

CAPO I

OGGETTO ED AMMONTARE DELLA CONCESSIONE – DESCRIZIONE DELLE OPERE E DELLE MODALITA' DI ESECUZIONE E GESTIONE DEI LAVORI

ART. 1 - OGGETTO DELLA CONCESSIONE

La concessione ha per oggetto:

- la progettazione definitiva ed esecutiva (incluse le eventuali varianti proposte dal Concessionario ed approvate dal Concedente), la realizzazione e la gestione per una durata di **30 anni** (rinnovabile di ulteriori **22 anni** previo rinnovo della Concessione di Derivazione di acqua pubblica da parte della Provincia di Torino) di un impianto idroelettrico sul Po in corrispondenza del salto idraulico della Diga Michelotti;
- la progettazione definitiva ed esecutiva (incluse le eventuali varianti proposte dal Concessionario ed approvate dal Concedente) e la realizzazione della conca di navigazione e dello scivolo per le canoe in corrispondenza del tratto di bacino del Po adiacente la Diga Michelotti;
- l'eventuale progettazione definitiva ed esecutiva e la realizzazione degli adeguamenti dalla scala di risalita dei pesci esistente in sponda sinistra del Po, in funzione dei risultati ottenuti dal monitoraggio dell'ittofauna.

ART. 2 - FORMA ED AMMONTARE DELL'APPALTO

La presente convenzione di lavori pubblici verrà gestita ai sensi degli artt. 53, 143 e 153 del D.Lgs. 163/2006 e s.m.i. e verrà affidata mediante procedura aperta ai sensi degli artt. 3 - comma 37, 55 e 144 del D.Lgs. 163/2006, con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa ai sensi dell'art. 83 D.Lgs. 163/2006 e dell'art.120 del D.P.R. n.207/2010.

L'importo complessivo presunto dell'investimento è stato stimato pari ad **€ 7.100.000,00** (I.V.A. inclusa), basandosi sulle voci di prezzo desunte dal [Prezzario della Regione Piemonte – Edizione 2008](#); nella redazione del Computo Metrico Estimativo e dell'Elenco Prezzi Unitari da allegare all'offerta di gara e per i successivi progetti definitivo ed esecutivo si dovrà invece fare riferimento al Prezzario della Regione Piemonte vigente alla data di approvazione della relativa fase progettuale.

L'importo complessivo presunto di € 7.100.000,00 risulta suddiviso come indicato nel quadro economico riportato di seguito.

La categoria prevalente è la **OG9** - classifica V per un importo presunto di **€ 4.200.000,00**, mentre le ulteriori lavorazioni ex art.108 del D.P.R. n.207/10 e s.m.i. appartengono alla categoria: **OG8** per un importo presunto di **€ 1.700.000,00**.

A	OPERE CONCA	€	1.200.000,00
B	OPERE SCIVOLO	€	500.000,00
C	OPERE IMPIANTO	€	4.200.000,00
D	ONERI SICUREZZA CONCA	€	20.000,00
E	ONERI SICUREZZA SCIVOLO	€	10.000,00
F	ONERI SICUREZZA IMPIANTO	€	70.000,00
G	IMPORTO LAVORI	€	6.000.000,00
H	I.V.A. (10%)	€	600.000,00
I	RILIEVI TOPOGRAFICI	€	10.000,00
L	INDAGINI GEOGNOSTICHE	€	40.000,00
M	SPESE PROGETTAZIONE / D.L. / COORDINAMENTO SICUREZZA / COLLAUDO	€	360.000,00
N	ADEGUAMENTO SOTTOSERVIZI	€	70.000,00
O	IMPREVISTI OPERE	€	20.000,00
P	TOTALE A BASE DI GARA	€	7.100.000,00

L'assunzione della concessione da parte dell'impresa comporta per la stessa:

- la perfetta conoscenza di tutte le norme e leggi generali e particolari che la regolano;
- la perfetta conoscenza dei luoghi, delle aree e dei manufatti interessati dagli interventi in progetto, con particolare attenzione per: le eventuali interferenze presenti, le preesistenze, le dislocazione planoaltimetrica delle reti di sottoservizi, l'entità e la tipologia del traffico veicolare pubblico e privato che interessa tali aree, l'arredo verde, la natura del suolo e sottosuolo, la possibilità di reperimento ed utilizzazione di materiali locali in rapporto ai requisiti richiesti, la distanza da cave di adatto materiale, la distanza da luoghi di scarico e rifiuto, la presenza od assenza di acque utilizzabili per i lavori e per le prove, oppure da allontanare, ecc.;
- la perfetta conoscenza di tutte le circostanze particolari e generali che hanno influito sul giudizio dell'impresa stessa circa la convenienza ad assumere l'opera e circa l'offerta economica effettuata;
- l'aver esaminato la documentazione progettuale relativo a tutte le opere comprese nella concessione e l'averla ritenuta corretta ed adeguata all'esecuzione degli interventi previsti, rispondente alla normativa tecnica vigente e tale da non richiedere varianti che possano comportare modifiche significative dal Piano Economico Finanziario;
- l'accettazione dell'onere della redazione di tutte le fasi di progettazione (definitiva, esecutiva ed eventuali proposte di variante da parte del Concessionario) e di acquisizione dei pareri favorevoli di tutti gli enti competenti;
- l'accettazione dell'onere della redazione degli elaborati **"as built"** da fornire al Concedente in triplice copia cartacea debitamente timbrata e firmata da parte del Concessionario ed in duplice copia su formato digitale, corredati da apposito elenco elaborati;
- l'accettazione dell'onere della realizzazione e della gestione delle opere incluse nella concessione e di tutti gli altri oneri connessi e conseguenti, senza ricevere alcun contributo da parte del Concedente;
- **la completa accettazione di tutte le condizioni, indicazioni e prescrizioni contenute nel presente Capitolato Prestazionale, nella Convenzione, del Disciplinare di gara e nella documentazione progettuale allegata al bando di gara.**

Nell'accettare i lavori inclusi in concessione il Concessionario dichiara pertanto:

- **di aver preso conoscenza delle opere da eseguire, di aver visitato le località interessate dai lavori e di averne accertate le caratteristiche;**
- **di aver valutato, nell'offerta economica, tutte le circostanze ed elementi che influiscono tanto sul costo dei materiali, quanto sul costo della mano d'opera, dei noli e dei trasporti.**

Il Concessionario non potrà quindi eccepire durante la progettazione, l'esecuzione e la gestione delle opere la mancata conoscenza di condizioni o la sopravvenienza di elementi non valutati o non considerati, tranne che tali nuovi elementi si configurino come cause di forza maggiore contemplate dal Codice Civile e non escluse da altre norme del presente Capitolato o che si riferiscano a condizioni soggette a revisioni.

Con l'accettazione della concessione il Concessionario dichiara quindi implicitamente di avere la possibilità ed i mezzi necessari per procedere alla sua gestione secondo i migliori precetti dell'arte e con i più aggiornati sistemi costruttivi.

ART. 3 - DESIGNAZIONE SOMMARIA DELLE OPERE

La forma, le dimensioni e le modalità di esecuzione delle opere che formano oggetto della concessione saranno quelle contenute ed illustrate dettagliatamente nel progetto esecutivo approvato dal Concedente; ulteriori precisazioni, prescrizioni ed indicazioni potranno comunque essere fornite nel corso della progettazione, realizzazione e gestione dal Settore Ponti e Vie d'Acqua, dal Settore Mobilità e dal Corpo di Polizia Municipale (interventi riguardanti la viabilità) e dal Settore Verde Pubblico Gestione (interventi che interessano aree a verde od arredo verde).

Si riporta di seguito la descrizione delle opere previste in progetto.

IMPIANTO IDROELETTRICO

- opera di presa;
- canale di derivazione;
- canale di scarico;
- centrale idroelettrica all'interno della quale saranno collocate le attrezzature idrauliche, meccaniche ed elettriche;
- dispositivi per la misura e la registrazione delle portate e dei volumi derivati e rilasciati;
- sistemazione superficiale dell'area interessata dalle opere in sponda destra del Po;
- allacciamenti alle reti di sottoservizi (distribuzione energia elettrica, rete acquedotto, rete fognatura, rete telefonia, ecc);
- impianti ed opere accessorie per garantire il completo e corretto funzionamento della centrale idroelettrica;

CONCA DI NAVIGAZIONE

- opere strutturali
- opere impiantistiche
- opere idrauliche

SCIVOLO PER LE CANOE

- opere strutturali
- opere impiantistiche
- opere idrauliche

SCALA DI RISALITA DEI PESCI

- monitoraggio dell'ittofauna
- eventuali interventi di adeguamento per migliorarne il funzionamento in funzione dei risultati del monitoraggio dell'ittofauna

ART. 4 – VINCOLI

Sulla base della documentazione progettuale allegata al bando di gara il Concessionario potrà apportare alle opere oggetto di concessione tutte le modifiche e le migliorie finalizzate ad incrementarne la qualità tecnica, architettonica, estetica e funzionale, mantenendo però inalterata la natura del progetto; in particolare le opere dovranno essere realizzate nel rispetto del luogo di pregio cittadino in cui si inseriscono, rammentando che l'idea guida deve essere quella dell'integrazione del nuovo progetto nel contesto esistente, ma senza necessariamente incorrere a una sua forzata mimesi. La centrale idroelettrica è stata infatti concepita anche quale esempio concreto di comunicazione alla cittadinanza sul tema delle energie rinnovabili ed in quanto tale dovrà prevedere degli spazi adeguati all'interno del corpo di fabbrica e nell'area circostante che agevolino il raggiungimento di tale obiettivo, oltre a prestarsi quale strumento per la riqualificazione dell'area oggetto di intervento.

Nella redazione delle successive fasi di progettazione dovranno pertanto essere rispettati i vincoli di seguito riportati.

IMPIANTO IDROELETTRICO

PARAMETRI IDRAULICI

- portata max derivata: 50.000 litri/sec - portata media: 36,710 litri/sec ([art. 1 Concessione di Derivazione di acqua pubblica](#));
- dislivello tra il pelo libero a monte ed a valle dei meccanismi motori: 2,85 m ([art. 5 Concessione di Derivazione di acqua pubblica](#))
- potenza nominale utilizzata dalla provincia di Torino per il calcolo del canone di derivazione: 1.025,72 kW ([art. 5 Concessione di Derivazione di acqua pubblica](#))
- deflusso minimo vitale di base (Allegato A del DRGR 17 luglio 2007, n.8/R): 13 mc/sec
- portata per il passaggio artificiale dell'ittofauna (delibera di Giunta Provinciale di Torino n. 746 – 151363/2000 del 18 luglio 2000 Allegato I): 2,29 mc/sec
- larghezza utile max canale di derivazione: 5 m
- quota max piena del Po da utilizzare per il posizionamento degli impianti e delle attrezzature: 217,94 m s.l.m;
- progettare e realizzare le opere oggetto di concessione sulla base di apposito modello idraulico numerico bidimensionale e di un modello idraulico fisico (in apposita scala) del tratto di bacino del fiume Po interessato, con specifico approfondimento delle interazioni tra l'impianto idroelettrico, la conca di navigazione e la scala di risalita dei pesci;

CENTRALE IDROELETTRICA

Caratteristiche architettoniche

- realizzare un paesaggio costruito in un equilibrio tra nuovo intervento ed esistente per un corretto inserimento paesaggistico;
- apportare modifiche alla soluzione architettonica indicata nella documentazione a base di gara solo previo ottenimento del preventivo parere favorevole di tutti gli Enti competenti;
- rispettare la suddivisione in cinque aree funzionali indicate nella documentazione posta a base di gara: area informazione, area del corpo della centrale, area sosta, percorso di collegamento e area imbarco;
- progettare la centrale in modo da porre il corpo emergente in secondo piano rispetto all'affaccio del lungo fiume ed assicurando la prosecuzione dei viali ciclo-pedonali esistenti;
- posizionare la centrale in area opportuna per garantire la tracciabilità del canale di scarico come segno della pavimentazione;

- adottare le minori dimensioni plani-volumetriche della porzione fuori terra della centrale per limitarne il più possibile l'impatto visivo, senza pregiudicare il corretto funzionamento e mantenimento nel tempo della stessa, ponendo attenzione a che la volumetria si integri con i dislivelli esistenti in loco (altezza del percorso posto tra l'area di intervento e c.so Casale, altezza del terrazzamento verso il fiume);
- assicurare adeguate dimensioni ed adeguata organizzazione del piano di ingresso alla centrale per consentire la visita in sicurezza dell'impianto da parte di gruppi ridotti di cittadini o scolaresche (15 persone circa) qualora la Città organizzi incontri e manifestazioni inerenti il tema delle energie rinnovabili;
- prevedere porzioni d'involucro del manufatto che consentano la vista verso l'interno a fini didattici e divulgativi;
- integrare nell'involucro sistemi per la diffusione delle informazioni pertinenti al funzionamento della centrale, rendendoli visibili anche da chi percorre c.so Casale;
- compattare i locali tecnici che saranno ceduti al gestore elettrico con il volume della centrale al fine di ridurre al minimo l'inserimento di elementi estranei al parco, anche se dovranno essere distinguibili gli spazi accessori da quelli dell'impianto principale della centrale;
- impiegare nella realizzazione e nella finitura del corpo della centrale e dei locali tecnici materiali con colori a toni caldi, che in inverno non rendano troppo evidente la presenza dei manufatti ma, al contrario, si armonizzino al contesto in tale stagione;
- scegliere materiali durevoli, manutenibili, di facile ripristino, possibilmente eco-sostenibili, con un'attenzione particolare a che siano di difficile aggressione da parte di atti vandalici;

Caratteristiche tecniche

- progettare la centrale in modo che sia facilmente mantenibile, anche pensando ad ampie porzioni di involucro apribili, utili in particolare per la sostituzione dei macchinari, o parte di essi, in occasione delle operazioni di manutenzione straordinaria;
- dimensionare la centrale in modo da contenere all'interno della stesse le eventuali parti da smontare / movimentare durante le operazioni di gestione e manutenzione (è vietato l'accatastamento di materiali ed attrezzature, anche solo temporaneamente, all'esterno del corpo della centrale durante tutto il periodo di gestione dell'impianto senza previa autorizzazione da parte della Città);
- individuare, per l'esecuzione delle operazioni di manutenzione / smontaggio delle parti interne della centrale, un'apposita area destinata al posizionamento di un'eventuale autogrù utilizzata per tali operazioni od adottare una soluzione tecnica alternativa (ad esempio l'installazione di un carroponente) in modo da evitare danneggiamenti e/o manomissioni della sistemazione superficiale;
- progettare la centrale in modo da ridurre al minimo e/o eliminare la rumorosità, l'emissione di fumi e l'utilizzo di lubrificanti e materiali inquinanti;
- assicurare che la quota max dell'estradosso della centrale idroelettrica non superi di oltre 1 m il livello del viale ciclo-pedonale che separa la centrale da c.so Casale (giungendo approssimativamente a 222,00 m.s.l.m.);
- ricavare lungo il lato sud – est della centrale (in modo da ridurre l'impatto visivo) un locale tecnico inglobato nel fabbricato della stessa centrale, da passare in gestione ad Iren S.p.A. per tutti gli allacciamenti alla rete di distribuzione dell'energia elettrica (dimensioni e prescrizioni tecniche da verificare e concordare con Iren S.p.A. a cura e spese del Concessionario; quota piano di calpestio del locale $\geq$ max piena Po);
- ricavare all'interno della centrale, in corrispondenza della parte fuori terra, un locale destinato alla Città per l'esecuzione di incontri e manifestazioni inerenti il tema delle energie rinnovabili (dimensioni minime 5 m x 4 m);

- provvedere alla remotizzazione della gestione dell'impianto idroelettrico, in modo tale da consentire alla Città la verifica istantanea e da remoto dei parametri di funzionamento (incluso l'utilizzo di allarmi via sms / e-mail nel caso di mal funzionamento o guasto dell'impianto) a partire dalla messa in esercizio dello stesso;

OPERE DI PRESA / CANALI DI DERIVAZIONE E SCARICO

- realizzare opere di presa e di scarico coerenti con il progetto paesaggistico di integrazione nel contesto;
- restituire un'immagine di naturalità (preferibilmente attraverso l'uso del verde) all'area interessata dai lavori per la predisposizione del canale di presa, in modo da ricreare il più possibile la configurazione originale;
- utilizzare appositi strigliatori di tipo oleodinamico od a fune in grado di sollevare carichi elevati di materiale, con ridotto impatto visivo e limitata rumorosità;
- individuare apposita area protetta dotata di cassone chiuso per l'accatastamento temporaneo del materiale rimosso dagli strigliatori, in modo da limitarne l'impatto visivo ed olfattivo;
- provvedere alla rimozione ed al conferimento presso discarica autorizzata del materiale rimosso dagli strigliatori ed accatastato nell'area appositamente individuata almeno ogni 2 giorni per l'intera durata della concessione;
- individuare un percorso di accesso al punto di raccolta del materiale che abbia ridotto impatto visivo e si integri con orografia e morfologia della sponda fluviale;
- installare e/o realizzare una soluzione tecnica in grado di consentire la rimozione periodica del materiale sabbioso accumulato nei canali di derivazione e di scarico;
- realizzare uno scarico e/o un canale di by-pass in prossimità della centrale idroelettrica, in modo da evitare possibili guasti alle turbine in caso di interruzione del funzionamento dell'impianto;
- verificare le interazioni idrauliche tra l'impianto idroelettrico e la conca di navigazione (in particolare con la movimentazione delle porte di accesso alla conca) nel caso in cui si riduca la lunghezza dei canali di derivazione e di scarico rispetto alle dimensioni indicate nello progetto posto a base di gara; nel caso in cui tale interazione risulti significativa si dovrà prevedere l'interruzione parziale e/o totale obbligatoria del funzionamento dell'impianto idroelettrico in occasione del transito delle imbarcazioni all'interno della conca di navigazione;
- garantire la tracimazione dell'acqua sulla Diga Michelotti in qualsiasi condizione idrologica ([art. 11 Concessione di Derivazione di acqua pubblica](#));
- salvaguardare il locale tecnico e le attrezzature interrato ad esso connesse che permettono la gestione dell'impianto pneumatico installato sulla Diga Michelotti ed evitare sia la loro eventuale manomissione, sia l'interruzione del servizio di gestione della Diga durante le fasi di realizzazione delle opere e durante l'intero periodo di durata della Concessione;
- sospendere la derivazione dell'acqua ogni qual volta la portata istantanea disponibile risulti inferiore od uguale al deflusso minimo vitale ([art. 11 Concessione di Derivazione di acqua pubblica](#));

SISTEMAZIONE SUPERFICIALE

- rispettare il numero massimo di esemplari arborei da sottoporre a rimozione e/o trapianto indicato nella documentazione allegata al bando di gara;
- garantire l'accessibilità alla conca di navigazione ed ai percorsi pedonali, ciclabili e veicolari esistenti in sponda destra del Po;
- rispettare la suddivisione delle cinque aree funzionali indicate nella documentazione posta a base di gara (area informazione, area del corpo della centrale, area sosta, percorso

di collegamento e area imbarco), in modo da definire un progetto unitario, seppur nell'autonomia specifica di ogni singola funzione;

- prevedere uno spazio informativo all'aperto in cui la cittadinanza possa sostare agevolmente, a lato dei percorsi esistenti e nuovi, per prendere visione delle informazioni sul funzionamento della centrale e sul suo ruolo nelle politiche energetiche della città (contenuti dei messaggi informativi da concordare con il Concedente);
- prevedere un'area di sosta attrezzata con elementi adeguati a consentire la seduta e lo svolgimento di attività ricreative stanziali, pensando che il luogo così concepito sia utile come punto di attesa delle imbarcazioni;
- progettare un percorso di collegamento tra il livello di ingresso alla centrale ed il viale superiore che conduce al ponte Vittorio Emanuele I, garantendo simultaneamente l'accessibilità a ogni forma di percorrenza (pedoni, biciclette, carrozzine,...);
- garantire l'accessibilità alla conca di navigazione sia ai pedoni, sia alle persone disabili progettando un sistema di collegamento che sfrutti gli elementi già esistenti ed inserendo i nuovi percorsi in coerenza con le caratteristiche del terreno presente;
- inserire ogni area funzionale nel luogo di progetto ponendola come sistema di raccordo dei dislivelli già presenti;
- progettare unitariamente i materiali usati per le finiture delle diverse aree funzionali;
- intervenire sul volume del locale tecnico della diga Michelotti per uniformarne il trattamento dell'involucro in coerenza con i materiali scelti per il corpo della centrale;
- predisporre controlli in remoto della zona oggetto di intervento, utili come deterrente agli atti vandalici;
- garantire il grado di connettività attuale della zona, potenziandola con un sistema di collegamento verso la conca di navigazione ed avendo cura di rendere accessibile a tutti il raggiungimento dell'imbarco;
- realizzare la pavimentazione della zona di intervento in modo da aiutare ad individuare l'area di pertinenza della centrale e delle sue immediate adiacenze attraverso un opportuno uso dei materiali di finitura delle superfici di calpestio (ad esempio rendere evidente la traccia a pavimento del canale di presa dell'acqua anche con una illuminazione notturna);
- ove possibile rispettare la permeabilità dei suoli attraverso l'uso di materiali adeguati e di una rete di raccolta e smaltimento idonea;
- usare materiali ed elementi di arredo coerenti con il carattere di un parco urbano (materiali manutenibili, durevoli, di facile sostituzione e resistenti agli atti di vandalismo).

PRESCRIZIONI DELLA CONCESSIONE DI DERIVAZIONE DI ACQUA PUBBLICA

Dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni tecniche contenute nella Concessione di Derivazione di Acqua Pubblica sottoscritta con la Provincia di Torino e nella Deliberazione della Giunta Provinciale del 20 marzo 2012, prot. n. 227-9125/2012 (incluso il relativo Allegato A) che costituiscono allegato e parte integrante della Convenzione.

SCIVOLO PER LE CANOE

Al fine di provvedere alla successiva omologazione del campo di gara, lo scivolo per le canoe dovrà essere progettato e realizzato conformemente alle prescrizioni contenute nell'International Canoe Federation – Canoe Slalom – Competition Rules Edizione 2011.

Il progetto dello scivolo per le canoe dovrà inoltre essere visionato ed ottenere parere favorevole da parte del Comitato Piemonte FICK.

N.B.1 Le verifiche idrauliche riportate nella documentazione progettuale allegata al bando di gara hanno carattere indicativo e di massima relativamente ai valori di salto idraulico, portata, perdite di carico, ecc.; sarà onere ed obbligo del Concessionario effettuare apposita modellazione e verifica idraulica del tratto di bacino del fiume Po interessato dalla realizzazione dell'impianto idroelettrico e delle opere complementari, tenendo conto delle effettive condizioni al contorno (presenza della Diga Michelotti, della scala di risalita dei pesci) ed in funzione delle caratteristiche dell'impianto progettato.

N.B.2 Si precisa che, considerato l'inserimento del presente progetto nell'ambito delle politiche ambientali ed energetiche intraprese dalla Città per incentivare la produzione di energia elettrica attraverso l'uso di fonti rinnovabili, con la firma della Concessione il Concessionario si impegna a collaborare con la stessa Città, qualora ne venisse richiesta la disponibilità, a fornire tutta la documentazione necessaria, nonché a garantire l'accessibilità alle opere realizzate, per sviluppare la comunicazione di tali tematiche verso la cittadinanza.

ART. 5 – LAVORI INCLUSI NELLA CONCESSIONE

Sono inclusi nella concessione, anche se non esplicitamente riportati nella descrizione delle opere di cui all'art. 3, e considerati come **oneri a carico del Concessionario** i seguenti lavori:

- l'identificazione e segnalazione in sito della posizione planoaltimetrica delle reti di sottoservizi;
- la movimentazione delle recinzioni di cantiere per migliorare le condizioni di circolazione del traffico veicolare e pedonale ogni qual volta indicato dal Settore Ponti e Vie d'Acqua o dal Corpo di Polizia Municipale;
- la realizzazione ed il posizionamento di cartelloni e totem illustrativi nell'area interessata dai lavori;
- la caratterizzazione mediante apposite analisi chimiche e fisiche ed il conferimento presso discarica autorizzata dei rifiuti (pericolosi, non pericolosi, legnosi, inerti, frazione verde) prodotti in cantiere;
- l'adozione di tutte le **misure di sicurezza necessarie a garantire la stabilità dei manufatti esistenti o di parti di essi** durante l'esecuzione delle varie fasi di lavoro;
- l'adozione di tutte le prescrizioni e le protezioni verso gli esemplari arborei presenti nelle aree interessate dai lavori richieste dal Settore Gestione Verde o contenute nel Regolamento del Verde Pubblico e Privato della Città di Torino per gli interventi eseguiti in corrispondenza delle aree verdi o che coinvolgono l'arredo verde della Città;
- la sorveglianza, conservazione e manutenzione di tutte le opere realizzate sino alla presa in consegna delle stessa da parte della Città secondo le scadenze fissate nella concessione, nonché il **ripristino / riparazione delle opere a regola d'arte a seguito di eventuali atti di vandalismo arrecati alle opere oggetto della concessione prima della presa in consegna da parte della Città;**
- l'esecuzione di tutte le prove di collaudo, di carico, di caratterizzazione, di laboratorio, di assemblaggio e di accertamento di corretta esecuzione delle opere richieste dal Collaudatore;
- la demolizione e ricostruzione, a propria cura e spese, delle opere risultate difformi rispetto a quanto prescritto nel progetto esecutivo autorizzato dalla Città o comunque difettose;
- tutti gli oneri esplicitati all'art. 5 del D.M. LL.PP. 145/2000.

ART. 6 – TEMPISTICHE DELLA CONCESSIONE

La durata complessiva della concessione è di **30 anni** a partire dalla data di sottoscrizione della Convenzione, eventualmente rinnovabili di ulteriori **22 anni**, così come di seguito precisato:

- primi **30 anni**: progettazione, realizzazione e gestione dell'impianto idroelettrico e progettazione e realizzazione delle opere complementari;
- successivi **22 anni**: gestione dell'impianto idroelettrico previo ottenimento del rinnovo della Concessione di Derivazione di acqua pubblica da parte della Provincia di Torino;

A partire dalla data di sottoscrizione della Convenzione con la Città, si dovrà quindi provvedere a:

- progettazione definitiva, esecutiva: **1 anno**
- realizzazione dell'impianto idroelettrico: **1 anno** a partire dalla conclusione della fase di progettazione
- realizzazione delle opere complementari. **1 anno** a partire dalla conclusione della realizzazione dell'impianto idroelettrico
- gestione dell'impianto idroelettrico: a partire dall'ultimazione della fase di realizzazione e sino alla scadenza della concessione.

ART. 7 – DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE

L'elenco completo della documentazione da produrre al Settore Ponti e Vie d'Acqua una volta aggiudicata la concessione è riportato nella Convenzione in funzione delle varie fasi di sviluppo della stessa; si riporta di seguito l'elenco sintetico di tale documentazione:

- **polizze e garanzie fidejussorie** indicate nella Convenzione;
- documentazione prevista nella **Convenzione per la Concessione di Derivazione di acqua pubblica** della Provincia di Torino e nella **Deliberazione della Giunta Provinciale del 20 marzo 2012, prot. n. 227-9125/2012, e relativo Allegato A**;
- tre copie cartacee timbrate e firmate in originale e due copie su formato digitale (una copia con files originali in formato .doc, .xls, .dwg, .jpg, ecc ed una copia con i files di tutti gli elaborati in formato .pdf) di tutta la **documentazione progettuale** (progetto definitivo, esecutivo, eventuali progetti di variante, as built);
- **modello idraulico numerico bidimensionale** (su formato cartaceo, su formato digitale) e **modello idraulico fisico** del tratto di fiume Po interessato dalla realizzazione delle opere (su formato cartaceo, su formato digitale);
- **pareri di tutti gli enti competenti** ottenuti durante le fasi di progettazione, realizzazione e gestione delle opere;
- **nomina del Direttore dei Lavori e del C.S.E**;
- **documentazione contabile attestante lo stato di avanzamento mensile dei lavori**, redatta secondo i modelli forniti dal Concedente;
- **documentazione tecnica inerente le opere realizzate** (schede tecniche e prove sui materiali impiegati, documentazione di accompagnamento delle forniture di cls ed acciaio, schede tecniche relative alle attrezzature meccaniche / elettriche / idrauliche installate, dichiarazioni di conformità degli impianti, ecc.);
- **documentazione necessaria per lo svolgimento dell'attività tecnico – amministrativa di controllo** da parte del Concedente durante la fase di progettazione, esecuzione e gestione delle opere;
- **resoconto economico annuale della gestione** dell'impianto idroelettrico a partire dal primo anno di produzione dell'energia elettrica, con specifica indicazione documentata della quantità di energia prodotta (entro il **31 gennaio** dell'anno successivo a quello di riferimento);

- verbale della **visita annuale congiunta con il Concedente** per verificare lo stato di consistenza delle opere e redigere apposito verbale (ispezione da eseguire entro il **31 ottobre** dell'anno di riferimento);
- **quietanze** attestanti il pagamento di tutti i corrispettivi, i canoni, le imposte, i diritti e le tariffe per la fornitura di energia elettrica, acqua, collegamenti telefonici e quant'altro necessario per la gestione delle opere oggetto di concessione;
- **quietanze** attestanti il pagamento del canone e dei costi di derivazione dell'acqua pubblica e del canone per la costituzione del diritto di superficie;
- **verbali redatti in contraddittorio con il Concedente** indicati nella Convenzione;
- documentazione derivante dall'esecuzione delle **campagne di monitoraggio periodiche dell'ittofauna**.

ART. 8 – PENALITA' E DETRAZIONI

Si rimanda a quanto indicato nella Convenzione.

ART. 9 - RIFERIMENTI NORMATIVI

Oltre alle prescrizioni contenute negli elaborati di progetto, fa parte integrante del contratto in oggetto tutta la normativa generale, specialistica e tecnica inerente le opere in appalto, in particolare:

- il D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.;
- il D.Lgs. 6/2007;
- il D.P.R. 554/99;
- il Capitolato Generale d'Appalto approvato con D.M. LL.PP. 145/2000;
- il D.Lgs. 494/96 e s.m.i.;
- il D.Lgs. 626/94 e s.m.i.;
- il D.M. 14/01/08;
- i Regolamenti della Città di Torino.

Nel caso in cui durante la progettazione, la realizzazione e la gestione delle opere oggetto di concessione venissero abrogate / modificate / introdotte nuove prescrizioni da parte della normativa vigente, è obbligo ed onere del Concessionario provvedere all'adeguamento delle stesse al fine di consentire il rispetto di tali prescrizioni.

CAPO II

PRESCRIZIONI TECNICHE

Si riportano di seguito le principali prescrizioni tecniche adottate dalla Città nell'esecuzione delle categorie di lavorazioni previste nella concessione in oggetto; tali prescrizioni potranno essere utilizzate come linee guida da parte del Concessionario nella realizzazione delle opere, dal momento che dovranno essere adattate e ridefinite in funzione delle soluzioni strutturali e tecnologiche indicate nel progetto esecutivo approvato dalla Città.

ART. 10 – OPERE IDRAULICHE

10.1 OPERE DI PRESA

PREMESSE

L'opera di presa deve essere in grado di convogliare nel canale di carico, o nella condotta forzata, la quantità d'acqua prevista, riducendo al minimo ogni impatto negativo sull'ambiente locale e con perdite di carico ridotte. La presa funge da elemento di transizione tra un corso d'acqua, che può variare dal rigagnolo al torrente impetuoso, e il canale di derivazione, che convoglia una portata controllata sia in quantità sia in qualità. Il progetto della presa, basato su considerazioni geologiche, idrauliche, strutturali ed economiche, richiede un'attenzione particolare per evitare problemi di manutenzione e d'esercizio, cui non è facile porre rimedio in un secondo tempo, che bisogna poi portarsi appresso per tutta la vita dell'impianto.

Il progettista di un'opera di presa deve tenere presenti tre tipi di criteri di progettazione:

- criteri idraulici e strutturali, comuni a tutti i tipi di presa;
- criteri operativi (ad esempio la percentuale di acqua derivata rispetto alla disponibile, la sgrigliatura, il dissabbiamento etc.) che variano secondo il tipo di presa;
- criteri ambientali (barriere per impedire il passaggio di pesci, scale di risalita per pesci, etc) che sono caratteristiche del singolo impianto.

La localizzazione di un'opera di presa dipende da un gran numero di fattori, come la sommersione, le caratteristiche geotecniche del sito, i vincoli ambientali (in particolare con riferimento all'ittiofauna), il dissabbiamento e, in alcuni casi, la formazione di ghiaccio.

L'orientamento della presa rispetto alla corrente è un fattore cruciale per minimizzare l'accumulo di materiale sulla griglia, fonte di problemi di manutenzione e causa di fermi impianto.

La configurazione ottimale è quella in cui la griglia è disposta perpendicolarmente alla traversa, così che durante i periodi di piena la corrente spinge i detriti sopra la sua soglia.

La presa non dovrebbe essere localizzata nelle vicinanze di un tratto in cui l'acqua ristagna, perché le correnti di risucchio tipiche di queste aree causano l'accumulo di detriti all'ingresso della presa.

Le principali opere complementari della presa sono:

- una griglia, per ridurre la quantità di detriti e sedimenti grossolani trasportati dall'acqua in ingresso;
- un bacino di decantazione (dissabbiatore), dove la velocità della corrente diminuisce e si depositano tutte le particelle di diametro superiore ai 2 mm;
- un sistema di sghiaimento, per eliminare il limo la sabbia e la ghiaia che si sono depositate con la minima perdita di acqua captata;

- uno sfioratore, per scaricare l'acqua in eccesso.

TIPI DI OPERE DI PRESA

La prima cosa che il progettista deve stabilire è il tipo di presa adatto all'impianto. Malgrado la notevole varietà delle prese esistenti, esse possono essere classificate in base ai seguenti criteri:

- *presa diretta da bacino*: la presa alimenta direttamente la condotta forzata. Queste prese si rinvengono di solito in presenza di laghi o bacini artificiali e l'acqua viene convogliata in pressione
- *opera di derivazione*: la presa alimenta altre vie d'acqua (canali di carico, gallerie, etc.) che di solito terminano nel bacino di carico. Queste prese si rinvengono di solito lungo i corsi d'acqua e i canali e trasportano l'acqua a pelo libero.

Le prese di derivazione lungo i corsi d'acqua possono essere ulteriormente classificate in laterali, frontali e a trappola. Le prese laterali sfruttano una curva del fiume oppure utilizzano un canale di sedimentazione; la presa in questo caso si giova della presenza di una forte corrente secondaria che scorre lungo il lato esterno della curva e che evita che il materiale di fondo entri nella presa. La portata di progetto Q_{ep} deve essere minore del 50% della portata critica Q_{cr} , dove quest'ultima è definita come la portata raggiunta la quale inizia il trascinamento del materiale di fondo.

Il secondo tipo di prese laterali utilizza un canale sghiaiatore di fronte alla presa, per prevenire l'ingresso nella presa sia del materiale sospeso che di quello di fondo. Non vi sono pertanto limiti sulla portata. Il canale è realizzato con una scogliera di massi di almeno 1-1,5 m, come indicato in figura 5.13, e la sua pendenza dovrebbe essere di almeno il 2%, preferibilmente il 5%. Il fondo del canale deve essere protetto dall'abrasione, tramite l'utilizzo di calcestruzzo o pietre. Una dente parzialmente sommerso (0,8-1,0 m di sommersione) è realizzato per evitare che i corpi galleggianti entrino nella presa. I principali elementi della struttura di una presa laterale sono una traversa mobile, un canale di sedimentazione e la presa con griglia.

Le prese frontali sono sempre equipaggiate con un canale di sedimentazione e sono particolarmente adatte per i tratti rettilinei dei corsi d'acqua. Il canale di sedimentazione deve essere continuamente sghiaiato e il corso d'acqua può essere largo al massimo 50 m. Il principale vantaggio di questo tipo di prese è la loro capacità di funzionare anche in presenza di grandi quantità di materiale trascinato sul fondo e sospeso. D'altro canto ciò richiede una continua attività di sghiaimento/spurgo e pertanto un notevole spreco di acqua. Le prese frontali sono largamente utilizzate in corsi d'acqua caratterizzati da letti molto larghi e da un elevato carico sospeso.

Le *prese a trappola* sono generalmente utilizzate in corsi d'acqua con forte pendenza, come i torrenti, e per tratti di fiume rettilinei. La presa di tipo "francese" è essenzialmente costituita da un canale, realizzato all'interno del letto del fiume, che lo attraversa trasversalmente ed è protetto da una griglia con una pendenza maggiore di quella del letto del fiume. Le barre della griglia sono orientate parallelamente al flusso dell'acqua.

La presa tipo "Coanda" è un ulteriore affinamento della presa a trappola che sfrutta l'*effetto Coanda*, tipico degli impianti dei giacimenti minerari, per separare i pesci e i materiali trasportati dall'acqua pulita. Essa consiste in una traversa recante, nella parte di valle, una griglia d'acciaio inossidabile, sotto la quale è ricavato un canale trasversale di raccolta, come nelle prese a trappola. A differenza di queste, la griglia ha le barre orientate orizzontalmente e di sezione triangolare, per incrementare il passaggio di acqua. L'acqua cade attraverso la griglia, mentre i pesci e il materiale trasportato dall'acqua sono scaricati a valle alla base della griglia.

Questo tipo di presa è in grado di rimuovere il 90% dei solidi fino a 0,5 mm, il che consente di non prevedere il bacino dissabbiatore con i relativi sistemi di rimozione del sedimento.

Nelle Alpi è stato sviluppato un tipo di presa a trappola particolarmente adatto ai torrenti molto scoscesi, ubicati in aree montuose difficilmente accessibili, chiamato presa "Tirolese".

Le prese dirette sono utilizzati soprattutto in presenza di laghi o serbatoi artificiali. L'acqua viene trasportata in pressione e pertanto i problemi associati a questo tipo di prese sono differenti da quelli delle opere di derivazione. Per esempio i sedimenti entrano molto più difficilmente nella presa, sebbene depositandosi all'interno del bacino rappresentano comunque un problema. D'altra parte le prese in pressione a basso battente presentano il rischio che si formino dei vortici al loro ingresso e conseguentemente delle bolle d'aria lungo la condotta.

PERDITE DI CARICO

Nei piccoli impianti idroelettrici le perdite di carico rivestono un'importanza fondamentale per la fattibilità del progetto e perciò devono essere minimizzate quanto più possibile. Questo può essere ottenuto tenendo prestando attenzione ai seguenti elementi:

- pareti di accompagnamento alla griglia, progettate per minimizzare la separazione della vena fluida e le perdite di carico;
- geometria delle pile di sostegno degli equipaggiamenti meccanici, inclusa la griglia e le paratoie;
- setti guida per distribuire uniformemente il flusso d'acqua;
- sistemi di eliminazione dei vortici;
- griglie progettate in modo appropriato

Il profilo di velocità influenza in modo decisivo l'efficienza del sistema. La velocità in un bacino di carico può variare da 0,8-1,0 m/s davanti alla griglia fino a 3,0-5,0 m/s nella condotta. Un buon profilo garantisce un'accelerazione uniforme del flusso minimizzando le perdite di carico. Un'improvvisa accelerazione o decelerazione della corrente provoca turbolenza e la separazione della vena fluida, e quindi accresce le perdite di carico.

Purtroppo un'accelerazione costante con piccole perdite di carico richiede una presa complessa costruttivamente e lunga, e perciò molto costosa. Si deve quindi raggiungere un compromesso tra costo dell'opera e la sua efficienza. Le massime velocità ammissibili in condotta ne condizionano il diametro, mentre una velocità ragionevole della portata in ingresso alla griglia sarà il vincolo da rispettare per il dimensionamento della sezione rettangolare.

I risultati degli studi sui coefficienti di perdita di carico per piccole opere di presa su bassi salti hanno dimostrato che i benefici economici aumentano più la geometria dell'opera è sagomata idraulicamente con profilo della copertura inclinato progressivamente mediante l'utilizzo casseforme piane. Inoltre è emerso che il risparmio ottenuto con bacini più corti e compatti è superiore alle penalizzazioni in fase d'esercizio dovute alle maggiori perdite di carico.

L'analisi costi/benefici suggerisce pertanto che la soluzione migliore è quella con un bacino di carico compatto con una copertura inclinata e pareti convergenti, mentre è risultato che la lunghezza del bacino non abbia un peso predominante tra i fattori che determinano le perdite di carico totali. Le perdite di carico relative alla griglia dipendono dalla spaziatura e dalla forma delle barre, dalla sua orientazione rispetto al flusso dell'acqua e dell'eventuale effetto di ostruzione causato dai detriti.

GRIGLIE

Una delle principali funzioni delle prese è quella di minimizzare l'ingresso del materiale trasportato dall'acqua in arrivo; a questo scopo all'ingresso dell'opera di presa viene collocata una griglia per evitare appunto che corpi galleggianti e grosse pietre possano entrare nell'impianto. La griglia è realizzata in più elementi costituiti da una serie di barre con spaziatura costante. Se c'è il rischio che il corso d'acqua durante la stagione delle piene possa trasportare grandi quantità di materiale, è opportuno installare, a monte della griglia usuale, un griglione amovibile con barre molto spaziate, da 100 a 300 mm, per ridurre il carico e migliorare l'efficienza degli sgrigliatori automatici.

Le griglie vengono realizzate con barre d'acciaio inossidabile o di plastica; queste ultime possono essere facilmente costruite con profilo alare che consente di conseguire minor

insorgenza di fenomeni turbolenti e minori perdite di carico. La spaziatura varia da una luce netta di 12 mm, per piccole turbine Pelton con alti salti, ad un massimo di 150 mm, per grandi eliche per bassi salti. La griglia deve avere un'area netta, data dall'area totale meno l'ingombro frontale delle barre, tale che la velocità dell'acqua in griglia non superi 0,75 m/s per piccoli bacini e 1,5 m/s per grandi bacini di carico, al fine di evitare che i corpi galleggianti siano attratti verso la griglia. Le griglie possono essere imbullonate al telaio di supporto con bulloni d'acciaio inossidabile oppure essere alloggiare in fessure verticali, in modo da poter essere rimosse e sostituite con panconi quando sia necessario fermare l'impianto per manutenzioni o riparazioni. Nel caso di grandi griglie si deve ipotizzare che la griglia possa essere completamente intasata e quindi si deve calcolare la struttura di sostegno in modo che resista senza eccessive deformazioni a un carico pari alla pressione totale dell'acqua esercitata sull'intera area della griglia.

Nel caso in cui il fiume trasporti detriti molto ingombranti, le griglie possono essere precedute da sistemi paragalleggianti. Nella loro forma più semplice essi sono costituiti da pezzi di legno uniti testa a testa con cavi o catene. I paragalleggianti più sofisticati sono realizzati con strutture prefabbricate d'acciaio o di plastica sostenute da cavi d'acciaio. La collocazione dei paragalleggianti è critica, perché la loro intrinseca configurazione curva non li predispone ad autopulirsi durante le piene.

La griglia è progettata in modo che la velocità d'ingresso sia tra 0,60 e 1,50 m/s. La massima spaziatura possibile tra le barre di solito viene specificata dai costruttori di turbine. Valori tipici sono 20-30mm per le Pelton, 40-50mm per le Francio e 80-100 mm per le Kaplan.

Le perdite di carico dipendono da molti fattori, come per esempio la modalità con cui la griglia viene pulita. La pulizia delle griglie è molto importante per ridurre le perdite di carico attraverso il sistema. La pulizia manuale è molto difficile, specialmente durante le piene, pertanto è opportuno installare un sistema di pulizia meccanizzato.

La griglia è opportuno che sia removibile, in caso di riparazioni e di manutenzioni, e dotata di sistemi di pulizia. Per facilitarne la pulizia manuale è consigliabile un'inclinazione di 30° sull'orizzontale, sebbene spesso si utilizzino angoli maggiori. Le griglie si possono pulire manualmente fino ad una profondità di 4 metri. Per facilitare l'operazione si deve prevedere un piano di manovra posizionato al di sopra del massimo livello dell'acqua.

Negli impianti non presidiati e telecontrollati devono essere installati sgrigliatori automatici. Essi possono essere progettati in modo da intervenire o ad intervalli di tempo prestabiliti o in base a differenze di livello preimpostate. In questo secondo caso un sensore misura la perdita di carico attraverso la griglia; quando un accumulo di materiale contro la griglia provoca un determinato aumento della differenza di livello a cavallo della griglia, interviene lo sgrigliatore automatico.

Negli sgrigliatori azionati da cilindri oleodinamici il cilindro secondario avvicina o allontana il pettine montato su un braccio incernierato ad un'estremità. Il pettine viene dapprima allontanato dalla griglia e calato in acqua fino a fine corsa; poi una volta avvicinato alla griglia viene risollevato correndo lungo di essa. Il pettine è costituito da una serie di denti, montati su un supporto in poliammide, che scorrono negli spazi tra le barre. Lo sgrigliato è sollevato fino alla testa della griglia per essere scaricato in una canaletta o in un nastro trasportatore. Nel primo caso una piccola pompa immette acqua nella canaletta per facilitare il convogliamento dello sgrigliato. Il problema dello smaltimento dello sgrigliato deve essere risolto caso per caso, tenendo presente che uno sgrigliatore può rimuovere da un bacino di carico una quantità di materiale talvolta incredibile. Allorquando la griglia è molto lunga, si utilizza una struttura scorrevole montata su un sistema di binari che corre lungo tutta la griglia. Il sistema di controllo automatico dello sgrigliatore può essere programmato in modo da passare sopra le strutture di supporto senza l'intervento dell'operatore. Utilizzando cilindri telescopici si possono raggiungere profondità fino a 10 m che, unite alla pressoché illimitata corsa orizzontale rende possibile installare sgrigliatori in grado di pulire vaste superfici di griglia.

VORTICOSITÀ

Una buona camera di carico non deve solo minimizzare le perdite di carico, ma anche evitare lo sviluppo di vortici, poiché influenzano negativamente le prestazioni delle turbine, specialmente di quella a bulbo e a pozzo. Di fatto i vortici:

- generano condizioni di flusso non uniforme
- immettono aria nella corrente liquida con effetti dannosi sulle turbine: vibrazioni, cavitazione, carichi non equilibrati, etc.
- aumentano le perdite di carico e diminuiscono il rendimento della turbina
- trascinano materiale dentro la camera di carico.

I criteri da seguire per evitare la formazione di vortici sono ben lungi dall'essere chiaramente definiti, e non esiste una singola formula che tenga adeguatamente conto dei possibili fattori che incidono sul fenomeno. Secondo il Comitato ASCE per le opere di presa degli impianti idroelettrici, quei fattori di disturbo che introducono non uniformità nelle velocità sono fonte di vortici. Tra questi ci sono:

- condizioni asimmetriche d'arrivo dell'acqua
- sommergenza insufficiente
- separazione della vena fluida e formazione di vortici
- velocità in arrivo superiori a 0,65 m/s
- bruschi cambi nella direzione del flusso.

La sommergenza insufficiente e l'asimmetria della corrente in arrivo sembrano essere le cause più comuni di formazione di vortici. Una configurazione asimmetrica genera più facilmente vortici di una simmetrica. Pertanto, se l'imbocco è sufficientemente profondo e la corrente è uniforme, viene ridotta la formazione di vortici.

Esistono formule empiriche che esprimono il minimo livello di sommersione della presa necessario per evitare la formazione di vortici intensi. In ogni caso al momento non esiste nessuna teoria che tenga conto di tutti i parametri rilevanti.

Oltre ad assicurare la minima sommersione, alcune regole costruttive possono aiutare e prevenire la formazione dei vortici. Per esempio si possono evitare le condizioni di flusso asimmetrico tramite la realizzazione di pareti verticali, di pile, di griglie, di zattere galleggianti e mediante un'opportuna progettazione della forma dell'imbocco.

10.2 DISSABBIATORI

PREMESSE

Le prese di derivazione sono progettate per prevenire l'ingresso dei detriti galleggianti e il trasporto di fondo, ma non possono evitare l'ingresso dei sedimenti sospesi. Per questo motivo a valle della presa viene realizzato un dissabbiatore. Lo scopo principale di queste strutture è di evitare l'insabbiamento delle opere poste a valle (canali, pozzetti, etc.) e di limitare il danneggiamento delle apparecchiature meccaniche.

Il funzionamento di un dissabbiatore avviene mediante la diminuzione della velocità della corrente e della turbolenza, che causa la decantazione sul fondo dei sedimenti sospesi. La diminuzione della velocità della corrente viene ottenuta tramite un allargamento del canale regolato da una traversa posta a valle.

Per ridurre il tempo di sghiaimento e la quantità d'acqua impiegata, può essere utilizzato un sistema meccanico di svuotamento.

EFFICIENZA DI UN DISSABBIATORE

L'efficienza di un dissabbiatore viene definita mediante il diametro delle particelle che vi si depositano. La scelta del livello di efficienza dipende dal tipo di turbine e dal salto lordo dell'impianto. Per una turbina Francis, il potere abrasivo dei granelli di sedimento può essere espresso in funzione della velocità dei granelli e del salto lordo dell'impianto; gli intervalli di

tempo tra gli interventi di manutenzione di una turbina Francis sono di 6-7 anni per dissabbiatori con un'efficienza di 0,2 mm, di 3-4 anni se l'efficienza è di 0,3 mm e di 1-2 anni se l'efficienza è solo di 0,5 mm. È ovvio d'altronde che il costo di un dissabbiatore cresce all'aumentare della sua efficienza. Dunque l'efficienza ottimale può essere individuata sulla base dei costi di costruzione, delle perdite di carico, dei costi di manutenzione delle turbine e dei costi di esercizio. L'esperienza ha insegnato che nel complesso la soluzione più economica corrisponde ad un'efficienza di circa 0,2 mm in condizioni particolarmente critiche (alti salti, presenza di particelle di quarzo) e di circa 0,3 mm in condizioni normali.

PROGETTAZIONE DI UN DISSABBIATORE

La lunghezza necessaria di un dissabbiatore è definita sulla base della portata dell'opera di presa e dell'efficienza scelta per il dissabbiatore (diametro delle particelle che si depositano all'interno del dissabbiatore). La lunghezza deve essere tale da consentire a tutti i granelli sospesi di depositarsi sul fondo prima di uscire dal dissabbiatore. Questo accade se il tempo di decantazione t_d è equivalente al tempo di trasporto t_t .

Per progettare un dissabbiatore in modo appropriato, deve essere definita la velocità critica di trasporto, cioè il valore limite tra il regime di sospensione e il regime di deposito.

Se la velocità è troppo alta, c'è il rischio che i sedimenti depositati vengano risollepati dalla corrente.

10.3 PARATOIE E VALVOLE

In tutti i piccoli impianti idroelettrici alcuni componenti, per una ragione o per l'altra (manutenzione, riparazioni, riduzioni del tempo di mantenimento della velocità di fuga della turbina in caso di stacco di carico, etc.), devono poter essere temporaneamente isolati.

Alcune delle paratoie e delle valvole adatte allo scopo da installare alle opere di presa degli impianti sono le seguenti:

- panconi di legno
- paratoie piane a strisciamento di ghisa, acciaio, materiale plastico o legno
- paratoie a ventola con o senza contrappesi
- valvole a sfera, rotative, a saracinesca, a farfalla.

Quasi senza eccezioni, le camere di carico comprendono una paratoia o una valvola di guardia posta a monte della turbina, che può essere chiusa per consentire lo svuotamento della condotta che porta alla turbina. Questa paratoia deve essere progettata in modo da poter essere chiusa, in caso di fuori servizio, con la massima portata della turbina ed essere aperta, anche parzialmente, sotto il massimo carico d'acqua, per consentire il riempimento della camera turbina.

Per basse pressioni il tipo più semplice di organo d'intercettazione è il pancone costituito da travi di legno sovrapposte e calato entro delle scanalature laterali. I panconi non possono regolare le portate e sono usati solo per intercettarle. Se la portata deve essere completamente intercettata, come quando si debba intervenire per riparazioni a valle, è raccomandabile l'installazione di due serie di panconi, separate una dall'altra di circa 15 cm, in modo da poter riempire con argilla l'interspazio e migliorare la tenuta idraulica.

Le paratoie e le valvole, invece, regolano le portate lungo le vie d'acqua. Le paratoie a strisciamento sono solitamente impiegate per regolare le portate lungo i canali a pelo libero o in condotti in bassa pressione. L'applicazione tipica si ha per la regolazione delle portate nelle opere di presa convenzionali dove, se necessario, la portata può essere completamente intercettata per consentire lo svuotamento delle vie d'acqua. Le paratoie di ghisa sono quelle usate più di frequente per luci inferiori ai 2 m².

Per luci maggiori le paratoie d'acciaio sono più economiche. Le paratoie piane si usano raramente sulle condotte forzate a causa dei lunghi tempi di chiusura. Il corpo della paratoia scorre tra due guide, chiamate gargami, fissate alla struttura muraria.

Qualora venisse usata in condotte in pressione, il corpo della paratoia verrebbe spinto contro le guide e la movimentazione della paratoia diventerebbe difficoltosa. Per superare questo problema s'utilizzano corpi paratoia cuneiformi, in modo che la tenuta venga interrotta lungo tutta la superficie non appena la paratoia si solleva un po'. Per garantire una buona tenuta nelle paratoie piane sono utilizzati differenti tipi di guarnizioni di gomma: esse possono essere di gomma naturale o di compositi butadiene-stirene o cloroprene. Il piano di tenuta è posto adiacente al piano di scorrimento.

Piccole paratoie piane a strisciamento possono essere movimentate a mano mediante un volantino oppure motorizzate con cilindro oleodinamico o con vitoni e attuatore elettrico.

Nella valvola a farfalla un otturatore a forma di lente, montato su un albero, ruota fino ad chiudere il passaggio. Sotto pressione, le due facce della lente sono sottoposte al medesimo carico, cosicché la valvola si manovra facilmente e consente la chiusura rapida.

Le valvole a farfalla possono essere utilizzate come valvole di guardia o come valvole di regolazione. È facile comprendere che come valvole di regolazione hanno una scarsa efficienza, in quanto l'otturatore rimane immerso nell'acqua e crea fenomeni di turbolenza.

Le valvole a farfalla sono costruttivamente semplici e robuste, possono essere azionate manualmente od oleodinamicamente.

Le valvole a sfera e rotative danno minori perdite di carico, rispetto alle valvole a saracinesca o alle valvole a farfalla, e sono anche molto diffuse malgrado il loro maggior costo.

Le paratoie radiali, o a settore, di concezione e uso completamente differente, consentono di realizzare un ciglio sfiorante a quota variabile e anche un eccellente controllo dei livelli di monte e di valle.

Le paratoie a settore sono manovrate verso l'alto o verso il basso in modo da far passare l'acqua sotto il corpo della paratoia. Il settore circolare che costituisce la faccia di monte è concentrico con i perni delle paratoie. I perni sono inseriti nelle pile e portano l'intero carico idrostatico. Di fatto il carico passa attraverso i perni e quindi la forza necessaria per la movimentazione delle paratoie è limitata. Le perdite di carico generate dai settori sono piuttosto elevate, specialmente quando sono impiegati per la regolazione.

10.4 CONDOTTE FORZATE

DISPOSIZIONE GENERALE E SCELTA DEI MATERIALI

Lo scopo di una condotta forzata, convogliare l'acqua dalla presa alla centrale, può sembrare facile, considerando la familiarità che si ha con le tubazioni per l'acqua, tuttavia scegliere la disposizione generale più economica per una condotta non è così semplice.

Le condotte possono essere interrate o posate fuori terra, a seconda di una serie di fattori come la natura del terreno, il materiale della condotta, la temperatura ambiente ed i vincoli ambientali.

Per esempio, un tubo di piccolo diametro in PVC può essere appoggiato sul terreno, seguendone l'andamento, e se si stende sotto e attorno uno strato di sabbia e ghiaia se ne migliora l'isolamento e si evita di dover installare blocchi di ancoraggio e giunti di dilatazione.

D'altra parte le grandi condotte vengono solitamente interrate, sempre che non ci siano da eseguire troppi scavi in roccia. Le condotte interrate devono essere accuratamente verniciate e rivestite per proteggerle dalla corrosione, ma se il rivestimento è ben fatto e non viene danneggiato durante la posa, non richiedono praticamente ulteriori manutenzioni. Dal punto di vista ambientale questa soluzione è ottimale, poiché il profilo del terreno può essere ripristinato completamente e la condotta non costituisce una barriera per gli spostamenti della fauna.

Una condotta fuori terra può essere progettata con o senza giunti di dilatazione. Le variazioni di temperatura sono importanti soprattutto se la turbina non funziona con continuità o quando la condotta è vuotata per riparazioni, poiché ne conseguono espansioni e contrazioni del tubo.

Solitamente la condotta è realizzata in tronchi rettilinei con blocchi di ancoraggio a ogni cambio di pendenza o direzione e con un giunto di dilatazione tra ciascuna coppia di blocchi (figura 5.31). I blocchi devono resistere alla spinta della condotta ed agli sforzi d'attrito provocati dalla sua espansione e contrazione; per questo motivo quando possibile essi devono essere fondati su roccia. Quando la natura del terreno è tale da richiedere blocchi di calcestruzzo di dimensioni troppo grandi e quindi troppo costosi, una soluzione alternativa è quella di eliminare un blocco ogni due e tutti i giunti, lasciando le curve libere di muoversi leggermente. In questo caso è bene appoggiare i tratti rettilinei su selle metalliche, realizzate in modo da adattarsi al contorno del tubo e solitamente abbraccianti 120° del fondo tubo. Le selle possono essere tutte di lamiera d'acciaio con piatti di rinforzo e munite di fogli di teflon tra sella e tubo per ridurre gli sforzi d'attrito. Il movimento del tubo può essere favorito dai giunti di dilatazione e progettando la condotta con curve libere di muoversi.

Se la soluzione scelta è quella di una condotta con giunti a bicchiere e guarnizioni di tenuta *O-ring*, allora le espansioni e le contrazioni si producono su ciascun giunto.

Attualmente esiste una vasta gamma di materiali per condotte. Per alti salti e grandi diametri la soluzione migliore è l'acciaio saldato longitudinalmente. Non di meno si possono prendere in considerazione anche tubi con saldatura meccanica a spirale, grazie al loro minor prezzo, sempre che siano disponibili nelle dimensioni richieste. Per gli alti salti l'acciaio o la ghisa sferoidale sono da preferirsi, ma per i medi ed i bassi salti divengono meno competitivi, poiché lo spessore dei film protettivi non decresce con lo spessore della condotta e perché esistono degli spessori minimi costruttivi sotto cui non si può scendere.

Per diametri più piccoli si può scegliere tra tubi d'acciaio senza saldatura con giunto a bicchiere e *O-ring* di tenuta di gomma, che evitano le saldature in cantiere, oppure flangiati e da imbullonare in sito; calcestruzzo semplice o precompresso; ghisa sferoidale con giunti a bicchiere e *O-ring*; plastici rinforzati con fibre di vetro (PRFV); PVC o polietilene (PE). I tubi di plastica¹⁴ sono una soluzione molto attraente per medi salti (un tubo di PVC di diametro 400 mm si può utilizzare fino a un massimo di 200 m di salto) poiché spesso sono più economici, più leggeri, più maneggevoli dei tubi d'acciaio ed in più non richiedono rivestimenti protettivi contro la corrosione.

I tubi di PVC sono semplici da installare grazie al giunto a bicchiere e alla guarnizione *O-ring*.

Solitamente sono posati interrati con un ricoprimento minimo di un metro. A causa della loro bassa resistenza alla radiazione UV, non si possono usare fuori terra se non verniciati o rivestiti. Il raggio di curvatura minimo di un tubo in PVC è piuttosto grande, 100 volte il diametro, ed il suo coefficiente di dilatazione termica è cinque volte maggiore dell'acciaio. I tubi di PVC inoltre sono piuttosto fragili e inadatti alla posa su terreni rocciosi.

Le tubazioni di polietilene ad alta densità (PE16) possono essere stese fuori terra e sono adatte a curve con un raggio di curvatura di 20-40 volte il loro diametro (per curve più strette sono richiesti speciali adattatori). Le tubazioni di polietilene galleggiano sull'acqua e possono essere ancorate con cavi formando lunghe sezioni, ma devono essere unite in campo con una speciale saldatura termica fusione, che richiede un macchinario apposito.

Le tubazioni di polietilene possono infine sopportare il congelamento della condotta senza danneggiarsi, ma non sono disponibili diametri superiori ai 300 mm.

Le condotte sia di calcestruzzo precompresso con trefoli ad alta resistenza o armato con lamierino interno per la tenuta idraulica o giunto a bicchiere con guarnizione elastomerica, sono un'altra possibile soluzione. Purtroppo il loro peso notevole li rende difficili da trasportare e movimentare e costosi, ma in compenso non hanno problemi di corrosione.

Nei paesi in via di sviluppo, i tubi in doghe di legno trattate con creosoto e con cerchiatura d'acciaio sono un'alternativa valida utilizzabile per diametri fino a 5,5 m e salti fino a 50 m che può salire a 120 m per diametri di 1,5 m. Tra i vantaggi ci sono: flessibilità per adattarsi alla conformazione del terreno, facilità di posa sul terreno senza alcuna regolarizzazione preventiva, nessuna necessità di giunti di dilatazione, d'appoggi di calcestruzzo e di rivestimenti

anticorrosivi. Il tubo è assemblato sul posto a partire dalle singole doghe e cerchiature, il che lo rende facilmente ed economicamente realizzabile anche in luoghi di difficile accesso ed impervi. Gli svantaggi sono rappresentati dalla perdita, soprattutto in fase di riempimento, dalla necessità di mantenere il tubo pieno quando si fa manutenzione alle turbine e notevoli oneri di manutenzione come ad esempio il rivestimento ogni cinque anni con catrame.

PROGETTO IDRAULICO E REQUISITI STRUTTURALI

Una condotta è caratterizzata dal materiale, dal diametro, dallo spessore della parete e dal tipo di giunti.

Il materiale viene scelto sulla base delle condizioni del terreno, dell'accessibilità, del peso, del tipo di giunti e del costo.

Il diametro è scelto in modo da ridurre le perdite di carico ad un livello accettabile.

Lo spessore della parete è scelto in modo da resistere alla massima pressione interna d'acqua, ivi inclusa quella dovuta al colpo d'ariete.

Diametro della condotta

La scelta del diametro di una condotta è il risultato di un compromesso tra costo della condotta e perdite di potenza.

Il salto netto è pari al salto lordo diminuito della somma di tutte le perdite, incluse quelle per attrito e turbolenza nella condotta, che sono all'incirca proporzionali al quadrato della velocità dell'acqua nel tubo. Per convogliare una certa portata, una condotta di piccolo diametro richiederà una velocità più alta rispetto ad una condotta di diametro maggiore e perciò le perdite saranno più grandi. Pertanto la scelta del più piccolo diametro possibile minimizzerà il costo della condotta, ma le perdite di carico aumenteranno e viceversa.

Un semplice criterio per la selezione del diametro è quello di limitare le perdite di carico ad una certa percentuale del salto lordo. Perdite del 4% sono solitamente accettabili. Un approccio più rigoroso consiste nello scegliere alcuni diametri possibili, calcolando la corrispondente potenza resa ed energia annua prodotta. Si calcolerà il valore attuale dell'energia persa nel corso della vita dell'impianto e lo si metterà in grafico per ciascun diametro. Si procederà poi al calcolo del costo della condotta, e al tracciamento del grafico relativo in funzione del diametro. Sommando graficamente le curve dei costi d'esercizio e dei costi della condotta si otterrà una curva che presenta un minimo cui corrisponde il diametro teorico ottimo.

Di fatto le principali perdite in un tubo in pressione sono dovute all'attrito, mentre quelle dovute alla turbolenza nel passaggio attraverso le griglie, all'imbocco del tubo, nelle curve, nelle espansioni e contrazioni e nelle valvole sono di minor peso.

Spessore della parete del tubo

Lo spessore del tubo dipende dal materiale, dalla sua tensione di rottura e snervamento, dal diametro del tubo e dalla pressione d'esercizio. In condizioni stazionarie in cui la portata rimane costante nel tempo, la pressione d'esercizio in ogni parte della condotta è pari al carico d'acqua sopra quel punto.

Il tubo deve essere sufficientemente rigido da poter essere movimentato senza pericolo di deformazione. L'ASME raccomanda uno spessore in mm equivalente a 2,5 volte il diametro in metri più 1,2 mm. Altri organismi raccomandano uno spessore minimo $t_{min} = (D + 508) / 400$ dove tutte le grandezze sono in mm.

Negli impianti ad alta caduta può essere conveniente utilizzare una condotta di diametro costante e spessore variabile in funzione della pressione.

Improvvisi variazioni di portata possono verificarsi quando il gestore dell'impianto o il sistema di regolazione dell'impianto aprono o chiudono rapidamente gli organi di intercettazione.

Talvolta può succedere che la portata sia intercettata improvvisamente per un distacco di carico o semplicemente a causa di un'ostruzione dell'ugello di una turbina Pelton. Il cambiamento repentino di portata in condotta comporta il movimento di grandi masse d'acqua al suo interno. L'onda di pressione che ne consegue è nota come colpo d'ariete; sebbene esso sia transitorio causa pericolosi innalzamenti e abbassamenti della pressione, i cui effetti possono essere tragici: la condotta può scoppiare per le sovrappressioni o collassare per depressione interna. Gli incrementi di pressione indotti dal colpo d'ariete possono essere di alcune volte superiori rispetto alla pressione idrostatica e devono essere presi in considerazione nel calcolo dello spessore della condotta.

Il problema del colpo d'ariete diventa acuto nelle condotte lunghe, dove il canale a pelo libero è sostituito da un tubo in pressione per tutto il tracciato. Per un approccio rigoroso si devono prendere in considerazione non solo l'elasticità del fluido e del materiale della condotta, ma anche le perdite di carico distribuite ed il tempo di chiusura della valvola.

Per determinare lo spessore minimo richiesto lungo il tubo si devono prendere in considerazione due ipotesi di colpo d'ariete: colpo d'ariete normale e colpo d'ariete d'emergenza. Il primo si verifica quando la turbina chiude sotto il controllo del sistema di regolazione dell'impianto. In queste condizioni la sovrappressione può raggiungere il 25% del salto lordo in caso di turbine Pelton, e del 25-50% in caso di turbine a reazione, a seconda delle costanti di tempo del regolatore. Le indicazioni del costruttore della turbina devono essere tenute in debita considerazione al riguardo.

Nelle condotte d'acciaio, gli sforzi ammissibili (quelli statici più quelli dovuti al colpo d'ariete) sono funzione della tensione a rottura e a snervamento. In caso di colpo d'ariete normale, gli sforzi nell'acciaio devono mantenersi al di sotto del 60% della tensione di snervamento e del 38% del carico di rottura. In caso di colpo d'ariete d'emergenza ci si può spingere al 96% dello snervamento e al 61% della rottura.

I tubi commerciali sono catalogati in base alla massima pressione di esercizio per la quale sono progettati.

Tale pressione include già un fattore di sicurezza e talvolta può comprendere anche delle tolleranze per il colpo d'ariete. Fattori di sicurezza e tolleranza dipendono dalle norme di riferimento utilizzate.

Se l'impianto è soggetto a frequenti onde di pressione, è opportuno considerare l'opportunità di installare dei dispositivi per la loro riduzione. Il più semplice è il pozzo piezometrico, una sorta di grande tubo collegato alla base con la condotta e alla sommità comunicante con l'atmosfera.

Lo scopo fondamentale del pozzo piezometrico è quello di ridurre la lunghezza della colonna d'acqua e avendo a disposizione una superficie a pelo libero più vicina alla turbina. Alcuni autori ritengono il pozzo piezometrico non necessario fino ad una lunghezza della condotta inferiore a 5 volte il salto lordo.

Conviene tuttavia tenere conto in proposito del valore della costante d'accelerazione dell'acqua nel tubo: se è inferiore a 3 s il pozzo non è necessario, ma se supera i 6 secondi un pozzo piezometrico o qualche altro dispositivo deve essere installato per evitare forti oscillazioni del regolatore della turbina.

Con la valvola di macchina aperta e moto stazionario in condotta, il livello dell'acqua nel pozzo corrisponderà alla pressione in condotta, pari al salto netto. Quando, per un'improvvisa chiusura della valvola, la pressione in condotta sale bruscamente, l'acqua in condotta tende a rifluire nel pozzo aumentando il livello dell'acqua al di sopra di quello della camera di carico.

A questo punto il livello torna a scendere e l'acqua dal pozzo torna in condotta, finché non si raggiunge un minimo. Il flusso s'inverte e il livello nel pozzo torna a salire di nuovo e così via.

La costante d'accelerazione dell'acqua nel tubo svolge un ruolo importante nella progettazione del regolatore della turbina. Se mal progettato, il regolatore ed il pozzo possono interagire causando problemi di regolazione di velocità troppo impegnativi perché il regolatore possa adeguarvisi.

Per esempio, quando il tempo di chiusura delle valvole di macchina deve essere rapido, una soluzione opportuna può essere quella di installare una valvola di sicurezza posta in parallelo con la turbina, che si apre quando si chiude il distributore.

Questo accorgimento ha l'effetto di rallentare le variazioni di portata in condotta.

SELLE DI APPOGGIO, BLOCCHI DI ANCORAGGIO E GIUNTI DI DILATAZIONE

Le selle sono progettate per sopportare il peso della condotta piena d'acqua, ma non per resistere a forze longitudinali significative.

Il progetto della ferramenta di appoggio è basato sulla teoria dell'elasticità dei gusci sottili.

Il tubo è soggetto a sforzo come una trave e i carichi sono trasmessi agli anelli di supporto per taglio. Se le condotte sono appoggiate con continuità in un certo numero di punti, i momenti flettenti in ogni punto della condotta possono essere calcolati con lo schema della trave continua. Gli anelli di supporto sono saldati al corpo del tubo con saldature continue su ambo i lati.

La luce tra gli appoggi L è condizionata dal massimo valore ammissibile per la flessione del tubo pari a $L/65.000$.

10.5 CANALI DI RESTITUZIONE

Una volta turbinata, l'acqua ritorna nel fiume attraverso un breve canale di restituzione. Le turbine ad azione possono conservare una velocità d'uscita relativamente elevata e pertanto il canale di restituzione deve essere progettato in modo che la stabilità della centrale non ne sia pregiudicata.

Tra la centrale ed il fiume devono prevedersi scogliere in massi o platee antierosione. Il progetto deve anche assicurare che in caso di piena il livello d'acqua nella restituzione non salga fino ad interferire con la girante della turbina. Nelle turbine a reazione il livello nella restituzione influenza il funzionamento della turbina e più specificatamente l'insorgenza di fenomeni di cavitazione. Tale livello poi determina anche il salto netto disponibile e in impianti a bassa caduta può avere un'influenza decisiva sull'economia dell'impianto.

ART. 11 – EQUIPAGGIAMENTO ELETTROMECCANICO

11.1 EDIFICIO DELLA CENTRALE

In un impianto idroelettrico, la centrale ha il compito di proteggere dagli eventi atmosferici l'equipaggiamento idraulico ed elettrico che converte l'energia potenziale dell'acqua in energia elettrica. Il numero, il tipo e la potenza delle turbine, la loro disposizione rispetto al canale di scarico, l'altezza del salto e la geomorfologia del luogo condizionano la tipologia dell'edificio.

I seguenti equipaggiamenti saranno disposti all'interno della centrale:

- valvola o paratoia di macchina
- turbina
- moltiplicatori di giri (se necessario)
- generatore
- quadri di controllo
- quadri elettrici di potenza (rifasamento, interruttori, etc.)
- dispositivi di protezione
- alimentazione d'emergenza in c.c.
- trasformatori
- etc

Effettivamente esistono molte configurazioni possibili della centrale; ad esempio il corpo dell'edificio, integrato nello sbarramento, può incorporare la camera di carico con la sua griglia, la turbina Francis verticale accoppiata al generatore, il diffusore e il canale di scarico. Nella sala

macchine sono installati i quadri di controllo e potenza e, eventualmente, la sottostazione di trasformazione; questi è bene che siano collocati ad un'altezza al disopra della piena bicentenaria del fiume che può colpire l'area per evitare danneggiamenti ai sistemi elettrici.

Inoltre in questo specifico impianto è richiesto che l'area di ingresso alla centrale possa essere luogo di visite guidate (15 persone circa) organizzate dalla Città qualora questa organizzi incontri e manifestazioni inerenti il tema delle energie rinnovabili.

11.2 TURBINE IDRAULICHE

Le turbine idrauliche hanno lo scopo di trasformare l'energia potenziale e cinetica dell'acqua in energia meccanica di rotazione.

TIPOLOGIE E CONFIGURAZIONE

L'energia potenziale dell'acqua si converte in energia meccanica nella turbina per mezzo di due meccanismi fondamentalmente diversi.

Nel primo, la pressione dell'acqua agisce direttamente sulla superficie delle pale, diminuendo di valore man mano che avanza. Le turbine che operano in tal modo si definiscono "a reazione".

La cassa turbina deve essere abbastanza robusta poiché, con la ruota completamente sommersa, è sottoposta alla pressione di monte dell'acqua. Le turbine Francis e Kaplan appartengono a questa categoria.

Nel secondo, l'energia potenziale si trasforma totalmente in energia cinetica in un ugello che proietta la vena liquida ad alta velocità contro le pale, montate sulla periferia della girante. Le turbine che operano in questo modo sono chiamate "turbine ad azione". Poiché l'acqua, dopo che ha colpito le pale, cade nel canale di scarico con una piccola energia residua, la cassa turbina può essere leggera e ha solo lo scopo d'evitare danneggiamenti e la fuoriuscita dell'acqua. Le più comuni turbine ad azione sono le Pelton.

TURBINE AD AZIONE

Turbine Pelton

Le turbine Pelton sono turbine ad azione nelle quali uno o più getti d'acqua urtano contro le numerose pale a cucchiaio montate sulla periferia della girante.

Ogni ugello crea un getto, la cui portata è regolata da una valvola a spillo.

Queste turbine sono solitamente utilizzate solo per salti più alti di 60 m, fino a salti di anche più di 1.000 m. Il piano degli ugelli è sempre quello meridiano della girante.

In caso di fermo d'emergenza delle turbine (ad esempio in caso di distacco del carico), il getto può essere deviato da un tegolo deflettore, in modo che non colpisca le pale, per evitare che la girante vada in fuga. In questo modo la valvola di macchina può essere chiusa più lentamente e le sovrappressioni che si generano nella condotta sono mantenute entro valori accettabili.

Dal momento che l'energia cinetica che esce dalla girante va persa, le pale a cucchiaio sono progettate in modo da rendere minima la velocità di uscita dell'acqua (idealmente velocità zero).

Le turbine Pelton a uno o due getti possono essere ad asse orizzontale o verticale, mentre quelle a tre o più getti hanno sempre asse verticale. Il massimo numero di ugelli è 6 (valore non comune nei piccoli impianti).

La girante della turbina è di solito accoppiata direttamente con l'albero del generatore e deve essere collocata più in alto rispetto alla quota di restituzione dell'acqua. Il rendimento di una Pelton è buona per valori di portata tra il 30% e il 100% della portata massima di progetto, se la turbina è a 1 getto, e tra il 10% e il 100% della portata massima di progetto, se la turbina è multigetto.

Turbine Turgo

La turbina Turgo può lavorare con salti tra i 50 e 250 m. Come la Pelton è una turbina ad azione, però le sue pale hanno forma diversa e il flusso le colpisce con un angolo di 20° rispetto al piano mediano della ruota. L'acqua entra nella girante da un lato e ne esce dall'altro. Questo tipo di turbina può lavorare con portate tra il 20% e il 100% della portata massima di progetto. Complessivamente il rendimento è minore rispetto a quella delle turbine Pelton o Francis.

A differenza della turbina Pelton, nella turbina Turgo il getto colpisce simultaneamente più pale, similmente a quanto avviene in una turbina a vapore.

Il volume d'acqua che una turbina Pelton può elaborare è limitato dal fatto che il flusso di ogni ugello possa interferire con quelli adiacenti, mentre la turbina Turgo non soffre di questo inconveniente.

A parità di portata e di salto, una turbina Turgo ha una velocità di rotazione più alta rispetto a quella di una Pelton.

Il minor diametro necessario comporta, a parità di velocità periferica, una maggiore velocità angolare, che facilita l'accoppiamento diretto al generatore, eliminando quindi il moltiplicatore con conseguente diminuzione dei costi d'acquisto e d'esercizio e aumento dell'affidabilità del macchinario.

Una Turgo può essere una buona alternativa a una Francis quando la portata varia notevolmente o quando ci sono lunghe condotte, perché la presenza d'un deflettore permette di evitare che la turbina vada in fuga in caso di distacco del carico e pertanto, rispetto alla Francis, il rischio di colpi di ariete diminuisce sensibilmente.

Turbine cross-flow

Questa turbina ad azione, conosciuta anche come turbina Banki-Michell (in ricordo dei suoi inventori) oppure turbina Ossberger (in nome della ditta che la fabbrica da più di 50 anni), si utilizza con una gamma molto ampia di portate (tra i 20 l/s ed i 10 m³/s) e di salti tra 5 m e i 200 m.

L'acqua entra nella turbina attraverso uno o più distributori localizzati nella parte alta della girante e la attraversa due volte prima di uscire dalla turbina.

La semplicità della struttura rende facili e poco costose le riparazioni in caso di danneggiamenti alla girante dovuti ai significativi sforzi di tipo meccanico a cui è sottoposta.

Le turbine cross-flow presentano un rendimento piuttosto basso rispetto ad altre turbine e la significativa perdita di carico dovuta alla distanza tra la girante e il livello di restituzione dell'acqua deve essere tenuta in considerazione quando si lavora con salti bassi e medi.

Inoltre le turbine cross-flow utilizzate su alti salti possono presentare problemi di affidabilità a causa dei forti sforzi meccanici a cui sono sottoposte.

Il loro rendimento massimo è inferiore all'87%, però si mantiene quasi costante quando la portata discende fino al 16% della nominale e possono raggiungere una portata minima teorica inferiore al 10% della portata di progetto.

Questo tipo di turbine costituisce un'alternativa interessante quando si ha acqua a sufficienza, consumi energetici definiti e scarse possibilità d'investimento, come nei programmi di elettrificazione rurale.

TURBINE A REAZIONE

Turbine Francis

Le turbine Francis sono turbine a reazione, con girante a pale fisse e distributore a pale regolabili, utilizzate per medi salti. In queste turbine l'immissione dell'acqua è sempre radiale, mentre lo scarico è assiale.

Come le Pelton, le turbine Francis possono essere ad asse verticale o orizzontale, e quest'ultima configurazione è la più comune nei piccoli impianti idroelettrici.

Le turbine Francis possono essere installate in camera libera o direttamente connesse alla condotta forzata. Sui corsi d'acqua con piccoli salti erano molto utilizzate, ma allo stato attuale

per questo tipo di impianti le turbine Kaplan costituiscono la soluzione migliore dal punto di vista tecnico ed economico.

L'acqua entra nella turbina attraverso una cassa a spirale, realizzata in modo da mantenerne costante la velocità tangenziale lungo tutto il suo sviluppo e da farla giungere al distributore radialmente.

Alcune turbine Francis possono avere un distributore mobile, la cui funzione è quella di regolare la portata di acqua in ingresso nella girante e di adattare l'angolo d'ingresso del flusso all'angolo delle pale della girante. Le pale del distributore possono ruotare sul proprio asse, azionate da bielle collegate a loro volta a un anello esterno che sincronizza il loro movimento. Questo sistema può essere utilizzato per fermare l'ingresso d'acqua alla turbina in situazioni d'emergenza, benché ciò non eviti l'installazione una valvola a farfalla all'ingresso della turbina.

La girante trasforma l'energia dell'acqua in energia meccanica e scarica l'acqua in direzione assiale attraverso il diffusore.

Le piccole ruote sono di solito fuse in un unico pezzo d'acciaio inossidabile. Alcuni costruttori realizzano anche fusioni in bronzo-alluminio o saldano le pale sul tamburo, e in questo caso le turbine sono di solito direttamente accoppiate con l'albero del generatore.

In una turbina a reazione, il diffusore ha la funzione di recuperare l'energia cinetica ancora posseduta dall'acqua che viene scaricata dalla girante. Dal momento che l'energia cinetica è proporzionale al quadrato della velocità, uno degli obiettivi del diffusore è ridurre la velocità di scarico. Un diffusore efficiente ha sezione conica, ma con un angolo non troppo aperto, altrimenti può generarsi un distacco di flusso. L'angolo ottimale è 7° ma, per ridurre la lunghezza del diffusore e quindi il suo costo, talvolta gli angoli vengono aumentati fino a 15° .

Più basso è il salto, più importante è il ruolo del diffusore. Dal momento che i bassi salti di solito implicano portate elevate, la velocità residua dell'acqua all'uscita dalla girante è un elemento importante. Si può facilmente capire che, scelta una girante con un certo diametro, se aumenta la portata che l'attraversa deve aumentare anche la velocità dell'acqua.

Turbine Kaplan e a elica

Si tratta di turbine a reazione a flusso assiale, utilizzate generalmente per bassi salti (da 2 m a 40 m). Le pale della girante nella Kaplan sono sempre regolabili, mentre quelle del distributore possono essere fisse o regolabili. Quando sia le pale della turbina sia quelle del distributore sono regolabili, la turbina viene definita "a doppia regolazione"; se le pale del distributore sono fisse, la turbina è "a singola regolazione" (o semi-Kaplan). Una Kaplan con le pale della girante fisse è chiamata turbina a elica. Queste ultime vengono utilizzate quando sia la portata che il salto rimangono praticamente costanti, che è una condizione piuttosto rara nei piccoli impianti idroelettrici.

La doppia regolazione permette in qualsiasi momento d'adeguare il funzionamento della girante e del distributore alle variazioni di salto o di portata. La Kaplan a doppia regolazione è quindi la più flessibile e può lavorare con portate comprese tra il 15% e il 100% della massima di progetto. Le Kaplan a singola regolazione consentono un buon adattamento alle variazioni di portata, ma sono invece meno flessibili in caso di significative variazioni nel salto; di norma possono lavorare con portate comprese tra il 30% e il 100% della massima portata di progetto.

La Kaplan a doppia regolazione è una turbina ad asse verticale con cassa a spirale e distributore a configurazione radiale. Il flusso entra in direzione radiale e compie una svolta ad angolo retto prima di entrare nella girante in direzione assiale. Il sistema di regolazione è progettato in modo che a ogni variazione dell'inclinazione delle pale della girante corrisponde una variazione delle pale del regolatore, allo scopo d'ottimizzare il rendimento della macchina in corrispondenza di una vasta gamma di valori di portata e salto. Le pale della girante possono ruotare con la turbina in funzione grazie a un sistema di bielle-manovelle collegate a un tirante verticale, che scorre all'interno dell'albero cavo della turbina, azionato da un servomotore idraulico.

La turbina a bulbo deriva dalla Kaplan, con il generatore contenuto in una cassa impermeabile, a forma appunto di bulbo, immersa nell'acqua.

Le turbine Kaplan sono sicuramente le macchine che consentono di realizzare il maggior numero di possibili configurazioni.

La scelta è particolarmente delicata negli impianti a basso salto, che per essere convenienti devono utilizzare grandi volumi d'acqua. Per impianti con un salto tra 2 e 5 metri e con portate tra 10 e 100 m³/s, sono necessarie giranti con un diametro di 1,6-3,2 m, accoppiate al generatore tramite un moltiplicatore di giri. In queste situazioni le canalizzazioni idrauliche in generale, e le opere di derivazione in particolare, assumono dimensioni molto grandi e richiedono opere civili ingenti, con un costo che generalmente supera quello degli equipaggiamenti elettromeccanici.

Per ridurre i costi complessivi (opere civili + elettromeccaniche) e in particolare i costi delle opere civili, sono state sviluppate alcune configurazioni ormai considerate classiche.

I criteri di scelta per questo tipo di turbine sono ben noti:

- intervallo di portate disponibili;
- salto netto;
- andamento geomorfologico del terreno;
- vincoli ambientali (impatto visivo e sonoro);
- costo della manodopera.

Le diverse configurazioni differiscono a seconda della direzione con cui il flusso d'acqua entra nella turbina (assiale, radiale, misto), il sistema di intercettazione dell'acqua (paratoia o sifone) e il tipo di moltiplicatore di giri (ingranaggi paralleli, a rinvio d'angolo, epicicloidali).

L'intercettazione a sifone è affidabile, poco costosa e impedisce che la turbina vada in fuga, però è piuttosto rumorosa durante le operazioni d'avvio e d'arresto dell'impianto se non vengono realizzate delle protezioni insonorizzanti per isolare la pompa aspirante e le valvole. Anche se non necessaria in presenza di normale funzionamento, è raccomandabile installare una paratoia di sicurezza, così da evitare un accidentale avviamento della turbina in presenza di forti variazioni del pelo acqua a monte e a valle. Infatti in queste circostanze la turbina raggiunge velocità molto elevate e l'operatore non ha modo di fermarla. Una soluzione a questo problema può essere la realizzazione di una traversa con paratoie a ventola.

Le centrali interrate sono la soluzione ottimale per mitigare gli impatti visivi e acustici, ma sono realizzabili solo adottando configurazioni di turbina a S, inclinata, a rinvio d'angolo a 90° o in pozzo.

L'installazione di un moltiplicatore di giri consente di utilizzare un generatore di tipo standard da 750 o 1000 giri al minuto e inoltre è un dispositivo affidabile, compatto e poco costoso. La configurazione a S è assai diffusa, sebbene presenti lo svantaggio che l'albero della turbina deve attraversare o la condotta di ingresso o quella di uscita, con conseguenti perdite di carico. Pertanto viene utilizzata principalmente su salti medi o per impianti con condotte forzate.

La configurazione a pozzo ha come vantaggio che tutti i componenti elettromeccanici sono facilmente accessibili, in particolare i giunti d'accoppiamento tra turbina e moltiplicatore di giri e tra moltiplicatore di giri e generatore, rendendo più semplici le operazioni d'ispezione, manutenzione e riparazione. Questa configurazione è molto utilizzata negli impianti con salto molto basso e alte portate, dove è occorre installare giranti del diametro maggiore di 2 m.

Per le stesse motivazioni già illustrate per le Francis, anche le turbine Kaplan devono avere un diffusore e, proprio perché sono realizzate su bassi salti, l'energia cinetica ha un ruolo molto importante; pertanto la qualità di questo elemento della turbina non deve essere trascurata.

NUMERO DI GIRI CARATTERISTICO

La maggior parte delle opere idrauliche – sfioratori, dissipatori d'energia, prese d'acqua, etc. – attualmente si progettano e si realizzano in base alle prove su modello fisico in scala ridotta. Il comportamento di questi modelli si fonda sulla teoria della similitudine idraulica, che include

l'analisi delle relazioni tra le diverse grandezze fisiche che intervengono sul comportamento dell'acqua in un'opera idraulica, meglio conosciuta come analisi dimensionale.

Il progetto di una turbina idraulica non costituisce un'eccezione e i costruttori di turbine utilizzano normalmente modelli in scala ridotta. La domanda che ci si pone in questi casi è se, conoscendo il comportamento di un certo tipo di turbina in determinate condizioni operative, possano essere estrapolate le prestazioni di una macchina geometricamente simile in condizioni operative diverse.

Se la risposta a questa domanda fosse positiva, la teoria della similitudine fornirebbe un criterio scientifico per catalogare le turbine, di grande utilità per selezionare la macchina che meglio si adatta alle condizioni dell'impianto che si sta progettando.

La risposta è effettivamente positiva se il modello ed il prototipo industriale:

- sono geometricamente simili;
- hanno lo stesso coefficiente volumetrico.

Per essere geometricamente simili, il modello avrà tutte le dimensioni omogenee ridotte di un coefficiente fisso rispetto al prototipo. Le grandezze fisiche coinvolte nella similitudine geometrica sono le lunghezze, le aree ed il volume.

È importante sottolineare che le prove su modello e le simulazioni fatte in laboratorio sono l'unico sistema per rilasciare delle garanzie sul rendimento delle turbine e sul loro comportamento idraulico. Tutte le regole di similitudine sono pertanto definite rigorosamente negli standard internazionali IEC 60193 e 60041 e nessuna garanzia può essere rilasciata se non rispetta con questi standard.

In generale i costruttori di macchine dichiarano il numero di giri caratteristico delle loro macchine. Un gran numero di studi statistici condotti su numerosi impianti esistenti hanno consentito di mettere in relazione, per ogni tipo di turbina, il numero di giri caratteristico con il valore del salto netto.

Conoscendo la velocità specifica, si possono stimare le dimensioni fondamentali di una turbina. In ogni caso si dovrebbero usare le formule statistiche solo per una valutazione preliminare, perché solo i costruttori sono in grado di fornire le reali dimensioni delle turbine.

Nelle turbine Pelton, il numero di giri caratteristico cresce in ragione della radice quadrata del numero di getti. Pertanto il numero di giri caratteristico di una Pelton a quattro getti eccezionalmente ci sono più di 4 getti e solo in turbine ad asse verticale) è il doppio di quello di una Pelton a un solo getto.

CRITERI DI SCELTA DELLA TURBINA

Il tipo, la geometria e le dimensioni di una turbina sono condizionati essenzialmente dai seguenti parametri:

- salto netto;
- portata da turbinare;
- velocità di rotazione;
- problemi di cavitazione;
- velocità di fuga;
- costo.

La progettazione preliminare e la scelta della turbina sono entrambi processi iterativi.

SALTO NETTO

Il salto lordo è la distanza verticale tra il livello del pelo acqua alla presa e quello nel canale di scarico - nelle turbine a reazione - oppure tra il livello del pelo acqua alla presa e quello dell'asse dei getti - nelle turbine ad azione.

Il salto netto è il rapporto tra l'energia idraulica specifica della macchina e l'accelerazione di gravità. Questa definizione è particolarmente importante in quanto negli impianti a basso salto l'energia cinetica residua non può essere trascurata.

Il primo criterio da prendere in considerazione nella scelta della turbina è il salto netto.

PORTATA

Un unico valore di portata non ha significato; è necessario conoscere il regime delle portate, tipicamente rappresentato attraverso una curva delle durate delle portate (FDC) ottenuta dai dati idrometrici oppure da studi ideologici-

La portata stimata e il salto netto determinano l'insieme delle turbine idonee al sito e alle condizioni ambientali. Le turbine idonee sono quelle per cui la portata disponibile e il salto netto individuano un punto che ricade all'interno del campo di funzionamento. Un punto come quello appena definito ricade di solito all'interno del campo di funzionamento di diverse turbine. Tutte queste turbine sono appropriate per operare in quelle condizioni e sarà quindi necessario valutare la capacità installata e la producibilità in rapporto ai costi per poter prendere una decisione. Bisogna però ricordare che il campo di funzionamento di un tipo di turbina varia a seconda del costruttore.

Dal momento che una turbina può lavorare solo con valori di portata compresi tra un massimo e un minimo tecnico, potrebbe risultare vantaggioso installare alcune piccole turbine al posto di una sola più grande. In questo caso le turbine vengono avviate in modo sequenziale, cosicché tutte quelle in funzione, tranne una, lavorano alla loro portata nominale e perciò garantiscono alti rendimenti. Inoltre se si opta per utilizzare 2 o 3 piccole turbine, ciascuna unità avrà un peso minore e pertanto le operazioni di trasporto e di installazione risulteranno più facili. Infine la ripartizione della portata tra due o più turbine consente a ciascuna di avere una velocità di rotazione maggiore, riducendo la necessità di un moltiplicatore di giri.

In presenza di forti variazioni di portata all'interno del campo dei medi salti, una Pel ton multigetto con bassa velocità di rotazione sarà da preferire a una Francis. Una simile considerazione può essere espressa con riferimento alle Kaplan e alle Francis in presenza di bassi salti.

La scelta finale tra l'installazione di una o più unità o tra un tipo di turbina e l'altra sarà il risultato di un processo iterativo che tiene conto dei costi di investimento e della producibilità annua.

NUMERO DI GIRI CARATTERISTICO

Il numero di giri caratteristico costituisce un eccellente criterio di selezione delle turbine, senza dubbio maggiormente preciso di quello, più convenzionale e conosciuto, dei campi di funzionamento sopra illustrato.

CAVITAZIONE

Quando la pressione in un liquido in movimento scende sotto la sua tensione di vapore, ha luogo l'evaporazione del liquido. Questo fenomeno dà luogo alla formazione di un gran numero di piccole bolle, che sono trasportate fuori dalla zona a bassa pressione dal movimento e collassano quando giungono nelle zone a pressione maggiore. La formazione di queste bolle ed il loro collasso è ciò che viene definito cavitazione. L'esperienza insegna che questo fenomeno crea degli impulsi di pressione molto elevati, accompagnati da forte rumore (una turbina che cava fa un rumore come se fosse attraversata da ghiaia).

L'azione continua ripetuta di queste pressioni a carattere impulsivo produce sulle pale della girante e sul mozzo una specie di erosione diffusa, formando cavità nel metallo ("pitting").

Col tempo questa erosione provoca la formazione di cricche tra le cavità, con asportazione del metallo. Le temperature elevate generate dagli impulsi di pressione e la presenza di ossigeno nei gas rilasciati aggravano il fenomeno, dando origine a corrosione, cosicché in un tempo relativamente breve la turbina risulta seriamente danneggiata ed deve essere fermata e riparata, se si è intervenuti in tempo.

In ogni caso la cavitazione non è qualcosa d'inevitabile. La sperimentazione in laboratorio consente di mettere a punto un'adeguata progettazione idraulica delle turbine e di definire il loro campo di funzionamento, elementi che aiutano entrambi ad evitare che si verifichi questo fenomeno.

Si deve tenere presente che lungo le pale di una turbina Pelton si possono verificare fenomeni locali di cavitazione se il profilo interno non è stato ben disegnato o se la forma testata in laboratorio non è poi stata fedelmente riprodotta in fase di fabbricazione.

VELOCITÀ DI ROTAZIONE

La velocità di rotazione di una turbina è funzione del numero di giri caratteristico, della portata e del salto netto. Nei piccoli impianti si è soliti impiegare generatori *standard*, per cui, nello scegliere la turbina, si deve tenere conto delle possibili velocità di sincronismo, sia che essa sia accoppiata direttamente al generatore sia che venga interposto un moltiplicatore di giri.

VELOCITÀ DI FUGA

Ciascun tipo di turbina è caratterizzata da una velocità di fuga, che è la massima velocità che essa può teoricamente raggiungere in caso di distacco del carico (per l'apertura dell'interruttore di parallelo o per un guasto all'eccitazione) in un momento in cui il gruppo idroelettrico sta lavorando al massimo carico.

A seconda del tipo di turbina, la velocità di fuga può risultare circa il doppio o il triplo della velocità nominale.

Si deve tener presente che all'aumentare della velocità di fuga aumenta il costo del generatore e del moltiplicatore di giri, i quali debbono essere progettati per resistere alle sollecitazioni indotte da questa possibile situazione.

RENDIMENTO DELLE TURBINE

È importante sottolineare che il rendimento caratterizza non solo la capacità di una turbina di sfruttare le caratteristiche del sito in modo ottimale, ma anche il suo comportamento idrodinamico.

Un rendimento medio significa che la progettazione idraulica non è ottimale e che possono verificarsi dei problemi (ad esempio cavitazione, vibrazioni, etc) che a loro volta causano una riduzione della producibilità e in alcuni casi anche dei danni alle macchine.

Ogni committente dovrebbe richiedere al costruttore una garanzia sui rendimenti (non sulla producibilità) basata su test di laboratorio, perché è l'unico modo per essere sicuri che la turbina lavori in modo corretto. Si dovrebbe inoltre conoscere l'origine della garanzia, anche per gli impianti molto piccoli.

Se un committente volesse verificare la producibilità di una turbina ha a disposizione 2 metodi.

Il primo metodo consiste nell'eseguire delle **prove in sito** dopo aver messo in funzione la turbina. Per ottenere misure adeguatamente precise, devono essere utilizzate delle tecniche complesse, difficili da applicare e spesso non adatte ai piccoli impianti.

Diventa perciò generalmente necessario far ricorso a metodologie più semplici, i cui risultati sono però sempre discutibili. Se i test dimostrano che non si ottengono i rendimenti garantiti, di solito è troppo tardi per perfezionare la macchina. Nemmeno il pagamento delle penali da parte dei costruttori compensa le perdite per la minor producibilità subite dal produttore lungo tutto l'arco di vita della turbina.

Il secondo metodo consiste nell'effettuare **test di laboratorio** su turbine geometricamente simili al prototipo industriale. Nel caso di piccoli impianti, le dimensioni dei modelli che vengono testati sono spesso simili a quelle delle macchine reali. Il comportamento idraulico di una turbina può essere esaminato sull'intero intervallo di funzionamento e perciò è possibile correggere eventuali difetti prima che la macchina venga effettivamente costruita.

Il rendimento garantito dai costruttori di turbine è quello definito e verificabile secondo la pubblicazione "International Code for the field acceptance tests of hydraulic turbines" (IEC-60041) o, se applicabile, "International Code for the model acceptance tests" (IEC-60193).

Il rendimento è definito come il rapporto tra la potenza meccanica trasmessa all'albero turbina e la potenza idraulica assorbita nelle condizioni di salto e di portata nominali.

La turbina non consiste solo della girante. Gli standard internazionali definiscono chiaramente i limiti della turbina e i costruttori devono rilasciare le loro garanzie facendo riferimento a questi limiti. I costruttori indicano anche alcuni criteri di qualità che i committenti devono rispettare, come ad esempio la distribuzione delle velocità e la deviazione di flusso in caso di impianti a basso salto.

È necessario osservare che nelle turbine ad azione (Pelton e Turgo), il salto si misura dal punto d'impatto del getto, che è sempre sopra il livello di valle per evitare che la ruota sia sommersa durante le piene. Ciò comporta una certa perdita di salto e rispetto alle turbine a reazione, che utilizzano tutto il dislivello disponibile, negli impianti a bassa e media caduta la differenza è tutt'altro che trascurabile.

A causa delle perdite di carico presenti, le turbine a reazione utilizzano una quantità di energia minore rispetto all'energia idraulica specifica disponibile per la turbina.

Si tratta essenzialmente di perdite per attrito nella cassa spirale, nel passaggio tra le pale del distributore e tra quelle della ruota, e di energia cinetica residua nel diffusore.

Quest'ultimo è progettato per recuperare la maggior percentuale possibile di energia cinetica dall'acqua che esce dalla girante, che rappresenta un fattore particolarmente rilevante negli impianti con salto molto basso ($<5\text{m}$), dove le perdite di carico di questo tipo possono costituire fino all'80% del salto netto (laddove invece negli impianti a medio alto raramente superano il 3%-4%). Il funzionamento del diffusore implica tali conseguenze sul funzionamento di una turbina e sul suo rendimento che solo il costruttore della turbina può progettare adeguatamente, sulla base delle sue test di laboratorio.

Per calcolare il rendimento globale di un impianto, il rendimento della turbina deve essere moltiplicato per quello del moltiplicatore di giri (se presente) e per quello del generatore.

Quando la portata turbinata si allontana dalla portata nominale, il rendimento della turbina diminuisce.

Le turbine Kaplan a doppia regolazione e le Pelton possono lavorare in modo soddisfacente su un ampio intervallo di valori di portata, fino a circa il 20% della portata nominale.

Le Kaplan a singola regolazione (semi-Kaplan) lavorano efficientemente sopra il 35% della portata nominale e le Francis solamente sopra al 50%. Sotto il 40%, una turbina Francis può manifestare problemi di vibrazioni che rendono instabile il suo funzionamento e obbligano a fermarla.

Le turbine ad elica con pale e distributore fissi possono operare in modo soddisfacente solo in un campo di valori di portata molto limitato attorno alla loro portata nominale.

Si osserva infine che una turbina Kaplan monoregolante assicura un rendimento migliore se la regolazione avviene sulle pale della ruota piuttosto che su quelle del distributore.

11.3 MOLTIPLICATORI DI VELOCITÀ

Quando la turbina ed il generatore girano alla stessa velocità e possono essere installati assialmente, si raccomanda l'accoppiamento diretto, che evita le perdite meccaniche e minimizza le manutenzioni. Il costruttore della turbina raccomanderà il tipo di accoppiamento da utilizzare, rigido o flessibile, per quanto sia preferibile in generale un giunto elastico, che tollera piccoli errori di allineamento.

In generale, e soprattutto negli impianti a basso salto, le ruote girano a meno di 400 rpm e ciò comporta l'obbligo di ricorrere a un moltiplicatore per raggiungere i 750 - 1.500 rpm degli alternatori standard. Nell'ambito delle potenze dei piccoli impianti idroelettrici, questa soluzione è normalmente più economica dell'accoppiamento diretto, senza moltiplicatore, a un generatore speciale, costruito apposta per le esigenze specifiche.

Attualmente i costruttori di alternatori offrono anche delle macchine che girano a bassa velocità, per permettere l'accoppiamento diretto con la turbina.

TIPI DI MOLTIPLICATORI

I moltiplicatori possono essere classificati, in funzione del tipo d'ingranaggi utilizzati per la loro costruzione, in:

- **Paralleli:** utilizzano ingranaggi elicoidali su assi paralleli e sono idonei per potenze medie
- **Conici:** generalmente limitati a piccole potenze, utilizzano ingranaggi conici a spirale per un rinvio d'angolo di 90°
- **Epicicloidali:** montano ingranaggi epicicloidali che garantiscono una grande compattezza; sono particolarmente adatti a potenze superiori a 2 MW
- **A cinghia** sono solitamente utilizzati per potenze molto basse e hanno manutenzioni molto semplici

PROGETTO DI UN MOLTIPLICATORE

La cassa deve garantire, anche in presenza di sollecitazioni esterne, il corretto allineamento dei componenti. In generale è realizzata d'acciaio saldato, fortemente irrigidito per poter resistere, senza deformazioni, agli sforzi trasmessi dalla turbina e dal generatore.

Il moltiplicatore deve resistere agli sforzi molto elevati indotti da situazioni eccezionali, quali difetti di sincronizzazione, cortocircuiti o velocità di fuga della turbina. Per proteggere gli ingranaggi contro questi sforzi eccezionali, si raccomanda di introdurre un limitatore di coppia, predisposto alla rottura se sono superati i valori di sicurezza della coppia trasmessa.

Per assicurare il livello d'affidabilità richiesto, è fondamentale una corretta lubrificazione.

Il volume, la qualità, la temperatura e la viscosità dell'olio devono rimanere sempre nei valori di specifica. Una doppia pompa e un doppio filtro dell'olio contribuiscono ad aumentare l'affidabilità dell'apparecchiatura.

I moltiplicatori sono progettati secondo le norme internazionali (AGMA 2001, B88 o DIN3990), che prevedono criteri molto conservativi nel calcolo degli sforzi. Questi criteri entrano in conflitto con la necessità di ridurre i costi, ma non è possibile nessuna economia se non si ha una profonda conoscenza di come dimensionare i componenti.

Una corretta analisi degli sforzi di fatica, molta cura nei trattamenti termici, la corretta individuazione degli sforzi nella cassa, un'eccellente conoscenza delle tecniche metallurgiche – i denti degli ingranaggi debbono essere sottoposti a cementazione e nitrurazione – sono essenziali per assicurare la durata nel tempo del moltiplicatore.

La scelta dei supporti è fondamentale. Sotto 1 MW si utilizzano comunemente i cuscinetti a rulli e attualmente i costruttori iniziano a utilizzarli per turbine fino a 5 MW, ma per potenze superiori risulta difficile trovare componenti di questo tipo capaci di svolgere il loro compito per la durata richiesta in un impianto idroelettrico. Per questa ragione sopra 1 MW i progettisti preferiscono ricorrere a supporti idrodinamici (a bagno d'olio), che presentano i seguenti vantaggi:

- la vita dei cuscinetti a rulli è limitata da fenomeni di fatica, mentre quella dei cuscinetti idrodinamici è praticamente illimitata;
- i cuscinetti idrodinamici accettano una certa contaminazione dell'olio, mentre quelli a rulli non la tollerano.

MANUTENZIONE DEI MOLTIPLICATORI

Almeno il 70% delle avarie ai moltiplicatori sono dovute a problemi al circuito di lubrificazione.

Frequentemente i filtri s'intasano oppure entra acqua nel circuito di lubrificazione.

In generale si elaborano programmi di manutenzione prefissando gli intervalli di tempo di cambio dei filtri e del lubrificante oppure si analizza periodicamente la qualità dell'olio per verificare che si mantenga entro i limiti di specifica. Quest'ultima soluzione è la più raccomandabile.

I moltiplicatori a ingranaggi aumentano considerevolmente il livello di rumore in centrale e richiedono una manutenzione impegnativa; inoltre causano una perdita di rendimento per attrito che può superare il 2% della potenza. Per questo motivo vengono costantemente cercate soluzioni alternative, come l'utilizzo di generatori più lenti.

11.4 GENERATORI

Il generatore ha il ruolo di trasformare in energia elettrica l'energia meccanica trasmessa dalla turbina. In origine si utilizzavano generatori a corrente continua (dinamo); attualmente, salvo rarissime eccezioni, s'installano generatori a corrente alternata trifase.

In funzione della rete che deve alimentare, il progettista può scegliere tra:

- *Alternatori sincroni*, equipaggiati con un apparato di eccitazione a corrente continua o a magnete permanente (rotante o statico) associato ad un regolatore di tensione di modo che, prima di essere collegati alla rete, generano energia alla stessa tensione, frequenza ed angolo di fase e inoltre forniscono, una volta connessi, l'energia reattiva richiesta dal sistema. I generatori sincroni possono funzionare staccati dalla rete (in isola), in quanto il sistema di eccitazione è indipendente dalla rete. Normalmente, se la potenza è maggiore di 5.000 kVA, s'impiegano senz'altro generatori sincroni.
- *Alternatori asincroni*, sono semplici motori a induzione con rotore a gabbia di scoiattolo, senza possibilità di regolazione della tensione. Girano a una velocità direttamente rapportata alla frequenza della rete cui sono collegati. Dalla rete assorbono la corrente d'eccitazione e l'energia reattiva necessaria alla propria magnetizzazione. Quest'energia reattiva può essere compensata, se lo si ritiene conveniente, mediante banchi di condensatori. Non possono generare corrente quando sono scollegati dalla rete perché non sono in grado di provvedere alla propria corrente di eccitazione. Si impiegano sempre, se non è necessario che funzionino in isola, sotto i 500 kVA di potenza. Tra i 500 kVA ed 5.000 kVA la scelta è condizionata dalle caratteristiche della rete di distribuzione. Tuttavia, dal momento che sono più economici, trovano qualche applicazione in piccole reti isolate nei casi in cui non è richiesta una fornitura di elettricità di qualità non troppo elevata.

Al di sotto di 1 MW di potenza, i generatori sincroni sono molto più costosi degli asincroni e vengono utilizzati per alimentare piccole reti all'interno delle quali la potenza del generatore rappresenta una porzione sostanziale del carico complessivo della sistema.

I generatori asincroni sono più economici e vengono utilizzati all'interno di reti stabili, nelle quali la loro potenza rappresenta una percentuale trascurabile del carico complessivo del sistema. Il rendimento dovrebbe essere attorno al 95% per una macchina da 100 kW e può aumentare fino al 97% se la potenza della macchina si avvicina a 1 MW. Il rendimento dei generatori sincroni è leggermente più alto. In generale, quando la potenza supera il valore di alcuni MVA viene installato un generatore sincro.

Recentemente è apparso sul mercato un generatore a velocità variabile e frequenza costante (VSG), già impiegato con le turbine eoliche, grazie al quale la turbina può girare a velocità variabile, mantenendo costante la tensione e la frequenza. Il convertitore di frequenza, utilizzato per connettere il generatore alla rete attraverso un collegamento a corrente continua, consente di "sincronizzare" il generatore con la rete, prima ancora che abbia iniziato a girare. Questo sistema viene spesso suggerito come soluzione per aumentare le prestazioni e ridurre i costi; in ogni caso non è possibile ridurre i costi con turbine a elica se si pensa di sostituire solo il regolatore della girante. Non è possibile nemmeno ricavare una produttività maggiore di quella ottenuta con una Kaplan a doppia regolazione.

Ciononostante ci sono un certo numero di casi in cui il funzionamento a velocità variabile può essere un'opzione conveniente, come ad esempio in presenza di un salto che può variare significativamente.

Le sue uniche limitazioni, per il momento, sono la potenza massima piuttosto bassa, e il costo elevato.

La tensione di esercizio del generatore aumenta con la potenza del generatore stesso. Di norma la tensione di generazione di 400 V o 690 V consente l'utilizzo di trasformatori normalizzati da distribuzione e di poter derivare direttamente dal secondario la potenza necessaria per i servizi ausiliari di centrale.

I generatori da alcuni MVA sono di solito progettati per tensioni di esercizio più alte, fino a qualche kV, e vengono connessi alla rete tramite trasformatori realizzati su misura. In questo caso è necessario un trasformatore indipendente MT/BT per alimentare i servizi ausiliari di centrale.

CONFIGURAZIONE DEI GENERATORI

I generatori possono essere ad asse orizzontale o ad asse verticale, indipendentemente da quale sia il tipo o la configurazione della turbina.

Spesso viene utilizzato un volano per attenuare le variazioni di velocità e facilitare la regolazione della turbina.

Un altro criterio che caratterizza i generatori è la disposizione dei supporti. Con turbine Francis ad asse orizzontale è piuttosto frequente utilizzare un generatore ad asse orizzontale su due supporti, che consente di montare la ruota a sbalzo. Ciò consente di evitare che l'albero attraversi il tubo di scarico andando ad aumentare le perdite di carico.

Anche nelle turbine Pelton ad asse orizzontale si adotta la medesima configurazione con la girante a sbalzo.

Quando i generatori sono di piccola potenza, si raffreddano ad aria in circuito aperto, ma quando sono di taglia maggiore il raffreddamento è ad acqua in circuito chiuso, con l'impiego di scambiatori acqua-aria.

ECCITAZIONE

Per eccitare un generatore sincrono si fa circolare una corrente continua attraverso i poli induttori. La corrente d'eccitazione può essere fornita tramite un piccolo generatore di corrente continua, chiamato eccitatrice, che viene azionato dall'albero motore. La potenza assorbita per l'eccitazione rappresenta lo 0,5-1,0% della potenza totale generata. Benché la tendenza attuale sia quella di utilizzare eccitatrici statiche, esistono molte eccitatrici rotanti ancora in esercizio.

ECCITATRICI ROTANTI IN CORRENTE CONTINUA

Le bobine del generatore e dell'eccitatrice sono montate sull'albero principale. Nei generatori di taglia maggiore è impiegata anche un'eccitatrice pilota a magneti permanenti, che può essere avviata sfruttando il campo magnetico residuo e fornisce la corrente d'eccitazione all'eccitatrice principale, la quale a sua volta alimenta il rotore del generatore.

L'uso di due eccitatrici in cascata sopra descritto amplifica la potenza e la regolazione della tensione, consentendo l'adozione di circuiti di minore potenza e macchine più piccole.

ECCITATRICI BRUSHLESS (SENZA SPAZZOLE)

Si utilizza, invece che una dinamo, un piccolo alternatore montato direttamente sul rotore del generatore principale e che produce corrente alternata. Un raddrizzatore elettronico, montato sull'albero, converte la corrente alternata in continua, la quale è quindi fornita al campo magnetico rotante del generatore principale senza necessità di spazzole, che richiedono assidue manutenzioni. La regolazione di tensione è ottenuta controllando, con dispositivi elettronici, la corrente eccitatrice nell'alternatorino.

ECCITATRICI STATICHE

La corrente d'eccitazione è prelevata, mediante trasformatori, direttamente dai morsetti del generatore. Questa corrente è raddrizzata e immessa nei poli del rotore per mezzo di un sistema di spazzole e anelli rotanti posti sull'albero del rotore. Quando il generatore parte, non c'è

tensione e quindi non si dispone di corrente d'eccitazione. Il magnetismo residuo, aiutato, se necessario, da accumulatori esterni, consente d'iniziare a produrre corrente e questo basta per raggiungere rapidamente i modesti valori necessari ad assicurare il regolare funzionamento del generatore.

Questo tipo di eccitatrici richiede poca manutenzione, ha un rendimento elevato e la velocità di risposta del generatore alle variazioni di tensione è molto buona.

REGOLAZIONE DI TENSIONE E DI SINCRONISMO

GENERATORI ASINCRONI

Un generatore asincrono necessita, per la sua magnetizzazione, di una certa potenza reattiva prelevata dalla rete. La frequenza della rete definisce la velocità di rotazione del campo rotante statorico e il generatore aumenta il suo scorrimento rispetto alla frequenza di rete man mano che aumenta la potenza trasmessagli dalla turbina. Il suo funzionamento è assolutamente stabile fintanto che la coppia rimane minore di quella massima, usualmente definita *breakdown torque*; in questa situazione non c'è quindi bisogno di un regolatore di velocità della turbina.

Il generatore asincrono presenta il vantaggio aggiuntivo di non aver bisogno d'eccitatrice, il che semplifica la macchina e facilita la sequenza di manovre di messa in parallelo. Ciò avviene agendo sull'alimentazione della turbina, che è portata a una velocità prossima a quella di quella di sincronismo, raggiunta la quale il relè di velocità comanda la chiusura dell'interruttore di parallelo con la linea. Immettendo energia nella rete, il generatore passa rapidamente alla velocità di sincronismo, raggiungendo un valore per il quale sono uguali la coppia motore e quella resistente nel campo di funzionamento stabile.

GENERATORI SINCRONI

Il generatore sincrono si avvia a vuoto, agendo sull'alimentazione della turbina per aumentare gradatamente la velocità. Il generatore si sincronizza con la rete quando sono uguali nel generatore e nella rete la tensione, la frequenza, l'angolo di fase e il senso ciclico delle fasi. Quando raggiunge una velocità prossima al sincronismo, s'inserisce l'eccitazione e la si regola in modo che la tensione tra i morsetti del generatore sia uguale a quella tra le barre.

Nei generatori inseriti in una rete isolata, il regolatore di tensione ha la funzione di mantenerla a un valore predeterminato, indipendentemente dai carichi alimentati. Se il generatore è inserito in una rete estesa, il regolatore deve mantenere la potenza reattiva a un valore prefissato.

11.5 REGOLAZIONE DELLA TURBINA

Le turbine sono progettate per un salto ed una portata predeterminati. Qualunque variazione di questi parametri deve essere compensata aprendo o chiudendo i dispositivi di regolazione della portata, come le pale direttrici, le valvole o le paratoie, al fine di mantenere costante, qualsiasi sia la potenza d'uscita sulla rete, o il livello dell'acqua nel bacino di carico o la portata che attraversa la turbina.

In impianti che alimentano reti isolate, il parametro da controllare è la velocità della ruota, direttamente proporzionale alla frequenza di generazione. All'aumentare della richiesta d'energia, il generatore si sovraccarica e rallenta la turbina ed è pertanto necessario aumentare la portata per evitare che la turbina vada in stallo. Se non c'è acqua a sufficienza, bisogna staccare qualche carico o fermare la turbina. Viceversa, se la richiesta di energia diminuisce, deve essere ridotta anche la portata in ingresso alla turbina oppure si può mantenere costante la portata e l'energia in eccesso può essere deviata su un carico zavorra.

Il metodo più convenzionale è di regolare la velocità (e la frequenza) intervenendo sulla portata turbinata.

Un sensore, meccanico o elettronico, rileva le variazioni di velocità e comanda un servomotore che modifica l'apertura dei sistemi di regolazione della portata delle turbine

(distributore, pale, spina) nella misura necessaria a fornire l'energia idraulica richiesta per soddisfare l'incremento o la diminuzione dei carichi. Questi dispositivi sono chiamati regolatori di velocità.

Nel secondo metodo di regolazione della velocità, il gruppo funziona a portata costante e genera quindi una potenza costante. Se il sistema richiede meno energia, la turbina tende ad accelerare; un sensore elettronico rileva un aumento della frequenza ed un dispositivo, conosciuto come regolatore di carico, provvede a dissipare l'eccesso di energia in un banco di resistenze, mantenendo così costante la richiesta di potenza al generatore e la frequenza del sistema.

I regolatori che lavorano con il primo metodo coprono tutta la gamma delle potenze. Quelli che agiscono nel secondo modo raramente superano i 100 kW.

REGOLATORI DI VELOCITÀ

Un regolatore di velocità consiste essenzialmente in un sensore che rileva le deviazioni della velocità rispetto a un valore predefinito ed in un dispositivo amplificatore del segnale trasmesso dal sensore, che comanda il servomotore d'azionamento dei meccanismi di controllo della portata turbinata, mantenendo costante la velocità di rotazione e quindi la frequenza di generazione. Nelle turbine Francis, nelle quali si può impedire l'ingresso dell'acqua chiudendo le pale del distributore, i meccanismi del servomotore sono molto robusti, perché devono vincere la forza di reazione dell'acqua e l'attrito del distributore. In una Pelton il problema è più semplice, anche perché già con l'intervento del tegolo si impedisce all'acqua di colpire i cucchiai, senza dover chiudere totalmente l'iniettore.

Esistono molti tipi di regolatori di velocità, da quelli vecchio stile puramente meccanici, a quelli mecano-idraulici, elettro-idraulici o elettro-meccanici, secondo la precisione di regolazione che si desidera ottenere.

Quelli meccanici sono solitamente adottati nelle micro turbine (pochi kW), perché sono di semplice utilizzo e non richiedono particolari condizioni. Essi sono costituiti da un meccanismo centrifugo a palle molto pesanti azionato dall'albero della turbina. A seconda della velocità di rotazione della turbina, le palle si sollevano o si abbassano, andando ad azionare direttamente la valvola che regola l'ingresso di acqua nella turbina.

In passato il tipo più diffuso era quello mecano-idraulico che utilizza anch'esso un meccanismo a palle, però più leggero e preciso. Quando la turbina è sovraccaricata e quindi rallenta, le palle si abbassano e aprono il cassetto di distribuzione dell'olio, facendolo entrare nella parte alta del servomotore. Ciò provoca l'apertura del distributore, aumenta la portata in turbina e, di conseguenza la velocità o, che è equivalente, la frequenza di generazione.

In un moderno regolatore elettro-idraulico, un sensore elettronico rileva in continuo la frequenza e trasmette il segnale ad un nodo di somma, nel quale è confrontato con un valore di riferimento. Se il segnale trasmesso dal sensore differisce significativamente da quello prefissato, viene emesso un segnale d'errore (positivo o negativo), che, una volta amplificato, è inviato al servomotore affinché agisca nel senso richiesto.

Il servomotore, in generale un cilindro idraulico collegato meccanicamente alle pale direttrici o all'iniettore a seconda del tipo di turbina, è alimentato da una centralina oleodinamica composta da un carter, da un'elettropompa dell'olio, da un accumulatore olio-azoto e dalle valvole di comando.

Tutti questi sistemi di regolazione agiscono per azione e reazione, correggendo continuamente la posizione del distributore, il che provoca una certa instabilità nel gruppo.

Per garantire rapidità e stabilità e minimizzare gli scostamenti di velocità durante queste manovre è necessario un ulteriore dispositivo. Nei sistemi mecano-idraulici s'interpone un ammortizzatore idraulico ("dash pot") che ritarda l'apertura della valvola pilota. Nei sistemi elettro-idraulici si arriva a un grado di sofisticazione ancora superiore e la regolazione, che può essere proporzionale, integrale e derivativa (PID), dà luogo ad oscillazioni minime.

Nel caso di un generatore asincrono inserito in una grande rete di distribuzione, la rete stessa s'incarica di regolare la frequenza e perciò non è necessario installare un regolatore di velocità. Ciò nonostante in determinate circostanze, per esempio quando per qualche ragione l'interruttore di parallelo si apre, il gruppo tende ad andare in fuga, con grave rischio per l'integrità del macchinario. In questi casi è necessario interrompere l'alimentazione d'acqua alla turbina, in un tempo sufficientemente breve per evitare che vada in fuga, però non così rapidamente da provocare il colpo d'ariete nell'eventuale condotta forzata. Il generatore e il moltiplicatore di giri devono essere progettati per sostenere questa velocità finché non viene interrotta l'alimentazione d'acqua alla turbina.

Per assicurare il controllo della velocità della turbina per mezzo della regolazione dell'acqua in ingresso, è necessario che i componenti rotanti, i quali si comportano come un volano, posseggano una certa inerzia. All'aprirsi dell'interruttore di collegamento con la rete, la potenza in eccesso è utilizzata per accelerare il volano; successivamente, quando il gruppo è tornato in parallelo, la decelerazione del volano inerziale fornisce una potenza addizionale che aiuta ad affinare la regolazione.

Un tempo d'avviamento realistico dell'acqua non deve superare i 2,5 s; se è maggiore occorre prendere in considerazione la modifica dei condotti d'adduzione, diminuendo la velocità oppure la lunghezza mediante una vasca di carico intermedia o pozzo piezometrico. Può anche essere valutata la possibilità d'aggiungere un volano al generatore, per aumentare l'inerzia delle parti rotanti.

A questo proposito si osserva che l'aumento dell'inerzia delle parti rotanti produce benefici anche rispetto al colpo d'ariete e alla velocità di fuga.

11.6 QUADRI DI CONTROLLO

In tutte le nazioni, le norme per l'erogazione d'elettricità obbligano le società di distribuzione a mantenere la sicurezza e la qualità del servizio entro limiti molto stretti. Il produttore indipendente deve gestire il proprio impianto, se è collegato alla rete, in modo che il distributore possa rispettare questi obblighi. Per questo tra i morsetti del generatore e la linea si installano dispositivi che, controllando il funzionamento della macchina, la proteggono, la mettono in parallelo con la rete o la staccano dalla stessa in caso di guasto.

Pertanto deve essere installato un quadro elettrico per il controllo del generatore e per gestire l'interfaccia con la rete, al fine di garantire protezione al generatore e ai trasformatori.

È necessario un interruttore principale, che può essere ad aria compressa, magnetico o sotto vuoto, capace di staccare il generatore dalla rete anche quando sta lavorando a pieno carico.

La tensione e l'intensità di corrente si misurano mediante trasformatori di misura per ridurre il loro valore, generalmente molto elevato, a livelli più accessibili.

I dispositivi di controllo del generatore sono utilizzati per regolare il voltaggio, il fattore di potenza e gli interruttori di corrente.

Gli elementi di protezione per un generatore asincrono devono includere:

- Relè di protezione dell'interconnessione, che garantiscano il distacco in caso di guasti alla rete
- Relè di minima tensione collegati tra le fasi
- Relè di massima tensione
- Protezione di terra statica
- Relè di massima corrente, con intervento istantaneo o temporizzato; se il generatore è a bassa tensione, questi relè possono essere diretti ed installati sull'interruttore stesso
- Protezioni contro il ritorno d'energia

Per individuare i difetti nell'avvolgimento statico ed intervenire prima che si danneggino, sono usati relè differenziali.

Esistono anche relè che intervengono sull'interruttore principale se le temperature del generatore o del trasformatore d'uscita oltrepassano i limiti accettabili, oppure nel caso di tensioni superiori o inferiori alla norma.

Il produttore indipendente è responsabile dei sistemi di messa a terra dell'installazione, che devono essere progettati seguendo le specifiche della società di distribuzione. La messa a terra varia con il numero di unità installate, con la configurazione della centrale e del tipo di esercizio.

Per ovvie ragioni, la centrale deve essere dotata di contatori per misurare l'energia attiva erogata alla rete e la reattiva in ambito della stessa, secondo le specifiche della società di distribuzione.

11.7 QUADRI DI AUTOMAZIONE

La maggior parte delle piccole centrali lavora senza presidio permanente di personale e funziona mediante un sistema automatico di controllo. Non esistendo due centrali identiche, risulta impossibile definire una configurazione ottimale d'automazione. Ciò nonostante, esistono delle prescrizioni di carattere generale:

- a) Il sistema deve includere i dispositivi necessari per poter individuare il funzionamento difettoso di qualsiasi componente importante e poter disconnettere immediatamente la centrale dalla rete
- b) I dati essenziali di funzionamento dell'impianto devono essere registrati permanentemente e resi facilmente accessibili affinché l'operatore possa prendere le decisioni più corrette. Inoltre questi dati devono essere archiviati in una base dati per successive valutazioni sul funzionamento dell'impianto
- c) Deve essere presente un sistema di controllo "intelligente", affinché la centrale possa funzionare senza personale
- d) Si deve poter accedere al sistema di controllo da un punto remoto per poter annullare qualsiasi decisione del sistema intelligente
- e) Il sistema deve poter comunicare con le centrali situate a monte ed a valle sullo stesso corso d'acqua, se esistono, per ottimizzare l'esercizio congiunto
- f) La previsione dei guasti costituisce un miglioramento del sistema di controllo. Utilizzando sistemi esperti, in collegamento con *database* operazionali, si possono individuare i guasti prima che si producano e prendere le decisioni necessarie perché non accadano.
- g) Tutti gli equipaggiamenti devono essere provvisti di controlli manuali, totalmente indipendenti dal controllo automatico, da usarsi soltanto per l'avviamento iniziale dell'impianto e per le operazioni di manutenzione.

Il sistema deve essere configurato per moduli: un modulo di conversione analogico/digitale per misurare il livello dell'acqua, l'angolo di apertura delle pale del distributore (e della ruota), la potenza istantanea, le temperature, etc; un modulo di conversione digitale/analogico per azionare le valvole del circuito idraulico, i comandi, etc.; un modulo per misurare i kWh generati, la portata, l'intensità delle precipitazioni, etc; un modulo "intelligente" per le teletrasmissioni con l'interfaccia di comunicazione, via linea telefonica, via radio, etc. Questo operare per moduli si presta a soddisfare i diversi requisiti di ciascuna centrale e permette nel contempo la standardizzazione dell'*hardware* e del *software*, riducendo i costi e facilitando le manutenzioni.

I sistemi di controllo automatico contribuiscono a diminuire i costi di produzione dell'energia, riducendo la manutenzione dell'impianto e aumentandone l'affidabilità; nel contempo il funzionamento della centrale viene ottimizzato facendo lavorare le turbine con un rendimento migliore e pertanto vengono prodotti più kWh utilizzando il medesimo volume d'acqua.

Grazie alla diffusione dei *personal computer* (PC), i loro prezzi sono ora molto bassi. Molti costruttori forniscono sistemi di acquisizione dei dati standardizzati e interfacciabili con i PC. Le possibilità di utilizzare nuovi componenti, come i dischi e periferiche, la varietà e

l'affidabilità delle schede di ingresso ed uscita dati, i dispositivi di controllo (tipo "watch dog") del funzionamento della CPU sono tutti strumenti a disposizione del progettista, che può assemblare a basso prezzo l'*hardware* necessario utilizzando componenti standard.

Grazie al veloce sviluppo delle tecnologie digitali, l'incidenza del prezzo di piattaforme *hardware* tipo PLC, micro-controlli e PC industriali sta diventando sempre meno significativa per gli operatori.

11.8 SERVIZI AUSILIARI

TRASFORMATORE DEI SERVIZI AUSILIARI

Il consumo d'energia per il funzionamento di un impianto, inclusi i dispositivi meccanici, idraulici e l'illuminazione, è dell'ordine dell'1-3% della potenza installata; naturalmente le microcentrali (meno di 500 kW) hanno un consumo percentualmente più elevato.

Il trasformatore dei servizi ausiliari deve essere progettato per i carichi massimi previsti, tenendo presente i fattori di contemporaneità e tenendo conto di questi carichi intermittenti.

Per alimentare il trasformatore, nel caso di centrale non presidiata sarebbe opportuno, se possibile, prevedere due fonti d'energia diverse, con passaggio automatico da una all'altra in caso di guasto.

ALIMENTAZIONE IN CORRENTE CONTINUA PER I SISTEMI DI CONTROLLO

Gli impianti con una potenza maggiore di 500 kW, specialmente se telecontrollati, necessitano di un circuito in corrente continua che includa delle batterie ed un raddrizzatore per la carica delle batterie.

La capacità del sistema, in ampère ora, deve essere sufficiente affinché, in caso di guasto, sia assicurato il funzionamento dei sistemi di controllo fino all'arrivo del personale per effettuare le manovre di messa in sicurezza dell'impianto.

MISURE DI LIVELLO NELLA CAMERA DI CARICO E NEL CANALE DI RESTITUZIONE

La scelta del punto di misura deve essere fatta con molta attenzione, affinché questo sia rappresentativo del livello di una certa area, come ad esempio la camera di carico. In canali a pelo libero, secondo il principio di Bernoulli, una variazione di velocità della corrente dà luogo ad una variazione della pressione interna del fluido e conseguentemente dell'altezza del tirante d'acqua che viene misurata dal sensore. È necessario pertanto che il sensore di misura non sia ubicato vicino a punti in cui si verificano variazioni di velocità, come in prossimità di un cambiamento della sezione idraulica, al passaggio sotto paratoie, presso curve, etc. D'altra parte il misuratore di livello non deve essere installato nemmeno in punti soggetti ad accumulo di sedimenti o di corpi fluttuanti, perché la misura sarebbe falsata.

Il sensore rileva il livello sia con metodi idrostatici sia pneumatici. Nel primo caso ci si deve assicurare che i tubi che trasmettono la pressione siano dimensionati correttamente e che siano posizionati in modo che non possano ostruirsi né consentire l'accumulo d'aria al loro interno.

Nel secondo caso si deve fare in modo che l'orifizio del sensore – dal quale escono le bolle d'aria – sia più basso del minore livello che vogliamo misurare e che l'acqua non possa penetrare nei tubi.

SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE ALL'APERTO

La sottostazione include l'interruttore generale, che stacca dalla rete tutto l'impianto, e i montanti dal trasformatore alla linea. I TV, i TA ed i contatori sono montati solitamente nella sottostazione.

Si deve riconoscere che la sottostazione all'aperto lascia molto a desiderare dal punto di vista estetico, soprattutto quando è costituita da strutture a portale, come quelle che si

vedono sullo sfondo della fotografia. Perciò nelle zone di rilevante valore ambientale la sottostazione è portata all'interno della centrale e il collegamento con la rete è realizzato mediante cavo sotterraneo.

Nella struttura della sottostazione di norma s'installano le protezioni contro i sovraccarichi e le scariche atmosferiche.

ART. 12 - RIMOZIONI, DEMOLIZIONI, SCAVI, TRASPORTI E RIEMPIMENTI

12.1 RIMOZIONI

Tutto il materiale recuperabile costituente le sistemazioni attuali (cordonature, banchine, elementi di pavimentazione, parapetti, barriere, chiusini, pali, segnaletica verticale, ecc.), sia nel caso in cui la sua rimozione sia prevista in progetto, sia nel caso in cui venga ordinata in corso d'opera dalla D.L. dovrà essere asportato con debita cura e posto a disposizione della stessa D.L., la quale avrà facoltà di ordinarne il trasporto e l'accatastamento in uno dei magazzini della Città od in altro sito.

Tutti i materiali e gli elementi che dovranno essere riposizionati o riutilizzati a seguito della rimozione dovranno essere accuratamente accatastati in un'area di cantiere appositamente destinata (seguendo le eventuali indicazioni e specifiche del fornitore) e protetti dagli agenti atmosferici e da eventuali danni causati dalle movimentazioni di cantiere sino al momento del loro riposizionamento o trasporto presso i magazzini della Città.

12.2 DEMOLIZIONI

Le demolizioni di manufatti di qualsiasi tipo esistenti nell'area dello scavo dovranno avvenire in modo da non lesionare le parti da conservare o da ripristinare, in particolar modo nel caso in cui gli elementi strutturali contengano armature in acciaio da conservare / sezionare.

Il materiale di risulta, in particolar modo per quanto concerne grossi blocchi di muratura e calcestruzzo, sarà trasportato alle discariche e non potrà essere riutilizzato come riempimento.

12.3 TRACCIAMENTI

L'impresa appaltatrice è tenuta, prima dell'inizio degli interventi, ad eseguire la picchettazione completa e chiaramente identificabile di tutte le opere da eseguire, la quale, una volta eseguita, dovrà essere verificata congiuntamente alla D.L..

Tale picchettazione dovrà inoltre essere effettuata prima di iniziare qualsiasi lavoro di sterro o riporto, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano stradale, alla inclinazione delle scarpate e alla formazione delle cunette.

A suo tempo dovrà pure posizionare delle modine, nei tratti più significativi o nei punti indicati dalla Direzione Lavori, utili e necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelli manomessi durante la esecuzione dei lavori.

12.4 SCAVI

SCAVI IN GENERE

Per tutte le opere dell'appalto le varie quantità di lavoro saranno determinate con misure geometriche, escluso ogni altro metodo.

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro a mano o con mezzi meccanici dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla Direzione Lavori.

Nell'esecuzione degli scavi l'Impresa dovrà procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, restando essa, oltreché totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, altresì obbligata a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate.

L'Impresa dovrà inoltre provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti sulla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi negli scavi.

Le materie provenienti dagli scavi in genere, ove non siano utilizzabili, o non ritenute adatte, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, ad altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto fuori della sede dei cantieri, ai pubblici scarichi, ovvero su aree che l'Impresa dovrà individuare ed occupare a sua cura e spese.

È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi.

Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate per tombamenti o rinterri esse dovranno essere depositate in luogo adatto accettato dalla Direzione Lavori e provviste delle necessarie puntellature, per essere poi riprese a tempo opportuno.

In ogni caso le materie depositate non dovranno provocare danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti sulla superficie.

La Direzione Lavori potrà fare asportare, a spese dell'Impresa, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

L'Appaltatore deve ritenersi compensato per tutti gli oneri che esso dovrà incontrare per:

- il taglio di piante, estirpazione di ceppaie, radici, ecc.;
- il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle macerie sia asciutte, sia bagnate, in presenza d'acqua e di qualsiasi consistenza;
- i paleggi, l'innalzamento, il carico, il trasporto e scarico in rilevato o rinterro od a rifiuto a qualsiasi distanza, sistemazione delle materie di rifiuto, deposito provvisorio e successiva ripresa, per ogni indennità di deposito temporaneo o definitivo;
- la regolarizzazione delle scarpate o delle pareti, lo spianamento del fondo, la formazione di gradoni, il successivo rinterro attorno alle murature, attorno e sopra le condotte di sottoservizi e sopra le fognature, i drenaggi secondo le sagome definitive di progetto;
- le puntellature, le sbadacchiature e le armature di qualsiasi importanza e genere, secondo tutte le prescrizioni contenute nelle presenti condizioni tecniche esecutive e fornite in fase di esecuzione dalla D.L.;
- per ogni altra spesa infine necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

SCAVI DI SBANCAMENTO

Per scavi di sbancamento o tagli a sezione aperta si intendono quelli praticati al disopra del piano orizzontale, passante per il punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o spleamenti, precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato.

Quando l'intero scavo debba risultare aperto su di un lato (caso di un canale fугatore) e non venga ordinato lo scavo a tratti, il punto più depresso è quello terminale.

Appartengono alla categoria degli scavi di sbancamento così generalmente definiti tutti i cosiddetti scavi di spleamento e quelli per allargamento di trincee, tagli di scarpate di rilevati per costruirvi opere di sostegno, scavi per incassatura di opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, ecc.) eseguiti superiormente al piano orizzontale determinato come sopra, considerandosi come piano naturale anche l'alveo dei torrenti e dei fiumi.

SCAVI DI FONDAZIONE (SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA)

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo ai muri, pilastri e strutture di fondazione.

In ogni caso saranno considerati come scavi di fondazione quelli per dar luogo alle fognature, alle condutture, ai fossi ed alle cunette. Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Direzione Lavori verrà ordinata all'atto della loro esecuzione, in relazione alle indicazioni e prescrizioni riguardanti le norme tecniche sui terreni e i criteri di esecuzione delle opere di sostegno e di fondazione (D.M. 11 marzo 1988, Circ. M. LL. PP. 24 settembre 1988, n. 30483).

Le profondità che si trovino indicate nei disegni di consegna sono perciò di semplice avviso e l'Amministrazione appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Impresa motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo essa soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

È vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di por mano alle murature prima che la Direzione dei Lavori abbia verificato ed accettato le fondazioni.

Gli scavi di fondazione dovranno di norma essere eseguiti a pareti verticali e l'Impresa appaltatrice avrà l'obbligo, dove ciò risulterà necessario ad insindacabile giudizio della D.L. o del Coordinatore della Sicurezza ai fini della sicurezza o delle ridotte dimensioni degli spazi a disposizione, sostenerle con adeguate armature e sbadacchiature, restando a suo carico ogni danno alle cose ed alle persone che potesse verificarsi per smottamenti o franamenti degli scavi. Questi potranno però, ove ragioni speciali non lo vietino, essere eseguiti con pareti a scarpata. In questo caso non sarà compensato il maggiore scavo eseguito oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera e l'Impresa dovrà provvedere a sue cure e spese al successivo riempimento del vuoto rimasto intorno alle murature di fondazione dell'opera con materiale adatto ed al necessario costipamento di quest'ultimo.

Analogamente l'Impresa dovrà procedere senza ulteriore compenso a riempire i vuoti che restassero attorno alle murature stesse, pure essendosi eseguiti scavi a pareti verticali, in conseguenza della esecuzione delle murature con riseghe in fondazione.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate, dovranno, a richiesta della Direzione Lavori, essere disposti a gradini ed anche con determinata contropendenza.

Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 1,50 m, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno, in modo da assicurare abbondantemente contro ogni pericolo gli operai ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione tanto degli scavi che delle murature.

Le tavole di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi di almeno 30 cm.

Qualora gli scavi si debbano eseguire in presenza di acqua, e questa si elevi negli scavi, non oltre però il limite massimo di 20 cm, l'Appaltatore dovrà provvedere, se richiesto dalla Direzione Lavori, all'esaurimento dell'acqua stessa coi mezzi che saranno ritenuti più opportuni. E' necessario che l'Impresa provveda, fin dall'inizio dei lavori, ad un adeguato impianto di pompaggio, che, opportunamente graduato nella potenza dei gruppi impiegati, dovrà servire all'esaurimento dell'acqua di filtrazione dall'alveo dei fiumi o canali. L'Impresa dovrà provvedere a sue spese al necessario allacciamento dell'impianto di pompaggio nonché alla fornitura ed al trasporto sul lavoro dell'occorrente energia elettrica, sempre quando l'Impresa stessa non abbia la possibilità e convenienza di servirsi di altra forza motrice. L'impianto dovrà essere corredato, a norma delle vigenti disposizioni in materia di prevenzione infortuni, dei necessari dispositivi di sicurezza restando l'Amministrazione appaltante ed il proprio personale sollevati ed indenni da ogni responsabilità circa le conseguenze derivate dalle condizioni dell'impianto stesso.

Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano fabbricati o manufatti, le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite degli scavi.

Compiuta la muratura di fondazione, lo scavo che si fosse dovuto fare in più attorno alla medesima, dovrà essere diligentemente riempito e costipato, a cura e spese dell'Impresa, con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo.

Col procedere delle murature, l'Impresa potrà recuperare i legnami costituenti le armature, sempre che non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione; i legnami però che a giudizio della Direzione Lavori non potessero essere tolti senza pericolo o danno del lavoro dovranno essere abbandonati negli scavi.

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto della base di fondazione per la sua profondità sotto il piano degli scavi di sbancamento o del terreno naturale, quando detto scavo di sbancamento non viene effettuato.

PRESENZA DI GAS NEGLI SCAVI

Quando si eseguono lavori entro pozzi, fogne, cunicoli, camini e fosse in genere, devono essere adottate idonee misure contro i pericoli derivanti dalla presenza di gas o vapori tossici, asfissianti, infiammabili o esplosivi, specie in rapporto alla natura geologica del terreno o alla vicinanza di fabbriche, depositi, raffinerie, stazioni di compressione e di decompressione, metanodotti e condutture di gas, che possono dar luogo ad infiltrazione di sostanze pericolose.

Quando sia accertata o sia da temere la presenza di gas tossici, asfissianti o la irrespirabilità dell'aria ambiente e non sia possibile assicurare una efficiente aerazione ed una completa bonifica, i lavoratori devono essere provvisti di apparecchi respiratori ed essere muniti di cintura di sicurezza con bretelle passanti sotto le ascelle collegate a funi di salvataggio, le quali devono essere tenute all'esterno dal personale addetto alla sorveglianza; questo deve mantenersi in continuo collegamento con gli operai all'interno ed essere in grado di sollevare prontamente all'esterno il lavoratore colpito dai gas.

Possono essere adoperate le maschere respiratorie, in luogo di autorespiratori, solo quando, accertate la natura e la concentrazione dei gas o vapori nocivi o asfissianti, esse offrano garanzia di sicurezza e sempre che sia assicurata una efficace e continua aerazione.

Quando si sia accertata la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve provvedersi alla bonifica dell'ambiente mediante idonea ventilazione; deve inoltre vietarsi, anche dopo la bonifica, se siano da temere emanazioni di gas pericolosi, l'uso di apparecchi a fiamma, di corpi incandescenti e di apparecchi comunque suscettibili di provocare fiamme o surriscaldamenti atti ad incendiare il gas.

Nei casi previsti dal secondo, terzo e quarto comma del presente articolo i lavoratori devono essere abbinati nell'esecuzione dei lavori.

12.5 TRASPORTI

Per quanto riguarda il materiale di risulta ed il materiale rimosso dai manufatti e dalle aree interessate dall'opere in appalto, questo sarà sempre di **esclusiva proprietà della Città**; la Direzione Lavori potrà ordinarne il trasporto in quei siti che riterrà opportuno oppure, nel caso del materiale estratto dagli scavi, se ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori, il riutilizzo in parte per i riempimenti.

I materiali non utilizzati verranno trasportati alle pubbliche discariche a ciò regolarmente utilizzate.

Si ritengono inoltre a carico dell'impresa appaltatrice i trasporti da e per i magazzini della Città indicati dalla D.L. per il prelievo o l'accatastamento di parapetti, ringhiere, lastre e cordoli in pietra, segnaletica verticale, ecc. utilizzati durante l'esecuzione dei lavori.

12.6 RIEMPIMENTI

Il riempimento degli scavi a tergo di muri di sostegno ed in corrispondenza delle fondazioni verrà eseguito completamente con materiale ghiaino-terroso appositamente approvvigionato oppure proveniente dallo scavo se ritenuto idoneo allo scopo e preventivamente accettato dalla D.L..

Detto riempimento dovrà essere effettuato a strati opportunamente costipati, secondo le modalità esecutive e le prescrizioni tecniche adottate dalla Città.

ART. 13 - TRATTAMENTO DELLE TERRE E DELLE ROCCE DA SCAVO

La normativa a riguardo delle terre e rocce da scavo è disciplinata dal D.Lgs. 152/06 s.m.i.. Si definisce terra e roccia da scavo il suolo proveniente da attività di scavo privo di sostanze pericolose contaminanti e/o materiale ultroneo (materiale plastico, macerie, cls, metalli, ...).

Secondo la normativa vigente le terre e rocce da scavo sono rifiuti speciali (codice CER 170504) la cui gestione deve avvenire ai sensi della normativa in materia di gestione rifiuti (Parte IV del D.Lgs. 152/06 s.m.i.).

Tale normativa prevede che predetto materiale sia conferito presso un centro autorizzato dalla Provincia a ricevere e trattare specifico codice CER a meno di:

- attuare l'attività di recupero rifiuti ai sensi degli Artt. 214, 215, 216 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- applicare gli Artt. 185 (riutilizzo presso il sito di produzione) e 186 (riutilizzo presso terzi siti) D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;

13.1 CONFERIMENTO PRESSO CENTRO AUTORIZZATO

Nel caso in cui si preveda il conferimento ad un centro autorizzato è necessario:

- individuare un centro autorizzato al recupero o smaltimento terre e rocce da scavo (CER 170504);
- individuare l'eventuale deposito temporaneo presso cantiere di produzione (non deve superare i 3 mesi o i 20 mc);
- il trasporto deve essere effettuato da ditte iscritte all'Albo Gestori Ambientali o dell'impresa previa richiesta all'Albo per il trasporto in conto proprio;
- emettere Formulario di Identificazione per il trasporto.

Prima dell'inizio delle operazioni di scavo il centro autorizzato prescelto deve essere comunicato al Comune di Torino per le necessarie verifiche.

Per il conferimento a discarica del materiale questo dovrà obbligatoriamente essere sottoposto a **caratterizzazione ed analisi** ai sensi del Decreto Ministeriale 03/08/2005 "Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica"; lo stesso materiale dovrà inoltre essere **classificato** ai sensi della Delibera del Comitato Interministeriale del 27/07/1984 "Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del D.P.R. 10 settembre 1982 n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti".

Tutti gli oneri inerenti la campionatura e l'esecuzione delle suddette caratterizzazioni ed analisi sono interamente a carico dell'appaltatore.

13.2 RECUPERO RIFIUTI (ARTT. 214 – 216 D.Lgs. 152/06)

Nel caso in cui la gestione delle terre e rocce da scavo avvenga mediante recupero dei rifiuti la normativa di riferimento è:

- D.M. 5/2/1998 e s.m.i.;
- D.Lgs. 152/06 e s.m.i. Artt. 214 – 216

- Regolamento procedimento relativo alle comunicazioni di inizio attività per il recupero di rifiuti speciali non pericolosi, ai sensi dell'art. 33 del D.Lgs 22 febbraio 1997 n. 22 approvato con D.C.P. 220732/2001 del 20/12/2001.

L'istanza a procedere secondo tale gestione delle terre e rocce da scavo deve essere rivolta allo Sportello Ambiente della Provincia.

13.3 RIUTILIZZO AI SENSI DEGLI ARTT. 185 E 186 D.Lgs. 152/06 E s.m.i.

L'art. 185 prevede che le terre e rocce da scavo non contaminate provenienti dall'attività di scavo possano essere riutilizzate a fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui sono state scavate.

L'art. 186 prevede che, alle determinate e verificate condizioni del comma 1 del medesimo articolo, le terre e rocce da scavo possano essere riutilizzate nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti oppure in cicli industriali in qualità di sottoprodotti di cava, ai sensi del comma 1, lett. p, art. 183 D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

In data 3 novembre 2009 con deliberazione della Giunta Comunale n.mecc. 200907137/126, esecutiva dal 20 novembre 2009, il Comune di Torino ha adottato il documento "Indicazioni per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi degli Artt. 185 e 186 D.Lgs. 152/06 e s.m.i.", nel quale è previsto che l'applicazione di predette procedure deve essere sottoposta a verifica e successivo parere da parte degli uffici di competenza del Comune di Torino.

13.4 INDICAZIONI PER L'UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEGLI ARTICOLI 185 E 186 DEL D. Lgs. 152/2006

Tutte le indicazioni, che qui integralmente si richiamano, sono reperibili e scaricabili presso il sito Internet www.comune.torino.it/ambiente/terreroce/index.shtml.

13.5 INDICAZIONI OPERATIVE PER LA GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO NELLA REALIZZAZIONE DI OPERE PUBBLICHE

Tutte le indicazioni, che qui integralmente si richiamano, sono reperibili e scaricabili presso il sito Internet www.comune.torino.it/ambiente/terreroce/index.shtml.

13.6 ULTERIORI INDICAZIONI PER LA VERIFICA DEL CORRETTO UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO AI SENSI DEGLI ARTICOLI 185 E 186 DEL D. Lgs. 152/2006 NELL'AMBITO DI OPERE SOGGETTO A PERMESSO DI COSTRUIRE O DIA

Tutte le indicazioni, che qui integralmente si richiamano, sono reperibili e scaricabili presso il sito Internet www.comune.torino.it/ambiente/terreroce/index.shtml.

13.7 DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO DELLE TERRE

All'interno delle aree di cantiere non può entrare alcun carico di terra privo della seguente documentazione di accompagnamento:

- bolla di trasporto, se il terreno è acquisito quale materia prima (es. direttamente dalla cava di produzione);
- bolla di trasporto, se il terreno è acquisito quale materia prima seconda proveniente da impianti di recupero rifiuti;
- formulario di identificazione rifiuti, se il terreno proviene da impianti od attività di recupero rifiuti;

- dichiarazione di riutilizzo della terra da scavo prodotta in altro cantiere, con esclusione dal regime rifiuti;
- documento di trasporto definito in sede di approvazione, ai sensi dell'art. 186 del D. Lgs. 152/2006, del progetto di recupero terre di scavo, se il terreno proviene da altro intervento edilizio.

Art. 14 - LAVORI IN ALVEO

14.1 SCOGLIERE PROVVISORIALI

Le scogliere provvisorie a protezione delle piste di accesso e delle isole di lavoro, saranno realizzate da massi d'idonea pietra naturale provenienti da cave di prestito; parte dei massi saranno riutilizzati in altre fasi di lavoro. I massi dovranno essere procurati a cura e con ogni onere a carico dell'Appaltatore nelle località che egli riterrà di sua convenienza. Gli elementi lapidei saranno sistemati secondo la sagoma prescritta. La pietra dovrà possedere una resistenza meccanica minima di 50 MPa, volume minimo 0.3 m³, peso unitario minimo sarà di 27 kN/m³, sarà compatta, priva di piani di sfaldamento o incrinature, inalterabile all'acqua e al gelo. Il Direttore dei Lavori potrà ordinare la prova di resistenza del materiale all'urto, all'abrasione, alla gelività, e ogni altra prova per la valutazione dell'idoneità dei massi in base alle norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione, approvate con R.D. 16.11.1938 n. 2232. I massi, di forma poliedrica ma grossolanamente monometrici, dovranno essere ben puliti dalle sostanze terrose ed eterogenee che eventualmente li ricoprivano. La scogliera deve essere formata incastrando con diligenza i massi uno alla volta in modo da costruire un tutto compatto e regolare, con sagomatura da progetto senza vuoti o sporgenze di rilievo. L'Appaltatore deve impiegare per il sollevamento, trasporto e posa in opera dei massi, le attrezzature, meccanismi e mezzi d'opera che saranno riconosciuti più adatti per la buona esecuzione e per evitare che i massi possano subire avarie.

14.2 RAMPE DI ACCESSO IN RILEVATO E RELATIVE ISOLE DI LAVORO NELL'ALVEO

La formazione delle rampe di accesso in rilevato e le relative isole di lavoro nell'alveo del fiume devono essere eseguite con materiali ghiaiosi, con prevalenza di ciottoli di dimensioni decimetriche, opportunamente spianati e costipati dove possibile; essi dovranno essere procurati a cura e con ogni onere a carico dell'Appaltatore nelle località che egli riterrà di sua convenienza. Sono tassativamente esclusi materiali ritenuti non idonei dal Direttore dei Lavori. I materiali saranno sistemati nelle posizioni e geometrie indicate in progetto. L'Appaltatore deve impiegare per il trasporto e posa del materiale, le attrezzature e i mezzi d'opera che saranno riconosciuti più adatti per la buona esecuzione dei lavori.

14.3 SCAVI DI SBANCAMENTO

La presente sezione si riferisce alle opere di scavo di sbancamento delle piste e isole di lavoro in alveo e relative scogliere di protezione o allo sgombero di banchi di materiale depositato, da realizzarsi con mezzi meccanici, attrezzature, meccanismi e mezzi d'opera che saranno riconosciuti più adatti per la buona esecuzione della lavorazione.

È fatto divieto gettare in alveo i materiali in genere, che invece dovranno essere trasportati in discarica.

Gli scavi di sbancamento eseguiti in prossimità delle pile del ponte dovranno essere effettuate con la dovuta cautela per impedire danneggiamenti alle strutture stesse dell'opera. I materiali non utilizzati provenienti dagli sbancamenti devono essere trasportati, a cura e spese

dell'Appaltatore, in discarica o sistemati per il successivo riutilizzo nei luoghi che verranno indicati dalla Direzione dei Lavori.

Gli oneri sopra specificati s'intendono compresi e compensati nei relativi prezzi di elenco.

14.4 OPERE DI PROTEZIONE SPONDALE

FORMAZIONE DI PROTEZIONE SPONDALE IN MASSI NATURALI

Di norma il peso del materiale, deve essere determinato con l'impiego della bilancia a bilico; in casi particolari, riconosciuti dall'Ufficio di Direzione Lavori, mediante ordine di servizio, la determinazione del peso dei massi naturali può essere effettuata mediante mezzi galleggianti stazzati.

L'operazione di pesatura verrà effettuata in contraddittorio tra dall'Ufficio di Direzione Lavori, o suoi rappresentanti; le parti firmeranno le bollette, madre e figlie, nel numero disposto dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Per le operazioni di pesatura l'Impresa deve disporre di uno o più bilici, secondo le disposizioni dall'Ufficio di Direzione Lavori, rimanendo a tutto suo carico ogni spesa ed onere relativi alle operazioni di pesatura, ivi compresi, l'impianto dei bilici ed il relativo controllo iniziale, quelli periodici da parte del competente Ufficio, le eventuali riparazioni dei bilici e la costruzione di una baracca ad uso del personale dell'Amministrazione preposto alle operazioni di pesatura.

Il peso dei carichi viene espresso in tonnellate e frazioni di tonnellate fino alla terza cifra decimale; se ne detrae la tara del veicolo e della cassa, nonché il peso dei cunei o scaglioni usati per fermare i massi di maggiore dimensione, ottenendo così il peso netto che viene allibrato nei registri contabili.

L'Impresa deve fornire appositi bollettari; ciascuna bolletta viene datata ed oltre il peso netto deve portare il peso lordo, la targa o il contrassegno del veicolo o delle casse a cui la bolletta stessa si riferisce, nonché la categoria del materiale.

Ad ogni veicolo o cassone carico corrisponde quindi una serie di bollette, di cui la madre resta al personale dell'Amministrazione che ha effettuato la pesatura e le figlie di norma vengono consegnate al rappresentante dell'Impresa, al conducente del mezzo di trasporto ed al personale dell'Amministrazione che sorveglia la posa del materiale in opera.

Quando i materiali vengano imbarcati sui pontoni o su altri galleggianti, ciascuno di tali mezzi deve essere accompagnato da una distinta di carico nella quale dovranno figurare la matricola di identificazione del galleggiante, la stazza a carico completo, l'elenco delle bollette figlie riguardanti ciascuno degli elementi imbarcati e la somma dei pesi lordi che in esse figurano.

La somma deve coincidere con la lettura della stazza a carico completo.

E' ammessa la fornitura di massi naturali proveniente da salpamenti, previa autorizzazione dell'Ufficio di Direzione Lavori.

Lo scarico non può essere mai iniziato senza autorizzazione del Rappresentante dell'Ufficio di Direzione Lavori, questi, prima di autorizzare il versamento, controlla il carico, eseguito lo scarico verifica se lo zero della scala di stazza corrisponde alla linea di galleggiamento, quindi completa le bollette apponendovi la propria firma.

Il materiale comunque perduto lungo il trasporto non può essere contabilizzato.

Oltre a quanto stabilito nel presente Capitolato, l'Ufficio di Direzione Lavori ha la più ampia facoltà di aggiungere tutte quelle condizioni che ritenga più opportune per assicurare la buona riuscita delle operazioni di pesatura nonché l'efficienza dei controlli sui pesi dei carichi, sulla regolarità dei trasporti e sul collocamento in opera dei massi.

Nessuno speciale compenso o indennità può riconoscersi all'Impresa per il tempo necessario alle operazioni di taratura, stazzatura, pesatura dei materiali o per controlli su dette operazioni.

SISTEMAZIONE FACCIA A VISTA DELLE MANTELLATE

Il prezzo compensa la sistemazione faccia a vista a superficie piane delle mantellate e comprende tutti gli oneri occorrenti per far assumere al paramento lato fiume l'aspetto di un mosaico grezzo, con assenza di grandi vuoti o soluzioni di continuità; il prezzo comprende altresì la fornitura del terreno vegetale, l'intasamento della mantellata e la semina fino ad attecchimento avvenuto.

Negli appalti a misura la valutazione sarà fatta a metro quadrato.

FORMAZIONE DI PROTEZIONE SPONDALE IN MASSI ARTIFICIALI

Il prezzo compensa la realizzazione delle difese di sponda in massi artificiali, compresi tutti gli oneri per la fornitura ed il trasporto dei componenti del calcestruzzo, per la realizzazione del getto ed in generale per tutto quanto occorrente per la costruzione dei prismi e per la loro posa in opera secondo le modalità descritte nello specifico paragrafo del Capitolato Speciale d'Appalto - Capo III e le prescrizioni progettuali. Sono compresi anche gli oneri per il prelievo dei campioni e per le prove di laboratorio.

Negli appalti a misura, la valutazione sarà fatta a metro cubo riferita ai volumi effettivi dedotti geometricamente dalla misurazione dei singoli prismi da effettuarsi prima della posa in opera.

FORMAZIONE DI PROTEZIONE SPONDALE IN GABBIONI

Il prezzo compensa tutti gli oneri per la confezione del gabbione a seconda della sua altezza, compresi i materiali impiegati, nonché quelli per la posa in opera.

Nel prezzo sono compresi cioè tutti gli oneri per la fornitura, il trasporto, la posa ed il montaggio delle scatole metalliche; gli oneri per la fornitura del filo zincato necessario per le cuciture di ogni scatola, per i collegamenti tra le varie scatole e per i tiranti tra le facce opposte o contigue e tutte le operazioni di cucitura, collegamento e tirantaggio.

Il prezzo comprende, altresì, la fornitura, il trasporto e la posa del materiale di riempimento secondo le indicazioni riportate nello specifico paragrafo del Capitolato Speciale d'Appalto - Capo III, nonché l'eventuale posa in opera del gabbione da realizzarsi successivamente al riempimento dello stesso.

Negli appalti a misura, la valutazione sarà effettuata a metro cubo riferita ai volumi effettivi dedotti geometricamente dalla misurazione delle singole figure geometriche da effettuarsi prima della posa in opera.

FORMAZIONE DI PROTEZIONE SPONDALE IN MATERASSI METALLICI

Nel prezzo sono compresi tutti gli oneri per la fornitura, il trasporto, la posa ed il montaggio delle scatole metalliche di spessore predefinito, gli oneri per la fornitura del filo zincato necessario per le cuciture di ogni scatola, per i collegamenti tra le varie scatole e per i tiranti tra le facce opposte o contigue, incluse le operazioni stesse di cucitura, collegamento e tirantaggio, la fornitura, il trasporto e la posa del materiale di riempimento secondo le indicazioni riportate nello specifico paragrafo del Capitolato Speciale d'Appalto - Capo III, nonché la posa in opera del materasso da realizzarsi, eventualmente, successivamente al riempimento dello stesso.

Negli appalti a misura, la valutazione sarà effettuata a metro quadrato riferita ai volumi effettivi dedotti geometricamente dalla misurazione delle singole figure geometriche da effettuarsi prima della posa in opera.

FORMAZIONE DI PROTEZIONE SPONDALE MEDIANTE COPERTURA DIFFUSA CON ASTONI DI SALICE

Nel prezzo sono compresi tutti gli oneri per la regolarizzazione e la predisposizione della sponda, l'approvvigionamento del materiale vegetale, sia esso proveniente da vivaio o reperibile

in loco, il taglio degli astoni, il loro trasporto fino al luogo del cantiere, il loro eventuale immagazzinamento, il corretto posizionamento delle verghe, l'infissione dei picchetti e l'ancoraggio tramite filo di ferro zincato, la ricopertura con uno strato di terreno vegetale e quant'altro necessario per eseguire l'opera con le modalità descritte nello specifico paragrafo del Capitolato Speciale d'Appalto - Capo III e negli elaborati progettuali. Nei prezzi risultano altresì compresi gli oneri per la garanzia dell'attecchimento, il ripristino delle fallanze, nonché l'onere relativo alla realizzazione della protezione al piede eseguita con le dimensioni e le modalità previste negli elaborati progettuali e nello specifico paragrafo del Capitolato Speciale d'Appalto - Capo III.

La copertura diffusa, negli appalti a misura, sarà valutata a metro lineare di protezione messa in opera sulla base dell'altezza della sponda, misurata verticalmente a partire dalla difesa al piede, ovvero a metro quadrato di superficie spondale insediata, se così indicato nella voce di elenco.

ART. 15 - OPERE STRUTTURALI

15.1 NORMATIVA PER STRUTTURE IN ACCIAIO, C.A. E C.A.P.

LEGGI DI CARATTERE GENERALE

- LEGGE 5 novembre 1971 n° 1086 - “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio, armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- CIRCOLARE 14 febbraio 1974 n° 11951 - “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione”;
- D.M. 16 gennaio 1996- “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi”;
- CIRCOLARE LL.PP. 4 luglio 1996 - “ Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi di cui al D.M. 16 gennaio 1996;
- LEGGE 2 febbraio 1974 n° 64 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- D.M. 16 gennaio 1996 - “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- D.M.LL.PP 11 marzo 1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- CIRCOLARE LL.PP. 24 settembre 1988 n° 30843- “Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11-3-1988”;
- Decreto Ministeriale 14/01/08 - “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.

LEGGI RELATIVE ALLE OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE

- D.M. 14 febbraio 1992- “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” (solo per la parte riguardante il calcolo secondo il metodo delle tensioni ammissibili);
- D.M. 16 gennaio 1996 - “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” (vale anche a sostituzione delle parti riguardanti i materiali ed il collaudo statico della Legge 14 febbraio 1992, per le quali vale quanto indicato nelle sezioni I della presente legge);

- CIRCOLARE 24 giugno 1993 n° 37406 -“Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 14 febbraio 1992”;
- D.M. 20 novembre 1987 - “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”;
- LEGGI R.O.P.C.M. 20/03/2003 - n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Per le norme UNI attinenti a tali opere si rimanda a quelle contenute nelle leggi, nei decreti e nelle circolari sopra indicati.

15.2 QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

MATERIALI IN GENERE

Quale regola generale s'intende che i materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti, realizzati con materiali e tecnologie tradizionali e/o artigianali per la costruzione delle opere, proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza purché, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, rispondano alle caratteristiche/prestazioni di seguito indicate.

Nel caso di prodotti industriali la rispondenza a questo capitolato può risultare da un attestato di conformità rilasciato dal produttore e comprovato da idonea documentazione e/o certificazione.

ACQUA, CALCI, CEMENTI E CONGLOMERATI CEMENTIZI

INERTI

Devono avere resistenza a compressione nettamente superiore a quella massima prevista per il conglomerato.

Gli inerti devono essere suddivisi nel numero di classi granulometriche sufficiente a garantire costantemente il rispetto della curva granulometrica definitiva per i diversi tipi di getto, dichiarata dall'appaltatore all'inizio dei lavori.

Gli inerti naturali o di frantumazione devono essere costituiti da elementi non gelivi, non scistosi, privi di parti friabili, polverulenti, terrose o di sostanze comunque nocive alla conservazione delle armature o che possano interagire con il cemento.

Dovranno, in particolare, essere evitati elementi alcali reattivi.

La ghiaia od il pietrisco (parte che rimane quasi completamente (90% in peso) sopra ad un crivello a fori rotondi del diametro di 5 mm), devono avere dimensioni massime commisurate ai vuoti tra le armature e tra le casseforme, per permettere un buon assestamento del getto.

La sabbia è costituita da grani resistenti non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Sarà scricchiolante alla mano, non lascerà tracce di sporco, non conterrà materie organiche melmose o comunque dannose, sarà lavata con acqua dolce, se necessario, per eliminare materie nocive.

La dimensione massima degli inerti sarà la maggiore possibile, in relazione alle caratteristiche del getto, delle dimensioni degli elementi strutturali, della reciproca distanza delle barre di armatura, della distanza di queste dal cassero; il diametro massimo degli inerti non deve comunque superare lo 0.6-0.7 della distanza minima tra due ferri contigui, ed in ogni caso deve sempre restare inferiore ad 1/5 della minima dimensione della struttura.

ACQUA

Deve essere limpida, non contenente sali in percentuali dannose e non essere aggressiva. Il suo ph sarà compreso fra 6 e 8. La torbidezza non deve superare il 2%.

In particolare, poiché la presenza di sali solubili può dar luogo ad efflorescenze, non si ritiene accettabile acqua d'impasto che presenti un contenuto di sostanze organiche e/o argillose superiore a 2 g/l, di solfati (espressi come NaSO) superiore a 1 g/l, di carbonati e bicarbonati alcalini (espressi come CaCO) superiore a 1 g/l, di carbonati e bicarbonati di calcio e magnesio (espressi come CaCO) superiore a 0.35 g/l e di cloruri (espressi come NaCl) superiore a 0.5 g/l.

Non è parimenti accettabile acqua che presenti un contenuto di bicarbonato di calcio e magnesio inferiore 0.04 g/l (espressi come CaCO) con un contenuto di CO inferiore a 0.05 g/l ovvero inferiore a 0.02 g/l con un contenuto di CO inferiore a 0,01 g/l.

L'acqua per la stagionatura deve essere parimenti esente da sostanze nocive.

CALCI

Le calci aeree ed idrauliche, dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2231; le calci idrauliche dovranno altresì rispondere alle prescrizioni contenute nella Legge 26 maggio 1965, n. 595 ("Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici") nonché ai requisiti di accettazione contenuti nel D.M. 31 agosto 1972 ("Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche").

CEMENTO

Deve essere scelto in relazione alle caratteristiche costruttive dell'opera ed a quelle ambientali, avendo anche considerato sia il calore di idratazione ed i conseguenti fenomeni di ritiro, sia l'eventuale aggredibilità da parte dell'ambiente esterno e l'eventuale interazione con gli inerti di cui si prevede l'impiego.

Dovranno comunque impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia (legge 26 maggio 1965, n. 595) e dai D.M. 14 gennaio 1966 e 3 giugno 1968 "caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici" e "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei leganti idraulici" e dovranno essere inoltre di tipo previsto dalla normativa italiana AITEC.

Il prodotto deve essere accompagnato da certificazione di prova fisica a flessione e compressione, effettuata su normale malta plastica.

ADDITIVI

Gli eventuali additivi dovranno essere tali da non pregiudicare, se aggiunti nelle condizioni previste e secondo le modalità indicate dal fornitore, le altre qualità richieste per il conglomerato e da non costituire pericolo per le armature metalliche.

La composizione degli additivi, la relativa dosatura ed i motivi per cui se ne è deciso l'impiego (ed in particolare se il loro uso è condizionato a motivi di carattere statico/costruttivo generale od a motivi di getto in condizioni stagionali avverse), devono essere preventivamente comunicati alla D.L., insieme alla provenienza che deve essere di primaria ditta del settore.

ACCIAI PER ARMATURA

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. dovranno corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite: dal D.M. 9 Gennaio 1996 "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dallo stesso D.M. 9 Gennaio 1996.

L'unità di collaudo per acciai in barre tonde lisce ed in barre ad aderenza migliorata è costituita dalla partita di 25 t. max; ogni partita minore di 25 t. deve essere considerata unità di collaudo indipendente.

L'unità di collaudo per acciai per c.a.p. è costituita dal lotto di spedizione del peso max di 30 t, spedito in un'unica volta, e composto da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

I prodotti provenienti dall'estero saranno considerati controllati in stabilimento, qualora rispettino la stessa procedura prevista per i prodotti nazionali di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

Gli acciai provenienti da stabilimenti di produzione dei Paesi della CEE dovranno osservare quanto disposto per essi dal D.M. 9 Gennaio 1996.

ACCIAIO PER C.A. NORMALE - BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA FEB44K

1) Barre non controllate in stabilimento

Si procederà ai controlli in cantiere in conformità a quanto previsto dal D.M. 9 Gennaio 1996.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio con l'Impresa ed inviati a cura della D.L. ed a spese dell'Impresa ad un Laboratorio ufficiale. Di tali controlli deve essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti. La D.L. darà benestare per la posa in opera di ciascun lotto di spedizione soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

2) Barre controllate in stabilimento

È facoltà della Direzione dei Lavori sottoporre a controllo in cantiere barre controllate in stabilimento.

Anche in questo caso i campioni verranno prelevati in contraddittorio con l'Impresa ed inviati a cura della Direzione dei Lavori ed a spese dell'Impresa ad un Laboratorio ufficiale. Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale firmato dalle parti.

La Direzione dei Lavori darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

ACCIAIO PER C.A.P. - FILI, BARRE, TRECCE E TREFOLI.

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

Durante l'allestimento dei cavi gli acciai non dovranno essere piegati; i fili di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante.

Le filettature delle barre dovranno essere protette fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi. Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso.

Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

E' previsto che gli acciai per c.a.p. siano tutti controllati in stabilimento; è comunque facoltà della D.L. sottoporre a controllo in cantiere anche gli acciai controllati in stabilimento.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio con l'Impresa ed inviati a cura della D.L. e a spese dell'Impresa ad un Laboratorio ufficiale. Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti. La D.L. darà benestare per la posa in opera dei lotti di spedizione sottoposti all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

CASSERATURE

Le casseforme possono essere metalliche, in legno od in plastica a scelta dell'appaltatore. Tutte le casseforme devono essere realizzate in modo da risultare impermeabili e sufficientemente rigide per resistere, senza apprezzabili deformazioni, alle sollecitazioni cui

vengono sottoposte. Poiché al di sopra delle superfici del calcestruzzo è prevista in generale soltanto una rasatura di spessore ridotto, le casseforme dovranno essere tali da restituire una superficie di calcestruzzo le cui irregolarità rispetto al piano teorico non superino ± 3 mm.

La superficie interna delle casseforme, sia di legno sia metalliche, deve essere liscia, pulita e trattata in maniera da non provocare distacchi di conglomerato cementizio sulla superficie delle strutture durante il disarmo, sbriciature di spigoli o fuoriuscite di malta e non guastare, in genere, l'estetica delle strutture medesime.

Le eventuali legature metalliche saranno montate entro tubi in plastica, di colore simile a quello del calcestruzzo, in modo da poter essere rimosse al momento della scassatura e verranno posizionate, per quanto possibile, in corrispondenza dei giunti delle casseforme.

Eventuali sbadacchi o irrigidimenti all'interno delle casseforme, dovranno essere metallici e dovranno essere montati in modo da non essere affioranti alla superficie dei getti, ma dovranno distare da questa non meno di quanto indicato per il ricoprimento delle barre di armatura.

L'appaltatore, se richiesto, dovrà inserire nelle casseforme dei conglomerati cementizi in elevazione opportuni listelli ai fine di realizzare spigoli smussati. Così pure potrà venire richiesto l'inserimento di paraspigoli.

In particolare, tutte le ricostruzioni o incamiciature di travi o pilastri dovranno prevedere smussi sugli spigoli, estesi per quasi tutta la lunghezza, a similitudine delle travi e pilastri esistenti.

Prima dell'uso, le casseforme verranno bagnate con acqua e spalmate con uno strato sottile ed uniforme di disarmante che non deve comunque disturbare l'azione di presa e indurimento del calcestruzzo.

I sostegni delle casseforme devono essere realizzati in modo tale che, in sede di disarmo, le strutture risultino caricate con opportuna gradualità, evitando ogni effetto dinamico.

15.3 STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO GETTATE IN OPERA

ARMATURE: CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA.

Le armature metalliche dovranno essere poste in opera nella posizione progettata, legate agli incroci con filo di ferro e tenute in posto, se necessario, mediante puntelli e sostegni provvisori.

I ferri sporchi e unti o notevolmente ossidati, devono essere accuratamente puliti prima della collocazione in opera. E' vietato porre in opera barre eccessivamente ossidate, corrose, recanti difetti superficiali che ne menomino la resistenza, o ricoperte da sostanze che possano ridurre l'aderenza al conglomerato. I ferri non debbono essere piegati a caldo. Le piegature devono avvenire intorno a mandrini di diametro non inferiore a 6 volte il diametro delle barre, se questo è inferiore a 20 mm, a 8 volte se superiore.

La distanza mutua tra due ferri (interferro) nelle sovrapposizioni non deve superare i 4 diametri, salvo ove sui disegni di progetto siano espressamente indicati valori meno cautelativi.

Non è consentito, per i diametri superiori a 18 mm, l'impiego di barre che siano state piegate per il trasporto e successivamente raddrizzate.

Qualora si proceda alla composizione delle gabbie metalliche fuori opera, tutti gli incroci dei ferri o comunque i punti di contatto tra ferro e ferro dovranno essere accuratamente fissati con legatura in filo di ferro ricotto per garantire l'indeforabilità delle gabbie stesse nel trasporto dal luogo di composizione al luogo di posa in opera. In alternativa le gabbie potranno anche venire composte puntandole con saldatura purché eseguita in modo da non danneggiare le barre interessate.

Tutti gli elementi di armatura metallica dovranno essere progettati con sufficiente precisione, in modo che sia possibile la piegatura e la composizione definitiva nel cantiere del ferro e senza che siano necessari adattamenti o piegature dei ferri all'atto della posa.

Le armature dovranno essere poste in opera con l'ausilio di distanziali in plastica o in conglomerato cementizio che assicurino il rispetto del copriferro. I valori del copriferro prescritti dovranno conformi a quanto prescritto negli elaborati grafici.

L'immobilità dei ferri durante il getto ed il rispetto del copriferro devono essere garantiti nel modo più assoluto. La D.L. procederà senz'altro alla sospensione dei getti ed alla demolizione di quanto già gettato quando dovesse constatare movimento od anche solo possibilità di movimento in elementi di armatura metallica e situazioni di non rispetto del copriferro minimo specificato.

MODALITÀ DI CONFEZIONAMENTO E POSA DEL CALCESTRUZZO

CONFEZIONAMENTO

Il calcestruzzo potrà essere confezionato in cantiere in apposito impianto di betonaggio od anche acquistato preconfezionato a resistenza e slump garantiti da primaria ditta del settore, accompagnato da certificato che ne attesti in modo dettagliato la composizione.

Tutti gli impasti saranno eseguiti meccanicamente con dosatura automatica, in un impianto di betonaggio completo di dosatore e mescolatore.

Nel caso che il calcestruzzo venga acquistato preconfezionato, si ricorda che la ditta fornitrice dovrà avere alle proprie dipendenze un ingegnere iscritto all'Ordine che si assuma la responsabilità della produzione.

Si dovranno, in ogni caso, adottare provvedimenti atti ad assicurare al conglomerato, all'uscita dalla betoniera ed all'atto della posa in opera, una temperatura compresa tra +10°C e +30°C. La distribuzione granulometrica degli inerti, la dosatura del cemento, il rapporto acqua/cemento dovranno essere adeguati alla particolare destinazione del getto, al fine, in particolare, di ottenere con sicurezza i valori di resistenza caratteristici richiesti.

TRASPORTO

Nei mezzi di trasporto, il calcestruzzo non dovrà subire segregazione, eccessiva evaporazione d'acqua o qualsiasi altro deterioramento.

Tutti i mezzi di trasporto devono essere dotati di canalette in lamiera che consentano lo scarico del calcestruzzo senza caduta libera e senza modificazione dell'omogeneità dell'impasto.

Lo scarico del conglomerato deve avvenire il più vicino possibile al punto di posa in opera. L'altezza di caduta libera dalla benna di trasporto deve essere non superiore ad 1 m; non sono ammessi paleggi né in orizzontale né in verticale. Nel caso del riempimento di paratie, pilastri o di muri verticali, si adotteranno tubi di discesa con lo sbocco prossimo al livello definitivo del calcestruzzo.

Il sistema di trasporto e posa in opera del conglomerato deve essere dimensionato in modo che il tempo intercorrente tra l'immissione del cemento in betoniera e l'esecuzione del getto non superi il 20% del minimo tempo di inizio presa, come definito al punto seguente.

POSA IN OPERA

Premesso che si definisce:

- tempo di ricoprimento: l'intervallo di tempo intercorrente tra l'immissione del cemento in betoniera ed il ricoprimento del conglomerato, confezionato con tale cemento, per mezzo dello strato sovrapposto od accostato;
- minimo tempo di inizio presa: il minimo intervallo di tempo intercorrente fra l'immissione del cemento in betoniera e l'inizio della presa determinato, sul conglomerato, con opportuna serie di prove in condizioni analoghe a quelle in cui avviene la posa in opera;
- il tempo di ricoprimento non deve superare il 90% del minimo tempo di inizio presa; oltre tale limite si dovrà parlare di una ripresa di getto;

prima di dare inizio alle operazioni di posa in opera, l'appaltatore deve provvedere a che i piani di posa, le casseforme ed i cavi da riempire siano accuratamente preparati, in modo che i getti risultino perfettamente regolari e conformi al progetto.

Il conglomerato cementizio, al momento della posa in opera, deve avere le caratteristiche di consistenza e lavorabilità richieste in relazione alle condizioni climatiche, al tipo di struttura, alla granulometria degli inerti, ecc.

Tali caratteristiche sono controllate eseguendo prove di slump. Le prove devono essere eseguite secondo le norme ISO ed i risultati devono rientrare nei limiti stabiliti dalla Direzione dei Lavori.

La posa in opera non può aver luogo quando la temperatura ambientale non sia compresa tra +5°C e +30°C, salvo che la D.L. su richiesta dell'appaltatore, consenta di adottare particolari accorgimenti atti a garantire la perfetta riuscita del getto. I getti eventualmente colpiti dal gelo dovranno essere eliminati.

La velocità di getto deve essere la più uniforme possibile.

Il conglomerato deve essere posto in opera in strati orizzontali di spessore compreso tra 0.15 e 0.30 m ed assestato con vibratori meccanici ad immersione di tipo elettrico o pneumatico purché ad alta frequenza, in modo da ottenere il completo riempimento di ogni cavità e l'eliminazione di ogni eventuale sacca d'aria.

RIPRESE DI GETTO

Le riprese di getto saranno consentite solo, a giudizio insindacabile della D.L. e solo se strettamente necessarie, per i nuovi getti delle solette superiori ed inferiori d'impalcato; in particolare dovranno essere realizzate solamente in direzione longitudinale. Il getto delle travi d'ancoraggio dei cavi di precompressione, delle lesene di deviazione cavi ed il getto dei nuovi traversi dovrà essere effettuato obbligatoriamente in un'unica fase.

In corrispondenza della sezione di ripresa dovrà essere predisposta una rete nervata fermagetto atta a garantire un buon aggrappo del getto di seconda fase.

Le superfici interessate dovranno comunque essere sottoposte ad un'accurata pulizia con l'impiego di acqua od aria in pressione, con asportazione totale di eventuali parti mobili, polvere e lattice di cemento e successivamente abbondantemente bagnate, al fine di evitare possibili futuri distacchi e discontinuità lungo la superficie di ripresa stessa.

DISARMO

Le casseforme saranno costruite in modo che, al momento del primo disarmo, rimanendo in posto i necessari puntelli, possano essere rimosse, senza pericoli di danneggiamenti dell'opera, le sponde dei casseri ed altre parti non essenziali alla stabilità.

Si porrà attenzione affinché le operazioni di scassatura siano condotte con le cautele necessarie per non danneggiare gli spigoli delle membrature interessate.

Nessuna opera in conglomerato armato dovrà essere assoggettata a passaggio diretto degli operai e mezzi d'opera o comunque anche debolmente caricata, prima che abbia raggiunto un sufficiente grado di maturazione.

Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche.

Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impegno della struttura all'atto del disarmo.

PROTEZIONE DEI GETTI (CURING)

Tutti i getti saranno sottoposti ad un trattamento di curing al fine di evitare una troppo rapida evaporazione dell'acqua superficiale e di impedire che il calcestruzzo ancora fresco possa essere sottoposto a variazioni termiche troppo brusche.

Il getto appena eseguito sarà pure protetto dalla radiazione solare diretta, dal vento, dalla pioggia e dal gelo.

Si dovrà anche evitare che durante il prescritto periodo di maturazione, i getti siano sottoposti a sollecitazioni eccessive causate da urti, vibrazioni o carichi.

Si ricorda che il curing è efficace solo se messo in atto tempestivamente, nelle prime ore dopo il getto, tra la fine della presa e l'inizio dell'indurimento.

La protezione dovrà venire messa in atto mantenendo umida la superficie dei casseri, ricoprendo i getti con teli impermeabili ed isolanti o con stuoie di sufficiente spessore ed asperse con acqua, in quantità dipendente dalla temperatura ambiente, al momento del termine del getto ed a quella prevedibile nel periodo immediatamente seguente.

Il procedimento di curing verrà esteso per un periodo di 5 gg dopo la scasseratura da estendere a 7 gg in caso di previsione di condizioni climatiche sfavorevoli (bassa umidità, presenza di vento, alta temperatura) per le strutture in elevazione e per 24 h per le strutture a livello del terreno.

Particolare attenzione sarà prestata alle sezioni più sottili.

TOLLERANZE RELATIVE ALLE STRUTTURE ESEGUITE IN OPERA

Per consentire il rispetto delle misure nominali previste in progetto, l'appaltatore dovrà come minimo rispettare le tolleranze indicate ai punti seguenti.

Qualora tali valori non risultassero rispettati, i provvedimenti che dovessero essere ordinati dalla Direzione Lavori per ovviare agli inconvenienti riscontrati resteranno a completo carico dell'appaltatore.

- posizione degli elementi strutturali: ± 1 cm
- dimensione dei getti in calcestruzzo in genere: ± 1 cm
- posizione dei tubi di deviazione e delle guaine dei cavi di precompr. rispetto al getto: $\pm 0,5$ cm
- posizione dei fori nella struttura esistente: $\pm 0,5$ cm
- armature metalliche: distanza dai casseri: $+1,5$ cm, $- 0,5$ cm.

15.4 STRUTTURE PREFABBRICATE IN CEMENTO ARMATO

L'impiego di manufatti totalmente o parzialmente prefabbricati può essere autorizzato dal progettista quando lo stesso avrà preso visione dei documenti richiesti dall'art. 9 della Legge n°1086 e avrà verificato la previsione di utilizzazione del manufatto prefabbricato e il suo organico inserimento nel progetto. Per l'accettazione e i controlli di qualità di questi manufatti ed in particolare di quelli prodotti in serie valgono le prescrizioni delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 05/11/1971 n°1086 e delle istruzioni del C.N.R. 10025/84. In particolare, ad ogni effetto, si richiamano qui espressamente gli artt. 6 e 9 della Legge 05/11/1971 n°1086 relativamente all'obbligo di allegare alla relazione del Direttore dei Lavori copia del certificato di origine dei manufatti, alle responsabilità assunte dalle Ditte produttrici con il deposito della documentazione di cui ai punti a), b), c) e d) del citato art.9, nonché per quanto attiene a prelievi di materiali, prove e controlli in fase di produzione. L'Impresa dovrà provvedere, a propria cura e spese, a fornire alla Direzione Lavori, prima della prefabbricazione in stabilimento, tutta la documentazione attestante il progetto esecutivo dei manufatti prefabbricati da posarsi (elaborati grafici di cantiere, relazione di calcolo, certificazioni, ecc.), per la necessaria approvazione. La Direzione Lavori potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura da realizzare con tali manufatti, avuto particolare riguardo alla durata nel tempo, all'efficienza dei collegamenti, agli effetti dei fenomeni di ritiro e viscosità e dei carichi alternati o ripetuti. Sui manufatti saranno effettuati controlli, a cura e spese dell'Impresa e con la supervisione del Direttore Lavori, sulla resistenza del calcestruzzo, prelevando da ogni lotto almeno un manufatto dal quale ricavare, mediante carotaggio o taglio con sega a disco, quattro provini da sottoporre a verifica della resistenza a compressione. Qualora la resistenza media a compressione dei quattro provini risultasse inferiore a quella richiesta e comunque ed in particolare al di sotto del 90% della stessa, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere. E' in facoltà della Direzione Lavori sottoporre a controllo, a cura e spese dell'Impresa, anche altri manufatti oltre il primo, sui quali verificare anche:

- il rispetto del copriferro, previsto in un minimo di 2 cm;

- eventuali difetti superficiali e di finitura;
- la resistenza a compressione mediante prova pull out con tasselli Fisher.

Il progetto prevede in particolare l'utilizzo di manufatti prefabbricati quali travi da ponte in c.a.p., che costituiscono l'impalcato in corrispondenza del tratto di attraversamento con corso Francia (di 2,50 m di larghezza, 1,00 m di altezza e 20,00 m di lunghezza ciascuna), coppelle prefabbricate (dello spessore di 3 cm) aventi funzione di cassero e velette di rivestimento. Le travi prefabbricate, precomprese, dell'impalcato stradale di C.so Francia, sono in n° di 57, in particolare n° 4 travi, al fine di permettere un incremento di aerazione della galleria stradale, saranno dotate, nella soletta inferiore, di doppia feritoia, della larghezza di 20 cm per tutta lunghezza. La produzione, il trasporto e il montaggio degli elementi prefabbricati sono soggetti alle disposizioni emanate dalla circolare del Ministero Del Lavoro n°. 13/82 (All. III) del DPR 7/1/1956 n°. 164 e per quanto non espressamente indicato valgono le norme della legge 12/2/1965 n°. 51. Prima dell'inizio dell'opera deve essere messa a disposizione dei responsabili del lavoro, degli operatori e degli organi di controllo il piano di lavoro sottoscritto dalla o dalle ditte interessate che descriva chiaramente le modalità di esecuzione delle operazioni di montaggio e la loro successione, le procedure di sicurezza da adottare nelle varie fasi di lavoro, fino al completamento dell'opera e la cronologia dell'intervento da parte delle diverse ditte interessate.

Il piano di sollevamento/varo, che dovrà essere stato già definito ed approvato in sede di progetto dell'impalcato, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'Impresa, dovrà essere trasmesso al Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione ed alla Direzione Lavori con congruo anticipo sull'attività di montaggio.

Circa la posa dei citati manufatti, essi saranno varati nella loro posizione definitiva mediante sollevamento longitudinale o trasversale a mezzo di carroponte, carrelli, gru, derrik, blondin, ecc. o con combinazioni varie di questi sistemi e mezzi.

Il piano dovrà essere corredato con l'elenco e le caratteristiche delle attrezzature e dei mezzi d'opera che l'Impresa prevede di utilizzare.

L'eventuale impiego di elementi strutturali metallici o in conglomerato cementizio, semplice od armato, normale o precompresso, con funzione di cassaforma persa per il getto di solette, sbalzi e traversi di impalcato, dovrà essere previsto in sede di progetto costruttivo, in assenza di quanto sopra sarà cura dell'Impresa fare eseguire, al Progettista, le opportune verifiche dandone evidenza alla Direzione Lavori.

I ponti non possono essere posti in esercizio prima dell'esecuzione del collaudo statico di cui all'art. 7 della Legge 05/11/1971 n°1086. Le operazioni di collaudo dovranno svolgersi in conformità delle prescrizioni generali e, per quanto applicabili, di quelle relative alle prove di carico contenute nelle Norme Tecniche emanate ai sensi dell'art. 21 della Legge sopra citata.

15.5 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

MATERIALI

Tutti i materiali impiegati dovranno essere qualificati ai sensi dell'Allegato 8 del D.M.LL.PP.09.01.1996, e dovranno essere raccolti e conservati i relativi certificati di collaudo e dichiarazioni di cui al punto 2.6 dell'Allegato 8.

Per i prodotti laminati destinati ad essere saldati si dovranno eseguire, oltre alle prove relative al controllo delle caratteristiche meccaniche di cui al punto 7.4 della UNI-EN 10155, anche tutti i controlli di cui al punto 2.4 delle Istruzioni CNR 10011-88.

Il Direttore dei Lavori potrà procedere ad ulteriori controlli dei materiali, secondo quanto previsto al punto 10.3.2 delle Istruzioni CNR 10011/88.

All'atto dell'approvvigionamento dei materiali l'Appaltatore dovrà tenere conto delle maggiori lunghezze di ordinazione necessarie al prelievo dei saggi da sottoporre a prova.

PRESCRIZIONI DI ESECUZIONE

Il rispetto delle prescrizioni indicate nel seguito non esonera comunque l'Appaltatore dall'obbligo di adottare le tecniche ed i procedimenti di lavorazione più appropriati, restando comunque l'Appaltatore pienamente responsabile della buona esecuzione dei lavori secondo le norme generali e specifiche del buon costruire.

I tagli, anche curvilinei, dovranno essere rifiniti meccanicamente, a spigolo vivo e privi di qualsiasi irregolarità. Le saldature dovranno essere raccordate in modo continuo ed uniforme al materiale base, molate a raso ove indicato in progetto.

Il Costruttore dovrà possedere un sistema di qualità, relativamente alle attività di saldatura, conforme a quanto previsto dalla norma UNI EN 729 ed in particolare:

- saldatori certificati secondo la norma UNI EN 287;
- procedure di saldatura certificate secondo la norma UNI EN 288;
- personale addetto ai controlli non distruttivi certificato secondo la norma UNI EN 473.

Per l'unione mediante saldatura degli elementi strutturali previsti in progetto è prevista la [tipologia di giunto testa a testa a piena penetrazione](#).

La preparazione dei lembi da saldare dovrà essere definita a cura e sotto la responsabilità del Costruttore in conformità con le raccomandazioni contenute nella UNI 11001 e comparire su una tavola delle preparazioni controllata dal Direttore dei Lavori; in particolare l'esecuzione dei giunti testa-testa dovrà garantire l'ottenimento di saldatura a completa penetrazione.

Possono essere impiegati i seguenti procedimenti di saldatura:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas di protezione (CO₂ o sue miscele).

Per le saldature da eseguirsi al montaggio si ammette il solo procedimento manuale ad arco con elettrodi rivestiti.

Il materiale depositato dovrà rispondere alle caratteristiche meccaniche stabilite dalla UNI 5132 per quanto riguarda gli elettrodi che dovranno sempre essere del tipo omologato secondo la norma UNI citata.

Per quanto riguarda l'uso degli elettrodi in relazione agli acciai saranno osservate le indicazioni seguenti:

- Acciaio Fe 510: Elett. E52 di Classe 4B

Rivestimenti di elettrodi, flussi esterni per saldature ad arco sommerso e flussi interni per fili animati possono essere potenziali sorgenti di idrogeno e dare luogo, pur soddisfacendo alle altre caratteristiche richieste, al pericolo di cricche a freddo nella zona termicamente alterata od in saldatura, pericolo che aumenta con l'aumentare dello spessore su cui si salda.

Gli elettrodi a rivestimento basico ed i flussi per saldatura ad arco sommerso saranno pertanto contenuti negli usuali involucri protettivi e ben conservati all'asciutto; i fili per saldatura ad arco sommerso o sotto gas protettivo, saranno del tipo solido od animato dei vari tipi in uso, con rivestimento di rame compatto e continuo ed esente da impurezze superficiali.

Per quanto riguarda i procedimenti di saldatura, l'impiego di elettrodi omologati secondo UNI 5132 esime da ogni prova di qualifica del procedimento.

Per l'impiego degli altri procedimenti di saldatura (arco sommerso o sotto gas di protezione) occorre eseguire prove preliminari di qualifica intese ad accertare:

- l'attitudine ad eseguire i principali tipi di giunto previsti nella struttura ottenendo giunti corretti sia per aspetto esterno sia per assenza di sensibili difetti interni (da accertare radiograficamente o con prove di rottura sul giunto);
- la resistenza a trazione su giunti testa a testa, mediante provette trasversali al giunto, resistenza che deve risultare non minore di quella del materiale base;
- la capacità di deformazione del giunto, mediante provette di piegamento trasversali che devono potersi piegare a 180° su mandrino con diametro pari a 3 volte lo spessore per l'acciaio Fe 360 e Fe 430 ed a 4 volte per l'acciaio Fe 510;

- la resilienza su provette intagliate a V secondo UNI 4713 ricavate trasversalmente al giunto saldato, resilienza che deve risultare non minore di 27J e deve essere verificata a + 20°C.

Le provette per le prove di trazione, di piegamento, di resilienza ed eventualmente per altre prove meccaniche, se ritenute necessarie, devono essere ricavate da saggi testa a testa saldati.

Con ogni procedimento di saldatura la durezza Vickers HV30 nella zona termicamente alterata dal metallo base non deve eccedere il valore di 3500 N/mm².

Sia in officina sia in cantiere, le saldature da effettuare con elettrodi rivestiti devono essere eseguite da operai che abbiano superato le prove di qualifica indicate nella UNI 4634 per la classe relativa al tipo di elettrodo ed alle posizioni di saldature previste. Per le parti in costruzione tubolare si farà riferimento anche alla UNI 4633 per quanto riguarda gli eventuali giunti di testa.

Le saldature da effettuare con altri procedimenti devono essere eseguite da operai sufficientemente addestrati all'uso delle apparecchiature relative ed al rispetto delle condizioni operative stabilite in sede di approvazione del procedimento.

La preparazione dei lembi da saldare deve essere effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico e dovrà risultare regolare e ben liscia. L'ossitaglio a mano può essere accettato solo se un'adeguata successiva ripassatura alla smerigliatrice avrà perfettamente regolarizzato l'asperità del taglio.

I lembi, al momento della saldatura, devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

La distanza dei lembi dei giunti di testa a completa penetrazione deve essere secondo UNI 11001.

Il diametro dell'anima degli elettrodi rivestiti per saldatura manuale, usati nella saldatura di un giunto, deve essere fissato in relazione allo spessore, al tipo di giunto ed alla posizione della passata nel giunto; in generale sarà non maggiore di 6 mm per saldature in piano e di 5 mm per saldature in verticale.

Dovranno essere adottate le sequenze di saldatura e le condizioni di vincolo più opportune al fine di ridurre per quanto possibile le tensioni residue da saldatura e facilitare la esecuzione dei giunti.

La superficie di ogni passata deve essere liberata dalla scoria prima che vengano effettuate le passate successive; ugualmente la scoria deve essere localmente asportata in corrispondenza delle riprese di una medesima passata.

Nella saldatura manuale si deve evitare l'accensione degli elettrodi sulle lamiere accanto al giunto, specialmente per acciaio Fe 510.

Le estremità dei cordoni di saldatura dei giunti di testa, nella saldatura automatica e semiautomatica, devono essere sempre fatte su prolunghe; ciò verrà fatto anche nel caso di saldatura manuale (giunti di 1 classe).

Nei giunti di testa a completa penetrazione effettuati con saldatura manuale, il vertice della saldatura deve essere sempre asportato, per la profondità richiesta per raggiungere il metallo perfettamente sano, a mezzo di scalpellatura, smerigliatura od altro adeguato sistema, prima di effettuare la seconda saldatura (nel caso di saldature effettuate dai due lati) o la ripresa.

Qualora ciò non sia assolutamente possibile, si deve fare ricorso alla preparazione a V con piatto di sostegno od alla saldatura effettuata da saldatori specializzati secondo UNI 4634 o, nel caso di strutture tubolari, di classe TT secondo UNI 4633.

La superficie delle saldature deve risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata col materiale base. Per saldature in vista le superfici dovranno inoltre essere regolarizzate con mola o molate a raso secondo le indicazioni del progetto.

Per evitare nella zona termicamente alterata ed in saldatura il fenomeno delle cricche da idrogeno, le parti da saldare saranno sottoposte localmente a preriscaldamento come prescritto al punto 9.9.4.11 delle citate UNI-CNR 10011.

Durante la saldatura la temperatura della zona saldata non dovrà mai scendere al di sotto di quella di preriscaldamento; la zona preriscaldata deve estendersi per almeno 75 mm in ogni senso dal punto in cui si salda.

QUALITÀ E CONTROLLI NELLE GIUNZIONI

Oltre ai controlli specifici di esecuzione delle singole parti della costruzione già indicate nei precedenti paragrafi di questo Capitolato delle strutture, dovranno eseguirsi i controlli seguenti delle giunzioni saldate.

Tutte le giunzioni saldate testa a testa debbono considerarsi di I classe secondo quanto esposto ai punti 2.5.3.1 e 2.5.3.2 delle Istruzioni CNR 10011-88.

Per le saldature più importanti eseguite in officina ed in cantiere il Costruttore dovrà compilare un diario dal quale risultino tutte le particolarità di esecuzione (procedura, materiali, geometria, preriscaldamento, ecc.), il nome del saldatore ed i controlli eventualmente già eseguiti sulla saldatura.

L'estensione iniziale dei controlli di qualsiasi tipo sia in officina sia in cantiere sarà essere stabilita dal Direttore dei Lavori, sentito il Progettista.

L'estensione iniziale dei controlli non potrà comunque essere inferiore ai seguenti valori:

- controllo visivo e dimensionale di tutte le giunzioni di officina e di cantiere: 100% dello sviluppo;
- controllo magnetoscopico, per tutte le giunzioni: 25% per esecuzioni in officina, 50% per esecuzioni in cantiere;
- controllo radiografico o con ultrasuoni di saldature testa a testa a penetrazione completa di giunzioni di forza, oltre al controllo magnetoscopico: 15% per esecuzioni in officina, 30% per esecuzioni in cantiere.

I primi due giunti eseguiti per ogni tipo di giunzione e posizione di esecuzione, sia in officina sia in cantiere, saranno sottoposti a **controlli magnetoscopico, ultrasonoro e radiografico** - quest'ultimo per quanto possibile - estesi al 100% del loro sviluppo.

15.6 DIAFRAMMI

I diaframmi a parete continua sono costituiti da una serie di pannelli in calcestruzzo armato gettati in opera, collegati in testa fra di loro mediante un cordolo in c.a.. Sono utilizzati per la formazione di pareti di contenimento per potere eseguire lo scavo generale delle gallerie.

La tecnica di perforazione sarà di norma basata sull'impiego di fanghi bentonitici.

Tali fanghi bentonitici saranno ottenuti miscelando, fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti: acqua, bentonite in polvere, additivi eventuali. La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza accoppiati a cicloni; essi opereranno a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti.

Le attrezzature impiegate per la preparazione della sospensione dovranno comunque essere tali da assicurare la suddivisione minuta delle particelle di bentonite sospesa.

Eventuali misure circa la qualità e le caratteristiche del fango (misure di peso specifico o di volume, della viscosità, del pH, del contenuto di sabbia, dell'acqua libera e dello spessore del "cake") potranno essere disposte direttamente in cantiere dalla Direzione Lavori

Più in generale, durante la perforazione dell'alloggiamento del diaframma occorrerà tenere conto dell'esigenza di non peggiorare le caratteristiche del terreno circostante il diaframma; dovranno pertanto essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi;
- la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci ;
- la riduzione dell'aderenza diaframma-terreno da un improprio impiego dei fanghi.

PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

L'Impresa esecutrice dovrà comunicare con debito anticipo alla Direzione Lavori il tipo di attrezzature, i procedimenti operativi ed i principali dettagli esecutivi per la realizzazione dei diaframmi. Se richiesto dalla Direzione Lavori, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche, l'idoneità di tali attrezzature e modalità sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

PREPARAZIONE DEI PIANI DI LAVORO

Le attrezzature di perforazione e di servizio dovranno operare da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento. La quota dei piani di lavoro dovrà essere posta almeno 1.0 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici delle falde (freatiche e/o artesiane) presenti nel terreno.

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati dalla perforazione, possano recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi. Analoga attenzione dovrà essere prestata a possibili inquinamenti della superficie o della falda da parte di un'incontrollata scarica dei detriti e/o dei fanghi bentonitici.

L'Impresa dovrà predisporre, lungo il tracciato planimetrico del diaframma, due muretti-guida in conglomerato cementizio debolmente armato, delle dimensioni non inferiori a 25 cm di larghezza e 80-100 cm di profondità dal piano di lavoro, distanti tra loro dello spessore del diaframma aumentato di 4-6 cm, allo scopo di definire la posizione degli utensili di scavo, di assicurare un riferimento stabile per il posizionamento delle armature e di evitare il franamento del terreno nella fascia di oscillazione del livello del fango. Particolare cura dovrà quindi essere posta nella loro esecuzione, sia nei riguardi del tracciamento (quota superiore e direzione), sia per la loro verticalità (in quanto essi costituiscono l'elemento fondamentale per i riferimenti di quote e allineamento del diaframma).

I cordoli saranno adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice in corrispondenza degli estremi di ciascun pannello di diaframma da scavare.

PERFORAZIONE

La perforazione avverrà in presenza di fango bentonitico; esso dovrà essere preparato, trattato e controllato seguendo le modalità illustrate. La perforazione sarà eseguita mediante benna mordente; il corpo dell'utensile dovrà lasciare uno spazio tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare "effetti pistone" allorché l'utensile viene sollevato.

Gli utensili di perforazione dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato. La benna mordente sarà provvista delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto dell'estrazione.

Il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Ciascun tratto di diaframma sarà eseguito in due fasi: si procederà dapprima alla perforazione ed al getto di elementi alterni e si completerà il tratto in seconda fase, con l'esecuzione degli elementi di chiusura ad avvenuta presa del conglomerato cementizio di quelli eseguiti in prima fase.

Le operazioni dovranno essere programmate e condotte in modo da evitare interazioni pregiudizievoli alla buona riuscita del lavoro tra elementi in corso di esecuzione o appena ultimati. Il materiale di risulta dovrà essere sistematicamente portato alla scarica, previo trattamento dei fanghi bentonitici, secondo la legislazione vigente.

Qualora si accertasse l'impossibilità di fare eseguire immediatamente il getto all'ultimazione della perforazione (per sosta notturna, difficoltà di approvvigionamento del conglomerato cementizio o qualunque altro motivo) si dovrà interrompere la perforazione almeno un metro sopra alla profondità finale prevista e riprenderla successivamente, in modo da ultimarla

nell'imminenza del getto. Non saranno tollerate profondità inferiori di quelle stabilite né verranno contabilizzate quelle eventualmente maggiori anche se necessarie.

ARMATURE

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità alle indicazioni di progetto e rispondere alle prescrizioni delle presenti Norme Tecniche e comunque costituite con acciaio ad aderenza migliorata Fe B 44k.

In particolare le armature trasversali saranno costituite da riquadri o staffe a più braccia, con ampio spazio libero centrale per il passaggio del tubo di getto; esse saranno di norma esterne alle armature verticali.

Le armature metalliche verticali saranno costituite da barre ad aderenza migliorata; verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie" ed i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di 5 cm.

Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo minimo netto tra barra e barra, misurato lungo il perimetro che ne unisce i centri, non dovrà in nessun caso essere inferiore a 7,5 cm se con aggregati inferiori ai 2 cm, e a 10 cm se con aggregati di classe superiore.

GETTO

Prima del getto si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori di contenuto di sabbia.

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. Si impiegheranno almeno tre classi di aggregati; le classi saranno proporzionate in modo da ottenere una curva granulometrica che soddisfi il criterio della massima densità.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato con idonei inerti di appropriata granulometria prima approvata dalla Direzione Lavori e dovrà essere di classe non inferiore a $R_{ck} > 25$ MPa. Per quanto concerne i controlli e le prove del calcestruzzo si richiama espressamente quanto stabilito nei relativi articoli.

I getti da effettuarsi singolarmente per ogni pannello, saranno eseguiti esclusivamente con l'impiego di benne a scarico di fondo o di tubazione immersa la cui estremità inferiore, durante il getto, dovrà essere mantenuta a quota inferiore di almeno 2 m rispetto al livello raggiunto dal calcestruzzo.

Il getto del cls dovrà essere effettuato con tutti quegli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori tali da impedire assolutamente il dilavamento dello stesso. Il volume del getto non dovrà naturalmente mai essere inferiore al volume teorico di ogni singolo pannello e potrà superare tale volume senza che l'Impresa possa chiedere compensi per il maggiore calcestruzzo impiegato.

Una volta iniziata la costruzione di un elemento di diaframma questa non potrà essere interrotta per nessun motivo; il getto del calcestruzzo potrà arrestarsi soltanto ad elemento interamente gettato. Pertanto l'Impresa nell'iniziare il getto di un elemento dovrà organizzare il cantiere, in modo che entro la giornata lavorativa, il getto dell'elemento sia ultimato. Per garantire la continuità dei diaframmi si prevede la posa di un tubo forma o altra struttura prima del getto dell'elemento di diaframma e tale elemento sarà estratto dopo alcune ore dal getto, lasciando pertanto una forma concava di ripresa nel getto stesso.

CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE

Per ciascun pannello l'Impresa esecutrice dovrà redigere una scheda indicante la data di esecuzione, il numero progressivo del pannello, i dati tecnici dell'attrezzatura, la profondità della perforazione, informazioni relative alla stratigrafia locale, i volumi e il grafico del getto.

SPECIFICHE

Nel caso che durante la scopertura del paramento in vista del diaframma, si riscontrassero difetti d'esecuzione (quali soluzioni di continuità nel conglomerato, non perfetta tenuta dei giunti di collegamento ecc.) sarà onere dell'Impresa adottare a sua cura e spese i provvedimenti che saranno ritenuti necessari a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

REGOLARIZZAZIONE DEI DIAFRAMMI

La parte di diaframma risultante a vista dopo l'effettuazione dello scavo della trincea e che è soggetto a rivestimento sia con lastre prefabbricate in c.a.o. (rampe) che con pannelli fonoassorbenti (galleria), dovrà essere opportunamente regolarizzata. A tal fine saranno impiegati tutti gli accorgimenti ed i mezzi necessari (demolitori, frese, ecc.) atti ad ottenere una superficie avente sporgenze e protuberanze non superiori a cm. 10 rispetto al piano teorico del diaframma. I diaframmi in corrispondenza dell'intersezione con il sifone fognario, che sarà realizzato prima del sottopasso, sono da costruirsi, come da progetto, interamente e poi prevedere la demolizione controllata, per permettere l'attraversamento della tubazione del sifone. In fase costruttiva, qualora la demolizione pregiudicasse la stabilità del diaframma, sono previsti, nel computo metrico, dei tiranti al fine di stabilizzare gli elementi al ribaltamento. In ogni caso, data l'incertezza della esecuzione e del posizionamento del sifone, solo in fase esecutiva e con l'apporto della D.L., si potrà redigere un progetto costruttivo esecutivo.

15.7 PALI TRIVELLATI

I pali trivellati sono ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato.

Durante la perforazione la stabilità dello scavo è ottenuta con l'ausilio di un rivestimento metallico provvisorio, opportunamente infisso nel terreno d'imposta, avente le necessarie caratteristiche meccaniche per resistere agli sforzi ed alle sollecitazioni indotte durante l'infissione anche con uso di vibratori

PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

La scelta delle attrezzature di scavo ed i principali dettagli esecutivi dovrà essere comunicata dall'Impresa esecutrice dei lavori alla Direzione Lavori.

Se richiesto dalla Direzione Lavori, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e modalità sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

TOLLERANZE

I pali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

Coordinate planimetriche del centro del palo (rispetto al diametro del palo)	$\pm 10\%$
Verticalità	$\pm 2\%$
Lunghezza	$\pm 15\%$
Diametro finito	$\pm 5\%$
Quota testa palo	$\pm 5\%$

ARMATURE

I pali dovranno avere reali armature metalliche costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite da staffe o spirali in tondino interne ai ferri longitudinali. Tali armature saranno pre-assemblate fuori opera in “gabbie”, le quali dovranno essere messe in opera prima del getto e mantenute in posizione senza poggiarle sul fondo del foro; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti d’armatura di lunghezza pari a quella del palo e Al fine di irrigidire le gabbie d’armatura potranno essere realizzati opportuni telai a cui fissare le barre. Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre lisce verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali; orientativamente, a secondo delle tensioni e della lunghezza del palo, potrà prevedersi una cerchiatura ogni 2,5 – 3,0 m.

Non si ammette di norma la distribuzione delle bare verticali su doppio strato; l’intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7,5 cm. Le gabbie d’armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell’armatura ed un copriferro netto minimo di 5 cm rispetto al rivestimento definitivo. Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà con il calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%. Le gabbie d’armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine; ove fosse necessario, è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri, tramite l’impiego di un adeguato numero di morsetti.

CONGLOMERATI CEMENTIZI

Saranno conformi a quanto prescritto in progetto.

Il calcestruzzo dovrà avere resistenza caratteristica $R_{ck} \geq 25$ MPa. Il valore del rapporto acqua/cemento non dovrà di norma superare il limite di 0.5, umidità degli inerti compresa.

Per garantire la lavorabilità in fase di getto, il calcestruzzo dovrà avere uno slump compreso tra 16 e 20 cm; la misura sarà eseguita utilizzando il cono di Abrams (cfr. Norma U.N.I. 7163-79).

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, considerando, in particolare, l’aggressività da parte dell’ambiente esterno.

La dimensione massima degli inerti deve essere tale che $D_{max} > 2,5 \leq i_{min}$, dove i_{min} è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l’intervallo di tempo fra preparazione e getto. L’Impresa esecutrice pertanto dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

ATTREZZATURA

- a) Escavazioni: per la perforazione saranno utilizzate attrezzature semoventi. L’utensile di scavo sarà il più idoneo in relazione alla natura e consistenza dei terreni da scavare. Numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature dovranno essere tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti alla luce delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.
- b) Morsa muovicolumna : la morsa dovrà essere costituita da un telaio rigido di supporto, sul quale viene posto un collare metallico, a 3 settori, dotato di un martinetto di chiusura per il serraggio della colonna di rivestimento. Sul telaio di supporto, collegato all’escavatore, saranno montati:
 - 2 martinetti di oscillazione sincronizzati che imprimono un movimento rotatorio alla colonna;

- 2 martinetti di infissione ed estrazione della colonna a funzionamento indipendente che consentono anche di correggere eventuali deviazioni della colonna.

Il diametro nominale del collare dovrà corrispondere al diametro del palo. Sarà consentito l'impiego di opportune riduzioni. Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento flettente e serraggio della colonna adeguati al diametro ed alla lunghezza del palo da realizzare.

- c) Vibromorsa : l'energia necessaria per l'infissione del tubo-forma sarà applicata in testa al palo utilizzando un battipalo scorrevole su una torre avente guide fisse con perfetto allineamento verticale.
- d) Utensile di scavo: per lo scavo entro la colonna di rivestimento provvisorio si utilizzerà l'utensile più adatto al tipo di terreno, prevedendo, ove necessario, l'impiego di scalpello ad elevata energia demolitrice.
- e) Tubi-forma : la tubazione sarà costituita da tubi in acciaio di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddiviso in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio – femmina.
- f) L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendo un movimento roto-traslazionale mediante adeguata attrezzatura rotare o morsa azionata da comandi oleodinamici oppure, in terreni poco o mediamente addensati privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo. E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni purchè non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all'ingresso del terreno.

PERFORAZIONE

La perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della scarpa del tubo di rivestimento.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno d'acqua, con un livello non inferiore a quello piezometrico della falda. Lo scavo all'interno sarà approfondito sino alla quota progetto. L'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti a fondo foro.

CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE

Per ciascun palo l'Impresa esecutrice dovrà redigere una scheda indicante:

- numero progressivo del palo (riferito ad una planimetria);
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- profondità di perforazione;
- informazioni relative alla stratigrafia locale;
- volumi e grafico del getto.

In presenza di anomalie o differenze, l'Impresa esecutrice procederà al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti concordandoli con la Direzione Lavori.

PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Prima di dare inizio ai lavori l'Impresa esecutrice dovrà presentare alla Direzione Lavori una planimetria riportante la posizione di tutti i pali, contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun palo.

Sarà cura dell'Impresa Esecutrice provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, ecc.) che possono interferire con i pali da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da

eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di perforazione.

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa esecutrice dovrà eseguire il tracciamento dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

L'Impresa esecutrice dovrà verificare e fare in modo che il numero e la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Impresa esecutrice selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei pali.

Sarà cura dell'Impresa esecutrice apporre adeguati contrassegni, opportunamente spazati su tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, ecc.) sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto.

Sarà cura dell'Impresa esecutrice adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo.

Sarà altresì cura dell'Impresa esecutrice evitare che l'installazione dei pali arrechi danno per effetto di vibrazione e spostamenti di materie ai pali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

Sarà cura dell'Impresa esecutrice provvedere all'immediato trasporto a discarica di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei pali.

Sarà cura dell'Impresa esecutrice far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato e da Specifiche di Controllo di Qualità, così come quelli integrativi richiesti dalla Direzione Lavori, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.

L'Impresa dovrà a sua cura e spese far eseguire da laboratori ufficiali tutte le prove di resistenza sui provini dei materiali d'impiego (calcestruzzo, ferro, carpenteria metallica) nel rispetto di quanto previsto dalle vigenti leggi.

Saranno a carico dell'Impresa anche l'assistenza e le prestazioni richieste per le operazioni di collaudo, che dovranno svolgersi in osservanza della Legge 05/11/1971 n° 1086 e della Normativa Tecnica in vigore.

Sarà cura dell'Impresa esecutrice provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali, fino alla quota progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura; nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del palo non avesse le caratteristiche richieste l'Impresa esecutrice dovrà provvedere alla estensione della scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla ricostruzione fino al piano d'imposta della fondazione sovrastante.

PROVA DI CARICO

La prova di carico ha lo scopo di accertare eventuali deficienze esecutive nei pali, verificare i margini di sicurezza disponibile nei confronti del sistema palo-terreno e valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Sarà a carico e cura dell'Impresa esecutrice eseguire prove di carico sui pali su indicazione della Direzione Lavori. Il numero delle prove di carico previste sarà comunque non inferiore a quanto riportato al punto c.5.5 del D.M. 11/03/1988 (*"... per opere di notevole importanza tale numero deve essere pari ad almeno l'1% del numero totale dei pali, con un minimo di 2"*).

La prova di collaudo è di tipo assiale, effettuata su palo facente parte della fondazione, del quale non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova è pari a 1.5 volte il carico d'esercizio.

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa ≥ 200 mm posizionati in modo da essere perfettamente centrali rispetto all'asse del palo. I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente. Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa M dovrà essere non inferiore a 1.2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova. La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di calcestruzzo.

Per la misura dei cedimenti saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore ai 50 mm, disposti a 120° intorno all'insieme palo-terreno. Il sistema di riferimento, sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi nel terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi Innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenza di 2 ore circa.

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa, previa scapitozzatura del calcestruzzo e messa a nudo del fusto per un tratto di 50 cm.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore oppure una lastra di piombo. Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice; la superficie d'appoggio deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti. Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Il programma di carico prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a dP , sino a raggiungere il valore del carico $P_{\text{esercizio}}$.

In corrispondenza di ciascun grado di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $T = 0$ (applicazione del carico);
- $T = 2'$;
- $T = 4'$;
- $T = 8'$;
- $T = 15'$.

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiungere la stabilizzazione e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($T = 15'$):

$$ds \leq 0.025 \text{ mm}$$

Per il livello corrispondente a $P_{\text{esercizio}}$ il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- $T = 0$;
- $T = 5'$;

- T = 10';
- T = 15'.

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- T = 30';
- T = 45';
- T = 60'.

2° CICLO

Applicazione di « m » ($m \geq 9$) gradini di carico dP fino a raggiungere P_{prova} .

In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° Ciclo.

Il carico prova sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradi (di entità 3 dP) con misure a:

- T = 0;
- T = 5';
- T = 10';
- T = 15'.

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a T = 60'; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

cedimento (P_{lim}) ≥ 2 cedimento ($P_{lim} - dP$);

cedimento (P_{lim}) $\geq 0,10$ diametri.

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note e le osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date ed il programma della prova dovranno altresì essere comunicate alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulla data d'inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento, con le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica;
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio;
- diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza e diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione;
- geometria della prova (dispositivo di contrasto travi portamicrometri ecc);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione;
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inversa pendenza.

15.8 MICROPALI

I micropali sono pali trivellati aventi diametro ≤ 250 mm, costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio. In particolare, si definiscono micropali a semplice cementazione quelli realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e solidarizzati mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia. L'armatura metallica è costituita in questo specifico caso da un tubo senza saldature.

La cementazione avverrà a bassa pressione, mediante un circuito a tenuta facente capo ad un dispositivo posto a bocca foro.

PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

La tipologia delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'Impresa esecutrice dei Lavori alla Direzione Lavori. Se richiesto dalla Direzione Lavori, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità di tali attrezzature e modalità sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

TOLLERANZE

I micropali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

Coordinate planimetriche del centro del micropalo	± 2 cm
Scostamento dell'inclinazione dall'asse teorico	± 2 cm
Lunghezza	± 15 cm
Diametro finito	± 15 cm
Quota testa micropalo	± 5 cm

TUBI IN ACCIAIO

E' prescritto l'impiego di tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni a mezzo di manicotto filettato esterno. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione. Le valvole di iniezione, ove previste, saranno del tipo "a manchette", ovvero costituite da una guarnizione in gomma, tenuta in sede da due anelli metallici saldati esternamente al tubo, sul quale, in corrispondenza di ciascuna valvola, sono praticati almeno 2 fori Φ 8 mm.

MALTE E MISCELE CEMENTIZIE DI INIEZIONE

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione, quale è il caso in oggetto delle presenti specifiche tecniche. In relazione alle prescrizioni di progetto, l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare o ceneri volanti. Nel caso specifico di impiego di ceneri volanti, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0,075 mm.

Per l'impasto si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di norma.

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che l'Impresa esecutrice si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla Direzione Lavori per informazione.

Di norma la resistenza cubica da ottenere per le malte e per le miscele cementizie di iniezione deve essere $R_{ck} \leq 25$ MPa. A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento $\leq 0,5$

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 mc di prodotto, dovrà essere la seguente:

- acqua: 600 kg;
- cemento: 1200 kg;
- additivi: 10-20 kg;

con un peso specifico pari a circa $\gamma = 1.8$ kg/dmc

Nella definizione della formula delle malte, prevedendo un'efficace mescolazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio minimo riferito ad 1 mc di prodotto finito:

- acqua: 300 kg;
- cemento: 600 kg;
- additivi: 5-10 kg;
- inerti: 1100-1300 kg;

con un peso specifico pari a circa $\gamma = 1.8$ kg/dmc

La tipologia e la frequenza dei controlli da eseguire è indicata sulla Specifica di Controllo Qualità.

PERFORAZIONE

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o a roto-percussione, con rivestimento continuo e circolazione dei fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto. Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente. Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata ≥ 10 mc/min;
- pressione 8 bar.

CEMENTAZIONE

Completata la perforazione e rimossi i detriti, si provvederà alla cementazione per riempimento a bassa pressione. Durante il riempimento a bassa pressione, il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0,5 - 0,6 MPa), mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo abboccamento dall'alto per riportare a livello la malta. Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE

Per ciascun micropalo l'Impresa esecutrice dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- numero del micropalo e data di esecuzione (con riferimento ad una planimetria);
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione;
- utensile;
- fluido;
- rivestimenti;
- caratteristiche dell'armatura;
- volume della miscela o della malta;
- caratteristiche della miscela o della malta.

PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Prima di dare inizio ai lavori l'Impresa esecutrice dovrà presentare alla Direzione Lavori una planimetria riportante la posizione di tutti i micropali, contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun palo.

Sarà cura dell'Impresa esecutrice provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, ecc.) che possono interferire con i pali da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di perforazione.

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa esecutrice dovrà eseguire il tracciamento dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

L'Impresa esecutrice dovrà verificare e fare in modo che il numero e la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Impresa esecutrice selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei micropali. Sarà cura dell'Impresa Esecutrice apporre adeguati contrassegni, opportunamente spazati su tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, ecc.) sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto. Sarà cura dell'Impresa esecutrice adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo. Sarà altresì cura dell'Impresa esecutrice evitare che l'installazione dei pali arrechi danno per effetto di vibrazione e spostamenti di materie ai pali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

Sarà cura dell'Impresa esecutrice provvedere immediato trasporto a discarica di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei micropali.

Sarà cura dell'Impresa esecutrice far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti da presente Capitolato e da Specifiche di Controllo di Qualità, così come quelli integrativi richiesti dalla Direzione Lavori, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto. L'Impresa dovrà a sua cura e spese far eseguire da laboratori ufficiali tutte le prove di resistenza sui provini dei materiali d'impiego (calcestruzzo, ferro, carpenteria metallica) nel rispetto di quanto previsto dalle vigenti leggi.

Saranno a carico dell'Impresa anche l'assistenza e le prestazioni richieste per le operazioni di collaudo, che dovranno svolgersi in osservanza della Legge 05/11/1971 n° 1086 e della Normativa Tecnica in vigore. Sarà cura dell'Impresa esecutrice provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i micropali, fino alla quota progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura; nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del micropalo non avesse le caratteristiche richieste l'Impresa esecutrice dovrà provvedere alla estensione della

scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla ricostruzione fino al piano d'imposta della fondazione sovrastante. In corrispondenza dell'intersezione con la galleria della metropolitana si dovrà apporre particolare cura ed attenzione nella realizzazione dei micropali, già previsti più corti rispetto a quelli adiacenti. In ogni caso si dovrà mantenere un franco, tra l'estradosso della Metropolitana ed il fondo dei micropali, di 1.00 m. Anche in questo caso sono previsti nel computo dei tiranti da impiegare eventualmente secondo le indicazioni della D.L.

15.9 TIRANTI

Per tiranti di ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno che in esercizio sono sollecitati a trazione. Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata).

I tiranti si compongono delle seguenti parti:

- la testa, costituita da un dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione) che trasmette al terreno le forze di trazione del tirante.

MATERIALI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI

- a) Acciai e dispositivi di bloccaggio: gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M. in vigore, emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n°1086. I tiranti e i dispositivi di bloccaggio, al momento del loro arrivo in cantiere, dovranno essere corredati della certificazione d'origine riferita ad ogni loro componente (trefoli, guaine, piastre). In corso d'opera si eseguiranno controlli sui tiranti, prelevando anche campioni di guaina protettiva in acciaio e di piastre, nella misura di un prelievo per ogni fornitura giunta in cantiere.
- b) Miscele di iniezione: saranno usate miscele a base di cemento, aventi la seguente composizione:
- cemento tipo II 42,5 R in presenza di ambiente non aggressivo: 100 kg;
 - cemento tipo III A 42,5 o 42,5 R in presenza di ambiente aggressivo: 100 kg. Non sono ammessi cementi tipo I 52,5 o 52,5 R;
 - acqua: 40-45 kg;
 - filler calcareo o siliceo: 0-30 kg;
 - bentonite: 0-4 kg;
 - eventuali additivi (fluidificanti, antiritiro).

La miscela dovrà presentare i seguenti requisiti, periodicamente controllati durante le lavorazioni:

- fluidità MARSCH da 10'' a 35'';
- essudazione < 2%;
- peso specifico della miscela che non potrà discostarsi per più di 0.05 g/cm³ rispetto a quello ottimale definito in sede progettuale;
- resistenza a compressione a ventotto giorni > 35 MPa.

Di tale miscela dovrà essere presentato alla Direzione Lavori, per riceverne l'approvazione, uno studio preliminare riportante le modalità di confezione, miscelazione ed iniezione della miscela stessa e comprovante l'effettiva corrispondenza a quanto previsto nel presente disciplinare.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa esecutrice si farà carico di presentare documentazione scritta. La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio dell'esecuzione dei lavori, né verranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

La miscela dovrà inoltre essere sottoposta al controllo di resistenza a compressione, mediante prelievi per ogni tirante. Le apparecchiature necessarie all'esecuzione delle prove per le miscele di iniezione impiegate dovranno essere a disposizione in cantiere durante le

lavorazioni. Dette prove saranno eseguite a cura e spese dell'Impresa esecutrice, sotto il controllo della Direzione Lavori, presso laboratori ufficiali, come anche a cura dell'Impresa esecutrice saranno le misurazioni relative alla fluidità (Cono di Marsh modificato) e all'essudazione della boiaccia (Bleeding).

c) Elementi di protezione: in relazione all'aggressività dell'ambiente e alla durata del tirante sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

- classe 1, per tiranti provvisori in ambiente aggressivo e non aggressivo, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;
- classe 2, per tiranti permanenti in ambiente aggressivo e non aggressivo, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina di polietilene o di polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia, per il tratto libero; sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a 1,5 mm e dovrà garantire la protezione contro le lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- da una verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

PERFORAZIONE

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o a roto-percussione in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza d'acqua.

Il foro dovrà essere rivestito, nel caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle pareti del foro durante e dopo la posa delle armature.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite. Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria. L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sotto falda.

ASSEMBLAGGIO E POSA DELLE ARMATURE

Per l'impiego di armature a trefoli gli elementi costitutivi dell'ancoraggio dovranno essere preferibilmente confezionati in stabilimento e pervenire in cantiere già arrotolati e inguainati, salvo eventualmente il dispositivo di bloccaggio che potrà essere montato in cantiere. Ove, per particolari motivi, fosse necessario effettuare l'assemblaggio degli elementi costitutivi degli ancoraggi in cantiere, dovrà essere predisposta a cura e spese dell'Impresa esecutrice un'adeguata attrezzatura per confezionare correttamente gli ancoraggi stessi.

In tale caso i componenti ed in particolare l'acciaio, dovranno essere immagazzinati convenientemente, possibilmente al coperto, in modo che non subiscano danneggiamenti durante la giacenza. Dovrà essere inoltre accuratamente evitato il contatto con il terreno o altri materiali che possono danneggiare l'ancoraggio.

La posa in opera delle armature dovrà avvenire secondo modalità approvate dalla Direzione Lavori che ne assicurino il corretto posizionamento e l'efficacia della connessione al terreno. L'iniezione della miscela avverrà in modo da garantire la perfetta connessione al terreno del tirante; al termine della stessa si procederà alla posa in opera del dispositivo di bloccaggio che dovrà risultare in perfette condizioni e privo di ruggine ed incrostazioni di qualsiasi natura.

TESATURA E COLLAUDO

Trascorsi 28 giorni dall'ultima iniezione o meno secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo. L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori. I tiranti che non soddisferanno i requisiti di

collaudo previsti per legge verranno sostituiti con nuovi tiranti di caratteristiche e posizione concordate con la Direzione Lavori, sentito il Progettista. In tali casi, restando inteso che comunque i maggiori oneri che ne deriveranno saranno a totale carico dell'Impresa esecutrice.

Ai tiranti risultanti idonei sarà invece applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto. Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.

PROTEZIONI ANTICORROSIVE IN OPERA

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela, dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante. L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia prima della tesatura o dopo fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero.

Successivamente, con un getto di miscela cementizia armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni.

DOCUMENTAZIONE DEI LAVORI

Per ogni tirante, sia preliminare di prova che di progetto, dovrà essere compilata dall'Impresa esecutrice una scheda recante le seguenti indicazioni:

- diametro, lunghezza e sistema di perforazione;
- eventuali iniezioni preliminari di intasamento;
- tipo e dimensioni delle armature metalliche;
- lunghezza del tratto attivo;
- quantità di malta iniettata e sua composizione;
- risultati delle prove di collaudo;
- date di perforazione, iniezione e tesatura di collaudo.

15.10 JET GROUTING

GENERALITÀ

I trattamenti colonnari, ovvero quei trattamenti di consolidamento e impermeabilizzazione realizzati stabilizzando mediante rimescolamento il terreno con una miscela legante di acqua - cemento immessa a getto ad altissima pressione, dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio approvate dall'Ufficio di Direzione Lavori e potranno essere realizzati in posizione verticale o comunque inclinati in relazione alle previsioni progettuali.

Vengono innanzitutto distinte tre diverse tipologie di iniezione per la realizzazione delle colonne di terra stabilizzata jet-grouting:

- Sistema di gettiniezione normale o monofluido

È prevista l'iniezione a pressione di un solo fluido, normalmente miscele di acqua e cemento, eventualmente con aggiunte di bentonite e/o additivi.

È possibile ottenere colonne di terreno trattato di diametro variabile da 35÷40 cm in terreni coesivi sino a 80 cm in terreni incoerenti.

- Sistema di gettiniezione bifluido

Si basa sul presupposto secondo il quale il raggio di azione di un getto di un liquido aumenta notevolmente se questo è contornato da un getto anulare di aria di velocità almeno pari.

I fluidi utilizzati sono una miscela di acqua-cemento (con eventualmente bentonite e/o additivi) e aria. L'iniezione avviene radialmente alla batteria di aste attraverso due ugelli coassiali: dall'ugello centrale fuoriesce il getto della miscela cementizia a circa 150÷200 m/s, mentre l'aria viene iniettata dall'ugello estremo anulare ad una velocità di circa 300 m/s.

Si possono ottenere colonne di diametro variabile da 100 cm, in terreni coesivi, sino a 160÷180 cm in terreni incoerenti granulari.

- Sistema di gettiniezione trifluido

Vengono utilizzati tre fluidi: acqua e aria ad altissima velocità (300÷350 m/s), e una miscela cementizia a media velocità (50÷80 m/s). I primi due fluidi vengono iniettati nel terreno a mezzo di due ugelli coassiali con la stessa metodologia descritta per i jet bifluido, con la funzione di disgregare il terreno; la miscela cementizia viene invece iniettata da un ugello situato al di sotto dei primi due.

Si possono ottenere colonne di diametro variabile da 100 cm, in terreni coesivi, sino a 180÷200 cm in terreni incoerenti granulari.

Nei relativi prezzi di elenco si intendono comprese e compensate tutte le prestazioni, forniture ed oneri per dare i trattamenti colonnari completi in opera secondo le previsioni di progetto e le prescrizioni delle presenti Norme.

Sono compresi tra gli altri:

- le preparazioni del piano di lavoro ed i tracciamenti;
- il carico e trasporto a rifiuto degli eventuali fanghi di risulta, compreso il loro trattamento secondo le leggi vigenti;
- tutte le prove, i controlli e la documentazione dei lavori.

Sono esclusi:

- la perforazione a vuoto;
 - la fornitura e posa in opera dell'eventuale armatura metallica;
- che verranno compensati con i relativi prezzi di elenco.

TOLLERANZE

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico delle colonne di terreno consolidato sono le seguenti:

- la posizione dell'asse di ciascun punto di trattamento non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm salvo diverse prescrizioni dell'Ufficio di Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse della colonna rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore dell'1,5%;
- la lunghezza non dovrà differire di $\cong 15$ cm da quella di progetto;
- il diametro delle colonne non dovrà in nessuno caso risultare inferiore a quello nominale indicato in progetto.

SISTEMA DI GETTINIEZIONE NORMALE O MONOFLUIDO

La perforazione deve essere eseguita a rotazione o a rotopercolazione, con diametro di almeno 20 mm superiore a quello della batteria di aste e del monitor.

Può essere utilizzata per la perforazione la stessa batteria di aste da utilizzare per la gettiniezione; in questo caso il monitor deve essere del tipo autopercutente, cioè munito al piede di scalpello a lame o a rulli e con un dispositivo di deviazione del fluido di perforazione dallo scalpello agli ugelli per il getto della miscela.

Una volta terminata la perforazione, deve essere calata nel foro la batteria per la gettiniezione, di diametro costante di circa 70 mm e formata da tubi in acciaio di grosso spessore atti a resistere a forti pressioni interne, con giunzioni filettate tali da garantire la tenuta idraulica. La parte inferiore deve quindi essere collegata al monitor porta ugelli sopra descritto.

Nel caso che la perforazione venga eseguita con il monitor autopercutente, questa fase non esiste.

Nel caso la perforazione abbia richiesto per la sua esecuzione di una tubazione di rivestimento provvisorio, si deve provvedere al suo recupero.

La miscela dovrà essere costituita da acqua e cemento tipo 425, nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con impiego eventuale di additivi secondo le disposizioni dell'Ufficio di Direzione Lavori, e dovrà essere iniettata a pressioni pari a 30÷40 MPa.

La quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 350 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato. Mentre la miscela fuoriesce dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene impresso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione: 10÷20 giri al minuto;
- velocità di estrazione: 2÷6 minuti per metro.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare $\cong 10$ MPa a 28 gg nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a 40 gg nei terreni coesivi, salvo diverse indicazioni dell'Ufficio di Direzione Lavori a seguito dei risultati delle eventuali colonne prova.

Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

Nel caso per esigenze di progetto o a causa della particolare natura del terreno venga richiesta anche la fase della gettiniezione preliminare, la sua esecuzione deve avvenire secondo le modalità previste per il trattamento, iniettando acqua al posto della miscela.

SISTEMA DI GETTINIEZIONE BIFLUIDO

La perforazione deve essere eseguita a rotazione o a rotopercolazione, con diametro di almeno 20 mm superiore a quello della batteria di aste a due condotti e monitor.

Può essere utilizzata per la perforazione la stessa batteria di aste da utilizzare per la gettiniezione; in questo caso il monitor deve essere del tipo autoperforante, cioè munito al piede di scalpello a lame o a rulli e con un dispositivo di deviazione del fluido di perforazione dallo scalpello agli ugelli per il getto della miscela.

Una volta terminata la perforazione, deve essere calata nei fori la batteria per la gettiniezione, di diametro costante di circa 90 mm e formata da due tubi in acciaio concentrici in maniera tale che nel tubo centrale venga convogliata la miscela ad altissima pressione, mentre nello spazio anulare periferico venga inviata l'aria compressa; la parte inferiore è collegata con il monitor descritto al punto precedente.

Nel caso che la perforazione venga eseguita con il monitor autoperforante, questa fase non esiste.

Nel caso la perforazione abbia richiesto per la sua esecuzione di una tubazione di rivestimento provvisorio, si deve provvedere al suo recupero.

La miscela cementante, di caratteristiche analoghe a quella descritta al punto L.2.3, deve essere iniettata a pressioni pari a 30÷40 MPa; l'aria compressa deve essere iniettata a pressioni pari a 0,7÷1,7 MPa.

La quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 400 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato. Mentre la miscela fuoriesce dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene immesso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione: 3÷10 giri al minuto;
- velocità di estrazione: 20÷30 minuti per metro.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare $\geq$ MPa a 28 gg nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a 40 gg negli eventuali interstrati di materiali coesivi, salvo diverse indicazioni dell'Ufficio di Direzione Lavori a seguito dei risultati del campo prove.

Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

Nel caso per esigenze di progetto o a causa della particolare natura del terreno venga richiesta anche la fase della gettiniezione preliminare, la sua esecuzione deve avvenire secondo le modalità previste per il trattamento, iniettando acqua al posto della miscela.

SISTEMA DI GETTINIEZIONE TRIFLUIDO

La perforazione deve essere eseguita a rotazione o a rotopercolazione, con diametro di almeno 20 mm superiore a quello della batteria di aste a due condotti e monitor.

Può essere utilizzata per la perforazione la stessa batteria di aste da utilizzare per la gettiniezione; in questo caso il monitor deve essere del tipo autopercutente, cioè munito al piede di scalpello a lame o a rulli e con un dispositivo di deviazione del fluido di perforazione dallo scalpello agli ugelli per il getto della miscela.

Una volta terminata la perforazione, deve essere calata nel foro la batteria per la gettiniezione, di diametro costante di circa 90 mm e formata da tre tubi in acciaio concentrici predisposti in modo tale che nel tubo centrale venga convogliata l'acqua ad altissima pressione, nello spazio anulare intermedio l'aria compressa ed in quello periferico la miscela; la parte inferiore è collegata con il monitor descritto al punto precedente.

Nel caso che la perforazione venga eseguita con il monitor autopercutente, questa fase non esiste.

Nel caso la perforazione abbia richiesto per la sua esecuzione di una tubazione di rivestimento provvisorio, si deve provvedere al suo recupero.

La pressione di iniezione dell'acqua dovrà essere superiore a 40 MPa, quella della miscela di 2÷7 MPa e la quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 400 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato. Mentre aria, acqua e miscela fuoriescono dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene impresso un moto di rotazione e risalita a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione: 3÷7 giri al minuto;
- velocità di estrazione: 20÷30 minuti per metro.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare ≥ 8 Mpa a 28 gg. nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 Mpa a 40 gg. negli eventuali interstrati di materiali coesivi, salvo diverse indicazioni dell' Ufficio di Direzione Lavori a seguito dei risultati del campo prove. Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%

Nel caso per esigenze di progetto o a causa della particolare natura del terreno venga richiesta anche la fase della gettiniezione preliminare, la sua esecuzione deve avvenire secondo le modalità previste per il trattamento, con la sola differenza che in questa fase non verrà iniettata la miscela.

ARMATURA DEI TRATTAMENTI COLONNARI

Quando previsto in progetto o formalmente ordinato dall'Ufficio di Direzione Lavori, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi o barre), da introdurre a spinta con idonea attrezzatura nel corpo delle colonne in corrispondenza del preforo, appena ultimata l'iniezione e prima che la miscela inizi la presa.

Nel caso l'Ufficio di Direzione Lavori ordini l'inserimento dell'armatura in acciaio ad avvenuta presa della miscela, si dovrà procedere alla esecuzione di un foro di diametro adeguato nel corpo delle colonne, all'introduzione dell'armatura ed al suo inghisaggio mediante iniezione a pressione di malta di cemento; la malta verrà iniettata attraverso lo stesso tubo in acciaio quando l'armatura è tubolare e attraverso un tubo in PVC quando l'armatura è in barre.

DOCUMENTAZIONE LAVORI

L'esecuzione di ogni trattamento colonnare sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Appaltatore, in contraddittorio con l'Ufficio di Direzione Lavori, di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione della colonna;
- data di inizio perforazione e termine iniezione;
- profondità di perforazione con inizio e fine del tratto consolidato;
- durata dell'iniezione;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- tipo e quantitativo di additivi eventualmente impiegati;
- risultati delle prove di rottura e compressione semplice della miscela cementizia.

CONTROLLI

I controlli sui trattamenti colonnari da eseguire a cura e spese dell'Appaltatore, d'intesa con l'Ufficio di Direzione Lavori e con la frequenza di seguito indicata, dovranno essere finalizzati a verificare la congruenza dei risultati conseguiti in sede operativa con le tolleranze ammesse e le soglie minime di resistenza.

La geometria dei trattamenti (diametro, posizione e deviazione dell'asse, lunghezza) e la resistenza a compressione del terreno consolidato dovranno essere accertati con le prove sotto elencate su colonne scelte dall'Ufficio di Direzione Lavori:

- scavi di ispezione e prelievo di campioni indisturbati su tratti di colonne in ragione di una colonna ogni 100 eseguite; gli scavi dovranno essere spinti almeno fino alla profondità di 4 m e successivamente rinterrati procedendo a strati accuratamente compattati;
- sondaggi sulle colonne, in ragione di una colonna ogni 100 eseguite mediante carotaggio a rotazione continua con batteria di aste e doppio carotiere con corone diamantate di diametro nominale $\cong 100$ mm.

Il sondaggio dovrà essere posizionato all'incirca a metà del raggio teorico della colonna e dovrà essere spinto per tutta la lunghezza della colonna fino a penetrare nel terreno naturale alla base della stessa. Si dovrà evitare che l'acqua di spurgo dilavi la carota.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici.

In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza $\cong 100$ mm:

$$R.Q.D.\% = \frac{\text{Somma della lunghezza degli spezzoni } \cong 100mm}{\text{Lunghezza perforata}} \times 100$$

L'Ufficio di Direzione Lavori selezionerà un certo numero di campioni per carota (mediamente da 3 a 5) da sigillare con paraffina entro fustelle in PVC e da inviare in laboratorio per le prove di resistenza a compressione.

Negli scomparti delle cassette catalogatrici saranno inseriti distanziatori al posto dei campioni di carota prelevati per il laboratorio e su ciascuno saranno indicati la quota e la lunghezza del campione.

Ogni cassetta verrà fotografata utilizzando film a colori ed avendo cura che le quote ed i riferimenti (cantiere, numero sondaggio) risultino leggibili anche nel fotogramma.

Qualora dalle prove di cui sopra risultasse che anche uno solo dei parametri sottoelencati:

- tolleranze geometriche:
posizione dell'asse, deviazione dell'asse, lunghezza, diametro;
- resistenza a compressione semplice;
- valore di R.Q.D.;

è variato rispetto a quanto stabilito in precedenza con scostamenti negativi contenuti nei limiti del 10%, l'Ufficio di Direzione Lavori, d'intesa con il progettista, effettuerà una verifica della sicurezza.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il trattamento colonnare verrà accettato, ma il suo prezzo unitario verrà decurtato del 15%.

Qualora gli scostamenti negativi superino il limite del 10% l'Appaltatore sarà tenuto a sua totale cura e spesa al rifacimento dei trattamenti oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dall'Ufficio di Direzione Lavori.

DIAFRAMMI SOTTILI ESEGUITI CON IL METODO JET-GROUTING MONODIREZIONALE

Il trattamento di jet-grouting a due componenti (miscela acqua/cemento e aria), va effettuato eseguendo la perforazione a rotazione in modo tradizionale, ed eseguendo l'iniezione in pressione (40 MPa), durante la risalita, senza rotazione. Prima di iniziare l'iniezione, si dirigeranno i getti di miscela nella posizione voluta.

Normalmente gli ugelli vanno posizionati con angolazione di 15° rispetto all'asse della paratia da realizzare, in modo contrapposto tra una perforazione e l'altra, distanziate queste di 2,5÷3 m.

Durante la perforazione verrà inviata aria ad una pressione di circa 1,2 MPa per evitare che gli ugelli si intasino.

Potrà essere utilizzato un fango bentonitico al 2÷3% con velocità di avanzamento circa uguale a 4 m/min.

Terminata la perforazione verranno posizionati gli ugelli del monitor in modo tale che i getti di miscela risultino direzionati in modo corretto.

Terminato il posizionamento dei getti, inizia la risalita del monitor e l'iniezione senza rotazione.

Il tipo di cemento da utilizzare è il 325 pozzolanico e la quantità è di 350 kg/m³ circa.

La miscela acqua/cemento, ad un rapporto 1/1, deve essere inviata attraverso una pompa ad una pressione pari a 40 MPa. L'aria va inviata, mediante un compressore, ad una pressione di 1,2 MPa.

La velocità di risalita sarà di circa 0,5 cm/s.

Qualora disposto dall'Ufficio di Direzione Lavori la miscela di risulta potrà essere utilizzata per la formazione di un muro di rinforzo per l'argine, in tal caso si provvederà a , sempre con l'approvazione dell'Ufficio di Direzione Lavori, scavare una trincea profonda 2 m, larga 0,6m e lunga 3 m, prima di iniziare ogni perforazione. La perforazione verrà effettuata quindi all'interno della trincea che, alla fine, verrà riempita con il fango di risulta che, una volta indurito, costituirà un muro di rinforzo per l'argine stesso.

Lo spessore minimo dovrà essere pari a 10÷15 cm. Per i controlli e la documentazione dei lavori si dovrà fare riferimento a quanto riportato al punto L.12.7 e L.12.8.

ART. 16 - PAVIMENTAZIONI STRADALI

16.1 FONDAZIONE STRADALE IN MISTO STABILIZZATO A CEMENTO

Il misto stabilizzato a cemento (misto cementato) per fondazione (sottobase) sarà costituito da una miscela di inerti lapidei impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

INERTI

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 35% ed il 60% in peso sul totale degli inerti. A discrezione della D.L. potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito, in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante allo 0,075 mm.

Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

- Aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, non di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- Granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR B.U. n.23 del 14.12.1971);

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
crivello 40	100
" 30	80-100
" 25	72-90
" 15	53-70
" 10	40-55
" 5	28-40
setaccio 2	18-30
" 0,4	8-18
" 0,18	6-14
" 0,075	5-10

- Perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR B.U. n.34 del 28.03.73) non superiore a 30% in peso;
- Equivalente in sabbia (CNR B.U. n.27 del 30.3.1972) compreso fra 30 e 60;
- Indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico)

LEGANTE

Dovrà essere impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'alto forno) di classe 325.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 3% e il 3,5% sul peso degli inerti asciutti.

ACQUA

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva.

La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con variazione compresa entro + 2% del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO

L'Impresa dovrà proporre alla D.L. la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento, come la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (CNR UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm³).

Per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti mescolandole tra loro con il cemento, e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

I campioni da confezionare in laboratorio dovranno essere protetti in sacchi di plastica per evitare l'evaporazione dell'acqua.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato e 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51 + 0,5 mm, peso pestello 4,535 + 0,005 kg, altezza di caduta 45,7 cm).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20° C); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello da 25 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini dovranno avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 25 kg/cm² e non superiori a 45 kg/cm², ed a trazione secondo la prova "brasiliana" non inferiori a 2,5 kg/cm².

Per particolari casi e' facoltà della D.L. accettare valori di resistenza a compressione fino a 75 kg/cm² (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di + 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata all'ammanimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati; inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

POSA IN OPERA

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti o motograeder.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- Rullo a due ruote vibranti da 10.000 kg per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18.000 kg.
- Rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18.000 kg.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla D.L., delle stesse caratteristiche e con gli stessi indici di effetto costipante sopra riportato.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0° C e superiori a 27° C e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a discrezione della D.L., potrà essere consentita la stesa a temperature diverse.

In questo caso perciò sarà necessario proteggere da evaporazioni la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato.

Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 20°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque e' opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto cio' potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola sarà necessario, prima della ripresa della stesa provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa. Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati.

Gli strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

PROTEZIONE SUPERFICIALE

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di almeno 0,5 kg/mq, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI

Con esami giornalieri dovrà essere verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di + 5 punti % fino al passante al crivello n. 5 e di + 2 punti % per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 97% nelle prove AASHTO modificato di cui al punto nel 98% delle misure effettuate.

Il valore del modulo di deformazione MC determinato con piastra da 0 cm 30 non inferiore a 1300 kg/mq.

La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm verificato a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore stabilito dovrà avere tolleranze in difetto non superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario le zone con spessore in difetto, se accettate dalla D.L., saranno deprezzate del 30% oltre l'applicazione delle penali previste per la inosservanza delle prescrizioni.

16.2 LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICANTI

LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI

I leganti bituminosi semisolidi sono quei bitumi per uso stradale costituiti da bitumi di base e bitumi modificati.

BITUMI DI BASE

I leganti bituminosi semisolidi sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione (definiti di base) con le caratteristiche indicate in Tab. 2.1.1 impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi di cui al paragrafo 15.2.

Detti leganti sono denominati "A" (ex 60-70) e "B" (ex 80-100).

Quei bitumi di base non rientranti nelle specifiche dei leganti "A" e "B" che seguono, potranno essere accettati dopo additivazione con prodotti modificanti (vedi "attacchi chimici funzionali") al fine di riportarne le caratteristiche entro i limiti di accettazione senza aggravio di costo per l'Amministrazione.

Le tabelle che seguono si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi.

La non rispondenza dei leganti alle caratteristiche richieste comporta l'applicazione di specifiche penalità come in seguito descritte

Per tutte le lavorazioni andrà sempre impiegato il bitume di tipo A salvo casi particolari consentiti dalla D.L. in cui potrà essere impiegato il bitume di tipo B.

TABELLA 2.1.1.

Caratteristiche	Unità'	Bitume A	Bitume B
		60/70	80/100
Valore	Valore	Valore	Valore
1) Penetrazione a 25°C	1/10mm.	65-85	85-105
2) Punto di rammollimento	°C	48-54	47-52
3) Indice di penetrazione		-1/+1	-1/+1
4) Punto di rottura (Fraas),min	°C	-8	-9
5) Duttilità a 25°C, minima	cm	90	100
6) Solubilità in solventi organici,min	%	99	99
7) Perdita per riscaldamento (volatilità) a T = 163°C, max	%	0,2	0,5
8) Contenuto di paraffina, max	%	2,5	2,5
9) Viscosità dinamica a T = 60°C	Pa x s	130-200	110-190
10) Viscosità dinamica a T = 160°C	Pa x s	0,16-0,23	0,4-0,5

BITUMI MODIFICATI

I bitumi di base di tipo "B" potranno essere modificati in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante l'aggiunta di polimeri (plastomeri, elastomeri e loro combinazioni) effettuata con idonei dispositivi di miscelazione al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele in due modi distinti:

- in modo soft (bitume "Bs"), modifica di facile tecnologia e con le caratteristiche riportate alla tabella 2.1.3.
- in modo hard, modifiche di tecnologia complessa e con le caratteristiche riportate di seguito.

I bitumi potranno entrambi essere impiegati nelle miscele normali (base, binder, usura), mentre dovranno essere tassativamente impiegati i bitumi di tipo hard nelle miscele speciali (vedi "conglomerato bituminoso per strati drenanti") salvo diversa indicazione dell'Amministrazione.

I leganti bituminosi denominati (A) e (B) sono da considerarsi quei bitumi semisolidi per uso stradale utilizzati per il confezionamento dei conglomerati.

Le caratteristiche chimico fisiche dei leganti, nel caso questi ultimi non fossero in grado di fornirle, potranno essere corrette reologicamente mediante l'additivazione di prodotti chimici attivanti funzionali.

L'aggiunta di prodotti chimici correttivi non dovrà essere superiore al 6% in peso riferito al legante da correggere.

BITUMI CON MODIFICA "SOFT"

Legante B (Bitume di base + polimeri di varia natura (1))

Bitume B+ Pol. (1)		
Caratteristiche	Unita'	Valore
1) Penetrazione a 25. C	1/10 mm	50-60
2) Punto di rammollimento	°C	60-70
3) Indice di penetrazione		0/+1,5
4) Punto di rottura (Fraas), min	°C	-12
5) Duttilita' a 25°C, minima	cm	100
6) Solubilita' in solventi organici, min.	%	99
7) Perdita per riscaldamento (volatilita' a T = 163°C,max	%	0,5
8) Viscosita' dinamica a T = 60°C	Pa x s	400-500
9) Viscosita' dinamica a T = 160°C	Pa x s	0,8-1

(1) Polimeri di natura elastomerica o plastomerica (SBS – EVA – EMA – EPDM)

BITUME MODIFICATO IN MODO "HARD"

Nelle modifiche hard il contenuto di polimero riferito al peso di bitume deve essere indicativamente compreso nelle percentuali che vanno dal 6% all'8% in peso; le caratteristiche dei leganti modificati, accettati dalla Amministrazione, da impiegare per la realizzazione di conglomerati bituminosi drenanti, trattamenti superficiali a caldo (TSC), trattamenti superficiali a freddo (TSF), mano di attacco per il collegamento tra membrane sintetiche e pavimentazioni sulle opere d'arte (MA) sono riportate nelle tabelle che seguono.

Modifiche diverse verranno valutate di volta in volta dalla D.L.

BITUME MODIFICATO "HARD"

- BITUME "B" + 2% LDPE+6% SBS-R

Caratteristiche	Unita'	Valore
------------------------	---------------	---------------

.Penetrazione a 25° C	1/10 mm	45-55
.Punto di rammollimento	°C	60-70
.Indice di penetrazione		+1/+3
.Punto di rottura (Fraas),min	C	-12
.Viscosita' dinamica a T = 80°C	Pa x s	180-450
.Viscosita' dinamica a T = 160°C	Pa x s	0,2-2

BITUMI MODIFICATI PER SIGILLATURE, MANI DI ATTACCO - ETC. ETC.

Caratteristiche	Unita'	Valori
. Penetrazione a 25°C	1/10 mm	45-55
. Punto di rammollimento	°C	75-85
. Indice di penetrazione		+3/+5
. Punto di rottura (Fraass), min	°C	-14
. Viscosita' dinamica a T = 60°C	Pa x s	500-600
. Viscosita' dinamica a T = 160°C	Pa x s	0,2-0,4

EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE PER MANI DI ATTACCO

Caratteristiche	Valori
. Contenuto di bitume . (residuo per distill.),	min 55% in peso
. Viscosita' Engler a 20°C	5/10.E
. Carica delle particelle	positiva
. Penetrazione a 25°C	max 200 dmm
. Punto di rammollimento	minimo 37.C

NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTE-RISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI

BITUMI SEMISOLIDI

Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali	Normativa CNR - Fasc. 2/1951
Penetrazione	Normativa CNR - B.U. n.24 (29.12.71)
Punto di rammollimento	Normativa CNR - B.U. n.35 (22.11.73)
Punto di rottura	Normativa CNR - B.U. n.43 (06.06.74)
Duttilita'	Normativa CNR - B.U. n.44 (29.10.74)
Solubilita' in solv. organici	Normativa CNR - B.U. n.48 (24.02.75)
Perdita per riscaldamento	Normativa CNR - B.U. n.50 (17.03.76)
Contenuto di paraffina	Normativa CNR - B.U. n.66 (20.05.78)
Viscosita' dinamica	Normativa SN - 67.1722 a (02.1985)

EMULSIONI BITUMINOSE

Contenuto di bitume (residuo per distillazione)	Normativa CNR - B.U. n.100 (31.05.84)
Viscosita' Engler	Normativa CNR - B.U. n.102 (23.07.84)
Carica delle particelle	Normativa CNR - B.U. n.99 (29.05.84)

ATTICANTI CHIMICI FUNZIONALI

Detti composti chimici sono da utilizzare come additivi per bitumi di tipo A e B oppure con percentuali diverse, quali rigeneranti le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dalla fresatura di pavimentazioni bituminose e rappresentano quei formulati studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio.

In particolare gli ACF devono svolgere le seguenti funzioni:

- una energica azione quale attivanti di adesione;
- peptizzante e diluente nei confronti del bitume invecchiato ancora legato alle superfici degli elementi lapidei costituenti il conglomerato fresato;
- plastificare ad integrazione delle frazioni malteniche perse dal bitume durante la sua vita;
- disperdere al fine di ottimizzare l'omogeneizzazione del legante nel conglomerato finale;
- antiossidante in contrapposizione agli effetti ossidativi dovuti ai raggi ultravioletti ed alle condizioni termiche della pavimentazione.

Gli ACF dovranno avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

CARATTERISTICHE CHIMICO - FISICHE	
Densità a 25/25 °C (ASMT D - 1298)	0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a. (ASMT D - 92)	200 °C / 473 °K
Viscosità dinamica a 60° C/333 °K (SNV 671908/74)	0,03 - 0,05 Pa x s
Solubilità in tricloroetilene (ASTM D - 2042)	99,5% in peso
Numero di neutralizzazione (IP 213)	1,5 - 2,5 mg/KOH/g
Contenuto di acqua (ASTM D - 95)	1% in volume
Contenuto di azoto (ASTM D - 3228)	0,8 - 1% in peso

La accettazione degli ACF è subordinata a prove condotte dal Committente.

16.3 CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BINDER, USURA

Il conglomerato e' costituito da una miscela di inerti nuovi (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido di cui all'art. di seguito denominato "Bitume", in impianti automatizzati.

Il conglomerato per i vari strati (base, binder, usura) e' posto in opera o mediante macchina vibrofinitrice, od a mano e costipato.

BITUME

Si richiamano espressamente le norme di cui al par. 18.1; i conglomerati di base, binder e usura potranno essere realizzati con bitumi di base oppure con bitumi modificati di tipo soft.

MATERIALI INERTI

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme CNR fasc. IV/1953, cap. 1 e 2.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti e' costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi minerali (filler) secondo la definizione delle norme CNR art.1 del fascicolo IV/1953.

AGGREGATO GROSSO

L'aggregato grosso sara' costituito da inerti, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare rispondano ai seguenti requisiti:

STRATO DI BASE (TOUT-VENANT)

Nella miscela di questo strato potrà essere impiegata ghiaia non frantumata nella percentuale stabilita di volta in volta dalla D.L. che comunque non potrà essere superiore al 40% in peso.

La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le Norme B.U.CNR n° 34 del 28.3.73 dovrà essere inferiore al 25%.

STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER CHIUSO)

Per questo strato potranno essere impiegate graniglie ricavate totalmente dalla frantumazione delle ghiaie, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo le Norme B.U. CNR n.34 del 28.3.73) inferiore al 25%.

L'indice dei vuoti delle singole pezzature secondo le Norme B.U. CNR fasc.IV/1953 dovrà essere compreso tra il 3% ed il 6%.

Il coefficiente di imbibizione, secondo le Norme B.U. CNR fasc. IV /1953 dovrà essere inferiore a 0,015.

La percentuale di bitume riferita agli inerti dovrà essere superiore a 5,2 % ($\pm 0,1$).

La stabilità Marshall dovrà essere superiore a 900 kg.

Lo scorrimento Marshall dovrà essere compreso tra 2 mm e 4 m.

La rigidità Marshall dovrà essere superiore a 300.

STRATO DI USURA

Dovranno essere impiegati esclusivamente frantumati di cava, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo le Norme B.U. CNR n.34 del 28.3.1973) inferiore al 20%.

L'indice dei vuoti delle singole pezzature secondo le norme B.U. CNR fasc. IV/1953 non dovrà essere inferiore a 0,85.

Il coefficiente di imbibizione, secondo le Norme B.U. CNR fasc.IV/1953 dovrà essere inferiore a 0,015.

Il coefficiente di levigazione accelerata (C.L.A.) dovrà essere maggiore od uguale a 0,43 (Norme B.U. CNR in corso di edizione)

STRATO DI USURA A SPESSORE RIDOTTO

Dovranno essere impiegati esclusivamente frantumati di cava con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo le norme B.U. CNR n.34 del 28.3.1973) inferiore al 20%.

Secondo quanto disposto dalle Norme CNR fasc. IV/1953 il coefficiente di imbibizione dovrà essere inferiore a 0,015, l'indice dei vuoti delle singole pezzature non dovrà essere inferiore a 0,90.

Il C.L.A. dovrà essere maggiore o uguale a 0,43 (Norme B.U. CNR 1993).

E' facoltà dell'Amministrazione non accettare materiali che in precedenti esperienze abbiano provocato nel conglomerato finito inconvenienti (rapidi decadimenti di coefficiente di aderenza trasversale (C.A.T.) scadente omogeneità dell'impasto per loro insufficiente affinità con bitume ed altro anche se rispondenti ai limiti sopraindicati.

Nel caso ove non siano presenti inerti aventi caratteristiche di rugosità superficiale conformi alle prescrizioni di queste Norme Tecniche l'Amministrazione potrà autorizzare l'uso di altri materiali lapidei a condizione di una loro integrazione con "inerti porosi" naturali od artificiali ad elevata rugosità superficiale (C.L.A. $\geq 0,50$) di pezzatura 5/15 mm. in percentuali comprese tra il 20% ed il 35% (ad eccezione dell'argilla espansa che non potrà superare il 15% rispetto al peso degli inerti che compongono la miscela).

Ovvero, qualora l'Impresa reperisca altrove materiali lapidei corrispondenti alle prescrizioni delle presenti Norme Tecniche, la D.L. potrà comunque autorizzare la miscelazione di questi ultimi con inerti porosi naturali od artificiali con elevata rugosità superficiale (C.L.A. $\geq 0,50$) sino ad un massimo del 15% rispetto al peso degli inerti che compongono la miscela.

In ogni caso il risultato finale sarà valutato con prove di laboratorio e con l'impiego di apparecchiature ad alto rendimento.

Le integrazioni sopra descritte e la scelta delle zone di impiego dovranno sempre essere autorizzate dalla D.L. sulla base di preventiva presentazione alla stessa da parte dell'Impresa di uno studio della miscela.

AGGREGATO FINO

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione e da sabbie naturali di fiume.

La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. in relazione ai valori di stabilità e scorrimento, ricavati dalla prova Marshall, che si intendono raggiungere; comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere la prova "Los Angeles" (CNR B.U. n.34 del 28.3.73 - Prova C) eseguita su granulati della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato secondo la prova B.U. CNR n.27 (30.3.1972) dovrà essere superiore od uguale al 70%.

ADDITIVI

Gli additivi minerali (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova CNR B.U. 23/71 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio ASTM n.30	Passante in peso a secco	100%
" " n.100	" " " " "	90%
" " n.200	" " " " "	65%

- più del 50% della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio n. 200, deve passare a tale setaccio anche a secco.

Nel caso di impiego di ceneri volanti queste non dovranno superare il 40% del passante totale al setaccio ASTM n.200.

MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso totale degli inerti, compresa tra i sottoindicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

Composizioni granulometriche indicative (fusi da usare come limiti nelle curve di progetto).

È obbligo dell'impresa appaltatrice fornire alla D.L., almeno **15 giorni** prima della stesa, i fusi granulometrici delle miscele che si intendono utilizzare al fine dell'accettazione dei materiali.

TOUT-VENANT

<i>Serie crivelli e setacci UNI</i>	<i>Passante totale in peso %</i>
crivello 30	100
" 25	70-95
" 15	45-70
" 10	35-60
" 5	25-50

setaccio 2	18-38
" 0,4	6-20
" 0,18	4-14
" 0,075	4-8

Bitume 4% - 5% del tipo "A" o "B" descritto nel par. 17.1.

Per strati di spessore compresso non superiore a 10 cm dovranno essere adottate composizioni granulometriche prossime alla curva limite superiore.

BINDER CHIUSO

<i>Serie crivelli e setacci UNI</i>	<i>Passante totale in peso %</i>
setaccio 19,5	100
" 12,5	84,56
" 9,5	74,82
" 6,3	61,85
" 4,74	52,75
" 2	32,06
" 0,425	14,80
" 0,180	8,77
" 0,075	5,86

Bitume 5% - 6% del tipo "A" o "B" descritto nel par. 17.1

USURA (cm3-5) A - USURA SPESSORE RIDOTTO (cm 2-3-) B

<i>Serie crivelli e setacci UNI</i>	<i>Passante totale in peso %</i>	
	A	B
crivello 15	100	
" 10	70-90	100
" 5	40-60	70-90
setaccio 2	25-38	40-70
" 0,4	11-20	20-38
" 0,18	8-15	8-20
" 0,075	6-10	6-10

Bitume 6%-7% tipo "A" o "B" descritto nel par. 17.1

REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I conglomerati dovranno avere ciascuno i requisiti descritti nei punti a cui si riferiscono.

PER LO STRATO DI BASE

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque eventuale assestamento del sottofondo anche a lunga scadenza; il valore della stabilità Marshall (CNR B.U. n.30 del 15.3.73) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare non inferiore a 800 kg; inoltre il valore della rigidità Marshall cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kg e lo scorrimento misurato in mm. dovrà essere superiore a 250.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra il 4% ed il 7% (CNR B.U. n.39 del 23.3.73).

PER LO STRATO DI COLLEGAMENTO

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli.

La stabilita' Marshall (CNR B.U. n.30 del 15.3.73) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovra' risultare in ogni caso superiore a 900 kg; inoltre il valore della rigidezza Marshall cioe' il rapporto tra la stabilita' misurata in kg e lo scorrimento misurato in mm dovra' essere compreso tra 300 e 450.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilita' Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra il 3% ed il 6% (CNR B.U. n.39 del 23.3.73).

PER LO STRATO DI USURA E STRATO DI USURA A SPESSORE RIDOTTO

Elevata resistenza meccanica e rugosita' superficiale.

Il valore della stabilita' Marshall (CNR B.U. n.30 del 15.3.73) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovra' risultare in tutti i casi di almeno 1100 kg; inoltre il valore della rigidezza Marshall cioe' il rapporto tra la stabilita' misurata in kg e lo scorrimento misurato in mm dovra' essere in ogni caso compreso tra 300 e 450.

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilita' Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra il 4% ed il 6% (CNR B.U., n.39 del 23.3.73).

Inoltre la D.L. si riserva la facolta' di controllare la miscela di usura tramite la determinazione della resistenza a trazione indiretta e della relativa deformazione a rottura "Prova Brasiliana" (vedi norma interna della Committente allegata).

I limiti di capitolato dovranno essere pari a :

TEMPERATURA DI PROVA " °C "			
	10°C	25°C	40°C
Resistenza a trazione indiretta (N/mm ²)	1.7-2.2	0.7-1.1	0.3-0.6
Coefficiente di trazione indiretta (N/mm ²)	≥170	≥70	≥30

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni dovra' dare un valore di stabilita' non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR B.U. N.121 del 24.08.1987).

I provini per le misure di stabilita' e rigidezza anzidette, dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

Il fuso tipo "A" dovra' comprendere le curve per tappeti di usura dello spessore compreso tra i 3 ed i 5 cm; qualora si rendesse necessario realizzare uno spessore superiore la curva di progetto dovra' essere concordata con la D.L..

Nelle zone con condizioni di forte traffico, potranno essere progettate e realizzate su indicazione della D.L. curve granulometriche di "tipo spezzata", utilizzando un fuso simile a quello riportato al punto 3.1.7.3 con l'obbligo che la percentuale di inerti compresa fra il passante al crivello 5 mm UNI ed il trattenuto al setaccio 2 mm UNI sia pari al 10% + 2% in peso.

Inoltre in deroga a quanto descritto al punto 3.1.5. la percentuale della sabbia proveniente da frantumazione, rispetto a quella naturale di fiume, non dovra' mai essere inferiore al 90% della miscela delle due sabbie.

In condizioni di clima asciutto e caldo prevalenti si dovranno usare preferibilmente curve prossime al limite inferiore.

CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato o di legante per la relativa accettazione.

L'Impresa e' poi tenuta a presentare con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovra' essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

Una volta accettata dalla D.L. la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di + 5% per lo strato di base di + 3% per gli strati di binder ed usura.

Per gli strati di base, binder ed usura non saranno ammesse variazioni del contenuto di sabbia (per sabbia si intende il passante al setaccio mm UNI) di + 2%; per il passante al setaccio 0,075 mm UNI di + 1,5%.

Per la percentuale di bitume non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di + 0,25%.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Per forniture significative ed a giudizio della D.L. dovranno essere effettuati:

la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;

la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore;

la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito (peso di volume e percentuale di vuoti ecc.);

la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente: peso di volume (B.U. CNR n.40 del 30.3.1973), media di tre prove; percentuale di vuoti (B.U. CNR n.39 del 23.3.1973), media di tre prove; stabilità e rigidità Marshall.

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

In particolare la verifica delle caratteristiche del bitume dovrà essere fatta con prelievi a norma CNR sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto; all'atto del prelievo sul campione verrà indicata la quantità Q (in kg) della fornitura a cui il prelievo si riferisce.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la D.L. effettuerà a sua discrezione tutte le verifiche, prove e controlli atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto.

La D.L. potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammannimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere

nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà' uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160° e 180° C e quella del legante tra 150° e 180° C salvo diverse disposizioni della D.L. in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

ATTIVANTI L'ADESIONE

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati potranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività').

Esse saranno impiegate sempre negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno ad esclusivo giudizio della D.L.

Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra il 3‰ (tre per mille) ed il 6‰ (sei per mille) rispetto al peso del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della D.L..

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

POSA IN OPERA

La posa in opera dei conglomerati bituminosi dovrà essere effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla D.L. in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La modalità di stesa utilizzata dovrà comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida al 55% in peso per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20 e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 140°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice od a mano e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato solo con rulli gommati di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Per lo strato di base a discrezione della D.L. potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati.

Al termine della compattazione gli strati di binder e usura dovranno avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall dallo stesso periodo di lavorazione riscontrata nei controlli sul materiale prima della stesa.

Per lo strato di base si dovranno raggiungere densità superiori al 98%.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; sarà tollerato uno scostamento di 5 mm.

Inoltre l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto nell'art.10.

Per lo strato di base la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla D.L. la corrispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato per garantirne l'ancoraggio dovrà essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa acida al 55% stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo la stesa in doppio strato i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere eventualmente interposta una mano d'attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 - 0,8 kg mq.

Inoltre i moduli elastici effettivi del materiale costituente uno strato, ricavati sulla base di misure di deflessione ottenute con prove dinamiche tipo FWD effettuate anche a pavimentazione completata, dovranno avere un valore medio misurato in un periodo di tempo variabile tra 3 giorni e 90 giorni dal termine della lavorazione, compreso tra 65.000 e 96.000 kg/cmq alla temperatura di riferimento del conglomerato di 20°C.

PENALITÀ

La mancata rispondenza dei materiali bituminosi nel loro complesso, dei singoli componenti gli impasti, ovvero della formazione e confezionamento delle miscele e della loro posa in opera ai requisiti in precedenza definiti comporterà, qualora il materiale venga accettato (ad insindacabile giudizio della D.L.), una riduzione dei relativi prezzi contrattuali così come previsto nello Schema di Contratto d'Appalto.

d'Appalto (o Schema di contratto).

16.4 ELEMENTI DI DELIMITAZIONE

Gli elementi di delimitazione della sede stradale saranno costituiti da cordoni in gneiss delle dimensioni di 12 cm x 30 cm, posati su sottofondo in conglomerato cementizio dosato a 150 kg/m³ di impasto; i giunti saranno rifilati e sigillati con malta cementizia. Tutti gli elementi di delimitazione avranno smusso non inferiore a cm 1 x 1, lavorati a spigoli vivi in tutte le parti fuori terra, fiammati o lavorati a punta fine sulla faccia superiore e lavorati a punta fine sulla faccia a vista verticale per un'altezza di 18 cm; rifilati e squadrate sulle teste per tutto lo spessore di colore uniforme. Le guide curve a delimitazione della aiuola rivolte all'interno della banchina alberata saranno lavorate a punta fine sulla faccia a vista concava.

ART. 17 – ARREDO ED AREE A VERDE

L'impresa appaltatrice ha l'obbligo e l'onere di proteggere adeguatamente tutto l'arredo e le aree a verde occupate dal cantiere od interferenti con gli interventi previsti in progetto, adottando e rispettando tutte le prescrizioni riportate nel **Nuovo Regolamento del Verde Pubblico e Privato della Città di Torino**; ultimati i lavori la stessa impresa dovrà quindi provvedere al ripristino delle aree a verde eventualmente manomesse od occupate.

17.1 GENERALITÀ

Prima dell'inizio delle operazioni di sistemazione a verde, l'Impresa dovrà eseguire, con terreno agrario, le eventuali riprese di erosioni che si fossero nel contempo verificate; le riprese saranno profilate con l'inclinazione fissata dalle modine delle scarpate.

L'Impresa non potrà modificare i piani inclinati degli scavi e dei rilevati che, anche dopo il rivestimento del manto vegetale, dovranno risultare perfettamente regolari e privi di buche, pedate od altro, compiendo a sua cura e spese, durante l'esecuzione dei lavori, e fino al collaudo, le riprese occorrenti per ottenere, nelle scarpate, una perfetta sistemazione.

In particolare si prescrive che, nell'esecuzione dei lavori di impianto, l'Impresa debba procedere in modo da non danneggiare i cigli del rilevato, mantenendo le scarpate con l'inclinazione posseduta ed evitando qualsiasi alterazione, anche prodotta dal pedonamento degli operai.

GARANZIA D'ATTECCIMENTO

La garanzia decorre dal momento della presa in consegna e la sua durata è fissata nei documenti dell'appalto.

L'Impresa si impegna a fornire una garanzia di attecchimento del 100% per tutte le piante.

L'attecchimento si intende avvenuto quando, al termine di 90 giorni a decorrere dall'inizio della prima vegetazione successiva alla messa a dimora, le piante si presentino sane e in buono stato vegetativo.

17.2 PREPARAZIONE DEL TERRENO

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

La materia da usarsi per il rivestimento delle scarpate dei rilevati dovrà essere terreno agrario, vegetale, proveniente da scotico di aree a destinazione agraria da prelevarsi fino alla profondità massima di 1 metro. Dovrà essere a reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea o arbustiva permanente; esso dovrà risultare privo di ciottoli, detriti, radici ed erbe infestanti.

I concimi minerali semplici o complessi usati per le concimazioni dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale, avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali della fabbrica.

MODALITÀ ESECUTIVE

Prima di effettuare qualsiasi impianto, o semina, l'Impresa dovrà effettuare una accurata lavorazione e preparazione agraria del terreno.

Sulle scarpate di rilevato la lavorazione del terreno dovrà avere il carattere di vera e propria erpicatura, eseguita però non in profondità, in modo da non compromettere la stabilità delle scarpate.

In pratica l'Impresa avrà cura di far lavorare il terreno a zappa, spianando eventuali leggere solcature, anche con l'eventuale riporto di terra vegetale, sì da rendere le superfici di impianto perfettamente profilate.

L'epoca di esecuzione dell'operazione è in relazione all'andamento climatico ed alla natura del terreno; tuttavia, subito dopo completata la profilatura delle scarpate, l'Impresa procederà senza indugio all'operazione di erpicatura, non appena l'andamento climatico lo permetta ed il terreno si trovi in tempera (40÷50% della capacità totale per l'acqua).

Con le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'Impresa dovrà provvedere anche alla esecuzione di tutte le opere che si ritenessero necessarie per il regolare smaltimento delle acque di pioggia, come canalette in zolle, incigliature, od altro, per evitare il franamento delle scarpate o anche solo lo smottamento e la solcatura di esse.

Durante i lavori di preparazione del terreno, l'Impresa avrà cura di eliminare, dalle aree destinate agli impianti, tutti i ciottoli ed i materiali estranei che con le lavorazioni verranno portati in superficie.

Per le scarpate in scavo, la lavorazione del terreno, a seconda della consistenza dei suolo potrà limitarsi alla creazione di buchette per la messa a dimora di piantine o talee, oppure alla creazione di piccoli solchetti, o gradoncini, che consentano la messa a dimora di piante o la semina di miscugli.

Qualsiasi opera del genere, tuttavia, sarà eseguita in modo tale da non compromettere la stabilità delle scarpate e la loro regolare profilatura.

In occasione del lavoro di erpicatura, e prima dell'impianto delle talee o delle piantine, l'Impresa dovrà effettuare a sua cura e spese le analisi chimiche dei terreni in base alle quali eseguirà la concimazione di fondo, che sarà realizzata con la somministrazione di concimi minerali nei seguenti quantitativi:

- concimi fosfatici: titolo medio 18% - 0,8 N/m² (8 q per ettaro);
- concimi azotati: titolo medio 16% - 0,4 N/m² (4 q per ettaro);
- concimi potassici: titolo medio 40% - 0,3 N/m² (3 q per ettaro).

La somministrazione dei concimi minerali sarà effettuata in occasione della lavorazione di preparazione del terreno, di cui si è detto poco sopra.

Quando l'Ufficio di Direzione Lavori, in relazione ai risultati delle analisi dei terreni ed alle particolari esigenze delle singole specie di piante da mettere a dimora, ritenesse di variare tali proporzioni, l'Impresa sarà obbligata ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, senza che ciò costituisca titolo per indennizzi o compensi particolari.

Qualora il terreno risultasse particolarmente povero di sostanza organica, parte dei concimi minerali potrà essere sostituita da terricciati, o da letame ben maturo, da spandersi in modo uniforme sul terreno, previa rastrellatura di amminutamento e di miscelamento del letame stesso con la terra.

Ogni eventuale sostituzione dovrà essere autorizzata per iscritto dall'Ufficio di Direzione Lavori ed il relativo onere deve intendersi compreso nei prezzi unitari d'Elenco.

L'uso dei concimi fisiologicamente alcalini, o fisiologicamente acidi sarà consentito in terreni a reazione anomala, e ciò in relazione al pH risultante dalle analisi chimiche.

Oltre alla concimazione di fondo, l'Impresa dovrà effettuare anche le opportune concimazioni in copertura, impiegando concimi complessi e tenendo comunque presente che lo sviluppo della vegetazione e del manto di copertura dovrà risultare, alla ultimazione dei lavori ed alla data di collaudo, a densità uniforme, senza spazi vuoti o radure.

Le modalità delle concimazioni di copertura non vengono precisate lasciandone l'iniziativa all'Impresa, la quale è anche interessata all'ottenimento della completa copertura del terreno nel più breve tempo possibile e al conseguente risparmio dei lavori di risarcimento, diserbo, sarchiatura, ripresa di smottamenti ed erosioni, che risulterebbero più onerosi in presenza di non perfetta vegetazione, come pure ad ottenere il più uniforme e regolare sviluppo delle piante a portamento arbustivo.

I concimi usati, sia per la concimazione di fondo, sia per le concimazioni in copertura, dovranno venire trasportati in cantiere nella confezione originale della fabbrica e risultare comunque a titolo ben definito e, in caso di concimi complessi, a rapporto azoto-fosforo-potassio precisato.

Da parte dell'Ufficio di Direzione Lavori sarà consegnato all'Impresa un ordine di servizio nel quale saranno indicate le composizioni delle concimazioni di fondo, in rapporto al pH dei terreni, da impiegare nei vari settori costituenti l'appalto.

Prima della esecuzione delle concimazioni di fondo, l'Impresa è tenuta a darne tempestivo avviso all'Ufficio di Direzione Lavori, onde questa possa disporre per eventuali controlli d'impiego delle qualità e dei modi di lavoro.

Lo spandimento dei concimi dovrà essere effettuato esclusivamente a mano, con l'impiego di mano d'opera pratica e capace, in maniera da assicurare la maggiore uniformità nella distribuzione.

Per le scarpate in scavo sistemate con piantagioni, la concimazione potrà essere localizzata.

Nella eventualità che lo spessore della terra vegetale e la sua natura non dessero garanzia di buon attecchimento e successivo sviluppo delle piantagioni, l'Impresa è tenuta ad effettuare la sostituzione del materiale stesso con altro più adatto alle esigenze dei singoli impianti.

Resta d'altronde stabilito che di tale eventuale onere l'Impresa ha tenuto debito conto nella offerta di ribasso.

17.3 MESSA A DIMORA DI TALEE E PIANTINE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il materiale vivaistico potrà provenire da qualsiasi vivaio, purché l'Impresa dichiari la provenienza e questa venga accettata dall'Ufficio di Direzione Lavori, previa visita ai vivai di provenienza. Le piantine e le talee dovranno essere immuni da qualsiasi malattia parassitaria. Le talee dovranno risultare allo stato verde e di taglio fresco, tale da garantire il ripollonamento, con diametro minimo di 3 cm. Il taglio delle talee dovrà avvenire esclusivamente nel periodo del riposo vegetativo autunnale, oppure nel periodo primaverile prima della sfioritura. Le talee preparate nel periodo autunnale potranno essere conservate fino alla fine dell'inverno purché immagazzinate in luogo fresco; qualora, per necessità di cantiere, il deposito dovesse continuare anche durante il periodo vegetativo, le talee dovranno essere conservate in locali frigoriferi od immerse in acqua fredda ($<15^{\circ}\text{C}$) e corrente.

L'acqua da utilizzare per l'annaffiamento e la manutenzione non dovrà contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.

Devono essere individuate le fonti di approvvigionamento e stabiliti gli oneri relativi.

Le talee preparate durante la primavera dovranno essere utilizzate nell'arco di tempo massimo di una settimana dal taglio e, in ogni caso, protette accuratamente contro l'essiccamento durante le fasi di deposito e di trasporto sul cantiere tramite l'utilizzo di teloni e/o l'irrorazione con acqua.

Nel caso di specie arbustive o di alberi giovani con diametro del tronco inferiore a 8÷10 cm, le talee andranno tagliate a livello del suolo. Il taglio delle verghe dovrà essere liscio e della minor superficie possibile, andrà escluso il taglio con l'accetta.

MODALITÀ ESECUTIVE

Per la piantagione delle talee, o delle piantine, l'Impresa eseguirà i lavori nel periodo di riposo vegetativo, che va, indicativamente, dal tardo autunno all'inizio della primavera; il periodo delle lavorazioni potrà variare a seconda delle situazioni climatiche stagionali. Resta comunque a carico dell'Impresa la sostituzione delle fallanze o delle piantine che per qualsiasi ragione non avessero attecchito.

Le specie di piante saranno le seguenti:

a) piante a portamento erbaceo o strisciante: *Festuca glauca*, *Gazania splendens*, *Hedera helix*, *Hypericum calycinum*, *Lonicera sempervires*, *Mesembryanthemum acinaciforme*, *Stachys lanata*);

b) piante a comportamento arbustivo: *Alnus viridis*, *Cornus mas*, *Crataegus pyracantha*, *Cytisus scoparius*, *Eucalyptus* sp. pl., *Mahonia aquifolium*, *Nerium oleander*, *Opuntia ficus indica*, *Pitosporum tobira*, *Rosmarinus officinalis*, *Salix cinerea*, *Salix nigricans*, *Salix purpurea*, *Salix triandra*, *Spartium junceum*, *Viburnum opulus*.

Prima dell'inizio dei lavori d'impianto, da parte dell'Ufficio di Direzione Lavori sarà consegnato all'Impresa un ordine di servizio nel quale saranno indicate le varie specie da impiegare nei singoli settori di impianto.

Quando venga ordinata dall'Ufficio di Direzione Lavori (con ordine scritto) la messa a dimora a distanze diverse da quelle fissate in progetto, si terrà conto, in aumento o in diminuzione ai prezzi di Elenco, della maggiore o minore quantità di piante adoperate, restando escluso ogni altro compenso all'Impresa.

In particolare sulle scarpate degli scavi, il piantamento potrà essere effettuato, secondo le prescrizioni dell'Ufficio di Direzione Lavori, anche solo limitatamente allo strato di terreno superiore, compreso tra il margine del piano di campagna ed una profondità variabile intorno a circa 80 cm, in modo che lo sviluppo completo delle piantine a portamento strisciante, con la deflessione dei rami in basso, possa ricoprire la superficie sottostante delle scarpate ove il terreno risulta sterile.

L'impianto delle erbacee potrà essere fatto con l'impiego di qualsiasi macchina oppure anche con il semplice piolo.

Per l'impianto delle specie a portamento arbustivo, l'Impresa avrà invece cura di effettuare l'impianto in buche preventivamente preparate con le dimensioni più ampie possibili, tali da poter garantire, oltre ad un più certo attecchimento, anche un successivo sviluppo regolare e più rapido.

Prima della messa a dimora delle piantine a radice nuda, l'Impresa avrà cura di regolare l'apparato radicale, rinfrescando il taglio delle radici ed eliminando le ramificazioni che si presentassero appassite, perite od eccessivamente sviluppate, impiegando forbici a doppio taglio ben affilate. Sarà inoltre cura dell'Impresa di adottare la pratica "dell'imbozzinatura" dell'apparato radicale, impiegando un miscuglio di terra argillosa e letame bovino debitamente diluito in acqua.

L'operazione di riempimento della buca dovrà essere fatta in modo tale da non danneggiare le giovani piantine e, ad operazione ultimata, il terreno attorno alla piantina non dovrà mai formare cumulo; si effettuerà invece una specie di vaso allo scopo di favorire la raccolta e la infiltrazione delle acque di pioggia.

L'Impresa avrà cura di approntare a piè d'opera il materiale vivaistico perfettamente imballato, in maniera da evitare fermentazioni e disseccamenti durante il trasporto. In ogni caso le piantine o talee disposte negli imballaggi, qualunque essi siano, ceste, casse, involucri di ramaglie, iute, ecc., dovranno presentarsi in stato di completa freschezza e con vitalità necessarie

al buon attecchimento, quindi dovranno risultare bene avvolte e protette da muschio, o da altro materiale, che consenta la traspirazione e respirazione, e non eccessivamente stipate e compresse.

Nell'eventualità che per avverse condizioni climatiche le piantine o talee, approvvigionate a piè d'opera, non potessero essere poste a dimora in breve tempo, l'Impresa avrà cura di liberare il materiale vivaistico ponendolo in opportune tagliole, o di provvedere ai necessari annacquamenti, evitando sempre che si verifichi la pregermogliazione delle talee o piantine.

In tale eventualità le talee, o piantine, dovranno essere escluse dal piantamento.

Nella esecuzione delle piantagioni, le distanze fra le varie piante o talee, indicate precedentemente, dovranno essere rigorosamente osservate.

PROVE DI ACCETTAZIONE E CONTROLLO

L'Impresa secondo la sua piena responsabilità potrà utilizzare piante non provenienti da vivaio e/o di particolare valore estetico unicamente se indicate in progetto e/o accettate dall'Ufficio di Direzione Lavori.

In particolare l'Impresa curerà che le zolle e le radici delle piante che non possono essere immediatamente messe a dimora non subiscano ustioni e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

Prima dell'esecuzione dei lavori dall'Ufficio di Direzione Lavori controllerà la corrispondenza dei materiali a quanto prescritto in precedenza mediante prelievo di campioni. Durante l'esecuzione dei lavori controllerà altresì la correttezza dei metodi di lavoro.

L'Impresa, peraltro, deve garantire, indipendentemente dai materiali forniti e dal periodo delle lavorazioni, il completo attecchimento delle piantine, delle talee, o delle coltri erbose. Qualora ciò non dovesse verificarsi, l'Impresa, a sua cura e spese, è obbligata a ripetere a tutte le operazioni necessarie perché avvenga l'attecchimento.

17.4 SEMINE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per il seme l'Impresa è libera di approvvigionarsi dalle ditte specializzate di sua fiducia; dovrà però dichiarare il valore effettivo o titolo della semente, oppure separatamente il grado di purezza ed il valore germinativo.

L'Impresa dovrà fornire sementi selezionate e rispondenti esattamente a genere, specie e varietà richieste, sempre nelle confezioni originali sigillate e munite di certificato di identità ed autenticità con l'indicazione del grado di purezza e di germinabilità e della data di confezionamento e di scadenza stabiliti dalle leggi vigenti sulla certificazione E.N.S.E. (Ente Nazionale Sementi Elette)

Qualora il valore reale del seme fosse di grado inferiore a quello riportato dalle tavole della Marchettano, l'Impresa sarà tenuta ad aumentare proporzionalmente la quantità di seme da impiegare per unità di superficie.

L'Ufficio di Direzione Lavori, a suo giudizio insindacabile, potrà rifiutare partite di seme con valore reale inferiore al 20% rispetto a quello riportato dalle tavole della Marchettano nella colonna "buona semente" e l'Impresa dovrà sostituirle con altre che rispondano ai requisiti voluti.

Nel caso di semina potenziata vale quanto riportato al Capo II-punto 12.4

MODALITÀ ESECUTIVE

A parziale modifica di quanto prescritto in precedenza per le concimazioni, all'atto della semina l'Impresa dovrà effettuare la somministrazione dei concimi fosfatici o potassici, nei quantitativi sopra indicati.

I concimi azotati invece dovranno venire somministrati a germinazione già avvenuta.

Prima della semina, e dopo lo spandimento dei concimi, il terreno dovrà venire erpicato con rastrello a mano per favorire l'interramento del concime.

Il quantitativo di seme da impiegarsi per ettaro di superficie di scarpate è prescritto in 0,12 N (120 kgf). I miscugli di sementi, da impiegarsi nei vari tratti da inerbire, risultano dalla tabella alla pagina seguente.

In particolare, i vari miscugli riportati nella tabella saranno impiegati nei diversi terreni a seconda delle caratteristiche degli stessi e precisamente:

- miscuglio n.1: in terreni di natura calcarea, piuttosto sciolti, anche con scheletro grossolano.
- miscuglio n.2: in terreni di medio impasto, tendenti al leggero, fertili.
- miscuglio n.3: in terreni di medio impasto, argillo-silicei, fertili.
- miscuglio n.4: in terreni pesanti, argillosi, piuttosto freschi.
- miscuglio n.5: in terreni di medio impasto, in clima caldo e secco.

Specie	Tipo di miscuglio				
	1°	2°	3°	4°	5°
	(N/m ²)				
Lolium italicum					
o Lolium perenne	-	0,023	0,014	0,030	-
Arrhenatherum elatius	0,030	-	-	-	0,020
Dactylis glomerata	0,003	0,025	0,014	0,012	-
Trisetum flavescens	0,007	0,005	0,003	-	-
Festuca pratensis	-	-	0,028	0,020	-
Festuca rubra	0,010	0,007	0,009	0,006	-
Festuca Ovina	-	-	-	-	0,006
Festuca heterophilla	-	-	-	-	0,009
Phleum pratense	-	0,007	0,007	0,012	-
Alopecurus pratensis	-	0,012	0,011	0,016	-
Cynosurus cristatus	-	-	-	-	0,003
Poa pratensis	0,003	0,023	0,018	0,004	0,002
Agrostis alba	-	0,006	0,004	0,004	-
Anthoxanthum odoratum	-	-	-	-	1,000
Bromus erectus	-	-	-	-	0,015
Bromus inermis	0,040	-	-	-	0,012
Trifolium pratense	0,008	0,005	0,006	0,004	-
Trifolium repens	-	0,007	0,004	-	-
Trifolium hybridum	-	-	-	0,006	-
Medicago lupulina	0,003	-	-	-	0,006
Onobrychis sativa	-	-	-	-	0,010
Anthyllis vulneraria	0,010	-	-	-	0,003
Lotus corniculatus	0,006	-	0,002	0,006	0,003
Sommano: (N)	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120

Specie	Tipo di miscuglio				
	1°	2°	3°	4°	5°
	(kgf/ha)				
Lolium italicum					
o Lolium perenne	-	23	14	30	-
Arrhenatherum elatius	30	-	-	-	20
Dactylis glomerata	3	25	14	12	-
Trisetum flavescens	7	5	3	-	-
Festuca pratensis	-	-	28	20	-
Festuca rubra	10	7	9	6	-
Festuca Ovina	-	-	-	-	6
Festuca heterophilla	-	-	-	-	9
Phleum pratense	-	7	7	12	-
Alopecurus pratensis	-	12	11	16	-

Cynosurus cristatus	-	-	-	-	3
Poa pratensis	3	23	18	4	2
Agrostis alba	-	6	4	4	-
Anthoxanthum odoratum	-	-	-	-	1
Bromus erectus	-	-	-	-	15
Bromus inermis	40	-	-	-	12
Trifolium pratense	8	5	6	4	-
Trifolium repens	-	7	4	-	-
Trifolium hybridum	-	-	-	6	-
Medicago lupulina	3	-	-	-	6
Onobrychis sativa	-	-	-	-	10
Anthyllis vulneraria	10	-	-	-	3
Lotus corniculatus	6	-	2	6	3
Sommano: (kgf)	120	120	120	120	120

Prima dell'esecuzione dei lavori di inerbimento, da parte dell'Ufficio di Direzione Lavori sarà consegnato all'Impresa un ordine di servizio, nel quale sarà indicato il tipo di miscuglio da impiegarsi nei singoli tratti da inerbire.

Ogni variazione nella composizione dei miscugli dovrà essere ordinata per iscritto dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Prima dello spandimento del seme, l'Impresa è tenuta a darne tempestivo avviso all'Ufficio di Direzione Lavori, affinché questa possa effettuare l'eventuale prelevamento di campioni e possa controllare la quantità e i metodi di lavoro.

L'Impresa è libera di effettuare le operazioni di semina in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare ed uniforme. La semina dovrà venire effettuata a spaglio a più passate per gruppi di semi di volume e peso quasi uguali, mescolati fra loro, e ciascun miscuglio dovrà risultare il più possibile omogeneo.

Lo spandimento del seme dovrà effettuarsi sempre in giornate senza vento.

La ricopertura del seme dovrà essere fatta mediante rastrelli a mano e con erpice a sacco. Dopo la semina il terreno dovrà venire battuto col rovescio della pala, in sostituzione della normale operazione di rullatura. Analoga operazione sarà effettuata a germinazione avvenuta.

Le scarpate in rilievo o in scavo potranno venire sistemate mediante una semina eseguita con particolare attrezzatura a spruzzo, secondo le prescrizioni dell'Ufficio di Direzione Lavori e dove questa, a suo giudizio insindacabile, lo riterrà opportuno. La miscela da irrorare mediante idroseminatrici sarà composta da un miscuglio di sementi, concime organico, collanti e sostanze miglioratrici del terreno. Saranno impiegati gli stessi quantitativi di sementi e di concime sopra riportati, mentre i collanti dovranno essere in quantità sufficiente per ottenere l'aderenza dei semi e del concime alle pendici delle scarpate.

Dopo eseguito l'impianto, e fino ad intervenuto favorevole collaudo definitivo delle opere, L'Impresa è tenuta ad effettuare tutte le cure colturali che di volta in volta si renderanno necessarie, come sostituzione di fallanze, potature, diserbi, sarchiature, concimazioni in copertura, sfalci, trattamenti antiparassitari, ecc., nel numero e con le modalità richiesti per ottenere le scarpate completamente rivestite dal manto vegetale.

Dal momento della consegna l'Impresa dovrà effettuare gli sfalci periodici dell'erba esistente sulle aree da impiantare e sulle aree rivestite con zolle di prato. L'operazione dovrà essere fatta ogni qual volta l'erba stessa abbia raggiunto un'altezza media di cm 35.

L'erba sfalcata dovrà venire prontamente raccolta da parte dell'Impresa e allontanata entro 24 ore dallo sfalcio, con divieto di formazione di cumuli da caricare.

La raccolta ed il trasporto dell'erba e del fieno dovranno essere eseguiti con la massima cura, evitando la dispersione e pertanto ogni automezzo dovrà avere il carico ben sistemato e dovrà essere munito di reti di protezione del carico stesso.

È compreso nelle cure colturali anche l'eventuale annacquamento di soccorso delle piantine in fase di attecchimento, e pertanto nessun compenso speciale, anche per provvista e trasporto di

acqua, potrà per tale operazione essere richiesto dall'Impresa, oltre quanto previsto nei prezzi di Elenco.

PROVE DI ACCETTAZIONE E CONTROLLO

Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori controllerà la corrispondenza dei materiali a quanto prescritto in precedenza mediante prelievo di campioni. Durante l'esecuzione dei lavori controllerà altresì la correttezza dei metodi di lavoro.

L'Impresa, peraltro, deve garantire, indipendentemente dai materiali forniti e dal periodo delle lavorazioni, il completo attecchimento delle coltri erbose, che dovranno risultare prive di alcun tipo di vegetazione infestante o comunque diverso da quanto seminato. Qualora, in sede di collaudo, tali condizioni non dovesse verificarsi, l'Impresa, a sua cura e spese, è obbligata a ripetere tutte le operazioni necessarie per ottenere le prescrizioni di cui sopra.

ART. 18 - OPERE DI SISTEMAZIONE DEI VERSANTI

18.1 PALIFICATE DI SOSTEGNO IN LEGNAME

GENERALITÀ

La palificata in legname viene utilizzata, da sola od in combinazione con altre tecnologie, come opera di sostegno drenante per pendii franosi.

La palificata è costituita da una struttura a gabbia formata da correnti e traversi di legno idoneo e durabile di latifoglie o conifere, fissati tra loro per mezzo di chiodi, staffe e caviglie; l'interno della gabbia è riempito con materiale ghiaio-terroso e, in corrispondenza dei piani definiti dai correnti, sono posizionati astoni o piantine vive di specie ad alta capacità vegetativa.

A seconda dei dettagli costruttivi specificati in progetto, potranno variare le modalità di fissaggio alla fondazione; la palificata potrà essere fissata direttamente al terreno, oppure resa solidale con una apposita struttura di irrigidimento formata da una "slitta" in c.a. avente una sezione ad L rovesciata e dotata di pilastri alti quanto l'intera palificata e disposti a pettine con interassi stabiliti in fase di progetto.

Negli interstizi tra un corrente e l'altro dovranno essere inserite talee, astoni o piante radicate delle essenze prescritte.

L'altezza e le dimensioni longitudinali e trasversali dell'opera saranno quelle indicate negli elaborati di progetto.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Sia per i correnti che per i traversi verranno utilizzati pali scortecciati di latifolia o di conifera (di categoria I o II) del diametro pari a 20 cm.

La lunghezza minima dei correnti sarà non inferiore alla distanza tra due montanti della struttura di irrigidimento più 60 cm; i traversi avranno le dimensioni prescritte negli elaborati di progetto.

I tondi della palificata dovranno essere soggetti ad idoneo trattamento di conservazione.

Per quanto riguarda il materiale vegetale, gli astoni dovranno avere lunghezza superiore ai 2,50 m e diametro non inferiore a 3 cm; dovranno essere di fresco taglio ed avere buona capacità vegetativa (presenza di gemme).

Saranno utilizzate specie arbustive od arboree autoctone o prelevate da vivaio secondo quanto prescritto negli elaborati progettuali; l'Ufficio di Direzione Lavori potrà disporre l'utilizzo alternativo di altre specie vegetali comprese nell'elenco riportato nel capitolo relativo alle opere in verde, purché rinvenibili localmente (cioè in un raggio di 15 km).

Il taglio degli astoni dovrà avvenire esclusivamente nel periodo del riposo vegetativo autunnale, oppure nel periodo primaverile prima della sfioritura. Gli astoni preparati nel periodo autunnale potranno essere conservati fino alla fine dell'inverno purché immagazzinati in luogo fresco; qualora, per necessità di cantiere, il deposito dovesse continuare anche durante il periodo vegetativo, gli astoni dovranno essere conservati in locali frigoriferi od immersi in acqua fredda ($<15^{\circ}\text{C}$) e corrente. Le talee preparate durante la primavera dovranno essere utilizzate nell'arco di tempo massimo di una settimana dal taglio e, in ogni caso, protette accuratamente contro l'essiccamento durante le fasi di deposito e di trasporto sul cantiere tramite l'utilizzo di teloni e/o l'irrorazione con acqua.

Nel caso di specie arbustive o di alberi giovani con diametro del tronco inferiore a $8\div 10$ cm, le talee andranno tagliate a livello del suolo. Il taglio delle verghe dovrà essere liscio e della minor superficie possibile; andrà escluso il taglio con l'accetta.

Il materiale di riempimento sarà di tipo ghiaio-terroso proveniente dagli scavi od eventualmente riportato ed adeguatamente miscelato.

MODALITÀ ESECUTIVE

La costruzione della palificata dovrà essere iniziata soltanto al termine della realizzazione della struttura di fondazione e di irrigidimento.

I tondi della fila appoggiata direttamente sulla struttura di fondazione dovranno essere fissati ad essa tramite appositi tasselli; i correnti longitudinali si sovrapporranno tra loro per una lunghezza minima di 60 cm in corrispondenza dei soprastanti montanti in c.a..

La costruzione della struttura procederà per piani, avendo cura di riempire progressivamente la gabbia con il materiale ghiaio-terroso ed inserendo, in corrispondenza di ogni livello, il materiale vegetale previsto negli elaborati progettuali; gli astoni e/o le piantine dovranno essere posizionati secondo un piano inclinato del 10% verso monte in ragione di 60 astoni o 6 piantine per metro quadrato. Si dovrà aver cura che, ove possibile, il piede degli astoni o le radici delle piantine risultino sporgenti rispetto al filo posteriore della palificata.

PROVE DI ACCETTAZIONE E CONTROLLO

L'Ufficio di Direzione Lavori si riserva la facoltà di scartare astoni e/o talee in fase, anche iniziale e parziale, di disseccamento.

La verifica dell'attecchimento degli astoni e/o delle talee andrà eseguita soltanto dopo il primo periodo vegetativo seguente al momento della realizzazione dell'opera; qualora l'attecchimento non risultasse soddisfacente, andrà eseguito un nuovo controllo prima del successivo periodo di riposo vegetativo; quando, dopo questo secondo controllo, l'attecchimento interessasse meno del 50% della superficie coperta dal rivestimento, l'Impresa dovrà procedere ad una sua reintegrazione anche mediante il semplice impianto di talee.

Il legname dovrà essere preventivamente accatastato in cantiere al fine di consentire all'Ufficio di Direzione Lavori di verificarne le caratteristiche prima della posa in opera.

18.2 GRADONATE VIVE CON TALEE E PIANTINE

GENERALITÀ

La gradonata viva è utilizzata come opera per contrastare il processo erosivo superficiale dei pendii.

La gradonata è formata da una serie di terrazzamenti, scavati lungo il pendio seguendo le linee di livello oppure con una certa inclinazione rispetto ad esse così come indicato negli elaborati progettuali.

Lo scavo delle gradonate sarà generalmente eseguito a mano procedendo dal basso verso l'alto; ove le condizioni dei luoghi lo consentano, potranno utilizzarsi anche mezzi meccanici.

Il materiale vegetale da utilizzarsi sarà quello indicato nelle tavole di progetto; nel caso di uso di talee, esse saranno posate lungo il terrazzamento con una densità di 20 per metro lineare, mentre le piantine saranno posate in ragione di 1 per metro lineare.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le talee e le piantine dovranno appartenere a specie arbustive e/o arboree con elevata capacità vegetativa ed in grado di emettere radici avventizie dal fusto; esse dovranno comunque appartenere alle specie indicate come idonee progettuali o comprese nell'elenco riportato nel capitolo relativo alle opere in verde.

Il taglio delle talee dovrà avvenire esclusivamente nel periodo del riposo vegetativo autunnale, oppure nel periodo primaverile prima della sfioritura. Le talee preparate nel periodo autunnale potranno essere conservate fino alla fine dell'inverno purché immagazzinate in luogo fresco; qualora, per necessità di cantiere, il deposito dovesse continuare anche durante il periodo vegetativo, le talee dovranno essere conservate in locali frigoriferi od immerse in acqua fredda ($<15^{\circ}\text{C}$) e corrente. Le talee preparate durante la primavera dovranno essere utilizzate nell'arco di tempo massimo di una settimana dal taglio e, in ogni caso, protette accuratamente contro l'essiccamento durante le fasi di deposito e di trasporto sul cantiere tramite l'utilizzo di teloni e/o l'irrorazione con acqua.

Nel caso di specie arbustive o di alberi giovani con diametro del tronco inferiore a $8\div 10$ cm, le talee andranno tagliate a livello del suolo. Il taglio delle verghe dovrà essere liscio e della minor superficie possibile; andrà escluso il taglio con l'accetta.

Le piantine dovranno avere un'età di due anni.

Il terreno di ricoprimento dei fossi sarà quello proveniente dallo scavo dei fossi soprastanti.

MODALITÀ ESECUTIVE

I lavori dovranno essere eseguiti nel periodo del riposo vegetativo che va, indicativamente, dal tardo autunno all'inizio della primavera; il periodo delle lavorazioni potrà variare a seconda delle situazioni climatiche stagionali.

Lo scavo della gradonata procederà dal basso verso l'alto riempiendo progressivamente gli scavi ad una certa quota con il materiale estratto dalla quota immediatamente più alta.

La distanza tra i terrazzamenti, la loro profondità e la loro inclinazione dovranno rispettare le indicazioni contenute negli elaborati progettuali.

Le banchine dovranno avere una contropendenza pari al 10%; le talee dovranno essere interrate per una lunghezza pari a $3/4$ della loro lunghezza, avendo cura di porre verso il pendio l'estremità di maggior diametro.

• *Prove di accettazione e controllo*

L'Ufficio di Direzione Lavori si riserva la facoltà di scartare talee e/o piantine in fase, anche iniziale e parziale, di disseccamento.

La verifica dell'attecchimento degli talee e/o delle piantine, andrà eseguita soltanto dopo il primo periodo vegetativo seguente al momento della realizzazione dell'opera; qualora l'attecchimento non risultasse soddisfacente, andrà eseguito un nuovo controllo prima del successivo periodo di riposo vegetativo; quando, dopo questo secondo controllo, l'attecchimento interessasse meno del 50% della superficie coperta dal rivestimento, l'Impresa dovrà procedere ad una sua reintegrazione anche mediante il semplice impianto di talee.

18.3 GRATE VIVE IN LEGNAME CON TALEE E PIANTINE

GENERALITÀ

La grata viva viene utilizzata come struttura di sostegno per pendii di altezza non superiore ai $10\div 20$ m. La struttura portante è costituita da tondoni di legno disposti a formare una maglia

regolare secondo le misure date nei disegni di progetto; in corrispondenza delle intersezioni tra i pali verticali ed i correnti orizzontali sono posizionati degli elementi di ancoraggio adeguatamente infissi nel terreno. In corrispondenza dei correnti sono posizionate talee di salice e/o piantine radicate che, sviluppandosi, garantiranno la tenuta del versante.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I tondoni costituenti la struttura portante dovranno essere in legno di larice o di castagno od in altra essenza resistente alla decomposizione, rispettando comunque le indicazioni progettuali o quelle dell'Ufficio di Direzione Lavori; i tondoni dovranno avere diametro minimo pari a 20 cm ed essere opportunamente scortecciati.

I correnti orizzontali saranno fissati alla struttura verticale tramite idonea chiodatura o staffatura. L'intera struttura sarà ancorata al terreno con piloti di acciaio di lunghezza 1,5 m infissi in ragione di uno per ogni intersezione tra pali verticali ed orizzontali; se previsto nei disegni di progetto, potranno essere utilizzati anche pali di legno con diametro minimo pari a 10 cm.

Il materiale di riempimento sarà costituito da terreno vegetale prelevato in loco o proveniente dagli scavi di risagomatura del pendio e sarà fermato sui tondoni da rete elettrosaldata a maglia 5*7,5 cm.

Il taglio delle talee dovrà avvenire esclusivamente nel periodo del riposo vegetativo autunnale, oppure nel periodo primaverile prima della sfioritura. Le talee preparate nel periodo autunnale potranno essere conservate fino alla fine dell'inverno purché immagazzinate in luogo fresco; qualora, per necessità di cantiere, il deposito dovesse continuare anche durante il periodo vegetativo, le talee dovranno essere conservate in locali frigoriferi od immerse in acqua fredda (<15°C) e corrente. Le talee preparate durante la primavera dovranno essere utilizzate nell'arco di tempo massimo di una settimana dal taglio e, in ogni caso, protette accuratamente contro l'essiccamento durante le fasi di deposito e di trasporto sul cantiere tramite l'utilizzo di teloni e/o l'irrorazione con acqua.

Nel caso di specie arbustive o di alberi giovani con diametro del tronco inferiore a 8÷10 cm, le talee andranno tagliate a livello del suolo. Il taglio delle verghe dovrà essere liscio e della minor superficie possibile; andrà escluso il taglio con l'accetta.

MODALITÀ ESECUTIVE

Una volta effettuata la riprofilatura complessiva della scarpata in frana, prima di procedere alla costruzione della grata di sostegno, la superficie del pendio dovrà essere opportunamente regolarizzata secondo la geometria indicata nei disegni di progetto e provvedendo ad eliminare eventuali parti instabili.

La seconda operazione consisterà nella preparazione della base di appoggio al piede della scarpata, mediante lo scavo di un fosso che avrà le dimensioni indicate nei disegni di progetto; se previsto negli elaborati progettuali, sarà collocato del tondame di legno sul fondo del fosso.

Una volta preparato il piede, verranno collocati i montanti verticali; verranno quindi infissi i pali od i piloti di ancoraggio ed effettuata la prima serie di staffature; a questo punto verranno posizionati e fissati i correnti orizzontali che saranno, a loro volta, fissati agli ancoraggi.

Completata la struttura portante, si procederà al fissaggio della rete elettrosaldata ai tondoni ed al contemporaneo graduale riempimento dell'opera, provvedendo, una volta completato il ricarico fino alla posizione di una serie di correnti, ad inserire le talee e/o le piantine radicate su piani di appoggio che dovranno avere una contropendenza almeno pari a 10°÷20° con densità minima di 40 talee per metro quadrato e di 2 piantine per metro quadrato.

In corrispondenza della sommità dell'opera dovrà essere posizionato un foglio di carta catramata in modo da impedire che l'acqua si infiltri in modo significativo nel terreno smosso a tergo della grata.

Ad opera finita, dovranno restare in vista soltanto le parti terminali del materiale vegetale e, eventualmente, i correnti orizzontali.

PROVE DI ACCETTAZIONE E CONTROLLO

L'Ufficio di Direzione Lavori si riserva la facoltà di scartare piantine e/o talee in fase, anche iniziale e parziale, di disseccamento.

La verifica dell'attecchimento delle piantine e/o delle talee andrà eseguita soltanto dopo il primo periodo vegetativo seguente al momento della realizzazione dell'opera; qualora l'attecchimento non risultasse soddisfacente, andrà eseguito un nuovo controllo prima del successivo periodo di riposo vegetativo; quando, dopo questo secondo controllo, l'attecchimento interessasse meno del 50% della superficie coperta dal rivestimento, l'Impresa dovrà procedere ad una sua reintegrazione anche mediante il semplice impianto di talee.

Il legname dovrà essere preventivamente accatastato in cantiere al fine di consentire all'Ufficio di Direzione Lavori di verificarne le caratteristiche prima della posa in opera.

ART. 19 - LAVORI SU SEDIMI APERTI AL PUBBLICO TRANSITO

I lavori in oggetto interessano aree adiacenti a sedimi aperti al pubblico transito e sono regolamentati dal D.L. 30.4.1992.n. 285 Nuovo Codice della Strada e D.P.R. 16.12.1992 N. 495 Regolamento di Esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada, che stabilisce che gli oneri ricadono su chi compie i lavori. Saranno pertanto a carico dell'Impresa gli oneri e le responsabilità che competono in dipendenza di deviazioni ed interruzione di traffico; in particolare: la fornitura, la posa ed il mantenimento in efficienza della regolamentare segnaletica orizzontale e verticale, nonché le attrezzature necessarie per le deviazioni e le transennature occorrenti per gli sbarramenti, corredati dai necessari dispositivi di illuminazione notturna, i rifrangenti rossi e quanto altro potrà rendersi necessario onde garantire la piena sicurezza della viabilità sia di giorno che di notte.

La Ditta sarà responsabile comunque verso i terzi di qualunque inconveniente o danno possa derivare dalla inosservanza delle vigenti norme in materia.

ART. 20 - PROTOCOLLO D'INTESA PER LA SICUREZZA E LA REGOLARITA' NEI CANTIERI EDILI DELLA PROVINCIA DI TORINO

Ai sensi del Protocollo adottato dalla Città con deliberazione della Giunta Comunale del 22 dicembre 2009, n. mecc. 2009-09655/29, le cui disposizioni sono qui integralmente richiamate, si precisa inoltre che:

- 1 le imprese appaltatrici/esecutrici devono conservare, presso la loro sede di lavoro, le comunicazioni obbligatorie anticipate effettuate al Centro per l'Impiego ex art. 39 del D.L. 112/2008 convertito con modifiche dalla L. 133/2008, anche al fine di rendere meno invasiva ed affannosa per le stesse imprese la fase di una eventuale verifica ispettiva da parte degli Organi di Vigilanza;
- 2 le imprese appaltatrici/esecutrici devono applicare, ai sensi del D.Lgs. 72 del 25.02.2000, ai lavoratori extracomunitari distaccati in Italia, durante il periodo di distacco, le medesime condizioni di lavoro previste da disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative, nonché da CCNL di riferimento applicabili ai lavoratori nazionali occupati nello stesso posto di lavoro, ivi compresa l'iscrizione alla Cassa Edile ove prevista;
- 3 le imprese appaltatrici/esecutrici sono obbligate a far effettuare, ai lavoratori che accedono per la prima volta al settore edile, 16 ore di formazione in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro presso l'Ente Scuola CIPET, come previsto dal CCNL Edile del 18.06.2008;

- 4 tutti i lavoratori presenti a qualsiasi titolo all'interno delle aree di cantiere devono essere muniti di apposita tessera di riconoscimento corredata di fotografia, contenente le generalità del lavoratore e l'indicazione del datore di lavoro, ex art. 18, comma 1, lett u) D.Lgs. 81/2008;
- 5 l'appaltatore deve applicare e far applicare, a tutti i lavoratori impiegati nella realizzazione di opere edili ed affini, il trattamento economico e normativo previsto dal CCNL Edilizia ed affini di riferimento e dai relativi accordi integrativi, inclusa l'iscrizione alla Cassa Edile; per le attività non ricomprese nel settore edile, l'obbligo dell'adozione e del rispetto del trattamento economico e normativo di cui al CCNL di riferimento e ai relativi accordi integrativi.

INDICE

CAPO I.....	1
OGGETTO ED AMMONTARE DELLA CONCESSIONE – DESCRIZIONE DELLE OPERE E DELLE MODALITA’ DI ESECUZIONE E GESTIONE DEI LAVORI	1
ART. 1 - OGGETTO DELLA CONCESSIONE	1
ART. 2 - FORMA ED AMMONTARE DELL’APPALTO.....	1
ART. 3 - DESIGNAZIONE SOMMARIA DELLE OPERE	3
ART. 4 – VINCOLI	4
ART. 5 – LAVORI INCLUSI NELLA CONCESSIONE.....	8
ART. 6 – TEMPISTICHE DELLA CONCESSIONE.....	9
ART. 7 – DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE.....	9
ART. 8 – PENALITA’ E DETRAZIONI.....	10
ART. 9 - RIFERIMENTI NORMATIVI.....	10
CAPO II.....	11
PRESCRIZIONI TECNICHE	11
ART. 10 – OPERE IDRAULICHE.....	11
ART. 11 – EQUIPAGGIAMENTO ELETTROMECCANICO.....	21
ART. 12 - RIMOZIONI, DEMOLIZIONI, SCAVI, TRASPORTI E RIEMPIMENTI	38
ART. 13 - TRATTAMENTO DELLE TERRE E DELLE ROCCE DA SCAVO	42
ART. 14 - LAVORI IN ALVEO.....	44
ART. 15 - OPERE STRUTTURALI.....	47
ART. 16 - PAVIMENTAZIONI STRADALI.....	77
ART. 17 – ARREDO ED AREE A VERDE.....	92
ART. 18 - OPERE DI SISTEMAZIONE DEI VERSANTI.....	99
ART. 19 - LAVORI SU SEDIMI APERTI AL PUBBLICO TRANSITO	103
ART. 20 - PROTOCOLLO D’INTESA PER LA SICUREZZA E LA REGOLARITA’ NEI CANTIERI EDILI DELLA PROVINCIA DI TORINO	103
INDICE	105