



INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO



**ATMOSFERE IPERBARICHE:
INDICAZIONI SULLA VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO**



MD COSTANZO C. * MD VALENTE G.**

*** Responsabile Iperbarico HWS**

**** Responsabile Medico CIR**

07 FEBBRAIO 2023 - Polo Formativo SAFE

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

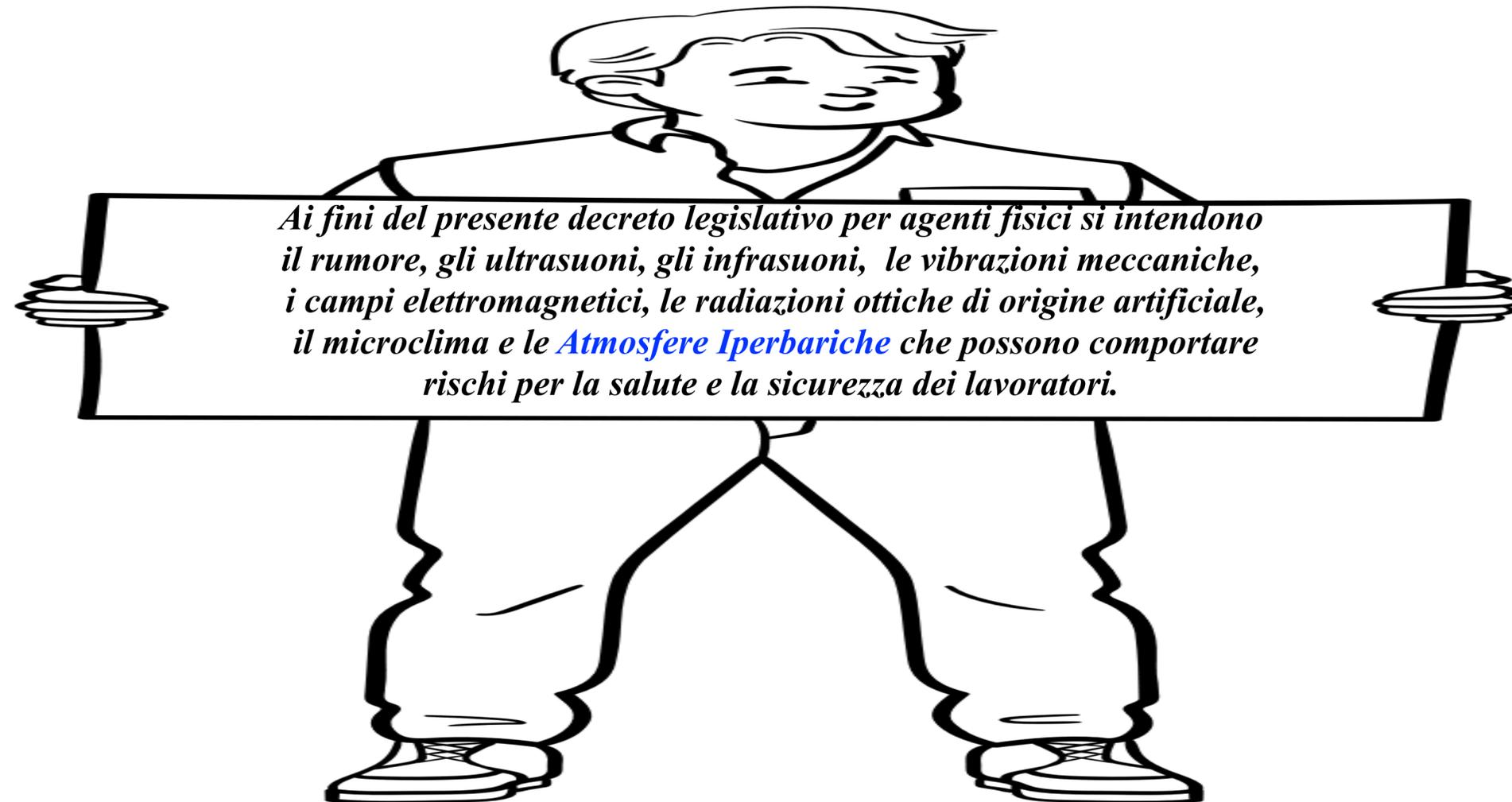


Lo scopo del D.lgs. 81/08 e s.m.i., o Testo Unico sulla sicurezza, è quello di regolare la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori sui luoghi di lavoro; esso è il risultato di un serie di norme in materia di sicurezza che si sono, di volta in volta, susseguite nel tempo.

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

TITOLO VIII - AGENTI FISICI CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

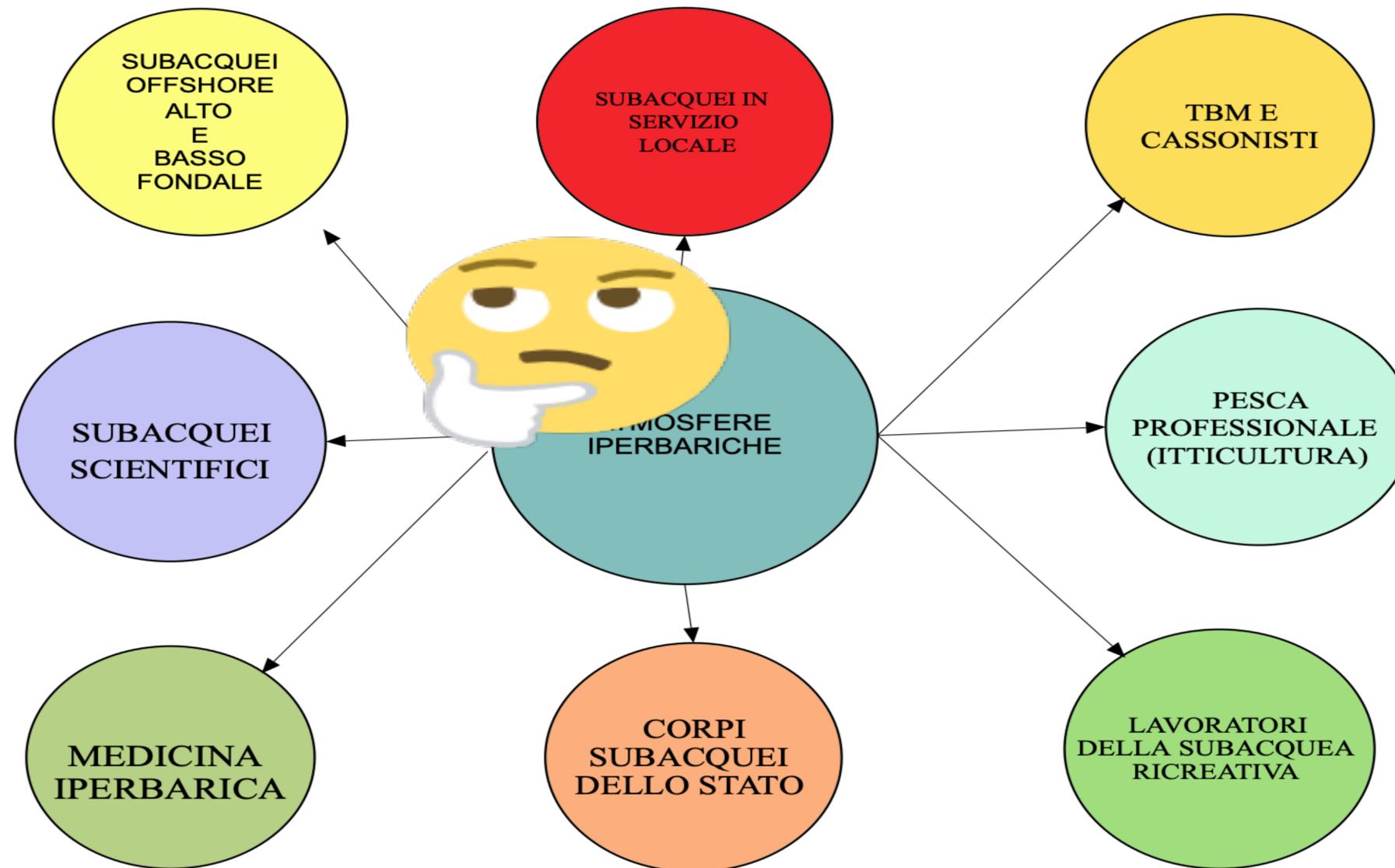
Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione



VALUTAZIONE DEL RISCHIO «VDR»

Il "VDR" è l'insieme di tutti i fattori di rischio che vengono presi in considerazione per elaborare una "stima del rischio" per garantire la sicurezza e la salute del personale e di intraprendere eventuali interventi di prevenzione e protezione per l'eliminazione del pericolo o una sua riduzione secondo le misure di tutela previste dal D.lgs. 81/08 e s.m.i..

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

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**

gli 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 Decreto Ministeriale 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 DPR 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 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.**

MISCELA RESPIRATORIA E SUA TOSSICITÀ

La respirazione di una miscela di gas a pressione maggiore di quella atmosferica determina l'assorbimento nell'organismo del gas inerte che compone la miscela stessa (legge di Henry) con effetti legati alla decompressione e alla PDD.

Tutti i gas che compongono la miscela, inoltre, possono essere tossici all'aumentare della loro pressione parziale (legge di Dalton).

ARIA (ARA)

L'aria è la miscela respiratoria più comunemente utilizzata. La sua composizione 21% ossigeno e 79% azoto pone limiti legati alla tossicità dell'ossigeno e agli effetti narcotici dell'azoto che variano in funzione della profondità di utilizzo.

La Tossicità dell'Ossigeno, con una miscela respiratoria di Aria, è molto bassa in quanto si verifica a una profondità maggiore della tossicità da Azoto (Narcosi).

MISCELE DEI GAS DIVERSE DALL'ARIA

- **Perché dobbiamo cambiare la miscela di aria con altro tipo di miscela ?**
- **Quando bisogna cambiare miscela?**
- **Le immersioni con miscele di gas possono essere usati per ridurre o prevenire la Patologia da Decompressione?**

LE IMMERSIONI CON MISCELE DI GAS DIVERSE DALL'ARIA

- 1. Lavoro**
- 2. Uso Militare**
- 3. Svago, divertimento**
- 4. Avventura, curiosità**
- 5. Competizione con gli altri (Records, Guinness)**

SCELTA DELLA MISCELA RESPIRATORIA

La miscela respiratoria è scelta in base alla Profondità e al Tempo di lavoro (ATA)

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

MISCELE AZOTO-OSSIGENO (ARIA)

Vantaggi

- Si può reperire facilmente, costo basso
- Se allenati, si possono fare immersioni fino alla profondità di 5 ATA

Svantaggi

- Non si possono fare immersioni oltre la profondità di 5 ATA
- Se non allenati, la Narcosi d'Azoto può presentarsi anche a profondità a partire da 4 ATA
- Decompressioni lunghe
- Incidenza della PDD Maggiore che con altre miscele

Confronto tra deco in aria e O₂ e percentuale di Rischio per PDD

IMMERSIONE A 36 m

TF	ARIA		OSSIGENO	
	TD	%	TD	%
25	12	2,2	8	1,96
30	28	2,62	17	2,17
40	55	4,18	31	2,71
50	99	5,81	47	3,28
60	173	7,17	62	3,74

MISCELE IPEROSSIGENATE

Aria arricchita di Ossigeno (NITROX)

Le miscele NITROX sono miscele binarie (azoto e ossigeno) con percentuale di ossigeno normalmente comprese tra 21% e il 40%.

Concentrazioni superiori impongono uso di attrezzature speciali compatibili con l'ossigeno ad elevata concentrazione, per evitare il rischio di esplosioni.

In funzione del sistema di ricarica, le bombole devono comunque essere dedicate e predisposte all'uso del NITROX.

MISCELE IPEROSSIGENATE

Vantaggi

Le miscele NITROX potrebbero ridurre il rischio di PDD per diminuzione della percentuale di azoto

Svantaggi

- Non aumentano il tempo di permanenza sul fondo**
- Non permettono di andare a profondità elevate**
- Hanno un CNS elevato per cui la visita di idoneità dovrebbe prevedere un EEG**

Tossicità da Ossigeno

- **Sindrome di Paul Bert o tossicità cerebrale dell'ossigeno**

L'Ossigeno può determinare una tossicità acuta al sistema nervoso centrale (SNC), quando si supera la pressione parziale dell'ossigeno stabilita, possono manifestarsi crisi convulsive che portano a morte il subacqueo per annegamento.

- **Sindrome di Lorrein-Smith o tossicità polmonare dell'ossigeno**

è dovuta ad esposizioni prolungate con pressioni parziali di ossigeno superiore ai limiti massimi stabiliti e si presenta con insufficienza respiratoria.

- **La sintomatologia è reversibile se si interrompe la somministrazione dell'ossigeno.**

Tale Sindrome sostanzialmente riguarda solo immersioni in saturazione e terapie Iperbariche prolungate.

IMMERSIONI HELIOX O TRIMIX

IMMERSIONI TECNICHE

Vantaggi

- Immersioni Profonde > 5 ATA**
- Evitare la Narcosi d'Azoto**

Svantaggi

- Costi Elevati**
- Immersioni solo per subacquei esperti**

IMMERSIONI HELIOX O TRIMIX

Normossiche - Ipossiche

- ❑ Le miscele Binarie o Heliox sono formate da Ossigeno e Elio mentre le miscele ternarie sono formate da ossigeno, Elio e Azoto.**
- ❑ Possono essere normossiche quando sia la miscela di viaggio che di fondo ha una percentuale di Ossigeno del 21%, ma la profondità massima è 60 metri.**
- ❑ Possono essere ipossiche per immersioni oltre i 60 metri**

PATOLOGIA DA DECOMPRESSIONE

- ❑ Si può affermare che non è la miscela di viaggio e/o la miscela di fondo che fa diminuire l'incidenza della Patologia da Decompressione (PDD) ma la miscela decompressiva che:**
- ❑ Riduce i tempi di decompressione**
- ❑ Elimina più inerte (finestra d'ossigeno)**

FATTORI DI RISCHIO INDIVIDUALI

- Obesità**
- Mancanza di allenamento**
- Disidratazione**
- Pregressa malattia da decompressione**
- Voli al termine dell'immersione**
- Presenza di forame ovale pervio**
- Fatica**
- Comorbilità al momento dell'immersione**
- Età**
- Utilizzo di farmaci**

EFFETTI BENEFICI DELL' ELIO

- ☐ L'Elio non è solo un gas inerte ma ha nell'orbita tutti gli elettroni che lo rendono stabile e interagisce con le cellule dell'organismo.**
- ☐ L'elio blocca la proteina p53 che l'organismo invia, alle cellule gravemente danneggiate, (apoptosi).**

ELIO

- L'Elio sembra che abbia un effetto protettore sui mitocondri della cellula riducendo la temperatura e aumentando il pH quando si ha una diminuzione di flusso sanguigno e quindi minor apporto di ossigeno**

ELIO

- ❑ Quando c'è un danno (es. un trauma) arriva meno ossigeno alle cellule e il mitocondrio si riempie di azoto.**
- ❑ Respirare una miscela contenente elio è utile nel prevenire il danno ai tessuti (pre-condizionamento) perché riduce la pressione dell'azoto e facilita il ripristino della produzione di corrente nei mitocondri (generatori di corrente).**

ELIO

I meccanismi di come realmente agisce l'Elio sono ancora da chiarire, ma gli

Autori hanno ipotizzato:

- Aumento dei canali del potassio**
- Modulazione della sintesi del monossido d'azoto e dei radicali liberi dell'ossigeno**
- Riduzione dei processi dell'infiammazione**

STUDIO SU TRENTA SUBACQUEI CHE SI SONO IMMERSI A 60 METRI RESPIRANDO ARIA O TRIMIX.

▫ **I ricercatori hanno dimostrato che, a parità di bolle innescate in decompressione, la respirazione del trimix riduce la risposta infiammatoria rispetto alla respirazione in aria**

• Olszanski R. e altri del Military Institute of Health, Department of Maritime and Tropical Medicine di Gdynia (Polonia),

STUDIO SU TRENTA SUBACQUEI CHE SI SONO IMMERSI A 60 METRI RESPIRANDO ARIA O TRIMIX.

Nei subacquei tecnici erano significativamente ridotte :

- ❑ La quantità di microparticelle infiammatorie (“polvere cellulare”)**
- ❑ L’innescò delle piastrine e la formazione di coaguli (fibrinogeno, fattore XII).**

SCELTA DELLA TABELLA DI DECOMPRESSIONE

Dipende dalla profondità e dal tempo di lavoro, serve 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 ambientali:

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

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 di respirazione, 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

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, introdotta nell'apparato legislativo italiano dalla norma UNI 11366 del 2010 (in corso di revisione).**



THANKS!