



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

IMPIANTI ELETTRICI NEI CANTIERI

L'impianto di cantiere è costituito **dall'insieme dei componenti elettrici**, fra loro elettricamente dipendenti, installati all'interno dell'area delimitata dal recinto del cantiere.

Il **cantiere può essere un luogo all'aperto o al chiuso ove si svolgono lavori temporanei** come la costruzione di nuovi edifici, la riparazione, la trasformazione, la demolizione e la ristrutturazione di edifici esistenti, la costruzione di opere pubbliche, strade, ferrovie ecc..

Ha **in genere vita breve**, appare con l'inizio dei lavori e scompare quando questi sono terminati con il recupero, per un successivo riutilizzo, di gran parte degli impianti e delle attrezzature.

La **provvisorietà tipica della struttura**, che induce spesso a trascurare i problemi legati alla sicurezza, le **condizioni ambientali gravose** e la presenza di **persone poco consapevoli del rischio elettrico** rendono, come purtroppo confermano le statistiche (più di un terzo del totale degli incidenti elettrici mortali si verifica nei cantieri edili), particolarmente pericoloso questo ambiente di lavoro.

Fortunatamente la sensibilità ai problemi della sicurezza è andata costantemente aumentando negli ultimi anni portando al recepimento di alcune direttive europee che stabiliscono prescrizioni molto severe per la sicurezza generale nei cantieri compresa anche la parte elettrica.

La funzionalità e la consistenza dell'impianto elettrico di cantiere sono funzione della durata e delle dimensioni del cantiere e pur non essendo richiesto dalla legge nessun tipo di progetto, **è sempre raccomandabile, almeno per i cantieri di dimensioni considerevoli, approntare una documentazione completa** (schemi dei quadri, dimensionamento protezione e posa delle condutture, misure di protezione dai contatti diretti e indiretti e schema dell'impianto di terra) delle principali caratteristiche dell'impianto.

Non dimentichiamo che **in caso di incidente elettrico il primo chiamato a rispondere è l'installatore** che ha realizzato l'impianto e che ha rilasciato la dichiarazione di conformità .

Il progetto potrebbe essere invece essere richiesto dal datore di lavoro e dal responsabile della sicurezza nei cantieri assoggettati al D.lgs. 81/08 riguardante la sicurezza e l'igiene del lavoro.

L'installatore risponde in prima persona ma la responsabilità pesa gravemente anche sulle spalle del datore di lavoro, del capocantiere, del responsabile della sicurezza e degli stessi lavoratori, come specificato nel D.Lgs 81/08 e dalle altre leggi di attuazione delle Direttive Comunitarie, per quanto concerne la sicurezza e la salute nei luoghi di lavoro.

In ogni caso il cantiere è un luogo di lavoro molto particolare e le caratteristiche dell'impianto elettrico devono tenere conto del maggiore rischio elettrico: occorrerà tenere presente le **condizioni climatiche**, variabili per tutta la durata del cantiere, il rischio di **urti**, la presenza di **polveri ed acqua**, la presenza più o meno elevata di **persone**, la presenza di eventuali ambienti a maggior rischio in caso **d'incendio o con pericolo di esplosione**.

Le responsabilità dell'impianto elettrico, in relazione alla funzione ricoperta nell'ambito del cantiere, in linea di massima possono essere così individuate:

installatore – per la scelta e l'installazione dei quadri che devono essere opportunamente coordinati con le altre apparecchiature a monte e a valle, le condutture compresi i dispositivi di sezionamento e protezione;

costruttore dei quadri – per il rispetto delle caratteristiche e delle prove richieste dalle Norme CEI EN 60439 -1 e 60439-4 ;

montatori (es. imprese di noleggio e posa dei macchinari) e utilizzatori finali (capocantiere) – per i circuiti terminali di collegamento delle macchine ai rispettivi quadri;

datore di lavoro, capocantiere e responsabile della sicurezza – per le macchine fisse, e le apparecchiature portatili o trasportabili.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

La protezione contro i **contatti diretti** viene ottenuta tramite **isolamento** delle parti attive o mediante involucri e barriere. E' bene evitare la protezione mediante ostacoli che può comunque essere utilizzata per breve tempo quando non sono praticabili altre misure.

La protezione mediante distanziamento è applicabile alle linee aeree nude. Essendo i cantieri allestiti generalmente all'aperto occorre tener presente che è vietato eseguire lavori in **vicinanza di linee aeree ad una distanza inferiore a 5 m** (tenendo eventualmente presente anche la lunghezza del braccio delle gru - fig. 1) a meno che, avvertito il gestore dell'impianto, non si provveda ad un'adeguata protezione mediante **ostacoli** (fig. 2) per evitare contatti o pericolosi avvicinamenti ai conduttori delle linee.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

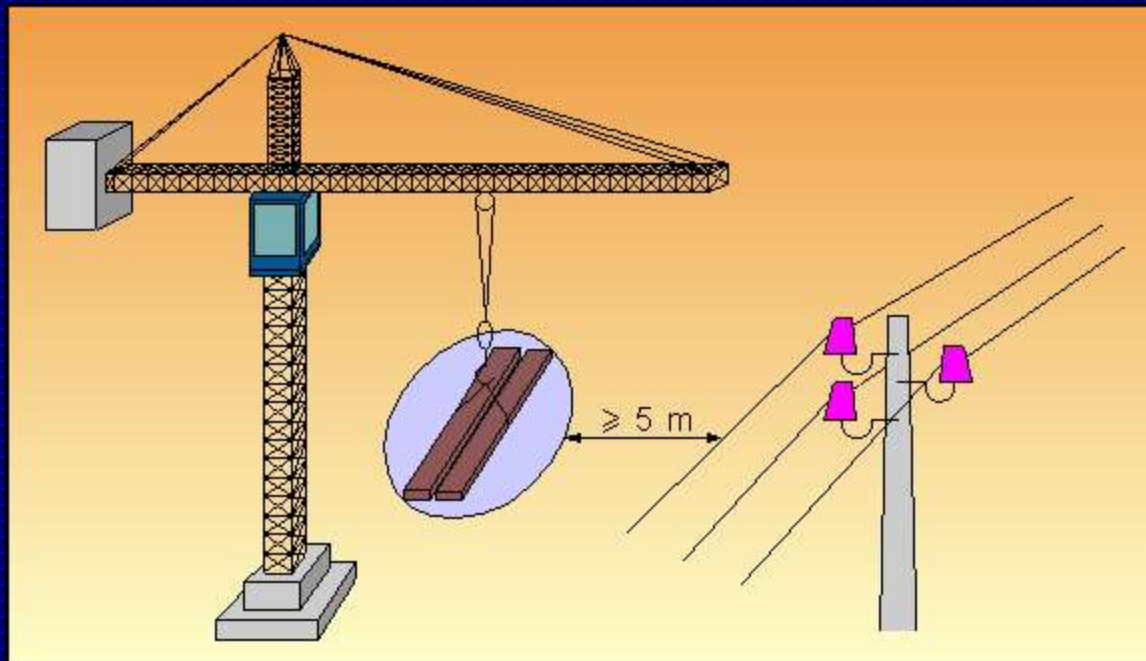


Fig. 1 – Distanza minima da linee elettriche



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

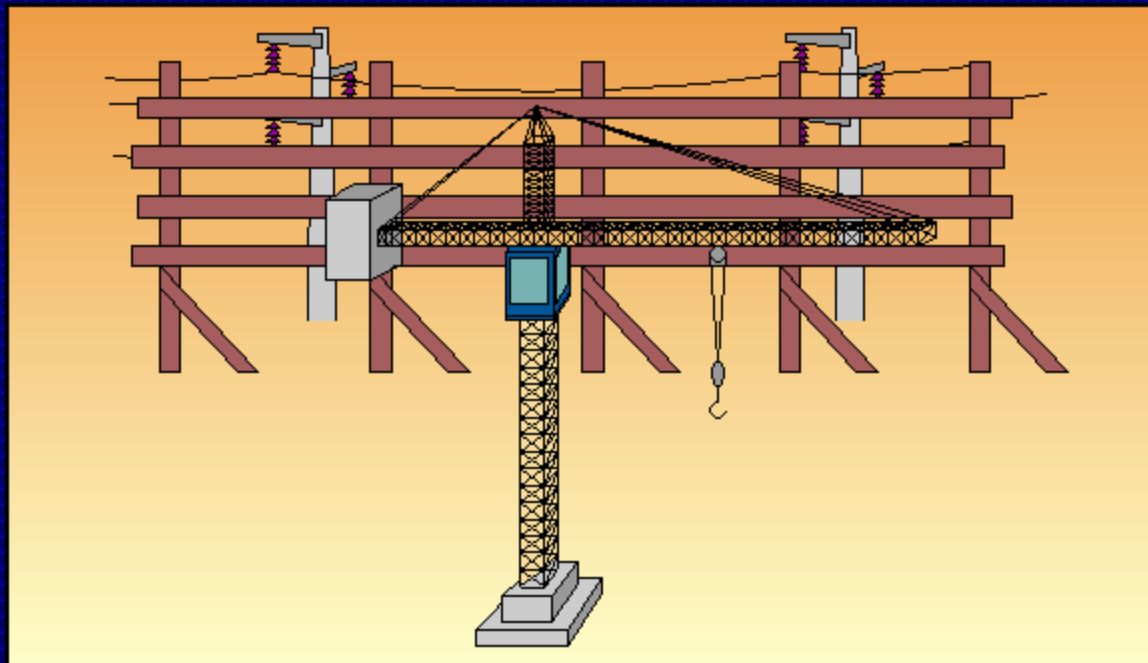


Fig. 2 – Esempio di protezione nei confronti di una linea aerea in media tensione

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

L'impianto di cantiere è alimentato normalmente da un **punto di fornitura** provvisorio e trae origine dal punto di allacciamento della linea di alimentazione del quadro generale di cantiere che spesso coincide con i morsetti dell'interruttore limitatore o dell'organo di misura, quando l'energia è fornita direttamente in bassa tensione da un ente distributore, o con un gruppo elettrogeno o una sottostazione prefabbricata di trasformazione MT/BT negli altri casi.

L'alimentazione però può essere prelevata anche da un impianto esistente, con l'impianto di cantiere che in questo caso fa capo ai morsetti dell'interruttore immediatamente a monte della linea di cantiere oppure, come nel caso di piccoli cantieri, direttamente dalla presa a spina che alimenta il quadretto di cantiere.



PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

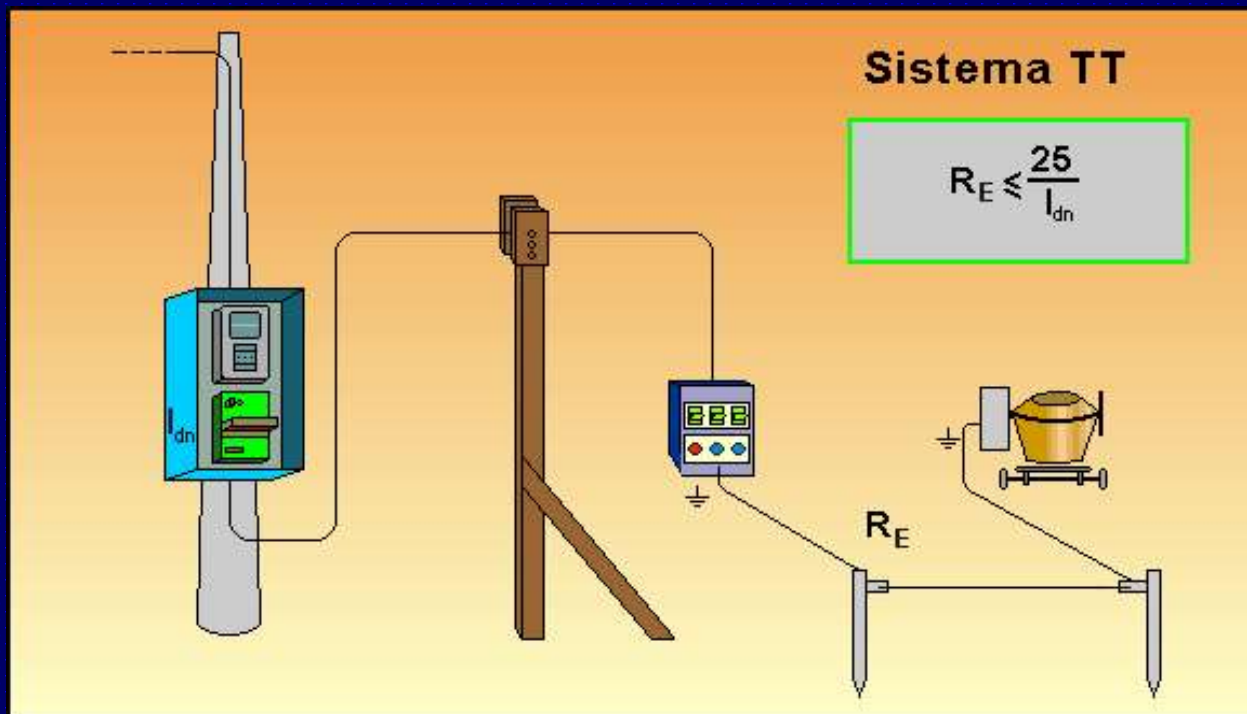
Per garantire la protezione contro i contatti indiretti sono ammessi tutti i sistemi indicati dalla Norma CEI 64-8, interruzione automatica dell'alimentazione, componenti di classe II, separazione elettrica, ecc. considerando una tensione di contatto limite ridotta rispetto ad un luogo ordinario a 25 V in corrente alternata e a 60 V in corrente continua.

La protezione combinata contro i contatti diretti e indiretti può essere ottenuta mediante il sistema SELV a una tensione nominale non superiore a 50V in corrente alternata o 120V in corrente continua con l'alimentazione fornita da una sorgente di sicurezza con adeguate caratteristiche di separazione (motori generatori, trasformatori di sicurezza, batterie, ecc.).

ALIMENTAZIONE DA RETE PUBBLICA A BASSA TENSIONE (SISTEMA TT)

Quando l'alimentazione è fornita direttamente in **bassa tensione** dall'ente distributore il **sistema è TT**. Il tipo di sistema determina il modo di collegamento a terra che in questo caso prevede il **collegamento di tutte le masse** del cantiere ad un impianto di terra indipendente da quello della rete di alimentazione pubblica (fig. 3).

*Fig. 3 -
Alimentazione da
rete pubblica
(sistema TT)*





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

ALIMENTAZIONE DA RETE PUBBLICA A BASSA TENSIONE (SISTEMA TT)

Il valore della **resistenza di terra** deve essere coordinato con i dispositivi di protezione verificando la seguente relazione:

$$R_E \leq \frac{25}{I_{dn}}$$

dove R_E è la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse, I_{dn} è la corrente nominale differenziale del dispositivo di protezione e 25 V è la tensione limite di contatto.

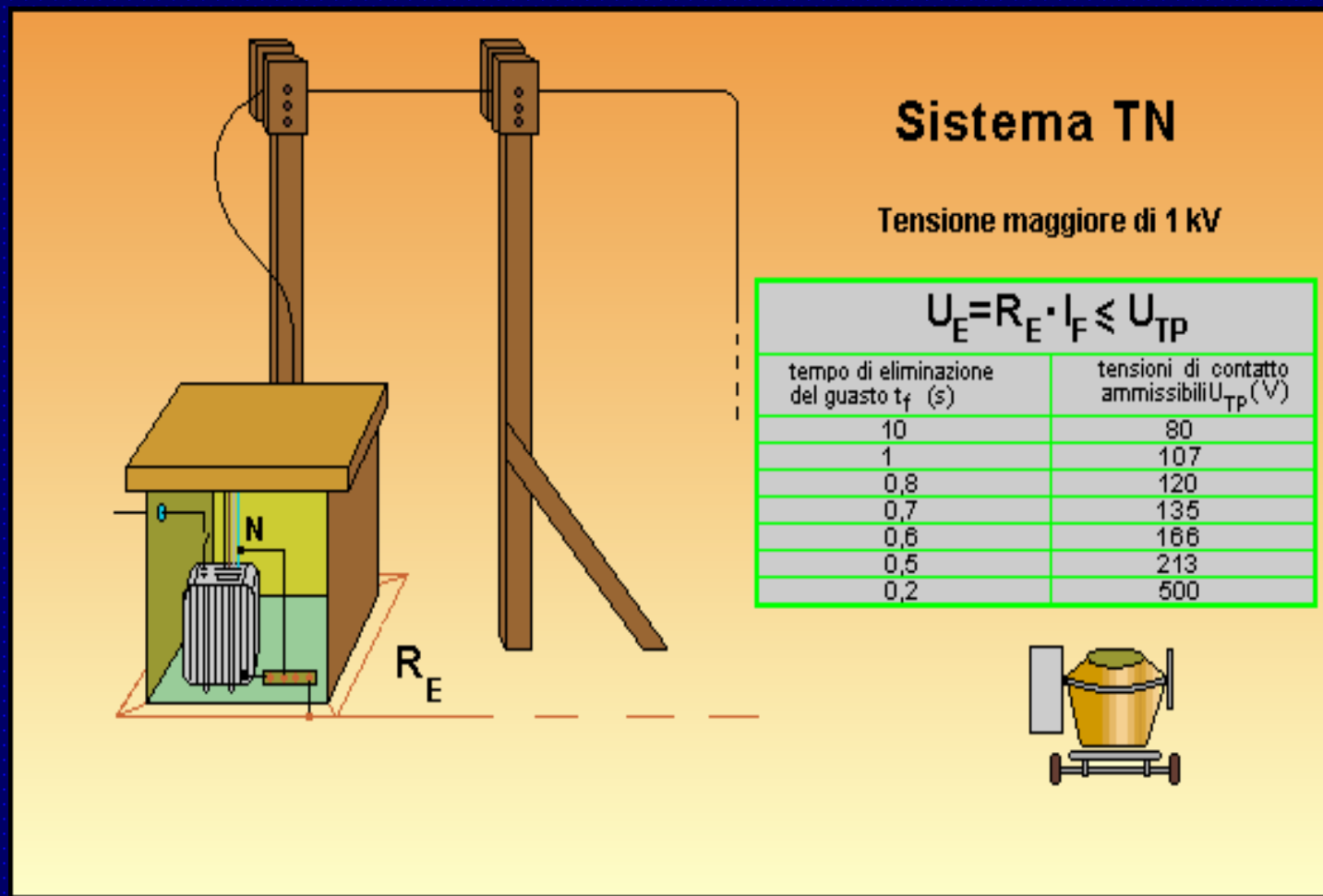


Per i **cantieri di grande dimensione** può essere conveniente alimentare l'impianto elettrico in alta tensione mediante una **propria cabina di trasformazione** realizzando un sistema che, per il modo di collegamento a terra delle masse, prende il nome di TN-S (lo stesso sistema viene adottato anche se l'alimentazione avviene tramite gruppo elettrogeno). L'impianto di terra è unico e si ottiene collegando le masse dell'impianto del cantiere, attraverso un adeguato conduttore di protezione, all'impianto di terra della cabina di trasformazione. Per la parte in alta tensione la relazione da verificare in questo caso è:

$$U_E = R_E \cdot I_F \leq U_{TP}$$

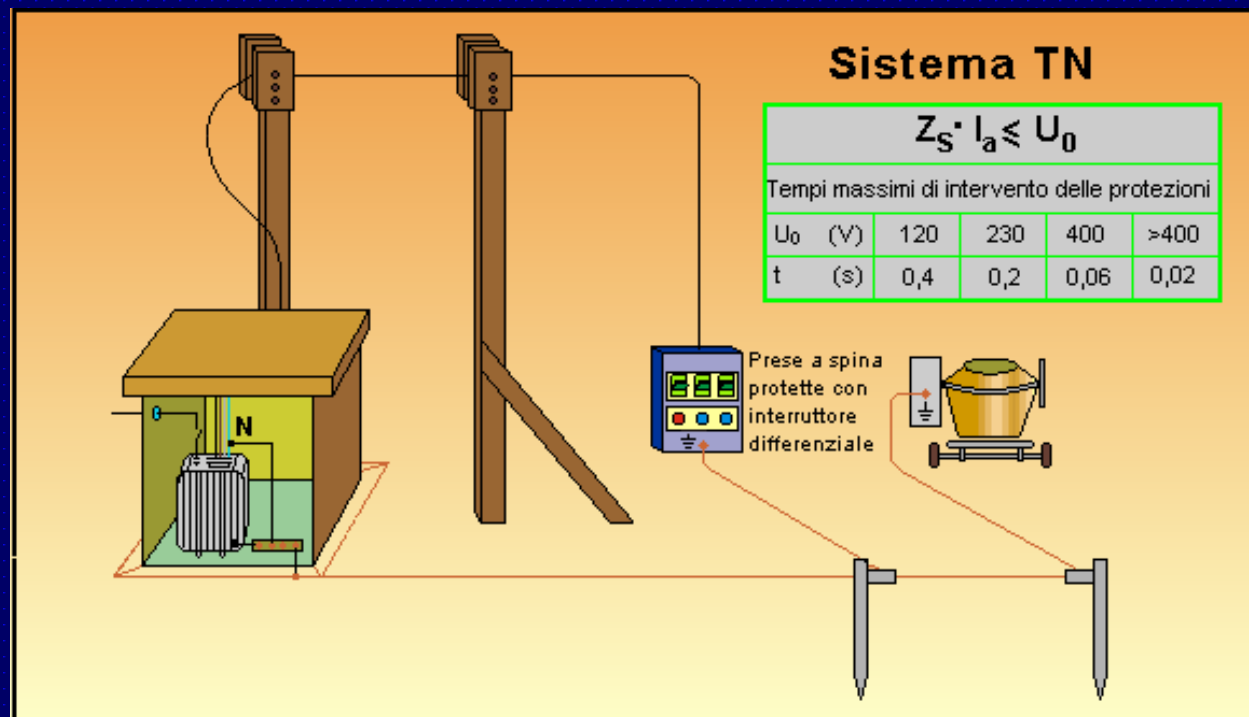
dove R_E è la resistenza di terra, U_E è la tensione totale di terra, U_{TP} è la tensione di contatto ammissibile ed I_F è la corrente di guasto a terra lato alta tensione (dato fornito dall'ente distributore). La tensione totale di terra U_E e le tensioni di contatto ammissibili U_{TP} , noto il tempo di eliminazione del guasto t_F (dato fornito dall'ente distributore) devono essere scelte fra quelle indicate in fig. 4.

*Fig. 4 -
Alimentazione
con sistema TN
– Parte in media
tensione*



Qualora non fosse possibile garantire il coordinamento dell'impianto di cantiere con le protezioni dell'ente distributore è possibile adottare altre soluzioni proposte dalle Norme CEI 11-1. Per quanto riguarda la parte dell'impianto a bassa tensione occorre verificare il coordinamento dei dispositivi di protezione così come indicato nella Norma CEI 64-8 art. 481.3.1 (fig. 5).

*Fig. 5 –
Alimentazio
ne con
sistema TN
– Parte in
bassa
tensione*





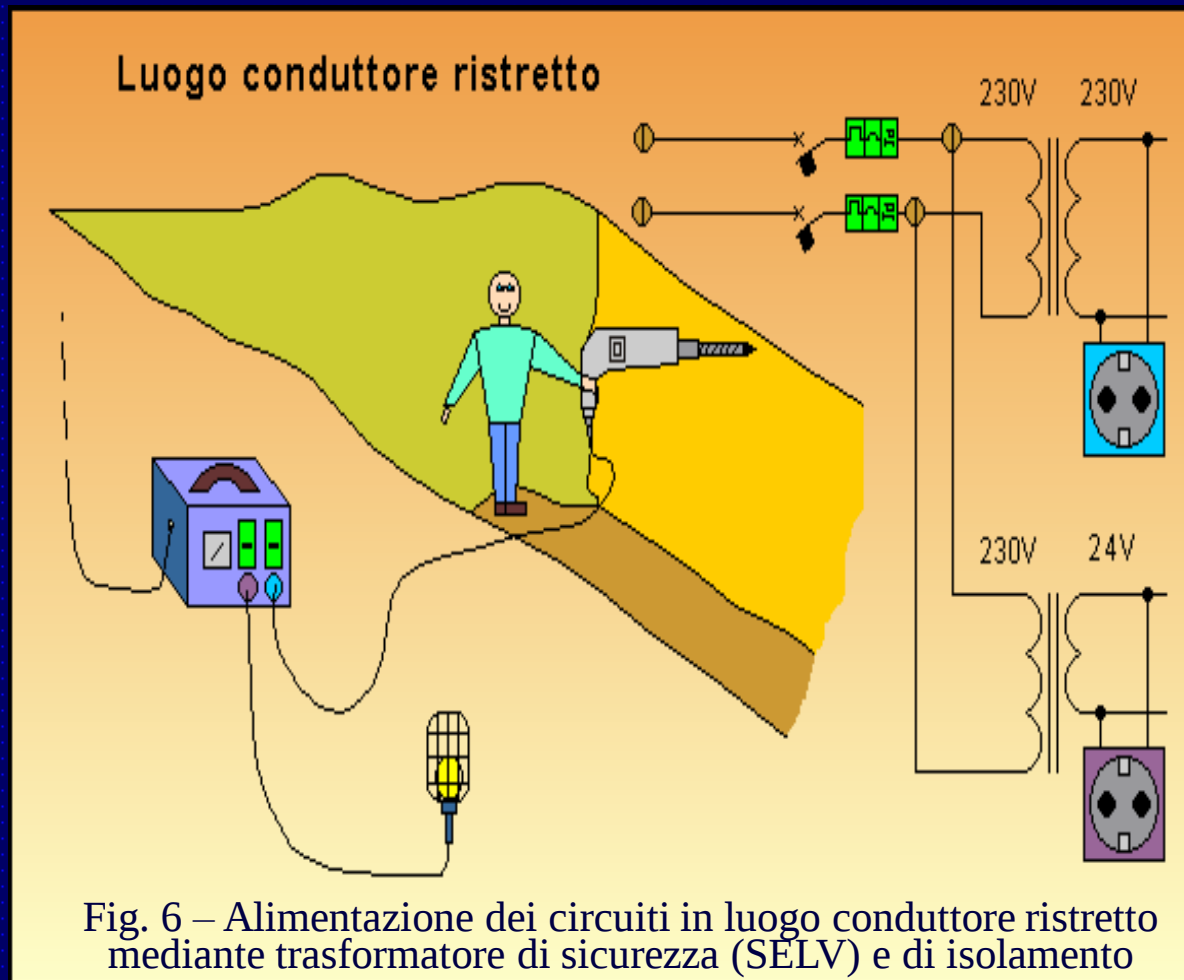
Nei sistemi TN **un guasto** sul lato bassa tensione è riconducibile ad un **vero e proprio corto circuito** poiché la corrente si richiude, attraverso i conduttori di fase e quelli di protezione, sul centro stella del trasformatore, senza interessare il dispersore. La protezione può essere attuata per mezzo di dispositivi a massima corrente a tempo inverso quando sia soddisfatta la seguente condizione:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s}$$

dove U_0 è la tensione nominale verso terra dell'impianto lato bassa tensione (normalmente 230 V), Z_s è l'impedenza totale dell'anello di guasto che comprende il trasformatore il conduttore di fase e quello di protezione fra il punto di guasto e il trasformatore, **I_a è la corrente che provoca l'intervento delle protezioni** entro i tempi indicati per gli impianti in ambienti particolari (fig. 5); **0,2 s per i circuiti terminali e 5 s per i circuiti di distribuzione o circuiti terminali che alimentano apparecchi fissi quando si hanno tensioni verso terra di 230 V**. L'impedenza dell'anello di guasto può essere ottenuta con calcoli o più semplicemente con misure ma negli impianti di cantiere, dove per maggior sicurezza normalmente si impiegano dispositivi differenziali (in questo caso I_a coincide con la corrente nominale differenziale del dispositivo I_{dn}), la misura dell'impedenza dell'anello di guasto in genere non risulta necessaria perché nella maggioranza dei casi con tali dispositivi la relazione 1.3 risulta ampiamente soddisfatta.

ALIMENTAZIONE DEI CIRCUITI IN LUOGHI CONDUTTORI RISTRETTI

Tutti i luoghi di dimensioni limitate, racchiusi da superfici metalliche o comunque conduttrici nei quali una persona può entrare in contatto con tali superfici attraverso un' ampia parte del suo corpo e dove è difficoltoso interrompere tale contatto (fig. 1.6), **vengono denominati luoghi conduttori ristretti** (tale definizione è applicabile agli ambienti estesi in cui l'operatore è a stretto contatto, con ampie parti del corpo, con superfici conduttrici, ad esempio lavori con cinture di sicurezza su strutture metalliche, i ponteggi e le incastellature metalliche, l'interno di serbatoi metallici, gli stretti passaggi tra un insieme di tubazioni metalliche, ecc..).



ALIMENTAZIONE DEI CIRCUITI IN LUOGHI CONDUTTORI RISTRETTI

Gli utensili portatili, gli apparecchi di misura trasportabili o mobili impiegati in questi luoghi possono essere alimentati a **bassissima tensione di sicurezza** (SELV) ad una tensione non superiore a 50 V (le lampade portatili possono essere alimentate solo a bassissima tensione di sicurezza normalmente 24 V) o **tramite separazione elettrica** con un trasformatore di isolamento 230V/230V, rispondente alla Norma CEI 96-1 (in questo caso gli utensili, dovranno essere del tipo a **doppio isolamento** e il trasformatore di sicurezza dovrà essere privo della messa a terra sul secondario), con l'avvertenza di tenere le sorgenti di energia all'esterno del luogo conduttore ristretto.

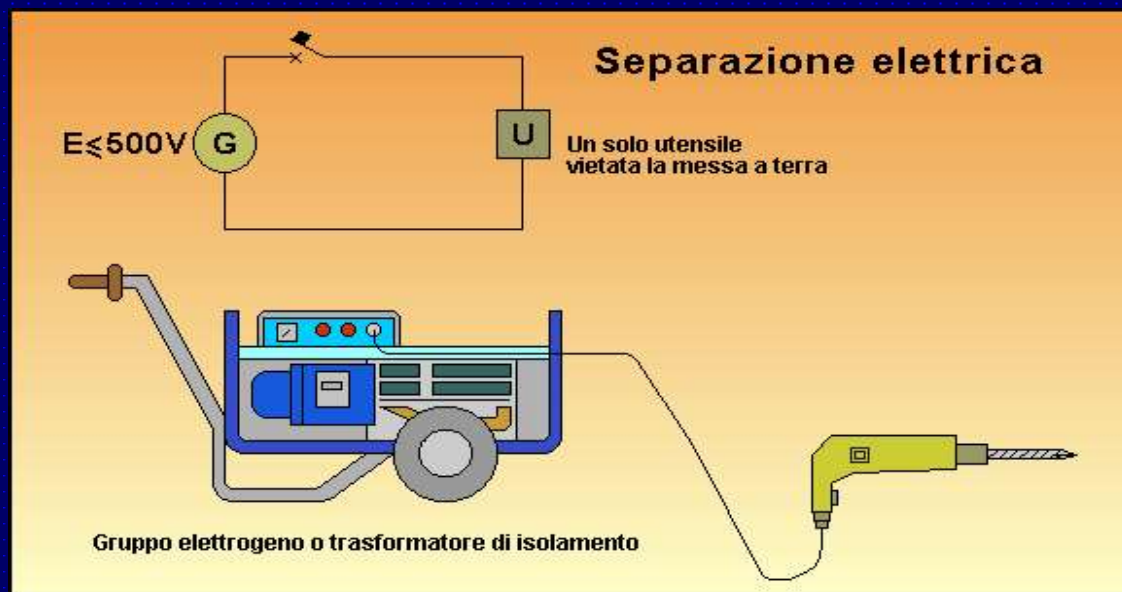
I quadri speciali possono essere muniti di più prese a spina purché alimentate da un **singolo trasformatore** o da un **singolo avvolgimento** di un trasformatore con più avvolgimenti secondari separati.



PROTEZIONE PER SEPARAZIONE ELETTRICA IMPIEGO DI COMPONENTI DI CLASSE II

I circuiti dei piccolissimi cantieri possono essere collegati direttamente all'impianto esistente mediante **presa a spina che alimenta un quadro portatile contenente un trasformatore di isolamento**, ottenendo in tal modo una protezione contro i contatti indiretti mediante separazione elettrica. Allo stesso risultato si può giungere anche utilizzando un piccolo gruppo elettrogeno con adeguate caratteristiche di separazione che alimenta un solo utilizzatore alla volta (fig.7).

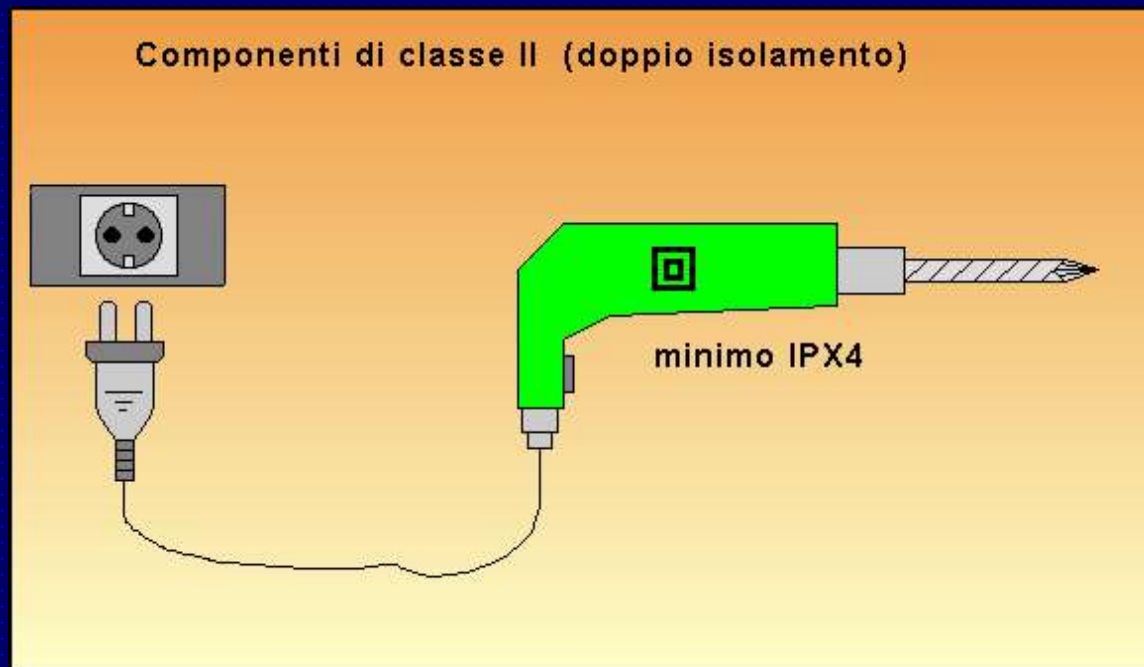
Fig. 7 Alimentazione di un unico utilizzatore mediante gruppo elettrogeno





Un'altra soluzione possibile per i piccolissimi cantieri consiste nell'impiego di utensili portatili di classe II (fig. 8) purché siano idonei per l'uso in luoghi soggetti a spruzzi d'acqua (IPX4).

Fig. 8 – Uso di utensili di classe seconda



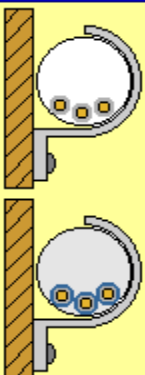
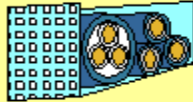
Dimensionamento e posa delle condutture

La scelta delle condutture di cantiere viene effettuata, come per tutti gli impianti tradizionali, **a partire dalla modalità di posa**, tenendo presenti le caratteristiche ambientali tipiche dei cantieri. Il tipo di posa scelto non deve essere di intralcio alle persone o ai mezzi di trasporto (anche per evitare danneggiamenti ai cavi stessi), i cavi devono essere opportunamente protetti meccanicamente contro i danneggiamenti e devono essere facilmente individuabili e rimovibili quando il cantiere sarà smantellato.

La scelta della modalità di posa è condizionata da diversi fattori tra i quali il costo e la facilità di recupero o di spostamento nel corso dei lavori di cantiere. Tra le modalità proposte dalla normativa vigente (fig. 9) quella più utilizzata proprio per la sua economicità e versatilità nell'impiego in cantiere, è quella aerea senza fune portante (fig. 10).

DIMENSIONAMENTO E POSA DELLE CONDUTTURE

Fig. 9 – Modalità di posa
più comuni riportate
dalla guida 64-17

Pose più significative	Numero CEI 64-8	Raffigurazione	Temp. ambiente (C°)
Cavi entro tubi a vista Senza guaina Multipolari o unipolari con guaina	3 3A		30
Cavi con guaina o armatura posati a parete	11		30
Cavi multipolari con guaina su passerelle non perforate Cavi unipolari con guaina su passerelle non perforate	12		30
Cavi multipolari con guaina su passerelle perforate Cavi unipolari con guaina su passerelle perforate	13 13		30



DIMENSIONAMENTO E POSA DELLE CONDUTTURE

Fig. 9 – Modalità di posa
più comuni riportate
dalla guida 64-17

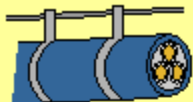
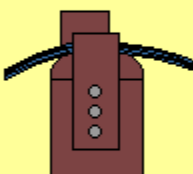
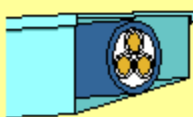
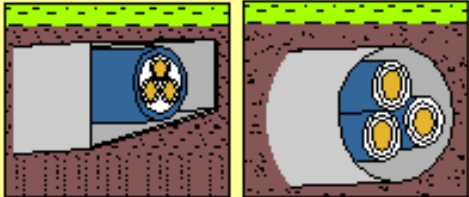
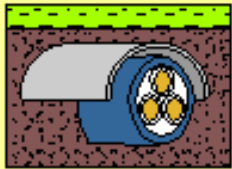
Cavi multipolari con guaina sospesi a funi	17	 	30
Cavi unipolari con guaina sospesi a funi	17		
Cavi multipolari con guaina sospesi su pali dotati di selle e fissati <u>confascette</u>	17		30
Cavi Unipolari con o senza guaina posati in canale	34	 	30
Cavi Multipolari con o senza guaina posati in canale	34A		

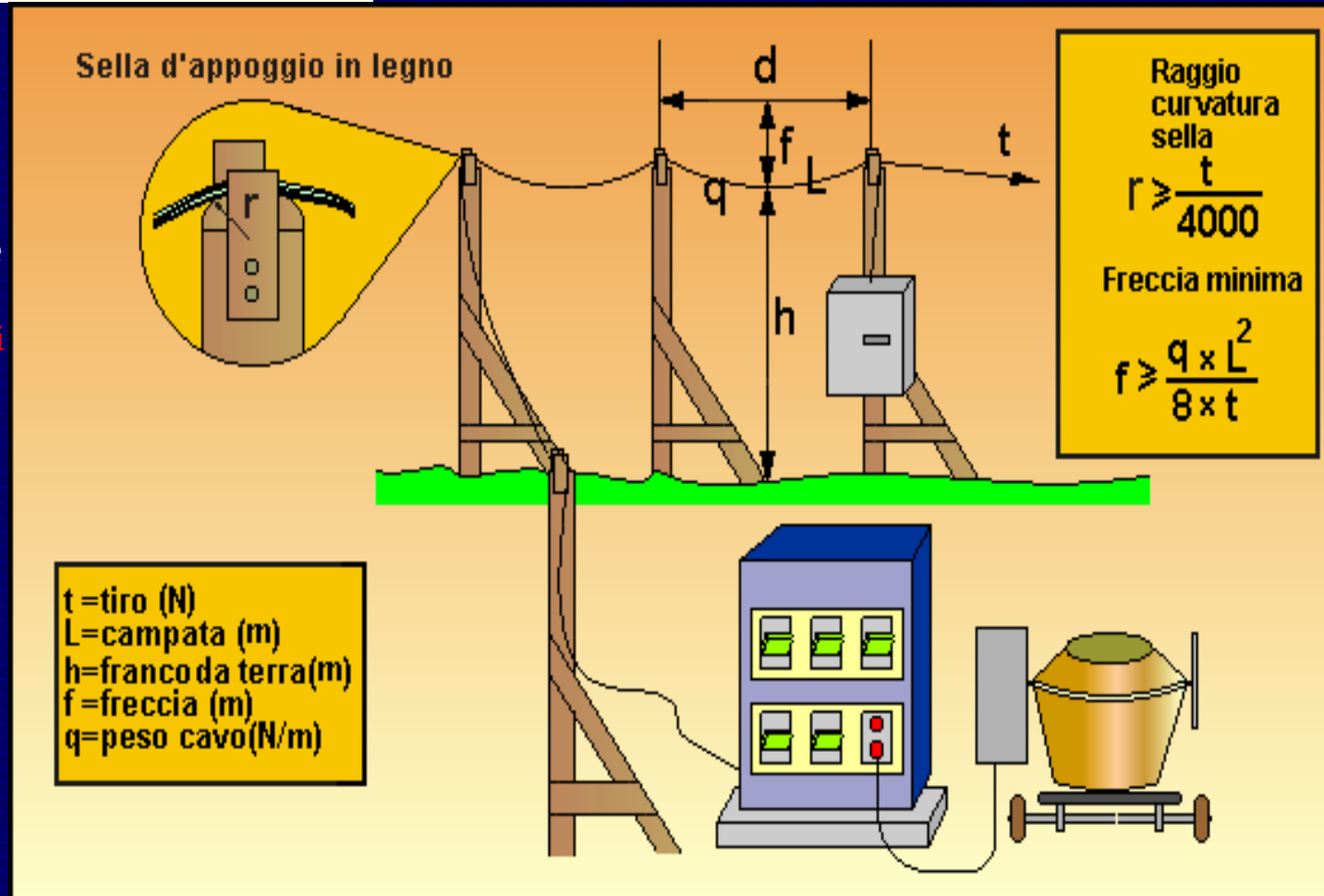
Fig. 9 – Modalità
di posa più
comuni riportate
dalla guida 64-17

Cavi con guaina posati in tubi protettivi (cavidotti) o cunicoli interrati	61		20
Cavi provvisti di armatura metallica interrati senza protezione meccanica aggiuntiva	62		20
Cavi con guaina interrati con protezione meccanica	63		20
Cavi multipolari immersi in acqua	81		20

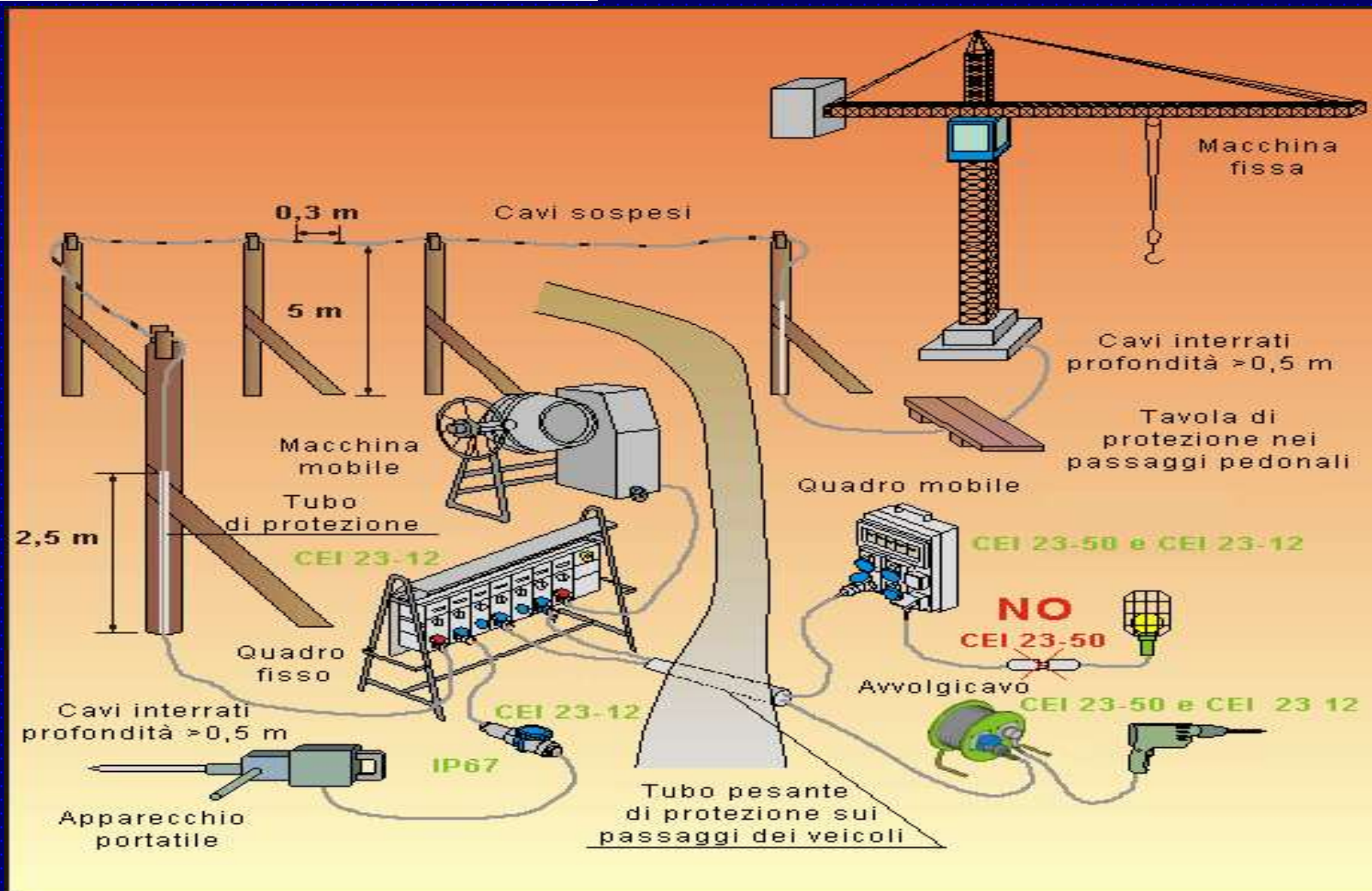


DIMENSIONAMENTO E POSA DELLE CONDUTTURE

Onde evitare il rischio di tagli sulla guaina è vietato sostenere i cavi a mezzo legature in filo di ferro. Devono invece essere sostenuti mediante selle, in legno o di altro materiale, prive di spigoli o di altri elementi taglienti e aventi un raggio di curvatura adeguato ad evitare lo schiacciamento del cavo sulla sella a causa del proprio peso. Il raggio della sella può essere calcolato con la formula di fig. 10. Alcuni esempi di posa delle condutture in un cantiere sono riportate in fig. 11.



DIMENSIONAMENTO E POSA DELLE CONDUTTURE



DIMENSIONAMENTO E POSA DELLE CONDUTTURE

I cavi ammessi sono quelli dichiarati idonei dal costruttore per la posa all'esterno in ambienti bagnati (H07VV-F, N1VV-K, FG7OK, H07RN-F, ecc. Tab. 1).

		Posa fissa				Posa mobile
		Tubi protettivi e canali	Passerelle e funi	Interrato		
				Tubi protettivi	Con protezione meccanica	
Modalità di posa		3,34	11,12,13,17,34	61	63	
Tipo	Tensioni					
H07V-K	450/750V	SI	NO	NO	NO	NO
H07BQ-F	450/750V	SI	SI	NO	NO	SI
H07RN-F	450/750V	SI	SI	NO	NO	SI
FG7OR	0,6/1 kV	SI	SI	SI	SI	NO
N1VV-K	0,6/1 <u>kV</u>	SI	SI	SI	SI	NO

Fig.11 – Esempi di distribuzione e posa delle condutture in un cantiere



Di seguito sono indicate, per il tipo di posa su pali e interrato, le portate massime (A) in regime permanente di alcuni cavi isolati in EPR.

Tipo di posa	N° cond. attivi	Sezione del cavo							
		4	6	10	16	25	35	50	70
Aria libera sospeso	2	49	63	86	115	149	185	225	289
	3	42	54	75	100	127	158	192	246
Interrato	2	44	56	73	95	121	146	174	213
	3	37	46	61	79	101	122	144	178

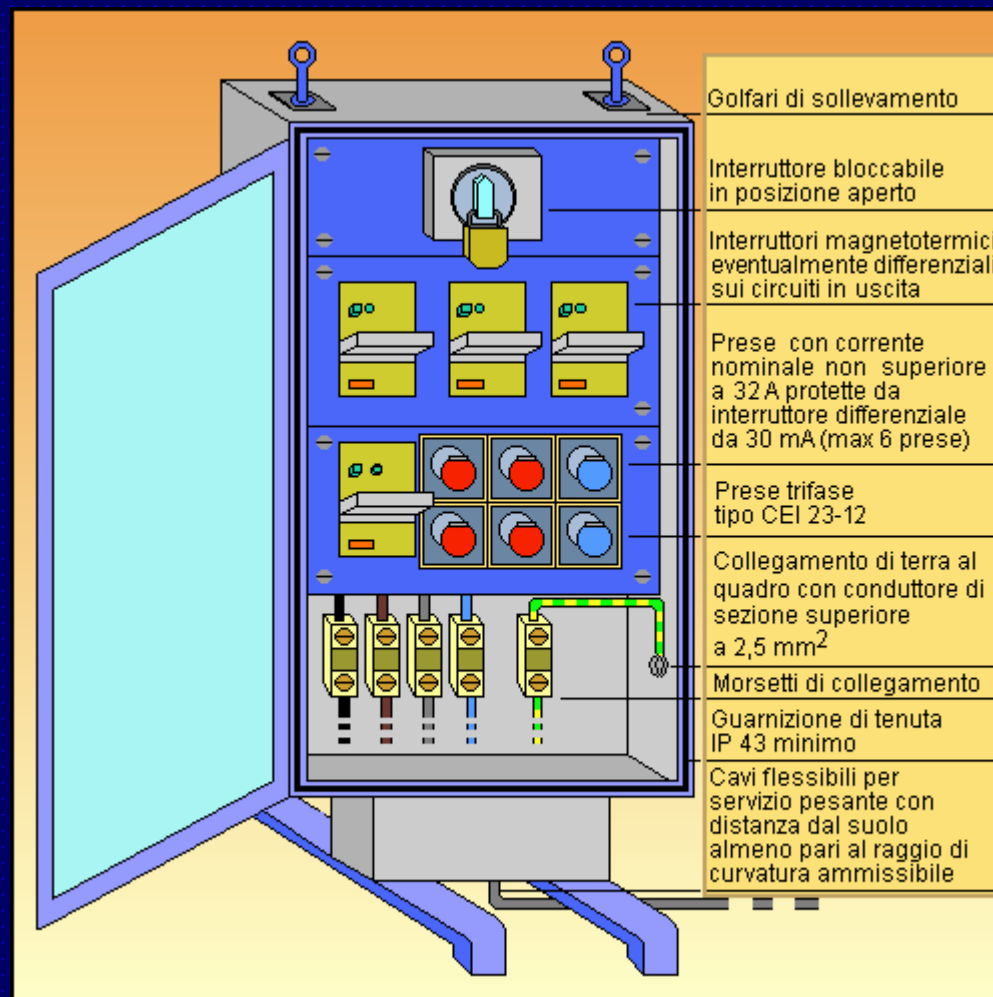
*Tab. 2 – Portata massima in regime permanente per alcuni
cavi multipolari isolati in EPR (A)*



Tutti i quadri per la distribuzione dell'elettricità nei cantieri di costruzione e demolizione devono essere **conformi alle prescrizioni** della *Norma Europea EN 60439-4 - “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 4: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate per cantiere (ASC) ”*.

Quando l'alimentazione è derivata da un impianto fisso esistente o anche quando l'impianto di cantiere è costituito solamente da parti mobili, **non può mancare quindi almeno un quadro generale di cantiere** (fig. 12).

Fig. 12 – Caratteristiche principali di un quadro elettrico di cantiere



Le pesanti condizioni di esercizio a cui sono sottoposti i quadri elettrici impiegati nei cantieri determinano le caratteristiche che devono possedere questi componenti:

- buona **versatilità** di utilizzo nel cantiere e per il riutilizzo in cantieri successivi;
- facile **reperibilità** di eventuali parti da sostituire;
- **facilità di installazione** e di immagazzinamento;
- buona **resistenza** alle sollecitazioni cui possono essere sottoposti in cantiere;
- garanzia di **sicurezza** dell'impianto nelle condizioni di utilizzo previste.

I quadri di cantiere devono essere sottoposti a complicate prove di tipo in genere non effettuabili dai normali quadristi o elettricisti. E' per questo motivo che abitualmente i quadri **ASC (Assiati di Serie per Cantieri)** vengono acquistati già montati, collaudati e certificati dal costruttore. La guida CEI 64-17 in base a caratteristiche strutturali e di utilizzo individua vari livelli dei quadri di cantiere:

- ASC di distribuzione principale;
- ASC di distribuzione;
- ASC di trasformazione;
- ASC di distribuzione finale;
- ASC di prese a spina.

Per motivi di sicurezza, qualunque sia il numero di quadri in cascata, si deve cercare di ottenere il massimo livello di selettività possibile delle protezioni. Ogni quadro ASC, indipendentemente dalla funzione svolta, dovrà avere:

In entrata

- un dispositivo di **sezionamento** con la possibilità di bloccarlo in posizione di aperto;
- un dispositivo di **protezione** contro le sovracorrenti, non strettamente necessario se la protezione è assicurata da un dispositivo a monte;

In uscita

- uno o più circuiti singolarmente **protetti contro le sovracorrenti** e i contatti indiretti
- un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti, non strettamente necessario se la protezione è assicurata da un dispositivo a monte;

Oltre a questo il quadro dovrà **rispondere alle seguenti prescrizioni normative**:

- essere adatto all'installazione anche in luoghi difficilmente accessibili conservando la posizione verticale;
- essere dotato di mezzi idonei al sollevamento e al trasporto;
- possedere morsetti di collegamento adatti a ripetuti allacciamenti;
- possedere un **grado di protezione minimo IP44** ad eccezione del pannello frontale interno che potrà avere un grado di protezione minimo IP21 quando è protetto da un portello che garantisca comunque un grado di protezione minimo verso l'esterno IP44;
- avere i cavi in uscita dal quadro ad una distanza dal suolo sufficiente a garantire un corretto raggio di curvatura.

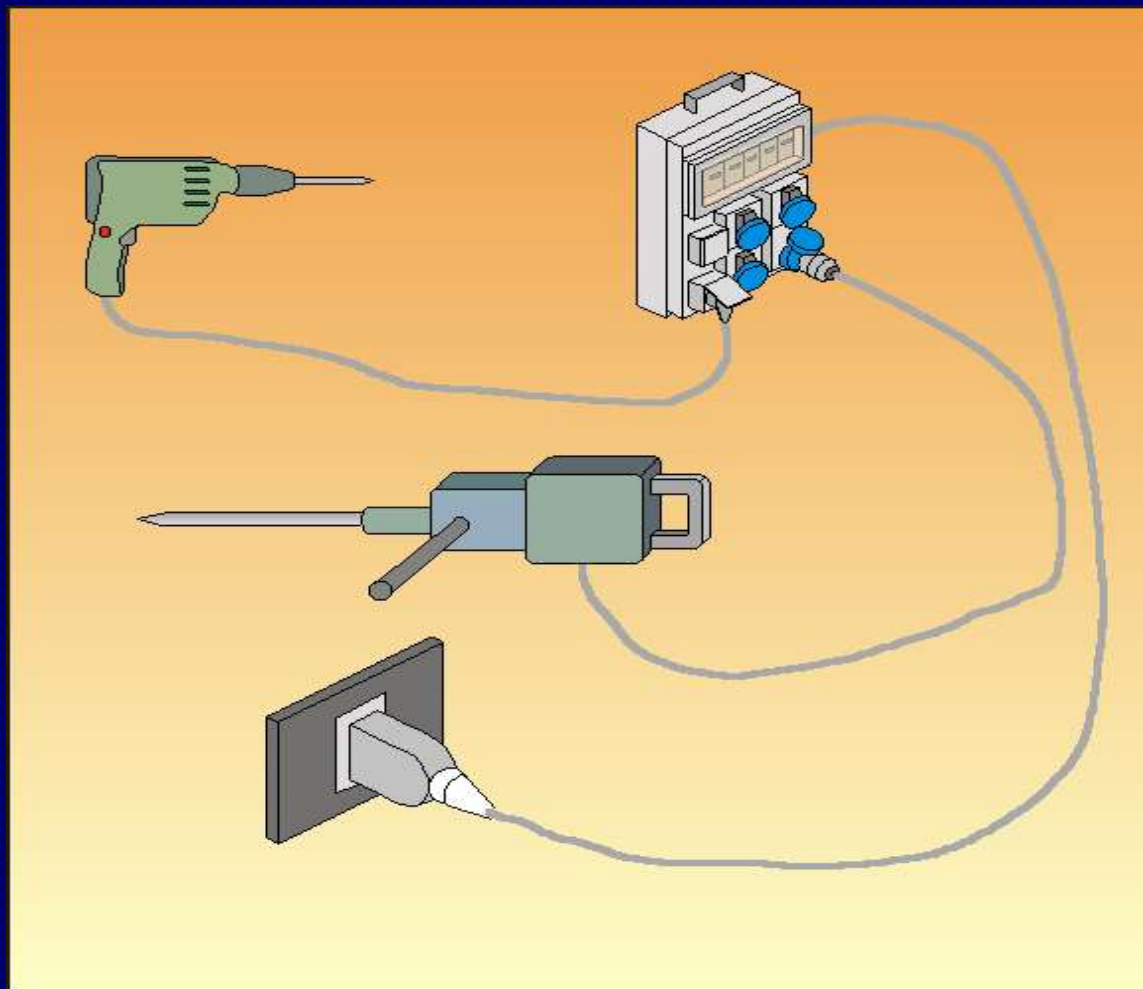


Il quadro di cantiere riveste un'importanza fondamentale per quanto concerne la sicurezza ed è esplicitamente richiesto dalla Norma CEI 64-8. Dal punto di vista della distribuzione, in relazione alla dimensione dell'impianto e al tipo di alimentazione impiegata si possono evidenziare le seguenti situazioni.

Piccolissimi cantieri - dove si effettuano semplici manutenzioni o modeste ristrutturazioni la potenza necessaria al funzionamento del cantiere è dell'ordine di qualche kW e l'alimentazione delle varie apparecchiature può essere ottenuta direttamente dalle prese esistenti utilizzabili anche per il comando e il sezionamento.

L'impiego di un piccolo quadro di prese a spina da cantiere con trasformatore di isolamento oppure protetto da **interruttore magnetotermico differenziale con I_{dn} non superiore a 30mA** è in ogni caso raccomandabile. Potrebbe infatti non essere verificato il coordinamento delle protezioni con il valore della resistenza dell'impianto di terra perché come è noto la tensione di contatto limite negli ambienti ordinari è di 50V mentre nei cantieri è ridotta a 25V.

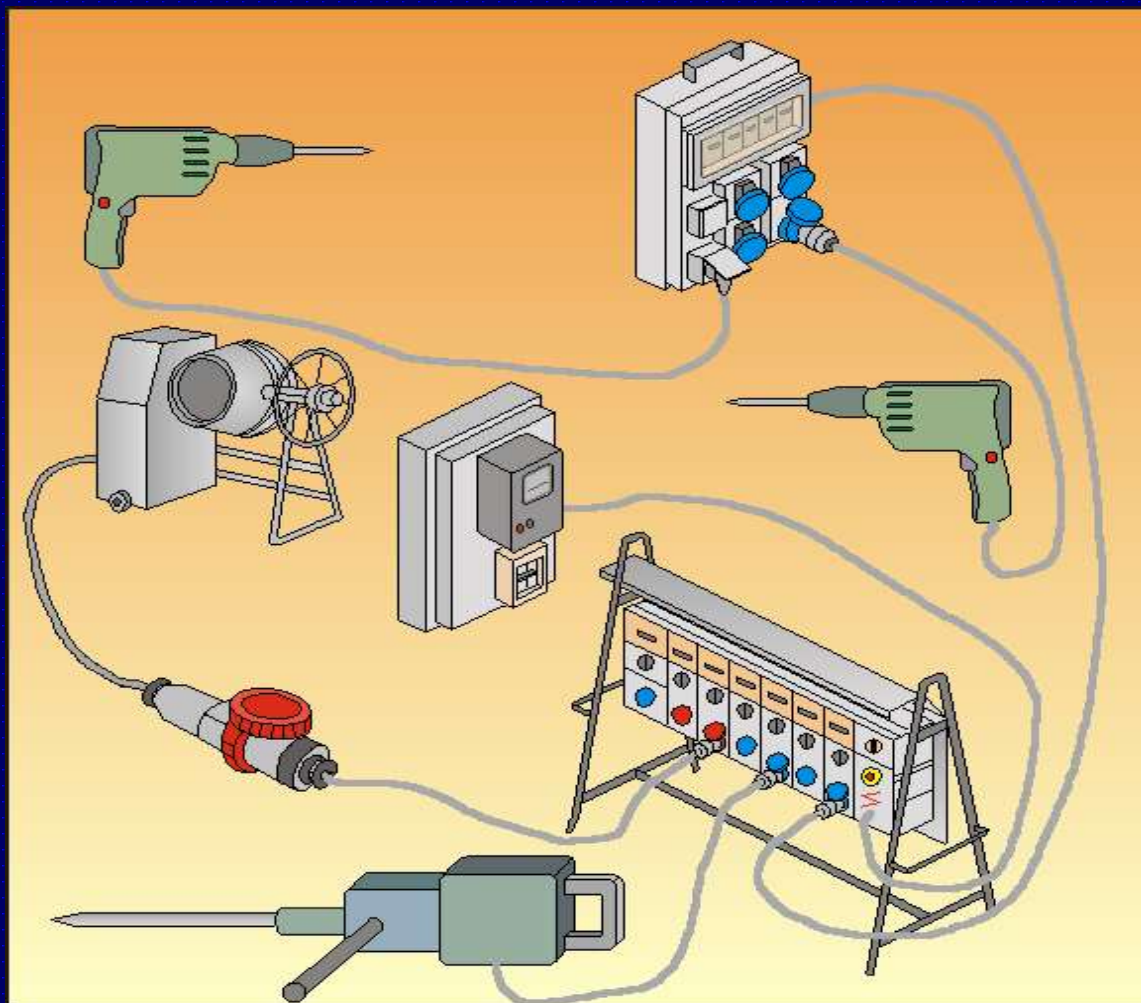
Fig. 13 - Nei piccolissimi cantieri l'alimentazione del quadretto di prese a spina da cantiere può essere derivata direttamente dalla presa a spina dell'impianto esistente.



Per piccoli e medi cantieri – La potenza installata solitamente non è superiore ai 30 kW . Si utilizzano macchine di tipo fisso o trasportabile, come piccole gru o betoniere e utensili portatili di vario genere. La distribuzione principale è ottenuta per mezzo di un singolo quadro di distribuzione principale, collegato al punto di fornitura dell'energia elettrica in bassa tensione, dotato di prese e morsettiere per il collegamento delle macchine fisse. L'impianto può essere completato con quadri di prese a spina secondari allacciati al quadro di distribuzione principale per l'alimentazione di elettrodomestici portatili.

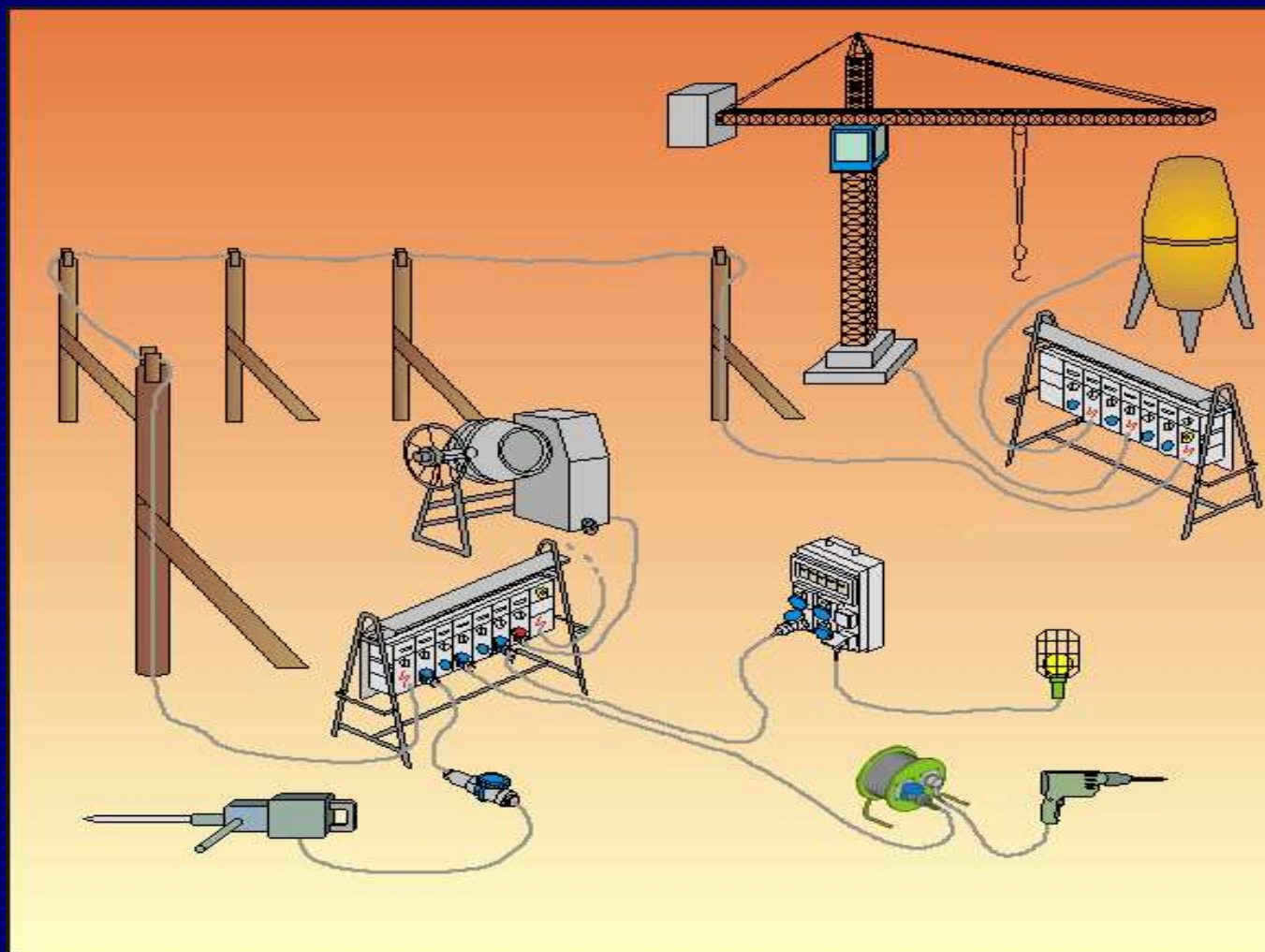
Fig.11 – Esempi di distribuzione e posa delle condutture in un cantiere

Fig. 14 - Nei piccoli e medi cantieri deve essere presente almeno un quadro di distribuzione principale ed eventualmente uno più quadri mobili secondari



Grandi cantieri - La potenza impegnata supera generalmente i 30 kW. Devono essere installati più quadri di distribuzione, alimentati da un quadro di distribuzione principale, per alimentare gli utilizzatori trifase di grande potenza tipici di questo tipo di cantieri (gru, betoniere, ecc..). L'alimentazione può avvenire direttamente in bassa tensione ma, per i cantieri molto grandi, può essere necessaria un'alimentazione in MT.

Fig. 15 – Nei grandi cantieri sono necessari più quadri di distribuzione derivati da un quadro di distribuzione principale

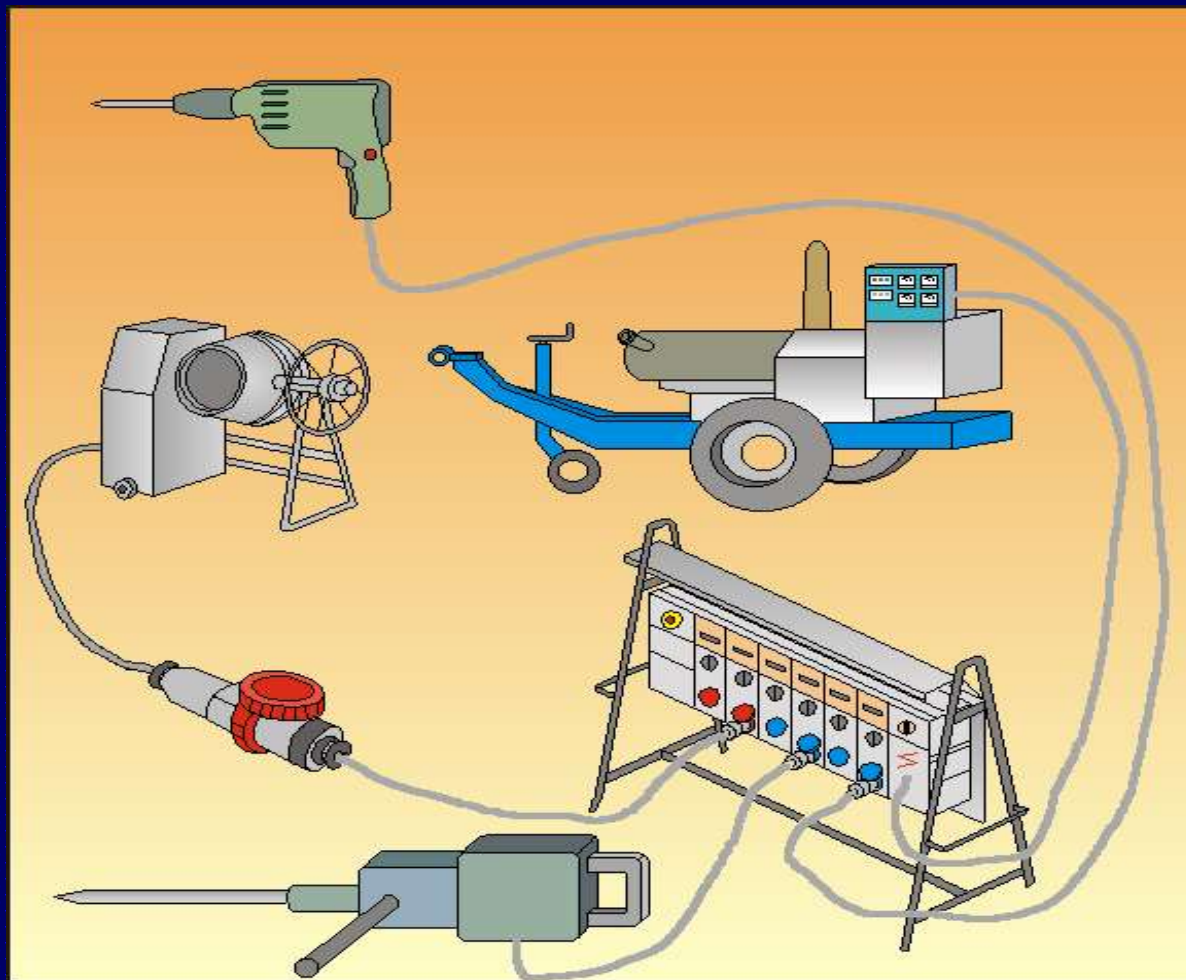


Cantieri alimentati tramite gruppi elettrogeni - l'alimentazione mediante gruppi elettrogeni può rendersi necessaria in caso di cantieri impiantati in zone non servite dal distributore pubblico.

In questo caso si rende indispensabile l'utilizzo di almeno un quadro di distribuzione principale allacciato mediante collegamento fisso al gruppo elettrogeno. Se il gruppo elettrogeno alimenta un impianto esteso si ricorre in genere ad un sistema di tipo TN-S collegando a terra il centro stella del gruppo.

Fanno *eccezione i piccoli gruppi elettrogeni* che alimentano un solo apparecchio utilizzatore monofase (si può fare a meno del quadro di cantiere) per i quali può essere adottato il sistema di protezione per separazione elettrica. In questo caso se l'utilizzatore è di classe I deve essere approntato un conduttore equipotenziale che colleghi la massa del gruppo elettrogeno e la massa dell'utilizzatore.

Fig. 16 – Nei cantieri non serviti dalla distribuzione pubblica l'alimentazione avviene tramite gruppi elettrogeni e si rende indispensabile almeno un quadro di distribuzione principale.



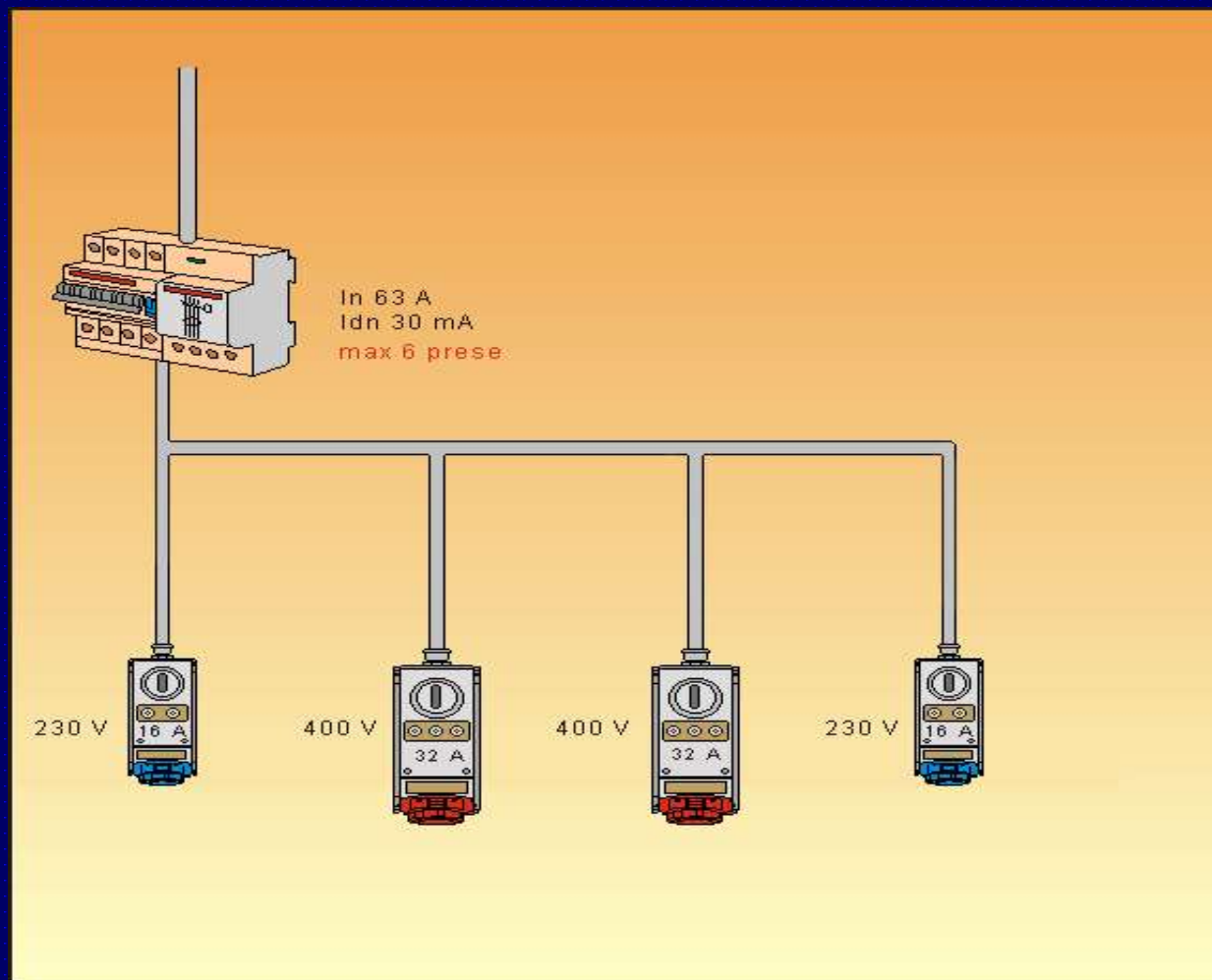
PRESE A SPINA, AVVOLGICAVI E CAVI PROLUNGATORI

Le particolari condizioni di lavoro impongono per le prese a spina impiegate nei cantieri alcuni **requisiti specifici**:

- un **grado di protezione minimo IP44** per un uso normale che deve essere garantito sia con la spina inserita sia con la spina disinserita. Se le prese a spina sono utilizzate per collegamenti volanti o in zone del cantiere dove si fa uso di getti d'acqua il grado di protezione minimo non deve essere inferiore a IP67. E' comunque consigliabile, a causa dei continui spostamenti e trasformazioni che subisce il cantiere, utilizzare sempre il grado di protezione più elevato;
- un sufficiente grado di **protezione agli urti**;
- devono essere di tipo industriale **conformi alle norme EN 60309** (CEI-23-12);
- devono essere **all'interno di quadri di distribuzione** o sulle pareti esterne degli stessi;
- devono essere protette a monte, fino ad un massimo di 6 prese, con un **interruttore differenziale** avente una I_{dn} non superiore a 30 mA le prese a spina con correnti nominali fino a 32 A;
- devono essere protette contro le sovracorrenti, singolarmente o in gruppo, tramite **interruttore fusibile** (fig. 17) o **magnetotermico** (fig. 18) avente corrente nominale non superiore alla corrente nominale della presa ;

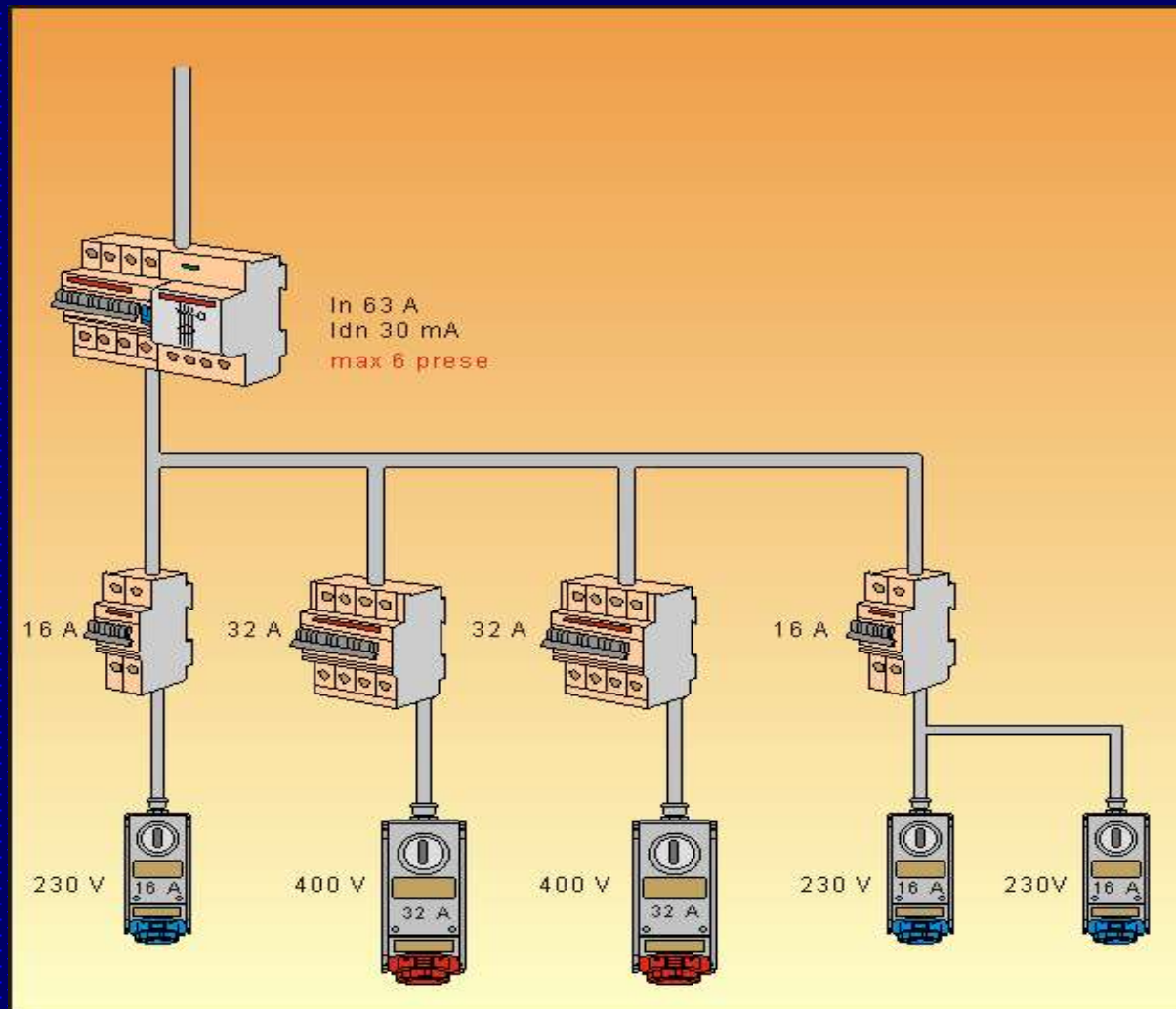
PRESE A SPINA, AVVOLGICAVI E CAVI PROLUNGATOR

Fig. 17 – Le prese possono essere protette contro le sovracorrenti singolarmente tramite fusibile avente corrente nominale non superiore alla corrente nominale della presa protetta, contro i contatti indiretti, fino ad un massimo di 6 prese, mediante interruttore differenziale con I_{dn} non superiore a 30 mA



PRESE A SPINA, AVVOLGICAVI E CAVI PROLUNGATOR

Fig. 18 – Le prese possono essere protette contro le sovracorrenti, singolarmente o in gruppo tramite interruttore avente corrente nominale non superiore alla corrente nominale delle prese protette, contro i contatti indiretti, fino ad un massimo di 6 prese, mediante interruttore differenziale con I_{dn} non superiore a 30 mA



PRESE A SPINA, AVVOLGICAVI E CAVI PROLUNGATOR

In alcuni **casi per attività di breve durata e cantieri di modeste dimensioni** è ammesso, purché le condizioni ambientali lo permettano, **l'uso di prese a spina per uso domestico e simile** (CEI 23-50).

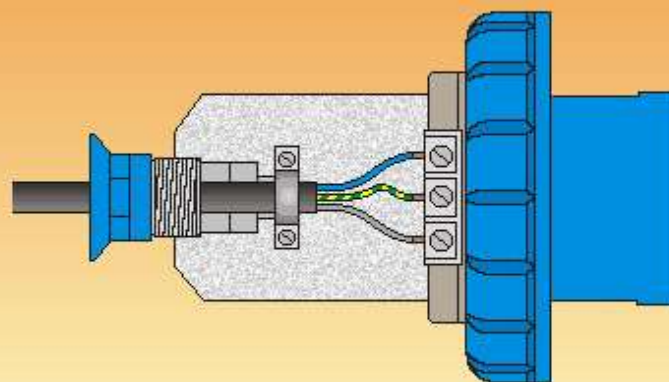
Nel montaggio delle prese a spina devono essere posta **particolare cura** soprattutto nel collegamento del **conduttore giallo-verde** di terra al quale occorre fornire una certa abbondanza rispetto a quelli di fase e di neutro. Si adotta questo accorgimento perché si vuole evitare che in caso di sforzi in trazione troppo elevati sul cavo il conduttore giallo-verde si possa interrompere prima di quello di fase (fig. 19).



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

PRESE A SPINA, AVVOLGICAVI E CAVI PROLUNGATOR

Fig. 19 –
Collegamento delle
spine – Il conduttore
giallo-verde di terra
deve essere più
abbondante rispetto a
quelli di fase e di
neutro



PRESE A SPINA, AVVOLGICAVI E CAVI PROLUNGATORI

Gli avvolgicavo (fig. 20) devono essere di tipo industriale conformi alla norma CEI EN 61316 con le seguenti caratteristiche minime:

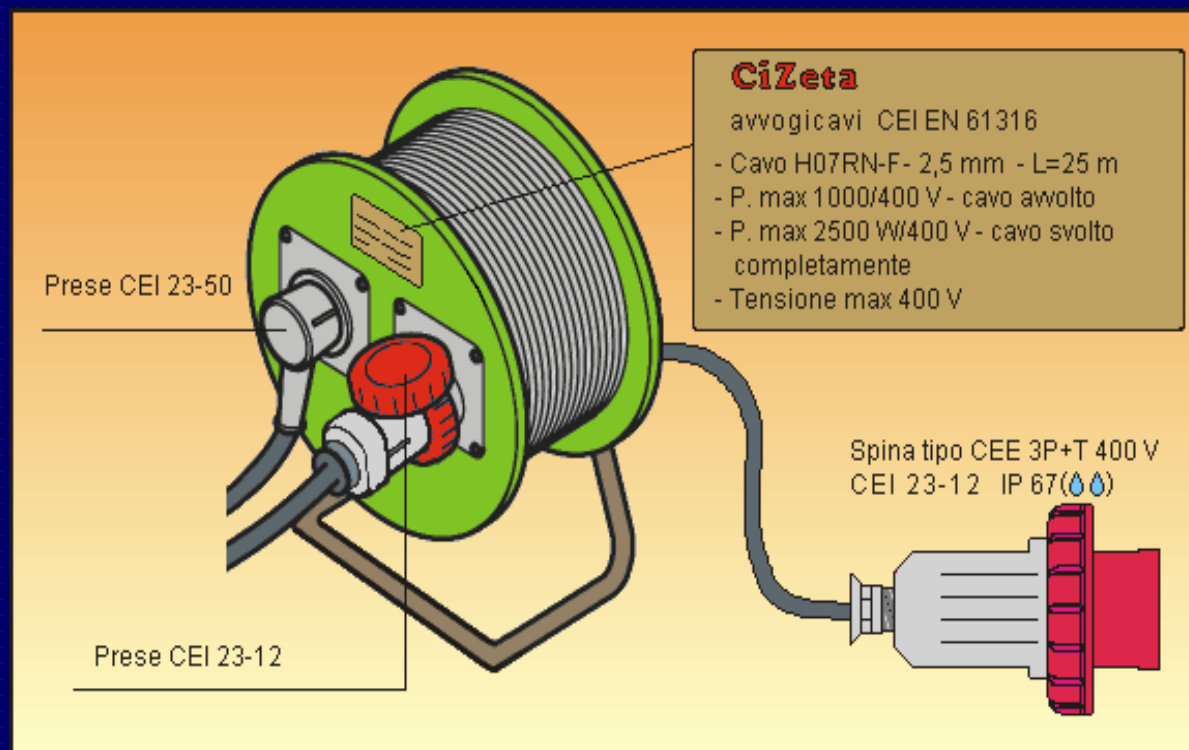
- devono essere **protetti** mediante protettore termico di corrente incorporato in modo da impedire il surriscaldamento sia a cavo avvolto sia a cavo svolto;
- il cavo deve essere di tipo **H07RN-F** (o equivalente) con sezione non inferiore a 2,5 mm² se l'avvolgicavo è da 16 A, 6 mm² se è da 32 A e 16 mm² se è da 63 A.
- devono indicare il nome o il marchio del **costruttore**, la **tensione nominale**, e la **massima potenza** prelevabile sia a cavo svolto sia avvolto.

Oltre agli avvolgicavo possono essere utilizzati anche cavi prolungatori (prolunghe) che dovranno essere dotati di prese a spina di tipo per uso industriale (CEI 23-12) con grado di protezione minimo IP67. Il cavo dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- essere di tipo H07RN-F (o equivalente) con sezione non inferiore a 2,5 mm² per prolunghe con prese da 16 A, 6 mm² per prolunghe con prese da 32 A e 16 mm² per prolunghe con prese da 63 A.

PRESE A SPINA, AVVOLGICAVI E CAVI PROLUNGATOR

Fig. 20 – Gli avvolgicavo devono essere conformi alla Norma CEI EN 61316



Il cantiere è attivo abitualmente durante il periodo diurno perciò non esistono particolari esigenze di illuminazione se non per cantieri con cicli di lavorazione superiori a quelli normali o ubicati in gallerie o in locali normalmente bui.

In questi particolari casi, oltre il problema dell'illuminazione per le normali lavorazioni, sorge la necessità anche di un impianto per l'illuminazione di sicurezza. Nella realizzazione dell'impianto si terrà allora conto delle specifiche esigenze dettate dal progetto sulla sicurezza.

Gli impianti di illuminazione possono essere fondamentalmente di tre tipi: fissi, trasportabili e portatili.

Gli **impianti fissi** devono avere le stesse caratteristiche dell'impianto di cantiere con l'avvertenza di installare i vari componenti in posizioni comode e protetti contro gli urti accidentali. Il grado di protezione dovrà essere **almeno IP44** e si dovrà verificare che il posizionamento degli apparecchi di illuminazione non sia causa di abbagliamento. Gli impianti di illuminazione trasportabili sono in genere costituiti da proiettori con lampade alogene installati su adatti sostegni. Funzionano in posizione fissa ma possono essere trasportati dopo aver tolto l'alimentazione. **Le lampade**, essendo a portata di mano, devono essere **protette mediante vetri**. Il tipo di lavorazioni con spruzzi d'acqua tipico di questi ambienti di lavoro consiglia un grado di protezione minimo IP44 e, ove possibile, l'impiego di apparecchi di classe II. I cavi di alimentazione devono essere adatti alla posa mobile (H07RN-F o equivalenti). Le lampade portatili possono essere impugnate e spostate frequentemente. Devono essere conformi alla norma CEI EN 60598-2-8, e possedere almeno le seguenti caratteristiche:

- impugnatura in materiale isolante;
- parti in tensione o che possono andare in tensione completamente protette;
- protezione meccanica della lampada.

Se queste lampade sono impiegate in luoghi conduttori ristretti devono essere alimentate tramite circuiti a bassissima tensione di sicurezza SELV. Il grado di protezione minimo consigliato è IP44.

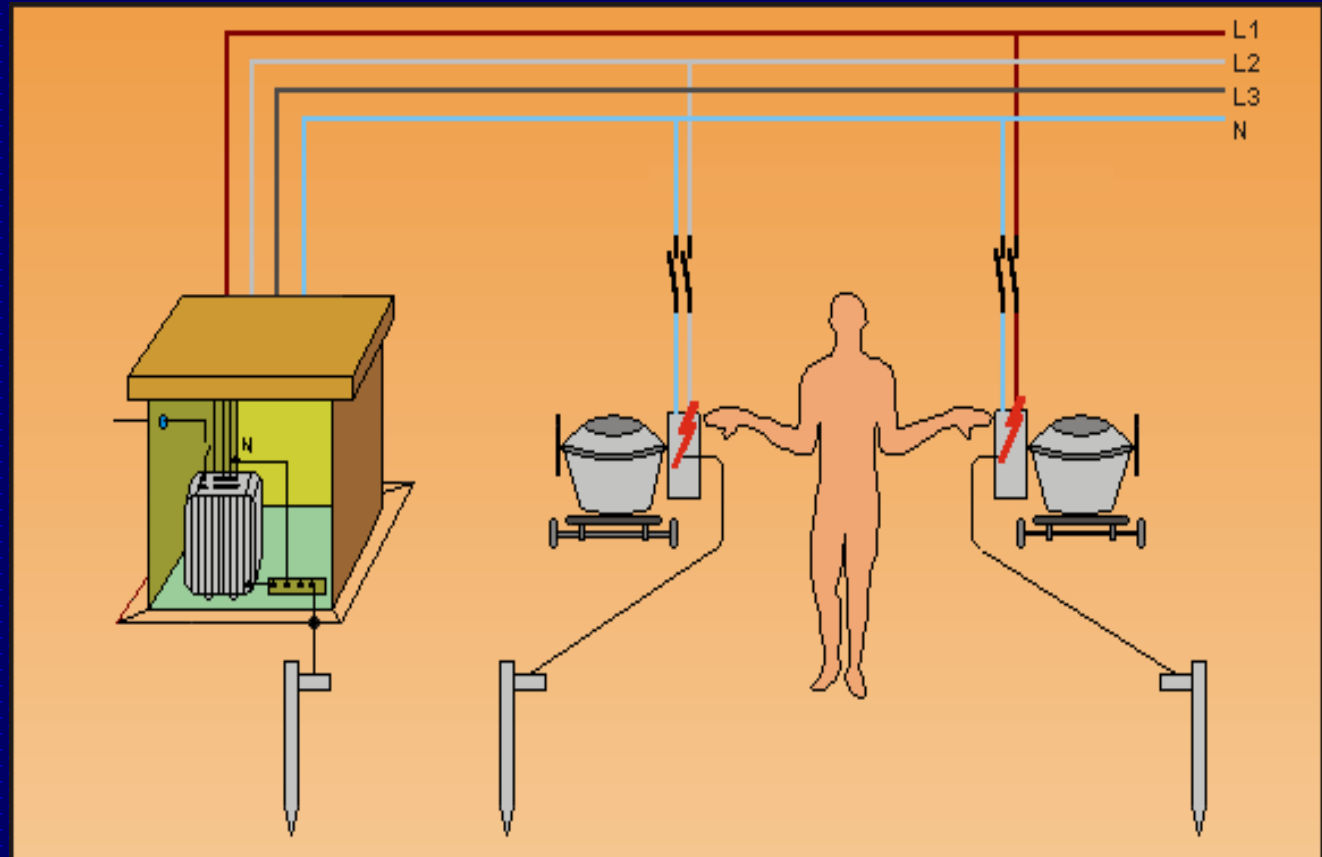
L'IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra deve possibilmente essere unico per evitare, in presenza di impianti di terra separati, che in caso di un doppio guasto a terra ininterrotto si possano stabilire differenze di potenziale (fino a 400 V) pericolose fra due masse (fig. 21).

La Norma consente di tenere separati i dispersori allorquando sia impossibile toccare simultaneamente le due masse ma l'abituale impiego nei cantieri di prolunghe per l'alimentazione di utensili portatili impedisce di fatto una tale soluzione. Fra le due masse con impianti di terra separati potrebbero infatti stabilirsi differenze di potenziale comunque superiori a 25 V anche in condizioni di corretto coordinamento e tempestivo intervento dei dispositivi di protezione.

L'IMPIANTO DI TERRA

Fig. 21 - In presenza di impianti di terra separati per ogni singolo utilizzatore, in caso di un doppio guasto a terra ininterrotto si possono stabilire differenze di potenziale pericolose, fino a 400 V, a causa di due guasti su fasi diverse non tempestivamente interrotti.



L'IMPIANTO DI TERRA

In fig 22 è rappresentato un tipo di dispersore ottenuto mediante una corda di rame o di acciaio interrata a **non meno di 0,5 m di profondità** attorno al cantiere e integrato con dei picchetti. Gli utilizzatori fissi sono collegati direttamente all'impianto di terra mentre gli utilizzatori mobili alimentati dai quadri di cantiere tramite presa a spina fanno capo direttamente al collegamento a terra dei quadri stessi.

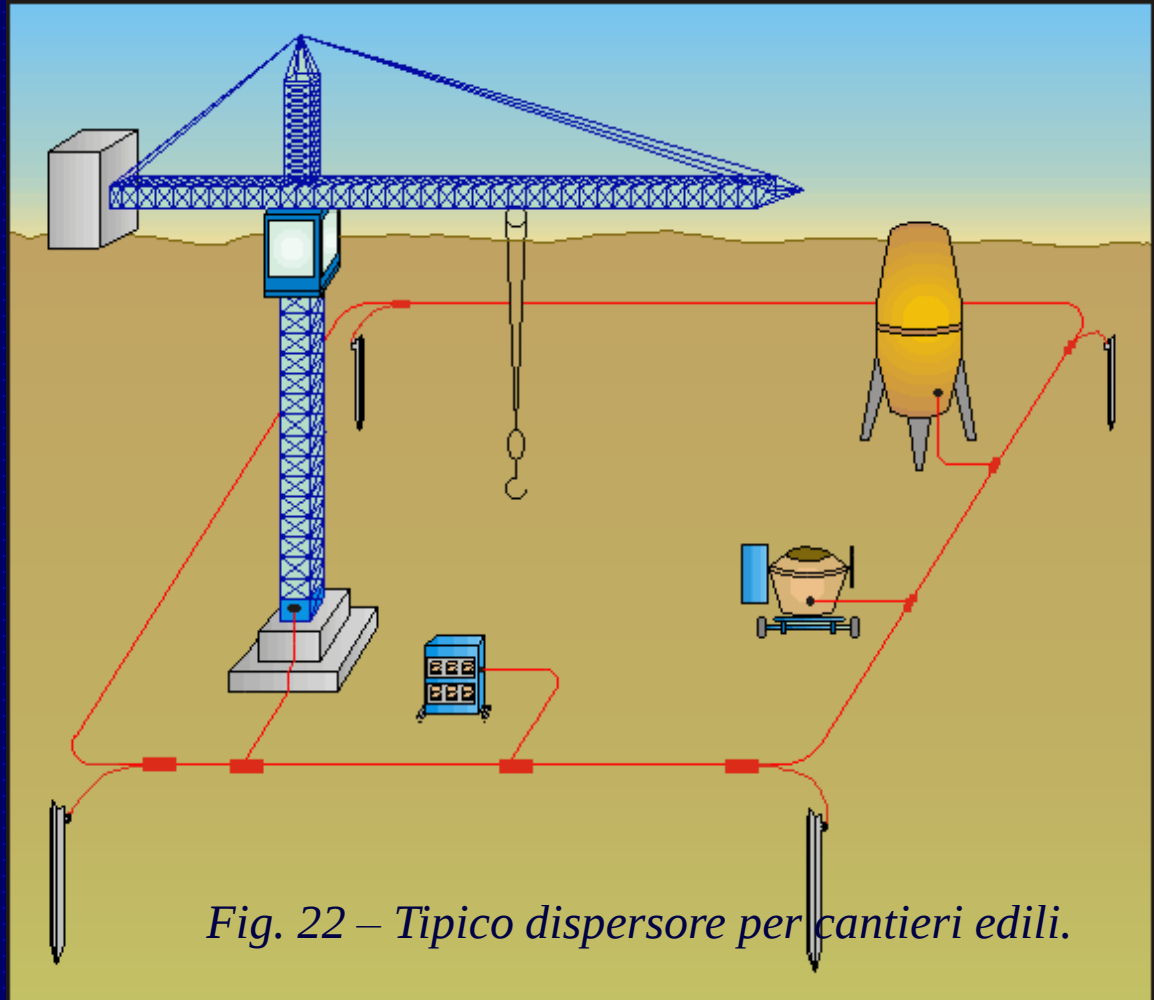


Fig. 22 – Tipico dispersore per cantieri edili.

La protezione dai contatti indiretti quando si utilizzano gruppi elettrogeni nei cantieri può essere ottenuta realizzando, con un collegamento a terra del centro stella del generatore, un sistema di tipo TN e coordinando opportunamente l'impedenza dell'anello di guasto con adeguati dispositivi di protezione (fig. 23).

Nel calcolare l'impedenza dell'anello di guasto si deve tener conto dell'elevata reattanza interna del generatore e delle conseguenti piccole correnti di cortocircuito che generalmente non permettono di interrompere il guasto in tempo utile mediante interruttori magnetotermici.

Una buona protezione può essere ottenuta solo mediante interruttori differenziali posti a protezione di ogni singola derivazione. Se il gruppo elettrogeno è monofase ed alimenta un singolo utilizzatore è possibile adottare la misura di protezione per separazione elettrica che però non può essere applicata ad installazioni più estese a causa della difficoltà nei cantieri di garantire il necessario isolamento verso terra.

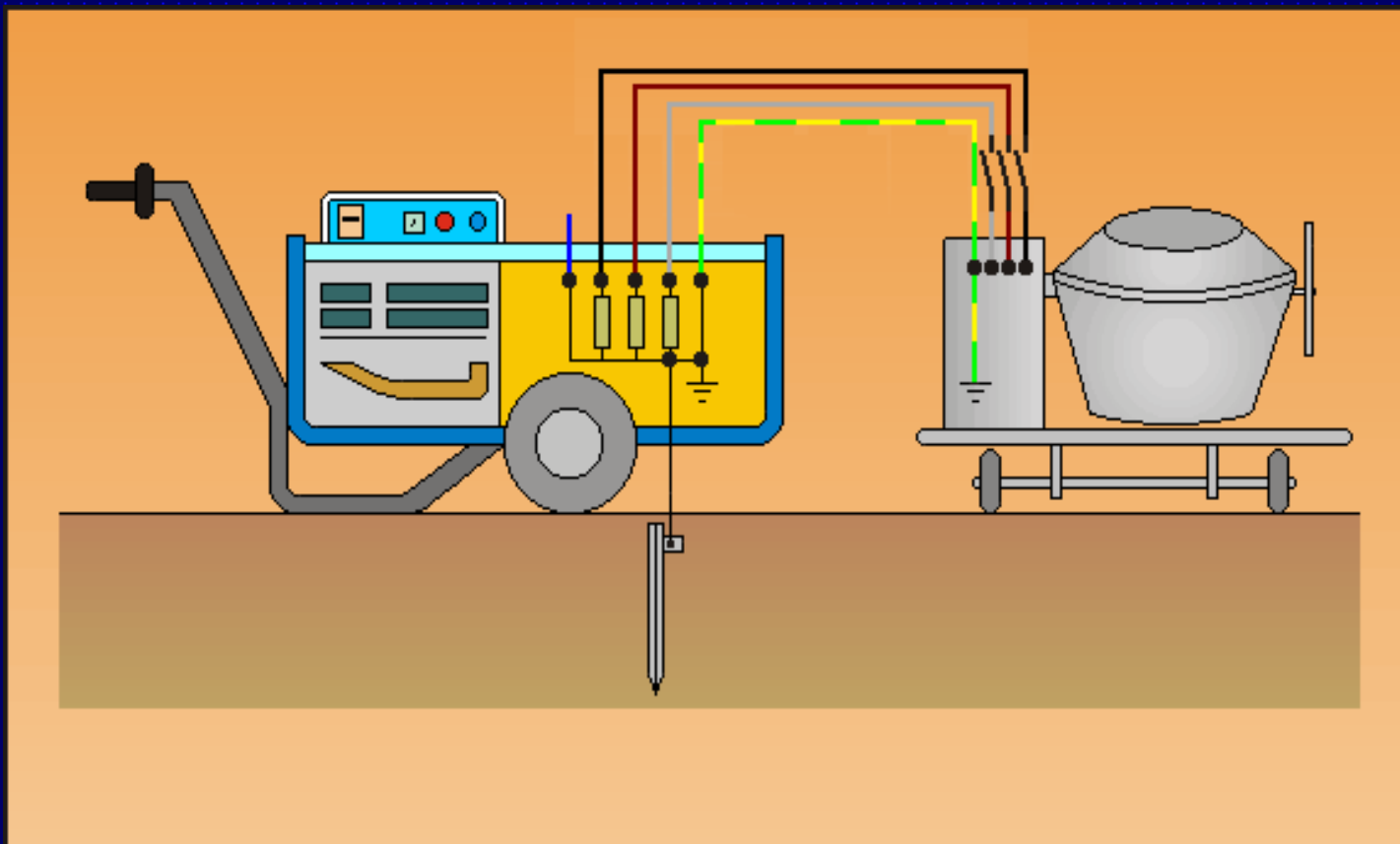


Fig 23 – Alimentazione tramite gruppo elettrogeno

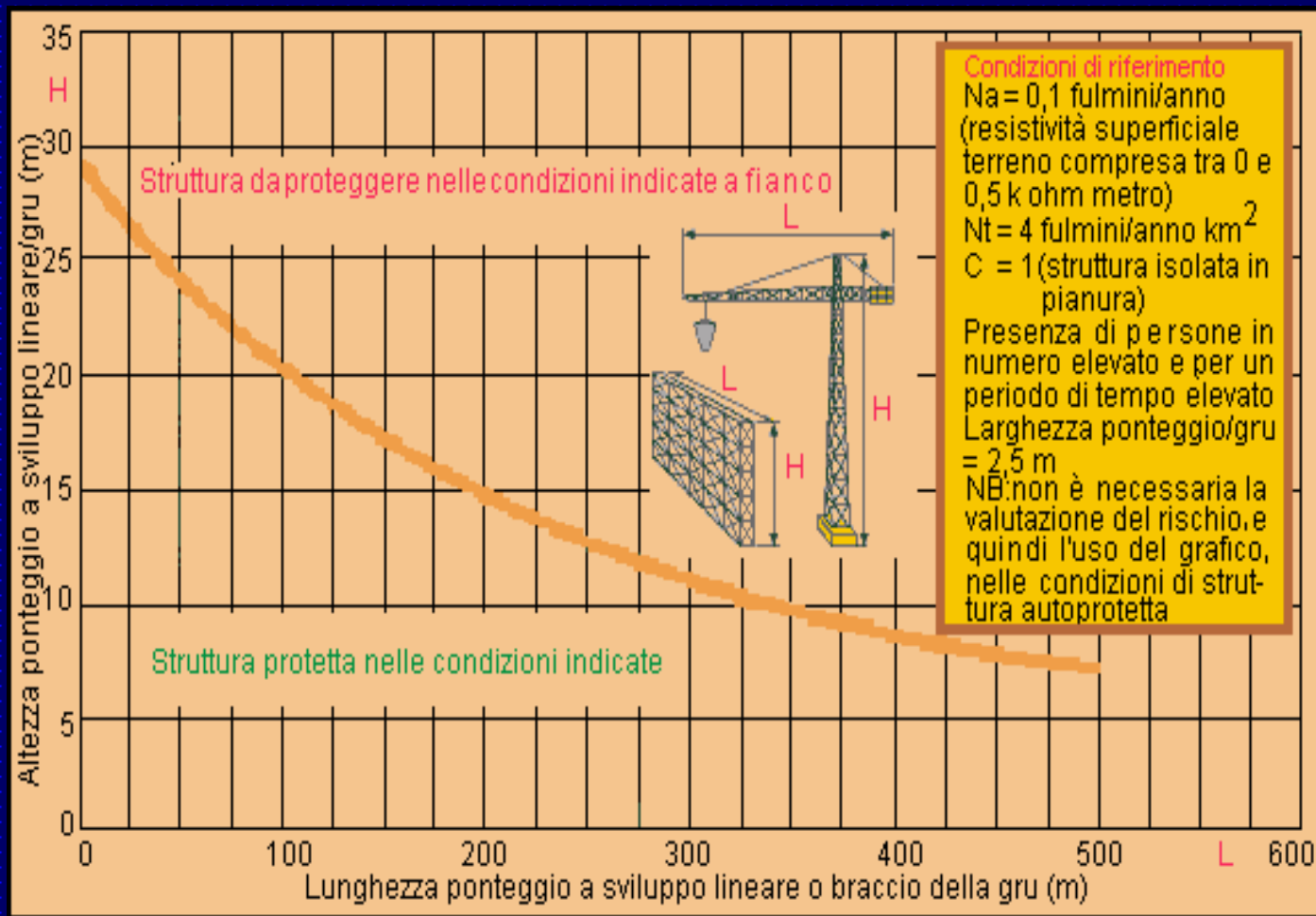
Nei **piccoli cantieri** l'impianto di terra può essere omesso purché si impieghino misure di protezione per separazione elettrica. Le protezioni possono essere messe in atto tramite quadri da cantiere muniti di prese a spina alimentate singolarmente mediante trasformatore di isolamento.

Nei piccoli cantieri che alimentano le macchine attraverso impianti fissi, come ad esempio da un impianto fisso di tipo TT di un abitazione privata, ci si può servire direttamente dell'impianto di terra e delle protezioni dell'impianto a cui ci si deriva.

Da non dimenticare che i dispositivi per l'interruzione automatica dell'alimentazione devono essere opportunamente coordinati con il valore della resistenza dell'impianto di terra in modo che in qualsiasi momento non sia superata la tensione limite di contatto di 25 V.

La necessità di proteggere le strutture del cantiere contro i fulmini deve essere stabilita mediante una corretta valutazione dei rischi così come è definita dalla norma CEI 81-1. La valutazione può essere effettuata attraverso la procedura completa o attraverso la procedura semplificata applicabile alla maggioranza dei casi. Le strutture del cantiere quali baracche, depositi, uffici, ecc. generalmente possono essere classificate, ai fini della valutazione del rischio, come strutture ordinarie senza impianti interni sensibili. Se è prevedibile la presenza di persone in numero elevato o per un lungo periodo di tempo e la pavimentazione non può essere considerata isolante la valutazione del rischio deve essere svolta mediante la procedura completa. In tutti gli altri casi la procedura di valutazione da impiegare potrà essere quella semplificata. Le strutture metalliche del cantiere quali ponteggi, gru, ecc., per le quali si considerano solo le tensioni di passo, possono invece essere sempre valutate con la procedura semplificata e pertanto possono essere considerate sicuramente autoprotette a condizione che il terreno circostante abbia una pavimentazione isolante o possa essere ragionevolmente esclusa la presenza di persone in numero elevato o per un lungo periodo di tempo. Si fornisce a tal proposito una utile curva che permette, sotto precise condizioni di riferimento, di stabilire la necessità o meno di proteggere gru e ponteggi in funzione del loro sviluppo lineare e della loro altezza (fig. 24)

Fig. 24 -
Verifica della
necessità di
proteggere
contro i
fulmini gru e
ponteggi a
sviluppo
lineare





COMANDO DI EMERGENZA

Le macchine che possono determinare situazioni pericolose, in genere (ad esempio gru, betoniere, idrovore, ecc..) devono essere **equipaggiate con dispositivo per l'arresto di emergenza**. Normalmente tale dispositivo, dovendo queste apparecchiature sottostare alla direttiva macchine, quando previsto deve essere installato direttamente in fabbrica. Sui quadri ASC non è quindi obbligatoria l'installazione di un comando per l'arresto di emergenza.

Nei cantieri è comunque consigliabile l'installazione di un dispositivo di emergenza sul quadro generale, soprattutto quando le dimensioni del cantiere sono notevoli. In questo caso, poiché i quadri di cantiere sono normalmente chiusi a chiave, il dispositivo di emergenza deve essere installato all'esterno del quadro stesso per rispettare il criterio di accessibilità del comando; se invece il quadro è aperto, come comando di emergenza è utilizzabile l'interruttore generale del quadro, a patto che sia adeguatamente segnalato. In ogni caso è preferibile la soluzione con il pulsante esterno.

MANUTENZIONE DELLE APPARECCHIATURE

Spesso la causa di infortunio di origine elettrica nei cantieri dipende da guasti agli utensili elettrici. L'uso di questi apparecchi deve quindi essere il più possibile sicuro e le necessarie caratteristiche di sicurezza **devono essere mantenute nel tempo**. La tipicità delle attività svolte in questi ambienti di lavoro sottopongono infatti queste apparecchiature a sollecitazioni particolarmente intense che possono condurre ad una rapida usura.

Nei cantieri sono all'ordine del giorno **urti, trazioni di vario genere esercitate sui cavi di alimentazione, esposizione all'aggressività di agenti atmosferici e chimici che possono provocare danneggiamenti all'involucro ed ai cavi di alimentazione** di un apparecchio che può precocemente perdere le caratteristiche di sicurezza iniziali. Il datore di lavoro non deve quindi sottovalutare l'importanza di **effettuare verifiche periodiche** tese ad accertare il buono stato di conservazione degli elettro utensili utilizzati in cantiere. Se tramite controlli a vista o mediante l'impiego di opportuni strumenti vengono evidenziati danni o malfunzionamenti si deve quindi intervenire con tempestività e ripristinare tutte le caratteristiche di sicurezza iniziali. Da parte sua **il lavoratore ha il dovere di eseguire regolarmente controlli a vista** sulle varie apparecchiature e di segnalare eventuali malfunzionamenti o difetti al responsabile del cantiere.

Verifiche iniziali e periodiche

Le verifiche possono essere iniziali e, per i cantieri di lunga durata, periodiche. Le verifiche iniziali rappresentano l'ultima fase di lavorazione dell'impianto elettrico di cantiere. Vengono **eseguite prima della messa in funzione dell'impianto** e costituiscono l'insieme di operazioni mediante le quali si vuole comprovare la rispondenza dell'impianto alle norme di sicurezza e alla legge. Con il **rilascio della dichiarazione di conformità l'installatore dichiara, assumendosene tutte le responsabilità, di aver eseguito con esito positivo le verifiche iniziali** ai fini del corretto funzionamento e della sicurezza.

Le verifiche iniziali sono espressamente richieste dalla legge 46/90 relativamente alla dichiarazione di conformità e devono essere svolte scrupolosamente secondo i dettami delle diverse Norme CEI. Non effettuare le verifiche espone l'installatore a gravi conseguenze perché la dichiarazione rilasciata risulterebbe in parte falsa. La verifica iniziale comprende un esame a vista e delle prove che presuppongono l'uso di appositi strumenti.

Le *verifiche a vista* intendono rilevare:

- per la protezione contro i contatti diretti, la *presenza di involucri adeguati* con grado di protezione minimo IP44, la *presenza di quadri ASC* da cantiere, l'integrità dell'isolamento dei vari componenti elettrici
- la corretta scelta delle *sezioni dei cavi* e in relazione alla portata e alla caduta di tensione;
- la corretta *taratura dei dispositivi di protezione*;
- la corretta scelta delle *sezioni e della colorazione dei conduttori* di neutro (azzurro chiaro) e di protezione (giallo-verde);
- la corretta *identificazione dei circuiti* nei quadri;
- la presenza di eventuali *cartelli* monitori;
- la verifica dei corretti *gradi di protezione* (minimo IP44);

Le *prove* intendono verificare:

- la **continuità dei conduttori** di protezione e dei conduttori equipotenziali quando necessari;
- misura della **resistenza** di isolamento dei conduttori;
- la misura della **resistenza di terra** e il corretto **coordinamento con i dispositivi di protezione** contro i contatti indiretti;
- la **funzionalità** delle protezioni differenziali;
- verifica della **protezione per separazione** elettrica quando presente;
- prove di polarità e di **funzionamento** dei dispositivi di protezione

Per i **cantieri di lunga durata** è bene che si prevedano **verifiche periodiche** con cadenza semestrale. Le verifiche possono essere a vista oppure, secondo necessità, eseguite mediante apposita strumentazione e devono almeno comprendere:

- verifica della funzionalità degli organi di sezionamento e arresti di emergenza;
- verifica di funzionalità delle protezioni differenziali;
- verifica a vista della integrità e tenuta delle custodie e pressacavi;
- verifica dell'integrità delle guaine dei cavi con posa a vista;
- verifica dell'integrità dei cordoni prolungatori, guaina cavi, pressacavo;
- verifica della continuità dei conduttori di protezione;
- verifica a vista dell'integrità dell'impianto di terra;
- verifica del coordinamento delle protezioni con le condutture.



DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ E DENUNCE

Gli impianti di cantiere rientrano nel campo d'applicazione della legge ma sono esclusi dall'obbligo di progettazione. L'obbligo rimane invece per la **dichiarazione di conformità alla regola dell'arte**, rilasciata dall'installatore al termine dei lavori dopo che ha eseguito le verifiche prescritte dalle Norme CEI 64-8.

La dichiarazione di conformità equivale a tutti gli effetti alla omologazione degli impianti compresi gli impianti di terra e gli eventuali impianti di protezione contro le scariche atmosferiche. La dichiarazione di conformità deve essere compilata e sottoscritta dall'installatore secondo il modello previsto dalla legge. Deve riportare la descrizione dell'impianto, i riferimenti normativi di riferimento e l'indirizzo del luogo di installazione dell'impianto.

Nei cantieri sono quasi sempre presenti dei lavoratori subordinati o ad essi equiparati e quindi normalmente vige l'obbligo di denuncia dell'impianto di terra. Per quanto riguarda gli impianti di protezione contro le scariche atmosferiche, la denuncia è obbligatoria per:

- le attività prescritte dalla legge;
- i camini industriali, pericolosi per ubicazione ed altezza;
- le strutture metalliche di notevoli dimensioni situate all'aperto

DENUNCE E VERIFICHE

Nei cantieri sono in genere presenti strutture metalliche all'aperto come gru, ponteggi, ecc. Queste, se risultano autoprotette come più sopra indicato, non sono da considerare di notevoli dimensioni e pertanto non devono essere denunciate.

Quando vige l'obbligo della denuncia il datore di lavoro è tenuto ad inoltrare la dichiarazione di conformità, entro trenta giorni dalla messa in esercizio degli impianti, all'ISPEL ed all'ASL (o ARPA) territorialmente competenti.

Secondo quanto disposto dal DPR 462/01, **il datore di lavoro è poi tenuto a mantenere in efficienza gli impianti mediante una regolare manutenzione** che può comportare anche la necessità di effettuare ad intervalli regolari prove e misure, ed a far eseguire verifiche periodiche degli impianti, fissate ogni due anni per i cantieri, da uno dei seguenti soggetti indicati dal DPR sopracitato:

- *ASL* , nelle regioni in cui le verifiche impiantistiche sono svolte dalle strutture funzionali dell'ASL;
- *ARPA* , nelle regioni in cui le verifiche impiantistiche sono svolte dalle strutture funzionali dell'ARPA;
- *Organismi autorizzati* dal Ministero delle Attività Produttive, sulla base di criteri stabiliti dalla normativa tecnica europea UNI CEI.



Le pesanti condizioni ambientali e la scarsa consapevolezza da parte dei frequentatori del cantiere dei rischi di natura elettrica tipici del cantiere, **suggeriscono almeno una supervisione giornaliera dell'impianto**. I controlli, non possedendo carattere impiantistico, possono essere effettuati dal capocantiere o da un addetto alla sicurezza. In particolare deve essere controllato:

- che non ci siano in corso nel cantiere **attività che possano risultare pericolose per la presenza dell'impianto elettrico** (ad esempio operazioni di scavo in presenza di linee interrate, movimentazione di elementi ingombranti che possono entrare nella zona di rispetto delle linee aeree, ecc.).
- il **rispetto delle prescrizioni di sicurezza** per i lavori eseguiti in ambienti particolari come ad esempio nei luoghi conduttori ristretti;
- **l'integrità degli involucri e degli isolanti dei quadri, delle prese e delle condutture**, ponendo particolare attenzione al controllo dei cordoni prolungatori e delle condutture a posa mobile
- il corretto utilizzo delle attrezzature in relazione alle **condizioni ambientali**.

L'impianto deve essere mantenuto in perfetta efficienza con regolari opere di manutenzione effettuate da personale addestrato. Ogni sostanziale modifica, ad esempio **modifica in corso d'opera della struttura dell'impianto di terra, è bene che sia riportata sui relativi elaborati.**

Se i componenti mantengono nel tempo le caratteristiche iniziali e se sono correttamente smontati, quando il cantiere viene smantellato possono essere recuperati per un successivo riutilizzo. La scelta di componenti con gradi di protezione adeguati risulta quindi fondamentale per un impiego in ambienti di lavoro sempre diversi come possono essere i cantieri.

Una particolare **cura va posta nel recupero delle condutture** che, se sono correttamente utilizzate e se le operazioni di recupero sono condotte con adeguata perizia, conservano normalmente buone caratteristiche anche dopo mesi o anni di utilizzo.



Per questo si deve evitare di operare il recupero con temperature ambiente troppo basse, di applicare sforzi di trazione troppo elevati e di procurare abrasioni alle guaine dei cavi (ad esempio durante le operazioni di sfilaggio da cavidotti).

Queste operazioni richiedono una certa abilità e preparazione e sono quindi destinate a personale addestrato. Il materiale recuperato deve essere maneggiato ed immagazzinato con cura, si deve evitare l'esposizione a condizioni ambientali difficilmente sopportabili per quanto riguarda l'umidità, la temperatura e le polveri, ponendo particolare attenzione ai componenti più delicati come ad esempio i quadri elettrici e agli apparecchi di illuminazione.

Prima del riutilizzo dei vari componenti è bene effettuare un ulteriore controllo a vista e in caso di incertezza procedere con ulteriori controlli strumentali. **Devono essere controllati:**

- ***i cavi*** , per accertare il buono stato delle guaine e per individuare eventuali danneggiamenti o deformazioni strane che possono essere un sintomo grave della possibile presenza di rotture del conduttore o di fessurazioni interne sull'isolante;
- ***le giunzioni*** , per accertare la possibilità di riutilizzare il cavo e che sia possibile eseguire la giunzione secondo la regola dell'arte;
- ***i cordoni prolungatori*** , per accertare lo stato di conservazione del cavo, l'efficienza dei pressacavi e il buono stato di conservazione delle spine e delle prese.
- ***i quadri elettrici***, per accertare lo stato di conservazione delle custodie, la pulizia al loro interno da polvere o tane di insetti o di roditori, il serraggio dei vari morsetti, lo stato degli organi di comando e di protezione e la presenza dei dati di targa. Qualsiasi anomalia riscontrata presuppone ovviamente una revisione più particolareggiata con l'eventuale sostituzione dei componenti difettosi e l'esecuzione di adeguate verifiche strumentali.