

BARRIERE DI SICUREZZA NEI LAVORI IN PROSSIMITA' DI PARTI IN TENSIONE

PRIMA PARTE

Nel mentre si sta eseguendo un lavoro, la vicinanza di parti elettriche scoperte sotto tensione comporta il rischio che, in seguito a movimenti o manovre accidentali, alcune parti del corpo, oppure gli attrezzi manipolatori, oppure determinati oggetti in qualche modo movimentati, possano avvicinarsi oltre la misura o addirittura entrare in contatto con le parti attive, costituenti una fonte di pericolo, in grado di sottoporre le persone ad elettrocuzione.

Le Norme CEI EN 50110-1: "Esercizio degli impianti elettrici" e CEI 11-27: "Lavori su impianti elettrici", entrambe pubblicate in una nuova edizione nel febbraio 2005, prospettano una serie di precauzioni che consentono di operare in sicurezza allorché ci si trova in prossimità di parti sotto tensione.

La logica antinfortunistica è quella di creare condizioni di lavoro, ovvero di verificare la presenza di condizioni di lavoro, tali per cui si possa "escludere la possibilità"⁽¹⁾ di un eventuale penetrazione, diretta (con parti del corpo) o indiretta (con altri oggetti a loro volta impugnati o a contatto con parti del corpo), degli operai nella zona pericolosa.

LA FONTE DI PERICOLO

La fonte di pericolo, anche in bassa tensione, non si limita alle parti attive dei circuiti e delle apparecchiature, bensì si estende volumetricamente attorno a tali parti attive scoperte, fino a formare quelle che le Norme chiamano zone di lavoro sotto tensione, entro la quale la sicurezza delle persone non è più garantita, se non per il tramite di DPI isolanti (lavoro a contatto di parti sotto tensione), oppure in seguito alla disalimentazione o al sezionamento delle parti attive interessate (lavoro fuori tensione).

L'estensione della fonte di pericolo rappresentata dalla zona di lavoro sotto tensione dipende dalla tensione nominale dei circuiti ed ha i confini delineati dalla distanza limite (D_L). Tali confini, sagomati in relazione alla relazione alla forma delle parti attive da cui "prendono le distanze", rappresentano la soglia, oltrepassando la quale, in direzione delle parti in tensione, viene meno la salvaguardia contro l'elettrocuzione.

I valori di D_L , riportati nella tabella 1, sono frutto di una convenzione internazionale. Nei confronti della media e della alta tensione, essi intendono salvaguardare contro il verificarsi di possibili scariche, in grado di perforare la rigidità dielettrica dell'aria (secca), mentre nei confronti della bassa tensione e nella fattispecie di quella normalizzata a 230/400V hanno un significato precauzionale.

Attorno a tali parti attive prive di una copertura che funga da protezione contro i contatti diretti si configura, quindi, virtualmente una zona volumetrica in cui il rischio di elettrocuzione è massimo (figura 1).

Verso l'esterno, al di là della superficie delineata, da punto a punto, da D_L , le Norme identificano un'ulteriore volumetria, detta zona di lavoro in prossimità e delineata dalla distanza di prossimità (D_V), misurata anch'essa a partire dalla superficie esterna delle parti attive.

Dalla tabella 1 si evince che l'estensione della zona di prossimità, una volta decurtata la parte che rientra nella zona sotto tensione, vale:

- 0,50 m per tensioni $U_N \leq 1$ kV
- 1,00 m per 1 kV $< U_N \leq 110$ kV
- 2,00 m per $U_N > 110$ kV.

Al di fuori dell'area periferica delineata da D_v , la zona non ha alcun nome, ma si presuppone che comporti rischi assai ridotti di elettrocuzione.

Il lavoro in prossimità può, quindi, svolgersi ad una distanza in aria dalle parti attive tale per cui, una volta messi in atto gli opportuni accorgimenti di prevenzione, gli operatori sia "impedita la penetrazione (diretta o indiretta) nella zona di lavoro sotto tensione"⁽²⁾, mentre può essere consentita, al massimo, la penetrazione più o meno frequente (molto meglio se saltuaria o accidentale) nella zona di lavoro in prossimità.

Posizione relativa in cui si trova la fonte di pericolo

Rispetto agli operatori destinati ad operare in prossimità, la fonte di pericolo può trovarsi sul piano orizzontale (sul fianco o sul retro), oppure su quello verticale (in alto), oppure su un piano intermedio. Le condizioni di raggiungibilità, se misurate dal punto in cui l'operatore poggia i piedi sul piano di calpestio, cambiano di molto, poiché verso l'alto la persona è in grado di usufruire quasi interamente della propria altezza.

TIPOLOGIA DEI LAVORI SVOLTI IN PROSSIMITÀ

Tipologicamente, un lavoro in prossimità di parti sotto tensione può essere una attività elettrica, di installazione, manutenzione o altro, svolta su un manufatto diverso, ma prossimo a quello nei confronti del quale si assumono le precauzioni oggetto di questa trattazione. Tale manufatto può essere fuori o sotto tensione e dal suo stato dipenderanno le procedure di intervento che gli operatori saranno tenuti a rispettare. Potrebbe, però, trattarsi anche di un'attività non elettrica, inerente l'edilizia, la carpenteria, la meccanica, l'installazione di impianti (anche elettrici), la verniciatura o altro. Attività, quindi, che di per sé non comportano rischi elettrici.

L'identificazione tipologica del lavoro in prossimità assume importanza, come si vedrà meglio in seguito, sia in relazione alla qualifica del personale operativo, sia in relazione alla necessità o meno di assumere precauzioni aggiuntive, oppure per via del configurarsi di una incompatibilità tra il tipo di intervento e il fatto che lo si intenda svolgere in prossimità di parti sotto tensione.

TECNICA DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

Ciò che potrebbe destare qualche perplessità è la pretesa normativa di escludere e di impedire l'accesso degli operatori alla fonte di pericolo, rappresentata dalla zona sotto tensione. Perplessità imputabili alla mancanza di un criterio di valutazione che, assumendo e valutando tutti gli aspetti del problema, possa disegnare un quadro esaustivo della situazione, quella in cui si vengono a trovare gli operatori intendi ad agire in prossimità di parti di tensione, per poi stabilire l'accessibilità o meno di tale situazione sotto il profilo antinfortunistico.

La tecnica delle barriere di sicurezza⁽³⁾ assolve a questa necessità, riscontrabile sia in fase di progettazione, sia in quella di verifica, componendo un quadro logico delle barriere tecnologiche, organizzative e individuali che concorrono (in modo coordinato e integrato) ad adempiere che la fonte di pericolo – in questo caso la presenza di parti in tensione scoperte – possa ledere le persone.

La figura 2 propone la schematizzazione classica adottata dal metodo di analisi delle barriere ed applicabile a qualsiasi situazione di rischio.

La fonte di pericolo deve essere confinata entro un insieme coordinato di barriere intrinseche, le quali permettono di abbattere il rischio dal valore R1, riscontrabile a ridosso del pericolo, al valore R2, altrimenti definito rischio residuo. Ove possibile, il valore R2 andrebbe azzerato⁽⁴⁾, ma se ciò risulta tecnicamente impossibile da conseguire, esso va comunque ridotto al minimo, in relazione a quanto attuabile all'evoluzione della tecnica.

L'individuazione e l'integrazione delle barriere intrinseche è un compito della progettazione, la quale può riferirsi in larga misura ai contenuti delle Norme tecniche.

Allorché tutto è stato assolto in materia di barriere intrinseche, abbattendo primariamente il rischio alla fonte e privilegiando le misure di protezione collettive rispetto a quelle di protezione individuale, occorre procedere al sicuro azzeramento del rischio. Per salvaguardare le persone è necessario fare in modo che il rischio R3, che le coinvolge direttamente, sia uguale a zero. Ciò si ottiene adottando un insieme coordinato e

integrato di barriere integrative, la cui attuazione è a carico in parte dell'organizzazione aziendale e in parte dei singoli individui.

La tecnica delle barriere di sicurezza è in grado di esprimere al massimo le sue peculiarità quando si tratta di analizzare una situazione di lavoro particolarmente delicata, come può essere appunto quella in cui un operatore si trova ad agire in prossimità di parti sotto tensione.

BARRIERE DI SICUREZZA PRESENTI NEI LAVORI IN PROSSIMITÀ

Nei lavori in prossimità, la Norma CEI 11-27 detta l'obiettivo da conseguire: "impedire la penetrazione (diretta o indiretta) dell'operatore nella zona di lavoro sotto tensione durante lo svolgimento dell'attività". Ogni intervento va studiato preventivamente con l'attenzione e, ove possibile, occorre prevederlo e risolverlo antinfortunicamente, individuando e studiando l'insieme delle barriere intrinseche e delle barriere integrative di cui si manifesta, caso per caso, la necessità.

Tali barriere sono indicate, in massima parte, dalle Norme tecniche, ma occorre individuarle singolarmente, coordinarle fra loro ed integrarle in un sistema che rappresenterà la procedura di intervento in prossimità, sotto il profilo della prevenzione antinfortunistica.

Come sempre accade, le barriere integrative sono una conseguenza delle barriere intrinseche, in quanto provvedono a d azzerare, in altro modo e agendo sull'operatore, il rischio residuo che non si è riusciti ad eliminare mediante soluzioni strutturali e tecnologiche.

BARRIERE INTRINSECHE

Le barriere intrinseche destinate ad impedire il contatto accidentale con le parti in tensione durante i lavori in prossimità sono essenzialmente due: l'impedimento fisico e la distanza sicura.

Esse non necessariamente si pongono in alternativa; anzi la soluzione migliore consiste spesso nel combinarle, in relazione alle situazioni riscontrabili sul campo.

Solitamente, sugli impianti con valori elevati di tensione può risultare più critica l'installazione degli impedimenti fisici, per cui è necessario ricorrere all'accorgimento della distanza sicura. Mentre, sugli impianti con tensione fino a 1.000 V, l'uso di impedimenti fisici consente una maggiore libertà di movimento agli operatori e garantisce una soluzione antinfortunistica valida anche in situazioni in cui lo spazio d'azione è carente.

La scelta dell'una o dell'altra barriera intrinseca richiede, di volta in volta, un'attenta valutazione che tenga conto:

- della collocazione strutturale dell'ambiente
- delle dimensioni delle parti attive da cui occorre proteggersi
- degli spazi a disposizione e di quelli necessari per una corretta esecuzione del lavoro
- del genere di lavoro che si dovrà svolgere
- del tipo di attrezzature che si utilizzeranno e delle parti che si andranno a manipolare o a movimentare
- della qualificazione del personale coinvolto.

Impedimento fisico

L'impedimento fisico, rappresentato da ripari, schermi, involucri, teli o altri protettori isolanti, è particolarmente efficace nel prevenire (impedendoli "fisicamente") contatti diretti accidentali dovuti ad azioni involontarie o inconsapevoli compiute dall'operatore o da chiunque altro dovesse venirsi a trovare nelle vicinanze delle parti in tensione.

Il problema sta nella sua installazione. Se prevista in anticipo, meglio ancora in fase di progettazione degli impianti, può essere attuata, all'occorrenza in modo agevole e sicuro. Mentre, se la si deve improvvisare, richiede una valutazione particolarmente attenta dei rischi in cui incorreranno gli operatori proprio nella fase di messa in opera dei ripari, schermi, teli isolanti o altro.

Se, durante l'operazione di messa in opera degli impedimenti fisici, gli operatori incaricati dovessero (per forza di cose) o potessero accidentalmente penetrare all'interno della zona di lavoro sotto tensione, il loro intervento andrebbe considerato a tutti gli effetti un intervento sotto tensione, con la necessità di adottare le procedure relative previste dalla Norma⁽⁵⁾. Ciò fa sì che quanto sopra possa essere accettabile solo nei confronti dei sistemi di Categoria 0 o I, poiché la normativa non prevede che gli operatori elettrici

dell'utenza – diverso è il caso degli operatori dipendenti delle società distributrici di energia – possano intervenire sotto tensione su sistemi di II e III Categoria (media e alta tensione).

Sugli impianti di media e alta tensione potrebbe allora essere necessario togliere tensione e porre il sistema in sicurezza durante le fasi di posizionamento degli impedimenti fisici.

La stessa procedura potrebbe essere seguita sugli impianti in bassa tensione, nel caso si volessero evitare le condizioni di interventi sotto tensione o non si disponesse di personale idoneo ad intervenire sotto tensione⁽⁶⁾.

In ogni caso, i dispositivi di protezione fisica destinati a fungere da barriera intrinseca durante gli interventi in prossimità devono rispondere ai seguenti requisiti:

- 1) idoneità rispetto alle sollecitazioni elettriche attese. Ciò significa che se il riparo è di materiale isolante, la sua rigidità dielettrica deve essere commisurata alla tensione delle parti destinate ad essere segregate, mentre se il riparo è di materiale conduttore, esso va collegato a terra e la sua distanza nomina rispetto alle parti attive (indicata con x nella figura 3) non deve essere inferiore a quella indicata nella tabella 2, sempre in relazione alla tensione nominale del sistema
- 2) consistenza strutturale, commisurata alle possibili sollecitazioni meccaniche cui il riparo potrebbe essere sottoposto per urti, deformazioni o altro
- 3) affidabilità di fissaggio, in modo da evitare possibili asportazioni dovute ad urti accidentali. La rimozione deve poter avvenire, in pratica, solo per azione volontaria
- 4) fessure residuali ridotte ad un valore tale da garantire un grado di protezione non inferiore a IP XXB. Solo in questo modo si può essere certi che il riparo sia in grado di ridurre la zona prossima fino in corrispondenza alla propria superficie esterna
- 5) estensione fisica del riparo, tale da evitare la penetrazione accidentale di parti del corpo o di oggetti nella zona pericolosa (tra il riparo stesso e le parti attive). Non è necessario estendere la protezione fino ad impedire anche il raggiungimento volontario delle parti sotto tensione
- 6) conformità alle Norme di prodotto dei protettori isolanti (teli, manicotti, tubi, selle, ecc..), soggetti a collaudi e prove periodiche che consentano di verificare lo stato di conservazione⁽⁷⁾.

Soprattutto per quanto attiene le protezioni nei confronti degli impianti di bassa tensione, le Norme scartano l'ipotesi che la barriera intrinseca debba prevenire anche azioni inusuali, quali "scavalcare una recinzione alta due metri o infilare un'asta sottile tra le maglie di una griglia"⁽⁸⁾.

Ma, attenzione, ciò significa che è necessario riportare sugli operatori la necessità di barriere integrative che ne regolino e ne affidabilizzino il comportamento.

Rientrano tra gli impedimenti fisici anche i blocchi meccanici, installati per esempio sulle parti mobili di una macchina operatrice, onde impedire che, durante l'esecuzione dei lavori in prossimità, tali parti si avvicinino oltre un certo limite alle parti sotto tensione scoperte.

Distanza di sicurezza

Secondo la definizione che ne dà la Norma CEI 11-27, la distanza sicura (figura 4) è il risultato di una somma: distanza limite (D_L) + maggiorazione ergonomia.

Della distanza limite D_L si conoscono le misure, in relazione alla tensione nominale del sistema (tabella 1), mentre sulla "maggioranza ergonomia" le Norme nella loro ultima edizione, non si esprimono in termini numerici, limitandosi ad affermare che una distanza è sicura allorché l'operatore che vi si trova con i piedi, per quanti gesti involontari possa fare (in tutte le direzioni e, soprattutto, in quella verso cui si trovano le parti in tensione scoperte), non riesce a violare i confini della zona di lavoro sotto tensione.

La distanza sicura va quindi calcolata di volta in volta, in relazione almeno a questi fattori:

- tensione nominale dell'impianto rispetto alla quale ci si trova in prossimità
- tipologia del lavoro che s'intende svolgere
- dimensioni delle attrezzature che dovranno essere impiegate
- qualificazione del personale coinvolto.

Nel momento in cui, alla luce delle esigenze operative e delle situazioni strutturali della zona di lavoro, tale distanza non risultasse conseguibile o mantenibile con certezza, risulterebbe necessario ricorrere all'uso di impedimenti fisici e, ove questi non risultassero attuabili, ricorrere alla messa fuori tensione delle parti fonte di pericolo.

Le distanze sicure appropriate vanno stimate, per quanto possibile, preventivamente, in sede di valutazione dei rischi.

Un criterio consigliabile si basa sulle misure antropometriche delle persone, per cui esse, pur estendendo un braccio per intero, non riuscirebbero a raggiungere (con la punta delle dita) una parte distante almeno 1.250 mm in senso orizzontale e almeno 2.500 mm in senso verticale, rispetto al punto sul terreno in cui si trovano

appoggiati i piedi⁽⁹⁾. Tali misure potrebbero essere assunte come maggiorazione economica nel caso in cui le mani non impugnassero alcun oggetto. In presenza di oggetti o attrezzi manipolati dall'operatore, la loro lunghezza andrebbe aggiunta alla dimensione ergonomica che tiene conto solo delle misure antropometriche umane.

In definitiva a titolo d'esempio, ponendo il caso in cui gli operatori impugnassero attrezzi (pinze, cacciaviti o altro) di lunghezza pari a 250 mm, la distanza sicura minima potrebbe essere calcolata applicando i valori della tabella 3.

In bassa tensione ($U \leq 1.000 \text{ V}$) essa risulterebbe perciò essere pari a 1,65 m, per poi progredire in modo correlato alla tensione nominale dell'impianto in prossimità del quale ci si trova a dover operare.

La logica antinfortunistica su cui si basa la barriera intrinseca della distanza sicura consiste nell'individuare in modo oculato la delimitazione oltre la quale gli operatori non devono inoltrarsi con i propri piedi, per far sì che tutte le parti del corpo, comprese le mani che potrebbero impugnare attrezzi od oggetti vari, non possano accidentalmente penetrare nella zona di lavoro sotto tensione.

Una prevenzione del genere come l'esperienza ben porta ad immaginare, potrebbe essere violata da almeno due inconvenienti:

- errori della stima "ad occhio" della distanza sicura da rispettare
- impiega imprevisto di oggetti lunghi, in grado di estendere il raggio di azione degli arti superiori.

Entrambe queste eventualità devono essere scongiurate grazie all'assunzione di idonee barriere combinate e integrative.

Continua

NOTE

- 1) Cfr. articolo 13.1 della Norma CEI 11-27
- 2) Cfr. articolo 13.3, righe 2 e 3, della Norma CEI 11-27
- 3) Per un approfondimento dei temi inerenti la tecnica delle barriere di sicurezza si rimanda al volume di Enrico Grassani: "prove tecniche di sicurezza sul lavoro. Progettazione e verifica delle barriere di sicurezza"; Editoriale Delfino, Redeciesio di Segrate (MI), 2005
- 4) Cfr. articolo 3, comma 1, lettera "b" del D.Lgs 626/94
- 5) Cfr. paragrafo 12 della Norma CEI 11-27
- 6) Per quanto attiene le procedure di intervento sotto tensione e la qualifica del personale si rimanda al volume di Enrico Grassani: "la manutenzione elettrica. Organizzazione, sicurezza e qualificazione del personale", Editoriale Delfino, Redeciesio di Segrate (MI)
- 7) Le Norme CEI EN sui prodotti isolanti per lavori elettrici sotto tensione sono curate dal Comitato tecnico 11
- 8) Cfr. articolo 7.6.3.3 della Norma CEI 11-27
- 9) Cfr. articolo 23.11 (commento) della Norma CEI 64-8.



FIGURA 1: Individuazione, attorno ad una parte attiva in tensione, della zona di lavoro sotto tensione e della zona di lavoro in prossimità

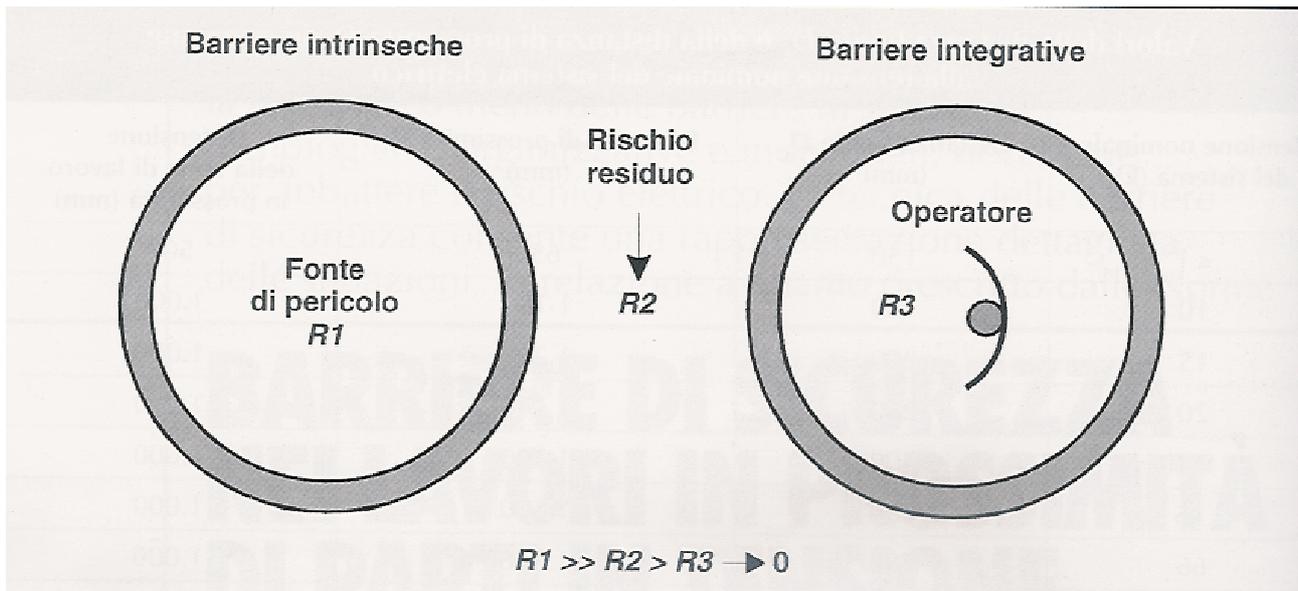


FIGURA 2: Schematizzazione logica adottata dalla tecnica di analisi del rischio mediante barriere di sicurezza

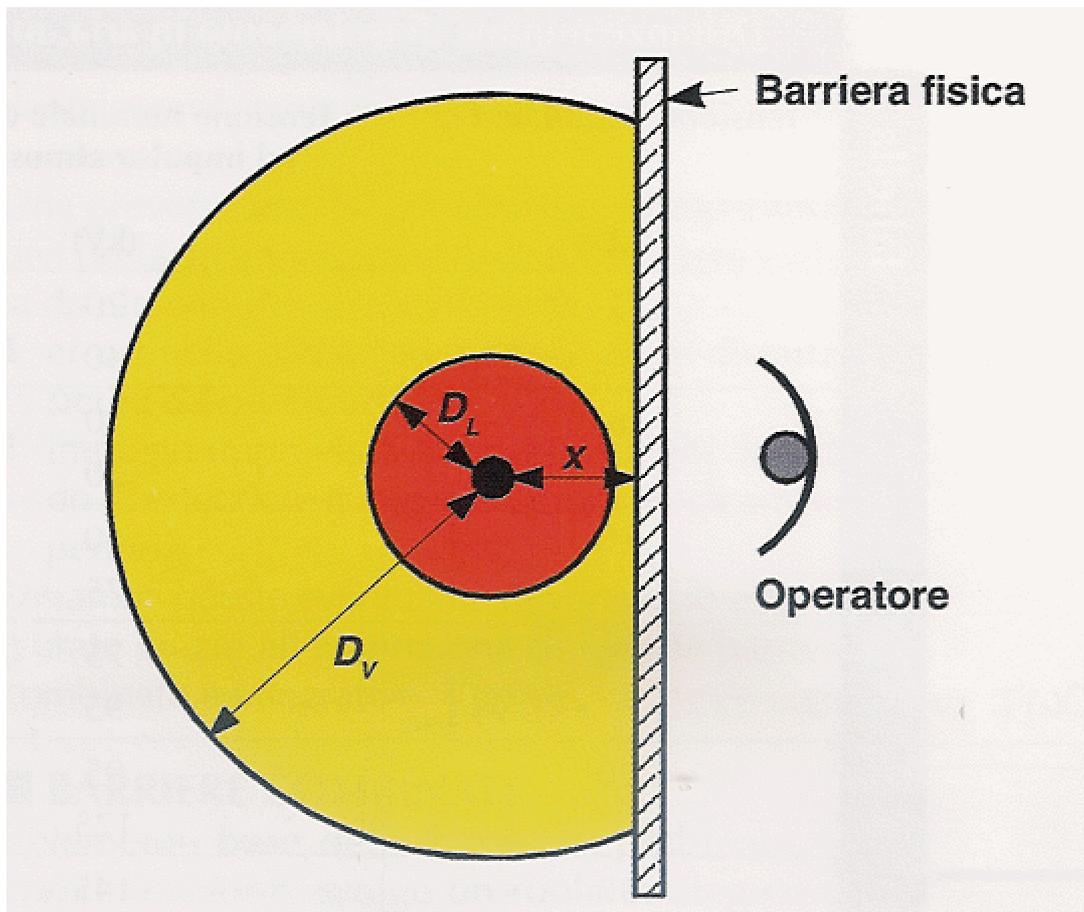


FIGURA 3: Collocazione in sicurezza delle barriere di protezione che agiscono per impedimento fisico

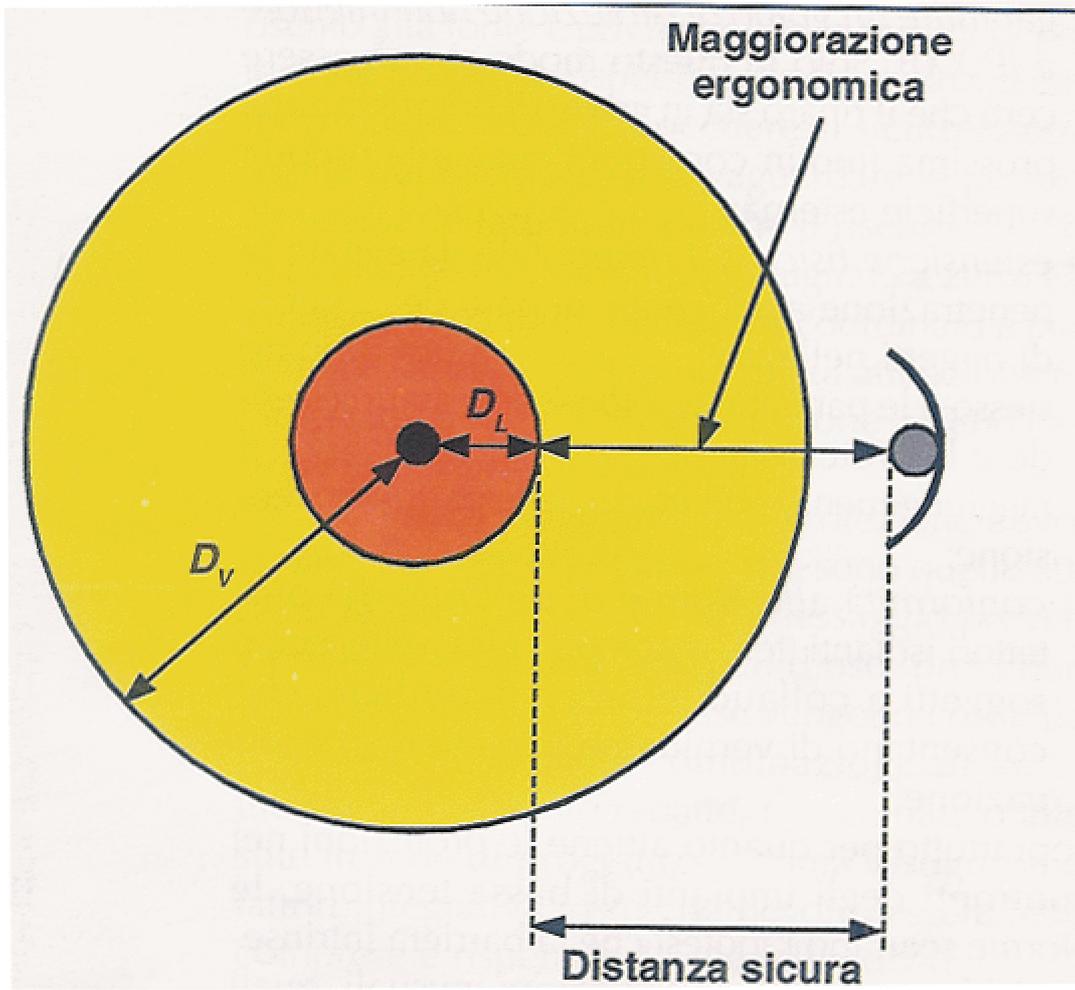


FIGURA 4: Barriera intrinseca rappresentata dalla “distanza sicura” rispetto alla parte sotto tensione

| Valori della distanza limite D_L e della distanza di prossimità D_V in relazione alla tensione nominale del sistema elettrico | | | |
|---|----------------------------|-----------------------------------|--|
| Tensione nominale del sistema (kV) | Distanza limite D_L (mm) | Distanza di prossimità D_V (mm) | Estensione della zona di lavoro in prossimità (mm) |
| ≤ 1 | 150 | 650 | 5.00 |
| 10 | 150 | 1.150 | 1.000 |
| 15 | 200 | 1.200 | 1.000 |
| 20 | 280 | 1.280 | 1.000 |
| 30 | 400 | 1.400 | 1.000 |
| 45 | 600 | 1.600 | 1.000 |
| 66 | 780 | 1.780 | 1.000 |
| 110 | 1.000 | 2.000 | 1.000 |
| 132 | 1.520 | 3.520 | 2.000 |
| 150 | 1.670 | 3.670 | 2.000 |
| 220 | 2.300 | 4.300 | 2.000 |
| 380 | 3.940 | 5.940 | 2.000 |

TABELLA 1

| Distanze minime di isolamento in aria, in base alle tensioni nominali dei sistemi elettrici | | | |
|---|---|--|------------------|
| Tensione nominale U_N (kV) | Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico (kV) | Distanze minime fase-terra e fase-fase | |
| | | All'interno (mm) | All'esterno (mm) |
| 3 | 20 | 60 | 120 |
| | 40 | 60 | 120 |
| 6 | 40 | 60 | 120 |
| | 60 | 90 | 120 |
| 10 | 60 | 90 | 150 |
| | 75 | 120 | 150 |
| 15 | 75 | 120 | 160 |
| | 95 | 160 | 160 |
| 20 | 95 | 160 | 160 |
| | 125 | 220 | 220 |
| 30 | 145 | 270 | 270 |
| | 170 | 320 | 320 |
| 36 | 170 | 320 | 320 |
| | 200 | 360 | 360 |
| 45 | 250 | - | 480 |
| 66 | 325 | - | 630 |
| 70 | 380 | - | 750 |
| 110 | 450 | - | 900 |
| | 550 | - | 1.100 |
| 132 | 450 | - | 900 |
| | 550 | - | 1.100 |
| | 650 | - | 1.300 |

TABELLA 2

Calcolo della “distanza sicura” in caso di intervento in prossimità

| | Irraggiungibilità antropometrica (mm) | Misura massima attrezzi (mm) | Distanza limite D_L in base alla tensione nominale (mm) | Distanza sicura^(*) (mm) |
|----------------------|--|-------------------------------------|---|---|
| In senso orizzontale | 1.250 | 250 | 150 (≤ 1 kV) | 1.650 |
| | | | 150 (≤ 10 kV) | 1.650 |
| | | | 200 (≤ 15 kV) | 1.700 |
| | | | 280 (≤ 20 kV) | 1.780 |
| | | | 400 (≤ 30 kV) | 1.900 |
| | | | 600 (45 kV) | 2.100 |
| | | | 1.520 (132 kV) | 3.020 |
| | | | 2.300 (220 kV) | 3.800 |
| In senso verticale | 2.500 | 250 | 150 (≤ 1 kV) | 2.900 |
| | | | 150 (≤ 10 kV) | 2.900 |
| | | | 200 (15 kV) | 2.950 |
| | | | 280 (20 kV) | 3.030 |
| | | | 400 830 kV) | 3.150 |
| | | | 600 (45 kV) | 3.350 |
| | | | 1.520 (132 kV) | 4.270 |
| | | | 2.300 (220 kV) | 5.050 |

^(*) Valori da incrementare nel caso l’operatore impugnasse oggetti con dimensione superiore a 250 mm di lunghezza

TABELLA 3