



INAAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO



dBA 2022 RISCHI FISICI EMERGENTI NEI LUOGHI DI LAVORO



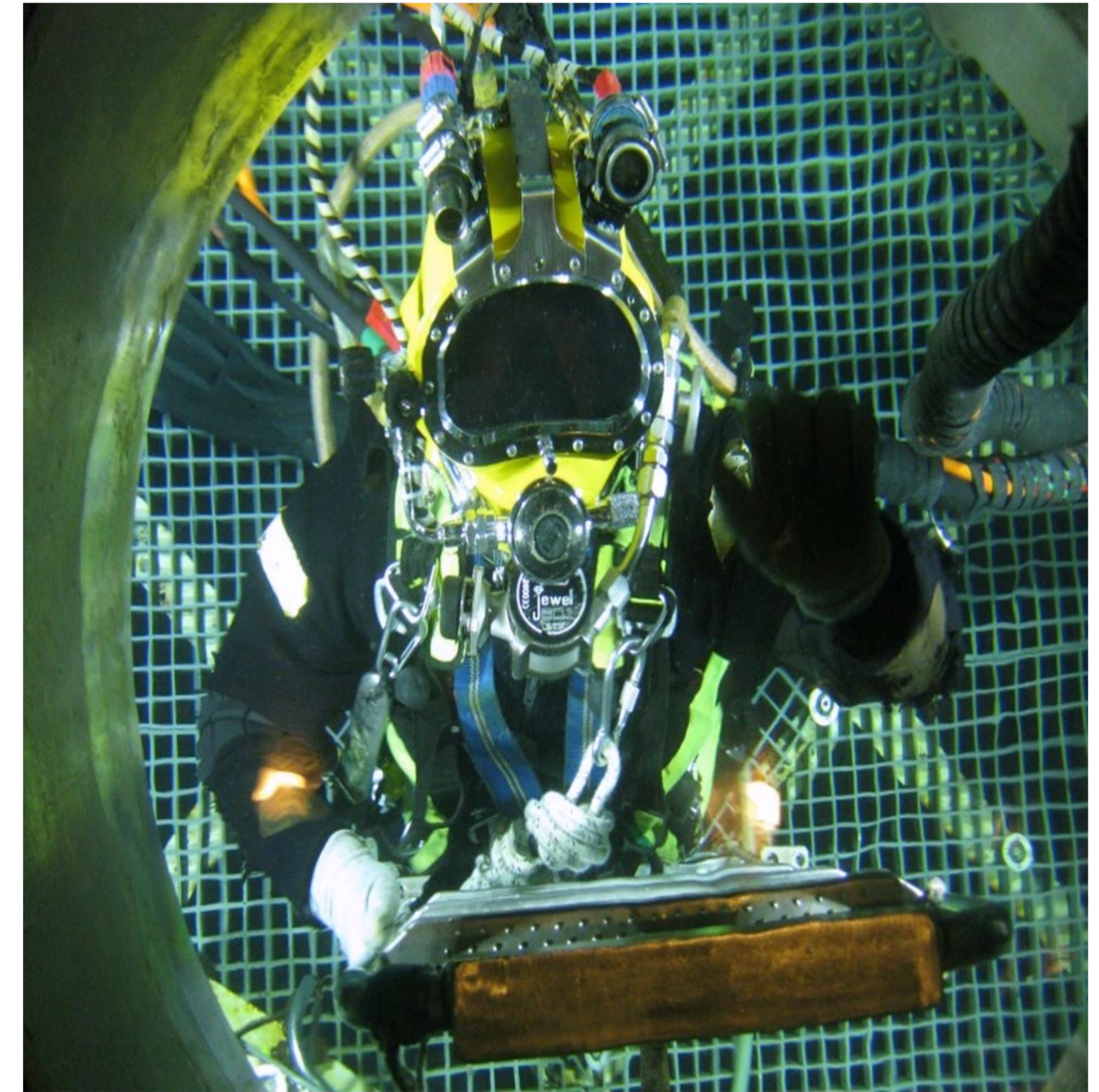
MD COSTANZO C.¹ M.D. MARCHETTI E.² MD VALENTE G.³

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

23 NOVEMBRE 2022 - dBA - BOLOGNA

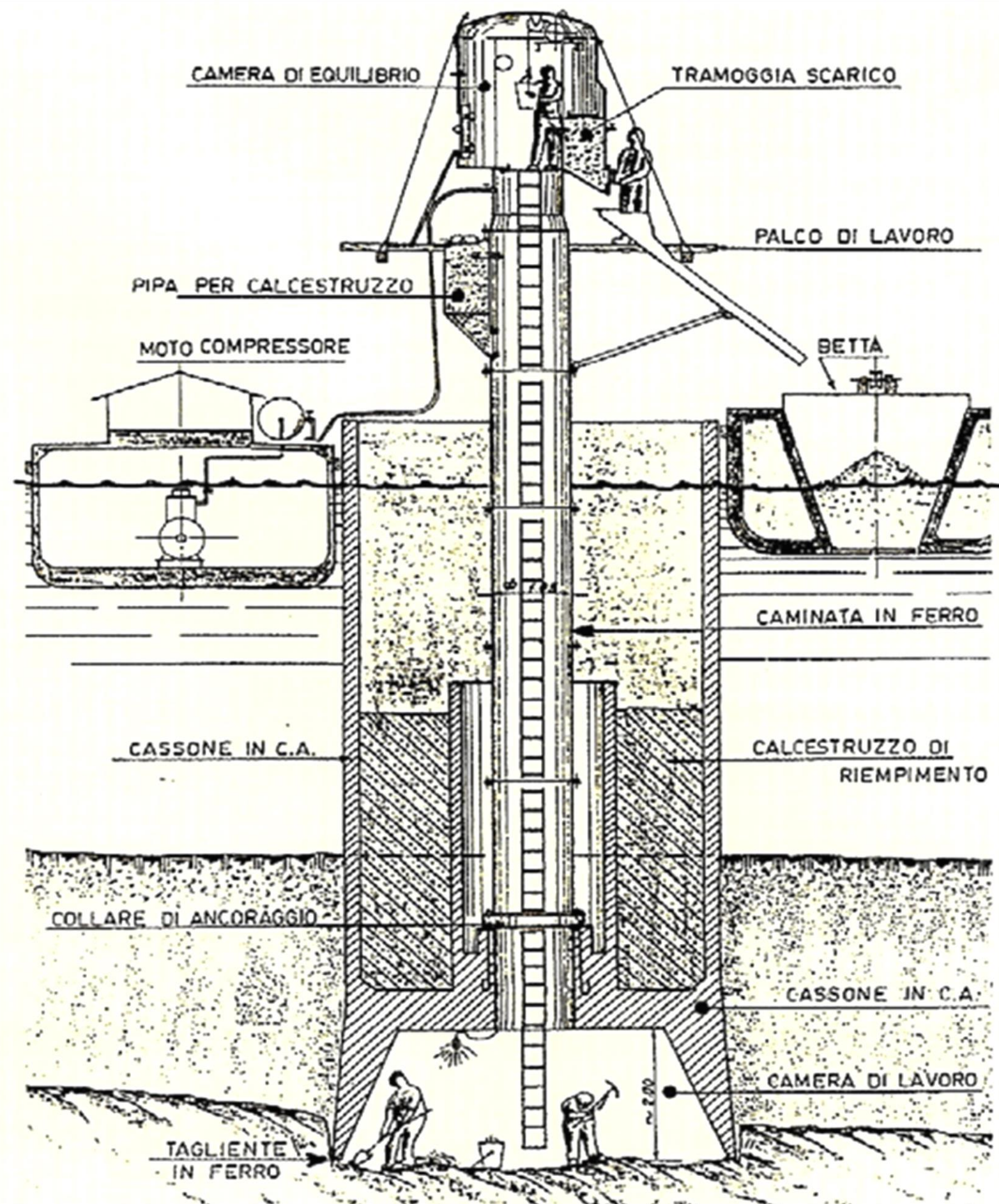
IPERBARISMO IN UMIDO

LAVORO IN ATMOSFERE IPERBARICHE



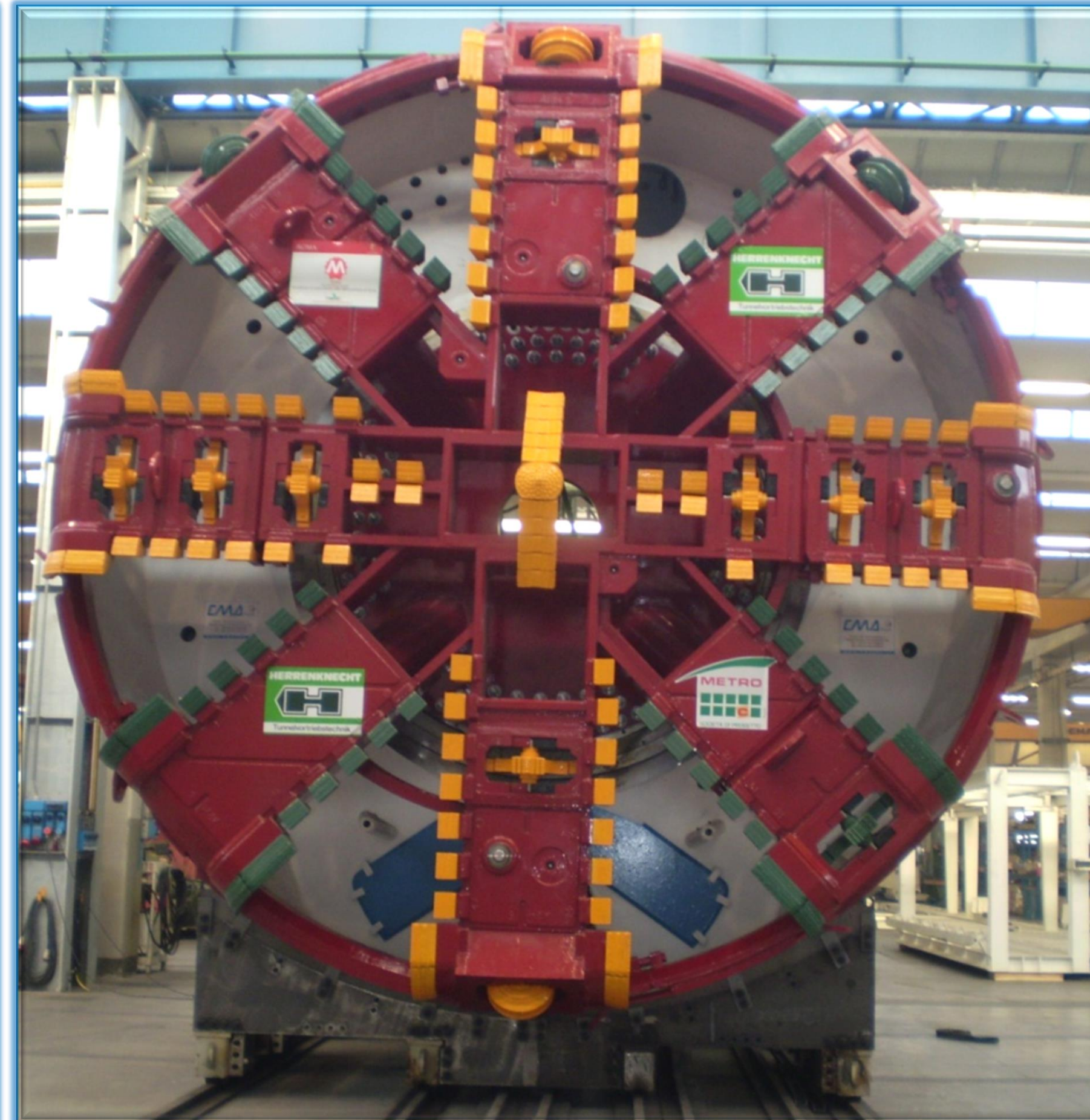
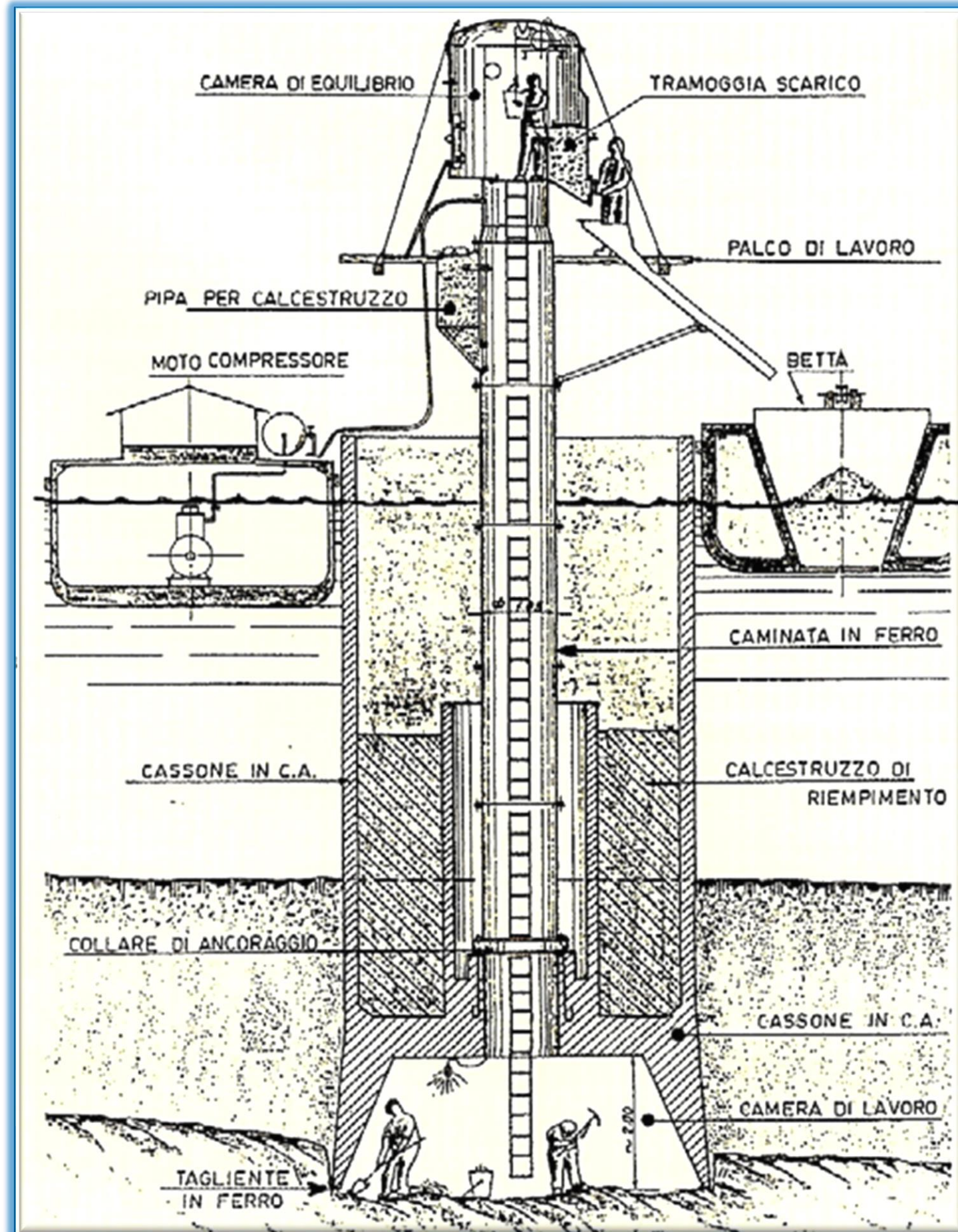
IPERBARISMO A SECCO

LAVORO IN ATMOSFERE IPERBARICHE



IPERBARISMO A SECCO

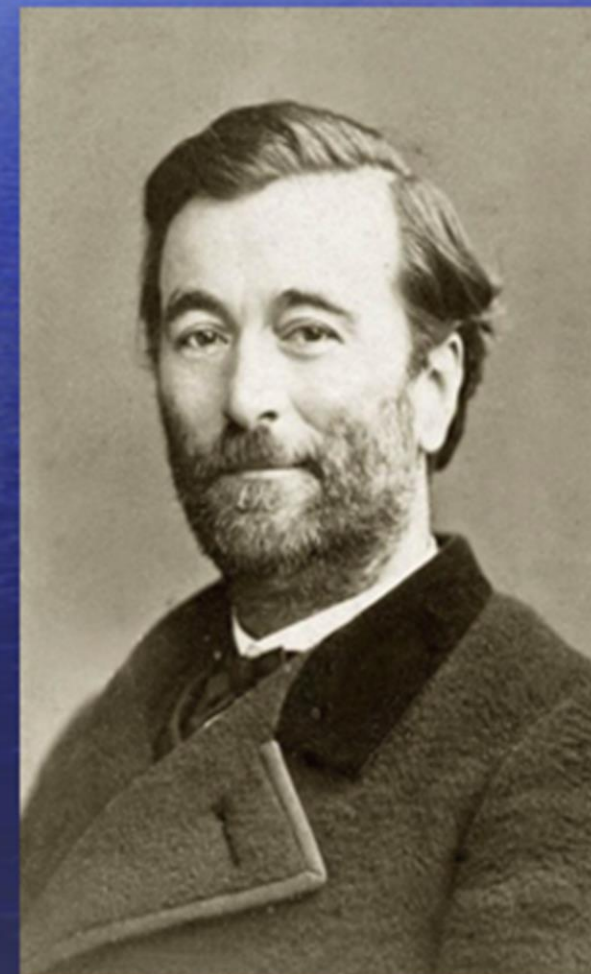
LAVORO IN ATMOSFERE IPERBARICHE



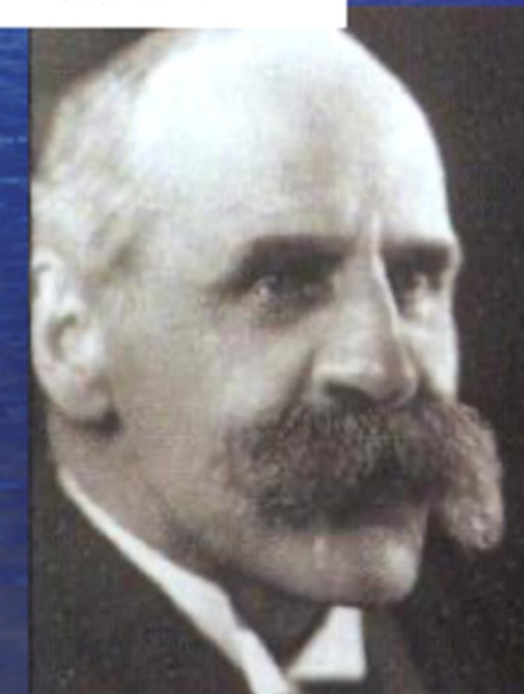
INTERESSI DELLA MEDICINA IPERBARICA

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.

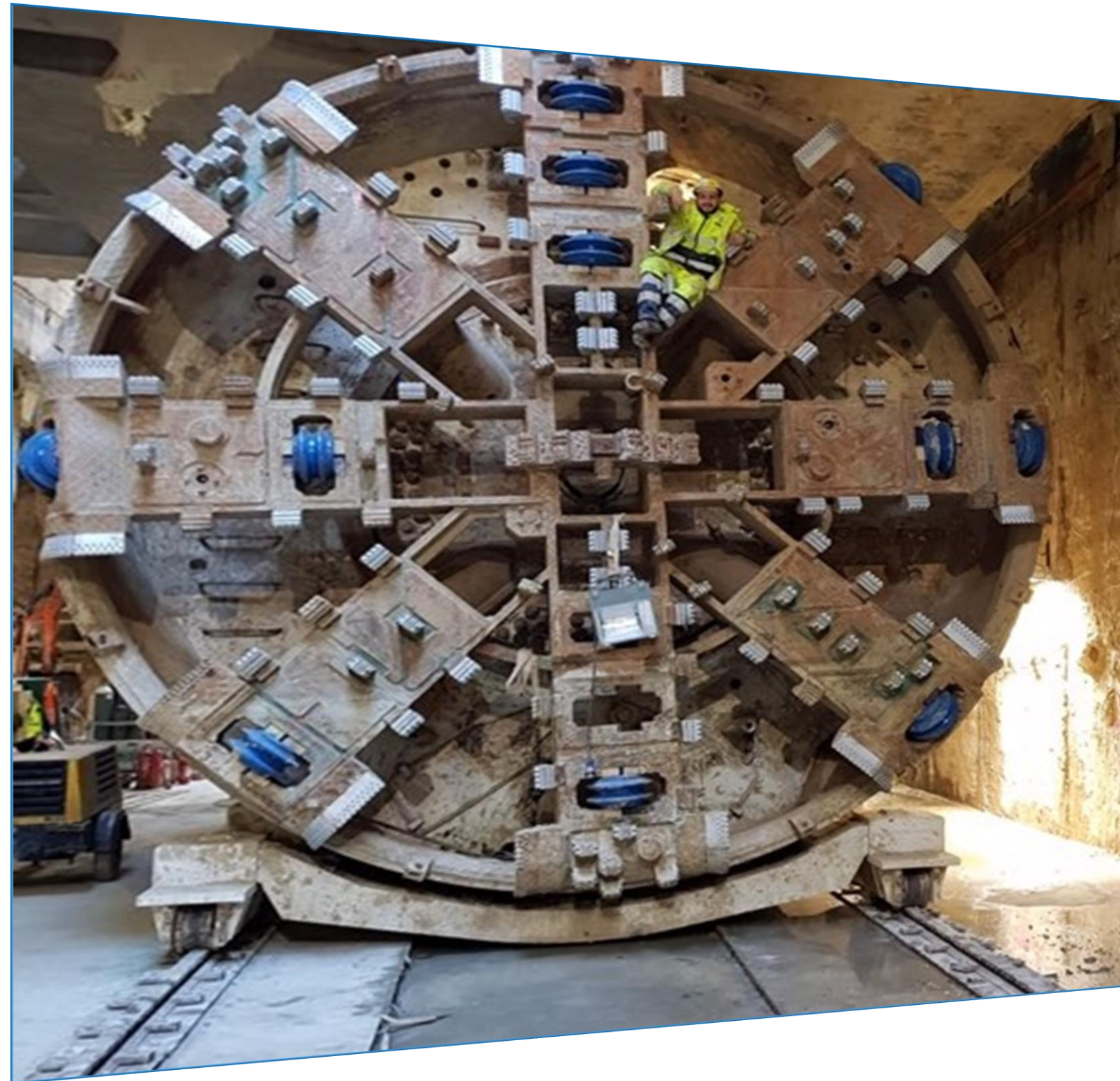
TABLE I.

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

Depth feet	Pressure atmospheres	Time at depth	Ascent rate	Stoppages in minutes at different depths*				Total time for ascent
				10'	20'	30'	40'	
0-10	0-1	0-10	No limit	0	0	0	0	0-1
10-20	1-2	10-20	Up to 1 hour	1	0	0	0	1-1
20-30	2-3	20-30	Up to 1 hour	1	1	0	0	2-2
30-40	3-4	30-40	Up to 1 hour	1	1	1	0	3-3
40-50	4-5	40-50	Up to 1 hour	1	1	1	1	4-4
50-60	5-6	50-60	Up to 1 hour	1	1	1	1	5-5
60-70	6-7	60-70	Up to 1 hour	1	1	1	1	6-6
70-80	7-8	70-80	Up to 1 hour	1	1	1	1	7-7
80-90	8-9	80-90	Up to 1 hour	1	1	1	1	8-8
90-100	9-10	90-100	Up to 1 hour	1	1	1	1	9-9
100-110	10-11	100-110	Up to 1 hour	1	1	1	1	10-10
110-120	11-12	110-120	Up to 1 hour	1	1	1	1	11-11
120-130	12-13	120-130	Up to 1 hour	1	1	1	1	12-12
130-140	13-14	130-140	Up to 1 hour	1	1	1	1	13-13
140-150	14-15	140-150	Up to 1 hour	1	1	1	1	14-14
150-160	15-16	150-160	Up to 1 hour	1	1	1	1	15-15
160-170	16-17	160-170	Up to 1 hour	1	1	1	1	16-16
170-180	17-18	170-180	Up to 1 hour	1	1	1	1	17-17
180-190	18-19	180-190	Up to 1 hour	1	1	1	1	18-18
190-200	19-20	190-200	Up to 1 hour	1	1	1	1	19-19
200-210	20-21	200-210	Up to 1 hour	1	1	1	1	20-20
210-220	21-22	210-220	Up to 1 hour	1	1	1	1	21-21
220-230	22-23	220-230	Up to 1 hour	1	1	1	1	22-22
230-240	23-24	230-240	Up to 1 hour	1	1	1	1	23-23
240-250	24-25	240-250	Up to 1 hour	1	1	1	1	24-24
250-260	25-26	250-260	Up to 1 hour	1	1	1	1	25-25
260-270	26-27	260-270	Up to 1 hour	1	1	1	1	26-26
270-280	27-28	270-280	Up to 1 hour	1	1	1	1	27-27
280-290	28-29	280-290	Up to 1 hour	1	1	1	1	28-28
290-300	29-30	290-300	Up to 1 hour	1	1	1	1	29-29
300-310	30-31	300-310	Up to 1 hour	1	1	1	1	30-30
310-320	31-32	310-320	Up to 1 hour	1	1	1	1	31-31
320-330	32-33	320-330	Up to 1 hour	1	1	1	1	32-32
330-340	33-34	330-340	Up to 1 hour	1	1	1	1	33-33
340-350	34-35	340-350	Up to 1 hour	1	1	1	1	34-34
350-360	35-36	350-360	Up to 1 hour	1	1	1	1	35-35
360-370	36-37	360-370	Up to 1 hour	1	1	1	1	36-36
370-380	37-38	370-380	Up to 1 hour	1	1	1	1	37-37
380-390	38-39	380-390	Up to 1 hour	1	1	1	1	38-38
390-400	39-40	390-400	Up to 1 hour	1	1	1	1	39-39
400-410	40-41	400-410	Up to 1 hour	1	1	1	1	40-40
410-420	41-42	410-420	Up to 1 hour	1	1	1	1	41-41
420-430	42-43	420-430	Up to 1 hour	1	1	1	1	42-42
430-440	43-44	430-440	Up to 1 hour	1	1	1	1	43-43
440-450	44-45	440-450	Up to 1 hour	1	1	1	1	44-44
450-460	45-46	450-460	Up to 1 hour	1	1	1	1	45-45
460-470	46-47	460-470	Up to 1 hour	1	1	1	1	46-46
470-480	47-48	470-480	Up to 1 hour	1	1	1	1	47-47
480-490	48-49	480-490	Up to 1 hour	1	1	1	1	48-48
490-500	49-50	490-500	Up to 1 hour	1	1	1	1	49-49
500-510	50-51	500-510	Up to 1 hour	1	1	1	1	50-50
510-520	51-52	510-520	Up to 1 hour	1	1	1	1	51-51
520-530	52-53	520-530	Up to 1 hour	1	1	1	1	52-52
530-540	53-54	530-540	Up to 1 hour	1	1	1	1	53-53
540-550	54-55	540-550	Up to 1 hour	1	1	1	1	54-54
550-560	55-56	550-560	Up to 1 hour	1	1	1	1	55-55
560-570	56-57	560-570	Up to 1 hour	1	1	1	1	56-56
570-580	57-58	570-580	Up to 1 hour	1	1	1	1	57-57
580-590	58-59	580-590	Up to 1 hour	1	1	1	1	58-58
590-600	59-60	590-600	Up to 1 hour	1	1	1	1	59-59
600-610	60-61	600-610	Up to 1 hour	1	1	1	1	60-60
610-620	61-62	610-620	Up to 1 hour	1	1	1	1	61-61
620-630	62-63	620-630	Up to 1 hour	1	1	1	1	62-62
630-640	63-64	630-640	Up to 1 hour	1	1	1	1	63-63
640-650	64-65	640-650	Up to 1 hour	1	1	1	1	64-64
650-660	65-66	650-660	Up to 1 hour	1	1	1	1	65-65
660-670	66-67	660-670	Up to 1 hour	1	1	1	1	66-66
670-680	67-68	670-680	Up to 1 hour	1	1	1	1	67-67
680-690	68-69	680-690	Up to 1 hour	1	1	1	1	68-68
690-700	69-70	690-700	Up to 1 hour	1	1	1	1	69-69
700-710	70-71	700-710	Up to 1 hour	1	1	1	1	70-70
710-720	71-72	710-720	Up to 1 hour	1	1	1	1	71-71
720-730	72-73	720-730	Up to 1 hour	1	1	1	1	72-72
730-740	73-74	730-740	Up to 1 hour	1	1	1	1	73-73
740-750	74-75	740-750	Up to 1 hour	1	1	1	1	74-74
750-760	75-76	750-760	Up to 1 hour	1	1	1	1	75-75
760-770	76-77	760-770	Up to 1 hour	1	1	1	1	76-76
770-780	77-78	770-780	Up to 1 hour	1	1	1	1	77-77
780-790	78-79	780-790	Up to 1 hour	1	1	1	1	78-78
790-800	79-80	790-800	Up to 1 hour	1	1	1	1	79-79
800-810	80-81	800-810	Up to 1 hour	1	1	1	1	80-80
810-820	81-82	810-820	Up to 1 hour	1	1	1	1	81-81
820-830	82-83	820-830	Up to 1 hour	1	1	1	1	82-82
830-840	83-84	830-840	Up to 1 hour	1	1	1	1	83-83
840-850	84-85	840-850	Up to 1 hour	1	1	1	1	84-84
850-860	85-86	850-860	Up to 1 hour	1	1	1	1	85-85
860-870	86-87	860-870	Up to 1 hour	1	1	1	1	86-86
870-880	87-88	870-880	Up to 1 hour	1	1	1	1	87-87
880-890	88-89	880-890	Up to 1 hour	1	1	1	1	88-88
890-900	89-90	890-900	Up to 1 hour	1	1	1	1	89-89
900-910	90-91	900-910	Up to 1 hour	1	1	1	1	90-90
910-920	91-92	910-920	Up to 1 hour	1	1	1	1	91-91
920-930	92-93	920-930	Up to 1 hour	1	1	1	1	92-92
930-940	93-94	930-940	Up to 1 hour	1	1	1	1	93-93
940-950	94-95	940-950	Up to 1 hour	1	1	1	1	94-94
950-960	95-96	950-960	Up to 1 hour	1	1	1	1	95-95
960-970	96-97	960-970	Up to 1 hour	1	1	1	1	96-96
970-980	97-98	970-980	Up to 1 hour	1	1	1	1	97-97
980-990	98-99	980-990	Up to 1 hour	1	1	1	1	98-98
990-1000	99-100	990-1000	Up to 1 hour	1	1	1	1	99-99

* 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.

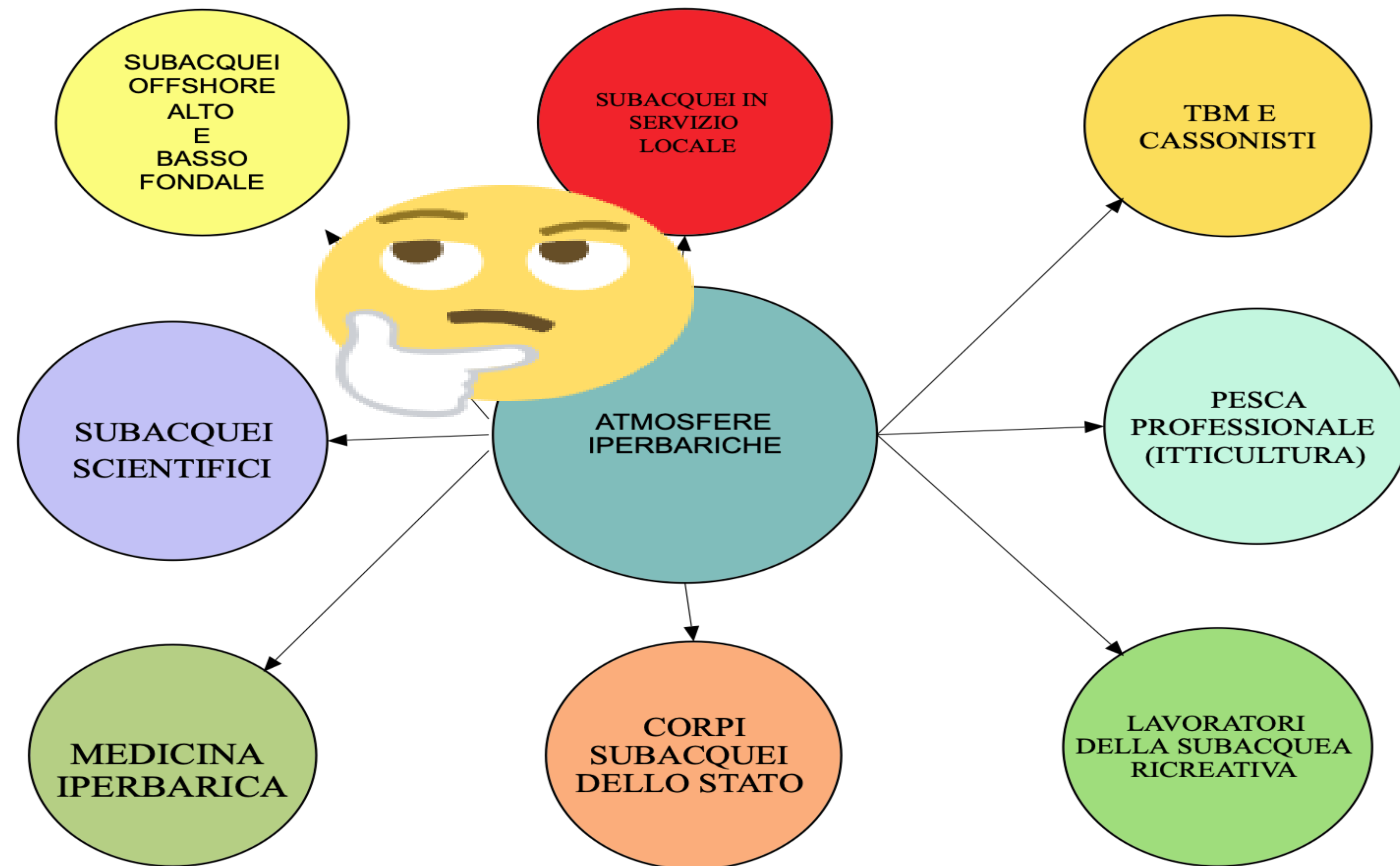
D.lgs. 81/08 s.m.i.

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!