



Acea Elabori SpA

LG 022 – Ed. 2 - Rev. 1

Linee guida per la redazione dei progetti di reti fognarie, scolmatori di piena e impianti di sollevamento reflui

Linea Guida

Validità: 16 settembre 2019

REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONI	
Responsabile Project Execution - Pianificazione e Normalizzazione Progetti	Alessandro GAVASCI	Responsabile Centro di Competenza Modellistica Idraulica	Eugenio BENEDETTINI	Rappresentante della Direzione del Sistema Integrato Qualità, Ambiente e Sicurezza	Paolo MORICONI
		Responsabile Sistema Gestione Qualità	Laura CAPUANI		

INDICE

1	MODALITÀ DI DISTRIBUZIONE	3
2	SCOPO	3
3	CAMPO DI APPLICAZIONE	3
4	DEFINIZIONI	3
5	MODALITA' OPERATIVE	4
	5.1 CONTENUTI MINIMI DEGLI ELABORATI TECNICO SPECIALISTICI	4
	5.2 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE.....	4
	5.2.1 TRACCIATO DI PROGETTO.....	4
	5.2.2 PROFILO DI PROGETTO.....	5
	5.3 LA RACCOLTA DEI DATI	5
	5.4 RILIEVI E MISURE	6
	5.5 ASPETTI IDRAULICI E FUNZIONALI.....	6
	5.5.1 BACINO E POPOLAZIONE DI PROGETTO.....	6
	5.5.2 PORTATE DI PROGETTO	7
	5.5.3 CONDIZIONI DI VERIFICA.....	8
	5.5.4 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA IDRAULICA DELLE CONDOTTE FOGNARIE	8
	5.6 ASPETTI COSTRUTTIVI.....	17
	5.6.1 SPECHI.....	17
	5.6.2 MATERIALI E TUBAZIONI	17
	5.6.3 POZZETTI DI ISPEZIONE, CONFLUENZA, VERTICE E SALTO	18
	5.6.4 MANUFATTO DI DISCONNESSIONE	19
	5.6.5 MANUFATTO SCOLMATORE.....	19
	5.6.6 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO REFLUI.....	20
	5.7 ATTRAVERSAMENTI ED INTERFERENZE	26
6	ELENCO MODULI.....	28

1 MODALITÀ DI DISTRIBUZIONE

La distribuzione avviene tramite pubblicazione su rete intranet aziendale.

2 SCOPO

La presente linea guida ha lo scopo di definire i criteri ed i requisiti tipici (standard) da osservare nella progettazione delle reti di fognature, dei manufatti scolmatori e degli impianti di sollevamento reflui, nonché le modalità di redazione degli elaborati tecnici specialistici riguardanti tale progettazione.

3 CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente documento si applica alle attività svolte nell'ambito del Centro di Competenza "Modellistica Idraulica" (CdC MID) della Soc. ACEA Elabiori SpA e deve quindi essere applicata da tutto il personale coinvolto in tale attività, al fine di standardizzare le caratteristiche generali delle opere progettate e la produzione degli elaborati tecnici riguardanti le stesse.

I criteri descritti in questa linea guida devono essere estesi anche agli eventuali Consulenti Specialistici esterni, qualora la documentazione da loro prodotta diventi parte integrante dei documenti progettuali, senza ulteriori elaborazioni da parte dei tecnici del citato CdC o in generale della Società ACEA Elabiori S.p.A..

4 DEFINIZIONI

Rete fognaria: sistema costituito dalle tubazioni convoglianti i liquami e dai pozzetti di linea (ispezione, confluenza, vertice e salto)

Scolmatore di piena: manufatto posto la rete fognaria di acque miste e la rete fognatura nera, finalizzato allo sfioro delle portate eccedenti il valore limite destinato alla depurazione.

Manufatto di disconnessione: posto al collegamento tra tubazione fognaria premente e prosecuzione della fognatura a gravità, ha lo scopo di consentire la transizione tra moto in pressione e moto a pelo libero.

Impianto di sollevamento reflui: manufatto avente lo scopo di far superare ai reflui un dislivello geodetico, alloggiante le pompe di sollevamento ed il relativo valvolame.

In particolare, se una nuova opera in progetto si inserisce in un sistema esistente, è di fondamentale importanza che la verifica non riguardi esclusivamente la nuova opera ma tenga conto di come questa possa condizionare e/o essere condizionata dal funzionamento del sistema con cui andrà ad interagire.

I documenti che dovranno essere redatti nel rispetto della norma vigente ed in particolare di quanto riportato all'art. 23 del DLgs 50/2016 e ss.mm.ii.. Fino alla data di entrata in vigore del Decreto di cui al comma 3 dell'art. 23 del DLgs 50/2016 e ss.mm.ii., ai sensi dell'art. 216, comma 4 del medesimo Decreto, dovranno essere ancora utilizzati i livelli di progettazione contenuti nelle disposizioni di cui alla parte II, titolo II, capo I, nonché negli allegati o le parti di allegati ivi richiamate del DPR n. 207/2010 e ss.mm.ii.. che dovranno rispettare i requisiti di seguito riportati:

- "Relazione Illustrativa" del progetto **preliminare** (Art. 18 del D.P.R. 207/2010)
- "Relazione Idraulica" del progetto **preliminare** (Art. 19 del D.P.R. 207/2010)
- "Relazione Generale" del progetto **definitivo** (Art. 25 del D.P.R. 207/2010)
- "Relazione Idraulica" del progetto **definitivo** (Art. 26 del D.P.R. 207/2010)
- "Relazione Generale" del progetto **esecutivo** (Art. 34 del D.P.R. 207/2010)
- "Relazione Idraulica" del progetto **esecutivo** (Art. 35 del D.P.R. 207/2010)

5 MODALITA' OPERATIVE

Nella redazione di progetti riguardanti la realizzazione di reti fognarie devono essere di norma osservati i criteri di seguito esposti.

5.1 CONTENUTI MINIMI DEGLI ELABORATI TECNICO SPECIALISTICI

La "Relazione Illustrativa" allegata al **progetto preliminare** di norma dovrà prevedere i contenuti minimi elencati in allegato (Modulo 2)

La "Relazione Idraulica" allegata al **progetto preliminare** di norma dovrà prevedere i contenuti minimi elencati in allegato (Modulo 3)

La "Relazione Generale" allegata al **progetto definitivo** di norma dovrà prevedere i contenuti minimi elencati in allegato (Modulo 4)

La "Relazione Idraulica" allegata al **progetto definitivo** di norma dovrà prevedere i contenuti minimi elencati in allegato (Modulo 5)

La "Relazione Generale" allegata al **progetto esecutivo** di norma dovrà prevedere i contenuti minimi elencati in allegato (Modulo 6)

La "Relazione Idraulica" allegata al **progetto esecutivo** di norma dovrà prevedere i contenuti minimi elencati in allegato (Modulo 7)

5.2 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

5.2.1 *Tracciato di progetto*

Il tracciato di progetto dei collettori fognari è rappresentato su cartografia di scala adeguata al livello di progettazione, di norma:

- Progetto preliminare: scala non inferiore a 1: 5.000
- Progetto definitivo ed esecutivo: scala non inferiore a 1: 2.000

Il tracciato è definito in base ai criteri di natura tecnico-economica che sono sinteticamente elencati di seguito:

- minimizzare il costo d'investimento iniziale, ottimizzando la lunghezza della condotta, l'entità dei volumi di scavo nonché il costo delle specifiche opere d'arte da realizzare;
- adottare tracciati facilmente accessibili da parte del personale per favorire le operazioni di manutenzione delle opere in progetto in termini di costi e di tempi d'intervento;
- adottare tutte le misure e gli accorgimenti (profondità di scavo contenute, qualità e caratteristiche dei materiali, tecnologie di esecuzione lavori, accessibilità ed ispezionabilità dei manufatti ecc.) per cercare di garantire una perfetta affidabilità degli impianti;
- ridurre per quanto possibile le interferenze con gli altri impianti e servizi presenti nel sottosuolo, nonché l'impatto ambientale delle opere da realizzare sia in corso di esecuzione che a lavori ultimati;

Particolare cura andrà inoltre posta nel considerare le caratteristiche urbanistiche e paesaggistiche del territorio interessato dagli interventi in questione, uniformandosi alle destinazioni d'uso previste dai P.R.G. ed alle prescrizioni sulle distanze di rispetto da osservare dalle essenze arboree esistenti.

5.2.2 *Profilo di Progetto*

Il profilo della condotta deve essere studiato in modo da consentire per quanto possibile il deflusso a gravità del liquame garantendo idonee condizioni di funzionamento idraulico che soddisfino i requisiti riportati nel seguito del presente documento.

In particolare:

- la massima pendenza della livelletta non deve di norma essere superiore al 2,5% per evitare velocità eccessive che potrebbero usurare i rivestimenti interni; in caso di elevata acclività del terreno si dovranno prevedere idonei pozzetti di salto;
- la pendenza minima della livelletta non deve essere inferiore allo 0,4% al fine di evitare fenomeni di deposito;
- la profondità della tubazione deve essere tale da garantire di norma un'altezza interna nei pozzetti di almeno 180 cm per consentirne l'ispezionabilità.

5.3 LA RACCOLTA DEI DATI

Nell'ambito dell'iter progettuale si deve procedere alla raccolta dei dati disponibili relativamente alle aree interessate.

Per quanto riguarda la cartografia a livello generale si può ricorrere a:

- C.T.R. scala (1:10.000 / 1: 5.000)
- Aerofotogrammetria del territorio comunale (scala 1:2.000)

- Elaborati cartografici tematici forniti dai Comuni e/o da ACEA (es. planimetria rete fognaria)

Si deve procedere inoltre ad acquisire gli strumenti di pianificazione urbanistica (P.R.G. ed eventuali Piani Attuativi) e la cartografia ambientale e paesaggistica dell'area di intervento (Carta delle Aree Protette, P.T.P.R.).

Lo stato attuale degli impianti e delle reti può essere inoltre ricostruito a partire dai verbali di consistenza impianti del Gestore del S.I.I., da contatti con gli uffici comunali competenti e da sopralluoghi mirati sul campo.

5.4 RILIEVI E MISURE

Al fine di definire le possibili alternative progettuali e scegliere il tracciato dei collettori di progetto, in fase preliminare di progettazione sarà importante effettuare sopralluoghi specifici, da affiancare alle informazioni tratte dalla cartografia, allo scopo di:

- Definire lo stato dei luoghi e le interferenze con sottoservizi esistenti
- Realizzare una esauriente documentazione fotografica dei luoghi
- Misurare le profondità delle reti esistenti a cui dovranno collegarsi (o in cui dovranno confluire) le fognature di progetto

In fase di progettazione definitiva dovrà essere affiancato un rilievo topografico dell'area di intervento, per fasce di piani quotati, con un maggior dettaglio in corrispondenza delle aree dove dovranno essere realizzate le opere d'arte previste.

Dovrà essere inoltre effettuato un rilievo geologico – tecnico che, unitamente ai dati di letteratura, permetta di definire l'assetto litostratigrafico dei livelli interessati dalle opere in progetto. In particolare, potranno essere condotte specifiche campagne di sondaggi in corrispondenza dei punti ritenuti più significativi, per determinare i parametri geotecnici necessari alla corretta progettazione delle opere.

La cartografia di base per redigere gli elaborati tecnici è quella aerofotogrammetrica comunale in scala 1:2000.

5.5 ASPETTI IDRAULICI E FUNZIONALI

5.5.1 Bacino e popolazione di progetto

La delimitazione del bacino di progetto viene condotta sulla base della rete fognaria esistente (popolazione attuale/a breve termine) e delle zone di espansione previste dagli strumenti urbanistici.

Come cartografia di lavoro si possono utilizzare:

- C.T.R. 1:10.000 / 1:5.000
- Aerofotogrammetria (es. Cartesia in Comune di Roma)
- Mappe digitali (es. Google Earth)
- Cartografia rete ACEA

- P.R.G. ed eventuali Piani Attuativi dei Comuni interessati dall'intervento

Per il calcolo della popolazione residente si devono definire sia lo scenario attuale/a breve termine che quello futuro a saturazione:

a) Popolazione attuale/a breve termine

Si utilizzano di norma le sezioni ISTAT di censimento comunali, i dati relativi al numero di residenti per via in possesso dei Comuni

b) Popolazione di progetto (a lungo termine)

Si ottiene sommando la popolazione attuale all'incremento di abitanti residenti corrispondente al completamento dei processi di urbanizzazione e degli insediamenti previsti dal P.R.G.

Tale incremento viene calcolato a partire dagli indici fissati dalle NTA del P.R.G. o dei Piani Particolareggiati, specifici per ogni zona di espansione (valore di densità demografica a saturazione in ab/ha, oppure indici di fabbricabilità in m³/ha)

Lo scenario di progetto è la base per il dimensionamento della rete fognaria, che va comunque verificata nelle condizioni di scenario attuale/a breve termine, soprattutto con riferimento alle velocità minime di deflusso.

5.5.2 Portate di progetto

Per le verifiche idrauliche è necessario valutare la portata media giornaliera nera/di tempo secco (Q₂₄) e la portata di punta (Q_{max}).

a) Portata media giornaliera Q₂₄

La portata media nera di progetto si ottiene moltiplicando la popolazione di progetto per la dotazione idrica (DOT in l/ab.giorno), per il coefficiente di ritorno in fognatura (0,8).

La dotazione idrica riassume il consumo procapite di acqua ed è in generale tratta dal Piano Regolatore Generale degli Acquedotti. La dotazione è riferita ad ambiti territoriali omogenei e comprende in generale sia gli usi domestici che quelli non domestici diffusi nel territorio urbano (piccole utenze non residenziali).

In presenza di rilevanti distretti o grandi utenze non residenziali, tali contributi vanno aggiunti a quelli della popolazione residente, utilizzando le specifiche dotazioni idriche tratte dalla letteratura.

Nel caso di zone contraddistinte da valori significativi di popolazione fluttuante stagionale (es. centri di villeggiatura), è opportuno infatti utilizzare la sola popolazione residente per calcolare la portata minima nera ed eseguire le verifiche di velocità minime di deflusso, mentre la massima popolazione (residente+fluttuante) viene utilizzata per valutare la portata media giornaliera Q₂₄ e la portata massima, a quest'ultima collegata come descritto a seguire.

b) Portata massima Q_{max}

La portata massima per reti fognarie nere viene in generale calcolata moltiplicando il valore Q24 per un coefficiente di punta, il cui valore è funzione dell'ampiezza del bacino.

Nel caso di collettori di acque nere con scolmatore in testa, la portata massima nera da considerare sarà quella massima ammessa in fognatura in base al coefficiente di diluizione previsto dalla normativa regionale, su cui viene impostata la regolazione della lama di sfioro.

Un bacino con una popolazione ridotta presenta una elevata contemporaneità dei consumi idrici e quindi elevati coefficienti di punta rispetto a bacini più estesi caratterizzati da un effetto di laminazione delle portate.

In caso di reti fognarie miste, la massima portata si verifica durante gli eventi di pioggia e va calcolata sommando i contributi derivanti dalle varie aree urbane, a partire dalla curva di possibilità pluviometrica $h(t)$ e dei coefficienti di deflusso variabili con la destinazione d'uso del territorio.

c) Portata minima nera Q_{min}

La stima della portata minima nera viene condotta per la verifica delle velocità minime, che in generale si registrano in condizioni notturne di minimi consumi idrici.

Si assume di norma un valore Q_{min} pari al 50% della portata media nera Q24.

5.5.3 Condizioni di verifica

La verifica idraulica delle tubazioni fognarie consiste nell'effettuare i seguenti controlli:

- **Massimo riempimento:** nelle condizioni più gravose (portata di punta, sezione a minima pendenza, popolazione di progetto a saturazione) non deve essere superato un valore limite di riempimento, che potrebbe mandare in carico la tubazione e causare perdite dai giunti e fuoriuscita di liquame dai pozzetti. Tale limite è stabilito cautelativamente tenendo conto anche della possibile presenza di acque parassite, di contributi imprevedibili di acque meteoriche, di non perfetta pulizia del fondo.
- **Massima velocità:** nelle condizioni limite di cui sopra, ma nella sezione a massima pendenza, la velocità non deve superare un determinato valore limite tale da causare l'usura del rivestimento interno di protezione della tubazione.
- **Minima velocità:** in uno scenario di breve termine quando le portate risultano inferiori a quelle massime di progetto, la velocità minima nella sezione a minima pendenza dovrà risultare superiore al valore di auto-pulizia del collettore per evitare rischio di depositi ed ostruzione dello speco. Tale valore può essere parzialmente ridotto per reti miste, considerando l'effetto di risciacquo determinato dal transito delle acque di pioggia durante gli eventi meteorici.

5.5.4 Dimensionamento e Verifica Idraulica delle Condotte fognarie

a) Tubazioni fognarie funzionanti a pelo libero

Il calcolo di verifica è eseguito utilizzando la formula di Chézy valida per deflussi di correnti a pelo libero in moto uniforme assolutamente turbolento:

$$v = \chi \sqrt{R i}$$

con: v [m/s]: velocità media del fluido

χ [m^{1/2}/s]: parametro di Chézy (coefficiente di conduttanza)

R [m]: raggio idraulico

i : pendenza del canale

Il parametro di Chézy χ [m^{1/2}/s] è determinato mediante la formula empirica di Gauckler-Strickler:

$$\chi = k_s R^{\frac{1}{6}}$$

dove il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler k_s [m^{1/3}/s] assume i valori riportati in Tabella 1.

La relazione di Gauckler-Strickler per il calcolo della conduttanza idraulica χ può essere espressa anche in funzione del numero di Manning:

$$\chi = k_s R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (7.10)$$

con n [s/m^{1/3}] = $\frac{1}{k_s}$ = numero di Manning (inverso del coefficiente di Gauckler-Strickler).

Tabella 1 – Valori del coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler k_s [m^{1/3}/s]

Tipo di tubazione	k_s (m ^{1/3} /s)	
	Minimo ^(*)	Massimo ^(**)
Tubazioni in acciaio		
a) rivestimenti degradabili		
tubi nuovi, verniciati per centrifugazione	120	
bitumati per immersione	100	
in servizio corrente con leggera ruggine	90	
con asfalto o catrame applicati a mano	85	80
con tubercolizzazione diffusa	75	70
b) rivestimenti non degradabili		
cemento applicato per centrifugazione	120	
Tubazioni in lamiera saldata		
in buone condizioni	90	

Tipo di tubazione	$k_s (m^{1/3}/s)$	
	Minimo ^(*)	Massimo ^(**)
in servizio corrente, con incrostazioni	85	75
Tubazioni in ghisa		
con rivestimento cementizio centrifugato	105	
nuove, rivestite internamente con bitume	100	
nuove, non rivestite	90	
con lievi incrostazioni	85	75
in servizio corrente, parzialmente arrugginite	75	70
fortemente incrostate	65	
Tubazioni in cemento		
cemento amianto	105	
calcestruzzo armato nuove, intonaco perfettamente liscio	100	
calcestruzzo armato con intonaco liscio, in servizio da più anni	70	
gallerie con intonaco di cemento, a seconda della finitura	70	65
Tubazioni in altri materiali		
gres vetrificato	85	75
PVC	167	125
Prfv	110	80
PEAD	95	75

(*) Minimo = assolutamente rispondente alla descrizione (**) Massimo = in condizioni limite per passare alla condizione "peggiore"

b) Tubazioni fognarie funzionanti in pressione

Per il calcolo delle **perdite di carico distribuite**, può essere anche utilizzata la relazione di Chézy. Nel caso di condotte circolari, per le quali il raggio idraulico può essere espresso come $R = D/4$, la relazione di Chézy è espressa come:

$$j = \beta \frac{Q^2}{D^5} \quad (6.13)$$

con $j [m/m]$: cadente piezometrica

$Q [m^3/s]$: portata

$D [m]$: diametro del tubo

$\beta [s^2/m]$: coefficiente di conduttanza

Il coefficiente di conduttanza β può essere determinato con la formula empirica di Gauckler-Strickler indicando con $K [m^{1/3}/s]$ il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler i cui valori sono riportati in Tabella 4:

$$\beta = \frac{10,3}{K^2 D^{1/3}} \quad (6.14)$$

Alle perdite di carico distribuite vanno aggiunte le **perdite di carico concentrate** che, nel caso di moto uniforme nelle condotte in pressione vengono calcolate con la formula:

$$\Delta H = K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (6.15)$$

con $\Delta H [m]$: perdita di carico concentrata

K : coefficiente di perdita concentrata

$V [m/s]$: velocità media della corrente

$g [m/s^2]$: accelerazione di gravità

Il coefficiente di perdita concentrata K dipende dalla contrazione della vena che si verifica in prossimità di eventuali singolarità della condotta, e assume i valori riportati in Tabella 5.

Tabella 4 – Valori del coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler $K [m^{1/3}/s]$ in pressione

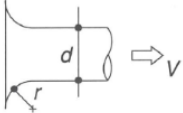
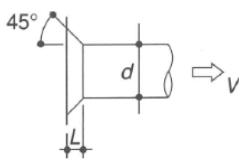
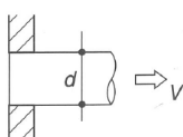
Tipo di tubazione	$K [m^{1/3}/s]$	
	Minimo ^(*)	Massimo ^(**)
Tubazioni in acciaio		
- Nuove:		
grezze non saldate	130	115
grezze saldate	130	110
- Nuove con rivestimenti degradabili nel tempo:		
verniciati per centrifugazione	140	120
bitumati per immersione	100	
Con asfalto o catrame	85	80
- In servizio, grezze o con rivestimenti degradabili:		
con leggera ruggine	90	80
con tuberculizzazione diffusa	75	70
- Con trattamenti o rivestimenti non degradabili nel tempo:		
zincati	140	120
galvanizzati	140	130
rivestimento bituminoso a spessore	140	125
rivestimento cementizio applicato per centrifugazione	120	100
Tubazioni in ghisa		

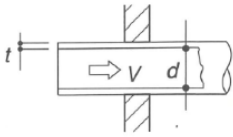

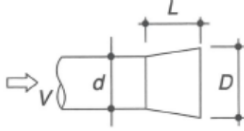

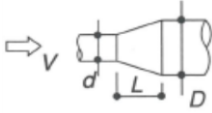
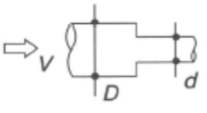
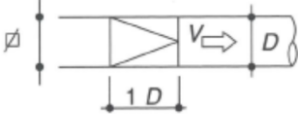
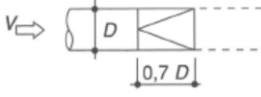
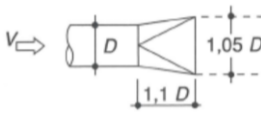
Tipo di tubazione	$K [m^{1/3}/s]$	
	Minimo ^(*)	Massimo ^(**)
- Nuove:		
grezze	90	85
rivestite internamente con bitume	90	
- In servizio, grezze o con rivestimenti degradabili:		
con lievi incrostazioni	85	75
parzialmente arrugginite	75	70
con forti incrostazioni	65	
- Con rivestimenti non degradabili nel tempo:		
rivestimento cementizio applicato per centrifugazione	120	100
Tubazioni in cemento		
Cemento amianto (nuovi)	130	105
In servizio	105	85
Cemento armato con intonaco perfettamente liscio (nuove)	100	
Cemento armato con intonaco perfettamente liscio (in servizio da anni)	75	70
Gallerie con intonaco in cemento, in funzione di finitura e condizioni di servizio	70	60

(*) Minimo = assolutamente rispondente alla descrizione (**) Massimo = in condizioni limite per passare alla condizione "peggiore"

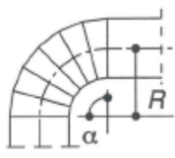
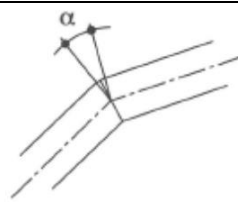
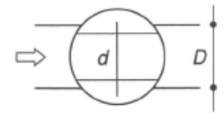
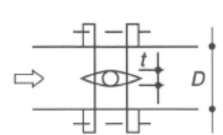
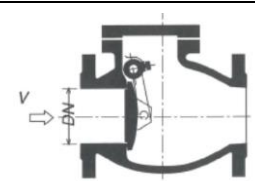
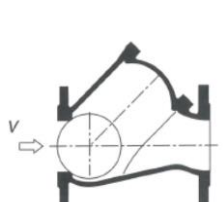
 Tabella 5 – Valori del coefficiente di perdita di carico concentrata K

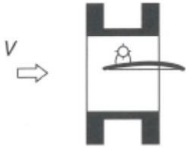
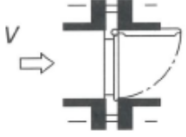
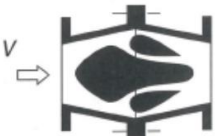
"Pompe e impianti di sollevamento. Manuale di progettazione e realizzazione" – A. Bianchi, U. Sanfilippo

COMPONENTE	SCHEMA	K
a) imbocchi	 $r / d = 0,3 \div 0,1$	0,05 ÷ 0,1
- raccordati	 $L / d = 0,3 \div 0,1$	0,2 ÷ 0,25
- a spigolo vivo		0,5

COMPONENTE	SCHEMA	K
- tubo addizionale interno	 $t / d = 0,05 \div 0,01$	0,6 ÷ 1,1
b) sbocchi in aria o sommersi	  $L = 1,5 d$ $d / D = 0,7$	1 0,6
c) allargamenti di sezione bruschi	 $d / D = 0,75$ $d / D = 0,50$ $d / D = 0,25$	0,3 0,6 0,9
d) allargamenti di sezione con raccordo conico	 $d / D = 0,50$ $d / D = 0,66$ $d / D = 0,75$	$L/D = 1$ $L/D = 2$ $L/D = 4$ 0,6 0,50 0,50 0,2 0,66 0,66 0,1 0,75 0,75
e) restringimenti di sezione bruschi	 $d / D = 0,75$ $d / D = 0,50$ $d / D = 0,25$	0,4 0,5 0,6
f) passaggi da sezione quadra a sezione circolare		0,15
g) passaggi da sezione circolare a sezione quadra		allo sbocco 0,68 in linea 0,04
		allo sbocco 0,6 in linea 0,03

COMPONENTE	SCHEMA		K				
h) confluenze mediante curva a 90° a 4 spicchi - con setto R = 1,5D - senza setto R = 1,5D		$d/D = 1,0$ $d/D = 0,8$ $d/D = 0,7$ $d/D = 0,6$	0,7 0,85 1 1,1				
		$d/D = 1,0$ $d/D = 0,8$ $d/D = 0,7$ $d/D = 0,6$	1 1,2 1,5 2,0				
i) confluenze mediante raccordi a "T" (K è riferito a V ₃)		α	d_1/d_3	Q_1/Q_3 0,25	Q_2/Q_3 0,33	Q_3/Q_3 0,5	Q_4/Q_3 1
		90°	0,5 0,7 0,8 1,0	0,05 -0,10 0,15 -0,20	0,35 0,20 0,15 -0,05	1,10 0,65 0,55 0,42	3,75 2,10 1,70 1,15
		45°	0,5 0,7 0,8 1,0	-0,08 -0,15 -0,20 -0,30	0,20 0,05 0,00 -0,14	0,80 0,40 0,30 0,11	2,75 1,25 0,90 0,39
j) derivazioni mediante raccordi a "T" (K è riferito a V ₃)		α	d_1/d_3	Q_1/Q_3 0,25	Q_2/Q_3 0,33	Q_3/Q_3 0,5	Q_4/Q_3 1
		90°	0,5 0,7 0,8 1,0	0,95 0,92 0,91 0,85	0,96 0,92 0,90 0,84	1,25 0,94 0,92 0,86	2,90 1,85 1,65 1,20
		45°	0,5 0,7 0,8 1,0	0,75 0,65 0,62 0,64	0,75 0,60 0,56 0,56	0,79 0,59 0,51 0,43	2,20 0,90 0,78 0,45
k) derivazioni con curve stampate a 90° (R = 1,5D)		$d/D = 1,0$ $d/D = 0,8$ $d/D = 0,7$ $d/D = 0,6$	0,72 0,67 0,62 0,58				
l) curve stampate, in regime turbolento (velocità minima 2m/s)		α	R = 1 D	R = 1,5D	R = 2 D		
		180°	0,28	0,21	0,14		
		120°	0,28	0,21	0,14		
		90°	0,25	0,19	0,13		
		60°	0,16	0,12	0,08		
		45° 30°	0,12 0,08	0,09 0,06	0,06 0,04		
m) curve stampate, in regime di		α	R = 1 D	R = 1,5D	R = 2 D		
		(Values for R=1D, R=1.5D, R=2D are implied from the previous table)					

transizione (K_{max})		180° 120° 90° 60° 45° 30°	0,4 0,4 0,32 0,23 0,17 0,12	0,3 0,3 0,24 0,17 0,13 0,09	0,2 0,2 0,16 0,11 0,09 0,06			
n) curve stampate, in regime turbolento - con 6 spicchi ogni 90° - con 4 spicchi ogni 90°		α	R = 1 D	R = 1,5D	R = 2 D			
		180° 120° 90° 60° 45° 30°	0,45 0,41 0,35 0,24 0,18 0,11	0,35 0,31 0,27 0,18 0,14 0,09	0,27 0,24 0,21 0,21 0,11 0,07			
		α	R = 1 D	R = 1,5D	R = 2 D			
		180° 120° 90° 60° 45° 30°	0,53 0,48 0,41 0,28 0,21 0,13	0,40 0,36 0,31 0,21 0,16 0,10	0,32 0,29 0,25 0,25 0,13 0,08			
	o) curve a spigolo vivo		α					
			120° 90° 60° 45° 30°				2,7 2,16 0,66 0,33 0,2	
p) valvole a sfera completamente aperte		$d / D = 0,84$	0,6					
q) valvole a farfalla		$t / D = 0,15$ $t / D = 0,20$ $t / D = 0,25$ valori normali	0,28 0,44 0,72 0,6 ÷ 0,7					
r) valvole di ritegno a clapet - se la velocità $V \leq 2m/s$ - se la velocità $V \geq 2m/s$		senza contrappeso con contrappeso DN 80 ÷ 150 DN 200 ÷ 600 DN700 ÷ 1800	$\Delta h = 0,2m$ $\Delta h = 0,5m$ 1,2 0,7 0,41					
s) valvole di ritegno a palla		$V \leq 1m/s$ $V \leq 2m/s$ $V \leq 3m/s$ $V \leq 4m/s$	DN 50 ÷ 150 DN 200 ÷ 300 DN 50 ÷ 150 DN 200 ÷ 300 DN 50 ÷ 150 DN 200 ÷ 300 DN 50 ÷ 150 DN 200 ÷ 300	$\Delta h = 0,10m$ $\Delta h = 0,05m$ 1 1,1 0,9 0,95 0,8 0,9				

		$V \leq 5\text{m/s}$	DN 50 ÷ 150 DN 200 ÷ 300	0,75 0,85				
t) valvole di ritegno a farfalla			$V \cong 2\text{m/s}$ $V \cong 3\text{m/s}$ $V \cong 4\text{m/s}$	2,4 1,2 0,4				
u) valvole di ritegno tipo wafer			$V \cong 2\text{m/s}$	1,1				
v) valvole di ritegno a fuso tipo Venturi			$V \text{ [m/s]} \cong$	1,0	1,5	2,5	3,5	
			DN 50 ÷ 200	3,7	1,5	1,0	0,9	
			DN 250 ÷ 300	2,75	1,1	0,85	0,75	
			DN 350 ÷ 600	2,75	1,1	0,78	0,65	
			DN 700 ÷ 1200	2,75	1,1	0,75	0,6	

5.6 ASPETTI COSTRUTTIVI

5.6.1 *Spechi*

Lo speco circolare si utilizza per convogliare i soli liquami neri, mentre lo speco ovoidale è da preferirsi in caso di trasporto di acque reflue miste ad acque di pioggia, in virtù della particolare forma della sezione che consente di mantenere minime velocità di deflusso anche in condizioni di tempo secco.

La scelta dello speco è effettuata in modo da soddisfare le verifiche idrauliche descritte in precedenza.

Per evitare fenomeni di intasamento della condotta, oltre alla scelta di tubazioni dalla scabrezza superficiale contenuta, si dovrà in ogni caso adottare un diametro minimo di 300 mm.

5.6.2 *Materiali e tubazioni*

a) Tubazioni fognarie funzionanti a pelo libero

I materiali da utilizzarsi per collettori fognari circolari sono i seguenti:

- gres ceramico (Norme UNI EN 295/13 e EC 2004 UNI-EN 295-1/02, UNI-EN 295-2/13 ed UNI-EN 295-3/12)
- ghisa sferoidale con rivestimento interno in malta di cemento alluminoso o poliuretano (norma UNI-EN 598/09)
- calcestruzzo vibro-compresso, armato o non, con rivestimento interno costituito da uno strato protettivo di resina epossidica bi-componente (norme UNI EN 1916/04 e EC-2008 UNI-EN 1916-1-2/04)

I collettori ovoidali per acque miste sono in generale realizzati in c.a.v.. Nel caso di impiego di calcestruzzo non armato, la posa delle tubazioni dovrà essere prevista con rinfianco in cemento.

Quando risulta indispensabile garantire la tenuta della condotta (ad es. in aree con possibile risalita della falda) è sempre da preferire la ghisa sferoidale, che, oltre ad una spiccata affidabilità in termini di tenuta idraulica, garantisce anche una notevole rapidità di posa che si configura come fattore determinante nella realizzazione delle canalizzazioni per la presenza di falda.

In casi particolari (elevata acclività del terreno, limitati spazi di cantiere, ecc.) può risultare indispensabile ricorrere a condotte più leggere e manovrabili: in questo caso si può ricorrere a tubazioni strutturate in PEAD di tipo corrugato coestruso (norme UNI-EN 13476-1-2/08, UNI CEN/TS 13476-4:2008 e UNI EN 13476-3 / 2009) o PEAD liscio (norme UNI EN 12666-1/06 e UNI-CEN/TS 12666-2/06).

b) Tubazioni fognarie funzionanti in pressione

Le tubazioni prementi a valle delle stazioni di sollevamento sono di norma in ghisa sferoidale conforme alla norma UNI-EN 598/09 o in PEAD liscio UNI-EN 12201 UNI-EN 15494.

Il profilo di tubazioni in pressione dovrà essere possibilmente progettato in modo che la livelletta sia sempre ascendente; qualora la topografia del terreno non lo rendesse possibile, dovranno essere predisposti pozzetti di sfiato e di scarico rispettivamente nei punti di massimo e minimo livello del tracciato.

c) Tubazioni fognarie per posa con tecnologia "no-dig"

In caso di interferenze con infrastrutture stradali importanti, linee ferroviarie, corsi d'acqua, ecc. è in generale necessario posare tubazioni fognarie con tecnologia senza scavo ("no-dig").

In particolare, nel caso di fognature, la tecnologia più indicata è il **microtunnelling**, che si caratterizza per una altissima precisione di posa e pertanto consente di rispettare esattamente la costanza della livelletta di progetto.

Le tubazioni speciali usualmente impiegate per infissione a spinta sono:

- gres, conforme alla norma UNI-EN 295-7/13
- calcestruzzo armato, conforme alle norme UNI-EN 639:1996, 641:1996 e DIN 4035
- acciaio tipo S355JR, conforme alla norma UNI-EN 10025-2:2005

Per interventi minori e/o quando lo spazio di cantiere è esiguo per realizzare il manufatto di spinta, si può ricorrere alla tecnica del **horizontal directional drilling** (*perforazione orizzontale teleguidata*), impiegando tubazioni in PEAD liscio o ghisa sferoidale.

5.6.3 Pozzetti di ispezione, confluenza, vertice e salto

Lungo il tracciato, per la corretta manutenzione e funzionalità del sistema fognante, ogni 25-30 metri circa e sempre ad ogni variazione plano-altimetrica è necessario prevedere pozzetti di ispezione e di vertice.

Nel caso di confluenze o di allaccio di utenze dovranno parimenti essere previsti sempre pozzetti ispezionabili.

I pozzetti di ispezione, confluenza, salto e vertice sono del tipo a pianta quadrata in c.a. prefabbricato, di dimensioni interne corrispondenti alle misure standardizzate presenti nel corrente prezziario ufficiale della Regione Lazio.

Nel caso di falda al piano campagna i pozzetti di ispezione, confluenza, salto e vertice sono del tipo circolare in c.a. prefabbricato, di dimensioni interne corrispondenti alle misure standardizzate presenti nel corrente prezziario ufficiale della Regione Lazio.

Per collettori di grandi dimensioni può rendersi necessario prevedere manufatti in c.a. gettato in opera.

I chiusini di ispezione in ghisa sferoidale a norma UNI EN 1563 dovranno essere conformi alla norma UNI EN 124 - Classe D250 (in campagna) o Classe D400 (su strada carrabile). Il passo d'uomo dovrà avere dimensioni minime 70 cm e le scalette di accesso sono in

acciaio con zincatura a caldo. In campagna i passi d'uomo sono rialzati di 0,4 metri sul piano terreno.

Il fondo dei pozzetti deve essere previsto sagomato ad U (savanella), con un semitubo sul fondo, per limitare le perdite di carico e, nelle fognature nere o miste, per evitare spargimenti di liquame.

Nel caso di pozzetti di salto è buona norma prevedere, nel caso di salto superiore a 50 cm, una protezione del fondo in mattonelle di gres ceramico.

5.6.4 *Manufatto di disconnessione*

È costituito da due pozzetti prefabbricati affiancati, tra loro comunicanti attraverso un'asola superiore alla generatrice superiore della tubazione premente influente, ciò consentendo alla stessa di rimanere sempre sommersa ed evitando il rientro di aria che determinerebbe un malfunzionamento dell'impianto di sollevamento.

5.6.5 *Manufatto scolmatore*

Di norma si ricorre alla tipologia di scolmatore "laterale" (o "a canale"), mentre quando le portate di pioggia risultano estremamente superiori alle portate nere può essere necessario adottare uno scolmatore tipo "frontale", oppure nella configurazione mista frontale-laterale, per evitare lunghezze eccessive del canale scolmatore.

Lo scolmatore consiste in un manufatto interrato a pianta rettangolare, realizzato in c.a. gettato in opera, con chiusini di ispezione dei vari comparti.

La localizzazione dello scolmatore dovrà essere stabilita verificando la presenza nelle vicinanze di un corpo idrico ricettore idoneo al recapito delle acque scolmate.

Il dimensionamento prevede il calcolo della lunghezza della soglia sfiorante in grado di scaricare la portata massima di pioggia entrante secondo il coefficiente di diluizione previsto dalla normativa e di avviare la restante portata nera in fognatura.

Lo scolmatore laterale è di norma costituito dai seguenti comparti:

- eventuale pozzetto di confluenza all'arrivo di più collettori di acque miste;
- camera di calma / sghiaiatore con griglia grossolana verticale interasse 10 cm (su 2 linee possibilmente);
- canale scolmatore con lama di sfioro regolabile in lamiera zincata, da cui ha inizio il collettore acque nere. La regolazione della lama consente di ottenere il minimo rapporto di diluizione di legge compatibile con lo scarico verso un corso d'acqua;
- eventuale grigliatura della corrente sfiorata;
- pozzetto di scarico da cui ha parte il collettore di scarico delle acque scolmate diretto verso il ricettore idrico

Il collettore di scarico, diretto verso il ricettore idrico, è una tubazione di norma in c.a., di sezione idonea a smaltire la massima portata scolmata, con una pendenza massima tale da non determinare velocità di deflusso superiori a 4-5 m/s.

Nel punto di scarico, l'asse del collettore dovrà possibilmente essere disposto secondo la direzione della corrente, ed il corpo idrico ricettore andrà protetto adeguatamente con materassi e/o gabbioni di pietrame per evitare fenomeni di erosione.

5.6.6 Impianto di sollevamento reflui

a) Opere civili

I sollevamenti fognari dovranno essere realizzati in manufatti, prefabbricati o no, che siano comunque impermeabili all'acqua, saranno provvisti di chiusini in ghisa del tipo carrabile e scalette di accesso in acciaio con zincatura a caldo.

La camera di carico alloggia le elettropompe, e può essere dotata di soglia sfiorante qualora si prevede l'ingresso di acque di pioggia.

La superficie della vasca dovrà essere sufficiente ad accogliere il numero di pompe di progetto per lo scenario a lungo termine (anche se inizialmente il numero di macchine potrà essere inferiore), in particolare dovrà essere mantenuta una distanza dalle pareti laterali e tra le elettropompe sufficiente ad evitare interferenze nel funzionamento (tali valori vengono forniti di norma dai costruttori).

Dovrà essere inoltre osservata una sufficiente distanza orizzontale (possibilmente almeno 1 metro) tra collettore influente ed elettropompe per evitare turbolenza nelle giranti, in alternativa potrà essere inserito un diaframma rompi-getto per attenuare la velocità della corrente in ingresso.

Il volume utile della vasca di carico dovrà essere dimensionato opportunamente in modo da evitare sia eccessivi tempi di residenza del liquame (di norma non superiore a 60 minuti) sia un numero troppo elevato di avviamenti orari delle pompe (come valore di riferimento si può assumere tra i 6 e i 10 avviamenti/ora).

Per definire la profondità totale della camera di carico si dovrà sommare all'altezza utile di funzionamento delle pompe (oggetto di calcolo idraulico in funzione del numero di pompe, della portata in arrivo e del numero di avviamenti orari fissato), l'altezza minima di immersione delle pompe (fornita dai costruttori) ed il dislivello tra quota di scorrimento del collettore in ingresso e massimo livello del liquame nella camera di carico, la quale dovrà essere di almeno 20-30 cm in modo da effettuare la disconnessione idraulica tra impianto e rete a monte.

Il fondo della camera di carico andrà sagomato in modo da evitare spigoli vivi (causa di depositi) ed assegnare una pendenza verso le pompe.

In caso di collettori di acque miste in arrivo all'impianto, a protezione delle pompe sarà opportuno prevedere un comparto sgrigliatore con griglia grossolana a cestello in acciaio inox, di norma disposto su due linee e posto a monte della camera di carico.

Adiacente e non comunicante con la camera di carico, dovrà essere prevista la camera di manovra, consistente in un manufatto ispezionabile contenente le valvole di sezionamento e di non ritorno poste sulle mandate delle singole pompe.

All'interno del manufatto, le mandate delle singole pompe e la premente saranno di norma in acciaio, al di fuori, qualora il progetto preveda la tubazione premente in altro materiale, andrà inserito apposito giunto intermateriale.

b) Opere elettromeccaniche

Si prevedono elettropompe sommerse di tipo centrifugo, con piede di accoppiamento e catena di estrazione, del tipo trituratrici o a girante arretrata a canale aperto (con passaggio libero di almeno 80/100 mm).

Il numero di pompe di progetto dipende di norma dal rapporto tra portata media e portata massima di progetto, nonché dalle condizioni di breve/medio termine che possono rendere opportuno far prevedere una gradualità nell'inserimento delle macchine.

Di norma le pompe saranno di eguali caratteristiche (portata e prevalenza) e dovrà al numero di pompe operative dovrà sempre essere prevista almeno una pompa di riserva attiva, con funzionamento in rotazione.

In generale, se è previsto un notevole incremento di popolazione nello scenario a lungo termine, converrà installare un numero di pompe inizialmente dimensionato per far fronte alla portata di breve/medio termine, assumendo una loro successiva sostituzione o un loro potenziamento attraverso l'aggiunta di altre macchine.

Si dovrà inoltre prevedere l'installazione di un misuratore elettromagnetico di portata sulla tubazione premente, da alloggiarsi in un pozzetto prefabbricato dedicato subito a valle della camera di manovra.

Le stazioni dovranno essere dotate della predisposizione al telecomando/telecontrollo.

c) Alimentazione, quadri elettrici e gruppo elettrogeno

Di norma per l'alimentazione elettrica degli impianti deve essere prevista una derivazione dal punto di fornitura in BT.

Qualora la potenza impegnata dall'impianto di sollevamento superi 100 kW è opportuno prevedere la fornitura elettrica in MT e realizzare una cabina di trasformazione MT/BT.

Per piccoli impianti il quadro elettrico può essere alloggiato in apposito armadietto stagno posto all'esterno, mentre per impianti di maggiori dimensioni deve essere previsto uno specifico locale quadri, di dimensioni e caratteristiche rispondenti alle normative vigenti in materia.

Gli impianti di sollevamento reflui devono essere dotati di gruppi elettrogeni di continuità per consentirne il funzionamento anche in caso di interruzione della tensione elettrica di alimentazione delle pompe.

Di norma il gruppo elettrogeno viene collocato all'esterno, entro manufatto coperto con recinzione in grigliato tipo keller e platea di fondazione con vasca di raccolta per eventuali fuoriuscite di carburante.

d) Organi di attenuazione del colpo d'ariete

Nel caso dalle verifiche idrauliche di moto vario risultino valori di colpo d'ariete superiori a quelli previsti dalla normativa (D.M. LL.PP. 12/12/85), dovranno essere previsti specifici dispositivi di controllo delle sovrappressioni / depressioni in condotta.

Tali organi possono consistere in:

- casse d'aria (da preferirsi): normalmente disposte esternamente e collegate idraulicamente alla tubazione premente
- valvole di rientro/fuoriuscita d'aria: posizionate in pozzetto posto nel punto critico del profilo, dove si prevede il picco di pressione/depressione

Nel caso in cui l'arresto delle pompe provochi sovrappressioni superiori ai limiti sopra citati, è nel sistema occorre inserire opportuni dispositivi di riduzione della sovrappressione.

Tra le possibili soluzioni è da preferire l'inserimento di casse d'aria. Il suo compito è quello di trasformare i fenomeni di colpo d'ariete in fenomeni di oscillazioni di massa, e consiste in un serbatoio riempito in parte di acqua in parte di aria compressa, collegato idraulicamente alla tubazione. Tale collegamento può anche essere realizzato prevedendo una strozzatura, che determina una perdita di carico localizzata.

Il volume delle casse d'aria va dimensionato attraverso metodi standardizzati di letteratura (abaco di Evangelisti) o tramite software di calcolo specifici (es. *Hytran Solutions*), assumendo un margine di sicurezza maggiorativo di norma del 50% sul valore teorico di calcolo.

Per l'utilizzo del metodo di evangelisti si fa riferimento alla figura seguente.

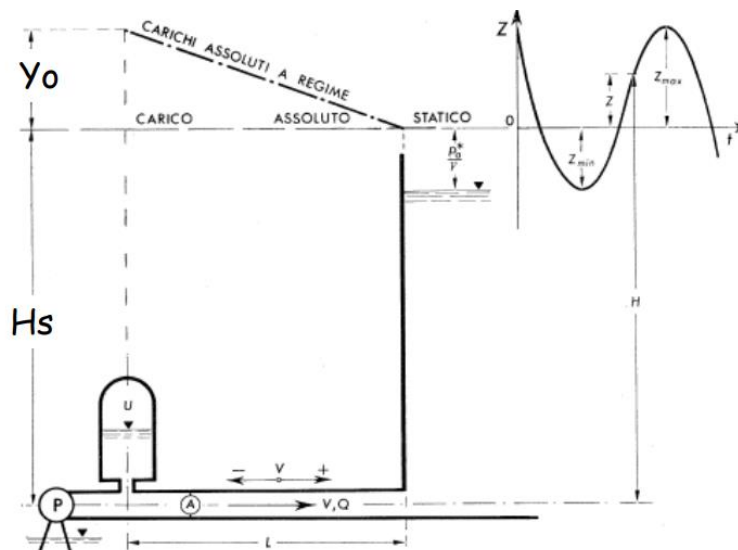


Figura 5.1 – Schema di funzionamento della cassa d'aria (*Idraulica, D. Citrini e G. Nosedà*)

Con riferimento alla figura precedente, è possibile scrivere l'equazione del moto e l'equazione di continuità relative alla cassa di espansione (delle quali si omette la descrizione), alle quali si aggiunge l'equazione di stato del gas presente nella cassa o equazione politropica, che lega il carico assoluto H (carico piezometrico aumentato del carico relativo alla pressione atmosferica p_a^*/γ):

$$HU^n = H_s U_s^n = \text{cost}$$

con $H [m]$: carico assoluto in corrispondenza della cassa in condizioni di moto vario

$H_s [m]$: carico assoluto in corrispondenza della cassa in condizioni statiche

$U [m^3]$: volume di gas contenuto nella cassa

$U_s [m^3]$: volume di gas contenuto nella cassa corrispondente al carico H_s

n : esponente legato al tipo di trasformazione termodinamica subita dal gas

Il parametro n può assumere un valore compreso tra **1**, nel caso di trasformazione isoterma, e **1,4** nel caso di trasformazione adiabatica. Nella pratica viene sempre assegnato il valore di $n = 1,4$.

Detta $Z [m]$ la variazione del carico, e tenuto presente che $H = H_s + Z$, si perviene alle relazioni che permettono di determinare il volume massimo e minimo di aria contenuto dalla cassa durante le oscillazioni:

$$U_{max} = U_s \left(\frac{H_s}{H_{min}} \right)^{\frac{1}{n}} = U_s \left(\frac{H_s}{H_s + Z_{min}} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$U_{min} = U_s \left(\frac{H_s}{H_{max}} \right)^{\frac{1}{n}} = U_s \left(\frac{H_s}{H_s + Z_{max}} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Dove i pedici *max* e *min* si riferiscono rispettivamente alle condizioni di massima e minima variazione del carico in corrispondenza della cassa.

Si introducono i seguenti parametri adimensionali:

$$z = \frac{Z}{H_s} \quad v = \frac{V}{V_0} \quad u = \frac{Y_0}{U_s} \quad k_0 = \frac{K_0}{H_s}$$

$$\sigma = \frac{AL}{H_s U_s 2g} \frac{V_0^2}{2g} \quad \tau = t \sqrt{\frac{gAH_s}{LU_s}}$$

con $Z [m]$: variazione del carico

$H_s [m]$: carico assoluto in corrispondenza della cassa in condizioni statiche

$V [m/s]$: velocità istantanea nella condotta

$V_0 [m/s]$: velocità media nella condotta relativa alla condizione di moto permanente

$U [m^3]$: volume di gas contenuto nella cassa

$U_s [m^3]$: volume di gas contenuto nella cassa corrispondente al carico H_s

Y_0 [m]: perdite di carico distribuite nella condotta

K_0 [m]: perdite di carico concentrate nella strozzatura

A [m²]: sezione della condotta

L [m²]: lunghezza della condotta

Si perviene alle seguenti relazioni:

$$U_{max} = U_s \left(\frac{H_s}{H_{min}} \right)^{\frac{1}{n}} = U_s \left(\frac{H_s}{H_s + Z_{min}} \right)^{\frac{1}{n}} = U_s \left(\frac{1}{H_s + Z_{min}} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$U_{min} = U_s \left(\frac{H_s}{H_{max}} \right)^{\frac{1}{n}} = U_s \left(\frac{H_s}{H_s + Z_{max}} \right)^{\frac{1}{n}} = U_s \left(\frac{1}{H_s + Z_{max}} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Utilizzando i parametri adimensionali sopra elencati, è possibile risolvere il sistema di equazioni che governa il fenomeno attraverso l'abaco di Evangelisti che, nel caso di perdite di carico nulle nella condotta e nella strozzatura ($Y_0 = K_0 = 0$) assume la forma rappresentata nella figura seguente.

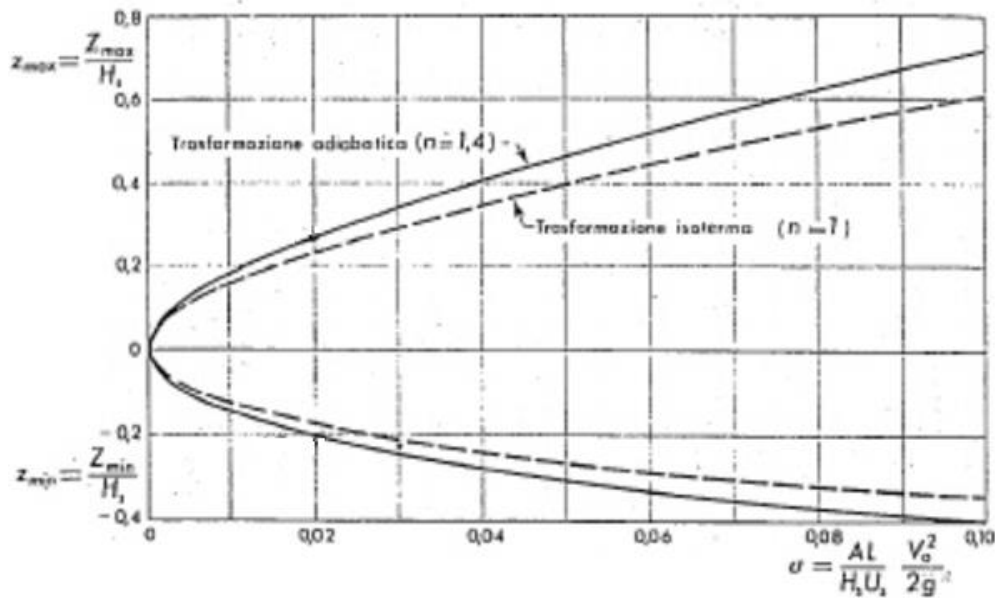


Figura 5.2 – Abaco di Evangelisti – perdite di carico nulle (*Idraulica, D. Citrini e G. Nosedà*)

L'utilizzo del grafico è immediato:

1. si sceglie la classe di pressione massima voluta nelle condotte, fissando il parametro z_{max} ;
2. si sceglie il tipo di trasformazione termodinamica, fissando il parametro n ;
3. si entra nel grafico con il valore di z_{max} incrociando la curva relativa al parametro n scelto e ricavando il parametro σ ;
4. con il parametro σ si calcola il volume d'aria in condizioni idrostatiche U_s ;
5. tornando nel grafico con il parametro σ e incrociando nuovamente la curva relativa alla trasformazione considerata si determina il valore di z_{min} (negativo);
6. noti U_s e z_{min} si ricava il volume massimo della cassa U_{max} .

Nel caso di perdite di carico non nulle, occorre utilizzare un'altra tipologia di grafici. Ognuno di questi sarà riferito ad un particolare valore del parametro n (1,4 o 1) e ad un particolare tipo di strozzatura presente al collegamento tra cassa e condotta (assenza di strozzatura o strozzatura ottima, definita in seguito).

A titolo di esempio è riportato l'abaco riferito alla situazione di assenza di strozzatura e trasformazione adiabatica.

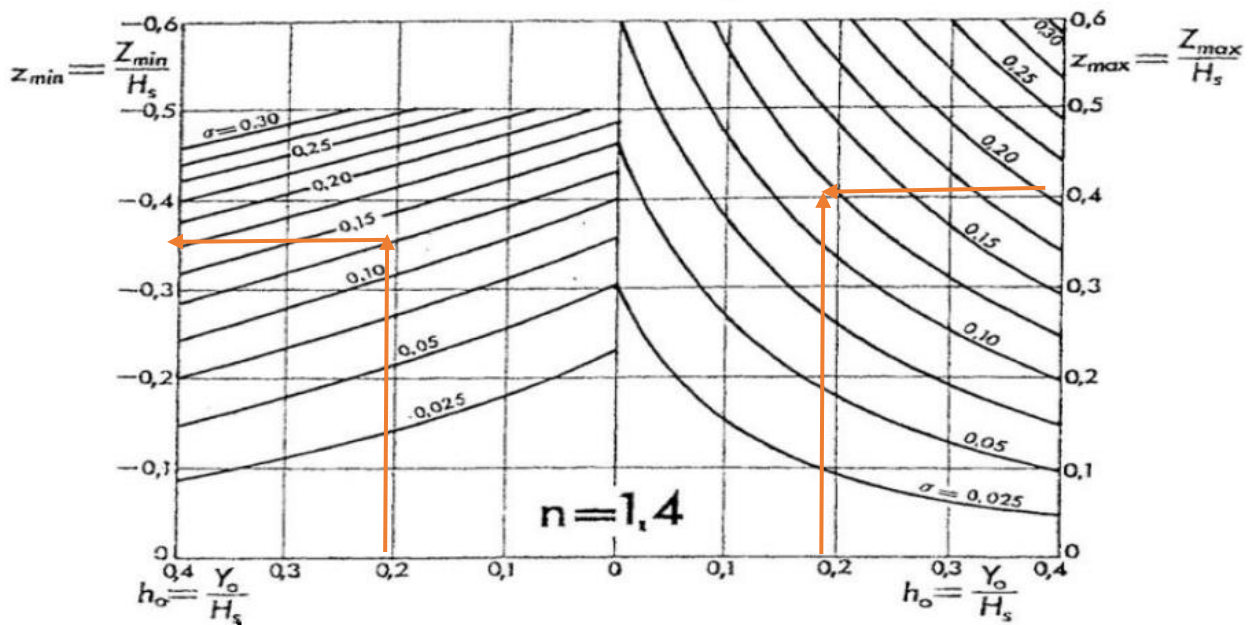


Figura 5.3 – Abaco di Evangelisti – perdite di carico non nulle ($n = 1,4$ e $K_0 = 0$)

Il grafico risulta ancora di facile utilizzo:

1. si sceglie la classe di pressione massima voluta nelle condotte, fissando il parametro z_{max} ;
2. si sceglie il tipo di trasformazione termodinamica, fissando il parametro n ;
3. si calcolano le perdite di carico h_0 ;
4. si entra nella parte destra del grafico relativo al tipo di trasformazione scelta con il valore di z_{max} e con il valore di perdite di carico calcolate h_0 , ricavando così il parametro σ ;
5. con il parametro σ si calcola il volume d'aria in condizioni idrostatiche U_s ;
6. tornando nel grafico con le perdite di carico h_0 e incrociando nella parte sinistra del grafico la curva relativa al parametro σ precedentemente determinato si ottiene il valore di z_{min} (negativo);
7. noti U_s e z_{min} si ricava il volume massimo della cassa U_{max} .

L'utilizzo del grafico è analogo nelle altre situazioni di trasformazione isoterma ($n = 1$) e di strozzatura ottima, definita come quella strozzatura che produce, per una velocità pari a quella di regime V_0 , una perdita di carico tale da provocare nell'istante iniziale la stessa depressione Z_{min} che si realizza al termine della prima fase di moto vario. Numericamente vale:

$$K_0 = Y_0 + |Z_{min}|$$

e) Sistemazione dell'area dell'impianto

L'area dell'impianto di sollevamento sarà dotata di recinzione anti-intrusione con cancello di accesso carrabile, di impianto di illuminazione e, se richiesto ai fini della mitigazione dell'impatto ambientale, di cortina verde perimetrale (di norma in siepe di *laurus caerasus*).

L'area dell'impianto dovrà essere sufficientemente ampia da consentire l'accesso e le operazioni di manovra dei mezzi di manutenzione.

5.7 ATTRAVERSAMENTI ED INTERFERENZE

Gli **attraversamenti di linee ferroviarie** devono essere progettati secondo le prescrizioni del D.M. 23/02/1971 "Norme tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie e alte linee di trasporto" come modificato dal D.M. 10/08/2004. Nel caso di attraversamenti inferiori si dovrà ricorrere alla tecnologia microtunnelling, che risulta la più indicata per mantenere con precisione la livelletta di progetto.

Gli **attraversamenti autostradali** devono essere progettati tenendo conto che i manufatti di estremità dovranno essere disposti al di fuori dell'eventuale area di

allargamento alla terza corsia, e comunque dovranno essere concordati nelle modalità costruttive ed esecutive con l'Ente gestore. Nel caso di attraversamenti inferiori si dovrà ricorrere alla tecnologia microtunnelling, che risulta la più indicata per mantenere con precisione la livelletta di progetto.

Gli **attraversamenti di corsi d'acqua** devono essere ove possibile previsti in subalveo, con successivo ripristino delle sponde e del fondo attraverso taglioni di gabbioni a monte e a valle della condotta e materassi di pietrame (sp. 30 cm) per un ampiezza pari a min. 6 metri in asse alla tubazione. La tubazione andrà posata entro un tubo-fodera di protezione del corso d'acqua rinfiacato in calcestruzzo, che dovrà osservare una copertura di almeno 1 metro dal fondo alveo. I pozzetti di ispezione dovranno essere posizionati ad almeno 4 metri dal ciglio del fosso o comunque in conformità alle esigenze di manutenzione del Consorzio di Bonifica competente.

Nel caso di **interferenze con importanti infrastrutture a rete** (acquedotti e adduttrici idriche, gasdotti media e alta pressione, ecc.), dovranno essere raccolte informazioni cartografiche ed effettuati appositi rilievi volti ad individuare con esattezza la posizione del manufatto esistente e dovranno essere adottate le necessarie misure di protezione in accordo con l'Ente Gestore. In particolare, nel caso di attraversamenti superiori di reti idriche, dovrà essere sempre previsto il passaggio entro tubo-fodera di protezione.

6 ELENCO MODULI

Titolo modulo	Codice modulo
Check List _Progettazione rete fognaria	MD LG020A
Allegati:	
Fac-Simile Indice - Relazione Illustrativa del progetto preliminare	FS 020-01
Fac-Simile Indice - Relazione Idraulica del progetto preliminare	FS 020-02
Fac-Simile Indice - Relazione Generale del progetto definitivo	FS 020-03
Fac-Simile Indice - Relazione Idraulica del progetto definitivo	FS 020-04
Fac-Simile Indice - Relazione Generale del progetto esecutivo	FS 020-05
Fac-Simile Indice - Relazione Idraulica del progetto esecutivo	FS 020-06
Disegno Tipologico – Manufatto di disconnessione	FS 020-07
Disegno Tipologico – Manufatto scolmatore	FS 020-08