



**acda**  
azienda cuneese  
dell'acqua spa

Corso Nizza, 88 – 12100 Cuneo (CN)  
Tel. 0171-326711 – Fax 0171-326710 – e mail: [acda@acda.it](mailto:acda@acda.it)

## ADEGUAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI CUNEO ALLA DIRETTIVA 91/271/CE

# PROGETTO DEFINITIVO

### COSTITUENDA ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE:

#### IMPRESA MANDATARIA:



#### TORRICELLI S.r.l.

c.f. e p.iva n. 02079900409  
Via Antonio Masetti n. 11/L  
tel. 0543-785511 – fax 0543-785590  
e-mail: [torricelli@torricellimpianti.it](mailto:torricelli@torricellimpianti.it)

#### IMPRESA MANDANTE:



#### ASFALT C.C.P. S.p.A.

c.f. e p.iva n. 00486000011  
Strada di Settimo, 6 – 10154 Torino (TO)  
tel. 011-201100 – fax 011-200135  
e-mail: [info@asfalt-ccp.com](mailto:info@asfalt-ccp.com)

### PROGETTAZIONE:

**TORRICELLI S.r.l.**  
**Dott. Ing. Marino POGGI**  
*Iscrizione Albo Ingegneri*  
*Provincia Forlì-Cesena n. 833/A*  
*Coordinatore Progettazione*

#### OGGETTO:

## RELAZIONE IDRAULICA

#### ELABORATO:

## 4

22/11	30/09/2011	0	13	Emissione	SPAGNOLI	VITALIANI	POGGI
OFF. N.	DATA.	REV.	N. PAG. DOC.	DESCR./MOTIV.	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

## Indice

---

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
1.1. DATI A BASE PROGETTO.....	4
<b>2. CALCOLI IDRAULICI CONDOTTE .....</b>	<b>5</b>
2.1. CRITERIO DI CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO .....	5
2.2. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO .....	6
<b>3. DIMENSIONAMENTO DEL RIPARTITORE DI PORTATA.....</b>	<b>10</b>
3.1. METODOLOGIA PER IL DIMENSIONAMENTO .....	10
<b>4. DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI DI TRASPORTO DELL' ARIA .....</b>	<b>12</b>
4.1. STIMA DELLE PERDITE DI CARICO NELLE TUBAZIONI DI TRASPORTO DELL'ARIA .....	12

## 1. | **PREMESSA**

---

Il presente progetto definitivo riguarda l'adeguamento dell'impianto di depurazione di Cuneo alla direttiva 91/271/CE.

La presente relazione ha lo scopo di:

- ▶ Illustrare i risultati relativi al calcolo delle perdite di carico nelle tubazioni di collegamento delle unità operative della Linea Acque, ottenute come somma delle perdite concentrate e distribuite;
- ▶ Illustrare i risultati relativi al calcolo per il dimensionamento della rete di distribuzione dell'aria al processo di post-denitrificazione.

E' possibile ritrovare i risultati dei calcoli che verranno esposti, nell'elaborato grafico "34 – *Profilo idraulico Stato di Progetto*".

## 1.1. DATI A BASE PROGETTO

Vengono assunti i dati a base progetto indicati nella relazione tecnica del progetto preliminare e riproposti nella tabella seguente.

**Tabella 0-1: Dati a base progetto**

Voce	U.m.	Valore	u.m.	Valore				
AE		185.000						
Temperatura minima	°C	12						
fognatura	tipo	mista						
AE totali		185.000						
D.I.	l/AE d	250						
ALFA		0,8						
Qmn globale	m <sup>3</sup> /d	37.000	m <sup>3</sup> /h	1.542				
Coeff. infiltr. globale		1,2						
Q infiltrazione	m <sup>3</sup> /d	7.400	m <sup>3</sup> /h	308				
Qmn effettiva	m <sup>3</sup> /d	44.400	m <sup>3</sup> /h	1.850				
Coeffic. punta secca		1,2						
Qp punta secca			m <sup>3</sup> /h	2.158				
Qmax pioggia	5 Qmn		m <sup>3</sup> /h	7.708				
Qmax al biologico	2 Qmn		m <sup>3</sup> /h	3.083				
<u>Fattori di carico unitari</u>			<u>Carichi di massa</u>			<u>Concentrazioni influenti</u>		
Voce	u.m.	Valore	Voce	u.m.	Valore	Voce	u.m.	Valore
Fcu	gBOD5/AE d	60	LBOD5	Kg/d	11100	BOD5	mg/l	250
Fcu	gCOD/AE d	120	LCOD	Kg/d	22.200	COD	mg/l	500
Fcu	gNtot/AE d	12	LNtot	Kg/d	2.220	Ntot	mg/l	50
Fcu	gPtot/AE d	0,9	LPtot	Kg/d	167	Ptot	mg/l	3,8
Fcu	gTSS/AE d	60	LTSS	Kg/d	11.100	TSS	mg/l	250

## 2. | CALCOLI IDRAULICI CONDOTTE

---

### 2.1. CRITERIO DI CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO

Le tubazioni di progetto vengono dimensionate per garantire un moto del refluo in pressione; per questo le perdite di carico vengono calcolate come somma delle perdite distribuite originate lungo la condotta e le perdite concentrate dovute a punti di singolarità lungo la tubazione (valvole, curve, imbocchi etc.).

Le perdite **distribuite** sono state calcolate attraverso la formula di Fanning secondo la seguente relazione:

$$\Delta H = J \cdot L$$

dove:

**J** = perdita di carico per unità di lunghezza

**L** = della condotta di un fluido

Dove la cadente **J** è stata calcolata attraverso la formula di Darcy-Weisbach come:

$$J = \frac{\lambda \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

avendo indicato con **D** diametro della condotta, **v** la velocità media della corrente, **g** l'accelerazione di gravità e  $\lambda$  un coefficiente di attrito adimensionale, funzione in generale, della scabrezza relativa del tubo e del numero di Reynolds **Re**.

Per il calcolo del coefficiente di attrito  $\lambda$ , si utilizza la formula di Colebrook-White appropriata nel caso di moto turbolento, cioè con un Numero di Reynolds maggiore di 4000:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \left[ \frac{2.51}{R_e \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3.71} \right]$$

dove:

**D** = Diametro della condotta

$\varepsilon$  = Scabrezza relativa

**Re** = Numero di Reynolds

Invece le perdite di carico **concentrate** si ottengono come somma di tutti i singoli contributi dovuti alle irregolarità nel tratto considerato (imbocco, sbocco, curve a 90°, curve a 45°, raccordi a “T” e valvole).

In particolare ciascun contributo viene calcolato secondo la seguente formula:

$$\Delta H = \frac{\xi \cdot \nu \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

dove:

$\xi$  e  $\nu$  = Diametro della condotta

**g** = accelerazione di gravità

**v** = velocità del fluido

## 2.2. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

I flussi condotti all'interno delle tubazioni di progetto presso l'impianto di Cuneo sono:

- ▶ Liquami;
- ▶ Fanghi;
- ▶ Miscela aerata;
- ▶ Schiume;

- ▶ Surnatanti;
- ▶ Rifiuti Extra-Fognari (REF).

Per le tubazioni di convogliamento dei liquami, dei fanghi, della miscela aerata e dei REF valgono i seguenti assunti:

Per le tubazioni a **gravità**:

- ▶ Il diametro della tubazione viene dimensionato considerando la portata massima [Qmax] che attraversa la condotta;
- ▶ Nella valutazione della Qmax su ciascun tratto vengono valutati ulteriormente i fermo impianti dovuti alla manutenzione ordinaria e/o straordinaria delle singole unità operative;
- ▶ Le perdite di carico in linea vengono calcolate con la formula di Darcy-Weisbach sopra riportata;
- ▶ Le perdite di carico concentrate, dovute a curve a 90° - 45° - raccordi – imbocchi e sbocchi, vengono desunte in relazione all'andamento plano-altimetrico delle singole tubazioni;
- ▶ Le perdite di carico globali, ottenute come somma di quelle distribuite e concentrate, vengono confrontate con il dislivello geodetico esistente tra le due unità operative collegate;
- ▶ Una volta dimensionato il diametro nominale [DN], viene verificata la velocità in tubazione, la quale deve appartenere al range 0,3 e 1,4 m/s.

Per le tubazioni **pompate**:

- ▶ La valutazione della portata massima [Qmax] in ciascuna tubazione tiene conto delle operazioni di manutenzione ordinaria e/o straordinaria delle singole unità operative;
- ▶ Le perdite di carico in linea vengono calcolate con la formula di Darcy-Weisbach sopra riportata;

- ▶ Le perdite di carico concentrate, dovute a curve a 90° - 45° - raccordi – imbocchi e sbocchi, vengono desunte in relazione all'andamento plano-altimetrico delle singole tubazioni;
- ▶ Le perdite di carico globali vengono sommate al dislivello geodetico da garantire, per verificare/dimensionare la prevalenza della pompa alla portata richiesta.

Per le tubazioni di convogliamento delle schiume è stato fatto un dimensionamento basato sull'esperienza, allo scopo di evitare il repentino intasamento delle tubazioni a seguito dello sporcamento indotto dalle sostanze flottate.

La relazione tecnica di progetto dettaglia in maniera esauriente le soluzioni adottate; in regime di sovra flussi idraulici i surnatanti di ritorno dalla linea fanghi verranno sollevati in testa al trattamento biologico attraverso due pompe sommergibili. Questo intervento comporta una parziale modificazione della rete di drenaggio interna al fine di far convergere i surnatanti al nuovo pozzo di sollevamento. A tal proposito le verifiche idrauliche effettuate hanno dimostrato che i diametri attualmente utilizzati nello stato di fatto per i tratti oggetto di intervento saranno idonei al corretto funzionamento anche nello stato riformato.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei calcoli idraulici condotti sulle tubazioni

<b>SIGLA</b>	<b>Qmax</b> m <sup>3</sup> /h	<b>Tipologia</b>	<b>DN</b> mm	<b>V</b> m/sec	<b>Pdc Conc</b> m	<b>Pdc Distr</b> m	<b>Pdc Totali</b> m
A.01	617	Pompato	400	1,36	0,24	0,015	0,25
A.02	617	Pompato	400	1,36	0,24	0,015	0,25
A.04	925	Gravità	800	0,51	0,02	0,002	0,03
A.05by	7708	Gravità	1200	1,89	0,58	0,021	0,60
A.05	2775	Gravità	1000	0,98	0,13	0,098	0,23
By.01	5550	Gravità	1200	1,36	0,14	0,039	0,18
A.06	1240	Gravità	700	0,90	0,11	0,089	0,20
A.07	620	Gravità	400	1,37	0,21	0,112	0,33
A.08	620	Gravità	400	1,37	0,21	0,112	0,33
A.09	620	Gravità	500	0,88	0,08	0,076	0,16
A.10	620	Gravità	500	0,88	0,08	0,020	0,10
A.11	620	Gravità	500	0,88	0,07	0,005	0,07
A.12	620	Gravità	500	0,88	0,07	0,005	0,07
A.13	1240	Gravità	700	1,09	0,11	0,065	0,18

Bypass nuova filtrazione	620	Gravità	500	0,88	0,08	0,035	0,11
F.01	620	Gravità	500	0,88	0,07	0,052	0,13
F.02	620	Gravità	500	0,88	0,07	0,052	0,13
F.03	620	Pompato	250	3,51	2,22	5,458	7,68
F.04	620	Pompato	250	3,51	2,22	5,546	7,77
Qma.1	790	Pompato	600	0,78	0,06	0,081	0,14
Qma.2	790	Pompato	600	0,78	0,06	0,081	0,14
Qma.3	790	Pompato	600	0,78	0,06	0,081	0,14
Qma.4	790	Pompato	600	0,78	0,06	0,081	0,14
Qma.5	790	Pompato	600	0,78	0,06	0,081	0,14
REF.01	30	Pompato	80	1.65	0.5	3.22	3.72

### 3. DIMENSIONAMENTO DEL RIPARTITORE DI PORTATA

#### 3.1. METODOLOGIA PER IL DIMENSIONAMENTO

In fase progettuale si è pensato di ricorrere alla costruzione di un ripartitore delle portate in ingresso impianto.

Procediamo ora nell'illustrare la procedura per il dimensionamento del ripartitore di portata, in particolare il criterio di determinazione delle lunghezze di soglia.

La lunghezza della soglia di stramazzo viene dimensionata utilizzando la formula generale della portata su pareti sottili dunque la portata su soglia viene calcolata secondo l'**Equazione 4.1**, mentre l'**Equazione 4.2** permette di calcolare il coefficiente di efflusso in funzione del tirante sopra-soglia e dell'altezza della soglia rispetto al fondo del ripartitore.

#### Equazione 4.1

$$Q = \mu_0 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

#### Equazione 4.2

$$\mu_0 = \frac{2}{3} \cdot \left( 0.605 + \frac{1}{(1050 \cdot h) - 3} \right) + \left( 0.08 \cdot \frac{h}{p} \right)$$

Dove:

Q	m <sup>3</sup> /h	Portata transitata su soglia
$\mu_0$		coefficiente di efflusso delle luci (adimensionale)
l	m	lunghezza di soglia
h	m	Tirante
g	m/sec <sup>2</sup>	Accelerazione di gravità
p	m	Approfondimento sotto soglia di stramazzo

Di seguito vengono riepilogati i risultati di calcolo nelle configurazioni di portata ipotizzate.

<b><u>SOGLIA</u></b>		<b><u>Valore massimo</u></b>	<b><u>Lunghezza di soglia</u></b>	<b><u>Spessore della soglia</u></b>	<b><u>Tirante soprasoglia max</u></b>
		m <sup>3</sup> /h	m	mm	m
<b>S1</b>	Soglia 1	3083	20	0,005	0,082
<b>S2</b>	Soglia 2	4623	46	0,005	0,0613

Il calcolo è stato condotto in modo iterativo, ricavando i valori di portata al variare del valore del tirante passante sopra-soglia.

## **4. DIMENSIONAMENTO DELLE TUBAZIONI DI TRASPORTO DELL'ARIA**

---

### **4.1. STIMA DELLE PERDITE DI CARICO NELLE TUBAZIONI DI TRASPORTO DELL'ARIA**

La rete di distribuzione dell'aria viene dimensionata calcolando le perdite di carico globali ottenute come somma delle perdite concentrate e distribuite. Il contributo delle perdite localizzate deriva dal battente idraulico, dalle perdite dei diffusori e dall'utilizzo di raccordi lungo la tubazione quali curve, innesti a T, imbocchi e sbocchi. Le perdite distribuite vengono calcolate assumendo, come dati a base progetto, la portata transitata nel tubo, la lunghezza della tubazione ed ipotizzando di mantenere una velocità costante di 10-12 m/sec.

Ciascuna tubazione aria disporrà di uno stacco; per ogni calata viene calcolato il fabbisogno d'aria da garantire al settore di vasca biologica (prodotto fra il numero di diffusori installati per la portata erogata dal singolo diffusore).

I diametri calcolati per i singoli tratti di tubazione vengono verificati valutando il contributo minimo di portata da garantire al processo biologico.

Nella seguente tabella vengono tabulati i risultati del dimensionamento per tutte le Linee aria dove, per ciascun tratto di tubazione, viene indicata la portata d'aria transitata, la lunghezza del tratto di tubo, la velocità e le perdite di carico distribuite in mmH<sub>2</sub>O.

		<b>Temperatura refluo</b>	<b>Aria pratica</b>	<b>Lunghezza tubazione</b>	<b>DN</b>	<b>V</b>	<b>Perdite di carico</b>	
		°C	Nm <sup>3</sup> /h	m	mm	m/sec	mm H <sub>2</sub> O	mba r
<i>VASCA BIOLOGICA Post-denitro - Terzo comparto</i>								
<b>Fino alla Linea 1a</b>	<b>A.01</b>	70	335	28	100	11,8	70,81	6,94
<b>Dalla Linea 1a alla Linea 1b</b>	<b>A.02</b>	70	168	4	80	9,3	15,72	1,54

Le principali considerazioni risultano le seguenti:

- ▶ Il calcolo è stato effettuato per ciascuna sub-linea della post-denitro;
- ▶ La configurazione plano-altimetrica del piping aria viene illustrata nella relativa tavola architettonica;
- ▶ La tubazione di collegamento tra il compressore e la prima calata avrà diametro nominale DN100;
- ▶ Il tratto di tubazione tra la prima calata e la seconda calata avrà diametro pari a DN80;
- ▶ Le perdite di carico globali massime lungo le tubazioni si attestano a circa 9 mbar.