



POLITECNICO
MILANO 1863

**Formazione per gli utenti del
Laboratorio di Ateneo**

PoliFAB

Edificio 30, via G. Colombo 81, 20133 Milano

**Apparecchiature
elettriche e ad alta
tensione**

Descrizione generale

Nel laboratorio PoliFAB sono presenti diversi tipi di apparecchiature elettriche e un numero limitato di strumenti che possono erogare alta tensione. Scopo del seguente documento è informare gli utenti riguardo al rischio associato all'utilizzo di materiale elettrico e formarli sulle procedure operative di utilizzo delle apparecchiature.

Le potenziali sorgenti di rischio elettrico in laboratorio riguardano: l'impianto elettrico (quadri, prese, etc...), gli apparecchi utilizzatori (alimentatori, strumentazione, PC, etc...) e gli organi di collegamento mobile (cavi, ciabatte, etc...). Tutti questi elementi devono essere provvisti della dichiarazione di conformità e/o marcatura CE, ove prevista, secondo le regole prescritte nella legislazione in vigore (legge 46/90 art.9, D.M. 22/1/08 n.37 art. 7, D.L. 626/96, D.L. 17/2010). L'impianto elettrico deve essere fornito di adeguati dispositivi di protezione: interruttore differenziale in grado di interrompere automaticamente l'alimentazione di corrente elettrica in caso di guasto verso terra (dispersione elettrica) o folgorazione fase-terra; interruttore magnetotermico in grado di interrompere automaticamente il flusso di corrente elettrica in caso di sovracorrente, causata da un malfunzionamento (sovraccarico) oppure da un guasto (corto circuito). E' obbligatorio l'utilizzo di cavi per la messa a terra a norma (non cavi o prese adattate al momento). Si verifichi sempre con il Personale di Staff che il dimensionamento del cavo di messa a terra sia corretto per l'utilizzo dello strumento a cui è deputato e che il cavo di messa a terra sia connesso da entrambi lati (da un lato allo strumento, dall'altro a una barra di messa a terra installata nel locale in base alla normativa). Nel caso in cui gli utenti introducano apparecchiature in cleanroom è obbligatorio informare preventivamente il Personale che autorizzerà, se opportuno, l'installazione. Nel caso di dispositivi non conformi alla normativa CE, o autoassemblati, la verifica della corretta capacità di messa a terra deve essere eseguita, con l'aiuto del Personale, prima di ogni utilizzo.

I pericoli più rilevanti sono fondamentalmente due: il rischio di incendio dovuto a surriscaldamento delle linee elettriche (per sovraccarico della rete o per cortocircuito); il rischio di elettrocuzione (detta anche folgorazione), che si corre quando si entra in contatto con parti dell'impianto sotto tensione, o con "masse", cioè parti di apparecchiature che normalmente non dovrebbero essere percorse da corrente ma che, accidentalmente, si trovano in tensione per un anomalo contatto con parti attive dell'impianto.

Istruzioni operative

Gli operatori sono tenuti durante l'utilizzo delle citate apparecchiature a porre la massima attenzione alle operazioni e a ridurre al minimo i rischi connessi al loro uso, agendo nella più totale sicurezza per se stessi e per i colleghi. **E' fatto assoluto divieto di modificare, manipolare o toccare direttamente o indirettamente le parti dei macchinari sotto tensione, in particolar modo se ad alto voltaggio.** Qualsiasi tipo di intervento permanente o temporaneo che comporti allacciamenti, modifiche o sistemazione di qualsiasi tipo a parti dell'impianto elettrico dovrà essere effettuato esclusivamente da personale esperto e deve essere concordato preventivamente con il Personale di Staff. Si raccomanda inoltre di azionare le apparecchiature elettriche, specie se ad alte tensioni, con estrema cautela, di assicurarsi che i cavi siano connessi prima di fornire tensione e di rispettare sempre le prescrizioni d'impiego specificate sul manuale d'istruzione dell'apparecchiatura. A tal fine, gli utenti devono preventivamente prendere visione dei manuali di uso e manutenzione e conoscere le procedure operative e per l'utilizzo in sicurezza delle attrezzature. Gli utenti devono prestare la massima attenzione alle situazioni presentate nel seguente elenco non esaustivo:

- Parti dell'impianto elettrico/strumentazione danneggiate, fissate male o difettose (ivi comprese le protezioni o il contenitore dello strumento stesso; un caso tipico è quello dello strumento che viene aperto per verificare il funzionamento o per pulirlo, dopodiché non viene richiuso o viene richiuso male).
- Parti conduttrici (es. cavi, morsetti, spinotti) scoperte (fare attenzione in particolare nel caso in cui esse siano interessate da elevate tensioni e/o elevate correnti).
- Componenti dello strumento (o lo strumento stesso) particolarmente caldi durante il funzionamento (questo può verificarsi per un problema interno di natura elettrica, ad es. surriscaldamento di un componente, o più semplicemente nel caso di ostruzione delle aperture di aerazione o malfunzionamento delle ventole di raffreddamento, nel qual caso occorre pulirle adeguatamente).
- Componenti dello strumento (o lo strumento stesso) che producono scintille, archi elettrici, fumo e/o odore di bruciato durante il funzionamento.
- L'utilizzatore percepisce sullo strumento, o nelle vicinanze, scosse elettriche o dispersioni di corrente.
- Sono evidenti malfunzionamenti temporanei, o sono noti malfunzionamenti costanti, dello strumento.
- Si presentano frequenti malfunzionamenti (cali di tensione, disturbi elettrici, interruzioni) dell'alimentazione elettrica, sia nel caso dell'impianto (es. interruttore differenziale che scatta senza motivo), che della strumentazione in uso (es. tensione erogata da un generatore che salta improvvisamente, strumento che si spegne da solo).
- E' presente materiale infiammabile (es. solventi chimici, gas) in prossimità di componenti elettrici. Prestare attenzione all'uso contemporaneo di gas infiammabili/esplosivi nella stanza.
- Sono presenti infiltrazioni d'acqua o gocciolamenti che possono interessare la strumentazione o l'impianto elettrico (prestare particolarmente attenzione alle prese elettriche scoperte, quali quelle sulle ciabatte di alimentazione!).
- Sono presenti accumuli di sporco o polvere in prossimità di componenti elettrici, strumentazione, cavi e ciabatte di alimentazione.
- Le aperture di ventilazione della strumentazione sono ostruite e/o le ventole di raffreddamento sono malfunzionanti.
- Gli apparecchi elettrici hanno subito urti o cadute (prestare attenzione anche, quando si muove uno strumento, alla presenza di movimenti anomali al loro interno, che possono derivare da componenti o fili staccati).

In aggiunta a questo elenco di carattere generale, specifiche cautele sono richieste nell'utilizzo di organi di collegamento mobile (cavi, ciabatte ecc.). In linea generale, l'uso di ciabatte mobili, prolunghe e adattatori dovrebbe essere il più possibile ridotto e temporaneo. **Una sistemazione definitiva va richiesta tempestivamente al Personale, al fine di ridurre i rischi connessi a tali dispositivi.** Le spine devono avere sempre lo stesso standard delle prese in cui vengono inserite e non devono essere mai forzate dentro prese con standard diversi, per non danneggiarle e non creare contatti incerti e/o errati; inoltre, l'impiego di standard diversi (ad es. Schuko con terra laterale e presa con terra centrale) può portare alla mancanza del collegamento di messa a terra, facendo decadere l'efficacia delle misure di protezione (salvavita) e quindi procurando un rischio di incidente grave. L'inserimento delle spine nelle prese deve essere sempre completo per evitare

contatti incerti e possibili surriscaldamenti locali. Nel caso di dispositivi quali adattatori multipli, prolunghe e/o ciabatte, la potenza (in Watt) assorbita in totale dalle apparecchiature collegate non deve superare quella permessa dal dispositivo (es. 1000 W). In caso contrario si può determinare un surriscaldamento anomalo a cui può seguire una fusione parziale o totale del dispositivo. Si noti che in tali casi i sistemi di protezione (salvavita) potrebbero non intervenire correttamente o tempestivamente, pertanto è necessario prestare particolare attenzione ad evitare tali rischi. Cavi, prolunghe e ciabatte devono essere sempre protette da danneggiamenti meccanici (parti pesanti che possono caderci sopra, inciampo, ecc.) e penetrazione di liquidi. Nel caso di pericolo di allagamento e/o di presenza di lavandini/impianti idraulici in prossimità, e come precauzione generale, cavi, prolunghe e ciabatte non devono essere posti a terra. In caso di disconnessioni temporanee, è obbligatorio scollegare il cavo di alimentazione sia dal lato strumento che dal lato della presa ed evitare di lasciarlo a terra. Evitare l'uso di prese multiple o di prolunghe e ciabatte in cascata (es. ciabatta connessa a ciabatta), per ridurre il rischio di danneggiamento meccanico e riscaldamento anomalo. Evitare anche la lunghezza eccessiva di collegamenti provvisori (prolunghe) e valutare con cura la loro interferenza con il resto della strumentazione presente in camera bianca. Limitare il più possibile l'introduzione di computer personali e dei relativi caricatori, prestando grande attenzione a non lasciare cavi a terra in prossimità di zone di passaggio degli utenti.

Un numero limitato di macchine installate in cleanroom utilizza alte tensioni. Si ricorda l'elevata pericolosità degli elementi ad alta tensione e si ribadisce che le norme di comportamento già espresse nel presente documento sono da intendersi in maniera ancora più stringente nei confronti di queste apparecchiature. Di seguito riportiamo una tabella con l'elenco dei macchinari con parti sotto alta tensione, la relativa ubicazione nella camera bianca e i tipici valori di tensione e corrente.

Apparecchiatura	Ubicazione	Tensione Max	Corrente
SEM	Camera gialla	30 KV	10 ² µA
Evaporatore e-beam	Thin films e corridoio grigio	11 KV	1.25 A
RHEED	Magnetic thin films	50 KV	10 ⁰ µA
LEED	Magnetic thin films	5 KV	10 ⁰ µA
XPS	Magnetic thin films	15 KV	10 ⁰ µA

E' fatto assoluto divieto di modificare, manipolare o toccare direttamente o indirettamente le parti dei macchinari ad alta tensione o utilizzare le macchine in questione in maniera impropria e non conforme al manuale d'istruzione delle stesse. I trasgressori alla norma verranno sospesi dall'accesso al laboratorio per un periodo di durata decisa dal Personale. Si raccomanda, prima di azionare l'alimentazione dell'alta tensione, di verificare la bontà di tutti i collegamenti elettrici e che i collegamenti dell'acqua di raffreddamento, ove previsti, siano esenti da perdite e che vi sia il minimo rischio di allagamento o contatto delle parti in tensione con liquidi di qualsiasi natura. E' inoltre obbligatorio, ove previsto, l'utilizzo delle aste di scarico verso terra prima di toccare parti che potrebbero aver mantenuto una carica residua alla fine di un processo (ed es. evaporatore e-beam).

Gestione delle emergenze

In caso di incidenti durante le lavorazioni l'operatore deve agire nella più totale sicurezza per se stesso e per i colleghi presenti nel laboratorio. **Anche in caso di incidenti senza danno a persone è fatto obbligo all'operatore di dare tempestiva e circostanziata segnalazione dell'accaduto al Personale del laboratorio.** L'operatore è anche obbligatoriamente tenuto ad informare il Personale del laboratorio di situazioni o comportamenti che ritenesse pregiudizievoli della sicurezza della camera bianca stessa o contrari alle prescrizioni contenute in questo documento.

Nel caso di emergenza sanitaria, definita come qualsiasi situazione in cui uno o più operatori mostrano problemi di salute anche lievi, è necessario valutare la pericolosità dell'evento. Solo dopo aver verificato la non pericolosità della scena sarà possibile provvedere ad aiutare il/gli infortunato/i. Contemporaneamente è necessario informare a voce o telefonicamente il Personale. Nel caso in cui questo non fosse possibile e si valuti l'evento come potenzialmente pericoloso per altri utenti è necessario attivare l'allarme incendio tramite gli appositi pulsanti. In caso di emergenza sanitaria, definita come possibile pericolo di vita, qualunque utente può chiamare il 112. Successivamente è necessario avvertire il personale di staff del laboratorio.

In caso di folgorazione, il danno all'organismo dipende dall'intensità della corrente, dal tempo di esposizione, dal percorso che la corrente segue all'interno del corpo e dalla massa corporea. Si ricorda che una corrente alternata di 500 mA può indurre la morte in un soggetto adulto. A seconda della gravità della folgorazione, gli effetti sono: ustioni più o meno circoscritte, svenimento, carbonizzazione dei tessuti, ustioni molto profonde, arresto respiratorio e fibrillazione cardiaca. In quest'ultimo caso il cuore cessa di battere in maniera regolare, senza essere più in grado di mandare in circolo il sangue. Il soccorritore deve fare molta attenzione a non rimanere a sua volta folgorato. Se l'infortunato è rimasto attaccato alla fonte elettrica bisogna immediatamente interrompere la corrente, se l'interruttore è a portata di mano, altrimenti è necessario staccare la vittima dalla corrente facendo molta attenzione con l'ausilio di un cattivo conduttore. Per compiere questa operazione è bene cercare di isolarsi da terra. Il Personale di Staff e i formati al primo soccorso valuteranno le condizioni dell'infortunato.

In caso di incendio originato da impianti sotto tensione, attivare il pulsante di allarme incendio e segnalare l'evento al Personale. Qualora si sentisse un allarme incendio, prepararsi immediatamente all'evacuazione tramite le porte d'emergenza e dirigersi al punto di raccolta situato in cortile, in corrispondenza con il cancello verso via Pascoli. Qualora fosse più conveniente, è possibile utilizzare l'uscita di emergenza presente sulle scale di accesso al seminterrato dal piano uffici.