



Comune di Trani

Regione Puglia



OPERE DI MESSA IN SICUREZZA DEI LOTTI I, II, III DISCARICA PER RSU SITA IN TRANI E DENOMINATA "PURO VECCHIO"

CIG: 7060424E30

PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE:

AZIENDA MUNICIPALIZZATA IGIENE URBANA
Comune di Trani
Via Barletta, 161 - Trani
P.IVA 05487980723



PROGETTO:

Studio Romanazzi-Boscia e Associati s.r.l.
via Amendola 172/c. 70100 Bari - tel.: 080.548.21.87 - Fax: 080.548.22.67
Prof. Ing. Eligio ROMANAZZI
Dott. Ing. Giovanni F. BOSCIA
Dott. Ing. Sebanino GIOTTA
Dott. Ing. Fabio PACCAPELO



Ing. Federico Cangialosi

Ing. Gianluca Intini

Dott. geol. Vito Specchio

Ing. Vincenzo Catalucci



Vito Specchio

ALLEGATO

R.3

R - ELABORATI DESCRITTIVI

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO PRESTAZIONALE
DEGLI IMPIANTI E DEI MATERIALI**

SCALA:

...

DATA: Aprile 2018

AGGIORNAMENTO	DATA	DESCRIZIONE

INDICE

1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
2	TERRENO DA UTILIZZARE PER I RIPORTI	6
3	MATERIALI DA IMPIEGARE PER LA DISCARICA	7
3.1	MATERASSINO BENTONICO	7
3.2	GEOGRIGLIA PER DRENAGGI	7
3.3	GEOCOMPOSITO DI AGGRAPPO E PROTEZIONE	8
3.4	GEOMEMBRANA IN HDPE.....	8
3.4.1	<i>Installazione</i>	<i>9</i>
3.4.2	<i>Tecniche di saldatura dei teli</i>	<i>9</i>
3.4.3	<i>Qualifica saldatori</i>	<i>11</i>
3.4.4	<i>Collaudi delle saldature</i>	<i>11</i>
3.4.5	<i>Verbale di saldatura</i>	<i>12</i>
3.4.6	<i>Certificazione foglio in HDPE.....</i>	<i>12</i>
3.4.7	<i>Sistema di Qualità delle imprese di posa ed inquadramento nel sistema europeo di certificazione</i>	<i>12</i>
3.5	ARGILLA.....	13
3.6	GEOSTUOIA TRIDIMENSIONALE DI RINFORZO	13
3.7	GEOCOMPOSITO ANTIEROSIVO PER LA CANALIZZAZIONE DELLE ACQUA SUPERFICIALI.....	14
3.8	BIORETE ANTIEROSIONE	15
3.9	GABBIONATE METALLICHE.....	15
3.10	INERTE DI CAVA PER FORMAZIONE DI RILEVATI	16
3.11	DRENAGGI DI COPERTURA	16
4	TUBAZIONI IN HDPE	18
5	MANUFATTI PREFABBRICATI IN CEMENTO ARMATO.....	19
6	POMPE PER IL RILANCIO DELLE ACQUE METEORICHE.....	20
6.1	ELETTROPOMPA SOMMERSIBILE RILANCIO 1.....	20
6.2	ELETTROPOMPA SOMMERSIBILE RILANCIO 2.....	21
7	CAVI E COMPONENTI PER IMPIANTI ELETTRICI	22
7.1	QUADRI DI MEDIA TENSIONE QE-MT1/QE-MT2	22
7.2	– TRASFORMATORI IN RESINA DA 500 kVA TR1/TR2	30
7.3	– QUADRO DI BASSA TENSIONE Q-BT.....	33
7.4	– QUADRI DI PROCESSO Q-GENP E Q-PTS	40
7.5	– QUADRO DI RIFASAMENTO DA 150 kVAR Q-RIF.....	49
7.6	– CAVIDOTTI E CANALIZZAZIONI.....	52
7.7	CAVI ELETTRICI.....	55
7.8	– IMPIANTI INTERNI LOCALI	60
7.9	– GRUPPO ELETTROGENO DA 500 kVA.....	62
7.10	– SISTEMA DI AUTOMAZIONE E CONTROLLO	66
8	MATERIALE PER SISTEMAZIONE A VERDE.....	71
9	IMPLEMENTAZIONE IMPIANTO DI CAPTAZIONE DEL BIOGAS E DI ESTRAZIONE DEL PERCOLATO.....	72

9.1	OPERE PRELIMINARI ALLA TRIVELLAZIONE.....	72
9.2	TRIVELLAZIONE DEI POZZI.....	72
9.3	COSTRUZIONE DEI POZZI.....	72
9.4	MATERIALI PER LA COSTRUZIONE DEI POZZI.....	73
9.4.1	<i>Ghiaia.....</i>	<i>73</i>
9.4.2	<i>Sonda fessurata in HDPE</i>	<i>73</i>
9.4.3	<i>Argilla.....</i>	<i>74</i>
9.5	POZZI DI CAPTAZIONE DEL BIOGAS – TESTE DI POZZO	74
9.6	TUBAZIONI E RACCORDI IN PEAD.....	74
9.6.1	<i>Prescrizioni per l'accettazione del materiale.....</i>	<i>74</i>
9.6.2	<i>Trasporto ed accatastamento dei tubi e dei raccordi.....</i>	<i>75</i>
9.6.3	<i>Campo di applicazione delle diverse classi di pressioni</i>	<i>75</i>
9.6.4	<i>Raccordi e pezzi speciali</i>	<i>76</i>
9.6.5	<i>Giunzioni</i>	<i>76</i>
9.6.5.1	Giunzione per saldatura	76
9.6.5.2	Saldatura per polifusione nel bicchiere.....	76
9.6.5.3	Saldatura testa a testa	76
9.6.5.4	Giunzioni elettrosaldabili	77
9.6.5.5	Serraggio mediante flangiatura	78
9.6.6	<i>Posa in opera</i>	<i>78</i>
9.6.7	<i>Collaudi delle linee.....</i>	<i>78</i>
9.6.8	<i>Collettore di sottostazione</i>	<i>79</i>
9.6.9	<i>Impianto torcia di combustione biogas</i>	<i>80</i>
9.7	REALIZZAZIONE IMPIANTO EMUNGIMENTO DEL PERCOLATO E RELATIVA RETE DI RACCOLTA	81
9.7.1	<i>Opere preliminari.....</i>	<i>81</i>
9.7.1.1	Premessa	81
9.7.1.2	Realizzazione rete di raccolta percolato.....	81
9.7.2	<i>Posa e reinterro di tubazioni e cavidotti.....</i>	<i>82</i>
9.7.2.1	Prescrizioni generali.....	82
9.7.2.2	Prescrizioni particolari per le tubazioni di adduzione del percolato	82
9.7.2.3	Prescrizioni particolari per i cavidotti	82
9.7.2.4	Particolari prescrizioni sulla curvatura dei tubi	82
9.8	IMPIANTO ELETTRICO.....	83
9.8.1	<i>Apparecchiature elettriche di tipo EX</i>	<i>83</i>
9.8.1.1	Classe di temperatura delle costruzioni elettriche EX	83
9.8.1.2	Caratteristiche costruttive.....	83
9.8.1.3	Costruzioni elettriche a prova di esplosione modo di protezione "d"	84
9.8.1.4	Costruzioni elettriche a prova di esplosione modo di protezione "e"	84
9.8.1.5	Costruzioni elettriche a sicurezza intrinseca modo di protezione "i"	84
9.8.1.6	Costruzioni elettriche a sicurezza con incapsulamento modo di protezione "m" e "ma"	84
9.8.1.7	Costruzioni elettriche a sicurezza con modo di protezione "n"	85
9.8.1.8	Costruzioni elettriche a sicurezza immerse in olio modo di protezione "o"	85
9.8.1.9	Costruzioni elettriche a sicurezza a sovrappressione interna modo di protezione "p"	85
9.8.1.10	Costruzioni elettriche a sicurezza a riempimento polverulento modo di protezione "q"	85
9.8.1.11	Costruzioni elettriche a sicurezza speciali modo di protezione "s"	86
9.8.1.12	Costruzioni elettriche a sicurezza con modi di protezione sovrapposti.....	86
9.8.1.13	Costruzioni elettriche a sicurezza con modi di protezione composti.....	86
9.9	COMPONENTI ED ACCESSORI EX	86
9.9.1	<i>Componenti Ex</i>	<i>86</i>

9.9.1.1	Bocchettoni	86
9.9.1.2	Tubi flessibili come componenti Ex	87
9.9.2	Accessori Ex	88
9.9.2.1	Cassette d'infilaggio	88
9.9.2.2	Tappi	88
9.9.2.3	Tubi protettivi (rigidi).....	89
9.9.2.4	Tubi flessibili come accessori Ex.....	89
9.9.2.5	Manicotti.....	90
9.9.2.6	Nippli	90
9.9.2.7	Riduzioni per tubi.....	91
9.10	REGOLE GENERALI PER GLI IMPIANTI ELETTRICI	91
9.10.1	<i>Scelta delle costruzioni elettriche Ex</i>	91
9.10.2	<i>Costruzioni elettriche Ex in zona 0.....</i>	91
9.10.3	<i>Costruzioni elettriche Ex in zona 1.....</i>	92
9.10.4	<i>Costruzioni elettriche Ex in zona 2.....</i>	92
9.11	CONDUTTURE ELETTRICHE	93
9.11.1	<i>Prescrizioni generali</i>	93
9.11.1.1	Protezione meccanica	93
9.11.1.2	Riscaldamenti e trasferimento di sostanze infiammabili	93
9.11.1.3	Tipi di cavi e sezioni minime.....	94
9.11.1.4	Giunzioni e terminazioni dei cavi.....	94
9.11.2	<i>Condutture in tubo</i>	94
9.11.2.1	Giunzioni e derivazioni	96
9.11.2.2	Installazione dei tubi protettivi	96
9.11.2.3	Installazione dei tubi flessibili	97
9.11.2.4	Installazione dei bocchettoni	97
9.11.2.5	Installazione dei raccordi di bloccaggio.....	97
9.11.3	<i>Altre costruzioni e accessori.....</i>	100
9.12	REGOLE PARTICOLARI PER GLI IMPIANTI ELETTRICI	101
9.12.1	<i>Regole di installazione particolari per le costruzioni elettriche a prova di esplosione "d"</i>	101
9.12.2	<i>Regole di installazione particolari per le costruzioni elettriche a prova di esplosione "e"</i>	102
10	MANUFATTI IN CEMENTO ARMATO GETTATO IN OPERA.....	104
10.1	GENERALITA'	104
10.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	104
10.3	CALCESTRUZZO	105
10.3.1	<i>Costituenti del calcestruzzo.....</i>	105
10.3.1.1	Cementi.....	105
10.3.1.2	Aggiunte	105
10.3.1.3	Aggregati.....	107
10.3.1.4	Additivi.....	108
10.3.1.5	Acqua d'impasto.....	109
10.3.2	<i>Caratteristiche della miscela.....</i>	109
10.3.2.1	Prescrizioni per la durabilità	109
10.3.2.2	Classi di resistenza	110
10.3.2.3	Classi di esposizione ambientale	111
10.3.2.4	Rapporto a/c.....	113
10.3.2.5	Classi di consistenza – lavorabilità.....	115
10.3.2.6	Granulometria degli aggregati e Dmax.....	116
10.3.2.7	Requisiti minimi delle miscele in funzione del loro campo di impiego.....	117

10.3.2.8	Copriferro	118
10.3.2.9	Contenuto d'aria	119
10.3.2.10	Acqua di bleeding.....	120
10.3.2.11	Classe di Contenuto di cloruri	120
10.4	ACCIAIO TONDO	120
10.4.1	<i>Saldabilità e composizione chimica</i>	<i>120</i>
10.4.2	<i>Proprietà meccaniche</i>	<i>121</i>
10.4.3	<i>Resistenza a fatica in campo elastico</i>	<i>121</i>
10.4.4	<i>Resistenza a carico ciclico in campo plastico</i>	<i>121</i>
10.4.5	<i>Diametri e sezioni equivalenti</i>	<i>122</i>
10.4.6	<i>Aderenza e geometria superficiale.....</i>	<i>122</i>
10.5	QUALIFICA E ACCETTAZIONE DEI MATERIALI.....	123
10.5.1	<i>Controlli sul calcestruzzo</i>	<i>123</i>
10.5.1.1	Qualifica del calcestruzzo.....	123
10.5.1.2	Controlli di accettazione del calcestruzzo.....	124
10.5.1.3	Controllo della lavorabilità del calcestruzzo.....	124
10.5.1.4	Proprietà reologiche per i calcestruzzi autocompattanti (SCC)	124
10.5.1.5	Eventuali controlli aggiuntivi sul calcestruzzo.....	124
10.5.2	<i>Controlli sull'acciaio</i>	<i>125</i>
10.5.2.1	Controllo della documentazione	125
10.5.2.2	Controllo di accettazione	126
10.5.2.3	Prova di piega e raddrizzamento.....	127
10.6	POSA IN OPERA DEI MATERIALI.....	128
10.6.1	<i>Calcestruzzo.....</i>	<i>128</i>
10.6.1.1	Accorgimenti per i getti alle basse alte temperature ambientali	128
10.6.1.2	Accorgimenti per l'esecuzione dei getti	129
10.6.1.3	Accorgimenti per la compattazione dei getti	130
10.6.1.4	Riprese di getto	131
10.6.1.5	Distanziatori	131
10.6.2	<i>Tolleranze esecutive</i>	<i>131</i>
10.6.3	<i>Casseforme</i>	<i>132</i>
10.6.3.1	Caratteristiche delle casseforme	132
10.6.3.2	Pulizia e trattamento.....	133
10.6.3.3	Predisposizione di fori, tracce e cavità	133
10.6.3.4	Disarmo.....	133
10.6.3.5	Getti faccia a vista	133
10.6.4	<i>Stagionatura.....</i>	<i>134</i>
10.6.5	<i>Acciaio.....</i>	<i>136</i>
10.6.5.1	Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura	136
10.6.5.2	Deposito e conservazione in cantiere.....	136
10.6.5.3	Assemblaggio barre di armatura	136
10.7	PRESCRIZIONI MINIME DETTAGLIATE PER LE DIVERSE TIPOLOGIE STRUTTURALI.....	137
10.7.1	<i>Strutture a contatto con acque reflue (vasche depurazione, ecc.)</i>	<i>138</i>

1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Oggetto del presente capitolo è la descrizione dei principali elementi tecnico-prestazionali relativi all'intervento di copertura definitiva e installazioni tecnologiche necessarie per la post gestione della discarica gestita dall'AMIU Trani ubicata in agro di Trani, località Puro Vecchio.

Le opere in progetto consistono nella copertura definitiva dei lotti coltivati al fine di intercettare le acque meteoriche ed evitare la produzione di percolato nonché dell'installazione dell'impianto di estrazione e valorizzazione del biogas prodotto dalla discarica.

I principali materiali attualmente previsti per la realizzazione dell'intervento sono:

- terreno di riporto;
- telo in polietilene;
- geotessuto (tessuto non tessuto);
- inerte per il drenaggio del percolato;
- tubazioni in HDPE per il sistema di raccolta del percolato;
- inerte per formazione argine perimetrale;
- manufatti prefabbricati in c.a. o in calcestruzzo (cordoli ed embrici in calcestruzzo, canalette e pozzetti in calcestruzzo);
- cavi e componenti per impianti elettrici
- drenaggi di copertura.
- Componenti impiantistiche dell'impianto di estrazione e valorizzazione del biogas.

2 TERRENO DA UTILIZZARE PER I RIPORTI

Il materiale di riporto da utilizzarsi per la realizzazione dei riempimenti e degli strati di regolarizzazione dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- Modulo Elastico (da prove di carico su piastra) $\geq 300 \text{ Kg/cm}^2$
- Granulometria Classe A1 o A3 (Classificazione HRB)

3 MATERIALI DA IMPIEGARE PER LA DISCARICA

3.1 MATERASSINO BENTONICO

Per la impermeabilizzazione delle pareti in pendenza si utilizzerà un geocomposito in fogli delle dimensioni pari a 30 x 4,25 m..

Prima della posa in opera, la superficie deve essere omogeneizzata, attraverso accurata livellazione e compattazione.

Qualora il geocomposito bentonitico debba essere posato su un terreno naturale o di riporto, è necessario che la superficie del terreno stesso sia esente da protuberanze (vegetazione, radici, pietre etc.) e da buche (da computarsi a parte).

La guaina impermeabilizzante dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Essere a base di bentonite sodica naturale (minimo 500 gr/mq)
- Essere contenuta in due geotessili, dei quali il superiore costituito da un tessuto in polipropilene legato meccanicamente ad un non tessuto in nylon con grammatura ≥ 150 gr/mq e l'inferiore da un non tessuto in poliestere al 100% di grammatura ≥ 40 gr/q.
- Il collegamento tra gli strati dovrà essere costituito da idrocolla completamente solubile e non tossica.
- La bentonite interposta dovrà avere un peso specifico di 2,6 gr/cmc, Granulometria con miscela speciale da 6 a 30 mesh e un contenuto di montmorillonite $\geq 95\%$.
- Il coefficiente di permeabilità normale al piano per una pressione verticale pari a 50 Kpa dovrà essere $\leq 3 \times 10^{-11}$, per una pressione verticale pari a 100 Kpa dovrà essere $\leq 1 \times 10^{-11}$, per una pressione verticale pari a 200 Kpa dovrà essere $\leq 8 \times 10^{-12}$ (DIN 18130 – GRI GCL – 2).
- La resistenza a trazione misurata secondo norme EN ISO 10319, nella direzione longitudinale dovrà essere ≥ 10 kN/m, con deformazione a carico massimo $\leq 22\%$, nella direzione trasversale dovrà essere ≥ 10 kN/m, con deformazione a carico massimo $\leq 25\%$.
- Il punzonamento statico, misurato con il metodo CNR secondo la norma EN ISO 12236, dovrà essere per entrambi gli strati $\geq 1,4$ kN/m. La saldatura dovrà avvenire con sovrapposizione autosigillante con un sormonto minimo di 15 cm.

3.2 GEOGRIGLIA PER DRENAGGI

L'armatura del capping di copertura sarà effettuata utilizzando una struttura filtro-dreno-protettiva detta "geocompositi" con elemento filtrante su entrambi i lati. Tali manufatti saranno costituiti da una struttura centrale tridimensionale composta da 3 ordini di fili paralleli, sovrapposti ed incrociati, ottenuta per estrusione di polietilene ad alta densità (HDPE) senza l'impiego di additivi espandenti, sulla quale verranno termosaldati due non tessuti in polipropilene (PP) da 120 g/m² e 140 g/m².

Il Geocomposito così ottenuto consentirà una perfetta filtrazione assicurando un'elevata trasmissività.

I geocompositi saranno resi in cantiere in rotoli da 2,00 m x 30,00 m ed avranno le seguenti caratteristiche:

- Polimero costituente il manufatto HDPE e PP
- Peso unitario (ISO 9864) 1010 g/m² (di cui 120 +140 g/m² di geotessile)
- Spessore (ISO 9863)
 - a 20 kPa di pressione 6.0 mm

• a 200 kPa di pressione		5.5 mm
- Resistenza massima a Trazione (ISO 10319)	MD	20.0 kN/m
- Allungamento al picco (ISO 10319)	MD	50%
- Portata idraulica (ISO 12958)		
i = 1 sv = 100 kPa	MD	1.10 l/m/s
- Porometria del geotessile contessuto (ISO 12956)		0.07 mm

Dovranno inoltre possedere: inerzia chimica totale, imputrescibilità, inattaccabilità da parte di roditori e microrganismi, insensibilità agli agenti atmosferici e all'acqua salmastra, stabilità ai raggi ultravioletti ottenuta mediante additivi quantitativi di nerofumo.

I geocompositi devono avere la marcatura CE, in conformità alle norme EN.

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

3.3 GEOCOMPOSITO DI AGGRAPPO E PROTEZIONE

Il geocomposito di aggrappo e protezione sarà steso immediatamente sotto il terreno ed ha il compito di fornire un "aggrappo" al terreno ed evitare che questo, a causa delle pendenze, possa scivolare a valle. Formato da una geostuoia tridimensionale di aggrappo realizzata da filamenti poliammide e da un geotessuto di rinforzo in poliestere. La geostuoia e il geotessuto di rinforzo sono uniti tramite cucitura.

3.4 GEOMEMBRANA IN HDPE

Il telo sintetico impermeabile sarà costituito da una membrana in polietilene ad alta densità (HDPE) di colore nero/verde stabilizzato ai raggi ultravioletti.

Il telo dovrà essere privo di fori, rigonfiamenti, impurità e di qualsiasi segno di alterazione da agenti esterni.

Lo spessore minimo del telo strutturato sarà pari a **1 mm** (UNI 8202/6) per il pacchetto di impermeabilizzazione della copertura della discarica e pari a 2 mm per la realizzazione delle vasche di accumulo delle acque meteoriche poste a fondo cava.

Per le parti in scarpata del corpo rifiuti da coprire dovrà essere utilizzato un telo con **superficie esterna resa ruvida** mediante sabbiatura ottenuta con la **spruzzatura di idonei polimeri**, in quantità non inferiore a **100 g/mq**.

Il granulo vergine dovrà possedere i seguenti requisiti minimi:

- Composizione dell'HDPE:
 - Polimero base > 97%
 - Nerofumo (ASTM D 1603) < 3%
- Indice di fluidità (a 190 °C, 5 Bar): <3 g/10 min.

La geomembrana dovrà possedere i seguenti requisiti minimi:

- Spessore del telo (UNI 8202/6) HDPE: 1 mm/2 mm;
- Caratteristiche fisiche: di seguito si riporta una tabella che le definisce in funzione dello spessore della geomembrana, nel caso di specie fare riferimento ai valori relativi allo spessore 1 mm e 2 mm.

	Unità	Norma	Valori medi		
			1,0	1,5	2,0
Spessore	mm	EN 1849-2	1,0	1,5	2,0
Massa areica	g/m ²	EN 1849-2	965	1425	1900
Resistenza alla rottura in trazione (SP/ST)	MPa	EN ISO 527-1	29/30	29/30	29/30
Allungamento alla rottura in trazione (SP/ST)	%	EN ISO 527-1	710/770	740/830	770/850
Resistenza al limite elastico (snervamento) (SP/ST)	MPa	EN ISO 527-1	17/18	18/19	20/20
Allungamento al limite elastico (snervamento) (SP/ST)	%	EN ISO 527-1	16/16	16/16	16/16
Resistenza alla lacerazione (SP/ST)	N/mm	ISO 34	160/156	168/166	170/165
Resistenza al punzonamento statico	kN	EN ISO 12236	4	4,5	5
Densità resina	g/m ³	EN ISO 1183-1	≥ 0,94	≥ 0,94	≥ 0,94
Tempo di induzione all'ossidazione (OIT)	min	EN 728 (200°C, O ₂ puro, 1 atm)	≥ 80	≥ 80	≥ 80
Tenore nero di carbone	%	ASTM D 1603	2,2	2,2	2,2
Dispersione del nero di carbone		ISO 18553	Conforme	Conforme	Conforme
Resistenza raggi UV ⁽¹⁾		EN ISO 11507	Nessuna perdita delle proprietà meccaniche dopo 3000 ore di esposizione		
Permeabilità K	m/s	ASTM Test GRI GM 13	< 1 x 10 ⁻¹¹		

SP = senso della produzione ST = senso trasversale

(1) cicli alternati di esposizione UV e di esposizione all'umidità

3.4.1 Installazione

Posizionamento dei teli in opera

Le varie sezioni di telo verranno srotolate in modo da ridurre al minimo gli spostamenti a rotolo svolto. I teli andranno zavorrati appena srotolati per prevenire movimenti.

La saldatura dovrà seguire al più presto possibile, comunque non prima che i due teli da saldare abbiano raggiunto la stessa temperatura, onde evitare, dopo la saldatura stessa, fenomeni di grinze causati dalle differenti dilatazioni termiche lineari.

Andranno evitate condizioni di stress o eccessive trazioni o rigonfiamenti, prevedendo opportuni franchi per tener conto delle dilatazioni termiche lineari.

Posizionamento dei teli in opera

Lo srotolamento dei teli potrà avvenire a temperatura ambiente non inferiore a 5° C.

Per evitare disturbo dovuto al vento nei confronti dell'allineamento dei teli e la contaminazione della zona di giunzione, durante la stesura andrà prevista in corrispondenza delle giunzioni la posa della zavorra temporanea.

L'Impresa fornirà dettagli delle misure da adottare per ovviare all'effetto della pioggia durante le operazioni di giunzione, e per assicurare che la fascia di saldatura sia mantenuta pulita ed asciutta in ogni momento.

Eventuali molature non dovranno ridurre lo spessore originario di un valore superiore al 10% dello stesso. La parte molata e non coperta da saldatura non dovrà in nessun caso superare i 6 mm di larghezza.

Non si potrà procedere alla saldatura con temperature esterne inferiori ai 5°C o in condizioni di pioggia e in ogni caso si dovrà operare preriscaldando i lembi da saldare ad una temperatura compresa fra i 90 e i 110 °C.

3.4.2 Tecniche di saldatura dei teli

Saranno ammesse le seguenti tipologie di saldatura, che attualmente forniscono tutte le garanzie di una corretta esecuzione del lavoro:

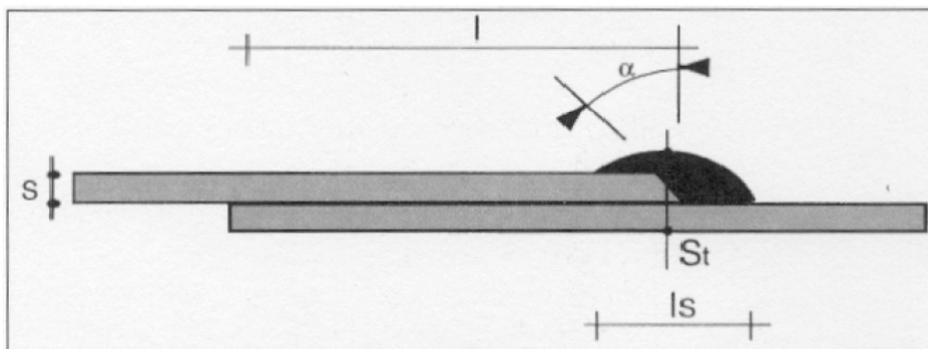
- saldatura "a estrusione a cordone sovrapposto o ad estrusione";
- saldatura "a doppia pista".

Saldatura a cordone sovrapposto

Brevi tratti di saldatura (riparazioni, raccordi, pareti a forte pendenza) possono essere eseguiti riportando il cordone di saldatura sovrapposto al giunto previa presaldatura di fissaggio ad aria calda delle pareti da unire e molatura della superficie dei fogli a contatto con il cordone di saldatura.

La figura seguente illustra la saldatura a cordone sovrapposto, mentre nella tabella a seguire sono mostrate le relazioni ed i vincoli a cui sono soggetti i parametri indicati in figura (estratto dalle "Norme Istituto Italiano della Saldatura NR. U28004690 Ottobre 1994" - Istituto italiano della Saldatura - Lungobisagno Istria, 15 – 16141 GENOVA).

Saldatura a cordone sovrapposto



Vincoli sui parametri di saldatura

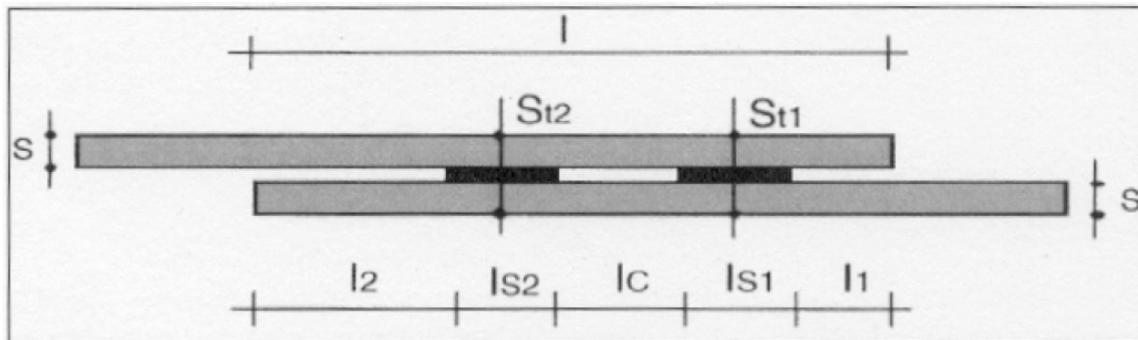
S_t	l_s [mm]	α
$\geq 1.25 \cdot 2s$	≥ 40	$\geq 45^\circ$
$\leq 1.75 \cdot 2s$	≥ 40	

Saldatura a doppia pista

La saldatura a doppia pista consiste nel portare a fusione mediante cuneo caldo od aria calda due strisce dei fogli sovrapposti lasciando un canale intermedio per eseguire la prova a pressione.

La figura seguente illustra la saldatura a doppia pista evidenziando i parametri che la caratterizzano, mentre nella tabella a seguire sono mostrate le relazioni ed i vincoli a cui sono soggetti i parametri indicati in figura 5.2 (estratto dalle "Norme Istituto Italiano della Saldatura NR. U28004690 Ottobre 1994" - Istituto italiano della Saldatura - Lungobisagno Istria, 15 - 16141 GENOVA).

Saldatura a doppia pista



Vincoli sui parametri di saldatura

S_{11}	S_{12}	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	l_c [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	l_c [mm]
$\leq 2s-0.2$	$\leq 2s-0.2$	≥ 100	≥ 15	≥ 15	≥ 50	≥ 50	≥ 50	≥ 10
$\geq 2s-0.8$	$\geq 2s-0.8$							

3.4.3 Qualifica saldatori

Le saldature devono essere eseguite da specialisti qualificati con PATENTINO (rilasciato dall'Istituto Italiano Della Saldatura di Genova o da enti equivalenti dell'Unione Europea). La Direzione Lavori, prima dell'inizio della posa in opera, verificherà la qualifica dei saldatori e la validità della certificazione in loro possesso.

3.4.4 Collaudi delle saldature

Tutte le saldature eseguite sui fogli della geomembrana in HDPE dovranno essere collaudate conformemente alle NORME UNI 10567 1996 da una ditta certificata, a cura e spese dell'appaltatore, in presenza di un incaricato della D.L..

Le prove da eseguire sul giunto a doppia saldatura con canaletta sono le seguenti:

a) Prove non distruttive

Consistono nell'introduzione di aria compressa nella canaletta di prova, nella verifica che la pressione raggiunga l'estremità opposta della canaletta e della tenuta della stessa per una durata minima di 10 min. alle seguenti condizioni:

Temperatura	Pressione
10°C	5,5 bar
20°C	5,0 bar
30°C	4,5 bar
40°C	4,0 bar
50°C	3,0 bar

La prova deve essere considerata superata quando l'eventuale caduta di pressione risulta non superiore al 10% del valore imposto.

b) Prove distruttive

La prova di resistenza a sfogliamento deve essere eseguita utilizzando apparecchiature certificate, provette di larghezza non inferiori a 20 mm prelevati dai giunti saldati trasversalmente all'asse di saldatura, in numero non inferiore a 1 ogni 300 metri di lunghezza di saldatura eseguita.

La prova deve essere condotta utilizzando apposite apparecchiature da campo.

La prova deve essere considerata superata, se la rottura si verifica sulla provetta nelle seguenti condizioni: Snervamento della provetta fuori dalla saldatura, o se nella zona di saldatura purché sia raggiunta una resistenza non inferiore al 75% dello snervamento.

Le prove da eseguire sulle saldature di chiusura eseguite sui fogli in HDPE lungo il ciglio perimetrale interno delle cunette di zavorramento del tipo "giunto a cordone sovrapposto" saranno certificate in accordo alle norme NORME UNI 10567 1996.

3.4.5 Verbale di saldatura

Il verbale di collaudo delle saldature eseguite dovrà contenere quanto segue:

- Identificazione della saldatura (che dovrà essere riportata su una planimetria all'uopo elaborata);
- Tipo di saldatura "giunto a doppia saldatura con canaletta" o "giunto a cordone sovrapposto";
- Sviluppo della saldatura;
- Data di collaudo;
- Visto del responsabile che ha eseguito il collaudo;
- Visto della D.L..

3.4.6 Certificazione foglio in HDPE

Il fornitore del foglio in HDPE deve:

- Dichiarare lo stabilimento di produzione
- Fornire certificato ISO 9001 rilasciato da un ente accreditato in uno Stato della UE.
- Fornire certificato di prove eseguite su ciascun rotolo, identificato con numero di matricola (e non per lotti).
- Fornire il "diagramma di posa" in accordo con le seguenti esplicitazioni:
 - trascrivere i numeri di matricola dei fogli posati nei singoli spazi;
 - indicare i punti di prelievo dei provini di saldatura;
 - indicare i punti difettosi risultanti dal collaudo non distruttivo e successivamente ripresi con saldatura;
- Compilare il "certificato di collaudo".

La direzione lavori assisterà all'esecuzione dei collaudi, al rifacimento dei punti difettosi ed alla compilazione delle annotazioni sul diagramma di posa, firmando apposito "Verbale di accettazione" del manto posato in opera.

3.4.7 Sistema di Qualità delle imprese di posa ed inquadramento nel sistema europeo di certificazione

La società di posa deve:

- avere personale proprio specializzato e abilitato nella saldatura delle geomembrane e di un tecnico esperto nella esecuzione dei diagrammi di posa e dei particolari costruttivi;
- applicare le specifiche e le tabelle UIDA/UIDS previste dalla normativa europea, in particolare alla Certificazione del Sistema di Qualità Aziendale (Norme serie EN 29000) ed al rilascio di un rapporto di prova in accordo a quanto riportato negli allegati 1 e 2;

- essere in possesso della Certificazione del Sistema di Qualità rilasciata da un Ente con struttura compatibile alla norma EN 45012 ed accreditato SINCERT;
- recepire in una norma UNI o CEN le modalità di prova sopra descritte;
- avere saldatrici ed attrezzature proprie e regolamentari adatte ad eseguire le saldature in accordo alle norme vigenti;
- far eseguire il controllo delle saldature da personale idoneo ed abilitato a certificare i controlli eseguiti;
- dare una garanzia di 10 anni per la geomembrana in HDPE posata in opera.

3.5 ARGILLA

L'argilla da impiegare per l'impermeabilizzazione della copertura e del fondo dell'area di cava, sarà reperita in loco o prelevata da cava esterna e dovrà possedere permeabilità di $1E^{-09}$ m/s e caratteristiche riconosciute idonee dalla Direzione Lavori.

Essa verrà stesa con l'ausilio di mezzi meccanici, in strati da 25-30 cm e, se necessario, sottoposta a fresatura fine di omogeneizzazione.

L'argilla dovrà essere di fine granulometria ed esente da sabbie, ghiaie, materiale organico ed altri inerti che ne riducano la coesione e l'impermeabilità naturale.

L'argilla dovrà avere caratteristiche di plasticità tali da consentirne una facile lavorazione; qualora la materia prima dovesse risultare al momento della stesa scarsamente inumidita e di conseguenza poco malleabile, si provvederà all'innaffiamento della stessa fino a raggiungere valori ottimali di umidità ai fini della successiva compattazione; verrà quindi lavorata fuori opera con mezzi meccanici quali escavatori, pale meccaniche, rulli costipatori, ecc. fino ad ottenere la plasticità necessaria per la posa in opera; la consistenza dell'argilla da rivestimento dovrà venir preventivamente accettata dalla Direzione Lavori; eventuali partite di argilla poste in opera senza la preventiva accettazione e quindi in difformità a quanto sopra detto sull'argomento, saranno rimosse a cura e spese dell'Impresa.

L'argilla di rivestimento del fondo del canale sarà stesa a strati di spessore non superiore a 30 cm che saranno compattati con idonei mezzi fino a completo assestamento secondo le sezioni di progetto.

Ogni strato verrà rullato con rulli a punte e costipato singolarmente in sezioni obbligate, come da progetto, con un grado di costipazione non inferiore al 95% della AASHOT99 Standard e livelli di permeabilità inferiori a 10^{-9} m/s, ovvero non superiore a 10^{-7} cm/s. Il materiale consegnato e posto in opera sarà controllato attraverso apposite prove ordinate dalla Direzione Lavori. In caso di necessità, prima della fresatura e della compattazione l'argilla potrà essere addizionata di bentonite sodica in polvere.

3.6 GEOSTUOIA TRIDIMENSIONALE DI RINFORZO

La stabilità delle superfici a forte pendenza della ex-discarica sarà garantita tramite l'impiego del geocomposito di aggrappo e protezione meccanica, con funzione di trattenimento del terreno di copertura e di ulteriore protezione meccanica dell'elemento di impermeabilizzazione.

Il geocomposito impiegato come strato di aggrappo per il terreno sopra le geomembrane impermeabili marcato CE per applicazioni conformi alle Norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13257, EN 13265, dovrà essere costituito da una geostuoia tridimensionale, realizzata da filamenti di poliammide, resa solidale con un geotessuto di rinforzo in poliestere.

Il geocomposito dovrà possedere le seguenti prestazioni minime: allungamento massimo consentito 12%, resistenza a trazione longitudinale non inferiore a 200 kN/m e trasversale non inferiore a 50 kN/m, valori

stabiliti in conformità della Norma EN 10319, resistenza al punzonamento statico non inferiore a 2 kN, determinato in conformità alla Norma EN 12236, temperatura di rammolimento della geostuoia maggiore di 200°C.

Al fine di ottimizzare le operazioni di posa e ridurre i sormonti e gli sfridi si richiede che il materiale sia fornito in rotoli di dimensione non inferiore a 4,90 m.

Il materiale dovrà essere prodotto e distribuito da aziende operanti secondo gli standard della certificazione ISO 9001; tale certificato dovrà essere sottoposto alla D.L. preventivamente alla fornitura. Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità redatta dal produttore secondo le modalità previste dalla normativa CE.

Il materiale dovrà essere inattaccabile da microorganismi, insetti e roditori ed essere resistente all'invecchiamento ed imputrescibile.

La fase esecutiva viene descritta come segue, considerando di intervenire su una membrana di impermeabilizzazione precedentemente posata:

- scavo della trincea alla testa delle sponde mediante un piccolo escavatore manovrato da un operatore con l'ausilio di un manovale;
- taglio a misura, stesa e fissaggio della geostuoia eseguita come da istruzioni di capitolato;
- ricoprimento della trincea alla testa delle sponde mediante paleggio manuale;
- riempimento della geostuoia con terreno vegetale mediante un escavatore manovrato da un operatore con l'ausilio di due manovali muniti di rastrello per la finitura.

3.7 GEOCOMPOSITO ANTIEROSIVO PER LA CANALIZZAZIONE DELLE ACQUA SUPERFICIALI

La protezione delle scarpate dall'erosione delle acque di dilavamento verrà conseguita realizzando lungo le berme delle scarpate (lato interno) delle canalette flessibili con geocomposito (GCO) tipo TRENCHMAT S o equivalente costituito dall'accoppiamento di una geostuoia (GMA) in polipropilene sul lato superiore, da un geotessile nontessuto (GTX-N) intermedio in polipropilene e da una pellicola poliolefinica impermeabile (PL) sul lato inferiore.

Il geocomposito (GCO) dovrà avere le seguenti caratteristiche fisiche:

- Massa areica (EN ISO 9864): 890 g/mq;
- Spessore a 2 kPa (EN ISO 9863): 15,0 mm

Caratteristiche meccaniche:

- Resistenza a trazione MD (EN ISO 10319): 10,00 kN/m;
- Resistenza a trazione CMD (EN ISO 10319): 10,00 kN/m;
- Allungamento a carico max longitudinale MD (EN ISO 10319): 50%;
- Allungamento a carico max trasversale CMD (EN ISO 10319): 50%;
- Resistenza a punzonamento statico CBR (EN ISO 12236): 1,8 kN;
- Diametro del foro alla prova di punzonamento dinamico (EN ISO 13433): 10 mm;
- Resistenza al punzone piramidale elettrico (EN 14574): 180 N

Caratteristiche idrauliche:

- Permeabilità al vapor d'acqua (ASTM F 372): 2,0 g/mq in 24 ore.

Le caratteristiche tecniche dovranno essere documentate da aziende fornitrici operanti secondo sistemi qualità conformi alla norma ISO 9001 con certificazione in corso di validità e dovranno essere garantiti mediante dichiarazione di conformità (UNI EN ISO 17050).

La posa del geocomposito avverrà mediante:

- scavo a sezione trapezoidale avente la base di larghezza cm 30 ed i lati con inclinazione massima 35° e lunghezza cm 25. Lo scavo deve estendersi a destra e a sinistra di almeno 10 cm (profondità 10 cm) per permettere il successivo rinterro/ammorsamento del geocomposito;
- posa del geocomposito ed ancoraggio mediante l'utilizzo di picchetti in tondino ad aderenza migliorata piegati a manico d'ombrello di diametro mm 8 e lunghezza minima 25 cm in ragione di n° 4 picchetti a ml. di cui due sul fondo ed uno per ciascun lato in sommità
- sormontare i teli in senso longitudinale, a tegola per almeno 20 cm e fissare con n.4 picchetti (come punto precedente);
- ripiegare il geocomposito in sommità per una larghezza di 10 cm verso l'esterno;
- rinterrare i lati di geocomposito ripiegati e saturare con terreno fine tutta la superficie della canaletta al fine di garantire una buona protezione ai raggi UV.

3.8 BIORETE ANTIEROSIONE

La protezione delle scarpate, appena seminate, dall'azione battente della pioggia, sarà garantita tramite la posa in opera di una biorete antierosione, tipo Geojuta o equivalente, in grado di favorire la crescita e lo sviluppo del manto erboso, fino alla degradazione delle fibre naturali costituenti il materiale.

Tale biorete dovrà avere una struttura a maglia rettangolare di apertura nominale 16 x 10 mm, essere costituita da fibre di juta.

La biorete dovrà avere un peso non inferiore a 500 g/m² (norma ASTM D 3776).

La biorete dovrà essere completamente biodegradabile.

La resistenza a trazione dovrà essere non inferiore a 15 kN/m in direzione longitudinale e 15 kN/m in direzione trasversale con allungamenti non superiori al 8 % (norma ASTM D 4599).

3.9 GABBIONATE METALLICHE

Ciascuna gabbionata sarà realizzata in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI EN 10223-3).

I gabbioni sono riempiti con pietrame per creare una struttura flessibile, permeabile e monolitica.

Il filo utilizzato nella produzione del gabbione a scatola è in acciaio dolce trafilato a freddo con rivestimento in bagno galvanico a caldo in lega eutettica di Zinco-Alluminio (5%) – cerio-lantanio.

A tutte le estremità, la rete sarà rinforzata da fili aventi diametro maggiore di quello usato per la fabbricazione della rete, per irrobustire la struttura e facilitare le operazioni di messa in opera.

Prima del riempimento, la gabbionata, inizialmente aperta, verrà cucita lungo gli spigoli e verranno fissati eventuali diaframmi alle pareti laterali in modo da ottenere la sagoma prevista.

Le cuciture saranno eseguite in modo continuo, passando il filo entro ogni maglia e con un giro doppio ogni due maglie, a meno di diversa disposizione del Direttore dei Lavori.

Successivamente, si riuniranno più gabbionate vuote in numero confacente alle possibilità di esecuzione dei lavori e saranno poste in opera e cucite saldamente a quelle adiacenti lungo tutti gli spigoli di contatto, sia in direzione orizzontale che verticale.

Durante il riempimento, sarà consigliabile disporre, all'interno delle gabbionate, un certo numero di tiranti per rendere solidali fra di loro le pareti opposte, soprattutto se le gabbionate sono senza diaframmi. I tiranti consentono, tra l'altro, di evitare lo spanciamento dei gabbioni durante il riempimento.

Il filo adottato per i tiranti, come quello per le legature, presenterà le stesse caratteristiche di quello utilizzato per le gabbionate, ma con diametro non inferiore a 2,2 mm.

Il materiale di riempimento, costituito da pietrame calcareo, sbizzato a martello per faccia vista e pietrame scapoli per il riempimento del nucleo centrale, dovrà avere dimensioni leggermente superiori a quelle della maglia, ed essere riconosciuto idoneo dal Direttore dei Lavori; saranno, comunque, da escludere i materiali friabili, gelivi e aventi basso peso specifico. Inoltre, tale materiale sarà sistemato a mano e le facce in vista saranno lavorate analogamente alla muratura a secco, con analogo onere di paramento.

I piani inferiori e superiori del gabbione dovranno essere perfettamente spianati.

A gabbione riempito, il coperchio verrà abbassato e legato lungo tutti i bordi del perimetro e lungo i bordi interni degli eventuali diaframmi, utilizzando apposito attrezzo.

La cucitura verrà eseguita facendo passare il filo entro ogni maglia, con un giro doppio ogni due maglie, salvo diverse disposizioni del Direttore dei Lavori.

Nell'allestimento, l'unione e la chiusura degli elementi è vietata ogni attorcigliatura dei filoni di bordatura.

3.10 INERTE DI CAVA PER FORMAZIONE DI RILEVATI

Il materiale dovrà verificare indicativamente le suddivisioni percentuali sotto riportate:

- % di ghiaia > 50% in peso;
- % di sabbia < 50% in peso;
- % di limo / argilla < 15% in peso.

Sarà consentito l'utilizzo di inerti ottenuti dal recupero di materiali provenienti da demolizioni, costruzioni e scavi previo eventuale trattamento in appositi impianti di riciclaggio autorizzati secondo la normativa vigente.

Dovrà essere identificato il sito della cava di provenienza del materiale, al fine di consentire un eventuale sopralluogo e prelievo di campioni per l'accettazione del materiale inerte.

Sarà altresì consentito il recupero del materiale di scavo nell'ambito dello stesso cantiere previa autorizzazione della Direzione dei lavori.

3.11 DRENAGGI DI COPERTURA

Tutti gli inerti da impiegare nella formazione degli strati drenanti e di rottura capillare dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

1) Ghiaia

Lo strato anticapillare deve essere costituito da elementi granulari con granulometria compresa tra 20 e 40 mm. Prima dell'impiego, questi materiali dovranno essere accuratamente lavati e, occorrendo, vagliati.

2) Inerti da frantumazione

Dovranno essere ricavati da rocce non gelive od alterate in superficie, il più possibile omogenee, preferibilmente silicee o di tipo calcareo, comunque non friabili ed aventi alta resistenza alla compressione, con esclusione di quelle marnose, gessose, micacee, scistose, feldspatiche e simili.

Qualora la roccia provenga da cave nuove, non accreditate da esperienza specifica, e che per natura e formazione non presentino caratteristiche di sicuro affidamento, la Direzione dei Lavori potrà prescrivere che vengano effettuate analisi granulometriche, prove di compressione e di gelività su campioni che siano significativi ai fini della coltivazione della cava.

Quando non sia possibile disporre di cave, potrà essere consentita, per la formazione degli inerti, la utilizzazione di massi sparsi in campagna o ricavati da scavi, sempreché siano originati da rocce di sufficiente omogeneità e di qualità idonea.

In ogni caso, gli inerti da frantumazione dovranno essere esenti da impurità o materie polverulente e presentare spigoli vivi, facce piane e scabre e dimensioni assortite; per queste ultime, valgono le indicazioni dei precedenti punti 1) e 2).

4 TUBAZIONI IN HDPE

Le tubazioni dovranno essere conformi alla norma UNI 7611 ed essere del tipo 312 PN 10.

Le tubazioni devono essere fornite in barre; le giunzioni devono avvenire mediante manicotto meccanico.

- Costruzione: Tubo corrugato esternamente e liscio internamente, DN/OD 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 e 1200
- Costituzione: Mescola di polietilene neutro alta densità con percentuale di masterbatch colorante additivato con antiossidanti per una migliore stabilità termica
- Colore: Nero parete esterna, bianco parete interna
- Impiego:
- Limiti d'impiego: (-50 / +60) °C Propagante la fiamma
- Rigidità circonferenziale (EN ISO 9969)> o uguale 4 e 8 kN/m² con deformazione del diametro interno pari al 3%.
- Prova d'urto a 0°C (EN 744). Nessuna fessurazione, delaminazione o incrinatura dopo sgancio percussore da un'altezza di 2 m con masse variabili in funzione del diametro del tubo
- Fessurazioni. Larghezza fessure:
 - DN 160 ÷ 200 = 1,5 mm
 - DN 250 ÷ 400 = 4 mm
 - DN 500 ÷ 630 = 7 mm
 - DN 800 ÷ 1200 = 10 mm
- Lunghezza fessure: da catalogo. Tipo di fessurazione: 220° o 360°
- Imballo: Barre da 6 metri. Tolleranza sulla lunghezza ± 1%.
- Accessori: Manicotti di giunzione in polietilene alta densità, pezzi speciali (curve, braghe, pozzetti, etc.) ed eventuali guarnizioni elastomeriche di tenuta;
- Installazione: Interrata, in accordo con la prEN 1295 (vedi Manuale Tecnico in vigore).

5 MANUFATTI PREFABBRICATI IN CEMENTO ARMATO

I manufatti in calcestruzzo sono costituiti da:

- cordoli;
- canalette;
- pozzetti;
- embrici.

Il conglomerato cementizio impiegato nella confezione dei prefabbricati dovrà presentare, dopo maturazione di 28 giorni, una resistenza caratteristica idonea all'uso previsto.

Gli elementi prefabbricati non devono presentare alcun danneggiamento che ne diminuisca la possibilità di impiego, la resistenza o la durata.

La rete complessiva di drenaggio delle acque meteoriche è composta dalle seguenti strutture:

- drenaggi sub-superficiali realizzati sul colmo della discarica dopo la chiusura che convogliano l'acqua meteorica che ruscella sulla superficie sommitale verso la prima rete di canalette sull'argine perimetrale;
- canaletta di collettamento posta sulla sommità arginale di sezione trapezoidale con base L=78 cm ed altezza interna 80 cm, realizzata in cav;
- canaletta di collettamento al piede della scarpata realizzata in cav delle dim. 50x50 cm;
- pozzetti di scarico delle acque intercettate sulla copertura finale (interasse = 60 m)
- scolina perimetrale di raccolta
- pozzetti di raccolta a servizio della canaletta di collettamento (interasse = 60 m)
- embrici in cav per il trasporto delle acque meteoriche lungo le scarpate.

Per la realizzazione del pozzo di sollevamento delle acque meteoriche di fondo cava è prevista la realizzazione di una base in c.a. gettato in opera ed il raggiungimento della quota desiderata con anelli in calcestruzzo prefabbricato delle dimensioni interne di 200x200 cm sp.12.

6 POMPE PER IL RILANCIO DELLE ACQUE METEORICHE

È prevista l'installazione di 2 tipologie di pompe diverse, come descritto negli elaborati progettuali.

Per ogni tipologia saranno installati i quantitativi riportati negli elaborati progettuali.

6.1 ELETTROPOMPA SOMMERSIBILE RILANCIO 1

Tale tipologia di elettropompa sarà installata per sollevare le acque accumulate temporaneamente nelle vasche poste a fondo cava.

Prestazioni

Singola pompa

Portata sollevata 184 mc/h (51,1 l/sec)

Prevalenza 60,90 m

Due pompe in parallelo

Portata sollevata 367 mc/h (101,9 l/sec)

Prevalenza 60,90 m

Girante:

Materiale girante ghisa grigia

DN mandata 150 mm

Diametro della girante 410 mm

Numero di pale 3

Motore

Frequenza 50 Hz

Tensione nominale 400 V

Numero poli 4

Fasi 3

Potenza nominale 85 kW

Corrente nominale 159 A

Corrente di spunto 690 A

Velocità nominale 1475 rpm

Fattore di potenza

1/1 load 0.83

3/4 load 0.80

1/2 load 0.70

Rendimento motore

1/1 load 92,9%

3/4 load 93,9%

1/2 load 94,3%

Tubazione premente in PE100 PN 16 De160.

6.2 ELETTOPOMPA SOMMERSIBILE RILANCIO 2

Tale tipologia di elettropompa sarà installata per sollevare le acque accumulate temporaneamente sulla parte sommitale del III lotto.

Prestazioni

Singola pompa

Portata sollevata 181 mc/h (50,3 l/sec)

Prevalenza 18 m

Due pompe in parallelo

Portata sollevata 361 mc/h (100,3 l/sec)

Prevalenza 18 m

Girante:

Materiale girante ghisa grigia

DN mandata 100 mm

Diametro della girante 275 mm

Numero di pale 2

Motore

Frequenza 50 Hz

Tensione nominale 400 V

Numero poli 4

Fasi 3

Potenza nominale 13,5 kW

Corrente nominale 27 A

Corrente di spunto 145 A

Velocità nominale 1455 rpm

Fattore di potenza

1/1 load 0.84

3/4 load 0.79

1/2 load 0.68

Rendimento motore

1/1 load 86,5%

3/4 load 88,0%

1/2 load 88,5%

Tubazione premente in PE100 PN 16 De160.

7 CAVI E COMPONENTI PER IMPIANTI ELETTRICI

7.1 QUADRI DI MEDIA TENSIONE QE-MT1/QE-MT2

CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica contiene le principali regole da seguire nella progettazione, costruzione, prove di collaudo, spedizione e montaggio dei quadri elettrici media tensione QE-MT1 a servizio della cabina derivazione linea MT e QE-MT2 a servizio della cabina di trasformazione.

NORME

I quadri e relativi componenti dovranno essere rispondenti alle norme CEI in vigore ed in particolare alla IEC 62271-200.

I quadri di MT dovranno essere conformi alla norma CEI 0-16.

GARANZIA

Il Fornitore garantirà che i quadri e tutte le apparecchiature siano esenti da ogni difetto o imperfezione ed in grado di funzionare correttamente, fornendo le prestazioni nominali, secondo i valori specificati, nei limiti delle tolleranze consentite dalle norme di costruzione adottate.

CARATTERISTICHE TECNICHE

CARATTERISTICHE GENERALI

I quadri saranno di tipo chiuso, protetti contro l'ingresso di polvere, di corpi estranei e di animali ed eventualmente provvisti di aperture di ventilazione debitamente schermate, con grado di protezione meccanica IP-30 a portelle chiuse e IP-20 con quadro aperto.

Le porte e le aperture saranno dotate di guarnizioni di materiale antinvecchiante e resistente alla corrosione.

I quadri saranno costituiti da un insieme continuo di pannelli verticali prefabbricati, autoportanti. Ciascun pannello sarà formato da una struttura metallica completamente chiusa, autoportante, rigida e indeformabile, costituita da lamiera pressopiegata e profilati in acciaio, o lamiere rinforzate, saldate e imbullonate. I vari pannelli saranno accoppiati mediante bulloni. Lo spessore delle lamiere non sarà inferiore a 2,5 mm.

Le lamiere dovranno essere opportunamente rinforzate in modo tale che per interventi automatici, manovre di apparecchiature, operazioni di inserzione o disinserzione, non si verifichino vibrazioni in grado di determinare interventi intempestivi o compromettere il corretto funzionamento dei vari organi.

I quadri potranno essere sollevati a mezzo degli opportuni golfari predisposti, senza che si verifichino deformazioni, e potranno essere rimossi mediante scorrimento su rulli o tubi.

I quadri dovranno essere facilmente ampliabili.

ACCESSIBILITÀ E SEGREGAZIONE DELLE APPARECCHIATURE

Ciascuna unità funzionale sarà suddivisa nelle seguenti celle tra loro segregate mediante diaframmi metallici (si dovrà in particolare realizzare la segregazione tra interruttori o sezionatori):

Strumenti relè e ausiliari;

sbarre;
terminali dei cavi;
trasformatori di corrente.

La segregazione sarà realizzata in modo da permettere quanto segue:

- l'accesso alla cella interruttore escludendo ogni possibilità di contatto con le sbarre o con altre parti fisse in tensione; a tale scopo saranno previste serrande azionate meccanicamente dal movimento di traslazione dell'interruttore;
- La completa inaccessibilità delle sbarre.
- La possibilità di eseguire, in condizioni di sicurezza, il collegamento o la disconnessione dei cavi in un pannello con tutto il resto del quadro in regolare servizio.

In generale le compartimentazioni interne dovranno essere realizzate al fine di contenere, per quanto possibile, la propagazione dell'arco e delle sue manifestazioni.

Indipendentemente dalla tipologia del quadro, quando questo è suddiviso in due sezioni, un guasto che si verifichi in qualunque scomparto di un semiquadro, non deve determinare conseguenza alcuna nell'altro.

Gli interruttori saranno accessibili dal fronte del quadro mediante l'apertura di porte incernierate e dotate di maniglia e serratura a chiave. Le celle strumenti ed ausiliari saranno parimenti accessibili dal fronte mediante portelle incernierate e dotate di serratura. Tutte le altre apparecchiature saranno accessibili mediante porte o lamiere imbullonate.

REQUISITI DI SICUREZZA ED INTERBLOCCHI

Tutte le normali operazioni di esercizio saranno eseguibili dall'esterno. La loro messa a terra sarà assicurata da una connessione alla parte fissa realizzata in treccia di rame flessibile.

Gli interruttori saranno dotati di uno schermo metallico frontale e laterale che impedisca l'accesso alle parti attive.

Un apposito dispositivo impedirà la chiusura dei contatti degli interruttori quando questi non siano correttamente nelle posizioni di inserito o estratto. Le diverse posizioni dell'interruttore (inserito, sezionato, estratto) dovranno risultare ben definite, assicurate da opportuni dispositivi di bloccaggio e rese evidenti dall'esterno dei quadri con porta chiusa.

Le manovre di inserzione e disinserzione dovranno essere eseguibili dall'esterno con portella chiusa. La manovra di estrazione sarà impedita con interruttore chiuso.

Gli interruttori dovranno risultare connessi alla sbarra di terra sia nella posizione di inserito sia nella posizione sezionato in prova.

Quando è previsto un sezionatore di terra, la manovra di questo sarà possibile solo con l'interruttore in posizione di estratto, viceversa l'interruttore non potrà essere inserito quando il relativo sezionatore di terra risulti chiuso.

Le posizioni di aperto e chiuso dei sezionatori di terra saranno visibili dall'esterno dei quadri per mezzo di opportuni segnalatori meccanici e/o direttamente attraverso oblò di ispezione.

L'accesso al vano cavi dovrà risultare impedito se il sezionatore di terra non è nella posizione di chiuso.

I sezionatori di terra saranno dotati di blocco a chiave asportabile per le due posizioni.

La messa a terra delle sbarre, tramite sezionatori o carrelli di messa a terra, dovrà essere impedita da dispositivi meccanici se tutte le alimentazioni non sono sezionate.

Dovrà essere possibile realizzare su indicazioni specifiche interblocchi a chiave con altri organi esterni al quadro.

Dovrà essere realizzata la segregazione automatica delle parti fisse in tensione che alimentano i riduttori di tensione e i relativi fusibili primari montati su carrelli estraibili. La segregazione avverrà con il movimento di traslazione dei carrelli e prima che TV e fusibili risultino accessibili.

Con l'interruttore in posizione di chiuso dovrà essere impedita l'estrazione del connettore dei circuiti ausiliari, e dovrà essere impedita la chiusura dell'interruttore con connettore disinserito.

Nei quadri di tipo protetto dovranno essere previsti opportuni blocchi meccanici tra le posizioni di interruttore e sezionatori.

Quando siano previste sequenze di messa in servizio e fuori servizio, le istruzioni relative saranno riportate su una targa a caratteri indelebili opportunamente fissata con viti.

TRATTAMENTO E VERNICIATURA

Tutte le parti metalliche dei quadri saranno opportunamente trattate per prevenire la corrosione e contro il decadimento della verniciatura. Il trattamento consisterà in sgrassatura, decappaggio, fosfatizzazione, passivazione e stuccatura.

Verrà quindi applicata una mano di vernice di fondo antiruggine e due mani di finitura a smalto resistente all'olio e all'umidità per l'esterno e una mano di vernice anticondensa all'interno).

Cerniere, viteria, e bullonerie saranno in acciaio inossidabile o cadmate; le parti mobili soggette ad attrito saranno protette con grasso antiruggine.

MATERIALI ISOLANTI

Tutti i materiali isolanti impiegati saranno di tipo autoestinguente e dovranno essere scelti con particolare riferimento alle caratteristiche di resistenza alla scarica superficiale e alla traccia.

Le sbarre principali e di derivazione potranno essere rivestite con resina epossidica, le distanze dovranno comunque garantire l'isolamento in aria.

Non dovranno essere utilizzati rivestimenti con guaine termostringenti o altro.

TARGHE

Per ogni quadro sarà prevista una targa da fissare in alto al centro riportante il contrassegno del quadro. Inoltre su ogni portella sarà fissata una targa riportante il contrassegno della unità relativa.

Il quadro dovrà essere provvisto delle targhe antinfortunistiche indicanti pericolo e i valori di tensione presenti, e delle targhette indicanti il significato delle segnalazioni. Tutte le targhe saranno in laminato plastico con caratteri bianchi su fondo nero e saranno fissate con viti e non con adesivi.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI

CARATTERISTICHE ELETTRICHE GENERALI

Il quadro, adatto per la tensione nominale di fornitura energia elettrica, dovrà essere in grado di fornire le sue prestazioni nominali per la tensione max corrispondente

La corrente nominale del quadro sarà sempre riferita alle sbarre principali. Tutti gli elementi del quadro dovranno risultare adatti a resistere alle sollecitazioni termiche e dinamiche conseguenti alle correnti di c.to. c.to. che si possono stabilire per guasti all'interno del quadro o nei circuiti alimentati. In particolare si dovrà considerare:

La corrente efficace simmetrica di c.to c.to. da calcolare a cura dell'Appaltatore.

Il valore di picco della corrente di c.to. c.to da assumere pari a 2,5 volte la componente simmetrica.

La corrente ammissibile di breve durata, da assumere almeno pari al valore simmetrico specificato per la durata di un secondo.

SBARRE

La sezione delle sbarre principali sarà costante per tutta la sezione del quadro; giunzioni e derivazioni saranno realizzate con bulloni passanti muniti di rondelle elastiche e con superfici di contatto argentate. Le sbarre potranno essere rivestite in resina epossidica, si preferiscono comunque le sbarre nude, in ogni caso le distanze dovranno essere tali da garantire l'isolamento in aria. Gli isolatori ed i supporti isolanti saranno studiati per evitare la formazione di scariche superficiali.

Giunti di dilatazione saranno previsti per sbarre di notevole lunghezza.

Le sbarre di derivazione avranno portata non inferiore a quella dell'interruttore collegato. Le sbarre saranno identificate mediante fasciatura con nastri adesivi colorati secondo le norme applicabili.

IMPIANTO DI TERRA DEL QUADRO

Sarà prevista una sbarra continua di terra di sezione minima $50 \times 6 \text{ mm}^2$ di rame; essa si estenderà in tutti i pannelli, collegandoli solidalmente; inoltre dovrà essere accessibile in ciascun pannello per la messa a terra dello schermo o armatura dei cavi.

COLLEGAMENTI DI POTENZA

I collegamenti dei quadri potranno avvenire per mezzo di cavi o di sbarre.

L'arrivo dei cavi sarà dal basso; il comparto di arrivo avrà dimensioni tali da consentirne il corretto collegamento; le lamiere di ingresso dovranno essere opportunamente sagomate e fissate per i requisiti corrispondenti al grado di protezione meccanica previsto per il quadro.

Le celle dei terminali saranno adeguatamente dimensionate per consentire l'ispezione il tiro e i collegamenti dei cavi .

Opportune staffature sosterranno i terminali ed i cavi che non dovranno essere sottoposti a sforzi di trazione.

Per le lamiere di ingresso vale quanto detto per i condotti sbarre.

Nella cella dovranno normalmente essere montati:

-I terminali dei cavi o le connessioni al condotto sbarre;

- Un complesso di segnalazioni in corrispondenza della manovra del sezionatore di terra per indicare con tre lampade la linea in tensione;
- Gli eventuali TA toroidali;
- Gli eventuali derivatori capacitivi fase terra;
- Un tronchetto di sbarre rimovibile per consentire l'esecuzione delle prove di tensione applicata sui cavi e sul quadro separatamente.

CIRCUITI AUSILIARI

La cella ausiliari sarà ubicata sulla parte frontale superiore dello scomparto e dovrà essere accessibile mediante portella incernierata, messa a terra e dotata di serratura a chiave. Tutti gli strumenti, relè di protezione e segnalazioni dovranno essere fissati sulla portella e visibili dall'esterno.

I circuiti ausiliari saranno realizzati con conduttori flessibili di rame rispondenti alle norme CEI 20-22, sezione minima 1,5 mm² in generale e 2,5 mm² per i circuiti amperometrici, scaldiglie e illuminazione

Ciascun conduttore sarà identificabile alle due estremità mediante anelli di plastica riportanti la numerazione degli schemi. I conduttori ausiliari saranno fatti passare in canalette o tubi ampiamente dimensionati per consentire aggiunte future di almeno il 50%. I percorsi dovranno essere lontani da parti calde o in tensione. I collegamenti di terra dei TA e TV saranno realizzati direttamente alla sbarra di terra e non tramite ponticelli.

I circuiti ausiliari faranno capo a morsettiere del tipo a elementi componibili fissati su profilato ed ubicate esclusivamente nelle celle ausiliari; non sono accettati morsetti diversamente posizionati. Ciascuna morsettiera sarà munita di targa recante il contrassegno indicato sugli schemi. I morsetti di collegamento verso l'esterno del quadro dovranno essere raccolti in morsettiere separate e identificate.

I morsetti saranno in melanina o steatite del tipo antiallentante e saranno contrassegnati in accordo con gli schemi. Per ogni conduttore sarà previsto un singolo morsetto. Le morsettiere avranno un numero di morsetti non inferiore al 130% di quelli occupati. I morsetti dei circuiti amperometrici saranno cortocircuitabili, i circuiti voltmetrici valvolati, ad eccezione della terra, e quelli di alimentazione o dedicati al telecomando del tipo a coltellino.

Per facilitare i collegamenti, le morsettiere saranno a 45°. I conduttori saranno muniti di capi corda o puntalini rigidi.

CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE

INTERRUTTORI

Gli interruttori saranno di tipo estraibile e/o fisso.

Saranno possibili le seguenti posizioni:

- Inserito (circuiti di potenza ed ausiliari inseriti);
- In prova (circuiti di potenza disinseriti e ausiliari inseriti);
- Sezionato (circuiti di potenza ed ausiliari disinseriti, interruttore vincolato meccanicamente al quadro);
- Estratto (circuiti ausiliari e di potenza disinseriti, interruttore svincolato meccanicamente dal quadro).

Le prime tre posizioni devono essere realizzate con portella chiusa.

Gli interruttori devono avere potere di interruzione non inferiore alla corrente simmetrica di c.to c.to calcolata, potere di chiusura non inferiore al valore di picco, e corrente di breve durata non inferiore al valore della corrente di c.to c.to simmetrica.

Gli interruttori saranno sempre liberi di scattare se chiusi su c.to c.to per qualunque posizione del comando.

Gli interruttori aventi le stesse caratteristiche saranno intercambiabili tra loro. Il comando sarà del tipo ad energia accumulata per mezzo di molle di chiusura precaricate da motore. Il comando dovrà essere a sgancio libero assicurando l'apertura dei contatti principali anche se l'ordine di apertura viene dato dopo l'inizio di una manovra di chiusura.

Quando sia previsto il comando a distanza saranno previsti relè ausiliari.

Gli interruttori dovranno avere un indicatore meccanico di posizione e un comando locale di apertura/chiusura e carica molle.

SEZIONATORI

Quando previsti, i sezionatori dovranno essere opportunamente dimensionati per sopportare le sollecitazioni termiche e dinamiche prodotte dalle correnti di c.to c.to calcolate.

Dovranno essere previsti opportuni blocchi meccanici con l'interruttore per evitare errori di manovra.

I sezionatori inclusi quelli di messa a terra, dovranno sempre essere dotati di almeno 4 contatti ausiliari (2NA+2NC).

RIDUTTORI DI CORRENTE E TENSIONE

I riduttori di corrente e tensione saranno del tipo con isolamento in resina epossidica.

I riduttori di tensione saranno sempre montati su carrello estraibile e provvisti di fusibili primari e secondari. Nei sistemi con neutro non francamente a terra, i TV saranno previsti per funzionamento continuo dell'impianto con fase a terra, con tensione pari 1,73 volte la tensione nominale.

La tensione secondaria sarà 100V se collegati tra fase e fase, 100/1,73 se collegati tra fase e terra, 100/3 per avvolgimento a triangolo aperto.

La prestazione sarà sufficiente per l'alimentazione dei carichi sottesi con classe di precisione 0,5.

I riduttori di corrente saranno sempre montati sulla parte fissa e non sull'interruttore. La corrente secondaria sarà normalmente 5A. La prestazione sarà commisurata agli assorbimenti dei carichi collegati. I TA per misure avranno classe di precisione 0,5; quelli per protezioni classe 10P e fattore di sicurezza non inferiore a 10. Il valore della corrente di riscaldamento dei TA sarà pari al 120% della corrente nominale primaria.

RELE' DI PROTEZIONE E STRUMENTI (CONFORMI ALLA NORMA CEI 0-16)

Quando non diversamente specificato i relè saranno di tipo estraibile montati nella cella ausiliari in modo da essere visibili dal fronte del pannello.

I relè saranno muniti di prese di prova mediante alimentazione esterna durante l'esercizio del quadro.

All'atto della estrazione o della prova sarà garantito il corto circuito automatico dei secondari dei TA e l'esclusione del circuito di scatto. I relè saranno muniti per ogni funzione di segnalatore di intervento visibile dall'esterno.

Gli strumenti saranno del tipo quadrato da incasso montati nelle celle ausiliari e visibili dal fronte del quadro. Gli indicatori saranno di dimensione 96 mm. I contatori di energia saranno montati all'interno delle celle ausiliari e saranno dotati di certificato di prova e morsetti sigillabili se di tipo fiscale.

La classe di precisione degli strumenti non sarà inferiore a 1,5.

Gli amperometri per motori avranno scala ristretta al fondo in modo da permettere la lettura della corrente nominale ad 1/3 della scala e la lettura della corrente di spunto del motore pari a 6 volte la nominale.

I valori di fondo scala dei voltmetri eccederanno di circa il 30% il valore della tensione nominale. I convertitori di misura saranno posizionati all'interno della cella ausiliari.

DISPOSITIVI DI COMANDO, SEGNALAZIONE, AUSILIARI

Eventuali dispositivi di comando e segnalazione saranno montati sulla portella della cella strumenti.

Per il comando degli interruttori sarà previsto un manipolatore a tre posizioni:

- Zero/aperto/chiuso con posizioni fisse per gli interruttori dei motori;
- Zero/aperto/chiuso con ritorno a molla per i restanti interruttori.

Le segnalazioni, i comandi e le misure per il sistema di telecomando, se richieste, dovranno essere ubicate in apposita morsettiera separata. I contatti di segnalazione per il sistema di telecomando saranno realizzati per garantirne una lettura efficace con correnti circolanti di 5mA alimentate da sistema di telecomando alla tensione di 24V.

La posizione dell'interruttore sarà segnalata da lampade come segue:

Chiuso: lampada rossa;

Aperto: lampada verde;

Estratto: lampada bianca.

Le lampade saranno sostituibili dall'interno e saranno dotate di resistenza in serie per ridurre la tensione e per consentire la continuità di servizio anche con portalampade in c.to c.to. La lampada rossa sarà collegata tramite la bobina di apertura in modo da segnalare eventuali interruzioni del circuito di apertura.

I relè ausiliari saranno del tipo estraibile, con morsetti a vite completi di custodia a tenuta di polvere e di tipo standardizzato.

Gli interruttori automatici per la protezione dei circuiti ausiliari saranno del tipo per montaggio sporgente con morsetti anteriori a vite e calotta di protezione.

Ciascun componente sarà dotato di contrassegno in accordo con quanto riportato sugli schemi.

ALIMENTAZIONE CIRCUITI AUSILIARI

Sarà prevista un'alimentazione esterna per ogni sezione di quadro facente capo ad interruttori automatici di protezione e sezionamento. A protezione dei circuiti di ogni unità funzionale sarà posto un interruttore automatico.

Tutti gli interruttori di protezione circuiti ausiliari saranno dotati di contatto concorde.

Tutti gli interruttori relativi alla stessa alimentazione avranno i contatti ausiliari collegati in serie e cablati su coppie di morsetti per la segnalazione a distanza.

ACCESSORI

I quadri saranno forniti completi di tutti gli accessori ed attrezzi necessari per l'installazione esercizio e manutenzione.

COLLAUDI

Il costruttore del quadro dovrà redigere un certificato delle prove eseguite contenente tutte le indicazioni necessarie e i risultati delle misure eseguite. I collaudi saranno eseguiti nel rispetto delle norme adottate e comprenderanno almeno quanto indicato di seguito.

Le prove di accettazione da eseguire su ciascun quadro comprenderanno quanto di seguito elencato:

- Controllo a vista della rispondenza alle prescrizioni, ai documenti tecnici contrattuali e della qualità dei materiali e della costruzione.

- Prova con tensione a frequenza industriale.

Tale prova andrà effettuata sul quadro con tutti gli interruttori e sezionatori chiusi, tra fase e fase e tra ciascuna fase e massa. La durata della prove e i valori di tensione sono quelli stabiliti dalle norme CEI.

I circuiti ausiliari e di comando saranno provati tra fase e fase e fase e massa con tensione non inferiore a 1500V.

- Prove di funzionamento meccanico per accertare il buon funzionamento dei meccanismi di apertura, chiusura ed estrazione degli interruttori e la corretta funzionalità di tutti gli interblocchi.

- Prove di funzionamento elettrico di tutti i circuiti di comando, interblocco e segnalazione.

- Prova di funzionamento dei relè di protezione, simulando le condizioni di guasto mediante iniezione delle grandezze ai morsetti secondari dei riduttori, e verifica della loro precisione.

DOCUMENTAZIONE

Il costruttore del quadro dovrà produrre i seguenti documenti:

- Disegno di insieme del quadro in pianta e prospetto, indicante tutte le dimensioni significative, i pesi, la posizione dei vari pannelli e i dettagli necessari per le opere civili di fondazione.

- Disegno del fronte di ciascun pannello tipico indicante la disposizione di tutti gli apparecchi. Su tale disegno verrà inoltre riportata una sezione mostrante la disposizione interna delle apparecchiature e dei componenti (ivi inclusi i terminali dei cavi).

- Schemi funzionali di ciascun pannello, indicanti tutti i componenti principali e ausiliari ed i dispositivi richiesti per la sicurezza e l'efficienza del servizio. Gli schemi riporteranno la numerazioni di tutti i fili e morsetti.

- Lista dei componenti di ciascuna unità funzionale con l'indicazione delle quantità, del tipo e delle caratteristiche di ciascun componente.

- Cataloghi illustrativi dei componenti.

Con la documentazione finale verranno consegnate le istruzioni di montaggio, esercizio e manutenzione per l'intero quadro e per le singole apparecchiature. Saranno infine fornite copie dei certificati di collaudo relativi alle prove effettuate e la lista delle parti di ricambio consigliate.

7.2 – TRASFORMATORI IN RESINA DA 500 kVA TR1/TR2

CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica contiene le principali regole da seguire nella progettazione, costruzione, collaudo, spedizione e montaggio dei trasformatori di potenza in resina MT/BT, del tipo a secco, raffreddati ad aria.

NORME

I trasformatori e relativi componenti dovranno essere conformi alle norme CEI in vigore alla data di appalto, ed in particolare:

- CEI EN 60076-11: 2006 (EN 60076- 11: 2004 – IEC 60076-11: 2004)
- CEI EN 50588-1: 2016 (EN 50588-1: 2015)

I trasformatori e le singole apparecchiature dovranno inoltre essere conformi alle disposizioni di legge in vigore alla data di appalto in quanto applicabili.

I trasformatori dovranno essere conformi alle norme Ecodesign EU 548/2014,

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

DATI TECNICI

- Numero:	2 (1+1R)
- Classe:	F
- Potenza nominale in servizio continuo :	500 kVA
- Fasi:	3
- Tensione primaria di esercizio:	20 kV
- Variazione del rapporto di trasformazione a vuoto (percentuale della tensione primaria) con dispositivo a scatto:	2x2,5%
- Tensione secondaria a vuoto:	400/230 V
- Frequenza:	50 Hz
- Sigla CEI del gruppo collegamenti:	Dyn 11
- Neutro:	accessibile
- Servizio:	continuo
- Terminazioni primarie:	n° 3
- Terminazioni secondarie:	n° 4

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

- Nucleo in lamierino magnetico al silicio a cristalli orientati a perdite normali, ricotti in atmosfera inerte pressati ed imbullonati con particolare cura in modo da evitare qualsiasi malformazione o allentamento.
- Avvolgimento M.T. in bobine sovrapposte, ognuna costituita da spire in nastro di alluminio o in rame interavvolto con film poliestere o polimidi, inglobato nella resina epossidica mediante procedimento sottovuoto a temperature controllate, inteso ad evitare la formazione delle bolle gassose.
- Avvolgimenti B.T. costituiti da un'unica bobina ottenuta da più spire di alluminio interavvolta con fogli isolanti in poliestere trattati con resine.
- Regolazione del rapporto di trasformazione ottenuta mediante morsettiere lungo ciascuna colonna M.T. e manovrabili a macchina disinserita.
- Terminazioni primarie complete di giunto per cavi unipolari M.T.
- Terminazioni secondarie raggruppate in alto se è previsto il collegamento con condotto sbarre.
- Golfari di sollevamento montati sulla parte superiore del trasformatore.
- Ruote per lo spostamento del trasformatore.
- Morsetti di terra applicati alla base di appoggio su due lati opposti e corredati di bulloni e dadi in acciaio inossidabile.
- Cassetta di contenimento degli ausiliari grado di protezione IP-44 minimo, disposta in modo da essere facilmente accessibile all'interno della cella di contenimento del trasformatore senza dover rimuovere o spostare né il trasformatore né i collegamenti di potenza primari e secondari.
- La cassetta ausiliari sarà predisposta anche per il collegamento del microinterruttore montato sulla porta di accesso alla cella e di un pulsante di emergenza montato fuori cella.

ACCESSORI

I trasformatori saranno dotati dei seguenti accessori:

- Sonde di temperatura resistive PT-100 per ogni colonna, cablate fino alla morsettiera della cassetta di connessione degli ausiliari.
- Centralina elettronica di controllo di ciascuna sonda con due contatti distinti di allarme e blocco, da installare sul fronte del quadro MT.
- Targhe indicatrici conformi alle prescrizioni CEI e targa con la sigla del trasformatore disposte in modo da essere facilmente leggibili all'esterno della cella che contiene il trasformatore.

DOCUMENTAZIONE DA FORNIRE

Il costruttore dovrà consegnare la seguente documentazione:

- Manuali di installazione e manutenzione
- Disegni d'assieme e d'installazione
- Schema funzionale della cassetta ausiliaria e della centralina termometrica.
- Certificati relativi alle prove di tipo eseguite sui prototipi e dichiarazione di conformità delle apparecchiature fornite con i prototipi.
- Certificati di collaudo.

COLLAUDI

Collaudo da effettuarsi nello stabilimento di produzione e consiste nelle prove di accettazione previste dalle norme CEI :

- verifica della polarità e del gruppo di connessione;
- verifica del rapporto di trasformazione;
- prove di tensione a frequenza industriale;
- prove di tensione sui circuiti ausiliari;
- misura delle perdite;
- misura della corrente assorbita a vuoto a tensione nominale;
- misura della tensione di corto circuito a corrente nominale;
- misura della resistenza di isolamento;
- verifica dei cablaggi ausiliari.

7.3 – QUADRO DI BASSA TENSIONE Q-BT

CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica contiene le principali regole da seguire nella progettazione, costruzione, collaudo, spedizione e montaggio dei quadri elettrici tipo Power Center (QE-BT). I quadri oggetto della presente specifica si intendono esclusivamente del tipo **AS**, secondo CEI EN 61439-1/2 (17-113), completi di certificato delle prove di tipo e di sovratemperatura.

NORME

I quadri e relativi componenti dovranno essere conformi alle norme CEI in vigore, in particolare CEI EN 61439-1/2, per il quadro, e CEI 17-5 e IEC 157-1 per gli interruttori.

DATI NOMINALI

I quadri di bassa tensione dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale:	690 V
Tensione di esercizio:	400V + 10%
Corrente nominale:	800 A
Frequenza nominale:	50 Hz
Grado di protezione esterno quadro:	IP-30
Grado di protezione interno quadro:	IP-20
Tensione ausiliaria:	110V +10% - 15%
Stato del neutro:	direttamente a terra.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Il quadro sarà di tipo preassemblato, per installazione da interno, e risulterà formato dall'assemblaggio di colonne modulari.

Ciascuna colonna, suddivisa in celle completamente segregate metallicamente tra di loro, sarà realizzata con profilati in lamiera d'acciaio, zincata e passivata, piegata a scatola con spessore di almeno 2 mm, e con foratura modulare.

Le singole colonne saranno suddivise nelle seguenti zone, tra di loro integralmente e metallicamente segregate:

- celle interruttori;
- celle alimentazioni principali o arrivo linea dai trasformatori di potenza;
- cella sbarre omnibus;
- cella sbarre collettrici;
- cella potenza cavi;
- cella circuiti comando misure e segnalazioni.

ciascuna colonna dovrà essere opportunamente asolata sul fondo per permettere il fissaggio a pavimento sugli appositi ferri di fondazione.

Il grado di segregazione dovrà corrispondere alla forma 3b delle CEI EN 61439-1/2.

CELLE INTERRUTTORI

Le celle interruttori dovranno essere poste sulla parte frontale del quadro. Ciascuna cella dovrà contenere nel suo interno:

- l'interruttore sezionabile;
- le guide di scorrimento per l'estrazione dell'interruttore;
- gli attacchi fissi dell'interruttore;
- gli interruttori o le apposite protezioni in modo da garantire all'operatore il grado di protezione IP-20 verso le parti in tensione quando è aperta la portella ed è estratto l'interruttore;
- i rinvii per le segnalazioni elettriche dell'interruttore.

Sulle fiancate laterali delle unità dovranno essere previsti dei camini di aerazione per il raffreddamento delle parti attive. I camini di aerazione dovranno sfogare l'aria calda sul tetto dell'unità e dovranno essere alimentati da feritoie sulla parte bassa delle portelle delle celle interruttori. Dovrà comunque essere garantita la compartimentazione delle celle interruttori per evitare che eventuale sviluppo di aria ionizzata all'interno di una cella interruttore vada ad interessare altre parti in tensione.

Il collegamento degli interruttori alle sbarre deve essere realizzato in modo che, in posizione di aperto, la parte mobile dell'interruttore sia fuori tensione.

CELLA ARRIVO LINEA

La cella arrivo linea dovrà essere accessibile dal fronte dell'unità mediante la rimozione di una lamiera imbullonata.

Nell'interno della cella dovrà essere installato un sistema di sbarre in piatto di rame, disposto verticalmente e derivato direttamente dagli attacchi d'ingresso fissi dell'interruttore d'arrivo linea.

Le sbarre in oggetto dovranno essere rivestite con guaine calzate termoresistenti.

All'interno della cella in cui sono poste le sbarre dovrà essere assicurata un'adeguata aerazione, pur rispettando le esigenze di compartimentazione.

VANO SBARRE OMNIBUS

Le sbarre omnibus principali dovranno essere poste in un vano completamente segregato rispetto le celle limitrofe e dovranno essere costruite in rame elettrolitico.

Le sbarre dovranno essere ancorate e sostenute mediante l'impiego di setti reggisbarre in materiale isolante stampato (resina poliestere preimpregnata con fibra di vetro) ad elevate caratteristiche meccaniche di resistenza alla fiamma, che assicurino una perfetta tenuta agli sforzi elettrodinamici che potrebbero derivare dalle correnti di corto circuito dell'impianto per 1 secondo. Tali setti saranno pure previsti, sulle derivazioni degli interruttori, sia in entrata che in uscita.

All'interno del vano in cui sono poste le sbarre, dovrà essere assicurata una adeguata areazione pur rispettando le esigenze di compartimentazione dell'unità.

CELLA SBARRE COLLETRICI E SBARRE DERIVATE

La cella sbarre collettrici e sbarre derivate, formate da un sistema in piatto di rame quadripolare, dovrà essere posta all'interno dell'unità e dovrà essere resa accessibile dal retro mediante la rimozione di lamiere utilizzando adatti attrezzi.

Le sbarre collettrici dovranno correre verticalmente lungo tutta l'altezza dell'unità.

Le sbarre collettrici dovranno essere costruite in rame elettrolitico e dovranno essere proporzionate per le correnti specificate in precedenza.

Alle sbarre collettrici dovranno essere collegate le sbarre derivate che andranno ad attestarsi agli attacchi posteriori fissi d'ingresso degli interruttori di utenza.

Le sbarre dovranno essere sostenute ed ancorate da setti reggisbarre, in materiale isolante (con le stesse caratteristiche precisate in precedenza).

Il cubicolo entro cui sono poste le sbarre collettrici e le sbarre derivate dovrà essere provvisto di feritoie di ventilazione atte a sfogare l'aria calda, pur rispettando le esigenze di compartimentazione.

CELLE PARTENZE

Le celle partenze cavi dovranno essere ubicate nella parte frontale dell'unità.

Ciascuna cella partenze dovrà essere segregata e separata dalle altre celle limitrofe. Sarà possibile accedere a ciascuna di esse con tutto il resto del quadro in tensione (grado di protezione IP20 a lamiere posteriori del quadro rimosse); le lamiere posteriori dovranno poter essere asportate soltanto a mezzo di un attrezzo.

Adatte feritoie dovranno assicurare un'adeguata areazione pur rispettando le esigenze di compartimentazione.

All'interno di ciascuna cella dovranno essere contenute le sbarre di uscita proporzionate per la corrente nominale dell'interruttore e derivate dagli attacchi fissi di uscita degli interruttori, a cui andranno attestati i cavi in partenza.

L'uscita dei cavi di partenza dovrà essere possibile dal basso.

All'interno delle celle partenze dovranno essere contenuti anche gli eventuali trasformatori di misura.

CELLE STRUMENTAZIONI

Le celle strumentazioni, accessibili dal fronte del quadro, dovranno essere poste di fianco o sopra ciascuna cella interruttore.

All'interno delle celle dovranno essere installati:

- gli strumenti di misura di corrente e di tensione;
- i commutatori amperometrici e voltmetrici;
- i convertitori di misura;
- i relè ausiliari per comandi, segnalazioni e allarmi;
- le morsettiere per circuiti ausiliari e relativi connettori con parte fissa e mobile.

Dovranno essere previste le seguenti misure:

- misura delle tensioni concatenate a monte di ciascun arrivo (a mezzo TV, voltmetro digitale e commutatore a 3+1 posizioni);
- misura delle tensioni concatenate su ciascun segmento delle sbarre omnibus;
- misura delle correnti di fase a mezzo 3 TA e 1 amperometro digitale a tre visori, con commutatore amperometrico su tutti gli interruttori.
- misura dell'energia assorbita su ciascun arrivo mediante contatori con emettitori di impulsi collegati a 3 TA e i TV del primo punto.

L'accesso alla cella controlli potrà essere permesso per mezzo di una portella incernierata e munita di serratura a chiave.

All'interno di ciascuna cella controlli dovranno essere previsti gli interruttori automatici magnetotermici bipolari per la protezione dei circuiti ausiliari dell'interruttore di potenza.

Dovrà essere consentita la possibilità di operare sui circuiti ausiliari pur lasciando l'utenza in servizio.

I conduttori dei pulsanti, lampade, strumenti, etc., dovranno essere connessi alla morsettiera principale per mezzo di connettori d'innesto (Faston).

INTERRUTTORI: CARATTERISTICHE GENERALI

Gli interruttori saranno in esecuzione fissa.

Gli interruttori di uguali caratteristiche e portata dovranno risultare tra loro intercambiabili.

TIPOLOGIA DEGLI INTERRUTTORI

Gli interruttori dovranno avere caratteristiche idonee all'alimentazione delle utenze ad essi connesse ed in particolare dovranno essere tetrapolari, selettivi, sezionabili su carrello con le seguenti caratteristiche generali:

Tensione nominale: 690V.

Corrente nominale a 40°C: vedi schemi.

Potere di interruzione nominale di servizio: vedi schemi.

CONNESSIONE A TERRA

La sbarra di terra del quadro dovrà collegare l'intera struttura e dovrà essere imbullonata alla intelaiatura di ciascun gruppo di unità.

La sbarra in oggetto dovrà essere termicamente e meccanicamente proporzionata per la corrente di breve durata e di cresta specificate in precedenza. La sezione minima di detta sbarra non dovrà essere comunque inferiore a 250 mm².

Per le giunzioni, le derivazioni e gli ancoraggi alle strutture metalliche della sbarra di terra, si dovranno impiegare non meno di due bulloni.

Su ciascuna estremità della sbarra di terra, si dovranno prevedere morsetti adatti al collegamento con le corde in rame previste per la connessione alla sbarra di terra di cabina.

TRASFORMATORI DI MISURA

Le polarità dei morsetti degli avvolgimenti primari e secondari saranno chiaramente contraddistinte.

Tutti i trasformatori dovranno avere un morsetto del secondario collegato a terra. Detta messa a terra di funzionamento dovrà essere realizzata con conduttore di sezione pari sempre a quello delle utenze del secondario del riduttore.

I riduttori dovranno avere prestazioni e classe di precisione adeguata alle esigenze di impiego. I TA, in particolare, dovranno essere proporzionati per la corrente di breve durata e di cresta specificate per il quadro.

I circuiti secondari dei TA dovranno essere cablati con morsetti amperometrici cortocircuitabili (accessibili a quadro in tensione). I circuiti secondari dei TV dovranno essere cablati con morsetti voltmetrici sezionabili (accessibili a quadro in tensione).

Tutti i morsetti dovranno essere numerati, con riferimento alla utenza misurata ed idonei alla inserzione di strumenti di controllo.

CAVETTERIA E CIRCUITI AUSILIARI

Tutti i circuiti dovranno essere realizzati con conduttori flessibili di sezione non inferiore a 2,5 mm².

L'isolamento dei conduttori dovrà essere eseguito con materiale termoplastico con grado di isolamento non inferiore a 3kV e di tipo non propagante l'incendio secondo norme CEI 20-22.

I conduttori dei circuiti ausiliari, in corrispondenza delle apparecchiature a cui si collegano, dovranno essere contrassegnati in numeri riportanti il numero del filo indicato sullo schema funzionale; in corrispondenza delle morsettiere, oltre a quanto sopra e dal lato del morsetto, saranno aggiunti i numeri del morsetto a cui i conduttori si collegano.

Ciascuna parte terminale dei conduttori dovrà essere provvista di adatti terminalini opportunamente isolati.

Tutti i conduttori dei circuiti ausiliari relativi all'apparecchiatura contenuta nei quadri, dovranno essere attestati a morsettiere con attacco Faston lato quadro, componibili e numerate. Il supporto isolante dei morsetti sarà in materiale incombustibile e non igroscopico. Il serraggio dei terminali nel morsetto sarà di tipo antivibrante.

I morsetti di consegna saranno del tipo per montaggio indipendente su profilati di sostegno 32 UNEL 06133. I morsetti di consegna per il riporto a distanza dei circuiti amperometrici, dovranno essere del tipo cortocircuitabile, muniti di attacchi per inserzione provvisoria di strumenti. I morsetti di consegna per il riporto a distanza dei circuiti voltmetrici saranno di tipo sezionabile, muniti di attacchi per derivazioni provvisorie di strumenti.

I cablaggi dei circuiti ausiliari all'interno della cella controlli e sulla relativa portella dovranno correre entro canaline in plastica munite di coperchio facilmente asportabile. Il cablaggio dei circuiti ausiliari, che corre entro gli scomparti dei circuiti principali, dovrà essere segregato da questi mediante opportune separazioni metalliche. Alle morsettiere dovranno essere inoltre riportati i contatti ausiliari liberi degli interruttori, dei contatti di cella, dei relè di protezione e i punti di connessione per comando a distanza degli interruttori telecomandabili.

L'ingresso dei cavi per le connessioni esterne dei circuiti ausiliari è previsto dall'alto del quadro e, a tale scopo, sulla parte alta di ciascuna colonna, dovrà essere prevista un'asola di opportune dimensioni.

APPARECCHIATURE AUSILIARIE

L'alimentazione di tutti i circuiti ausiliari sarà fornita da una stazione di energia alla tensione di 110Vac e/o 24 V_{CC}.

Tutti gli interruttori dei circuiti ausiliari dovranno essere provvisti di contatti liberi riportati alla morsettiera per la segnalazione a distanza di interruttore aperto e chiuso.

MATERIALI ISOLANTI

Tutti i materiali isolanti impiegati nella costruzione del quadro, dovranno essere ininfiammabili o di tipo autoestinguento (Norme ASTM D229 metodo 1). I materiali isolanti dovranno essere scelti con particolare riguardo alle caratteristiche di resistenza alla scarica superficiale ed alla traccia, e di non igroscopicità.

In particolare, i materiali isolanti in vetro poliestere dovranno essere rispondenti alle caratteristiche analoghe al tipo GP03C secondo norme NEMA.

VERNICIATURA

Tutta la struttura metallica degli scomparti dovrà essere opportunamente trattata e verniciata, in modo da offrire un'ottima resistenza all'usura, secondo il seguente ciclo:

sgrassatura;

decappaggio;

bonderizzazione/zincatura elettrolitica;

passivazione;

essiccazione;

verniciatura a polvere epossidica polimerizzata a forno.

L'aspetto delle superfici dovrà essere semilucido, satinato, con colorazione finale RAL 7030. Lo spessore minimo della finitura dovrà essere di 50 micron.

Le superfici verniciate dovranno superare la prova di aderenza secondo le norme DIN 53151.

TARGHE

I quadri porteranno sulla parte superiore del fronte la dicitura di denominazione, con targhe di altezza non inferiore a 50 mm in conformità all'art. 5 della CEI 17-13; la targa dovrà indicare oltre a quanto riportato nei punti a) e b) dell'articolo 5.1 anche le informazioni richieste dal punto c) al punto q).

PROVE DI TIPO E DI ACCETTAZIONE

Saranno eseguite presso l'officina del Costruttore le seguenti prove:

- controllo a vista del complesso e delle singole parti;
- prove di funzionamento dei comandi elettrici degli interruttori, con tensioni di alimentazione ai limiti delle tolleranze ammesse;
- prove di tensione a frequenza industriale sui circuiti di potenza ed ausiliari;

Dovranno essere consegnati i seguenti certificati di prova di tipo rilasciati da un laboratorio ufficiale:

- prove di riscaldamento per la corrente nominale del quadro

- prova di tenuta al corto circuito (corrente di breve durata per 1 sec.)
- prova di tenuta alla corrente di breve durata e di cresta.

DOCUMENTAZIONE

Dovranno essere emessi i seguenti elaborati (in senso indicativo, ma non limitativo):

disegno di insieme del quadro in pianta e prospetto indicante tutte le dimensioni significative, i pesi, la posizione delle varie unità e i dettagli necessari per realizzare le opere civili di fondazione.

Disegno del fronte indicante la disposizione delle varie unità, gli apparecchi di comando, segnalazione, misura ecc.

Schemi funzionali di ciascuna unità riportanti tutti i componenti.

Schemi unifilari di potenza completi di dati caratteristici del quadro (tensione, frequenza, correnti nominali sbarre, corrente di c.to c.to, dimensioni sbarre), tipo e caratteristiche apparecchiature con indicazione delle tarature e dei cavi utilizzati per il cablaggio.

Certificato relativo alle prove di sovratemperatura.

Dichiarazione di conformità del quadro.

Con la documentazione finale il costruttore invierà le istruzioni di montaggio esercizio e manutenzione per i singoli dispositivi e per il quadro oltre ai certificati delle prove e all'elenco delle parti di ricambio.

^^^^ Costruttore carpenterie: SIEMENS, ABB o similare.

^^^^ Costruttore interruttori e apparecchiature di comando: SIEMENS, ABB o similare.

7.4 – QUADRI DI PROCESSO Q-GENP E Q-PTS

GENERALITA'

La presente specifica tecnica si applica alla fornitura di apparecchiature assiegate di protezione e di manovra per bassa tensione (BT), definendo i requisiti fondamentali per il progetto, la costruzione ed il collaudo in fabbrica, per quadri elettrici destinati al comando e controllo dei motori.

I quadri dovranno essere completi e pronti al funzionamento. Dovranno essere forniti:

- piastra di base per fissaggio a pavimento e tasselli ad espansione compresi;
- lamiera di chiusura laterali e per chiusura passaggio cavi;
- attacchi per collegamento e cavi di potenza compresi;
- morsettiera per collegamento cavi ausiliari esterni compresa.

NORME DI RIFERIMENTO

I quadri e le apparecchiature della fornitura dovranno essere progettati, costruiti e collaudati in conformità alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), in vigore ed in particolare le seguenti:

Norma CEI EN 60439-1 (CEI 17-13)

Dovranno, inoltre, essere conformi alle leggi ed ai regolamenti vigenti, riguardanti la prevenzione degli infortuni.

In particolare, la costruzione del quadro deve soddisfare quanto richiesto dalle seguenti leggi:

D.M. 37/08

Dlgs n.81 del 09.04.2008

I quadri dovranno soddisfare le specifiche tecniche stabilite dalle direttive comunitarie per la marcatura CE.

DATI TECNICI DI RIFERIMENTO Q-GENP

- | | |
|--|----------------|
| - tensione d'esercizio | 400 V |
| - tensione di isolamento del quadro | 690 V |
| - frequenza | 50 Hz |
| - stato del neutro e delle masse | (sistema TN-S) |
| - corrente nominale sbarre | (vedi schemi) |
| - corrente di breve durata per 1 s | 50 kA |
| - potere di interruzione degli interruttori: | (vedi schemi) |
| - tensione circuiti ausiliari: | |
| - segnalazioni | 110 Vca |
| - comandi, relè di protezione e aux. | 110 Vca |

- forma di segregazione **tipo 2**
- grado di protezione IP55 **IP55**

DATI TECNICI DI RIFERIMENTO Q-PTS

- tensione d'esercizio 400 V
- tensione di isolamento del quadro 690 V
- frequenza 50 Hz
- stato del neutro e delle masse (sistema TN-S)
- corrente nominale sbarre (vedi schemi)
- corrente di breve durata per 1 s 50 kA
- potere di interruzione degli interruttori: ≥ 25 kA a 400 V
- tensione circuiti ausiliari:
 - segnalazioni 110 Vca
 - comandi, relè di protezione e aux. 110 Vca
- forma di segregazione **tipo 2**
- accessibilità dal fronte
- grado di protezione IP55 **IP55**

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

CARATTERISTICHE GENERALI

I quadri saranno di tipo chiuso, protetti contro l'ingresso della polvere e dei corpi estranei, con i seguenti gradi di protezione meccanica:

IP- 55, installato all'interno dei locali tecnici.

Le portelle saranno munite di guarnizioni di materiale antiinvecchiante e resistente alla corrosione.

Il quadro sarà del tipo prefabbricato, costituito da un insieme di colonne modulari, autoportanti, in profilato e lamiera d'acciaio. Ciascuna colonna sarà suddivisa in cubicoli completamente segregati tra loro. Le varie colonne saranno accoppiate mediante bulloni.

Il quadro avrà accessibilità unicamente dal fronte, per installazione contro parete e dovrà essere facilmente ampliabile alle due estremità.

Lo spessore delle lamiere non sarà inferiore a 2 mm ad eccezione delle portelle e dei setti separatori interni che comunque non saranno inferiori a 1,5 mm.

Il quadro dovrà essere previsto per fissaggio a pavimento, provvisto di aperture in basso per consentire l'ingresso e l'uscita dei cavi, di telaio di base e golfari di sollevamento.

REQUISITI DI SICUREZZA ED INTERBLOCCHI

Tutte le normali operazioni di esercizio saranno eseguibili dall'esterno.

Non dovrà essere possibile l'apertura delle porte con l'interruttore in posizione di chiuso; solo personale qualificato, con l'ausilio di specifici dispositivi, potrà aggirare l'interblocco.

Tutte le porte saranno messe a terra con connessione in treccia di rame flessibile.

Quando sia prevista una specifica sequenza di manovre per la messa in/fuori servizio delle varie unità funzionali, le istruzioni relative, verranno indicate su apposita targa fissata con viti.

TRATTAMENTO E VERNICIATURA.

Tutte le parti metalliche dovranno essere opportunamente trattate per prevenire la corrosione e il decadimento della verniciatura. Il trattamento consiste in:

Sgrassatura

Decappaggio

Zincatura elettrolitica

Passivazione

Essiccazione

Verniciatura a polvere epossidica polimerizzata a forno

L'aspetto delle superfici dovrà essere semilucido, satinato

Lo spessore minimo della finitura dovrà essere di 50 micron.

Il colore finale sarà GRIGIO RAL 7030.

Cerniere, viteria e bulloneria saranno in acciaio inox o cadmiato. Le parti metalliche mobili e soggette ad attrito saranno protette con grasso antiruggine.

MATERIALI ISOLANTI

Tutti i materiali isolanti, in particolare i setti delle reggisbarre, dovranno essere del tipo ad elevate caratteristiche meccaniche di resistenza alla fiamma, che assicurino una perfetta tenuta agli sforzi elettrodinamici.

TARGHE

Per ogni quadro dovrà essere prevista una targa da fissare in alto al centro, recante il contrassegno del quadro.

Per ogni cassetto dovrà essere prevista una targhetta con incisione del servizio cui è preposto.

Le targhe saranno in laminato plastico con caratteri bianchi su fondo nero e saranno fissate con viti e non con adesivi.

Dovranno essere infine previste le targhe monitorie indicanti pericoli ed i valori di tensione presenti nel quadro e la targa indicante il marchio, il nome del costruttore, il tipo e il numero di serie o altro mezzo di identificazione del quadro, come richiesto dalla Direttiva Macchine.

ACCESSORI

Per ogni quadro dovrà essere fornito un tappetino in materiale plastico isolante, avente larghezza 1 metro e lunghezza pari alla lunghezza del quadro, da posare sul pavimento per la sicurezza degli operatori.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI

SBARRE

Le sbarre principali e quelle di derivazione devono essere dimensionate in base alle norme DIN 43671, con riferimento alla temperatura ambiente di 35°C, ed una temperatura alle sbarre massima di 70°C alla corrente nominale delle sbarre.

La sbarra di neutro quando è prevista, sarà distinta dalla sbarra di terra, dimensionata per la corrente indicata e comunque non inferiore al 50% della portata nominale delle sbarre di fase. Le sbarre saranno realizzate in rame elettrolitico nudo a spigoli arrotondati e a sezione costante.

Le giunzioni e le derivazioni saranno realizzate con bulloni passanti muniti di rondelle elastiche.

Le sbarre principali Omnibus saranno dimensionate per la corrente nominale dell'intero quadro e comunque per un valore non inferiore a 600A.

Le sbarre verticali o derivate saranno dimensionate per una corrente nominale di impiego pari alla somma delle correnti nominali di impiego delle utenze alimentate, nelle condizioni di installazione specificate, con coefficiente di contemporaneità uguale a 1 e comunque per un valore non inferiore a 300A.

IMPIANTO DI TERRA DEL QUADRO

Sarà prevista una sbarra continua di terra di sezione minima 250 mm² in rame per tutta la lunghezza del quadro e per tutta l'altezza delle colonne verticali.

Alle due estremità la sbarra orizzontale sarà predisposta per il collegamento all'impianto di terra con corde da 95 mm².

Le sbarre verticali saranno predisposte per il collegamento del conduttore di protezione e schermo dei cavi.

ALIMENTAZIONE E DISPOSIZIONE DEL QUADRO

I quadri saranno sempre forniti di scomparti segregati atti a ricevere i cavi o i condotti sbarre di alimentazione. Tali scomparti saranno di dimensioni tali da consentire l'agevole collegamento e scollegamento delle alimentazioni.

L'arrivo dei cavi di alimentazione e l'uscita verso le utenze sarà dal basso.

Per consentire l'ingresso dei cavi al quadro, questo dovrà essere posato o su cunicolo in cls ricavato nel pavimento, oppure installato su passerella in vetroresina con pedana di accesso e sovrastante grigliato sempre in vetroresina, in modo da ricavare un vano per il passaggio cavi di almeno 250 mm di altezza. L'alimentazione potrà avvenire come di seguito specificato:

- Mediante interruttore di grandezza tale da non richiedere un aumento di dimensioni della colonna; in tal caso si potrà utilizzare una parte di colonna verticale contenente tutti gli elementi di misura e protezione nel rispetto delle segregazioni già indicate.
- Mediante un interruttore di dimensioni tali da richiedere un aumento delle dimensioni della colonna. In tal caso si utilizzerà una colonna di dimensioni non standard.
- Mediante due scomparti di arrivo ed uno scomparto congiuntore. Gli scomparti saranno realizzati secondo quanto previsto ai punti precedenti ad eccezione della disposizione di testa.

VANO CAVI

A fianco di ogni colonna deve essere previsto un vano risalita cavi, segregato dalla zona sbarre, provvisto di portella apribile solo con attrezzo opportuno.

Il vano cavi non dovrà presentare spigoli vivi o punti che possano danneggiare i cavi durante l'infilaggio.

Dovranno essere previsti opportuni profilati per il fissaggio dei cavi in modo che non si eserciti alcuno sforzo di trazione sui morsetti.

CIRCUITI DI POTENZA

Le connessioni tra le sbarre verticali e le apparecchiature vanno realizzate normalmente con sbarre di rame, le connessioni con cavi isolati sono accettate solo con interruttori aventi correnti nominali minori o uguali a 100A.

Le connessioni interne saranno dimensionate per la portata dell'interruttore di protezione, comunque la sezione minima sarà di 4 mm², dovranno resistere alle sollecitazioni termiche e dinamiche derivanti dal c.to c.to, e per le unità alimentazioni motori, dovranno superare una corrente di spunto pari a 6 volte la corrente nominale del contattore per 20 sec.

CIRCUITI AUSILIARI

La protezione mediante fusibili è accettata sul primario qualora, per l'elevato potere di interruzione richiesto, non possano essere utilizzati interruttori. Un polo del secondario di ciascun trasformatore dovrà essere messo a terra. I trasformatori di cui sopra saranno alloggiati in apposito scomparto dedicato.

I circuiti relativi alle singole unità funzionali dovranno essere singolarmente protetti mediante interruttori automatici.

I circuiti ausiliari saranno realizzati mediante conduttori flessibili di rame isolati in materiale termoplastico rispondente alle norme CEI 20-22.

La sezione minima dovrà essere di 1,5 mm² in generale e 2,5 mm² per i circuiti amperometrici. Ciascun conduttore sarà identificabile alle due estremità mediante anelli di plastica riportante la numerazione indicata sugli schemi funzionali.

I conduttori ausiliari saranno alloggiati in canaline dimensionate per consentire aggiunte future di almeno il 50%.

Quando siano previsti collegamenti tra unità diverse sarà prevista una canalina nella parte superiore del quadro.

I circuiti faranno capo a morsettiere del tipo ad elementi componibili fissate su profilato. I conduttori saranno muniti di capi corda o puntalini rigidi. Ciascuna morsettiera sarà munita di targhetta riportante la dicitura degli schemi. I morsetti saranno di materiale incombustibile e non igroscopico, contrassegnati in uniformità con gli schemi.

Per ogni conduttore sarà previsto generalmente un singolo morsetto; le morsettiere avranno un numero di morsetti non inferiori al 130% di quelli occupati.

LOGICHE DI LIVELLO ZERO

Qualora sussistano particolari esigenze di spazio e/o funzionali, potrà essere inserito uno scomparto aggiuntivo dedicato alle logiche ausiliarie di livello 0 (per esempio per gli interblocchi di sicurezza, alimentazione di elettrovalvole, strumenti, ecc.).

Lo scomparto dovrà essere accessibile dal fronte, sarà munito di portella.

Gli interruttori di sezionamento dell'alimentazione e ausiliari dovranno essere ubicati all'interno del comparto.

Sul fronte risulteranno accessibili tutti i comandi, segnalazioni e strumenti eventuali richiesti.

CARATTERISTICHE DELLE PARTENZE TIPICHE

I quadri potranno essere composti dalle seguenti partenze tipiche.

- Unità alimentazione motori.
- Unità alimentazione carichi vari.

Le unità di alimentazione motori dovranno essere realizzate con le seguenti apparecchiature:

- Interruttore automatico con protezione magnetica, contattore, relè termico (per potenze di targa ≤ 30 kW)
- Interruttore automatico, contattore di by-pass, soft-start (per potenze di targa > 30 kW)
- Interruttore automatico, contattore di by-pass, inverter (quando richiesto dal processo per esigenze di regolazione e controllo).

Le unità di alimentazione carichi vari dovranno essere realizzate con interruttore automatico con protezione magneto/termica.

Unità alimentazione motori

Sarà costituita da:

Interruttore

Contattore/i.

Relè termico.

Trasformatore monofase per alimentazione circuiti ausiliari (se da prevedere).

L'unità ospiterà le apparecchiature sotto indicate:

Interruttore automatico di protezione e sezionamento circuiti ausiliari.

Selettore a chiave per Aut. /0/ Man..

Lampade di segnalazione (tipo a led) con relativo pulsante di prova.

Unità di protezione motore (se da prevedere).

Relè ausiliari, (i contatti dei relè ausiliari per le segnalazioni al telecomando saranno generalmente alimentati a 24 V c.c.)

Morsettiere.

Per il telecomando dal sistema di controllo a PLC verranno cablati i seguenti contatti

- Stato selettore loc/dist.
- Cumulativo di tutte le cause di indisponibilità (mancanza ausiliari, interruttore di potenza aperto, selettore non in automatico).

- Cumulativo di tutte le protezioni elettriche intervenute (scatti interruttori di potenza e ausiliari, intervento termico)
- Stato di marcia/arresto.
- Comando di marcia/arresto.

Unità alimentazione carichi vari

L'unità sarà costituita da:

Interruttore automatico con protezione magneto/termica

CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE

INTERRUTTORI

Tutti gli interruttori saranno del tipo fisso.

Gli interruttori dovranno avere un potere di interruzione nominale di servizio (I_{cs}) non inferiore al valore della corrente efficace simmetrica di c.to c.to specificata; potere di chiusura non inferiore al valore di picco della corrente di c.to c.to e corrente di breve durata non inferiore al valore della corrente simmetrica di c.to c.to.

Gli interruttori aventi le stesse caratteristiche saranno intercambiabili tra loro.

Il fornitore dovrà sempre indicare la corrente nominale e la portata effettiva all'interno del quadro nelle condizioni di installazione specificate.

RELE' TERMICI

Gli elementi termici saranno tripolari/quatripolari del tipo compensato nel campo tra -10 °C e $+50\text{ °C}$. Il riarmo sarà manuale con pulsante operabile dall'interno della portella. I relè saranno alimentati direttamente o tramite TA a seconda delle caratteristiche richieste come segue:

- per motori ad avviamento normale, un tempo di 3-4 sec. sulla curva a caldo in corrispondenza di 5 volte la corrente di taratura;
- per motori ad avviamento pesante, un tempo di 6-8 sec. sulla curva a caldo in corrispondenza di 5 volte la corrente di taratura e contemporaneamente sulla curva a freddo in corrispondenza di 6 volte la corrente di taratura.

I relè termici dovranno essere in grado di resistere alle sollecitazioni dinamiche e termiche in funzione della taratura dell'interruttore automatico. Il campo di taratura sarà scelto in modo da situare la corrente nominale del motore all'interno ed in vicinanza del limite superiore del campo stesso.

CONTATTORI

Saranno del tipo in aria in esecuzione compatta e montati in maniera da essere insensibili ad urti e vibrazioni.

I contattori dovranno essere adatti per servizio continuo in categoria AC 3 e per un numero di manovre orarie non inferiore a 150.

La corrente nominale di impiego (I_e) in categoria AC 3 non dovrà essere inferiore al 130% della corrente nominale del motore.

Il contattore dovrà essere coordinato con l'interruttore di protezione e il relè termico in modo tale che, sotto corrente di guasto, sino al valore specificato di c.to c.to, siano evitati al contattore danni permanenti e irreparabili (coordinamento "Tipo 2" norme CEI EN 60947-4-1).

Ciascun contattore dovrà avere sempre almeno 2 contatti ausiliari (1 N.A. + 1 N.C.).

AVVIATORI SOFT-START

Tutti gli avviatori graduali, previsti per limitare le sovrapressioni nelle condotte all'avvio e all'arresto dei motori delle pompe ed al fine di limitare i picchi della corrente di spunto dei motori in genere, dovranno essere dotati dei requisiti di seguito riportati:

- controllo elettronico in grado di accelerare il motore ed il suo carico in modo graduale senza salti di coppia;
- funzione di controllo della rampa di arresto,
- contatto per comando di un contattore di by-pass,
- possibilità di controllo di marcia arresto tramite PLC,
- possibilità di protezione termica elettronica incorporata,
- leds di indicazione: pronto, marcia, fine rampa, risparmio energetico attivo, guasto.

CIRCUITI DI COMANDO

La tensione di comando potrà subire variazioni del +/- 10%, pertanto tutte le apparecchiature dovranno essere previste per funzionare normalmente con tali variazioni di tensione.

I relè ausiliari saranno del tipo estraibile su zoccolo, con morsetti a vite, completi di custodia di tipo standardizzato. Essi devono avere almeno 1 contatto NA e 1 contatto NC di scorta.

Gli interruttori automatici per la protezione dei circuiti ausiliari saranno del tipo per montaggio sporgente con morsetti anteriori a vite e calotta di protezione.

I fusibili saranno a tappo, estraibili sotto tensione con parti in tensione protette contro i contatti accidentali.

Ciascun componente sarà provvisto di targhetta di identificazione in accordo con quanto previsto sugli schemi.

ACCESSORI

Il quadro verrà fornito completo di tutti gli accessori necessari per l'installazione, l'esercizio, la manutenzione.

DOCUMENTAZIONE

I disegni e gli schemi devono contenere tutte le informazioni atte a rendere esauriente il funzionamento e le modalità costruttive dei quadri.

Devono essere emessi i seguenti elaborati (in senso indicativo, ma non limitativo):

- Disegno di insieme del quadro in pianta e prospetto indicante tutte le dimensioni significative, i pesi, la posizione delle varie unità e i dettagli necessari per realizzare le opere civili di fondazione.
- Schemi funzionali di ciascuna unità riportanti tutti i componenti. Gli schemi riporteranno la numerazione di tutti i fili e di tutti i morsetti e la legenda delle sigle di identificazione dei componenti.

- Schemi unifilari di potenza completi di dati caratteristici del quadro (tensione, frequenza, correnti nominali sbarre, corrente di c.to c.to, dimensioni sbarre), tipo e caratteristiche apparecchiature con indicazione delle tarature e dei cavi utilizzati per il cablaggio.
- Certificato di collaudo.
- Dichiarazione di conformità del quadro.
- Lista dei componenti con indicate le quantità, il tipo e le caratteristiche di ciascuno.
- Bollettini e cataloghi illustrativi dei componenti indicanti le caratteristiche tecniche dei componenti quali curve di intervento delle protezioni, dati tecnici degli interruttori ecc.

Con la documentazione finale il fornitore invierà le istruzioni di montaggio esercizio e manutenzione per i singoli dispositivi e per il quadro oltre ai certificati delle prove e all'elenco delle parti di ricambio.

^^^^ Costruttore carpenterie: SIEMENS S.p.a, ABB o similare

^^^^ Costruttore interruttori: SIEMENS S.p.a, ABB o similare

7.5 – QUADRO DI RIFASAMENTO DA 150 kVAR Q-RIF

CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente specifica contiene le principali regole da seguire nella progettazione, costruzione, collaudo, spedizione e montaggio dei quadri elettrici di rifasamento automatico per bassa tensione . I quadri oggetto della presente specifica si intendono esclusivamente del tipo AS, completi di certificato delle prove di tipo e di sovratemperatura.

NORME DI RIFERIMENTO

Il quadro e le apparecchiature devono essere costruiti e collaudati in conformità con le norme CEI applicabili in vigore al momento della definizione dell'appalto, ed in particolare con le seguenti:

- IEC 439-1/2, CEI EN 60439-1, CEI 17-13/1 per le apparecchiature
- IEC 831-1/2, CEI EN 60831-1/2, CEI 33-9/10 per i condensatori.

Devono anche essere considerate ed applicate tutte le norme inerenti i componenti ed i materiali utilizzati nonché le norme di legge per la prevenzione infortuni; in particolare il sistema di rifasamento dovrà essere marcato CE.

DATI TECNICI

Condensatori

Tensione nominale	400 V
Potenza	150 kVAr
Gradini	N° 5
frequenza nominale	50 Hz
tolleranza sulla frequenza	-5 + 10%
perdite	≤ 0.4 W/kVar
sovraccarico di potenza	30%
tensione di prova fra le armature per 10	1.75 Vn
tens. di prova verso massa a 50 Hz per 1	3 kV
collegamento	trifase a triangolo

REGOLATORE AUTOMATICO DI POTENZA REATTIVA

tensione nominale:	220/240 V
frequenza nominale:	50 Hz
tolleranza nella frequenza:	-5 +10%
intervallo di inserzione:	0,5/1 sec.

La scelta ed il dimensionamento dei condensatori deve tenere conto della presenza di apparati elettronici che utilizzano l'elettronica di potenza, come motori in cc o in c.a.a velocità variabile gruppi di continuità ecc., che introducono nella rete le distorsioni armoniche.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

- Armadio in lamiera d'acciaio dello spessore di 2 mm composto da scomparti verticali, con separazione fra gli organi di controllo, comando e protezione dalle batterie di condensatori; grado di protezione meccanica IP-30.
- batterie condensatori agevolante sostituibili, del tipo a secco di qualità superiore, esenti da ogni sostanza venefica, suddivise in gruppi per assicurare gradini d'inserzione richiesti. Ogni condensatore protetto da proprio fusibile; predisposti alla scarica automatica verso terra, attraverso resistenza, al loro disinserimento.
- contattori d'inserzione per servizio gravoso e carichi capacitativi
- regolatore automatico del fattore di potenza provvisto di relè fasometrico e con possibilità di regolazione della lunghezza e della posizione della fascia di insensibilità
- segnale voltmetrico derivato all'interno del quadro. Segnale amperometrico proveniente da TA esterno.
- voltmetro con commutatore, cosfmetro e lampade di presenza tensione e altri eventuali segnali, riportati sul fronte
- organi di sezionamento, comando e protezione
- predisposizione a morsettiera delle segnalazioni d'allarme e di funzionamento da duplicare su sistema di supervisione esterno, tra cui :
 - sistema modulante inserito
 - guasto regolatore fasometrico
 - guasto cumulativo
 - convertitore di misura di $\cos\phi$;

Il quadro deve essere di dimensioni tali da permettere un ampliamento del 20% della potenza delle batterie dei condensatori.

ACCESSORI

- Indicazione meccanica di posizione degli interruttori
- morsettiera per l'allacciamento dei cavi di potenza eventualmente raggruppate in proprio settore
- morsettiera di tipo componibile antiallertante per l'allacciamento dei cavi di comando e segnalazione eventualmente raggruppate in proprio settore morsetti sezionabili e amperometrici
- apparecchi di sezionamento e fusibili di protezione per i circuiti ausiliari, commutatori, manipolatori, etc.
- numerazione dei conduttori, dei morsetti e siglature degli apparecchi internamente al quadro
- targhe pantografate esterne d'identificazione dei pannelli e dei servizi
- calotte isolanti per morsetti e punti di connessione agli apparecchi che risultassero in tensione a pannelli di chiusura settore asportati
- supporti di base per il montaggio a pavimento o supporti per l'ancoraggio a parete e relativi accessori di fissaggio

- golfari di sollevamento
- continuità elettrica degli elementi di carpenteria metallica e delle basi metalliche dei componenti principali realizzate mediante viti zincopassivate a caldo. Collegamento delle portelle metalliche alla struttura mediante treccia di rame avente sezione minima di 16 mm²
- sbarretta colletttrice in Rame, completa di viti e rondelle e di attacco per il collegamento con 1a rete di terra generale, e per le derivazioni del conduttore di protezione dei cavi delle partenze

DOCUMENTAZIONE DA FORNIRE

- disegni d'assieme e d'installazione
- disegni fronte quadro con ripartizione utenze e servizi
- schemi elettrici unifilare e funzionali
- caratteristiche organi di manovra e protezione montati
- dati tecnici dei condensatori
- dichiarazione di conformità delle apparecchiature fornite con i prototipi che hanno superato le prove di tipo

COLLAUDI

Collaudo da effettuarsi nello stabilimento di costruzione e consistente in prove di accettazione previste dalle norme CEI.

- Vanno eseguite le prove d'inserimento dei gradini programmati di rifasamento e la verifica della corrente misura del valore del fattore di potenza.
- Prove di accettazione previste dalle norme CEI per le batterie di condensatori;
prove di funzionamento (misura $\cos\phi$, inserimento e disinserimento gradini per il regolatore).

7.6 – CAVIDOTTI E CANALIZZAZIONI

CAVIDOTTI E CANALIZZAZIONI PER LA DISTRIBUZIONE

Per tutte le canalizzazioni il coefficiente di riempimento dovrà essere inferiore a 0.7.

Il diametro interno dei tubi protettivi sarà pari almeno ad 1,3 volte il diametro circoscritto al fascio dei conduttori in essi contenuti (salvo diversa indicazione per i tubi metallici); nel caso di cavi sotto guaina (di resina, gomma ecc.) ad 1,5 volte il diametro del cerchio circoscritto. In ogni caso il diametro minimo esterno del tubo sarà pari a 20 mm.

GENERALITA'

Il complesso delle installazioni sarà realizzato impiegando i seguenti tipi di canalizzazioni:

- **cavidotti interrati di PE:** per tutta la distribuzione principale esterna e per l'alimentazione delle apparecchiature su campo;
- **canalizzazioni metalliche:** in acciaio zincato, fissate a vista alle strutture d'impianto (passerelle, parapetti) per la distribuzione periferica delle linee di alimentazione motori, di segnalazione e di controllo;
- **tubazioni metalliche:** in acciaio zincato, fissate a vista alle strutture d'impianto (passerelle, parapetti) per l'alimentazione terminale dei motori di potenza;
- **guaine guidacavi:** in acciaio zincato, rivestito di PVC, munite di raccorderia, per le testazioni terminali ai motori, alle cassette di sezionamento, ai canali metallici e alle tubazioni metalliche;
- **tubazioni in PVC:** rigido o corrugato, posate rispettivamente a vista o incassate, corredate da scatole e cassette, per la distribuzione interna agli edifici e ai locali tecnici.

CAVIDOTTI INTERRATI

Si installeranno cavidotti in polietilene del tipo flessibile, a doppia parete, corrugati esternamente e lisci internamente, conformi alle norme CEI EN 50086.2.4, colore rosso, marchiato IMQ.

La posa avverrà sul letto dello scavo (precedentemente predisposto), previa sistemazione dello stesso con uno strato di sabbia di 10 cm; la profondità minima di interrimento e le modalità di copertura e protezione del cavidotto, rispetteranno le indicazioni dei disegni di progetto.

Il tracciato sarà tale da consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale.

Le giunzioni saranno effettuate esclusivamente con l'impiego di giunti a bicchiere e ad ogni brusca variazione di tracciato si provvederà ad intervallare il cavidotto con pozzetti ispezionabili che serviranno per l'infilaggio, lo sfilaggio e, successivamente alla messa in servizio dell'impianto, alla eventuale sostituzione dei cavi; l'esecuzione dei getti per la costituzione dei pozzetti, avverrà con l'impiego di spezzoni di tubo tali da

permettere la perfetta finitura delle pareti interne al pozzetto ed evitare fenomeni di dilavamento dovuti alle acque meteoriche.

Ciascun pozzetto sarà provvisto con copertura amovibile (chiusino) dello stesso materiale del pozzetto od altro materiale idoneo. Quando necessario la copertura amovibile sarà carrabile e completa di telaio di supporto.

CANALIZZAZIONI METALLICHE A VISTA

Saranno installate canalizzazioni in laminato di acciaio zincato, con zincatura a caldo dopo la lavorazione, del tipo chiuso con coperchio in esecuzione IP 4X.

Gli elementi della canalizzazione faranno parte di una sistema integrato di componenti, quali: elementi rettilinei, coperchi di chiusura, giunzioni, curve orizzontali e verticali, deviazioni di diverso tipo, elementi per cambio del piano di posa, derivazioni, raccordi, staffature, accessori e pezzi speciali, necessari a garantire la continuità metallica della canalizzazione con un grado di protezione uniforme IP 4X.

- **Requisiti costruttivi:** il sistema di canalizzazione dovrà rispettare le prescrizioni di cui ai capitoli II e IV delle norme CEI 23-31, ed in particolare: gli elementi del sistema dovranno essere smontabili esclusivamente con l'uso di un utensile, all'interno di tutti i componenti non dovranno essere presenti ne asperità ne spigoli vivi, dovrà essere assicurata in ciascuna sezione la continuità elettrica ed il grado di protezione dovrà essere sempre IP 4X.

- **Modalità d'installazione:** Il sistema di canalizzazione sarà fissato alle strutture costituenti l'impianto di processo (vasche in c.a., parapetti, passerelle, e simili), con apertura esclusivamente laterale o superiore, impiegando idonee staffe e mensole di ancoraggio in acciaio zincato, murate, saldate o ancorate con tasselli a espansione, alle strutture portanti.

Nella fase di installazione saranno sempre mantenute costanti le distanze fra le diverse canalizzazioni e tubazioni presenti nelle vicinanze, di modo che l'intera esecuzione soddisfi ad oggettivi requisiti di gradevolezza estetica.

TUBAZIONI GUIDACAVI IN ACCIAIO ZINCATO

Le tubazioni guidacavi in acciaio zincato a caldo, saranno internamente ed esternamente lisce, con spessore da 1,2 mm.

Gli elementi della tubazione metallica faranno parte di una sistema integrato di componenti, quali: elementi rettilinei, curve, raccordi, scatole di derivazione, sistemi di ancoraggio, accessori e pezzi speciali, necessari a garantire la continuità metallica della tubazione con un grado di protezione uniforme IP 65.

Il sistema sarà conforme alle norme CEI 23-5 e CEI 23-28 e munito di marchio IMQ.

- **Modalità di installazione:** la tubazione sarà fissata alle strutture portanti con tasselli e collari autobloccanti, di adeguata robustezza, con interdistanza fra i punti di ancoraggio non inferiore a 120 cm. L'esecuzione dovrà mantenere in ciascun punto il grado di protezione IP 65 e dovrà essere assicurata la continuità metallica ed elettrica del condotto. Le curve dovranno essere realizzate con apposita macchina piegatubi e non dovranno presentare restringimento di sezione.

Il collegamento ai giunti di derivazione e alle apparecchiature avverrà con idonei bocchettoni filettati e tramite l'impiego di guaine flessibili in acciaio zincato rivestite di PVC. Nelle guaine flessibili il rapporto fra diametro interno della guaina e diametro dei cavi circoscritti dovrà essere superiore ad 1,5.

GUAINE GUIDACAVI FLESSIBILI

Tutte le terminazioni circuitali alle apparecchiature di campo (motori, misuratori, attuatori, ecc.), alle canalizzazioni e alle cassette di sezionamento e derivazione, avverranno sempre con l'impiego di guaine guidacavi flessibili in acciaio zincato, a semplice aggraffatura, rivestito in PVC liscio autoestinguente di colore nero.

Le guaine guidacavi saranno conformi alla norma CEI 23-14, marchiate IMQ, idonee all'installazione con temperature comprese fra - 15 e 70 °C, e garantiranno un grado di protezione IP 65.

La raccorderia sarà in ottone nichelato, con virola di acciaio stagnato e anello di tenuta in poliammide.

Cassette di derivazione: Le giunzioni dei conduttori per la distribuzione devono sempre avvenire impiegando opportune morsettiere, dentro spaziose cassette di derivazione pressofuse in lega di alluminio con pareti chiuse e coperchio avvolgente, complete di viti per il fissaggio del coperchio e di messa a terra, guarnizione in EPDM per consentire di ottenere un grado di protezione IP 55.

Le morsettiere poste dentro le cassette devono essere fisse e devono avere i morsetti tra di loro separati da diaframmi isolati; i morsetti del neutro e del conduttore di protezione, devono essere chiaramente individuabili e devono mantenere la stessa posizione reciproca, rispetto ai morsetti di fase, in tutte le cassette e morsettiere d'impianto.

TUBAZIONI IN PVC RIGIDO E CORRUGATO, CON SCATOLE E CASSETTE

Tubo rigido in PVC posato a vista a parete o soffitto

Per la realizzazione degli impianti interni agli edifici tecnici, saranno realizzati circuiti di derivazione terminale con cavi infilati in tubo in PVC rigido, fissato a parete o soffitto.

- **Requisiti costruttivi:** Le tubazioni saranno di tipo pesante, colore grigio RAL 7035, autoestinguenti, con resistenza allo schiacciamento pari a 400kg/dm, per esecuzioni IP 55, conformi alle prescrizioni delle norme CEI 23-8 e successive varianti.

- **Modalità di installazione:** La tubazione sarà fissata a parete o soffitto con tasselli e collari autobloccanti, di adeguata robustezza, con interdistanza fra i punti di fissaggio non inferiore a 80 cm.

L'esecuzione dovrà mantenere in ciascun punto il grado di protezione IP 55.

Il collegamento alle cassette di derivazione o portapparecchiature e al canale metallico di distribuzione principale, avverrà con idonei raccordi filettati e, laddove necessario, tramite l'impiego di guaine flessibili grigio RAL 7035.

- **Cassette di derivazione:** Le giunzioni principali dei conduttori per la distribuzione principale devono sempre avvenire, impiegando opportune morsettiere, dentro spaziose cassette di derivazione in materiale plastico autoestinguente.

Quando in un locale sono presenti circuiti appartenenti a sistemi diversi (energia, segnalazione, trasmissione dati) questi devono essere protetti da tubazioni diverse e dovranno essere derivati da cassette diverse. Le morsettiere poste dentro le cassette devono essere fisse e devono avere i morsetti tra di loro separati da diaframmi isolati; i morsetti del neutro e del conduttore di protezione, devono essere chiaramente individuabili e devono mantenere la stessa posizione reciproca, rispetto ai morsetti di fase, in tutte le cassette e morsettiere d'impianto.

- **Scatole di derivazione:** Per le derivazioni secondarie interne ai locali e per l'installazione dei punti di comando, si impiegheranno scatole, rettangolari o quadrate, in materiale plastico autoestinguente, attrezzate sia per il fissaggio del supporto portaapparecchi che delle placche autoportanti.

I collegamenti all'interno delle scatole dovranno avvenire con l'impiego di adeguati morsetti in esecuzione mobile.

Tubo corrugato in PVC posato sottotraccia o sotto pavimento.

Canalizzazioni in tubo in PVC corrugato saranno adoperate nella distribuzione interna all'edificio servizi.

- **Requisiti costruttivi:** Le tubazioni saranno di tipo pesante, nero autoestinguente, conformi alle prescrizioni delle norme CEI 23-14 e successive varianti.

- **Modalità di installazione:** Dovranno essere sempre rispettate le seguenti disposizioni:

- la posa sottopavimento avverrà di norma con un tracciato parallelo alle pareti dei locali;
- nell'installazione sotto intonaco a parete è consentita esclusivamente la posa verticale;
- le curve devono essere effettuate con raccordi e piegature che non danneggino il tubo o non pregiudichino la sfilabilità dei cavi;
- ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, ad ogni derivazione da linea principale o secondaria ed in ogni locale servito, la tubazione deve essere intervallata con cassette o scatole di derivazione;
- tra due cassette di derivazione successive, non è ammesso realizzare sui tubi curve per un angolo totale maggiore di 180 gradi (ad esempio più di due curve ad angolo retto).

Al termine dell'installazione, tutte le tubazioni e le cassette devono dar luogo a cavidotti aventi geometria simile alle strutture ed intersecanti le stesse per piani orizzontali e verticali, ed essere installati parallelamente e perpendicolarmente rispetto alle stesse; devono inoltre consentire l'infilaggio e lo sfilaggio dei conduttori in maniera facile e dopo la loro posa in opera.

Tutti i tubi vuoti devono essere provvisti di filo di traino in acciaio zincato.

Tutti i materiali come: malta, trucioli, ecc., che durante l'esecuzione dei lavori dovessero accidentalmente ostruire una qualunque tubazione, devono essere completamente ed accuratamente rimossi senza recare danno alle tubazioni stesse.

7.7 CAVI ELETTRICI

Tutti i conduttori dovranno avere colorazione conforme alle normative vigenti ed in particolare:

C.E.I. 64-8 III edizione

UNEL 00722

Non dovranno mai essere impiegati conduttori di colore verde o di colore giallo.

Il Conduttore N sarà sempre di colore azzurro (bleu chiaro).

Il Conduttore PE sarà sempre di colore giallo-verde.

Il Conduttore PEN sarà di colore giallo-verde con fascettatura azzurra, oppure di colore azzurro con fascettatura giallo-verde alle estremità, in prossimità delle giunzioni e derivazioni.

In ogni caso e comunque per la scelta della colorazione dei conduttori si dovrà fare riferimento alla seguente tabella:

Colore	Destinazione
Giallo/Verde	Protezione di terra
Nero-Grigio-Marrone	Potenza Circuiti 380/220V
Azzurro-Celeste	Neutro Circuiti 380/220V
Bianco	Ausiliari
Rosso	Ausiliari BTS/BTF
Arancio	Interblocchi

Tutti i conduttori riceveranno, all'interno della scatola di derivazione e/o nei pozzetti di infilaggio, la identificazione alfanumerica del circuito di appartenenza e dovranno mantenere tale identificazione dalle morsettiere dei quadri di distribuzione fino alle utenze finali.

Le sigle alfanumeriche dovranno rispecchiare quanto riportato nelle tavole del progetto e negli elaborati *as-built* ad opera compiuta.

GIUNZIONI TRA CONDUTTORI

Tutte le giunzioni fra conduttori dovranno essere eseguite all'interno delle cassette e scatole di derivazione mediante morsettiere fisse con morsetti unificati fissati su profilato di appoggio secondo Norma EN50035.

La dimensione dei morsetti dovrà essere adatta al serraggio di tutti i conduttori presenti nel nodo e comunque con minimo di: 2,5 mm² per conduttori fino a 4 mm²; 6 mm² per conduttori oltre i 4 mm².

In ogni caso per i morsetti dovranno essere rispettate le caratteristiche prescrite dalle normative C.E.I. specifiche e dovrà essere prodotta documentazione di conformità stilata da IMQ, CESI o ente similmente riconosciuto.

Non sono ammesse giunzioni nelle tubazioni interrato e/o nei pozzetti di infilaggio, qualora dette giunzioni debbano essere realizzate per necessità (interconnessioni pompe sommerse, ecc.) esse devono essere realizzate con muffole termorestringenti o termocolate.

CAVI PER ENERGIA IN BASSA TENSIONE

Generalità

I cavi da impiegare per l'esecuzione della distribuzione in Bassa Tensione saranno:

- cavi del tipo **FG7(O)R 0,6/1kV**: per circuiti dorsali e circuiti terminali alimentazione motori e apparecchiature di controllo
- cavi del tipo **FG7(O)R 0,6/1kV**: per circuiti di comando e di segnalazione
- cavi del tipo **FG7(O)M1 0,6/1kV**: per circuiti di comando e di segnalazione nei luoghi a maggior rischio in caso di incendio
- cavi del tipo **N07V-K**: per gli impianti interni agli edifici e ai locali tecnici

CAVI FG7(O)R 0,6/1 kV

Avranno le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale 0,6/1 kV
- tensione di prova 4 kV in c.a.
- temperatura di esercizio max 90 °C
- temperatura di corto circuito max 250 °C sino a $S_{cu} = 240 \text{ mm}^2$,
220 °C per $S_{cu} > 240 \text{ mm}^2$
- conduttore: flessibile di rame ricotto
- isolamento: in mescola di gomma sintetica a base di HEPR rispondente alle norme CEI 20-11, e CEI 20-34, di qualità G7;
- guaina: in PVC speciale di qualità Rz
- conforme alla norma CEI 20-22 II (non propagante l'incendio)
- conforme alla norma CEI 20-35 (non propagante la fiamma)
- conforme alla norma CEI 20-37 I (contenuta emissione di gas corrosivi in caso di incendio)
- idonei per posa fissa

Le modalità di posa e installazione dovranno essere eseguite in conformità alle norme CEI 11-17.

Durante l'installazione dei cavi per posa fissa, la loro temperatura, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati, non deve essere inferiore a 0 °C. Pertanto, se i cavi sono rimasti a lungo a bassa temperatura, è necessario farli stazionare in ambienti a temperatura sensibilmente superiore a 0 °C per congruo numero di ore e posati entro un tempo tale che la temperatura della guaina non scenda sotto il valore suddetto.

Lo sforzo massimo di tiro dovrà essere di 50 N/mm² di sezione.

CAVI FG7(O)M1 0,6/1 kV

Avranno le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale 0,6/1 kV
- tensione di prova 4 kV in c.a.
- temperatura di esercizio max 90 °C
- temperatura di corto circuito max 250 °C sino a $S_{cu} = 240 \text{ mm}^2$,
220 °C per $S_{cu} > 240 \text{ mm}^2$
- conduttore: flessibile di rame ricotto
- isolamento: in mescola di gomma sintetica a base di HEPR rispondente alle norme CEI 20-11, e CEI 20-34, di qualità G7;
- guaina: in mescola termoplastica di qualità M1 non propagante l'incendio e a basso sviluppo di fumi
- conforme alla norma CEI 20-13 II (non propagante l'incendio)

- conforme alla norma CEI 20-35 (non propagante la fiamma)
- conforme alla norma CEI 20-37 I (contenuta emissione di gas corrosivi in caso di incendio)
- idonei per posa fissa

Le modalità di posa e installazione dovranno essere eseguite in conformità alle norme CEI 11-17.

Durante l'installazione dei cavi per posa fissa, la loro temperatura, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati, non deve essere inferiore a 0 °C. Pertanto, se i cavi sono rimasti a lungo a bassa temperatura, è necessario farli stazionare in ambienti a temperatura sensibilmente superiore a 0 °C per congruo numero di ore e posati entro un tempo tale che la temperatura della guaina non scenda sotto il valore suddetto.

Lo sforzo massimo di tiro dovrà essere di 50 N/mm² di sezione.

CAVI N07V-K

Avranno le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale 450/750 V
- tensione di prova 2500 V in c.a.
- temperatura di esercizio max 70 °C
- temperatura di corto circuito max 160 °C,
- conduttore: corda flessibile di rame rosso ricotto
- isolamento: in PVC di qualità R2;
- conforme alla norma CEI 20-22 II (non propagante l'incendio)
- conforme alla norma CEI 20-35 (non propagante la fiamma)
- posa fissa.

Le operazioni di installazione dovranno essere eseguite in conformità alle norme CEI 11-17.

Lo sforzo massimo di tiro dovrà essere di 50 N/mm² di sezione totale del rame.

CAVI SPECIALI PER MISURAZIONI E TRASMISSIONE DATI

I cavi da impiegare nelle linee di rilevamento e trasmissione dei segnali di processo saranno sempre di tipo schermato e twistato; sono previste le seguenti tipologie:

tipo **150 KF40 1x2x0,64/2,55**: cavo speciale per BUS di sistema PLC

tipo **FR20HH2R 450/750 V**: cavo per rilevamento e attuazioni di parametri analogici.

CAVO SPECIALE PER COLLEGAMENTO ALLE APPARECCHIATURE ANALOGICHE SU CAMPO

I cavi da impiegare per il collegamento fra le unità periferiche di acquisizione/attuazione e le apparecchiature analogiche poste sul campo (rilevatori, misuratori, regolatori, attuatori), avranno le seguenti caratteristiche:

- tipo FG7H2OR 0,6/1 kV
- tensione nominale 0,6/1 kV

- conduttore: corda flessibile di rame rosso ricotto classe 5
- isolamento: in PVC di qualità Rz;
- identificazione delle anime: secondo CEI UNEL 00722 per posa fissa
- schermatura: nastro di Al/poliestere + treccia di rame rosso
- guaina: in PVC speciale di qualità Rz
- colore: grigio RAL 7035
- temperatura di esercizio max 70 °C
- resistenza di isolamento (a 20 °C) > di 1000 mOhm/km
- capacità' ≤ 140 nF/km
- induttanza ≤ 0,9 mH/km
- impedenza di trasferimento max 10 Ohm/m da 100 KHz a 1 MHz
- conforme alla norma CEI 20-22 II (non propagante l'incendio)
- conforme alla norma CEI 20-35 (non propagante la fiamma)
- posa fissa.

^^^^ Costruttore cavi di potenza e di segnale: PRYSMIAN CAVI S.R.L., ICIEL CAVI, GENERAL CAVI o equivalenti

7.8 – IMPIANTI INTERNI LOCALI

GENERALITA'

Nell'esecuzione degli impianti elettrici interni ai locali tecnici, saranno rispettate le seguenti specifiche generali, inerenti i tipi principali dei materiali e delle apparecchiature da impiegare, nonché le modalità da seguire per la messa in opera.

PRESCRIZIONI PER I CONDUTTORI.

Si adopereranno di regola (salvo quanto diversamente specificato dagli schemi elettrici di progetto) cavi unipolari in rame ricotto stagnato, in corda flessibile, isolati in PVC, tipo N07V-K conformi alle norme CEI 20-22 II (non propagazione dell'incendio) e CEI 20-35 (non propagazione della fiamma) e CEI-UNEL 35752.

I medesimi cavi con la colorazione giallo-verde, saranno utilizzati anche per i PE.

Dei cavi installati dovrà essere conservata, per le verifiche finali, una campionatura nella quale sia riportata la stampigliatura ad inchiostro "CEI 20-22II N07V-K 1xS mm²".

- **Identificazione dei conduttori:** Tutti i conduttori componenti l'impianto elettrico, devono essere chiaramente identificabili, individuabili e distinguibili in tutti i punti accessibili dei vari circuiti (morsetti degli interruttori, morsetti delle scatole di derivazione, morsetti dei quadri elettrici, ecc.).

Pertanto il colore dell'isolante dei cavi deve rispettare le indicazioni fornite dalle norme CEI CT 16 e tabelle UNEL 00722-74.

Per ciascuna linea indipendente (quando le caratteristiche costruttive del cavo lo permettano), dovrà essere sempre rispettata la seguente colorazione: Grigio per fase R, Marrone per fase S, Nero per fase T, Blu chiaro per il Neutro e Gialloverde per i PE.

PRESE E PUNTI DI COMANDO

Prese e comandi per impianti della serie civile

Il sistema delle apparecchiature dovrà essere composto da apparecchi modulari componibili, da installarsi entro scatole unificate rettangolari.

Ogni apparecchio impiegato dovrà essere conforme alle Norme CEI corrispondenti e dovrà essere preferibilmente dotato di marchio IMQ.

- **Scatole:** le scatole da incasso dovranno essere realizzate in materiale termoplastico autoestinguente e dovranno essere attrezzate sia per il fissaggio del supporto portaapparecchi che delle placche autoportanti.

- **Supporti:** dovranno essere costruiti per consentire un semplice inserimento sia dei frutti che delle placche e dovranno essere di tipo preforato per il numero massimo di apparecchi installabili sul supporto stesso.

- **Placche:** le placche di copertura dovranno essere in metallo pressofuso con verniciatura in poliestere, o in tecnopolimero, compatibili con il numero di frutti da installare.

- **Apparecchiature di comando:** le apparecchiature di comando, dovranno essere perfettamente componibili con il sistema scatole-supporto-placca.

Le caratteristiche principali delle apparecchiature dovranno essere:

- portata minima 10 A;

- elevato numero di manovre effettuabili (almeno 50000 cambiamenti di posizione)
- tensione di isolamento fra le parti attive maggiore di 3000 V;
- **Prese:** La dotazione base di ogni punto presa sarà costituita da un frutto presa di tipo bipasso (bipolare da 10/16 A), con contatto di terra centrale, perfettamente componibile con il sistema, dotata di alveoli schermati;
- **Quote d'installazione:** Le altezze d'installazione (da pavimento finito) delle varie apparecchiature, riferite al filo inferiore del complesso, dovranno essere:
 - apparecchiature di comando: 90 cm
 - prese ambiente: 30 cm

Prese CEE in esecuzione IP 55

Le prese di tipo industriale saranno rispondenti allo standard IEC 309, con interblocco meccanico costituito da un interruttore che consente l'inserimento ed il disinserimento della spina solo in posizione di aperto e la chiusura dell'interruttore stesso solo a spina inserita. Le prese saranno da 16 A (2P+T per le monofasi, 3P+T per le trifasi), sempre con grado di protezione minimo IP55.

Comandi e prese stagni per interno ed esterno

I punti di comando e le prese 220 V, da utilizzare negli impianti in esecuzione IP 55, sia incassati che a vista, avranno le seguenti caratteristiche:

- scatola di contenimento in materiale plastico autoestinguente. idonea per posa a parete e raccordo a tubi rigidi di PVC, o per posa incassata e raccordo a tubi corrugati;
- supporto portafrutto montabile a mezzo 4 viti sul corpo scatola;
- frutto di comando (interruttore, deviatore, pulsante) o presa 220 V (bipasso 2P+T da 16A), idonei al montaggio diretto sul supporto portafrutto;
- guaina cedevole per frutti di comando, in plastica trasparente;
- portella apribile, con richiusura a molla per frutti presa;
- grado di protezione (a portella chiusa) IP 55.

CORPI ILLUMINANTI.

Sono previste le seguenti tipologie di corpi illuminanti:

Plafoniere stagne IP 65 da 58W e da 36W

Avranno le seguenti caratteristiche:

- **versione per illuminazione normale:**
 - idonee per posa a parete e plafone
 - corpo in policarbonato stampato ad iniezione
 - coppa-diffusore ad iniezione in policarbonato autoestinguente V2
 - piastra-riflettore in lamiera di acciaio verniciato bianco
 - guarnizione in poliuretano espanso
 - clips di chiusura coppa in materiale plastico

- grado di protezione IP 65
- unita elettrica completa di reattore, accenditore e condensatore di rifasamento, interamente cablata all'origine;
- conforme norme IEC 598/01
- lampade: - versione 2x58 W: N.2 tubi fluorescenti da 58 W 5200 lm,
- dimensioni: - versione 2x58 W: 1600x170x110 mm

Plafoniere IP 65 di sicurezza 1x18W

Plafoniere di sicurezza per l'indicazione delle uscite di sicurezza e delle vie di esodo, con le seguenti caratteristiche:

- idonee per posa a parete e plafone
- corpo e schermo in materiale plastico autoestingente conforme EN 60598-1
- grado di protezione IP 65
- classe di isolamento II
- funzionamento: SE (solo emergenza)
- gruppo tampone con batterie ermetiche al Pb da 6V 4Ah, autonomia 3 h
- lampada 18 W, da 1150 lm
- alimentazione 220V, 50 Hz
- flusso luminoso in emergenza > 20%
- indicatore led presenza rete
- possibilità di inibizione a distanza tramite telecomando
- cablata e certificata all'origine.

Le plafoniere saranno date in opera fissata a parete o plafone, perfettamente funzionanti, raccordate ai circuiti di alimentazione, con pittogrammi appropriati alla posizione.

^^^^ Costruttore lampade: DISANO S.p.A.

^^^^ Costruttore prese e quadretti prese: GEWISS S.p.A.

7.9 – GRUPPO ELETTROGENO DA 500 kVA

GENERALITA'

La presente specifica contiene le principali regole da seguire nella progettazione, costruzione, prove di collaudo e montaggio dei gruppi elettrogeni a corrente alternata in bassa tensione.

Ai fini della presente specifica si considerano basse tensioni le tensioni inferiori o uguali a 600 V.

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il generatore dovrà essere costruito in conformità sia alle norme tecniche nazionali che alle direttive comunitarie. Inoltre dovranno essere applicate tutte le norme inerenti i componenti ed i materiali utilizzati, nonché le norme di legge per la prevenzione degli infortuni.

Le principali norme applicabili ed in vigore a cui fare riferimento sono le seguenti:

Norme UNI

CEI

VIGILI DEL FUOCO

ISPESL.

Le direttive comunitarie applicabili sono le seguenti:

direttiva 93/68/EEC: "Bassa Tensione".

direttiva 89/336/EEC: "Direttiva EMC".

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE GENERALI

Il gruppo elettrogeno sarà impiegato come riserva alla rete elettrica d'alimentazione. L'avviamento e presa del primo gradino di carico avverrà al mancare della rete in un tempo compreso tra gli 8 e i 15 secondi.

Per realizzare l'avviamento in automatico, al generatore sarà abbinato un quadro o centralina di avviamento automatico, che, oltre ad avviare in modo automatico il gruppo, controllerà il buon funzionamento del sistema ed inoltre provvederà allo spegnimento ed al disinserimento dei carichi, dopo un opportuno tempo di raffreddamento, al ritorno della tensione di rete.

Il sistema sarà costituito dai seguenti elementi:

motore diesel

radiatore aria/acqua

giunto di accoppiamento

alternatore

regolazioni elettroniche

quadro di comando e protezione

basamento con serbatoio

container insonorizzato

MOTORE DIESEL

Sarà del tipo a quattro tempi completo di sistema di raffreddamento ad acqua, con protezioni antinfortunistiche sugli organi rotanti e sui componenti con temperature superficiali pericolose. La marmitta di scarico sarà montata a bordo della macchina e collegata al collettore con compensatore di dilatazione antivibrazioni, costruito in acciaio inox. I fumi, nel caso di installazione interna, saranno convogliati all'esterno del fabbricato.

L'avviamento elettrico avverrà in modo automatico con motorino di avviamento ed accensione alimentata da batterie al piombo 24V poste nel basamento, su apposito alloggiamento. La testata del motore sarà mantenuta in temperatura mediante una resistenza di preriscaldamento, immersa nell'olio di lubrificazione, per consentire l'avviamento rapido del gruppo in qualunque condizione.

Il motore avrà le caratteristiche di seguito elencate:

Potenza DIN 6270 **500 kVA**

Velocità di rotazione 1500 giri al minuto

Tipo	diesel
Cilindrata	12,70 litri
Aspirazione	compressa
Raffreddamento	acqua

Il motore sarà accoppiato al generatore di corrente con flangiatura diretta della campana coprivolano del motore, alla carcassa dell'alternatore, realizzando un monoblocco.

ALTERNATORE

Sarà del tipo sincro trifase a quattro poli, autoeccitato, autoregolato, protetto ed autoventilato, senza spazzole. Gli isolamenti saranno in classe H, mentre gli avvolgimenti saranno impregnati con resine epossidiche adatte ai climi più sfavorevoli. Il grado di protezione meccanica dovrà essere almeno IP21 a sportello del box insonorizzato aperto.

Il sistema di regolazione della tensione e della frequenza sarà elettronico a microprocessore, con sistema di protezione per le basse velocità, sovraccarichi prolungati (oltre 20 secondi). La precisione della tensione dovrà essere contenuta in $\pm 1,5\%$ a regime stabilizzato. In ogni caso il sovraccarico massimo ammesso è del 300% per 20 secondi, del 50% per 2 minuti, 10% per 60 minuti ogni 360 minuti di funzionamento.

L'alternatore avrà caratteristiche di seguito elencate:

Potenza elettrica	500 kVA
Sistema elettrico	400V trifase con neutro a terra
Frequenza	50 Hz
Tipo	sincro autoeccitato/regolato a quattro poli
Grado di protezione	IP21
Classe di isolamento	H

QUADRO DI COMANDO E PROTEZIONE

Il quadro elettrico di comando del gruppo sarà costituito armadio metallico con tutte le dotazioni descritte nel seguito.

Il grado di protezione meccanica dovrà essere almeno IP43 a quadro chiuso, mentre a sportello aperto le apparecchiature interne dovranno avere almeno grado IP2X.

Nel quadro elettrico dovranno essere contenute le seguenti apparecchiature:

- protezione generale a valle dell'alternatore
- caricabatterie automatico ed elettronico
- pannello elettronico con accessibilità operatore, dotato delle funzionalità richieste dal gruppo, delle segnalazioni e dei comandi
- morsettiera di potenza ed ausiliaria
- strumenti per segnalazione temperatura acqua, livello carburante, spia di preriscaldamento, corrente sulle tre fasi, tensione sulle tre fasi e neutro, ecc.
- Contattori quadripolari rete e gruppo
- Interblocco meccanico ed elettrico

Il pannello operatore/centrale del generatore, presenterà:

- selettore per le funzionalità: test, automatico, manuale, reset, blocco, programmazione
- selettore per le funzionalità: acceso, spento
- strumento a led con tre cifre per: corrente, tensione, frequenza, dati
- segnalazioni varie a led e sinottico frontale con: inserzione relè di rete e gruppo, rotazione motore
- segnalazioni di allarme con led per: ventilazione, olio, acqua, carburante, sovraccarico, anomalia, batterie
- segnalazione acustica di allarme
- pulsanti di marcia e stop
- ingressi di segnale e uscite di allarme
- contaore di funzionamento

BASAMENTO CON SERBATOIO

Il basamento sarà costruito in lamiera di acciaio, in modo da offrire un robusto supporto al monoblocco motore-alternatore.

Il telaio sarà dotato di piedi o traverse per l'appoggio ed il fissaggio alla platea in cls.

Il gruppo motore-alternatore dovrà essere montato su base mediante interposizione di appositi antivibranti, atti a ridurre al minimo le vibrazioni trasmesse al telaio stesso.

Il serbatoio di carburante dovrà avere capacità minima pari a 240 litri, fornito di bocchettone di carico, galleggiante, tappo svuotamento, tubi mandata e ritorno gasolio, munito di vasca contenimento perdite.

SERBATOIO DI SERVIZIO

Serbatoio in acciaio interrato a doppia parete, rivestito con vernice bituminosa avente una capacità di 2.000 lt, e spessore diametro 40/10.

Completo di valvola a strappo di esclusione rapida dell'afflusso combustibile, e di sistema di rilevamento perdite nell'intercapedine e gruppo pompe a bordo gruppo.

^^^^ Costruttore gruppo elettrogeno : TESSARI, GREENPOWER, BRUNO o similare

7.10 – SISTEMA DI AUTOMAZIONE E CONTROLLO

GENERALITA'

La presente specifica contiene le principali regole da seguire nella progettazione, costruzione, prove di collaudo e montaggio del sistema di automazione.

Struttura del sistema

La consistenza del sistema si evince dallo schema allegato e prevede in sintesi:

- **PLC-1 (MASTER) ubicato nel QUADRO Q-GEN P** con:
 - CPU S71200
 - Moduli Digitali di ingresso fino a 32 DI
 - Moduli Digitali di uscita fino a 16 DO
 - Moduli Analogici di ingresso fino a 2 AI
 - Moduli Analogici di uscita fino a 2 AO

- **PLC-2 ubicato nel QUADRO Q-PTS** periferica decentrata del PLC-1 con:
 - Modulo di espansione remota ET200M
 - Moduli Digitali di ingresso fino a 64 DI
 - Moduli Digitali di uscita fino a 32 DO
 - Moduli Analogici di ingresso fino a 2 AI

- **Pannelli Operatore da 6 "per il PLC -1 e PLC-2**

- **Rete** di collegamento con bus di campo in cavo

Il sistema è completato dal software di controllo, regolazione e gestione del processo:

- software di processo (su EEPROM su PLC)
- software di gestione (su pannelli operatori).

Architettura del sistema

Il sistema sarà del tipo ad intelligenza distribuita, con unità centrale, unità di supervisione e visualizzazione (pannello operatore) e periferiche di campo (UPD).

La comunicazione, effettuata tramite bus di campo standardizzato conforme a EN 50170 con velocità di trasmissione fino a 12 Mbit/s, sarà gestita con la tecnica *Master Slave*; il sistema potrà essere monitorato, programmato e visualizzato in qualunque punto della rete, attraverso strumento di programmazione portatile inseribile sulle apposite interfacce a spina, con standard meccanico RS 485, opportunamente posizionate presso la stazione principale e presso le unità periferiche.

Il sistema sarà del tipo aperto, direttamente interfacciabile con apparecchiature di case produttrici diverse, senza l'ulteriore aggiunta di moduli hardware e software, al di fuori di quelli previsti dal progetto esecutivo.

Specifiche tecniche

- **Quadro per PLC:** sarà realizzato su scomparto attrezzato, costituito da una colonna di armadio modulare in protezione IP 55, dotato di presa di servizio e tasca portaschemi, che conterrà il PLC e tutte le apparecchiature elettriche di alimentazione associate e le interfacce necessarie.

Caratteristiche costruttive:

- alimentatore: 220 V c.a. / 110 V c.a. / 24 V, D.C
- interruttori: come da schema elettrico di progetto
- relè di interfaccia: in numero pari alle uscite del PLC
con relè di tipo statico, muniti di led di segnalazione
- interfacciamento ingressi: diretto su PLC attraverso la morsettiera di cablaggio, oppure interfacciato con relè statico per segnali diversi dai 24 V DC.
- morsettiera:
 - in numero pari a tutti gli I/O presenti a bordo dei moduli del PLC
 - con valvola fusibile inserita sulle uscite
 - le morsettiere atte a ricevere cavi schermati saranno dotate di apposito morsetto per gli schermi
- cablaggio:
 - con canali separati per le utenze elettriche e per i segnali di campo
 - morsettiera siglate con i medesimi codici di campo
 - cassetteria preintestata in fabbrica.

- **Stazione PLC-1 (master):** sarà composta da controllore a logica programmabile, del tipo modulare, completo di unità di alimentazione di sistema, unità centrale a microprocessore programmabile e interfacce BUS di comunicazione, con le seguenti caratteristiche:

- meccanica di contenimento: telaio di montaggio, con integrato BUS interno, del tipo backplane, con montaggio moduli a scatto,
- collegamento moduli: del tipo rapido a spine e/o cavi preintestati
- alimentatore di sistema: 220 V c.a. / 24 V c.c.
- unità centrale:
 - 256 kbyte di memoria RAM di lavoro per programma e 512 kbyte di memoria RAM di lavoro per dati
 - Memoria flash EPROM inseribile con MC (fino 64 Mbyte)
 - tempi di elaborazione:
 - elaborazione a bit: min 0,1 micro sec per operazione
 - elaborazione a parola: min 0,1 micro sec per operazione
 - elaborazione in virgola mobile: 0,6 micro sec per operazione
 - merker (memorie): 8 kbyte
 - contatori: N. 256
 - temporizzatori: N. 256

- orologio hardware integrato
- gestione allarme interrupts
- funzioni diagnostiche
- interfaccia per BUS di campo
- interfaccia per pannello operatore e per dispositivo di programmazione portatile con connettore

- moduli I/O digitali: con morsettiera associata di interfacciamento, cablata in fabbrica, comprensiva dei relè statici per le uscite

- modulo Ingresso digitale:
 - tensione nominale 24 V DC
 - segnale ON 13-30 V, segnale OFF -30 + 5 V
 - corrente tipica ingresso segnale ON 7 mA
 - tempo di ritardo nominale 3 ms
 - tensione di isolamento verso terra 500 V DC
 - led di segnalazione stato

- modulo Uscita digitale:
 - tensione nominale 24 V DC
 - campo da 20,4 a 28,8 V DC,
 - corrente di uscita 0,5 A
 - frequenza di commutazione su carico Ohmico 100 Hz
 - protezione da cortocircuito elettronica
 - tensione di isolamento verso terra 500 V DC
 - led di segnalazione stato

- moduli I/O analogici: con morsettiera associata di interfacciamento, cablata in fabbrica

- modulo Ingresso analogico:
 - con diversi campi di misura impostabili con selettore
 - campi di misura in tensione 0÷10 V, +/- 2,5 V ÷ +/- 5 V
 - campi di misura in corrente 0÷20 mA, 4÷20 mA
 - risoluzione 14 bit
 - tensione di isolamento verso terra 600 V AC

- modulo Uscita analogico:
 - con diversi campi impostabili con selettore
 - campi di uscita in tensione +/- 10 V 0÷10 V, 1÷5 V
 - campi di uscita in corrente 0÷20 mA, 4÷20 mA
 - risoluzione 11 bit
 - tempo di conversione 800 micro sec

- tensione di isolamento verso terra 500 V AC

- Unità Periferica Decentrata PLC-2 caratteristiche generali:

Il sistema prevede l'installazione di:

- **N.1 periferica decentrata in configurazione slave** collegate al **PLC-1 (Master)**, destinate all'acquisizione dei parametri di processo e delle segnalazioni, della sezione pompe, torcia e soffianti gas.

Le unità periferiche saranno alloggiare ognuna su apposito scomparto attrezzato, costituito da una colonna di armadio modulare, dotato di presa di servizio e tasca portaschemi, che conterrà la periferica e tutte le apparecchiature elettriche di alimentazione associate e le interfaccia necessarie, come da schemi di progetto .

Ciascuna unità periferica sarà così strutturata:

- apparecchiature elettriche:

- alimentatore: 220 V c.a. / 110 V c.a / 24 V, D.C
- interruttori: come da schema elettrico di progetto
- relè di interfaccia: in numero pari alle uscite della UPD con relè di tipo statico, munito di led di segnalazione
- interfacciamento ingressi: diretto sulla periferica attraverso la morsettiera di cablaggio, oppure interfacciato con relè statico per segnali diversi dai 24 V DC.
- morsettiera:
 - in numero pari a tutti gli I/O presenti a bordo dei moduli della UPD
 - con valvola fusibile inserita sulle uscite
 - le morsettiera atte a ricevere cavi schermati saranno dotate di apposito morsetto per gli schermi
- cablaggio:
 - con canali separati per le utenze elettriche e per i segnali di campo
 - morsettiera siglate con i medesimi codici di campo
 - cassetteria preintestata in fabbrica.
- collettore di terra: - ciascuna periferica sarà equipaggiata di collettore di terra in barra di rame, per l'equalizzazione del potenziale di riferimento.

- apparecchiature elettroniche di sistema:

- meccanica di supporto: telaio di montaggio, con integrato BUS interno, del tipo backplane, con montaggio moduli a scatto.
- collegamento moduli: del tipo rapido a spine e/o cavi preintestati
- unità di comunicazione:
 - campo di indirizzamento 128 bytes per ingressi e 128 bytes per uscite
 - idonea a configurare e gestire la periferica come nodo/partner sul sistema BUS con funzione di Slave;

- adeguamento automatico alla velocità di trasmissione impostata sul master;
- modulo di interfaccia: - per dispositivo di programmazione portatile
- moduli I/O digitali: - in numero pari a quanto indicato nella specifica periferica
- caratteristiche identiche a quanto prescritto per i moduli a bordo dell'unità PLC
- moduli I/O analogici: - in numero pari a quanto indicato nella specifica periferica
- caratteristiche identiche a quanto prescritto per i moduli a bordo dell'unità PLC

- **Cavo PROFIBUS di campo**, con doppia schermatura e twistato, con doppia guaina protettiva esterna in XLPE colore nero.

- Cavi su campo:

Il sistema di rilevazione e attuazione è completato dalla rete dei cavi di collegamento tra il PLC-1, le periferiche e il sistema di supervisione.

Si useranno:

- Cavi multipolari tipo FG16O16 0.6/1 KV, per il riporto di tutti i segnali ON/OFF;
- Cavi schermati 0.6/1 V, per il riporto di segnali analogici.

- **Gruppo di continuità**, da 1000 VA, tensione in ingresso 230 V, tensione in uscita 230 V, forma d'onda sinusoidale, batterie al piombo senza manutenzione, autonomia 15 minuti, per la protezione dei **PLC** e delle **periferiche**.

- **Stazione di Supervisione e Gestione**: su pannello operatore da 6" avente le seguenti caratteristiche:

- Esecuzione del display Display TFT Widescreen,
- retroilluminazione con LED
- Diagonale schermo 6" in
- Larghezza del display 154,1 mm
- Altezza del display 85,9 mm
- Numero di colori 65 536
- Risoluzione immagine orizzontale 800 Pixel
- Risoluzione immagine verticale 480 Pixel
- Tipo di tensione di alimentazione DC 24 V

8 MATERIALE PER SISTEMAZIONE A VERDE

Il terreno agrario da utilizzare per la sistemazione a verde dovrà possedere una struttura glomerulare, con scheletro in quantità non superiore al 5% e con pH 6-6,5 contenente sostanza organica non inferiore al 2%.

La terra vegetale, da apportare quale substrato alla crescita della vegetazione, dovrà essere chimicamente neutra, contenere nella giusta proporzione e sotto forma di sali solubili tutti gli elementi minerali indispensabili alla vita delle piante ed una sufficiente quantità di microrganismi e di sostanza organica (humus minimo 1%), esente da sali nocivi e da sostanze inquinanti e dovrà rientrare per composizione granulometrica media nella categoria della "terra fine" in quanto miscuglio ben bilanciato e sciolto di argilla, limo, sabbia (terreno di medio impasto).

La presenza di pietre è tollerata nella misura del 5% in peso con elementi con pezzatura inferiore ai 5 cm.

Si considera il materiale vivaistico, ossia le sementi e gli arbusti necessari alle operazioni di recupero ambientale.

Tutte le piante da fornire dovranno essere etichettate per gruppi omogenei mediante cartellini di materiale resistente alle intemperie, sui quali sia riportato in modo leggibile ed indelebile il nome botanico del gruppo cui si riferiscono.

Per quanto riguarda il trasporto del materiale in questione, l'impresa dovrà assumere ogni precauzione necessaria affinché le piante arrivino sul luogo di piantumazione nelle migliori condizioni possibili, effettuandone il trasferimento con autocarri o vagoni coperti da teloni, dislocandole in modo tale che rami e corteccia non subiscano danni e le zolle non abbiano a frantumarsi.

Il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora dovrà essere il più breve possibile.

Le essenze arbustive saranno piante legnose a partire dal colletto o poco sopra, tali da non evidenziare un tronco spoglio; non dovranno avere un portamento filato, dovranno possedere un minimo di tre ramificazioni e presentarsi dell'altezza prescritta nei documenti di appalto.

Il loro apparato radicale dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari; potranno essere eventualmente fornite a radice nuda soltanto le specie a foglia caduca nel periodo di riposo vegetativo.

9 IMPLEMENTAZIONE IMPIANTO DI CAPTAZIONE DEL BIOGAS E DI ESTRAZIONE DEL PERCOLATO

Nel presente capitolo verranno definiti i materiali e le modalità operative relativi alle opere di implementazione dell'impianto di estrazione del biogas e del percolato previste in progetto.

9.1 OPERE PRELIMINARI ALLA TRIVELLAZIONE

L'impresa esecutrice dovrà procedere al posizionamento planoaltimetrico dei punti di perforazione previsti dal progetto ed alla verifica delle quote; per detti punti dovrà essere riportato su di un preposto verbale l'identificazione alfanumerica del pozzo in costruzione, il diametro finito, la quota del terreno e la prevista profondità di perforazione.

L'Impresa esecutrice dovrà predisporre le opere necessarie, quali piste d'accesso e piazzole di lavoro, per consentire il raggiungimento della postazione di perforazione ai propri mezzi di manovra in ogni condizione meteorologica.

Al termine delle attività di perforazione e dopo il ripiego delle attrezzature l'Impresa dovrà farsi altresì carico del ripristino delle condizioni originali della copertura della discarica.

9.2 TRIVELLAZIONE DEI POZZI

Il metodo di perforazione dovrà essere del tipo a rotazione a secco con distruzione di nucleo.

Nel caso di utilizzo del rivestimento, l'Impresa potrà utilizzare camicie di armatura giuntabili mediante giunti rapidi guidati da morsa idraulica e assolutamente non saldati in opera. I rivestimenti dovranno essere integralmente recuperati al termine della costruzione del pozzo.

Per i pozzi verticali con funzione di captazione del percolato il diametro minimo della perforazione finita non dovrà essere inferiore di 1200 mm.

Per i pozzi verticali con funzione di captazione del biogas, il diametro minimo della perforazione finita non dovrà essere inferiore di 1000 mm.

La profondità di perforazione sarà funzione dello spessore della discarica in corrispondenza del punto di perforazione e dovrà essere definita in fase di progettazione esecutiva tra l'Impresa e la Direzione Lavori, a seguito delle misure planoaltimetriche, come previste nel precedente articolo 2.1.

Durante la trivellazione i materiali di risulta verranno accumulati a fianco del pozzo; entro la giornata l'Impresa incaricata della movimentazione terra dovrà provvedere alla loro stesa nelle aree maggiormente depresse. Nel caso durante la perforazione si incontrassero ostacoli tali da rendere impossibile l'avanzamento si dovrà concordare con la Direzione Lavori se abbandonare la postazione definitivamente o se procedere con un nuovo tentativo nelle immediate vicinanze del pozzo.

Il responsabile dell'impresa dovrà compilare accuratamente un verbale di perforazione, precedentemente concordato con la Direzione Lavori, sul quale verranno annotati gli sviluppi lavorati, la descrizione dei rifiuti scavati, la temperatura dei rifiuti scavati e la presenza di ostacoli tenaci.

9.3 COSTRUZIONE DEI POZZI

I pozzi trivellati dovranno essere immediatamente completati secondo le specifiche seguenti.

Non dovranno essere lasciati pozzi aperti.

La bocca del pozzo dovrà essere protetta con tavole di idonea robustezza ed il personale addetto alle operazioni di costruzione nelle immediate vicinanze del pozzo dovrà avere i DPI previsti nel PSC presentato preventivamente.

Il pozzo di estrazione del percolato dovrà essere costruito utilizzando i seguenti materiali:

- Sonda fessurata in PEAD sonda fessurata circolare diametro esterno 829,7 mm in barre da 6- 12 m;
- Testa di pozzo in PEAD diametro esterno 829,7 mm ed altezza 0.70 m dal piano di rifiuti;
- Chiusura della testa di pozzo mediante coperchio dotato di chiave per evitare diffusioni incontrollate di biogas ed odori in atmosfera.

Il pozzo di captazione del biogas dovrà essere costruito utilizzando i seguenti materiali:

- Sonda fessurata in PEAD sonda fessurata circolare diametro esterno 250 mm in barre da 6-12 m;
- Testa di pozzo in PEAD diametro esterno 250 mm ed altezza 3,00 m;
- Chiusura della testa di pozzo mediante coperchio dotato di chiave per evitare diffusioni incontrollate di biogas ed odori in atmosfera.

9.4 MATERIALI PER LA COSTRUZIONE DEI POZZI

9.4.1 Ghiaia

Il materiale drenante selezionato dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- Contenuto di fine (passante al vaglio 200 ASTM) assente;
- Dimensioni dei grani comprese tra 40 e 90 mm.
- Contenuto di carbonati inferiore al 5%.

Le caratteristiche del materiale saranno confermate attraverso prove di controllo (analisi granulometriche e determinazione del contenuto di carbonati) da eseguire a discrezione della Direzione Lavori.

9.4.2 Sonda fessurata in HDPE

La sonda dovrà essere realizzata in PEAD (UNI 7612).

Le caratteristiche geometriche minime delle sonde utilizzate per i pozzi di estrazione del percolato, sono le seguenti:

- Diametro esterno: 829,7 mm
- Diametro interno: 800,0 mm
- Spessore: 29,7 mm. (corrispondente a PN 10)
- Larghezza fessure: ≥ 10.00 mm
- Passo fessure: ≥ 60.00 mm
- Disposizione delle fessure: su tutto lo sviluppo (360°)
- Incidenza superficie libera: $\geq 5\%$

La giunzione delle sonde fessurate dovrà essere eseguita a mezzo manicotti meccanici o saldature per termofusione in grado di sostenere il peso della sonda durante la posa in opera.

Le sonde dovranno essere dotate di elementi distanziatori posizionati ad un interasse tale da garantire una coassialità della sonda rispetto al pozzo e di platorello di fondo.

9.4.3 Argilla

Il materiale argilloso dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Contenuto di argilla: > 10%
- Passante setaccio 200 ASTM: > 30%
- Indice di plasticità (IP) : minimo 8-10%, massimo 30%
- Contenuto in ghiaia: < 10%
- Max dim. elementi lapidei: 2.5 cm Il materiale dovrà essere privo di qualsiasi materia estranea, quale terreno organico, residui vegetali e di qualsiasi altro materiale non idoneo alla costruzione dello strato.

Il materiale proverrà da una cava proposta dall'Impresa alla Direzione Lavori, sarà discrezione della Direzione Lavori stabilire mediante opportune prove se i materiali disponibili siano conformi alla presente specifica.

9.5 POZZI DI CAPTAZIONE DEL BIOGAS – TESTE DI POZZO

Le teste di pozzo dovranno essere posizionate la di sopra della sonda fessurata: ogni testa di pozzo sarà costituita da:

1. tubazione in HDPE DN280-S12,5 ed altezza pari a 3,00 m
2. valvola di regolazione che consente la regolazione di portata del biogas e l'eventuale intercettazione della linea di collettamento qualora debba essere esclusa per manutenzione.

La giunzione dovrà avvenire mediante manicotto elettrico.

L'orientamento della derivazione della testa di pozzo dovrà essere conforme alla tavola di progetto della rete di trasporto biogas.

Successivamente alla posa, la testa di pozzo dovrà essere immediatamente rinfiancata con argilla fino alla quota inferiore della derivazione e per un raggio di circa 1,5 m dall'asse del pozzo. Tale rinfianco, oltre a garantire una migliore sigillatura del pozzo, avrà funzioni di sostegno e di protezione della testa di pozzo dal traffico dei mezzi.

La derivazione laterale in uscita dal pozzo verrà realizzata mediante tubazione in PEAD De 90.

9.6 TUBAZIONI E RACCORDI IN PEAD

Tutti i manufatti descritti nel presente paragrafo saranno realizzati in PEAD secondo le direttive del D.M. 16/04/2008 relative alle condotte interrate per il convogliamento dei gas combustibili ed alle specifiche applicative UNI 12201-1:2004.

Le tubazioni dovranno essere identificabili in funzione del loro contenuto da più linee gialle coestruse sulla superficie esterna del tubo.

Le tubazioni dovranno riportare il contrassegno del marchio IIP (Istituto Italiano dei Plastici) o con contrassegno riconosciuto a livello UE, che assicura la conformità alle norme UNI/ISO vigenti, la sigla del tipo di applicazione, e la data di fabbricazione.

9.6.1 Prescrizioni per l'accettazione del materiale

Il materiale costituente i tubi dovrà essere dotato di una resistenza convenzionale (a lungo termine) a 20C° pari a $\sigma = 50 \text{ kg/cmq}$.

Le prescrizioni per l'accettazione delle tubazioni in HDPE (o PEAD polietilene ad alta densità) e relativi raccordi di materiali termoplastici idonei al convogliamento di fluidi anche in pressione sono contenute nelle seguenti norme UNI:

- UNI 12201 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 7 :2004: Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE).
- UNI 7616 + FA90: Raccordi di PEAD per condotte di fluidi in pressione. Metodi di prova generali.

I tubi in HDPE e relativi raccordi in materiali termoplastici, limitatamente alle dimensioni previste dalle norme di cui sopra, dovranno essere contrassegnati con il marchio di conformità IIP-UNI di proprietà dell'UNI, gestito dall'Istituto Italiani dei Plastici, o di altri Enti giuridicamente riconosciuti in ambito U.E.

9.6.2 Trasporto ed accatastamento dei tubi e dei raccordi

Nel trasporto dei tubi i piani di carico dovranno essere privi di asperità.

I tubi dovranno essere appoggiati evitando eccessive sporgenze al di fuori del piano di carico.

I tubi in rotoli dovranno essere appoggiati preferibilmente in orizzontale.

Le imbracature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o bande di canapa, nylon o similari, adottando gli accorgimenti necessari a fare in modo che i tubi non vengano mai direttamente in contatto con le imbracature stesse, per non provocare abrasioni o danneggiamenti.

Se il carico e lo scarico dai mezzi di trasporto e comunque la movimentazione vengono effettuati con gru o col braccio di un escavatore, i tubi dovranno essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di ampiezza adeguata.

Se queste operazioni vengono effettuate manualmente, si avrà cura di non fare strisciare i tubi sulle sponde del mezzo di trasporto o comunque su oggetti duri e aguzzi.

Il piano di appoggio dovrà essere pulito, livellato, esente da asperità e soprattutto da pietre appuntite. L'altezza di accatastamento per i tubi in barre non dovrà essere superiore a 2 m qualunque ne sia il diametro.

Per i tubi in rotoli, appoggiati orizzontalmente, l'altezza potrà essere superiore ai 2 m.

Nel caso i tubi siano accatastati all'aperto per lunghi periodi, essi dovranno essere protetti dai raggi solari con teli o tettoie.

I raccordi ed accessori vengono forniti in genere in appositi imballaggi. Se forniti sfusi, si dovrà avere cura, nel trasporto e nell'immagazzinamento, di non ammucchiarli disordinatamente e si dovrà evitare che possano essere deformati o danneggiati per effetto di urti fra loro o con altri materiali pesanti.

9.6.3 Campo di applicazione delle diverse classi di pressioni

Secondo la norma UNI 12201-1:2004, ed in ottemperanza al D.M. 16/04/2008 sono previsti i seguenti valori delle pressioni nominali S massime ammissibili per tubi di HDPE tipo 316:

- S12,5 condotte di 7^a specie max 0,04 bar
- S12,5 condotte di 6^a specie max 0,5 bar
- S12,5 condotte di 5^a specie max 1 bar
- S8 condotte di 5^a specie max 1,5 bar
- S5 condotte di 4^a specie max 4 bar

A causa delle aggressioni meccaniche esterne non saranno comunque ammesse alla posa tubazioni di trasporto biogas inferiori a S8 corrispondenti per spessore ad un PN6.

9.6.4 Raccordi e pezzi speciali

I raccordi e pezzi speciali in HDPE dovranno rispondere agli stessi requisiti chimico-fisici dei tubi.

I raccordi dovranno essere prodotti per stampaggio o, nel caso non fossero reperibili sul mercato, ricavati direttamente da tubo diritto mediante opportuni tagli, sagomature ed operazioni a caldo (piegatura, saldature di testa o con apporto di materiale, ecc...). In ogni caso tali operazioni dovranno sempre essere eseguite da personale specializzato e con idonea attrezzatura presso l'officina del Fornitore.

I raccordi dovranno rispondere alle norme:

- Progetto UNIPLAST 406
- Progetto UNIPLAST 436
- Progetto UNIPLAST 448

Il collegamento dei tubi di HDPE in pressione e raccordi, pezzi speciali ed accessori di altro materiale avviene generalmente o con una giunzione mediante serraggio meccanico o a mezzo di flange con collari predisposti sul tubo.

9.6.5 Giunzioni

I sistemi di giunzioni ammissibili fra i tubi ed i raccordi in HDPE sono i seguenti:

- Giunzione per saldatura, testa a testa o mediante manicotti elettrici.
- Serraggio per flangiatura.

9.6.5.1 Giunzione per saldatura

Essa dovrà sempre essere eseguita:

- da personale qualificato
- con apparecchiature tali da garantire che gli errori nelle temperature, nelle pressioni e nei tempi siano ridotti al minimo.

9.6.5.2 Saldatura per polifusione nel bicchiere

Questo tipo di saldatura si effettuerà generalmente per la giunzione di pezzi speciali già predisposti per tale sistema (vedasi Norma UNI 12201-1:2004 - UNI 10520:2009).

In tale tipo di giunzione interna del bicchiere (estremità femmina) e la superficie esterna della estremità maschio, dopo accurata pulizia con apposito attrezzo, verranno portate contemporaneamente alla temperatura di saldatura mediante elemento riscaldante rivestito, sulle superfici interessate, con PTFE (politetrafluoroetilene) o similare.

Le due estremità verranno quindi inserite l'una nell'altra mediante idonea pressione, evitando ogni flessione o torsione.

La pressione dovrà essere mantenuta fino al consolidamento del materiale.

La temperatura dell'attrezzo riscaldante sarà compresa nell'intervallo di 250 ± 10 C°.

9.6.5.3 Saldatura testa a testa

Sarà usata nelle giunzioni tra tubo e tubo e fra tubo e raccordo quando quest'ultimo è predisposto in tal senso.

Questo tipo di saldatura verrà realizzata con termoelementi costituiti in genere da piastre di acciaio inossidabile o di lega di alluminio, rivestite con PTFE e fibra di vetro, o con uno strato di vernice antiaderente.

Tali elementi saranno riscaldati con resistenze elettriche o con gas con regolazione automatica della temperatura.

Prima di effettuare le operazioni inerenti alla saldatura, occorrerà fare in modo che tutte le generatrici del tubo siano alla medesima temperatura.

Le testate dei manufatti dovranno essere preparate per la saldatura testa a testa realizzando la complanarità delle sezioni di taglio per mezzo di frese (manuali per i piccoli diametri ed elettriche per i diametri e gli spessori più alti).

Le frese dovranno avere velocità moderata per evitare il riscaldamento del materiale.

Le testate così predisposte non dovranno essere toccate da mani o da altri corpi untuosi; nel caso ciò avvenisse dovranno essere accuratamente sgrassate con trielina od altri solventi idonei.

I due pezzi da saldare verranno messi in posizione e bloccati con due ganasce collegate con un sistema che ne permetterà l'avvicinamento e fornirà una pressione controllata sulla superficie di contatto.

Il termoelemento verrà inserito fra le testate che verranno spinte contro la sua superficie. Il materiale passerà quindi allo stato plastico formando un leggero rigonfiamento.

Al tempo previsto il termoelemento verrà estratto e le due testate verranno spinte l'una contro l'altra alla pressione sotto indicata, fino a che il materiale non ritornerà allo stato solido.

La saldatura non dovrà essere rimossa se non quando la zona saldata si sarà raffreddata spontaneamente alla temperatura di circa 60C°.

Per una perfetta saldatura delle tubazioni in HDPE, si richiede:

- Temperatura superficiale del termoelemento : $200\pm 10^{\circ}\text{C}$;
- Tempo di riscaldamento: in relazione allo spessore;
- Pressione in fase di riscaldamento riferita alla superficie da saldare: tale da assicurare il continuo contatto delle testate sulla piastra (valore iniziale 0.5 kg/cmq);
- Pressione di saldatura riferita alla superficie da saldare: 1.5 kg/cmq (una volta tolta la piastra).

9.6.5.4 Giunzioni elettrosaldabili

Queste giunzioni sono consigliabili quando si devono unire due estremità di tubo che non possono essere rimosse dalla loro posizione (es. riparazioni) o per la giunzione di tratti in pressione statica di biogas.

Si eseguiranno riscaldando elettricamente il bicchiere di HDPE nel quale sarà incorporata una resistenza elettrica in grado di produrre il calore necessario per portare alla fusione il polietilene.

L'attrezzatura consisterà principalmente in un trasformatore di corrente che riporterà la tensione adatta per ogni diametro di manicotto e ne determinerà automaticamente i tempi di fusione (seguire le istruzioni del fornitore).

Per una buona riuscita della saldatura sarà necessario accertarsi che le superfici interessate alla giunzione (interna del manicotto ed esterna dei tubi) siano assolutamente esenti da impurità di qualsiasi genere ed in particolare modo prive di umidità e untuosità. Le parti che si innestano nel manicotto dovranno essere precedentemente raschiate con un coltello affilato onde togliere l'ossidazione superficiale del materiale.

Si prescrive a saldatura ultimata, di non forzare in alcun modo la stessa se non fino a quando la temperatura superficiale esterna del manicotto sia spontaneamente scesa sotto i 50°C.

9.6.5.5 Serraggio mediante flangiatura

Per la frangiatura di spezzoni di tubazione o di pezzi speciali, si useranno flange scorrevoli infilate su collari saldabili in HDPE.

I collari data la resistenza che dovranno esercitare, saranno prefabbricati per stampaggio dal Fornitore e saranno applicati (dopo l'infilaggio della flangia) mediante saldatura di testa. Le flange saranno collegate con bulloni inox o tiranti inox di lunghezza appropriata. L'inserimento di guarnizioni è obbligatorio in tutti i casi.

Le flange, potranno essere di acciaio inossidabile od alluminio protetto con rivestimento di plastica.

9.6.6 Posa in opera

Preventivamente alla posa delle tubazioni l'Impresa dovrà visionare i piani di posa predisposti dall'impresa che eseguirà le opere civili ed accettarli per iscritto su un apposito verbale.

L'assemblaggio della condotta sarà effettuato sul piano regolarizzato del corpo discarica: la posa della condotta avverrà per tratti successivi. Prima di effettuare il collegamento dei diversi elementi della tubazione, tubi e raccordi dovranno essere controllati per evidenziare eventuali difetti ed accuratamente puliti alle estremità; i tubi inoltre saranno tagliati perpendicolarmente all'asse.

Gli accessori interposti nella tubazione come valvole, saracinesche e simili dovranno essere sorretti in modo da non esercitare alcuna sollecitazione sui tubi.

9.6.7 Collaudi delle linee

La prova si intende riferite alla condotta con i relativi giunti, curve, T, derivazioni e riduzioni, escluso quindi qualsiasi altro accessorio idraulico e cioè: saracinesche, sfianti, scarichi di fondo, separatori di condensa ecc.

La prova pneumatica in opera dei tubi in HDPE a tenuta sarà effettuata a tratte di lunghezza opportuna.

Come prima operazione si dovrà procedere ad ancorare la condotta nello scavo mediante parziale riempimento con terra vagliata, con l'avvertenza però di lasciare i giunti scoperti ed ispezionabili: ciò per consentire il controllo della loro tenuta e per evitare comunque il movimento orizzontale e verticale dei tubi sottoposti a pressione. Si procederà quindi come di seguito:

- Intercettazione a monte ed a valle del tratto da collaudare;
- Insufflazione di aria compressa da un lato del tratto;
- Verifica di continuità del tratto mediante controllo della presenza di pressione all'estremità opposta del tratto;
- Misura e registrazione con manografo della pressione di collaudo (pressione di esercizio, con un minimo di 2 bar);
- Verifica dopo 24 ore delle variazioni di pressione.

La prova è considerata soddisfacente quando le variazioni di pressione sono inferiori al 10% del valore iniziale.

I collaudi in corso d'opera dovranno essere eseguiti in contraddittorio con la Direzione Lavori e la documentazione dovrà essere controfirmata dalle parti.

A seguito della loro esecuzione verrà emesso un verbale di collaudo che dovrà contenere le seguenti informazioni:

- Verifica della presenza delle marchiature di conformità alle norme;
- Misura della lunghezza della tratta;
- Descrizione delle derivazioni o dei raccordi presenti sulla tratta;
- Indicazione dei diametri della tratta;
- Data e ora inizio collaudo;
- Temperatura di inizio collaudo;
- Pressione di inizio collaudo;
- Verifica di continuità della tratta;
- Data e ora di termine collaudo;
- Temperatura di termine collaudo;
- Pressione di termine collaudo;
- Variazione di pressione durante il collaudo;
- Elenco e firma dei presenti al collaudo;
- Diagramma di collaudo.

Sarà parte integrante della fornitura la seguente documentazione tecnica:

- Tipico costruttivo della testa di pozzo;
- Certificazione della costruzione delle tubazioni;
- As-built delle dotazioni.

9.6.8 Collettore di sottostazione

Il collettore di regolazione per reti di captazione e convogliamento biogas sarà di tipo a scarico di condensa singolo per ogni linea di ingresso, realizzato in PEAD da tubazioni classe S8 conformi alle norme UNI ISO 4437.

Il separatore scaricatore di condensa D 250 è ottenuto per assemblaggio di tubo PEAD D 200 e lastra spessore 30 mm: le giunzioni saranno eseguite esclusivamente per saldatura di polifusione testa e la parte esterna sarà tornita per eliminare i cordoli di saldatura. Il separatore sarà provvisto di cavo riscaldante e sistema di coibentazione.

I collettori di ingresso e uscita dal separatore, rispettivamente D 90 e D 63 saranno saldati con il sistema di polifusione ed avranno un cordone di rinforzo della saldatura eseguito per estrusione.

Il collettore di raccordo delle linee di ingresso avrà diametro D 200 con una estremità provvista di tappo e gli ingressi D 63 saranno saldati per polifusione con cordone di rinforzo estruso.

Il collettore di sottostazione sarà provvisto di valvola di intercettazione a farfalla DN 200 dotata di manovra a leva con corpo in ghisa e farfalla in ghisa rivestita in rilsan.

Il collettore di scarico della condensa avrà diametro D 32 con estremità finale posta nella guardia idraulica del pozzetto di raccolta condensa ed ogni linea di scarico condensa sarà provvista di valvola di intercettazione. Il sistema di scarico delle condense sarà provvisto di cavo riscaldante e sistema di coibentazione.

Le valvole di regolazione saranno del tipo a sede inclinata, realizzate in Polipropilene e diametro DN 50/D 63 con estremità flangiate.

In corrispondenza della sottostazione sarà realizzato un pozzetto di accumulo condensa D 1200 ottenuto per assemblaggio di tubo PEAD D 1200 e lastra spessore 30 mm, provvisto di:

- fondo saldato a tenuta con doppia estrusione interna ed esterna;
- pozzetto D 400 per guardia idraulica linee scarico condensa;
- galleggiante meccanico a palla di segnalazione del livello;

di altezza adeguata a consentire lo scarico automatico della condensa anche in situazione di max depressione.

Verranno installate poi le pompe pneumatiche a comando automatico per il rilancio delle condense nei pozzi di percolato, mantenendo costante il livello dei separatori di condensa, compresi gli accessori quali valvole di ritegno, riduttori di pressione aria, manometri e quadro comando.

9.6.9 Impianto torcia di combustione biogas

Il biogas aspirato dalla discarica viene trasportato, tramite la rete di convogliamento fino alla centrale di combustione biogas ad alta temperatura.

Il progetto esecutivo dovrà prevedere, in una fase iniziale, la fornitura ed installazione di :

- centrale di aspirazione e combustione biogas;
- sistema di analisi biogas;
- relativo sistema di telecontrollo.

I componenti verranno forniti preassemblati fra loro e preventivamente testati presso l'officina del produttore.

Al termine dell'installazione e del collaudo dovrà essere fornita tutta la certificazione relativa ai componenti ed all'impiantistica elettrica.

La centrale deve essere predisposta per il suo impiego ai fini dell'utilizzo a scopi energetici del biogas, con:

- sistema di deumidificazione del biogas;
- valvola di sfioro alla torcia.

Le principali caratteristiche sono di seguito elencate:

- Portata totale di aspirazione presunta 500 Nm³/h
- Portata totale di combustione presunta 500 Nm³/h
- Pressione di aspirazione - 50 mbar
- Pressione di mandata + 80 mbar
- Pressione differenziale 130 mbar
- Potenza installata 4 kW per soffiante
- Tensione di alimentazione 380 V
- Temperatura di combustione 850 °C - 1100 °C
- Potenza di combustione 500 - 2500 kW CH₄ 50%
- Range di combustione 100-500 Nm³/h CH₄ 50%
- Minima percentuale di CH₄ 20%
- Tempo di ritenzione fiamma >0,3 s
- Container monoblocco bilocale

- Filtro di ingresso in acciaio inox
- Collettore di aspirazione in acciaio inox completo di valvole, raccordi e di supporti a terra
- Aspiratore multistadio con portata nominale di 500 Nmc/h completo di accessori, motore elettrico antideflagrante, organi di trasmissione, giunti antivibrazione, termostato di sicurezza, valvole a farfalla manuali e pneumatiche. Motore elettrico predisposto accoppiato e comandato da inverter
- Combustore biogas portata nominale 500 Nmc/h, TIPO AD ALTA TEMPERATURA, completo di serranda di regolazione automatica dell'aria comburente, pilota con accenditore e cellula UV di sorveglianza
- Fornitura e montaggio di sistema di misura della temperatura di combustione completo di trasmissione segnale a quadro di comando in CC
- Segmento di misura della portata del biogas completo dei misuratori di portata e trasmettitore del segnale al quadro di misura
- Quadro di potenza completo della strumentazione, incluso sistema di gestione automatico e memorizzazione dei dati di processo completo di PLC e PC accessorio con monitor a colori di interfaccia grafica, stampante, gruppo di continuità.
- Impianto elettrico della CE in configurazione prevista dal progetto elettrico
- Quadro di analisi del biogas (CH₄ - O₂) compresi il sistema di prelievo, di trasporto e scarico dei campioni gas ed i sistemi di monitoraggio fughe
- Assemblaggi, avviamenti e collaudi iniziali ed istruzione del personale di gestione relativamente alla Centrale di Estrazione
- Sistema di telecontrollo per il controllo e la gestione a distanza della centrale
- Impianto di illuminazione della zona della CE mediante proiettori posti all'esterno della zona antideflagrante
- Impianto antincendio comprensivo di estintori caricati a polvere e di relativa cartellonistica antinfortunistica
- Arredamento basilare della Centrale di controllo (CC) completo di scrivania, armadio archivio e sedia
- Certificazioni

9.7 REALIZZAZIONE IMPIANTO EMUNGIMENTO DEL PERCOLATO E RELATIVA RETE DI RACCOLTA

9.7.1 Opere preliminari

9.7.1.1 Premessa

L'emungimento del percolato presente all'interno del corpo discarica (Lotto I e II) avverrà attraverso n°4 pozzi, oltre ai 2 pozzi già presenti in discarica

9.7.1.2 Realizzazione rete di raccolta percolato

Le tubazioni relative alla rete di raccolta percolato saranno posate sull'attuale piano campagna del corpo discarica saranno in HDPE De 40 mm conformi alla normativa vigente UNI EN 12666-1:2006.

Il piano di posa dovrà comunque essere preliminarmente regolarizzato con semplice spianamento se il terreno è sciolto, e comunque reso uniforme, privo di trovanti che possano danneggiare le tubazioni successivamente posate.

La tubazione dovrà essere accuratamente resa tracciabile mediante nastro di segnalazione azzurro; l'eventuale terreno di risulta dovrà essere ordinatamente accumulato a bordo scavo per essere successivamente utilizzato per reinterri.

9.7.2 Posa e reinterro di tubazioni e cavidotti

9.7.2.1 Prescrizioni generali

Verranno realizzati n°4 nuovi pozzi di estrazione del percolato. Ognuno dei pozzi sarà provvisto della propria tubazione di mandata dedicata. Il predetto impianto dovrà integrare e omogeneizzare gli attuali sistemi di emungimento del percolato con quelli previsti nel presente disciplinare tecnico e la predetta rete dovrà integrare la rete esistente di collettamento del percolato.

I tubi devono essere collocati sia altimetricamente che planimetricamente, nella precisa posizione risultante dai disegni di progetto esecutivo.

In seguito si fisserà la loro posizione definitiva riferendosi ai picchetti di quota e di direzione ed in modo che non abbiano a verificarsi eccessive contropendenze rispetto al piano di posa.

9.7.2.2 Prescrizioni particolari per le tubazioni di adduzione del percolato

Prima della posa dei tratti delle tubazioni in pressione si dovrà provvedere ad inserire i tratti di tubazione all'interno del tubo corrugato, avendo cura di lasciare libero il tratto da giuntare e di effettuare giunzioni accurate anche per il tubo corrugato esterno, all'interno dei pozzetti di ispezione.

Le tubazioni di mandata del percolato devono essere opportunamente ancorate in modo da impedirne lo slittamento durante la prova a pressione. Gli organi di intercettazione, che possono sollecitare i tubi con il loro peso, devono essere sostenuti con supporti autonomi in modo da non trasmettere le loro sollecitazioni alla condotta; dopodiché i tubi verranno fissati definitivamente nella loro posizione, ricalzandoli opportunamente lungo tutta la linea senza impiegare cunei di metallo, di legno, o pietrame.

9.7.2.3 Prescrizioni particolari per i cavidotti

I cavidotti destinati ad ospitare i cavi elettrici e di segnale saranno posati vuoti; le reti dei servizi saranno tirate successivamente, per mezzo di funi guidacavo.

I pozzetti di ispezione relativi ai cavidotti saranno posati in modo da trovarsi con il chiusino alla quota del piano campagna.

9.7.2.4 Particolari prescrizioni sulla curvatura dei tubi

Non è ammessa in nessun caso la realizzazione di curve o bruschi cambi di direzione dei tubi mediante giunzione testa-testa. Tutti i giunti a gomito e a T dovranno essere realizzati esclusivamente con pezzi preformati.

Per quanto riguarda i lunghi tratti di tubazione, potranno essere realizzate moderate variazioni nella direzione mediante curvatura. I raggi di curvatura realizzabili hanno però dei limiti ben precisi, legati alla temperatura di posa, al valore SDR del tubo e variabili con il diametro esterno della tubazione.

9.8 IMPIANTO ELETTRICO

9.8.1 Apparecchiature elettriche di tipo EX

9.8.1.1 Classe di temperatura delle costruzioni elettriche EX

La temperatura superficiale delle costruzioni elettriche di sicurezza non deve superare la temperatura di accensione delle sostanze pericolose presenti.

Per le costruzioni elettriche del gruppo II, le massime temperature superficiali sono suddivise in classi da T1 a T6 secondo i limiti indicati nella tabella sottostante.

I limiti di temperatura sono riferiti ad una temperatura ambiente massima di 40 °C; se la temperatura ambiente supera 40 °C deve essere specificata dall'acquirente, indicata nel certificato e riportata in targa.

Le costruzioni elettriche certificate per una determinata classe di temperatura, possono essere utilizzate, a favore della sicurezza, anche nei luoghi dove è consentita una classe che prevede una massima temperatura superficiale maggiore.

- una costruzione della classe T3 può essere utilizzata in luoghi che richiedono costruzioni di classe T1 e T2;
- una costruzione della classe T6 può essere utilizzata in tutti i luoghi pericolosi.

Classe di temperatura	Massima temperatura superficiale delle costruzioni elettriche	Temperatura di accensione della sostanza infiammabile
T1	450°	> 450°
T2	300°	> 300°
T3	200°	> 200°
T4	135°	> 135°
T5	100°	> 100°
T6	85°	> 85°

Limiti di temperatura superficiale delle costruzioni elettriche

9.8.1.2 Caratteristiche costruttive

Le caratteristiche costruttive, le verifiche e le prove delle costruzioni elettriche Ex (vere e proprie), dei componenti Ex, degli accessori Ex e delle costruzioni elettriche associate, sono stabilite in specifiche norme CEI o tabelle CEI-UNEL; per individuarle correttamente ai fini dell'acquisto è quindi sufficiente indicare nei documenti la sigla d'identificazione e le norme o tabelle di riferimento.

Sono costruzioni elettriche per atmosfere esplosive (costruzioni elettriche Ex) quelle destinate ad essere utilizzate in atmosfere esplosive, per le quali esistono specifiche norme di costruzione.

Le sostanze hanno comportamenti diversi nei confronti dell'esplosione, per questo motivo i seguenti tipi di costruzioni elettriche del gruppo II sono suddivise nei sottogruppi IIA, IIB, IIC in relazione al tipo di sostanza:

- a) a prova di esplosione "d";
- b) a sicurezza intrinseca e costruzioni elettriche associate "i";
- c) dispositivi di interruzione in cella chiusa in esecuzione "nC";
- d) componenti non innescanti in esecuzione "nC";

e) a energia limitata e costruzioni elettriche associate in esecuzione "nL".

Le sostanze rappresentative per le prove sono: il metano per il gruppo IIA, l'etilene per il gruppo IIB e l'idrogeno per il gruppo IIC, modi di protezione "i", "nL", "nC"; l'idrogeno e l'acetilene per il gruppo IIC, modo di protezione "d"

9.8.1.3 Costruzioni elettriche a prova di esplosione modo di protezione "d"

Il modo di protezione a prova di esplosione "d" è adatto per l'installazione in zona 1 ed è l'unico modo di protezione basato sul contenimento dell'esplosione.

I componenti elettrici che possono accendere un'atmosfera esplosiva vengono racchiusi in custodie in grado di resistere alla pressione sviluppatasi durante l'esplosione di una miscela esplosiva, formata all'interno della custodia stessa per la penetrazione di un gas o un vapore infiammabile presente nell'ambiente circostante (tenuta della pressione), la custodia deve inoltre impedire la trasmissione dell'esplosione all'atmosfera esterna (tenuta della fiamma).

9.8.1.4 Costruzioni elettriche a prova di esplosione modo di protezione "e"

Il modo di protezione a sicurezza aumentata "e" è adatto per l'installazione in zona 1.

Il modo di protezione "e" consiste nell'applicare a costruzioni elettriche che non producono archi, scintille, o temperature pericolose nel funzionamento ordinario (costruzioni elettriche non innescanti), misure complementari al fine di fornire una sicurezza aumentata contro la possibilità di temperature eccessive e la formazione di archi o di scintille all'interno o sulle parti esterne di costruzioni elettriche che non ne producono in servizio ordinario.

9.8.1.5 Costruzioni elettriche a sicurezza intrinseca modo di protezione "i"

La sicurezza intrinseca è un modo di protezione basato sulla limitazione di energia. In un circuito a sicurezza intrinseca nessuna scintilla o altro effetto termico, prodotto nelle condizioni di prova prescritte nella norma, che includono il funzionamento ordinario e specificate condizioni di guasto, è capace di provocare l'accensione di una data atmosfera esplosiva.

Questo è possibile se le caratteristiche del circuito e dei suoi componenti sono tali da contenere entro valori stabiliti l'energia che può essere accumulata e quindi rilasciata dal circuito stesso.

9.8.1.6 Costruzioni elettriche a sicurezza con incapsulamento modo di protezione "m" e "ma"

Nei modi di protezione "m" (incapsulamento) e "ma" (incapsulamento speciale) le costruzioni elettriche, o i loro componenti, che potrebbero accendere un'atmosfera esplosiva con scintille o riscaldamenti sono chiusi in un blocco di resina così che l'atmosfera esplosiva non possa essere accesa, in conformità alla norma EN 50028 (CEI 31-13).

Le costruzioni "m" sono adatte per zona 1. Il modo di protezione "m" può essere ad esempio applicato a: fusibili, pile, accumulatori, condensatori, sensori di livello o di posizione (a ultrasuoni, ottici, a radiazioni ionizzanti), interruttori di prossimità, avvolgimenti, circuiti elettronici in genere, ecc.

Le costruzioni "ma" sono adatte per zona 0, perché garantiscono la protezione anche nei casi in cui la costruzione elettrica con modo di protezione "m" potrebbe fallire. A tale scopo, alle costruzioni con modo di protezione "ma" si applicano essenzialmente le seguenti prescrizioni aggiuntive, indicate dalla norma EN 50284 (CEI 31-43), per prodotti del gruppo II, categoria 1 G.

9.8.1.7 Costruzioni elettriche a sicurezza con modo di protezione "n"

Il modo di protezione "n" raggruppa in realtà un insieme di modi di protezione, ognuno capace di impedire l'accensione di un'atmosfera esplosiva circostante, ma soltanto durante il funzionamento ordinario.

Le costruzioni elettriche "n" sono adatte quindi soltanto per zona 2.

I modi di protezione considerati nella norma EN 50021 (CEI 31-11) sono:

- modo di protezione "nA": costruzioni elettriche non scintillanti
- modo di protezione "nC": Costruzioni elettriche scintillanti
- modo di protezione "nR": Costruzioni elettriche a respirazione limitata
- modo di protezione "nL": Costruzioni elettriche a limitazione di energia
- modo di protezione "nP": Costruzioni elettriche a sovrappressione semplificata

Per le costruzioni elettriche con modo di protezione "n" non è richiesta l'approvazione da parte di un organismo di certificazione.

9.8.1.8 Costruzioni elettriche a sicurezza immerse in olio modo di protezione "o"

Le costruzioni elettriche, o una parte di esse, sono immerse in un liquido di protezione in maniera tale che un'atmosfera esplosiva che si trovi al di sopra del liquido o all'esterno del contenitore del liquido stesso non possa essere innescata. Il liquido di protezione è generalmente olio.

La seconda edizione della norma EN 50015 (CEI 31-5) limita l'applicazione del modo di protezione "o" a costruzioni elettriche e a parti di costruzioni elettriche che non possono provocare l'accensione dell'atmosfera circostante durante il servizio ordinario. In sostanza, il modo di protezione "o" è applicabile solo a costruzioni elettriche (o parti di esse) che siano già in esecuzione "nA" (non scintillanti).

Una costruzione "nA" è adatta per zona 2, dopo l'applicazione del modo di protezione "o" diventa adatta per zona 1.

9.8.1.9 Costruzioni elettriche a sicurezza a sovrappressione interna modo di protezione "p"

Il modo di protezione a sovrappressione interna consiste nell'introdurre un gas di protezione nella custodia per mantenerla in sovrappressione rispetto all'atmosfera esterna.

Si impedisce così la formazione di un'atmosfera esplosiva all'interno della custodia stessa, secondo quanto indicato nella norma EN 50016 (CEI 31-2).

La sovrappressione può essere mantenuta con un flusso continuo del gas di protezione (sovrappressione con circolazione continua del gas di protezione), oppure con un flusso ridotto del gas per compensare le perdite (sovrappressione con compensazione delle perdite). In entrambi i casi, si parla di pressurizzazione (o mantenimento).

Il gas di protezione può essere costituito da aria, o meglio da gas inerte, ad es. azoto.

9.8.1.10 Costruzioni elettriche a sicurezza a riempimento polverulento modo di protezione "q"

Il modo di protezione "q" è definito dalla norma EN 50017 (CEI 31-6) "Modo di protezione nel quale le parti suscettibili di innescare un'atmosfera esplosiva sono in posizione fissa e sono completamente immerse in un materiale di riempimento, in maniera tale da impedire l'innescò dell'atmosfera esplosiva esterna".

Il modo di protezione non può impedire l'ingresso dell'atmosfera esplosiva esterna nella costruzione elettrica e nei relativi componenti Ex, né l'accensione causata dai relativi circuiti elettrici.

È comunque impedita un'esplosione esterna per la presenza di piccoli volumi liberi nel materiale di riempimento e per il fatto che la fiamma viene estinta al suo propagarsi attraverso il percorso nel materiale di riempimento."

9.8.1.11 Costruzioni elettriche a sicurezza speciali modo di protezione "s"

Il modo di protezione speciale non è definito in una norma di prodotto specifica, ma può essere considerato di sicurezza equivalente da un'autorità nazionale riconosciuta. Il modo di protezione "s" può essere previsto per zona 0, oppure per zona 1, o zona 2.

Si tratta generalmente di costruzioni elettriche molto particolari e/o prototipi con soluzioni costruttive innovative.

9.8.1.12 Costruzioni elettriche a sicurezza con modi di protezione sovrapposti

La norma EN 50284 (CEI 31-43), considera le costruzioni elettriche a sicurezza alle quali sono applicati due modi di protezione normalizzati adatti per zona 1, tra loro indipendenti da cause di guasto comuni, così che, se fallisce un modo di protezione, l'altro garantisce ancora un adeguato livello di protezione; il che rende la costruzione a sicurezza adatta per zona 0.

La sigla di identificazione di una costruzione con modi di protezione sovrapposti è costituita dalla sigla di identificazione dei due modi di protezione separati da una barra.

9.8.1.13 Costruzioni elettriche a sicurezza con modi di protezione composti

Con i modi di protezione composti vengono realizzate costruzioni anche molto complesse, in cui ciascuna parte deve rispettare la norma costruttiva che la riguarda e particolare attenzione deve essere posta al confine tra un modo di protezione e l'altro. In particolare, i collegamenti elettrici attraverso una parete comune, devono essere realizzati con opportuni dispositivi, quali ad esempio gli isolatori passanti.

9.9 COMPONENTI ED ACCESSORI EX

La distinzione tra componenti Ex e accessori Ex è di carattere generale, anche se qui viene riferita per semplicità solo al modo di protezione "d".

In un impianto elettrico, oltre ai componenti Ex e accessori Ex, sono presenti altri componenti per i quali non è richiesta la conformità a specifiche norme di costruzione per atmosfere esplosive, anche se per essi possono essere richiesti requisiti particolari (ad es. cavi).

9.9.1 Componenti Ex

Per componente Ex si intende una parte di una costruzione elettrica la quale non deve essere utilizzata da sola in atmosfera esplosiva e che richiede la certificazione aggiuntiva per ogni costruzione elettrica Ex in cui è impiegata.

Il componente Ex può essere oggetto di una certificazione specifica (certificati del componente, simbolo "U").

Sono tali ad esempio: morsetti, pulsanti, manipolatori, segnalatori, tubi flessibili (installati tra la costruzione elettrica Ex e il raccordo di bloccaggio), custodie (vuote) per apparecchiature elettriche.

9.9.1.1 Bocchettoni

I bocchettoni sono detti anche raccordi a tre pezzi, o giunti a tre pezzi; essi servono per unire i tubi protettivi tra di loro o con le costruzioni elettriche, in modo da consentirne il montaggio e lo smontaggio senza danni.

Ai bocchettoni si applicano le tabelle CEI-UNEL 95113 e 95114, rispettivamente per i bocchettoni maschio-femmina (sigla "BMF" di Figura 2) e per i bocchettoni femmina-femmina (sigla "BFF").

I bocchettoni sono considerati componenti Ex e come tali richiedono un certificato del componente; il loro uso su costruzioni elettriche Ex è ammesso quando sul certificato di conformità di queste ultime, o sulla documentazione allegata allo stesso, è indicata tale possibilità.

Con riferimento alla Figura 2, i bocchettoni devono avere le caratteristiche di seguito riportate:

- La ghiera deve essere inscritta nel diametro D; la lavorazione della parte esterna della ghiera deve essere poligonale o a tacche, per consentirne l'avvitamento a fondo mediante chiave a settore.
- La boccola deve avere una sagoma interna S per chiave esagonale per consentirne l'avvitamento senza danneggiare il giunto L2.
- La chiave giratubi è pertanto vietata, perché rovinerebbe il giunto cilindrico del bocchettone.
- L'operatore deve utilizzare una chiave per viti a testa cava esagonale, di misura adatta alla sagoma ricavata nella boccola od un altro attrezzo idoneo se la sagoma è diversa da quella esagonale.
- La sagoma ricavata nella boccola deve essere poligonale o a tacche per chiave a settore e deve essere dimensionata in modo da non danneggiare il giunto L1 nel serraggio.

L'operatore deve utilizzare una chiave adatta per tale sagoma.

- L'accoppiamento dei giunti L1 e L2 è completo quando la filettatura cilindrica del corpo non è più visibile.
- I bocchettoni non devono presentare all'interno spigoli taglienti, che potrebbero danneggiare i cavi durante l'infilaggio.

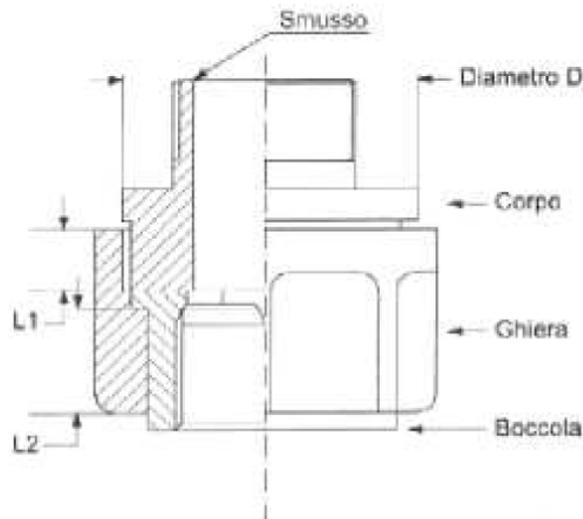


Figura 2 Bocchettone maschio-femmina (giunto a tre pezzi) a prova di esplosione "d"

9.9.1.2 Tubi flessibili come componenti Ex

I tubi flessibili sono impiegati per il collegamento delle costruzioni elettriche soggette a movimento nell'uso o a vibrazioni con l'impianto fisso.

Essi sono considerati componenti Ex se installati a valle del raccordo di bloccaggio (tra la costruzione elettrica ed il raccordo stesso), come da Figura 3.

Si ricorda che la norma EN 60079-14 (CEI 31-33), art. 10.5, stabilisce una distanza massima tra gli imbocchi delle custodie e i raccordi di bloccaggio di 450 mm, (vedi Figura 3). Per i tubi flessibili considerati componenti Ex è stata predisposta la tabella CEI-UNEL 95133, dove essi sono indicati con la sigla "FNN".

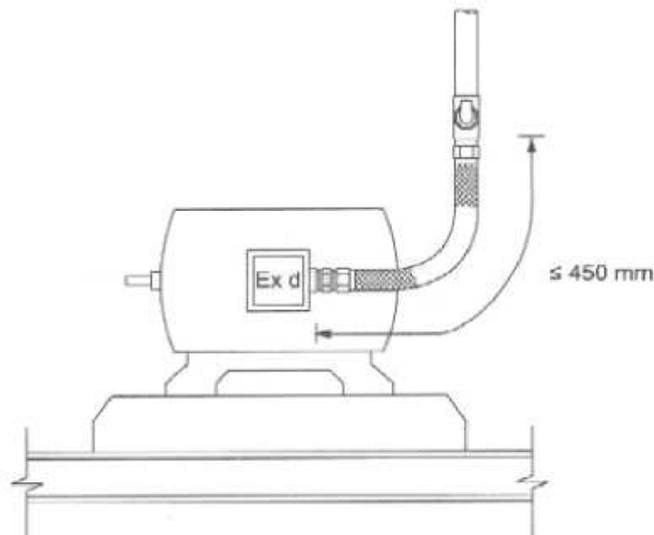


Figura 3 Tubo flessibile installato è considerato un componente Ex

9.9.2 Accessori Ex

Gli accessori Ex sono elementi costruttivi che, per la particolare semplicità costruttiva, non necessitano di una certificazione; è sufficiente che siano conformi alle relative tabelle CEI-UNEL e/o alle norme UNI.

Sono, ad esempio, da considerare accessori Ex i seguenti elementi, se realizzati con filettature coniche: cassette d'infilaggio, tappi, tubi protettivi rigidi, tubi flessibili (installati a monte del raccordo di bloccaggio), manicotti, nippli, riduzioni, curve, ecc.

9.9.2.1 Cassette d'infilaggio

Le cassette d'infilaggio sono inserite nei tubi al solo scopo di facilitare l'infilaggio dei cavi nei tubi e non contengono morsetti fissi. Possono contenere morsetti volanti, purché siano completamente ricoperti di materiale isolante come il cavo (ripristino dell'isolamento).

Le cassette d'infilaggio per gli impianti in tubo protettivo metallico devono essere metalliche, resistere ad una prova statica alla pressione di 20 bar per almeno 10 s e portare le seguenti indicazioni:

- il contrassegno del costruttore;
- il gruppo della custodia secondo la norma EN 50018 (CEI 31-1), solo se presentano giunti piani;
- il tipo costruttivo e la scritta cassetta d'infilaggio

9.9.2.2 Tappi

I tappi con filettatura conica sono considerati accessori Ex, quindi non necessitano di una certificazione. Finora è stata applicata la tabella CEI-UNEL 95127, nella quale sono indicati con la sigla T, di cui a Figura 4.

La norma EN 50018 (CEI 31-1) è però più severa, perché richiede che i tappi siano smontabili dall'esterno solo dopo aver rimosso un dispositivo di ritenuta interno alla custodia, oppure soltanto con mezzi speciali.

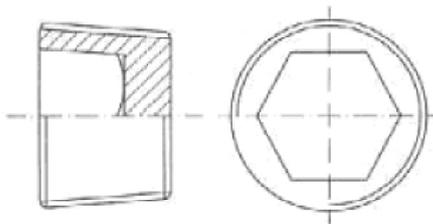


Figura 4 Tappo per costruzioni elettriche a prova di esplosione (modo di protezione "d")

9.9.2.3 Tubi protettivi (rigidi)

I tubi protettivi possono essere metallici o non metallici, rigidi o flessibili, corrugati o lisci, filettabili o non filettabili.

I tubi protettivi metallici devono essere di tipo pesante, conformi alle norme UNI 7683, (Vedi Figura 5 e relativa Tabella 4), oppure conformi alla norma UNI 8863, o anche ad altre norme UNI, purché siano rispettate le indicazioni riportate in Figura 6.

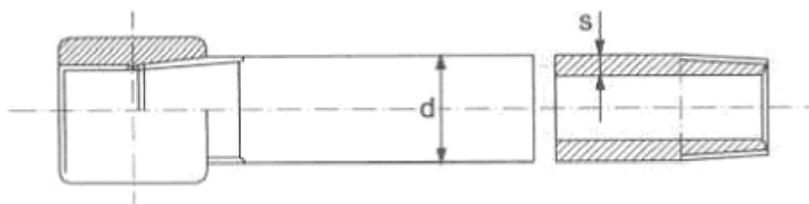


Figura 5 Esempio di designazione di tubo porta cavo avente filettatura gas conica

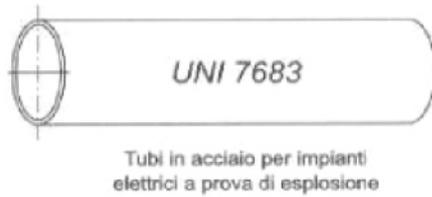
Filettatura	Diametro esterno			Spessore
GK1/2	21,7	21,3	21,0	2,35
GK3/4	27,1	26,9	26,4	2,35
GK1	34,0	33,7	33,2	2,90
GK1 1/4	42,7	42,4	41,9	2,90
GK1 1/2	48,6	48,3	47,8	2,90
GK2	60,7	60,3	59,6	3,25
GK2 1/2	76,3	76,1	75,2	3,25
GK3	89,4	88,9	87,9	3,65
GK4	114,9	114,3	113,0	4,05

Tabella 4 Tubazioni per impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione

9.9.2.4 Tubi flessibili come accessori Ex

I tubi flessibili sono considerati accessori EX se installati a monte (lato linea) del raccordo di bloccaggio.

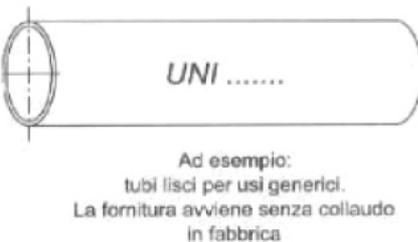
Per i tubi flessibili considerati accessori Ex non esistono limiti teorici di lunghezza ed è stata predisposta la tabella CEI-UNEL 95128, dove essi sono indicati con la sigla "FNN"



Non è necessaria alcuna dichiarazione da parte dell'installatore. La fornitura avviene previo collaudo in fabbrica e i tubi sono marchiati con le lettere "AD" ogni 1,5 m.



Il costruttore dei tubi deve dichiarare che i tubi sono lisci internamente, oppure l'installatore deve dichiarare di avere eseguito con esito positivo la prova di isolamento dei cavi.



Il costruttore dei tubi deve dichiarare che i tubi sono lisci internamente e che in base alle norme di riferimento il tubo è in grado di resistere alla prova di pressione statica di 4 MPa per almeno 5 s prima della curvatura. In alternativa, l'installatore deve dichiarare di aver eseguito con esito positivo sia la prova di isolamento dei cavi sia la prova di pressione statica di 4 MPa per almeno 5 s prima della curvatura, oppure di 2 MPa per almeno 5 s dopo la curvatura.

Figura 6 Tubi protettivi in acciaio di tipo pesante

9.9.2.5 Manicotti

I manicotti sono considerati accessori Ex, quindi non necessitano di una certificazione; è sufficiente che siano conformi alla tabella CEI-UNEL 95125 dove sono indicati con la sigla "M" in Figura 7.

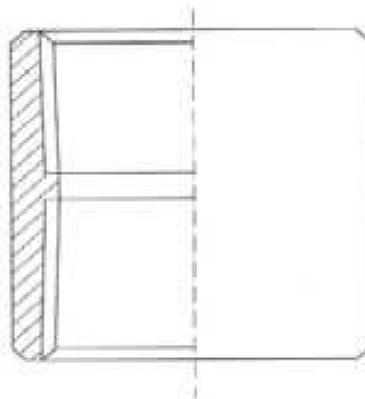


Figura 7 Manicotto per tubi in acciaio di tipo pesante

9.9.2.6 Nippli

I nippli sono spezzoni di tubo protettivo, filettati, che servono per unire due parti con imbocco femmina (vedi Figura 8)

I nippli sono considerati accessori Ex, quindi non necessitano di certificazione; è sufficiente che siano conformi alla tabella CEI UNEL 95126, nella quale sono indicati con la sigla "N".

I nippoli non devono presentare spigoli taglienti che potrebbero danneggiare i cavi durante l'infilaggio.

Sui nippoli viene apposto il marchio o ragione sociale del costruttore, seguito dalla lettera N e dal numero corrispondente al diametro dell'imbocco (ad es. N5 equivale ad un nippolo per tubo da ½").



Figura 8 Nippolo per tubi in acciaio di tipo pesante

9.9.2.7 Riduzioni per tubi

Le riduzioni per tubi sono considerate accessori Ex, quindi non necessitano di una certificazione; è sufficiente che siano conformi alle tabelle CEI-UNEL.

Le riduzioni per tubi possono essere di diverso tipo: ad anello, a bicchiere, a manicotto.

Le riduzioni ad anello servono per avvitare imbrocchi maschio in imbrocchi femmina di diametro maggiore (Figura 9 a)

Per questo tipo di riduzione deve essere ricavata, sulla battuta della filettatura con diametro minore, una sagoma esagonale od a tacche per consentire l'avvitamento senza danni con apposito utensile.

Le riduzioni a bicchiere servono per avvitare imbrocchi maschio in altri imbrocchi femmina di diametro minore (Figura 9 b).

Le riduzioni a manicotto servono per avvitare imbrocchi maschio in altri imbrocchi maschio di diametro minore (Figura 9 c)

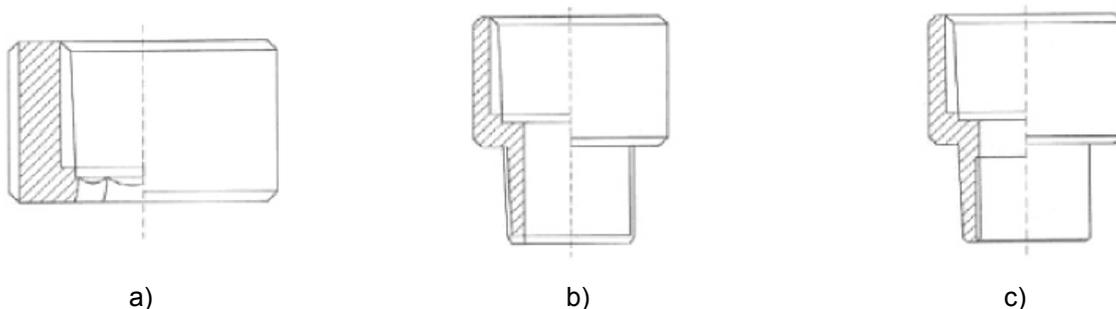


Figura 9 Riduzioni per tubi in acciaio di tipo pesante

9.10 REGOLE GENERALI PER GLI IMPIANTI ELETTRICI

9.10.1 Scelta delle costruzioni elettriche Ex

La scelta delle costruzioni elettriche Ex deve essere eseguita in modo che esse non possano innescare i gas previsti nelle zone 0, 1 e 2, con riferimento ai gruppi (I e II) e sottogruppi (IIA, IIB, IIC) e alle classi di temperatura (vedi capitolo 9.1.1).

9.10.2 Costruzioni elettriche Ex in zona 0

Secondo la direttiva 94/9/CE (DPR 23 marzo 1998, n. 126), in zona 0 sono ammessi prodotti del gruppo II, categoria 1 G.

Con riferimento alla norma EN 60079-14 (CEI 31-33), in zona 0 sono ammesse costruzioni elettriche e sistemi a sicurezza intrinseca "ia" e costruzioni elettriche non disponibili in esecuzione conforme alle norme EN, purché conformi a norme o guide nazionali, ad esempio le costruzioni con modo di protezione "s" certificate per zona 0.

La norma EN 50284 (CEI 31-43), ammette in zona 0 altre tipologie di costruzioni, basate su tecniche di doppie barriere di sicurezza tra loro indipendenti da cause di guasti comuni, quale ad esempio la combinazione di due modi di protezione adatti per zona 1.

9.10.3 Costruzioni elettriche Ex in zona 1

Secondo la direttiva 94/9/CE (DPR 23 marzo 1998, n. 126), in zona 1 sono ammessi prodotti del gruppo II, categoria 2G e, a maggior ragione, quelli di categoria 1 G.

Secondo la norma, le costruzioni elettriche che nel funzionamento normale possono produrre archi, scintille o temperature pericolose devono avere uno dei modi di protezione: d, p, q, o, e, ib, m, conformi a specifiche norme di costruzione e certificate da un organismo di certificazione.

Le costruzioni elettriche che nel funzionamento normale non producono archi, scintille o temperature pericolose possono avere modo di protezione "e" in conformità alle norme EN 50014 (CEI 31-8) e EN 50019 (CEI 31-7) certificate da un organismo di certificazione, oppure uno dei modi di protezione sopra indicati. Sono infine ammesse le costruzioni con modo di protezione "s" certificate per zona 1.

9.10.4 Costruzioni elettriche Ex in zona 2

Secondo la direttiva 94/9/CE (DPR 23 marzo 1998, n. 126), in zona 2 sono ammessi prodotti del gruppo II, categoria 3G e, a maggior ragione, quelli di categoria 2G e 1 G. Secondo la norma, in zona 2 è ammesso adottare le seguenti costruzioni elettriche.

a) Costruzioni elettriche con modo di protezione "n".

Si ricorda che le costruzioni elettriche che nel funzionamento normale possono produrre archi o scintille o temperature pericolose devono avere uno dei modi di protezione "nC", "nL", "nR", "nP", mentre le costruzioni elettriche che nel funzionamento normale non producono archi o scintille o temperature pericolose possono avere modo di protezione "nA".

b) Costruzioni elettriche di tipo industriale selezionato, conformi a norme riconosciute, che non presentano nel funzionamento normale archi, scintille o temperature pericolose e selezionate (valutate) da una persona esperta che si attribuisce la responsabilità della selezione stessa.

Di fatto questa "licenza" normativa non trova pratica applicazione nel nostro Paese. È meglio ricorrere al modo di protezione "n".

c) Costruzioni elettriche con modo di protezione "s" conformi a norme o leggi nazionali certificate per zona 2.

d) Costruzioni elettriche con modi di protezione ammessi per le zone 0 e 1 (a favore della sicurezza). I dispositivi di protezione dei motori con modo di protezione "e" installati in zona 2 devono arrestare il motore entro il tempo t_E (tempo di rotore bloccato) come se il motore fosse installato in zona 1.

Per quanto si riferisce alle macchine elettriche rotanti con modo di protezione "n" richiamate al punto a) occorre considerare che la norma di prodotto EN 50021 (CEI 31-11), seconda edizione del 2000. All'art. 10.1, prevede il rispetto della norma ENV 50021 (CEI 31-11), seconda edizione del 2000, all'art. 10.1, prevede il rispetto della norma ENV 50259, la alternativa, di lavaggio prima dell'avviamento, per le macchine a tensione nominale maggiore di 1000 V c.a. con modo di protezione "p", "e" ed "n".

La norma EN 50021 non dice invece nulla per le macchine con modo di protezione "n" a tensione nominale fino a 1000 V c.a.

Modo di protezione delle costruzioni Ex	Classificazione dei prodotti secondo la direttiva 94/9/CE		Zone di pericolo di esplosione			Paragrafo dove è descritto il modo di protezione
	Gruppo	Categoria	Zona 0	Zona 1	Zona 2	
"d"	II	2 G		■	□	9.1.2.1
"e"	II	2 G		■	□	9.1.2.2
"ia"	II	1 G	■	□	□	9.1.2.3
"ib"	II	2 G		■	□	9.1.2.3
"ma"	II	1 G	■	□	□	9.1.2.4
"m"	II	2 G		■	□	9.1.2.4
"n"	II	3 G			■	9.1.2.5
"o"	II	2 G		■	□	9.1.2.6
"p"	II	2 G		■	□	9.1.2.7
"q"	II	2 G		■	□	9.1.2.8
"s" per zona 0	II	1 G	■	□	□	9.1.2.9
"s" per zona 1	II	2 G		■	□	9.1.2.9
"s" per zona 2	II	3 G			■	9.1.2.9
Sovrapposizione di modi adatti per zona 1	II	1 G	■	□	□	9.1.2.10

Tabella 5 Scelta del modo di protezione in relazione alla zona d'installazione

- Il modo di protezione è *adatto* nel tipo di zona indicato in testa alla colonna
- Il modo di protezione è *adatto ad abbondanza* nel tipo di zona indicato in testa alla colonna
- Il modo di protezione è *proibito* nel tipo di zona indicato in testa alla colonna

Per le macchine rotanti conformi ai punti b) e c), è in pratica impossibile accertarsi che durante l'avviamento non avvenga alcun scintillio pericoloso, cioè capace di innescare un'eventuale atmosfera esplosiva.

Conviene quindi evitare tali macchine rotanti e utilizzare quelle con modo di protezione adatto per zona 1.

9.11 CONDUTTURE ELETTRICHE

9.11.1 Prescrizioni generali

9.11.1.1 Protezione meccanica

I cavi devono essere protetti contro eventuali danneggiamenti, dovuti soprattutto ad azioni meccaniche ma anche ad agenti chimici e sollecitazioni termiche.

In genere, le condutture devono essere protette contro le sollecitazioni meccaniche mediante tubi o canali almeno fino a 2,5 m di altezza dal piano di calpestio o di lavoro. Al di sotto di 2,5 m la protezione può essere omessa per le condutture installate dove il danneggiamento è possibile solo intenzionalmente.

9.11.1.2 Riscaldamenti e trasferimento di sostanze infiammabili

I conduttori devono essere disposti in modo da evitare pericolosi riscaldamenti per effetto induttivo; a tal fine è sufficiente che tutti i conduttori facenti parte dello stesso circuito siano raggruppati in un'unica conduttura, ad esempio un cavo multipolare, oppure un unico tubo contenente i conduttori unipolari di fase e di neutro.

Per impedire l'accumulo all'interno e/o il trasferimento di sostanze infiammabili da un ambiente ad un altro e da un ambiente pericoloso ad uno non pericoloso, devono essere opportunamente sigillate le aperture di passaggio delle condutture, l'interno di canali, condotti, cunicoli e tubi utilizzati per l'attraversamento di pareti (non i tubi protettivi dei cavi).

9.11.1.3 *Tipi di cavi e sezioni minime*

La norma non impone limitazioni particolari alla tipologia di cavi utilizzati nei luoghi con pericolo di esplosione.

In assenza di prescrizioni specifiche, i cavi devono essere adatti al tipo di posa ed alle condizioni ambientali previste nel rispetto delle norme generali impianti (ad es. norme CEI 64-8, 11-17) e delle norme di prodotto.

L'eventuale armatura o schermo metallico dei cavi per apparecchi mobili o trasportabili non può essere utilizzata come conduttore di protezione.

Per la posa in tubo, entro quadri o custodie, i cavi possono essere unipolari senza guaina protettiva esterna, se può essere escluso il danneggiamento durante la posa. Nei luoghi con pericolo d'esplosione la norma richiede soltanto cavi non propaganti la fiamma (CEI 20-35); i cavi non propaganti l'incendio (CEI 20-22) non sono obbligatori. Le barriere tagliafiamma devono avere caratteristiche di resistenza al fuoco almeno pari a quelle richieste per gli elementi costruttivi del solaio o parete in cui sono installate.

9.11.1.4 *Giunzioni e terminazioni dei cavi*

Le giunzioni e le derivazioni devono essere ben eseguite e mantenute nel tempo, per prevenire i cortocircuiti che potrebbero causare la rottura delle custodie (le custodie a prova di esplosione non sono provate per resistere all'arco interno).

In zona 1, le giunzioni realizzate con morsetti senza un totale ripristino dell'isolamento devono essere eseguite in costruzioni con modo di protezione "d" oppure "e".

In zona 2 le giunzioni realizzate con morsetti senza un totale ripristino dell'isolamento devono essere eseguite in costruzioni con modo di protezione "e" oppure "nA". In zona 1 e zona 2, le giunzioni con ripristino dell'isolamento possono essere eseguite in scatole d'infilaggio o anche in scatole senza particolari requisiti di sicurezza, purché col grado di protezione IP adeguato alle influenze esterne.

Le entrate dei cavi nelle costruzioni "d" possono essere eseguite con raccordi di bloccaggio o pressacavi "d".

Le entrate dei cavi nelle costruzioni "e" devono essere eseguite con pressacavi installati (o forniti) dal costruttore e stabiliti nel certificato di conformità o con tubi che assicurino il mantenimento del grado di protezione richiesto per la costruzione. Le entrate dei cavi nelle costruzioni con modo di protezione "nA" possono essere eseguite con pressacavi senza particolari requisiti, purché resistenti alle prove d'urto previste per la costruzione.

È ammesso interrompere la protezione meccanica dei cavi in vicinanza dell'ingresso nelle macchine o apparecchiature quando non si prevedono ragionevolmente dei danneggiamenti in quei punti.

I conduttori non utilizzati di cavi multipolari devono essere collegati a terra all'interno delle costruzioni elettriche alle quali i cavi sono collegati, oppure essere isolati con adeguati terminali; la semplice nastratura non è sufficiente.

9.11.2 *Condutture in tubo*

I tubi protettivi metallici (conduit systems) sono previsti dalla norma EN 60079-14 (CEI 31-33), ma non sono imposti in nessun tipo di zona, come invece richiedeva la norma CEI 64-2 per la zona 1 (impianti AD-PE).

Gli impianti senza tubo protettivo metallico corrispondono agli impianti AD-FE della norma CEI 64-2; il tubo protettivo (non metallico) è in genere richiesto fino a 2,5 m di altezza per la protezione meccanica, a meno che il cavo non sia armato.

Le condutture in tubo metallico sono particolarmente adatte negli impianti di industrie pesanti, chimiche (caso in esame) o petrolifere, dove le sollecitazioni di cui sopra si possono presentare nel funzionamento ordinario ed aumentare in occasione di interventi di manutenzione. Per le costruzioni elettriche con modo di protezione "d" tutti i componenti della condotta devono avere filettatura conica UNI 6125, (vedi Figura 10, Figura 11, Figura 12).

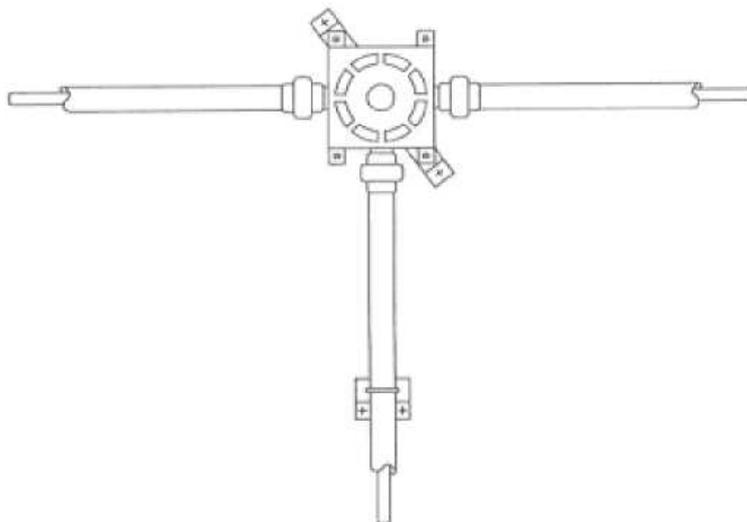


Figura 10 Tipica condotta in tubo con cassetta di infilaggio

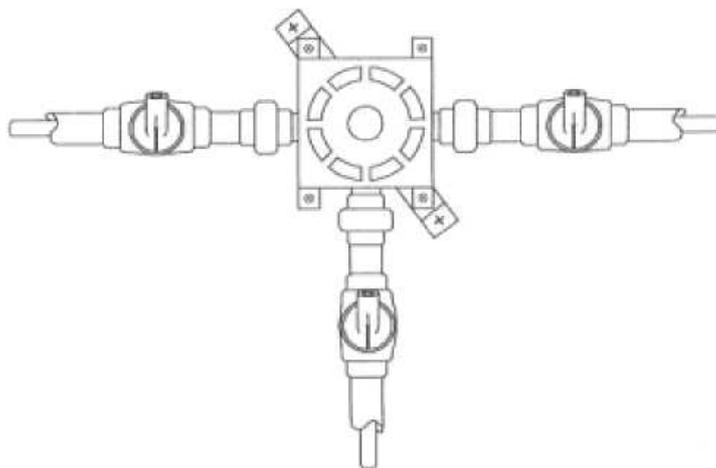


Figura 11 Tipici di condotta in tubo con cassetta di giunzione a prova di esplosione "d"

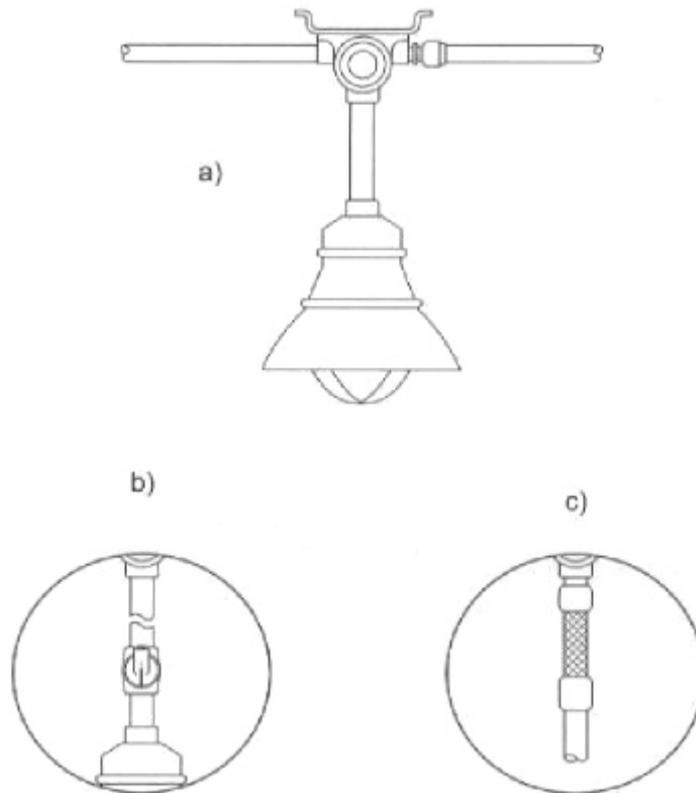


Figura 12 Tipici di collegamento tra scatola di infilaggio ed apparecchio di illuminazione "d"

9.11.2.1 Giunzioni e derivazioni

Le cassette di derivazione sono costruzioni elettriche Ex, inserite nei tubi allo scopo di permettere giunzioni o derivazioni; al loro interno sono previsti morsetti fissi con parti attive nude.

Le giunzioni e le derivazioni possono essere eseguite utilizzando i morsetti fissi previsti nella cassetta di derivazione oppure con morsetti volanti e ripristino totale dell'isolamento, nel qual caso possono essere eseguite anche in cassette d'infilaggio.

Le cassette di derivazione sono costruzioni elettriche Ex, pertanto non possono essere modificate in campo e tantomeno sostituiti i morsetti predisposti dal costruttore. I morsetti devono essere di tipo e dimensioni adatti ai cavi utilizzati.

È opportuno che i conduttori siano un po' più lunghi del necessario, per evitare trazioni sui morsetti e per consentire tagli in occasione di eventuali danni all'isolante per surriscaldamento dei morsetti stessi.

9.11.2.2 Installazione dei tubi protettivi

Le costruzioni a prova di esplosione (modo di protezione "d"), i raccordi a tre pezzi, i raccordi di bloccaggio, le cassette, i manicotti e gli altri accessori sono filettati in fabbrica, sicché l'installatore deve generalmente preoccuparsi solo della filettatura dei tubi, che deve essere eseguita con l'ausilio di calibri ed utensili per ottenere filetti completi, con la giusta conicità ove prevista, col diametro nominale prescritto dalla norma della filettatura e senza strappi sul filetto.

L'accoppiamento filettato deve assicurare che le parti siano serrate a fondo con almeno cinque filetti in presa, norma EN 60079-14 (CEI 31-33).

Le curve devono essere realizzate per piegatura diretta a freddo del tubo, oppure con curve a gomito prefabbricate o con cassette ad angolo; i raggi di curvatura non devono essere inferiori a sei volte il diametro esterno del tubo.

Il raggio di curvatura minimo deve essere aumentato, se ciò è imposto dalle caratteristiche meccaniche dei tubi.

9.11.2.3 Installazione dei tubi flessibili

Quando le costruzioni elettriche sono soggette a movimento nell'uso o a vibrazioni devono essere utilizzati tubi flessibili per il collegamento con l'impianto fisso.

Tubi flessibili devono essere utilizzati come rompitratta anche quando una condotta passa da una struttura ad un'altra con possibilità indipendenti in movimento. I tubi installati a valle del raccordo di bloccaggio (tra la costruzione elettrica ed il raccordo stesso) sono componenti Ex.

I tubi installati a monte (lato linea) del raccordo di bloccaggio sono accessori Ex.

9.11.2.4 Installazione dei bocchettoni

I bocchettoni, detti anche raccordi o giunti a tre pezzi, vengono installati soprattutto sulle custodie delle costruzioni elettriche con modo di protezione "d", per permetterne lo smontaggio senza disfare il raccordo di bloccaggio (vedi Figura 15).

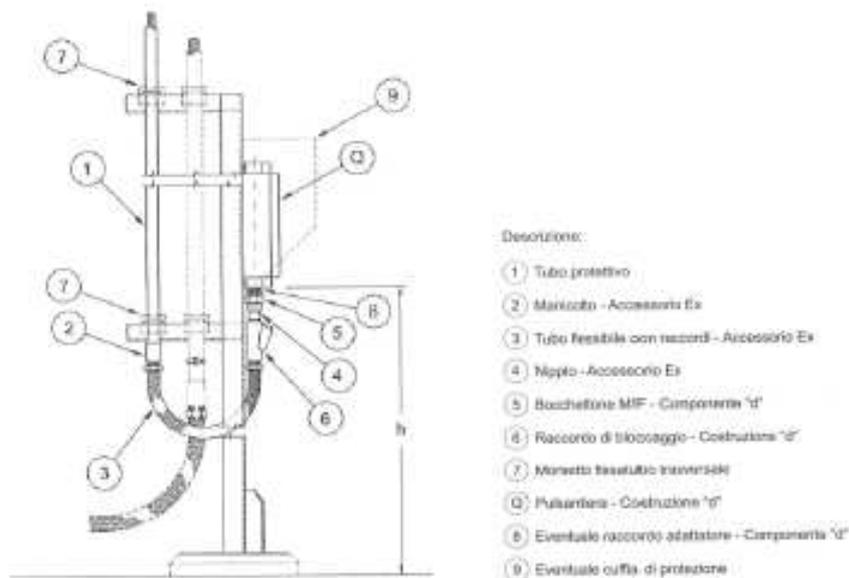


Figura 13 Tipico collegamento in tubo di una pulsantiera a prova di esplosione "d"

9.11.2.5 Installazione dei raccordi di bloccaggio

I raccordi di bloccaggio devono essere installati nei punti di seguito indicati.

1. Dove la condotta in tubo entra, o esce, da un luogo pericoloso.
2. Entro 450 mm da tutte le costruzioni con modo di protezione "d" all'interno delle quali, in funzionamento normale si possono verificare archi o scintille o superare le massime temperature superficiali ammesse.
3. Sui tubi di diametro 50 mm o maggiore che entrano od escono da una custodia che contiene giunzioni, terminazioni e simili, per le quali l'isolamento non sia stato ripristinato mediante lastratura, guaina termorestringente e simili (vedi figura Figura 15).

I raccordi di bloccaggio devono essere installati quanto più vicino possibile alle costruzioni elettriche "d", come previsto dalla norma EN 50018 (CEI 31-1), perché le stesse non siano sottoposte alle sollecitazioni dovute all'accensione di un volume di miscela esplosiva, maggiore di quello per il quale essa è stata provata.

I raccordi di bloccaggio, dopo l'installazione dei cavi e prima della messa in servizio dell'impianto, devono essere bloccati, cioè sigillati al loro interno, con l'apposita miscela. Le caratteristiche e le modalità di utilizzo della miscela di bloccaggio sono indicate nella tabella CEI-UNEL 95140 e nelle istruzioni del costruttore.

Nei tubi installati verticale possono essere utilizzati raccordi di bloccaggio per tubi verticali, sigla GV (Vedi Figura 14a) o per tubi verticali o orizzontali, sigla GZ, detti anche universali (Vedi Figura 14b e Figura 15).

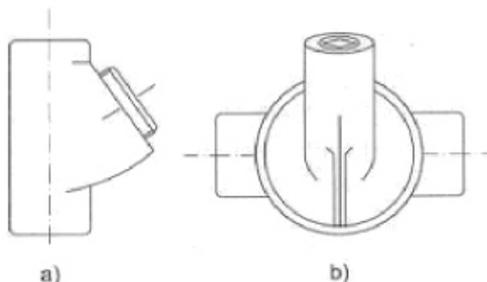


Figura 14 Raccordi di bloccaggio a prova di esplosione "d"

Nei tubi installati orizzontali devono essere utilizzati sono raccordi di bloccaggio per tubi verticali ed orizzontali, sigla GZ non possono essere utilizzati raccordi di bloccaggio tipo GV.

L'uso di raccordi tipo GV per tubi verticali nelle installazioni orizzontali è un grave errore, perché è impossibile un loro corrette riempimento (Vedi Figura 16).

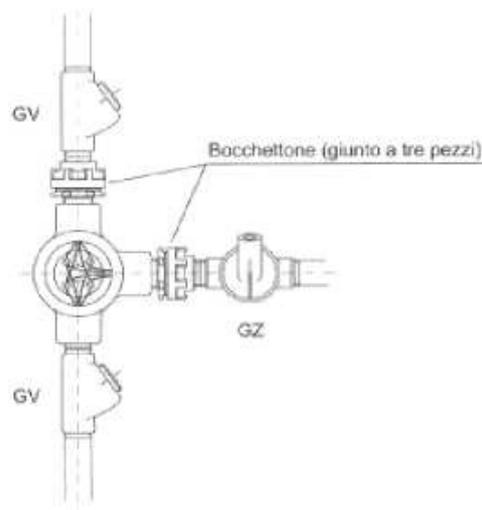


Figura 15 Tipica installazione di raccordi di bloccaggio negli impianti in tubo

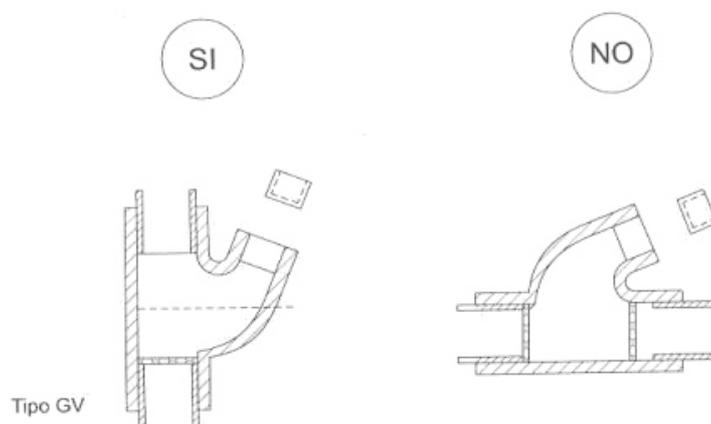


Figura 16 I raccordi di bloccaggio tipo GV vanno installati solo su tubi verticali

Se il raccordo di bloccaggio tipo GZ viene installato su tubi orizzontali, il coperchio non deve essere mai posto in posizione orizzontale, ma verticale lateralmente al tubo con il tappo di riempimento rivolto verso l'alto (Vedi Figura 17).

inoltre, il raccordo di bloccaggio deve essere leggermente inclinato in modo che il semiasse "o-x" (Vedi Figura 18) si trovi al di sopra del piano orizzontale passante per "o", onde evitare eventuali formazioni di bolle d'aria durante il riempimento della miscela.

Se il raccordo di bloccaggio tipo GZ viene installato su tubi verticali, il coperchio deve essere verticale con il tappo di riempimento rivolto verso l'alto (Vedi Figura 19).

Prima di versare la miscela di bloccaggio, bisogna chiudere con cascame di fibre naturali o sintetiche, l'interstizio fra il cavo e la parete del tubo e, quando i cavi sono più di uno, gli interstizi tra i singoli cavi, per ottenere un loro di stanziamento che consenta alla miscela di incunearsi tra essi (Vedi Figura 20).

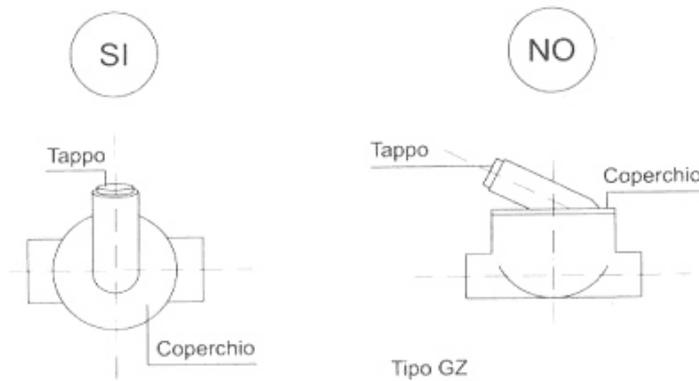


Figura 17 Raccordo di bloccaggio tipo GZ installato sul tubo orizzontale

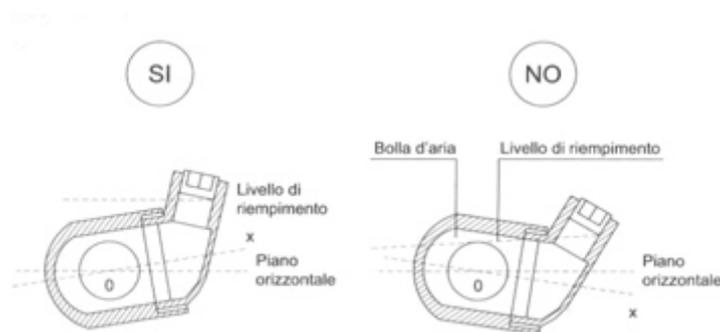


Figura 18 Raccordo di bloccaggio tipo GZ installato sul tubo orizzontale

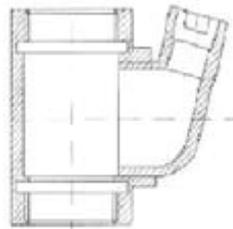


Figura 19 Raccordo di bloccaggio tipo GZ, installato sul tubo verticale

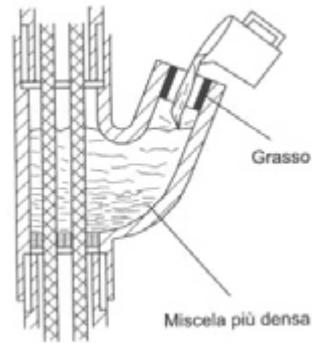


Figura 20 Il primo strato di miscela indurita sul fondo evita il trafilamento della miscela

Non è necessario installare raccordi di bloccaggio in corrispondenza delle "cassette d'infilaggio" o delle cassette di derivazione dove le giunzioni dei cavi siano state eseguite correttamente e ne sia stato ripristinato l'isolamento, ad esempio mediante lastratura, guaine termorestringenti (Vedi Figura 21).

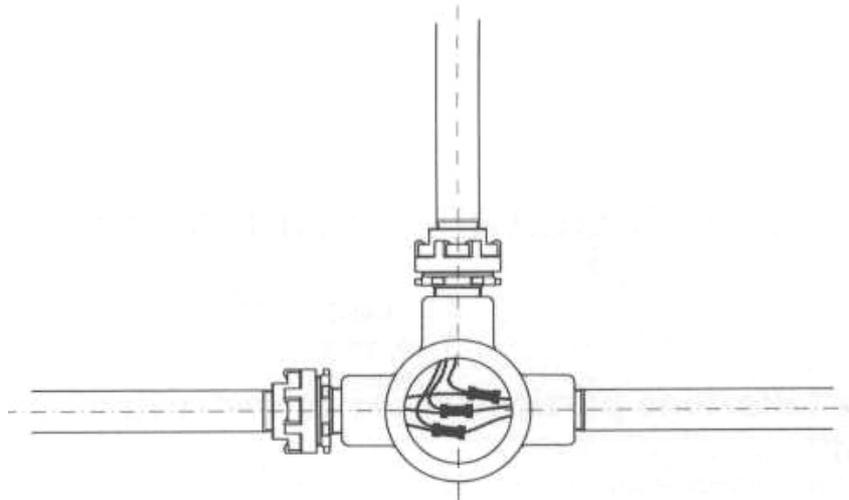


Figura 21 Tipica installazione di una cassetta di derivazione con ripristino dell'isolamento

9.11.3 Altre costruzioni e accessori

Quando la custodia a prova di esplosione è certificata per l'ingresso in tubo ma esiste la necessità di realizzare un ingresso in cavo, sull'imbocco d'ingresso filettato può essere installato un adattatore a prova di esplosione completo ad esempio di passanti per i cavi e morsetti "e" (Vedi Figura 22).

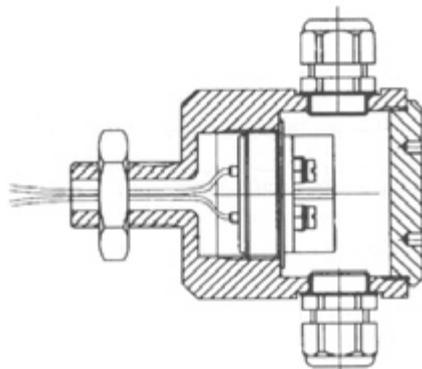


Figura 22 Adattatore a prova di esplosione "d"

Per la realizzazione di condutture in tubo possono essere utilizzati altri accessori oltre quelli descritti nei punti seguenti, quali ad esempio:

- Tappi, utilizzati per chiudere imbrocchi con filettatura femmina non usati;
- Manicotti, utilizzati per avvitare due imbrocchi maschio, di solito due tubi protettivi dello stesso diametro;
- Nippli, che sono spezzoni di tubo protettivo, filettati alle due estremità, che servono per unire componenti e/o costruzioni elettriche con imbrocco femmina;
- Riduzioni

9.12 REGOLE PARTICOLARI PER GLI IMPIANTI ELETTRICI

9.12.1 Regole di installazione particolari per le costruzioni elettriche a prova di esplosione "d"

Secondo la norma, le costruzioni a prova di esplosione modo di protezione "d" devono essere installate con i bordi dei giunti piani posti ad una distanza minima da ostacoli rigidi, quali ad esempio pareti, strutture, staffe, tubazioni (vedi Figura 23) il valore di tale distanza minima dipende dal sottogruppo del gas o vapore (vedi Tabella 6).

Gruppo del gas o vapore	Distanza minima (mm)
IIA	10
IIB	20
IIC	30

Tabella 6 Distanza minima tra ostacoli rigidi e giunti piani di costruzioni a prova di esplosione

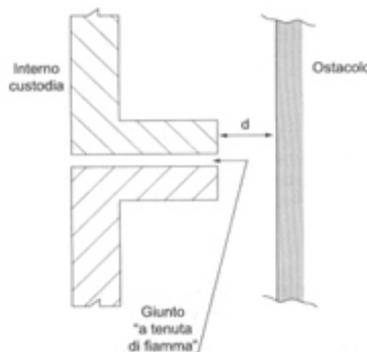


Figura 23 Minima distanza "d" tra ostacoli rigidi e giunti piani di costruzioni a prova di esplosione

Le condutture (cavo o cavo in tubo) possono entrare nelle costruzioni elettriche a prova di esplosione in modo diretto o in modo indiretto.

Le entrate dirette sono quelle in cui le condutture entrano direttamente nella costruzione "d", (vedi Figura 24).



Figura 24 Sistema di entrata diretta della condotta (cavo o tubo) in una costruzione Ex d

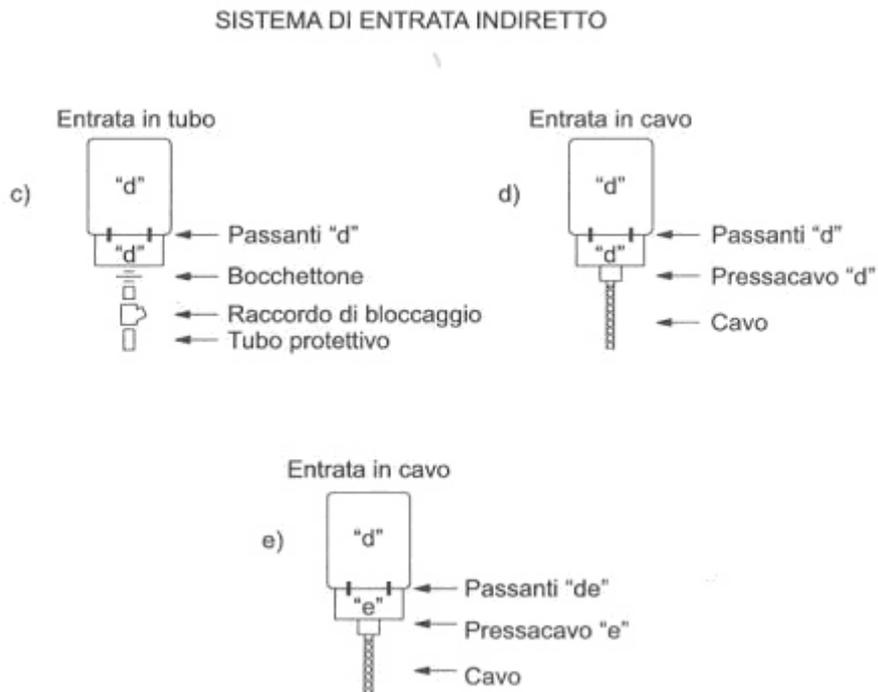


Figura 25 Sistema di entrata indiretta della condotta (cavo o tubo) in una costruzione Ex d

Le entrate indirette sono quelle in cui le condutture non entrano direttamente nella costruzione "d", ma si attestano in un'altra costruzione, generalmente a prova di esplosione o a sicurezza aumentata (vedi Figura 25) nella quale sono alloggiati i morsetti di connessione, il collegamento tra i morsetti e l'apparecchio contenuto nella costruzione "d" è fatto dal costruttore stesso che, per l'attraversamento della parete tra le due costruzioni (ad es. tra morsettiera e corpo di un motore), utilizza dei passanti.

9.12.2 Regole di installazione particolari per le costruzioni elettriche a prova di esplosione "e"

Nel modo di protezione "e", la sicurezza dipende dalle caratteristiche proprie della costruzione elettrica e non da un involucro o barriera esterna ad essa, eventuali errori d'installazione o d'uso possono perciò compromettere facilmente la sicurezza contro l'esplosione. I punti più critici da considerare per l'uso corretto di una costruzione a sicurezza aumentata sono:

- le connessioni al circuito esterno;
- la scelta dei dispositivi di protezione.

Il collegamento del cavo di alimentazione ai morsetti della costruzione deve avvenire in modo corretto, pena il decadimento del modo di protezione stesso.

I cavi devono essere spelati solo per il tratto necessario per la connessione, così da lasciare esposta, a connessione eseguita, la minor parte possibile di conduttore nudo; alle morsettiere deve essere collegato un solo conduttore della sezione prevista per ogni morsetto.

Nelle morsettiere a morsetti componibili i ponti di parallelo vanno effettuati fra morsetti adiacenti con gli appositi accessori.

I cavi di grosse dimensioni non devono forzare con il loro peso sulla connessione.

10 MANUFATTI IN CEMENTO ARMATO GETTATO IN OPERA

10.1 GENERALITA'

Il presente disciplinare riporta le prescrizioni tecniche (di fornitura e di posa in opera), le prove di qualifica e le norme di riferimento sia per il calcestruzzo sia per l'acciaio tondo da cemento armato da utilizzare per la realizzazione di manufatti che devono entrare in contatto con acque reflue di origine urbana.

In questo caso le prescrizioni tecniche, oltre a preservare il calcestruzzo armato dal degrado promosso dalle innumerevoli sostanze aggressive presenti nelle acque di fognatura, devono garantire anche l'esigenza della tenuta idraulica poiché le acque reflue possono contenere sostanze nocive per l'ambiente e per le quali risulta di particolare importanza evitare perdite che possono inquinare le acque di falda o i terreni circostanti le strutture.

I requisiti dei materiali devono essere individuati in fase di progetto e riportati sottoforma di prescrizioni all'interno de:

- gli elaborati grafici di progetto
- la relazione tecnica sui materiali: nella quale tra l'altro lo stesso team di progettazione, secondo il D.M.2008, deve indicare anche le regole e la durata della maturazione del calcestruzzo

I Produttori di calcestruzzo preconfezionato, in accordo a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.14/01/08), dovranno possedere impianti dotati di un Sistema di Controllo della Produzione (FPC) effettuata in accordo a quanto contenuto nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato (2003) certificato da un organismo terzo indipendente autorizzato che opera in coerenza con la UNI EN 45012.

I produttori di acciaio tondo per cemento armato, per ogni loro prodotto, dovranno possedere l'Attestato di Qualificazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e dovranno essere inseriti nel Catalogo Ufficiale dei Prodotti Qualificati reso disponibile dal Servizio tecnico Centrale.

Per quanto non specificato presente nel disciplinare, si fa riferimento alla normativa indicata nel paragrafo successivo.

10.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per Costruzioni

Linee Guida per il Calcestruzzo Preconfezionato

Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale

Linee Guida sui Calcestruzzi Strutturali ad Alta Resistenza

D.P.R. 246/93 Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione

UNI EN 206-1:2006 Calcestruzzo, Specificazione, prestazione, produzione e conformità

UNI 11104:2004 Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

UNI EN 197-1: 2006 Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni

UNI 9156 Cementi resistenti ai solfati

ISO 9001:2000 Sistema di gestione per la qualità. Requisiti

UNI EN 12620 Aggregati per calcestruzzo

UNI 8520 Parte 1 e 2	Aggregati per calcestruzzo-Istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della norma UNI-EN 12620 - Requisiti
UNI EN 1008:2003	Acqua d'impasto per il calcestruzzo
UNI EN 934-2	Additivi per calcestruzzo
UNI EN 450	Ceneri volanti per calcestruzzo
UNI-EN 13263 parte 1 e 2	Fumi di silice per calcestruzzo
UNI EN 12350-2	Determinazione dell'abbassamento al cono
UNI EN 12350-5	Determinazione dello spandimento alla tavola a scosse
UNI EN 12350-7	Misura del contenuto d'aria sul calcestruzzo fresco
UNI 7122	Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità di acqua d'impasto essudata
UNI EN 12390 Parte 1, 2, 3 e 4	Procedura per il confezionamento dei provini destinati alla valutazione della resistenza meccanica a compressione
prEN 13791	Valutazione della resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo(in situ) della struttura in opera
UNI EN 12504-1:2002	Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Carote: valutazione della resistenza a compressione
EN 10080 Ed. maggio 2005	Acciaio per cemento armato
UNI EN ISO 15630 -1/2	Acciai per cemento armato: Metodi di prova
EUROCODICE 2- UNI ENV 1992	Progettazione delle strutture in c.a.
UNI ENV 13670-1	Execution of concrete structures
UNI 8866	Disarmanti

10.3 CALCESTRUZZO

10.3.1 Costituenti del calcestruzzo

10.3.1.1 Cementi

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104 , conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce , sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

10.3.1.2 Aggiunte

Per le aggiunte di tipo I (aggiunte praticamente inerti) si farà riferimento alla norma UNI EN 12620.

Per le aggiunte di tipo II (aggiunte pozzolaniche o ad attività idraulica latente) si farà riferimento alla UNI 11104 punto 4.2 e alla UNI EN 206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

Ceneri volanti (ceneri di carbone o fly ash)

Le ceneri provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620 possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNI-EN 450, definito al punto 5.2.5.2 della UNI-EN 206-1 verrà desunto in accordo al prospetto 3 della UNI 11104, qui di seguito riportato per comodità.

Tipo di cemento	Classi di resistenza	Valori di k
CEM I	32.5 N,R	0,2
CEM II	42.5 N,R 52.5 N,R	0,4
CEM IIA	32.5 N,R 42.5 N,R	0,2
CEM IIIA	32.5 N,R 42.5 N,R	0,2
CEM IVA	32.5 N,R 42.5 N,R	0,2
CEM VA	32.5 N,R 42.5 N,R	0,2

Fumo di silice (microsilice o silica fume)

I fumi di silice provenienti dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferrosilicio, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 13263 parte 1 e 2 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Il fumo di silice può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), come sospensione liquida ("slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice e additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente (paragrafo 10.3.2.4).

In deroga a quanto riportato al punto 5.2.5.2.3 della norma UNI EN 206 la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del rapporto acqua/cemento equivalente e del contenuto di cemento deve soddisfare il requisito: fumo di silice = 7% rispetto alla massa di cemento.

Se la quantità di fumi di silice che viene utilizzata è maggiore, l'eccesso non deve essere considerato agli effetti del concetto del valore k.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi impiegando esclusivamente con cementi tipo I e CEM II-A di classe 42,5 e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto $\leq 0,45$ $k = 2,0$
- per un rapporto acqua/cemento prescritto $> 0,45$ $k = 2,0$ eccetto $k = 1,0$ per le classi di esposizione XC e XF.

La quantità (cemento + $k \cdot$ quantità fumo di silice) non deve essere minore del dosaggio minimo di cemento richiesto ai fini della durabilità in funzione della classe (delle classi) di esposizione ambientale in cui la struttura ricade.

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopramenzionati è subordinato all'approvazione preliminare della D.L.

10.3.1.3 *Aggregati*

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/m³. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continuino a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità specificati nel paragrafo 10.2.8.

Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2300 Kg/m³. Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 preferibilmente dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2600 kg/m³.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO₃ da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

Aggregati di riciclo

In attesa di specifiche normative sugli aggregati di riciclo è consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tabella che segue, a condizione che il calcestruzzo possenga i requisiti reologici, meccanici e di durabilità di cui al paragrafo 10.2.3. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica saranno effettuate secondo i prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma UNI EN 12620; per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 ton di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Al fine di individuare i requisiti chimico-fisici aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali, occorrerà fare specifico riferimento alla UNI 8520 parti 1 e 2

Origine del materiale da riciclo	Rck [MPa]	Percentuale di impiego
Demolizioni di edifici (macerie)	= 10	fino al 100%
Demolizioni di solo cls e c.a.	≤ 37	≤ 30%
	≤ 25	fino al 60%
Riutilizzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati – da qualsiasi classe di calcestruzzi >C(45/55)	≤ 55	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo d'origine	fino al 5%

10.3.1.4 Additivi

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l' idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto.

Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Tutti gli additivi utilizzati per i calcestruzzi che dovranno entrare in contatto con acqua destinata al consumo umano, dovranno essere conformi alle prescrizioni del D.M. n° 174 del 06.04.2004 e del D.Lgs n°31 del 02.02.2001.

Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Al fine di ottenere il corretto rapporto a/c e la classe di lavorabilità prevista dalla tabella 4.7.b si dovranno impiegare nel calcestruzzo additivi superfluidificanti conformi alla norma UNI EN 934-2, sia per quanto riguarda le caratteristiche chimico-fisiche che quelle prestazionali. Il dosaggio degli additivi dovrà essere conforme a quello dichiarato dalle schede tecniche del produttore. Nel caso in cui una miscela richieda un dosaggio superiore a tali limiti per garantire le prestazioni richieste fino alla fine dello scarico della betoniera, si dovrà passare all'impiego di un additivo con prestazioni superiori, per evitare problemi di segregazione ed influenzare i tempi di presa del calcestruzzo.

Additivi aeranti

In caso di conglomerati cementizi per la realizzazione di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo dovranno essere utilizzati specifici additivi aeranti, come prescritto dalle normative UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004, al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni di cui ai successivi punti relativi al contenuto di aria occlusa.

Additivi ritardanti

Additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche (es. periodo estivo);
- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

Additivi acceleranti

Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Antievaporanti

Eventuali prodotti antievaporanti filmogeni devono rispondere alle norme UNI da 8656 a 8660. L'Appaltatore deve sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione; egli deve accertarsi, che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

Disarmanti

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.

Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla Norma UNI 8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

10.3.1.5 Acqua d'impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

10.3.2 Caratteristiche della miscela

10.3.2.1 Prescrizioni per la durabilità

Ogni calcestruzzo dovrà soddisfare i seguenti requisiti di durabilità in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004 e dalle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale.

Tali requisiti dovranno essere prescritti dal progettista il quale non dovrà trascurare gli effetti dell'ambiente sui materiali da costruzione: in particolare è vincolato a considerare le caratteristiche fisico-meccaniche del calcestruzzo, allo stato fresco e indurito, al fine di garantire la durabilità delle prestazioni del materiale e della struttura durante l'intera vita d'uso della struttura stessa. Tali prescrizioni per le opere di contenimento di acqua dovranno garantire anche una bassa permeabilità del conglomerato. A tal fine dovranno essere sempre indicati i seguenti requisiti minimi:

REQUISITI DI BASE per prescrivere un calcestruzzo a prestazione garantita sono:

1) Per il calcestruzzo ordinario:

- Richiesta di conformità alla Uni En 206-1:2006 ;
- Classe, o combinazione di classi, di esposizione ambientale (Prospetto 1- Uni 11104:2004);
- Classe di resistenza caratteristica minima a compressione (Prospetto 4- Uni 11104:2004);
- Rapporto acqua/cemento massimo
- Contenuto minimo di cemento
- Dimensione massima nominale dell'aggregato;

- Classe di consistenza (lavorabilità al getto – vedi tabelle in 3.2.5);
- Classe di contenuto in cloruri (Uni En 206-1:2006).

In conformità alla UNI EN 206-1:2006 sono ammesse le prescrizioni delle consistenze anche attraverso dei valori di riferimento e le rispettive tolleranze per il controllo.

2) per il calcestruzzo leggero

- I medesimi requisiti di base del cls ordinario e in aggiunta:
- La classe di massa volumica, o il valore di riferimento per la massa volumica.

3) per il calcestruzzo pesante:

- I medesimi requisiti di base del cls ordinario e in aggiunta:
- Il valore di riferimento per la massa volumica

Nel caso vengano richiesti, al fine di garantire particolari prestazioni del materiale e della struttura, devono essere indicati anche eventuali REQUISITI AGGIUNTIVI

Per i getti massivi:

- Tipi o classi speciali di cemento (es. cemento a basso calore di idratazione conforme alla uni en 197-1);
- Sviluppo di calore durante l'idratazione;

Per strutture in clima rigido;

- Tipi o classi speciali di aggregato (es. aggregati non gelivi);
- Caratteristiche richieste per la resistenza al gelo-disgelo, per esempio il contenuto di aria;

Per strutture idrauliche:

- Resistenza alla penetrazione dell'acqua;

Per particolari esigenze di cantiere:

- Sviluppo della resistenza (es. struttura da realizzare e caricare a brevi stagionature, inferiori a 28 giorni);
- Presa ritardata;

E ancora:

- Resistenza all'abrasione;
- Resistenza alla trazione indiretta;
- Finiture particolari
- Metodi speciali di messa in opera

10.3.2.2 Classi di resistenza

Per indicare la classe di resistenza si utilizza nel seguito la simbologia Cxx/yy ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica fck e yy il valore della resistenza caratteristica cubica Rck, entrambi espressi in N/mm² (1 N/mm² ≅ 10 Kg/cm²).

Tabella 3.1 - Classi di resistenza del calcestruzzo

Classe di resistenza	fck (N/mm²)	Rck (N/mm²)	Categoria del calcestruzzo
C8/10	8	10	NON

Classe di resistenza	fck (N/mm ²)	Rck (N/mm ²)	Categoria del calcestruzzo
C12/15	12	15	STRUTTURALE
C16/20	16	20	
C20/25	20	25	STRUTTURALE ORDINARIO
C25/30	25	30	
C28/35	28	35	
C32/40	32	40	
C35/45	35	45	
C40/50	40	50	
C45/55	45	55	
C50/60	50	60	ALTE PRESTAZIONI
C55/67	55	67	
C60/75	60	75	
C70/85	70	85	ALTA RESISTENZA
C80/95	80	95	
C90/105	90	105	

10.3.2.3 Classi di esposizione ambientale

Ai fini di una corretta scelta del tipo e classe di calcestruzzo è fondamentale stabilire l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale dovrà essere inserito.

Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme di tutte le azioni chimiche e fisiche alle quali si presume che il calcestruzzo possa essere esposto durante il periodo di vita delle opere e che causano effetti che non possono essere classificati come azioni dirette (carichi) o indirette (deformazioni impresse, cedimenti, variazioni termiche) nella progettazione strutturale.

A seconda di tali azioni, sono individuate, nelle norme UNI 11104:2004 e UNI EN 206 - 1:2006 le classi e sottoclassi di esposizione ambientale elencate nella tabella seguente.

Tabella 3.2 - Classi di esposizione ambientale del calcestruzzo (prospetto 1 Uni 11104:2004)

Classe	Ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali
1 – Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco al calcestruzzo		
X0	Molto secco	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa
2 – Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo		
XC1	Secco	Interni di edifici con umidità relativa bassa
XC2	Bagnato, raramente secco	Parti di strutture di contenimento liquidi; Fondazioni
XC3	Umidità moderata	Interni di edifici con umidità da moderata ad alta – Calcestruzzo all'esterno riparato dalla pioggia
XC4	Ciclicamente secco e bagnato	Superfici a contatto diretto con acqua non comprese nella classe XC2
3 – Corrosione indotta dai cloruri		

Classe	Ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali
XD1	Umidità moderata	Superfici esposte a spruzzi diretti d'acqua contenente cloruri
XD2	Bagnato, raramente secco	Piscine – Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente secco e bagnato	Parti di ponti - Pavimentazioni - Solette di parcheggi per auto
4 – Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare		
XS1	Esposizione alla salsedine marina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture sulla costa o in prossimità della costa
XS2	Zone sommerse	Parti di strutture marine
XS3	Zone di maree, zone soggette a spruzzi	Parti di strutture marine
5 – Attacco da cicli di gelo/disgelo		
XF1	Grado moderato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti	Superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Grado moderato di saturazione, in presenza di agenti disgelanti	Superfici verticali di opere stradali esposte al gelo e ad agenti disgelanti nebulizzati nell'aria
XF3	Grado elevato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti	Superfici orizzontali esposti alla pioggia e al gelo
XF4	Grado elevato di saturazione, in presenza di agenti disgelanti	Impalcati stradali e ponti esposti ad agenti disgelanti – Superfici verticali e orizzontali esposte al gelo e a spruzzi d'acqua contenenti agenti disgelanti
6 – Attacco chimico		
XA1	Aggressività debole	
XA2	Aggressività moderata	
XA3	Aggressività forte	

Tabella 3.3 - Classi di esposizione ambientale - Attacco chimico

	GRADO DI ATTACCO		
	XA1 (debole)	XA2 (moderato)	XA3 (forte)
Agente aggressivo nelle acque			
Ph	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	4,5 - 4,0
CO ₂ aggressiva [mg/l]	15 - 30	30 - 60	60 - 100
ioni ammonio NH ₄ ⁺ [mg/l]	15 - 30	30 - 60	60 - 100
ioni magnesio Mg ⁺⁺ [mg/l]	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
ioni solfato SO ₄ ⁼ [mg/l]	200 - 400	400 - 1500	1500 - 6000
Agente aggressivo nel terreno			
ioni solfato SO ₄ ⁼ mg/kg di terreno seccato all'aria	2000 - 6000	6000 - 12000	> 12000

Di seguito è riportato il prospetto 4 della UNI 11104 con le indicazioni prestazionali minime per il calcestruzzo in funzione delle classi di esposizione ambientale.

	Classi di esposizione																
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione						Corrosione delle armature indotta da cloruri						Ambiente aggressivo per attacco chimico			
		Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti			Attacco da cicli di gelo/disgelo			Ambiente aggressivo per attacco chimico						
	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c					0,50	0,50	0,50	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza ¹⁾	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	32/40	25/30	28/35	28,35	32/40	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)		300	320	340	340	340	360	320	340	360	320	340	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)																	
Altri requisiti													3,0 ⁹⁾				
¹⁾ Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi. a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione. b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.																	

10.3.2.4 Rapporto a/c

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

(a_{aggr}) => quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);

(a_{add}) => aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m³) o le aggiunte minerali in forma di slurry (sospensione liquida);

(a_m) => aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add}$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati sono:

c => dosaggio per m³ di impasto di cemento;

cv => dosaggio per m³ di impasto di cenere volante;

fs => dosaggio per m³ di impasto di fumo di silice;

K_{cv} ; K_{fs} => coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104 (vedi paragrafi 10.2.2.1 e 10.2.2.2).

Tenuta idraulica

Nelle vasche adibite al contenimento di acqua, il calcestruzzo deve garantire oltre che una bassa diffusività agli agenti aggressivi ai fini della durabilità, anche una bassa permeabilità ai fini della tenuta idraulica.

Entrambi i requisiti si raggiungono attraverso un idoneo valore del rapporto a/c del calcestruzzo.

Per le vasche di impianti di depurazione, si considera come accettabile una profondità di penetrazione massima dell'acqua nel calcestruzzo minore di 10 mm¹ (misurata nelle condizioni previste dalla UNI EN 12390-8 – norma richiamata anche dalle NTC ²), da letteratura è noto che questo equivale ad un coefficiente di permeabilità $K \leq 1 \cdot 10^{-13}$ m/s (secondo Darcy) ottenibile in pratica con calcestruzzi aventi rapporti a/c $\leq 0,50$ e pertanto una resistenza non inferiore a $C(32/40)$ ³.

Per contribuire a diminuire la permeabilità del calcestruzzo si può aggiungere nel mix design il fumo di silice (o di altre aggiunte a comportamento pozzolanico) il quale riduce la capillarità della matrice cementizia.

L'utilizzo degli additivi impermeabilizzanti non migliora l'impermeabilità del calcestruzzo poiché la loro funzione è quella di ridurre l'assorbimento capillare e di ostacolare la migrazione di acqua non in pressione all'interno del calcestruzzo.

¹ La DIN 1045 definisce come calcestruzzi impermeabili quelli la cui profondità di penetrazione massima dell'acqua sotto pressione non supera – su di uno spessore di almeno 40 cm – il valore di 50 mm. La UNI 9858 impone il valore massimo di penetrazione nel calcestruzzo pari a 20 mm.

² Provino cubico sottoposto per 3 giorni d una pressione d'acqua di 5 atm

³ Tali valori sono stati evidenziati a seguito dell'esperienze dopo anni di esperienze su provini utilizzando la metodologia della UNI EN 12390-8

Hanno invece un effetto positivo sulla tenuta idraulica gli additivi superfluidificanti che migliorano la lavorabilità del calcestruzzo, e pertanto la successiva compattazione (vedi par. 10.6.1.2), senza intervenire sul rapporto a/c.

Risultano utili anche gli additivi compensatori di ritiro.

10.3.2.5 Classi di consistenza – lavorabilità

La lavorabilità è un indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto in sito nella cassaforma o tra la produzione e la finitura.

La lavorabilità viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza. La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche e, di conseguenza, può essere valutata solo in modo relativo, sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova.

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo.

In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

Tabella 3.4 - Classi di consistenza mediante misura dell'abbassamento al cono

Classe di consistenza	Abbassamento Mm	Denominazione corrente
S1	da 10 a 40	Umida
S2	da 50 a 90	Plastica
S3	da 100 a 150	Semifluida
S4	da 160 a 210	Fluida
S5	≥ 210	Superfluida

Tabella 3.5 - Classi di consistenza mediante misura dello spandimento

Classe di consistenza	Spandimento Mm
FB1	≤ 340
FB2	da 350 a 410
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550
FB5	da 560 a 620

FB6	≥ 630
-----	------------

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera.

La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere.

Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L. :

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto.

Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti.

In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possenga i requisiti di lavorabilità prescritti.

Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

Le miscele a consistenza plastica - semifluida cadono nel campo di maggior sensibilità del metodo di abbassamento al cono.

In generale, data la selettività dei vari metodi di prova, si raccomanda di interpretare con cautela i risultati delle misure quando i valori cadono al di fuori dei seguenti limiti:

- abbassamento al cono: < 10 mm > 210 mm
- spandimento: < 340 mm > 620 mm

In relazione ai campi di sensibilità di cui sopra, è data facoltà all'Appaltatore, con approvazione da parte della Direzione Lavori, anche la qualifica dei calcestruzzi con uno slump di riferimento sulla base delle indicazioni della UNI EN 206-1:2006.

Per le vasche degli impianti di depurazione è consigliato l'uso di calcestruzzi almeno con classe di consistenza S4 per le platee e S5 per le pareti.

10.3.2.6 Granulometria degli aggregati e Dmax

La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai precedenti paragrafi 10.3.2.2 e 10.3.2.5. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità),

quelle di resistenza meccanica a compressione, di durabilità e di tenuta idraulica richieste per il conglomerato.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di:

- $\frac{1}{4}$ della sezione minima dell'elemento da realizzare,
- dell'interfero ridotto di 5 mm,
- dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

10.3.2.7 Requisiti minimi delle miscele in funzione del loro campo di impiego

Per le strutture degli impianti di depurazione occorre valutare attraverso un'analisi chimica delle acque la presenza di eventuali sostanze che possono promuovere il degrado del calcestruzzo o delle armature.

Le sostanze aggressive presenti nei reflui (quali i solfati e l'ammonio) possono essere innumerevoli; pertanto, risulta praticamente impossibile poter generalizzare individuando delle prescrizioni di capitolato univoche valide per qualsiasi tipo di acqua sottoposto a trattamento.

Molto spesso, inoltre, l'attacco risulta così severo da richiedere l'impiego di trattamenti protettivi a base di sistemi epossidici.

Si consiglia, quindi, per queste strutture, di volta in volta, in base alla natura e alla concentrazione delle sostanze aggressive, definire, in modo corretto, le prescrizioni di capitolato per il calcestruzzo e per gli eventuali trattamenti protettivi da adottare.

In generale però, vista la composizione media dei reflui urbani, per garantire una bassa permeabilità (tenuta idraulica) e una bassa diffusività agli agenti aggressivi (durabilità), si deve far riferimento alle prescrizioni minime delle classi di esposizione ambientale XA2 e XC4

Di seguito sono schematizzate, in tabella 3.6, le diverse tipologie di opere oggetto del presente disciplinare e che rappresentano la gran parte delle opere di interesse dell'AQP. Per ognuna di queste sono stati indicati i requisiti prestazionali minimi per il calcestruzzo, in conformità alle norme UNI EN 206-1:2006 e UNI:11104:2004, per garantire la tenuta idraulica e la durabilità in classe di Vita Nominale 1 come previsto dal D.M.14/01/08.

Queste indicazioni rappresentano i valori minimi al di sotto dei quali i progettisti non dovranno scendere nell'individuare le resistenze di calcolo e le prescrizioni per la durabilità.

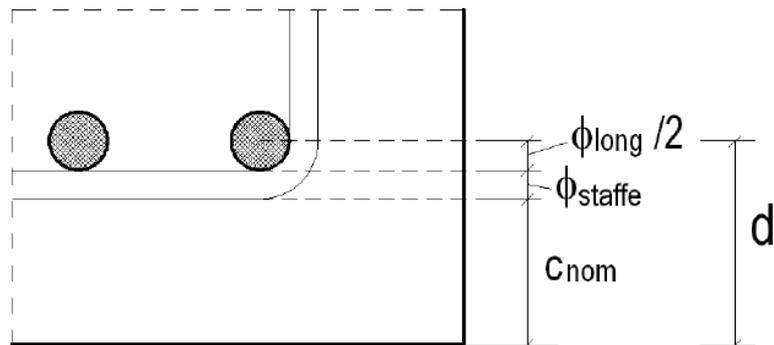
Le indicazioni riassunte in tabella 3.5 dovranno essere completate con quelle più dettagliate del capitolo 7 nel quale, per ogni tipologia strutturale, sono state aggiunte le prescrizioni aggiuntive relative alle tipologie di cementi, all'impermeabilità, ai getti massivi ecc..., per garantire al meglio la durabilità delle strutture.

Tabella 3.6- Prescrizioni minime sul calcestruzzo in funzione del campo di impiego

Tipo	Classe di esposizione	Rapporto a/c max	Classe di lavorabilità	Classe di resistenza Minima Rck (Mpa)	% Aria Inglobata	Aggregati non gelivi	Tipo di Cem	Campi di Impiego
STRUTTURE A CONTATTO CON ACQUE REFLUE								
C	1	XC4+XA2	0,5	S4/S5	C(32/40)		MRS	strutture aperte a contatto con acque reflue (vasche depurazione, ecc.)
	2	XC4+XA3	0,45	S4/S5	C(35/45)		AARS	strutture chiuse a contatto con acque reflue(digestori, ecc.)
	3	XC4+XA2+XF1	0,5	S4/S5	C(32/40)	F2 o MS25		Strutture del tipo C1 esposte al gelo ma non in contatto con sali disgelanti (vasche di depurazione, ecc.)
	4	XC4+XA2+XS1	0,5	S4/S5	C(32/40)		AARS	Strutture del tipo C1 costruite in zone costiere ma non a contatto diretto con acqua di mare (vasche di depurazione, ecc.)

10.3.2.8 Copriferro

L'EC 2 definisce COPRIFERRO NOMINALE (c_{nom}) la distanza tra la superficie dell'armatura più esterna e la faccia del calcestruzzo più prossima. Tale valore non va confuso con il parametro (d') utilizzato nei calcoli per la definizione dell'altezza utile della sezione (d).



Il c_{nom} , che va indicato obbligatoriamente nei disegni esecutivi, è così definito:

$$c_{nom} [mm] = c_{min} + \Delta c = \max (c_{min,b}; c_{min,dur}; c_{min,fuoco}) + 10$$

dove:

- c_{min} = copriferro minimo per soddisfare i requisiti di aderenza, durabilità ed eventuale resistenza al fuoco; esso corrisponderà al maggiore dei tre valori;

- Δc = tolleranza di posizionamento delle armature, pari a 10mm(4);
- $c_{min,b} = \emptyset b n$ = copriferro minimo per garantire l'aderenza, pari al diametro per il numero di barre nel caso di eventuali gruppi di barre;
- $c_{min, fuoco}$ = garantisce la resistenza all'incendio (gli spessori sono riportati in EN 1992-1-2 e nel recente DM 16/02/07);
- $c_{min,dur}$ = copriferro minimo per garantire la durabilità dell'opera, definito dalle classi di esposizione.

Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei prospetti 4.4N e 4.5N dell'EC2, che si riferiscono a strutture con vita nominale di 50 e 100 anni.

Tab. 3.7 Spessori minimi del copriferro per garantire la durabilità secondo i prospetti 4.4N e 4.5N dell'EC 2:2005.

CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	SPESSORE MINIMO DI COPRIFERRO ($c_{min,dur}$)			
	VITA NOMINALE 50 ANNI		VITA NOMINALE 100 ANNI	
	C.A.	C.A.P.	C.A.	C.A.P.
X0	10	10	20	20
XC1	15	25	25	35
XC2, XC3	25	35	35	45
XC4	30	40	40	50
XS1, XD1	35	45	45	55
XS2, XD2	40	50	50	60
XS3, XD3	45	55	55	65

Nel caso di calcestruzzi a contatto con superfici irregolari, i valori del c_{min} debbono essere incrementati per tener conto delle maggiori tolleranze di esecuzione previste. L'incremento è proporzionale all'entità delle prevedibili irregolarità.

Il copriferro minimo deve essere almeno pari a 40 mm per un calcestruzzo gettato in opera contro terreni trattati (compreso calcestruzzo di spianatura: plinti su magrone e pavimentazioni industriali su massiciata) e a 75 mm per un calcestruzzo gettato direttamente contro il terreno senza lisciatura delle pareti verticali di scavo (per es. muri contro terra o di sostegno). Tali valori tengono già conto della difficoltà o impossibilità, per le strutture di fondazione e contro terra, di rilevare visivamente un processo degenerativo del calcestruzzo e/o dei ferri d'armatura.

10.3.2.9 Contenuto d'aria

Contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato (con frequenza diversa da stabilirsi con il fornitore del conglomerato) dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla

procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta dovrà essere conforme a quanto indicato nella tabella 3.1 (in funzione del diametro massimo dell'aggregato e dell'eventuale esposizione alla classe XF: strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti).

10.3.2.10 Acqua di bleeding

L'essudamento di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1% in conformità alla norma UNI 7122.

10.3.2.11 Classe di Contenuto di cloruri

Per garantire la durabilità alla corrosione delle armature, il contenuto massimo di cloruri nel calcestruzzo⁴ secondo la UNI EN 206-1, deve essere inferiore al 0,4% (classe di contenuto di cloruri CI 0,40)

10.4 ACCIAIO TONDO

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C⁵ (6 mm ≤ Ø ≤ 40 mm), rotoli tipo B450C (6 mm ≤ Ø ≤ 16 mm);
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri ≤ 16mm per il tipo B450C;
- reti elettrosaldate (6 mm ≤ Ø ≤ 12 mm) tipo B450C;
- tralici elettrosaldati (6 mm ≤ Ø ≤ 12 mm) tipo B450C;

Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.14/01/2008, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE).

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

10.4.1 Saldabilità e composizione chimica

La composizione chimica deve essere in accordo con quanto specificato nella tabella seguente:

Tab. 4.1 – Valori max di composizione chimica secondo D.M. 14/01/2008

⁴ Inteso come somma del contenuto di cloruri apportato dall'acqua, dal cemento dalle aggiunte minerali, dagli additivi e dagli aggregati

⁵ In presenza di progettazioni indicanti ancora acciaio FeB44K, l'acciaio B450C dovrà essere accompagnato da certificato di qualificazione indicante il suo utilizzo anche come FeB44K

Tipo di Analisi	CARBONIO ^a %	ZOLFO %	FOSFORO %	AZOTO ^b %	RAME %	CARBONIO EQUIVALENTE ^a %
Analisi su colata	0,22	0,050	0,050	0,012	0,80	0,50
Analisi su prodotto	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52

a = è permesso superare il valore massimo di carbonio per massa nel caso in cui il valore equivalente del carbonio venga diminuito dello 0,02% per massa.
b = Sono permessi valori superiori di azoto se sono presenti quantità sufficienti di elementi che fissano l'azoto.

10.4.2 Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

Tab. 4.2 – Proprietà meccaniche secondo il D.M. 14/01/2008

Proprietà	Valore caratteristico
f_y (N/mm ²)	$\geq 450 \alpha$
f_t (N/mm ²)	$\geq 540 \alpha$
f_t/f_y	$\geq 1,15 \beta$
A_{gt} (%)	$\leq 1,35 \beta$
$f_y/f_{y,nom}$	$\geq 7,5 \beta$
	$\leq 1,25 \beta$
	α valore caratteristico con $p = 0,95$
	β valore caratteristico con $p = 0,90$

10.4.3 Resistenza a fatica in campo elastico

Le proprietà di resistenza a fatica garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni ripetute nel tempo.

La proprietà di resistenza a fatica deve essere determinata secondo UNI EN 15630.

Il valore della tensione σ_{max} sarà 270 N/mm² (0,6 $f_{y,nom}$). L'intervallo delle tensioni, 2σ deve essere pari a 150 N/mm² per le barre dritte o ottenute da rotolo e 100 N/mm² per le reti elettrosaldate. Il campione deve sopportare un numero di cicli pari a 2×10^6 .

10.4.4 Resistenza a carico ciclico in campo plastico

Le proprietà di resistenza a carico ciclico garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni particolarmente gravose o eventi straordinari (es. urti, sisma etc..).

La proprietà di resistenza al carico ciclico deve essere determinata sottoponendo il campione a tre cicli completi di isteresi simmetrica con una frequenza da 1 a 3 Hz e con lunghezza libera entro gli afferraggi e con deformazione massima di trazione e compressione seguente:

Tab. 4.3 – Prova carico ciclico in relazione al diametro

Diametro nominale (mm)	Lunghezza libera	Deformazione (%)
$d \leq 16$	5 d	± 4
$16 < 25$	10 d	$\pm 2,5$
$25 \leq d$	15 d	$\pm 1,5$

La prova è superata se non avviene la rottura totale o parziale del campione causata da fessurazioni sulla sezione trasversale visibili ad occhio nudo.

10.4.5 Diametri e sezioni equivalenti

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 14/01/2008.

Tab. 4.4 – Diametri nominali e tolleranze

Diametro nominale (mm)	Da 6 a \leq 8	Da $>$ 8 a \leq 50
Tolleranza in % sulla sezione	± 6	$\pm 4,5$

10.4.6 Aderenza e geometria superficiale

I prodotti devono avere una superficie nervata in accordo con il D.M. 14/01/2008.

L'indice di aderenza I_r deve essere misurato in accordo a quanto riportato nel paragrafo 11.2.2.10.4 del D.M. 14/01/2008. I prodotti devono aver superato le prove di Beam Test effettuate presso un Laboratorio Ufficiale (Legge 1086).

Tab. 4.5 – Valori dell'indice I_r in funzione del diametro

Diametro nominale (mm)	I_r
$5 \leq \emptyset \leq 6$	≥ 0.048
$6 < \emptyset \leq 8$	≥ 0.055
$8 < \emptyset \leq 12$	≥ 0.060
$\emptyset > 12$	≥ 0.065

10.5 QUALIFICA E ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

10.5.1 Controlli sul calcestruzzo

10.5.1.1 Qualifica del calcestruzzo

In accordo al D.M. 14/01/2008 al punto 11.2.8 si definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Di conseguenza in questa fattispecie rientrano, a loro volta, tre tipologie di produzione del calcestruzzo:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi;
- calcestruzzo prodotto negli stabilimenti di prefabbricazione;
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei).

In questi casi gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Tale sistema di controllo non deve confondersi con l'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale, al quale può affiancarsi.

Il sistema di controllo della produzione in fabbrica dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con la UNI EN 45012. A riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di controllo di produzione in fabbrica dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato. L'organismo di certificazione dovrà, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive dovrà verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle effettuate dai laboratori ufficiali.

Il programma delle prove di autocontrollo deve essere sviluppato in maniera tale da assicurare il rispetto dei disposti normativi per le numerose miscele prodotte, ma essere nel contempo contenuto in maniera tale da agevolare l'applicazione, in virtù dell'elevato numero delle miscele prodotte in generale in un impianto di calcestruzzo preconfezionato.

È compito della Direzione Lavori accertarsi che i documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere indichino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Ove opportuno il Direttore dei Lavori potrà richiedere la relazione preliminare di qualifica ed i relativi allegati (es. certificazione della marcatura CE degli aggregati, del cemento, etc.).

10.5.1.2 Controlli di accettazione del calcestruzzo

Il controllo di base, per l'accettazione del calcestruzzo in cantiere, deve soddisfare le prescrizioni di cui allo specifico paragrafo "Controlli di accettazione" (par. 11.2.5) riportato nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.14/01/08).

Le prove da effettuare ai fini dell'accettazione devono essere eseguite in conformità alle norme UNI EN 12350 - 1 per quanto attiene il campionamento, ed alle norme UNI EN 12390, nelle varie parti, per quanto attiene il confezionamento e la stagionatura dei provini, nonché le relative prove di resistenza a compressione.

10.5.1.3 Controllo della lavorabilità del calcestruzzo

La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo.

In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

10.5.1.4 Proprietà reologiche per i calcestruzzi autocompattanti (SCC)

Il SCC si differenzia dal calcestruzzo ordinario per le sue proprietà allo stato fresco:

- capacità di flusso
- scorrimento confinato
- resistenza alla segregazione

Per la valutazione delle proprietà è necessario far riferimento alla UNI 11040 nella quale si specificano le caratteristiche e i valori di accettazione per le prove da effettuare in fase di qualifica delle miscele.

I metodi di prova per la misura delle caratteristiche del calcestruzzo autocompattante allo stato fresco sono specificate dalle norme che seguono:

Metodo di prova	Norma di riferimento
SLUMP-FLOW	UNI 11041
V-FUNNEL	UNI 11042
L-BOX	UNI 11043
U-BOX	UNI 11044
J-RING	UNI 11045

10.5.1.5 Eventuali controlli aggiuntivi sul calcestruzzo

Di seguito si riporta la tabella inserita nelle "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale" (rif. Par 5.2 Pag 21) edite dal CSSLLP

	Procedura	Requisiti	Frequenza
Documento di produzione o bolla d'accompagnamento	Verifica visiva	Conformità alle specifiche	Ogni partita (consegna)
Consistenza (lavorabilità) del calcestruzzo	Verifica visiva e controllo secondo il metodo di riferimento	Conformità alla classe di consistenza	Quando opportuno, nel corso dei prelievi per la valutazione della resistenza
Omogeneità del calcestruzzo	Verifica visiva e/o confronto tra le proprietà di differenti partite (consegne)	Aspetto uniforme, e di sottocampioni omogenei.	In caso di dubbio
Massa volumica del calcestruzzo fresco	UNI EN 12350-6	Verifica della miscela	Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori
Dosaggio in cemento	Controllo della quantità pesata dei costituenti nella preparazione dell'impasto	Verifica della miscela	Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori
Dosaggio in acqua e rapporto acqua/cemento	Controllo della quantità dosata nell'impasto o secondo metodologia da concordarsi tra le parti	Verifica della miscela	Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori
Prelievo di campioni per verifica della resistenza a compressione.	Secondo le procedure previste dalla norma	Verifica Rck alla scadenza ordinaria e se necessario alle brevi stagionature	Secondo le vigenti norme tecniche e/o secondo le specifiche progettuali, se più restrittive
Contenuto d'aria	UNI EN 12350-7	Conformità alle specifiche.	Se richiesto per la classe di esposizione e nelle specifiche progettuali
Altre caratteristiche: ora di consegna, ora di messa in opera temperatura calcestruzzo fresco	Registrazione		Secondo richiesta
Rilavorazione (per riprendere la consistenza prescritta)	Registrazione. La rilavorazione deve essere vietata se comporta una riduzione inaccettabile delle prestazioni del calcestruzzo	Dosaggio e tipo d'additivo aggiunto	Ogni qual volta è effettuata

10.5.2 Controlli sull'acciaio

10.5.2.1 Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai B450C saldabili e ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 14/01/2008 al punto 11.3.1.6 e controllati con le modalità riportate nei punti 11.3.2.11 e 11.3.2.12 del citato decreto.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'"Attestato di Qualificazione" rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 14/01/2008.

Inoltre può essere richiesta la seguente documentazione aggiuntiva :

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;

- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (può essere inserito nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli "Attestati di Qualificazione" dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore del Centro di Trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato; in particolare dovrà provvedere a verificare la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture dovranno essere rifiutate.

10.5.2.2 Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel D.M. 14/01/2008 al punto 11.3.2.10.4.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascuna fornitura consegnata e per ogni diametro delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio di lunghezza complessiva pari a 100 cm ciascuno, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri delle forniture presenti in cantiere.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dal Direttore dei Lavori o da un tecnico da lui delegato; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc...).

Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del punto 11.2.2.3 di cui al precedente Decreto, riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento.

Tab. 5.1 – Valori limite per prove acciaio

Caratteristica	Valore Limite	Note
fy minimo	425 N/mm ²	(450 – 25) N/mm ²
fy massimo	572 N/mm ²	[450x(1.25+0.02)] N/mm ²
Agt minimo	≥ 6.0%	Per acciai laminati a caldo

Caratteristica	Valore Limite	Note
Rottura/snervamento	$1.13 < f_t/f_y < 1.37$	Per acciai laminati a caldo
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	Per tutti

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldate verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100*100 cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo.

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un Centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli descritti in precedenza. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

10.5.2.3 Prova di piega e raddrizzamento

In accordo con quanto specificato nel D.M. 14/01/2008, è richiesto il rispetto dei limiti seguenti.

Tab.5.2 – Diametri del mandrino ammessi per la prova di piega e raddrizzamento

Diametro nominale (d) mm	Diametro massimo del mandrino
$\emptyset < 12$	4d
$12 \leq \emptyset \leq 16$	5d
$16 < \emptyset \leq 25$	8 d
$25 < \emptyset \leq 40$	10 d

10.6 POSA IN OPERA DEI MATERIALI

L'ottenimento del requisito di tenuta idraulica può essere conseguito solo se, unitamente alla scelta del calcestruzzo con determinate prestazioni, si effettua un'attenta ed accurata posa, compattazione, e maturazione del getto ed una scrupolosa esecuzione delle riprese di getto. Pertanto per garantire un conglomerato armato di adeguata durabilità ed impermeabilità si farà riferimento a quanto dettagliato nei paragrafi seguenti con riferimento alla posa in opera del calcestruzzo e dell'acciaio tondo da cemento armato.

Inoltre se il progettista e la Direzione Lavori necessitassero di ulteriori specifiche potranno far riferimento alle "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive" edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

10.6.1 Calcestruzzo

Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della direzione dei lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa appaltatrice.

Nel caso di opere particolari, soggette a sorveglianza da parte di Enti ministeriali la confezione dei provini verrà effettuata anche alla presenza dell'Ingegnere incaricato della sorveglianza in cantiere.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

10.6.1.1 Accorgimenti per i getti alle basse alte temperature ambientali

L'efficacia di un getto è fortemente influenzata dalla temperatura esterna nel momento in cui questo viene eseguito.

Basse temperature

Le temperature troppo basse, le gelate notturne e le forti raffiche di vento sono i principali fattori negativi incidenti sulla corretta maturazione del getto in calcestruzzo nel periodo invernale.

È proibito pertanto eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura ambientale scende al di sotto dei +5° C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L.

Infatti la norma UNI EN 206-1 prescrive che il calcestruzzo fresco non deve scendere al di sotto di 5 °C poiché una bassa temperatura rallenta la reazione di idratazione allungando i tempi di presa e di primo indurimento con allungamento dei tempi di stagionatura protetta (vedi par. 10.6.4).

Il calcestruzzo fresco va protetto dal gelo, soprattutto nelle ore notturne dei getti pomeridiani.

Nei getti orizzontali (platee di fondazione, piastre, ecc.) bisogna evitare l'eventuale congelamento dell'acqua d'impasto che affiora in superficie e che, dilatandosi, distrugge la parte corticale, oltre a renderla pulverulenta a causa del cemento non idratato per solidificazione dell'acqua.

I getti verticali (pareti delle vasche, ecc.) anche se casserati, devono essere protetti dall'abbassamento della temperatura, altrimenti il maggior raffreddamento delle parti con maggior superficie specifica (come gli spigoli delle pareti) può arrivare a causare il loro distacco.

Nel caso di getti con temperature ambientali inferiori a 5 °C, l'Impresa dovrà rispettare almeno le seguenti specifiche:

- utilizzare un calcestruzzo con tempi di presa più rapidi utilizzando ad esempio additivi acceleranti oppure classi di resistenza superiori con rapporti a/c inferiori
- utilizzare cementi tipo 42,5 R più idoneo ai getti effettuati a basse temperature, e con proprietà di riduzione dei tempi di maturazione in cassero;
- gettare il calcestruzzo in un orario compreso tra le ore 7 e le ore 13; è sconsigliato gettare nel resto della giornata in quanto le prime ore di inizio presa coinciderebbero con le ore notturne incorrendo nel pericolo di gelate e abbassamenti di temperatura al di sotto dei 0 °C;
- mantenere le superfici del getto, casserate e non, protette termicamente per almeno 7 giorni mediante pannelli e/o materassini termoisolanti (in polistirolo o altro materiale idoneo) per evitare la dispersione del calore di idratazione;
- coprire le superfici non casserate del calcestruzzo appena gettato con un foglio di polietilene prima della predisposizione dei materassini termoisolanti;
- evitare getti con temperatura prossima a 0 °C. L'aumento o la diminuzione del volume dell'acqua per il passaggio dallo stato solido a liquido e viceversa produce cavillature dannose.

Alte temperature

Le temperature troppo alte, la bassa umidità relativa e il vento, sono i principali fattori negativi sulla corretta posa in opera e maturazione del getto in calcestruzzo nel periodo estivo.

Pertanto bisognerebbe evitare di gettare quando la temperatura esterna supera i 33° C (UNI EN 206-1).

Infatti in questi casi si accorciano eccessivamente i tempi di presa e s'innalza la richiesta di acqua e la velocità di perdita di lavorabilità.

In questi casi l'Impresa deve seguire almeno le seguenti prescrizioni:

- utilizzare calcestruzzi con classi di consistenza superiori (S5) mediante l'aggiunta di additivi superfluidificanti;
- prevedere l'eventuale impiego di additivi ritardanti;
- utilizzare il calcestruzzo nei momenti meno caldi della giornata
- proteggere il getto dalla forte evaporazione dell'acqua, (vedi par. 10.6.4) per almeno 7 giorni;
- programmare esattamente i tempi di getto e di finitura evitando di far aspettare in cantiere le autobetoniere sotto il sole considerando che alle alte temperature il calcestruzzo indurisce rapidamente lasciando poco tempo a disposizione per il trasporto e la posa in opera del calcestruzzo stesso;

Particolare attenzione occorre nel caso di rischio di forte escursione termica notturna che può innescare nel getto forti autotensioni per contrazione termica.

10.6.1.2 Accorgimenti per l'esecuzione dei getti

Il trasporto dall'impianto di betonaggio, lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione esterna del conglomerato.

Per motivi di sicurezza la betoniera e la pompa dovranno essere posizionati ad una distanza dallo scavo superiore alla profondità dello scavo stesso.

Prima di effettuare il getto la D.L. si deve accertare che i distanziatori siano stati posati correttamente e che la misura del copri ferro sia quella prescritta dagli elaborati progettuali.

Per conservare la richiesta omogeneità del calcestruzzo fresco, durante il getto devono essere rispettate almeno i seguenti accorgimenti.

- L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà o uno scivolo o un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso;
- durante il getto in forme verticali il calcestruzzo non deve urtare contro le pareti delle casseforme o contro i ferri di armatura affinché non avvenga la separazione degli inerti più pesanti e la formazione di macro bolle che rendono disomogeneo l'impasto riducendo la resistenza del calcestruzzo un opera;
- per evitare la segregazione bisogna evitare di scaricare il calcestruzzo fresco formando cumuli che successivamente vengono stesi.

10.6.1.3 Accorgimenti per la compattazione dei getti

La compattazione dei getti va eseguita con perfetta cura per evitare che si manifestino fenomeni di segregazione esterna con formazione di nidi di ghiaia e che rimangano percentuali eccessive di aria inglobate nell'impasto.

Una non adeguata compattazione del getto, oltre a compromettere la durabilità del calcestruzzo armato, può far aumentare la permeabilità del calcestruzzo a valori incompatibili con il requisito di tenuta idraulica, basilare per le vasche di depurazione.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete ed ad immersione da utilizzarsi separatamente o contemporaneamente.

Nel caso si adoperi il sistema di vibrazioni a parete l'ubicazione e la distanza dei vibratori esterni, che vengono applicati alla casseforme (che fungono quindi da membrane vibranti), deve essere studiato in funzione della tipologia di cassaforma adoperata.

Nel caso invece si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, devono essere soddisfatti almeno i seguenti accorgimenti:

- durante il getto si devono utilizzare contemporaneamente un numero adeguato di vibratori (almeno due per tubo getto);
- la posa deve essere eseguita per strati di spessore inferiore a 30 cm;
- l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente immergendolo per una profondità superiore a quella dello strato eseguito in modo da interessare anche il calcestruzzo già compattato (per almeno 10 – 15 centimetri), per un tempo funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (tabella 6.1) - meno fluido è il calcestruzzo maggiore deve essere il tempo di permanenza dell'ago nella massa del calcestruzzo;
- la vibrazione deve interessare l'intera massa del calcestruzzo. Pertanto la distanza fra due inserimenti consecutivi dell'ago deve essere inferiore a 7,5 volte il diametro dell'ago stesso (d=60-80 mm) per cui inferiore a circa 50 cm;
- durante la vibrazione l'ago non deve entrare in contatto con la cassaforma e i ferri di armatura.

Tab.6.1 – Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S4	10 - 15
S5	5 - 10
S6	0 - 5
SCC	<i>Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)</i>

10.6.1.4 Riprese di getto

Nel caso siano previste riprese di getto sarà obbligo dell'appaltatore procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e trattata con primer per le riprese di getto prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo .

Qualora alla struttura sia richiesta la tenuta idraulica, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti "water-stop" in materiale idroespansivo (es. bentonite sodica o gomma idoespansiva).

I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti in maniera tale da non interagire con le armature.

I profili "water- stop" espansivi devono essere inoltre posati in modo che ci sia sempre un sufficiente spessore di calcestruzzo che contrasti l'aumento di volume del profilo.

Una distanza troppo esigua dalla superficie esterna della membratura potrebbe determinare un distacco degli strati corticali di calcestruzzo non sufficientemente resistenti per compensare l'espansione del "water stop".

Una regola pratica è quella di garantire spessori di ricoprimento del profilo mai inferiori a 6 cm.

10.6.1.5 Distanziatori

I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

Per le strutture contro acqua si suggerisce l'utilizzo di distanziatori di cassero impermeabili con guarnizione e tappi idroespansivi.

In questo modo si riesce a sigillare sia l'interfaccia calcestruzzo-distanziatore, sede normalmente di ritiri differenziali e di formazione di vespai, sia l'interno degli elementi tubolari (anche in presenza dei convenzionali tappi di chiusura).

È obbligo della D.L. verificare la corretta esecuzione delle operazioni sopra riportate.

10.6.2 Tolleranze esecutive

Nelle opere finite gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti, per non influenzare negativamente la resistenza meccanica, la stabilità e le prestazioni di esercizio dell'opera, sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali (UNI EN 13670):

Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto $S = \pm 3.0\text{cm}$
- dimensioni in pianta $S = - 3.0 \text{ cm o } + 5.0 \text{ cm}$

- dimensioni in altezza (superiore) $S = - 0.5 \text{ cm o } + 3.0 \text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso $S = - 0.5 \text{ cm o } + 2.0 \text{ cm}$

Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto $S = \pm 2.0 \text{ cm}$
- dimensione in pianta (anche per pila piena) $S = - 0.5 \text{ cm o } + 2.0 \text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle $S = - 0.5 \text{ cm o } + 2.0 \text{ cm}$
- quota altimetrica sommità $S = \pm 1.5 \text{ cm}$
- verticalità per $H \leq 600 \text{ cm}$ $S = \pm 2.0 \text{ cm}$
- verticalità per $H > 600 \text{ cm}$ $S = \pm H/12$

Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

- spessore: $S = -0.5 \text{ cm o } + 1.0 \text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso: $S = \pm 1.0 \text{ cm}$

Vani, cassette, inserterie:

- posizionamento e dimensione vani e cassette: $S = \pm 1.5 \text{ cm}$
- posizionamenti inserti (piastre boccole): $S = \pm 1.0 \text{ cm}$

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

10.6.3 Casseforme

Per tali opere provvisorie l'appaltatore dovrà utilizzare quelle previste negli elaborati progettuali e dovrà comunicare preventivamente alla direzione dei lavori le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

10.6.3.1 Caratteristiche delle casseforme

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere

opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia riducendo così il rischio di formazione di nidi di ghiaia.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

10.6.3.2 Pulizia e trattamento

Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere la integrità e l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio, ristagni di acqua etc.

Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

I prodotti disarmanti, per essere efficaci, dovranno essere stesi entro le 24 ore precedenti al getto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

10.6.3.3 Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttrive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc..

10.6.3.4 Disarmo

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo, previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 0.5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

I getti appena scasserati non devono essere sottoposti ad urti o vibrazioni.

10.6.3.5 Getti faccia a vista

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Apposite matrici potranno essere adottate se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo.

I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

Le riprese di getto saranno delle linee rette e, qualora richiesto dalla D.L., saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

10.6.4 Stagionatura

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione).

L'essiccamento precoce degli strati corticali del getto può causare:

- formazione di fessure indotte dal ritiro sia plastico che igrometrico;
- maggiore porosità superficiale causata dalla minore idratazione del cemento in superficie per carenza di acqua;
- minore resistenza meccanica della parte superficiale rispetto alla parte più interna.

In pratica per consentire una corretta stagionatura della struttura realizzata è necessario evitare l'evaporazione dell'acqua superficiale adottando, per la durata riportata nella tabella 6.0, almeno le seguenti precauzioni da applicarsi separatamente o in sequenza:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing). L'applicazione deve essere ripetuta per almeno 2-3 volte (idoneo per superfici verticali). I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali. Qual'ora il prodotto filmogeno dovesse interessare anche le riprese di getto, la pellicola deve essere rimossa meccanicamente lungo tutto il giunto per non compromettere l'aderenza con il getto successivo.
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata mediante spruzzatori automatici. Bisogna evitare il ruscellamento;
- la copertura delle superfici del getto con teli porosi (es. sacchi di iuta o tessuto non tessuto) mantenuti costantemente umidi. La frequenza di bagnatura deve essere stabilita in funzione della temperatura esterna e comunque almeno ogni 24 ore;
- la copertura delle superfici del getto teloni impermeabili al vapore (fogli di polietilene od altro) . Tali teli devono essere ben sigillati all'estremità al fine di evitare la formazione di correnti di aria che causerebbero l'essiccazione del getto;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie ricoperta da un costante velo d'acqua.

Per determinare i tempi minimi di stagionatura protetta si può far un utile riferimento alla norma UNI EN 13670-1 (in funzione della velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo - $r = f_{cm,2}/f_{cm,28}$ - e della

temperatura superficiale del getto), relativi almeno alla classe di stagionatura 3 (UNI EN 13670-1) come di seguito riportato:

Tab. 6.0 – Durata minima della stagionatura in relazione alla temperatura della superficie e della velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo

Classe di stagionatura 3	Resistenza superficiale pari al 50% di quella caratteristica prescritta		
Sviluppo della resistenza del calcestruzzo $r = f_{cm,2}/f_{cm,28}^*$	$r \geq 0,50$	$0,50 < r \leq 0,30$	$0,30 < r \leq 0,15$
Temperatura della superficie del calcestruzzo ($^{\circ}\text{C}$)**	Tempo minimo di stagionatura in giorni ***		
$t \geq 25$	1,5	2,5	3,5
$15 \leq t < 25$	2,0	4	7
$10 \leq t < 15$	2,5	7	12
$5 \leq t < 10$	3,5	9	18
Classe di stagionatura 4	Resistenza superficiale pari al 70 % di quella caratteristica prescritta		
Sviluppo della resistenza del calcestruzzo $r = f_{cm,2}/f_{cm,28}$	$r \geq 0,50$	$0,50 < r \leq 0,30$	$0,30 < r \leq 0,15$
Temperatura della superficie del calcestruzzo ($^{\circ}\text{C}$)	Tempo minimo di stagionatura in giorni		
$t \geq 25$	3	5	6
$15 \leq t < 25$	5	9	12
$10 \leq t < 15$	7	13	21
$5 \leq t < 10$	9	18	30

* $f_{cm,2}$ è la resistenza media cilindrica del calcestruzzo dopo 2 giorni a 20 $^{\circ}\text{C}$;

$f_{cm,28}$ è la resistenza media cilindrica del calcestruzzo dopo 28 giorni a 20 $^{\circ}\text{C}$.

Tali valori essendo caratteristici del calcestruzzo devono essere forniti dal produttore.

** La temperatura superficiale differisce da quella ambientale in funzione del tipo di protezione applicata

*** Al tempo minimo deve essere aggiunto anche il tempo di presa se eccedente le 5 ore.

Per le strutture degli impianti di depurazione è comunque obbligatorio procedere alla maturazione protetta per non meno di 7 giorni consecutivi dal getto.

Nel caso di getti in periodo invernale, soprattutto nelle ore notturne dei getti pomeridiani, devono essere protette tutte le superfici del getto stesso, casserate e non, mediante pannelli e/o materassini termoisolanti (in polistirolo o altro materiale idoneo) per almeno 10 giorni. Sulle superfici non casserate prima della predisposizione dei materassini termoisolanti bisogna coprire la superficie del calcestruzzo fresco con un foglio di polietilene.

Per i getti confinati entro casseforme, al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni, si dovrà provvedere a proteggere diversamente la membratura al fine di garantire un idoneo periodo di stagionatura protetta.

Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori.

Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50 la maturazione deve essere curata in modo particolare.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, l'appaltatore, che è il responsabile della corretta esecuzione della stagionatura, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

10.6.5 Acciaio

10.6.5.1 Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura.

Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nell'Eurocodice 2 paragrafo 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"; in particolare si ha:

Tab. 6.1 – Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varphi \leq 16 \text{ mm}$	4 φ
$\varphi > 16 \text{ mm}$	7 φ

10.6.5.2 Deposito e conservazione in cantiere

Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici.

In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 Km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

10.6.5.3 Assemblaggio barre di armatura

La legatura delle barre deve garantire il mantimento della posizione del ferro durante tutte le fasi di getto e costipamento del calcestruzzo.

Di prassi in cantiere si procede alla legatura con il filo di ferro costituito da filo nero di acciaio del diametro pari a 1 – 2 mm e si pone in opera mediante l'utilizzo di tenaglie o attrezzatura analoga.

Si sconsiglia l'assemblaggio in cantiere attraverso unione con punti di saldatura.

In cantiere devono essere seguite almeno le seguenti regole generali:

a) elementi bidimensionali (piastre, lastre, piastre di fondazione):

- tutti gli incroci delle barre in corrispondenza del perimetro della gabbia di armatura devono essere fissati (per rendere stabile la gabbia);
- se il diametro della barra è $d \leq 12 \text{ mm}$, gli incroci interni lungo ogni barra (sia longitudinale che trasversale) devono essere legati in modo alternato (uno si e uno no) e pertanto tra due barre contigue le connessione devono risultare sfalsate;
- se il diametro della barra è $d > 12 \text{ mm}$ gli incroci interni legati lungo la generica barra (sia longitudinale che trasversale) devono distare $s \leq 50 d$ e tra due barre contigue le connessione devono essere sfalsate;

b) elementi monodimensionali (travi pilastri):

- tutti gli incroci tra l'armatura principale e le staffe in corrispondenza delle piegature di queste ultime devono essere legati (per rendere stabile la gabbia);
- gli incroci tra le barre longitudinali, che non intercettano le staffe in corrispondenza della piegatura, e le staffe stesse devono essere connessi ad una distanza $s < 50 d$ dove d è il diametro della barra longitudinale.

In ogni caso se la legatura va ad interessare lo spessore del copriferro, per evitare problemi alla durabilità del calcestruzzo a seguito della corrosione del materiale di legatura, si deve rimuovere la parte in eccesso.

10.7 PRESCRIZIONI MINIME DETTAGLIATE PER LE DIVERSE TIPOLOGIE STRUTTURALI

Di seguito sono riportate le prescrizioni minime sul calcestruzzo e l'acciaio tondo da cemento armato per garantire la durabilità in classe 1 per quelle strutture già schematizzate al par. 10.3.2.7 in tabella 3.5. Per ognuna delle tipologie di opere sono state riprese le indicazioni, già presenti nella tabella 3.5 e sono state completate con le prescrizioni aggiuntive, illustrate nel par.10.3.2.1, derivanti dalle considerazioni relative a:

- mitigazione dei calori di idratazione,
- requisiti di impermeabilità, resistenza alla penetrazione dell'acqua
- resistenza al gelo
- indicazione per il passaggio alla Classe di Vita Nominale 2 (100 anni)

Le prescrizioni di capitolato per il calcestruzzo, di cui risponde in toto il produttore del conglomerato, attengono sia alle proprietà del conglomerato allo stato fresco, cioè, al momento della consegna dello stesso in cantiere e riguardano principalmente la lavorabilità e la resistenza alla segregazione, sia le proprietà del calcestruzzo allo stato indurito ed, in particolare, il valore della resistenza caratteristica a compressione oppure l'impermeabilità (ad esempio, per quelle strutture quali le vasche di contenimento dei liquidi per le quali sono richiesti dei requisiti di tenuta idraulica in aggiunta a quelli strutturali).

Per tutte le tipologie strutturali che seguono, oltre alle prescrizioni sul calcestruzzo diverse da caso a caso, dovranno essere inserite anche le seguenti sugli ingredienti del calcestruzzo.

Tali prescrizioni riguardano il fornitore del calcestruzzo, ma sono rivolte esclusivamente alla definizione delle proprietà degli ingredienti (acqua, cemento, aggregati, additivi e aggiunte minerali) con cui viene confezionato il conglomerato e hanno il fine di escludere dall'impiego quelle materie prime che posseggono caratteristiche non conformi per il conseguimento delle prestazioni richieste per il calcestruzzo. Ulteriore obiettivo è quello di escludere dall'impiego ingredienti che dovessero contenere sostanze indesiderabili non compatibili con i prodotti dall'idratazione del cemento e che nel tempo potrebbero innescare deleteri processi di degrado per le strutture. Queste prescrizioni di capitolato verranno accertate dall'acquirente del conglomerato e dalla direzione dei lavori preliminarmente all'esecuzione dell'opera attraverso l'acquisizione di una documentazione specifica che dovrà essere fornita dal produttore del calcestruzzo.

Prescrizioni per gli ingredienti utilizzati per il confezionamento del conglomerato valide per tutte le tipologie strutturali

I1) Acqua di impasto conforme alla UNI-EN 1008

I2) Additivo superfluidificante conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2

I3) Additivo ritardante (eventuale solo per getti in climi molto caldi) conforme al prospetto 2 della UNI-EN 934-2

I4) Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2.

Assenza di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520/2) o in alternativa aggregati con espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

I5) Cemento conforme alla norma UNI-EN 197-1

16) Ceneri volanti e fumi di silice conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 450 e UNIEN 13263 parte 1 e 2.

10.7.1 Strutture a contatto con acque reflue (vasche depurazione, ecc.)

1) Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)

2) Classi di esposizione ambientale: XC2 (elementi permanentemente immersi, es. le platee di fondazione) o XC4 (elementi parzialmente immersi es. le pareti verticali delle vasche);

2a) In funzione delle analisi svolte la prescrizione 2 dovrà variare basandosi sul seguente schema

Classe di esposizione	Concentrazione di solfato (SO₄²⁻) nelle acque (mg/kg)	a/c max	C (x/y) minima	Dosaggio minimo di cemento (kg/m³)	Tipo Di Cem
XC2 (XC4)+ XA2	2000-3000	0.50	C32/40	340	MRS
XC2 (XC4)+ XA2	3000-12000	0.50	C32/40	340	ARS
XC2 (XC4)+ XA3	12000-24000	0.45	C35/45	360	AARS

3) Rapporto a/c max: 0.50

4) Classe di resistenza a compressione minima: C(32/40)

5) Aria intrappolata: max. 2,5%

6) Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)

7) Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.4

8) Classe di consistenza al getto S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm

9) Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): < 0.1%

10) Profondità media della penetrazione di acqua (UNI-EN 12390-8): 10 mm

Per le componenti strutturali con spessore superiore ai 60 cm

11) Innalzamento della temperatura a 3 giorni di maturazione in condizioni adiabatiche non superiore ai 30-35 °C

12) Prescrizione di un cemento LH (a basso calore secondo la normativa UNI EN 197:2006) In caso di strutture site oltre i 600 metri di quota le prescrizioni 2, 2a e 8 vanno sostituite con le seguenti

2b) Classi di esposizione ambientale: alle precedenti classi di esposizione va aggiunta la XF1

8a) Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm + aggregati non gelivi F2 o MS25 conformi alla UNI EN 12620