

# 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)

 <p>IL PROGETTISTA                  Dott. Ing. F. Colla                  Ordine Ingegneri                  Milano                  n° 20355                  Dott. Ing. E. Pagani                  Ordine Ingegneri Milano                  n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager                  (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA                  Direttore Generale e                  RUP Validazione                  (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA                  Amministratore Delegato                  (Dott. P. Ciucci)</p>
---	---	--	---

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p><i>Tipo di sistema</i> INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> SISTEMAZIONI IDRAULICHE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> ACQUEDOTTI, FOGNATURE E VASCHE</p> <p><i>Titolo del documento</i> VASCA DI LAMINAZIONE PANTANO – RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">SS0179_F0</div>
---	--

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;">7</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;">I</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">S</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">S</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">S</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">I</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">O</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F0</span>
--------	--

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	S. BIANCHI	F. BERTONI	F. COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</b>		<i>Codice documento</i> SS0179_F0.DOC	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....		3
Premessa .....		4
1 Parametri pluviometrici di progetto .....		5
2 Descrizione complessiva dell'intervento .....		6
3 Verifica dei bacini di fitodepurazione .....		10

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</b>		<i>Codice documento</i> SS0179_F0.DOC	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Premessa

La presente relazione illustra le metodologie di calcolo utilizzate ed i risultati dello studio idraulico eseguito per il progetto delle opere di scarico della vasca di trattamento delle acque di piattaforma, del bacino di fitodepurazione e del relativo manufatto di scarico a mare in località Pantano - Ganzirri, nell'ambito del progetto delle infrastrutture viarie di collegamento con il Ponte sullo Stretto di Messina nel versante siciliano.

I principi generali considerati nella progettazione della vasca di fitodepurazione e laminazione in località Ganzirri sono i seguenti:

- la portata di pioggia complessiva valutata con Tr di 100 anni risulta di 10,345 m<sup>3</sup>/s, di cui 10,182 m<sup>3</sup>/s provenienti dalla vasca di trattamento delle acque della piattaforma stradale (VPP3) e 0,163 m<sup>3</sup>/s dalla vasca di trattamento delle acque della piattaforma ferroviaria; tale portata sarà recapitata al bacino di fitodepurazione mediante le 2 condotte in acciaio DN 1200 mm in progetto;
- la portata di pioggia complessiva valutata con Tr di 100 anni proveniente dalle 2 vasche di trattamento delle acque di piattaforma dell'opera di attraversamento (VPP1 e VPP2) risulta di 0,400 m<sup>3</sup>/s (0,200 m<sup>3</sup>/s per vasca); tale portata verrà scaricata direttamente nel bacino di fitodepurazione;
- la sistemazione paesaggistica dell'area impone un tracciato delle condotte in acciaio DN 1200 mm che si sviluppa a lato del viadotto Pantano, in posizione non interferente con la viabilità di cantiere, e che interseca la strada provinciale n. 43 e il canale di interconnessione dei laghi Ganzirri;
- l'esigenza di attraversare in sovrappasso il canale, per non interferire con la falda acquifera e la necessità di garantire la navigabilità del corso d'acqua determina una quota minima di attraversamento di 3.50 m s.l.m.;
- il volume del bacino di fitodepurazione è previsto pari a 1800 m<sup>3</sup>;
- lo scarico a mare del bacino, realizzato mediante un tombino scatolare in c.a., presenta un tracciato che interseca la nuova strada litoranea in progetto e una portata complessiva di progetto di 10,745 m<sup>3</sup>/s.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</b>	<i>Codice documento</i> SS0179_F0.DOC	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 1 Parametri pluviometrici di progetto

La verifica del bacino di fitodepurazione è stata condotta facendo riferimento alle curve di possibilità pluviometrica calcolate per i tempi di ritorno di 5, 10, 30 e 100 anni.

Le curve sono state ottenute a partire dalle elaborazioni condotte per la valutazione delle portate di progetto relative ai corpi idrici interferenti; si rimanda alla relazione idrologica generale per la descrizione di dettaglio delle procedure utilizzate e dei risultati ottenuti.

I parametri delle curve di possibilità pluviometrica di progetto, valide per durate inferiori all'ora ed espresse secondo la formulazione monomia  $h = a \cdot t^n$  sono indicati in Tabella 1.1 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica validi per durate inferiori all'ora.

per ciascuno dei tratti omogenei in cui è stata suddivisa l'area di interesse e per i Tr 5, 10, 30, 50, 100 e 200 anni. Il settore relativo al bacino di fitodepurazione è il "tratto 3". In Tabella 1.2 si riportano anche le altezze di pioggia associate ai vari tempi di ritorno per alcune durate significative.

TR [anni]	parametro	tratto 0	tratto 1	tratto 2	tratto 3
200	$a [mm/h^n]$	105,84	104,13	90,85	83,75
	$n [-]$	0,433	0,433	0,433	0,433
100	$a [mm/h^n]$	95,47	93,99	82,41	76,22
	$n [-]$	0,433	0,433	0,433	0,433
50	$a [mm/h^n]$	85,05	83,81	73,94	68,66
	$n [-]$	0,433	0,433	0,433	0,433
30	$a [mm/h^n]$	77,32	76,26	67,66	63,05
	$n [-]$	0,433	0,433	0,433	0,433
10	$a [mm/h^n]$	60,39	59,72	53,91	50,77
	$n [-]$	0,433	0,433	0,433	0,433
5	$a [mm/h^n]$	49,17	48,76	44,80	42,65
	$n [-]$	0,433	0,433	0,433	0,433

Tabella 1.1 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica validi per durate inferiori all'ora.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</b>		<i>Codice documento</i> SS0179_F0.DOC	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

TR [anni]	tratto	tempo di pioggia [minuti]				
		5	10	15	30	45
200	tratto 0	36,1	48,7	58,1	78,4	93,4
	tratto 1	35,5	47,9	57,1	77,1	91,9
	tratto 2	31,0	41,8	49,8	67,3	80,2
	tratto 3	28,6	38,6	46,0	62,0	73,9
100	tratto 0	32,6	44,0	52,4	70,7	84,3
	tratto 1	32,1	43,3	51,6	69,6	83,0
	tratto 2	28,1	37,9	45,2	61,0	72,8
	tratto 3	26,0	35,1	41,8	56,5	67,3
50	tratto 0	29,0	39,2	46,7	63,0	75,1
	tratto 1	28,6	38,6	46,0	62,1	74,0
	tratto 2	25,2	34,0	40,6	54,8	65,3
	tratto 3	23,4	31,6	37,7	50,9	60,6
30	tratto 0	26,4	35,6	42,4	57,3	68,3
	tratto 1	26,0	35,1	41,8	56,5	67,3
	tratto 2	23,1	31,1	37,1	50,1	59,7
	tratto 3	21,5	29,0	34,6	46,7	55,7
10	tratto 0	20,6	27,8	33,1	44,7	53,3
	tratto 1	20,4	27,5	32,8	44,2	52,7
	tratto 2	18,4	24,8	29,6	39,9	47,6
	tratto 3	17,3	23,4	27,9	37,6	44,8
5	tratto 0	16,8	22,6	27,0	36,4	43,4
	tratto 1	16,6	22,4	26,8	36,1	43,0
	tratto 2	15,3	20,6	24,6	33,2	39,6
	tratto 3	14,5	19,6	23,4	31,6	37,7

Tabella 1.2 – Altezze di pioggia di progetto [mm] per alcune durate inferiori all'ora.

## 2 Descrizione complessiva dell'intervento

A valle del manufatti di trattamento delle acque di prima pioggia stradale e ferroviario, verrà realizzata una vasca di carico nella quale dovranno convergere i contributi di portata provenienti dagli impianti sopraccitati e dai by-pass di allontanamento delle acque di pioggia successive (complessivamente 10,35 m<sup>3</sup>/s).

Dal fondo della vasca di carico partiranno due tubazioni in acciaio DN1200 per il convogliamento della portata complessiva nel bacino di fitodepurazione.

L'ipotesi di tracciato vasca-bacino si sviluppa indicativamente lungo il viadotto Pantano e prevede

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</b>		<i>Codice documento</i> SS0179_F0.DOC	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

l'attraversamento della strada provinciale n. 43 e del canale di interconnessione tra i due laghi di Ganzirri.

L'attraversamento della strada provinciale verrà realizzato in scavo e, al fine di evitare interferenze con la falda, si posizioneranno le due condotte in acciaio in progetto al di sopra della condotta fognaria esistente lungo la strada. Gli altri sottoservizi più superficiali verranno deviati. La quota del piano stradale in corrispondenza dell'attraversamento è attualmente di circa 1,92 m s.l.m.

La fognatura esistente DN560 in PE, come risulta dai disegni di contabilità forniti dal Comune di Messina è posta indicativamente a - 1,50 m dal piano viabile (fondo tubo coincidente con fondo pozzetto). Se si considera l'ingombro del collettore fognario e, ipotizzando di inglobare le due condotte in acciaio affiancate in un bauletto di calcestruzzo armato di spessore minimo di 0,30 m per parte, più il diametro, e uno strato di ripristino stradale di 0,15 m circa, ne consegue che il nuovo piano viabile in corrispondenza dell'attraversamento raggiungerà quota 2,93 m s.l.m.; occorrerà pertanto prevedere un innalzamento localizzato del piano strada di 1,0 m circa.

L'attraversamento del canale di interconnessione dei laghi di Ganzirri è previsto in sovrappasso, ancorando le tubazioni all'interno di una passerella pedonale. In corrispondenza del punto più alto del tracciato verranno previste delle valvole di sfiato e, a monte del ponticello, sarà realizzato un pozzetto munito di valvola per lo scarico delle condotte.

Il tratto di condotta che risulta più vincolante per la definizione del carico idraulico necessario a monte per il corretto funzionamento in pressione del sistema è quello compreso tra la vasca e l'attraversamento del canale, di lunghezza pari a circa 163,80 m.

Il calcolo delle perdite di carico distribuite è stato effettuato considerando la formula di Colebrook-White (scabrezza per tubi usati  $\varepsilon=0,6$  mm), da cui risulta una cadente piezometrica di 15,07 m/km. La perdita di carico distribuita risulta dunque di 2,47 m circa.

Le perdite di carico concentrate si riferiscono all'imbocco della tubazione e alle curve presenti lungo il tracciato. Considerando la velocità a tubo pieno di 4,6 m/s, tali perdite di carico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</b>		<i>Codice documento</i> SS0179_F0.DOC	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ammontano complessivamente a circa 1,92 m<sup>1</sup>.

In corrispondenza dell'attraversamento del canale, il fondo delle tubazioni sono poste ad una quota di 3,50 m s.l.m.. Poiché la quota di fondo della vasca di carico è prevista a 8,46 m s.l.m. e le perdite di carico della tubazione a monte ammontano a 4,39 m, risulta che il carico minimo sul punto a quota più elevata è di circa 0,60 m. Tale carico idraulico garantisce il corretto funzionamento del sistema di scarico.

La vasca di carico è prevista di forma rettangolare, con le seguenti caratteristiche dimensionali minime: larghezza 5,00 m, lunghezza 3,00 m e altezza complessiva 5,87 m (quota fondo e scarico 8,46 m s.l.m., sommità vasca 14,33 m s.l.m.).

In corrispondenza dell'immissione nel bacino da parte delle due tubazioni in acciaio DN 1200 mm, è prevista la realizzazione di una difesa in gabbioni metallici e di un tratto di rivestimento di dimensioni adeguate per garantire una corretta funzione di dissipazione delle portate idriche di scarico; la sistemazione presenta sezione trapezia con larghezza alla base di 2,00 m, altezza 1,50 m e pendenza delle sponde 3/2 per circa 10,00 m di lunghezza.

Nella porzione mediana del bacino, dove sono previsti gli scarichi delle vasche di trattamento delle acque di piattaforma dell'opera di attraversamento, è previsto un rivestimento di fondo in gabbioni metallici per una lunghezza di 10,00 m, sezione trapezia, con larghezza su fondo variabile da 5,80 m a 11,30 m circa, altezza 1,05 m e larghezza in sommità individuata dai muri di sponda del bacino.

Analogamente, nella sezione terminale del bacino è prevista una vasca, sempre realizzata in gabbioni metallici, di dimensioni interne 6,00 x 4,00 m per consentire l'imbocco del tombino scatolare in uscita; tale vasca viene alimentata tramite una soglia di sfioro rialzata a quota 2,30 m s.l.m. rispetto agli 1,97 m s.l.m. previsti per la sistemazione del fondo bacino. Il rialzo in oggetto è previsto per favorire il trattenimento del materiale fine depositato sul fondo del bacino e salvaguardare la corretta funzionalità del tombino di scarico.

<sup>1</sup> I coefficienti di perdita di carico impiegati sono pari a: 0,5 all'imbocco, 0,08 per la curva di 16°, 0,15 per le 5 curve di 30° e 0,45 per la curve di 90°.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</b>		<i>Codice documento</i> SS0179_F0.DOC	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Lo scarico del bacino di fitodepurazione sarà realizzato mediante un manufatto scatolare in c.a. di dimensioni BxH di 2,50 x 2,00 m che avrà una quota di fondo pari a 1,50 m s.l.m., in modo tale che la sezione interessata dal deflusso risulti interamente al di sotto della quota di massimo invaso del bacino (fissata a 2,50 m s.l.m.).

Tale manufatto avrà lunghezza indicativa di 141,10 m e pendenza non inferiore allo 0,50%. Lo sbocco a mare è previsto a 0,79 m s.l.m. per evitare/limitare l'ingresso di sedimenti da parte delle mareggiate.

In corrispondenza della curva individuata dal tracciato dello scatolare e, nei tratti rettilinei, ogni 30 m, circa sono stati inseriti dei pozzetti di ispezione e manutenzione gettati in opera e accessibili mediante camini di calata attrezzati con appositi chiusini prefabbricati in cls. Il pozzetto ubicato al cambio di direzione della condotta scatolare (tipo B) presenta dimensioni interne di 4,50 x 4,50 m; i pozzetti di ispezione posti nei tratti intermedi (tipo A) presentano invece dimensioni interne di 3,50 x 3,50 m.

Il tombino scatolare è verificato dal punto di vista idraulico e il valore di portata complessivamente scaricato dalle 4 vasche di trattamento (stradale, ferroviaria e relative all'opera di attraversamento) con Tr 100 anni di 10,75 m<sup>3</sup>/s defluisce all'interno del manufatto con un grado di riempimento del 63% circa, ovvero con un tirante idrico di 1,26 m. Nei calcoli si è ipotizzato un valore di scabrezza del c.a. in condizioni di esercizio (67 m<sup>1/3</sup>/s) e si è assunto che tutta la portata massima in ingresso al bacino debba essere scaricata con il tombino scatolare in uscita, trascurando cautelativamente l'effetto laminazione.

L'attraversamento del lungomare delle Palme da parte dello scatolare sopraccitato è previsto in sottopasso rispetto alla fognatura esistente. Il piano stradale risulta infatti in questo tratto a quota 5,20 m s.l.m. circa e il fondo dei pozzetti fognari e delle relative condotte è posto a - 1,90 m dal piano stradale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</b>		<i>Codice documento</i> SS0179_F0.DOC	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 3 Verifica dei bacini di fitodepurazione

La legge di Stokes permette di calcolare la velocità di sedimentazione mediante la seguente:

$$v_s = \frac{(\rho_s - \rho_l) \cdot g \cdot D^2}{18 \cdot \mu}$$

dove:

$\rho_s$ : densità della particella;

$\rho_l$ : densità dell'acqua;

D: diametro della particella;

$\mu$ : viscosità cinematica dell'acqua.

L'obiettivo che si intende perseguire con la realizzazione del bacino è quello di garantire un affinamento del trattamento delle acque di piattaforma a valle della vasca deputata a tale funzione, prima dello scarico a mare; tale obiettivo risulta particolarmente importante per le acque di seconda pioggia che by-passano la vasca stessa.

Il tempo di permanenza è pari al volume del bacino riferito alla portata in ingresso  $t_p = V/Q_{in}$  e la velocità di sedimentazione  $v_s$  viene calcolata considerando il caso più gravoso in cui la particella è posta sul pelo libero in corrispondenza dell'altezza massima (2,00 m)  $v_s = h/t_p$ .

Ponendo come obiettivo la separazione delle particelle con diametro  $0,1 \leq d \leq 0,2$  mm si è quindi verificato che il carico idraulico superficiale  $C_{is} = Q_{in}/S$ , sia inferiore alla velocità di sedimentazione con  $Q_{in}$  valutata con Tr 100, 30, 10 e 5 anni. Per una superficie di 3000 m<sup>2</sup> si ottengono i seguenti valori:

Tempo di ritorno	Portata in ingresso (*)	Tempo di permanenza	Velocità di sedimentazione	Carico idraulico superficiale	D particella sedimentabile
anni	m <sup>3</sup> /s	s	m/s	m/s	mm
100	10,75	168	0,011	0,0036	0,2
30	9,22	195	0,010	0,0031	0,2
10	7,82	230	0,0087	0,0026	0,18
5	6,91	260	0,0077	0,0023	0,17

(\*): il valore di portata in uscita dalle vasche di trattamento relative all'opera di attraversamento è stato sempre considerato con Tr 100 anni, in quanto unico dato disponibile e i risultati che ne derivano sono a favore di sicurezza.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE IDRAULICA E DESCRITTIVA</b>	<i>Codice documento</i> SS0179_F0.DOC	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

**Tabella 3.1 – Velocità di sedimentazione nel bacino di fitodepurazione.**

Tale condizione assicura tempi di permanenza superiori al tempo di sedimentazione delle particelle (Tabella 3.2).

<b>D particella (mm)</b>	<b>Vs (m/s)</b>	<b>Ts (s)</b>
0,1	0,00273	257
0,11	0,00330	212
0,12	0,00392	178
0,13	0,00461	152
0,14	0,00534	131
0,15	0,00613	114
0,16	0,00698	100
0,17	0,00788	89
0,18	0,00883	79
0,19	0,00984	71
0,2	0,01090	64

**Tabella 3.2 – Velocità e tempi di sedimentazione in funzione del diametro delle particelle.**