



***LA SICUREZZA NEI LAVORI DI SALDATURA:
NORME E COMPORTAMENTI***

Ing. Sante Bacco

Controllo del processo di saldatura Industrializzazione prodotti saldati



Qualificazione del personale
Qualificazione dei procedimenti



Controllo del prodotto
Omologazione prodotto



PROGETTO AZIENDA SRL
Centro di addestramento di saldatori di materiali metallici
riconosciuto da Istituto Italiano della Saldatura

CENTRO DI ECCELLENZA IIS CERT IN CAMPANIA



Definizioni

- **Pericolo:** proprietà o qualità intrinseca di una determinata entità (ad es., materiali o attrezzature di lavoro, metodi e pratiche di lavoro) avente il potenziale di causare danni.
- **Rischio:** probabilità che sia raggiunto il livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego e/o di esposizione, nonché dimensioni possibili del danno stesso.

$$P = \frac{\text{casi sfavorevoli}}{\text{casi possibili}}$$

- **Valutazione dei rischi:** procedimento di valutazione dei rischi per la sicurezza e la sanità dei lavoratori, nell'espletamento delle loro mansioni, derivante dalle circostanze del verificarsi di un pericolo sul luogo di lavoro. Tale valutazione deve essere svolta in considerazione di:
 - Probabilità di accadimento
 - Gravità del danno (o magnitudo)

Riferimenti legislativi

DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 , n. 81

Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Art. 29.

Modalità di effettuazione della valutazione dei rischi

1. Il **datore di lavoro** effettua la valutazione ed elabora il documento di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), in collaborazione con il **responsabile del servizio di prevenzione e protezione** e il **medico competente**, nei casi di cui all'articolo 41.

Definizione generale

La saldatura è un tipo di giunzione che consente di unire permanentemente parti solide, realizzando *continuità* del materiale.

Nella saldatura si fa uso normalmente di un *metallo d'apporto* il quale viene distribuito allo stato fuso tra i lembi opportunamente preparati dei pezzi da collegare che costituiscono il *materiale base*.

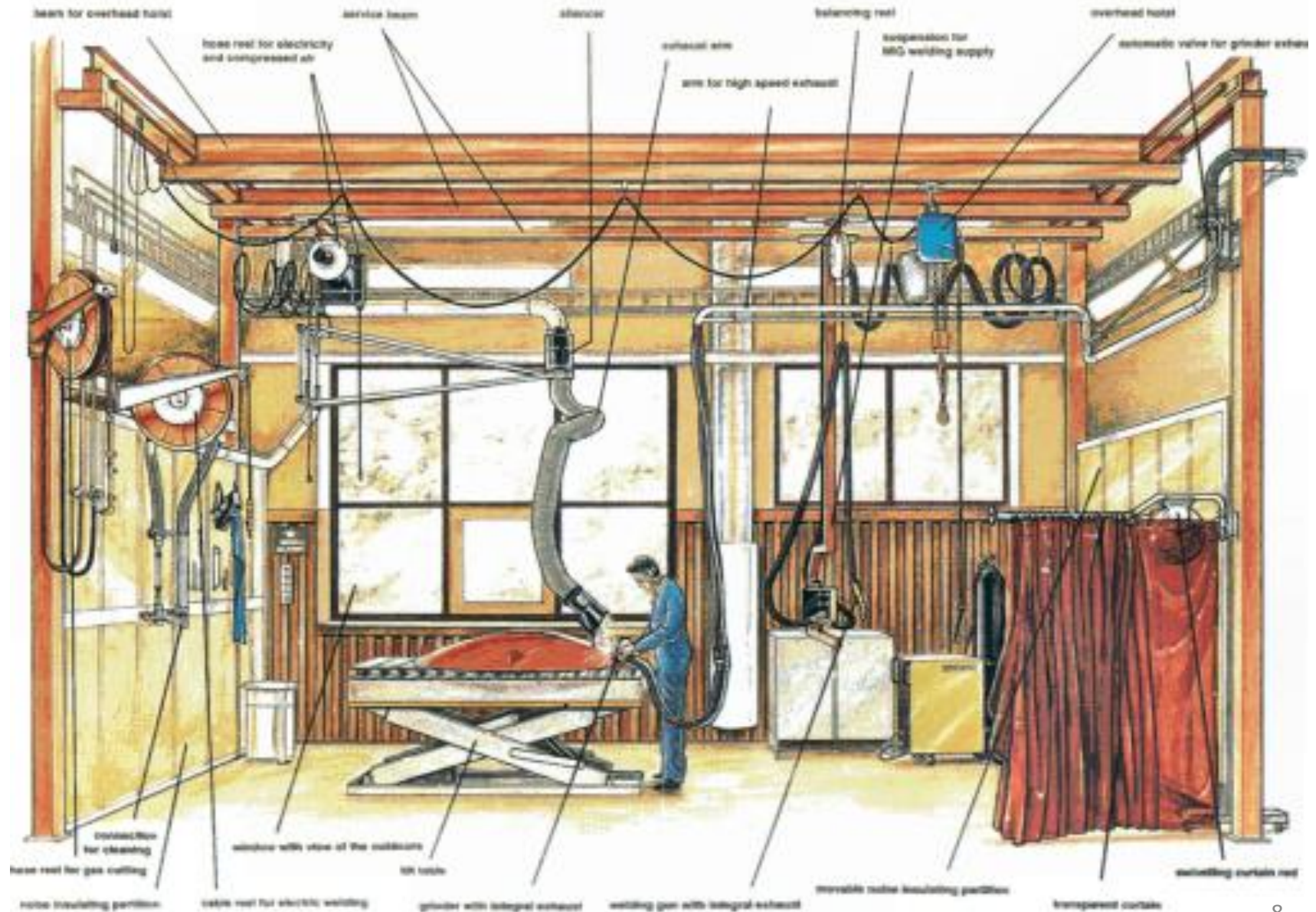
Definizioni

- **Saldatura:** viene provocata una **fusione** localizzata del materiale base con o senza l'aggiunta di materiale d'apporto.
- **Brasatura:** processo di unione dei materiali realizzato per **fusione** del solo materiale d'apporto.

Salute e sicurezza in saldatura

- La fabbricazione mediante saldatura è composta da una fase di attività:
 - Preparazione dei pezzi
 - Saldatura
 - Trattamento termico
 - Controlli non distruttivi
 - Riparazioni
- Gli aspetti di salute e sicurezza coinvolti sono molteplici:
 - Rischi direttamente connessi alla saldatura
 - Rischi indirettamente connessi alla saldatura (operazioni complementari")

















Aspetti direttamente connessi

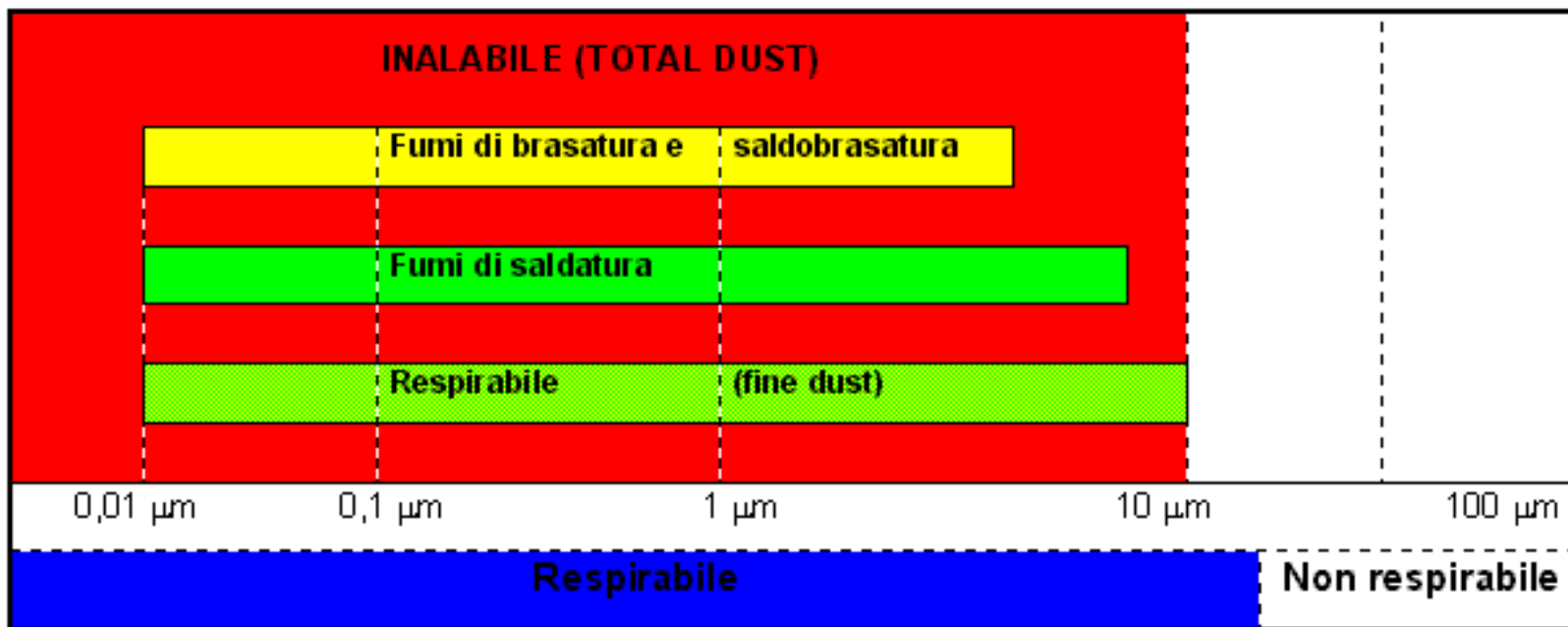
- Sviluppo **fumi di saldatura**
 - Gas
 - Particellati
- Impiego di **correnti elettriche** di elevata intensità
- Radiazioni **elettromagnetiche**
 - raggi UV bassa lunghezza d'onda
 - Raggi infrarossi elevata lunghezza d'onda
- Presenza di **campi elettromagnetici**
- Sviluppo di **rumore**
- Elevatissime temperature **localizzate ed ambientali**
- Proiezione di **particelle solide fuse** ad altissima temperatura
- Rischi direttamente connessi con le **apparecchiature di saldatura**

**AGENTI
CHIMICI****AGENTI
FISICI**

- Pur non essendo un rischio vero e proprio, non vanno trascurati gli **aspetti ergonomici e legati all'ambiente di lavoro**

Rischi da agenti chimici: i fumi di saldatura

- I fumi di saldatura sono composti da:
 - Gas, provenienti da sostanze evaporate o presenti comunque nel processo di saldatura (es. gas di protezione)
 - Particolati metallici, provenienti dalle interazione tra i metalli coinvolti e l'ambiente di saldatura"



Effetti dei fumi di saldatura

- *Sono forme rare ma da non trascurare, essendo comunque presenti nei soggetti interessati livelli superiori rispetto alla popolazione generale di tracce sostanze inalate (es. cromo urinario nel caso di saldatori di acciai speciali):*
 - Il Pb può essere causa di **saturnismo** (e quindi anemia, ipertensione);
 - il Mn può causare sindromi analoghe al morbo di **Parkinson**;
 - composti del F possono causare danni al sistema **scheletrico**;
 - l'ossido di C, in % elevata, determina il tipico **avvelenamento** (cefalea, malessere generale);
 - il **cadmio** contenuto in vari tipi di leghe per brasatura è tossico
 - il rame (MIG/MAG) determina irritazione alle vie respiratorie, tosse e sintomi di febbre da fumi metallici;
 - il Cr ed il Nichel possono causare lesioni delle mucose di carattere **cancerogeno**;



Effetti dei fumi di saldatura

Sostanza pericolosa	Effetti
2.1 Dannosa per i polmoni	
Ossido di alluminio	Accumulo di polveri nei polmoni, alluminosi
Ossidi di ferro	Accumulo di polveri nei polmoni, siderosi
Ossido di potassio	Accumulo di polveri nei polmoni
Ossido di sodio	
Biossido di titanio	
2.2 Tossica	
Composti di bario solubili	Tossici – nausea; Possibile carenza di potassio
Ossidi di piombo	Tossici – nausea; Indigestione; Lesioni renali e al sistema nervoso
Fluoruri	Tossici – irritazione alle mucose; Danni al sistema nervoso
Ossido di rame	Tossico – febbre da fumi metallici
Ossidi di manganese	Tossici – irritazione alle mucose; Danni al sistema nervoso
Pentossido di vanadio	Tossico – irritazione agli occhi e alle vie respiratorie; Danni ai polmoni
Ossido di zinco	Tossico – Febbre da fumi metallici
2.3 Cancerogena	
Ossido di berillio	Cancerogeno - Febbre da fumi metallici; Polmonite cronica
Ossido di cadmio	Cancerogeno – irritazione alle membrane; Enfisema
Composti cromo esavalente	Cancerogeno – (per il sistema respiratorio); Irritazione alle mucose
Ossido di cobalto	Cancerogeno – Danneggiamento al sistema respiratorio
Ossidi di nickel	Cancerogeno – (per il sistema respiratorio)
2.4 Radioattive	
Biossido di torio	Radioattivo – esposizione dei bronchi e dei polmoni, Può avere effetti cancerogeni

Agenti chimici: uso di elettrodi toriati

- Il torio emette **particelle beta e gamma**
- Durante le normali operazioni di saldatura e conservazione sono emesse quantità di radiazioni ben al di sotto dei naturali livelli di esposizione.
- Il rischio è solamente connesso a problemi di **irradiazione interna** dovuto alla preparazione della punta senza le adeguate misure protettive:
 - Uso di dispositivi appositamente messi a punto
 - Molatura sotto al normale sistema di captazione dei fumi

Codificazione	Composizione	Colore di identificazione
	Ossido % (m/m)	
WP		verde
WT 4	0,35 a 0,55	blu
WT 10	0,80 a 1,20	giallo
WT 20	1,70 a 2,20	rosso
WT 30	2,80 a 3,20	viola
WT 40	3,80 a 4,20	arancione
WZ 3	0,15 a 0,50	marrone
WZ 8	0,70 a 0,90	bianco
WL 10	0,90 a 1,20	nero
WC 20	1,80 a 2,20	grigio



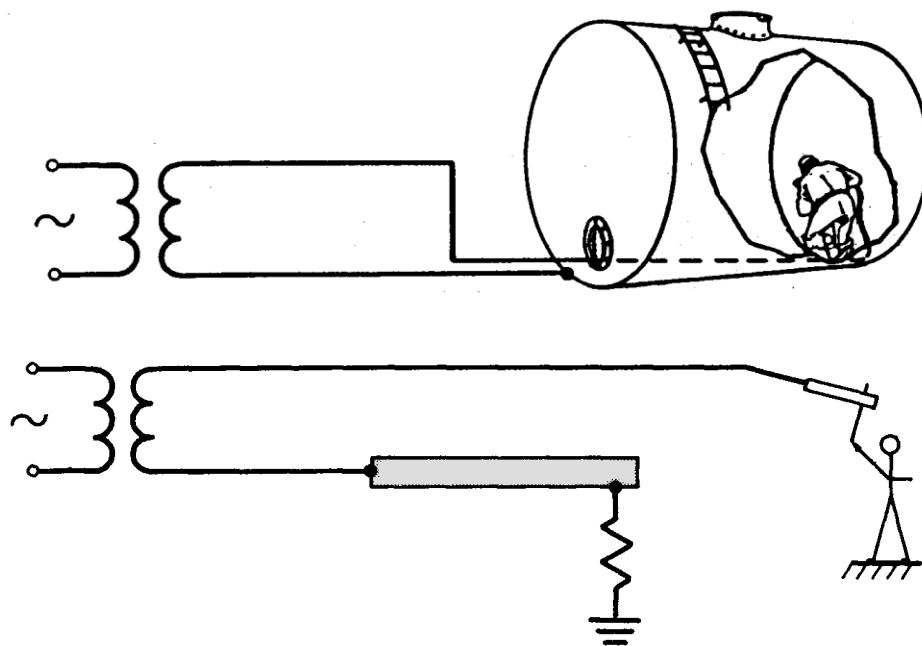
Aspirazione ed abbattimento dei fumi in saldatura

- La **ventilazione generale** (bonifica ambientale) prevede la diluizione delle sostanze inquinanti, con notevoli quantità d'aria movimentate;
- La **ventilazione localizzata** deve essere per legge effettuata il più vicino possibile alla sorgente; presenta una notevole efficacia, con minori volumi di aria movimentata rispetto alla ventilazione generale.

Welding Process	Material	Critical pollution	Recommended ventilation		
			LE	FEG	HAS
Covered electrodes	Mild steel	Particulate	X		
	Stainless	Particulate, Cr(VI)	X		X
MIG/MAG	Mild steel	Particulate	X(*)	X(*)	
MIG	Stainless	Particulate, Cr, Ni, Ozone	X	X	X
	Aluminium	Ozone	X	X	X
Pulsed MIG/MAG	All	Ozone, particulate	X	X	X
TIG	Stainless	Ozone	X		
	Aluminium	Ozone	X		
Flux cored	Mild steel	Particulate, (Ba)	X	X	
	Stainless	Particulate, Cr(VI)	X	X	X
LE: local extraction; FEG: Fume Extracting Gun; HAS: Helmet with air supply (*): alternative use					

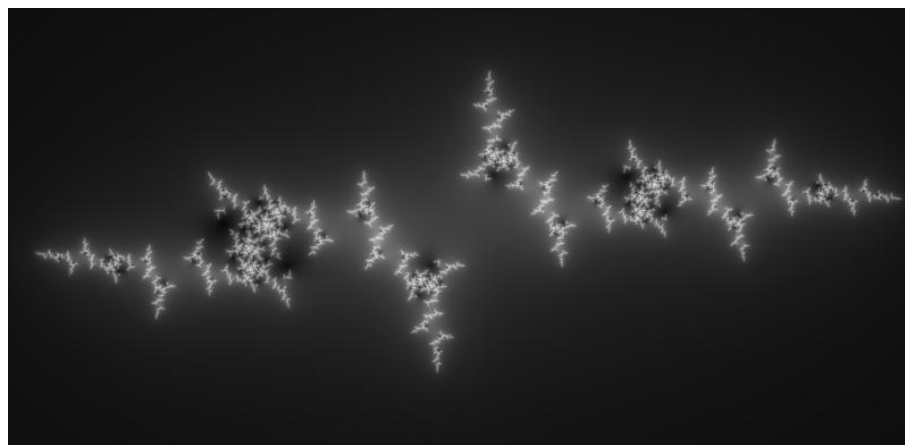
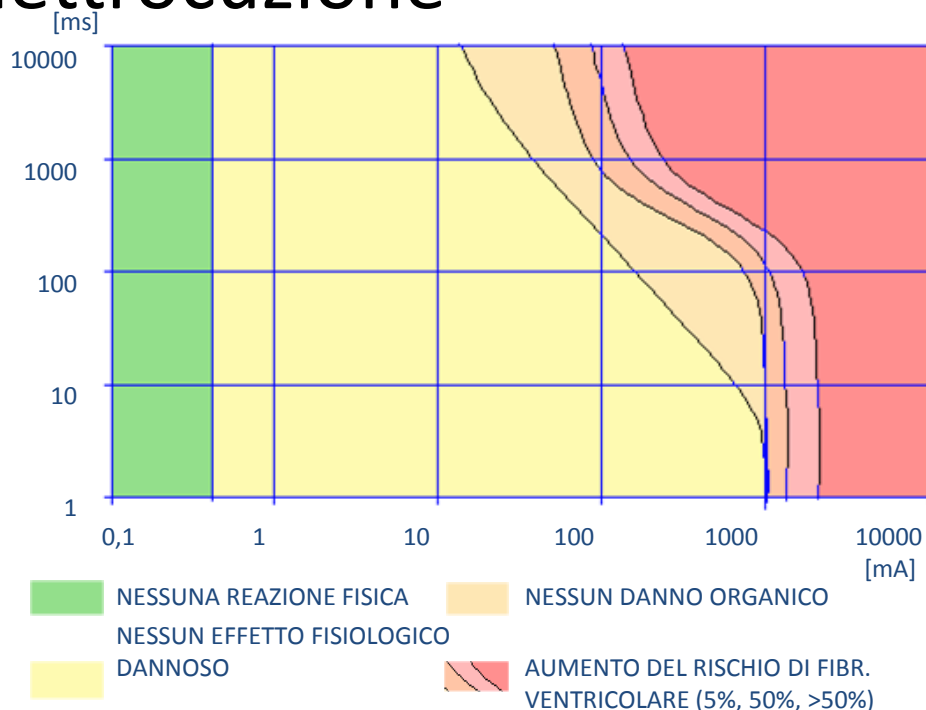
Agenti fisici: Corrente elettrica

- La corrente vagante di saldatura si può formare quando il cavo di ritorno non è collegato direttamente al pezzo da saldare o al tavolo di saldatura:
 - Se il cavo di ritorno non è collegato vicino al punto da saldare,
 - il collegamento del cavo di ritorno al pezzo presenta una resistenza di contatto eccessiva (realizzato appoggiando uno sull'altro elementi metallici disponibili),
 - il circuito di ritorno non è isolato da terra
- Conseguentemente:
 - si possono sviluppare sensibili quantità di calore
 - causa d'incendio
 - causa di ustioni per il personale
- Il saldatore dovrebbe compiere con i guanti protettivi anche tutte le operazioni accessorie alla saldatura (collegare il generatore alla rete, i cavi al generatore, manovrare il generatore, ecc.).



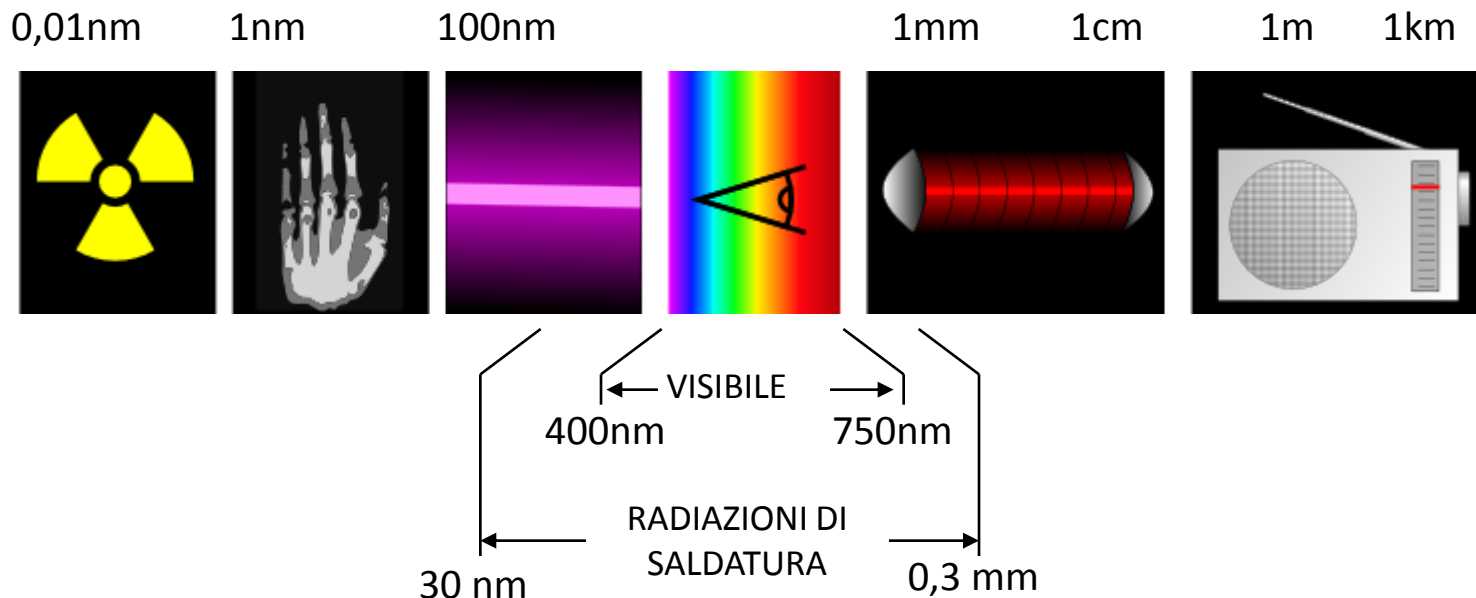
Rischi di elettrocuzione

- Quando la corrente attraversa il corpo umano incontra una certa resistenza, che è la somma della resistenza vera e propria del corpo, delle resistenze di contatto corpo-conduttore elettrico e corpo-terra.
- Notevoli differenza - pelle asciutta/pelle bagnata
- Una "scossa" non pericolosa di per sé causa delle contrazioni muscolari, che possono provocare a loro volta dei danni (es. lavorazioni in posizioni pericolose)
- I valori di **tensione**, **corrente** e **frequenza** possono essere molto variabili in funzione del processo di saldatura.



SCINTILLA IMPRESSIONATA SU UNA LASTRA RADIOGRAFICA

Agenti fisici: radiazioni emesse dall'arco elettrico



- L'arco elettrico emette **luce visibile**, **raggi infrarossi** e **raggi ultravioletti**; entrambe queste ultime radiazioni sono simili alla luce del sole, ma l'occhio umano non è capace di percepirle. Tanto più l'arco è potente (correnti elevate), tanto maggiore è la quantità di radiazioni emesse.

Agenti fisici: radiazioni emesse dall'arco elettrico

- **Effetto sugli occhi (colpo d'arco):** sensazione corrispondente alla presenza di **corpi estranei** (sabbia); i disturbi passeggeri che si alleviano con un adatto **collirio**.
- **Effetti sull'epidermide:** arrossamento e, nei casi più gravi, anche febbre (stessi sintomi di una **scottatura solare**)



Protezione dalle radiazioni dell'arco

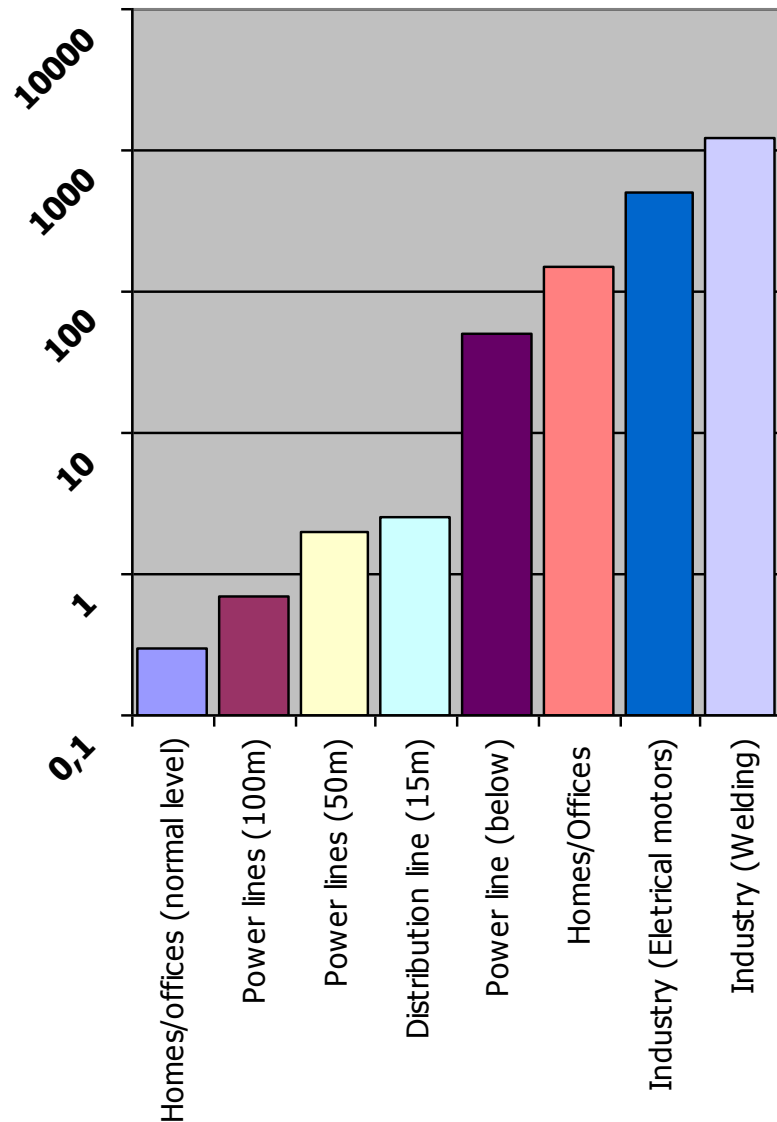
- Effetti sugli occhi:
 - Si impiegano **maschere dotate di vetri inattinici** (capaci di arrestare le radiazioni)
 - questi vetri vengono anche opportunamente colorati per ridurre a livelli convenienti il passaggio dei raggi luminosi
 - La classificazione indica il grado di assorbimento della radiazione
- Effetto delle radiazioni sulla epidermide:
 - sono sufficienti gli indumenti per la protezione contro i pericoli di natura termica.

PROCESSO DI SALDATURA E TECNICHE CONNESSE	INTENSITÀ DI CORRENTE IN AMPERE																							
	0,5 2,5 10 20 40 80 125 175 225 275 350 450 1 5 15 30 60 100 150 200 250 300 400 500																							
Elettrodi rivestiti							9	10		11			12			13			14					
MIG (leghe leggere)									10		11		12		13		14		15					
TIG					9	10		11			12		13		14									
Filo continuo									10		11		12		13		14		15					
Saldatura plasma		5	6	7	8	9	10	11		12			13		14				15					
Taglio (arco carbone)											10		11		12		13		14		15			
Taglio plasma									11			12		13										
	0,5 2,5 10 20 40 80 125 175 225 275 350 450 1 5 15 30 60 100 150 200 250 300 400 500																							



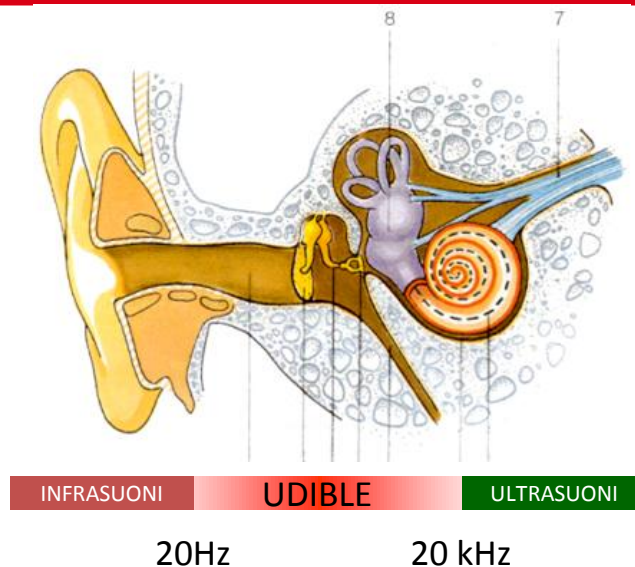
Campi elettromagnetici

- **Campi elettrici:** la tensione è la differenza di potenziale tra due punti nello spazio; la regione interessata da tale ΔV è percorsa da un campo elettrico [V/m]
- **I campi magnetici** (induzione magnetica): sono l'effetto del passaggio della corrente in un conduttore [$T=Wb/m^2$].
- Sia i campi magnetici che quelli elettrici generano forze e correnti indotte (campi alternati):
 - sviluppo di calore
 - correnti e tensioni elettriche negli oggetti interessati all'azione dei campi.
- I campi magnetici prodotti dalle correnti si compensano quasi completamente:
 - conduttore di alimentazione e quello di ritorno siano insieme
 - conduttori di correnti trifase.



Agenti fisici: il rumore

- Il rumore è la propagazione di onde di pressione nell'aria
- Si possono avere effetti acuti così come cronici
- Gli aspetti da considerare nella valutazione del livello di rischio sono:
 - Intensità
 - Durata
 - Frequenza
- La scala che si utilizza per la valutazione del rischio è di tipo logaritmico, opportunamente filtrata sulla base della sensibilità media dell'uomo (dB(A)).
- I parametri coinvolti nella formazione del rumore sono:
 - Processo di saldatura
 - Intensità di corrente
 - Tipologia di corrente
 - In ogni caso
- Per la riduzione della "dose si può ricorrere a :
 - Pannelli fonoassorbenti, evitare vibrazioni eccessive dei pezzi, rotazione del personale.
 - Dispositivi di protezione individuale (cuffie, inserti auricolari, tappi)



$$dB(A) = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{2 \cdot 10^{-5}} \right)^2$$

Il db(A) rappresenta la più piccola variazione di volume udibile dall'orecchio umano



Temperature ambientali: cond. climatiche di lavoro

- In funzione delle condizioni operative, dei parametri di processo e delle condizioni “esterne” si possono rilevare condizioni di lavoro di disagio, fino al rischio di “colpi in calore”.
 - I parametri coinvolti sono
 - Temperatura dell’aria,
 - Umidità relativa
 - Presenza di moti d’aria
 - Possibili approcci:
 - Tabelle per la “temperatura percepita”
 - Diagramma di BELL WATTS.
- A) Pericolo elevato
B) Tolleranza relativa, per lavoro leggero, con moto d’aria superiore a 0,5m/s (max 3 h)
C) Tolleranza relativa per lavori di medio peso, con moto d’aria superiore a 0,5m/s (max 6 h)
D) Efficienza fisiologica con moto d’aria superiore a 0,5 m/s
E) Alta efficienza fisiologica
F) Area di benessere climatico
G) Disagio termico.

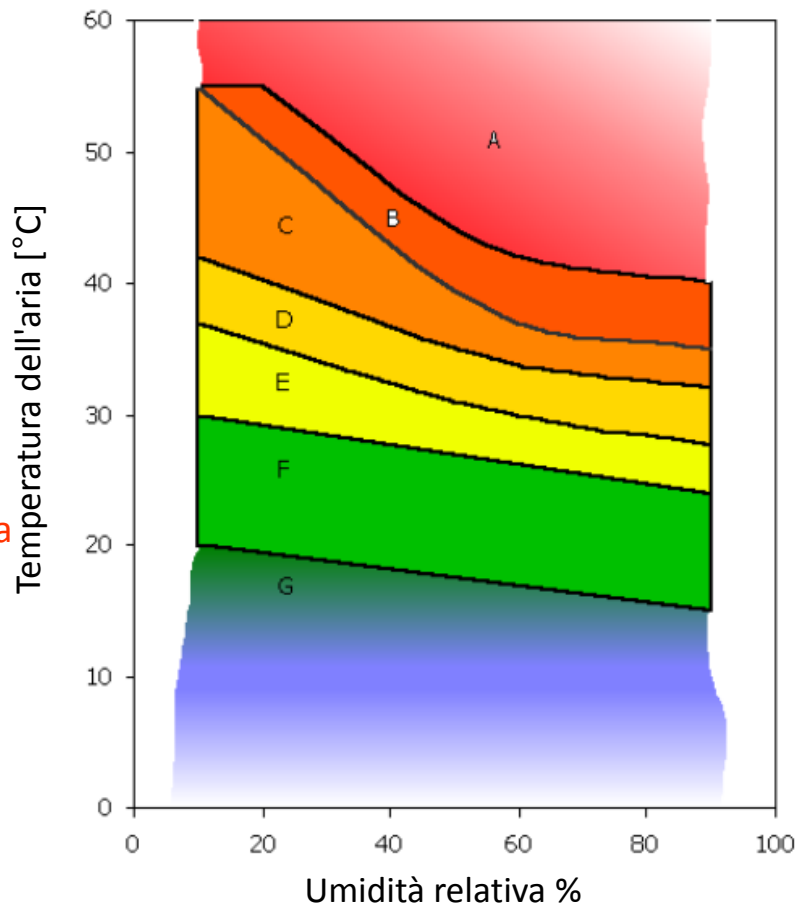


DIAGRAMMA DI BELL WATTS

Elevate temperature

- Le operazioni di saldatura comportano rischi legati all'uso di sorgenti termiche ad elevata densità di energia, con conseguenti rischi di scottatura e di incendio.
- Le possibili fonti di rischio sono:
 - Il giunto saldato
 - Il metallo base, in prossimità della presa di massa
 - Le particelle fuse (spruzzi di saldatura)
 - La scoria (particolarmente nel caso dell'arco sommerso e dell'elettroscoria)
 - Eventuali parti calde dell'attrezzatura di saldatura (pinze, torce, elettrodi, ecc).
- Quando non è possibile ricorrere alla schermatura, si impone l'uso di DPI:
 - Indumenti ignifughi
 - Guanti, ghette e grembiuli



Le apparecchiature di saldatura

- Per i procedimenti all'arco elettrico, le caratteristiche di sicurezza del generatore e degli impianti industriali impongono adeguati sistemi di protezione
- Problema della messa a terra del pezzo:
 - E' un requisito variabile da nazione a nazione
 - Pezzo viene messo a terra: rischio di correnti non previste ed indesiderate a terra
 - Pezzo non collegato a terra: rischio di scosse dovute all'interruzione nell'isolamento elettrico del circuito e/o della saldatrice
- Può comportare un certo rischio l'impiego di bombole di gas in pressione:
 - tenuti in **posizione verticale**
 - non devono essere esposti all'azione diretta dei **raggi del sole**
 - deve essere messo in uso solo se il suo contenuto risulta **chiaramente identificabile**.



EN 1089-3: identificazione delle bombole per uso industriale

Le apparecchiature di saldatura

- Nel caso della saldatura ossiacetilenica, risulta particolarmente pericoloso il sistema di stoccaggio dell'acetilene, a causa delle particolari caratteristiche di infiammabilità del gas:
 - Le bombole contengono **acetilene disciolte in acetone** ed una **massa porosa** per assorbire eventuali gas
 - **Limite di portata oraria**: circa 1/5 della capacità della bombola
 - **Limite del tenore di rame** nelle condotte : 70% (*acetiluro di rame*)
 - Uso di idonei **dispositivi di sicurezza** (valvole tagliafiamma, dispositivi di non ritorno, ecc.)

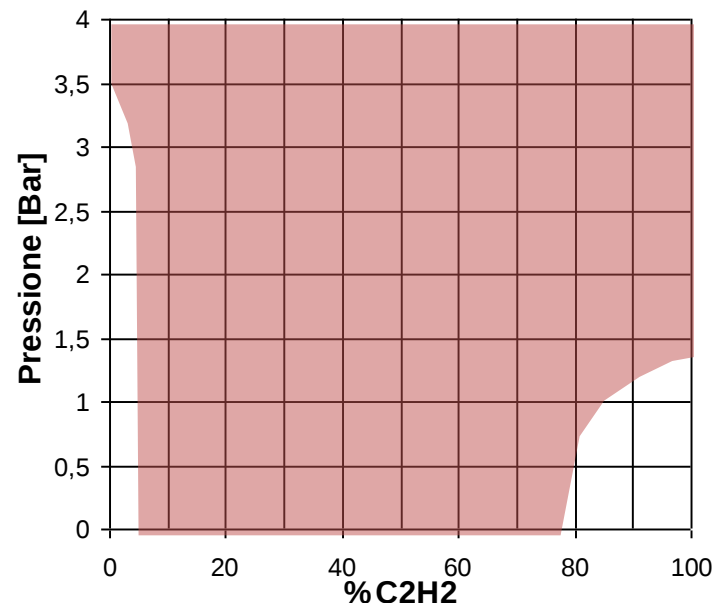


Diagramma di pericolosità per l'acetilene



Schema di una valvola di sicurezza

Le apparecchiature di saldatura: Acetilene

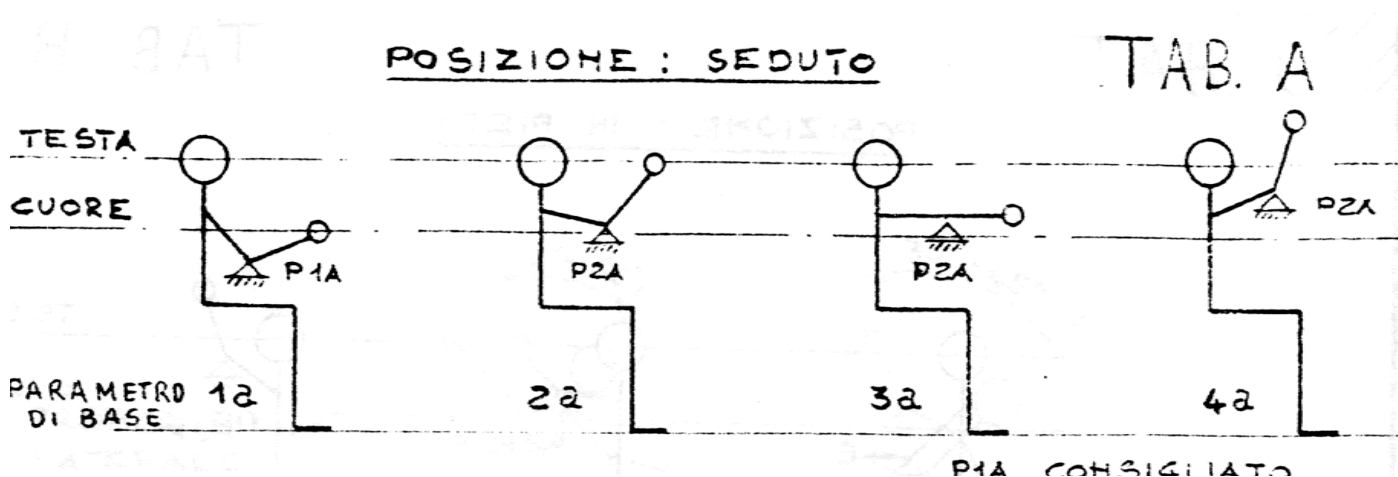
- **Gas in pressione (15 atmosfere) fornito in bombole (5 Kg) con l'ogiva colore marrone rossiccio; è fornito in soluzione con l'acetone in quanto instabile a pressioni superiori a quella atmosferica**
- **È infiammabile in aria per percentuali in volume comprese fra 2,4 e 83**
- **Nel caso di fughe con concentrazioni nei limiti di infiammabilità, può esserci il rischio di incendio o di esplosione**
- **L'inalazione ad alta concentrazione di acetilene in miscela con l'aria può causare asfissia; l'inalazione a bassa concentrazione può avere effetto narcotico, con nausea o perdita di coordinamento**

Le apparecchiature di saldatura: Ossigeno

- **Gas in pressione (200 atmosfere) fornito in bombole (50 litri) con l'ogiva colore bianco**
- **È molto ossidante e reagisce con quasi tutti i metalli e metalloidi consentendo l'accensione di materiali anche poco combustibili con scintille ed inneschi normalmente innocui**
- **Se liberato in ambienti non ventilati : aumenta la velocità di combustione e la temperatura della fiamma; riduce la temperatura di accensione e l'energia d'innesco**

Ergonomia ed affaticamento muscolare

- **Affaticamento della colonna vertebrale:** un'inclinazione del busto in avanti di 20° scarica sui dischi intervertebrali, per un uomo di media corporatura, circa 120 kg; un'inclinazione di 90° ne scarica addirittura 400, mentre il 64% del peso corporeo viene sostenuto dai muscoli lombari.
- Utilizzando apposite tabelle ricavate da studi **antropometrici** è possibile costruire strumenti ed arredi aventi un'escursione dimensionale tale da adattarsi alla maggioranza della popolazione lavorativa



*Grazie per
l'attenzione!*



Ing. Sante Bacco
relatore@presentazione.com