



GARDA UNO S.p.a.

Via Italo Barbieri, 20
25080 PADENGHE SUL GARDA (BS)
Tel. 030-9995401
Fax 030-9995420
e-mail: gardauno@gardauno.it
Cod. Fisc. 87007530170
P. IVA 00726790983

SERVER SRL Societa' di Servizi
del Comune di Verolanuova P.zza Liberta', 39
25028 Verolanuova (BS) c.f. e p.iva 02315390985

PROGETTO ESECUTIVO

NUOVO SISTEMA DEPURATIVO E FOGNARIO DEL COMUNE DI VEROLANUOVA **LOTTO 1**

RELAZIONE TECNICA PROFILO IDRAULICO

Allegato G

Giugno 2017

Aggiornamento

Progetto VER 543-13

PROGETTISTI

Dott. Ing. Mario Giacomelli

UFFICIO TECNICO PIANIFICAZIONE E SVILUPPO IL RESPONSABILE

Dott. Geol. Gianfranco Sinatra

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Dott. Arch. Rosario Gangemi

PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Dott. Ing. Agostino Librandi

PROGETTAZIONE ELETTROMECCANICA

Dott. Ing. Fausta Prandini

COLLABORATORI

PROGETTAZIONE IDRAULICA

Dott. Ing. Angelo Agostini

PROGETTAZIONE ELETTROMECCANICA

Studio D.R.P. Engineering

Dott. Ing. Luca Bertini

PROGETTAZIONE ELETTRICA

STUDIO PROTECNO s.r.l.

P.I. Massimo Fasani

Le firme in formato digitale sono state apposte sull'originale elettronico del presente atto ai sensi dell' art. 24 del D. Lgs 07/03/2005 n. 82 e smi. L' originale elettronico del presente atto è conservato negli archivi informatici della Società Garda Uno SpA ai sensi dell' art. 22 del medesimo decreto

INDICE

1.0	CENNI TEORICI	2
1.1	TUBAZIONI A PELO LIBERO	2
1.2	EQUAZIONE DI MOTO UNIFORME PER CANALI A SUPERFICIE LIBERA	3
1.3	ALTEZZA MASSIMA NEI CANALI	3
1.4	PORTATA DI UNO STRAMAZZO RETTANGOLARE A SBOCCO LIBERO	4
1.5	PORTATA DI UNO STRAMAZZO RETTANGOLARE RIGURGITATO	4
1.6	PORTATA IN CANALI APERTI KHAFAGI – VENTURI	5
1.7	PORTATA DI UNO STRAMAZZO “V” A SBOCCO LIBERO	5
1.8	PORTATA ATTRAVERSO UNA LUCE SOTTO BATTENTE	6
1.9	COLLETTORI IN PRESSIONE	6
2.0	DATI DI PROGETTO	9
3.0	VERIFICA DEL PROFILO IDRAULICO	10

1.0 CENNI TEORICI

1.1 TUBAZIONI A PELO LIBERO

Il dimensionamento delle tubazioni a pelo libero è stato eseguito facendo riferimento alla scala di deflusso di moto uniforme per le correnti a pelo libero. Tale ipotesi di lavoro è sufficientemente attendibile in quanto, per tratti omogenei di condotta, si ha uniformità di portata smaltita, diametro, pendenza del fondo e scabrezza, sempreché, come accade nel caso presente le condizioni al contorno di valle non siano tali da generare significativi rigurgiti e la portata in ingresso da monte non determini la saturazione dell'imbocco.

La formula di moto uniforme impiegata è quella di Chèzy:

$$V = \chi \cdot \sqrt{Ri}$$

ove:

V è la velocità media [m/s];

$R = A/P$ è il raggio idraulico [m];

A è l'area bagnata, ovvero l'area della sezione trasversale della corrente [m²];

P è il perimetro o contorno bagnato, ovvero la lunghezza del perimetro della sezione bagnata dalla corrente [m];

i è la pendenza del fondo [m/m];

X è il coefficiente di scabrezza di Chèzy valutato secondo la formula di Gauckler-Strickler

$$\chi = K_s \cdot R^{\frac{1}{6}};$$

K_s è il parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler [m^{1/3} s⁻¹]

Si ottiene pertanto:

$$V = K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Che moltiplicata per l'area bagnata A [m²] fornisce il valore della portata [m³/s]

$$Q = A \cdot K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

1.2 EQUAZIONE DI MOTO UNIFORME PER CANALI A SUPERFICIE LIBERA

$$Q = V \cdot S$$

$$V = 87 \cdot [1 + (\gamma/\sqrt{R})]^{-1} \cdot \sqrt{RJ}$$

dove:

Q è la portata [m³/s]

V è la velocità [m/s]

S è la sezione bagnata dalla corrente [m²]

γ è il coefficiente di scabrezza di Bazin

R è il raggio idraulico [m]

J è la pendenza del canale [m/m]

1.3 ALTEZZA MASSIMA NEI CANALI

Per determinare l'altezza massima nei canali a sezione rettangolare, in cui il profilo idraulico attraversa lo stato critico, è necessario valutare preventivamente l'altezza di stato critico "k" mediante la seguente espressione:

$$k = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}}$$

$$h_{\max} = k\sqrt{3}$$

dove:

k è l'altezza di stato critico [m]

Q è la portata [m³/s]

- B è la larghezza del canale [m]
 g è accelerazione di gravità pari a $9,81 \text{ m/s}^2$
 h_{\max} è l'altezza massima nel canale [m]

1.4 PORTATA DI UNO STRAMAZZO RETTANGOLARE A SBOCCO LIBERO

$$Q = \mu L h \sqrt{(2gh)}$$

dove:

- Q è la portata [m^3/s]
 μ è il coefficiente d'efflusso pari a 0,385 per stramazzi a larga soglia e 0,415 per stramazzi a soglia sottile
 L è la larghezza dello stramazzo [m]
 H è l'altezza d'acqua sulla soglia dello stramazzo [m]
 g è l'accelerazione di gravità pari a $9,81 \text{ m/s}^2$

1.5 PORTATA DI UNO STRAMAZZO RETTANGOLARE RIGURGITATO

$$Q = L (\mu h_2 \sqrt{(2gh_2)} + 2/3 \mu h_1 \sqrt{(2gh_1)})$$

dove:

- Q è la portata [m^3/s]
 μ è il coefficiente d'efflusso pari a 0,65
 L è la larghezza dello stramazzo [m]
 g è l'accelerazione di gravità pari a $9,81 \text{ m/s}^2$

- h1 è la differenza di livello tra monte e valle della soglia [m]
h2 è il battente sullo stramazzo a valle della soglia della soglia [m]

1.6 PORTATA IN CANALI APERTI KHAFAGI – VENTURI

$$Q = C \cdot (h^\alpha + \gamma h^\beta)$$

I valori di α , β , γ e C per i differenti canali sono riportati nella seguente tabella:

Larghezza canale [mm]	Larghezza sezione ristretta [mm]	H _{max} [mm]	Q _{max} [mc/h]	α	β	γ	C
120	48	220	40,09	1,5	2,5	0,0013140	0,0095299
300	120	250	104,3	1,5	2,5	0,0004301	0,0238249
400	160	350	213,5	1,5	2,5	0,0003225	0,0317665
500	200	380	323,0	1,5	2,5	0,0002580	0,0397081
600	240	400	414,0	1,5	2,5	0,0002150	0,0476497
800	320	600	1024	1,5	2,5	0,0001613	0,0635329
1000	400	800	1982	1,5	2,5	0,0001290	0,0794162
1300	520	950	3308	1,5	2,5	0,0000992	0,1032410
1600	640	1250	6181	1,5	2,5	0,0000806	0,1270659

- Q è la portata [m³/h]
C è un parametro scalato
h è l'altezza d'acqua a monte del restringimento [mm]
 α , β sono gli esponenti di portata
 γ è una costante ponderale

1.7 PORTATA DI UNO STRAMAZZO "V" A SBOCCO LIBERO

$$Q = C.h^\alpha$$

Dove in funzione dell'angolo dello stramazzo si ha:

Angolo [°]	Q _{max} [mc/h]	α	C
22,5	276	2,5	0,0000313
30	371,2	2,5	0,0000421
45	574,1	2,5	0,0000651
60	799,8	2,5	0,0000907
90	1385	2,5	0,00015714

Q è la portata [m³/h]

C è il coefficiente d'efflusso funzione dell'angolo dello stramazzo

h è l'altezza d'acqua sulla soglia dello stramazzo [mm]

1.8 PORTATA ATTRAVERSO UNA LUCE SOTTO BATTENTE

$$Q = \mu A \sqrt{2gh}$$

dove:

Q è la portata [m³/s]

μ è il coefficiente di efflusso con valore medio pari a 0,61

h è il battente d'acqua connesso alla differenza di quota tra il pelo libero a monte e a valle della luce [m]

A è la sezione della luce [m]

g è l'accelerazione di gravità pari a 9,81 m/s²

1.9 COLLETTORI IN PRESSIONE

Il dimensionamento delle condotte in pressione è stato compiuto valutando le perdite di carico totali date dalla somma di quelle *distribuite* (ΔH_d), indotte dalla scabrezza interna delle tubazioni, di quelle *concentrate* (ΔH_c), indotte dalla presenza di deviazioni angolari, bruschi allargamenti, restringimenti, saracinesche, ..., e dalla differenza geodetica tra il punto di partenza ed arrivo della condotta (ΔH_g).

Il calcolo delle perdite di carico *distribuite* lungo una condotta in pressione è stato eseguito utilizzando la formula di Darcy-Waisbach che esprime il gradiente idraulico j come :

$$j = \lambda \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

ove:

- j è il gradiente idraulico;
- λ è il coefficiente adimensionale di attrito funzione del diametro della condotta, del numero di Reynolds (Re) e della scabrezza delle pareti della condotta stessa ϵ [mm];
- V è la velocità media [m/s];
- g è l'accelerazione di gravità [ms^{-2}];
- D è il diametro della condotta [mm].

Il coefficiente di attrito λ è stato valutato per mezzo della formula di Colebrook valida per correnti turbolente ($\text{Re} > 4000$) che riguardano la totalità delle applicazioni tecniche nel campo delle fognature/depurazione:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon}{3,71 \cdot D} \right)$$

con

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

ove:

- Re è il numero di Reynolds che caratterizza il regime di moto;
- λ è il coefficiente adimensionale di attrito;
- ϵ scabrezza omogenea equivalente [mm];
- V è la velocità del fluido[m/s];

D	è il diametro della condotta [mm];
μ	viscosità dinamica [N.s.m ⁻²]
ρ	densità del fluido [kg/m ³];
ν	viscosità cinematica [m ² s ⁻¹].

Nota la lunghezza L della condotta è pertanto possibile ricavare la perdita di carico distribuita

$$\Delta H_d = j.L$$

Il Calcolo delle perdite di carico *concentrate* lungo la condotta in pressione può essere eseguito utilizzando la seguente formula:

$$\Delta H_c = k \frac{V^2}{2g}$$

Normalmente tale valutazione risulta significativa quando la condotta è corta ovvero quando $L < 1000 D$ ove:

V	è la velocità del fluido [m/s];
g	è l'accelerazione di gravità [ms ⁻²];
k	è il coefficiente dipendente dalla tipologia della singolarità.

Riportiamo a titolo esemplificativo alcuni valori del coefficiente k in funzione delle specifiche singolarità.

- *Imbocco di una condotta da un serbatoio*

k = 0,5	spigolo vivo;
k = 1,0	condotta rientrante;
k = 0,05 – 0,10	imbocco arrotondato;

- *Sbocco di una condotta in un serbatoio*

k = 1,0	spigolo vivo;
k = 0,20 – 0,50 per $D_0/D = 3 - 1,5$	sbocco conico da D a D_0 ;

- *Allargamento di sezione da A_1 a A_2*

$k = (A_2 / A_1 - 1)^2$	allargamento brusco;
$k = K_a (A_2 / A_1 - 1)^2$	allargamento conico;

con K_a da valutarsi in base alla seguente tabella ed θ è l'angolo

θ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	120°	180°	A_1/A_2
Ka	0,20	0,40	0,70	0,95	1,10	1,20	1,20	1,16	1,12	1,05	1,00	1/2
Ka	0,20	0,40	0,65	0,80	0,95	1,00	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1/10

- *Restringimento di sezione di sezione da A_1 a A_2*

A_2/A_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
k	0,48	0,44	0,41	0,31	0,26	0,24	0,18	0,13	0,06

- *Saracinesche e valvole (a completa apertura)*

k = 0,3	saracinesche;
k = 0,5	valvole a farfalla;
k = 1,0	valvole di fondo;
k = 0,9	valvola di ritegno

- *Gomiti*

k = 0,3	90°;
k = 0,17	45°;

- *Innesto a "T"*

k = 0,4

Il calcolo delle perdite di carico è stato fatto mediante software di calcolo specifico.

2.0 DATI DI PROGETTO

Il profilo longitudinale del pelo libero della linea acque è stato calcolato considerato:

- la portata massima transitante all'interno delle varie sezioni dell'impianto nella configurazione prevista nel progetto ovvero:
 - Portata massima ammessa all'impianto in tempo di pioggia $Q_{750} = 468,75 \text{ m}^3/\text{h}$;
 - Portata di ricircolo della miscela areata nel comparto biologico $Q_{RA} = 380 \text{ m}^3/\text{h}$;
 - Portata di ricircolo dei fanghi biologici $Q_{RA} = 200 \text{ m}^3/\text{h}$;

- b) utilizzando le formule di calcolo idraulico per quanto riguarda le perdite di carico nei vari trasferimenti di flusso liquido (stramazzi, tubazioni in pressione, canalette, ecc.).
- c) assumendo come quota di riferimento il fondo della vasca di disinfezione mediante UV che risulta pari a **58,60 m s.l.m.**; **tale valore dovrà essere utilizzato per il posizionamento di tutti i manufatti e componenti dell'impianto.**

3.0 VERIFICA DEL PROFILO IDRAULICO

Sulla base di quanto precedentemente esposto è stato calcolato il profilo idraulico della linea liquami illustrato graficamente nel dettaglio nell'apposita tavola grafica.

Posizione	Tipologia di perdita di carico	Q	L	H _i	P _c	P _a	H _f
		[m ³ /h]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Stramazzo uscita finale UV	Stramazzo a soglia larga	468,75	1,96	+58,80	0,115	0,12	+58,92
Stramazzi per il livello UV	Valore definito dal costruttore dell'apparecchiatura ⁽¹⁾	468,75	-	+59,04	-	0,03	+59,07
Griglia ingresso UV	Valore definito dal costruttore dell'apparecchiatura ⁽¹⁾	468,75	-	+59,07	-	0,12	+59,19
Tubazione di alimentazione UV - PEAD De500 PN10	Perdite di carico continue e distribuite in tubazioni in pressione	468,75	2	+59,19	0,077	0,08	+59,27
Stramazzo uscita filtrazione	Stramazzo a soglia larga	468,75	2,5	+59,50	0,098	0,10	+59,60
Perdita di carico massima del filtro prima della partenza	Valore definito dal costruttore dell'apparecchiatura ⁽¹⁾	468,75	-	+59,50	-	0,25	+59,75
Luce sotto battente ingresso filtrazione	Luce sotto battente	468,75	0,7x0,7	+59,75	0,010	0,01	+59,76
Tubazione di alimentazione filtrazione - PEAD De500 PN10	Perdite di carico continue e distribuite in tubazioni in pressione	468,75	36	+59,76	0,133	0,14	+59,90
Canaletta sedimentatore	Altezza massima nel canale	468,75	2x0,5	+60,10	0,208	0,21	+60,31
Profilo Thompson sedimentatore	Profilo Thompson	468,75	2x50,6	+60,65	0,030	0,03	+60,68
Tubazione di carico sedimentazione - PEAD De400 PN10	Perdite di carico continue e distribuite in tubazioni in pressione	668,75	2x16	+60,68	0,167	0,17	+60,85
Tubazione di alimentazione partitore sedimentazione - PEAD De630 PN10	Perdite di carico continue e distribuite in tubazioni in pressione	668,75	7,3	+60,85	0,066	0,07	+60,92
Canaletta ossidazione	Altezza massima nel canale	668,75	2x0,6	+61,10	0,233	0,24	+61,34
Stramazzo uscita ossidazione	Stramazzo a soglia larga	668,75	2x10	+61,55	0,030	0,03	+61,58
Luce sotto battente ingresso ossidazione	Luce sotto battente	1048,75	2x(1,5x1,5)	+61,58	0,000	0,00	+61,58
Tubazione di alimentazione denitrificazione - PEAD De355 PN10	Perdite di carico continue e distribuite in tubazioni in pressione	468,75	2x25	+61,58	0,144	0,15	+61,73
Stramazzo partitore	Stramazzo a soglia larga	468,75	2x1	+61,90	0,113	0,12	+62,02
Luce sotto battente partitore	Luce sotto battente	468,75	4,7x2,4	+62,02	0,000	0,00	+62,02
Canaletta scarico grigliatura	Altezza massima nel canale	468,75	2x1	+58,60	0,208	0,21	+58,81
Massima altezza consentita a monte delle griglie fini	Valore definito dal costruttore dell'apparecchiatura ⁽¹⁾	468,75	-	+58,60	-	0,68	+59,28

⁽¹⁾ Perdita di carico comunicata dal costruttore dell'apparecchiatura selezionata; da verificare in funzione dell'apparecchiatura che verrà installata.

Q = portata transitante in m^3/h

L = larghezza dello stramazzo / lunghezza della tubazione in m

H_i = altezza di valle del profilo idraulico / quota di sommità delle soglie di stramazzo in m

P_c = Valore di calcolo della perdita di carico in m

P_a = Valore d'arrotondamento della perdita di carico in m

H_f = altezza di monte del profilo idraulico in m