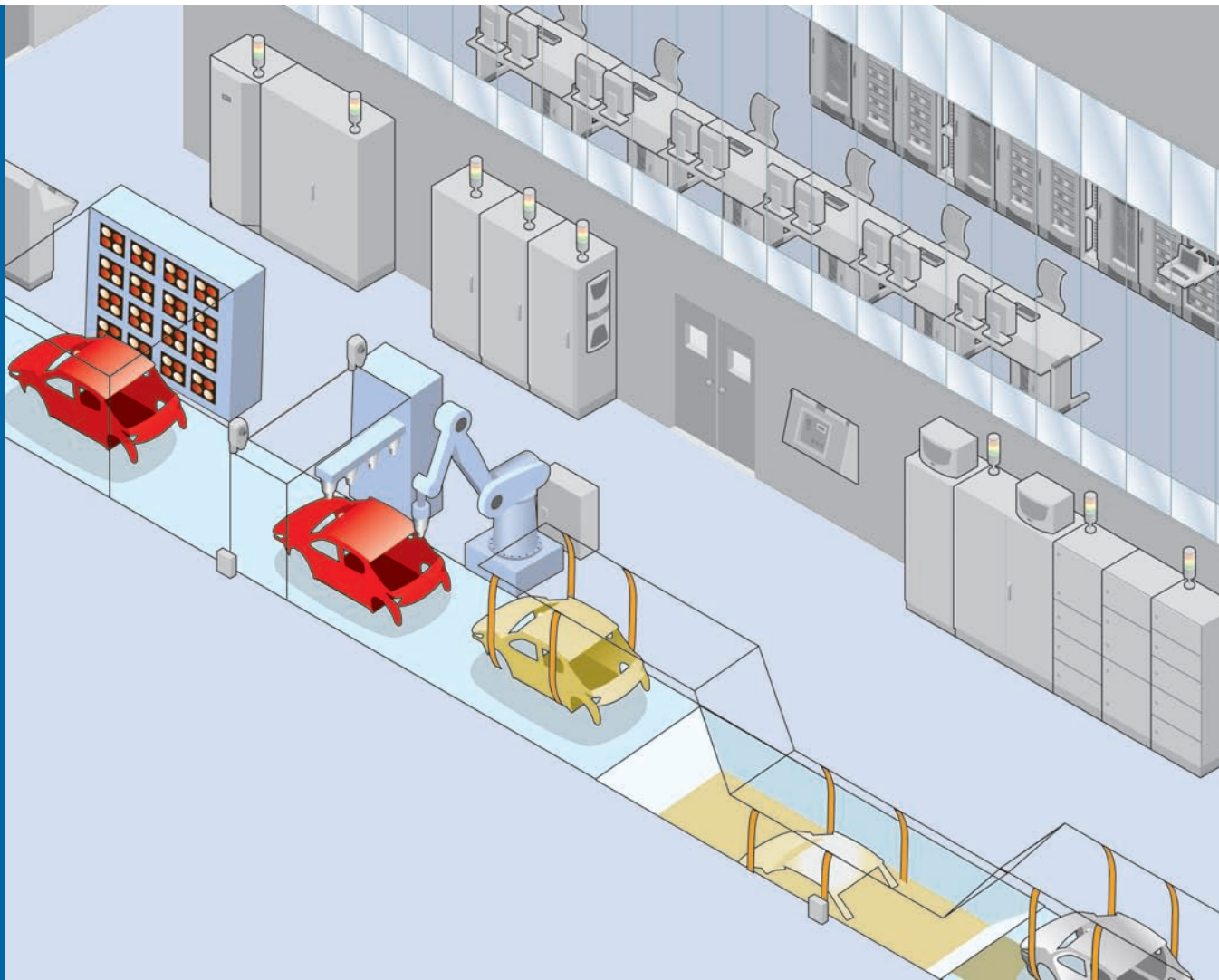


# Quadri bordo macchina

## Caratteristiche, prescrizioni e normative





# Quadri bordo macchina

## Caratteristiche, prescrizioni e normative

---



La presente pubblicazione è stata ideata e realizzata dalle aziende del settore “Quadri Bordo Macchina” dell’Associazione Energia di Confindustria-ANIE (Federazione Nazionale Imprese Elettrotecniche ed Elettroniche).

Obiettivo della guida è fornire agli operatori del settore, progettisti costruttori ed assemblatori, un contributo al miglioramento dei livelli di sicurezza, qualità e affidabilità di questi prodotti, offrendo una panoramica sulle caratteristiche e sulle norme necessarie per la loro realizzazione e utilizzo e contribuire a migliorare il livello di comprensione delle specifiche tra committente e costruttore, per diffondere una modalità operativa comune.

Oltre ai requisiti ed alle caratteristiche tecniche che contraddistinguono i quadri a bordo macchina, la guida contiene una panoramica delle normative nazionali ed internazionali, con le principali distinzioni fra le norme EN ed UL, i materiali impiegati per le differenti destinazioni d’uso e le applicazioni particolari con i relativi contesti normativi.

Concludono la pubblicazione un capitolo sui ruoli e le responsabilità dei soggetti che possono avere a che fare con la realizzazione del prodotto finito, ed una rassegna delle FAQ più frequenti su specifici argomenti.

Si ringraziano per i contributi allo sviluppo della guida:

**Barbara Tessari** (Eta)

**Carlo Rognoni** (Hager)

**Fabrizio Lodi** (Legrand)

**Massimo Fanelli** (Rittal)

**Edgardo Porta** (Rittal)

**Francesco Iannello** (ANIE - Associazione Energia)

AZIENDE CHE HANNO COLLABORATO ALLA REALIZZAZIONE DI QUESTA PUBBLICAZIONE:



# Indice

<b>1. Quadri Bordo Macchina – Generalità</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1</b> Contenitori per quadri bordo macchina .....	6
<b>2. Caratteristiche tecniche – elementi scelta quadro</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1</b> Dimensioni e tipologia .....	7
<b>2.2</b> Gradi di protezione IP e IK per i contenitori .....	9
<b>2.3</b> Accessibilità .....	11
<b>2.4</b> Caricabilità .....	12
<b>2.5</b> Dimensionamento termico .....	16
<b>3. Quadro normativo EN/UL</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1</b> Contesto europeo .....	22
<b>3.2</b> Distinzione tra EN e UL .....	23
<b>4. Materiali</b> .....	<b>28</b>
<b>4.1</b> Acciaio al carbonio (acciaio comunemente utilizzato per la costruzione di quadri di comando standard) .....	28
<b>4.2</b> Acciaio inossidabile .....	29
<b>4.3</b> Alluminio .....	31
<b>4.4</b> Materiali plastici .....	32
<b>4.5</b> Processi di verniciatura .....	35
<b>5. Applicazioni particolari e contesti normativi in specifici ambiti (EMC, ATEX)</b> .....	<b>38</b>
<b>5.1</b> EMC .....	38
<b>5.2</b> ATEX (Attività con ambienti potenzialmente esplosivi e classificazione).....	39
<b>6. Ruoli e responsabilità</b> .....	<b>42</b>
<b>7. FAQ</b> .....	<b>43</b>



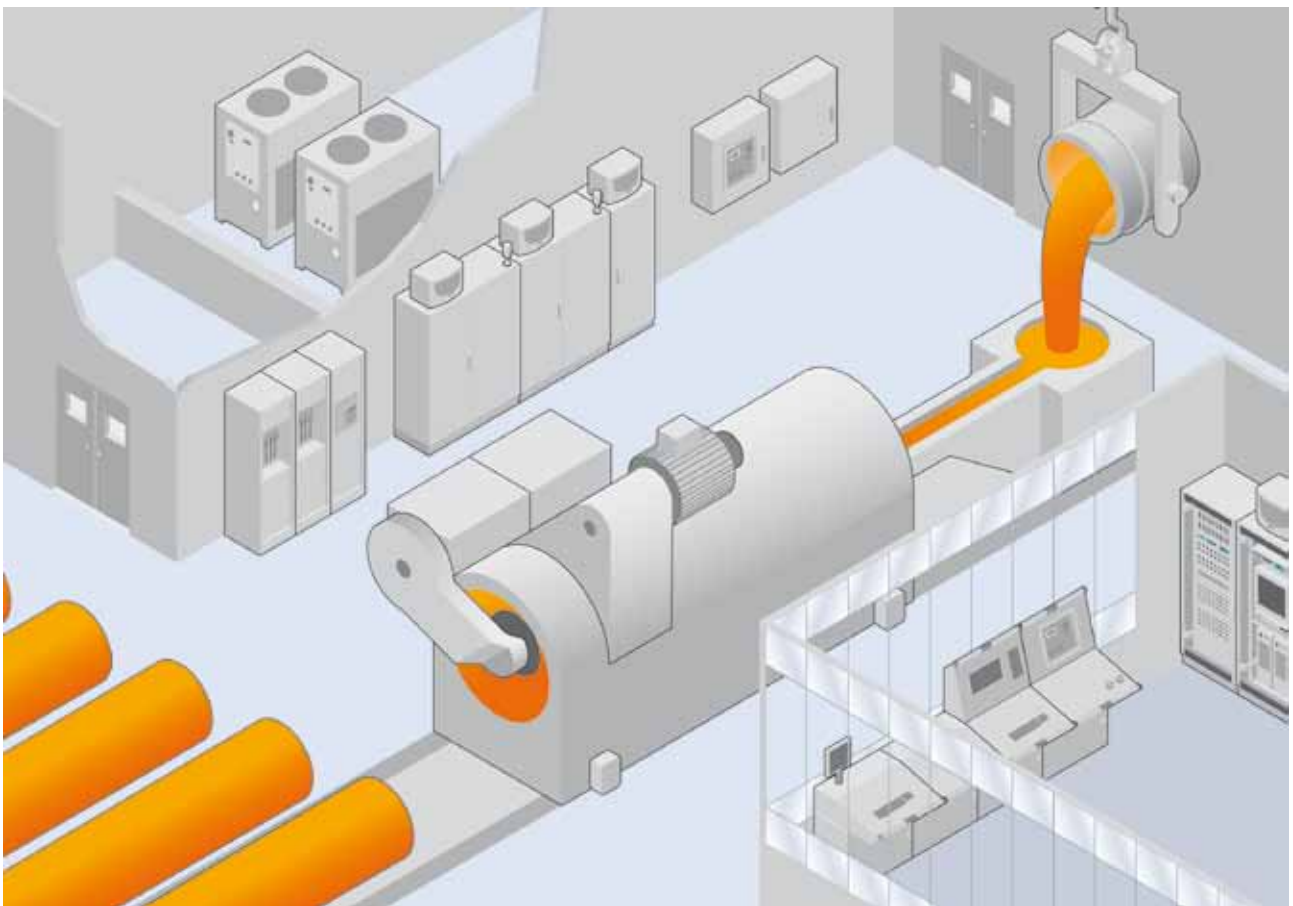
# 1. Quadri Bordo Macchina – Generalità

Il quadro bordo macchina è la parte dell'equipaggiamento elettrico che normalmente viene utilizzata dall'operatore della macchina.

Esso contiene infatti tutte le apparecchiature di potenza (interruttori di manovra, contattori, interruttori automatici, azionamenti, ecc.) e di controllo (relè, controllori programmabili, dispositivi di misura e regolazione, ecc.) indispensabili al funzionamento della macchina automatica.

Esternamente poi, abitualmente sulla porta e spesso anche sulle altre superfici, ad esempio quelle laterali, sono presenti i vari organi di comando (selettori, pulsanti), di segnalazione (lampade spia), di controllo (strumenti di misura) che vengono normalmente utilizzati dall'operatore per far funzionare la macchina.

Da qui l'importanza fondamentale del quadro bordo macchina che deve essere progettato e realizzato con elevatissimi standard di funzionalità, sicurezza e affidabilità sia per quanto riguarda il normale utilizzo sia per quanto riguarda la manutenzione preventiva (per garantirne l'affidabilità) ed eccezionale (in seguito a guasti improvvisi) per garantire la massima continuità di produzione.





## 1.1 Contenitori per quadri bordo macchina

Il contenitore utilizzato per il quadro bordo macchina deve garantire il corretto funzionamento delle apparecchiature in esso installate nelle condizioni ambientali dove opera la macchina.

A tale proposito la norma CEI EN 60204-1 fornisce precise indicazioni su ambiente circostante e condizioni di funzionamento relativamente ai seguenti parametri da considerare nella progettazione del quadro bordo macchina:

- compatibilità elettromagnetica;
- temperatura dell'aria ambiente;
- umidità;
- altitudine;
- contaminanti;
- radiazioni ionizzanti e non ionizzanti;
- vibrazioni e urti.

In caso di ambiente circostante e condizioni di funzionamento diverse da quelle specificate dalla norma, sarà necessario un accordo tra il costruttore del quadro e il committente definito utilizzando l'apposito Questionario per l'equipaggiamento delle macchine - allegato B della norma CEI EN 60204-1.

## 2. Caratteristiche tecniche – elementi scelta quadro

### 2.1 Dimensioni e tipologia

La norma **CEI EN 60439-1** (prossima pubblicazione CEI EN 61439-1) classifica 10 tipologie di quadri relativamente alla loro configurazione esterna.

La classificazione tiene conto sia della protezione delle parti attive sia delle varie possibilità di installazione.

Dal punto di vista protezione delle parti attive abbiamo:

- quadri aperti;
- quadri aperti con protezione frontale;
- quadri chiusi.

Dal punto di vista installativo abbiamo:

- quadri ad armadio;
- quadri ad armadio multipli;
- quadri a banco;
- quadri a cassetta;
- quadri a cassette multiple;
- quadri per installazione a parete;
- quadri per installazione staccati dalla parete.

Per quanto riguarda i quadri elettrici di automazione e bordo macchina la scelta è praticamente orientata esclusivamente a quadri chiusi solitamente con gradi di protezione piuttosto elevati (IP55 e oltre).

Per quanto riguarda l'aspetto installativo, la scelta di una tipologia piuttosto che un'altra tiene conto di vari elementi spesso tra loro collegati, quali ad esempio:

- dimensioni delle apparecchiature installate;
- quantità delle apparecchiature installate;
- presenza di sistemi barre di elevata intensità e sviluppo;
- eventuali riserve per futuri ampliamenti;
- spazi disponibili per l'installazione nell'impianto o a bordo macchina.

Le tipologie installative maggiormente utilizzate per i quadri bordo macchina sono i quadri a cassetta, normalmente fissati direttamente sulla macchina mediante apposite staffe di fissaggio / fori sul fondo della cassetta.

Nel caso di macchine complesse o impianti di produzione vengono invece utilizzati quadri ad armadio, singoli o multipli (in batteria), oppure quadri a banco.

Riguardo ai quadri ad armadio, soprattutto nel caso di quadri ad armadio multipli in batteria, le dimensioni esterne dovranno anche tenere conto, delle problematiche di movimentazione e trasporto sia sull'automezzo che presso il luogo di installazione.

La norma CEI EN 60204-1, nel paragrafo riguardante le prescrizioni per la movimentazione, prescrive infatti che l'equipaggiamento elettrico pesante e voluminoso che deve essere rimosso dalla macchina per il trasporto o che è indipendente dalla macchina, deve essere munito di mezzi adatti per la movimentazione con gru o equipaggiamenti simili.

In questi casi è buona regola suddividere l'armadio in più parti di dimensioni e peso minori e quindi più facilmente movimentabili prevedendo anche eventuali accessori per la movimentazione come golfari di sollevamento, rulli di scorrimento e zoccoli sollevabili con transpallet.

Riguardo alle dimensioni esterne del quadro è consigliabile, soprattutto se installato in luoghi angusti o di passaggio, verificare che non esistano impedimenti alla completa apertura di porte e pannelli.

È altrettanto buona regola accertarsi circa la massima dimensione trasportabile sull'automezzo - soprattutto in altezza - la dimensione delle eventuali aperture presenti sul luogo di installazione per il passaggio del quadro, la presenza sia sull'automezzo sia sul luogo di installazione di adeguati sistemi di sollevamento e movimentazione.

In relazione alla massa del quadro, da dichiarare se supera 30 kg, occorrerà verificare che i sistemi di sollevamento e movimentazione previsti sul quadro e disponibili sul luogo di installazione siano compatibili con la massa effettiva del quadro onde evitare danneggiamenti o situazioni pericolose per gli addetti.

Il paragrafo 6.2.2 della norma **IEC 61439-1** prevede che il costruttore debba specificare nei suoi documenti o cataloghi le eventuali condizioni particolari per l'installazione, il funzionamento e la manutenzione del quadro e degli equipaggiamenti in esso contenuti. Le informazioni che normalmente devono essere fornite riguardano principalmente i seguenti aspetti:

- istruzioni per il sollevamento, riguardanti il posizionamento dei golfari e delle funi di sollevamento in relazione alle dimensioni e al peso massimo sollevabile;
- istruzioni per il trasporto, riguardanti il corretto utilizzo di rulli o transpallet sempre in funzione delle dimensioni e del peso massimo da movimentare;
- istruzioni per il corretto posizionamento, riguardanti il fissaggio a parete o a pavimento con l'utilizzo di staffaggi o ferri di fondazione.

La norma **IEC 61439-1** definisce, inoltre, al paragrafo 3.5, 4 tipologie di installazione:

- **quadri per interno**, destinati ad essere utilizzati in locali dove siano presenti le condizioni normali di servizio per interno, come specificato in 7.1;
- **quadri per esterno**, destinati ad essere utilizzati nelle normali condizioni di servizio per installazioni all'esterno, come specificato in 7.1;
- **quadri fissi**, previsti per essere fissati sul luogo di installazione, per esempio sul pavimento o su un muro, e per essere utilizzato in questo luogo;
- **quadri mobili**, previsti per essere facilmente spostati da un luogo di utilizzo a un altro.
























La tipologia di installazione può avere influenza sulle caratteristiche costruttive dei quadri; ad esempio un quadro per esterno dovrà prevedere opportuni accorgimenti riguardanti il grado di protezione, i materiali, la resistenza agli agenti atmosferici, la formazione di condensa all'interno.

Allo stesso modo un quadro mobile dovrà essere realizzato con materiali e accorgimenti costruttivi che ne impediscano il danneggiamento durante la movimentazione e dimensionato in modo da presentare dimensioni e peso che ne permettano un'agevole movimentazione unitamente ad accessori come maniglie di trasporto, ruote, golfari di sollevamento, ecc.

## 2.2 Gradi di protezione IP e IK per i contenitori

Un altro aspetto fondamentale da considerare nella realizzazione di un quadro è il grado di protezione fornito dall'involucro del quadro, grado di protezione che riguarda sia la protezione contro l'impatto meccanico IK (Norma CEI EN 50102) sia la protezione contro i contatti con parti in tensione e l'ingresso di corpi solidi o liquidi IP (Norma CEI EN 60529).

Il grado di protezione contro l'ingresso di oggetti estranei solidi e di liquidi del contenitore utilizzato per il quadro bordo macchina deve essere adeguato alle influenze esterne in cui opera la macchina e deve essere sufficiente contro la polvere, i liquidi refrigeranti, i trucioli e i danni meccanici.

IP 1° cifra	IP 2° cifra	IK
0  Nessuna protezione	0  Nessuna protezione	0  Nessuna protezione
1  Protetto contro i corpi solidi superiori a 50 mm (esempio: contatti involontari della mano)	1  Protetto contro le cadute verticali di gocce d'acqua	1-5  Impact 1 joule
2  Protetto contro i corpi solidi superiori a 12 mm (esempio: dito della mano)	2  Protetto contro le cadute di gocce d'acqua fino a 15° dalla verticale	6  500g 20cm Impact 1 joule
3  Protetto contro i corpi solidi superiori a 2,5 mm (arnesi, fili)	3  Protetto contro le cadute d'acqua a pioggia fino a 60° dalla verticale	7  500g 40cm Impact 2 joule
4  Protetto contro i corpi solidi superiori a 1 mm (arnesi fini, fili sottili)	4  Protetto contro gli spruzzi d'acqua da tutte le direzioni	8  1,7kg 25,5cm Impact 5 joule
5  Protetto contro le polveri (nessun deposito nocivo)	5  Protetto contro i getti d'acqua con lancia da tutte le direzioni	9  5kg 20cm Impact 10 joule
6  Totalmente protetto contro le polveri	6  Protetto contro le proiezioni d'acqua simili a onde marine	10  5kg 40cm Impact 20 joule
	7  Protetto contro gli effetti dell'immersione	
	8  Protetto contro gli effetti della sommersione	

La norma CEI EN 60204-1 prescrive che gli involucri per le apparecchiature di comando devono avere un grado di protezione pari almeno a IP54 secondo la norma CEI EN 60529.

Eccezioni a questa prescrizione di minima protezione sono:

- involucri ventilati contenenti esclusivamente resistori per avviamento motori, resistori per frenatura dinamica o dispositivi similari, per i quali il grado di protezione minimo prescritto è IP22;
- involucri ventilati contenenti altri dispositivi, per i quali il grado di protezione minimo è IP33.

I gradi di protezione prescritti dalla norma sono da intendersi come gradi di protezione minimi; in funzione di specifiche condizioni di installazione possono essere necessari gradi di protezione superiori.

Le condizioni di installazione che richiedono gradi di protezione superiori possono essere le seguenti: ambienti sottoposti a periodici lavaggi con getti d'acqua, per i quali il grado di protezione richiesto può arrivare sino a IP66 oppure situazioni ambientali ove si manifesti una presenza elevata di polveri fini, per le quali si richiede una protezione minima, pari a IP65.

Soluzione costruttiva ormai consolidata per ottenere gradi di protezione IP così elevati è l'adozione di guarnizioni in poliuretano a cellule chiuse applicate mediante processo di colatura robotizzato.

Guarnizione standard: i pannelli di chiusura degli involucri (porte, fianchi retri, coperchi) sono dotati di guarnizione perimetrale in poliuretano bicomponente a celle chiuse. La guarnizione ha un grado di tenuta al fuoco HF1 (per standard UL94).



Guarnizione EMC: in questo caso è una guarnizione costituita da 3 parti: un'anima in EPDM (che conferisce il grado di protezione), un rivestimento in tessuto metallico (che garantisce la continuità dielettrica tra struttura e pannelli) e un biadesivo in tessuto non tessuto, molto resistente e applicato su un lato (che garantisce aderenza e resistenza).

Per entrambe, le condizioni ambientali ottimali di utilizzo sono: temperatura:  $-40^{\circ}\text{C} < T < 80^{\circ}\text{C}$ .

Relativamente alla protezione contro i contatti diretti, quando la parte superiore dell'involucro è facilmente accessibile, il grado di protezione minimo contro i contatti diretti, sempre secondo la norma CEI EN 60529, deve essere pari almeno a IP4X o IPXXD.

Se non diversamente specificato, il grado di protezione IP indicato dal costruttore del quadro vale per l'intero quadro, quando è installato in accordo con le istruzioni del costruttore.

Particolare attenzione, soprattutto per quadri con grado di protezione IP elevato, deve essere posta nel caso di installazione sulla porta o sulle superfici laterali di interruttori di manovra, strumenti di misura, pulsanti e lampade di segnalazione.

In questo caso, per mantenere il grado di protezione dichiarato dal costruttore dell'involucro, occorrerà utilizzare componenti che abbiano un grado di protezione, sempre dichiarato dal costruttore, uguale o superiore a quello dell'involucro.

Sarà poi indispensabile installare correttamente questi componenti seguendo le indicazioni del costruttore per quanto riguarda ad esempio le forature da praticare, eventuali guarnizioni da applicare, coppie di serraggio e quant'altro.

Analoghi accorgimenti dovranno essere messi in pratica riguardo anche agli accessori per l'entrata cavi (ad esempio con l'utilizzo di adeguati pressa cavi) e agli eventuali accessori per la ventilazione – ad esempio griglie di aerazione e ventilatori filtro.

In caso contrario, il quadro assumerà il grado di protezione del componente avente grado di protezione inferiore.

Nel caso di quadri chiusi per esterno e per interno da utilizzare in ambienti con umidità elevata e temperature variabili entro ampi limiti, devono essere previsti adeguati accorgimenti (ventilazione e/o riscaldamento interno, fori di drenaggio, ecc.) atti a prevenire una formazione di condensa pericolosa all'interno del quadro, formazione che, oltre a fenomeni di corrosione, può innescare archi elettrici con conseguente cortocircuito e danneggiamento delle apparecchiature installate.

Nello stesso tempo, tuttavia, deve essere mantenuto il grado di protezione specificato.

Occorre, infatti, ricordare che l'utilizzo di involucri con elevato grado di protezione, IP55 e oltre, specie se installati all'esterno può favorire la formazione di condensa causata dal limitato scambio termico dovuto all'elevato grado di protezione che porta ad un ristagno di umidità all'interno del quadro.

In questi casi è buona norma prevedere opportune griglie di aerazione con filtro antipolvere oppure installare apposite resistenze anticondensa dimensionate in modo da mantenere la temperatura all'interno del quadro ad un valore superiore a quello del punto di rugiada.

## 2.3 Accessibilità

### Protezione contro i contatti diretti nei quadri bordo macchina

Come accennato, i quadri bordo macchina possono trovarsi ad operare in condizioni ambientali particolarmente gravose; in aggiunta a questo, le apparecchiature installate all'interno dei quadri e la specifica funzione di comando e controllo possono richiedere interventi di regolazione, manutenzione e ricerca guasti decisamente più frequenti e importanti rispetto ad un normale quadro di distribuzione.

La norma CEI EN 60204-1 prevede alcune prescrizioni costruttive relative al contenitore riguardanti la protezione contro i contatti diretti che possono avvenire soprattutto nel caso di interventi di manutenzione o ricerca guasti.

L'apertura di un quadro bordo macchina (apertura di porte, coperchi, piastre di chiusura ecc.) deve essere possibile solo se viene rispettata una delle seguenti condizioni:

- **utilizzo di una chiave o utensile** per l'accesso di persone avvertite o istruite per effettuare operazioni per le quali può essere inopportuno mettere fuori tensione il quadro come ad esempio sostituzione di fusibili, ripristino e regolazione di dispositivi di protezione, ricerca guasti e successive prove di verifica.

La norma CEI EN 60204-1 definisce come persona istruita un soggetto avente conoscenze tecniche o esperienze sufficienti a consentirgli di evitare i pericoli che può presentare l'elettricità; analogamente una persona avvertita è un soggetto sufficientemente informato o sorvegliato da una persona istruita, ad esempio un addetto alla manutenzione.

La norma definisce come persona avvertita una persona sufficientemente informata o sorvegliata da persona istruita in modo da consentirle di evitare i pericoli che può presentare l'elettricità: esempi di persone istruite sono ad esempio operatori o addetti alla manutenzione.

Eventuali parti attive installate sulla superficie interna della porta devono essere protette contro i contatti diretti con un grado di protezione pari almeno a IP1X o IPXXA; allo stesso modo eventuali parti attive che possono essere accidentalmente toccate durante operazioni di ripristino o regolazione di dispositivi devono essere protette contro i contatti diretti con un grado di protezione pari almeno a IP2X o IPXXB.

- **sezionamento delle parti attive** installate all'interno del quadro prima della sua apertura: questa soluzione può essere realizzata mediante un interblocco preferibilmente meccanico tra la porta e il sezionatore generale del quadro in modo tale che la porta possa essere aperta solo quando il sezionatore è aperto e che il sezionatore possa essere chiuso solo quando la porta è chiusa.

Nel caso il quadro disponga di più porte per l'accesso alle parti attive al suo interno, le porte devono essere tra loro interbloccate in modo tale da che sia possibile aprirle solo dopo che è stata aperta la porta interbloccata con il sezionatore generale.

Eventuali parti che dovessero restare attive del dispositivo di sezionamento generale, devono essere protette contro i contatti diretti con un grado di protezione pari almeno a IP2X o IPXXB e identificate con apposito segno grafico di avvertimento.

Se l'accesso all'interno del quadro non prevede l'utilizzo di chiave o utensile oppure il sezionamento delle parti attive, queste ultime devono essere protette contro i contatti diretti con un grado di protezione pari almeno a IP2X o IPXXB. Le eventuali barriere che assicurano tale grado di protezione devono essere rimosse esclusivamente mediante l'utilizzo di un utensile.

Ad integrazione delle prescrizioni sopra riportate la norma CEI EN 60204-1 prescrive nei paragrafi riguardanti accessibilità e manutenzione e cablaggio all'interno degli involucri alcune caratteristiche costruttive direttamente collegate all'accessibilità all'interno del quadro bordo macchina tra le quali segnaliamo:

- si raccomanda che le porte abbiano un grado di apertura di almeno 95° e una larghezza non superiore a 0,9m;
- le apparecchiature di comando devono essere montate in modo da facilitare il funzionamento e la manutenzione dal fronte.

## 2.4 Caricabilità

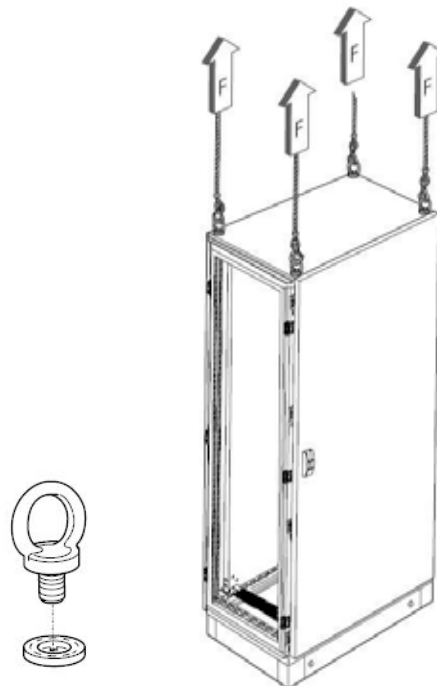
All'atto della progettazione di un quadro elettrico, uno dei parametri da tenere in stretta considerazione è la "caricabilità statica" del sistema.

E' importante considerare e quantificare attraverso unità di misure definite, quali la forza espressa in N per ottenere il corrispondente valore in kg attraverso la seguente formula:

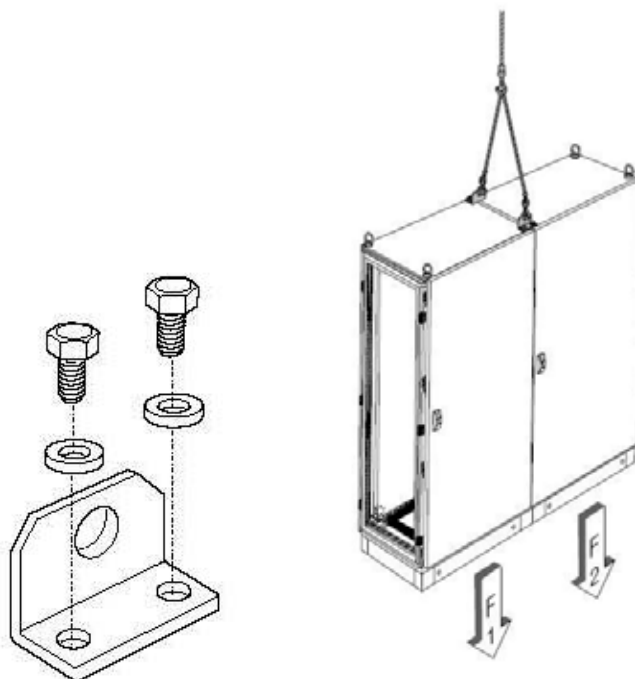
$$F [N] = m [kg] \cdot g [m/s^2] = \text{peso dell'armadio}$$

Devono essere considerati con grande attenzione i parametri legati alla tipologia specifica di sollevamento che può essere realizzata come segue:

- 1) Con specifici golfari di sollevamento.

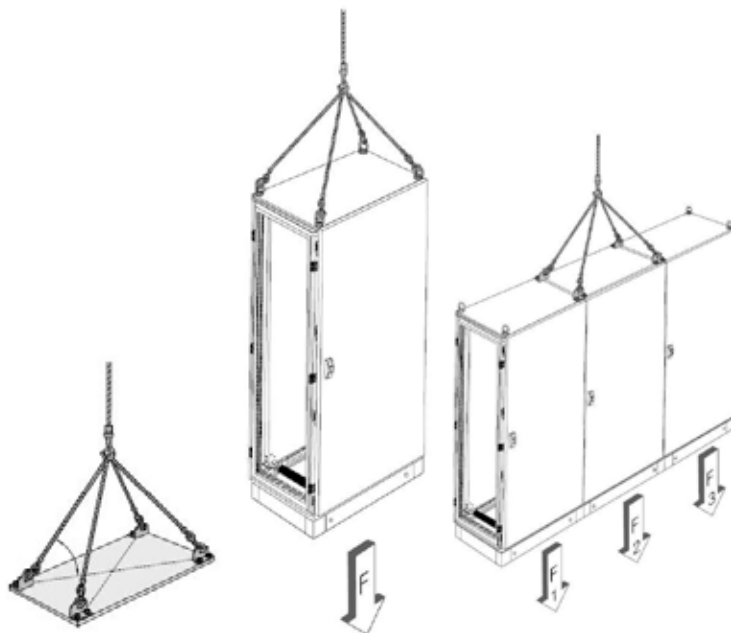


- 2) Attraverso squadrette di sollevamento per un'ottimale distribuzione del carico per armadi accoppiati e movimentati via cavi di sollevamento.





3) Attraverso funi di sollevamento in esecuzione piramidale e unico punto di sollevamento.



Armadi singoli o in batteria con sollevamento via funi e con un sistema di distribuzione ottimale del carico a seconda delle seguenti inclinazioni dei cavi:

- per armadio singolo;
- con cavo angolo 45°;
- con cavo angolo 60°;
- con cavo angolo 90°.

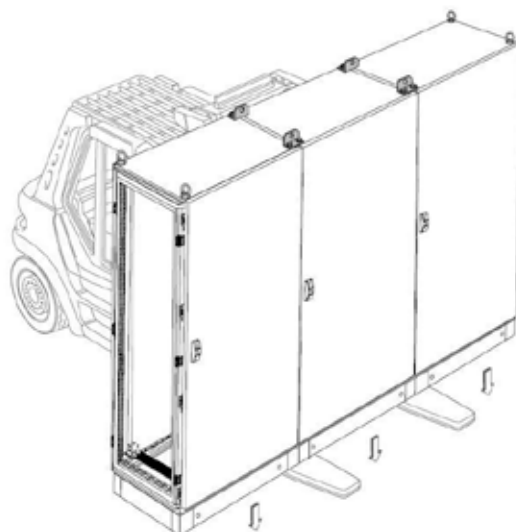
I valori di caricabilità dipendono dai costruttori.

4) Trasporto tramite zoccolo

Per il trasporto di batterie di armadi è possibile utilizzare tale sistema tramite due traverse di sollevamento saldate all'interno dello zoccolo a passi ben determinati lungo tutta la lunghezza dello zoccolo (mediamente da 2 a 5 m).

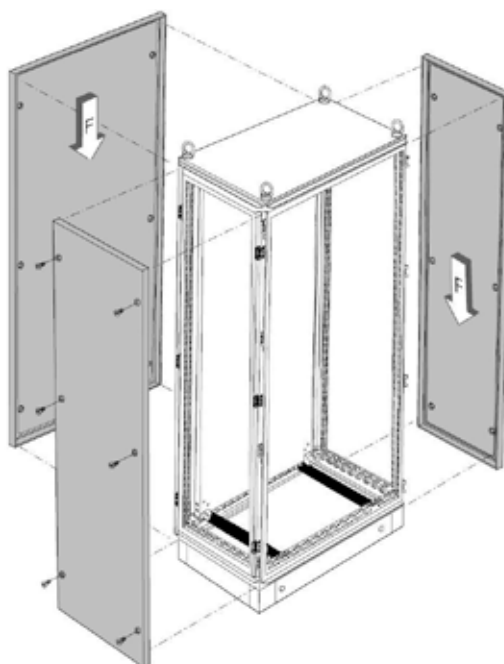


In caso di sollevamento tramite carrelli elevatori per armadi come di seguito rappresentati con le squadrette di sollevamento e i kit di unione, devono essere rispettati i valori di carico specificati dal costruttore.



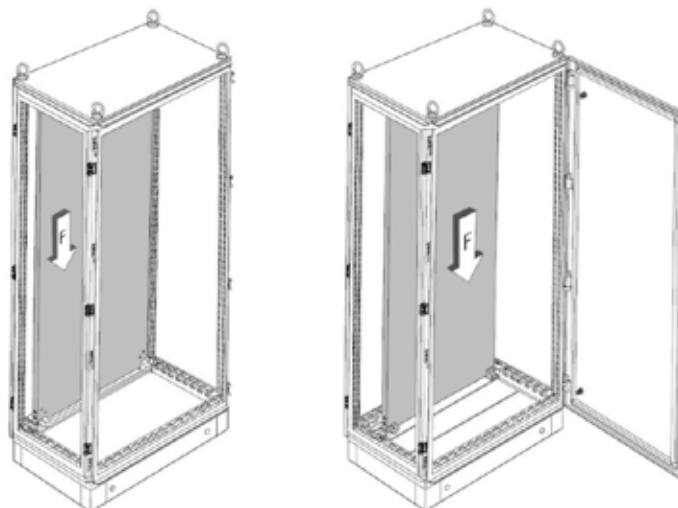
### Installazione e montaggio dell'armadio

Nel caso di installazione o integrazione di componenti particolarmente pesanti complementari al quadro (ad es. condizionatori per quadri di comando), è necessario rispettare i carichi massimi ammissibili a seconda della porta, delle pareti laterali o del retro.



## Piastra di montaggio

Le piastre di montaggio sono idonee in funzione del loro posizionamento all'interno del quadro così come sotto indicato.



## 2.5 Dimensionamento termico

Condizioni di temperatura ideali mantenute a livelli costanti sono i migliori presupposti per garantire una lunga durata di tutti i componenti elettronici. Lo spazio sempre più ridotto nel quale vengono disposti tali componenti rende particolarmente importante un flusso sufficiente di aria fredda. Il raggiungimento di queste condizioni ottimali con il minimo impiego di energia è un presupposto irrinunciabile per la corretta salvaguardia di funzionamento di tutti i componenti all'interno del quadro.

Per fare questo bisogna essere in grado di sfruttare il rendimento del sistema di climatizzazione in modo economicamente vantaggioso tramite l'esatta conoscenza della potenza dissipata da ogni singolo componente, la situazione d'installazione e le condizioni esterne.

Per scegliere la soluzione di climatizzazione più idonea, bisogna tenere in considerazione il rapporto esistente tra la temperatura ambiente e la temperatura d'esercizio. In questo senso, quando:

- $T_e$  (temperatura esterna quadro) >  $T_i$  (temperatura max. desiderata interno quadro); si potranno utilizzare soluzioni idonee quali condizionatori, scambiatori di calore aria/acqua con l'ausilio di un circuito di raffreddamento esterno;
- $T_e < T_i$ ; in funzione del reale delta T tra i due valori si potranno utilizzare sistemi di ventilazione attiva o scambiatori di calore aria/aria.

Non si deve dimenticare tra l'altro che in particolari condizioni di temperatura, un'altra condizione da affrontare è la presenza di livelli di umidità all'interno del quadro di comando, principale nemico per la salvaguardia dei componenti attivi. Da qui, la necessità di determinare una potenza termica adeguata per tale scopo.

## Principi fondamentali per l'impiego

### Criteri di scelta

Per scegliere il sistema di climatizzazione più adatto alle proprie esigenze è necessario tenere conto anche delle seguenti indicazioni:

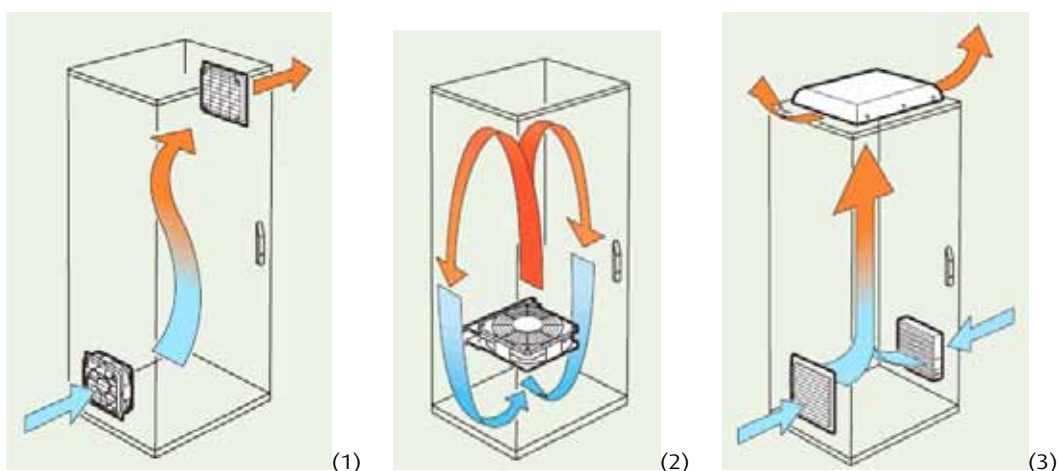
- a) dove viene installato l'armadio;
- b) che tipo d'installazione è prevista;
- c) qual è la temperatura ambiente (temperatura esterna e umidità) ( $T_e$ );
- d) qual è la temperatura massima desiderata all'interno dell'armadio ( $T_i$ );
- e) qual è la dissipazione dei componenti elettronici posti all'interno dell'armadio;
- f) esistenza di eventuali esigenze rispetto al tipo di protezione in conformità alle disposizioni DIN 40 050;
- g) a quali tipi di agenti inquinanti dell'aria sono sottoposti gli apparecchi di condizionamento (polveri, oli, agenti chimici, ecc...).

Esistono anche altri criteri che possono influenzare la scelta del sistema di climatizzazione appropriato:

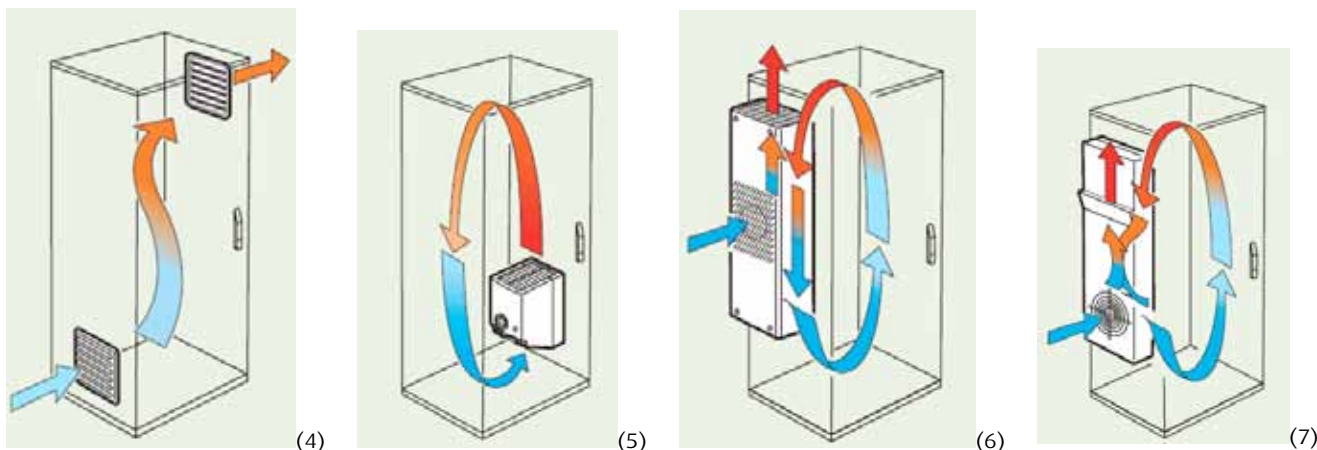
- a) nel caso di file di armadi è necessario tenere conto anche della potenza eventualmente irradiata dagli apparecchi adiacenti;
- b) i condizionatori devono sempre essere installati con il relativo interruttore di posizione della porta (disinserimento automatico del condizionatore all'apertura della porta), per evitare un'eccessiva caduta di acqua di condensa;
- c) è necessario assicurarsi che il luogo d'installazione disponga di una buona aerazione (il raffreddamento tramite condizionatore può ad esempio surriscaldare locali di piccole dimensioni);
- d) in particolare, nel caso di condizioni ambientali critiche, ad esempio a causa di impurità o delle ridotte dimensioni dei locali, è necessario installare scambiatori di calore aria/acqua.

Solo una conoscenza approfondita di tutti gli elementi in gioco può condurre alla scelta del sistema di climatizzazione più adatto e garantire un corretto funzionamento.

Esempi applicativi:



- (1) Ventilazione forzata
- (2) Ventilazione interna quadro
- (3) Ventilazione con estrazione aria dal tetto



- (4) Ventilazione naturale
- (5) Riscaldatore anti-condensa
- (6) Applicazione con condizionatore
- (7) Applicazione con scambiatore di calore aria/aria

### Altri concetti di base

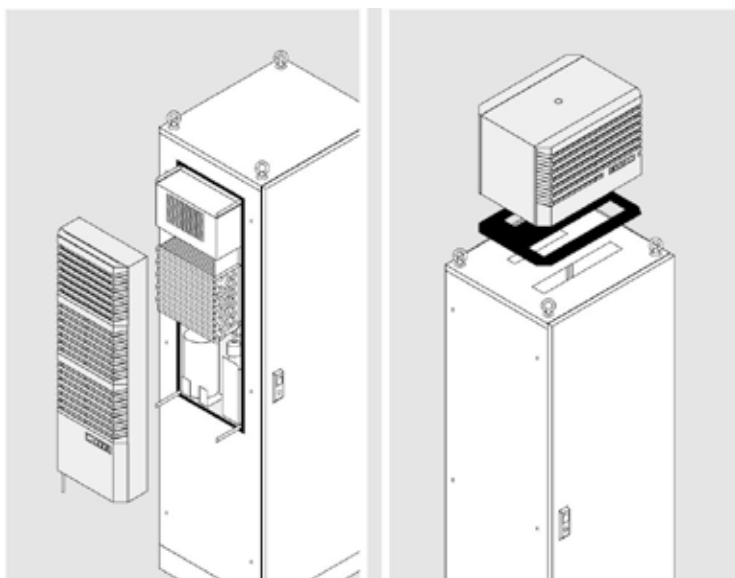
La potenza termica irradiata dall'armadio non dipende solo dalla sua effettiva superficie, ma soprattutto dal tipo di installazione dell'armadio. Un contenitore posto in un ambiente libero può emanare più calore di uno appoggiato ad una parete o collocato in una nicchia. Le formule per il calcolo della superficie effettiva sono stabilite nella DIN 57660.

Tipo di installazione del contenitore con formula per il calcolo di A [m <sup>2</sup> ]	
	Contenitore singolo libero su tutti i lati <b>A = 1,8 · A · (L + P) + 1,4 · L · P</b>
	Contenitore singolo a parete <b>A = 1,4 · L · (A + P) + 1,8 · P · A</b>
	Contenitore d'inizio o fine fila, libero <b>A = 1,4 · P · (A + L) + 1,8 · L · A</b>
	Contenitore d'inizio o fine fila, a parete <b>A = 1,4 · A · (L + P) + 1,4 · L · P</b>
	Contenitore centrale libero <b>A = 1,8 · L · A + 1,4 · P · A + P · A</b>
	Contenitore centrale a parete <b>A = 1,4 · L · (A + P) + L · A</b>
	Contenitore centrale a parete, tetto coperto <b>A = 1,4 · L · A + 0,7 · L · P + P · A</b>

## Sigillatura dell'armadio

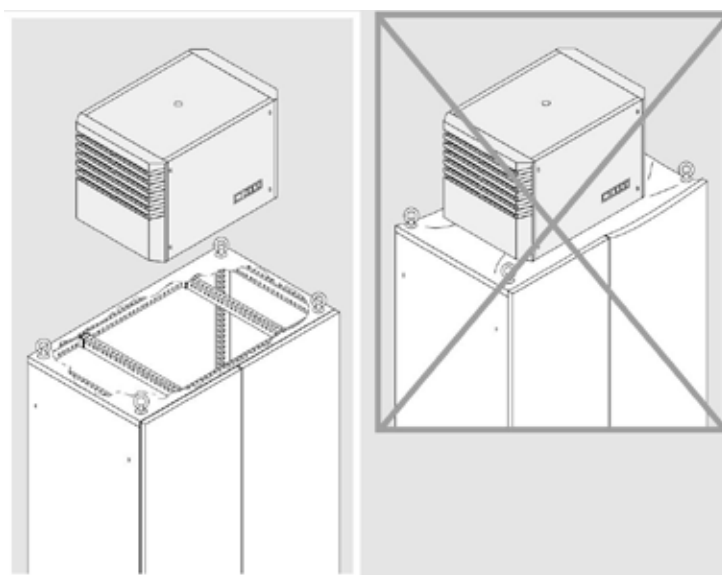
L'armadio deve essere sigillato ermeticamente su ogni lato. In particolare devono essere sigillate con cura le aree di ingresso dei cavi e soprattutto la base dell'armadio.

La guarnizione della porta non deve essere danneggiata. Il materiale di isolamento fornito con i condizionatori deve essere installato secondo le istruzioni fornite.



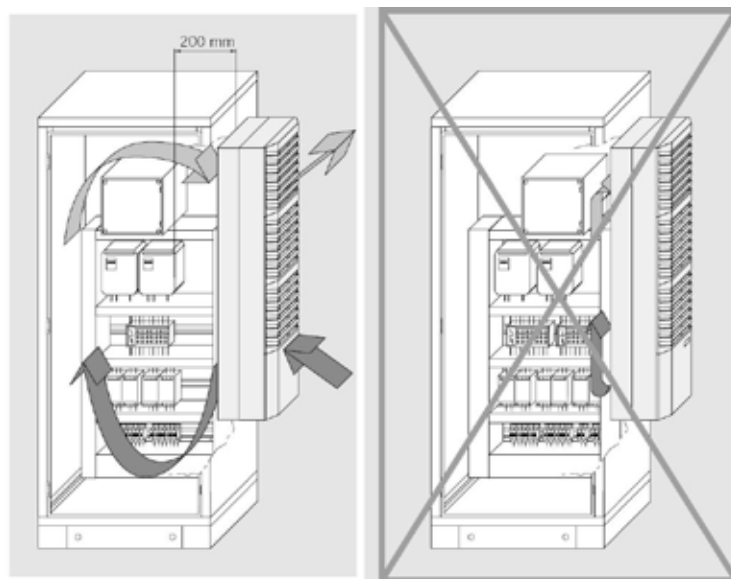
## Installazione sugli armadi

Il condizionatore deve essere montato correttamente. Il tetto dell'armadio non deve piegarsi sotto il peso del condizionatore. Utilizzare profilati di supporto aggiuntivi. Non ostruire le prese d'aria del circuito interno. Controllare che le pareti laterali e la porta dell'armadio non si incurvino.

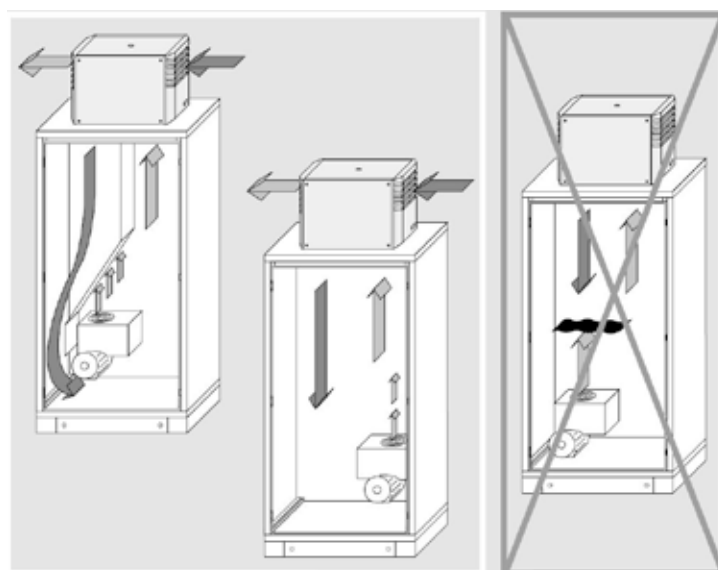


### Installazione dei componenti elettronici nell'armadio

Deve essere garantita una circolazione omogenea dell'aria all'interno dell'armadio. L'elettronica installata non deve in alcun modo ostruire le prese d'aria del circuito interno: ciò impedirebbe la circolazione dell'aria nell'armadio e di conseguenza il funzionamento ottimale dell'impianto di condizionamento. È necessario mantenere una distanza di almeno 200 mm.

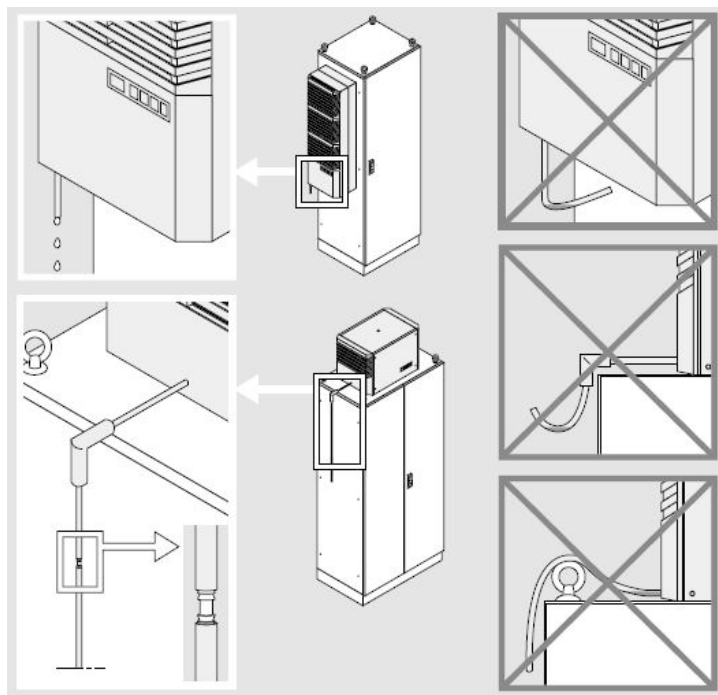


Particolare attenzione a questi sistemi di ventilazione intensa va prestata nel caso vengano utilizzati condizionatori da tetto.



## Scarico della condensa dei condizionatori per armadio

Lo scarico della condensa deve essere orientato verso il basso ed essere esente da piegature.



Per garantire la corretta installazione dei condizionatori per armadi è necessario osservare i seguenti punti:

- 1) il luogo scelto per l'installazione deve disporre di una buona circolazione dell'aria e non essere eccessivamente sporco o umido. Nell'atmosfera, ad esempio, non devono essere sospese polveri o agenti corrosivi;
- 2) è necessario attenersi ai dati di allacciamento alla rete (tensione e frequenza) riportati sulla targhetta;
- 3) collegare preventivamente all'apparecchio i dispositivi di sicurezza elettrici previsti. Sul lato di alimentazione dell'apparecchio non devono essere effettuate ulteriori regolazioni della temperatura. La linea deve essere protetta applicando il fusibile indicato sulla targhetta. L'installazione deve essere conforme alle norme locali vigenti;
- 4) durante il funzionamento del condizionatore non devono essere superati i limiti di temperatura interna ed esterna indicati sulla targhetta;
- 5) l'armadio deve essere sigillato ermeticamente su tutti i lati (IP 54);
- 6) le aperture di ingresso e uscita dell'aria del circuito interno del condizionatore non devono essere ostruite dal lato dell'armadio;
- 7) dopo un'interruzione della tensione di alimentazione, il circuito di raffreddamento del condizionatore non deve essere riattivato prima di 5 minuti;
- 8) il cliente non deve apportare alcuna modifica al sistema;
- 9) la potenza dissipata dei componenti installati nell'armadio non deve superare l'effettiva capacità di raffreddamento del sistema;
- 10) attenersi scrupolosamente alle istruzioni di montaggio fornite con il sistema.



## 3. Quadro normativo EN/UL

### 3.1 Contesto europeo

Il contesto normativo Europeo per i quadri bordo macchina vede una compresenza di differenti norme di riferimento.

Infatti, è necessario distinguere differenti normative secondo la configurazione del prodotto ed anche la destinazione d'uso.

- 1) I quadri venduti come involucri vuoti hanno come normativa di riferimento la **CEI EN 62208**, che tratta appunto delle prescrizioni a cui devono sottostare gli armadi venduti come puro manufatto di carpenteria e fornisce le specifiche tecniche a cui detti armadi devono conformarsi.

La norma definisce infatti come campo di applicazione gli *“involucri vuoti, come forniti dal relativo costruttore, prima che l'utilizzatore incorpori gli apparecchi di protezione e manovra”*.

L'involucro vuoto viene definito come *“un involucro previsto per il sostegno e l'installazione di apparecchi elettrici, il cui spazio interno garantisca un'adeguata protezione dalle influenze esterne ed un definito grado di protezione.”*

La norma definisce le tipologie di involucri (armadi, cassette) e ne definisce le caratteristiche di classificazione: il tipo di materiale, il metodo di fissaggio, il sito di installazione, il grado di protezione, la tensione nominale di isolamento per involucri in materiale isolante; queste sono le prescrizioni minime che devono costituire oggetto di accordo tra il costruttore dell'involucro e l'utilizzatore finale.

Vengono altresì definite le prove specifiche per le verifiche delle grandezze caratteristiche secondo le quali gli involucri vengono classificati: le prove del grado IP, quelle del grado IK, le prove meccaniche a cui i prodotti devono sottostare e le prove specifiche per involucri in materiali isolanti.

#### PROVE PREVISTE SUL QUADRO NON CABLATO:

Prove	Rif.	Note
Verifica dati di targa	9.2	
Carichi statici	9.3	
Sollevamento	9.4	
Verifica dei carichi assiali degli inserti	9.5	
Verifica del grado di protezione contro gli impatti (IK)	9.6	
Verifica del grado di protezione (IP)	9.7	
Verifica stabilità termica	9.8.1	
Verifica resistenza al calore	9.8.2	
Verifica resistenza al calore anormale e fuoco	9.8.3	
Verifica rigidità dielettrica	9.9	
Verifica continuità del circuito di protezione	9.10	
Verifica resistenza alle intemperie	9.11	Applicazioni sia indoor che outdoor
Verifica resistenza alla corrosione	9.12	Applicazioni outdoor

- 2) Per i quadri venduti come assiemi di involucri vuoti e apparecchiature, la normativa di riferimento è la **IEC 61439, parti 1 e 2**. La norma individua come campo di applicazione le “apparecchiature di bassa tensione” (nel seguito chiamate “quadri”), definendo successivamente il quadro (o apparecchiatura assiemata di protezione e manovra per bassa tensione) come: “combinazione di uno o più apparecchi di protezione e manovra per bassa tensione, con gli eventuali dispositivi di comando, misura, protezione e regolazione con tutte le interconnessioni elettriche e meccaniche interne, compresi gli elementi strutturali di supporto”. Esuliamo quindi dal puro e semplice involucro e passiamo alla costruzione di un insieme che, ovviamente, non ha solo caratteristiche meccaniche ma anche elettriche. Le prescrizioni e le grandezze che classificano i prodotti divengono più complesse e complete: si parla infatti delle tensioni nominali (di esercizio, di impiego, di isolamento, di tenuta ad impulso), delle correnti nominali (di esercizio del quadro, di un circuito, di picco di cortocircuito, di breve durata di cortocircuito, di cortocircuito condizionata) e di altre grandezze che concorrono a definire il prodotto.

Le verifiche stesse diventano più onerose ed includono al loro interno le verifiche che vengono richieste nella CEI EN 62208: pertanto, un involucro utilizzato per un quadro verificato secondo la IEC 61439-1 e 2 può essere considerato come involucro verificato secondo la CEI EN 62208.

- 3) Caso particolare è il quadro bordo macchina: in questo caso le normative di riferimento hanno una sovrapposizione di difficile soluzione. Infatti, pur essendo un quadro elettrico a tutti gli effetti e dovendo quindi sottostare alle IEC 61439, è anche considerato come un equipaggiamento elettrico delle macchine, e quindi regolato dalla norma specifica **CEI EN 60204-1** (Equipaggiamento elettrico delle macchine).

Chiaramente, anche in questo caso la norma è decisamente complessa ed articolata, occupandosi non solo del quadro elettrico di comando, ma di tutte le connessioni elettriche e degli equipaggiamenti presenti sulle macchine utensili. In questo caso le prescrizioni sono destinate principalmente al perseguimento di:

- sicurezza di persone e beni;
- congruenza delle risposte ai comandi;
- facilità di manutenzione.

Presenta quindi un quadro molto più ampio (e meno specifico) del puro quadro elettrico, e si rivolge più verso il costruttore dell'intera macchina che verso il costruttore del quadro elettrico stesso.

Quindi un costruttore terzo di un quadro destinato ad equipaggiare una macchina si trova a dover seguire due norme distinte, la CEI EN 60204 e le IEC 61439, a seconda dell'ambito applicativo finale. È in corso una discussione in ambito normativo internazionale tra i gruppi di lavoro che seguono le diverse norme per trovare un'armonizzazione.

## 3.2 Distinzione tra EN e UL

Le principali differenze tra il sistema normativo nordamericano e quello europeo si possono principalmente ricondurre a:

- diversità storico – politiche;
- diverso approccio storico – tecnico.

Tra le principali differenze, si può citare quanto segue:

- le direttive europee dal 1985 in poi NON possono contenere riferimenti tecnici, contengono i requisiti essenziali (RES). Gli stati membri hanno l'obbligo di recepire le direttive del nuovo approccio nel diritto nazionale. I riferimenti tecnici sono contenuti nelle norme armonizzate e forniscono presunzione di conformità. I costruttori partecipano ai lavori dei comitati tecnici (TC), ma non possono ufficialmente comparire nelle norme.

- Invece il NEC (National Electrical Code), il CEC (Canadian Electrical Code) e il MEC (Mexican Electrical Code) contengono elementi utili direttamente per l'esecuzione, il montaggio, la verifica e richiamano eventuali norme specifiche.

Il NEMA (National Electrical Manufacturer Association – Associazione Nazionale Industria Elettrotecnica) è un ente normativo, con sede a Washington che rappresenta gli interessi dei costruttori elettrotecnici presso gli enti legislativi, ma non esegue prove sui prodotti né rilascia certificazioni. Emette *standard* di carattere puramente costruttivo che, in alcuni casi (p.e. fusibili, carpenterie), sono stati adottati da tutti gli altri enti del settore. La classificazione delle categorie di protezione secondo NEMA riguarda soprattutto la protezione delle persone dai contatti accidentali con parti dell'equipaggiamento e la protezione da influenze esterne sull'armadio di comando.

UL (Underwriters Laboratories Inc.) è un ente nato originariamente da un distacco dei vigili del fuoco e oggi emana norme ed esegue i test di omologazione emettendo i relativi certificati.

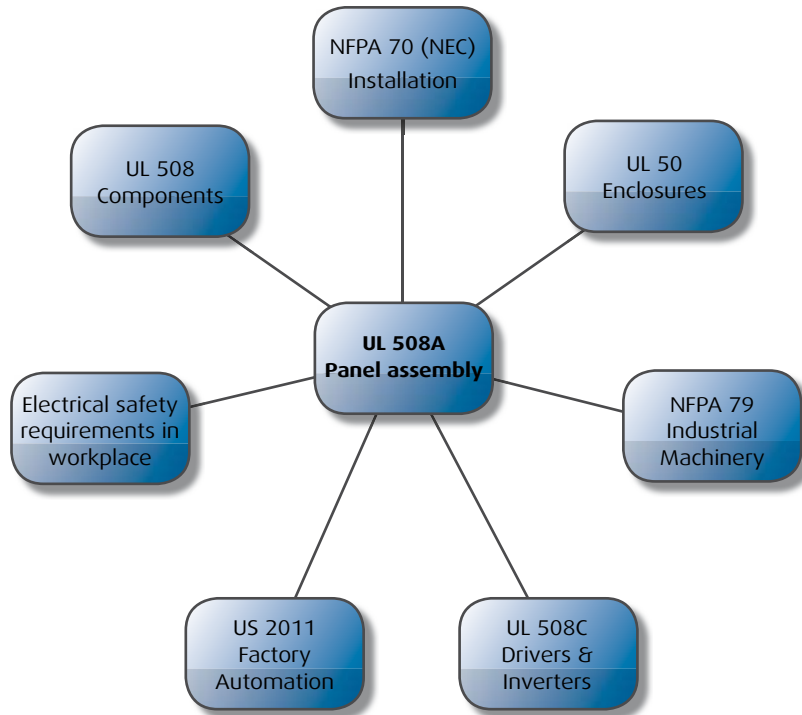
Le classificazioni UL/NEMA non sono direttamente comparabili con i gradi di protezione IP, poiché sia le condizioni di prova sia la valutazione dei risultati sono differenti.

Qui di seguito una tabella riassuntiva:

UL/NEMA Type	Applicazione / Descrizione
1	Contenitore per impieghi prevalentemente in ambienti interni. Protetto contro la penetrazione di corpi solidi esterni.
3	Contenitore per impieghi prevalentemente in ambienti esterni. Protezione contro pioggia, nevischio, polvere, formazione di ghiaccio; inoltre protezione dai danni dovuti alla formazione di ghiaccio.
3R	Contenitore per impieghi prevalentemente in ambienti esterni. Protezione contro pioggia, nevischio, formazione di ghiaccio; inoltre protezione dai danni dovuti alla formazione di ghiaccio.
3S	Contenitore per impieghi prevalentemente in ambienti esterni. Protetto contro pioggia, nevischio e polvere. Meccanismi esterni possono essere usati nonostante lo strato di ghiaccio.
4	Contenitore per impieghi in ambienti interni o esterni. Protetto contro pioggia, colpi esterni, spruzzi d'acqua e getti d'acqua, come pure dai danni provocati dalla formazione di ghiaccio nella parte esterna del contenitore.
4X	Contenitore per impieghi in ambienti interni o esterni. Protetto contro pioggia, colpi esterni, spruzzi d'acqua e getti d'acqua, come pure dai danni provocati dalla formazione di ghiaccio nella parte esterna del contenitore. Maggiore protezione dalla corrosione.
12, 12K	Contenitori per impieghi in ambienti interni. Protetto contro il deposito di polvere, l'entrata di corpi esterni e liquidi gocciolanti corrosivi.
13	Contenitori per impieghi in ambienti interni. Protetto contro il deposito di polvere, le cadute d'acqua a pioggia, oli e mezzi frigoriferi non corrosivi.

In sintesi, UL/ANSI/NEMA *standard* sono orientati più alla costruzione e all'applicazione. Le norme IEC sono più orientate alla *performance* e al test. I due *standard* permettono all'apparecchiatura di rispondere diversamente agli stessi bisogni di funzionamento.

### Quali sono gli *standard* e le normative indispensabili a cui sono soggetti i contenitori (panel assembly)?



### I principali marchi UL



**Il marchio UL (Listed)** indica un prodotto finito (complete device) adatto a essere utilizzato in “*Field Installation*”. Questo significa che il montaggio può essere eseguito da personale non specializzato, senza necessità di ulteriori informazioni o specifiche, in quanto il campo di applicazione è già ben definito. Tutti i prodotti marcati UL hanno un *report* UL che ne attesta la conformità (*file* che generalmente comincia con la lettera E di pubblico dominio, che si può trovare sul sito [www.ul.com](http://www.ul.com)).

**Il marchio UR** (Recognized) è utilizzato per i componenti generali senza un uso specifico. Questi componenti sono "Factory Installed". Devono pertanto essere assemblati da personale qualificato in conformità alle prescrizioni e ai limiti di impiego dati dal costruttore, meglio noti come Condizioni di Accettabilità. Il prodotto UR deve essere installato in conformità ai requisiti UL e alla fine l'equipaggiamento che sarà composto dal singolo prodotto UR installato correttamente darà luogo ad un prodotto UL Listed, ovvero definito e completo con un preciso scopo d'uso.

Già dall'inizio del 1998 UL e CSA introducono questo nuovo marchio che indica la conformità dei prodotti agli standard sia del Canada sia degli Stati Uniti. L'ulteriore apposizione dei marchi UL o CSA rimane facoltativa. Quando i marchi UL e CSA appaiono correlati dai suffissi "c" e "us" significa che questi prodotti sono certificati per entrambi i mercati.



Bisogna però fare particolare attenzione al fatto che, nonostante gli accordi intercorsi, esistono ancora dei problemi per quanto riguarda l'accettazione "incrociata" dei marchi unici.

Accade spesso che:

- gli enti di ispezione canadesi non accettino componenti marcati solo cURus senza l'indicazione del CSA (nessun problema invece per il marchio cULus)
- gli enti ispettivi USA accettino il marchio cCSAus, ma non accetti UL all'interno di complessi (macchine, quadri, ...) omologati UL: infatti, a questo fine UL accetta solo componenti UR o UL52.

**TEST UL50**

Prova	Type oggetti della prova
Prova di compressione	Tutti i type
Prova di deformazione	Tutti i type
Prova di resistenza alla formazione del ghiaccio	3, 3R, 3S, 4, 4X, 6, 6P
Prova di resistenza ai getti potenti	4, 4x, 6, 6P
Prova di immersione	
Prova di resistenza alla penetrazione di oli	13
Prova di resistenza dei metalli all'ossidazione, ruggine	1, 2, 5, 12, 12K, 13
Prova di resistenza alla corrosione	1, 2, 4X, 5, 12, 12K, 13
Prova di resistenza alla pioggia	3, 3R, 3S
Prova di gocciolamento	2, 5, 12, 12K
Prova di resistenza alla penetrazione di polveri	3, 3S
Prova di resistenza alla penetrazione di acqua atomizzata	5, 12, 12K
Prova di resistenza alla sovrappressione	6P
Prova di permanenza del marking	Tutti i type e con modalità diverse

## TYPE 1

Impiego all'interno, principalmente per fornire un grado di protezione contro quantità limitate di polvere che si depositano sull'apparecchiatura da proteggere.

Gli armadi e le cassette si possono forare e si possono utilizzare prodotti non certificati.

L'involucro non necessita di nessuna certificazione UL, ma deve essere costruito secondo la UL 50.

## TYPE 4

Impiego all'interno e all'esterno, principalmente per fornire un grado di protezione contro pioggia e polvere portata dal vento, spruzzi d'acqua, getti d'acqua e danni provocati dalla formazione di ghiaccio all'esterno.

Se si modifica l'involucro con fori e aperture si devono installare componenti con lo stesso grado di protezione o superiore (il Type viene rispettato), altrimenti il tutto potrebbe essere oggetto di nuova valutazione da parte di UL.

## TYPE 4X

Impiego all'interno e all'esterno, principalmente per fornire un grado di protezione contro corrosione, pioggia e polvere portata dal vento, spruzzi d'acqua, getti d'acqua e danni provocati dalla formazione di ghiaccio all'esterno.

Se si modifica l'involucro con fori e aperture si devono installare componenti con lo stesso grado di protezione o superiore (il Type viene rispettato), altrimenti il tutto potrebbe essere oggetto di nuova valutazione da parte di UL.

## TYPE 12

Impiego all'interno, principalmente per fornire un grado di protezione contro la polvere che circola nell'aria, che si deposita sull'apparecchiatura da proteggere e i liquidi non corrosivi che gocciolano sulla medesima.

Se si modifica l'involucro con fori o aperture si devono installare componenti con lo stesso grado di protezione o superiore (il Type viene rispettato), altrimenti il tutto potrebbe essere oggetto di nuova valutazione da parte di UL.

## 4. Materiali

La Norma CEI EN 60204-1 prescrive nel paragrafo riguardante l'ambiente circostante e condizioni di funzionamento che l'equipaggiamento elettrico della macchina, compreso quindi il quadro bordo macchina che contiene una parte fondamentale dell'equipaggiamento, debba essere adatto all'impiego in un ambiente circostante e alle condizioni di funzionamento specificate dalla norma stessa.

La norma non entra nello specifico per quanto riguarda i materiali e gli aspetti costruttivi riguardanti il contenitore utilizzato per il quadro bordo macchina; resta però inteso che questo dovrà essere adatto ad operare nelle condizioni ambientali in cui si trova ad operare la macchina.

I materiali tipici utilizzati per la costruzione di contenitori per quadri elettrici, compresi quelli per bordo macchina, sono principalmente i seguenti:

- acciaio al carbonio;
- acciaio inox;
- alluminio;
- poliestere rinforzato con fibra di vetro, abitualmente chiamato "vetroresina".

Di seguito sono trattate le differenti specifiche tecniche relative a questi materiali con riferimento alla composizione, alle proprietà meccaniche, alla resistenza alla corrosione, alle diverse casistiche di impiego e ai processi di verniciatura.

### 4.1 Acciaio al carbonio (acciaio comunemente utilizzato per la costruzione di quadri di comando standard)

#### Premessa

#### Proprietà dei metalli

I metalli sono tutti solidi a temperatura ordinaria, ad eccezione del Hg (mercurio) che è liquido. Di regola sono buoni conduttori del calore e dell'elettricità e la loro conducibilità diminuisce con l'aumentare della temperatura. Hanno in generale un elevato peso specifico, sono opachi e sono in grado di assumere, con una opportuna lavorazione della superficie, una lucentezza caratteristica. Trovano impiego industriale come elemento puro (con un certo grado di impurezze ammesse) oppure più frequentemente, come leghe, cioè come combinazione fra metalli.

Si chiamano acciai le leghe ferrose che si prestano generalmente alle lavorazioni a caldo. Ad eccezione di determinati acciai ad alto tenore di cromo, essi hanno un tenore al carbonio uguale o minore del 2%, tenore limite che li separa dalle ghise. Gli acciai, oltre al Fe (ferro) ed al C (carbonio), contengono altri elementi chimici, alcuni dei quali si trovano come impurezze o sono dovuti al processo di fabbricazione ed altri sono volutamente aggiunti per conferire determinate caratteristiche.

T Trattamenti termici degli acciai: i trattamenti termici sono operazioni o successioni di operazioni termiche alle quali vengono sottoposti metalli o leghe metalliche allo scopo di ottenere una determinata struttura e determinate proprietà finali, con variazioni più o meno accentuate rispetto a quelle di partenza. Le operazioni vengono effettuate su materiale allo stato solido e in ambienti di natura prestabilita; ordinariamente consistono in un riscaldamento, un mantenimento ad una certa temperatura ed un raffreddamento da tale temperatura secondo leggi determinate. Per i tipi, gli scopi e le definizioni dei trattamenti termici dei materiali ferrosi si veda la norma UNI 3354.

*Classificazione dei tipi di acciai:* gli acciai secondo la norma UNI EN 10020 possono essere classificati in base alla composizione chimica in:

- acciai non legati: è considerato tale qualsiasi acciaio i cui tenori minimi dell'analisi di colata indicati nelle norme o nelle specifiche non raggiungano nessuno dei valori limite indicati;
- acciai legati: è considerato tale qualsiasi acciaio i cui tenori suddetti raggiungano almeno uno dei valori limite di riferimento.

Le predette 2 classi sono a loro volta suddivise in base a criteri legati all'impiego in:

- acciai di base: acciai per i quali non è richiesta nessuna prescrizione particolare legata all'impiego;
- acciai di qualità: acciai che, in genere non presentano una regolarità di comportamento ai trattamenti termici;
- acciai speciali: acciai generalmente destinati ai trattamenti termici, per la regolarità della risposta a questi trattamenti.

*Designazione convenzionale degli acciai:* designazione italiana e CECA; esprime, mediante simboli letterali e numerici, alcune caratteristiche complementari, necessarie ad identificare l'acciaio senza ambiguità. Gli acciai generalmente impiegati allo stato grezzo di produzione vengono, di regola, destinati partendo dalle loro caratteristiche meccaniche o dall'impiego; quelli destinati al trattamento termico o che presentano caratteristiche fisiche o fisico-chimiche particolari nei riguardi degli impieghi specifici sono di regola designati partendo dalla loro composizione chimica. Gli acciai sono generalmente prodotti nei seguenti semilavorati:

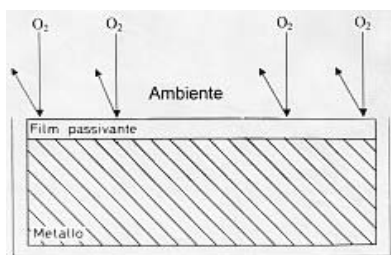
- coil;
- fogli di lamiera;
- barre;
- forgiate;
- fili;
- tubi.

*Quadri di comando:* nelle applicazioni industriali dove non è richiesto un grado specifico di resistenza agli agenti chimici e ambientali, il quadro di comando è realizzato con un "coil di acciaio" che garantisca di base un adeguato livello di resistenza all'attacco corrosivo degli agenti atmosferici o dei più comuni agenti chimici presenti negli ambienti industriali. Il coil di acciaio deve garantire un adeguato livello di saldabilità e di resistenza meccanica.

## 4.2 Acciaio inossidabile

Nelle applicazioni INDOOR e OUTDOOR (industrie alimentari, chimica, petrolchimica) dove è richiesto un alto grado di igiene e/o resistenza agli agenti chimici e ambientali, si consigliano l'acciaio inossidabile AISI 304L e AISI 316L. Gli acciai inossidabili sono delle leghe a base di ferro, di cromo e di carbonio arricchite di altri elementi quali nichel, molibdeno, silicio, titanio, etc. La loro caratteristica peculiare è l'elevata resistenza all'attacco corrosivo degli agenti atmosferici. Questa caratteristica è determinata dalla formazione spontanea sulla superficie dell'acciaio di un sottile strato di ossidi di cromo, che protegge il metallo sottostante dagli attacchi corrosivi e dalla presenza di altri elementi, quali nichel, molibdeno, titanio, etc. Questo strato, molto stabile e resistente, evita il contatto diretto tra atmosfera circostante e interno dell'acciaio e, a differenza dei comuni trattamenti di rivestimento protettivo (zincatura, verniciatura, etc), ha la capacità di riformarsi anche in seguito a rottura accidentale rendendo il materiale intrinsecamente resistente alla corrosione. Esistono diversi gradi di inossidabilità o in altre parole, una scala di nobiltà determinata dalla diversa composizione chimica. Gli acciai utilizzati nel settore dei quadri per l'elettronica e l'elettrotecnica sono acciaio Austenitici AISI 304L e 316L.





Destinazioni	ANSI (USA)	AISI304L	AISI316L
	EU	1.4306	1.4404
	UNI	X2 CrNi 1811	X2 Cr NiMo 1712
Composizione chimica	C max	0.03	0.03
	Mn	2	2
	Si max	1	1
	S max	0.030	0.030
	P max	0.045	0.045
	Cr	18 - 20	16 - 18.5
	Ni	8 - 12	11 - 14
	Mo	-	2 - 2.5

**CARATTERISTICHE**

Insensibilità alle basse temperature	Sicurezza nell'uso anche a temperature molto inferiori allo zero, grazie al mantenimento di elevata tenacità e plasticità
Alta resistenza al fuoco	L'acciaio inox mantiene le proprie caratteristiche meccaniche per un tempo circa 3 volte maggiore rispetto all'acciaio ordinario. Il suo impiego può quindi permettere di non ricorrere ad altri onerosi interventi (vernici, rivestimenti, ecc...)
Maggiore resistenza meccanica	Alle sollecitazioni ripetute (fatica) e maggiore plasticità: grazie ad entrambe queste caratteristiche se ne consiglia l'uso nelle aree soggette a eventi sismici
Maggiore igiene	Non richiedono particolare manutenzione eccetto la pulizia
Robustezza	Struttura più rigida degli acciai
Resistenza raggi UV	Bassissimo deterioramento se esposti ai raggi UV
Massa Terra	Possono essere messi completamente a terra
Schermatura onde elettromagnetiche	Hanno proprietà amagnetiche (non presentano problematiche di adattabilità per gli ospedali, le stazioni radio e TV, le banche, ecc..., per l'assenza di campi elettromagnetici indesiderabili o dannosi)
Resistenza chimica	Fare riferimento ai valori tabellati in letteratura

**IMPIEGHI**

AISI 304L	È di solito il più utilizzato, per svariati impieghi quali l'industria alimentare, chimica, enologica, casearia, conserviera, posateria, utensileria, caldaie, casalinghi, elettrodomestici, attrezzature ospedaliere, chirurgiche, impiantistica, industria automobilistica, edilizia, ecc... (migliore prestazione rispetto al 304 per la minore presenza di carbonio e la maggiore presenza di nichel)
AISI 316L	È consigliabile in gravose condizioni di esercizio, come in ambiente marino, in presenza di acidi o di attrezzature a contatto continuo con acqua, per strumenti chirurgici e odontoiatrici, per protesi, per l'industria automobilistica, tessile, cartarie e concerie, ecc...

## 4.3 Alluminio

### “Alluminio AlMg3”

#### Applicazione tipiche

Grazie a un'eccellente resistenza alla corrosione, questo tipo di lega è ampiamente utilizzato nel settore chimico, nell'industria alimentare, come pure nelle applicazioni marine, ma non solo, anche nelle applicazioni dove siano richiesti come requisiti base la resistenza all'umidità, alle escursioni termiche, all'irraggiamento solare, alle condizioni estreme come la nebbia salina o le scosse sismiche. Le caratteristiche di fusione e successiva solidificazione sono un presupposto essenziale che deve essere garantito durante tutto il controllo del processo produttivo.

#### DESIGNAZIONE EN E PRINCIPALI STANDARD INTERNAZIONALI CORRISPONDENTI:

EN 1676		Italia UNI	USA AA	Francia NF	Regno Unito BG 1490	Germania DIN 1725-5
Simbolo chimico	Simbolo numerico					
AB- $AlMg_3$	AB-51100	3059	514.2	A-G3T	LM 5	GB- $AlMg_3$

#### COMPOSIZIONE CHIMICA (PESO% IN ACCORDO CON EN 1676):

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti	Totale altri
0.45	0.40	0.03	0.45	2.7-3.5	-	-	0.10	-	-	0.15	0.15

Proprietà meccaniche: i requisiti fondamentali per l'ottenimento delle proprietà meccaniche dipendono fortemente dal processo di fusione applicato. La tabella di seguito mostra le tipiche proprietà ottenute con il processo “sand casting” = colata in sabbia (S) e “gravity die casting” = processo di pressofusione (G). I valori sotto indicati rispondono al valore minimo in accordo con EN 1706.

#### PROPRIETÀ MECCANICHE

Metodo di fusione	Tempra	Carico di snervamento [MPa]	Carico di rottura [MPa]	Allungamento [%]	Durezza [HB]	Resistenza alla fatica 50-106 [MPa]
S	F	70-100	140-190	3-8	50-60	70-80
S	T6	140-160	190-230	6-8	60-70	75-85
G	F	70-100	150-100	4-7	50-60	90-100
G	T6	130-150	230-250	12-18	70-80	100-110

Altre proprietà:

- Colabilità: discreta per colata in sabbia e in pressofusione, limitata per alte pressioni di fusione;
- Ritiro: colata in sabbia; 1.0-1.4%; processo in pressofusione; 0.9-1.2%
- Lavorabilità: eccellente;
- Saldabilità: discreta;
- Resistenza alla corrosione: eccellente, anche la resistenza all'acqua di mare;
- Trattamento superficiale: anodizzazione e lucidatura per scopi decorativi.

Trattamento durante la fusione:

- Perdita di manganese e acquisizione di idrogeno durante la fusione possono essere ridotte attraverso l'aggiunta di piccole quantità di Berillio;
- Si rende necessario degasaggio profondo;
- Affinamento del grano con Ti-B è raccomandato;
- Temperatura di fusione: da 700 a 750°C.

Trattamento termico: con un contenuto di Silicio <0.3% la lega non è termicamente trattata. Per elevati contenuti di Si, può essere usato un trattamento termico tipo T6:

- Trattamento della soluzione a 550°C per 4-12 ore;
- Raffreddamento in acqua;
- Invecchiamento a 155-165°C per 6/12 ore.

## 4.4 Materiali plastici

### Poliestere rinforzato con fibra di vetro (SMC)

Il poliestere rinforzato con fibra di vetro, normalmente chiamato vetroresina, che viene normalmente impiegato per la costruzione di contenitori per quadri elettrici è denominato SMC - Sheet Moulding Compounds - acronimo che identifica un particolare materiale e processo produttivo, utilizzato anche per costruzione di particolari per il mondo navale e auto motive.

L'SMC (Sheet Moulding Compounds) è un composto a base di resine poliestere insature sciolte in stirene, cariche minerali, fibre di vetro da 12 a 50 mm o a fili continui, catalizzatore, agenti di ispessimento, additivi termoplastici, distaccanti, altri componenti minori ed eventuali pigmenti.

Si presenta in fogli, contenuti tra due film di polietilano o (poliammide), di larghezza variabile, generalmente tra 1,3 e 1,5 mm, avvolti in rulli su contenitore metallico rigido o a falde.

La composizione dell'SMC varia in base al produttore e alla destinazione di impiego; una formulazione tipica di SMC è composta principalmente da resina poliestere insatura, additivi termoplastici, catalizzatori, distaccanti, cariche minerali, fibre di vetro, agenti di ispessimento e coloranti.

Lo stampaggio dell'SMC viene effettuato a compressione.

Il procedimento di stampaggio a compressione prevede che i fogli di resina poliestere caricata con fibre di vetro vengano posti all'interno di stampi accoppiati.

Gli stampi accoppiati vengono quindi chiusi, con pressione elevatissima, mediante presse a sviluppo verticale; grazie a questa pressione, la resina aderisce a tutte le parti dello stampo.

Durante tutto il processo di stampaggio, temperatura e pressione vengono mantenute costanti fino a quando il materiale non si è indurito.

La vetroresina è un materiale con eccellenti caratteristiche di durata nel tempo, sicurezza e facilità di installazione; i principali vantaggi nell'utilizzo dei contenitori in vetroresina riguardano la resistenza alle intemperie, all'acqua di mare ed alla maggior parte degli agenti chimici, la stabilità ai raggi UV, il comportamento al fuoco unito alla non emissione di fumi tossici e di gas alogenati in caso d'incendio.

Ulteriori vantaggi nell'utilizzo della vetroresina per la realizzazione di contenitori per quadri elettrici sono:

- 80% più leggera dell'acciaio, 30% più leggera dell'alluminio;
- non richiede l'impiego di utensili speciali né di operazioni di sbavatura;
- assenza di bave taglienti anche dopo lavorazioni come forature, tagli, ecc. e quindi nessun rischio di danneggiare i cavi o di ferirsi;
- materiale isolante, non conduttore, con elevato grado di isolamento elettrico (>7kv/mm);
- non necessita di alcun tipo di messa a terra;
- insensibile a fenomeni di corrosione elettrolitica;
- inutilità di vernici e rivestimenti protettivi.

Nelle tabelle a seguire sono riassunte le principali caratteristiche chimiche, fisiche e applicative della vetroresina:

**POLIESTERE RINFORZATO CON FIBRA DI VETRO (SMC)**

Composizione chimica	Norme	Unità di misura	Valori
resina poliestere insatura	Uniplast 472	%	20-25
additivi termoplastici		%	10-15
catalizzatori		%	0,5
distaccanti		%	1,2
cariche minerali		%	40
fibre di vetro		%	25 (max 50)
agenti di ispessimento		%	0,2
coloranti		%	1-5
Caratteristiche fisiche	Norme	Unità di misura	Valori
ritiro lineare	ISO 2577	%	0,12
massa volumetrica	ISO 1183	g/cm <sup>2</sup>	1,68
assorbimento d'acqua	UNI ISO 62 Metodo 1	%	<=0,2
resistenza a flessione	ISO 114125A	Mpa	120
modulo elastico a flessione	ISO 14125A	Mpa	8.500
resistenza a trazione	ISO 527	Mpa	50
modulo a trazione	ISO 527	Mpa	8.500
allungamento a trazione	ISO 527	%	0,3
resistenza all'urto (Charpy)	ISO 179	Kj/m <sup>2</sup>	50
resistenza all'urto con intaglio	ISO 179	Kj/m <sup>2</sup>	50
temperatura di distorsione sotto carico	ISO 75	°C	>200
resistività superficiale	IEC 93	ohm	10 <sup>13</sup>
resistività di volume	IEC 93	ohm/cm	10 <sup>14</sup>
resistività alle correnti striscianti	IEC 112	V	600
rigidità dielettrica	IEC 243	KV/mm	14
indice di ossigeno	ISO 4589	%	29
indice di temperatura	IEC 216	°C	130
filo incandescente (GWFI)	IEC 695-2-1 (2mm)	°C	960
Resistenza agli agenti chimici	Norme	Unità di misura	Valori
acidi deboli			buona
acidi forti			accettabile
alcali deboli			accettabile
alcali forti			insufficiente
solventi organici			buona
composti clorurati			insufficiente
composti chetonici			insufficiente
composti alcolici			accettabile/buona
basse concentrazioni di ammoniacca			accettabile/buona

**IMPIEGHI POLIESTERE RINFORZATO CON FIBRA DI VETRO (SMC)**

Industrie di trasformazione	Resistenza alla maggior parte degli agenti chimici e agli acidi basi lo rendono adatto per l'impiego in aziende chimiche e petrolchimiche, agricole, agroalimentari, tessili, cartarie e nelle applicazioni offshore
Trasporto via aria, mare, ferroviario, stradale	Resistenza alla corrosione e non emissione di gas tossici lo rendono adatto per l'impiego in gallerie stradali e ferroviarie, ponti, stazioni ferroviarie, metropolitane, aeroporti, cantieri navali
Settore terziario	Sicurezza, resistenza al fuoco, assenza di emissioni tossiche alogenate lo rendono adatto per l'impiego in edifici pubblici e commerciali, banche, supermercati, telecomunicazione
Distribuzione dell'energia	Sicurezza e affidabilità in ambienti con presenza di umidità. Polveri, muffe, batteri unite ad un'eccellente resistenza meccanica e ad un peso ridotto lo rendono adatto in impianti di produzione di gas, elettricità, miniere, idraulica, riciclaggio, depurazione

**CARATTERISTICHE POLIESTERE RINFORZATO CON FIBRE DI VETRO (SMC)**

Assenza di corrosione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eccellente resistenza alle intemperie, all'acqua di mare ed alla maggior parte degli agenti chimici, con conseguente riduzione dei costi di manutenzione.</li> <li>• Garanzia di lunghissima durata anche in ambienti molto corrosivi come installazioni marine, impianti di depurazione, industrie agroalimentari, tunnel, ecc.</li> <li>• Insensibilità ai fenomeni di corrosione elettrolitica.</li> <li>• Inutilità di vernici e rivestimenti protettivi.</li> <li>• Eccellente stabilità ai raggi UV.</li> </ul>
Isolamento elettrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevato grado di isolamento elettrico (&gt;7kV/mm).</li> <li>• Non necessita di nessun tipo di messa a terra.</li> </ul>
Resistenza al fuoco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rispondente alle più severe norme internazionali sul fuoco.</li> <li>• Eccellente comportamento al fuoco, autoestinguento.</li> <li>• Totale assenza di alogeni.</li> <li>• Non emette fumi tossici né gas alogenati in caso di incendio e non contiene amianto.</li> <li>• Bassissima conducibilità termica.</li> <li>• Materiale isolante, non conduttore, resistenza alle temperature da -80 a +130°C.</li> </ul>
Facilità di lavorazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavorabilità senza impiego di utensili speciali, assenza di bave, non richiede operazioni di sbavatura, nessun rischio di ferirsi.</li> <li>• Nessun rischio di danneggiare i cavi.</li> <li>• 80% più leggero dell'acciaio, 30% più leggero dell'alluminio.</li> <li>• Movimentazione e trasporto ottimali.</li> </ul>

## 4.5 Processi di verniciatura

Il decadimento dello stato originale della lamiera è un elemento molto critico. Allo scopo di evitare tale processo, la lamiera deve essere pulita adeguatamente in modo tale da sopportare al meglio l'adesione del primo strato di verniciatura e proteggere la superficie dalla corrosione, fenomeno dovuto agli agenti atmosferici quali (pioggia, sabbia, vento ...), impatti meccanici accidentali (rigature, urti, etc.) o stress di tipo chimico.

Per le applicazioni OUTDOOR bisogna considerare fattori ambientali quali (ghiaccio, neve, irraggiamento solare, vento) e scegliere un contenitore con un adeguato grado di protezione, e, se necessario, installare un tetto di protezione. L'uso di vernici a base di polveri poliesteri è raccomandato per le applicazioni di prodotto in ambiente esterno, allo scopo di aumentare la resistenza ai raggi UV. In talune applicazioni bisogna considerare agenti di inquinamento/corrosione ambientali, dove il ciclo di verniciatura potrebbe non assicurare un'adeguata resistenza alla corrosione. Per questi utilizzi l'acciaio inox offre sicuramente una soluzione più ideale, meglio di altri tipi di materiali.

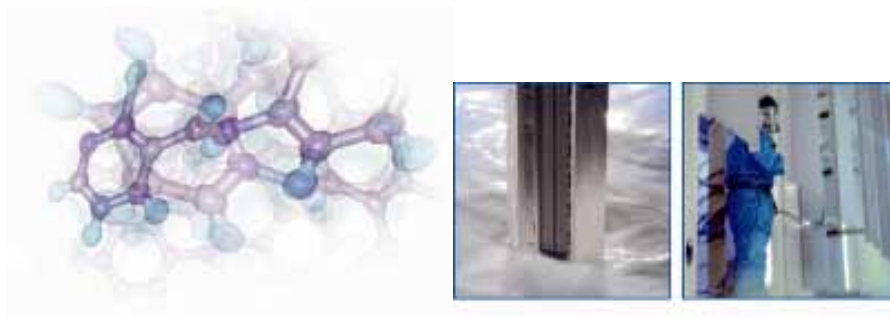
Per realizzare processi di verniciatura ottimali e duraturi è necessario attenersi scrupolosamente a specifiche metodologie di lavorazione, che devono essere realizzate come segue:

- sgrassatura e lavaggio per la corretta preparazione alla prima fase di verniciatura;
- deposito del primo strato di protezione (primer), se richiesto, e relativa essiccazione a forno statico;
- successivo strato di protezione finale da realizzarsi secondo colorazione richiesta (per realizzazione secondo specifiche RAL, gli standard attuali sono realizzati in RAL7035) e relativa essiccazione della vernice attraverso riscaldamento in forno statico. In questa fase devono essere garantiti l'ideale valore di durezza superficiale, rugosità e lucentezza.

Le tipologie di verniciatura più comunemente usate sono:

- verniciatura a polvere;
- verniciatura a liquido;

E' possibile utilizzare particolari processi tecnologici basati sulle nanotecnologie e in specifico sfruttando le nano ceramiche in grado di assicurare un livello di protezione alle ossidazioni decisamente più elevato. Tra questi possiamo citare il processo di verniciatura ad immersione per elettroforesi.



## Criteri principali

### Specifiche tecniche

#### Grado di lucentezza

A meno di specifica richiesta, la superficie deve essere lucente. La finitura liscia deve essere applicata con un grado di lucentezza di 70 - 90 GE, con un angolo misurato di 60°.

Le seguenti prescrizioni sono altresì valide sia per le superfici lisce sia per le superfici rugose:

- Grado di lucentezza con un angolo misurato di 60°;
- opacità < 11 GE;
- opacità 11 - 30 GE;
- finitura 31 - 50 GE;
- Semi-lucentezza 51 - 70 GE;
- Lucentezza 71 - 90 GE;
- High-gloss 91 - 100 GE.

#### Tonalità del colore

Sul mercato la colorazione standard adottata dalla maggior parte dei costruttori di quadri è RAL 7035.

La conformità del colore è definita innanzitutto sulla base delle norme EN ISO 3668 e del colore scelto per il contenitore tramite l'utilizzo di fasci luminosi D65, A e TL84 o F2. Il valore massimo accettabile è 2 (uno minore, chiaramente, se la differenza è ancora visibile) per fasci luminosi D65. Per tutti gli altri illuminanti il valore deve essere almeno di 1. Quando sussiste il dubbio, il risultato della misurazione del colore è vincolante.

#### Resistenza alla corrosione

Test alle nebbie saline secondo EN ISO 9227 NSS.

Test della condensazione secondo EN ISO 6270-2 CH.

Test di durata della condensazione in atmosfera secondo EN ISO 6270-2 AHT, 20 cicli.

#### Proprietà meccaniche

Test di aderenza in accordo con EN ISO 2409.

Test di durezza in accordo con EN ISO 2815.

Prova di imbutitura secondo EN ISO 1520.

Prova di piegatura secondo EN ISO 1519.

#### Resistenza chimica

La verniciatura deve resistere agli oli minerali, vegetali, alle emulsioni per le procedure di taglio, agli idrocarburi diesel, ai detergenti, agli acidi deboli e alle soluzioni alcaline (NaOH pH9, HCL pH5).

Test: 24 ore in totale immersione.

Temperatura di test: 20 °C.

Resistenza ai solventi in accordo con EN ISO 2812-1 e 2 tempo di esposizione minimo 5.

### Resistenza alle intemperie

Test in accordo con EN ISO 11507, lampade tipo (UV-B (313)), procedura A.

Condizioni di test: ciclo UV 4 h a 40 °C con una temperatura di 50 °C.

Condensazione 4 h a 40 °C, durata del test: 100 ore.

### Compatibilità ambientale

La composizione chimica della vernice è lasciata alla scelta di ogni singolo produttore. Il costruttore deve assicurare che i materiali utilizzati, pericolosi da un punto di vista ecologico, siano indicati sull'imballo o certificati separatamente. La vernice non dovrebbe contenere silicani e deve rispettare quanto indicato nella direttiva EU WEEE 2002/96/EC, RoHS 2002/95/EC (ElektroG). Questo significa che i seguenti materiali:

- resine
- cadmio
- mercurio
- cromo (VI)
- PBB (Bifenili polibromurati)
- PBDE (Difenileteri polibromurati)

possono essere presenti soltanto nei limiti consentiti.

Il film della vernice non deve essere realizzato con sostanze pericolose per l'ambiente.



## 5. Applicazioni particolari e contesti normativi in specifici ambiti (EMC, ATEX)

### 5.1 EMC

La compatibilità elettromagnetica (EMC) è la capacità di un dispositivo elettrico di funzionare in modo adeguato nel proprio ambiente elettromagnetico, di cui fanno parte anche altri dispositivi, senza influenzarlo in modo dannoso.

Da ciò risultano i requisiti essenziali della schermatura alle radiazioni elettromagnetiche: riduzione dell'emissione di disturbi e resistenza all'immissione degli stessi.

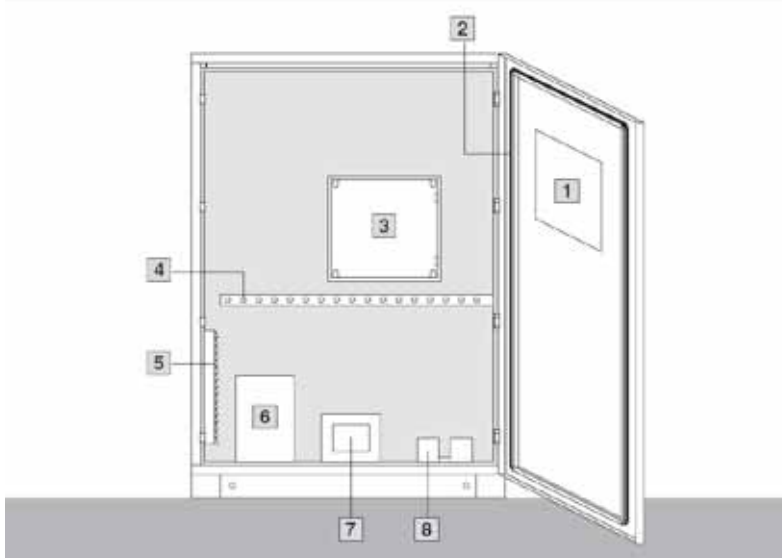
La schermatura EMC è una caratteristica di qualità irrinunciabile ed il progettista deve tenere conto dei requisiti di protezione regolamentati dalla legge e dei rischi tecnici già in fase di progettazione delle apparecchiature.

Per l'armadio elettrico, che funge da contenitore di apparecchiature di controllo, di sistemi elettrici ed elettronici, occorre tener conto di quanto segue:

- Al giorno d'oggi, l'armadio elettrico ospita componenti elettronici sempre più veloci, ossia i tempi di commutazione sempre più brevi provocano frequenze sempre più elevate di tensioni e di correnti.
- Il consumo energetico sempre più ridotto, ossia un basso livello di tensione e di corrente, facilita l'influenzamento reciproco a seguito di accoppiamenti di disturbi.
- L'installazione dei controllori in spazi sempre più ristretti, con distanze ridotte tra i componenti e le linee, provoca sempre più spesso l'accoppiamento di disturbi su percorsi diversi.
- Il progresso tecnico aumenterà ulteriormente questi rischi. Con l'armadio elettrico in esecuzione standard, realizzato in lamiera d'acciaio verniciata, è sufficiente tener conto di alcune semplici regole per l'allestimento interno, per contribuire notevolmente alla schermatura EMC di sistemi di controllo di macchine ed impianti.

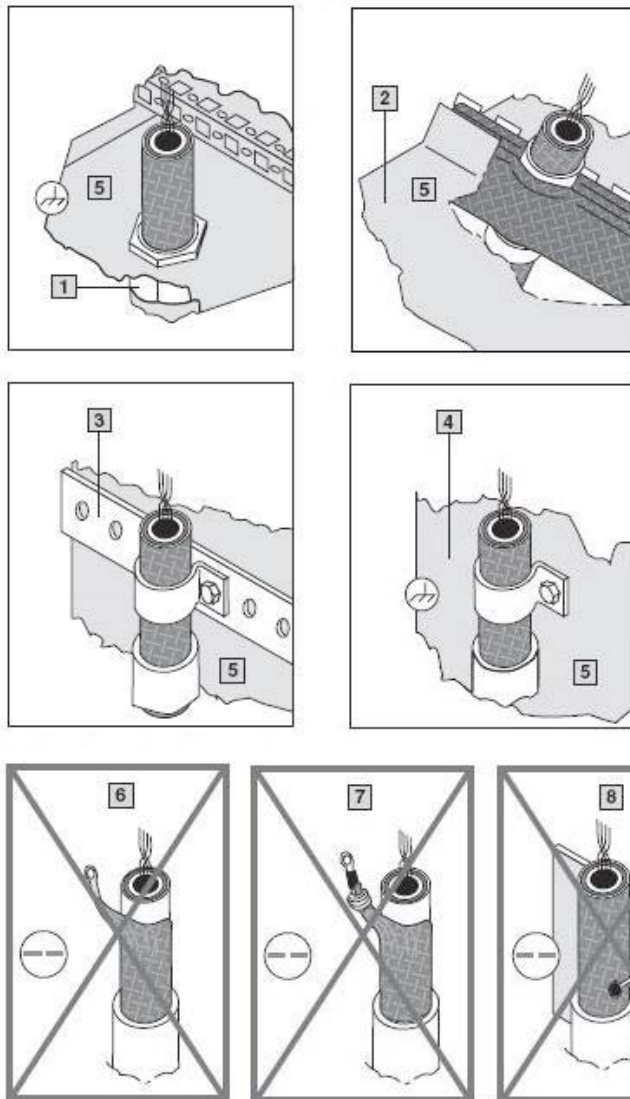
Inoltre, nelle applicazioni con influssi elettromagnetici ad alta frequenza, può essere necessario l'impiego di un contenitore schermato HF (contro le alte frequenze) con effetto schermante migliorato. Soltanto con delle misurazioni si può dire con certezza quale versione di contenitore sia necessaria o sufficiente per rispettare determinati valori limite normalizzati.

Allestimenti nell'armadio per un effetto schermante ottimale:



- (1) Finestre di ispezione schermate il più piccole possibili.
- (2) Guarnizione conduttiva tra il contenitore e le parti piatte esterne.
- (3) Contenitore nel contenitore.
- (4) Compensazione del potenziale per mezzo di guide o di piastre di montaggio metallizzate.
- (5) Aperture per la climatizzazione con filtri HF.
- (6) Filtro di rete/protezione dalle sovratensioni nel punto di ingresso, contatti su ampia superficie.
- (7) Linee segnali non schermate attraverso filtri collegati in modo conduttivo al punto di ingresso del contenitore.
- (8) Linee schermate attraverso passacavi PG (schermati) EMC.

Connessione degli schermi dei cavi nel punto di ingresso:



- (1) Ideale contatto tutto intorno. Passacavi EMC.
- (2) Fondi in lamiera EMC.
- (3) Profilato di schermatura EMC.
- (4) Compensazione del potenziale sulla piastra di montaggio.
- (5) Lamiera d'acciaio conduttiva.
- (6) Capocorda saldato.
- (7) Treccia stagnata.
- (8) Banda di messa a terra saldata.

## 5.2 ATEX (Attività con ambienti potenzialmente esplosivi e classificazione)

Le leggi italiane di riferimento sono le seguenti:

- DLgs. 81/2008 SULLA SICUREZZA SUI LUOGHI DI LAVORO PER OGNI ATTIVITA' LAVORATIVA si è integrato dei:
- Dlgs. 233/03 (recepimento del 99/92/CE) prescrizioni per la tutela della sicurezza dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive;
- DPR 126/98 (recepimento 94/9/CE) prescrizioni per la messa in sicurezza di tutte quelle aziende con la presenza di rischio di esplosione – *escluse quelle che ricadono nella direttiva Seveso.*

Le norme di riferimento sono la EN 60079 per le atmosfere potenzialmente esplosive a causa della presenza di gas e EN 61241 per la presenza di polveri.

La Direttiva Europea di riferimento, per tutti gli stati membri, è la seguente:  
94/9/CE/ATEX.

La direttiva si applica agli apparecchi e ai sistemi di protezione (materiali di miniera e di superficie), elettrici e non elettrici, destinati ad essere utilizzati in atmosfera esplosiva, nonché ai dispositivi utilizzati al di fuori di atmosfere esplosive, ma che influenzano gli apparecchi ivi installati.

L'ATEX, che vuol dire ATmosfera EXplosive, impone di analizzare **i rischi** associati alla presenza di POLVERE e GAS nelle varie tipologie di attività industriali e artigianali.

In buona sostanza impone di:

- Individuare le zone a rischio (da qui l'esigenza della classificazione delle zone e quindi dei relativi materiali);
- Mettere in sicurezza gli impianti, sia dal punto di vista elettrico sia dal punto di vista meccanico (da qui l'esigenza degli installatori di quadri di utilizzare componenti idonei ad essere installati in determinate zone).

Vediamo quali sono le zone:

**APPARECCHIATURE PER INSTALLAZIONI IN SUPERFICIE  
GRUPPO II**

Zone	0	20	1	21	2	22
Natura dell'atmosfera	G gas	D polveri	G gas	D polveri	G gas	D polveri
Atmosfere esplosive	Presenza permanente		Presenza intermittente		Presenza episodica	
Categoria di apparecchiature che possono essere usate secondo la Direttiva 94/9/CE	1		2		3	

Dal gruppo di appartenenza in generale, si scende in particolare alla suddivisione delle zone. Questa suddivisione dipende dalla probabilità di presenza di materiali a rischio esplosione (questa suddivisione deve essere fatta dall'azienda utilizzatrice).

L'azienda (Cliente) dovrà eliminare o minimizzare il rischio sia con la PREVENZIONE (ad esempio agendo sulla concentrazione o sulla temperatura delle sorgenti d'innescio) sia con la PROTEZIONE limitando gli effetti mediante misure di protezione costruttive.






A seconda della zona, l'azienda utilizzatrice (Cliente), dovrà scegliere materiale etichettato propriamente per essere installato all'interno di una ben determinata zona. L'azienda inoltre dovrà esporre il seguente marchio come cartellonistica.



Il produttore (Fornitore) dovrà certificare ed etichettare il prodotto, oltre che con il marchio CE anche con il marchio Ex.



Dalle considerazioni sopra esposte ne consegue che i prodotti vengano classificati, come anche mediante la loro caratteristica di fungere come mezzo di protezione:

Protezione	Zone						Definizione	Rappresentazione semplificata
	0	20	1	21	2	22		
"c"			●	●	●	●	<b>Protezione per la sicurezza nella costruzione secondo PrEN 13463-5</b> Questo standard stabilisce i requisiti di fabbricazione che sono stati identificati come sicuri, in modo da evitare qualsiasi fonte di incendio come frizione o scintille. Si applica agli apparecchi che possono essere soggetti a frizioni e movimenti. (frizioni, freni, cuscinetti, molle ...)	
"d"			●	●	●	●	<b>Rivestimento antidefiagrante</b> Le parti che potrebbero provocare l'accensione dell'atmosfera circostante sono racchiuse in una custodia resistente alla pressione sviluppata da un'esplosione interna di una miscela esplosiva. Tale custodia impedisce la propagazione di una combustione verso l'atmosfera circostante.	
"e"			●	●	●	●	<b>Sicurezza aumentata</b> Misure adottate per evitare, con un elevato coefficiente di sicurezza, che si verifichi la possibilità di temperature eccessive e la comparsa di archi o scintille all'interno e all'esterno delle apparecchiature elettriche che in funzionamento normale non comportano questo rischio.	
"i"	"ia"	●	●	●	●	●	<b>Sicurezza intrinseca</b> Circuito nel quale, nelle condizioni di prova prescritte dalla normativa (funzionamento normale e in caso di guasto), non si verifica alcuna scintilla né alcun effetto termico capace di provocare l'accensione di un'atmosfera esplosiva.	
	"ib"			●	●	●		
"m"			●	●	●	●	<b>Incapsulamento</b> Modo di protezione nel quale le parti che potrebbero provocare l'accensione di un'atmosfera esplosiva a causa di scintille o surriscaldamento sono incapsulate in una resina, evitando che l'atmosfera pericolosa possa essere infiammata.	
"n"					●	●	Modo di protezione applicato al materiale elettrico in modo che, in funzionamento normale e in certe condizioni anomale specificate nella presente norma, non possa provocare l'accensione dell'atmosfera pericolosa circostante. Le categorie di materiale sono 5: Nessuna produzione scintille (nA), produzione di scintille (nC), custodie e respirazione limitata (nR), energia limitata (nL) e camere a sovrappressione interna semplificata (nP).	
"o"			●	●	●	●	<b>Immersione</b> Apparecchiature elettriche immerse nell'olio.	
"p"			●	●	●	●	<b>Pressurizzazione</b> Sovrappressione interna mantenuta, in relazione all'atmosfera, con un gas neutro di protezione	
"q"			●	●	●	●	Riempimento della custodia con un materiale polverulento.	

## 6. Ruoli e responsabilità

Esemplifichiamo i casi principali che si possono presentare, identificando i soggetti di riferimento che possono aver a che fare con la realizzazione del prodotto finito.

**1) X assembla un quadro di distribuzione e lo installa su un impianto eseguito sempre da X:**

- X è il costruttore del quadro, mette la targa col suo nome sul quadro e lo marca CE;
- Compila la dichiarazione CE di conformità;
- Compila la dichiarazione di conformità per il DM 37/08 (Ex legge 46/90) che comprende anche il quadro.

**2) X assembla un quadro di distribuzione, completo e funzionante, e lo vende ad un installatore o ad un cliente finale:**

- X è il costruttore del quadro, mette la targa col suo nome sul quadro e lo marca CE;
- Compila la dichiarazione CE di conformità;
- Fornisce la documentazione tecnica (schemi) e le informazioni relative all'apparecchiatura (dati di targa).

**3) X assembla un quadro per macchina, completo e funzionante, e lo vende ad un installatore o ad un costruttore di macchine:**

- X è il costruttore del quadro, mette la targa col suo nome sul quadro e lo marca CE;
- Compila la dichiarazione CE di conformità;
- Fornisce la documentazione tecnica (schemi) e le informazioni relative all'apparecchiatura (dati di targa).

**4) X assembla parzialmente un quadro per macchina, che verrà poi completato dal costruttore della macchina:**

- X NON è il costruttore del quadro;
- NON deve compilare nessuna dichiarazione;
- NON deve marcare CE il quadro;
- NON deve mettere la targa sul quadro
- Deve fornire le garanzie sulla corretta esecuzione di quanto da lui fatto.

**5) X completa un quadro di distribuzione assemblato in parte da Caio e lo installa su un impianto eseguito sempre da X:**

- X è il costruttore del quadro, mette la targa col suo nome sul quadro e lo marca CE;
- Compila la dichiarazione CE di conformità;
- Compila la dichiarazione di conformità per il DM 37/08 (Ex legge 46/90) che comprende anche il quadro;
- Si fa rilasciare da Caio tutta la documentazione che attesti la corretta esecuzione del quadro.

**6) X completa un quadro di distribuzione assemblato in parte da Caio e lo vende ad un installatore o ad un cliente finale:**

- X è il costruttore del quadro, mette la targa col suo nome sul quadro e lo marca CE;
- Compila la dichiarazione CE di conformità;
- Si fa rilasciare da Caio tutta la documentazione che attesti la corretta esecuzione del quadro;
- Fornisce la documentazione tecnica (schemi) e le informazioni relative all'apparecchiatura (dati di targa).

## 7. FAQ

### 1) Il Nema è equivalente all'IP ?

Non è possibile affermare che un IP rating è equivalente a un tipo NEMA designazione. Infatti l'IP considera solo la protezione contro la penetrazione di oggetti estranei solidi e penetrazione di acqua. Il NEMA considera altri elementi, quali la corrosione e i dettagli di costruzione.

Per questo motivo sarebbe possibile trovare a un grado NEMA un equivalente grado IP, ma non è possibile affermare che un grado IP ha un suo equivalente univoco in un grado NEMA.

### 2) Quali sono i vantaggi di UL?

E' compatibile col NEC (Codice Nazionale). Il marchio UL è riconosciuto ed accettato dalle Autorità Locali (AHJ's). Il marchio UL è garanzia di Conformità alle normative di Prodotto.

### 3) Si possono realizzare finestre trasparenti su armadi schermati EMC?

Le porte trasparenti o gli oblò possono essere accessoriati con uno speciale vetro stratificato contenente una rete conduttiva in grado di attenuare interferenze elettromagnetiche.

### 4) Come posso garantire una schermatura ottimale in un armadio EMC quando si verifica la necessità di dover controllare l'innalzamento della temperatura all'interno del quadro?

È possibile mantenere gli elevati valori di schermatura tramite l'utilizzo di sistemi di climatizzazione (ventilazione forzata o sistemi attivi dedicati) dotati di adeguata guarnizione perimetrale conduttiva e apposita griglia di filtraggio che garantisce la schermatura.

### 5) Nel caso di sollevamento di armadi tramite appositi golfari il valore di caricabilità rimane invariato indipendentemente dal tipo di sollevamento?

No, bisogna porre particolare attenzione all'angolo di sollevamento a cui sono sottoposte le funi di sollevamento (in funzione dei valori di riferimento usuali a 45/60/90°). Tali valori vanno ad influenzare il carico di sollevamento espresso in N fino a ca. 3 volte il valore di partenza.

### 6) Quali vantaggi derivanti dall'utilizzo delle nanotecnologie in ambito produttivo di quadri elettrici/condizionatori?

Per quanto concerne l'uso di sistemi di climatizzazione i processi di nanotecnologia applicati garantiscono che la batteria di scambio termico (condensatore) rimane maggiormente protetta dalla aggressione di impurità dell'ambiente esterno. Per i quadri elettrici invece i trattamenti applicati alle superfici garantiscono una maggiore resistenza meccanica all'abrasione ed inoltre un ottimale supporto contro gli effetti ossidanti causati dall'ambiente. Tali processi sono particolarmente idonei per l'asportazione agevole di graffi o impurità varie nelle applicazioni "outdoor".

### 7) Quali le principali regole da adottare in caso di climatizzazione di un quadro di comando?

L'installazione dei componenti elettronici all'interno del quadro deve essere garantita da una circolazione omogenea dell'aria all'interno dell'armadio. L'elettronica installata non deve in alcun modo ostruire le prese d'aria del circuito interno. Ciò impedirebbe la circolazione dell'aria nell'armadio e di conseguenza il funzionamento ottimale dell'impianto di condizionamento. E' necessario mantenere una distanza tra i componenti e la bocca di uscita "aria fredda" del sistema clima di almeno 200 mm.

- 8)** Quali sono i sistemi più idonei per una corretta espulsione dell'acqua di condensa prodotta dai sistemi di climatizzazione per quadri di comando?

Tramite una corretta canalizzazione verso l'esterno del quadro esente da strozzatura o dalla possibilità di ritorno dell'acqua di condensa all'interno del quadro per sovrappressione o in alternativa utilizzando sistema di evaporazione della condensa che possono essere esterni o integrati nello stesso sistema clima.

- 9)** Come si considera il grado IP del quadro non cablato e dopo essere stato cablato?

Il costruttore dell'involucro garantisce il grado di protezione del suo prodotto così come venduto, cioè vuoto. Al responsabile del quadro compete la definizione del grado di protezione del quadro completo e finito.

Le aperture o forature aggiuntive, eseguite per il passaggio dei cavi e/o per il montaggio degli apparecchi, possono ridurre il grado di protezione. Quindi le forature devono essere fatte a "regola d'arte" e devono essere utilizzate guarnizioni che garantiscano da parte del costruttore, se possibile, il mantenimento delle condizioni iniziali. Se ciò non può essere rispettato, il grado di protezione dell'involucro deve essere declassato (ma attenzione non deve essere inferiore all'IP2x o IPXXB; rif. EN60204 art. 6.2.2 o nelle eccezioni dell'art. 11.3).

- 10)** Devo realizzare un quadro bordo macchina da installare in un ambiente dove secondo la norma CEI EN 60204-1 è richiesto un grado di protezione IP65. Ho scelto quindi un contenitore in lamiera IP65. Sulla porta devo montare un interruttore di manovra-sezionatore con blocco porta e della pulsanteria diametro 22mm; che tipo di apparecchi devo utilizzare ?

Per ottenere il grado di protezione IP65 oltre al contenitore anche il blocco porta e la pulsanteria devono essere IP65; contrariamente, in caso di apparecchi con grado inferiore (ad esempio IP55), il quadro subirà un declassamento del grado di protezione da IP65 a IP55.

- 11)** Ho realizzato un quadro bordo macchina utilizzando un contenitore in lamiera IP55 e della pulsanteria stagna sempre IP55. Mi hanno chiesto di certificare il grado di protezione del quadro con la pulsanteria montata; mi sono rivolto al costruttore del contenitore il quale mi ha risposto che è mia responsabilità certificare il grado di protezione del quadro una volta che ha subito delle lavorazioni. Come devo comportarmi?

Il responsabile del quadro bordo macchina montato e cablato è per la norma CEI 60439-1 l'organizzazione che se ne assume la responsabilità e che appone il proprio nome sulla targa del quadro; sarà quindi tale organizzazione che dovrà certificare tra le altre cose il grado di protezione del quadro dopo che ha subito le lavorazioni del caso. Sotto l'aspetto pratico, per mantenere il grado di protezione dichiarato dal costruttore dell'involucro anche dopo lavorazioni, occorrerà utilizzare componenti che abbiano un grado di protezione - sempre dichiarato dal costruttore - uguale o superiore a quello dell'involucro e installarli correttamente sempre seguendo le indicazioni del costruttore per quanto riguarda ad esempio le forature da praticare, eventuali guarnizioni da applicare, coppie di serraggio e quant'altro.

- 12)** Devo installare un armadio bordo macchina IP55 in un reparto di produzione con l'arrivo dei cavi dal basso provenienti da un pozzetto. L'armadio è dotato alla base di una piastra di chiusura cieca; posso per comodità toglierla ed entrare direttamente con i cavi lasciando la base aperta?

No, in quanto si comprometterebbe il grado di protezione dell'armadio. Per garantire il grado IP55 a quadro installato anche l'entrata cavi deve essere realizzata con accessori che abbiano lo stesso grado di protezione dell'armadio; in questo l'entrata cavi potrebbe essere realizzata ad esempio forando la piastra di chiusura e applicando pressacavi IP55.

**13) L'interruttore generale di un quadro bordo macchina deve sempre essere sempre del tipo con blocco porta meccanico che impedisca l'apertura della porta se prima non si è aperto l'interruttore?**

Non necessariamente; l'interruttore generale può anche essere del tipo senza blocco porta, in questo caso è però indispensabile che l'apertura della porta avvenga mediante chiave o attrezzo oppure, in alternativa, che il grado di protezione all'interno del quadro (a porta aperta) sia almeno pari a IP2X o IPXXB.

**14) Il grado di protezione all'interno di un quadro bordo macchina (a porta aperta) deve essere minimo IP20?**

Non necessariamente; il grado di protezione IP2X (o IPXXB) a porta aperta deve essere garantito solo se l'accesso all'interno del quadro avviene senza l'utilizzo di una chiave o attrezzo per l'apertura della porta oppure, in alternativa, senza il sezionamento delle parti attive mediante interruttore generale con blocco porta meccanico. In tutti gli altri casi solo eventuali parti che dovessero restare attive anche dopo l'apertura dell'interruttore generale o che possono essere accidentalmente toccate durante operazioni di ripristino o regolazione devono essere protette contro i contatti diretti con un grado di protezione pari almeno a IP2X o IPXXB.

**15) Cosa sono le nanotecnologie e come si applicano alla produzione dei quadri bordo macchina?**

Per nanotecnologie si intendono tutte quelle tecnologie che portano a materiali e prodotti industriali caratterizzati da dimensioni nanometriche della struttura interna o dell'oggetto finito.

Il mondo delle nanotecnologie è quello compreso tra 1 e 100 nanometri e sono "nanoprodotti" quei materiali o dispositivi nei quali vi è almeno un componente funzionale con dimensioni inferiori a 100 nm.

Si possono costituire materiali nanostrutturati con processi in fase liquida, in fase vapore e in fase solida.

Le applicazioni delle nanotecnologie sono di vasta portata e coprono numerosissimi settori.

Per quanto riguarda l'applicazione delle nanotecnologie nel campo dei rivestimenti metallici e della verniciatura, esse possono dare luogo a pigmenti, resine e film nanostrutturati con determinate caratteristiche.

Esempi di nanotecnologie in questo settore:

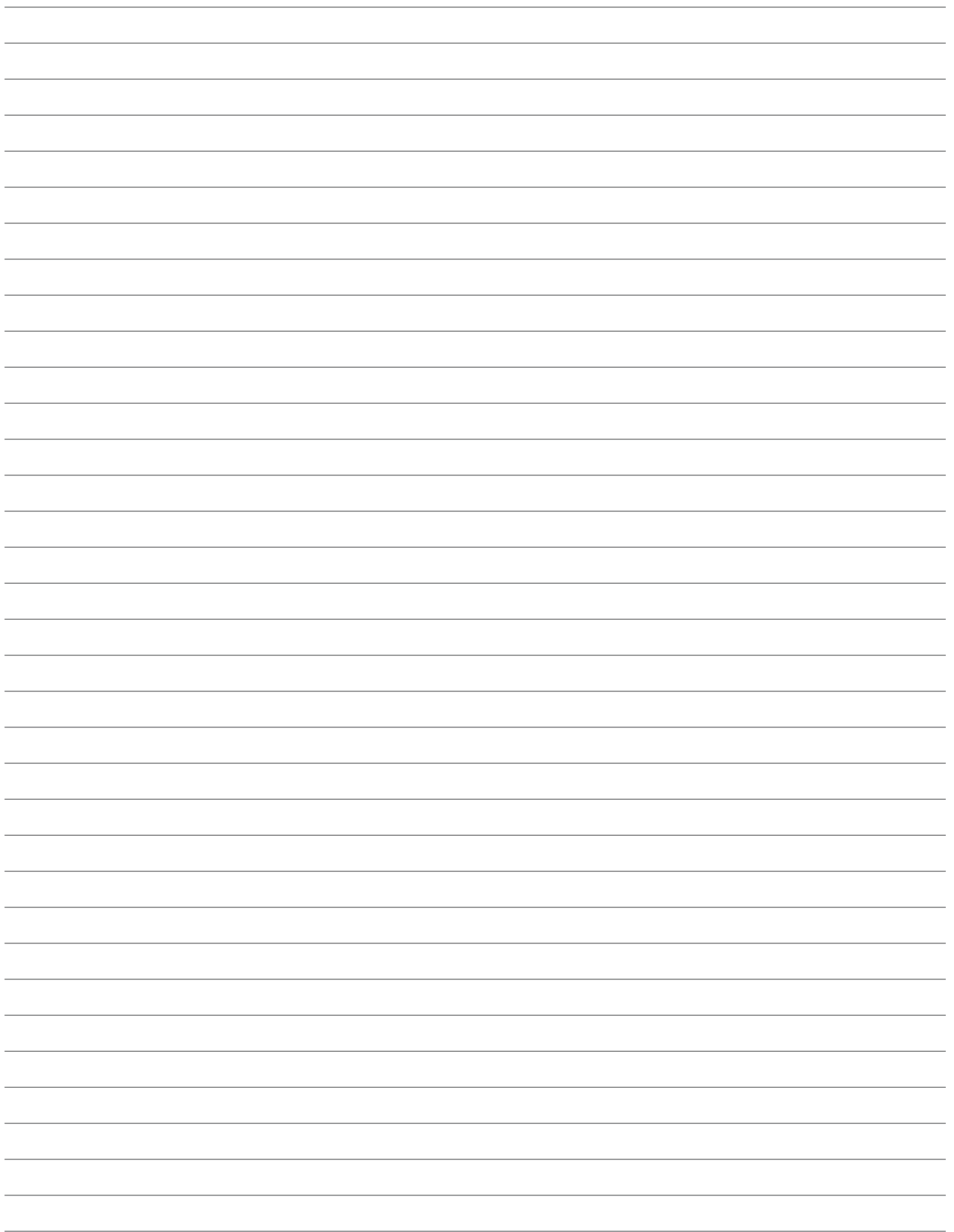
- \* Rivestimenti superficiali di sostituzione di processi galvanici;
- \* Rivestimenti superficiali, con resistenza alla corrosione, all'attrito, all'usura, ecc. (es attraverso film di SiO<sub>x</sub>,...);
- \* Resine o polimeri plastici resi conduttivi superficialmente grazie all'inserimento di "tubi nanometrici" conduttori di elettricità;
- \* Pretrattamenti dei supporti metallici alla verniciatura.

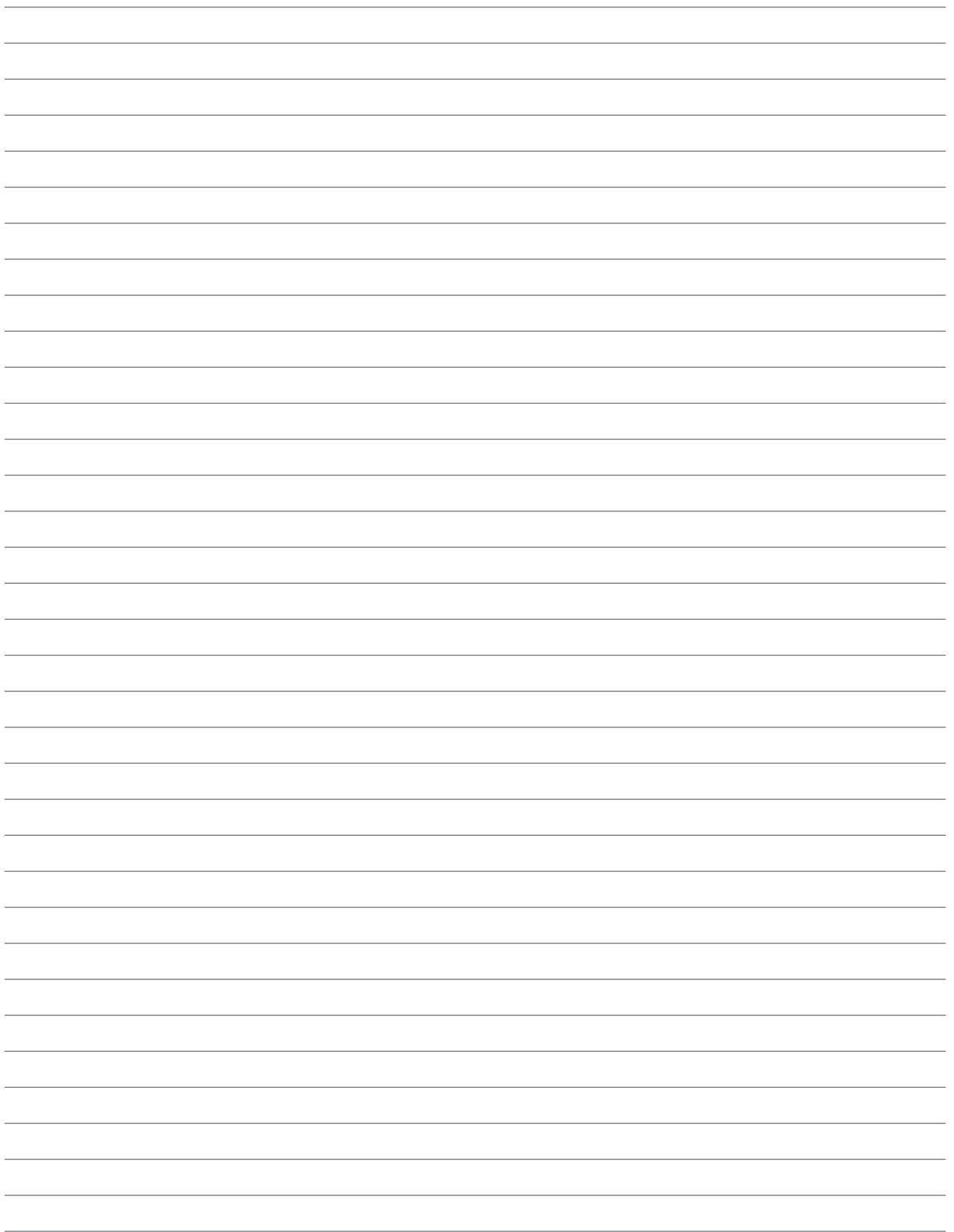
Nel campo dei pretrattamenti per la verniciatura, sono nati numerosi prodotti alternativi alla cromatazione o alle classiche fosfatazioni.

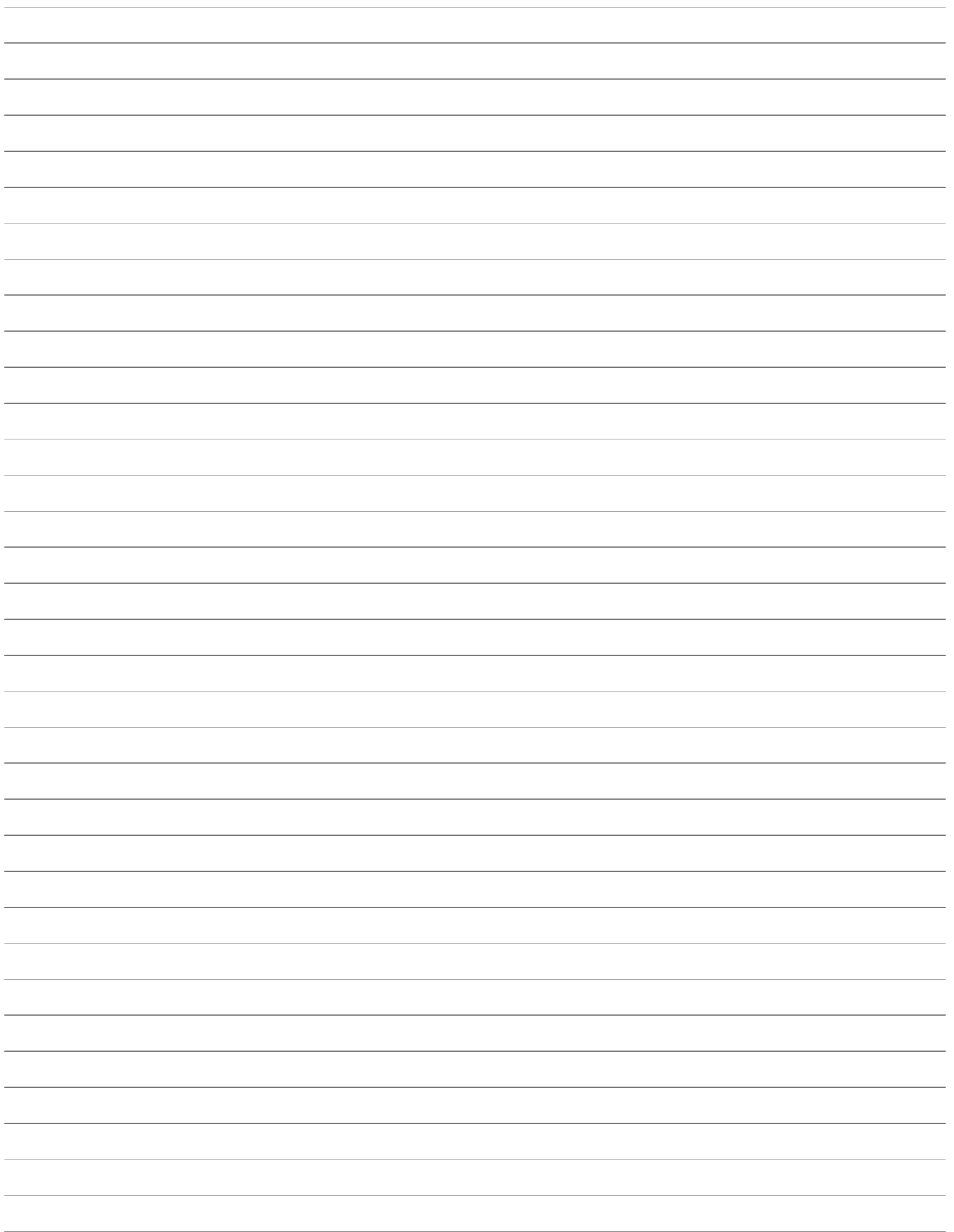


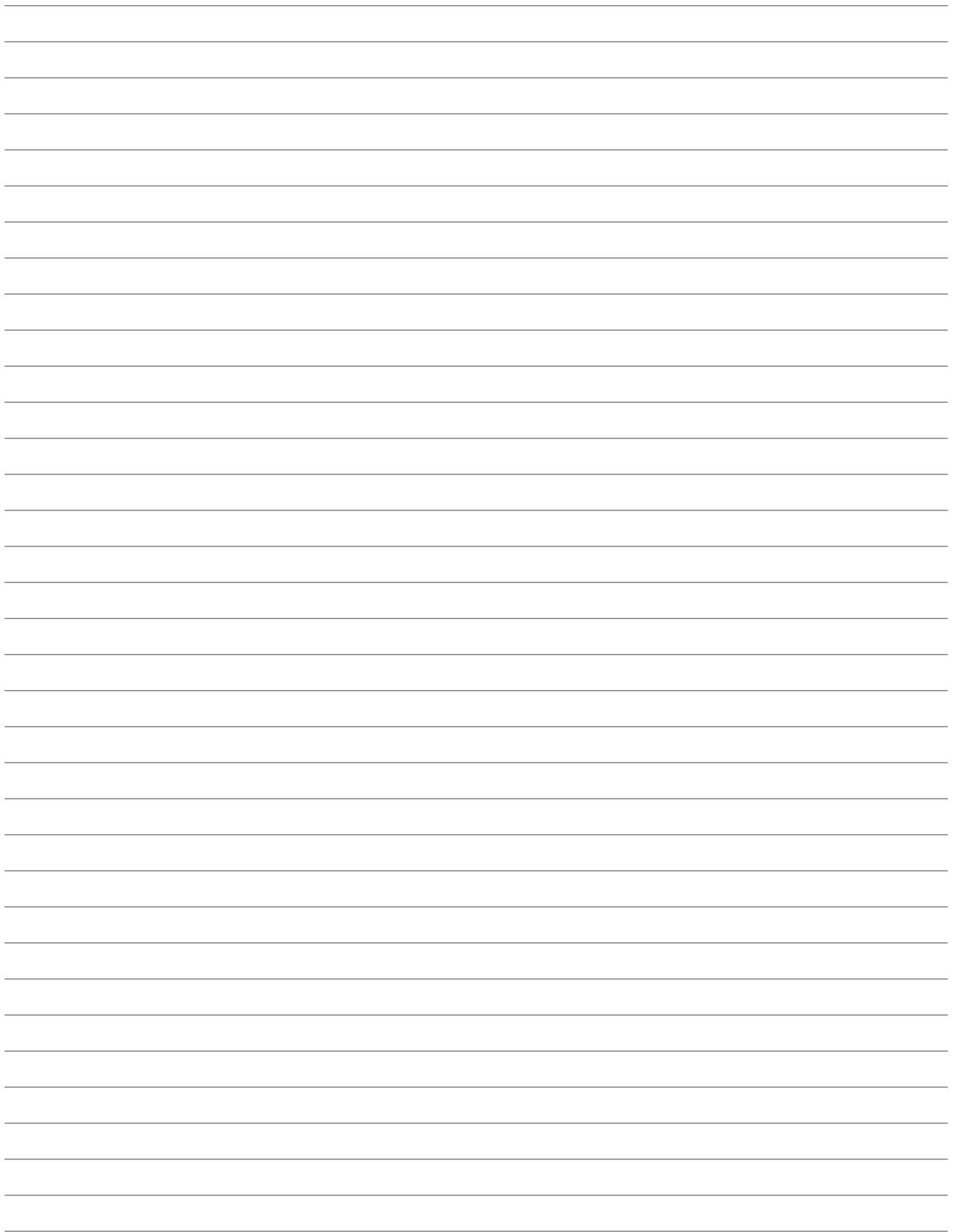












Progetto grafico:  
Conte Oggioni & Partners  
Via Vincenzo Monti, 11 - 20123 Milano  
Tel. 02 436955  
[info@conteoggionipartners.it](mailto:info@conteoggionipartners.it)  
[www.conteoggionipartners.it](http://www.conteoggionipartners.it)

Stampa:  
Graphiti Industria Grafica  
Viale della Repubblica, 2 - 20010 Cornaredo (MI)  
Tel. 02 93565179  
[info@graphiti.it](mailto:info@graphiti.it)  
[www.graphiti.it](http://www.graphiti.it)

Milano, Settembre 2009







Federazione ANIE  
Associazione Energia  
Viale Lancetti, 43 - 20158 Milano  
Tel. 02 3264.228 - Fax. 02 3264.217  
E-mail: [energia@anie.it](mailto:energia@anie.it)  
[www.anie.it](http://www.anie.it)