


# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

**EUROLINK S.C.p.A.**  
 IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<b>IL PROGETTISTA</b>  Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408  	<b>IL CONTRAENTE GENERALE</b>  Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)	<b>STRETTO DI MESSINA</b> Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)	<b>STRETTO DI MESSINA</b>  Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)
---	---	--	---

<i>Unità Funzionale</i>	OPERA DI ATTRAVERSAMENTO	<b>PF0160_F0</b>
<i>Tipo di sistema</i>	METODI E SISTEMI TEMPORANEI PER LA COSTRUZIONE ED IL MONTAGGIO	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SOTTOSTRUTTURE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE	
<i>Titolo del documento</i>	ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO	

CODICE	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">M</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">T</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">S</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F0</span>
--------	--

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	PACINELLI	FARINA	PAGANI



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO</b>		<i>Codice documento</i> PF0160_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

1	Produzione calcestruzzo in Sicilia .....	5
2	Produzione calcestruzzo in Calabria .....	5
3	Fondazioni torri .....	6
4	Blocchi di ancoraggio .....	9
4.1	Armatura dei conci dei blocchi di ancoraggio .....	9
4.2	Descrizione dell'armatura .....	10
4.3	Produzione armatura blocco di ancoraggio .....	14



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO</b>		<i>Codice documento</i> PF0160_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Nota descrittiva per l'esecuzione dei getti delle fondazioni torri e dei blocchi di ancoraggio cavi

Per l'esecuzione delle suddette opere sono previsti impianti per la produzione dei calcestruzzi, uguali sui due versanti, dotati di specifici sistemi di raffreddamento per il rispetto delle specifiche sul contenimento del calore di idratazione del calcestruzzo nei getti massivi. Ciascun impianto, dimensionato per produrre 120 + 120 mc/h di calcestruzzo, su due linee indipendenti, dispone di due mescolatori predisposti per il carico di autobetoniere e per la distribuzione diretta del calcestruzzo sui blocchi di ancoraggio attraverso speciali sistemi di distribuzione del calcestruzzo. Il dimensionamento dei suddetti impianti è commisurato alla massima richiesta di calcestruzzo che si verifica nel periodo in cui sono simultaneamente attivi i getti di fondazioni torri, blocchi di ancoraggio e componenti delle sottostrutture. Negli elaborati relativi ai campi industriali SI1 e CI1 sono rappresentate le installazioni necessarie consistenti, principalmente, in:

- gru a torre scorrevoli su carrelli con bracci fino a 80 m con 10 t di carico max in punta
- impianti di betonaggio e aree di stoccaggio inerti
- capannoni per l'assiemaggio delle armature metalliche
- silos per lo stoccaggio di cemento e additivi
- piste interne per il collegamento dell'area fondazioni con i blocchi di ancoraggio

### 1 Produzione calcestruzzo in Sicilia

La produzione di picco è prevista nel periodo che contempla l'esecuzione contemporanea di:



- Fondazioni torri
- Blocco di ancoraggio
- Gallerie Faro Nord
- Fondazioni, pile e pulvini del viadotto Pantano
- Opera terminale

La produzione media di punta, nel periodo, è di 2.200 m<sup>3</sup>/giorno. La capacità nominale dell'impianto è di 240m<sup>3</sup>/h.

Considerando un utilizzo medio su due turni e coefficienti di pari a 1,2 l'utilizzo medio dell'impianto risulta essere dell'ordine del 72% della capacità nominale.

### 2 Produzione calcestruzzo in Calabria

Considerazioni del tutto analoghe valgono anche per il versante Calabro dove, oltre all'impianto speciale con sistema di raffreddamento, è installato un secondo impianto da (80 + 80) mc/h per il servizio alle gallerie e altre opere d'arte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO</b>		<i>Codice documento</i> PF0160_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 Fondazioni torri

I metodi seguiti per la realizzazione delle fondazioni sono analoghi nei due versanti .

I blocchi di fondazione delle torri del ponte di Messina saranno realizzati con calcestruzzo di classe 30/37, ad eccezione dei 6 m superiori del cono di appoggio torri per i quali è prevista la classe 60/75 per l'entità delle sollecitazioni concentrate presenti in tale zona; la trave a cassone di collegamento dei due blocchi è invece prevista essere realizzata in classe C40/50.

L'entità delle masse di calcestruzzo da gettare comporta notevoli problemi di fessurazione di natura termica e rischio di raggiungimento di temperature massime che possono risultare superiori a 70÷75°C; occorre quindi operare sul mix design delle miscele in modo da evitare tale rischio contenendo il calore di idratazione e il suo sviluppo nel tempo in modo graduale. Allo scopo si rimanda allo "studio dello sviluppo termico delle miscele (Rif. Elab.:Relazione generale di Cantierizzazione - GG0000PRODGTCTGO00000001A\_ Allegato4).

Per tali blocchi è previsto il seguente fasaggio:

- getto in unica fase dei primi tre metri di spessore della zona cilindrica dei blocchi, quindi con un volume dell'ordine di 8000 m<sup>3</sup>;
- getto di tutte le zone sovrastanti intermedie per strati minimi di 60 cm di spessore;
- getto dell'estremità superiore del cono di altezza pari a sei metri in tre fasi, adottando speciali casseforme a diametro riducibile (CG0000PSZDPMTS4G000000002A)

In sintesi il mix design è caratterizzato dai seguenti principali parametri:

- incremento adiabatico di temperatura non superiore a 35÷37° C;
- cemento, preferibilmente di classe 32,5
- impiego di superfluidificanti in modo da ridurre il rapporto acqua/cemento, pur mantenendo una buona lavorabilità;
- riduzione al minimo del contenuto di cemento, nel rispetto di criteri di durabilità;
- eventuale definizione del mix-design in modo tale da raggiungere la resistenza prevista a ma a tempi superiori a 28 giorni (per es. 60 o 90 giorni).

Ovviamente le prove di prequalifica e le conseguenti elaborazioni numeriche dovranno dimostrare che la resistenza attesa a lungo termine è almeno pari a quella di una miscela ordinaria di pari classe di resistenza;

- impiego di aggregati di dimensione max compatibile con la concentrazione delle armature: nel caso in oggetto dell'ordine massimo di 32/38 mm;

Una volta individuato il mix-design ritenuto ottimale, si dovranno effettuare delle prove di qualificazione a partire da 1 giorno dal getto e fino a 60 giorni di maturazione, in modo da

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO</b>		<i>Codice documento</i> <i>PF0160_F0.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

determinare per la miscela reale le leggi costitutive in termini di resistenza a trazione e compressione, modulo elastico, ritiro e viscosità.

Tali leggi costitutive dovranno poi essere impiegate in un processo di analisi non lineare accoppiata termo-meccanica, che, a partire dalle fasi di getto, analizzi lo sviluppo del calore di idratazione durante la presa ed i conseguenti stati tensionali, deformativi e fessurativi fino al momento in cui la temperatura del getto sarà sensibilmente stabilizzata rispetto a quella ambientale

Il getto si realizza secondo le indicazioni progettuali. In linea generale si prevede una media di getto complessiva dell'ordine di 600 - 800 mc/giorno, gettando l'intera sezione circolare della fondazione con moduli di 60 cm di altezza, in modo da poter posare le gabbie prefabbricate orizzontali, distanziate appunto di 60 cm.

Gli impianti per la distribuzione del calcestruzzo sono composti da:

- agitatori di capacità di 10 mc che garantiscono la continuità di alimentazione delle pompe calcestruzzo
- pompe calcestruzzo carrellate con portata nominale di 90/100 mc/h
- bracci distributori di calcestruzzo supportati da torri posizionate in corrispondenza dell'asse della fondazione. I bracci, di lunghezza massima dell'ordine 30 m, dispongono di snodi e articolazioni che consentono di coprire l'intera superficie di getto. Le operazioni vengono effettuate con comandi a distanza.
- Torri metalliche di sostegno dei bracci distributori alloggiate e ancorate in appositi vani ricavati al centro delle fondazioni.

Lo schema di getto e la sequenza dei getti sono rappresentati negli elaborati 8 (CG0000PRGDPMTS4G000000001A e CG0000PPZDPMTS4TS00000001A).

Gli ultimi getti a geometria tronco-conica, con calcestruzzo ad alta resistenza Rck 65/75, saranno realizzati a strati di 2.5 m di altezza, utilizzando speciali casseforme dotate di specifiche predisposizioni per ridurre il diametro nelle successive riprese di getto (V. schemi di getto elaborati (CG0000PSZDPMTS4G000000002A).

Per la posa delle armature, guaine, tubi di spurgo ed altri sono previste due metodologie:

- Per i rinforzi verticali, il posizionamento sarà fatto con mezzi e metodi tradizionali; le guaine saranno posizionate in elementi di lunghezza compresa fra 3 e 6 metri, evitando pezzi troppo lunghi, facilitandone così il corretto posizionamento.
- Per le armature orizzontali, si procederà ad un pre-assemblaggio nel piano di lavoro (da quota +2.50 fino a +5.00). Le guaine saranno di preferenza di 12 m, in modo di ridurre il numero di giunzioni, ma sempre compatibilmente con lo schema di pre-assemblaggio

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO</b>		<i>Codice documento</i> PF0160_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il ciclo tipico si effettua in due giorni, su due turni, per la preparazione di rinforzi ed inserti (armature, guaine ed altri) e in un giorno per il getto. Considerando le grandi dimensioni in pianta, nelle situazioni in cui la quantità di armature verticali risulta importante, il completamento dell'armatura sarà effettuato simultaneamente al getto.

Le strutture provvisorie di sostegno saranno rimosse man mano che si innalza la quota di getto, secondo il piano stabilito dal progettista.

### 3.1 Post-tensione:

Nelle fondazioni delle torri ci sono 3 tipi distinti di cavi:

- Cavi verticali.
- Cavi orizzontali per l'unione della fondazione con la trave di collegamento.
- Cavi orizzontali di confinamento per la parte alte della fondazione.

Di questo gruppo, il primo è critico perché vincolante per il montaggio delle torri. Infatti, il primo concio di torri deve essere posizionato prima di procedere alle operazioni di infilaggio dei trefoli.

La posa in opera si articola in due fasi principali: la prima con le predisposizioni da collocare prima del getto e la seconda quando l'opera di prima fase in calcestruzzo sia finita.

Guaine e tubi di spurgo saranno messi in opera in ogni blocco di getto; sono materiali integrati nel progetto di pre-assemblaggio e, pertanto, nei disegni di montaggio saranno indicati per guaine e tubi: sistema di sigillatura, sistema di connessione, periodicità delle verifiche con area compressa, etc.

Le attività della seconda fase sono: l'infilaggio del trefolo, la tesatura dei cavi e l'iniezione di boiaccia. Tali attività saranno studiate con i fornitori e descritte in appositi manuali per l'indicazione di istruzioni e procedure di post-tensione.

#### 6. Trave di collegamento:

Le attività propedeutiche per la realizzazione delle travi di collegamento sono:

- Diaframmi.
- Jet Grouting tappo di fondo.
- Getto delle fondazioni delle torri fino alla quota nella quale l'effetto anulare perde importanza ed è possibile scavare fra le paratie.

La fase di inizio scavi inizia quando l'avanzamento dei getti della torre raggiunga circa il 55%. Anche se i volumi sono contenuti (6.000 e 10.000m<sup>3</sup>), la produttività in tali fasi è fortemente penalizzata (150 – 200 mc/g) poiché le operazioni si sviluppano, in spazi ridotti, simultaneamente alla realizzazione della tirantatura dei diaframmi.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO</b>		<i>Codice documento</i> PF0160_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La chiusura del concio centrale, secondo specifiche progettuali, sarà eseguita 180 giorni dopo la realizzazione della post-tensione orizzontale della trave; nel programma si è previsto, pertanto, di anticipare questa operazione, per evitare sovrapposizioni con la parte terminale del montaggio delle torri metalliche.

## 4 Blocchi di ancoraggio

Valgono le stesse considerazioni espresse per le aree dei blocchi di fondazione torri

Il getto si realizza secondo le indicazioni progettuali. In linea generale si prevede una media di circa 1.000 mc/g, per getti di conci di 3 m di altezza e dimensioni in pianta di 11 m\*26 m; i conci trapezoidali e di completamento assumeranno geometrie diverse. Per il getto dei blocchi in corrispondenza diretta con gli ancoraggi dei cavi, la geometria si deve adattare agli angoli di tracciamento delle guaine, così da evitare le interferenze ad angolo piccolo fra guaine e cassaforma.

Per i getti interni si impiegano casseforme di nervo metal mentre, per la parte a vista, si adottano casseforme a pannelli standard .

La fasizzazione dei getti “a scacchiera” dei conci è rappresentata negli elaborati (CG0000PPZDPMTS4BS00000001A e CG0000PPZDPMTS4BC00000001A).

### 1. Post-tensione:

L'infilaggio del trefolo e la tesatura precedono alla posa dei cavi principali e vengono realizzati secondo le modalità già indicate per le fondazioni.

### 2. Finalizzazione:

Una volta finita l'installazione dei cavi principali si procede alle seguenti attività:

- Copertura della camera d'ancoraggio con struttura di travi prefabbricate e getto soletta in situ.
- Completamento dei muri perimetrali del blocco d'ancoraggio in tutte le zone di passaggio.

## 4.1 Armatura dei conci dei blocchi di ancoraggio

Il pre-assemblaggio delle armature è previsto in gabbie di 3 m di altezza con moduli variabili in lunghezza e larghezza in rapporto alla capacità di carico delle gru a torre ai diversi raggi di lavoro. Sono state considerate le seguenti ipotesi progettuali:

- Armatura: 90 kg/m<sup>3</sup> circa;
- Barre acciaio: Ø25 mm;
- Gabbia composta da una rete di barre distanti 0.6 m in entrambe le direzioni: tali gabbie si sovrappongono una sopra l'altra mantenendo una distanza costante pari a 0.2 m, fino a

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO</b>		<i>Codice documento</i> PF0160_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

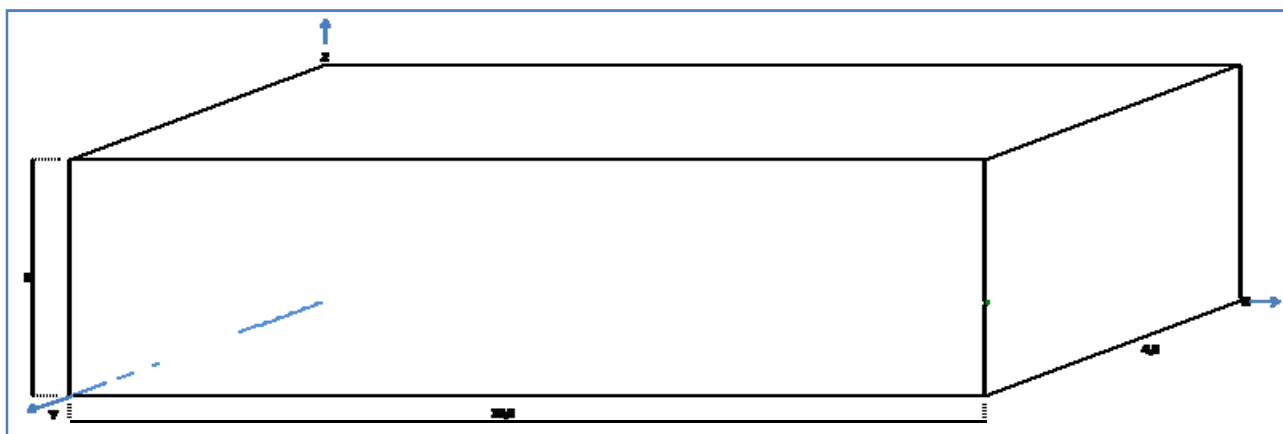
raggiungere un'altezza di 3.0 m;

- Produzione giornaliera: 5 gabbie, per il getto di 1 concio/giorno.

## 4.2 Descrizione dell'armatura

Per la realizzazione del blocco di ancoraggio, è previsto il getto giornaliero di un concio le cui dimensioni sono 26m x 11m x 3m, pari a 858 m<sup>3</sup>.

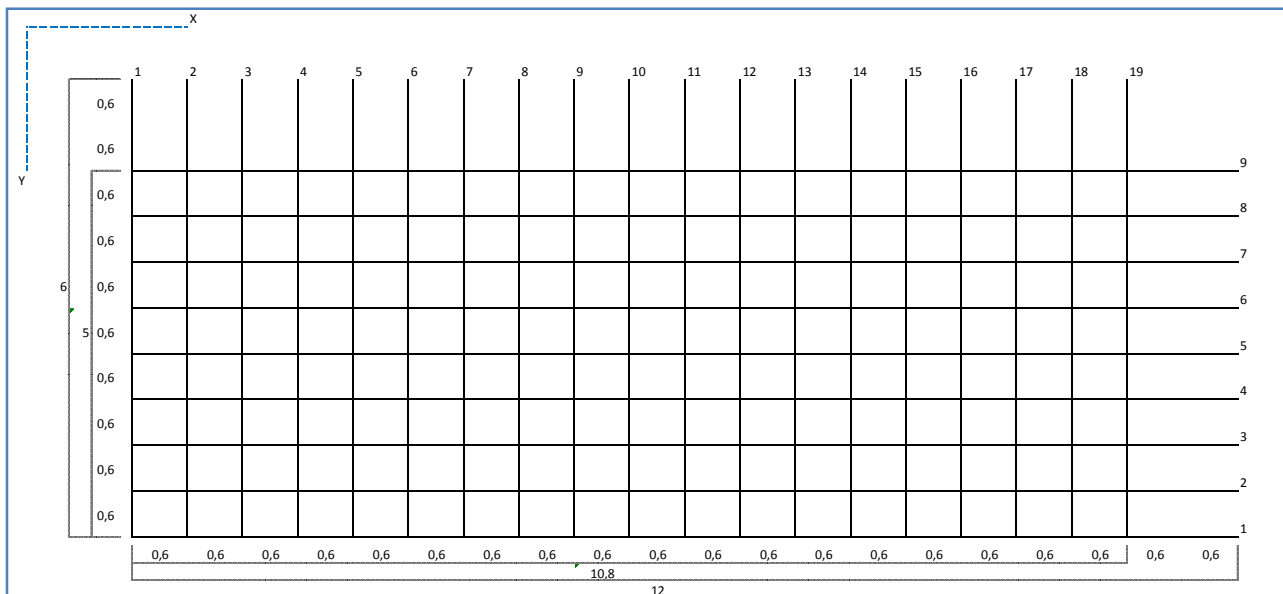
L'armatura è costituita da n. 5 gabbie, assemblate in un capannone adiacente al blocco di ancoraggio, e trasportate e posate in opera attraverso l'utilizzo delle gru a torre. La suddivisione dell'intera armatura in n. 5 gabbie è dovuta alla portata massima della gru: così facendo si garantisce il raggiungimento di tutti i punti del blocco con le gru previste in progetto.



La gabbia è costituita da barre di acciaio Ø25 mm, disposte conformando una rete di 0.6 m x 0.6 m in orizzontale; queste reti si sovrappongono in verticale con passo 0.2 m. Nel dettaglio, la conformazione della barra è la seguente:

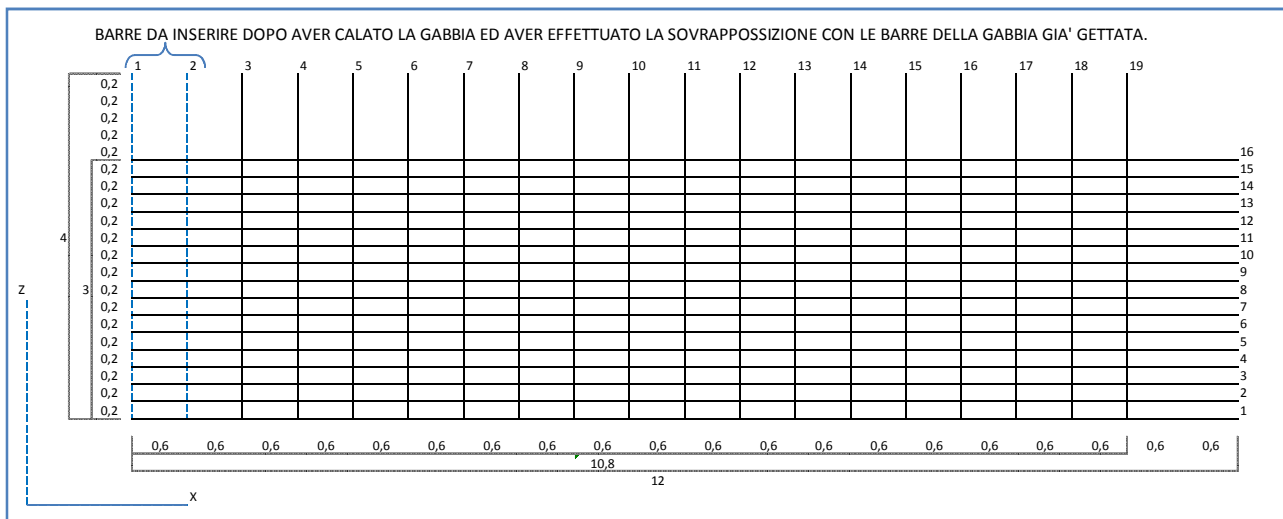
a) Barre orizzontali;

rete formata da barre Ø25 mm di lunghezza pari a 12 m, distanti 0.6 m, per una larghezza pari a 5 m ( n.9 barre ), e da barre Ø25 mm di lunghezza pari a 6 m, distanti 0.6 m, per una larghezza pari a 10.8 m ( n.19 barre ), disposte ortogonalmente alle precedenti.

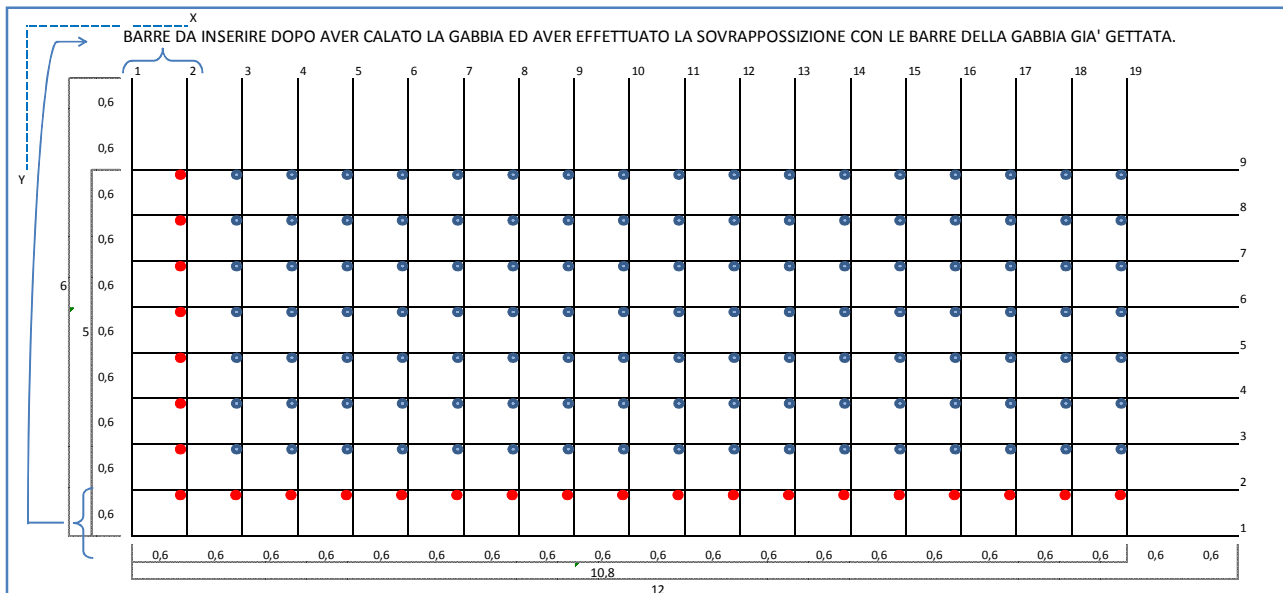


b) Barre verticali;

barre Ø25 mm di lunghezza pari a 4 m, distanti 0.6 m, per una larghezza pari a 10.8 m in direzione X ( n.19 barre ), per una larghezza pari a 5 m in direzione Y ( n.9 barre )



Le due prime file di barre verticali adiacenti i lati del concio già gettato verranno inserite successivamente alla posa in opera del concio per permettere la corretta sovrapposizione delle barre orizzontale.



La gabbia così costruita raggiunge un peso di circa 16 ton.

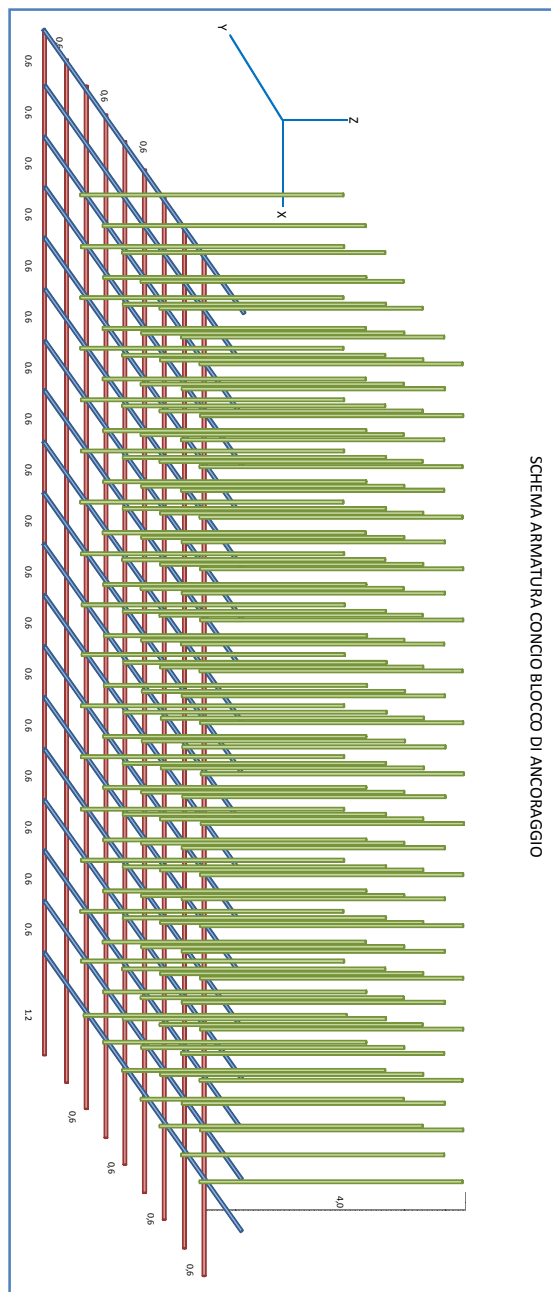
RETE BARRI ORIZZONTALI		Ø Fe	kg/m	L(m)	N. barre		N. reti	
dir	X	25	3,853	12	9	416 kg		
dir	Y	25	3,853	6	19	439 kg		
						855 kg	16	13.686 kg
BARRI VERTICALI		Ø Fe	kg/m	L(m)	N. barre			
dir	Z	25	3,853	4	119	1.834 kg		1.834 kg
TOTALE GABBIA								15.520 kg
BARRI VERTICALI		Ø Fe	kg/m	L(m)	N. barre			
dir	Z	25	3,853	4	25	385 kg		385 kg
TOTALE GABBIA								15.905 kg
N. GABBIE PER CONCIO								5
TOTALE ACCIAIO								79.526 kg
CONCIO	X = 26	Y = 11	Z = 3	858,0 m <sup>3</sup>				CIRCA 90 kg/m <sup>3</sup>

ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E  
DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO

Codice documento  
PF0160\_F0.docx

Rev  
F0

Data  
20/06/2011



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>ESECUZIONE GETTI DELLE FONDAZIONI TORRI E DEI BLOCCHI DI ANCORAGGIO</b>		<i>Codice documento</i> PF0160_F0.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 4.3 Produzione armatura blocco di ancoraggio

L'area di produzione è prevista in una zona adiacente al blocco di ancoraggio, e consiste in un capannone con una superficie pari a 1800 m2. (cfr. soluzione B allegata)

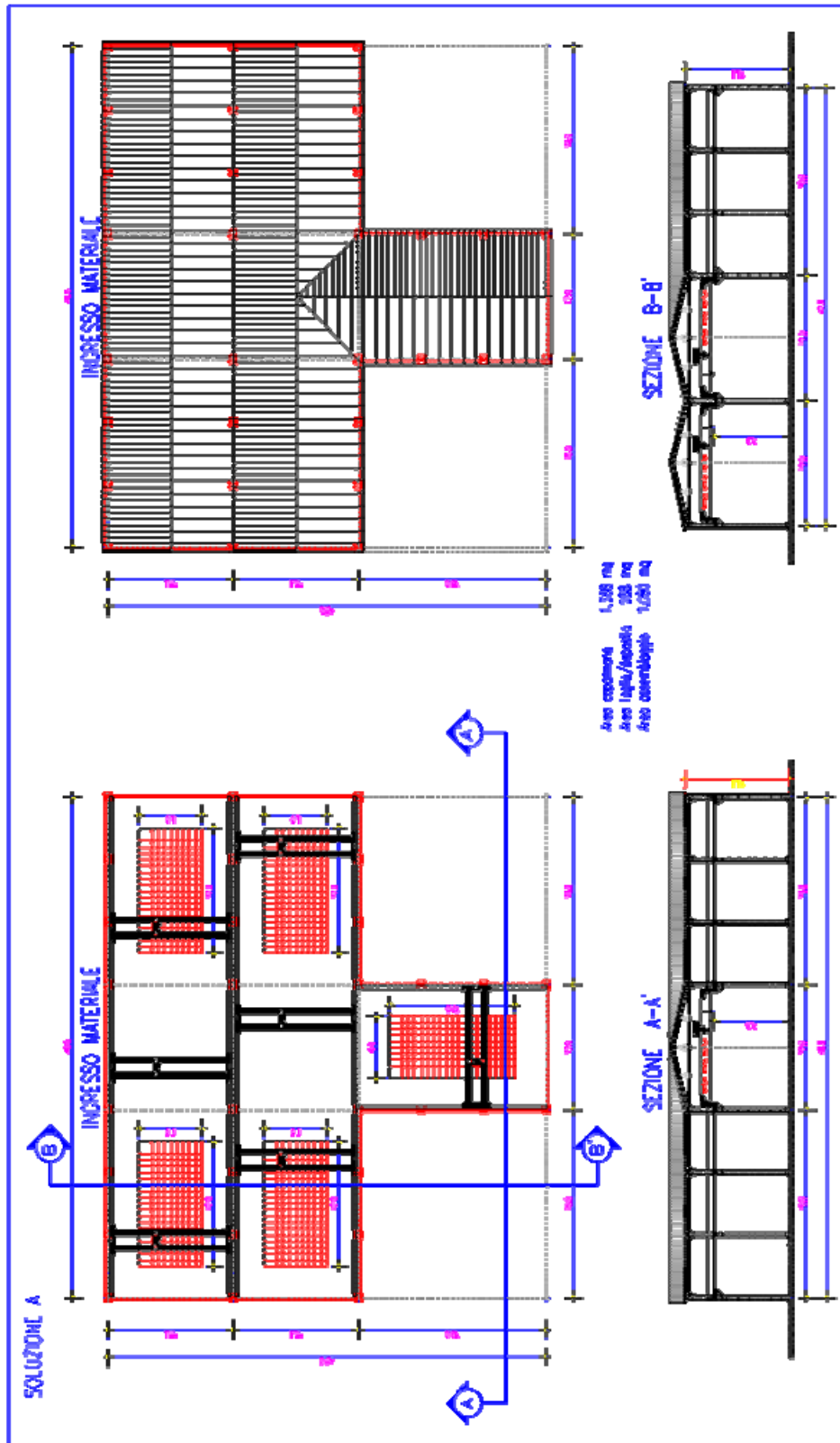
Anche se è stata presa in considerazione, la possibilità di fornire all'impianto le reti già assemblate, è stata scartata per problemi di trasporto conseguenti alle necessarie dimensioni fuori sagoma stradale.

Allegati

lay-out impianto – SOLUZIONE "A"

lay-out impianto – SOLUZIONE "B"

**Lay-out impianto – SOLUZIONE “A”**



**Lay-out impianto – SOLUZIONE “B”**

