



TUBOSIDER
GRUPPO RUSCALLA



MANUALE DI MONTAGGIO

**CONDOTTE E STRUTTURE PORTANTI
A GRANDE LUCE
IN ACCIAIO ONDULATO**

Versione 2018

INTRODUZIONE

Le condotte interrate in lamiera grecata, altrimenti note come Corrugated Steel Culverts o Soil Steel Composite Bridges, sono strutture portanti metalliche flessibili, costituite da più piastre in lamiera ondulata, opportunamente curve e unite tra loro mediante giunzioni bullonate, disponibili in varie forme quali circolare, ellittica, ribassata e ad arco.

La funzione portante delle condotte si basa sullo sfruttamento dell'interazione terreno-struttura che si instaura tra il profilo strutturale metallico e il rilevato tecnico circostante, il quale gioca un ruolo fondamentale nel garantire la stabilità strutturale.

Le condotte interrate sono comunemente impiegate nel settore dell'ingegneria civile per applicazioni stradali, idrauliche o ferroviarie, quali ponti, tombini di attraversamento, sottopassi veicolari o pedonali, canalizzazioni.

Il mercato dei Soil Steel Composite Bridges è rapidamente cresciuto, partendo dalle prime applicazioni degli anni '70 fino alle odierne implementazioni che vedono le condotte metalliche a grande luce porsi come una valida alternativa ad altre più convenzionali tipologie costruttive di grandi opere di ingegneria, quali ponti stradali, ferroviari o gallerie in cemento armato o acciaio strutturale.

Sono strutture che forniscono grande risparmio in termini di materiale, tempo e risorse, grazie all'elevata resistenza della lamiera, agli spessori ridotti impiegati, all'alto livello di prefabbricazione, all'ottimizzazione dei tempi di trasporto e messa in opera.

Tale metodologia strutturale è stata implementata dalla **TUBOSIDER** dalla fine degli anni '70.

Le luci attualmente coperte dalle tipologie di condotte standard arrivano ad un massimo di 7 ÷ 8 m., fino a raggiungere i 10 ÷ 12 m. di luce in caso di condotte ad arco dotate di travi di spinta laterali in cemento armato.

1.0 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Il calcolo delle condotte si fonda sulla teoria dell'anello compresso.

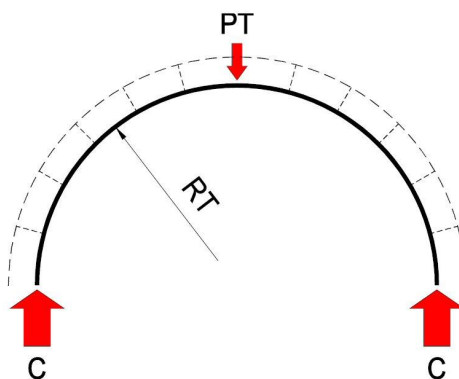
La struttura metallica, grazie alla sua elasticità, interagisce con il terreno circostante.

I carichi trasmessi dal terreno vengono trasferiti in modo uniforme a tutta la superficie della condotta.

La struttura è quindi compressa e la sollecitazione indotta, “**C**” (compressione dell'anello) è proporzionale a:

- la pressione esercitata dal terreno sull'anello, “**PT**”;
- il raggio di curvatura volta della struttura, “**RT**” (nel caso di una struttura a sezione circolare RT coincide con la metà del diametro);

secondo la formula: **$C = PT \cdot RT$**



La teoria ammette che il terreno trasferisca in modo omogeneo i carichi alla struttura metallica e che questa reagisca in modo uniforme, senza punti di discontinuità.

Se viene meno il principio della corretta distribuzione dei carichi sull'anello, ossia se la struttura non lavora perfettamente a compressione, allora la condotta è da ritenersi critica.

All'atto pratico, riveste quindi una grande importanza:

- la realizzazione del blocco tecnico, ossia la composizione ed il grado di compattazione con cui vengono selezionati e stesi i materiali che costituiscono il sottofondo ed il ricoprimento della condotta: materiali che devono assicurare che, effettivamente, ai fini della tenuta della condotta, la pressione del terreno PT si traduca completamente in pressione radiale C;
- il dimensionamento delle giunzioni delle piastre che costituiscono la condotta, perché devono essere in grado di garantire continuità alla struttura.

L'abbassamento della condotta, o meglio la sua deformazione sotto carico, non è adottato come criterio di calcolo per la determinazione della sezione longitudinale della struttura e quindi dello spessore.

Infatti, l'esperienza ha dimostrato che la presenza di un blocco tecnico eseguito a regola d'arte è più che sufficiente per consentire alla condotta di sopportare carichi in regime di compressione nell'anello fino alla sua piena resistenza.

Per un blocco tecnico eseguito a regola d'arte sono ammissibili deformazioni inferiori o uguali al 2 % della freccia teorica della condotta.

Deformazioni superiori sono imputabili a difetti nella realizzazione del blocco tecnico.

In qualsiasi caso la struttura in lamiera è in grado di comportarsi in modo elastico anche in presenza di deformazioni inferiori o uguali al 3 % della freccia della condotta.

2.0 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Tutte le condotte vengono prodotte con materiali aventi le caratteristiche seguenti:

2.1 Piastre

Le lamiere in acciaio del tipo S235JR, secondo la norma EN 10025-2 Aprile 2005, devono avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

• carico unitario di rottura a trazione	Rm	360 ÷ 510	N/mm ²
• carico unitario di snervamento	ReH	235	N/mm ²
• resilienza	Temperatura	20	°C
	Energia	27	J
• allungamento percentuale	Sp. > 2.5 ÷ < 3.0 mm.	A	≥ 21 %
	Sp. ≥ 3.0 ÷ ≤ 40.0 mm.	A	≥ 26 %

Le dimensioni delle lamiere sono nominali e si riferiscono alle lamiere di origine grezze, non zincate; per esse valgono le tolleranze secondo la norma EN 10051; anche i pesi, essendo teorici, sono variabili in funzione delle dimensioni reali delle lamiere.

2.2 Bulloneria

Vengono utilizzati bulloni ad alta resistenza classe 8.8, aventi le caratteristiche meccaniche indicate nella norma EN ISO 898-1 (viti) e nella norma EN ISO 898-2 (dadi).

A seconda, del tipo di ondulazione sono impiegate le seguenti tipologie di bulloni con le relative coppie di serraggio:

Ondulazione tipo	Bullone tipo	Coppie di serraggio Classe 8.8	
		Min. ^a Nm.	Max. ^b Nm.
T200	M20	220	439 ^c

^a Il numero dei bulloni con serraggio minimo non può comunque superare il 10 % della quantità totale dei bulloni utilizzati nelle giunzioni longitudinali.

^b Secondo NTC D.M. 14 gennaio 2008 C4.2.8 Unioni – Tabella C.4.2.XX Coppie di serraggio per bulloni 8.8 – Fattore K = 0.16.

^c Valori superiori alla coppia di serraggio max. sono ammissibili previo verifica sperimentale che il serraggio applicato non determini la rottura dei bulloni.

2.3 Protezioni superficiali

Ai fini della protezione contro la corrosione si prescrive per le piastre e la bulloneria una zincatura per immersione in bagno caldo con un quantitativo di zinco variabile in funzione dello spessore delle piastre e del tipo di bulloneria, ciò conforme alla norma EN ISO 1461: 2009, nello specifico:

Piastre

Spessore acciaio mm.	Minimo spessore locale del rivestimento μm .	Minimo spessore medio del rivestimento μm .
> 6.0	70	85
> 3.0 ÷ ≤ 6.0	55	70
≥ 1.5 ÷ ≤ 3.0	45	55
< 1.5	35	45

Bulloneria

Diametro mm.	Minimo spessore locale del rivestimento μm .	Minimo spessore medio del rivestimento μm .
> 6	40	50
≤ 6	20	25

o ad altre normative vigenti.

La protezione è idonea ad assicurare la durata del prodotto in condizioni ambientali ordinarie.

Condizioni di aggressività diverse da quelle esposte devono essere oggetto di uno studio particolare, ai fini di decidere il tipo di protezione supplementare da adottare (spessori sacrificali oppure trattamenti epossidici).

Categorie ambientali, rischi di corrosione e tassi di corrosione

Codice	Categoria di corrosione	Rischio di corrosione	Tasso di corrosione perdita media di spessore di zinco ^{d, e} $\mu\text{m}/\text{anno}$
C1	Interno: asciutto	Molto basso	≤ 0.1
C2	Interno: condensa occasionale Esterno: ambiente rurale	Basso	Da 0.1 a 0.7
C3	Interno: alta umidità, leggero inquinamento Esterno: ambiente urbano o costiero temperato	Medio	Da 0.7 a 2
C4	Interno: piscine, impianti chimici, ecc. Esterno: ambiente industriale o urbano costiero	Alto	Da 2 a 4
C5	Esterno: ambiente industriale con alta umidità o alta salinità costiera	Molto alto	Da 4 a 8
Lm2	Acqua marina in regioni temperate	Molto alto	Da 10 a 20 ^f

- d** I valori della perdita di spessore sono identici a quelli dati nella ISO 9223, eccetto per i tassi di 2 mm. (per anno) o più, che sono stati arrotondati al numero intero.

- e** Cambiamenti nell'aria per i vari ambienti negli anni.

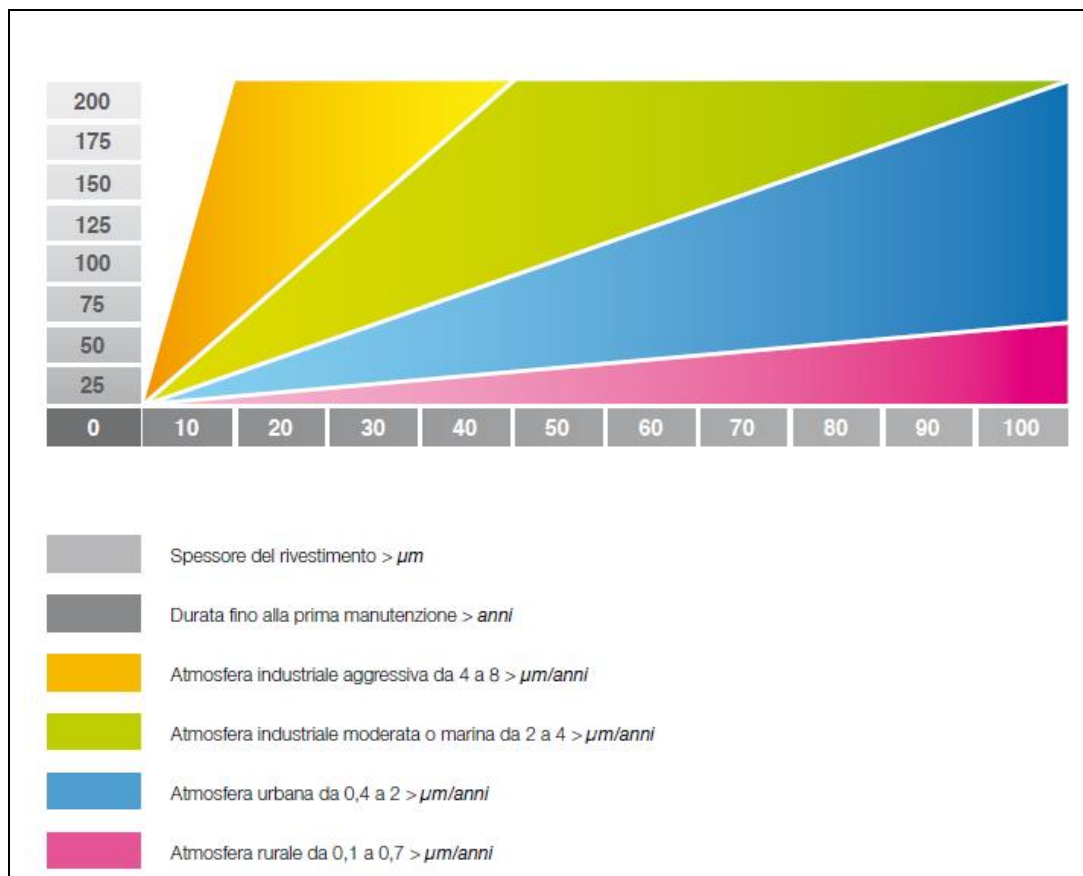
Una sostanziale riduzione dell'inquinamento, specialmente del biossido di zolfo, si è verificata negli ultimi 30 anni nel mondo intero.

Questo vuol dire che i presenti tassi di corrosione (la tabella è basata su dati che si riferiscono ad un periodo dal 1990 al 1995) per ciascuna categoria di ambiente sono molto più bassi dei tassi storici, sono da prevedere anche tassi più bassi in futuro se l'inquinamento continuerà a diminuire.

- f** L'acqua marina nelle regioni temperate è meno corrosiva per lo zinco dell'acqua salata tropicale, che solitamente è a temperature più alte.

Questa tabella può essere utilizzata negli ambienti marini in regioni temperate europee. Per le condizioni tropicali si consiglia di rivolgersi a degli specialisti di zincatura

Durata tipo del rivestimento di zinco fino alla prima manutenzione in differenti situazioni ambientali



2.4 Blocco tecnico

La funzione statica della condotta è assicurata non solo dalla struttura in acciaio, ma anche dal terreno compattato nell'intorno della stessa e costituente il blocco tecnico.

Il corretto dimensionamento del blocco tecnico e la sua realizzazione ad opera d'arte vengono illustrati al *capo 5.0*.

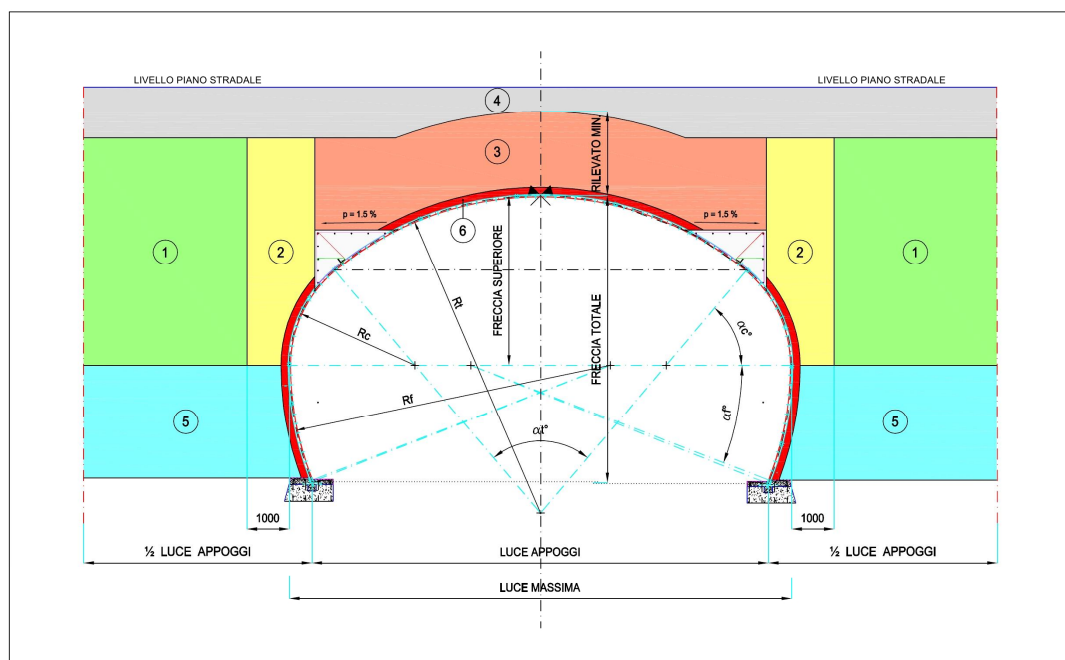
Per uno strato intorno alla condotta di 20 cm, denominato strato "ht", si prescrive l'impiego di materiale monogranulare diametro max. 5 mm.

La rimanente parte del blocco tecnico sarà realizzata con materiale da rilevato stradale classificato secondo la norma AASHTO M145-91, ossia secondo CNR UNI 10006, del gruppo A1-A2-A3, con assenza di impurezze organiche ed inorganiche.

Classificazione terreni secondo AASHTO M145-91/CNR UNI 10006

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose							Terre limo-argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6	
Analisi granulometrica													
Frazione passante allo Staccio													
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	-	-	≤ 40	> 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10 max	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10	> 10
											(P≤11,30)	(P>11,30)	
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		





Per l'ultimo strato, prima della fondazione stradale, si prescrive la realizzazione di uno strato, di altezza minima 30 cm, con materiali del gruppo A1-A2-4-A2-5.

La gralunometria delle pezzature deve soddisfare i requisiti generali specificati dalla norma EN 13242.



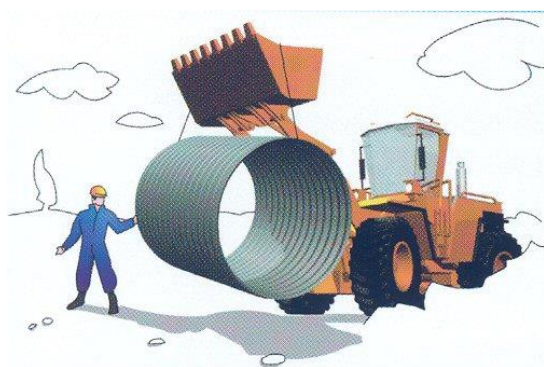
Per la durata nel tempo, al fine di evitare l'innesto prematuro di fenomeni di corrosione delle lamiere ed assicurare le prestazioni dichiarate al *capitolo 2.3*, si consiglia di adottare materiali che offrano una resistività elettrica maggiore almeno di 8000 Ohm/cm e con un Ph prossimo al valore neutro di 7 (valori compresi tra 6 e 8).

Inoltre, è opportuno evitare infiltrazioni d'acqua nel blocco tecnico di terreno intorno al manufatto, le quali potrebbero variare nel tempo le caratteristiche meccaniche e di compattazione del materiale.

Con la scelta di materiali e mezzi idonei per la realizzazione del rilevato stradale ed il rispetto dei criteri e regole d'arte per l'esecuzione di quest'ultimo, compattazione tra 85 ÷ 90 % Proctor, è possibile garantire al blocco tecnico di terreno intorno alla struttura un modulo di elasticità di circa $E_s = 60$ MPa, soddisfacente alla stabilità della struttura nella maggiore parte delle applicazioni e controllabile in sito mediante prove di carico con piastra.

3.0 PREPARAZIONE E ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

Lo scarico delle piastre deve essere effettuato con mezzi meccanici o a mano, ma non può essere eseguito con mezzi ribaltanti perché si potrebbero deformare le lamiere e creare delle pieghe agli spigoli delle stesse, rendendo il montaggio più difficoltoso e quindi più costoso.



L'avvicinamento al luogo d'installazione deve essere eseguito razionalmente, predisponendo le lamiere in modo tale da subire minori spostamenti e trascinamenti possibili onde evitare che si possa danneggiare lo stato di protezione dell'acciaio costituito da zinco, o protezioni supplementari.

Una copia del "MANUALE DI MONTAGGIO" viene sempre allegata alla fornitura.

3.1 Personale

Le squadre di installatori specializzati devono essere composte da un minimo di 4 ad un massimo di 6 persone.

Diverse squadre possono lavorare contemporaneamente sullo stesso cantiere.

3.2 Attrezzatura

Un minimo di attrezzatura adeguata, anche se non sempre necessaria, per ogni squadra di installatori si compone di:

- mazzette;
- ganci;
- chiavi da 32 (ondulazione T200);
- palanchini;
- scale;
- trabattello;
- camion con gru;

- catene di sollevamento con relativi grilli;
- generatore di corrente;
- motocompressore;
- pistola avvitatrice elettrica o pneumatica che regola la coppia di serraggio; essa permette di risparmiare tempo ed ottenere una regolarità di serraggio difficile da raggiungere in altro modo.

Inoltre a disposizione o a titolo di verifica: una chiave dinamometrica per la misurazione della coppia di serraggio.

3.3 Tempi di installazione

I tempi di installazione di una squadra di installatori specializzati (4 persone) con attrezzatura adeguata e con il materiale a disposizione sul sito si aggira sulle 4 ÷ 6 Ton. giornaliere.



I tempi di installazione possono variare in presenza di condizioni di cantiere non idonee (letto di posa eseguito non correttamente, impossibilità di accedere nella zona di installazione della condotta con il camion con gru).

4.0 INSTALLAZIONE DELLE CONDOTTE

4.1 Montaggio della struttura

Per ogni fornitura è prevista la consegna del materiale e del relativo “SCHEMA DI MONTAGGIO”.

Le piastre standard si identificano in relazione al tipo di ondulazione e per il numero d’intervalli.

Il tipo di ondulazione (T200) è sempre e comunque unico per ogni tipologia di condotta.

Il numero di intervalli è invece variabile da piastra a piastra in relazione alla sua configurazione.

Dicasi “**intervallo**” la distanza in asse tra due fori adiacenti lungo la giunzione circonferenziale.

Il suddetto schema indica chiaramente l’ordine progressivo delle piastre, sempre riferito all’asse superiore o inferiore della condotta, ed al numero degli intervalli di ciascuna piastra.

Quando sulla condotta sono previste delle lavorazioni speciali (tagli d’estremità a becco di flauto, curve planimetriche/altimetriche, ecc...) appositi disegni particolareggiati vengono consegnati unitamente alla struttura.



In questo caso le singole lamiere sagomate porteranno un contrassegno che permetterà di individuarne l'esatta posizione sul disegno particolareggiato.

Il montaggio si esegue inserendo un limitato numero di bulloni per tenere assemblate le piastre nella loro giusta posizione.

Solo dopo aver montato un certo numero di anelli si procede all'inserimento dei bulloni mancanti.

E' opportuno che i bulloni siano lasciati lenti per permettere alle piastre quei piccoli spostamenti che consentono loro di trovare il giusto assestamento.

4.2 Serraggio dei bulloni

Terminato il montaggio di tutta la struttura si procede a stringere i bulloni fino a raggiungere la coppia di serraggio richiesta (Vedere *capitolo 2.2*).

Questa operazione è molto importante ed i bulloni devono essere ben stretti e tali da rendere la struttura monolitica.

Prestare attenzione soprattutto alle giunzioni longitudinali che sono quelle effettivamente sollecitate dai carichi.

Per le condotte ispezionabili si consiglia, una volta ultimato il blocco tecnico, di controllare nuovamente il serraggio dei bulloni e provvedere, ove necessario, ad adeguare le coppie a quanto prescritto.

4.3 Tolleranze

Le dimensioni effettive delle condotte, riferite all'asse neutro, possono differire da quelle teoriche entro una tolleranza del $\pm 2 \%$.

5.0 REALIZZAZIONE DEL BLOCCO TECNICO

Si definisce “**blocco tecnico**” l'intero rilevato che circonda la condotta e che nella fattispecie contribuisce in modo sostanziale alla tenuta statica della struttura in acciaio.

Il blocco tecnico è costituito dal letto di posa, dalle banchine laterali e dal ricoprimento di sommità.

L'altezza “**H**” del rilevato di ricoprimento, riferita all'estradosso della condotta, viene sempre specificata e prescritta in sede di dimensionamento della struttura, oppure indicata in catalogo, per quelle condotte di produzione standard.

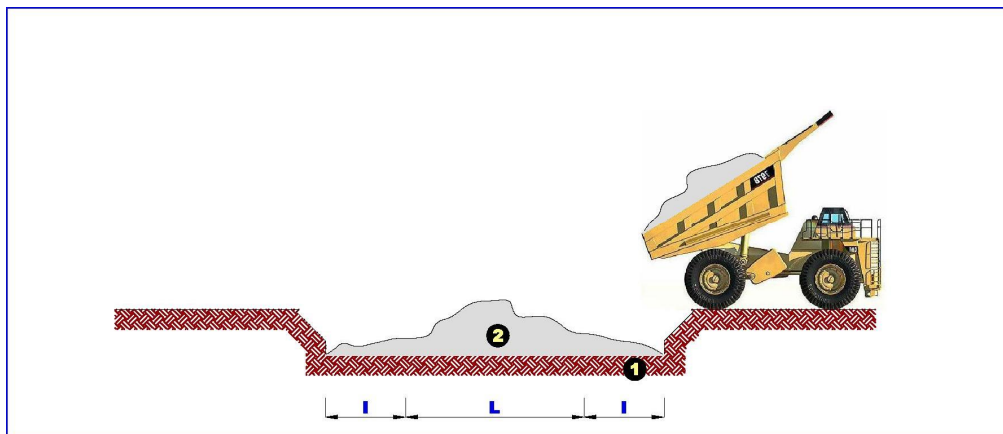
E' obbligatorio eseguire il blocco tecnico rispettando l'altezza prescritta, secondo le regole geometriche e di posa descritte qui di seguito.

5.1 Predisposizione del piano di appoggio della condotta

5.1.1 Letto di posa

E' indispensabile che la condotta metallica sia posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità.

In nessun caso la struttura deve posare direttamente sopra un fondo roccioso o una piattaforma di calcestruzzo.



- 1** sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
 - 2** fondazione artificiale e letto di posa
- I** min. 1.50 ÷ 2.00 m. (3.00 ÷ 5.00 m. nel caso di strutture con luce $\geq$ 8.00 m.)
- L** luce condotta

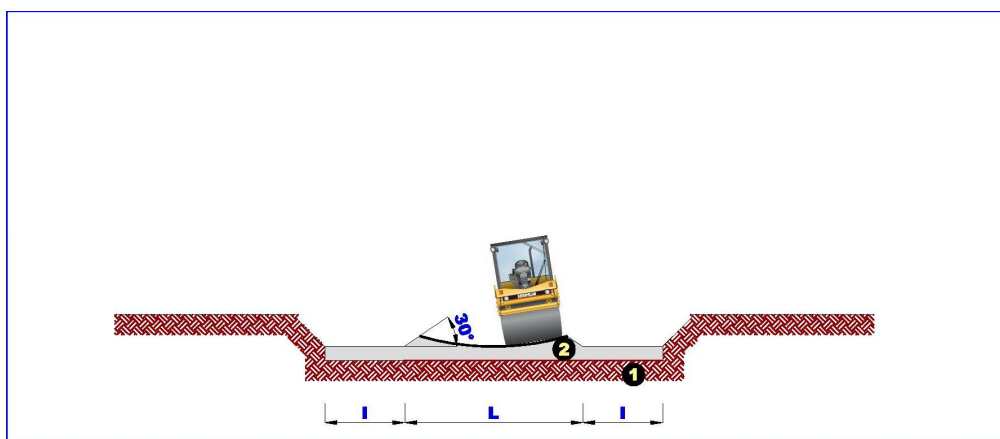
Il terreno sottostante il letto di posa deve garantire una portanza tale da impedire assestamenti differenziati del blocco tecnico in esercizio (indicativamente, si consiglia almeno una capacità portante di 150 kPa).

Nel caso di terreno a debole portanza conviene realizzare un letto di posa mediante un cuscinetto di materiale granulare compatto, con larghezza pari ad almeno tre

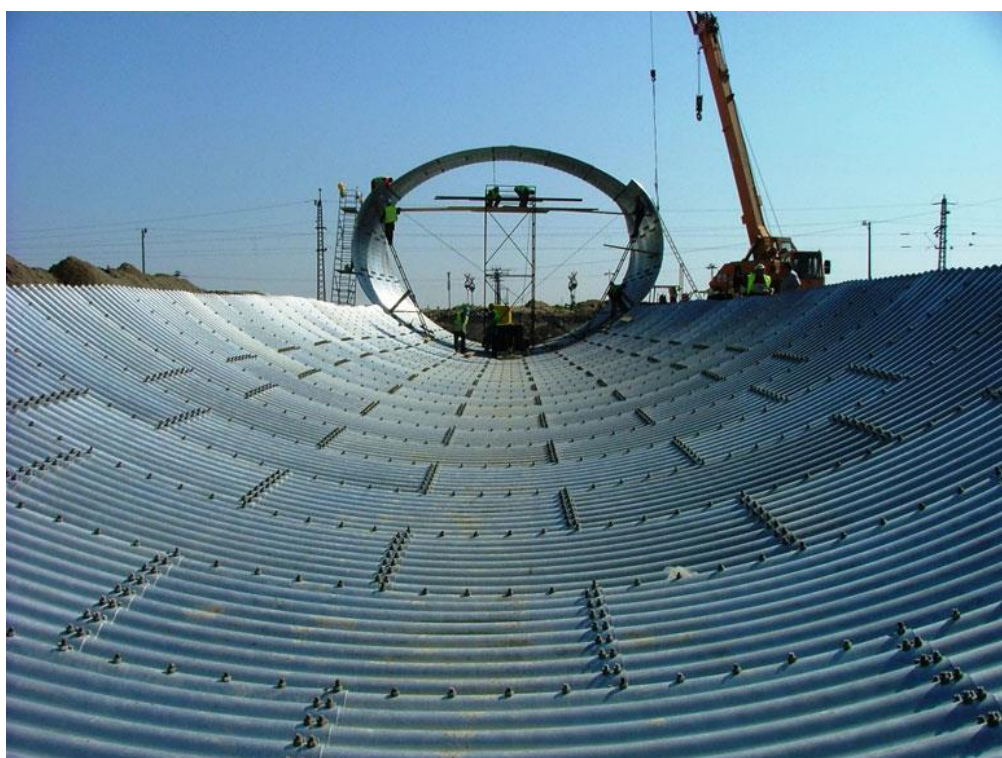
volte la luce della condotta, con profondità adeguata, ai fini di ottenere una buona ripartizione delle pressioni sul terreno sottostante.

In presenza, invece di fondo roccioso si consiglia di interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di 30 ÷ 40 cm. di profondità.

Per il letto di posa della condotta si consiglia comunque di profilare quest'ultimo secondo la curvatura delle piastre di fondo della struttura.



- 1** sterro generale (livello da determinare in funzione della portanza dei terreni in loco, a cura del cliente)
- 2** fondazione artificiale e letto di posa
- I** min. 1.50 ÷ 2.00 m. (3.00 ÷ 5.00 m. nel caso di strutture con luce ≥ 8.00 m.)
- L** luce condotta



Ciò facilita la fase successiva dell'interramento, non dovendo inserire e costipare il terreno tra il fondo del manufatto ed il piano di posa.

5.1.2 Presenza di acque di falda

La presenza di falda nella zona di scavo è un elemento ricorrente, soprattutto per chi si trova ad operare in specifiche aree del territorio.

Una valutazione preventiva ed una attenzione particolare nella fase progettuale possono prevenire e risolvere anticipatamente i problemi che si potrebbero verificare nella fase esecutiva, trovando la soluzione di drenaggio più adeguata.

In presenza di acque di falda la posa in opera delle condotte richiede che si proceda, nel tratto interessato dal lavoro, all'abbassamento del livello idrico al di sotto del fondo dello scavo.

Se si opera in terreni sabbiosi o sabbiosi-limosi, si ottengono ottimi risultati utilizzando un impianto di wellpoint prima dello scavo; quest'ultimo permette di effettuare lo scavo all'asciutto.

In questi casi è necessaria un'indagine preliminare sull'andamento della falda nel tempo, in modo da poter scavare quand'essa è, almeno teoricamente secondo l'indagine più depressa.

Nel caso di terreni coerenti (non sabbiosi né limosi), se non è adatta l'estrazione dell'acqua con il wellpoint, prima si esegue lo scavo e solo successivamente il pompaggio.

L'emungimento di acqua deve essere graduale, onde evitare l'asportazione di materiale solido fine dal terreno.

In presenza di uno scavo di notevoli dimensioni è opportuno utilizzare una doppia fila di pozzi, ognuna ai lati opposti dello scavo stesso.

Si può talvolta ottenere lo stesso risultato con una sola fila da un solo lato, ma bisogna avere un emungimento più in profondità.

Spesso per grandi condotte vengono usate due file, mentre per piccole tubazioni una sola fila.

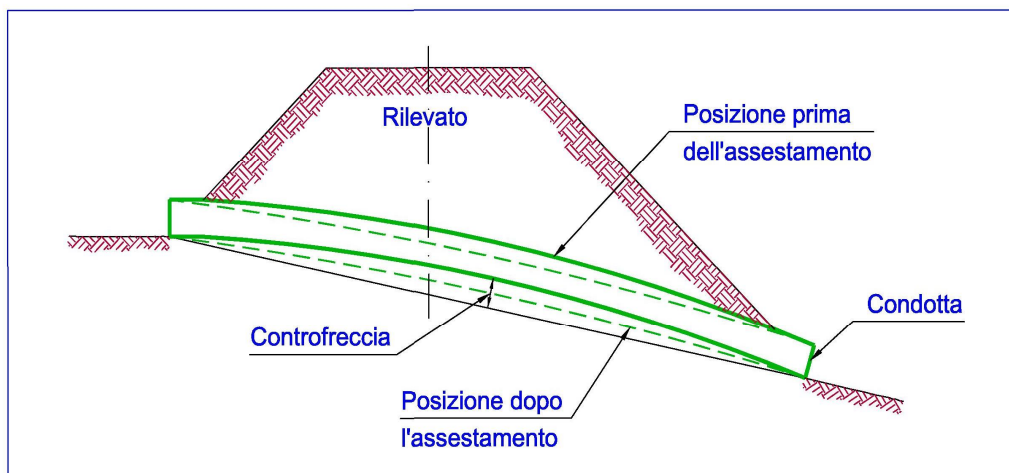
Queste considerazioni valgono se la falda è uniformemente alimentata rispetto alla sezione dello scavo, altrimenti le precedenti tecniche di emungimento vanno studiate caso per caso.

Di regola **TUBOSIDER** prescrive l'assenza di acqua in fondazione, sia di risalita (capillarità) che di falda; il valore della capacità portante nel terreno non dovrà avere un valore inferiore a 0.5 kg./cm².

E' richiesta una attenta indagine geologica, ed ulteriori considerazioni potranno essere effettuate solo mediante una progettazione specifica dell'intervento.

5.1.3 Assestamento sotto il carico del rilevato

Quando ci si trova in presenza di grandi rilevati è buona norma rialzare la parte centrale della fondazione artificiale.



Un metodo pratico è quello di tenere la metà a monte della struttura meno inclinata della metà a valle, facendo però attenzione a non rialzare troppo il centro per evitare che ristagni l'acqua in ingresso.

Il valore della controfreccia da dare alla parte centrale della struttura, rispetto alla condizione rettilinea è compreso tra 0.5 ÷ 1.0 % della lunghezza della condotta.

Con questo accorgimento si assicura alla condotta, una volta avvenuto l'assestamento, una pendenza costante evitando quindi il ristagno d'acqua all'interno.

5.1.4 Fondazione delle sezioni ad arco

Le fondazioni in c.a. dei canali di base della struttura metallica dovranno essere dimensionate, a cura del cliente, in funzione del carico "Rh" (orizzontale), e "Rv" (verticale) derivanti dalla relazione di calcolo.

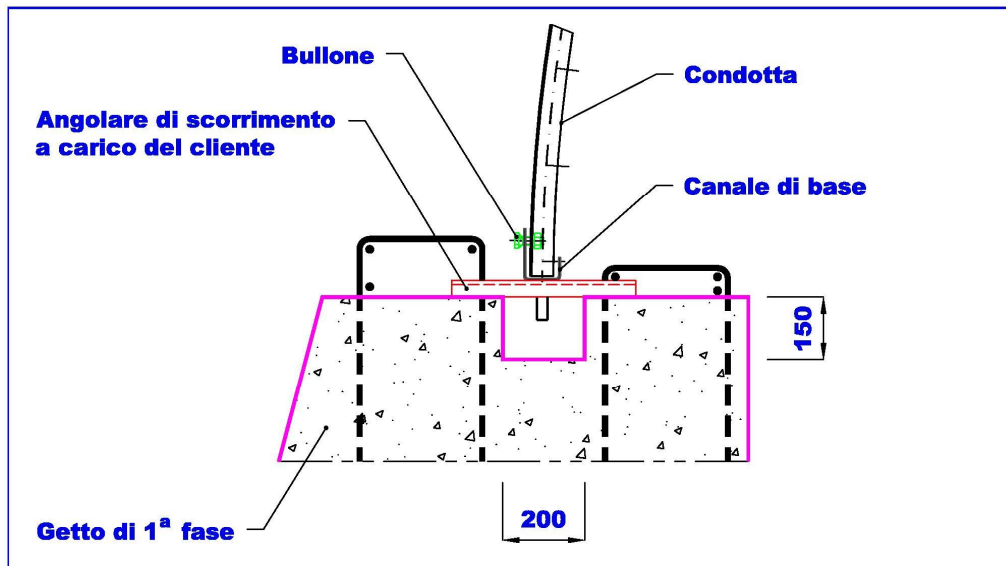
Le armature dovranno essere ad aderenza migliorata del tipo B450C, mentre il calcestruzzo dovrà avere resistenza caratteristica Rck minimo di classe C25/30.

In funzione della portanza del terreno in sito le fondazioni in c.a. potranno essere realizzate a platea unica in c.a., o travi continue in c.a.

In entrambi i casi, come per tutte le fondazioni rigide sarà necessario evitare cedimenti differenziali lungo l'asse della struttura metallica, di entità tale da provocare sollecitazioni aggiuntive alla sovrastante struttura metallica.

Le piastre costituenti il piede dell'arco saranno munite di canali di base, con il procedere del montaggio della struttura detti canali saranno appoggiati al getto di 1°

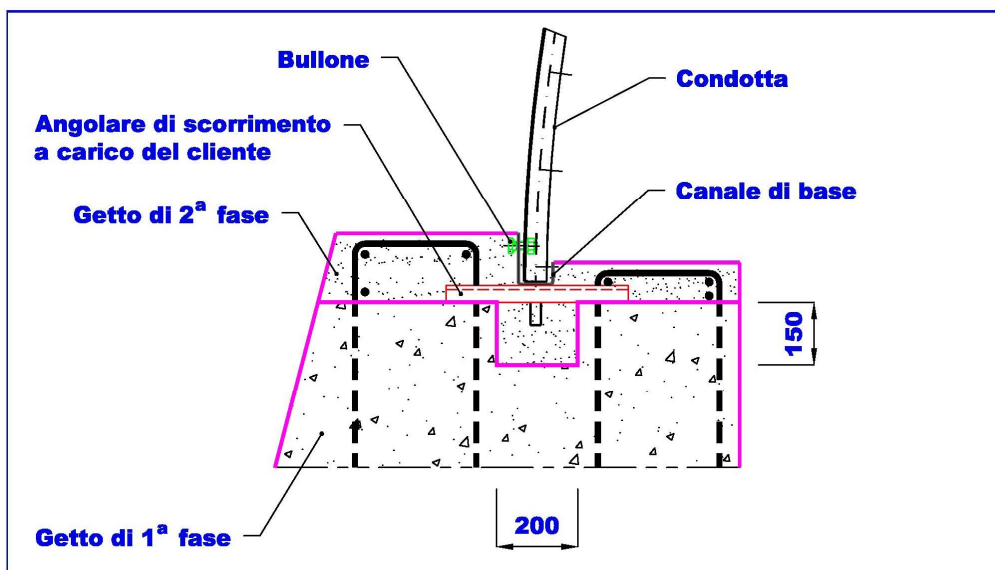
fase mediante spezzoni di angolare o altri idonei sostegni, la cui fornitura sarà a cura del cliente.



I canali di base, in fase provvisoria, dovranno comunque essere fissati ai suddetti sostegni mediante punti di saldatura o legacci con il filo di ferro, in modo da evitarne il scivolamento.

Al procedere del montaggio si controlleranno distanze, quote e diagonali, per mantenere i canali perfettamente paralleli e complanari orizzontalmente con gli anelli della struttura che risultano ortogonali alla linea dei canali rispettando le quote ed indicazioni contenute nel disegno che sarà fornito dalla **TUBOSIDER**.

Al montaggio dell'arco eseguito si effettuerà il controllo finale, e se questo darà esito favorevole si solidarizzerà l'arco al piedritto eseguendo il getto di 2° fase.



Il reinterro dell'arco avverrà dopo la maturazione di tale getto.

5.2 Costipamento laterale e ricoprimento

Le specifiche dei materiali da utilizzare per l'esecuzione del blocco tecnico per le strutture a grande luce sono le stesse che vengono utilizzate per le altre strutture **TUBOSIDER** a catalogo.

Si raccomanda particolare cura in questa operazione, in quanto la condotta metallica deve la sua resistenza al sostegno laterale del terreno costipato nel suo intorno.

Il materiale viene posato inizialmente al contatto con il terreno dove dovrà essere energicamente compattato e bagnato con una certa frequenza (quando il materiale di riempimento è adatto), per facilitare la sua penetrazione:

- sul fondo naturale esistente nel caso di manufatti a sezione arco.

In generale, per tutte le tipologie di condotte la capacità portante del terreno in corrispondenza della banchina laterale non potrà essere inferiore a 150 kPa (1.5 kg/cm²).

Il materiale di costipamento deve essere steso e compattato a strati orizzontali di spessore max. 20 ÷ 30 cm. (**hc**).

Gli strati devono progredire in modo simmetrico, da un lato e dall'altro della condotta, in modo che il livello di interramento risulti sempre uguale.

Si raccomanda di compattare ogni strato al fine di garantire le caratteristiche per il suolo citate nella tabella che segue.

Il rilevato laterale sarà realizzato fino all'altezza dell'imposta delle travi di spinta in c.a. e proseguirà oltre a detta altezza a maturazione del getto di dette travi di spinta.

Nel corso della fase di costipamento, si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti in vicinanza della condotta, al fine di non arrecare danni a quest'ultima.

Si deve inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta senza un ricoprimento della stessa che assicuri una idonea ripartizione del carico di cantiere; ciò al fine di non generare al manufatto sollecitazioni superiori a quelle previste dal calcolo.

Inoltre a volte può risultare difficile monitorare la stratificazione del rilevato in modo accurato ed anche sapere esattamente a che distanza dalla struttura deve operare l'attrezzatura di compattazione una volta che la struttura sia stata ricoperta anche con un solo strato.

Alcuni metodi utili di controllo sono:

- fare dei segni orizzontali con il gesso in modo da evidenziare dove dovrà arrivare il prossimo strato sul lato della struttura;

- mentre il rilevato sale di livello (linea orizzontale), posizionare dei picchetti per delineare quanto vicino possono andare le attrezzature pesanti;
- non operare al buio, non essendo sicuri di quanta copertura c'è ad un certo punto; posizionare picchetti graduati sopra la parte superiore della struttura.

L'altezza di rilevato minima "hi", atta a permettere la circolazione dei mezzi di cantiere, è sempre specificata dal produttore oppure specificata in catalogo, per quelle condotte di produzione standard.

Il rilevato tecnico realizzato e costipato intorno alla struttura è normalmente costituito da materiale impiegato per la realizzazione dello stesso corpo stradale e sarà esteso in corrispondenza dell'estradosso del tubo per una larghezza pari alla luce del manufatto da ambo i lati di quest'ultimo, la larghezza totale a livello estradosso struttura sarà quindi tre volte la luce del manufatto.

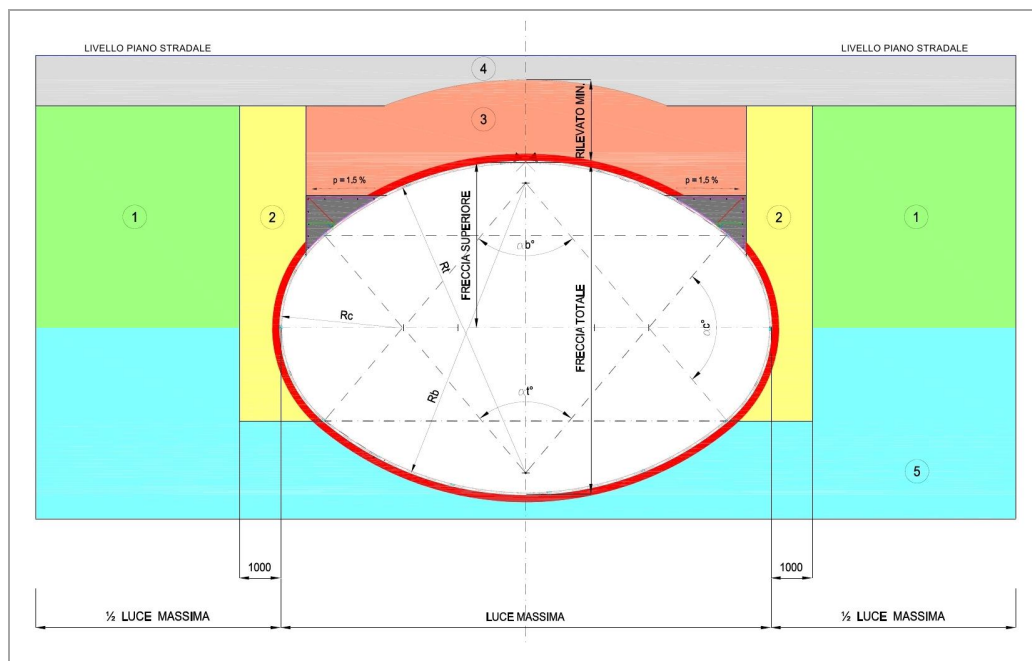
Nel caso di installazione in trincea, il blocco tecnico di rilevato deve essere realizzato almeno per una larghezza minima di 1.50 ÷ 2.00 m. (3.00 ÷ 5.00 m. nel caso di strutture con luce ≥ 8.00 m.) da ambo le parti della struttura, comunque detta larghezza deve essere tale da permettere il passaggio dei mezzi di compattazione.

In quest'ultimo caso le pareti laterali della trincea dovranno essere verificate al fine di essere giudicate idonee ad offrire sia il sufficiente contrasto alle azioni che la struttura metallica trasmette al rilevato tecnico costruito nel suo intorno, che alla idonea compattazione dello stesso rilevato.

Nel caso contrario dette pareti dovranno essere bonificate, mediante lo scavo del materiale ritenuto non idoneo e sostituzione dello stesso con il materiale adottato per la realizzazione del rilevato tecnico.

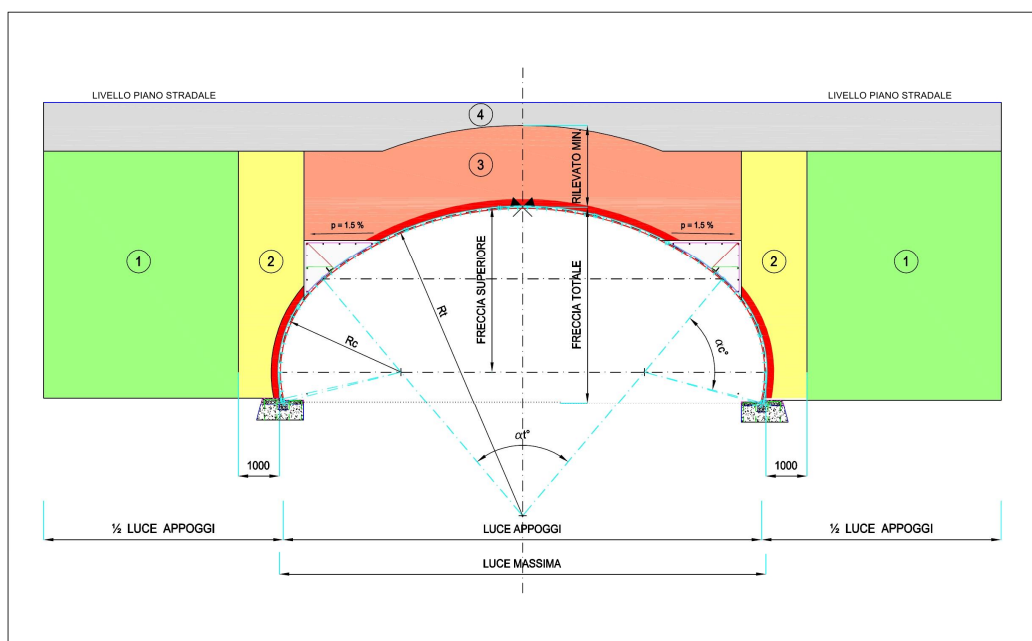
Ogni strato deve essere compattato alle seguenti densità (metodo di prova T-99):

Punto	Tipo e dimensione mezzo di compattazione	Standard Proctor	Density
1	Dynapac/ingersol – Rand o Sheeps-Foot Static Type: Rulli vibranti compattatori	90 %	
2	Bomag 90 o macchinari simili per la compattazione	90 %	
3	Macchinario con azionamento manuale tipo Bomag 35 o simile con massa ≤ 500 kg.	85 %	
4	Sheeps-Foot Static Type – Trattore Drawn o simile riconosciuto con massa ≤ 9000 kg.	90 %	
5	Dynapac/ingersol – Rand o Sheeps-Foot Static Type: Rulli vibranti compattatori	85 %	
6	"Ht" materiale monogranulare diametro max. 5 mm. per uno strato intorno al tubo di circa 20 cm. compattato con mezzi vibratorii manuali		

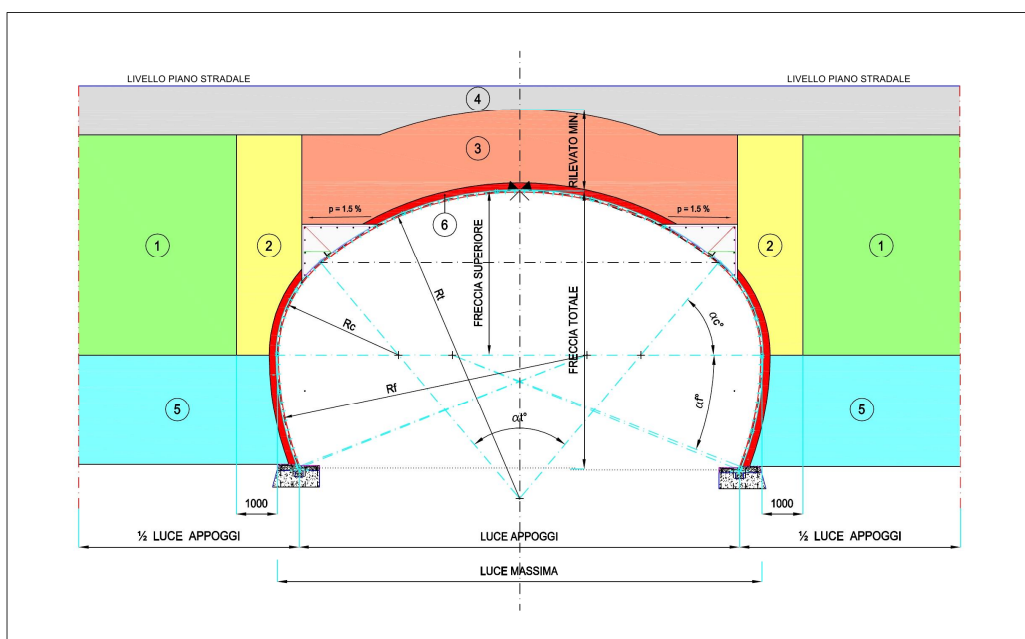


Dimensionamento blocco tecnico – Sezione ellittica orizzontale (HPE)

Non possono essere utilizzati mezzi di compattazione o metodi che producono pressioni orizzontali e verticali su terreno che causino distorsioni eccessive o danni alla struttura metallica.



Dimensionamento blocco tecnico – Sezione ad arco ribassato (LPA)



Dimensionamento blocco tecnico – Sezione ad arco rialzato (HPA)

5.3 Applicazioni particolari

5.3.1 Protezione delle estremità

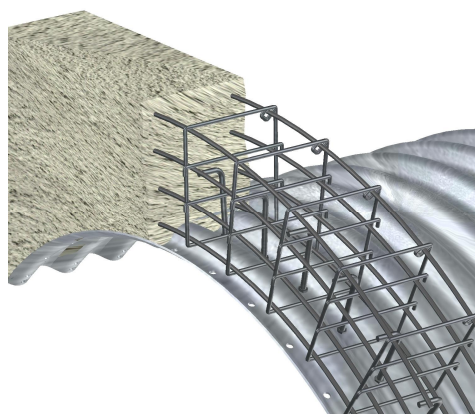
Le estremità delle condotte installate sotto rilevato stradale con asse longitudinale ortogonale o inclinato rispetto all'asse della carreggiata, possono essere tagliate secondo la pendenza delle scarpate del rilevato stesso al fine di seguire la sagoma del corpo stradale.

In tali estremità, per effetto del taglio viene a mancare la chiusura completa ad anello della condotta e di conseguenza il regime statico di anello sottile in compressione semplice.

Pertanto al fine di evitare la deformazione di dette estremità, la lunghezza libera di taglio della struttura deve essere contenuta entro limiti accettabili, tenendo in considerazione che l'angolo skew tra l'asse longitudinale della condotta e l'asse stradale (misurato nel senso orario) deve rimanere entro una forchetta tra: $70^\circ \leq \text{skew} \leq 110^\circ$

In tali estremità, per effetto del taglio viene necessità di rinforzi alle estremità con strutture oggetto di particolare studio, quali travi di coronamento in c.a. ancorate alla struttura metallica mediante tirafondi.

La funzione della trave di coronamento in c.a., sarà pertanto quella di impedire che le parti in lamiera tagliata all'estremità del tubo possano inflettersi verso l'interno della struttura, per azione della spinta del terreno costituente il rilevato in prossimità dell'estremità del manufatto.

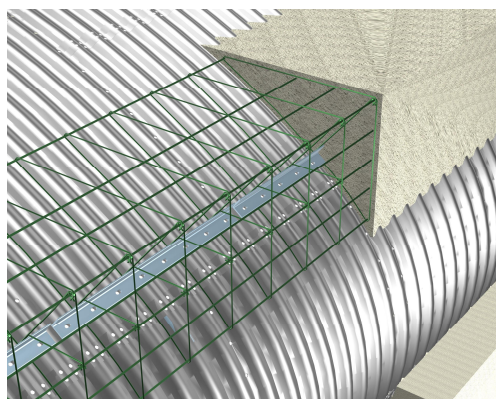


Nel caso in cui le condotte siano utilizzate per applicazioni idrauliche, le estremità dei manufatti dovranno essere protette mediante muri di testa in c.a., platee di invito per l'ingresso e l'uscita dell'acqua dalle tubazioni, ciò al fine di evitare lo scalzamento del rilevato compattato all'intorno delle condotte.

Il raggio di curvatura delle piastre di sommità di questa tipologia di condotta è in generale più grande di quello di una condotta ad arco o policentrica avente la stessa luce.

Questa particolarità associata al fatto che queste strutture metalliche sono soprattutto utilizzate per le grandi luci fa sì che la loro sommità sia particolarmente sensibile ai carichi concentrati che possono essere applicati durante la messa in opera, e alla compattazione della parte superiore dei rilevati laterali.

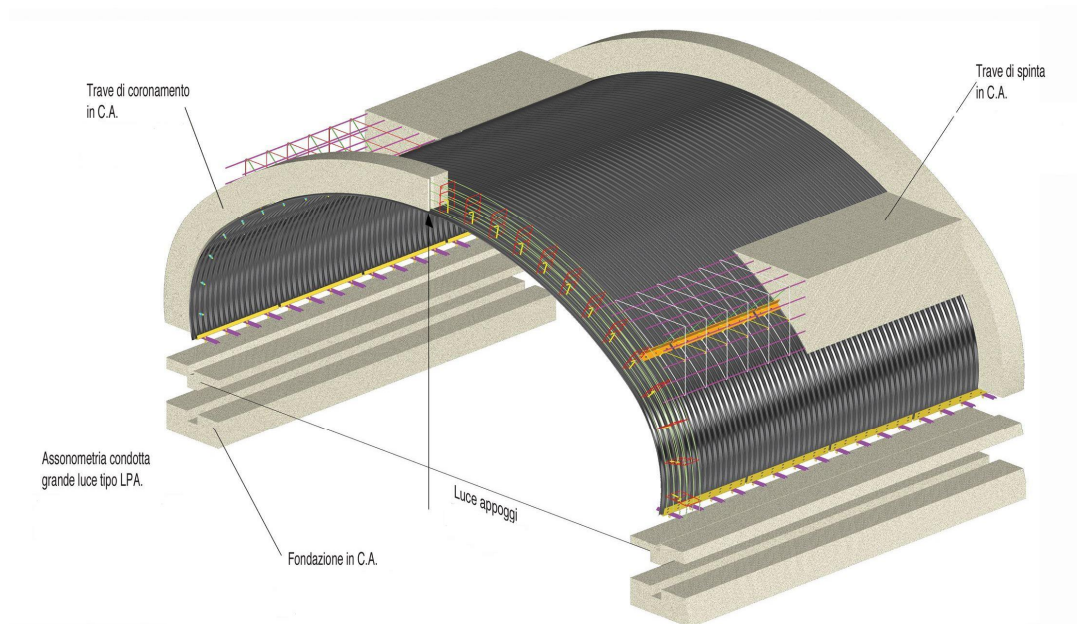
Per questa ragione, e per permettere la compattazione adeguata ed indispensabile nei rilevati laterali, occorre che siano eseguite le travi di spinta in c.a. a sezione triangolare.



In corrispondenza di tagli che formino le curve planimetriche dovrà essere eseguita una trave di coronamento in c.a. ad unione delle medesime.

Dovrà essere prevista anche una lamiera di raccordo di chiusura, per il contenimento del calcestruzzo.

Le armature correnti della trave di spinta in c.a. dovranno essere prolungate nella trave di coronamento in c.a. (estremità della struttura metallica), e nella trave di coronamento in c.a. (unione dei tagli delle curve planimetriche).



Le armature correnti delle suddette travi di coronamento in c.a., dovranno essere prolungate nel getto fondazioni della struttura.

Le armature e le dimensioni delle travi di spinta, e di coronamento in c.a. che saranno indicate nei disegni forniti dalla **TUBOSIDER** sono le minime indispensabili al fine di una corretta esecuzione dell'installazione della struttura metallica.

Le armature dovranno essere ad aderenza migliorata del tipo B450C, mentre il calcestruzzo dovrà avere resistenza caratteristica Rck minimo di classe C25/30.

6.0 CONTROLLI

6.1 Dimensioni della condotta

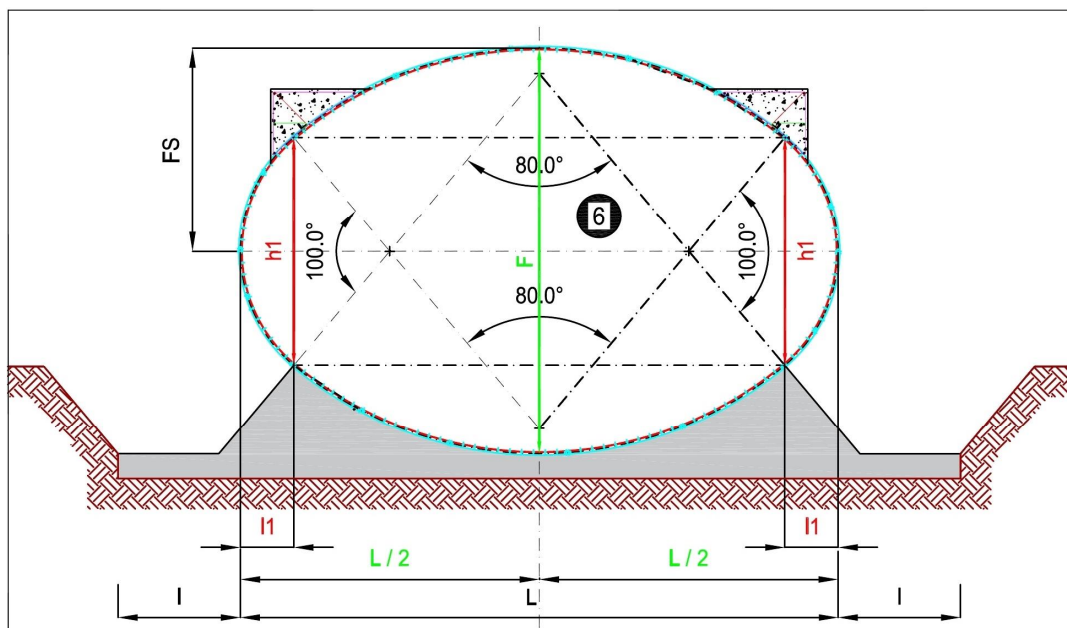
Durante l'esecuzione del rilevato è necessario controllare le dimensioni della struttura, al fine di evitare eccessive deformazioni.

Tale controllo può essere eseguito mediante un sistema di misure effettuato durante tutta la fase di interrimento, per determinare orizzontalmente e verticalmente in più punti del profilo della struttura le variazioni dimensionali rispetto alle misure teoriche del tubo ed effettive riscontrate a montaggio ultimato (cioè prima di iniziare il reinterro).

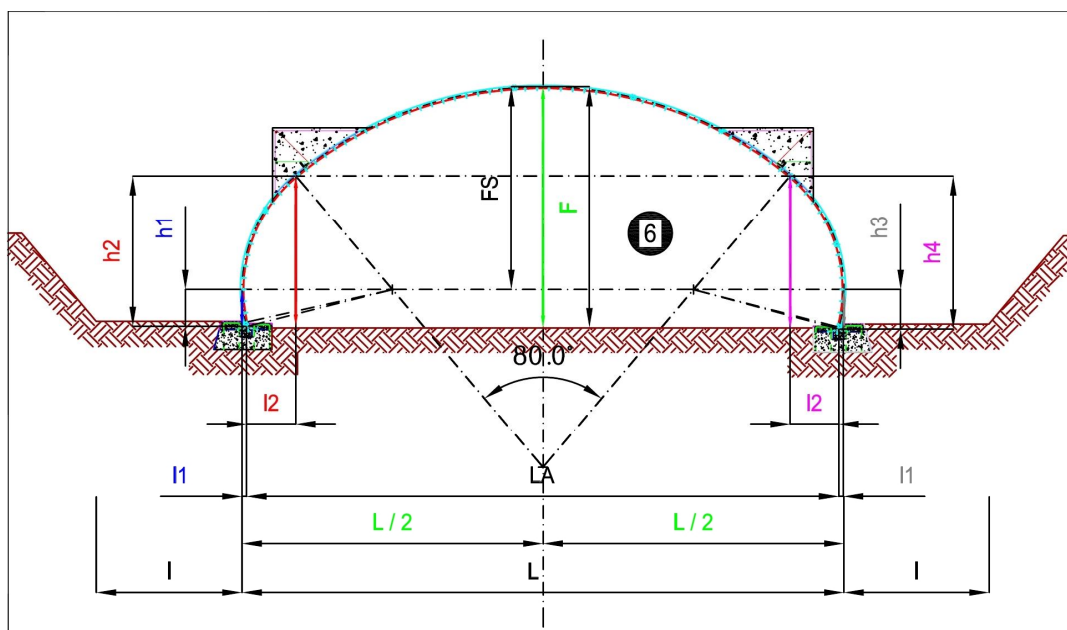
Normalmente in più punti di chiave della struttura vengono calati all'interno dell'arco dei fili a piombo, che con la costante osservazione durante la fase di interrimento permettono di valutare gli spostamenti laterali (destra-sinistra) dell'asse del manufatto e gli abbassamenti ed innalzamenti della volta della struttura, ed agire contemporaneamente sulla compattazione per correggere dette deformazioni.



In alternativa si possono utilizzare con personale qualificato strumenti di misurazione topografici.

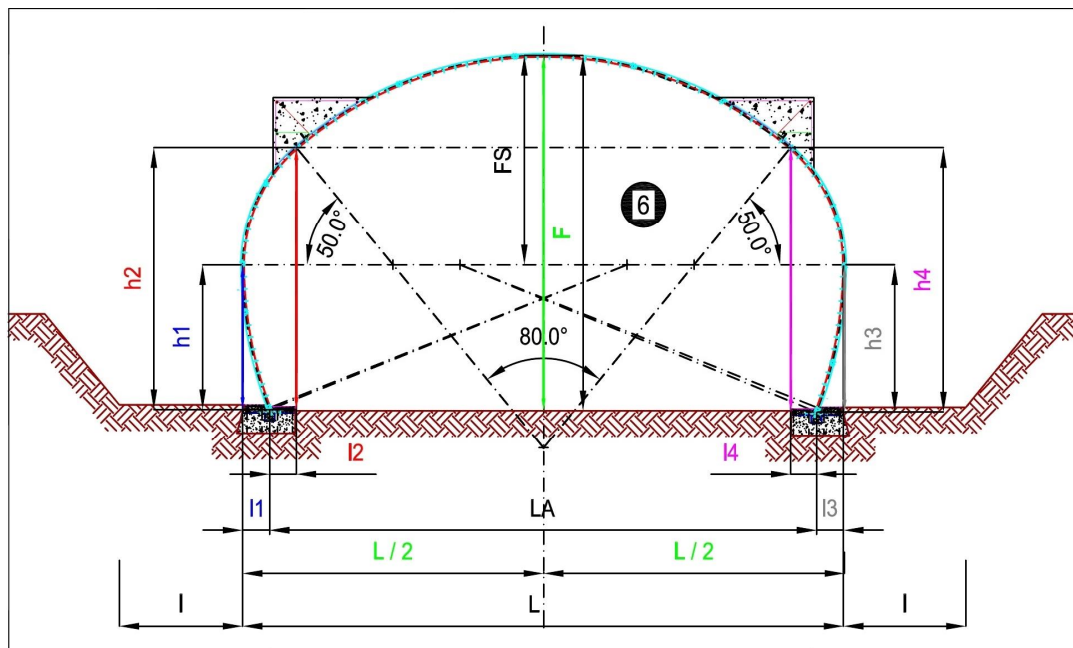


- 6** posizionamento dei fili a piombo
I min. 1.50 ÷ 2.00 m. (3.00 ÷ 5.00 m. nel caso di strutture con luce ≥ 8.00 m.)
L luce condotta – misurazione orizzontale
L/2 metà luce condotta – misurazione orizzontale
F freccia totale condotta – misurazione verticale
FS freccia superiore condotta – misurazione verticale
h1 misurazione verticale
I1 misurazione orizzontale



- 6** posizionamento dei fili a piombo
I min. 1.50 ÷ 2.00 m. (3.00 ÷ 5.00 m. nel caso di strutture con luce ≥ 8.00 m.)
L luce massima condotta – misurazione orizzontale
L/2 metà luce condotta – misurazione orizzontale

LA luce appoggi condotta – misurazione orizzontale
F freccia totale condotta – misurazione verticale
FS freccia superiore condotta – misurazione verticale
h1/h2/h3/h4 misurazione verticale
l1/l2 misurazione orizzontale



6 posizionamento dei fili a piombo
l min. 1.50 ÷ 2.00 m. (3.00 ÷ 5.00 m. nel caso di strutture con luce ≥ 8.00 m.)
L luce massima condotta – misurazione orizzontale
L/2 metà luce condotta – misurazione orizzontale
LA luce appoggi condotta – misurazione orizzontale
F freccia totale condotta – misurazione verticale
FS freccia superiore condotta – misurazione verticale
h1/h2/h3/h4 misurazione verticale
l1/l2 misurazione orizzontale



Il controllo delle dimensioni, ad opera della Direzione Lavori, dovrà impedire che durante la fase di interrimento la condotta assuma delle deformazioni tali da denunciare lo scostamento della forma del manufatto da quella teorica con la tendenza della parete della struttura a perdere il raggio teorico di curvatura.

In particolare occorre impedire la formazione di cuspidi verso l'interno della struttura, cioè rotazioni verso l'interno delle piastre in corrispondenza delle giunzioni imbullonate provvedendo a rinserrare, dove necessario, i bulloni di giunzione che possono subire allentamenti durante la fase di interrimento.

Con riferimento agli schemi di interrimento della struttura e compattazione del blocco tecnico, si sottolinea ancora una volta che, nella posa e compattazione a strati del terreno, potrebbero verificarsi deformazioni del manufatto metallico contenuti ad di sotto del 2% della freccia teorica della condotta.

Deformazioni maggiori sono esclusivamente imputabili a una non corretta realizzazione del blocco tecnico.

La struttura in acciaio è comunque in grado di sopperire in modo elastico a deformazioni inferiori al 3% della freccia effettiva della condotta.

Proprio per evitare inconvenienti tecnici o addirittura il superamento delle deformate limite, in sede di realizzazione del blocco tecnico (prima, durante e dopo) si devono registrare le dimensioni della condotta, in modo da tenere sotto controllo il manufatto.

6.2 Costipamento e capacità portante del blocco tecnico

Il controllo della qualità e delle prestazioni del blocco tecnico devono essere effettuati mediante prove di laboratorio sui materiali che lo costituiscono e, in sito, su ogni singolo strato finito, una volta steso e compattato.

Si deve accertare che la granulometria del materiale sia conforme a quanto previsto al capitolo del blocco tecnico, prelevando dei campioni di materiale per sottoporli a verifiche di laboratorio rivolte ad identificarne prestazioni geometriche, meccaniche e chimiche.

Il costipamento Proctor, secondo AASHTO, dei materiali costituenti il blocco tecnico deve essere appurata mediante prove di laboratorio in conformità alla EN 13286-2 e successivamente confermata in situ, con campionature effettuate su ogni singolo strato, utilizzando idonea attrezzatura per la misura della densità in situ (ad esempio: metodo della sabbia tarata).

Si deve accertare che la densità in sito raggiunga almeno l'85 ÷ 90 % (secondo quanto precedentemente indicato) di quella massima ottenuta in laboratorio.

Anche la capacità portante del terreno deve essere rilevata su ogni singolo strato di terreno mediante prova di carico su piastra circolare rivolta ad appurare il valore del modulo elastico del terreno, le pressioni e i cedimenti.

In funzione della lunghezza della condotta e della quantità di strati si dovrà provvedere a un numero congruo di campionature e prove.

E' comunque opportuno eseguire un numero minimo di prove per ogni strato di terreno riportato.

La documentazione relativa alle verifiche effettuate e alla successione delle fasi di lavorazione (documentazione fotografica) deve essere custodita e resa disponibile in caso si

verificassero dei mal funzionamenti della struttura al fine di meglio comprendere cause e soluzioni.

6.3 Deformazione sotto carico

L'abbassamento di una condotta rappresenta un importante parametro da tenere in considerazione nella determinazione della controfreccia da applicare in mezzzeria, oppure quando si ha l'esigenza di contenere la deformazione della struttura o impedire l'abbassamento del terreno in superficie.

E' buona consuetudine assumere la deformazione verticale della struttura pari all'abbassamento verticale del suolo.

Le deformazioni verticali del terreno, sotto un determinato carico, possono essere determinate esclusivamente attraverso la conoscenza della relazione tensione - deformazione del terreno stesso.

Risulta pertanto indispensabile conoscere il modulo di elasticità del terreno in relazione alla compattazione prevista durante l'installazione, i carichi e le conseguenti pressioni derivanti dall'altezza di rilevato.

La deformazione massima della condotta secondo la formula di Spangler-Jowa viene calcolata nel seguente modo:

$$\eta = F_d \cdot F_k \frac{W \cdot r^3}{(E \cdot I) + 0.061 \cdot (E' \cdot r^3)}$$

dove:

η deformazione condotta

F_d 1.25 coefficiente di crep del terreno

F_k 0.1 costante d'angolo di installazione

r raggio o ½ luce della condotta

W 2r (PS+PD) K carico verticale per centimetro longitudinale di condotta

PS carico statico (kg./cm²)

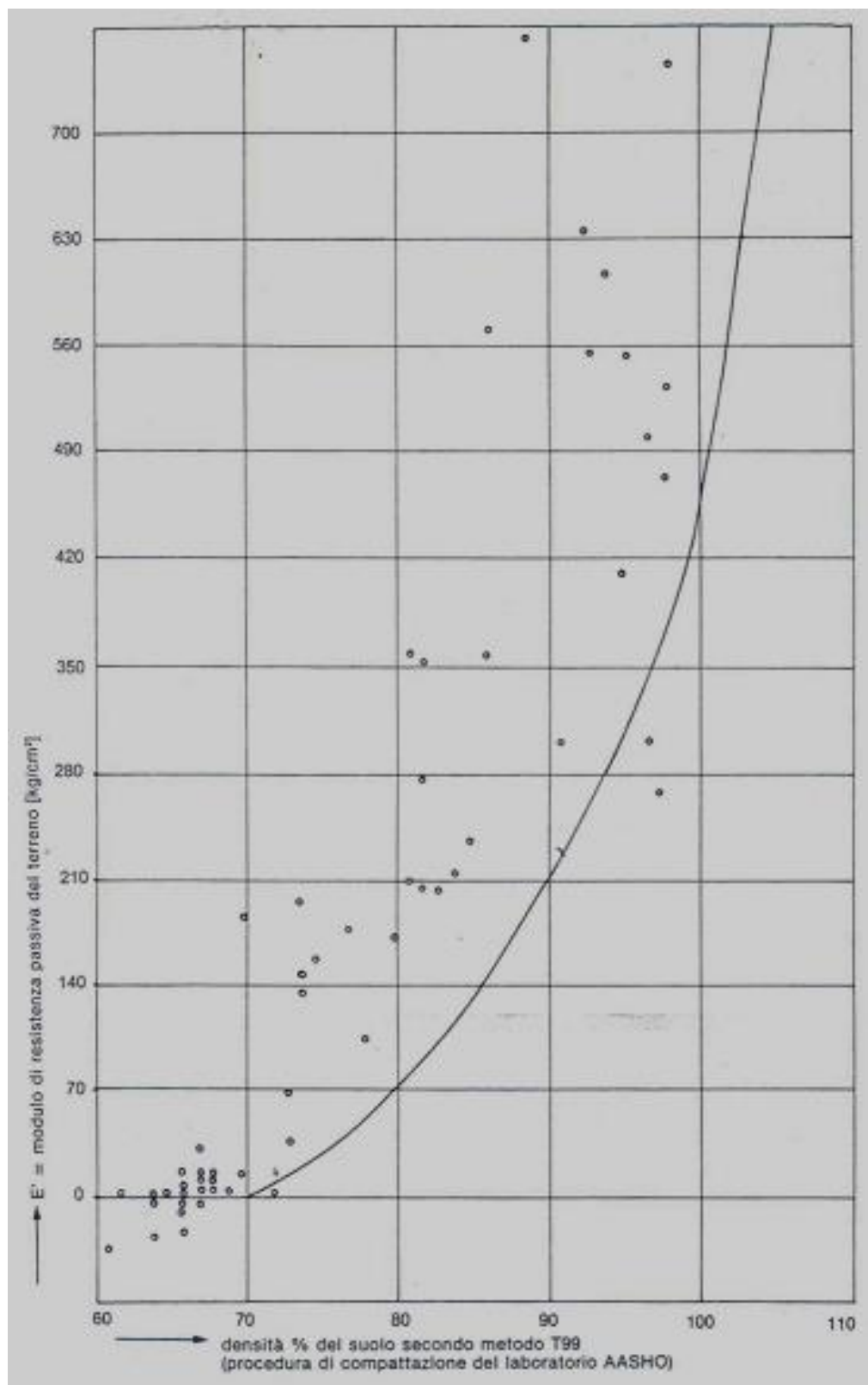
PD carico dinamico (kg./cm²)

I momento di inerzia dell'ondulazione (cm⁴/cm.)

E 2039400 modulo di elasticità dell'acciaio (kg./cm²)

E' modulo di compressibilità del terreno (ricavato dal grafico che segue)

Per installazioni di notevole importanza meglio assumere il valore di E' in funzione dei risultati di laboratorio sui campioni di terreno effettivamente impiegato per ottenere il costipamento Standard Proctor richiesto.



7.0 RESPONSABILITA'

Il dimensionamento delle strutture metalliche in acciaio ondulato viene effettuato seguendo le caratteristiche di progetto indicate dal cliente.

I calcoli utilizzati seguono i criteri della Scienza delle Costruzioni con particolari riferimenti alle teorie di calcolo sviluppate su questi manufatti, ed in rispetto alle leggi vigenti in materia.

L'altezza "H" del rilevato di ricoprimento, riferita all'estradosso della condotta, è sempre indicata da **TUBOSIDER**:

- sul catalogo per le condotte di produzione standard;
- su apposita documentazione tecnica allegata al contratto di vendita per le condotte non a catalogo.

Esulano dalle responsabilità della **TUBOSIDER**, e sono a carico del cliente:

- la valutazione della portanza del terreno sul quale verrà collocata la struttura;
- la scelta dei materiali costituenti il blocco tecnico, ed il loro posizionamento;
- l'esecuzione delle fasi di reinterro, e della relativa compattazione del rilevato tecnico;
- il rispetto delle prescrizioni contenute nel presente manuale.

La presenza di un rappresentante **TUBOSIDER** sul cantiere in ogni caso non solleva il cliente dalle responsabilità sopra descritte.

8.0 CERTIFICATE DI CONFORMITA' DEL CONTROLLO DELLA PRODUZIONE IN FABBRICA


IGQ
ISTITUTO ITALIANO DI
GARANZIA DELLA QUALITÀ

**Certificato di conformità del controllo della produzione in
fabbrica**
1608 CPR P126

In conformità al Regolamento 305/2011/EU del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 (Regolamento Prodotti da Costruzione o CPR), questo certificato si applica al prodotto da costruzione:

Componenti strutturali di acciaio
Piastre in lamiera ondulata d'acciaio per strutture portanti

le cui caratteristiche sono riportate in allegato,
fabbricato da o per

Tubosider Spa
Corso Torino, 236 14100 Asti - IT
e fabbricato nello stabilimento/i di produzione:
CBS Monticello d'Alba CN - IT

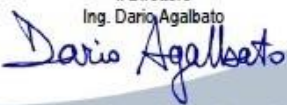
Questo certificato attesta che tutte le disposizioni riguardanti la valutazione e la verifica della costanza delle prestazioni prescritte nell'Allegato ZA della norma

EN 1090-1:2009+A1:2011

nell'ambito del sistema 2+ sono applicate e che
il controllo della produzione in fabbrica soddisfa tutti i requisiti di cui sopra.

Questo certificato è stato emesso per la prima volta il 20/12/2012 e ha validità sino a che i metodi di prova e/o i requisiti del controllo della produzione in fabbrica stabiliti nella norma armonizzata (di cui sopra), utilizzati per valutare le prestazioni delle caratteristiche dichiarate non cambino, e il prodotto e le condizioni di produzione nello stabilimento non subiscano modifiche significative.

Emissione corrente: **25/06/2018**

Il Direttore
Ing. Dario Agalbato


Sede IGQ - 20126 Milano - Viale Sarca, 223 - Tel. 02 6610 1348 - Fax 02 6610 8409 - info@igq.it - www.igq.it

9.0 ALLEGATO AL CERTIFICATO 1608 CPR P126



ALLEGATO AL CERTIFICATO 1608 CPR P126

Progettazione¹⁾ e fabbricazione di piastre in lamiera ondulata d'acciaio per strutture portanti in
accordo alla norma EN 1090-1

Denominazione del componente	Norme di prodotto	Tipo di acciaio	Classe di esecuzione	Campo dimensionale	Condizioni di consegna
Piastre in lamiera ondulata	EN 1090-2	EN 10025-2: S235JR EN 10149: fino a S355MC	EXC2	T70 - T100 - T150 - T200	Zincatura a caldo secondo EN ISO 1461
Bulloneria e barre filettate a disegno Tubosider	Vite EN ISO 898-1 Dado EN ISO 898-2	Classe di resistenza 8.8		Da M12 a M20	

Nota 1): L'applicabilità della progettazione va verificata in relazione alle regole tecniche di ogni Stato Membro della UE.

prima emissione: 20/12/2012
emissione corrente: 25/06/2018

Il Direttore
ing. Dario Agalbato

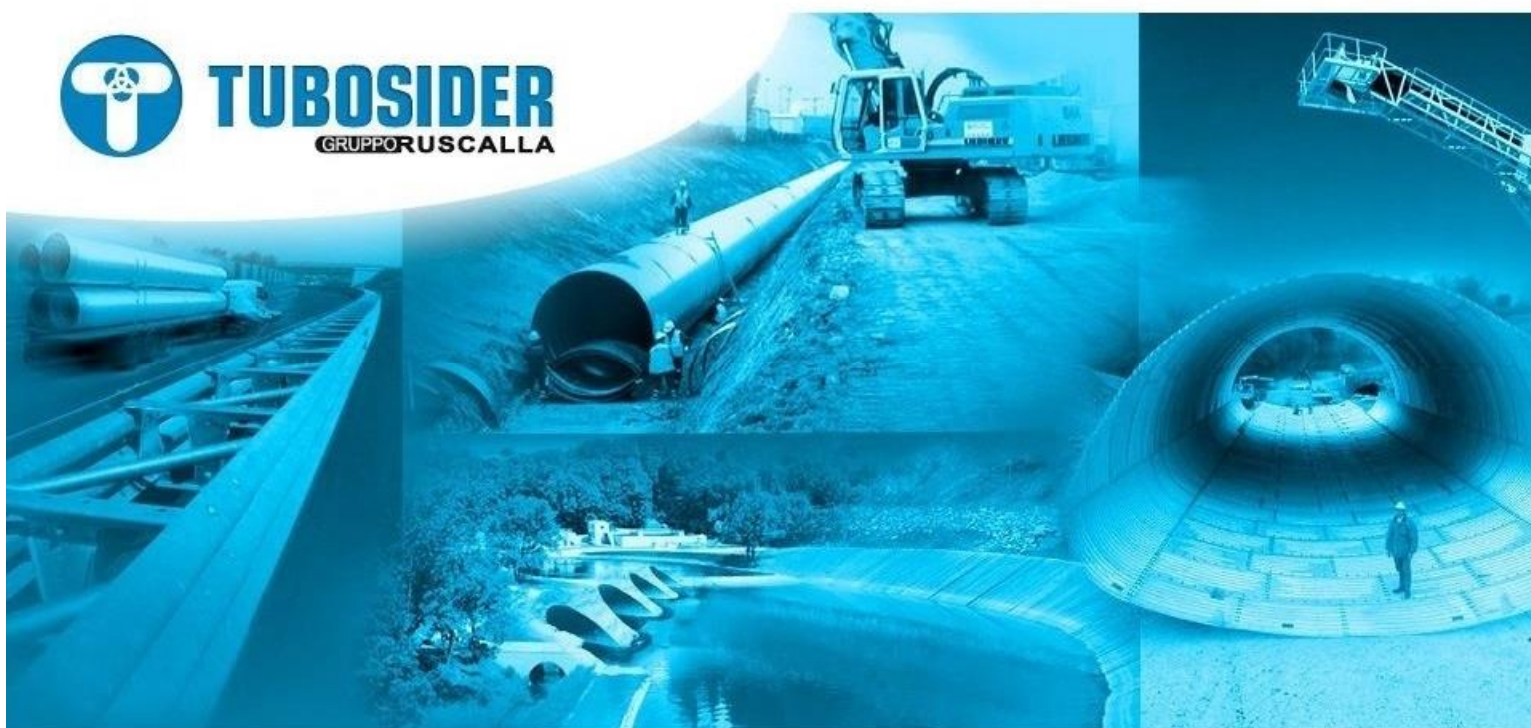

CONDOTTE E STRUTTURE PORTANTI A GRANDE LUCE



TUBOSIDER
GRUPPO RUSCALLA

Editor: M.Cucchietti – A. Baggio	Graphic: L. Martinetti	Documento: MdM Condotte a grande luce.doc	Versione n. 2018 Data: 01/08/2018
--	----------------------------------	---	--

10.0 NOTE



"Poiché il prodotto è sottoposto a continue migliorie, si raccomanda all'utente prima di effettuare l'ordine, di verificare con l'Ufficio Tecnico che le informazioni contenute nel presente documento siano aggiornate."