



**C.I.R.A. S.r.l. Servizio idrico**

Località Piano, 6/A - 17058 Dego (SV)  
email: consorziocirasu@pcert.postecert.it

Titolo progetto

**OPERE DI ADEGUAMENTO DELL'IMPIANTO DI  
DEPURAZIONE DI DEGO PER FAR FRONTE A MUTATE  
CONDIZIONI DI CARICO INQUINANTE DA TRATTARE**

## PROGETTO ESECUTIVO

Il responsabile di progettazione

C.I.R.A. S.r.l.

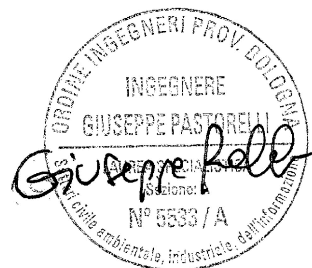
Il coordinatore del progetto

C.I.R.A. S.r.l.

Il progettista

STUDIO DI INGEGNERIA AMBIENTALE

DOTT. ING. GIUSEPPE PASTORELLI  
con sede a Imola (BO) in via Cogne n.35  
tel. +39 0542 640178  
e-mail: giuseppe.pastorelli17@tin.it



Titolo elaborato

**RELAZIONE DI CALCOLO IDRAULICO**

ID

**ED.03**

DATA

dicembre 2023

REV.1

REV.2

REV.3

SCALA

-

COMMESSA

2023.10

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**SOMMARIO**

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. LA LINEA ACQUE DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI DEGO NELLA CONFIGURAZIONE ATTUALE.....</b>	<b>4</b>
2.1 Perdite di carico continue per correnti in pressione .....	4
2.2 Perdite di carico localizzate per correnti in pressione.....	5
2.2.1 Imbocco in una condotta da un serbatoio .....	6
2.2.2 Sbocco di una condotta in un serbatoio .....	7
2.2.3 Restringimenti di sezione con raccordi convergenti .....	7
2.2.4 Allargamenti di sezione con raccordi divergenti .....	7
2.2.5 Curve.....	7
2.2.6 Pezzi speciali.....	8
2.2.7 Diramazioni e confluenza mediante raccordi a "T".....	8
2.3 Perdite di carico continue per correnti a pelo libero.....	9
2.4 Perdite di carico per efflusso attraverso luci a battente.....	15
2.5 Perdite di carico per efflusso da luci a stramazzo .....	15
<b>3. ILLUSTRAZIONE DEI CALCOLI DEL PROFILO IDRAULICO DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>20</b>
<b>4. ILLUSTRAZIONE DEI CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO DEI SOLLEVAMENTI .....</b>	<b>25</b>
<b>5. DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI.....</b>	<b>29</b>

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

## **1. INTRODUZIONE**

La presente relazione di calcolo idraulico costituisce parte integrante del progetto esecutivo di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego (SV) per far fronte a mutate condizioni del carico in ingresso.

Il progetto prevede l'utilizzo di uno dei sedimentatori primari come vasca di predenitrificazione e di convertire l'attuale vasca di trattamento biologico interamente a reattore di ossidazione. Dal punto di vista idraulico la soluzione comporta la realizzazione di un nuovo collegamento idraulico a gravità tra la vasca di predenitrificazione e la vasca di ossidazione e la realizzazione dei collettori di ricircolo fanghi e *mixed liquor* in pressione.

La relazione si articola in 5 capitoli dedicati ai seguenti temi:

- introduzione (il presente § 1);
- metodi utilizzati nello studio idraulico (§ 2);
- illustrazione dei calcoli del profilo idraulico dell'impianto (§ 3);
- illustrazione dei calcoli di dimensionamento dei sollevamenti (§ 4);
- dimensionamento collettori (§ 5).

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

## **2. LA LINEA ACQUE DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI DEGO NELLA CONFIGURAZIONE ATTUALE**

Nel presente capitolo si definiscono i metodi di calcolo adottati nel per lo studio idraulico dell'impianto e più precisamente:

- perdite di carico continue per correnti in pressione (§ 2.1);
- perdite di carico localizzate per correnti in pressione (§ 2.2);
- perdite di carico continue per correnti a pelo libero (§ 2.3);
- perdite di carico per efflusso attraverso luci a battente (§ 2.4);
- perdite di carico per efflusso da luci a stramazzo (§ 2.5).

### **2.1 PERDITE DI CARICO CONTINUE PER CORRENTI IN PRESSIONE**

Le perdite di carico continue per correnti in pressione sono quelle che si hanno per attrito lungo le pareti delle tubazioni. Sono state valutate applicando la **relazione (2.1)**:

$$\Delta H_{cont} = J \cdot L \quad (2.1)$$

dove:

$\Delta H_{cont}$  = perdite di carico continue [m]

$J$  = cadente piezometrica [ $\text{m m}^{-1}$ ]

$L$  = lunghezza della condotta [m]

La cadente piezometrica  $J$  dipende:

- A. in modo diretto dalla velocità (o dalla portata) della corrente;
- B. in modo indiretto dalle dimensioni della condotta;
- C. in modo sensibile dal materiale con cui essa è realizzata attraverso la **relazione (2.2)**:

$$J = \lambda \cdot \frac{V^2}{2gD} \quad (2.2)$$

dove:

$\lambda$  = numero di resistenza [-]

$V$  = velocità della corrente (media sulla sezione) [ $\text{m s}^{-1}$ ]

$g$  = costante di accelerazione di gravità =  $9,806 \text{ m s}^{-2}$

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

$D$  = diametro della condotta [m]

Le perdite di carico continue per correnti turbolente ( $5 \times 10^2 \leq Re \leq 2 \times 10^7$ ) sono state determinate mediante la formula di Colebrook espressa mediante la **relazione (2.3)**:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{1}{3,715} \frac{\varepsilon}{D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (2.3)$$

dove:

- $\varepsilon$  = scabrezza della condotta [m]
- $Re$  = numero di Reynolds [-] =  $\rho V D / \mu = V D / \nu$
- $\rho$  = densità (vedi **Tab. 2.1**) [ $\text{kg m}^{-3}$ ]
- $\mu$  = viscosità dinamica (vedi **Tab. 2.1**) [ $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ]
- $\nu$  = viscosità cinematica (vedi **Tab. 2.1**) [ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ]

dove per il coefficiente  $\varepsilon$  si è assunto cautelativamente il valore di:

- 0,1 mm per tubazioni in materiale plastico come PEAD e PVC o acciaio inox di nuova realizzazione;
- 0,3 mm per tubazioni in acciaio zincato esistenti con possibili leggeri strati di ruggine.

## **2.2 PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE PER CORRENTI IN PRESSIONE**

Le perdite di carico localizzate per correnti in pressione sono quelle che si hanno lungo singolarità geometriche delle tubazioni quali imbocchi, sbocchi, curve, organi di intercettazione, divergenti o convergenti, ecc.. Esse sono dovute a dissipazioni di energia dovute a fenomeni turbolenti particolarmente intensi che comportano, in generale, il distacco della vena liquida dalla parete della tubazione. Esse sono state valutate applicando la **relazione (2.4)** ovvero la **relazione (2.5)** a seconda dei casi:

$$\Delta H_{loc} = \zeta \frac{V^2}{2g} \quad (2.4)$$

$$\Delta H_{loc} = \zeta \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad (2.5)$$

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

dove:

$\Delta H_{loc}$  = perdite di carico localizzate [m]

$\zeta$  = coefficiente delle perdite di carico [-]

$V_1, V_2$  = velocità della corrente nei tratti di monte e di valle della singolarità [ $m\ s^{-1}$ ]

Il coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  dipende in modo molto sensibile dal tipo di singolarità geometrica. Nei sottoparagrafi seguenti si definisce il valore del coefficiente  $\zeta$  per i diversi tipi di singolarità geometrica.

**Tab. 2.1 - Caratteristiche fisiche dell'acqua.**

Temperatura T [°C]	Densità $\rho$ [ $kg/m^3$ ]	Peso specifico $\gamma$ [ $N/m^3$ ]	Viscosità dinamica $\mu \cdot 10^{-4}$ [ $Pa \cdot s$ ]	Viscosità cinematica $\nu \cdot 10^6$ [ $m^2/s$ ]	Tensione superficiale (*) $\sigma \cdot 10^3$ [ $N/m$ ]	Tensione di vapore $p_v$ [Pa]	Modulo elasticità (compr. cubica) $\epsilon \cdot 10^{-8}$ [Pa]
0	999,2	9798	17,75	1,776	77,66	608	19,8
4	1000,0	9806	15,69	1,569		814	20,4
10	999,2	9798	13,04	1,305	76,00	1246	21,0
15	998,7	9793	11,37	1,138		1700	21,6
20	998,2	9788	10,00	1,002	74,23	2314	21,9
30	995,3	9760	8,00	0,804		4217	22,7
40	992,4	9730	6,56	0,661	70,70	7345	22,8
50	988,4	9692	5,49	0,555		12257	22,9
60	983,5	9644	4,69	0,477	67,07	19847	22,8
70	978,2	9592	4,06	0,415		31160	22,5
80	972,2	9533	3,57	0,367	63,25	47314	22,0
90	965,2	9465	3,17	0,328		70100	21,4
100	958,2	9396	2,83	0,295	59,23	101296	20,7

(\*) *rispetto all'aria*

#### 2.2.1 IMBOCCO IN UNA CONDOTTA DA UN SERBATOIO

Si è utilizzata la **relazione (2.4)** con un coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  così definito:

- $\zeta = 1,00$  per imbocco del tipo a "condotta rientrante"
- $\zeta = 0,50$  per imbocco del tipo a "spigolo vivo"
- $\zeta = 0,25$  per imbocco del tipo a "conico"
- $\zeta = 0,10$  per imbocco del tipo a "imbocco arrotondato"

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**2.2.2 SBOCCO DI UNA CONDOTTA IN UN SERBATOIO**

Si è utilizzata la **relazione (2.4)** con un coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  così definito:

- $\zeta = 1,56$  per sbocco del tipo "raccordato, dotato di breve tronchetto con pipa finale"
- $\zeta = 1,00$  per sbocco del tipo a "spigolo vivo"
- $\zeta = 0,50$  per sbocco del tipo a "conico con  $D_0/D = 1,50$ "
- $\zeta = 0,20$  per sbocco del tipo a "conico con  $D_0/D = 3,00$ "

**2.2.3 RESTRINGIMENTI DI SEZIONE CON RACCORDI CONVERGENTI**

I raccordi tra tubazioni di diametro decrescente sono realizzati con convergenti di tipo conico. In particolare, nel caso in cui il restringimento di sezione avvenga bruscamente, le perdite di carico possono essere calcolate attraverso la **relazione (2.4)** con  $V$  riferito alla velocità di monte, assumendo un coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  pari a **0,32**; diversamente, in caso di tronchi di condotta gradualmente convergenti, il coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  può essere assunto cautelativamente pari a **0,20**.

**2.2.4 ALLARGAMENTI DI SEZIONE CON RACCORDI DIVERGENTI**

I raccordi tra tubazioni di diametro crescente sono realizzati con divergenti di tipo conico. In questo caso, si utilizza la **relazione (2.5)** considerando, nel caso di brusco allargamento, un coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  pari a **1,00** e nel caso di allargamento graduale un coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  pari a **0,40**.

**2.2.5 CURVE**

Si è utilizzata la **relazione (2.4)** con un coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  così definito, ipotizzando un rapporto  $r/D = 1$ :

- $\zeta = 0,33$  per una curva di  $90,0^\circ$
- $\zeta = 0,25$  per una curva di  $60,0^\circ$
- $\zeta = 0,19$  per una curva di  $45,0^\circ$
- $\zeta = 0,15$  per una curva di  $30,0^\circ$
- $\zeta = 0,11$  per una curva di  $22,5^\circ$

ovvero un rapporto  $r/D = 2$ :

- $\zeta = 0,27$  per una curva di  $90,0^\circ$
- $\zeta = 0,21$  per una curva di  $60,0^\circ$

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

- $\zeta = 0,16$  per una curva di  $45,0^\circ$
- $\zeta = 0,09$  per una curva di  $22,5^\circ$

**2.2.6 PEZZI SPECIALI**

Si è utilizzata la **relazione (2.4)** con un coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  così definito:

- $\zeta = 0,30$  per piede d'accoppiamento di pompe sommergibili
- $\zeta = 0,45$  per valvola di non ritorno e saracinesche in serie
- $\zeta = 0,10$  per misuratori di portata di tipo elettromagnetico
- $\zeta = 0,50$  per valvole a farfalla con apertura al 100%
- $\zeta = 0,80$  per valvole a farfalla con apertura al 90%
- $\zeta = 1,70$  per valvole a farfalla con apertura al 80%
- $\zeta = 4,00$  per valvole a farfalla con apertura al 70%
- $\zeta = 7,50$  per valvole a farfalla con apertura al 60%
- $\zeta = 20,0$  per valvole a farfalla con apertura al 50%
- $\zeta = 250,0$  per valvole a farfalla con apertura al 30%

**2.2.7 DIRAMAZIONI E CONFLUENZA MEDIANTE RACCORDI A "T"**

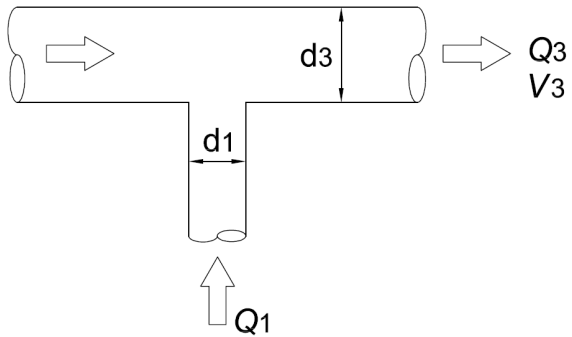
Nel caso di raccordi a "T" si è utilizzata la **relazione (2.4)** dove:

- nel caso di condotta che si innesta in una condotta rettilinea, con asse del flusso perpendicolare, si considera come velocità  $V$  quella riferita alla velocità di valle ( $V_3$ ), e come coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  quello riportato in **Tab. 2.2**;
- nel caso di condotta che si dirama da una condotta rettilinea, con asse del flusso perpendicolare, si considera come velocità  $V$  quella riferita alla velocità di monte ( $V_3$ ), e come coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  quello riportato in **Tab. 2.3**.

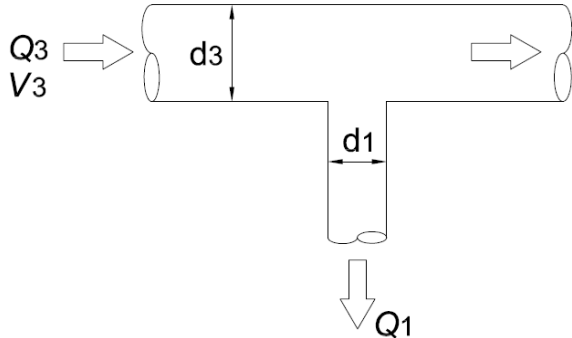


**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**Tab. 2.2** - Coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  in caso di convergenza di flussi.

	$d_1/d_3$	$Q_1/Q_3$ 0,25	$Q_1/Q_3$ 0,33	$Q_1/Q_3$ 0,50	$Q_1/Q_3$ 1,00
	0,5	0,05	0,35	1,10	3,75
	0,7	-0,10	0,20	0,65	2,10
	0,8	-0,15	0,15	0,55	1,70
	1,0	-0,20	-0,05	0,42	1,15

**Tab. 2.3** - Coefficiente delle perdite di carico  $\zeta$  in caso di divergenza di flussi.

	$d_1/d_3$	$Q_1/Q_3$ 0,25	$Q_1/Q_3$ 0,33	$Q_1/Q_3$ 0,50	$Q_1/Q_3$ 1,00
	0,5	0,95	0,96	1,25	2,90
	0,7	0,92	0,92	0,94	1,85
	0,8	0,91	0,90	0,92	1,65
	1,0	0,85	0,84	0,86	1,20

## 2.3 PERDITE DI CARICO CONTINUE PER CORRENTI A PELO LIBERO

Nel caso delle correnti a pelo libero (condotti fognari e canali) non sono univocamente determinate né l'altezza di pelo libero né la velocità della corrente. Se si considera che l'altezza di pelo libero sia quella di moto uniforme, essendo il moto uniforme quello che la corrente avrebbe se fosse indisturbata e che comunque tende a raggiungere man mano che si allontana dalle fonti di disturbo, l'altezza di moto uniforme  $h_0$  può essere determinata utilizzando la formula di Chézy, scritta secondo la formulazione datale da Manning (**relazione (2.6)**):

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

$$q = \frac{1}{n} AR^{2/3} i^{1/2} = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} i^{1/2} \quad (2.6)$$

dove:

- $q$  = portata della corrente [ $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ]  
 $n$  = coefficiente di scabrezza di Manning [ $\text{s m}^{-1/3}$ ]  
 $R$  =  $A/C$  = raggio idraulico (o raggio medio della sezione) [m]  
 $C$  = contorno bagnato (porzione del perimetro solido a contatto con il liquido) [m]  
 $i$  = pendenza del condotto o del canale [ $\text{m m}^{-1}$ ]

È evidente che i valori dell'area della sezione liquida, del raggio idraulico e del contorno bagnato, necessari per il calcolo della velocità della corrente e delle altezze di moto uniforme delle correnti a pelo libero, dipendono dalla forma e dalle dimensioni della sezione. In **Tab. 2.4** sono riportate le grandezze idrauliche e geometriche d'interesse (1) per sezioni circolari piene (tipiche delle condotte in pressione), (2) per sezioni circolari parzialmente piene (tipiche dei condotti fognari a pelo libero) e (3) per sezioni rettangolari (tipiche dei canali a pelo libero).

Il coefficiente  $n$  di Manning è il coefficiente di scabrezza: più è basso e più liscio è il condotto o canale in cui avviene il flusso. In **Tab. 2.5** sono elencati i coefficienti di Manning in uso per condotti chiusi e canali aperti di materiale vario.

La pendenza del condotto o del canale  $i$  è di solito dell'ordine di pochi per mille (cioè qualche metro al chilometro).

L'equazione di Chézy deve essere risolta per tentativi rispetto all'altezza di moto uniforme oppure ricorrendo ai grafici di **Fig. 2.1** (relativamente ai condotti di sezione circolare) e di **Fig. 2.2** (relativamente ai canali di sezione rettangolare). In entrambi i grafici sono tracciate curve definite dal parametro dimensionale  $\psi = nq/i^{1/2}$ . Per definire il valore dell'altezza del pelo libero, bisogna: (1) conoscere il valore della portata della corrente  $q$  in  $\text{l s}^{-1}$ , (2) scegliere gli opportuni valori del coefficiente di Manning  $n$  in  $\text{s m}^{-1/3}$  e della pendenza  $i$  in  $\text{m km}^{-1}$  (per mille), (3) calcolare il valore del parametro  $\psi = nq/i^{1/2}$ , (4) leggere il valore del rapporto  $h_0/D$  o  $h_0/B$  (sulle ordinate) corrispondente all'intersezione tra la curva che rappresenta il parametro  $\psi$  calcolato e la verticale condotta dall'opportuno valore del diametro  $D$  o della larghezza  $B$  (sulle ascisse) ed, infine, (5) determinare il valore dell'altezza di moto uniforme del pelo libero.

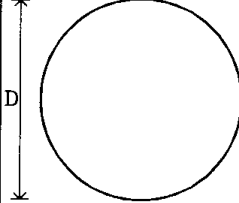
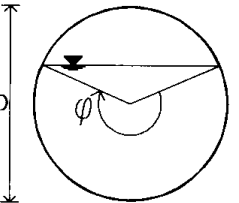
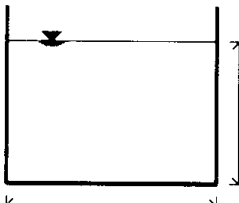
Tutti i punti che appartengono ad una stessa curva a  $\psi$  costante realizzano delle situazioni di moto uniforme possibili. I suddetti grafici possono essere utilizzati per la soluzione di problemi sia di progetto che di verifica.

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**Tab. 2.4 - Grandezze idrauliche e geometriche d'interesse per le sezioni circolari e rettangolari.**

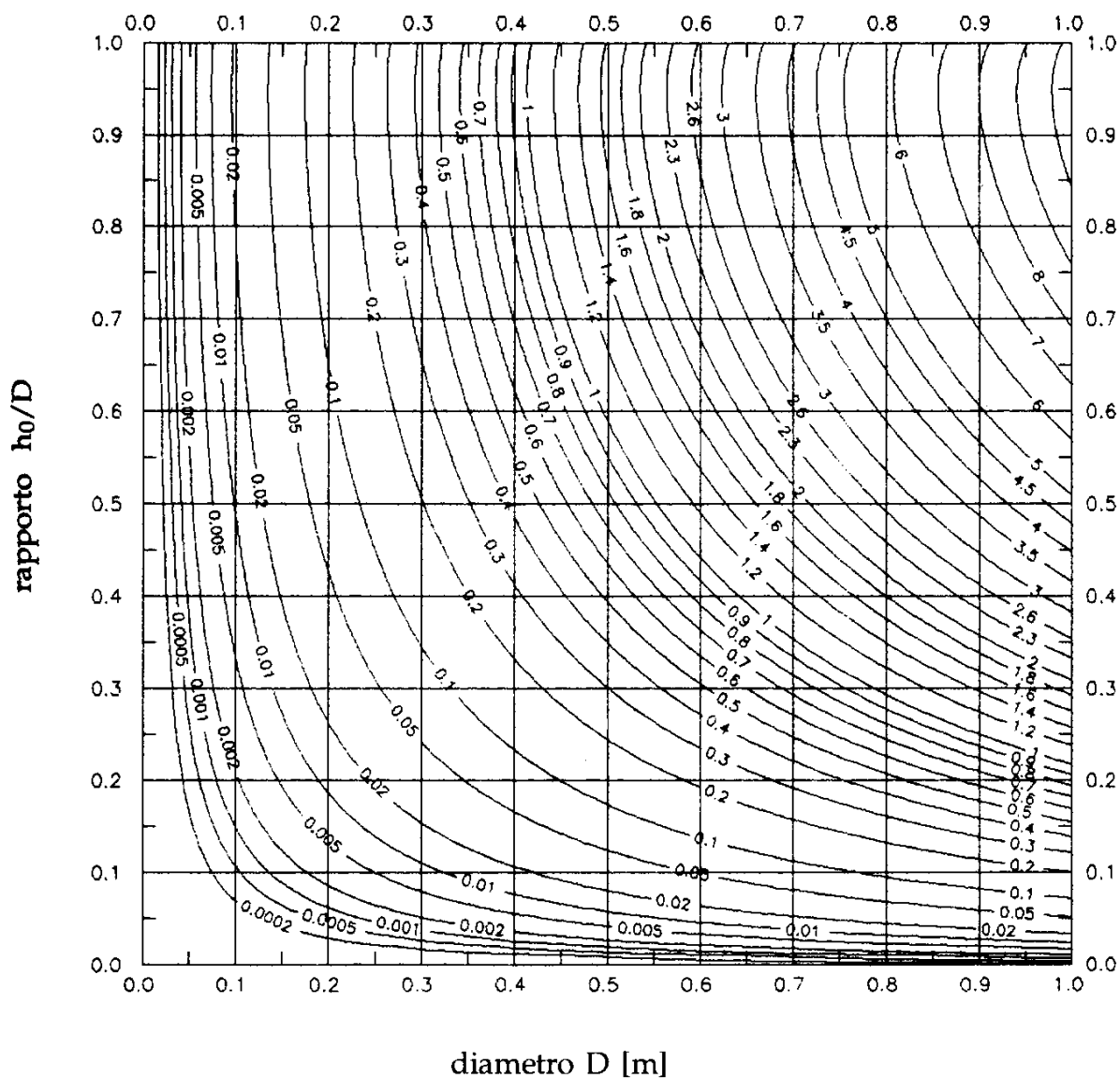
Grandezze d'interesse	Circolare piena	Circolare a pelo libero	Rettangolare	
				
A	$\pi D^2/4$	$(\varphi - \sin\varphi) \cdot D^2/8$	$Bh$	
C	$\pi D$	$\varphi D/2$	$B + 2h$	
R	$D/4$	$(1 - \sin\varphi/\varphi) \cdot \frac{D}{4}$	$\frac{Bh}{B + 2h}$	
L	–	$\sin(\varphi/2) \cdot D$	$B$	
$\psi$	–	$\frac{1000^{1/2}}{2^{13/3}} \frac{(\varphi_0 - \sin\varphi_0)^{5/3}}{\varphi_0^{2/3}} D^{8/3}$	$1000^{1/2} \frac{(h_0/B)^{5/3}}{(1+2h_0/B)^{2/3}} B^{8/3}$	
<p>A = area della sezione liquida [m<sup>2</sup>]</p> <p>C = contorno bagnato [m]</p> <p>R = A/C = raggio idraulico [m]</p> <p>L = larghezza del pelo libero [m]</p> <p>h = altezza del pelo libero [m]</p> <p>D = diametro della sezione circolare [m]</p> <p><math>\varphi</math> = <math>2 \cdot \arccos(1-2h/D)</math></p> <p>B = larghezza della sezione rettangolare [m]</p> <p><math>h_0</math> = altezza di moto uniforme del pelo libero [m]</p> <p><math>\varphi_0</math> = <math>2 \cdot \arccos(1-2h_0/D)</math></p> <p><math>\psi</math> = <math>n \cdot q/i^{1/2}</math></p> <p>n = coefficiente di scabrezza di Manning (vedi Tab. 6.3) [s/m<sup>1/3</sup>]</p> <p>q = portata della corrente [l/s]</p> <p>i = pendenza del condotto o del canale [m/km]</p>				

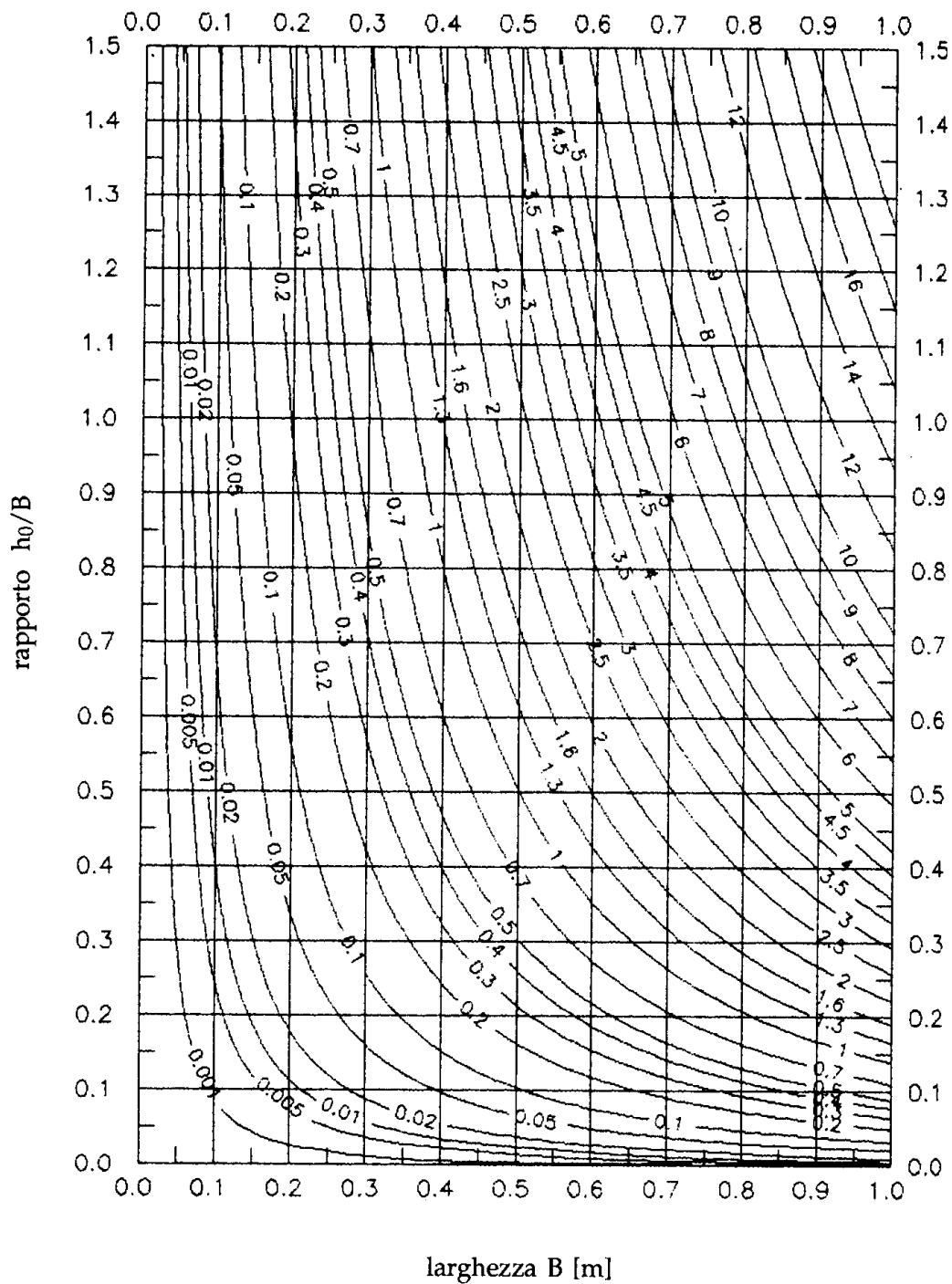
**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**Tab. 2.5 - Coefficienti di scabrezza di Manning.**

Tipo di materiale	n [s/m <sup>1/3</sup> ]		
	minimo	medio	massimo
<b>Condotti chiusi</b>			
Acciaio saldato	0,010	0,012	0,014
Acciaio chiodato	0,013	0,016	0,017
Ghisa con rivestimento	0,010	0,013	0,014
Ghisa senza rivestimento	0,011	0,014	0,016
Cemento amianto	0,011	0,013	0,015
Calcestruzzo rifinito	0,011	0,012	0,014
Calcestruzzo grezzo (casceforme in acciaio)	0,012	0,013	0,014
Calcestruzzo grezzo (casceforme lisce in legno)	0,012	0,014	0,016
Calcestruzzo grezzo (casceforme scabre in legno)	0,015	0,017	0,020
Grès	0,011	0,013	0,015
Mattoni	0,012	0,015	0,017
Plastica liscia	0,011	0,013	0,015
<b>Canalizzazioni aperte</b>			
Calcestruzzo lavorato con cazzuola	0,011	0,013	0,015
Calcestruzzo non rifinito	0,014	0,017	0,020
Mattoni	0,012	0,015	0,018
Rivestimento bituminoso	0,013	0,015	0,016

Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)





**Fig. 2.2** - Risoluzione grafica dell'equazione di Chézy per canali di sezione rettangolare  
(il parametro delle curve è  $\psi$ ).

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

## **2.4 PERDITE DI CARICO PER EFFLUSSO ATTRAVERSO LUCI A BATTENTE**

Le perdite di carico per efflusso attraverso luci a battente sono quelle che si hanno qualora la corrente debba passare attraverso un orifizio (luce) il cui contorno sia interamente posto sotto la superficie libera del bacino a monte. Di solito negli impianti di depurazione si utilizzano (1) luci a battente rigurgitate e (2) luci a battente con paratoie (rigurgitate o meno). Le luci a battente (con paratoia o senza) si dicono rigurgitate quando il contorno della luce è interamente soggiacente alla superficie libera del bacino di valle. La perdita di carico  $\Delta H_{lb}$  è allora il dislivello  $h$  tra le superfici liquide a monte e a valle. Nelle **Tabb. 2.6 e 2.7** si riportano le formule di calcolo della portata effluente attraverso i diversi tipi di luce a battente d'interesse. Esse sono anche utilizzabili per il calcolo delle relative perdite di carico.

## **2.5 PERDITE DI CARICO PER EFFLUSSO DA LUCI A STRAMAZZO**

Le perdite di carico per efflusso da luci a stramazzo sono quelle che si hanno qualora la corrente debba effluire da un orifizio a contorno aperto (stramazzo).

Di solito negli impianti di depurazione si utilizzano (1) stramazzi rettangolari in parete grossa, (2) stramazzi triangolari in parete sottile, (3) sfioratori laterali, (4) partitori di portata a stramazzo e (5) scaricatori di troppo pieno circolari.

In **Tab. 2.8** si riportano le formule di calcolo della portata effluente dalle luci a stramazzo d'interesse. Escludendo gli sfioratori laterali, per i quali la perdita di carico riguarda la corrente sfiorata e non quella principale, le perdite di carico  $\Delta H_{ls}$  sono il dislivello tra le superfici di monte e di valle. Le formule suddette forniscono solo il battente sullo stramazzo a cui va aggiunto il dislivello tra la soglia dello stramazzo e il pelo libero della corrente di valle. Generalmente tale dislivello è assunto non inferiore a 5-10 cm se si vuole evitare che la corrente di valle influenzi l'efflusso.

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)**

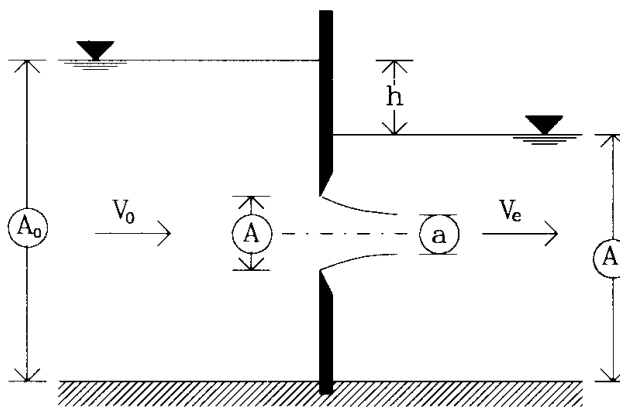
**PROGETTO ESECUTIVO**

**ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**Tab. 2.6 – Portata effluente attraverso luci a battente rigurgitate.**

$q = \mu' A \sqrt{2gh}$		se $V_0 < 0,2 \text{ m/s}$
$q = C_v \sqrt{2gh} / \sqrt{\frac{1}{A_1^2} + \left( \frac{1}{C_c A} - \frac{1}{A_1} \right)^2 - \frac{1}{A_0^2}}$		se $V_0 > 0,2 \text{ m/s}$
dove:		
$\mu'$	=	1,01 $\mu$
$\mu$	=	$C_c C_v$
$C_c$	=	$a/A$
$C_v$	=	$V_e / \sqrt{2gh}$
con:		
$\mu'$	=	0,60÷0,62
$\mu$	=	0,59÷0,61
$C_c$	=	0,60÷0,62
$C_v$	=	0,96÷0,98



$q$	=	portata effluente dalla luce [m <sup>3</sup> /s]
$A$	=	area della luce [m <sup>2</sup> ]
$A_0$	=	area della sezione trasversale della vasca o del canale a monte [m <sup>2</sup> ]
$A_1$	=	area della sezione trasversale della vasca o del canale a valle [m <sup>2</sup> ]
$a$	=	area della sezione contratta [m <sup>2</sup> ]
$V_0$	=	velocità nella vasca o nel canale a monte [m/s]
$V_e$	=	velocità nella sezione contratta [m/s]
$h$	=	dislivello tra le superfici liquide a monte e a valle [m]
$\mu'$	=	coefficiente di efflusso per luci a battente rigurgitate
$\mu$	=	coefficiente di efflusso per luci a battente a contrazione completa
$C_c$	=	coefficiente di contrazione
$C_v$	=	coefficiente di velocità

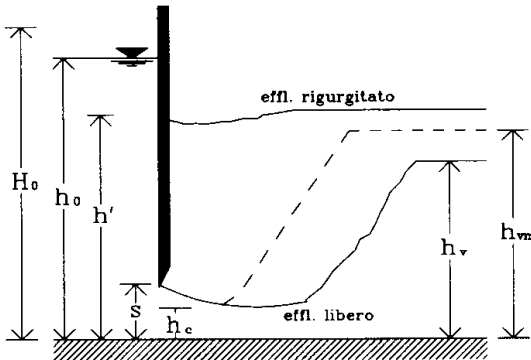


**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**Tab. 2.7 – Portata effluente attraverso luci a battente con paratoia.**

Si calcola la profondità limite <sup>(*)</sup>	
$h_{vm} = \frac{1}{2} h_c \left[ \sqrt{1 + \frac{16}{y(1+y)}} - 1 \right]$	
La portata effluente è:	
$q = \mu s B \sqrt{2g (H_0 - h_c)}$	se $h_v < h_{vm}$ (efflusso libero)
$q = \mu s B \sqrt{2g (H_0 - h')}$	se $h_v > h_{vm}$ (efflusso rigurgitato)
dove:	
$h_c$	$= C_c \cdot s$
$y$	$= h_c / h_0$
$H_0$	$= h_0 + V_0^2 / 2g$
$h'$	$= \sqrt{h_v^2 - \varepsilon(2h_0 - \varepsilon)} + \varepsilon$
$\varepsilon$	$= 2\mu^2 (h_v - h_c) y$
con:	
$\mu$	$= 0,615 \quad \text{se } s < h_0/4$
$\mu$	$= 0,66+0,70 \quad \text{se } s > h_0/4$
$C_c$	$= 0,62$



$q$	$=$	portata effluente dalla luce [m <sup>3</sup> /s]
$s$	$=$	apertura della paratoia [m]
$B$	$=$	larghezza del canale rettangolare [m]
$h_0$	$=$	altezza nel canale a monte della paratoia [m]
$h_c$	$=$	altezza nella sezione contratta [m]
$h_v$	$=$	altezza nel canale a valle del risalto [m]
$h_{vm}$	$=$	profondità limite [m]
$h'$	$=$	altezza del rigurgito a valle della paratoia [m]
$H_0$	$=$	carico totale a monte della paratoia [m]
$V_0$	$=$	velocità a monte della paratoia [m/s]
$\mu$	$=$	coefficiente di efflusso
$C_c$	$=$	coefficiente di contrazione

<sup>(\*)</sup> Tale calcolo è richiesto nel caso di alveo a debole pendenza: in caso di alveo a forte pendenza non c'è possibilità di rigurgito

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**Tab. 2.8 – Portata effluente da luci a stramazzo.**

Tipo di luce a stramazzo		Campo di validità delle formule di calcolo	Fonte
<b>Stramazzo rettangolare in parete grossa</b> $q = \mu' Bh \sqrt{2gh}$  con: $\mu' = \mu [0,7 + 0,185 (h/s)]$ $\mu = [0,405 + \frac{0,003}{h}] [1 + 0,55 \frac{h^2}{(h + p)^2}]$		$0,1 < h < 0,6 \text{ m}$ $0,2 < p < 2,0 \text{ m}$ $h/s < 0,5$	Citrini et al., 1990
<b>Stramazzo triangolare in parete sottile</b> $q = \frac{8}{15} \mu h^2 \operatorname{tg} \alpha \sqrt{2gh}$  con: $\mu = f(\alpha) = 0,577 + 0,590$		$0,05 \leq h \leq 0,30 \text{ m}$ $B \geq 0,80 \text{ m}$ $p \geq 0,45 \text{ m}$ $h/B \leq 0,3$ $h/p \leq 0,4$	Endress+Hauser, 1992
<b>Sfioratore laterale</b> $q = \mu h \sqrt{2gh}$  con: $\mu = \frac{2}{3} 0,611 \sqrt{1 - \frac{3}{1 + 2/Fr_1^2}}$  $\mu = [0,21 + 0,094 \sqrt{1,75 L/D - 1}] + [0,22 - 0,08 \sqrt{1,68 L/D - 1}] \sqrt{1 - Fr_1}$		$Fr_1 < 1$  canale rettang.  condotto circolare	Uyumaz, 1989
<b>Partitore di portata a stramazzo (rettangolare)</b> $q = \mu Lh \sqrt{2gh}$  con: $\mu \approx 0,40$			Degrémont, 1978
<b>Scaricatore di troppo pieno circolare</b> $q = \mu \pi d h \sqrt{2gh}$  con: $\mu \approx 0,34$		$0,2 < d < 0,7 \text{ m}$	
<div><div><div>q</div><div>=</div><div>portata effluente dalla luce a stramazzo [m<sup>3</sup>/s]</div></div><div><div>q<sub>l</sub></div><div>=</div><div>portata effl. dalla luce a stramazzo per metro di soglia sfiorante [m<sup>3</sup>/m.s]</div></div><div><div>μ, μ'</div><div>=</div><div>coefficienti di efflusso dello stramazzo</div></div><div><div>h</div><div>=</div><div>altezza del pelo libero sulla soglia [m]</div></div><div><div>B</div><div>=</div><div>larghezza del canale rettangolare [m]</div></div><div><div>D</div><div>=</div><div>diametro del condotto circolare [m]</div></div><div><div>p</div><div>=</div><div>altezza della soglia sul fondo del canale [m]</div></div><div><div>α</div><div>=</div><div>angolo di apertura dello stramazzo triangolare [°]</div></div><div><div>L</div><div>=</div><div>lunghezza della soglia sfiorante [m]</div></div><div><div>d</div><div>=</div><div>diametro dello scaricatore di troppo pieno circolare [m]</div></div><div><div>Fr<sub>1</sub></div><div>=</div><div><math>V_1/\sqrt{gA_1/L_1}</math> = numero di Froude della corrente a monte dello sfioratore</div></div><div><div>V<sub>1</sub></div><div>=</div><div>velocità della corrente a monte dello sfioratore [m/s]</div></div><div><div>A<sub>1</sub></div><div>=</div><div>area della sezione liquida a monte dello sfioratore [m<sup>2</sup>]</div></div><div><div>L<sub>1</sub></div><div>=</div><div>larghezza del pelo libero della corrente a monte dello sfioratore [m]</div></div></div>			

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

Un caso particolare è costituito dall'efflusso attraverso stramazzi rettangolari a sbocco rigurgitato (cioè tali per cui l'efflusso dipenda dal livello idrico di valle, essendo tale livello superiore a quello della soglia sfiorante) per i quali si è soliti considerare in modo approssimato che l'efflusso possa essere scomposto in due componenti, uno stramazzo libero di altezza  $(h_m - h_v)$  ed una bocca a battente rigurgitata di altezza  $h_v$  e carico  $(h_m - h_v)$ , dove  $h_m$  ed  $h_v$  sono le altezze del livello idrico di monte e di valle sulla soglia. La formula che si applica è pertanto la **relazione (2.7)**:

$$q = \left[ \left( 0,402 + 0,054 \frac{h_m - h_v}{p} \right) (h_m - h_v) + 0,61 \cdot h_v \right] B \sqrt{2g(h_m - h_v)} \quad (2.7)$$

dove:

$q$  = portata della corrente [ $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ]

$h_m, h_v$  = altezza di monte e di valle sulla soglia dello stramazzo [m]

$p$  = altezza della soglia sul fondo del canale [m]

$B$  = larghezza dello stramazzo [m]

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

### **3. ILLUSTRAZIONE DEI CALCOLI DEL PROFILO IDRAULICO DELL'IMPIANTO**

Nel presente capitolo si riportano le tabelle di calcolo del profilo idraulico a gravità dell'impianto nel caso di massima portata, per le sezioni dell'impianto sulle quali si appor-  
tano le opere di adeguamento progettuale.

I dati dimensionali delle vasche e le quote altimetriche degli stramazzi sono stati desunti dalle tavole del Progetto costruttivo del 1989 di Costruzioni Dondi S.p.A. In particolare le quote sono da intendersi come relative, cioè riferite a uno zero non noto, in quanto non corrispondono alle reali quote altimetriche dell'area.

In **Tab. 3.1** sono indicate le portate massime di progetto che transitano nell'impianto.

In **Tab. 3.2** si riportano le sezioni in cui l'impianto è stato suddiviso per il calcolo del profilo idraulico (unità di trattamento e tratti di collegamento tra di esse) con le relative portate in transito.

Si specifica che per il collegamento tra la predenitrificazione e l'ossidazione sono presenti nella configurazione di progetto due collettori, uno esistente DN800 (qui definito LINEA 1) e uno di progetto DN600 (qui definito LINEA 2). Quest'ultimo è costituito in parte da un tratto di una tubazione esistente DN800 che viene recuperato con *relining* e in parte da un nuovo tratto PEAD DE63. L'aggiunta del secondo collettore è stata determinata dall'incremento di portate che transitano in quel tratto, considerato che alla portata influente sono stati aggiunti i ricircoli dei fanghi biologici e del *mixed liquor*.

In **Tab. 3.3** si illustrano i calcoli di profilo idraulico dalla predenitrificazione (ex sedimentatore primario) fino alla sedimentazione secondaria. Il calcolo è stato sviluppato da valle verso monte (come si addice alle correnti lente) va viene rappresentato per praticità da monte verso valle.

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**Tab. 3.1 – Portate profilo idraulico.**

		Portata [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Portata [L s <sup>-1</sup> ]
portata massima a biologico	q <sub>max</sub>	1 250	347
portata ricircolo fanghi	q <sub>rf</sub>	800	222
portata ricircolo mixed liquor	q <sub>ml</sub>	833	231
portata totale	q <sub>tot</sub>	2 833	801

**Tab. 3.2 – Sezioni profilo idraulico.**

Sezione	Contributi	Unità	Portata [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Portata [L s <sup>-1</sup> ]
<b>A. Predenitrificazione (ex decantazione primaria)</b>	q <sub>tot</sub>	1	2 883	801
<b>B. Collegamento predenito-nitro</b>	q <sub>tot</sub>	1	2 883	801
<b>B1. Collegamento predenito-nitro - LINEA 1</b>	q <sub>tot</sub> in DN800	1	1 845	513
<b>B2. Collegamento predenito-nitro - LINEA 2</b>	q <sub>tot</sub> in DN600	1	1 038	288
<b>C. Nitrificazione</b>	q <sub>tot</sub>	1	2 883	801
	q <sub>tot</sub> /3	3	961	267
<b>D. Pozzetto ripartitore a sed. secondaria</b>	q <sub>tot</sub>	1	2 050	569
	q <sub>tot</sub> /2	2	1 025	285
<b>E. Collegamento pozzetto ripartitore – sed. secondaria</b>	q <sub>tot</sub>	1	2 050	569
	q <sub>tot</sub> /2	2	1 025	285
<b>F. Sedimentazione secondaria</b>	q <sub>tot</sub> /2	2	1 025	285

**Tab. 3.3 –Profilo idraulico impianto.**

Sezione A. Predenitrificazione (ex decantazione primaria)	ΔH [cm]	H [m s.rif.]
<b>Livello in predenitrificazione (ex decantazione primaria) (A.1)</b>		<b>106,42</b>
Battente sullo stramazzo di efflusso del bacino di decantazione primaria costituito da ipotizzati n. 449 stramazzi triangolari di apertura 90° con apice inferiore a quota 106,35 m s.rif. (q=801 L/s). Sono stati eliminati 8 m alla lunghezza di sfioro totale del sedimentatore in quanto è prevista l'installazione di una lama di chiusura sullo sfioro per evitare che i ricircoli di fanghi biologici e <i>mixed liquor</i> escano subito dalla vasca prima di miscelarsi	7,01	
Dislivello tra livello A.2 e apice inferiore stramazzi triangolari posti a quota 106,35 m s.rif.	71,80	
	□	
<b>Livello in pozzetto di efflusso preden. (ex dec. primaria) (A.2)(B2.1)</b>		<b>105,63</b>

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

<b>Sezione B1. Collegamento predenito-nitro - LINEA 1</b>	<b><math>\Delta H</math> [cm]</b>	<b>H [m s.rif.]</b>
	□	
<b>Livello in pozzetto di efflusso preden. (ex dec. primaria) (B1.1)</b>		<b>105,56</b>
Perdite di carico per imbocco a spigolo vivo da predenitrificazione nella tubazione DN 800 acciaio inox ( $q=512,6$ L/s; $V=1,02$ m/s; $\zeta=0,50$ )	2,65	
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 800 acciaio inox in pressione ( $L=40,00$ m; $q=512,6$ L/s; $V=1,02$ m/s; $\varepsilon=0,3$ mm)	4,35	
Perdite di carico in n. 2 curve con $r/D=1$ a $45^\circ$ della tubazione DN 800 acciaio ( $q=512,6$ L/s; $V=1,06$ m/s; $\zeta=0,19$ )	2,01	
Perdite di carico per sbocco a spigolo vivo in nitrificazione ( $q=136,1$ L/s; $V=1,93$ m/s; $\zeta=1,00$ )	5,30	
<b>Livello idrico in ripartitore a nitrificazione (B1.2)(C.1)(B2.2)</b>		<b>105,42</b>

<b>Sezione B2. Collegamento predenito-nitro - LINEA 2</b>	<b><math>\Delta H</math> [cm]</b>	<b>H [m s.rif.]</b>
	□	
<b>Livello in pozzetto di efflusso preden (ex dec primaria) (B2.1)(A.2)</b>		<b>105,63</b>
Perdite di carico per imbocco a spigolo vivo da predenitrificazione nella tubazione DN 600 acciaio inox ( $q=288,3$ L/s; $V=1,02$ m/s; $\zeta=0,50$ )	2,65	
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 600 acciaio inox in pressione ( $L=52,5$ m; $q=288,3$ L/s; $V=1,02$ m/s; $\varepsilon=0,3$ mm)	8,11	
Perdite di carico in n. 2 curve con $r/D=1$ a $45^\circ$ della tubazione DN 600 acciaio ( $q=288,3$ L/s; $V=1,02$ m/s; $\zeta=0,19$ )	2,01	
Perdite di carico in n. 2 curve con $r/D=1$ a $90^\circ$ della tubazione DN 600 acciaio ( $q=288,3$ L/s; $V=1,02$ m/s; $\zeta=0,33$ )	3,50	
Perdite di carico per sbocco a spigolo vivo in ripartitore a nitrificazione ( $q=288,3$ L/s; $V=1,02$ m/s; $\zeta=1,00$ )	5,30	
<b>Livello idrico in ripartitore a nitrificazione (B2.2)(C.1)(B1.2)</b>		<b>105,42</b>

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

<b>Sezione C. Nitrificazione</b>	<b>ΔH [cm]</b>	<b>H [m s.rif.]</b>
	□	
<b>Livello in ripartitore a nitrificazione (C.1)(B1.2)(B2.2)</b>		<b>105,42</b>
Battente sulla soglia del ripartitore di portata a nitrificazione (l=1,50 m; soglia a 105,20 m s.rif.; q=267 L/s)	21,61	
Dislivello tra livello C.2 e soglia di stramazzo ripartitore posta a quota 105,20 m s.rif.	14,54	
<b>Livello vasca in nuova nitrificazione (ex predenitrificazione) (C.2)</b>		<b>105,05</b>
Perdite di carico per efflusso attraverso n. 2 luci a battente rigurgitata di alimentazione al secondo reattore di nitrificazione (dimensione luce 1,50×1,00 m <sup>2</sup> ; q=267,0 L/s)	0,08	
	□	
<b>Livello in nitrificazione (C.3)</b>		<b>105,05</b>
Battente sulla soglia della vasca di nitrificazione al pozzetto di efflusso biologico (l=2,50 m; soglia a 104,90 m s.rif.; q=267 L/s)	15,37	
Dislivello tra livello C.4 e soglia di efflusso biologico posta a quota 104,90 m s.rif.	26,38	
<b>Livello in prima parte pozzetto di efflusso bio linea centrale (C.4)(D.1)</b>		<b>104,64</b>

<b>Sezione D. Pozzetto ripartitore a sed. secondaria</b>	<b>ΔH [cm]</b>	<b>H [m s.rif.]</b>
<b>Livello in prima parte pozzetto di efflusso bio linea centrale (D.1)(C.4)</b>		<b>104,64</b>
Battente sulla soglia del pozzetto di efflusso al ripartitore a sedimentazione secondaria (l=2,00 m; soglia a 104,45 m s.rif.; q=285 L/s)	18,62	
Dislivello tra livello D.2 e soglia di ripartizione posta a quota 104,45 m s.rif.	21,83	
<b>Livello in seconda parte del ripartitore a sed. secondaria (D.2)(E.1)</b>		<b>104,23</b>

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

<b>Sezione E. Collegamento pozzetto ripartitore – sed. secondaria</b>	<b><math>\Delta H</math> [cm]</b>	<b>H [m s.rif.]</b>
	<input type="checkbox"/>	
<b>Livello in seconda parte del ripartitore a sed. secondaria (E.1)(D.2)</b>	<input type="checkbox"/>	<b>104,23</b>
	<input type="checkbox"/>	
Perdite di carico per imbocco a spigolo vivo dal ripartitore a sed sec nella tubazione DN 600 acciaio ( $q=285$ L/s; $V=1,01$ m/s; $\zeta=0,50$ )	2,59	
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 600 acciaio ( $L=85$ m; $q=285$ L/s; $V=1,01$ m/s; $\epsilon=0,3$ mm)	12,82	
Perdite di carico in n. 4 curve con $r/D=1$ a $45^\circ$ della tubazione DN 600 acciaio ( $q=285$ L/s; $V=1,01$ m/s; $\zeta=0,19$ )	0,04	
Perdite di carico in n. 1 curva con $r/D=1$ a $90^\circ$ della tubazione DN 600 acciaio ( $q=285$ L/s; $V=1,01$ m/s; $\zeta=0,33$ )	1,71	
Perdite di carico per sbocco a spigolo vivo in sed. secondaria ovest dalla tubazione DN 600 acciaio ( $q=285$ L/s; $V=1,01$ m/s; $\zeta=1,00$ )	5,17	
<b>Livello sedimentazione secondaria (E.2)(F.1)</b>		<b>104,01</b>

<b>Sezione F. Sedimentazione secondaria</b>	<b><math>\Delta H</math> [cm]</b>	<b>H [m s.rif.]</b>
<b>Livello sedimentazione secondaria (F.1)(E.2)</b>		<b>104,01</b>
Battente sullo stramazzo di efflusso del bacino di sed. secondaria ovest costituito da ipotizzati n. 251 stramazzi triangolari di apertura $90^\circ$ con apice inferiore a quota 103,95 m s.rif. ( $q=285$ L/s)	5,85	



**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

#### **4. ILLUSTRAZIONE DEI CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO DEI SOLLEVAMENTI**

Nel presente capitolo si riportano i calcoli che sono stati svolti per determinare la prevalenza delle elettropompe di ricircolo dei fanghi biologici e delle elettropompe di ricircolo del *mixed liquor*.

In **Tab.4.1** si riportano i calcoli relativi al ricircolo dei fanghi biologici (2 pompe in parallelo da 111 L/s l'una) i quali dimostrano che nelle condizioni di massima portata in ingresso la prevalenza necessaria è superiore rispetto a quella della pompa installata allo stato di fatto. Per questa ragione una delle pompe di ciascun pozzetto di ricircolo fanghi, quella meno recente, viene sostituita con una pompa di nuova fornitura.

In **Tab.4.2** illustrano i calcoli per il dimensionamento delle elettropompe di ricircolo del *mixed liquor* (2 pompe in parallelo da 116 L/s l'una), che sono del tipo centrifughe orizzontali installate a secco. Le pompe sono di nuova fornitura in quanto le esistenti che sono della tipologia *mixer* intubato, vengono rimosse e utilizzate come *mixer* sommersi nella vasca di predenitrificazione.

**Tab. 4.1 – Sollevamento fanghi biologici.**

Livello massimo sollevamento fanghi	<b>103,70</b>
Quota scarico in predenitrificazione (ex sed primario)	<b>107,20</b>
<b>Dislivello geodetico</b>	<b>3,50</b>

<b>Perdite di carico lungo le mandate singole</b>	
Perdite di carico su piede di accoppiamento pompa - tubazione DN 200 acciaio (q=111 L/s; V=3,54 m/s; $\zeta=0,30$ )	0,19
Perdita di carico allargamento da piede di accoppiamento DN 200 a tubazione DN 250 (q=111 L/s; V=3,54 m/s; d/D=0,80; $\zeta=0,05$ )	0,03
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 250 acciaio in pressione (L=3,00 m; q=111 L/s; V=2,26 m/s; $\epsilon=0,3$ mm)	0,14
Perdite di carico in n. 2 curve con r/D=1 a 90° della tubazione DN 250 acciaio (q=111 L/s; V=2,26 m/s; $\zeta=0,33$ )	0,17
Perdite di carico in valvola di non ritorno e saracinesca della tubazione DN 250 acciaio (q=111 L/s; V=2,26; $\zeta=0,45$ )	0,12
<b>Totale perdite di carico mandate singole</b>	<b>0,65</b>

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

<b>Perdite di carico lungo il collettore comune</b>	
Perdite di carico per innesto seconda mandata DN 250 in collettore DN 250 acciaio (q=111 L/s; V=2,26 m/s; Qd/Q=1,000; $\zeta=0,91$ )	0,24
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 250 acciaio in pressione (L=10,00 m; q=111 L/s; V=2,26 m/s; $\varepsilon=0,3$ mm)	0,83
Perdite di carico in n. 1 curva con r/D=1 a 45° della tubazione DN 250 acciaio (q=111 L/s; V=2,26 m/s; $\zeta=0,19$ )	0,15
Perdita di carico allargamento da tubazione DN 250 a tubazione DN 450 (q=111 L/s; V=2,26 m/s; d/D=0,55; $\zeta=0,17$ )	0,04
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 450 acciaio (L=62,00 m; q=222 L/s; V=1,40 m/s; $\varepsilon=0,1$ mm)	0,01
Perdite di carico per innesto seconda mandata DN 250 in collettore DN 450 acciaio (q=222 L/s; V=1,40 m/s; Qd/Q=0,500; $\zeta=0,36$ )	0,04
Perdite di carico continue lungo la tubazione PEAD DE 450 PN10 (L=33,0 m; q=222 L/s; V=1,80 m/s; $\varepsilon=0,1$ mm)	0,21
Perdite di carico in n. 4 curve con r/D=1 a 90° della tubazione PEAD DE 450 PN10 (q=222 L/s; V=1,80 m/s; $\zeta=0,33$ )	0,22
Perdite di carico in n. 1 curva con r/D=1 a 45° della tubazione PEAD DE 450 PN10 (q=222 L/s; V=1,80 m/s; $\zeta=0,19$ )	0,03
Perdita di carico restringimento da tubazione DN 450 a misuratore di portata DN 350 (q=222 L/s; V=1,40 m/s; d/D=0,78; $\zeta=0,06$ )	0,01
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 350 acciaio in pressione (L=5,00 m; q=222 L/s; V=2,31 m/s; $\varepsilon=0,3$ mm)	0,08
Perdite di carico in n. 2 curve con r/D=1 a 90° della tubazione DN 350 acciaio (q=222 L/s; V=2,31 m/s; $\zeta=0,33$ )	0,18
Perdite di carico per sbocco a spigolo vivo in vasca di predenitrificazione DN 350 acciaio (q=222 L/s; V=2,31 m/s; $\zeta=1,00$ )	0,27
<b>Totale perdite di carico collettore comune</b>	<b>2,30</b>
<b>Totale prevalenza pompe</b>	
	<b>6,45</b>

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

**Tab. 4.2 – Sollevamento mixed liquor.**

Livello massimo in pozzetto efflusso biologico	<b>104,64</b>
Quota scarico su vasca di predenitro (ex sed primario)	<b>107,30</b>
<b>Dislivello geodetico</b>	<b>2,66</b>

<b>Perdite di carico lungo le aspirazioni comuni e singole</b>	
Perdite di carico per imbocco a spigolo vivo da efflusso ossidazione nella tubazione DN 600 acciaio inox ( $q=231$ L/s; $V=0,82$ m/s; $\zeta=0,50$ )	0,02
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 600 acciaio in pressione ( $L=8,00$ m; $q=231$ L/s; $V=0,82$ m/s; $\varepsilon=0,3$ mm)	0,01
Perdite di carico in n. 1 curva con $r/D=1$ a $90^\circ$ della tubazione DN 600 acciaio ( $q=231$ L/s; $V=0,82$ m/s; $\zeta=0,33$ )	0,01
Perdite di carico in TEE della tubazione DN 600 acciaio e della tubazione DN 250 acciaio ( $q=231$ L/s; $V=0,82$ m/s; $q/Q=0,5$ ; $\zeta=0,92$ )	0,03
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 250 acciaio d'aspirazione in pressione ( $L=1,00$ m; $q=116$ L/s; $V=2,36$ m/s; $\varepsilon=0,3$ mm)	0,02
<b>Totale perdite di carico aspirazioni</b>	<b>0,09</b>

<b>Perdite di carico lungo le mandate singole</b>	
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 250 acciaio in pressione ( $L=1,20$ m; $q=116$ L/s; $V=2,36$ m/s; $\varepsilon=0,3$ mm)	0,03
Perdite di carico in n. TEE della tubazione DN 250 acciaio in tubazione DN 450 acciaio ( $q=116$ L/s; $V=2,36$ m/s; $q/Q=0,5$ ; $\zeta=0,28$ )	0,08
Perdite di carico in valvola di non ritorno e saracinesca della tubazione DN 250 acciaio ( $q=111$ L/s; $V=2,26$ ; $\zeta=0,45$ )	0,13
<b>Totale perdite di carico mandate singole</b>	<b>0,24</b>

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

<b>Perdite di carico lungo il collettore comune</b>	
Perdite di carico per innesto seconda mandata DN 250 in collettore DN 450 acciaio ( $q=231$ L/s; $V=1,46$ m/s; $Qd/Q=0,5$ ; $\zeta=0,36$ )	0,04
Perdite di carico continue lungo la tubazione DN 450 acciaio in pressione ( $L=11,00$ m; $q=231$ L/s; $V=1,46$ m/s; $\varepsilon=0,3$ mm)	0,05
Perdite di carico in n. 3 curve con $r/D=1$ a $90^\circ$ della tubazione DN 450 acciaio ( $q=231$ L/s; $V=1,46$ m/s; $\zeta=0,33$ )	0,11
Perdite di carico continue lungo la tubazione PEAD DE 450 PN10 ( $L=40,0$ m; $q=231$ L/s; $V=1,87$ m/s; $\varepsilon=0,1$ mm)	0,28
Perdite di carico in n. 1 curve con $r/D=1$ a $45^\circ$ della tubazione PEAD DE 450 PN10 ( $q=231$ L/s; $V=1,87$ m/s; $\zeta=0,19$ )	0,03
Perdite di carico in n. 4 curve con $r/D=1$ a $90^\circ$ della tubazione PEAD DE 450 PN10 ( $q=231$ L/s; $V=1,87$ m/s; $\zeta=0,33$ )	0,24
Perdite di carico per sbocco a spigolo vivo in vasca di predenitrificazione DN 450 acciaio ( $q=231$ L/s; $V=1,46$ m/s; $\zeta=1,00$ )	0,11
<b>Totale perdite di carico collettore comune</b>	<b>0,85</b>

<b>Totale prevalenza pompe</b>	<b>3,84</b>
--------------------------------	-------------

**Opere di adeguamento dell'impianto di depurazione di Dego per far fronte a mutate  
condizioni del carico inquinante da trattare – Dego (SV)  
PROGETTO ESECUTIVO  
ED.03 – Relazione di calcolo idraulico (rev. 0)**

## **5. DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI**

Nel presente capitolo si indicano i criteri di dimensionamento dei collettori, utilizzati per la verifica e il dimensionamento dei collettori delle linee acque, fanghi e *mixed liquor* esistenti e di progetto.

I diametri delle tubazioni sono stati verificati e dimensionati al fine di rispettare i seguenti *range* di velocità:

- Per le tubazioni a gravità:
  - 0,3 ÷ 0,5 m/s per le portate minime;
  - 1,0 ÷ 1,2 m/s per le portate massime.
- Per le tubazioni in pressione delle linee acque e fanghi:
  - 0,5 m/s per le portate minime;
  - 1,0 ÷ 1,5 m/s per le portate medie;
  - 2,0 m/s per le portate massime.