



NORSK SENTER FOR  
MARITIM- OG DYKKEMEDISIN



**Lungemedisinsk og nevrologisk forundersøkelse (baseline) og  
oppfølgingsundersøkelse i forbindelse med operasjonell dypdykking i  
dybdeområdet 180-225 meter**

Overlege hyperbarmedisin, professor Einar Thorsen  
Spesialist i nevrologi, professor Marit Grønning

22.01.2020

## Innhold

	s
Bakgrunn	2
Produkt	2
Konsulentens spesifikasjon av oppdraget	2
Presiseringer	3
Effekter av dype metningsdykk på nervesystemet	4
Høytrykksnervesyndromet (HPNS)	4
Trykkfallsyke	5
Prediktorstudien	5
Referanser	6
Effekter av dype metningsdykk på lungefunksjon	8
Referanser	10
Klinisk undersøkelse av dykkere før og etter metningsdykk 180-225 msw	11
HPNS	12
Nevrologisk utredning	12
a. Klinisk nevrologisk undersøkelse	12
b. EEG	12
c. Nevropsykologisk undersøkelse	12
Lungefunksjonsundersøkelser	14
a. Spirometriundersøkelse	14
b. Arbeidsbelastningstest	15
c. Diffusjonskapasitet	15

## **Lungemedisinsk og neurologisk forundersøkelse (baseline) og oppfølgingsundersøkelse i forbindelse med operasjonell dypdykking i dybdeområdet 180-225 meter**

### **BAKGRUNN**

Ptil har gitt Norsk senter for maritim medisin og dykkemedisin (NSMDM v/professor Marit Grønning og professor Einar Thorsen) ved Haukeland Universitetssykehus (HUS) oppdrag med å skissere hva som kan være en aktuell baseline forundersøkelse og oppfølgingsundersøkelse innenfor neurologi og lunge ved dykking til 180-225 meter

Det forutsettes at:

- Dykkere som er selektert til å delta i dypdykk er helsemessig skikket.
- Undersøkelser skal kunne utføres av medisinsk personell med vanlig organ spesialisterfaring.
- Arbeidet skal gi konkret forslag til innhold i baseline, og således gi rammer og veiledning til dykkerselskapenes bedriftshelsetjeneste i håndtering av dypdykking.
- Prosjektet er ikke knyttet opp mot forskning.

### **Produkt**

Med utgangspunkt i et arbeidsmiljøperspektiv og relevante kliniske vitenskapelige dokumenter skal det utarbeides en operasjonell beskrivelse av lungemedisinsk- og neurologisk helseundersøkelse som bør gjøres av spesialister før (baseline) og i etterkant av dykk til 180-225 m.

### **Konsulentens spesifisering av oppdraget**

Oppdraget er å utarbeide en operasjonell beskrivelse av helseundersøkelse innen disiplinene lunge og neurologi for yrkesdykkere som skal delta i metningsdykk i dybdeområdet 180-225 msw. Aktuelle dykkere skal på forhånd

ha gyldig helseerklæring. Med utgangspunkt i et arbeidsmiljøperspektiv og relevante kliniske vitenskapelige dokumenter skal det utarbeides en operasjonell beskrivelse av lungemedisinsk og nevrologisk helseundersøkelse som bør gjøres av spesialister før (baseline) og i etterkant av dykk dypere enn 180 m.

## **Presiseringer**

Undersøkelse av dykkere før og umiddelbart etter dyp metningsdykking har tidligere vist effekter både under og like etter dykk hos en del dykkere (1-3). Det er også funn som kan tyde på varige helseeffekter hos noen dykkere (4) og at dykkere innen krevende dykkeoperasjoner har høyere risiko (5).

I det forestående prosjektet inngår klinisk undersøkelse relativt kort tid før aktuelle dype metningsdykk og det forutsettes at vedkommende ikke utfører andre dykk i perioden frem til dette. Etterundersøkelsen tar sikte på å kartlegge eventuelle tegn til påvirkning av lunge eller nervesystem av noe lengre varighet.

Dykkerne gis anledning til å hvile ut etter dykket og etterundersøkelsen anbefales utført 3-5 uker etter avsluttet dykk. Det forutsettes at dykkeren ikke utfører andre dykk før etterundersøkelsen.

Det presiseres at det i denne sammenheng er fokus på tegn til om dykket kan ha påvirket enten lungene eller nervesystemet. Slike tegn kan være tilstede uten at dykkeren opplever seg som syk eller med nedsatt livskvalitet, men kumulative effekter fra gjentatte dykk kan avstedkomme kliniske effekter. Undersøkelsene må derfor være mer detaljert og sensitive enn det man gjør i vanlig klinisk praksis hvor man i stor grad klassifiserer personen som frisk eller med grader av sykdom.

Dette dokumentet gir rammer og veiledning til dykkerselskapenes bedriftshelsetjeneste (BHT) i håndtering av dypdykking. Det forutsettes at bedriftshelsetjenesten er godt kjent med risikofaktorene og aspektene ved dykkemedisinen som er relevant for denne type dykking.

I de fleste tilfelle vil lege ved BHT henvise til spesialistundersøkelse. Dykkerne skal allerede være funnet helsemessig skikket til å delta i dypdykk. Undersøkelsen i denne sammenheng er derfor ikke en del av seleksjonsprosessen. Det bør være samme spesialist som utfører før- og etterundersøkelsene. Spesialistene forutsettes å sende sin endelige rapport om sin konklusjon ved etterundersøkelsen til BHT.

## **EFFEKTER AV DYPE METNINGSDYKK PÅ NERVESYSTEMET**

### **Høytrykks nervesyndromet (HPNS)**

Ved bouncedykk kan de første symptomer på HPNS merkes allerede ved 120-150 msw. Ved metningsdykk er dette velkjent ved dykk dypere enn 180 msw . Symptomene varierer noe med profilen på trykksettingen og det kan se ut som om noen dykkere kan tåle trykksettingen bedre enn andre (6-10). Symptomene kan være hodepine, kvalme, tremor som begynner distalt i ekstremitetene, myoklonus, balanseproblemer, ustøhet, nevropsykiatriske forstyrrelser som kognitiv svikt eller i alvorligere tilfelle episoder med psykose og epileptiske kramper. Symptomer på HPNS er mest uttalt mot slutten av kompresjonsfasen og like etter nådd bunnfase, og forsvinner vanligvis i løpet av timer til et par dager. Det er dog publisert artikler hvor symptomene på HPNS hos enkelte dykkere både var mer alvorlig og varte til lenge etter avsluttet dykk.

Nevrofysiologisk er HPNS assosiert med EEG forandringer i form av økt innslag av langsom aktivitet (theta og delta-bølger), endret fremkalt responssignaler og redusert nerveledningshastighet med endret latens. De senere år har nevrobiologisk basalforskning vist endringer i hjernevev ved HPNS tolket som exitotoksisitet, nevroinflammasjon og ødeleggelse av nerveendinger som ligner effekt av hjernerystelse (11). Det vil derfor være sannsynlig at mer alvorlig HPNS kan gi mer varige negative effekter på hjernen.

## **Trykkfallsyke**

Trykkfallsyke kan også forekomme ved metningsdykking (12-13). Det kliniske bildet ved trykkfallsyke varierer. Påvirkning av nervesystemet vil avhenge av hvilke deler som rammes og det kan lett oversees dersom det ikke gjøres en grundig klinisk nevrologisk utredning. Dykkere med trykkfallsyke var i en studie undersøkt av dykkerleger som mente at det ikke forelå affeksjon av nervesystemet. Undersøkelse hos nevrolog viste imidlertid at det forelå funn fra nervesystemet hos 7 av 10 dykkere (klinisk nevrologiske funn hos seks og funn i EEG hos (14).

## **Prediktorstudien**

Tidligere studier har vist at det etter dype metningsdykk hos en del dykkere var nye nevrologiske funn umiddelbart og at noen av disse gikk tilbake. Hos noen varte de nye funnene over lengre tid uten at man vet med sikkerhet om de ble kroniske.

En retrospektiv gjennomgang er gjort av det samlede arkivmaterialet vedrørende dykk med dykkedybde 111-504 meter (msv) og analysert med tanke på utfallsvariablene nye funn fra CNS (klinisk nevrologisk og/eller EEG) etter dykkene (15). Dykkedybde, partialtrykk oksygen i bunn- og dekompresjonsfasen, alder, kroppsmasseindeks (body mass index= BMI), røyking, fysisk form og lungefunksjon ble vurdert som mulige risikovariabler. Ved 50 av 97 individ-dykk («man-dives») ble det hos dykker påvist nye nevrologiske funn eller forandringer i EEG etter dykk. Risiko for symptomer på bla HPNS under dykk samt vedvarende eller nye symptomer etter dykket, og for nye funn fra CNS etter dykket, økte med økende dykkedybde. Symptomer under dykket predikerte også i seg selv utfall etter dykket.

Det var også en tendens til økt risiko for nye utfall hos dykkere med lavere maksimalt oksygenopptak (per kroppsmasse). Det er uklart hvorvidt funn etter enkelte metningsdykk også predikerer langtidseffekter i og med at dykkerne gjerne hadde hatt gjentatte dykk før de senere evt kom til ny undersøkelse. I

forhold til dykkedyde 180-225 meter er det et problem ved denne oppsummeringen at det ikke inngår dykk i dette dybdeområdet. Det simulerte metningsdykket til 250-meter fra 2002 inngår i dette materialet og det kan påpekes at det var en signifikant lineært økende risiko med økende dybde.

### Referanser nevrologi

1. Aarli JA, Vaernes R, Brubakk AO, Nyland H, Skeidsvoll H, Tønjum S. Central nervous dysfunction associated with deep-sea diving. *Acta Neurol Scand.* 1985 Jan;71(1):2-10.
2. Curley MD. U.S. Navy saturation diving and diver neuropsychologic status. *Undersea Biomed Res.* 1988 Jan;15(1):39-50.
3. Todnem K, Nyland H, Dick AP, Lind O, Svihus R, Molvaer OI, Aarli JA. Immediate neurological effects of diving to a depth of 360 metres. *Acta Neurol Scand.* 1989 Oct;80(4):333-40.
4. Todnem K, Nyland H, Skeidsvoll H, Svihus R, Rinck P, Kambestad BK, Riise T, Aarli. Neurological long term consequences of deep diving. *JA.Br J Ind Med.* 1991 Apr;48(4):258-66.
5. Irgens Å, Troland K, Djurhuus R, Grønning M. Diving exposure and health effects in divers working in different areas of professional diving. *Int Marit Health.* 2016;67(4):235-242.
6. HPNS effects among 18 divers during compression to 360 msw on heliox.  
Vaernes RJ, Bergan T, Warncke M. *Undersea Biomed Res.* 1988 Jul;15(4):241-55.
7. Vaernes RJ<sup>1</sup>, Hammerborg D. Evoked potential and other CNS reactions during a heliox dive to 360 msw. *Aviat Space Environ Med.* 1989 Jun;60(6):550-7.
8. Todnem K, Knudsen G, Riise T, Nyland H, Aarli JA. Nerve conduction velocity in man during deep diving to 360 msw. *Undersea Biomed Res.* 1989 Jan;16(1):31-40.

9. Talpalar AE, Grossman Y. CNS manifestations of HPNS: revisited. *Undersea Hyperb Med.* 2006 May-Jun;33(3):205-10.
10. Goplen FK, Aasen T, Nordahl SH. Postural control in a simulated saturation dive to 240 msw. *Undersea Hyperb Med.* 2007 Mar-Apr;34(2):123-30.
11. Bliznyuk A, Hollmann M, Grossman Y. High Pressure Stress Response: Involvement of NMDA Receptor Subtypes and Molecular Markers. *Front Physiol.* 2019 Sep 27;10:1234
12. Leitch D R. Complications of saturation diving' *Journal of the Royal Society of Medicine* Volume 78 August 1985 634-637.
13. Jacobsen G<sup>1</sup>, Jacobsen JE, Peterson RE, McLellan JH, Brooke ST, Nome T, Brubakk AO. Decompression sickness from saturation diving: a case control study of some diving exposure characteristics. *Undersea Hyperb Med.* 1997 Jun;24(2):73-80.
14. Risk of misclassification of decompression sickness. Sundal E, Grønning M, Troland K, Irgens A, Aanderud L, Thorsen E. *Int Marit Health.* 2011;62(1):17-9
15. Grønning M, Troland K, Irgens Å, Segadal K, Todnem K, Nyland H, Lindrup AG, Thorsen E. Prediktorer for funksjonsutfall i sentralnervesystemet etter metningsdykk dypere enn 200 meter. Rapport NUI



## EFFEKTER AV DYPE METNINGSDYKK PÅ LUNGEFUNKSJON

Ved dype metningsdykk er dykkeren eksponert for økt gasstetthet, økt partialtrykk av oksygen og et dekompresjonsstress med risiko for dannelse av venøse gassembolier. Økt gasstetthet er assosiert med økt pustearbeid og nedsettelse av ventilatorisk kapasitet. Økt partialtrykk av oksygen har velkjente toksiske effekter på lungene både på alveole og bronkienivå. Venøse gassembolier filtreres i lungekretsløpet. Lungeavsnitt som er affisert vil ikke kunne delta i gassutveksling mellom alveolegass og blod. Både oksygentoksisitet og gassemboli er assosiert med inflammatoriske reaksjoner. Det er således flere faktorer som potensielt kan medføre endringer i lungefunksjon både på kort og lang sikt ved dykking.

Eksponeringsfaktorene nevnt over er ikke spesifikke for metningsdykking. Dykkeren utsettes for de samme eksponeringsfaktorene ved andre dykkemetoder, men graden av eksponering er forskjellig.

Fra midten av 1980 årene er det gjort flere undersøkelser av lungefunksjon like etter dype metningsdykk, både i Norge, England, Tyskland og Japan (1-4). Alle viste en reduksjon i lungenes diffusjonskapasitet på 10-15% i uken etter dykkene med en nær normalisering i løpet av de neste 4-6 ukene. Det var dessuten en reduksjon i fysisk arbeidskapasitet (maksimalt oksygenopptak) på 10-15%, økning i statiske lungevolum og en reduksjon i maksimale ekspiratoriske strømningshastigheter. Ventilatorisk effektivitet var redusert.

En sammenstilling av de norske dype metningsdykkene viste at eksponering til hyperoksi og mengde venøse gassembolier under dekompresjon var assosiert med størrelsen på lungefunksjonsnedsettelsen (5). I dette arbeidet ble undersøkelser fra metningsdybder på 110 msw (n=20), 145 msw (n=15), 210 msw (n=28) og større enn 300 msw (n=55) analysert. Dette inkluderer det aktuelle dybdeområdet for denne rapporten på 180-225 msw, og det var en

signifikant reduksjon i lungenes diffusjonskapasitet i alle de undersøkte dybdeområdene.

Selv om det er velkjente og godt dokumenterte akutte effekter av enkeltfaktorene man eksponeres for ved dykking, er det uenigheter i fagmiljøene om dykkeeksponeringen resulterer i langtids helseeffekter. Det er få undersøkelser av metningsdykkere, de norske fra 1980 og 1990 tallet (6) og den såkalte ELTHI studien fra Skottland (7).

Tverrsnittsstudiene av metningsdykkere (6,7) og de fleste tverrsnittsstudiene av andre dykkere (8,9) viste en reduksjon i bronkiefunksjon med lavere forsert ekspirert volum i ett sekund ( $FEV_1$ ), lavere maksimale ekspiratoriske strømningshastigheter og lavere diffusjonskapasitet som var assosiert med kumulativ dykkeeksponering.

Det er færre langtids oppfølgingsstudier. Oppfølging av norske metningsdykkere som hadde deltatt i dypdykk til 300 msw eller dypere viste et markant fall i  $FEV_1$  etter ett år og et ytterligere fall til 4 år etter. Endringen mellom ett og fire år var ikke forskjellig fra metningsdykkere som ikke hadde deltatt i dykk dypere enn 180 msw (10).

En seks års oppfølgingsstudie av dykkere utdannet ved Norsk yrkesdykkerskole viste et fall i maksimale ekspiratoriske strømningshastigheter (12), og en mindre 12 års oppfølgingsstudie på et utvalg av disse dykkerne viste en reduksjon i maksimale ekspiratoriske strømningshastigheter ( $FEF_{25-75\%}$ ) som var assosiert med kumulativ dykkeeksponering (13). Disse dykkerne var ikke metningsdykkere.

Oppfølging av forsøkspersonene som deltok i den såkalte oksygentoksisitetsstudien viste en vedvarende reduksjon i maksimale ekspiratoriske strømningshastigheter tre år etter. Dette var en eksperimentell studie med eksponering til hyperoksi tilsvarende et metningsdykk til 360 msw, men i en atmosfære med normal gasstetthet ved en dybde på 15 msw (11).

## Referanser lungefunksjon

1. Lehnig B, Jörres RA, Elliott DH, Holthaus J, Magnussen H. Effects of a single saturation dive on lung function and exercise performance. *Int Arch Occup Environ Health* 1997; 69: 201-208.
2. Cotes JE, Davey IS, Reed JW, Rooks M. Respiratory effects of a single saturation dive to 300m. *Br J Ind Med* 1987; 44: 76-82.
3. Suzuki S, Ikeda T, Hashimoto A. Decrease in the single breath diffusing capacity after saturation dives. *Undersea Biomed Res* 1991; 18: 103-109.
4. Thorsen E, Segadal K, Myrseth E, Påsche A, Gulsvik A. Pulmonary mechanical function and diffusion capacity after deep saturation dives. *Br J Ind Med* 1990; 47: 242-247.
5. Thorsen E, Segadal K, Kambestad B. Mechanisms for reduced pulmonary function after a saturation dive. *Eur Respir J* 1994:
6. Thorsen E, Segadal K, Kambestad B, Gulsvik A. Divers' lung function: small airways disease? *Br J Ind Med* 1990; 47: 519-523.
7. MacdiarmidJI, Ross JA, Taylor JL, Watt SJ, Adie W. Co-ordinated investigation into the possible long term health effects of diving at work. The ELTHI diving study. Health and Safety Executive, London 2004. ISBN 0 7176 2848 5
8. 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: 895-899.
9. Watt S. Effect of commercial diving on ventilator function. *Br J Ind Med* 1985; 42: 59-62.
10. Thorsen E, Segadal K, Kambestad B, Gulsvik A. Pulmonary function one and four years after a deep saturation dive. *Scand J Work Environ Health* 1993; 19: 115-120.

11. Thorsen E, Kambestad B. Persistent small airways dysfunction after exposure to hyperoxia. J Appl Physiol 1995; 78: 1421-1424.
12. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T, Kjuus H. Lung function over six years among professional divers. Occup Environ Med 2002; 59: 629-633.
13. Skogstad M, Skare O. Pulmonary function among professional divers over 12 years and the effect of total number of dives. Aviat Space Environ Med 2008;79:883-887.

### **KLINISK UNDERSØKELSE AV DYKKERE FØR OG ETTER METNINGSDYKK 180-225 MSW.**

Aktuell bedriftshelsetjeneste forutsettes å være kjent med risikofaktorene og aspektene ved dykkemedisinen som er relevant for denne type dykking.

Det kan være slik at yrkesgrupper som er avhengig av et helsesertifikat, og/eller er uten fast ansettelse, kan være tilbakeholdne med å rapportere symptomer, enten i håp om at symptomene snart går tilbake eller av frykt for negative reaksjoner hos arbeidsgiver eller kolleger. Vi må anta at dette også gjelder innenfor dykking, og undersøkelser bør derfor gjøres av spesialist som har dykkerens tillit.

Målsetting med medisinsk spesialistundersøkelse like før og etter metningsdykk er å undersøke om dykket kan ha gitt påvirkning på lunger eller nervesystemet ut over ca 1 mnd. HPNS og symptomer under metningsdykk er vist å predikere vedvarende symptomer og funn etter dykket. Det er grunn til å anta at HPNS i enkelte tilfelle kan gi vedvarende mild kognitiv svikt. Dykkerne bør under dykket følges med standardisert batteri for HPNS og et skjema under hele dykket hvor han noterer og tidfester eventuelle andre symptomer og/eller plager han måtte ha til enhver tid og alle hendelser underveis.

## **1. HPNS**

**Standardisert HPNS batteri** under hele dykket og spørreskjema for kartlegging av eventuelle symptomer som varer påfølgende uker etter dykket.

## **2. NEUROLOGISK UTREDNING**

### **a. Detaljert klinisk nevrologisk undersøkelse ad m Monrad Krohn**

Poenget er om det kan avdekkes endringer i selv tilsynelatende bagatellmessige funn mellom undersøkelsen før og etter. Inkluderer undersøkelse av hjernenerver, kraft, tempo og koordinasjon i armer (finger-nese) og ben (hæl-kne) samt sensibilitet for fire sansekvaliteter (stikk, berøring, vibrasjon og temperatur), balanse, magereflekser (3 nivåer), dype senereflekser i armer og ben, og plantarreflekser. Dessuten bevegelighet i nakke og rygg. Enhver endring i funn og asymmetrier beskrives. Undersøkelsen setter krav til dykkerens forståelse og ellers evne til å gjennomføre øvelsene.

### **b. Standard EEG**

med flikkerstimulering like før og ca 1 mnd etter dykket.

### **c. Nevropsykologisk undersøkelse mtp mild kognitiv svikt.**

Her anbefales et testbatteri som består av utvalgte tester fra et etablert og godt validert testbatteri. Dette ble utvalgt i en Prospektiv klinisk epidemiologisk studie av metningsdykkere, 2008-2014, som ble utført på oppdrag fra Statoil. Erfaringen fra denne studien viste at undersøkelsesbatteriet ble gjennomført innenfor akseptabel tidsramme (2 timer), var tilstrekkelig sensitivt for formålet og lot seg gjennomføre utenfor etablert nevropsykologisk testlaboratorium.

Testbatteriet besto av følgende:

*Vocabulary fra Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence (WAIS I)* ble anvendt som mål på generelt evnenivå og administrert kun ved base-line-undersøkelsen. *Attention Index fra Wechsler Memory Scale – R (WMS-R)* som gir samleskår for flere delprøver som er følsomme for oppmerksomhet og arbeidsminne.

*Tallspenn forlengs og Tallspenn baklengs* fra WMS-R stiller krav til oppmerksomhet og auditivt minnespenn/arbeidsminne.

*Spatialt minnespenn* fra WMS-III stiller krav til oppmerksomhet og spatialt/visuelt minnespenn

*Mental kontroll* fra WMS-III består av flere korte oppgaver som stiller krav til fokusert oppmerksomhet.

*Seashore rytme test* stiller krav til auditiv diskriminasjonsevne og vedvarende oppmerksomhet

*Knox cube test* stiller krav til oppmerksomhet og visuelt minnespenn

*Digit Symbol* fra WAIS-III stiller krav til psykomotorisk tempo i tillegg til delt oppmerksomhet og visuell persepsjon. Tilleggsprøvene *Digit symbol paired Associate* og *Digit Symbol Free recall* gir mål på incidentell hukommelse.

*Figurminne* fra WSM-R er en visuell gjenkjenningsoppgave og gir mål på hukommelsesfunksjonen.

*Trail making Test A og B* er en visuell sporingsoppgave som stiller krav til psykomotorisk tempo i tillegg til oppmerksomhet, visuell persepsjon og øye-hånd-koordinering, B-delen stiller krav til mental fleksibilitet.

*Controlled Oral Word Association Test (COWAT)* med delprøvene FAS og kategorier gir mål på fonetisk og semantisk ordassosiasjon (verbal fluency).

*Reitan-Kløve sensorisk-perseptuelle prøver:* Taktil fingergjenkjenning og taktil gjenkjenning av symboler skrevet på fingertuppene og Taktil formgjenkjenning. Oppgavene utføres med begge hender hver for seg og uvanlig sideforskjell er et viktig mål.

Kløve-Matthews motoriske prøver: Grooved Pegboard test gir et mål på fin fingerferdighet og psykomotorisk tempo og Finger Tapping test måler motorisk tempo i hendene. Oppgaven utføres med begge hender hver for seg og uvanlig sideforskjell er et viktig mål.

### **3 LUNGEFUNKSJONSUNDERSØKELSER**

Studiene som det refereres til viser effekter av dykking på lungefunksjon som over tid kan utvikles til symptomgivende lungefunksjonsnedsettelse.

Endringene gjenspeiler effekter på både bronkiefunksjon og gassutvekslingsfunksjon. Undersøkelsene som bør gjøres bør tilpasses dette, og gjøres i løpet av de siste 4 ukene før planlagt dykk til 180-225 msw. De bør følges opp 3-5 uker etter dykkene, og dersom det er vedvarende funksjonsnedsettelse bør endringene følges opp over lengre tid.

Undersøkelsene skal gjøres i henhold til felles standarder utarbeidet av European Respiratory Society og American Thoracic Society.

#### **a. Spirometriundersøkelse**

Spirometriundersøkelse med måling av forsert vitalkapasitet (FVC), forsert ekspirert volum i ett sekund, FEV<sub>1</sub>. I tillegg skal maksimale ekspiratoriske strømningshastigheter vurderes. Dette fordi FEV<sub>1</sub> er den integrerte summen av maksimale strømningshastigheter over første sekund av ekspirasjonen.

FVC og FEV<sub>1</sub> inngår også i den årlige helseundersøkelsen av dykkere og kravet er at disse variablene er innenfor normalt variasjonsområde som er over 80% av forventet verdi og med en FEV<sub>1</sub>/FVC ratio større enn 0.7.

#### **b. Arbeidsbelastningstest**

Arbeidsbelastningstest skal gjøres på tredemølle eller ergometersykkel med direkte måling av hjerterefrekvens og gassutvekslingsvariabler. Maksimalt oksygenopptak skal være større enn 45 ml/min/kg. Arbeidsbelastningstest inngår også i den årlige helseundersøkelsen av dykkere. I tillegg til målingen av maksimalt oksygenopptak skal testen vurderes med hensyn på ventilatorisk effektivitet med ventilasjonsekvivalentene for oksygen og karbon dioksid gjennom forløpet av testen.

#### **c. Diffusjonskapasitet**

Lungenes diffusjonskapasitet eller transfer faktor for karbonmonoksid anbefales målt før og etter dykk. Testen reflekterer endringer på alveolært nivå inkludert alveolenes kapillære blodgjennomstrømning. Før dykk skal diffusjonskapasiteten være innenfor normalt variasjonsområde som er over 70% av forventet verdi.