



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></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI SICILIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI</p> <p>PIAZZALE DI ESAZIONE</p> <p>GENERALE</p> <p>RELAZIONE IDRAULICA</p>	<p>SS0944_F0</p>
---	--	------------------

CODICE	C G 0 7 0 0 P R G D S S C P 0 G 0 0 0 0 0 0 3 F0
--------	--

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	3
1 Introduzione	5
2 Riferimenti legislativi	7
3 Drenaggio delle superfici coperte o pavimentate.....	8
3.1 Schema generale di riferimento.....	8
3.2 Descrizione della rete di raccolta e smaltimento	8
3.2.1 Viabilità “locale” e secondaria	9
Procedura di dimensionamento del sistema di drenaggio della piattaforma stradale col metodo dell’invaso	10
3.3 Modello di trasformazione afflussi-deflussi	10
3.4 Tempo di ritorno assunto a base della progettazione.....	11
3.5 Verifiche	13
4 Analisi idraulica.....	13
4.1 Pozzetti	14
4.2 Rete acque piazzale fabbricati.....	14
4.2.1 Il dimensionamento idraulico	14
4.2.2 Dimensionamento e verifica delle condotte.....	15
4.3 Fognatura acque nere	20
4.3.1 La rete	20
5 CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE DELLA RETE.....	24
5.1 Profondità e pendenza	24
5.2 Tubi in PVC	24
5.3 Caratteristiche meccaniche	24
5.3.1 Elasticità	24
5.3.2 Resistenza allo schiacciamento	25
5.3.3 Resistenza alla flessione.	25
5.3.4 Resistenza agli impatti.....	25
5.3.5 Resistenza ai prodotti chimici	25
5.3.6 Durabilità	26
5.3.7 Posa in opera	26
5.4 Manufatti	27

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.5	Affidabilità di comportamento delle tubazioni	27
5.5.1	Dimensionamento statico.....	27
6	Bibliografia	29

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Introduzione

La presente relazione si propone di descrivere le principali caratteristiche costituenti il sistema di vettoriamento delle acque bianche e nere pertinenti l'area contenente il fabbricato esattori di Messina ed il prospiciente fabbricato tecnologico a servizio della nuova autostrada di collegamento al ponte sullo Stretto di Messina.

Il progetto tiene conto di tutta l'area pavimentata di pertinenza e delle superfici coperte. I corsi d'acqua laterali sono considerati solo con riferimento alla loro funzione di ricettori delle acque di piattaforma stradale.

Il progetto prevede il rispetto di tutti i vincoli legislativi prefiggendosi come scopo ultimo la completa tutela idraulica ed ambientale del territorio circostante. Il sistema ideato è di tipo "chiuso". Infatti, mentre un sistema idraulicamente aperto, prevede lo scarico immediato delle acque di piattaforma, un sistema chiuso deve necessariamente garantire il convogliamento "controllato" di tutte le acque fino ai recapiti finali, evitando sfiori intermedi, per lo meno per quanto concerne la viabilità principale, le rampe di accesso e uscita al ponte e gli svincoli autostradali.

Per quanto riguarda i dati di pioggia e le elaborazioni condotte nello studio idrologico si rimanda alla relazione specialistica. Le cosiddette "linee segnalatrici di possibilità pluviometrica" dello studio idrologico stabiliscono il legame esistente fra l'altezza di pioggia ed il tempo di ritorno assunto alla base della progettazione.

I risultati dello studio idrologico sono stati utilizzati per definire l'architettura del sistema di drenaggio a servizio della nuova viabilità, che provvederà alla raccolta, al convogliamento ed al successivo smaltimento finale delle acque di precipitazione meteorica ricadenti sia sulle piattaforme stradali che sui relativi rilevati/trincee.

Contestualmente a tale operazione è stato analizzato il tema della protezione ambientale del territorio con particolare riferimento al problema delle cosiddette prime piogge e a quello degli sversamenti accidentali.

Dal punto di vista normativo, fatto salvo quanto stabilito dal Dlgs n°152 del 3 Aprile 2006, e ss.mm.ii, e dal Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Sicilia, l'assenza di una specifica indicazione regionale ha condotto alla scelta di adottare i criteri stabiliti dal Regolamento Regionale

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

n.4 del 24 Marzo 2006 “Disciplina dello smaltimento acque di prima pioggia e lavaggio delle aree esterne”, emanato dalla Regione Lombardia.

Riassumendo, lo studio in oggetto si è sviluppato secondo la seguente metodologia:

- analisi dei dati disponibili in termini di rilievi topografici e di elaborati progettuali esistenti;
- analisi della rete idrografica esistente e delle sue intersezioni con la viabilità in progetto;
- scelta dei tempi di ritorno da adottare in fase di progettazione;
- dimensionamento e verifica della rete di drenaggio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Riferimenti legislativi

L'analisi idraulica della viabilità in oggetto è stata condotta nel rispetto dei seguenti riferimenti legislativi.

- **Dlgs 3 Aprile 2006 n. 152 e ss.mm.ii.** - Sostituisce il Dlgs 11 Maggio 1999 n. 152. I principali temi affrontati dal Testo Unico sulle acque riguardano: a) individuazione e perseguimento dell'obiettivo di qualità ambientale per le acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile, le acque di balneazione, le acque dolci idonee alla vita dei pesci e le acque destinate alla vita dei molluschi; b) tutela dei corpi idrici e disciplina degli scarichi: tutela quantitativa - risparmio idrico; tutela qualitativa- disciplina degli scarichi, tutela delle aree di pertinenza dei corpi idrici; c) strumenti di tutela: piani di tutela delle acque, autorizzazione agli scarichi, controllo degli scarichi; In particolare vengono enunciati i criteri generali per le acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne, stabilendo che le regioni debbano disciplinare i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne non recapitanti in reti fognarie siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari stabilimenti nei quali vi sia il rischio di deposizione di sostanze pericolose sulle superfici impermeabili scoperte.

Non essendoci ancora per la Regione Calabria una normativa specifica in materia di acque di prima pioggia molte si è fatto riferimento a quella della Regione Lombardia.

- **Regione Lombardia – Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n. 4** – Riferimento per la quantificazione delle acque di prima pioggia, stabilisce la disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, di cui si riporta il seguente stralcio:
 1. “Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio [...] assumendo che l'evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari a 1 per la superficie scolante e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo ad esse contigue, escludendo dal computo le superfici incolte o ad uso agricolo.”
- **P.T.A. Regione Siciliana.**

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

3 Drenaggio delle superfici coperte o pavimentate

Il sistema di drenaggio delle acque meteoriche prevede la realizzazione di una rete di tubazioni interrate in PVC strutturata “ad albero”. Tale sistema capterà esclusivamente le acque meteoriche dell’area in oggetto; gli ingressi saranno dunque da caditoie per le acque sulle strade ed i piazzali pavimentati e da pluviali per quanto originato dalle coperture a tetto dei fabbricati vari. È escluso l’allaccio delle acque nere di fognatura che avranno una rete dedicata completamente separata.

La rete prevede una serie di tubazioni in PVC di diametro 250, 315, 400 e 500 mm progressivamente, in funzione della dimensione del bacino scolante.

Sulla base dei tempi di ritorno e dei coefficienti assunti a base della progettazione, ricavati a partire dall’analisi idrologica, si procede ora alla descrizione dei criteri di dimensionamento e verifica dei principali elementi costituenti il sistema di drenaggio.

3.1 Schema generale di riferimento

Il progetto della rete di smaltimento delle acque meteoriche a servizio della nuova infrastruttura prevede un sistema “chiuso”: tutte le acque delle superfici coperte o pavimentate sono convogliate a recapito senza sfiori intermedi.

Per il caso in questione le acque sono raccolte da una rete in PVC che riceve esclusivamente acque meteoriche e per essa sono condotte al corpo recettore finale individuato nel canale di scolo a fregio dell’area. Prima dell’immissione finale nel recettore potrà essere effettuato un eventuale trattamento di disoleatura, in ogni caso il recapito avverrà per tramite della rete del piazzale autostradale. Nel caso delle acque meteoriche dell’area del sottopasso, data l’esiguità dell’area e quindi la marginalità del quantitativo, vista anche la caratteristica della rete e gli affondamenti, in via eccezionale esse saranno fatte scaricare direttamente nella vasca Imhoff a servizio della rete fognaria nera; tali portate sono comunque sempre di poca importanza rispetto a quelle nere.

3.2 Descrizione della rete di raccolta e smaltimento

Per la progettazione della rete di raccolta sono stati utilizzati i seguenti elementi:

- collettori in PVC;
- canalette grigliate in CLS;
- caditoie grigliate;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- pozzetti in CLS.

3.2.1 Viabilità “locale” e secondaria

Per quanto riguarda il sistema di raccolta previsto in trincea si adottano classiche caditoie grigliate ad 8 fori, carrabili, di dimensione 60x60 cm. I collettori sottostanti sono in PVC ad uso fognario. L'interasse minimo per la raccolta è di 15 m e i pozzetti di ispezione saranno ubicati ogni 25/30 m.

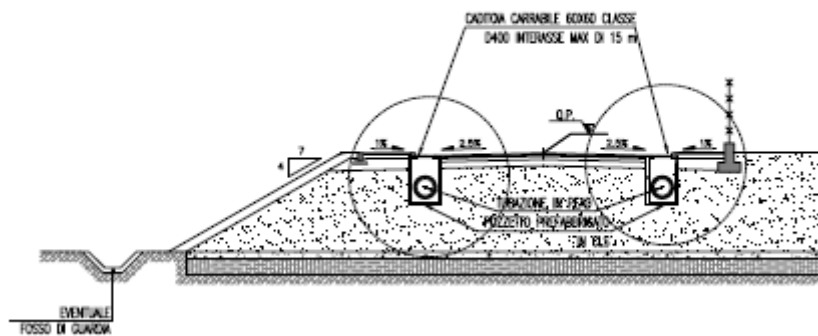


Figura 3.1 – Sezione tipo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

Procedura di dimensionamento del sistema di drenaggio della piattaforma stradale col metodo dell'invaso

3.3 Modello di trasformazione afflussi-deflussi

La determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura dei sottobacini autostradali verrà effettuata mediante l'applicazione di un particolare modello afflussi-deflussi, quello dell'invaso lineare.

Assumendo l'ipotesi di pioggia costante e con riferimento ad una funzione IUH del tipo:

$$u(t) = \frac{1}{k} e^{-t/k} \quad (4.1)$$

la portata al colmo per l'evento critico è data dalla relazione:

$$Q_c = 2.78 \cdot \phi \cdot S \cdot D(n) a k^{n-1} \quad (4.2)$$

ove ϕ è il coefficiente d'afflusso, S [ha] la superficie scolante afferente, a [mm/oraⁿ] ed n [adm] i parametri della linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, presi dallo studio idrologico a cui si rimanda, k [ore] la costante d'invaso e D una funzione del parametro n ; il coeff. 2.78 serve a "sistemare" le unità di misura affinché il valore di portata ottenuto risulti espresso in [l/s].

La costante d'invaso è stata calcolata utilizzando il metodo Urbis (*definito presso il Politecnico di Milano dai proff. Paoletti e Mignosa*)

$$k = 0.7 \left(T_e + \frac{T_c}{1.5} \right) \quad (4.3)$$

dove T_e è il tempo d'ingresso in rete e T_c è il cosiddetto tempo di corrivazione (dato dal rapporto fra la lunghezza della tubazione e la relativa velocità di moto uniforme a tubo pieno)

Per determinare il tempo di ingresso alla rete si è utilizzato il modello del *condotto equivalente* [Mambretti e Paoletti, 1996], sviluppato partendo dalla considerazione che il deflusso superficiale è da considerarsi pari al deflusso lungo una rete di piccole canalizzazioni (cunette, canalette, piccoli condotti, etc..) che raccolgono le acque scolanti lungo le singole falde dei tetti e delle strade:

Recenti ricerche hanno condotto, per sottobacini di area fino a 10 ettari, all'equazione:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$t_{ei} = \frac{0.5 * l_i}{s_i^{0.375} (i \phi_i S_i)^{0.25}} \quad (4.4)$$

che, utilizzando l'espressione monomia della curva di possibilità pluviometrica $h = a \cdot \theta_c^n$ si scrive:

$$t_{ei} = \left(\frac{3600^{\frac{n-1}{4}} \cdot 0.5 \cdot l_i}{s_i^{0.375} (a \phi_i S_i)^{0.25}} \right)^{\frac{4}{n+3}} \quad (4.5)$$

nelle quali:

- t_{ei} è il tempo d'accesso dell'i-esimo sottobacino [s],
- l_i è la massima lunghezza del deflusso superficiale dell'i-esimo sottobacino [m],
- s_i è la pendenza media dell'i-esimo sottobacino [m/m],
- S_i è la superficie dell'i-esimo sottobacino [ha],
- ϕ_i il coefficiente d'afflusso dell'i-esimo sottobacino,
- i l'intensità critica di pioggia [mm/h],
- a, n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica, essendo a espresso in [mm/hⁿ], mentre n è un numero adimensionale.

La progettazione è stata effettuata utilizzando i coefficienti a ed n associati ad un tempo di ritorno pari a 100 anni per la progettazione della viabilità principale e ad essa strettamente collegata, e pari a 50 anni per la viabilità secondaria (strada litoranea e rotatorie di accesso/uscita a e dagli svincoli).

Tempo di ritorno [anni]	CPP Tratto 1	CPP Tratto 2	CPP Tratto 3
50	$h = 83.81 t^{0.433}$	$h = 73.94 t^{0.433}$	$h = 68.66 t^{0.433}$
100	$h = 93.99 t^{0.433}$	$h = 82.41 t^{0.433}$	$h = 76.22 t^{0.433}$

Tabella 4.1 –Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate di pioggia inferiori all'ora

3.4 Tempo di ritorno assunto a base della progettazione

La grandezza comunemente presa a riferimento come valore di progetto (per es., per valutare il grado di protezione dagli allagamenti offerto dalla rete di drenaggio) è il tempo di ritorno Tr della portata di dimensionamento. Tramite tale espressione si indica il numero di anni in cui il superamento del valore assegnato avviene mediamente una volta; alternativamente, il tempo di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

ritorno rappresenta il numero di anni che in media separano il verificarsi di due eventi di entità eguale o superiore alla soglia assegnata.

Il tempo di ritorno da assumere alla base della progettazione deve essere da un lato sufficientemente elevato da garantire il buon funzionamento della rete idraulica, e dall'altro accuratamente ponderato onde consentire un dimensionamento non eccessivamente oneroso. Si tratta, quindi, di trovare il giusto compromesso tecnico-economico.

La scelta del valore del tempo di ritorno da utilizzare nell'analisi idraulica è stata eseguita sulla base della tipologia e dell'importanza strategica e funzionale delle singole opere in progetto, basandosi su un'attenta analisi del cosiddetto rischio d'insufficienza. Si definisce rischio associato ad una certa portata la probabilità che la portata stessa sia superata almeno una volta in un numero prefissato di anni; pertanto il rischio dipende dall'estensione del periodo considerato e dalla portata in esame, ovvero dal suo tempo di ritorno. Se il dimensionamento dell'opera è stato condotto con riferimento alla portata $Q(Tr)$ di Tr anni di tempo di ritorno, il rischio $R_N[Q(Tr)]$, ovvero la probabilità che, durante N anni di funzionamento, l'opera risulti insufficiente una o più volte, è esprimibile come:

$$R_N[Q(Tr)] = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^N \quad (4.6)$$

La Tabella 4.2 fornisce i valori del rischio di insufficienza di un'opera dimensionata sulla base di un valore di portata corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni:

Anni di vita dell'opera N [anni]	Rischio d'insufficienza R_N [%]
5	4.9
10	9.56
20	18.21
25	22.2
50	39.5
100	63.5
200	86.6

Tabella 4.2 – Valutazione del rischio d'insufficienza per $Tr = 100$ anni

Un importante aspetto da prendere in considerazione quando si utilizzano le curve di possibilità pluviometrica, è la sottostima dei volumi totali di precipitazione calcolati.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Come si è visto, le curve vengono elaborate a partire dai massimi annui di assegnata durata, ognuno dei quali rappresenta la massima altezza di precipitazione all'interno dell'evento meteorico in cui essa si è verificata.

Tale massima altezza di precipitazione è quindi sempre minore o uguale all'altezza complessiva registrata nell'evento stesso.

Le curve di possibilità pluviometrica forniscono, quindi, le massime altezze di assegnata durata che hanno la probabilità di presentarsi, con prefissato tempo di ritorno, all'interno di eventi di altezza complessiva di precipitazione maggiore o uguale a quella definita dalle curve.

Pertanto le altezze di pioggia fornite dalle curve di possibilità climatica, pur rappresentando i massimi annui di data durata e tempo di ritorno, forniscono in generale una sottostima dell'altezza totale di precipitazione.

3.5 Verifiche

Il moto all'interno dei vari rami della rete è valutato adottando uno schema di moto uniforme, come è usuale in casi simili al presente. Per questo si adotta la formula di Chézy per verificare le scale di deflusso delle canalizzazioni adottate:

$$Q = K_s AR^{2/3} i^{1/2} \quad (4.7)$$

dove:

- Q è la portata di progetto del ramo;
- k_s è il coefficiente di scabrezza di Strickler;
- A è l'area bagnata della sezione ;
- R è il raggio idraulico;
- i è la pendenza longitudinale.

Per quanto attiene i valori del coefficiente di scabrezza di Strickler:

- $k_s = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per tubazioni e canalette in PVC (rete di drenaggio stradale);
- $k_s = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per tubazioni in acciaio (su viadotto);
- $k_s = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per cunette alla francese, canalette in cls testa muro e fossi rivestiti.

4 Analisi idraulica

Sulla base dei risultati ottenuti dall'analisi idrologica, si procede ora al dimensionamento e alla verifica dei principali elementi costituenti il sistema di drenaggio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

4.1 Pozzetti

Il sistema di passaggio tra tubazioni in rilevato e trincea, data la diversità degli elementi di captazione superficiali, quello tra tubazioni e sistemi di trattamento, nonché quello tra vasche e recapiti finali e la manutenzione delle tubazioni al di sotto della carreggiata viene realizzato attraverso differenti tipologie di pozzetti prefabbricati in CLS.

Si possono identificare varie tipologie di pozzetti: pozzetti di raccordo, di ispezione e di scarico.

L'interasse massimo fissato è di 50 m nel caso i pozzetti siano provvisti di un chiusino cieco e non ci siano esigenze di raccolta o cambi di pendenza/sezione tubo particolari.

4.2 Rete acque piazzale fabbricati

4.2.1 Il dimensionamento idraulico

Procedendo secondo quanto indicato al precedente cap. 3, applicando il calcolo del tempo di corrvazione calcolato con le seguente:

$$T_c = t_e + \frac{L}{V} \quad (5.9)$$

e tenendo presente che nel caso di bacini non in linea, a conformazione varia, si può calcolare L con la seguente

$$L = 19.1 \times (100 \times S)^{0.548} \quad (5.10)$$

si determinano, per le dimensioni dei diversi bacini scolanti, le grandezze idrauliche in gioco, in maniera da poter procedere successivamente al calcolo di verifica delle sezioni idrauliche delle fognature acque bianche.

- Bacino scolante 500 m²

$$j = 82.41 (2/60)^{0.433-1} = 566.90 \text{ mm/ora}$$

$$L = 46 \text{ m}$$

$$T_c = 142 \text{ s}$$

$$i = 524 \text{ mm/h}$$

$$Q = 72.88 \text{ l/s}$$

- Bacino scolante 750 m²

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$j = 82.41 (2/60)^{0.433-1} = 566.90 \text{ mm/ora}$$

$$L = 58 \text{ m}$$

$$T_c = 172 \text{ s}$$

$$i = 470 \text{ mm/h}$$

$$Q = 97.91 \text{ l/s}$$

- Bacino scolante 1000 m²

$$j = 82.41 (2/60)^{0.433-1} = 566.90 \text{ mm/ora}$$

$$L = 67 \text{ m}$$

$$T_c = 198 \text{ s}$$

$$i = 434 \text{ mm/h}$$

$$Q = 120.7 \text{ l/s}$$

- Bacino scolante 1500 m²

$$j = 82.41 (2/60)^{0.433-1} = 566.90 \text{ mm/ora}$$

$$L = 84 \text{ m}$$

$$T_c = 240 \text{ s}$$

$$i = 388 \text{ mm/h}$$

$$Q = 161.9 \text{ l/s}$$

4.2.2 Dimensionamento e verifica delle condotte

La procedura di verifica del dimensionamento col metodo cinematico è la seguente:

- noto il valore del diametro commerciale del collettore, si calcola la velocità a massimo riempimento con la formula di Chezy:

$$v_r = C \sqrt{R \cdot i} \quad [\text{m/s}] \quad (4)$$

dove R è il raggio idraulico in metri, nel caso di sezioni circolari pari a D/4, i è la pendenza del collettore in m/m e C è il coefficiente di resistenza, calcolato con la formula di Kutter (m=0.275 per tubazioni in materiali plastici in servizio corrente);



- si calcola il tempo di percorrenza T_r , nel collettore come rapporto tra la sua lunghezza e la velocità v_r ;
- si calcola la durata critica θ_c come somma del tempo di ingresso e dei tempi di percorrenza in rete per raggiungere la sezione finale del collettore che si sta dimensionando;
- si calcola la portata critica Q_c ;
- si calcola in grado di riempimento h/D , verificando che non sia superiore al 75%;
- si verifica inoltre che la velocità v sia compresa entro i limiti 0.5÷5 m/s.

Tab. 1 –bacini scolanti tipo

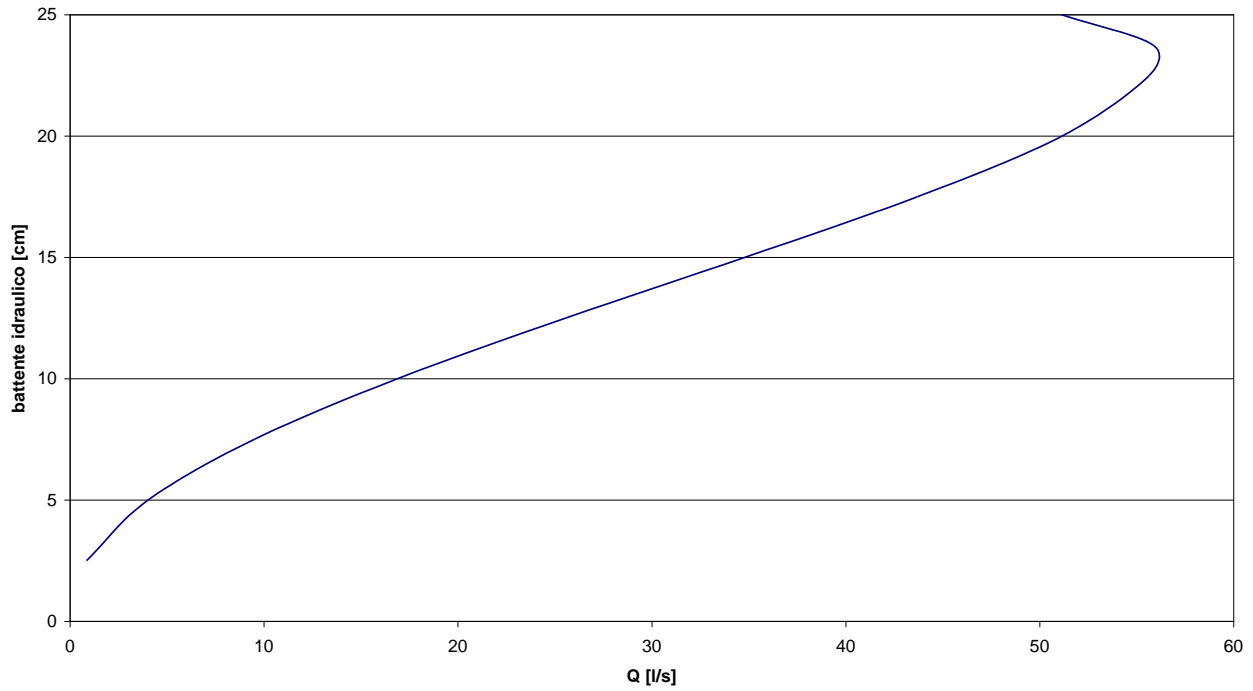
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011



	S	m ²	500	750	1000	1500
	i	mm/h	524.80002	469.98313	434.37918	388.46033
	Q	l/s	72.88889	97.91315	120.66088	161.85847
	φ	m	0.3	0.4	0.4	0.5
	franco	m	0.10681	0.20911	0.18457	0.27513
	α		0.29210	-0.04556	0.07723	-0.10070
	C	m	0.55887	0.61009	0.65921	0.73505
	A	m ²	0.04812	0.05919	0.06900	0.08563
	R	m	0.08610	0.09702	0.10467	0.11650
	J		1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
KUTTER	m		0.275	0.275	0.275	0.275
	χ		51.62130	53.10970	54.05361	55.37995
	v	m/s	1.51473	1.65424	1.74876	1.89020
	Q _{calc}	m ³ /s	72.88889	97.91315	120.66088	161.85847
	err		1.95E-07	-1.24E-07	1.11E-07	-7.95E-08
			OK!!	OK!!	OK!!	OK!!

SCALE DELLE PORTATE

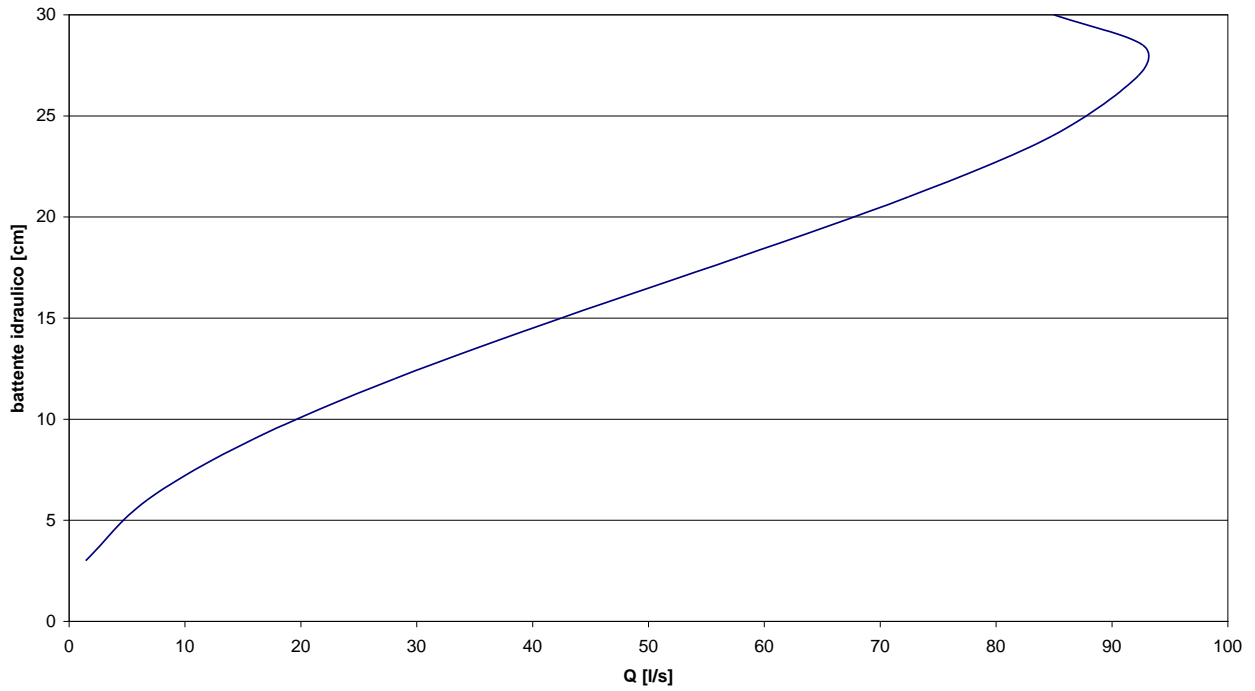
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Tubo Ø 25 J = 1% - Scala delle portate



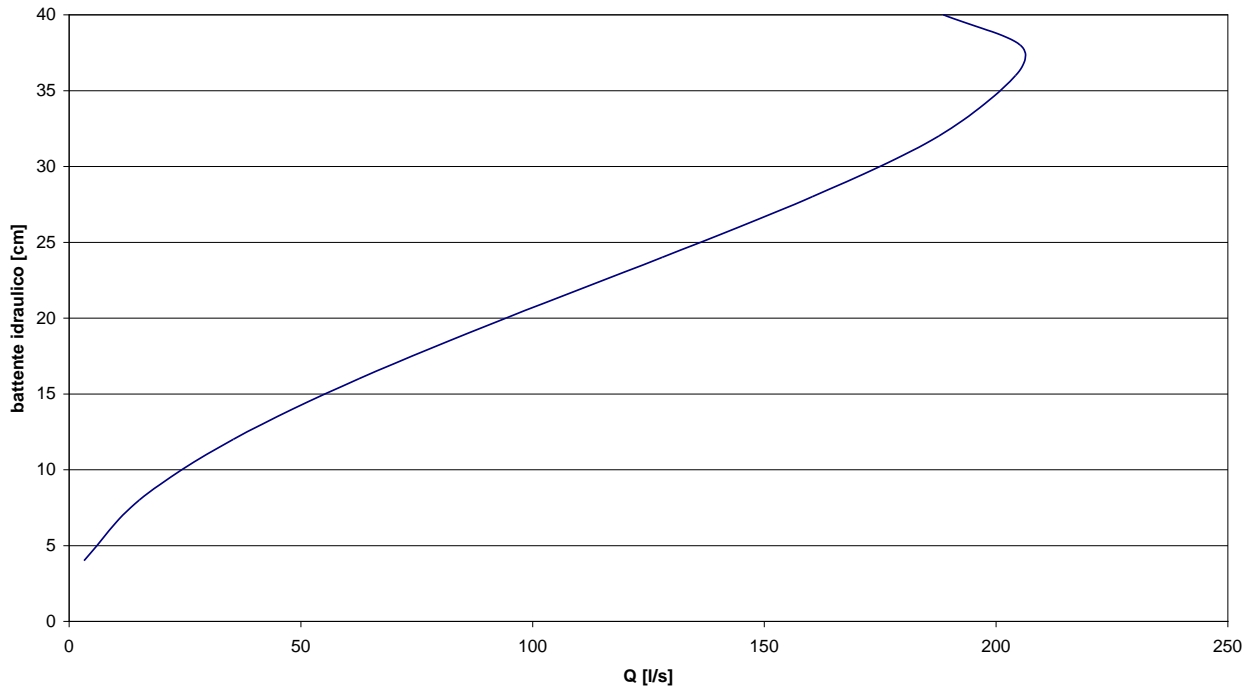
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

Tubo Ø 30 J = 1% - Scala delle portate



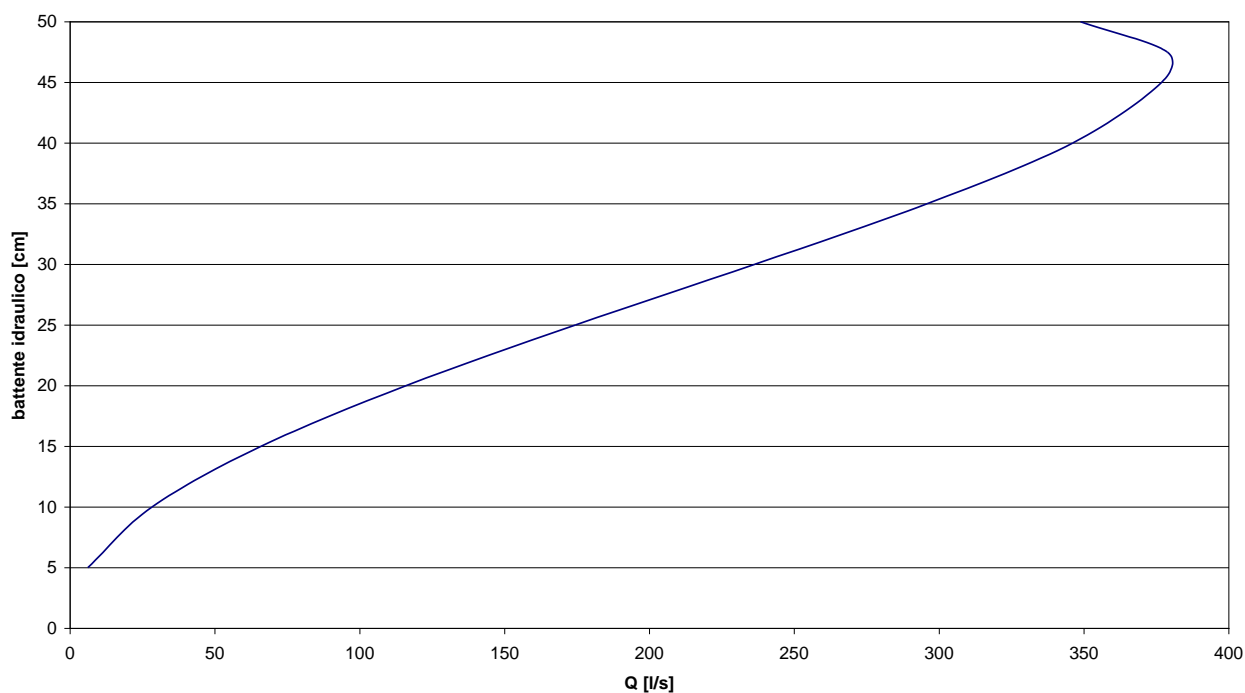
		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p align="center">RELAZIONE IDRAULICA</p>		<p><i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Tubo Ø 40 J = 1% - Scala delle portate



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

Tubo Ø 50 J = 1% - Scala delle portate



4.3 Fognatura acque nere

4.3.1 La rete

L'edificio è dotato di rete fognaria per lo smaltimento delle acque nere.

Tale rete è dimensionata per supportare un carico stimato di 40 abitanti equivalenti, tenendo anche conto della possibilità futura di sviluppo dell'installazione dal punto di vista occupazionale.

Per la determinazione delle portate di morbida si è adottata la seguente formula:

$$Q = \frac{A_e \cdot q \cdot \varphi}{h \cdot 3600}$$

dove:

Q portata del refluo in l/s

A_e numero abitanti equivalenti

q consumo specifico pro capite in l/giorno valutato in 250 l/giorno (valore peraltro decisamente alto data la scarsa concentrazione abitativa)

φ coefficiente di afflusso = 0.8

h la durata in ore sulla quale ragguagliare gli scarichi = 8

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si giunge così ad una valutazione della portata di morbida

$$Q_{\text{morbida}} = 0.28 \text{ l/s}$$

corrispondente ad una di piena di

$$Q_{\text{piena}} = 1.38 \text{ l/s}$$

e ad una di magra di

$$Q_{\text{magra}} = 0.14 \text{ l/s}$$

Per il dimensionamento/verifica dei collettori si è ammesso che le portate in essi defluenti si muovano in moto uniforme e che quindi la relazione tra la portata e velocità delle correnti possa essere espressa mediante la formula di Chezy :

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove R è il raggio idraulico, i la pendenza di fondo, A l'area della sezione idrica e X il coefficiente d'attrito.

Il coefficiente d'attrito, funzione delle scabrezze e del raggio idraulico è definito mediante la formula di Kutter:

$$\chi = 100 \frac{\sqrt{R}}{\sqrt{R} + m}$$

dove con *m* si indica il coefficiente di scabrezza in questo caso assunto pari a 0.35 visto il tipo di tubazioni in PVC scelte.

La verifica idraulica deve garantire anche valori di velocità compresi tra i 0.3 m/s (limite inferiore che garantisce dalla formazione di depositi di parti solide sul fondo del collettore, che alla lunga causerebbero ostruzioni) e i 5 m/s (limite superiore che garantisce dall'insorgere, sul fondo, di fenomeni di abrasione causati dal trascinarsi di corpi solidi, trascinarsi che, in collettori di sola nera, può risultare anche piuttosto oneroso).

Per quanto riguarda la definizione di questi valori, si rimanda senz'altro alla letteratura in materia, come riportato in bibliografia.



Sulla base dei dati sopra indicati per quanto riguarda la sola installazione, risulta come (vedi le allegate tabelle di calcolo) in entrambi i casi, sia di portata massima che di magra (ipotizzata ad un decimo della portata massima ammessa), la tubazione di progetto sia ampiamente in grado di trasportare le portate previste.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>16/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	16/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	16/06/2011						

Tab. 1 – verifica idraulica delle condotte

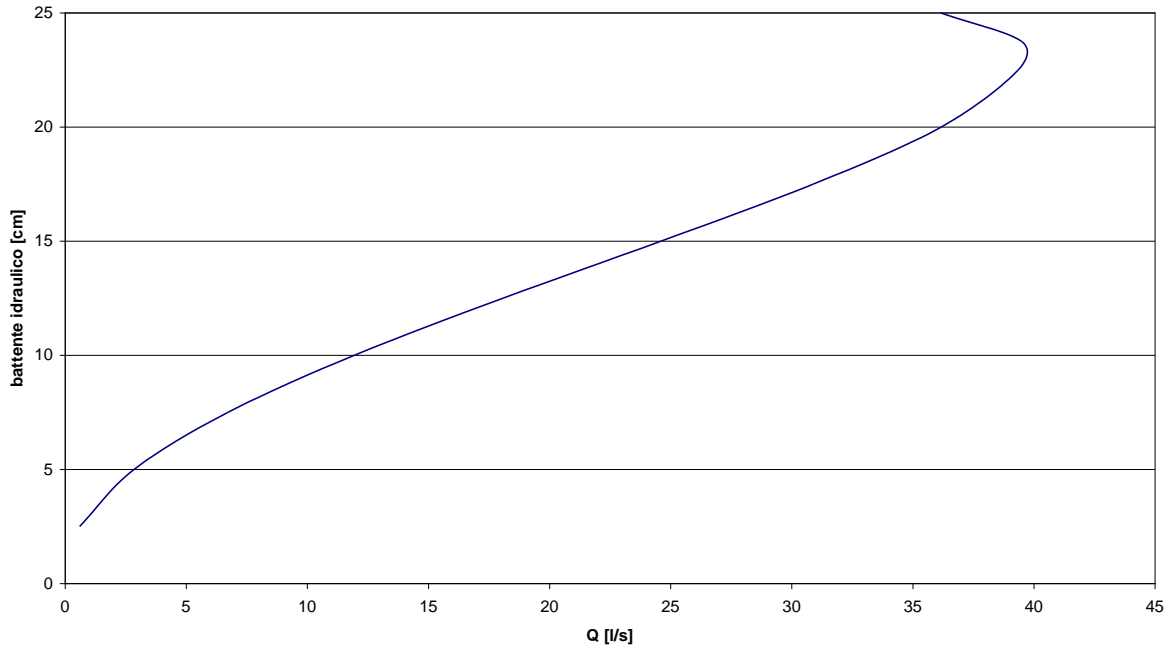
VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONI

		Situazione di piena	Situazione di magra	Situazione di piena	Situazione di magra	
	q	l/s	1.38	0.14	0.69	0.07
	Q	m ³ /s	0.00138	0.00014	0.00069	0.00007
	δ	m	0.3	0.3	0.25	0.25
	franco	m	0.26568	0.2872124	0.22346	0.2400763
	δ		-0.88071	-1.15489	-0.90708	-1.16964
	C	m	0.20703	0.12477	0.16593	0.10029
	A	m ²	0.00448	0.00104	0.00279	0.00065
	R	m	0.02164	0.00835	0.01680	0.00649
	J		0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
KUTTER	m		0.35	0.35	0.35	0.35
	δ		29.59412	20.70757	27.02717	18.71381
	v	m/s	0.30786	0.13384	0.24774	0.10663
	Q _{calc}	m ³ /s	0.00138	0.00014	0.00069	0.00007
	err		-5.32E-07	-4.82E-07	7.66E-07	-5.71E-07
			OK!!	OK!!	OK!!	OK!!

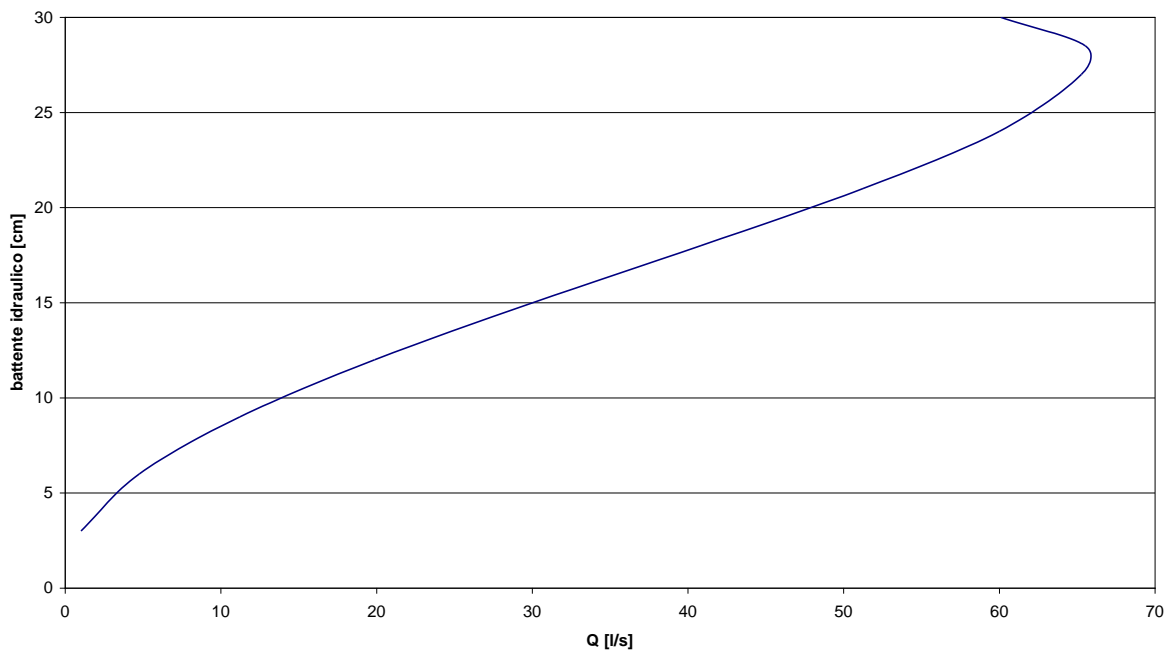
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

SCALE DELLE PORTATE

Tubo Ø 25 J = 5‰ - Scala delle portate



Tubo Ø 30 J = 5‰ - Scala delle portate



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

5 CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE DELLA RETE

5.1 Profondità e pendenza

I tratti di fognatura allo studio presentano la caratteristica di poter mantenere il collettore in pendenza e garantire il funzionamento della condotta a gravità, pertanto si è optato per tale soluzione. In questo caso si è cercato di garantire il funzionamento della condotta secondo quanto esplicitato ai precedenti capitoli 3 e 4. In generale si è adottato pertanto un ricoprimento minimo di 1.00 m, sopra l'estradosso dei condotti riferito alla quota esistente del terreno e una pendenza media del 1%.

Ovviamente anche altri fatti tecnici condizionano la profondità dello scavo e limitano la possibilità di scelta, e precisamente:

- la pendenza disponibile in base alle quote imposte dai recapiti e dei punti di consegna (manufatti e terminali fognari esistenti), nonché i suoi rapporti con le dimensioni dei condotti;
- la scelta di pendenza dei condotti, che presuppone anche scelte tenendo conto di tutti i fattori generali e particolari sopra citati.

5.2 Tubi in PVC

Per i tratti di fognatura con funzionamento a pelo libero, si è scelto di utilizzare tubi in cloruro di polivinile (PVC) rigido non plastificato. La scelta viene effettuata perché questo tipo di tubo, a fronte di buone prestazioni dal punto di vista meccanico di resistenza, presenta eccellenti qualità di durabilità dal punto di vista chimico, con garanzia di resistenza inalterata del tubo con garanzia di durabilità del prodotto fino a oltre 50 anni, e, grazie ad un peso contenuto, una grandissima versatilità di impiego.

Inoltre, le tubazioni in PVC, grazie alla compattezza della miscela per l'estrusione, presentano una forte resistenza all'abrasione, problema caratteristico delle tubazioni per acque reflue che, abitualmente, presentano un forte carico in sabbie che effettuano azione abrasiva sul fondo del tubo arrivando anche, nel caso dei materiali più teneri, alla perforazione del fondo. Altra caratteristica saliente è poi l'elevata levigatezza, questione fondamentale per tubi di trasporto in particolare nel caso di pendenze limitate: basa scabrezza infatti è garanzia di miglior deflusso.

5.3 Caratteristiche meccaniche

5.3.1 Elasticità

L'elasticità è la capacità della forza tubazione di opporsi alla deformazione quando sollecitata e di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

riacquistare la forma iniziale una volta rilasciata. Per quanto riguarda il PVC, il materiale può essere considerato del tutto isotropo ed il valore del modulo elastico E è di 3600 MPa.

L'elevata elasticità del materiale, unitamente alla sua capacità di resistere per brevi periodi a carichi fino a 5 volte quello di rottura e in combinazione col fatto che le tubazioni in PVC possano ammettere una non indifferente flessione per adattarsi ad eventuali carichi esterni raggiungendo agevolmente anche deformazioni fino al 5% del diametro senza plasticizzarsi, rendono tale prodotto fortemente raccomandabile in aree a rischio sismico.

5.3.2 Resistenza allo schiacciamento

Nel caso, come in quello in considerazione, in cui le tubazioni in PVC siano installate nel sottosuolo, devono essere in grado di sopportare il carico geostatico e quello dei carichi esterni quali, ad esempio, quelli veicolari. Grazie alla loro flessibilità, si comportano in modo diverso dalle tubazioni rigide che possono arrivare a rottura o anche solo a seri fenomeni di fessurazione, flettendosi ed eventualmente ovalizzandosi senza però perdere la propria capacità di convogliamento mantenendo l'integrità della tubazione stessa.

5.3.3 Resistenza alla flessione.

Le tubazioni interrate si comportano come un materiale elastico in un mezzo elastico.

Le tubazioni in plastica possono subire anche grandi deformazioni prima di arrivare alla rottura e l'interazione suolo-tubazione si può schematizzare come un materiale che si deforma man mano che vengono applicati i carichi superiori. La tubazione si ovalizza e il diametro misurato in orizzontale aumenta esercitando una pressione di reazione.

È importante osservare che, anche se il tubo si ovalizza del 10%, la perdita di resistenza è trascurabile, per cui si assicura comunque la possibilità di lavoro nelle tubazioni.

5.3.4 Resistenza agli impatti

I materiali plastici sono decisamente meno fragili dei materiali ceramici e la loro resistenza agli urti può essere ulteriormente migliorata inserendo additivi nella preparazione della mescola. Tale caratteristica risulta fondamentale per le applicazioni del caso del materiale garantendo la sostanziale infrangibilità dei singoli tubi che, nelle operazioni di cantiere quali lo scarico dagli automezzi, lo sfilamento e la successiva posa in opera, possono facilmente essere sottoposti a urti ed altri eventi senza il rischio di danneggiamenti che li renderebbero inservibili.

5.3.5 Resistenza ai prodotti chimici

Il PVC resiste bene agli acidi come alle basi, agli alcoli e agli idrocarburi alifatici, caratteristiche che lo rendono ideale per il trasporto di acque reflue urbane. È invece poco resistente agli idrocarburi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

aromatici e clorurati, agli esteri e ai chetoni per cui nelle sue applicazioni nell'industria chimica devono essere valutate con attenzione caso per caso.

5.3.6 Durabilità

Le tubazioni in PVC sono progettate per una vita minima di 50 anni. All'interno della tubazione, il materiale risponde alla presenza di una pressione interna come tutti i materiali plastici, ovvero con lo spostamento ed il flouage delle molecole in dipendenza del fatto che la relazione tra sforzi e deformazioni per carichi elevati tende ad assumere una certa dipendenza anche dal tempo, discostandosi dal funzionamento dei materiali ideali perfettamente elastici, per cui tale interrelazione risulta del tutto indipendente.

Per questo motivo, fin a livello di concettualizzazione e di produzione oggi, nel progetto delle tubazioni in PVC si applica un coefficiente di sicurezza che fa in modo di assicurare una vita utile delle tubazioni di minimo 50 anni.

5.3.7 Posa in opera

Indubbiamente il grande vantaggio dei tubi in materiale plastico è la leggerezza che garantisce una notevole facilità di posa e, di conseguenza, anche una miglior sicurezza nel mantenimento delle livellete previste.

La posa ideale è in trincea stretta minore è la larghezza dello scavo di posa maggiore sarà l'alleggerimento del carico sovrastante con trasmissione di parte di esso al terreno circostante in funzione della deformazione per schiacciamento alla quale il manufatto è sottoposto.

Il letto di posa non deve essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea. Il materiale adatto per il letto di posa e successivamente per il rinfilco è costituito da sabbie, ghiaie e financo pietrisco con un passante sino a circa 15 mm o addirittura di 20 mm nel caso di ghiaie in matrice sabbiosa. L'altezza minima di posa deve essere almeno pari ad un decimo del diametro con un minimo di 10 cm.

Le indicazioni di carattere geologico e geognostico fornite confermano che i materiali di scavo saranno, in larghissima parte, del tutto compatibili come materiali di riempimento e pertanto non si dovrà prevedere l'apporto di nuovi materiali dall'esterno. Per maggiore sicurezza però, si è prevista la creazione di un letto di posa interamente creato con sabbia di cava al fine di garantire l'integrità della posa e la miglior salvaguardia del profilo.

Riparazione delle tubazioni in PVC

In prospettiva di una futura gestione del sistema fognario allo studio, le tubazioni in PVC garantiscono anche i migliori risultati in caso di manutenzione: per riparare una tubazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

danneggiata si possono infatti utilizzare due manicotti scorrevoli seguendo lo schema seguente:

- identificare la zona di tubo difettosa e asportarla completamente;
- tagliare di netto e smussare le estremità dei due tubi che restano in opera;
- introdurre nelle due estremità i manicotti scorrevoli di riparazione;
- interporre, su un letto di posa correttamente preparato, uno spezzone di tubo di lunghezza appropriata;
- far scorrere i manicotti nella loro posizione finale;
- reinterrare con cura in modo da avere gli stessi valori di costipazione della vecchia tubazione.

Tale procedura risulta essere di gran lunga la più semplice e la meno costosa rispetto a qualunque altro tipo di tubo in commercio che richiede la completa asportazione di tutte le canne ammalorate ed l'inserimento delle nuova talora sforzando le estremità e rischiano di vanificare l'intera operazione.

5.4 Manufatti

I manufatti correnti, costituiti dalle camerette d'ispezione e di immissione sono stati oggetto di un particolare studio di carattere generale sulla base:

- delle caratteristiche delle tubazioni;
- degli affondamenti;
- dei ricoprimenti;
- dei dislivelli tra condotti principali e secondari (per le camerette d'immissione).

Sono state qui evidenziate varie camerette tipo di ispezione, opportunamente stimate.

Tutti i manufatti gettati in opera saranno costituiti da platea, muri portanti e soletta tutti in c.a. I piani di calpestio delle banchine saranno eventualmente ricoperti in pietra; la superficie a contatto con i liquami e quella delle pareti e del soffitto in intonaco rustico frattazzato fine, protetto dall'aggressione dei vapori corrosivi, mediante apposita verniciatura.

I chiusini di accesso ai manufatti, dei tipi e dimensioni risultanti dai disegni di progetto saranno in ghisa e CLS, con carico di prova conforme alle prescrizioni di capitolato.

5.5 Affidabilità di comportamento delle tubazioni

L'affidabilità di comportamento delle tubazioni discende dalle verifiche che a vuoto e sotto carico vengono eseguite sia sotto il profilo statico che dal punto di vista idraulico in sede di progettazione.

5.5.1 Dimensionamento statico

Oltre ai parametri geometrici, fisici e meccanici delle condotte vengono esaminati:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 16/06/2011

A) Classificazione dei terreni

I terreni di posa vengono classificati in una delle seguenti categorie:

- terreno incoerente (ghiaia)
- terreno incoerente (sabbia)
- terreno misto coerente (sabbia e ghiaia coerenti)
- terreno disgregato (sassosi coerenti)
- terreno coerente (argilla, crete, limo)

B) Modalità di posa

La scelta progettuale cade su di una delle seguenti modalità:

- posa in trincea o sotto rilevato;
- eventuale rinfiacco in CLS;
- ricoprimento della trincea a strati costipati con o senza verifica della densità Proctor;
- trincea a pareti verticali con armatura e in tavole o riempimento non costipato.

C) Condizioni di carico

Vengono prese in esame una o più delle seguenti condizioni di carico ipotizzate come possibili:

- cariche derivanti dal reinterro
- carichi stradali (di 1° e 2° categoria)
- carichi uniformemente distribuiti
- carichi uniformemente distribuiti
- carichi uniformemente distribuiti su superficie circolare
- carichi lineari
- carichi concentrati
- pressione interna
- battente d'acqua sulle tubazioni
- pressione orizzontale distribuita con legge triangolare agente dall'esterno della tubazione.

D) Ipotesi di reazione del piano di posa

In funzione della situazione contingente e delle relative previsioni progettuali, le ipotesi riscontrano

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> SS0944_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

uno degli enunciati seguenti:

- reazione verticale uniforme del terreno distribuita sulla proiezione di un arco pari a 180°
- reazione verticale uniforme del terreno distribuita sulla proiezione di un arco pari a 90°
- reazione verticale uniforme del terreno distribuita.

6 Bibliografia

- [1] L. Da Deppo, C. Datei: "**Fognature**", Ed. Cortina, 1997
- [2] L. Da Deppo, C. Datei: "**Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali**", Ed. Bios, 1994
- [3] U. Maione, A. Brath: "**La difesa idraulica del territorio**", Ed. Bios, 1996
- [4] D. Citrini, G. Nosedà, **Idraulica**, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1976
- [5] Mario Di Fidio, **Fognature**, Pirola, Milano, 1994
- [6] Vittorio Nanni, **La moderna tecnica delle fognature e degli impianti di depurazione**, Hoepli, Milano, 1984.
- [7] AA.VV., **Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione**, Hoepli, Milano, 1997