148.

Grønning M, Risberg J, Skeidsvoll H, et al. Electroencephalography and magnetic resonance imaging in neurological decompression sickness. *Undersea Hyperb Med* 2005;32:397-402.

Hallenbeck JM, Bove AA, Elliott DH. Mechanisms underlying spinal cord damage in decompression sickness. *Neurology* 1975;25:308-16.

Haraguchi H, Ohgaki T, Okubo J, et al. Progressive sensorineural hearing impairment in professional fishery divers. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999;108:1165-9

Harashima S, Iwasaki S. Occupational diseases if the Ama. In: Rahn H, Yokoyama T., eds. *Physiology of breath-hold diving and the Ama of Japan*. Washington DC: National Academy of Sciences, National Research Council Publication; 1965:85-98.

Harrelson JM, Hills BA. Changes in bone marrow pressure in response to hyperbaric exposure. *Aerosp Med* 1970;41(9):1018-21.

Hashimoto H, Nomura K, Yano E. Psychosomatic status affects the relationship between subjective hearing difficulties and the results of audiometry. *J Clin Epi* 2004;57:381-5.

Hlastala MP, Robertson HT, Ross BK. Gas exchange abnormalities produced by venous gas emboli. *Respir Physiol* 1979;36:1-17.

Hoiberg A, Blood C. [Health risks of diving among U.S. Navy officers.](#) *Undersea Biomed Res* 1986;13(2):237-45.

Hollien H. Hearing conservation underwater. In: R.T. Sataloff & J. Sataloff, eds. *Occupational hearing loss*, second edition, N.Y: Dekker; 1993: 567-81.

Hope A, Lund T, Elliott DH, Halsey MJ, Wiig H (eds). *Long term health effects of diving.* Norwegian Underwater Technology Centre a.s, Bergen, Norway. 1994.

Hutter CDD. Dysbaric osteonecrosis: a reassessment and hypothesis. *Medical Hypotheses* 2000;54:585-90.

Hutzelmann A, Tetzlaff K, Reuter M, Müller-Hülsbeck S, Heller M. [Does diving damage the brain? MR control study of divers' central nervous system.](#) *Acta Radiol* 2000;41(1):18-21.

Irgens Å, Grønning M, Troland K, Sundal E, Nyland HI, Thorsen E. Reduced health-related quality of life in former North Sea divers is associated with decompression sickness. *Occup Med* 2007;57(5):349-54

Jiang CQ, Wang B, Yu CF, et al. Dysbaric osteonecrosis by X-ray and CT scan in Chinese divers. *Undersea Hyperb Med* 2005;32:169-74.

Johnsen HL. Lung function, respiratory symptoms, and occupational exposure. A five-year prospective study among employees in Norwegian smelters. *Faculty of Medicine, UiO*, 2009.

Kindwall EP. Compressed air tunnelling and caisson work decompression procedures: development, problems, and solutions. *Undersea Hyperb Med* 1997;24(4):337-45.

Klingmann C, Knauth M, Ries S, Tasman AJ. Hearing threshold in sport divers. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2004;130:221-5.

Lemaître F, Bedu M, Coudert J. Pulmonary function of recreational divers: A cross sectional study. *Int J Sports Med* 2002;23:273-8.

Lepow B, Tetzlaff K, Höll D, Zeng L, Reuter M. [Spatial orientation in construction divers – are there associations with diving experience?](#) *Int Arch Occup Environ Health* 2001;74(3):189-98.

Lindeman HE, Klaauw van der MM, Platenburg-Gits FA. Hearing acuity in male adolescents (young adults) at the age of 17 to 23 years. *Audiology* 1987;26:65-78.

- Luby J. A study of decompression sickness after commercial air diving in the northern Arabian Gulf: 1993-95. *Occup Med* 1999;49(5):279-83.
- Maio DA, Farhi LE. Effect of gas density on mechanics of breathing. *J Appl Physiol* 1967;23:687-93.
- McFadden D. A speculation about the parallel ear asymmetries and sex differences in hearing sensitivity and otoacoustic emissions. *Hear Res* 1993;68:143-51.
- McGill TJ, Schuknecht HF. Human cochlear changes in noise induced hearing loss. *Laryngoscope* 1976;86:1293-302.
- Meller R, Rostain JC, Luciano M, et al. Does repeated hyperbaric exposure to 4 atmosphere absolute cause hearing impairment? Study in guinea pigs and clinical incidences. *Otol Neurotol* 2003;24:723-7.
- Miller MR, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005;26:319-38.
- Molvær OI, Gjestland T. Hearing damage risk in divers operating noisy tools under water. *Scand J Work Environ Health* 1981;7:263-70.
- Molvær OI, Vårdal L, Gundersen T, et al. Hearing acuity in a Norwegian standard population. *Scand Audiol* 1983;12:229-36.
- Molvær OI, Lehmann EH. Hearing acuity in professional divers. *Undersea Biomed Res* 1985;12:333-49.
- Molvær OI, Albrektsen G. Hearing deterioration in professional divers: an epidemiologic study. *Undersea Biomed Res* 1990;17:231-46.
- Nagashima H, Matsumoto K, Seo YJ, Mohri M, Naraki N, Matsuoka S. [Changes in sleep patterns during simulated nitrox saturation diving to 20 and 30 meters](#). *Percept Mot Skills* 2002;94(3 Pt 1):753-66.
- Nakanishi N, Okamoto M, Nakamura K, et al. Cigarette smoking and risk for hearing impairment: a longitudinal study in Japanese male office workers. *J Occup Environ Med* 2000; 42:1045-9.
- Neuman TS, Spragg RG, Wagner PD, Moser KM. Cardio-pulmonary consequences of decompression stress. *Respir Physiol* 1980;41:143-53.
- Newton HB, Padilla W, Burkart J, Pearl DK. Neurological manifestations of decompression illness in recreational divers – the Cozumel experience. *Undersea Hyperb Med* 2007;34:349-57.
- Ors F, Sonmez G, Yildiz S, Uzun G, Senol MG, Mutlu H, Saracoglu M. [Incidence of ischemic brain lesions in hyperbaric chamber inside attendants](#). *Adv Ther* 2006;23(6):1009-15.

Palmer AC, Calder IM, McCallum RI, Mastaglia FL. Spinal cord degeneration in a case of „recovered“ spinal decompression sickness. *Br Med J* 1981;283:888.

Palmer AC, Calder IM, Yates PO. Cerebral vasculopathy in divers. *Neuropathol Appl Neurobiol* 1992;18:113-24.

Pearson RR, MacLeod MA, McEwan AJB, Houston AS. Bone scintigraphy as an investigative aid for dysbaric osteonecrosis in divers. *J Roy Nav Med Serv* 1982;68:61-8

Peters BH, Levin HS, Kelly PJ. Neurologic and psychologic manifestations of decompression illness in divers. *Neurology* 1977;27:125-7.

Phaneuf R, Héту R. An epidemiological perspective of the causes of hearing loss among industrial workers. *J Otolaryngol* 1990;19:31-40.

Pirila T. Left-right asymmetry in the human response to experimental noise exposure. I. Interaural correlation of the temporary threshold shift at 4 kHz frequency. *Acta Otolaryngol* 1991;111:677-83.

Reuter M, Tetzlaff K, Steffens JC, Gluer CC, Faeseke KP, Bettinghausen E, Heller M. Functional and high-resolution computed tomographic studies of divers' lungs. *Scand J Work Environ Health* 1999;25:67-74.

Robinson DW. Long-term repeatability of the pure-tone hearing threshold and its relation to noise exposure. *Br J Audiol* 1991;25:219-35.

Rosler G. Progression of hearing loss caused by occupational noise. *Scand Audiol* 1994;23:13-37.

Ross JAS, Macdiarmid JJ, Osman LM, Watt SJ, Godden DJ, Lawson A. Health status of professional divers and offshore oil industry workers. *Occup Med* 2007¹;57:254-61.

Ross J, Macdiarmid J, Osman L, Watt S, Lawson A. Health-related quality of life in former North Sea divers. *Occup Med* 2007²;57(8):611-2.

Rozsahegyi I. Late consequences of the neurological forms of decompression sickness. *Br J Ind Med* 1959;16:311-7.

Schneider EJ, Mutchler JE, Hoyle HR, et al. The progression of hearing loss from industrial noise exposures. *AIHAJ* 1970;3:368-76.

Sharoni Z, Shupak A, Spitzer O, et al. Vestibular findings in professional divers. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2001;110:127-31.

Shupak A, Doweck I, Greenberg E, et al. Diving-related inner ear injuries. *Laryngoscope* 1991;101:173-9.

Shykoff BE, Petryszyn JD. Stability of pulmonary function in US navy divers. *Undersea Hyperbar Med* 2004;31:385-6.

Sipinen SA, Ahovuo J, Halonen JP. [Electroencephalography and magnetic resonance imaging after diving and decompression incidents: a controlled study](#). Undersea Hyperbar Med 1999;26(2):61-5.

Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T, Melbostad E, Tynes T, Westrum B. Divers' pulmonary function after open-sea bounce dives to 10 and 50 meters. Undersea Hyperbar Med 1996;23:71-5.

Skogstad M, Haldorsen T, Kjuus H. Pulmonary and auditory function among experienced construction divers. A cross-sectional study. Aviat Space Environ Med 1999;70:644-9.

Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T. Lung function over the first 3 years of a professional diving career. Occup Environ Med 2000¹;57:390-5.

Skogstad M, Haldorsen T, Arnesen AR. Auditory function among young occupational divers: a 3-year follow-up study. Scand Audiol 2000²;29:245-52.

Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T, Kjuus H. Lung function over six years among professional divers. Occup Environ Med 2002;59:629-33.

Skogstad M, Haldorsen T, Arnesen AR, Kjuus H. Hearing thresholds among young professional divers: A six-year longitudinal study. Aviat Space Environ Med 2005;76:366-9.

Skogstad M, Skare Ø. Pulmonary function among professional divers over 12 years and the effect of total number of dives. Aviat Space Environ Med 2008;79(9):883-7.

Skogstad M, Eriksen T, Skare Ø. A twelve-year longitudinal study of hearing thresholds among professional divers. Undersea Hyperbar Med 2009;36:25-31.

Soriano JB, Zielinski J, Price D. Screening for and early detection of chronic obstructive pulmonary disease. Lancet 2009;374:721-32.

Ståhl E. Correlation between objective measures of airway calibre and clinical symptoms in asthma: a systematic review of clinical studies. Respir Med 2000;94:735-41.

Stéphane E, Gempp E, Blatteau JE. Role of MRI in the detection of marrow bubbles after musculoskeletal decompression sickness predictive of subsequent dysbaric osteonecrosis. Clin Radiol 2008;63:1380-3.

Summitt JK, Reimers JD. Noise: A hazard to divers and hyperbaric chamber personnel. Aerosp Med 1971;42:1173-7.

Suzuki S, Ikeda T, Hashimoto A. Decrease in the single-breath diffusing capacity after saturation dives. Undersea Biomed Res 1991;18:103-9.

Taylor CL, Macdiarmid JJ, Ross JA, Osman LM, Watt SJ, Adie W, Crawford JR, Lawson A. [Objective neuropsychological test performance of professional divers reporting a subjective complaint of "forgetfulness or loss of concentration"](#). Scand J Work Environ Health 2006;32(4):310-7.

Taylor DM, Lippmann J, Smith D. The absence of hearing in otologically asymptomatic recreational scuba divers. Undersea Hyperb Med 2006;33(2):135-41.

Taylor W, Pearson J, Mair A. Study of noise and hearing in jute weaving. J Acoust Soc Am 1965;30:113-20.

Tetzlaff K, Friege L, Reuter M, Haber J, Mutzbauer T, Neubauer B. Expiratory flow limitation in compressed air divers and oxygen divers. Eur Respir J 1998;12:895-9.

Tetzlaff K, Friege L, Theysohn J, Neubauer B, Muth CM. Lung function in military oxygen divers: A longitudinal study. Aviat Space Environ Med 2005;76:974-7.

Tetzlaff K, Theysohn J, Stahl C, Schlegel S, Koch A, Muth CM. Decline of FEV₁ in Scuba Divers. Chest 2006;130:238-43.

Thorsen E, Segadal K, Kambestad B, Gulsvik A. Divers' lung function: small airways disease? Br J Ind Med 1990¹;47:519-23.

Thorsen E, Segadal K, Myrseth E, Påsche A, Gulsvik A. Pulmonary mechanical function and diffusion capacity after deep saturation dives. Br J Ind Med 1990²;47:242-7.

Thorsen E, Segadal K, Kambestad BK, Gulsvik A. Pulmonary function one and four years after a deep saturation dive. Scand J Work Environ Health 1993;19:115-20.

Thorsen E, Segadal K, Kambestad BK. Mechanisms of reduced pulmonary function after a saturation dive. Eur Respir J 1994;7:4-10.

Todnem K, Nyland H, Kambestad BK, Aarli JA. [Influence of occupational diving upon the nervous system: an epidemiological study](#). Br J Ind Med 1990¹;47(10):708-14.

Todnem K, Nyland H, Riise T, Kambestad BK, Vaernes R, Hjelle JO, Svihus R, Aarli JA. [Analysis of neurologic symptoms in deep diving: implications for selection of divers](#). Undersea Biomed Res 1990²;17(2):95.

Todnem K, Nyland H, Skeidsvoll H, Svihus R, Rinck P, Kambestad BK, Riise T, Aarli JA. [Neurological long term consequences of deep diving](#). Br J Ind Med 1991¹;48(4):258-66.

Todnem K, Skeidsvoll H, Svihus R, Rinck P, Riise T, Kambestad BK, Aarli JA. [Electroencephalography, evoked potentials and MRI brain scans in saturation divers. An epidemiological study](#). Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1991²;79(4):322-9.

Tripodi D, Dupas B, Potiron M, Louvet S, Geraut C. [Brain magnetic resonance imaging, aerobic power, and metabolic parameters among 30 asymptomatic scuba divers.](#) Int J Sports Med 2004;25(8):575-81.

Vaernes RJ, Eidsvik S. Central nervous dysfunctions after near-miss accidents in diving. Aviat Space Environ Med 1982;53(8):803-7.

Vaernes RJ, Kløve H, Ellertsen B. [Neuropsychologic effects of saturation diving.](#) Undersea Biomed Res 1989;16(3):233-51.

Van Liew HD, Flynn ET. [Probability of decompression sickness in no-stop air diving and subsaturation diving.](#) Undersea Hyperb Med 2005;32(5):375-90.

Warren LP, Jr., Djang WT, Moon RE, et al. Neuroimaging of scuba diving injuries to the CNS. Am J Radiol 1988;151:1003-8.

Watt SJ. Effect of commercial diving on ventilatory function. Br J Ind Med 1985;42:59-62.

Wilkes MK, Palmer AC, Pearce PC, et al. Cochlear degeneration in minipigs after repeated hyperbaric exposures. Undersea Biomed Res 1984;16:139-52.

Zheng XY, Gong JH. Cochlear degeneration in guinea pigs after repeated hyperbaric exposures. Aviat Space Environ Med 1992;63:360-3.

Zhu SK, Sakakibara H, Yamada S. Combined effects of hand-arm vibration and noise on temporary threshold shifts of hearing in healthy subjects. Int Arch Occup Environ Health 1997;69:433-6.

Zulkaflay AR, Saim L, Said H, et al. Hearing loss in diving – a study amongst navy divers. Med J Malaysia 1996;51:103-8.