



INAAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO



dBA 2022 RISCHI FISICI EMERGENTI NEI LUOGHI DI LAVORO

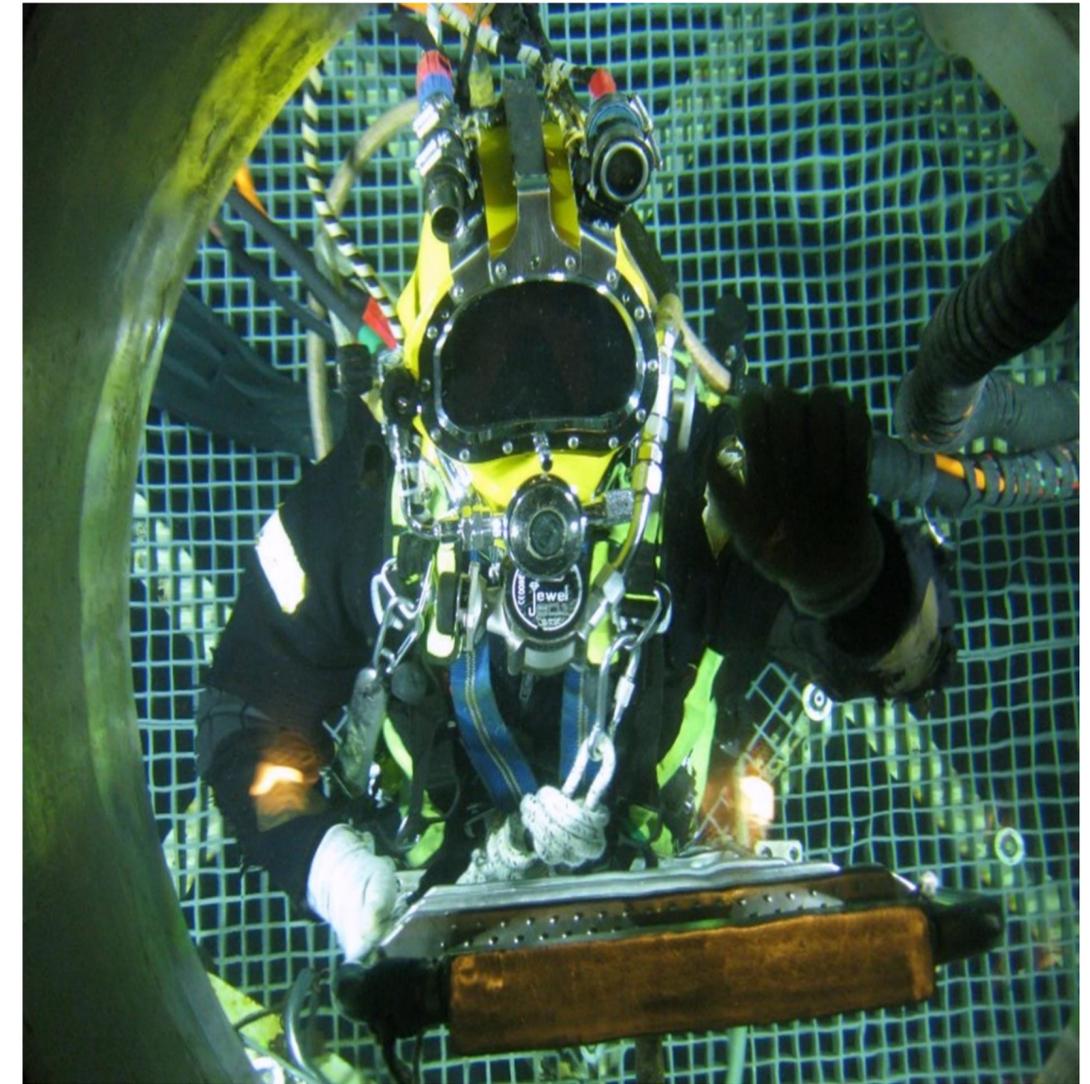
MD COSTANZO C.¹ M.D. MARCHETTI E.² MD VALENTE G.³

Centro Iperbarico Romano¹ Laboratorio Rischio Agenti Fisici, DIMEILA, INAIL² Centro Iperbarico Romano³

23 NOVEMBRE 2022 - dBA - BOLOGNA

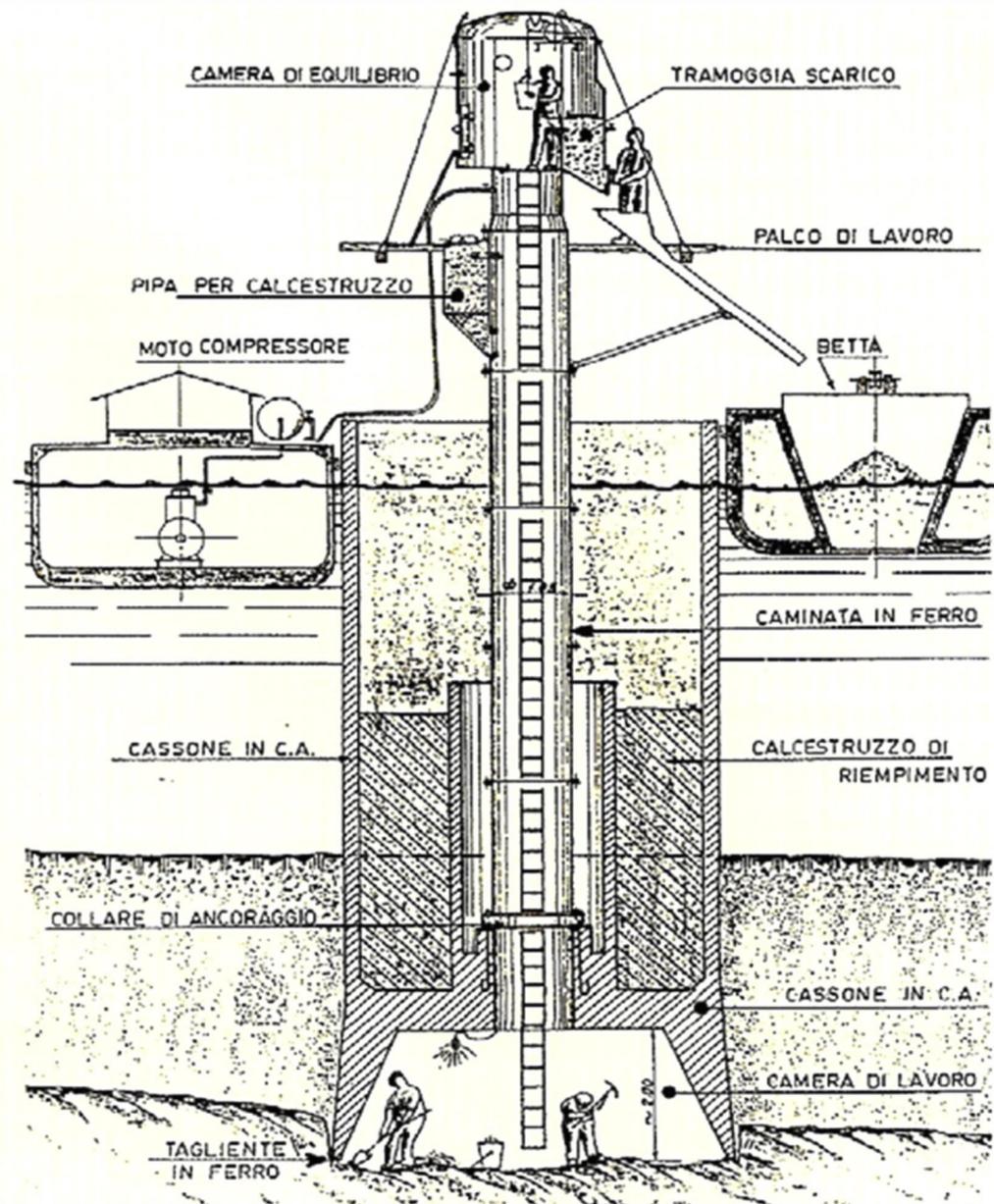
IPERBARISMO IN UMIDO

LAVORO IN ATMOSFERE IPERBARICHE



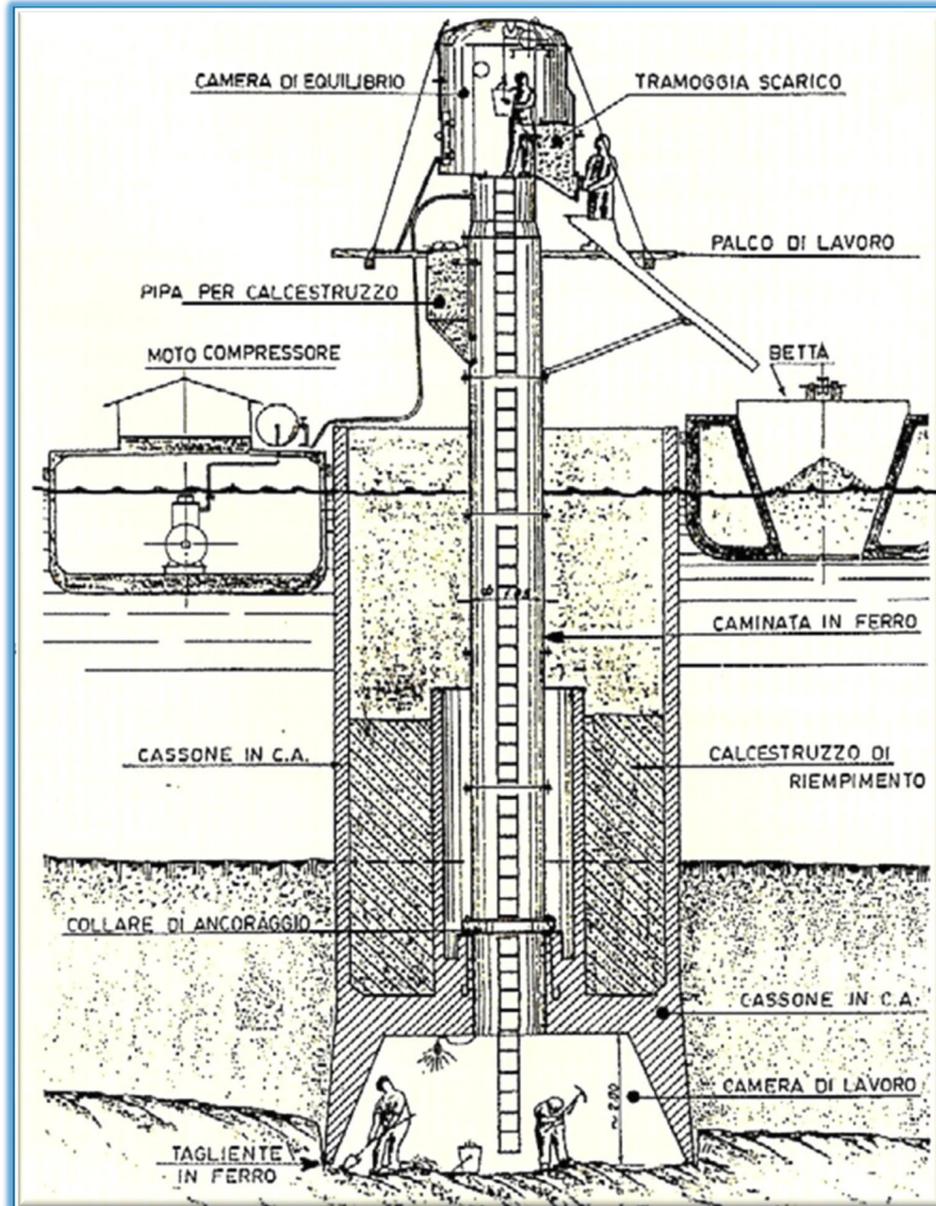
IPERBARISMO A SECCO

LAVORO IN ATMOSFERE IPERBARICHE



IPERBARISMO A SECCO

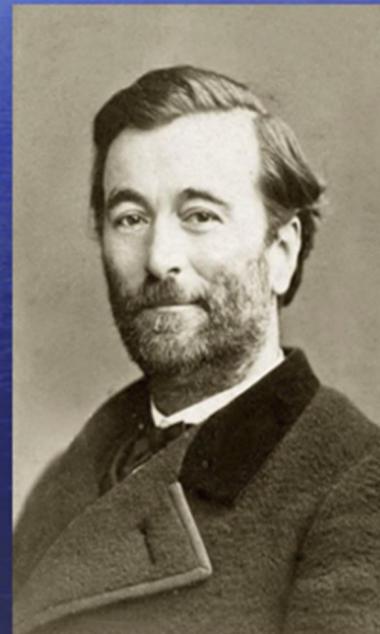
LAVORO IN ATMOSFERE IPERBARICHE



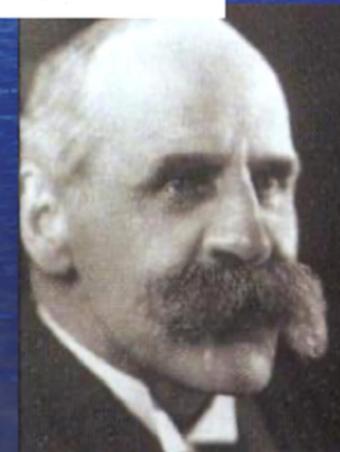
INTERESSI DELLA MEDICINA IPERBARICA

EVOLUZIONE DELLE TABELLE DI DECOMPRESSIONE ALGORITMI A CONFRONTO

Fu Paul Bert, nel 1878, ad intuire e a dimostrare che: Una eccessiva velocità della fase decompressiva provocava la formazione di bolle di azoto nei tessuti e nel sangue provocando i sintomi dei bends o mal de caisson



Haldane



442 *The Prevention of Compressed-air Illness*

APPENDIX IV.

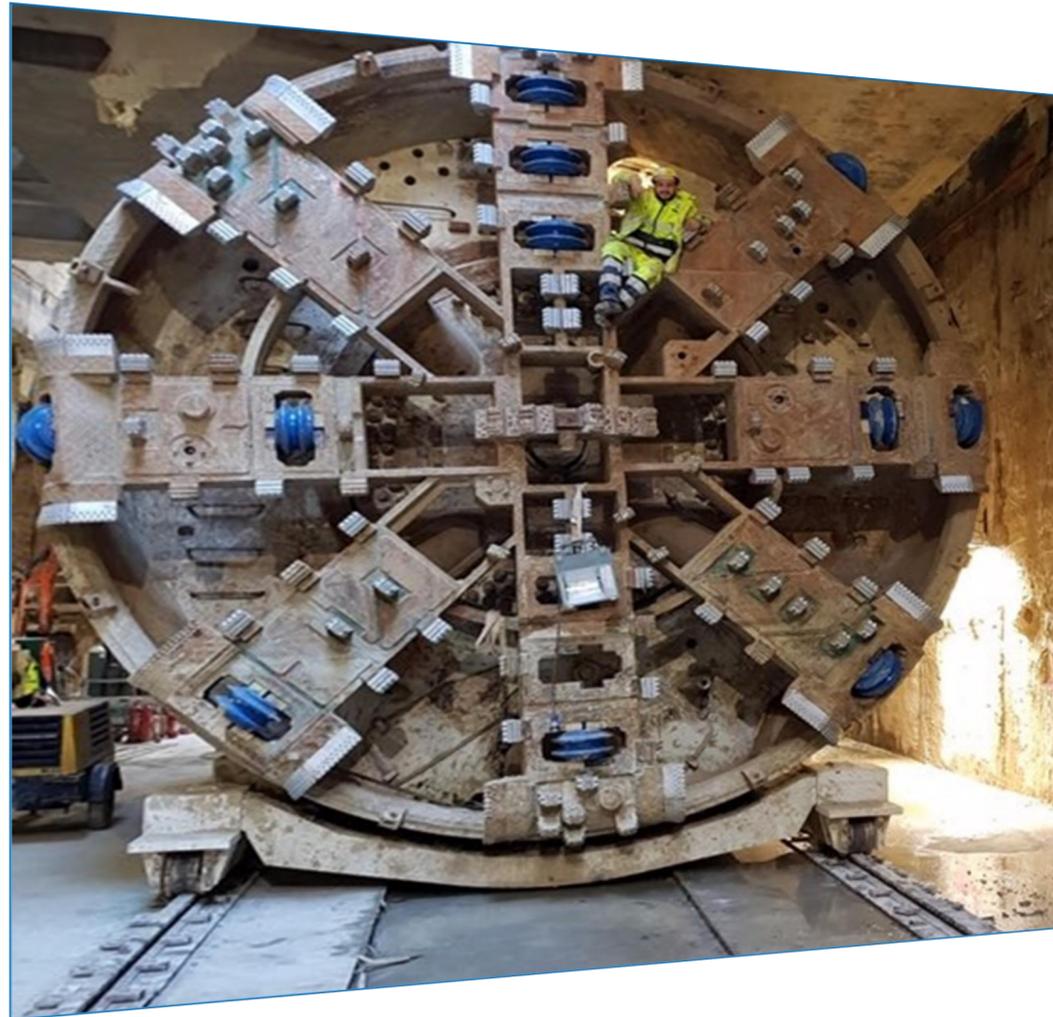
TABLE I.

Stoppages during the ascent of a diver after ordinary levels of time from surface.

Depth feet	Pressure atmospheres	Time to ascend	Time to stop	Stoppages in minutes at different depths*				Total time for ascent
				10 ft.	20 ft.	30 ft.	40 ft.	
0-10	0-1	0-15	No stop	0	0	0	0	0-15
10-20	1-2	10-15	Up to 1 hour	1	0	0	0	1-16
20-30	2-3	15-20	Up to 2 hours	2	0	0	0	2-17
30-40	3-4	20-25	Up to 3 hours	3	0	0	0	3-18
40-50	4-5	25-30	Up to 4 hours	4	0	0	0	4-19
50-60	5-6	30-35	Up to 5 hours	5	0	0	0	5-20
60-70	6-7	35-40	Up to 6 hours	6	0	0	0	6-21
70-80	7-8	40-45	Up to 7 hours	7	0	0	0	7-22
80-90	8-9	45-50	Up to 8 hours	8	0	0	0	8-23
90-100	9-10	50-55	Up to 9 hours	9	0	0	0	9-24
100-110	10-11	55-60	Up to 10 hours	10	0	0	0	10-25
110-120	11-12	60-65	Up to 11 hours	11	0	0	0	11-26
120-130	12-13	65-70	Up to 12 hours	12	0	0	0	12-27
130-140	13-14	70-75	Up to 13 hours	13	0	0	0	13-28
140-150	14-15	75-80	Up to 14 hours	14	0	0	0	14-29
150-160	15-16	80-85	Up to 15 hours	15	0	0	0	15-30
160-170	16-17	85-90	Up to 16 hours	16	0	0	0	16-31
170-180	17-18	90-95	Up to 17 hours	17	0	0	0	17-32
180-190	18-19	95-100	Up to 18 hours	18	0	0	0	18-33
190-200	19-20	100-105	Up to 19 hours	19	0	0	0	19-34
200-210	20-21	105-110	Up to 20 hours	20	0	0	0	20-35
210-220	21-22	110-115	Up to 21 hours	21	0	0	0	21-36
220-230	22-23	115-120	Up to 22 hours	22	0	0	0	22-37
230-240	23-24	120-125	Up to 23 hours	23	0	0	0	23-38
240-250	24-25	125-130	Up to 24 hours	24	0	0	0	24-39
250-260	25-26	130-135	Up to 25 hours	25	0	0	0	25-40
260-270	26-27	135-140	Up to 26 hours	26	0	0	0	26-41
270-280	27-28	140-145	Up to 27 hours	27	0	0	0	27-42
280-290	28-29	145-150	Up to 28 hours	28	0	0	0	28-43
290-300	29-30	150-155	Up to 29 hours	29	0	0	0	29-44
300-310	30-31	155-160	Up to 30 hours	30	0	0	0	30-45
310-320	31-32	160-165	Up to 31 hours	31	0	0	0	31-46
320-330	32-33	165-170	Up to 32 hours	32	0	0	0	32-47
330-340	33-34	170-175	Up to 33 hours	33	0	0	0	33-48
340-350	34-35	175-180	Up to 34 hours	34	0	0	0	34-49
350-360	35-36	180-185	Up to 35 hours	35	0	0	0	35-50
360-370	36-37	185-190	Up to 36 hours	36	0	0	0	36-51
370-380	37-38	190-195	Up to 37 hours	37	0	0	0	37-52
380-390	38-39	195-200	Up to 38 hours	38	0	0	0	38-53
390-400	39-40	200-205	Up to 39 hours	39	0	0	0	39-54
400-410	40-41	205-210	Up to 40 hours	40	0	0	0	40-55
410-420	41-42	210-215	Up to 41 hours	41	0	0	0	41-56
420-430	42-43	215-220	Up to 42 hours	42	0	0	0	42-57
430-440	43-44	220-225	Up to 43 hours	43	0	0	0	43-58
440-450	44-45	225-230	Up to 44 hours	44	0	0	0	44-59
450-460	45-46	230-235	Up to 45 hours	45	0	0	0	45-60
460-470	46-47	235-240	Up to 46 hours	46	0	0	0	46-61
470-480	47-48	240-245	Up to 47 hours	47	0	0	0	47-62
480-490	48-49	245-250	Up to 48 hours	48	0	0	0	48-63
490-500	49-50	250-255	Up to 49 hours	49	0	0	0	49-64
500-510	50-51	255-260	Up to 50 hours	50	0	0	0	50-65
510-520	51-52	260-265	Up to 51 hours	51	0	0	0	51-66
520-530	52-53	265-270	Up to 52 hours	52	0	0	0	52-67
530-540	53-54	270-275	Up to 53 hours	53	0	0	0	53-68
540-550	54-55	275-280	Up to 54 hours	54	0	0	0	54-69
550-560	55-56	280-285	Up to 55 hours	55	0	0	0	55-70
560-570	56-57	285-290	Up to 56 hours	56	0	0	0	56-71
570-580	57-58	290-295	Up to 57 hours	57	0	0	0	57-72
580-590	58-59	295-300	Up to 58 hours	58	0	0	0	58-73
590-600	59-60	300-305	Up to 59 hours	59	0	0	0	59-74
600-610	60-61	305-310	Up to 60 hours	60	0	0	0	60-75
610-620	61-62	310-315	Up to 61 hours	61	0	0	0	61-76
620-630	62-63	315-320	Up to 62 hours	62	0	0	0	62-77
630-640	63-64	320-325	Up to 63 hours	63	0	0	0	63-78
640-650	64-65	325-330	Up to 64 hours	64	0	0	0	64-79
650-660	65-66	330-335	Up to 65 hours	65	0	0	0	65-80
660-670	66-67	335-340	Up to 66 hours	66	0	0	0	66-81
670-680	67-68	340-345	Up to 67 hours	67	0	0	0	67-82
680-690	68-69	345-350	Up to 68 hours	68	0	0	0	68-83
690-700	69-70	350-355	Up to 69 hours	69	0	0	0	69-84
700-710	70-71	355-360	Up to 70 hours	70	0	0	0	70-85
710-720	71-72	360-365	Up to 71 hours	71	0	0	0	71-86
720-730	72-73	365-370	Up to 72 hours	72	0	0	0	72-87
730-740	73-74	370-375	Up to 73 hours	73	0	0	0	73-88
740-750	74-75	375-380	Up to 74 hours	74	0	0	0	74-89
750-760	75-76	380-385	Up to 75 hours	75	0	0	0	75-90
760-770	76-77	385-390	Up to 76 hours	76	0	0	0	76-91
770-780	77-78	390-395	Up to 77 hours	77	0	0	0	77-92
780-790	78-79	395-400	Up to 78 hours	78	0	0	0	78-93
790-800	79-80	400-405	Up to 79 hours	79	0	0	0	79-94
800-810	80-81	405-410	Up to 80 hours	80	0	0	0	80-95
810-820	81-82	410-415	Up to 81 hours	81	0	0	0	81-96
820-830	82-83	415-420	Up to 82 hours	82	0	0	0	82-97
830-840	83-84	420-425	Up to 83 hours	83	0	0	0	83-98
840-850	84-85	425-430	Up to 84 hours	84	0	0	0	84-99
850-860	85-86	430-435	Up to 85 hours	85	0	0	0	85-100
860-870	86-87	435-440	Up to 86 hours	86	0	0	0	86-101
870-880	87-88	440-445	Up to 87 hours	87	0	0	0	87-102
880-890	88-89	445-450	Up to 88 hours	88	0	0	0	88-103
890-900	89-90	450-455	Up to 89 hours	89	0	0	0	89-104
900-910	90-91	455-460	Up to 90 hours	90	0	0	0	90-105
910-920	91-92	460-465	Up to 91 hours	91	0	0	0	91-106
920-930	92-93	465-470	Up to 92 hours	92	0	0	0	92-107
930-940	93-94	470-475	Up to 93 hours	93	0	0	0	93-108
940-950	94-95	475-480	Up to 94 hours	94	0	0	0	94-109
950-960	95-96	480-485	Up to 95 hours	95	0	0	0	95-110
960-970	96-97	485-490	Up to 96 hours	96	0	0	0	96-111
970-980	97-98	490-495	Up to 97 hours	97	0	0	0	97-112
980-990	98-99	495-500	Up to 98 hours	98	0	0	0	98-113
990-1000	99-100	500-505	Up to 99 hours	99	0	0	0	99-114

* During each stoppage the diver should continue to move his arms and legs.

LAVORO IN ATMOSFERE IPERBARICHE



D.P.R. 20 Marzo 1956, n. 321

**Prevenzione degli infortuni e l'igiene
del lavoro nei cassoni ad aria compressa**

Campo di Applicazione

**Il presente decreto si applica ai lavori
eseguiti
mediante cassoni ad aria compressa**



D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81

**TESTO UNICO SULLA SALUTE
E SICUREZZA SUL LAVORO**

D.lgs. 81/08 s.m.i.



Lo scopo del D.lgs. 81/08 e s.m.i., o Testo Unico sulla sicurezza, è quello di regolare la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori sui luoghi di lavoro; esso è il risultato di un serie di norme in materia di sicurezza che si sono, di volta in volta, susseguite nel tempo.

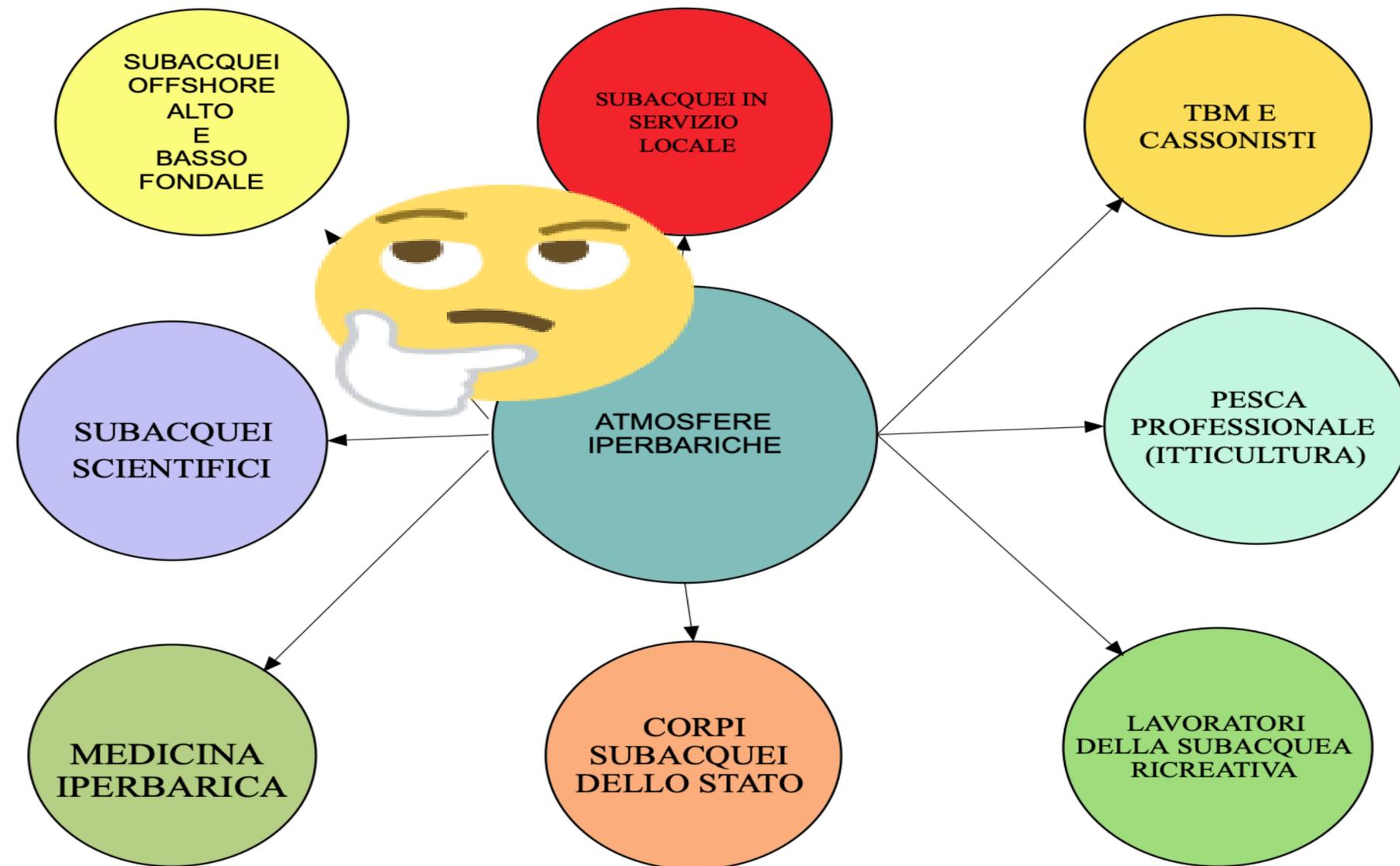
D.lgs. 81/08 s.m.i.

TITOLO VIII - AGENTI FISICI CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione



QUALI CATEGORIE DI LAVORATORI SONO SOTTOPOSTI AD ATMOSFERE IPERBARICHE?



IPERBARISMO IN UMIDO E A SECCO

Attività lavorativa



Subacquea al servizio dell'Industria
D.lgs 624/96, DPR 886/79, Norma UNI 11633

Subacquei in servizio locale (di porto)
Decreto Ministeriale 13/01/ 79, 31/03/81 e 02/02/82

Lavoratori per scavo meccanizzato TBM
DPR 321/56, Dlg. 81/08 e s.m.i.

Attività ricreativa



Decreto Balduzzi

CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

- ☐ L'attività subacquea non ha una tipologia di lavoro che può essere identificata o assimilata ad altra attività lavorativa.**
- ☐ É Sui generis in quanto, a prescindere di cosa si va a fare sott'acqua (lavoro, foto, video, perlustrazione, divertimento, ect.) il pericolo è intrinseco nei cambiamenti fisiologici che l'organismo ha all'aumentare della pressione atmosferica; quindi, non potendo escludere quest'ultimi, bisogna evitare o ridurre la somma di ulteriori rischi tali da mettere in pericolo la salute del lavoratore.**

CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

I criteri per la Valutazione del rischio si possono dividere in:

- Rischi Intrinseci dovuti all'aumento delle Atmosfere Iperbariche**
- Rischi Estrinseci dovuti all'ambiente di lavoro**

CRITERI PER LA STIMA DEL RISCHIO

Indice di Valutazione

Per la definizione e quantificazione del rischio possiamo utilizzare la funzione:

$$R = P \times G$$

R gravità del danno del Rischio

P probabilità che l'evento può accadere

G gravità dell'evento indesiderato.

Le fasi generali del rischio sono:

1. Definire i pericoli
2. Individuare i rischi significativi attraverso:
 - Calcolo della gravità del danno (**G**)
 - Calcolo della probabilità di accadimento (**P**)
3. Definizione e gestione del piano delle misure per il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza e verifica dello stato di attuazione.

CRITERI PER LA STIMA DEL RISCHIO

		Trascurabile	Lieve	Moderata	Seria	Molto seria
Gravità →						
Probabilità ↓		1	2	3	4	5
Estremamente improbabile	1	1 BASSO	2 BASSO	3 BASSO	4 BASSO	5 MEDIO
Improbabile	2	2 BASSO	4 BASSO	6 MEDIO	8 MEDIO	10 MEDIO
Possibile	3	3 BASSO	6 MEDIO	9 MEDIO	12 MEDIO	15 ALTO
Probabile	4	4 BASSO	8 MEDIO	12 MEDIO	16 ALTO	20 ALTO
Altamente probabile	5	5 MEDIO	10 MEDIO	15 ALTO	20 ALTO	25 ALTO

INTERESSI DELLA MEDICINA IPERBARICA

La Medicina Iperbarica si interessa di tutte le figure professionali nel campo:



- 1. Idoneità medica**
- 2. Scelta della miscela respiratoria**
- 3. Scelta della tabella di decompressione e delle relative procedure**
- 4. Adeguatezza della preparazione degli operatori alle tecniche scelte**
- 5. Aspetti tecnologici (attrezzature previste per l'immersione)**
- 6. Altri fattori di rischio concorrenti (rischi fisici, chimici, biologici)**
- 7. MEDEVAC**

IDONEITÀ MEDICA

Idoneità Medica per i Subacquei Professionisti:

Attualmente è utilizzata la scheda medica pubblicata sul D.M. del 1979

che essendo ormai datata alcune Capitanerie di Porto hanno aggiunto ulteriori esami sia ematochimici che strumentali.

Idoneità medica per i Lavoratori degli scavi meccanizzati (TBM):

Attualmente si utilizza il D.P.R 321/56, ma non essendoci una scheda specificata

si utilizza la scheda del 1979 per i subacquei in servizio locale integrata con altri esami.

PORTALE AGENTI FISICI

- A tal riguardo l'INAIL ha istituito una commissione di specialisti del settore che hanno sviluppato delle FAQ che saranno pubblicate a breve sul Portale Agenti Fisici (PAF), in queste FAQ è inserita anche una scheda medica da poter visionare**

SCELTA DELLA MISCELA RESPIRATORIA

É scelta in base alla profondità di lavoro (ATA):

- Miscela Azoto-Ossigeno (aria)**
- Miscela Elio-Ossigeno (Eliox)**
- Miscela Elio-Azoto-Ossigeno (Trimix)**
- Miscela Iperossigenate (Nitrox)**

DISTRIBUZIONE DELLA MISCELA RESPIRATORIA

- Bombole a circuito aperto**
- Sistema Rebreather a circuito chiuso**
- Sistema Ombelicale dalla superficie**

SCELTA DELLA TABELLA DI DECOMPRESSIONE

- Dipende dalla profondità e dal tempo di lavoro, per eliminare il gas inerte che si è accumulato nell'organismo durante la permanenza di lavoro**
 - Tabelle ad Aria**
 - Tabelle Elio-Ossigeno**
 - Tabelle con decompressione ad ossigeno**

ASPETTI TECNOLOGICI: ATTREZZATURE PER L'IMMERSIONE

Dispositivi di Protezione individuale (DPI):

- Muta Umida**
- Muta stagna**
- Muta umida riscaldata**
- Erogatori**
- Caschi**
- Giubbotto ad Assetto Variabile**

ALTRI FATTORI DI RISCHIO CONCORRENTI

Rischi da cause Chimiche

- Miscele arricchite da ossigeno: Iperossie**
- Intossicazione da Biossido di Carbonio (CO₂)**
- Intossicazione da Monossido di Carbonio**
- Narcosi d'Azoto**

ALTRI FATTORI DI RISCHIO CONCORRENTI

Rischi da cause Meccaniche

- Barotraumi (orecchio, seni paranasali, denti, colpo di ventosa della maschera, schiacciamento della muta)**
- Sovradistensione polmonare ed embolia gassosa arteriosa (EGA)**
- Sovradistensione gastrointestinale**
- Vertigine alternobarica**

ALTRI FATTORI DI RISCHIO CONCORRENTI

Rischi da cause Fisiche

- Ipotermia e ipertermia**
- Patologia da Decompressione (PDD)**

ALTRI FATTORI DI RISCHIO CONCORRENTI

Rischi da cause Ambientali

- Traumi (contusioni e ferite)**
- Infortunio per caduta**
- Annegamento**
- Lesioni da sostanze urticanti ed avvelenamento da organismi marini**
- Movimentazione manuale di carichi**

INQUINANTI

- ❑ Quando si lavora a fianco di una piattaforma in perforazione il fango del fondo può contenere idrocarburi o altre sostanze inquinanti che possono contaminare l'atmosfera della campana una volta rientrato il sommozzatore.
- ❑ Per il controllo degli inquinanti nei gas, si usano delle fialette Drager che sfruttano la reazione chimica che si verifica in presenza di Oli, Idrocarburi, Monossido di carbonio, Anidride carbonica, Vapore acqueo.

INQUINANTI

Lavori per lo scavo con TBM

INQUINANTI PRESENTI NELLE ATTIVITA' DI SCAVO						
Inquinante	Pericolosità principale	Possibile sorgente				
		Presente in aria	Materiale scavato	Acquifero	Uso esplosivo	Combustione motori
Azoto N₂	Asfissiante	Si	No	No	No	No
Anidride carbonica	Asfissiante	Si	Si	Si	Si	Si
Metano CH₄	Esplosivo	No	Si	Si	Si	Si
Etano C₂H₆	Esplosivo	No	Si	No	No	Si
Propano C₃H₈	Esplosivo	No	Si	Si	No	Si
Butano C₄H₁₀	Esplosivo	No	Si	Si	No	Si
Idrogeno H₂	Esplosivo	No	Si	No	Si	No
Acido solfidrico H₂S	Tossico	No	Si	Si	No	No
Monossido di carbonio CO	Tossico	No	Si	Si	Si	Si
Anidride solforosa SO₂	Tossico	No	No	No	Si	Si
Diossido di azoto NO₂	Tossico	No	No	No	No	Si
Monossido di azoto NO	Tossico	No	No	No	No	Si
Aldeidi e formaldeidi	Tossico	No	No	No	No	Si
Radon Rn	Cancerogeno	No	Si	Si	No	No
Amianto	Cancerogeno	No	Si	No	No	No
Silice cristallina SiO₂	Possibile Cancerogeno	No	Si	No	No	No
Minerali radioattivi	Cancerogeno	No	Si	No	No	No

CONCLUSIONE

- ❑ **Il Lavoro in atmosfere Iperbariche non si identifica in una sola categoria di Lavoratori**
- ❑ **Possiamo dividerli in due macroaree:**
 - ❑ **A Secco: Lavoratori TBM**
Personale Sanitario
 - ❑ **In Umido: Sommozzatori Professionisti**
Personale Ricerca Scientifico
Istruttori e Guide Subacquee

CONCLUSIONE

SORVEGLIANZA SANITARIA

La sorveglianza sanitaria degli esposti ad Atmosfere Iperbariche compete al Medico Competente (MC) ed al Medico Iperbarico (MI):

- ☐ La figura del MC è definita dal D.Lgs. 81/08 quale titolare della sorveglianza sanitaria dei lavoratori.**
- ☐ La figura del MI è rappresentata dal Medico specialista in Medicina del Nuoto e delle Attività Subacquee o dal Medico diplomato da Master universitario di II livello in Medicina Subacquea ed Iperbarica. È introdotta nell'apparato legislativo italiano dalla norma UNI 11366 del 2010 (in corso di revisione)**



THANKS!