



## 1 - DATI GENERALI DI PROGETTO

<b>Esecutore del Servizio:</b>	<b>Studio Dell'Acqua Bellavitis Studio Tecnico di Ingegneria ed Architettura: Ing. Roberto Dell'Acqua Bellavitis, via Rosa Vergani Marelli 12 – Milano; prestazione in forma associata assieme ad altri due professionisti</b>
<b>Servizi svolti:</b>	<b>Progettazione definitiva; progettazione esecutiva</b>
<b>Titolo :</b>	<b>Progetto di completamento del collettore fognario adducente al depuratore di Ardenno – Comuni di Ardenno - Berbenno Valtellino - Buglio in Monte - Caiolo - Castione Andevenno - Cedrasco - Colorina - Forcola - Fusine e Postalesio (SO)</b>
<b>Importo Lavori :</b>	<b>€ 2 812 000.00</b>
<b>Cliente :</b>	<b>Comunità Montana Valtellina di Sondrio - Sondrio, via N. Sauro 33</b>
<b>Periodo :</b>	<b>2013-2016</b>

## 2 – DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Come previsto dalla normativa, gli scarichi delle reti fognarie di tipo unitario e nero, comprendenti i territori dei Comuni di Ardenno, Berbenno in Valtellina, Buglio in Monte, Caiolo Castione Andevenno, Cedrasco, Colorina, Forcola, Fusine e Postalesio, raccolti con le opportune modalità debbono essere convogliati all'impianto di depurazione centralizzato di Ardenno. Attualmente nei territori dell'ambito n 8 sono presenti le seguenti infrastrutture depurative e fognarie: 1) Depuratore di Ardenno, composto da sole due linee di depurazione per 24.000 persone equivalenti. La prima linea di depurazione è stata costruita nel decennio 1980-1990; la seconda linea è stata completata nel 2011. A seguito degli studi di esondazione e definizione delle aree sondabili, la prima linea risulta essere parzialmente in area esondabile e in particolare devono essere rifatti gli impianti elettrici (quadri) in quanto attualmente sono sotto la quota di esondazione di circa 2 mt.; 2) Collettore comunale di Ardenno, con fognatura di adduzione fino al depuratore; anch'esso costruito nei primi anni del decennio 1980- 1990; 3) Collettore consortile denominato "Retico", che collega il depuratore centrale all'abitato di Berbenno Lungo questo tratto sono stati collegati tutte le diramazioni delle fognature comunali del comune di Buglio in Monte e di Berbenno Valtellino. In seguito la rete fognaria di Postalesio è stata collegata a questo collettore utilizzando un tratto di fognatura comunale di Berbenno Valtellino. La rete è stata realizzata nel periodo 1980-1985; 4) Collettore consortile, denominato "Orobico", composto da due tratte, la prima che collega i territori di Caiolo, Fusine, Cedrasco, la seconda da Colorina a Cedrasco. Dal punto di intersezione è stato realizzato un ulteriore tratto in pressione che colletta fino al Comune di Berbenno Saltellino, in corrispondenza del vecchio passaggio a livello. La rete è stata realizzata nella seconda metà degli anni 90. Questo manufatto è tuttora non funzionante in quanto non collegato al depuratore. Allo stato attuale, per un completamento del sistema di collettamento mancano le seguenti infrastrutture: 1) realizzazione della terza linea del depuratore di Ardenno; 2) collettore fognario che, partendo dal depuratore di Ardenno, collega a Berbenno Valtellino il collettore "orobico" e prosegue fino a Castione Andevenno. La lunghezza dell'infrastruttura fognaria è di km. 9+500 di cui allo stato attuale sono stati realizzati circa km. 2.00 come risulta meglio indicato nelle tavole progettuali; 3) oltre a questi due importanti interventi, devono essere realizzati piccoli tratti per servire frazioni sparse appartenenti al medesimo territorio.

## 3 - OBIETTIVI GENERALI DA PERSEGUIRE E STRATEGIE PER RAGGIUNGERLI

Gli obiettivi generali perseguiti nella progettazione sono stati: 1) completare la rete di collettamento principale, al fine di servire tutto il bacino intercomunale. Attualmente molti comuni, specie sulla sponda Orobica del Fiume Adda, sversano direttamente in corsi d'acqua senza nessun trattamento preliminare e quindi completamente fuori regola; 2) completare il depuratore di Ardenno per garantire una depurazione nel rispetto della normativa vigente.

#### **4 – INTERVENTO PREVISTO**

La Comunità Montana della Valtellina di Sondrio ha incaricato i professionisti per la redazione dei progetti definitivo ed esecutivo della dorsale che da Ardenno giunge fino a Berbenno di Valtellina, per collegare il collettore “orobico” al depuratore di Ardenno. Sono stati eseguiti i rilievi di campagna, verifica e aggiornamento della cartografia CTR, verifica e restituzione della presenza di nuovi immobili, tracciamento di tutti gli assi della rete fognaria, sezioni della viabilità esistente, degli argini dei fiumi e rete secondaria di drenaggio, censimento linee e servizi interferenti. Elenchi sintetici delle principali informazioni, documenti e dati raccolti sono riportati nell’ambito delle singole relazioni specialistiche. Dai censimenti della popolazione residente nei comuni dell’ambito territoriale preso in considerazione e dallo studio della curva di incremento della popolazione equivalente e degli insediamenti industriali, si sono effettuate le stime della popolazioni teoriche al 2016, per un totale di 25.336 A.E. che risultano essere in linea con quanto previsto dal Piano Regionale e si sommano gli 11631 A.E. di natura industriale.

#### **5 - PARAMETRI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO**

La scelta del tracciato si è basata su seguenti parametri: 1) necessità di servire frazioni e gruppi di case sparse che sono privi di fognatura; 2) minimizzare l’impatto delle servitù di passaggio sfruttando situazioni di servitù di elettrodotto e gasdotto; 3) limitare interferenze con la strada statale n. 38 e la Ferrovia Colico-Sondrio; 4) problematiche geotecniche (verifica della tipologia dei terreni attraversati e della profondità della falda); 5) aree di esondazione previste nel PAI; 6) i vincoli ambientali, artistici, forestali e SIC; 7) vincoli urbanistici dei comuni interessati all’opera; 8) intersezioni con condotte di metano di II e III categoria.

#### **6 - PROGETTO**

Dall’ analisi dei parametri sopra indicati, supportate con sopralluoghi effettuati in più riprese e confronti con le amministrazioni locali per meglio cogliere la realtà del territorio in questioni sotto ogni aspetto, si è studiata al meglio la rete fognaria utilizzando **sia tratti in pressione che a pelo libero**. Si è cercato di ottimizzare in particolare i primi, in maniera da ridurre al minimo il numero delle stazioni di pompaggio ma soprattutto le potenze assorbite e le perdite di carico nelle condotte prementi, senza però trascurare il fatto che eccessivi affondamenti dei tratti a pelo libero comportano oneri realizzativi e di sicurezza del tutto fondamentali. Partendo da valle il tracciato del collettore, distinto in vari rami, risulta così individuato: Dorsale di collettamento centrale Tratti -S3-Z-V-U-S2-N-P15-H-S1-D-P6-B-A punto di innesto con la tubazione esistente adducente alla stazione SO; Collegamento laterale Castione-Postalesio-Berbenno area industriale P79-P53-J; Collegamento laterale sponda sinistra Caiolo, Cedrasco, Fusine, Colorina SC-1-P51, tratto esistente; Collegamento laterale Berbenno ai piani P76-U; Collegamento laterale Casa Rossi P74-S2; Collegamento dorsale parallela Buglio (eventuale) Buglio-N; Collegamento laterale Selvetta di Colorina e Selvetta di Forcola tratto esistente SA-P15; Collegamento laterale Forcola ai piani SB-S1; Collegamento laterale Buglio, La Guicciarda P62 P54-D; Collegamento laterale K-B; Collegamento laterale in pressione esistente Sirta Sirta-S0.

In generale l’andamento del tracciato è alquanto pianeggiante, ad eccezione dei tratti laterali che hanno pendenze più elevata nonché i problemi di passaggio dell’Adda in adiacenza ai ponti. I terreni sedimentari presenti lungo il tracciato, data la variazione granulometrica degli stessi, non risultano suscettibili a liquefazione in fase sismica.

Asta principale. Lungo l’asta principale l’intervento previsto riguarda la realizzazione di circa 6.630,00 m, di cui: ml 3550  $\varnothing$  600 in gres; ml 170  $\varnothing$  800 in gres; ml 2180  $\varnothing$  450 in PEAD PN10. **Nell’asta principale i tratti in pressione ammontano a complessivi 2.200,00 m**. L’intervento serve per collettare i reflui dei Comuni e delle relative frazioni afferenti allo schema depurativo di Ardenno, al cui depuratore si allacceranno a mezzo del sistema di recapito esistente. Aste laterali. Esse sono sinteticamente suddivise in: ml 30  $\varnothing$  500 in gres, ml 93  $\varnothing$  400 in gres, ml 100  $\varnothing$  315 in PVC, ml 500  $\varnothing$  250 in PVC, ml 390  $\varnothing$  200 in PVC. Anche nelle aste laterali vi sono tratti in pressione in PEAD.

## 7 – CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE A PELO LIBERO

Per il dimensionamento/verifica dei tratti di collettore con funzionamento a gravità, ovvero a pelo libero, 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 :

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

dove R é il raggio idraulico, i la pendenza di fondo, A l'area della sezione idrica e  $\chi$  il coefficiente d'attrito (vedasi letteratura in materia: Mario Di Fidio "Fognature" – Pirola, Milano, 1994 e Vittorio Nanni "La moderna tecnica delle fognature e degli impianti di depurazione" – Hoepli, Milano, 1984).

Il coefficiente d'attrito, funzione delle scabrezze e del raggio idraulico é 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 prudenzialmente assunto pari a 0.275 visto il tipo di tubazioni in PVC scelte e 0.35 nel caso delle fognature in gres. 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). Sulla base dei dati sopra indicati risulta come, nelle varie sezioni, sia per le portate massime che di quelle di magra, le tubazioni di progetto siano ampiamente in grado di trasportare le portate previste.

## 7 – CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE IN PRESSIONE

Per il dimensionamento/verifica dei tratti di collettore con funzionamento in pressione, si è ammesso che le portate in essi defluenti si muovano in moto puramente turbolento. Partendo dall'equazione generale del moto dei fluidi ideali (\*) è possibile, risolvendola una volta nota la portata di progetto ed imposta la sezione del tubo, determinare la velocità di efflusso:  $Q = V \cdot A$  (\*) dove Q é la portata in metri al secondo, A l'area della sezione del tubo e V la velocità di efflusso. Nota la velocità è possibile calcolare il numero di Reynolds, caratterizzante il regime di moto turbolento, secondo la nota formula:

$$Re = \frac{V \cdot \phi}{\nu}$$

ove  $\nu$ , coefficiente di viscosità cinematica espresso in m<sup>2</sup>/s può essere desunto da tabelle o calcolato secondo la:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad \text{con: } \eta = \text{viscosità del fluido in N*s/m}^2 \text{ e } \rho = \text{densità del fluido in N/m}^3.$$

In funzione del numero di Reynolds è possibile calcolare il numero di resistenza  $\lambda$  secondo le due espressioni di Blasius e di Nikuradse:

$$\text{Nikuradse} \quad \lambda = \frac{3.2 + 221 \cdot Re^{-0.235}}{1000} \quad \text{Blasius} \quad \lambda = 0.316 \cdot Re^{-0.25}$$

Da applicarsi per valori di Re minori o maggiori di 100 000 rispettivamente.

È a questo punto possibile determinare la cadente idraulica J della condotta espressa secondo la seguente:

$$J = \frac{\lambda \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot \phi}$$

A livello di calcolo, e per comodità di interpretazione numerica di solito si preferisce aggiungere un fattore 0.001 per avere J espressa in metri a chilometro. La verifica idraulica viene condotta trascurando le perdite di carico localizzate che, per valori di lunghezza del collettore  $L > 1000 \varphi$ , risultano del tutto trascurabili. La verifica idraulica deve garantire anche valori di velocità superiori a 0.7 m/s (limite inferiore che garantisce dalla formazione di deposito di parti solide sul fondo del collettore, che alla lunga causerebbero ostruzioni), ma comunque inferiori ai  $2 \div 2.5$  m/s (limite superiore che garantisce da fenomeni di spinta sulle tubazioni e soprattutto da fenomeni di colpo d'ariete che potrebbero ripercuotersi negativamente soprattutto sulle parti di regolazione quali valvole di ritegno, saracinesche ecc.). La progettazione effettuata è stata dunque fatta nel senso di ricercare il diametro di tubo ottimale che, garantendo almeno i valori minimi di velocità indicati, minimizzi le perdite di carico. Per determinare opportunamente le prevalenze delle pompe, si è riportato il diagramma delle perdite di carico sul profilo longitudinale, in funzione delle perdite di carico calcolate si determinano poi anche le prevalenze totali che devono essere garantite dalle stazioni di pompaggio.

### 8 – CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STAZIONI DI SOLLEVAMENTO

Lungo il tracciato sono previste alcune stazioni di sollevamento in particolare in corrispondenza di punti di immissione dei liquami, vista per la presenza di nuclei abitati. Per il dimensionamento delle stazioni, richiamati i dati delle portate delle condotte entranti, definendo l'invaso della stazione di pompaggio, risulta, per il dimensionamento della stessa:

$$I = q \cdot t_r \quad \text{dove: } I = \text{invaso della stazione di pompaggio; } q = \text{portata entrante; } t_r = \text{tempo di riempimento.}$$

Abitualmente si adottano le seguenti frequenze  $f_p$  (numeri di attacchi all'ora): per pompe fino a 7.5 kW:  $f_p \leq 15$ ; per pompe fino a 50 kW:  $f_p \leq 12$ ; per pompe oltre 50 kW:  $f_p \leq 10$ . Naturalmente si pone  $f_p = 1/t_r$ .

In caso di impiego di più di una pompa si adatterà la seguente:

$$I_{tot} = \frac{I_1}{n} (n-1) \cdot \Delta H \cdot S$$

dove:  $I_{tot}$  = invaso totale della stazione di pompaggio;  $I_1$  = invaso della stazione con 1 sola pompa;  $n$  = numero pompe;  $\Delta H$  = il valore che differenzia i livelli, si assume 20 cm;  $S$  = superficie utile dell'invaso. Si impone come tempo di riempimento la portata di punta  $Q_{pp}$ , di conseguenza risulteranno verificate anche le altre casistiche. Si impone altresì un interasse tra le pompe pari ad almeno il doppio della larghezza della singola pompa per evitare fenomeni di interferenza durante le fasi di aspirazione. Nel caso in cui le pompe vengano disposte su più file parallele naturalmente si fa lo stesso discorso anche in direzione longitudinale. Il valore calcolato  $H$  è l'altezza utile di calcolo dell'invaso.

