

**NUOVA LINEA TORINO LIONE - NOUVELLE LIGNE LYON TURIN
PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE - PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE**

**LOTTO COSTRUTTIVO 1 / LOT DE CONSTRUCTION 1
CANTIERE OPERATIVO 02C/CHANTIER DE CONSTRUCTION 02C
RILOCALIZZAZIONE DELL'AUTOPORTO DI SUSÀ
DEPLACEMENT DE L'AUTOPORTO DE SUSE
PROGETTO ESECUTIVO - ETUDES D'EXECUTION
CUP C11J05000030001 - CIG 682325367F**

**IMPIANTI ESTERNI
ILLUMINAZIONE
Relazione di calcolo impianti elettrici piazzale**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/04/2017	Prima emissione Première diffusion	A.TESSARI (-)	A.LOVISOLO (MUSINET ENG.)	C.GIOVANNETTI (MUSINET ENG.)
A	31/08/2017	Revisione a seguito commenti TELT Révisione suite aux commentaires TELT	A.TESSARI (-)	A.LOVISOLO (MUSINET ENG.)	C.GIOVANNETTI (MUSINET ENG.)
B	30/04/2018	Recepimento istruttoria validazione RINA Check	A.BIANCHI (MUSINET ENG.)	A.LOVISOLO (MUSINET ENG.)	L.BARBERIS (MUSINET ENG.)

1	0	2	C	C	1	6	1	6	7	I	E	A	4	O	1
Lot Cos. Lot.Con.	Cantiere operativo/ Chantier de construction		Contratto/Contrat				Opera/Oeuvre		Tratto Tronçon	Parte Partie					

E	I	M	R	E	2	6	0	0	B
Fase Phase	Tipo documento Type de document		Oggetto Object	Numero documento Numéro de document			Indice Index		

**INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE/
/INTÉGRATION SPÉCIALISTE**



Dott. Ing. Andrea LOVISOLO
Albo di Torino
N° 11173 S



SCALA / ÉCHELLE
-

IL PROGETTISTA/LE DESIGNER



Dott. Arch. Corrado GIOVANNETTI
Albo di Torino
N° 2736

L'APPALTATORE/L'ENTREPRENEUR

IL DIRETTORE DEI LAVORI/LE MAÎTRE D'ŒUVRE

INDICE

RIASSUNTO.....	4
1. PREMESSA.....	5
1.1 Punto di connessione in media tensione a 5.5kV e 15kV	5
1.2 Cabina TR autoporto di distribuzione a 5,5kV	6
1.3 Cabina Enel Baraccone a 15kV	7
1.4 Stazione di servizio	7
2. APPARECCHIATURE PER ILLUMINAZIONE STRADALE	8
2.1 Requisiti di rispondenza degli impianti di illuminazione alle norme vigenti	8
2.2 Quadri Elettrici.....	9
2.2.1.1 quadri secondari modulari	9
2.3 Linee d'alimentazione in cavo in bassa tensione	12
2.3.1.1 Dimensionamento dei conduttori	13
Cavi di bassa tensione FG16(O)R16.....	14
Marcature dei cavi.....	16
Giunzioni e derivazioni dei cavi	16
Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in tubazioni interrato, o in cunicoli non praticabili	16
2.4 VERIFICHE ELETTRICHE.....	17
2.4.1.1 riferimenti alle norme vigenti e qualità dei materiali.....	17
2.4.1.2 IMPIANTI.....	18
2.5 Verifiche dell'impianto elettrico.....	18
2.5.1 Generalità	18
2.5.2 Esame a vista.....	19
2.5.3 Verifica qualitativa e quantitativa	19
2.5.4 Verifica della sfilabilità dei cavi e controllo delle dimensioni dei tubi e dei condotti.....	20
2.5.5 Verifica dei gradi di protezione degli involucri (protezioni contro i contatti diretti).....	21
2.5.6 Controllo dei collegamenti a terra.....	21
2.5.7 Verifica delle condutture, cavi e connessioni.....	22
2.5.8 Verifica dei dispositivi di sezionamento e comando.....	23
2.5.8.1 Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e della apposizione dei contrassegni di identificazione.....	23
2.5.9 Prove di verifica e controlli.....	24
2.5.10 Prova della continuità dei conduttori di protezione	24
2.5.11 Prova di funzionamento alla tensione nominale	24
2.5.12 Prova di intervento dei dispositivi di sicurezza e di riserva	25
2.5.13 Prova di intervento degli interruttori differenziali.....	25
2.5.14 Misura della resistenza di isolamento dell'impianto	25
2.5.15 Misura della resistenza del dispersore	26
2.5.16 Misura dell'impedenza totale dell'anello di guasto.....	26
2.5.17 Misura della resistenza di corto circuito tra fase e neutro	26
2.5.18 Misura della caduta di tensione	26
2.5.19 Calcoli di controllo	27
2.5.19.1 Controllo del coefficiente di stipamento	27
2.5.20 Controllo del coordinamento tra correnti d'impiego e portate dei conduttori	27

2.5.21	Controllo del coordinamento tra correnti di corto circuito e poteri di interruzione degli apparecchi	27
2.6	SOFTWARE UTILIZZATI	28
3.	RISULTATI DEI CALCOLI ELETTRICI.....	29

RIASSUNTO

Il presente documento costituisce la relazione Tecnico descrittiva del Progetto Esecutivo relativo alla rilocalizzazione dell'Autoporto di Susa necessario per la realizzazione della opere pertinenti alla linea ferroviaria LTF ed in particolare della Stazione Internazionale, e dell' "Area Tecnica e di Sicurezza".

1. PREMESSA

1.1 Punto di connessione in media tensione a 5.5kV e 15kV

I punti di connessione dell'energia elettrica per il nuovo autoporto di San Didero si dovranno attestare nella nuova cabina di ricevimento e distribuzione a 5,5kV posizionata in prossimità degli uffici Sitaf S.p.A. La nuova cabina di trasformazione servirà le utenze del nuovo posto di controllo centralizzato, la direzione di esercizio della A32, l'illuminazione di svincoli e piazzali.

In prossimità della stazione di servizio sarà installata una seconda cabina di consegna a 15kV, derivata dalla cabina Enel Baraccone, per alimentare le seguenti utenze:

- Posto di controllo centralizzato e direzione esercizio (alimentazione di riserva) 400V
- Stazione di servizio ATC 15kV
- Petrolifera – Cassa e Carburante CEC 400V

La linea esistente a 5,5kV, che attualmente transita al centro della autostrada A32, è collegata a valle lato Torino alla cabina TR 01 della galleria La Perosa di Rivoli, mentre a monte è collegata alla cabina TR 04 della galleria Prapontin. La linea sarà intercettata in prossimità del nuovo autoporto e sarà collegata alla nuova cabina di trasformazione denominata TR autoporto 5,5kV.

I due circuiti provenienti da valle e da monte di sezione 3x25mmq saranno attestati al nuovo quadro di media tensione che avrà la seguente configurazione:

- cella di arrivo da TR 01 galleria La Perosa Rivoli
- cella di arrivo da TR 04 galleria Prapontin
- cella misure e protezioni
- cella risalita sbarre
- cella interruttore generale interbloccato con interruttore gruppo elettrogeno
- cella arrivo da trasfo 630kVA 5,5/0,4kV per gruppo elettrogeno
- cella arrivo da trasfo 250kVA 5,5/0,4kV per uffici P.C.C. e D.E.
- cella alimentazione truck station direzione Bardonecchia
- cella alimentazione truck station direzione Torino

Le caratteristiche del quadro di media tensione saranno :

- celle di tipo protetto
- caratteristiche meccaniche ed elettriche idonee per corrente di breve durata 16kA per 1"
- sezionatori di linea rotativi interbloccati con sezionatore di terra
- interruttori di protezione IN 630A con relè indiretti 50-51-51N-67N per linee in campo
- interruttori di protezione IN 630A con relè indiretti 50-51-51N per linee in cabina
- sezionatore di terra interbloccati con sezionatore di linea

La nuova cabina elettrica CE1 TR autoporto sarà alimentata dalla TR 04, dalla TR 01 o contemporaneamente in entra esci. A valle del quadro di media tensione a 5,5kV, dopo il trasformatore da 630kVA sarà installato un gruppo elettrogeno da 600kVA per alimentare in emergenza le utenze degli uffici e per la rete a 5,5kV lungo l'autostrada.

Gli interruttori rete/gruppo saranno interbloccati, per utilizzare il gruppo elettrogeno al servizio della rete autostradale sarà necessario studiare la configurazione di esercizio, attività esclusa da questo progetto. In questa fase il gruppo elettrogeno sarà utilizzato esclusivamente al servizio degli uffici, della illuminazione del piazzale e degli svincoli. I circuiti di alimentazione dell'illuminazione del piazzale e degli svincoli saranno suddivisi in direzione Torino e Bardonecchia e saranno derivati dalla cabina elettrica 5,5kV dal quadro elettrico generale bassa tensione sezione illuminazione esterna. I circuiti saranno alimentati sia con alimentazione normale sia con alimentazione sicura dedicata sotto UPS.

I TEH 1-2-3 posizionati nel piazzale saranno predisposti per alimentare le Truck Station.

1.2 Cabina TR autoporto di distribuzione a 5,5kV

Il quadro di media tensione a 5,5kV sarà così suddiviso:

- cella di arrivo da TR 01 galleria La Perosa Rivoli
- cella di arrivo da TR 04 galleria Prapontin
- cella misure e protezioni
- cella risalita sbarre
- cella interruttore generale interbloccato con interruttore gruppo elettrogeno
- cella arrivo da trasfo 630kVA 5,5/0,4kV per gruppo elettrogeno
- cella arrivo da trasfo 250kVA 5,5/0,4kV per uffici P.C.C. e D.E.
- cella alimentazione truck station direzione Bardonecchia
- cella alimentazione truck station direzione Torino

Le caratteristiche saranno :

- celle di tipo protetto
- caratteristiche meccaniche ed elettriche idonee per corrente di breve durata 16KA per 1"
- sezionatori di linea rotativi interbloccati con sezionatore di terra
- interruttori di protezione IN 630A con relè indiretti 50-51-51N-67N
- sezionatore di terra interbloccati con sezionatore di linea

1.3 Cabina Elettrica 15kV – CE2

La cabina elettrica CE2 derivata dalla cabina elettrica Enel Baraccone a 15kV sarà predisposta per alimentare, tramite contatori di misura le seguenti utenze in bassa tensione 400V:

- Uffici posto di controllo centralizzato e direzione esercizio (alimentazione riserva)
- Petrolifera – Cassa e carburante CEC
- Uffici OK GOL

Sarà predisposta per alimentare in media tensione 15kV:

- Stazione di servizio ATC

Nel locale di media tensione saranno installate le apparecchiature a cura Enel

Nel locale misura saranno installate le seguenti apparecchiature:

- contatore di misura uffici posto di controllo centralizzato
- contatore di misura uffici OK GOL
- contatore di misura petrolifera – Cassa e carburante CEC
- contatore di misura bidirezionale stazione di servizio ATC

Nel locale bassa tensione utente saranno installate le seguenti apparecchiature:

- quadro media tensione stazione di servizio ATC
- trasformatore stazione di servizio
- quadro elettrico distribuzione stazione di servizio ATC
- protezione uffici posto di controllo centralizzato
- protezione uffici OK GOL
- protezione petrolifera – Cassa e carburante CEC
- quadro di protezione impianto fotovoltaico pensilina petrolifera – CEC

Il posto di controllo centralizzato sarà alimentato normalmente dalla rete autostradale a 5,5kV, in soccorso da gruppo elettrogeno e da gruppi di continuità UPS. In caso di mancanza della rete autostradale la linea sarà commutata sulla consegna Enel in bassa tensione a 400V.

1.4 Stazione di servizio

Il quadro di distribuzione della stazione di servizio ATC dovrà alimentare i seguenti quadri :

- quadro elettrico generale stazione di servizio
- quadro elettrico centrale tecnologica
- quadro elettrico UPS per illuminazione di sicurezza
- quadro elettrico cucina
- quadro elettrico impianto fotovoltaico

2. Apparecchiature per illuminazione stradale

2.1 Requisiti di rispondenza degli impianti di illuminazione alle norme vigenti

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, giusta prescrizione della legge 1 marzo 1968, n. 186 e successive modifiche ed integrazioni.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché, dei loro componenti devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti alla data di presentazione dell'offerta ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni delle autorità locali comprese quelle dei VV.FF.;
- alle prescrizioni ed indicazioni dell'ENEL o dell'Azienda distributrice dell'energia elettrica;
- alle prescrizioni e indicazioni della SIP;
- alle norme CEI (Comitato elettrotecnico italiano) e UNI, e segnatamente :
 - CEI 64-8 (sesta edizione) – Sez. 714 “Impianti di illuminazione situati all'esterno”
 - CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasporto, distribuzione energia elettrica. Linee in cavo
 - CEI 11-4 (approvate con D.M. 21.03.1988) - Norme per l'esecuzione delle linee elettriche aeree esterne. Con specifico riferimento alla Sezione 5 “Fondazioni”
 - CEI EN 61439-1/2 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (Quadri BT)
 - CEI 23-51 - Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
 - UNI 11248 – Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche
 - UNI EN 13201-2 – Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali
 - UNI EN 13201-3 – Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni
 - UNI EN 13201-4 – Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche
 - UNI 10819 – Impianti di illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso
 - UNI-EN 40 - Pali per illuminazione. Parte 2 - Dimensioni e tolleranze
- nonché per i cavi e i cavidotti interrati: CEI 20-13 IEC 60502-1 CEI UNEL 35375-35377 CEI 20-22 II CEI EN 60332-3-24 CEI EN 60332-1-2 CEI EN 50267-2-1 CEI 20-45 CEI EN 60332-3-24 (CEI 20-22 III) CEI EN 60332-1-2 CEI EN 50267-2-1 CEI EN 61034-2 CEI 20-37/4-0 CEI EN 50200 CEI EN 50362 CEI 20-36/4-0 CEI 20-36/5-0
- nonché per le lampade e accessori: CEI 20-13 (CEI 20-38 PQA) CEI UNEL 35382 - 35384 CEI EN 60332-3-24 (CEI 20-22 III) CEI EN 60332-1-2 CEI EN 60754 CEI EN 61034-2 CEI 20-37/4-0
- **D.Lgs 9 Aprile 2008, n. 81– Testo unico in materia di salute e sicurezza sul lavoro**, concernente il riordino delle normativa in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro, in attuazione della Legge 3 Agosto 2009, n. 106
- **D.M. 22 gennaio 2008 n. 37** “Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 23, lettera a) della legge n. 248 del 02/12/2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici” (entrato in vigore nel mese di marzo 2008, abrogando la legge 46/90 e relativo regolamento di attuazione D.P.R. 447/91)
- D.L.vo n° 285 30/04/1992 e s.m.i. – “Nuovo codice della strada”
- D.M. 05/11/2001 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”

2.2 Quadri Elettrici

2.2.1.1 *quadri secondari modulari*

Caratteristiche costruttive

Il quadro sarà realizzato in lamiera, con spessore non inferiore a 15/10, con trattamento di preparazione e verniciatura con vernici di alta qualità a base di resine epossidiche polimerizzate a forno, con punto di colore RAL 5005.

Il quadro dovrà essere previsto per essere posato a pavimento : pertanto tutte le operazioni di allacciamento e manutenzione (connessione dei cavi in ingresso ed in uscita, manutenzione e sostituzione degli interruttori o degli strumenti) saranno realizzabili dal fronte del quadro stesso.

Il quadro dovrà presentare il grado di protezione IP55 verso l'esterno, in qualsiasi configurazione che consenta la manovra degli apparecchi di interruzione, e dovrà corrispondere alla forma di segregazione 2b.

Le pareti laterali devono poter essere asportate soltanto mediante chiave a brugola.

La costruzione dovrà essere di tipo unificato e modulare, in modo da poter soddisfare esigenze di incremento della potenza installata, utilizzando e affiancando un numero di elementi modulari sufficienti a soddisfare le varie necessità.

Ogni scomparto del quadro deve essere dotato di portella (munita di chiusura a chiave), costituita da una cornice portante in lamiera e da una superficie realizzata con materiale plastico trasparente con caratteristiche antifiamma, ad alta resistenza meccanica.

Tale portella esterna deve essere fissata alla struttura con cerniere.

Il grado di protezione garantito dalla portella chiusa deve essere non inferiore a IP55.

Dietro la portella esterna saranno collocati dei pannelli sminestrati, su cui si affacceranno le manovre frontali degli interruttori. A portella esterna aperta, dovrà comunque essere garantito verso l'esterno il grado di protezione IP 30.

Il dimensionamento del quadro deve essere riferito ai seguenti dati nominali:

tensione nominale	1000V
tensione di isolamento	1000V
tensione di prova	2500V
temperatura massima dell'aria ambiente	45°C con media giornaliera non superiore a 35°C;
correnti di corto circuito e nominale	come da schema.

Nel quadro sarà installato e connesso:

un sistema di sbarre, realizzato in bandella di rame, con sezione idonea a consentire la portata indicata sullo schema unifilare (in mancanza di tale indicazione una portata pari a 1,5 volte la I_n dell'interruttore generale di arrivo), con riferimento alla tabella DIN 43671 ed alla temperatura aria ambiente di 35°C, ed a una temperatura massima consentita per le sbarre pari a 75°C.

Il collegamento dei vari conduttori alle sbarre, dovrà avvenire tramite vite-bullone, rondella elastica, rondella piana.

Pertanto tutte le distanze di isolamento del quadro dovranno essere idonee a sostenere le prove di tensione sulla base di un dimensionamento dell'isolamento riferito alle sole distanze in aria.

I setti reggisbarra dovranno essere realizzati con materiale qualificato autoestinguento (preferibilmente vetroresina) e devono essere idonei a sostenere gli sforzi elettrodinamici corrispondenti alla corrente di cresta del quadro.

Le connessioni dalle sbarre omnibus agli interruttori saranno realizzate con elementi di corda unipolari FG16 non propaganti l'incendio a norme CEI 20-22, dotati di idoneo capicorda, con sezione coordinata con la I_t dell'interruttore come da tabella che segue:

I_t	Sezione
10A	2,5mm ²
16A	2,5mm ²
20A	4mm ²
25A	6mm ²
32A	10mm ²
40A	16mm ²
50A	16mm ²

Per $I_t > 50A$, le connessioni devono essere realizzate in bandella di rame, in base al proporzionamento prescritto per le norme DIN.

Saranno altresì installati e connessi nel quadro:

Interruttori automatici magnetotermici e differenziali (in classe AC), in esecuzione fissa, con le seguenti caratteristiche generali:

tensione nominale 400V;

correnti nominali e numero di poli come da schemi;

curva tipo D;

potere di interruzione di servizio come da schema.

contattori a ritenuta meccanica come da schema;

La sbarra di terra, in rame, avrà dimensioni 30x5mm, e sarà verniciata in giallo-verde.

A tale sbarra metallica dovranno fare capo, opportunamente collegati tramite capicorda, i conduttori di protezione delle linee in partenza ed il conduttore di protezione proveniente dal quadro generale.

In corrispondenza delle singole apparecchiature, devono essere installate targhette indicatrici in materiale plastico a fondo nero con incisioni di colore chiaro, fissate con viti e riportanti la denominazione (scelta da D.L.) della linea sottesa.

Le morsettiere dovranno essere costituite da morsetti di tipo componibile, per montaggio su guida DIN simmetrica.

Il quadro dovrà corrispondere a:

DPR 547

Norme CEI 17-13/1

Pubblicazioni I.E.C. 439-1.

Estendibilità

La carpenteria del quadro dovrà consentire un incremento del numero delle linee, rispetto a quelle previste in progetto, fino al 40%.

Composizione del quadro

La composizione del quadro è illustrata sulla specifica tavola di progetto.

Verniciatura

La struttura e i pannelli dovranno essere accuratamente trattati e verniciati.

Il trattamento di fondo dovrà prevedere il lavaggio, decappaggio, fosfatazione ed elettrozincatura delle lamiera.

Le lamiera trattate saranno verniciate con polvere termoindurente a base di resine epossidiche mescolate con resine poliesteri; colore RAL 5005, liscio e semi lucido, con spessore minimo 70 micron.

Le sbarre principali dovranno essere predisposte per essere suddivise in sezioni pari agli elementi di scomposizione del quadro e dovranno consentire ampliamenti su entrambi i lati.

A tale riguardo di norma i cavi di alimentazione si attesteranno direttamente (*) ai morsetti dell'interruttore generale, provvisto di coprimorsetti IP2X. Le sbarre dovranno essere identificate con opportuni contrassegni autoadesivi a seconda della fase di appartenenza così come le corde saranno equipaggiate con anelli terminali colorati.

Tutti i conduttori sia ausiliari che di potenza (salvo la prescrizione s.d.) si attesteranno a delle morsettiera componibili su guida, con diaframmi, che saranno adatte, salvo diversa prescrizione, ad una sezione di cavo non inferiore a 6mmq.

Collegamenti ausiliari

Saranno in conduttore flessibile, con isolamento per 3 kV, con le seguenti sezioni minime:

2,5mm² per circuiti comandi

1,5mm² per circuiti di segnalazione e T.V.

Ogni conduttore sarà completo di anellino numerato corrispondente al numero sulla morsettiera e sullo schema funzionale.

Dovranno essere identificati i conduttori per diversi servizi (ausiliari in alternata, corrente continua, circuiti di allarme circuiti di comando, circuiti di segnalazione ecc.) impiegando conduttori con guaine colorate differenziate oppure ponendo alle estremità anellini colorati.

I conduttori saranno riuniti a fasci entro canaline o sistemi analoghi con coperchio a scatto.

Tali sistemi consentiranno un inserimento di conduttori aggiuntivi in volume pari al 40% di quelli installati.

Schemi

Il quadro dovrà essere corredato di apposita tasca porta-schemi dove saranno contenuti in involucro i disegni degli schemi di potenza e funzionali.

Norme di riferimento

IEC 439, CEI 17-13/1.

I quadri dovranno essere sottoposti alle prove e verifiche stabilite dalle norme CEI 17-13/1 per i tipi AS ed ANS, da effettuarsi presso l'officina a carico del fornitore. Il fornitore inoltre dovrà, se, il quadro è di tipo AS, fornire i certificati relativi alle prove di tipo, previste dalle norme CEI 17-13/1, effettuati dal costruttore sui prototipi del quadro. In ogni caso dovrà essere fornita la documentazione prevista a tabella 7 della CEI 17-13/1.

2.3 Linee d'alimentazione in cavo in bassa tensione

Tutti i cavi ed i conduttori devono essere di costruzione di primaria casa, rispondere alle norme costruttive CEI, alle norme dimensionali UNEL, ai D.Lgs, al C.P.R. ed essere dotati del Marchio Italiano di Qualità.

I conduttori devono essere identificati come segue:

- mediante colorazione, secondo tabelle UNEL per distinguere fasi, neutro e conduttore di protezione;
- mediante fascette ogni 10 m e terminali per distinguere i circuiti e la funzione di ogni conduttore nelle cassette di derivazione e nei quadri.

Le sigle delle fascette devono corrispondere a quelle riportate sui disegni costruttivi dopo essere state approvate dalla DL.

In particolare i conduttori isolati o nudi dovranno essere individuati in modo che siano distinte:

Le fasi per i circuiti degli impianti di illuminazione, forza motrice od ausiliari a due, tre o quattro fili;

Il tipo di utilizzazione per i circuiti corrispondenti a servizi diversi;

I conduttori di protezione e neutri.

Nella scelta dei colori e della notazione alfanumerica dei conduttori delle fasi e di diversi circuiti, che dovranno essere fatte in accordo con la Direzione Lavori, dovrà essere rispettato quanto prescritto dalla norma CEI 16-4 fascicolo 4658 (1998).

Conduttori singoli

Designazione Conduttori	Numerazione Alfanumerica	Colore Guaina
Fase 1	L1	Nero
Fase 2	L2	Marrone (o nero numerato)
Fase 3	L3	Grigio (o nero numerato)
Neutro	N	Blu

Apparecchio in corrente alternata

Designazione Conduttori	Numerazione Alfanumerica	Colore Guaina
Fase 1	U	Nero
Fase 2	V	Marrone
Fase 3	W	Grigio

Sistema di protezione

Designazione Conduttori	Numerazione Alfanumerica	Colore Guaina
Conduttore di protezione	PE	Giallo verde
Conduttore di protezione terra	TE	Giallo verde
Terra senza disturbi	E	Giallo verde

Nell'eventualità la Ditta riscontrasse un'effettiva difficoltà di reperimento dei cavi e conduttori nei suddetti colori, dovrà tempestivamente comunicarne notizia alla Direzione Lavori affinché possa essere definito quanto necessario per mantenere l'agevole individuazione dei vari circuiti.

UNIPOLARI	NERO	
BIPOLARI	BLU, MARRONE	
TRIPOLARI	GIALLO/VERDE, BLU, MARRONE MARRONE, NERO, GRIGIO	 
QUADRIPOOLARI	GIALLO/VERDE, MARRONE, NERO, GRIGIO BLU, MARRONE, NERO, GRIGIO	 
QUADRIPOOLARI (con conduttore ridotto)	GIALLO/VERDE (ridotto), MARRONE, NERO, GRIGIO BLU (ridotto), MARRONE, NERO, GRIGIO	 
PENTAPOLARI	GIALLO/VERDE, BLU, MARRONE, NERO, GRIGIO BLU, MARRONE, NERO, GRIGIO, NERO	 

Tabella colori identificazione anime.

2.3.1.1 Dimensionamento dei conduttori

Sezioni minime e cadute di tensione ammesse.

Le sezioni dei conduttori sono calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensione complessiva non superi il valore del 4% della tensione alla consegna o sul trasformatore), devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle d'unificazione CEI-UNEL.

Indipendentemente dai valori ricavati con le precedenti indicazioni, le sezioni minime ammesse per i conduttori di rame dovranno corrispondere a quanto specificato negli elaborati di progetto ed in ogni caso non minori delle seguenti:

1,5 mmq per i segnali di luminosità;

4 mmq per le dorsali dei circuiti di illuminazione;

Sezione minima dei conduttori di neutro

La sezione dei conduttori neutri non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase. Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mmq, la sezione dei conduttori neutri può essere ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, con il minimo tuttavia di 16 mmq (per conduttori in rame), purché siano soddisfatte le condizioni degli artt. 522, 524.1, 524.2, 524.3, 543.1.4. delle norme CEI 64-8.

Sezione dei conduttori di terra e protezione

I conduttori di terra devono essere conformi a quanto indicato nelle norme CEI 64-8, art. 543.1., e la loro sezione deve essere non inferiore a quella del conduttore di protezione di cui alla tab.1, con i minimi indicati nella tab. 2:

Sezioni convenzionali minime dei conduttori di terra

	Protetti meccanicamente	Non protetti meccanicamente
Protetti contro la corrosione	In accordo con 543.1	16 mmq rame 16 mmq ferro zincato(*)
Non protetti contro la corrosione	25 mmq rame 50 mmq ferro zincato(*)	

(*) Zincatura secondo la norma CEI 7-6 oppure con rivestimento equivalente

In alternativa ai criteri sopra indicati, è ammesso il calcolo della sezione minima dei conduttori di protezione mediante il metodo analitico indicato al paragrafo a) dell'art. 543.1.1 delle norme CEI 64-8, cioè mediante l'applicazione della seguente formula:

$$Sp = \sqrt{I^2 t} / K$$

nella quale:

Sp è la sezione del conduttore di protezione [mmq];

I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile [A];

t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione [s];

K è il fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti e dalle temperature iniziali e finali.

Cavi di bassa tensione FG16(O)R16

Cavo a doppio isolamento FG16(O)R16, per distribuzione elettrica di bassa tensione

Cavi unipolari e multipolari per energia e segnalamento idonei alla posa fissa all'interno ed in esterno su passerelle, in tubazioni, canalette o sistemi similari.

Conduttori in corda flessibile in rame rosso ricotto classe 5

Isolante in gomma HEPR ad alto modulo di qualità G16

Riempimento in materiale non fibroso e non igroscopico

Guaina in PVC speciale di qualità Rz, colore grigio tipo R16

Marcatura ad inchiostro speciale CEI 20-22 III cat C

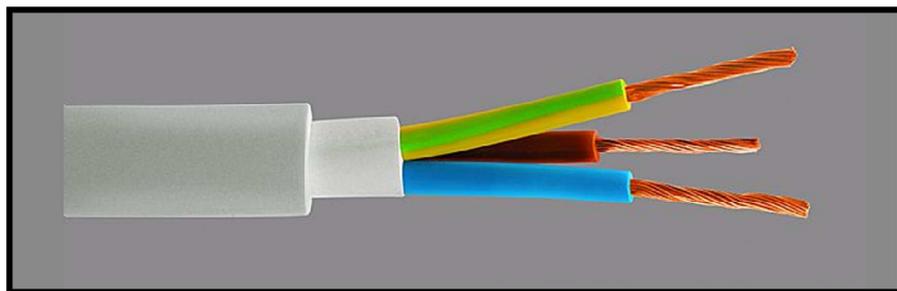
Temperatura di funzionamento 90 ° C

Temperatura di cortocircuito 250 ° C

CEI20-13/IEC 60502-1/CEI UNEL35318-35322-35016/EN 50575:2014 +EN 50575/A1:2016

Temperatura minima di posa: 0 °C.

I I valori di K per i conduttori di protezione in diverse applicazioni sono dati nelle tabelle 54B, 54C, 54D e 54E delle norme CEI 64-8.



Per canale si intende un involucro chiuso con coperchio, che assicura la protezione meccanica dei cavi e ne permette la posa senza tiro.

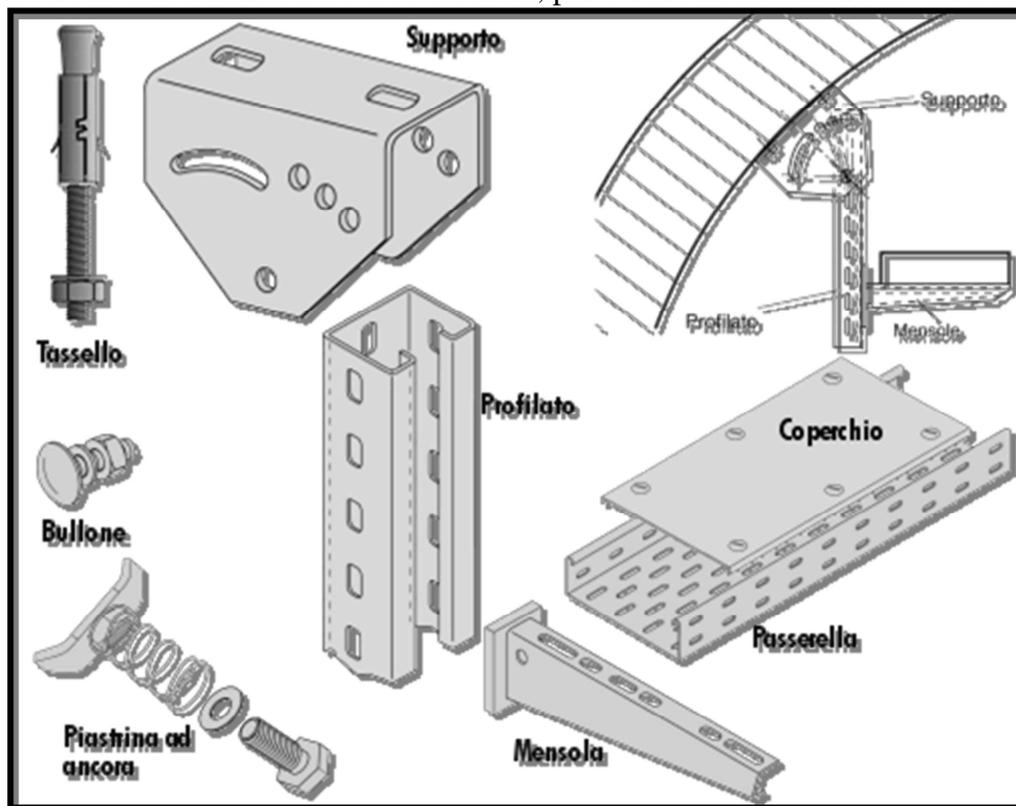
I canali devono essere in materiale metallico; richiedono l'assenza di asperità e di spigoli vivi, ed un grado di protezione almeno IP44.

Nei canali la sezione occupata dai cavi di energia, tenuto conto del volume occupato dalle connessioni, non deve superare il 50% della sezione del canale stesso.

Tale prescrizione non si applica ai cavi di segnalazione e comando e ai cavi per telecomunicazione.

Se uno stesso canale è utilizzato per cavi di energia e cavi di segnale deve essere munito di setti separatori o utilizzare cavi di segnale isolati per la tensione nominale dei cavi di energia

Se si utilizzano canali metallici o tubi metallici, tutti i cavi del medesimo circuito devono essere installati nello stesso tubo o canale, per evitare riscaldamenti dovuti a correnti indotte.



Negli impianti autostradali, il tipo d'installazione dovrà essere concordato di volta in volta con la DL.

Marchature dei cavi

Ogni cavo deve essere siglato in modo da consentirne l'individuazione in maniera inequivocabile. Le marchature dovranno essere conformi alla norma CEI 16-7 art.3 alle estremità e sulle cassette di derivazione dorsali.

Le scritte dovranno essere concordi a quelle indicate negli elaborati di progetto.

Giunzioni e derivazioni dei cavi

Le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti e corsetterie che garantiscano comunque la classe di isolamento II.

Le terminazioni dei cavi devono essere del tipo e della sezione adatta alle caratteristiche del cavo e all'apparecchio al quale saranno collegate; non è consentito alcun adattamento di dimensione o sezione del cavo o del capocorda stesso.

La guaina del cavo, nel punto di taglio, dovrà essere rifinita con l'impiego di manicotti termorestringenti.

I capicorda, in rame stagnato, devono essere del tipo a compressione e saranno utilizzati su tutti i cavi, sia di potenza sia di segnalazione.

Posa di cavi elettrici, isolati, sotto guaina, in tubazioni interrate, o in cunicoli non praticabili

Per la posa interrata delle tubazioni, valgono le seguenti prescrizioni: sul fondo dello scavo, sufficiente per la profondità di posa, preventivamente concordata con la Direzione Lavori, privo di qualsiasi sporgenza o spigolo di roccia o di sassi, si dovrà distendere il tubo (o i tubi) senza premere; inoltre si dovrà quindi stendere un altro strato di sabbia o terra; si dovrà procedere al rinterro dello scavo pigiando sino al limite del possibile e trasportando a rifiuto il materiale eccedente dall'iniziale scavo.

Per la profondità di posa, deve essere seguito il concetto di avere il cavidotto (o i cavidotti) posti sufficientemente al sicuro da possibili scavi di superficie per riparazioni a manti stradali o cunette, eventualmente soprastanti, o per movimenti di terra nei tratti a prato o a giardino.

Di massima deve essere però osservata la profondità di almeno 50 - 70 cm.

Le tubazioni dovranno essere coi singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari o flange, per evitare discontinuità nella loro superficie interna.

I cavi non dovranno subire curvature di raggio inferiore a 15 volte il loro diametro.

2.4 VERIFICHE ELETTRICHE

La verifica riguarda quelle operazioni tecniche necessarie per accertare se l'impianto elettrico è conforme alla regola d'arte e al progetto .

Le verifiche agli impianti elettrici sono previste dal DPR 547/55 dalla Legge 46/90 dalle norme CEI 64-8 , CEI 11-8 CEI 11-1, CEI 11-25, CEI 11-28 e condotte secondo le modalità e le indicazioni previste nelle norme stesse sopracitate e le guide CEI .

Le prove e le verifiche strumentali saranno eseguite con strumentazione la cui modalità di funzionamento risponda alle prescrizioni previste nelle citate norme Cei unitamente al certificato di taratura dello strumento eseguita dalla casa costruttrice o altri Enti certificati.

Le verifiche si suddividono sostanzialmente in:

Verifiche iniziali eseguite al momento del collaudo di nuovo impianto;

Verifiche periodiche (di sicurezza) secondo la periodicità prevista dalle norme e Leggi soprannominate;

Verifiche straordinarie eseguite in base a particolari eventi e situazioni impiantistiche per cui si reputi opportuno un controllo delle funzionalità e/o della sicurezza dell'impianto.

Per ciascuna prova si trascriveranno i risultati su specifico modulo e/o tabella per il commento finale. Le verifiche periodiche saranno trascritte nel registro delle verifiche così come previsto dalla norma CEI.

2.4.1.1 riferimenti alle norme vigenti e qualità dei materiali

Le opere ed i materiali dovranno essere conformi:

D.P.R. n° 547 del 27/4/1955;

Legge n° 186 del 1/3/1968;

D.M. n° 37 del 22/01/2008;

D.L. n° 696 del 19/9/1994 ed integrazioni (esclusivamente per quanto di pertinenza elettrica);

Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

Inoltre dovranno essere conformi alle prescrizioni degli Enti preposti al controllo dei vari impianti nella zona nella quale i lavori verranno effettuati ed in particolare a quelle dell'Ispettorato del Lavoro, dell'U.S.S.L., dei Vigili del Fuoco, dell'ENEL.

In particolare si richiamano qui di seguito, a titolo esemplificativo e non limitativo, alcune delle normative CEI (da intendersi nell'ultima edizione e comprensive di eventuali fascicoli di varianti) più ricorrenti nell'ambito degli impianti in oggetto.

UNI 11248: Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche (2007)

UNI 10819: Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso (Marzo 1999)

Legge regionale N.31 del 24 Marzo 2000: "Disposizioni per la prevenzione e lotta all'inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche"

Legge regionale N.8 del 23 Marzo 2004: "Modificazioni alla legge regionale 24 marzo 2000, n. 31 (Disposizioni per la prevenzione e lotta all'inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche)"

2.4.1.2 IMPIANTI

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c. (7°Edizione-Maggio 2012) e successive varianti

CEI 11-17: Linee in cavo (2°Edizione-Luglio 1997)

CEI 20-22II: Prove d'incendio sui cavi elettrici

CEI 17-5: Interruttori automatici per c.a. e tensione nominale non superiore a 1000V e per c.c. e tensione nominale non superiore a 1200V (6° Edizione-Ottobre 1998)

CEI 17-13: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) (4°Edizione-Novembre 2000)

CEI 23-3: Interruttori automatici di sovracorrente per usi domestici e similari (per tensione nominale non superiore a 415V in c.a.) (4°Edizione-Marzo 1999)

23-54: Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche-Parte 2-1: Prescrizioni particolari per i sistemi di tubi rigidi ed accessori (1°Edizione-Ottobre 1996)

CEI 34-21: Apparecchi di illuminazione-Parte 1°: Prescrizioni generali e prove (7°Edizione-Aprile 2001)

CEI 34-22: Apparecchi di illuminazione-Parte 2-22: Prescrizioni particolari apparecchi di emergenza (3°Edizione-Aprile 1999)

CEI 34-23: Apparecchi di illuminazione-Parte 2°: Prescrizioni particolari apparecchi fissi per uso generale (2°Edizione-Ottobre 1997)

UNI-EN 40/1: Pali per illuminazione. Termini e definizioni (31/3/1992)

UNI-EN-40/3-1: Pali per illuminazione pubblica-Progettazione e verifica-Specifica dei carichi caratteristici (31/5/2001)

UNI-EN-40/3-2: Pali per illuminazione pubblica-Progettazione e Verifica tramite prova (31/5/2001)

UNI-EN 40/5: Pali per illuminazione pubblica-Specifiche per pali per illuminazione pubblica in acciaio (31/5/2001)

Tutti i materiali e le apparecchiature utilizzate per la realizzazione degli interventi in oggetto saranno adatti all'ambiente di installazione e rispondenti alle relative Norme CEI-UNEL, ove esistano.

In ogni caso, materiali ed apparecchiature saranno nuovi, di alta qualità, di sicura affidabilità, dotati del Marchio CE e, se concesso per la loro specifica categoria merceologica, di Marchio Italiano di Qualità (IMQ) o di altra Certificazione o Marchio equivalente.

2.5 Verifiche dell'impianto elettrico

2.5.1 Generalità

Le verifiche dell'impianto elettrico devono essere eseguite dal direttore dei lavori secondo le indicazioni del capitolo 61 della norma **CEI 64-8**:

- art. 611. Esame a vista;
- art. 612. Prove.

In linea generale le operazioni di verifica di un impianto elettrico possono così articolarsi:

1. esame a vista
2. rilievi strumentali;
3. calcoli di controllo.

Le verifiche debbono essere eseguite anche nei casi di trasformazioni, ampliamenti e/o interventi che hanno alterato le caratteristiche originarie dell'impianto elettrico.

2.5.2 *Esame a vista*

L'esame a vista (norma **CEI 64-8**), eseguito con l'impianto fuori tensione, ha lo scopo di accertare la corretta esecuzione dell'impianto prima della prova. L'esame a vista dell'impianto elettrico è condotto sulla base del progetto ed ha lo scopo di verificare che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle prescrizioni delle norme vigenti; l'esame può essere eseguito sia durante la realizzazione dell'impianto o alle fine dei lavori.

L'esame vista dell'impianto elettrico comprende i seguenti controlli relativi a:

- analisi del progetto;
- verifica qualitativa dei componenti dell'impianto;
- verifica quantitativa dei componenti dell'impianto;
- controllo della sfilabilità dei cavi e delle dimensioni dei tubi e dei condotti;
- verifica dell'idoneità delle connessioni dei conduttori;
- verifica dei gradi di protezione degli involucri;
- controllo preliminare dei collegamenti a terra;
- controllo dell'idoneità e della funzionalità dei quadri elettrici;
- controllo dell'idoneità, funzionalità e sicurezza degli impianti ausiliari;
- controllo delle sezioni minime dei conduttori e dei colori distintivi;
- verifica per gli apparecchi per il comando e l'arresto di emergenza;
- presenza e corretta installazione dei dispositivi di sezionamento e di comando.

2.5.3 *Verifica qualitativa e quantitativa*

La verifica qualitativa e quantitativa dei componenti dell'impianto elettrico ha lo scopo di verificare :

- la rispondenza qualitativa dei materiali ed apparecchiature impiegate siano rispondenti alle prescrizioni del capitolato speciale d'appalto ed ai dati di progetto, accertando la consistenza quantitativa e il funzionamento;
- la conformità delle indicazioni riportate negli schemi e nei piani d'installazione: individuando l'ubicazione dei principali componenti, la conformità delle linee di distribuzione agli schemi, la conformità dei punti di utilizzazione ai piani d'installazione, l'univocità d'indicazione tra schemi e segnaletica applicata in loco;
- la compatibilità con l'ambiente: accertando che tutti i componenti elettrici siano stati scelti e collocati tenendo conto delle specifiche caratteristiche dell'ambiente e siano tali da non provocare effetti nocivi sugli altri elementi esistenti nell'ambiente;
- accessibilità che deve essere: agevole per tutti i componenti con pannelli di comando, misura, segnalazione manovra; possibile, eventualmente con facili operazioni di rimozione di ostacoli, per i componenti suscettibili di controlli periodici o di interventi manutentivi (scatole, cassette, pozzetti di giunzione o connessione, ecc.).

L'accertamento della garanzia di conformità è data dal marchio IMQ (Marchio Italiano di Qualità) o altri marchi equivalenti, in caso contrario l'impresa deve fornire apposita certificazione.

2.5.4 Verifica della sfilabilità dei cavi e controllo delle dimensioni dei tubi e dei condotti

La verifica della sfilabilità dei cavi consiste nell'estrarre un cavo dal tratto di tubo protettivo, incassato o a vista, compreso tra due cassette o scatole successive e nell'osservare se questa operazione abbia danneggiato il cavo stesso.

L'analisi in sintesi deve riguardare:

Oggetto	Accertamenti
a) sfilabilità	- estrazione di uno o più cavi dai condotti - mantenimento della calibratura interna
b) dimensione dei tubi	- diametro interno maggiore o uguale a 10 mm
c) rispondenza normativa dei tubi	- verifica della rispondenza alle prescrizioni di progetto

La verifica deve essere effettuata preferibilmente sui tratti di tubo non rettilinei e deve essere estesa a tratti di tubo per una lunghezza compresa tra l'1% e il 5% della totale lunghezza dei tubi degli impianti utilizzatori presi in esame; in caso di esito non favorevole, fermo restando l'obbligo per l'installatore di modificare gli impianti, la prova dovrà essere ripetuta su di un numero di impianti utilizzatori doppio rispetto al primo campione scelto; qualora anche la seconda prova fornisca esito sfavorevole la verifica della sfilabilità dovrà essere ripetuta su tutti gli impianti utilizzatori.

Il controllo deve verificare che i tubi abbiano diametro interno maggiore di 10 mm e che in generale sia almeno uguale a 1,3 volte il diametro circoscritto al fascio di cavi contenuti entro i tubi. Per le condutture costituite da canalette la superficie interna della sezione retta degli alloggiamenti dei cavi elettrici deve essere almeno uguale al doppio della superficie della sezione retta dei cavi contenuti.

I tubi protettivi flessibili di materiale termoplastico a base di policloruro di vinile da collocare sotto traccia devono essere conformi alla norma **CEI 23-14 V1**.

I tubi protettivi rigidi ed accessori di materiale termoplastico a base di policloruro di vinile da collocare in vista devono essere conformi alla norma **UNEL 37118/72 e 37117-72**.

Tabella. Dimensioni dei tubi protettivi flessibili e rigidi in PVC

Grandezza	Tubi flessibili in PVC		Tubi rigidi in PVC	
	Diametro esterno D (mm)	Diametro interno min d (mm)	Diametro esterno D (mm)	Diametro interno min d (mm)
16	16	10,7	16	13,0
20	20	14,1	20	16,9
25	25	18,3	25	21,4
32	32	24,3	32	27,8
40	40	31,2	40	35,4
50	50	39,6	50	44,3
63	63	50,6	63	56,5

2.5.5 Verifica dei gradi di protezione degli involucri (protezioni contro i contatti diretti)

La verifica dei gradi di protezione degli involucri ha lo scopo di verificare che tutti i materiali, gli apparecchi e le macchine installati in ambienti speciali (acqua e/o polvere) abbiano grado di protezione adeguato ai fini della sicurezza, della funzionalità e della durata e/o conforme alle prescrizioni del progetto o del capitolato; per la verifica si farà riferimento alla norme CEI-64.8. e CEI 70-1. Il grado di protezione è indicato con le lettere IP (International Protection) seguite da due cifre indicanti la prima il grado di protezione delle persone contro il contatto con gli elementi in tensione e la penetrazione dannosa dell'acqua, es. IP 55. Quando una delle due cifre è sostituita da una X (es. IP4X o IPX4), significa che il materiale garantisce soltanto un tipo di protezione. Lo 0 indica nessun grado di protezione., es IP20, indica l'assenza di protezione dalla penetrazione dell'acqua.

Sono esclusi dall'esame i componenti installati nei locali bagno e doccia e quelli pertinenti ad impianti AD-FT per locali caldaia e simili.

I componenti con grado di protezione inferiore a IP 20 non possono essere installati in ambienti interni ordinari accessibili a personale non addestrato. La norma CEI 70-1 stabilisce inoltre che i gradi di protezione superiori soddisfano i requisiti dei gradi protezione inferiori.

Devono essere oggetto di verifica:

Oggetto	Accertamenti
a) componenti installati in luoghi umidi (che presentano sul pavimento, sulle pareti o sul soffitto tracce di stillicidio da condensa o da infiltrazione d'acqua).	grado di protezione \geq IP 21
b) componenti installati in luoghi esposti alle intemperie ma non soggetti a spruzzi di pioggia battente con stravento $> 60^\circ$ dalla verticale.	grado di protezione \geq IP 23
c) componenti soggetti a spruzzi, pioggia a stravento, intemperie.	grado di protezione \geq IP 34
d) componenti installati in locali di lavaggio o in ambienti occasionalmente polverosi.	grado di protezione \geq IP 55
e) componenti installati in locali di lavaggio o in ambienti permanentemente polverosi.	grado di protezione \geq IP 66
f) componenti installati in ambienti con pericolo d'inondazione occasionale e temporanea o su terreno soggetto a pozzanghere.	grado di protezione \geq IP 67
g) materiale installato in altri ambienti speciali con temperatura elevata, vibrazioni, muffe, atmosfere corrosive, ecc..	certificazione d'idoneità rilasciata da enti autorizzati o autocertificazione del costruttore - rispondenza alle indicazioni progettuali

2.5.6 Controllo dei collegamenti a terra

Le verifiche dell'impianto di terra sono descritte nelle norme per gli impianti di messa a terra (norme CEI 64-8 e CEI 11-1); l'impresa esecutrice dell'impianto dovrà rilasciare la dichiarazione di conformità completa della descrizione e delle misure della resistenza di terra, ai fini dell'omologazione dello stesso impianto, e ai fini di consentire la trasmissione della medesima dichiarazione agli enti preposti da parte della stazione appaltante a mezzo dell'apposito modulo.

Si devono effettuare le seguenti verifiche:

- identificazione dei conduttori di terra e di protezione (PE) ed equipotenziali (EQ). Ha lo scopo di accertare che l'isolante e i collari siano colore giallo-verde. Si intende che andranno controllate sezioni, materiali e modalità di posa nonché lo stato di conservazione sia dei conduttori stessi che delle giunzioni. Si deve inoltre controllare che i conduttori di protezione assicurino il collegamento tra i conduttori di terra e il morsetto di terra degli utilizzatori fissi e il contatto di terra delle prese a spina;
- misurazione del valore di resistenza di terra dell'impianto, utilizzando un dispersore ausiliario ed una sonda di tensione con appositi strumenti di misura o con il metodo voltamperometrico. La sonda di tensione e il dispersore ausiliario vanno posti ad una sufficiente distanza dall'impianto di terra e tra loro; si possono ritenere ubicati in

modo corretto quando sono sistemati ad una distanza dal suo contorno pari a 5 volte la dimensione massima dell'impianto stesso; quest'ultima nel caso di semplice dispersore a picchetto può assumersi pari alla sua lunghezza. Una pari distanza va mantenuta tra la sonda di tensione e il dispersore ausiliario;

- collegamenti: Si deve controllare che tutte le masse (compresi gli apparecchi illuminanti), i poli di terra delle prese a spina e tutte le masse estranee presenti nell'area dell'impianto siano collegate al conduttore di protezione;
- continuità: Bisogna accertarsi della continuità del conduttore di protezione e l'assenza di dispositivi di sezionamento o di comando;
- tracciato e sezionabilità: I conduttori di protezione devono, in linea di massima, seguire il tracciato dei conduttori di fase e dipartirsi dalle scatole di derivazione per consentirne il sezionamento in caso di guasti;
- sezione del conduttore protezione-neutro (PEN): il controllo a vista dei componenti del dispersore deve essere effettuato in corso d'opera, in caso contrario è consigliabile eseguire dei sondaggi.

2.5.7 Verifica delle condutture, cavi e connessioni

La verifica ha lo scopo di verificare che nell'esecuzione dell'impianto siano state rispettate le prescrizioni minime riguardo a;

- sezioni minime dei conduttori rispetto alle prescrizioni del presente capitolato speciale d'appalto delle norme CEI:
 - 1, 5 mm²: cavi unipolari isolati in PVC, posati in tubi o canalette;
 - 0,5 mm² : circuiti di comando, segnalazione e simili, ecc.;
- colori distintivi :
 - colore giallo-verde per i conduttori di protezione e di collegamento equipotenziali;
 - colore blu chiaro per il neutro
 - altri colori (marrone, nero, grigio) per i conduttori di fasi diverse;
- idoneità delle connessioni dei conduttori e degli apparecchi utilizzatori. Devono essere verificati le dimensioni idonee dei morsetti rispetto al conduttore serrato, le scatole di derivazione e le modalità di connessione. Sono vietate le giunzioni fuori scatola o entro i tubi di protezione.

Tabella - Caratteristiche fondamentali dei morsetti e sezioni dei conduttori serrabili (Norma CEI 23-21)

Grandezza del morsetto	Conduttori serrabili		Massima forza applicabile al conduttore in estrazione (N)
	Rigidi flessibili (mm ²)	Flessibili (mm ²)	
0	-	1	30
1	1,5	1,5	40
2	2,5	2,5	50
3	4	4	50
4	6	6	60
5	10	6	80
6	16	10	90
7	25	16	100
8	35	25	120

La verifica deve riguardare anche il grado di isolamento dei cavi rispetto alla tensione di esercizio.

2.5.8 Verifica dei dispositivi di sezionamento e comando

La norma CEI 64-8 distingue quattro fondamentali funzioni dei dispositivi di sezionamento e di comando: sezionamento o interruzione per motivi elettrici, interruzione per motivi non elettrici, comando funzionale e comando di emergenza.

La verifica dei dispositivi di sezionamento lo scopo di accertare la presenza e corretta installazione dei dispositivi di sezionamento e di comando, al fine di consentire di agire in condizioni di sicurezza durante gli interventi di manutenzione elettrica ad altro sugli impianti e macchine.

In questa verifica dovranno essere controllati:

- l'interruttore generale, verificando la sua presenza all'inizio di ogni attività di impianto e la sua idoneità alla funzione di sezionamento;
- gli interruttori divisionali, verificando il loro numero e la loro idoneità alla funzione di sezionamento;
- gli interruttori di macchine installati in prossimità delle macchine pericolose per il pubblico e gli operatori (scale mobili, ascensori, nastri trasportatori, macchine utensili, impianti di lavaggio auto, ecc.).

La verifica dei dispositivi di comando per l'arresto di emergenza ha lo scopo di accertare la possibilità di potere agire sull'alimentazione elettrica per eliminare i pericoli dipendenti dal malfunzionamento di apparecchi, macchine o impianti.

In questa verifica dovranno essere controllati:

- gli interruttori d'emergenza a comando manuale, accertando la loro presenza a portata di mano nei pressi di macchine o apparecchi pericolosi;
- apparecchi d'emergenza telecomandati.

Devono essere oggetto di verifica:

- a) interruttori, prese, quadri, scatole di derivazione, apparecchi illuminanti;
- b) condutture;
- c) involucri protetti;
- d) numero dei poli degli interruttori;
- e) interruttore generale;
- f) impianto di messa a terra.

2.5.8.1 Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e della apposizione dei contrassegni di identificazione

Si deve verificare che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa e alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo, o, in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.

Per cavi e conduttori si deve controllare che il dimensionamento sia fatto in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL; inoltre si deve verificare che i componenti siano dotati dei debiti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

2.5.9 Prove di verifica e controlli

Le prove consistono nell'effettuazione di misure o di altre operazioni per accertare l'efficienza dell'impianto elettrico. La misura deve essere accertata mediante idonea strumentazione.

Le prove possono riguardare:

- prova della continuità dei conduttori di protezione compresi i conduttori equipotenziali principali e supplementari;
- misura della resistenza dell'isolamento dell'impianto elettrico;
- misura della resistenza d'isolamento dei pavimenti e delle pareti;
- verifica della separazione dei circuiti;
- verifica della protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- prova di polarità;
- prova di tensione applicata;
- prove di funzionamento alla tensione nominale;
- verifica della protezione contro gli effetti termici;
- verifica caduta di tensione.

2.5.10 Prova della continuità dei conduttori di protezione

La prova della continuità dei conduttori di protezione (norma CEI 64-8, art. 612.2) consiste nell'accertare la continuità dei conduttori di protezione (PE), del neutro con funzione anche di conduttore di protezione (PEN), dei collegamenti equipotenziali principali (EQP) e supplementari (EQS) e sui conduttori terra (CT).

2.5.11 Prova di funzionamento alla tensione nominale

La prova di funzionamento alla tensione nominale (norma CEI 64-8, art. 612.9) ha lo scopo di verificare che le apparecchiature, i motori con i relativi ausiliari, i comandi ed i blocchi funzionino regolarmente senza difficoltà né anomalie, sia in fase di spunto che di funzionamento gravoso.

Devono essere sottoposti a misure di tensione in ingresso tutti i quadri generali, i quadri principali ed i quadri di zona e di reparto e tutte le macchine con potenza superiore a 10 kVA, gli impianti di illuminazione con lampada scarica sia a catodo caldo che a catodo freddo.

2.5.12 Prova di intervento dei dispositivi di sicurezza e di riserva

La prova d'intervento dei dispositivi di sicurezza e di riserva (norma CEI 64-8, art. 612.9) ha lo scopo di accertare che i generatori e gli automatismi destinati a garantire l'alimentazione di apparecchi o parti d'impianto destinati alla sicurezza o alla riserva entrino tempestivamente in funzione fornendo valore di tensione, frequenza e forma d'onda conformi alle previsioni di progetto.

La prova è di carattere preliminare e ha lo scopo di verificare la correttezza dell'installazione dei collegamenti.

In particolare l'analisi deve riguardare:

- alimentatori non automatici, verificando i valori di tensione e forma d'onda secondo le previsioni di progetto;
- alimentatori automatici di continuità, verificando i valori di tensione di frequenza e forma d'onda progettuali anche nel periodo transitorio e di commutazione fra rete e alimentazione di sicurezza;
- alimentatori ad interruzione breve, verificando il raggiungimento dei valori nominali di tensione di frequenza e forma d'onda nei limiti e nei tempi stabiliti dal progetto o da specifiche norme tecniche;
- alimentatori ad interruzione lunga, verificando i valori di tensione, di frequenza e forma d'onda conformi al progetto assunti entro 15 secondi dall'alimentazione di rete.

La prova deve essere estesa a tutti i dispositivi di sicurezza e di riserva di sicurezza la cui messa in servizio deve essere provocata automaticamente per mancanza di tensione di rete escludendo i casi in cui occorre procedere a commutazione manuale.

2.5.13 Prova di intervento degli interruttori differenziali

La prova d'intervento degli interruttori differenziali (norma CEI 64-8, art. 612.6.1 e 612.9) ha lo scopo di accertare il corretto funzionamento degli impianti protetti da interruttori automatici differenziali con l'impianto completo dei principali utilizzatori fissi.

La prova deve essere effettuata provando nel punto campionato una corrente controllata di dispersione pari a $0,5 I_{\Delta n}$, il differenziale non deve intervenire. Aumentando la corrente di dispersione fino a $1,1 I_{\Delta n}$, il differenziale deve intervenire.

2.5.14 Misura della resistenza di isolamento dell'impianto

La misura della resistenza d'isolamento dell'impianto (norma CEI 64-8, art. 612.3) ha lo scopo di accertare che la resistenza d'isolamento di ciascun tronco di circuito compresa fra due interruttori sia adeguata ai valori prescritti dalle norme CEI.

La resistenza deve essere misurata ad impianto sezionato tra ogni coppia di conduttori attivi e tra ogni conduttore attivo e la terra.

Gli utilizzatori fissi devono essere sezionati o scollegati. Nei sistemi TN-C il conduttore PEN va considerato come facente parte dell'impianto di terra. Se l'impianto comprende dispositivi elettronici, si esegue solo la misura d'isolamento tra i conduttori attivi collegati insieme e la terra.

2.5.15 Misura della resistenza del dispersore

a) dispersore di piccola e media estensione nei sistemi TT:

la misura della resistenza del dispersore (norma CEI 64-8, art. 612.6.2.) ha lo scopo di accertare che il valore della resistenza di terra sia adeguato alle esigenze d'interruzione delle correnti di guasto a terra.

In particolare l'analisi deve riguardare:

- il dispersore principale scollegato dall'impianto di protezione e dai dispersori ausiliari, accertando che $RT \leq 50/I_a$;
- il dispersore principale collegato dall'impianto di protezione e dai dispersori ausiliari, accertando che $RT \leq 50/I_a$;

La resistenza del dispersore può essere misurata con strumenti che utilizzano il metodo voltamperometrico diretto o indiretto con tensione di alimentazione a vuoto di 125÷220 V elettricamente separata dalla rete con neutro a terra.

b) dispersore di grandi dimensioni:

la resistenza del dispersore può essere misurata con il metodo del dispersore ausiliario.

2.5.16 Misura dell'impedenza totale dell'anello di guasto

La misura dell'impedenza totale dell'anello di guasto (norma CEI 64-8, art. 612.6.3.) ha lo scopo di accertare che il valore dell'impedenza dell'anello di guasto sia adeguata alle esigenze d'interruzione della corrente di guasto a terra.

2.5.17 Misura della resistenza di corto circuito tra fase e neutro

La misura della resistenza di corto circuito tra fase e neutro e valutazione (per eccesso) della corrente presunta di corto circuito (norma CEI 64-8) ha lo scopo di accertare che il potere d'interruzione degli apparecchi destinati alla protezione contro il corto circuito non sia sufficiente.

La resistenza di corto circuito va misurata all'ingresso dei quadri, a monte dell'interruttore generale tra fase e neutro con il metodo a prelievo controllato di corrente.

2.5.18 Misura della caduta di tensione

La misura della caduta di tensione (ΔV), allo studio della norma CEI-64-8, art. 612.11, ha lo scopo di accertare che le cadute di tensione con l'impianto percorso dalle correnti d'impiego siano contenute entro il 4% qualora non sia stato diversamente specificato nel presente capitolato speciale d'appalto.

Le misure vengono effettuate con voltmetri elettrodinamici o elettronici aventi classe di precisione non inferiore a 1 quando l'impianto è regolarmente in funzione in orario di punta oppure con simulazione di carico equivalente alle condizioni nominali. Tutte le tensioni devono essere misurate contemporaneamente.

2.5.19 Calcoli di controllo

2.5.19.1 Controllo del coefficiente di stipamento

Il controllo del coefficiente di stipamento ha lo scopo di verificare la corretta posa in opera dei cavi, valutando se i parametri rispettano le prescrizioni della norma CEI 64-8.

L'analisi dovrà riguardare:

- condutture entro tubi incassati sotto intonaco: il diametro interno del tubo deve essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuti con un minimo di 10 mm;
- condutture entro tubi a vista: il diametro interno del tubo deve essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuti con un minimo di 10 mm;
- condotti circolari: il diametro interno del condotto deve essere almeno 1,8 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuti con un minimo di 15 mm;
- condutture in canalette, canali e passarelle a sezione non circolare: la superficie interna delle canalette e dei canali deve essere almeno il doppio della superficie retta occupata dal fascio di cavi.

I dati di calcolo vanno desunti dalle caratteristiche dimensionali nominali dei tubi e dei cavi elettrici.

Il cerchio e la sezione retta circoscritti ai fasci di cavi contenuti possono essere valutati sperimentalmente.

2.5.20 Controllo del coordinamento tra correnti d'impiego e portate dei conduttori

Il controllo ha lo scopo di verificare il corretto dimensionamento dei conduttori in relazione alle correnti d'impiego alle portate dei conduttori ed i dispositivi di protezione contro i sovraccarichi installati.

L'analisi dovrà riguardare:

- i circuiti terminali di allacciamento di un solo utilizzatore;
- i circuiti dorsali o principali;
- le portate dei conduttori;
- la protezione dei conduttori dal sovraccarico nei casi previsti dalla norma CEI 64-8.

2.5.21 Controllo del coordinamento tra correnti di corto circuito e poteri di interruzione degli apparecchi

Il controllo del coordinamento fra correnti di corto circuito e poteri di interruzione degli apparecchi ha lo scopo di verificare che gli apparecchi installati siano idonei a funzionare ed a sopportare le sollecitazioni termiche e elettrodinamiche che si verificano nel loro punto d'installazione durante un corto circuito.

2.6 SOFTWARE UTILIZZATI

I calcoli di dimensionamento elettrici sono stati elaborati con il programma software PROGETTO INTEGRA della Exel S.r.l. che consente:

Verifica della portata del cavo

Calcolo delle correnti di corto circuito trifasi, bifasi e monofasi fra fase e neutro e fase e terra

Verifica della protezione contro il sovraccarico ed il corto circuito del cavo

Verifica della protezione contro i contatti indiretti

Determinazione della caduta di tensione lungo la linea.

Detto programma non ha vincoli con specifiche caratteristiche delle apparecchiature pertanto i suoi risultati hanno validità assolutamente generale.

A vantaggio della sicurezza nel dimensionamento delle linee elettriche in cavo, nelle procedure di calcolo suindicati si è ipotizzato il prelievo della piena potenza al fondo delle linee di distribuzione dell'energia.

3. Risultati dei calcoli elettrici

Quadro: Quadro Elettrico Media Tensione 5,5kV CE2					Tavola:					Impianto: Progetto Impianto Elettrico													
Sigla Arrivo: Interruttore Generale 5.5kV					Cliente:					Descrizione Quadro:													
Sistema di distribuzione: IT(NC)					Resistenza di terra: 2 [Ω]					C.d.t. % Max ammessa: 4 %				Icc di barratura: 4,025 [kA]				Tensione: 6.000 [V]					
Circuito					Apparecchiatura					Corto circuito								Sovraccarico			Test		
Lunghezza ≤ Lunghezza max C.d.t. % con I _b ≤ C.d.t. max										Icc max ≤ P.d.I.				I ² t ≤ K ² S ²				I _b ≤ I _n ≤ I _z			I _r ≤ 1,45 I _z		
														FASE		NEUTRO							
Sigla utenza	Sezione	L	L max	C.d.t.% con I _b	Tipo	Distribuzione	I _d	P.d.I.	Icc max	I di Int. Prot.	I gt Fondo Linea	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I _b	I _n	I _z	I _r	1.45I _z	
	[mm ²]	[m]	[m]	[%]			[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	
Interruttore Generale 5.5kV	1(3x50)	5	---	0,01	CEI 016 - 50/51/51N	Tripolare	5	25	4,02	---	---	1.726.686	51.122.500	---	---	---	---	12	60	139	63	202	SI
Arrivo da GE	---	---	---	0,01	CEI 016 - 50/51/51N	Tripolare	5	25	4,02	---	---	---	---	---	---	---	---	0	45	---	47	---	SI
Partenza Trasfo 250kVA PCC-DE	---	---	---	0,01	CEI 016 - 50/51/51N	Tripolare	5	25	4,02	---	---	---	---	---	---	---	---	0	45	---	47	---	SI
TEH1 TO 160KVA Truk Station	3(1x25)	400	---	0,08	CEI 016 - 50/51/51N	Tripolare	2	25	4,02	---	---	1.723.192	12.780.625	---	---	---	---	9,032	13	128	16	186	SI
Trasformatore 160KVA	1(3x95+(1x50))+(1PE 50)	10	0	0,14	---	Quadrupolare	50	---	5,21	5.743	3.919	135.819.427	184.552.225	135.819.427	51.122.500	135.819.427	51.122.500	135	188	197	244	286	SI
TEH1 TO 160KVA Truk Station	3(1x25)	300	---	0,05	CEI 016 - 50/51/51N	Tripolare	2	25	4,02	---	---	1.723.192	12.780.625	---	---	---	---	6,569	13	118	16	171	SI
Trasformatore 160KVA	1(3x95+(1x50))+(1PE 50)	10	0	0,1	---	Quadrupolare	50	---	5,23	5.743	3.944	137.053.288	184.552.225	137.053.288	51.122.500	137.053.288	51.122.500	99	188	197	244	286	SI

Quadro: Quadro Truck Station TO					Tavola:					Impianto: Progetto Impianto Elettrico														
Sigla Arrivo: QG TRUK STATION					Cliente:					Descrizione Quadro:														
Sistema di distribuzione: TN-S					Resistenza di terra: 2 [Ω]					C.d.t. % Max ammessa: 4 %				Icc di barratura: 5,032 [kA]				Tensione: 6.000/400 [V]						
Circuito					Apparecchiatura					Corto circuito									Sovraccarico			Test		
Lunghezza ≤ Lunghezza max C.d.t. % con I _b ≤ C.d.t. max										Icc max ≤ P.d.I.				I ² t ≤ K ² S ²					I _b ≤ I _n ≤ I _z			I _f ≤ 1,45 I _z		
														FASE			NEUTRO							
Sigla utenza	Sezione	L	L max	C.d.t.% con I _b	Tipo	Distribuzione	I _d	P.d.I.	Icc max	I di Int. Prot.	I gt Fondo Linea	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I _b	I _n	I _z	I _f	1.45I _z		
	[mm ²]	[m]	[m]	[%]			[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]		
QG TRUK STATION	---	---	---	0,15	S4 N250 PR212/P - LSI	Quadripolare	50	35	5,03	955	3.904	---	---	---	---	---	---	169	188	---	244	---	SI	
Q1 TRUK STATION	1(5G6)	40	152	1,19	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	531	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI	
Q2 TRUK STATION	1(5G6)	60	152	1,69	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	368	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI	
Q3 TRUK STATION	1(5G6)	80	152	2,19	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	282	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI	
Q4 TRUK STATION	1(5G6)	100	152	2,69	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	228	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI	
Q5 TRUK STATION	1(5G6)	120	152	3,2	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	192	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI	
Q6 TRUK STATION	1(5G6)	140	152	3,7	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	165	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI	
Q7 TRUK STATION	1(5G6)	70	152	1,94	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	319	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI	
Q8 TRUK STATION	1(5G6)	90	152	2,44	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	252	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI	

Quadro: Quadro Truck Station TO					Tavola:					Impianto: Progetto Impianto Elettrico													
Sigla Arrivo: QG TRUK STATION					Cliente:					Descrizione Quadro:													
Sistema di distribuzione: TN-S					Resistenza di terra: 2 [Ω]					C.d.t. % Max ammessa: 4 %				Icc di barratura: 5,032 [kA]				Tensione: 6.000/400 [V]					
Circuito					Apparecchiatura					Corto circuito								Sovraccarico			Test		
Lunghezza ≤ Lunghezza max C.d.t. % con I _b ≤ C.d.t. max										Icc max ≤ P.d.I.				I ² t ≤ K ² S ²				I _b ≤ I _n ≤ I _z			I _f ≤ 1,45 I _z		
														FASE		NEUTRO		PROTEZIONE					
Sigla utenza	Sezione	L	L max	C.d.t.% con I _b	Tipo	Distribuzione	I _d	P.d.I.	Icc max	I di Int. Prot.	I gt Fondo Linea	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I ² t max Inizio Linea	K ² S ²	I _b	I _n	I _z	I _f	1.45I _z	
	[mm ²]	[m]	[m]	[%]			[A]	[kA]	[kA]	[A]	[A]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A ² S]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	
Q9 TRUK STATION	1(5G6)	110	152	2,95	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	208	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI
Q10 TRUK STATION	1(5G6)	130	152	3,45	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	178	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI
Q11 TRUK STATION	1(5G6)	150	152	3,95	S204+DDA204 A	Quadripolare	0,3 - Cl. A	10	5,02	0,3	155	18.760	736.164	15.327	736.164	16.969	736.164	19	32	35	42	51	SI

