

Gastransport-bubblor och dykarsjuka

- Hur hänger det ihop och vad kan vi göra för att skydda oss?

Inertgastransport och dyktabeller

Nitrox som andningsgas vid dykning

Oxygenandning vid dykning och behandling



Luftens sammansättning i % och som partialtryck.

På havsytan är trycket 100 kPa

- | | | |
|---------------------------------|----------|------------|
| 1. Nitrogen, N ₂ : | 78 % | 78 kPa |
| 2. Oxygen, O ₂ : | 21 % | 20,9 kPa |
| 3. Ädelgaser, Ar | <1 % | 0,9 kPa |
| 4. Koldioxid, CO ₂ : | 0,035 % | 0,035 kPa |
| 5. Ozon, O ₃ : | 0,0001 % | 0,0001 kPa |



När luften anfuktas dvs vattenånga tillförs så minskar andelarna av de övriga gaserna proportionellt. I lungorna är 6% av gasen vattenånga, vilket motsvarar en regnig dag i tropikerna. En solig dag på vintern kan fuktinnehållet vara mindre än 1%. (OBS relativ fukt talar bara om hur stor del av totalt möjligt max som finns i luften.)



Partialtrycken för olika gaser i luft (kPa)

Luften vi andas

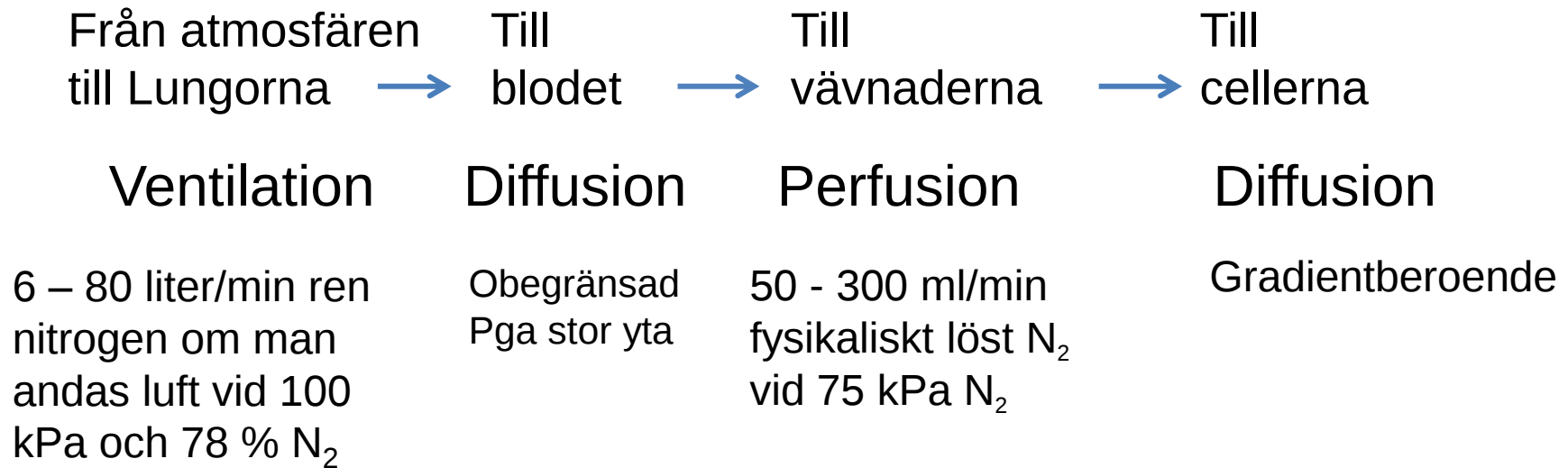
• O ₂	20,9
• CO ₂	0,004
• H ₂ O	0,3
• <u>N₂ (+Ar)</u>	<u>78,8</u>
Total	100

Luften i lungorna

• O ₂	13,5
• CO ₂	5,5
• H ₂ O	6,3
• <u>N₂ (+Ar)</u>	<u>74,7</u>
Total	100



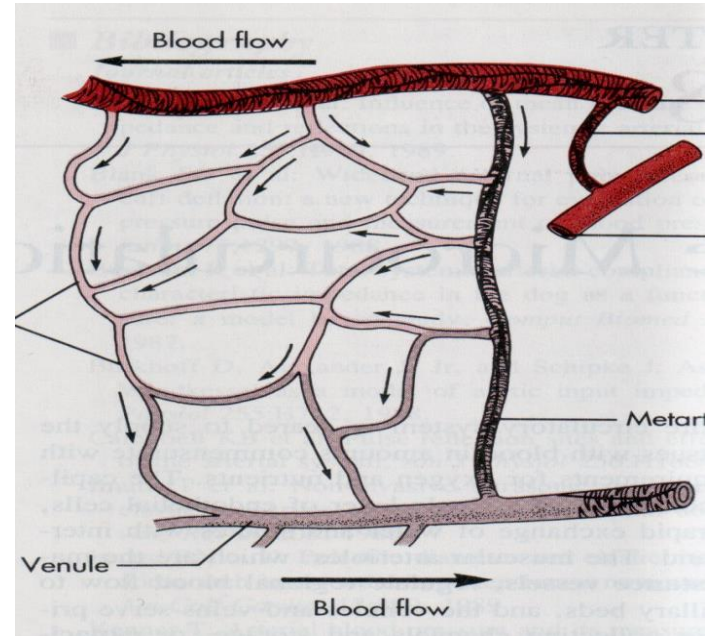
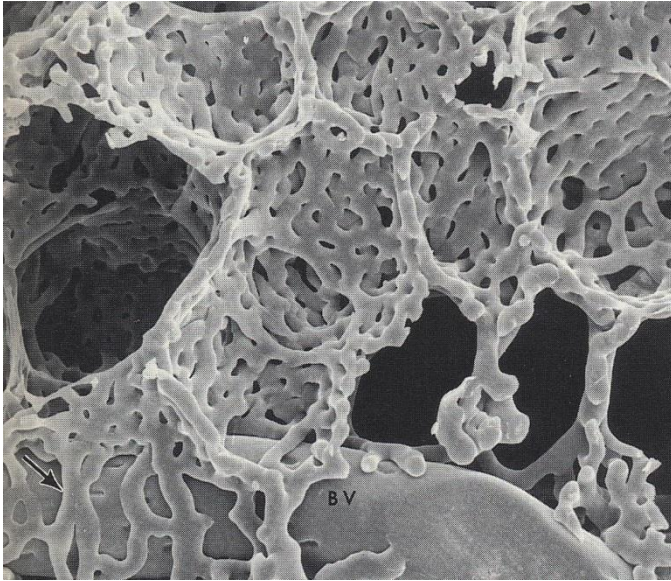
Nitrogenets väg från lunga till kroppens olika delar



Den relativt låga lösligheten för N₂ i blod och blodflödet till vävnaderna är de viktigaste begränsningsfaktorerna för N₂-uppladdning i kroppen.



Lungblåsornas (alveolernas) kärlträd



- I vila utnyttjas bara 1/6 av alla kapillärer i alveolväggen.
- Om en kapillär blockeras av en gasbubbla öppnas en annan.
- Normalfallet efter dykning är att enstaka kapillärer blockeras och när gasen diffunderat till alveolarrummet återställs blodflödet.
- När alltför många blockerats samtidigt får vi chokes.



Dyktabeller och bakgrunden till dykarsjuka

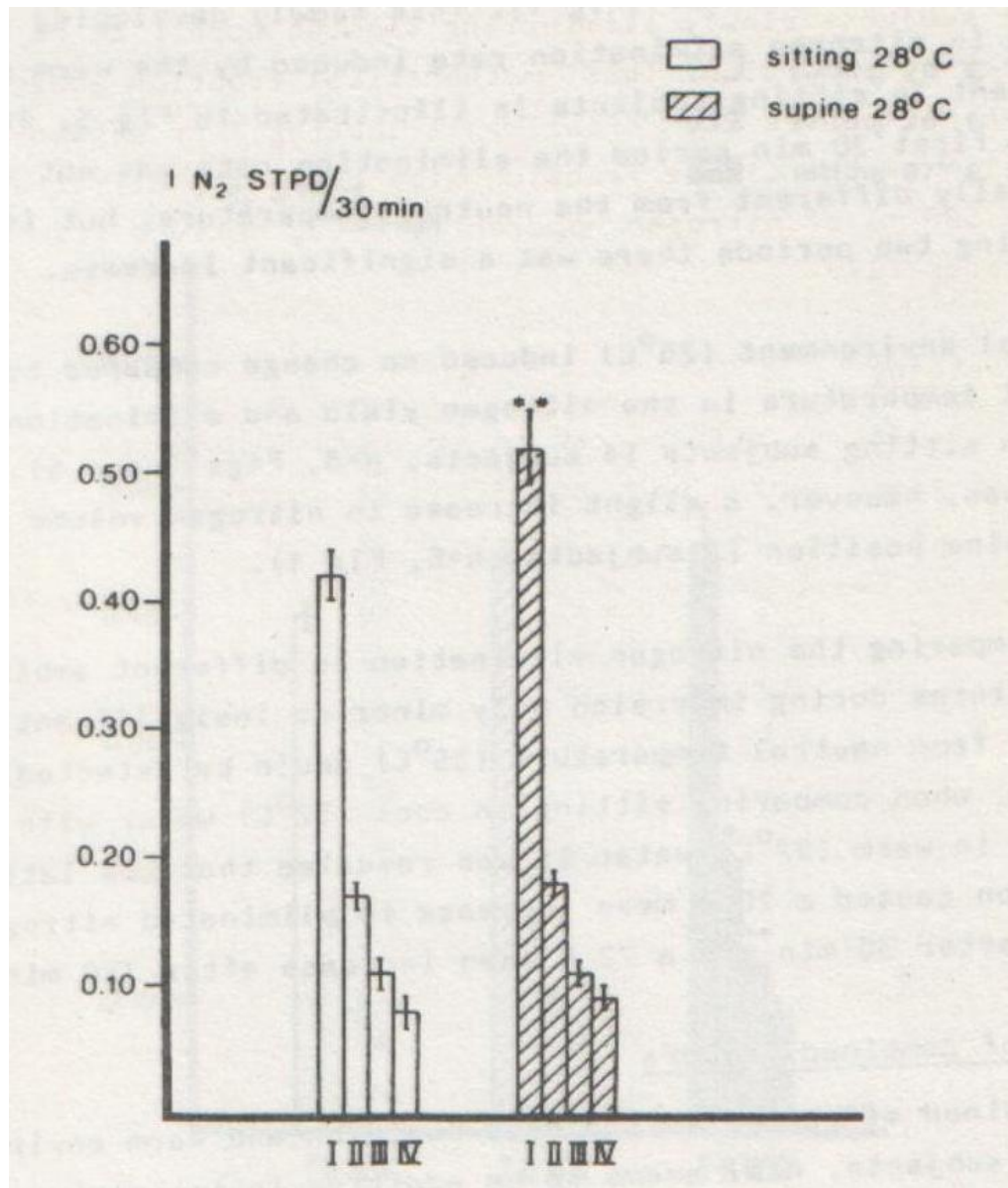
- Redan på ytan innehåller kroppen c:a 1,5 L nitrogen
- Gaser transporteras i kroppen via blodet
- Partialtrycket för gasen i lungorna, genomblödningen och tiden bestämmer hur mycket inertgas som laddas upp i vävnaderna respektive vädras ur
- Partialtrycket för inertgas i lungorna bestäms av totaltrycket och inertgasens procentandel i andningsgasen



Kroppen innehåller fysikaliskt löst nitrogen redan vid 1 atm.

- Vi är i princip "mättnadsdykare" vid 100 kPa (1 atm). P_{N_2} i lungorna och i kroppen 75 kPa
- Kroppen, totalt 80 kg, innehåller då:
i vattenfasen 65 kg ($0.75 \times 0.012 \times 65$) 580 ml N_2
i fettfasen 15 kg ($0.75 \times 0.062 \times 15$) 680 ml N_2
d.v.s. totalt ca 1.3 liter N_2
- Stannar vi 12 tim på dubbla trycket 200 kPa löser kroppen ytterligare 1.3 liter N_2



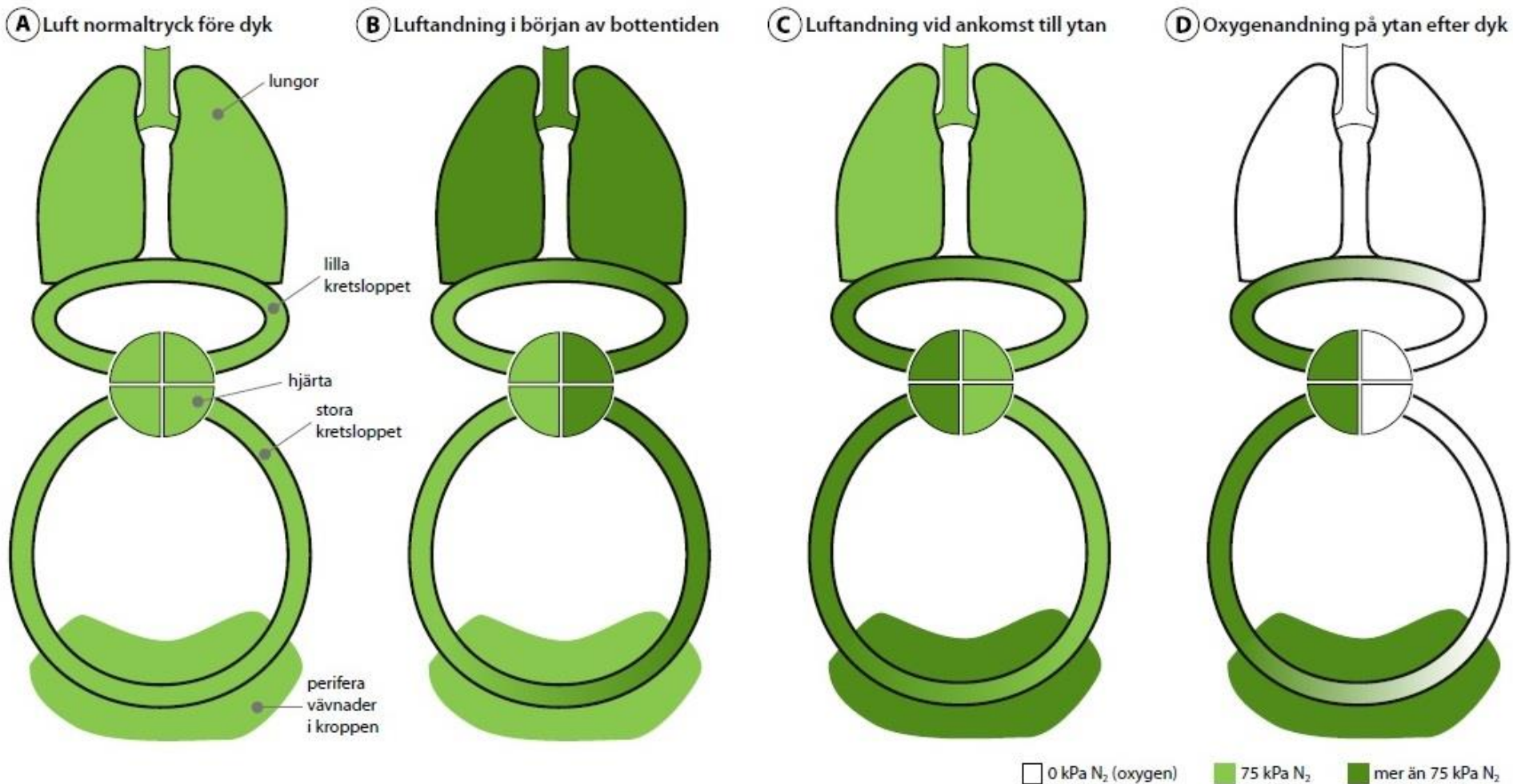


Nitrogenutvädring
under oxygenandning
ur sex normalviktiga
personer sittande och
liggande.

I = 0 – 30 minuter
II = 31 – 60 minuter
III = 61 – 90 minuter
IV = 91 – 120 minuter

(Från UI Balldin 1973)





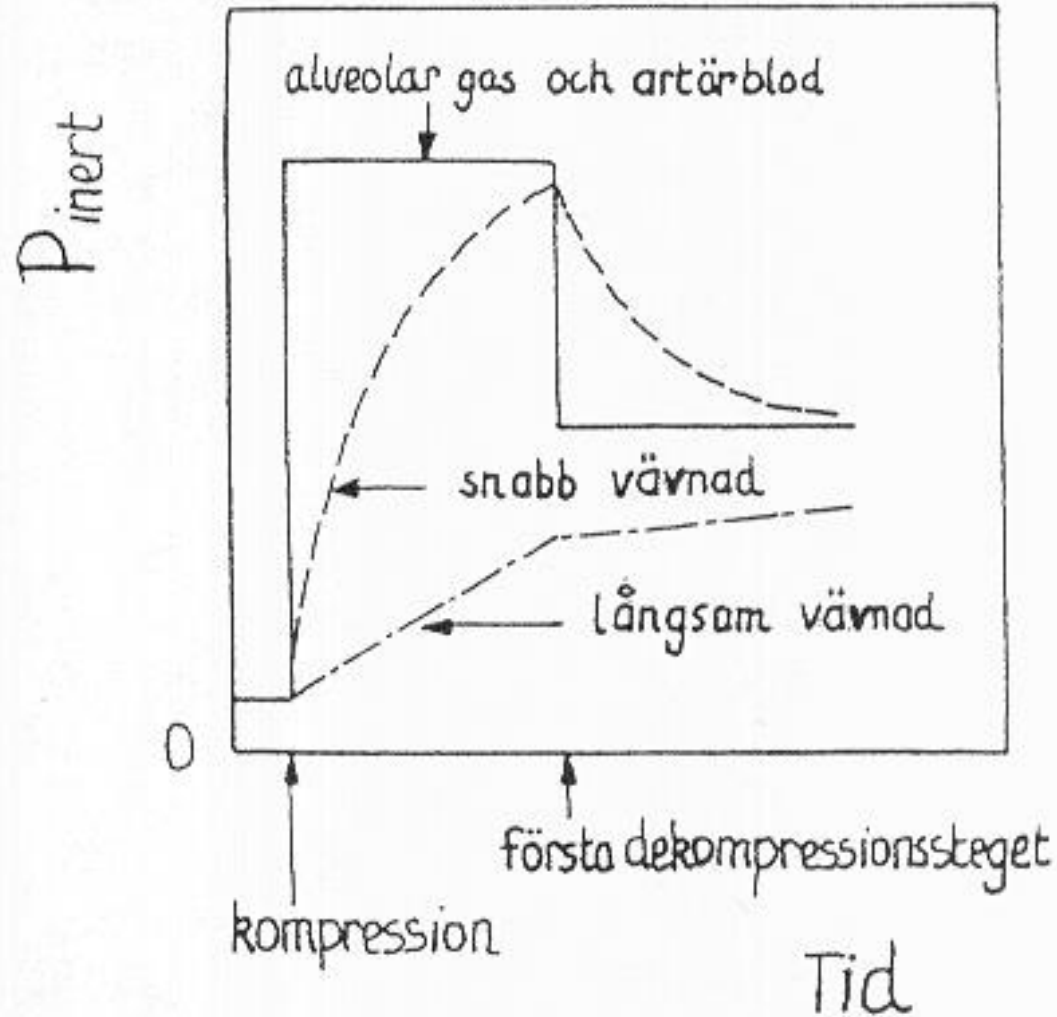
Figuren visar hur nitrogenpartialtrycket varierar i lungor och cirkulation under ett dyk. Av delfigur D framgår att blodet vid passage av perifer vävnad kan lasta mer nitrogen (grön färg) om artärblodet är nitrogenfritt som under oxygenandning än om det redan finns nitrogen i artärblodet som under luftandning.



Olika vävnadstyper

- Vävnader med hög genomblödning tillförs mer inertgas per tidsenhet än vävnader med låg genomblödning.
- Om vävnaden har hög löslighet för inertgas tar det längre tid att uppnå mättnad
- Stor oenighet om hur gasuppladdning och utvädring sker. Därför stor spridning i exempelvis max expositionstider före direktuppstigning.





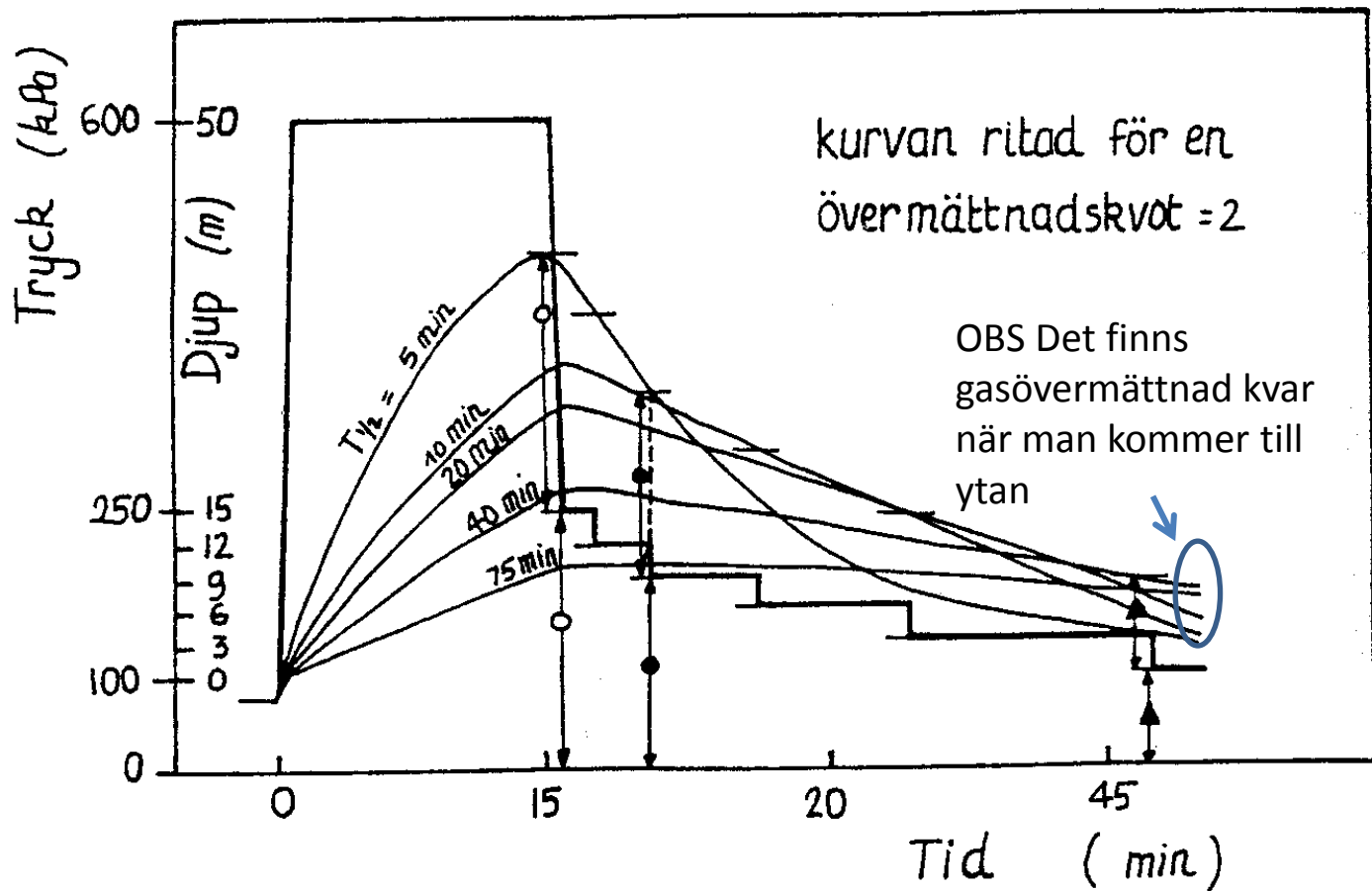
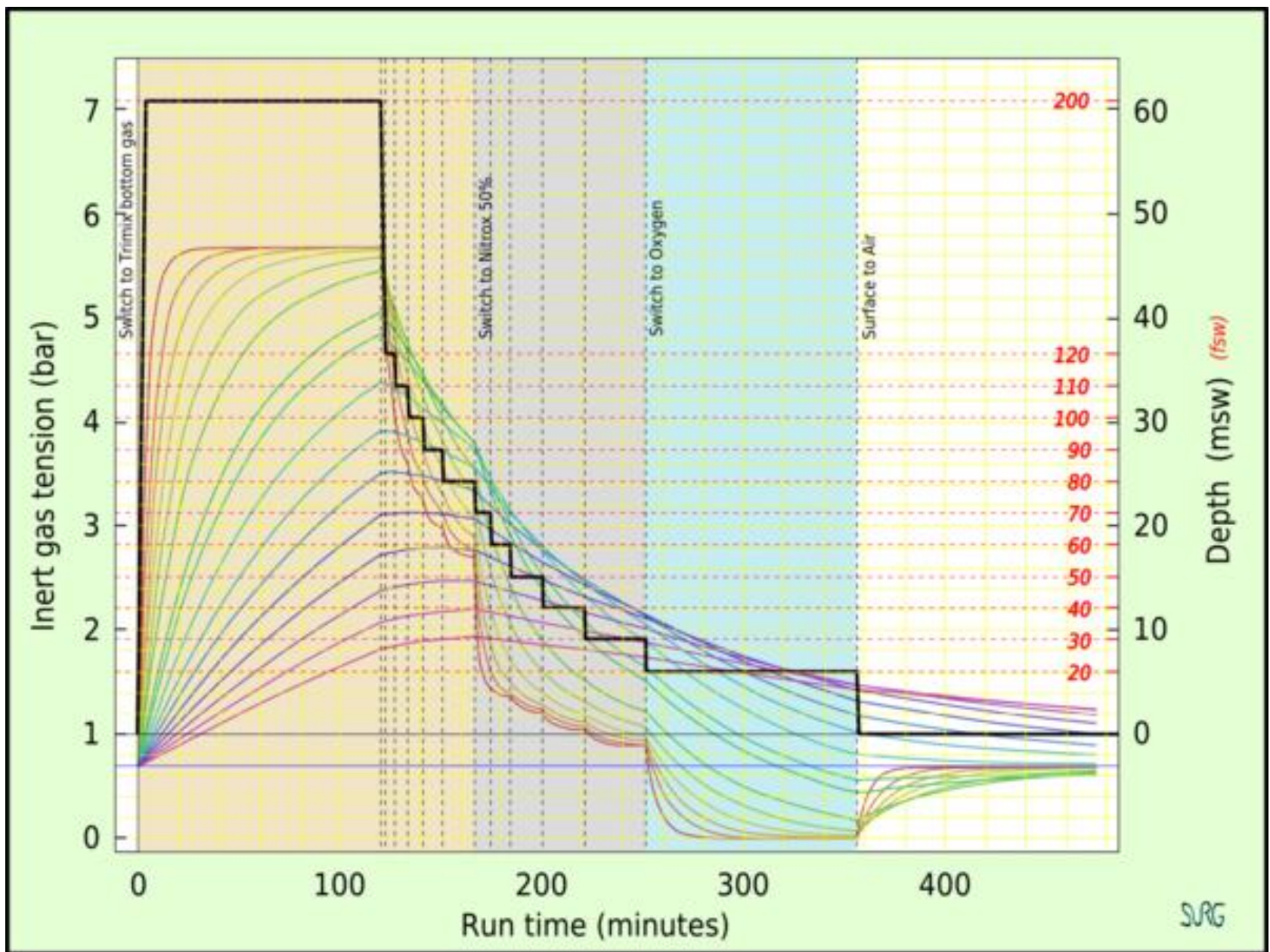


Fig X: 2 Ett exempel på tabellberäkning med användande av Haldanes ursprungliga övermättnadskvot 2. Tiden på etapperna beräknas så, att man vid övergång till närmast ytligare etapp, inte får ett gaspartialtryck som är mer än dubbelt så högt som totaltrycket på etappdjupet. (Bilden är omritad efter Hills; Decompression sickness Vol 1. Wiley & sons, New York, 1977.)



Från Wikipedia 2019. https://en.wikipedia.org/wiki/Decompression_theory
www.ornhagen.se

Upprepade dyk och flygning efter dyk.

- Gasövermättnaden i vävnad efter dyk försvinner långsamt. De sista resterna kan finnas kvar upp till 12 timmar.
- Ofta anges den samlade kvarvarande gasövermättnaden som en bokstav där A är den lägsta.
- Tabell anger hur gasövermättnaden försvinner med tid.
- När man skall göra ett ytterligare dyk inom 12 timmar måste man ta hänsyn till resterande gas från föregående dyk.
- Även när man skall flyga efter dyk måste man ta hänsyn till kvarvarande gas i kroppen.



Exempel på dyktabell.

Från Norske dykke och behandlingstabeller 2017.

Dybder ikke større enn	Bunn- tid maks (min.)	Tid på stopp (min.)					Total dekomp. tid (min.)	N ₂ gruppe etter dykk
		15	12	9	6	3		
15 meter	10	—	—	—	—	—	—	A
	15	—	—	—	—	—	—	B
	20	—	—	—	—	—	—	C
	30	—	—	—	—	—	—	D
	35	—	—	—	—	—	—	E
	40	—	—	—	—	—	—	F
	50	—	—	—	—	—	—	G
	55	—	—	—	—	—	—	H
	65	—	—	—	—	—	—	I
	70	—	—	—	—	—	—	J
	80	—	—	—	—	—	—	K



Dybder ikke storen enn	Bunn- tid maks (min.)	Tid på stopp (min.)					Total dekomp. tid (min.)	N ₂ gruppe etter dykk							
		15	12	9	6	3									
15 meter	10	–	–	–	–	–	–	A							
	15	–	–	–	–	–	–	B							
	20	–	–	–	–	–	–	C							
	30	–	–	–	–	–	–	D							
	35	–	–	–	–	–	–	E							
	40	–	–	–	–	–	–	F							
	50	–	–	–	–	–	–	G							
	55	–	–	–	–	–	–	H							
	65	–	–	–	–	–	–	I							
	70	–	–	–	–	–	–	J							
	80	–	–	–	–	–	–	K							
	90	–	–	–	–	–	–	L							
	105	–	–	–	–	5	5	O							
	120	–	–	–	–	10	10	O							
	135	–	–	–	–	15	15	Z							
	145	–	–	–	–	20	20	Z							
	160	–	–	–	–	25	25	Z							
	180 *	–	–	–	5	25	30	Z							
	190 *	–	–	–	20	40	60	Z							
N ₂ gruppe justert for opphold på overflaten															
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
10	15	25	30	35	40	50	55	65	75	80	90	100	110	120	130
Minutter tillegg til bunntid ved dykk til maks 15 meter															

I nedre delen av tabellen ser man hur många minuter man måste lägga till expositionstiden vid dykning till 15 meter för att kompensera för kvarvarande gas från tidigare dyk.



Tabell som visar hur bokstavsbeteckningarna
(kvarvarande gas) ändras med tid efter dykning med luft.
Från Norska dykke och behandlingstabeller, 2017.

Justering av N₂ gruppe ved opphold på overflaten

Tid på overflaten gitt som Timer:Minutter

Justering av N ₂ gruppe ved opphold på overflaten															A	→	0:10
Tid på overflaten gitt som Timer:Minutter															B	→	0:10
																→	1:20
															C	→	0:10
																→	1:00
															D	→	0:10
																→	0:50
															E	→	0:10
																→	0:50
															F	→	0:10
																→	0:50
															G	→	0:10
																→	0:50
															H	→	0:10
																→	0:50
															I	→	0:10
																→	0:50
															J	→	0:10
																→	0:50
															K	→	0:10
																→	0:50
															L	→	0:10
																→	0:50
															M	→	0:10
																→	0:50
															N	→	0:10
																→	0:50
															O	→	0:10
																→	0:50
Z	→	0:10	0:51	1:41	2:41	3:31	4:21	5:11	6:11	7:01	7:51	8:41	9:31	10:31	11:21	12:11	13:31
		0:50	1:40	2:40	3:30	4:20	5:10	6:10	7:00	7:50	8:40	9:30	10:30	11:20	12:10	13:30	15:50
		Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A



Exempel på tabell som anger minsta tid mellan dyk och flyg.
Från: Norske dykke og behandlingstabeller 2017.

N ₂ gruppe etter dykk	Minste tid fra avslutning av siste dykk til flyging
A til C	0 timer
D	2 timer
E	5 timer
F	7 timer
G	9 timer
H	11 timer
I	13 timer
J	14 timer



Nitrox

- Är en blandning av oxygen och nitrogen med högre oxygenhalt än i luft.
- Ger ett lägre PN_2 i lungorna och således mindre N_2 uppladdning än vid dykning med luft.
- Är inget magiskt. Tillåten maxtid räknas enkelt ut genom beräkning av luftekvivalent djup (LED) och vanliga lufttabeller.

$$LED = \frac{(D + 10) \times FN_2}{79} - 10$$

D = Aktuellt dyk djup

LED = Luftekvivalent djup

FN_2 = Procentsats N_2 i gasen



Dekompressionstabeller

- Övermättnadskvot definieras som partialtrycket för inertgas i vävnaden/totaltrycket
- Haldanes ursprungliga tabell (1907) bygger på att alla typer av vävnader tål en övermättnad av 2 och att utsköljningen av gas i en vävnadstyp sker med samma hastighet som uppladdningen



Dekompressionstabeller 2

- US-navy utvecklar senare konceptet med övermättnads-kvot då man märker att snabba vävnader verkar tåla högre övermättnadskvoter än långsamma. US Navy tabeller blir allmänt använda i hela världen efter WW2.
- Workman (USA) inför M-värden för att underlätta beräkning av tabeller
- Hempleman (England) för in diffusionsbegränsningskonceptet och antar att urladdning går långsammare än uppladdning. Denna dekompressionsteori används vid framtagning av de norska dyktabellerna, som senare också blivit nordiska tabeller.



Dekompressionstabeller 3

- Det behöver inte vara etapper i dekompressionen, den kan vara långsamt kontinuerlig, men etapper är enklast att hantera rent praktiskt.
- Många menar att den höga hastigheten och det långa steget mot ytan till första etapp i USN tabellerna skapar bubblor och att man kan komma till ytan lika snabbt om man gör stopp djupare i och med att man kan göra stoppen nära ytan kortare om man stannat på större djup på vägen upp (L Hill och B Hills).



Dekompressionstabeller 4

Uppstigningshastigheter

18 m/min Tidigare US-navy, svenska marinen
och PADI

10 m/min Nordiska standardtabellen, många
dykdatorer, US-navy efter 1993 och
numer även PADI och svenska
marinen.

Det viktigaste är nog att man gör ett säkerhetsstopp (5 min på 3-5 m). För att klara detta i fritt vatten måste man gå långsamt.



Dekompressionstabeller 5

- Risken för allvarlig dekompressionssjuka är för de flesta tabeller i storleksordningen 1.5 – 3 fall av DS/10 000 dykningar.
- Räknar man in alla de tillfällen som dykare känner sig påverkade av dekompressionen *, utan att det är så allvarligt att de söker läkare, får man ett tillfälle på 1000 dykningar.

* = AED eller Adverse Effects of Decompression. Mindre obehag som inte alltid stämmer överens med symtom för dekompressionssjuka. Myntat av Eftedahl och Brubakk 2007.



Dekompressionstabeller 6

För att få dykaren ur vattnet snabbt kan man utnyttja det faktum att det tar tid innan bubblor bildas. Metoden kallas ytdekompression med oxygen (syrgas)

Teknik:

- Speciella tabeller används
- Stopp djupare än 6 m görs i vattnet
- Max 5 min från 6 m till dykaren skall vara på tryck motsvarande 12 m i tryckkammare andandes O₂



Dekompressionstabeller 7

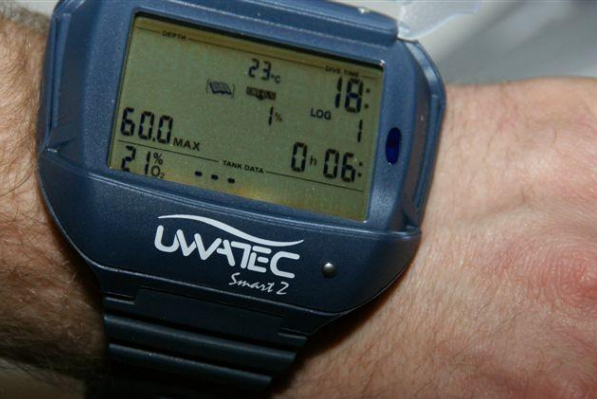
- Tänk på att vid dykning på hög höjd > 250 m återvänder man inte till 1 atm och man kan ha nitrogen överskott om man inte adapterat sig till höjden. Speciella tabeller finns.
- Efter avslutat dyk finns ett kväveöverskott i kroppen, som tar 12 tim att bli av med (ev kan det ta längre tid) Du kan därför inte flyga inom denna tid eftersom även plan med tryckkabin har ett reducerat tryck jmf med havsytan.
- Tider innan man kan flyga varierar mellan några få till 48 tim beroende på vem som uttalar sig och vad typ av dykning som föregått. Även datorer erbjuder denna uppgift, men är nog generellt alltför generösa dvs ger för korta tider.



Max tid före direktuppstigning efter ett dyk till 30 meter med luft

US Navy	25 min
NAUI / PADI / RSTC	20 min
Nordisk standardtabell	20 min
Tyska tabeller	17 min
DCIEM	15 min
Microbrain	12 min
Computec	9 min
US Navy Max likelihood tab 1% risk	8 min





Dykdatorer



- Mäter tid och djup kontinuerligt och skapar därför en expositionsprofil som är mer exakt än den man får om man använder tabell och använder "största dykdjup".
- Mäter inga fysiologiska parametrar i kroppen. (Några kan skatta ämnesomsättningen genom att mäta tryckfallet/tid i gasförrådet)
- Datorer kan vara programmerade med olika algoritmer (tabellberäkningar) för dekompressionen. Man kan ofta välja hur konservativt (säkert) man vill dekomprimera.
- Datorer har tidigare ofta varit lite för optimistiska rörande avgasningen under ytintervallet vilket givit problem i samband med upprepade dyk men sällan vid enstaka dyk.



Nitrox

- En blandning av oxygen och nitrogen med högre oxygenhalt än i luft.
- Ger ett lägre PN_2 i lungorna och således mindre N_2 uppladdning än vid dykning med luft.
- Är inget magiskt. Tillåten maxtid räknas enkelt ut genom beräkning av luftekvivalent djup (LED) och vanliga lufttabeller.

$$LED = \frac{(D + 10) \times FN_2}{79} - 10$$

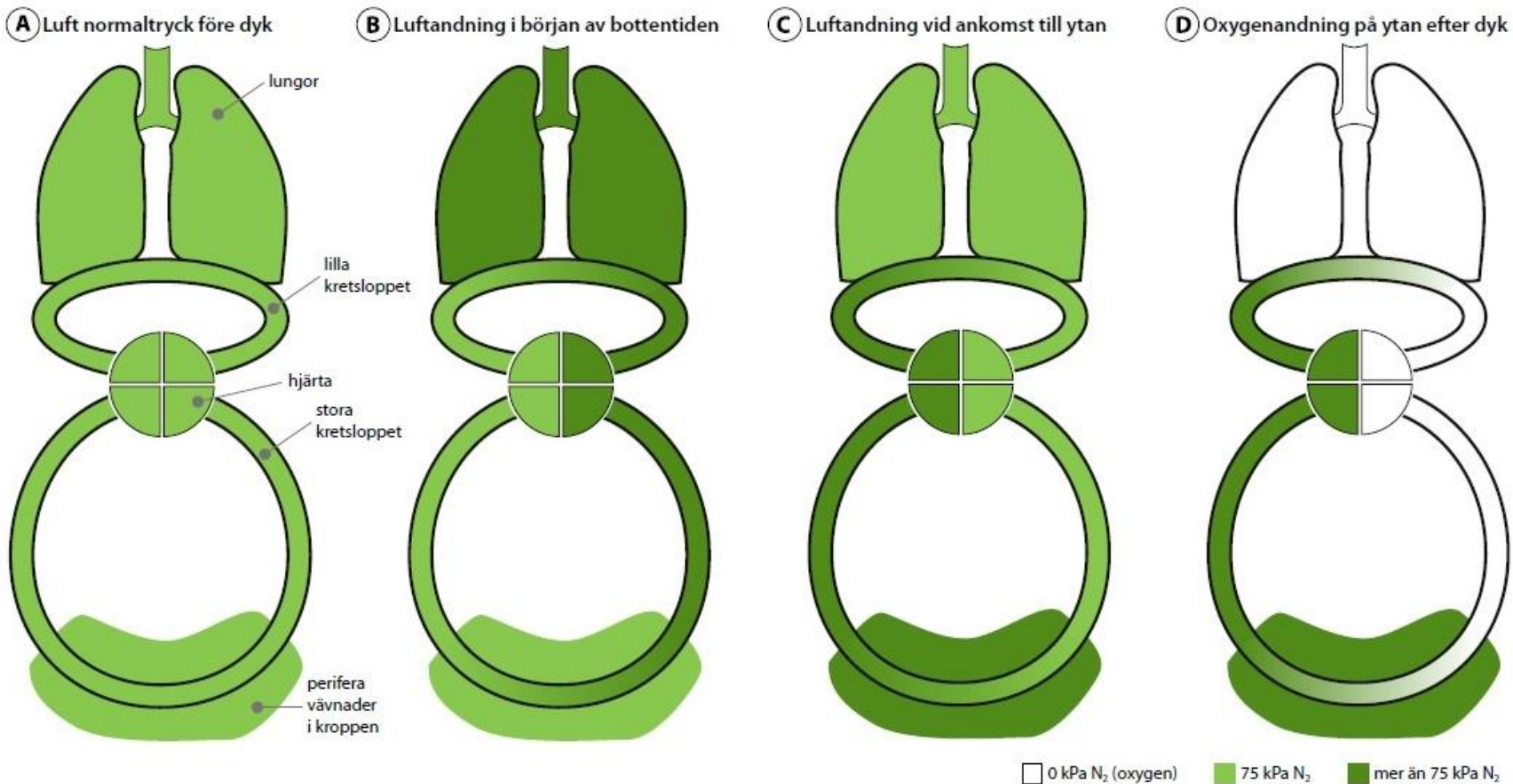
D = Aktuellt dykdjup

LED = Luftekvivalent djup

FN₂ = Nitrogenfraktion i gasen

Enda problemet med nitrox är att oxygenpartialtrycket kan bli för högt för välbefinnandet. Vanligt accepterat maxvärde är 1.6 bar





Figuren visar hur nitrogenpartialtrycket varierar i lungor och cirkulation under ett dyk. Av delfigur D framgår att blodet vid passage av perifer vävnad kan lasta mer nitrogen (grön färg) om artärblodet är nitrogenfritt som under oxygenandning än om det redan finns nitrogen i artärblodet som under luftandning.



Om vi dyker med en gasblandning som på 10 m djup ger samma nitrogeninnehåll som luft på ytan så är det ju som att inte dyka. Dvs man laddar inte upp något kväve.

Vi sätter Luftekvivalent djup till 0

$$\text{LED} = \frac{(D + 10) \times \text{FN}_2}{79} - 10$$

D = Aktuellt dykdjup

LED = Luftekvivalent djup

FN₂ = Nitrogenfraktion (%) i gasen

$$0 = \frac{(10 + 10) \times \text{FN}_2}{79} - 10$$

$$\frac{10 \times 79}{20} = \text{FN}_2$$

FN₂ = 40 % således FO₂ = 60%



T 7 Tabell som visar ekvivalent luftdjup (EAD) vid Nitroxdykning med öppna andningssystem

I de fall där RMS Dyk gränsvärden för PN_2 eller PO_2 överskrids, anges dessa ekvivalentdjup med "n/a".

I tabellen nedan anges närmsta större djup enligt tabell T 1 och T 2 att använda som EAD.

Verkligt djup (m)	Ekvivalent luftdjup (EAD) (m) vid olika % O ₂ i andningsgasen														Verkligt djup (m)	Tid NDS (min)
	28%	30%	32%	34%	36%	38%	40%	42%	44%	46%	48%	50%	60%			
12	10,5	10,5	9	9	9	7,5	7,5	7,5	6	6	6	4,5	3	12	163	
13,5	12	12	10,5	10,5	9	9	9	7,5	7,5	6	6	6	3	13,5	125	
15	13,5	13,5	12	12	10,5	10,5	9	9	9	7,5	7,5	6	3	15	92	
16,5	15	15	15	15	12	12	12	10,5	9	9	7,5	7,5	4,5	16,5	74	
18	16,5	15	15	15	15	12	12	12	10,5	10,5	9	9	n/a	18	60	
21	21	18	18	18	18	15	15	15	12	12	10,5	10,5	↓	21	48	
24	21	21	21	21	18	18	18	15	15	15	n/a	n/a		24	39	
27	24	24	24	21	21	21	18	18	n/a	n/a				27	30	
30	27	27	27	24	24	24	21	n/a						30	25	
33	30	30	27	27	27	n/a	n/a							33	20	
36	33	33	30	30	n/a									36	15	
39	36	36	33	n/a										39	10	
42	39	36	n/a											42	10	
45	42	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	45	5	

Exempel: Verkligt djup 30 meter, Nitroxblandning 38 % O_2 . Ekvivalent luftdjup 24 meter

OBSERVERA att dyk markerade med gul ger för respektive EAD maxtid CPTD > 100. Hänsyn till CPTD måste tas vid upprepade dyk.

OBSERVERA att dyk markerade med rött ger för respektive EAD maxtid CPTD > 400. CPTD måste alltid beräknas.

EAD = Equivalent Air Depth = Ekvivalent luftdjup

NDS = No Decompression Stop = Direktuppstigning



Oxygenförgiftning

Nervsystem

Efter kortare tid (min.) vid $PO_2 > 200$ kPa

Symtom

Tunnelseende, tinnitus, yrsel, illamående
Ryckningar i ansiktsmuskulatur
Kramp
Medvetslöshet

Bidragande faktorer

Hög ämnesomsättning
 CO_2 återandning pga dålig andningsapp.

Förebyggande åtgärd

Undvik hårt arbete vid nitroxdykning
Begränsa max PO_2 (djup eller O_2 %)

Lungor

Efter längre tid (tim.) vid $PO_2 > 50$ kPa

Symtom

Hostretning
Smärta vid djupandning

Bidragande faktorer

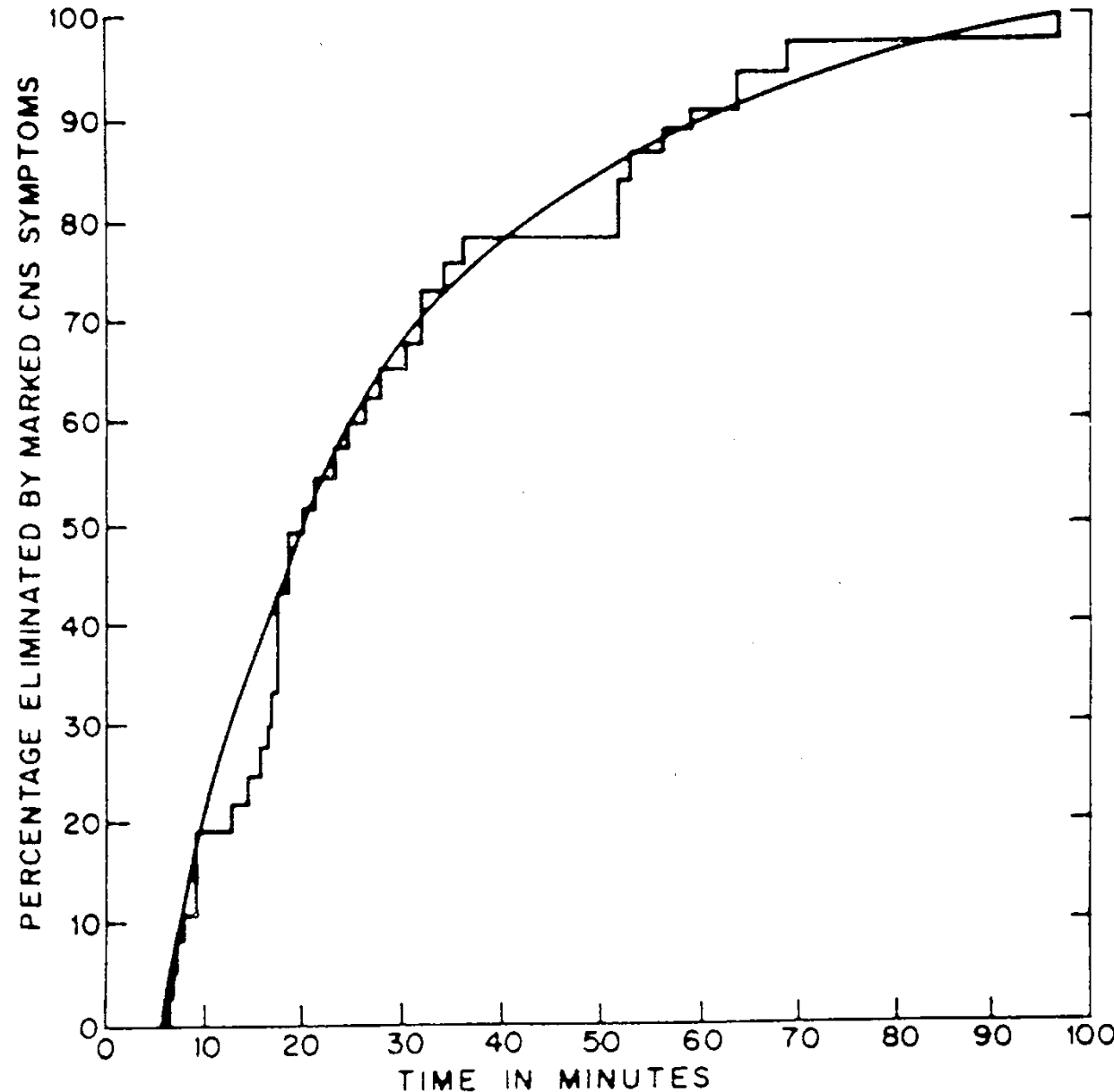
Statisk belastning (Dålig andn.app.)

Förebyggande åtgärd

Beräkna CPTD (OTU) och begränsa dyk-
Tiden.

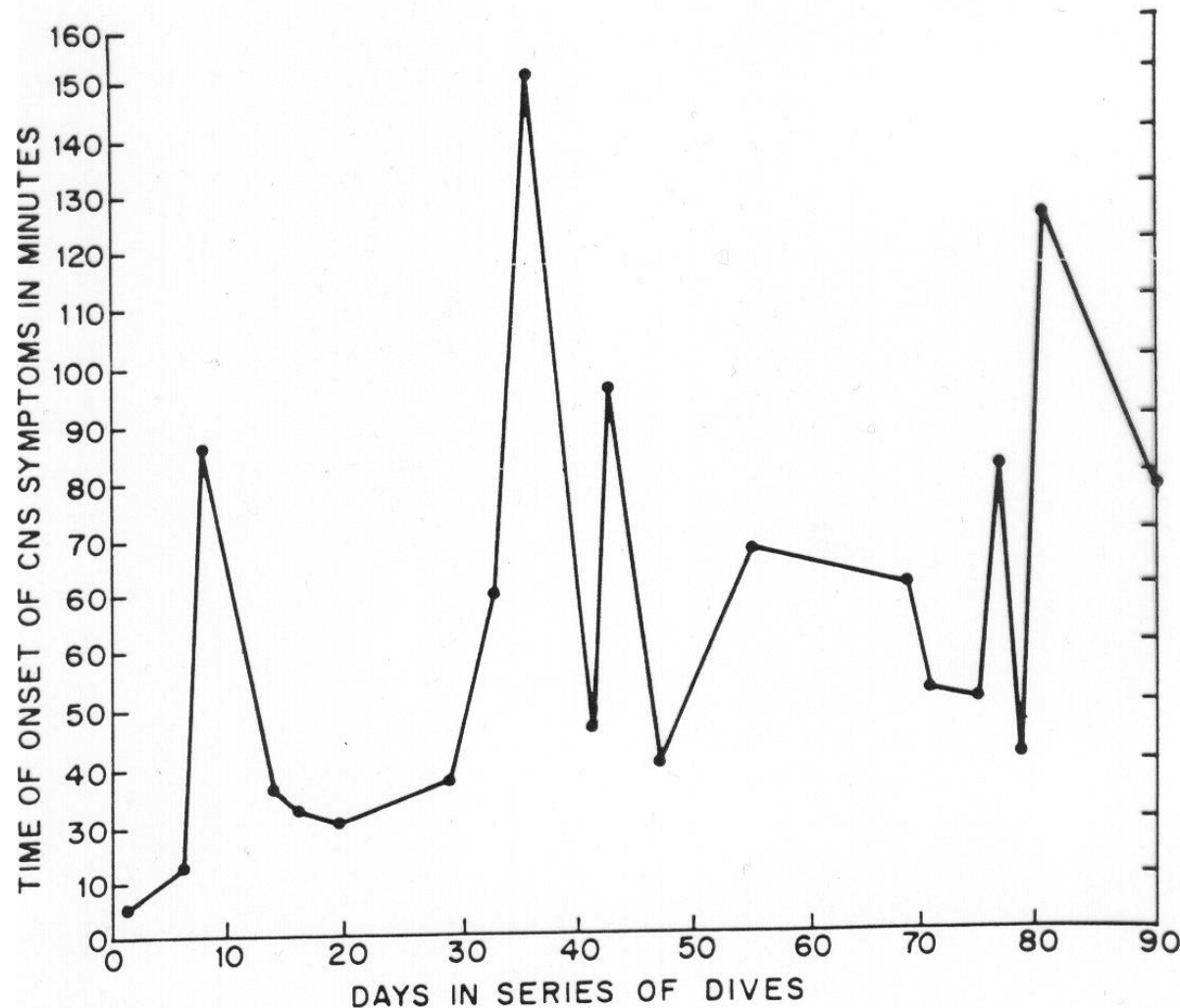


Tid till symptom på oxygenförgiftning hos 36 försökspersoner



En illustration från Donald, 1947 som visar tid till utveckling av CNS-förgiftning hos 36 individer som andas ren oxygen vid 370 kPa.

Variationsvidden från 6 till 96 minuter visar på en nästan osannolik variationsvidd i känsligheten för oxygen.



En illustration från Donald 1947, som visar stora intra-individuella skillnader i oxygentolerans för CNS-påverkan. Tiden till CNS-påverkan varierar från 6 till 150 minuter i denna serie om 20 expositioner för ren på 21 m djup i 18 gradigt vatten (310 kPa), över 90 dagar.



Max tid i minuter för exposition per dag vid olika PO₂

PO₂ Minuter

Enligt NOAAmanual Diving , 4th ed 2001

1.00 300

1.10 240

1.20 210

1.25 195

1.30 180

1.35 165

1.40 150

1.45 135

1.50 120

1.55 83

1.60 45

1.65 7

Oxygenklockan

- Beräkna din exp.tid för varje PO₂ i % av max tillåtet.
- Addera %-talen för varje dyk.
- Under ytintervallet halveras O₂% var 90:e minut.
- 24 timmar nollställer klockan.



1 OTU (Oxygen Tolerance Unit) är den biologiska effekt som erhålls vid exponering för oxygen med ett partialtryck på 100 kPa under 1 minut.

Tabell 1 OTU per tidsenhet vid olika partialtryck O₂

Partialtryck [kPa]	OTU/minut	OTU/timme
60	0,26	16
70	0,47	28
80	0,65	39
90	0,83	50
100	1,0	60
110	1,16	70
120	1,32	79
130	1,48	89
140	1,63	98
150	1,78	107
160	1,93	116
170	2,07	124
180	2,22	133
190	2,36	142
200	2,50	150
210	2,64	158
220	2,77	166
250	3,15	189
280	3,55	213

Gräns för maximalt oxygentryck
vid nitroxdykning



Tabell 2 Maximalt tillåten kumulativ OTU

Exponering [antal dagar i sträck]	OTU/dygn
1	850
2	700
3	620
4	525
5	460
6	420
7	380
8	350
9	330
10	310
11 – 30	300



Oxygentoxicitet att komma ihåg

- Är tid och tryckberoende
- 15 –50 kPa är OK för oändligt lång tid
- Kronisk (Lungor) > lång tid och måttl. tryck (50-200kPa)
- Akut (CNS) > 200 kPa vid arbete (efter ca 30 min)
> 300 kPa i vila (efter ca 60 min)
- Mycket stor individuell känslighet för oxygentoxicitet.

Gränsen för max PO_2 vid dykning är därför 160 kPa (1,6 bar)

Vid behandling i kammare på sjukhus används som mest 300 kPa. Då betraktas oxygen som läkemedel och man kan acceptera riskerna för kramp som läkemedelsbiverkningar.



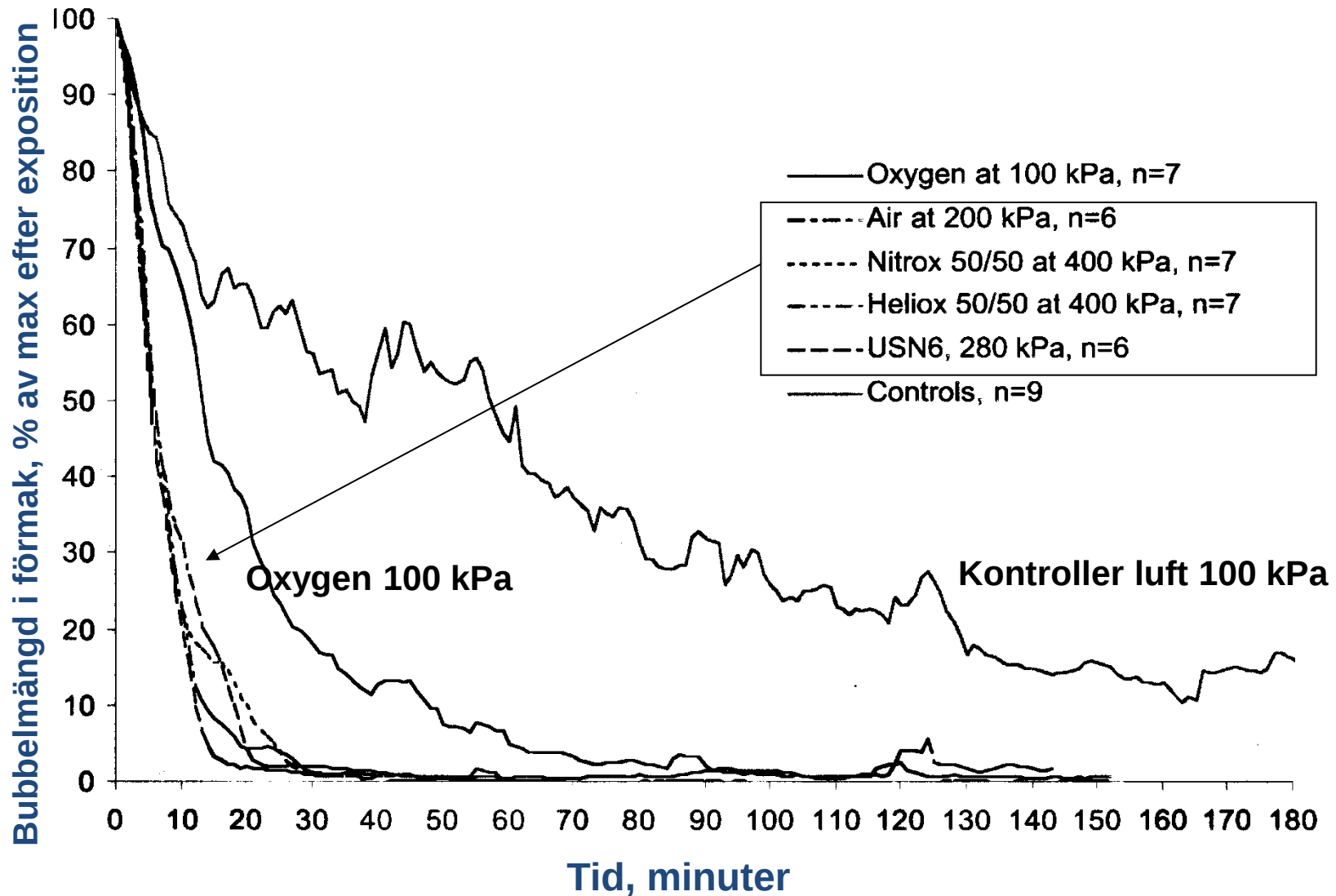
BUBBLOR I VÄVNAD OCH VENÖST BLOD

- Bildas när gasens partialtryck överstiger omgivningstrycket**
- Leder till allvarliga problem i CNS men märks ej i fett och muskel**
- Bubblor i venblod påverkar blodceller (leuko- och trombocyter) samt komplement. Bildligt kan man säga att vita blodkroppar reagerar likadant på bubblor som på bakterier.**
- Venösa bubblor filtereras bort i lungkapillärer. Behöver inte bli ett problem. (OBS Venösa bubblor ej synonymt med dekompsj.)**
- Om shunt finns i lilla kretsloppet finns risk för att venösa bubblor blir arteriella gasembolier. (Allvarligt om de drabbar CNS)**

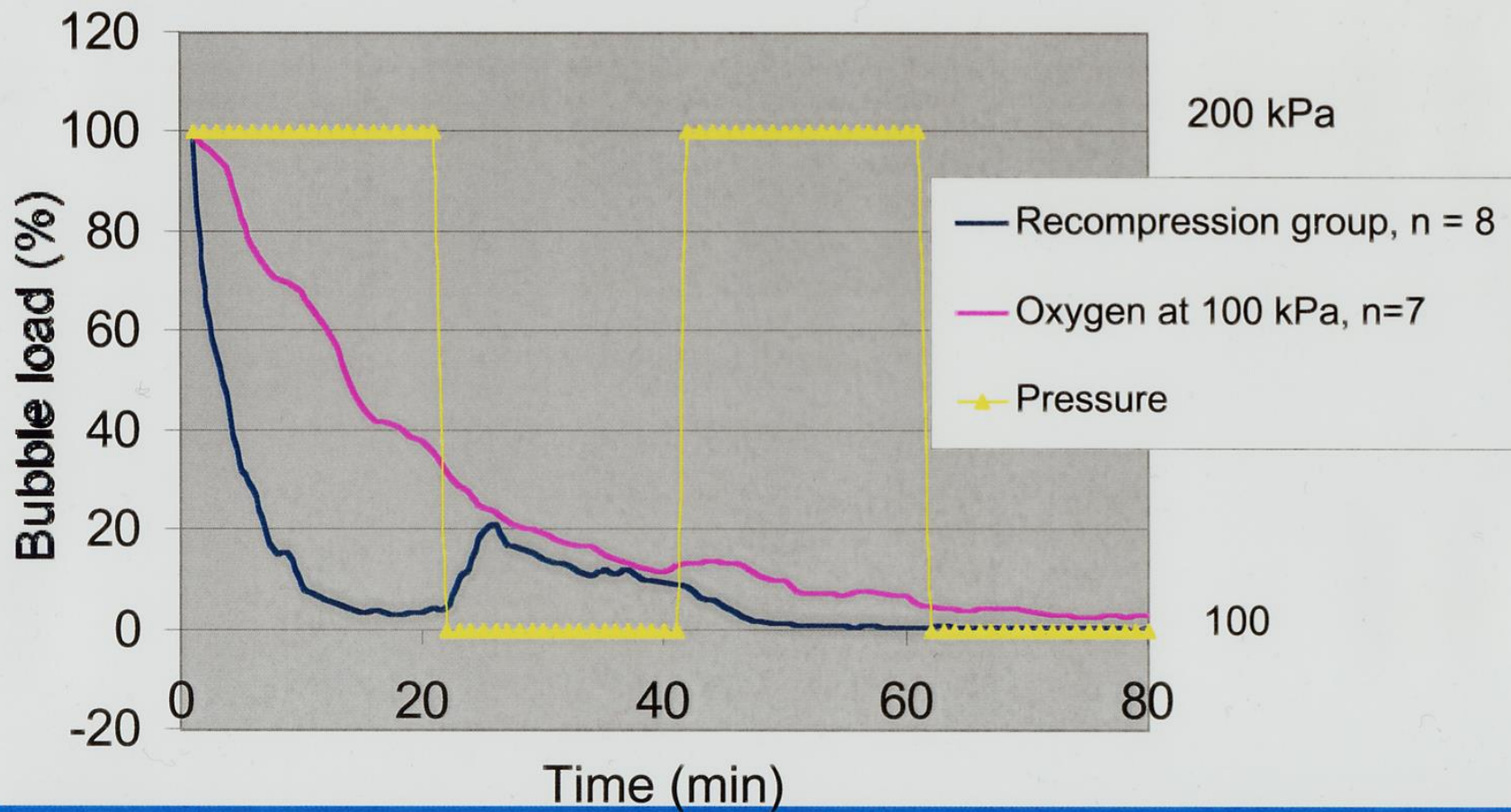


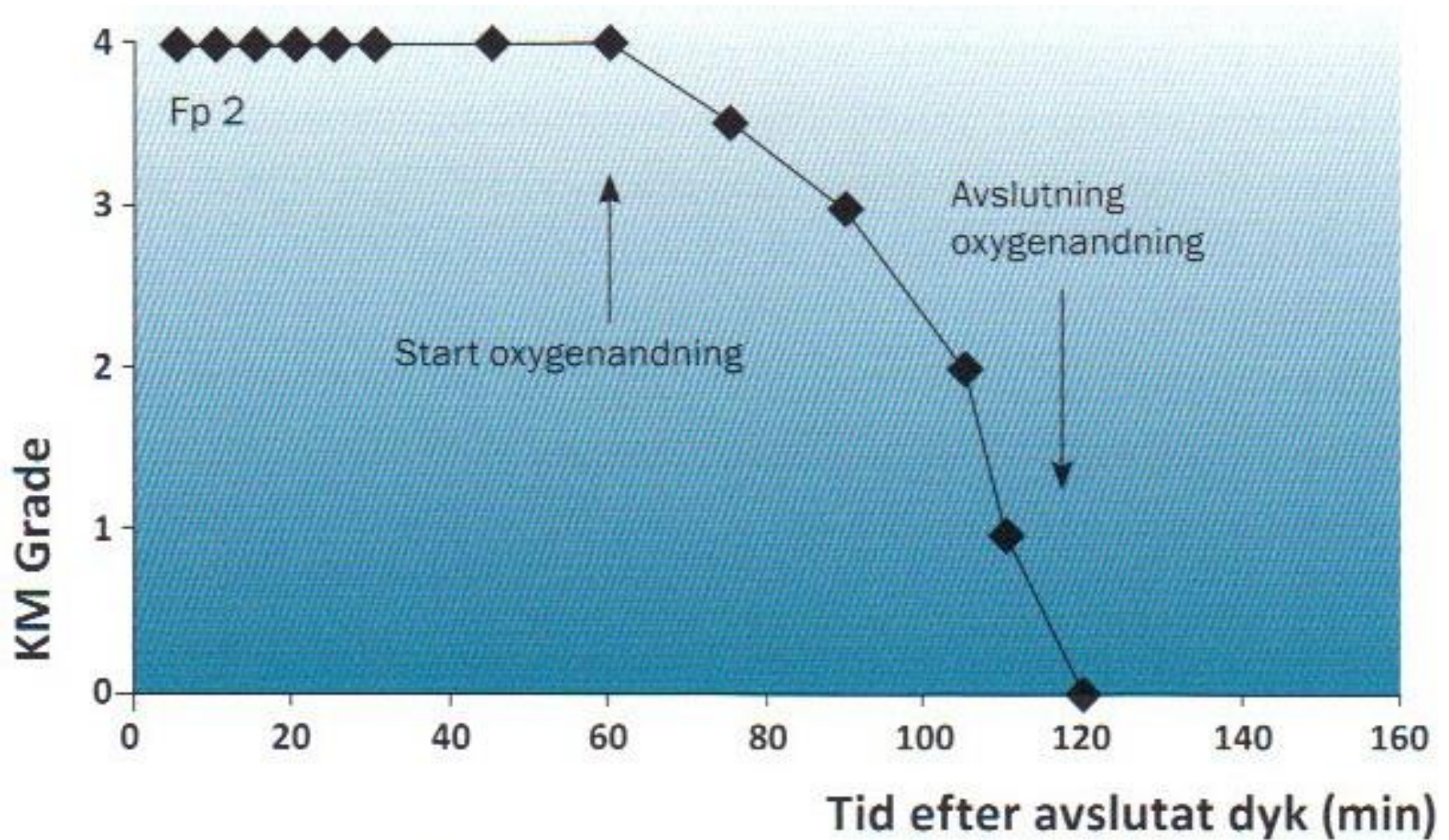
Tidsförlopp för bubblors försvinnande efter dykning.

Data från ultraljudsundersökning på grisar som exponerats för luft, 40 min på 40 m.



Bubble elimination in pigs after 40 m air dives





Ultraljudsregistrering från höger hjärthalva efter dykning med trimix till 40 meter i tryckkammare och oxygenandning på ytan med start 60 minuter efter avslutat dyk. (Från Blogg & Gennser, EUBS Proceedings 2012.)



Bra att veta om dekompression

- Bubblor kan uppkomma i både blod och icke flytande vävnader.
- Nästan hälften av alla som utnyttjat full tid före direktuppstigning får bubblor i venblodet.
- I vet idag inte vilka faktorer det är som avgör vilka som får bubblor av personer som gjort samma dykning.
- Bubblor i venblodet är inte dekompressionssjuka.
- Bubblor i venblodet filtreras bort i lungorna utom i speciella undantagsfall, som vid PFO med förhöjt höger förmakstryck, eller då lungkapillärerna är fulla med bubblor (chokes).



Vad ger dekompressionssjuka?

- Gasbubblor i blod eller vävnad som ger
- En påverkan av gasbubblor på blodceller och kärl som ger
- Läckage av vätska ur blodbanan och ödem dvs svullnad i vävnad

Viktigt att veta är att personer kan tåla stora mängder gasbubblor i venblod utan att utveckla DS. Om man finner gas vid ultraljudsundersökning efter dykning betyder detta inte att man har DS.



”Hett” ämne just nu är micropartiklar.

- Med speciell teknik kan man idag i blodet påvisa c:a 1 μ stora ”partiklar hos dykare som visat symtom på dykarsjuka.
- Dykare som dykt utan att få symtom har inte dessa.
- Man tror det kan vara fragment från kärlens insida.

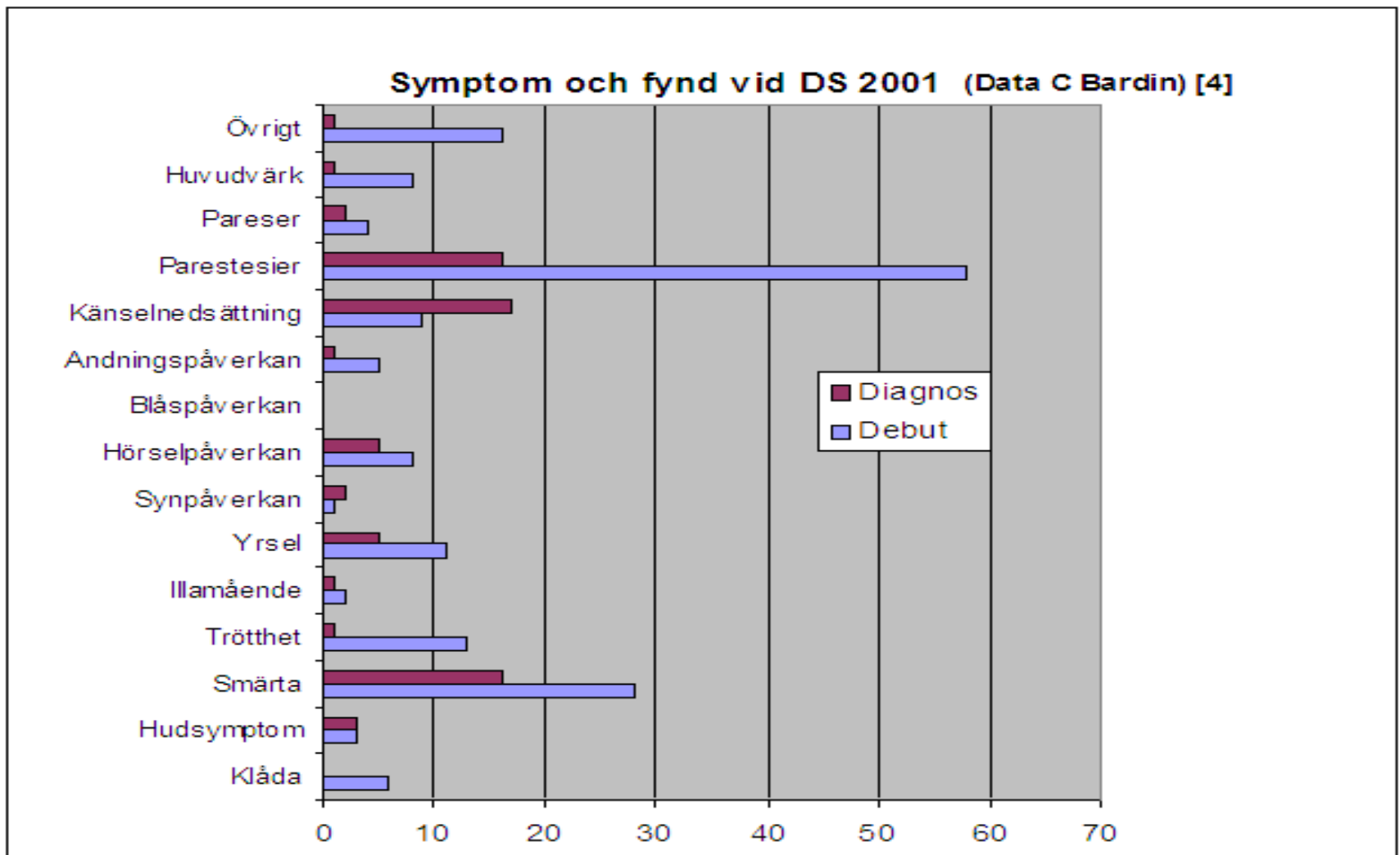


SYMPTOM, FYND, TERAPI VID DEKOMPRESSIONSSJUKA

Dykarloppor	Klåda	Expektans Skärpt övervakning
Marmoreringar	Blåröda hudmissfärgningar	Expektans Skärpt övervakning Ev oxygen på mask
Lymfbends	Ödem och svullnad	Expektans Oxygen Ev rekompresion
Ledbends	Djup molande smärta Ev lokal palp ömhet	Rekompresion HBO
Mild chokes?	Extrem omotiverad trötthet	Omedelbar HBO
CNS-bends	Vanligen spinala neurol. symptom och fynd	Omedelbar HBO
Verigo bends	Yrsel, illamående	Omedelbar HBO
Chokes	Andningsbesvär Cirkulationsshock Cyanos	Omedelbar HBO



Utveckling av symptom och fynd från debut av misstänkt DS (blå) till diagnos av läkare (röd) hos alla som sökt pga misstänkt DS under 2001.



BEHANDLING VID "BUBBELSJUKDOM"

- **Oxygenandning** för att öka blodets transportförmåga för kvävgas
- **Rekompression** för att minska bubblornas volym.
- **HBO** (Hyperbar Oxygen Behandlung) Kombination av tryck och O₂
- **Vätsketillförsel** för att öka CO och gasutsköljningen ur kroppen
- Eventuellt symptomatisk behandling av symptom (avsvällande, etc)
- I Monoplacekammare ges oxygen i fri atmosfär.
- I Multiplacekammare ges oxygen på mask för att minska brandrisken.

Var observant på läckage. Vädra kammaren om $FO_2 > 23\%$



HANDLÄGGNING AV DEKOMPRESSIONSSJUKA

- Ställ diagnos
- Terapi på plats
- Kontakt
- Transport
- Inkomststatus
- Rekompressions-behandling



Symptom, fynd, anamnes (dykdjup, tid, aktivitet)
Oxygen, vätska och vila
SOS Alarm och dykarläkare
Oxygen, vätska och vila om inte läkare sagt annat
Läkare bedömer patienten

Tid

0 Till 280 kPa i kammare med oxygenandn.
Luftpaus 5 min var 20 min
Om symptom och fynd är borta

75 Dekompression till 190 kPa under 30 min
På 190 kPa Luftpaus 15 min var 60 min

225 Dekompression till 100 kPa under 30 min
Om pat ej är helt återställd kan tider på 280 och 190 kPa förlängas.

- Status efter behandling

Eventuellt kan 5 uppföljande behandlingar göras var 12:e eller 24:e tim

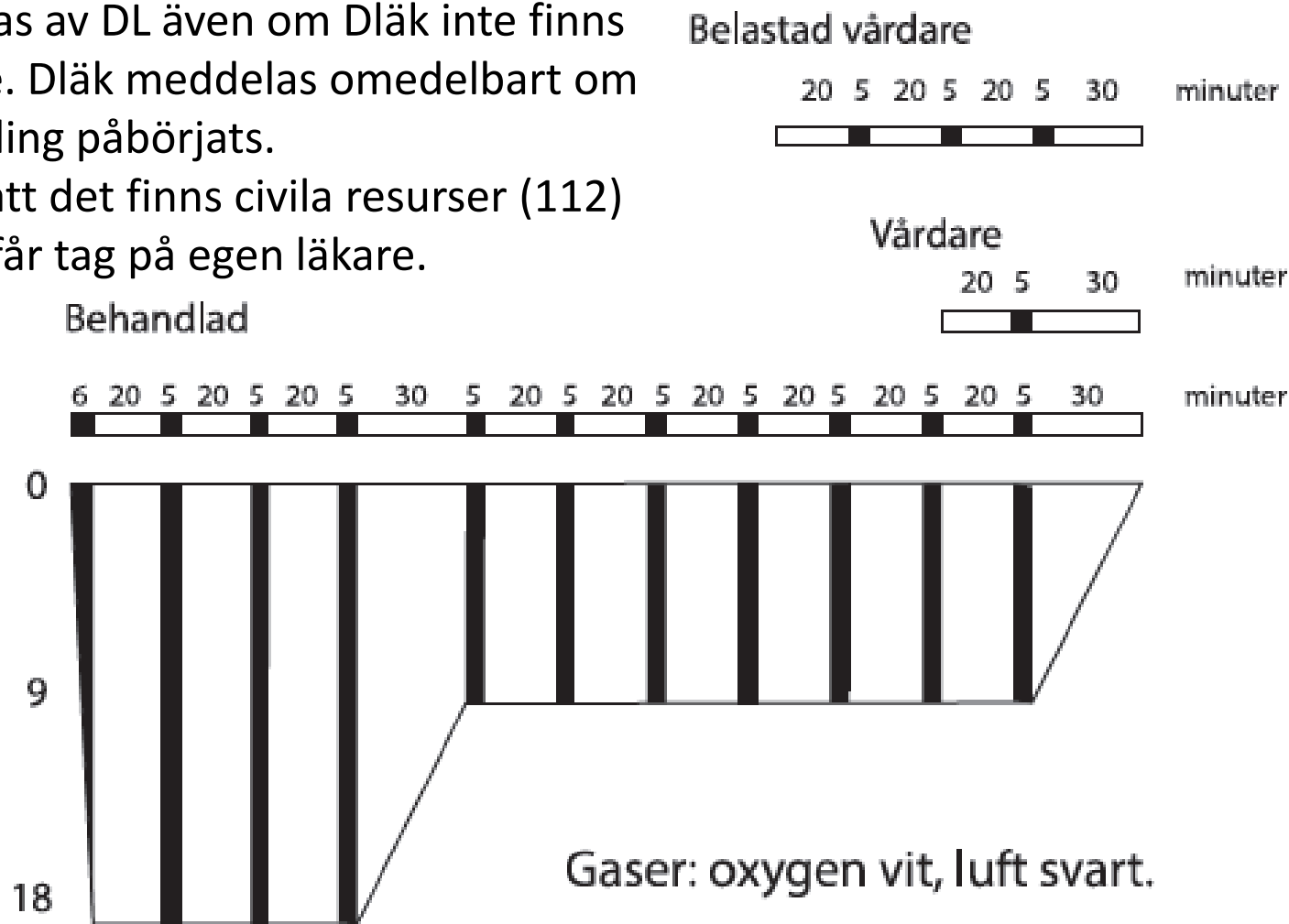


12.7.3 Behandlingstabell B6

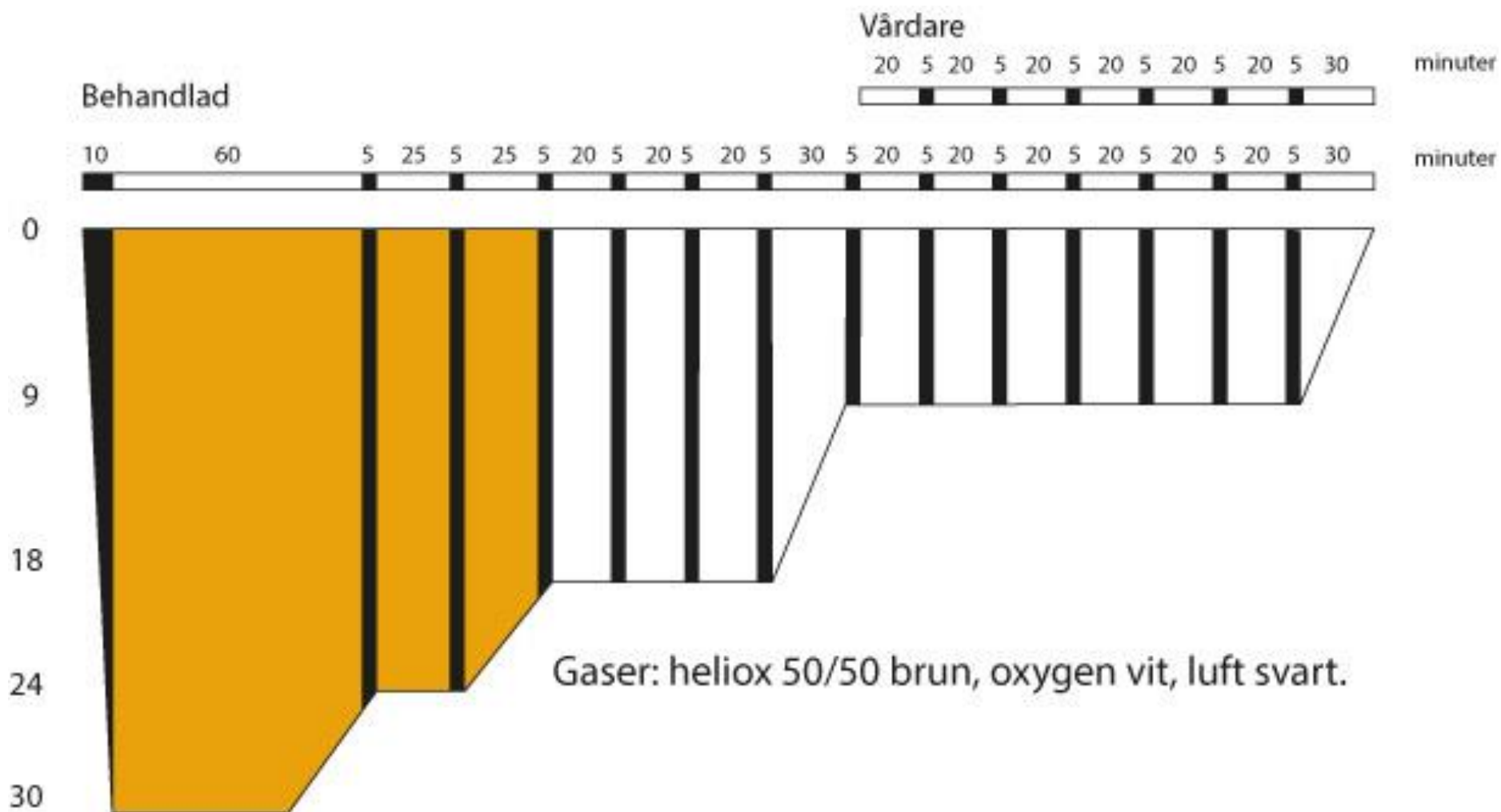
Används som första behandling vid DCS och lungbristning.

Kan påbörjas av DL även om Dläk inte finns närvarande. Dläk meddelas omedelbart om att behandling påbörjats.

Glöm inte att det finns civila resurser (112) om ni inte får tag på egen läkare.



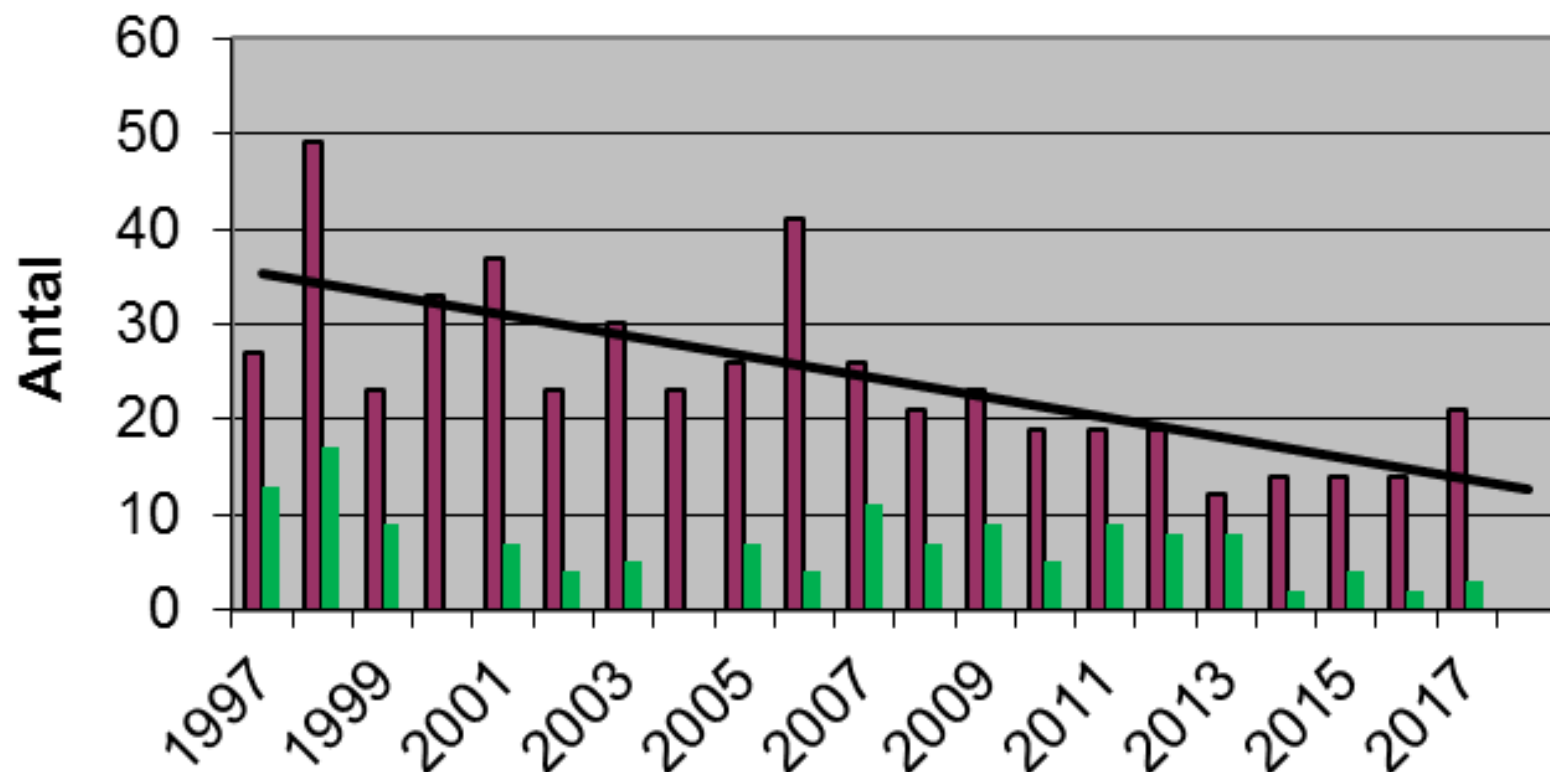
COMEX 30 enligt RMS-Dyk (Web 2017)



Rekompressionsbehandlade dykare i Sverige 1997 - 2017.

(Svart linje = linjär regression)

Gröna staplar, behandling med normobar oxygen
enbart.



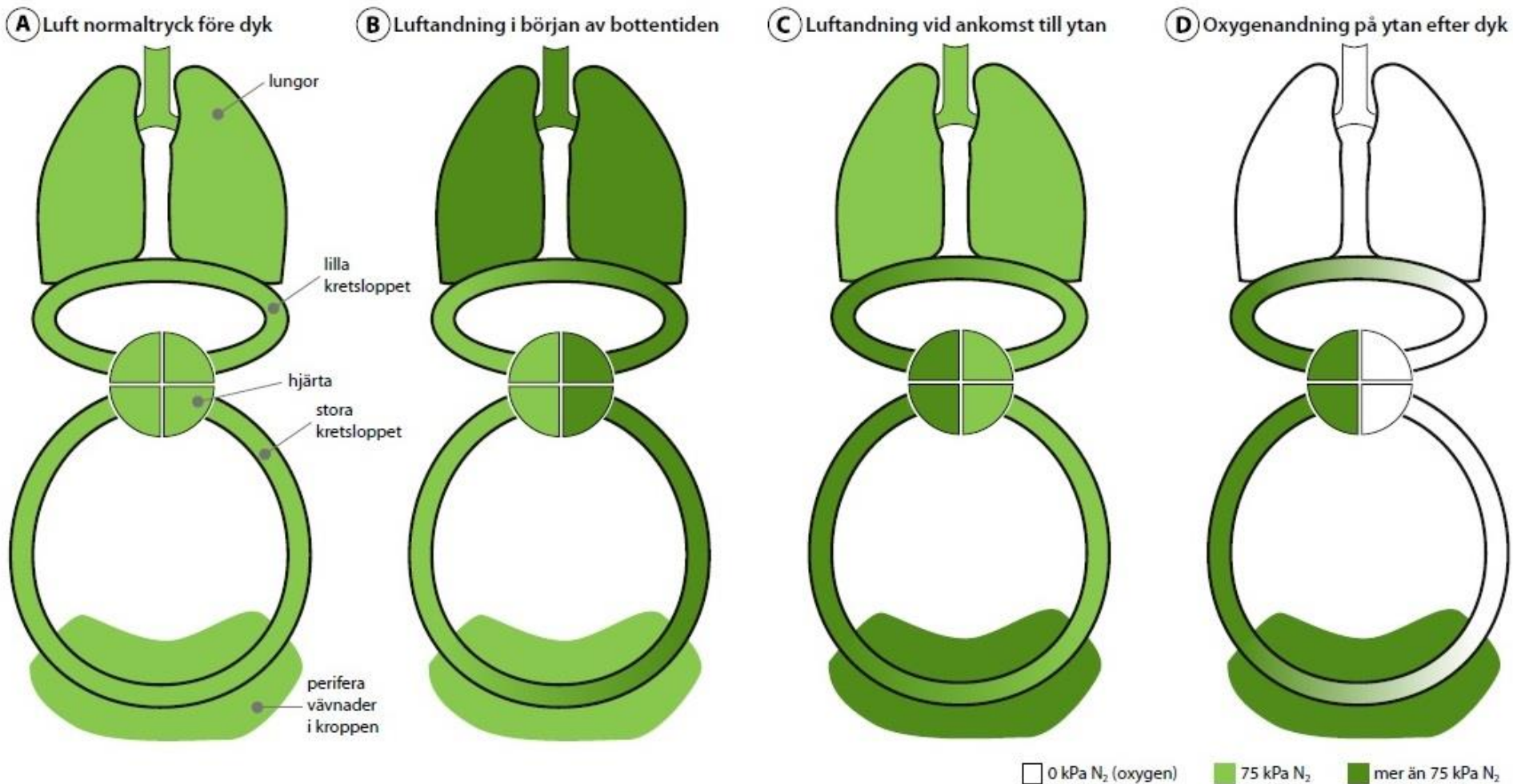
Om oxygengivning vid dykeriolycksfall

Anledningen till att man ger oxygen i samband med dykeriolycksfall är inte densamma som när man ger oxygen till skadeoffer inom räddningstjänst och normal sjukvård. Vid läsning av texter från FASS, Räddningsverket och Läkemedelsverket framgår detta inte klart.

Vid dykeriolycksfall eftersträvas framför allt tre effekter:

- Inertgasfrihet i artärblod och stor inertgastransport i venblod
- Hög oxygenavgivning till områden med cirkulationsstopp
- Kärlsammandragning och avsvällande effekt i vävnader

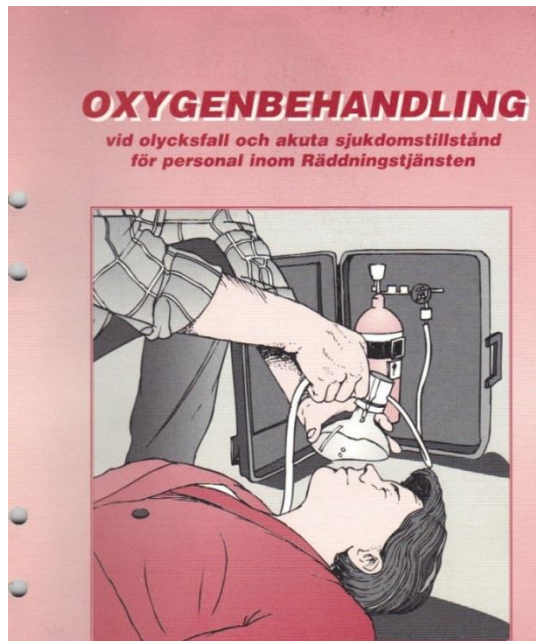




Figuren visar hur nitrogenpartialtrycket varierar i lungor och cirkulation under ett dyk. Av delfigur D framgår att blodet vid passage av perifer vävnad kan lasta mer nitrogen (grön färg) om artärblodet är nitrogenfritt som under oxygenandning än om det redan finns nitrogen i artärblodet som under luftandning.



Delegering av tillstånd att ge oxygen i sjukvård och räddningstjänst



Läs mer om vad delegering innebär på:
<https://www.vardforbundet.se/Min-profession/Yrken-och-Vard-A-O/Delegering/>

Läs mer om oxygengivning i sjukvården:
<http://www.vardhandboken.se/Texter/Oxygenbehandling/Referenser/>

Personligt tillstånd

Härmed ger undertecknad läkare personligt tillstånd till

att i hans/hennes yrkesutövning vid räddningstjänsten i
kommun ge oxygenbehandling till akut sjuka och olycksoffer.

Undertecknad läkare har kännedom om hans/hennes kunskaper i oxygenbehandling. Behandlingen ska utföras enligt de riktlinjer som fastslagits av Räddningsverket, Socialstyrelsen samt Läkemedelsverket och de eventuella lokala anvisningar som utfärdats av den läkare som ger tillståndet.

Detta personliga tillstånd gäller i ett år från nedanstående datum.

Ort Datum

Ansvarig läkare

Namnförtydligande

Ovanstående personliga tillstånd mottages. Undertecknad är medveten om de regler som gäller för tillförsel av oxygen till akut sjuka patienter och till olycksoffer. Vidare anser jag mig besitta de kunskaper som fordras för att kunna ge oxygenbehandling.

Ort Datum

Namn

Namnförtydligande



Oxygen vid medicinska komplikationer i samband med dykning.

En inventering av myndigheternas inställning 2015.

Hans Örnbaden, MD, PhD, leg läk

Sammanfattning:

Frågan om 100% oxygen till dykeriolycksfall har utretts och med utgångspunkt i de svar som finns idag kan oxygen användas för egenbehandling vid medicinska komplikationer efter dykning om medicinskt ansvarig för verksamheten så beslutar.

Läs hela rapporten och bilagor på www.ornbaden.se



Slutsats:

- Om den för verksamheten medicinskt ansvarige bedömer att andning av oxygen är egenvård kan oxygen användas utan krav på delegation och oxygen köpas från gasleverantör.
- I andra fall skall delegationsförfarande användas. Vilken utbildning som krävs för delegation är, såvitt jag känner till, inte specificerat.
- Eftersom hantering av komprimerad oxygen innebär risker för brand bör utbildning i oxygenhantering ingå i dykarutbildningen och arbetsgivare tillse att nödvändig kunskap rörande hantering av oxygenutrustning finns hos anställda dykare.
- Oxygenutrustning avsedd för dykeriolycksfall skall inte användas för andra typer av sjukdomstillstånd eller olycksfall.



Exempel på intyg från medicinskt ansvarig för verksamheten

OXYGEN ANDNING VID DYKNING – 100% OXYGEN TILL DYKARE I NÖDSITUATION KAN GES AV CERTIFIERAD VETENSKAPSDYKARE

I AFS 2010:16 anges i **26 §** "Andningsgas, som behövs för dykning och vid nödsituation, ska finnas tillgänglig i tillräcklig mängd, ha rätt sammansättning för den planerade dykprofilen och vara fri från skadliga föroreningar." Dvs om nödsituation uppkommer ska tillgång på 100 % oxygen finnas. Det är arbetsgivarens skyldighet att se till att oxygen finns och kan administreras till dykare i händelse av nöd. I dyklaget kan den som är certifierad arbetsdykare-vetenskapsdykare S30 administrera oxygen till behövande dykare.

Om oxygen administreras till dykare i nöd skall kontakt tas med dykläkare för klarläggande huruvida ytterligare eller annan kompletterande behandling exempelvis tryckkammarbehandling kan behövas.

Göteborg dag som ovan



Mats Hagberg MD PhD Professor/överläkare



Olika "sorters" oxygen?

- **Medicinsk oxygen**

Används i sjukvården och gasflaskorna hanteras på speciellt sätt för att minimera risk för förorening

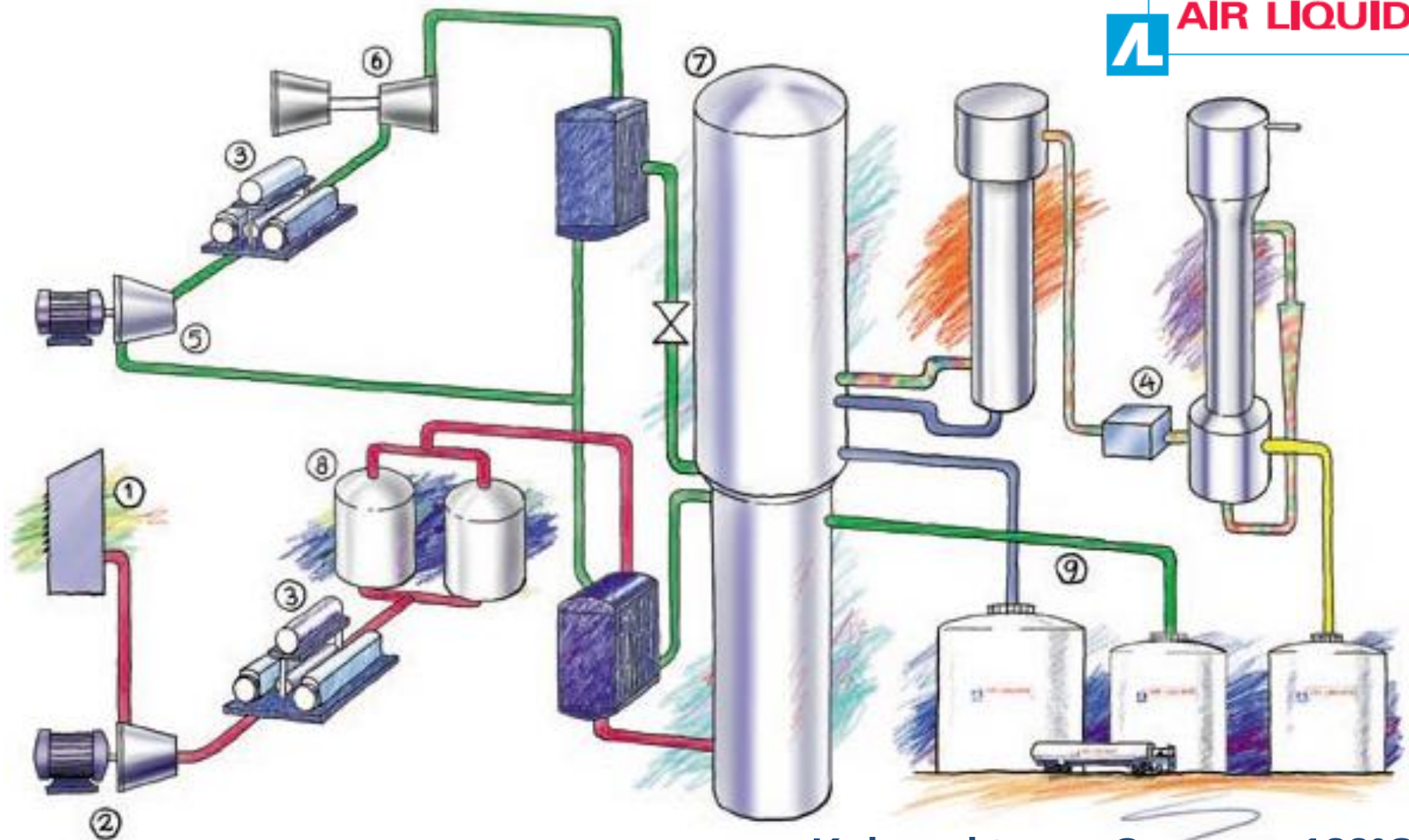
- **Andningsoxygen**

Används vid flygning på hög höjd, för att blanda dykgaser m.m. Denna gas används för behandling av dykolycksfall på dykarbetsplats.

- **Svetsoxygen**

Gas som används tillsammans med acetylen för att svetsa metall. Kallas Odorox om man tillsatt luktämne för att notera gasläckor





Kokpunkter

Oxygen -183°C
Argon -189 °C
Nitrogen -196 °C



Hur gör man för att ge eller andas oxygen?

Två principiellt olika system används:

- **Demandsystem.** Doserar oxygen i takt med behovet. Andningsstyrt på samma sätt som en scuba apparat
- **Friflödessystem.** Flödet ställs manuellt så att inandningsblåsan aldrig blir tom i slutet av en inandning

Båda systemen lika bra, men demandsystemet är lättare att hantera så att det blir 100% O₂ i inandningen.

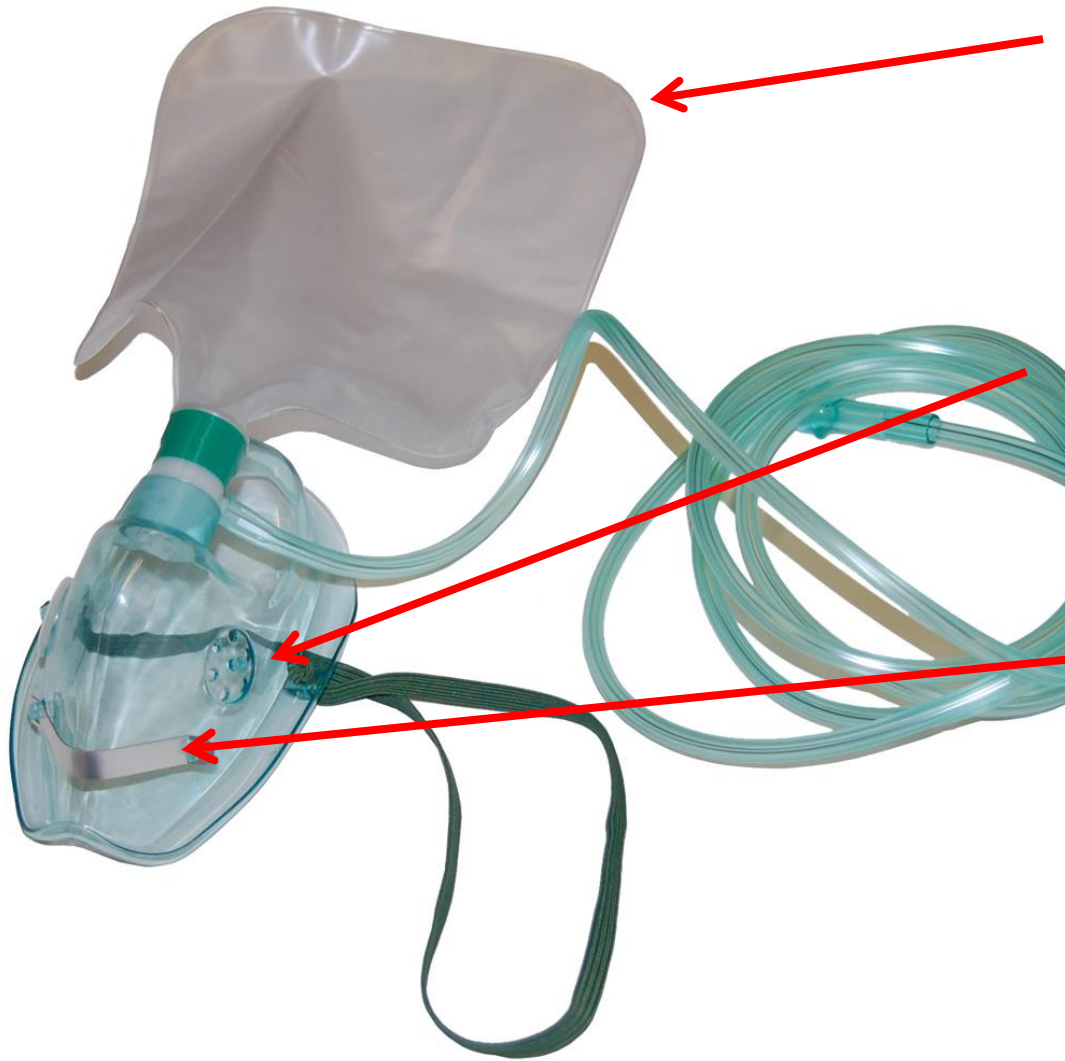






www.ornhagen.se

Friflödesmask med reservoarblåsa för oxygengivning.



- Anpassa oxygenflödet så att blåsan aldrig blir tom, inte ens i slutet av inandningen.
- Kontrollera de små ventilbrickorna på masken. Utan dessa uppnår man inte 100%.
- Optimera maskens passform genom justering av nackband och metallbygel vid näsroten.

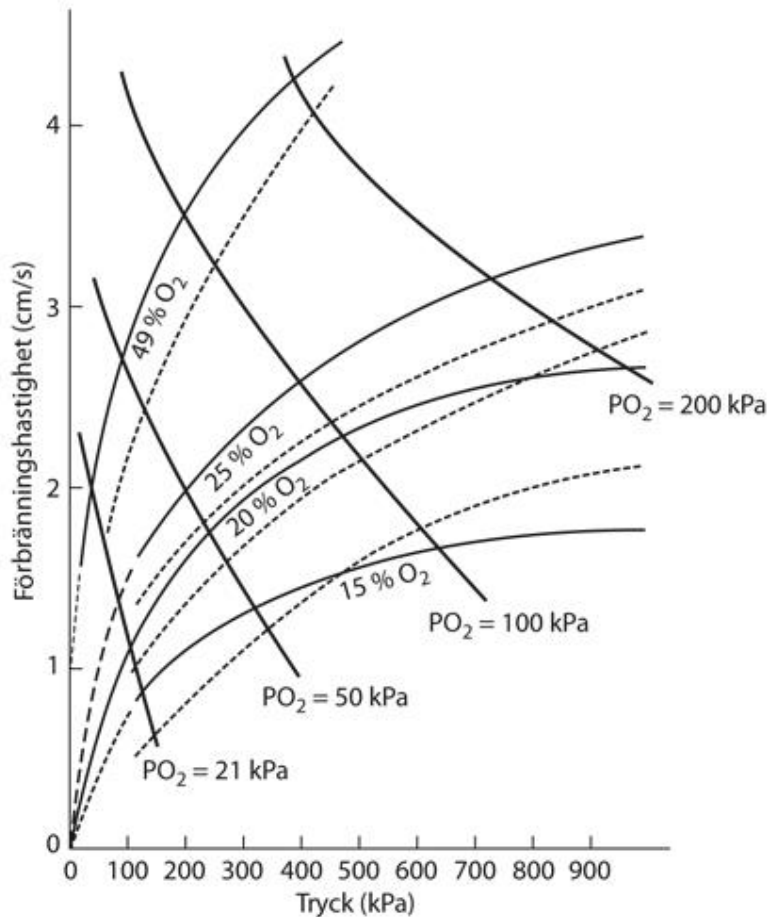
Vid friflödessystem
får blåsan inte
tömmas helt vid
inandning för att
garantera 100% O₂.



Demandmask ger 100%
oxygen om masken tätar
bra i ansiktet. OBS
näsvingar.



Tänk på brandrisken vid oxygenbehandling



- Även vid 1 atm ökar brandrisken om oxygenfraktionen (%) går upp.
- Sörj för god luftventilation.
- Minska risken att utandningsgasen ansamlas i bäddmaterial.
- Ha inga heta föremål (strålkaminer, avgasrör etc) i närheten.
- Använd endast oxygenkompatibel utrustning för högtrycks-oxygen och öppna alltid kranar långsamt för att undvika tryckshock i rörsystem.



Att fylla högtrycksoxygen är förenat med risker för brand.

- Använd endast godkänd utrustning. Rätt sorts material i rör, packningar och armatur.
- Minsta förorening i form av lösa grader, fett eller slagg i rörsystem kan vålla brand.
- Oxygenförråd skall förvaras i väl ventilerade lokaler. Helst torrt utomhus.
- Öppna ventiler varsamt. Kulventiler får inte förekomma i oxygensystem.
- Endast personer utbildade i gasöverfyllnad får hantera system för överfyllnad av oxygen.





Bild på garaget efter
oxygenbranden.
Förrådsflaskan med
200 bar oxygen
förvarades i garaget





Fotodetalj av oxygenflaskan som förvarades liggande under sängen i ett garage.





Detaljer som återfanns efter branden i samband med oxygenfyllning.

