



Acea Elabori SpA

LG 019 – Ed. 2 - Rev. 1

Linee guida per la redazione dei progetti di acquedotti

Linea Guida

Validità: 16 settembre 2019

REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONI		
Responsabile Execution	Team Michela MAZZA	Responsabile Competenza Idraulica	Centro di Modellistica	Eugenio BENEDETTI	Rappresentante della Direzione del Sistema Integrato Qualità, Ambiente e Sicurezza	Paolo MORICONI
		Responsabile Gestione Qualità	Sistema	Laura CAPUANI		

INDICE

1	MODALITÀ DI DISTRIBUZIONE	3
2	SCOPO	3
3	CAMPO DI APPLICAZIONE	3
4	DEFINIZIONI.....	3
5	ELABORATI DI PROGETTO	4
6	MODALITA' OPERATIVE	5
	6.1 CONTENUTI MINIMI DEGLI ELABORATI TECNICO SPECIALISTICI	5
	6.2 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE.....	5
	6.2.1 RACCOLTA DEI DATI	5
	6.2.2 RILIEVI E MISURE.....	5
	6.2.3 TRACCIATO DI PROGETTO.....	6
	6.2.4 ASPETTI IDRAULICI E FUNZIONALI.....	7
	6.3 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO.....	7
	6.3.1 BACINO E POPOLAZIONE DI PROGETTO.....	7
	6.3.2 PORTATE DI PROGETTO	8
	6.3.3 CONDIZIONI DI VERIFICA.....	10
	6.3.4 VERIFICA DI RESISTENZA DELLE TUBAZIONI METALLICHE ALLA PRESSIONE IDRAULICA	18
	6.4 ASPETTI COSTRUTTIVI.....	24
	6.4.1 MATERIALI E TUBAZIONI	24
	6.4.2 POZZETTI DI SFIATO E SCARICO	26
	6.4.3 MODALITÀ DI POSA.....	26
	6.4.4 ATTRAVERSAMENTI	28
7	ELENCO MODULI.....	30

1 MODALITÀ DI DISTRIBUZIONE

La distribuzione avviene tramite pubblicazione su rete intranet aziendale.

2 SCOPO

Le presenti linee guida per la redazione dei progetti di acquedotti hanno lo scopo di definire i criteri ed i requisiti minimi da osservare nella progettazione degli acquedotti nonché le modalità di redazione degli elaborati tecnici specialistici riguardanti tale progettazione.

3 CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente documento si applica alle attività di progettazione svolte dalla Società ACEA Elabiori S.p.A. 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

Reti di adduzione e di alimentazione

Le condotte adduttrici ed alimentatrici sono le condotte in pressione di diametro maggiore del sistema acquedottistico.

Le adduttrici hanno la funzione di trasferire l'acqua proveniente dai punti terminali degli acquedotti (nodi di smistamento), generalmente posti esternamente alle località urbanizzate, ai vari centri di distribuzione (serbatoi di testa o terminali, piezometri, ecc.) ovvero in prossimità dei luoghi di utilizzazione. Si tratta generalmente di una rete di condotte di notevole lunghezza e diametro strettamente correlata a quella degli acquedotti.

Le condotte alimentatrici hanno origine generalmente dai centri di distribuzione e costituiscono le maglie principali di una rete di distribuzione, pertanto sono costituite da tubazioni di diametro rilevante rispetto al diametro medio della rete. Per tali condotte, in relazione alla loro grande dimensione e flusso idrico, non sono generalmente previste ed ammesse derivazioni verso singole utenze, che determinerebbero effetti indesiderati sulle tubazioni quali un indebolimento meccanico e maggiore vulnerabilità, con conseguenti probabilità di perdite idriche rilevanti.

Reti idriche di distribuzione

Per reti di distribuzione si intende l'insieme delle tubazioni che costituiscono la rete primaria di alimentazione e la rete locale.

La rete primaria di alimentazione svolge la funzione di convogliare le portate dai centri di distribuzione (quali serbatoi, piezometri, partitori, o comunque vasche di disconnessione idraulica) all'interno delle zone da alimentare, attraverso le maglie principali del sistema di distribuzione.

La rete locale si sviluppa lungo la viabilità stradale esistente e da essa vengono effettuati gli allacci per le derivazioni alle singole utenze. Tali derivazioni vengono realizzate tramite il collegamento (presa) alla rete locale mediante una tubazione di piccolo diametro (portatore). È opportuno interporre una saracinesca a valle della presa allo scopo di poter effettuare la riparazione in caso di rottura della diramazione senza dover porre fuori servizio l'intera infrastruttura stradale sulla quale è posata la condotta principale.

Impianto di sollevamento a servizio di un serbatoio di compenso o vasca di disconnessione

Tale impianto di sollevamento è di norma alloggiato all'interno della camera di manovra del serbatoio o della vasca di disconnessione, dove sono previsti i necessari collegamenti ed apparecchiature idrauliche (misura, regolazione, intercettazione, by-pass, sfiati e scarichi) delle tubazioni in arrivo e partenza, scarico e sfioro delle vasche.

Di norma il sollevamento è costituito da due o più pompe centrifughe ad asse orizzontale installate a secco.

Nel caso di impianto di sollevamento di tipo booster questo è di norma costituito da un manufatto in calcestruzzo armato quasi interamente interrato alloggiante le pompe e le apparecchiature. Questa tipologia di sollevamento è costituita da due o più pompe sommerse ad asse verticale installate all'interno di tubazione.

Per una descrizione più dettagliata degli impianti di sollevamento per acque potabili si rimanda alla linea guida LG022 "Progettazione di impianti di sollevamento acque potabili".

5 ELABORATI DI PROGETTO

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)

6 MODALITA' OPERATIVE

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

6.1 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)

6.2 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

6.2.1 *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:

- Carta Tecnica Regionale (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 idrica ed acquedotti).

Si deve procedere inoltre ad acquisire gli strumenti di pianificazione urbanistica, la cartografia ambientale, paesaggistica ed archeologica dell'area di intervento.

6.2.2 *Rilievi e misure*

Al fine di definire le possibili alternative progettuali e scegliere il tracciato della condotta di progetto, in fase preliminare di progettazione è 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 le condotte di progetto.

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

Deve 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, possono 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/ 1:5000.

6.2.3 Tracciato di progetto

Il tracciato di progetto degli acquedotti 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 e delle tubazioni di collegamento, l'entità dei volumi di scavo nonché il costo delle specifiche opere d'arte da realizzare;
- adottare un tracciato facilmente accessibile da parte del personale per favorire le operazioni di manutenzione delle opere e degli impianti al fine di contenere i costi e i tempi d'intervento;
- posizionare le opere di progetto in considerazione della conformazione plano-altimetrica del terreno, degli ingombri in pianta dei manufatti, delle quote idrauliche di progetto del serbatoio, della facilità d'accesso in modo da utilizzare al meglio la superficie occupata;
- 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 (tubazioni idriche e del gas, fognature, linee elettriche AT e MT, polifore telefoniche) nonché l'impatto ambientale delle opere da realizzare sia in corso di esecuzione che a lavori ultimati;
- garantire il rispetto delle distanze minime dalle proprietà private.

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 ricevute dagli Enti interpellati.

6.2.4 *Aspetti idraulici e funzionali*

Le condotte di adduzione e di alimentazione, che costituiscono impianti idrici primari, e le reti idriche di distribuzione devono essere progettate con un adeguato livello di vita utile (30-40 anni).

A tale scopo, in fase di progettazione, diametri, materiali e modalità di posa delle condotte devono essere scelti in funzione della vita utile dell'opera. È infatti necessario garantire durata ed affidabilità degli impianti e considerare il trasporto di portate significativamente maggiori di quelle attuali, legate agli incrementi urbanistici e demografici.

Compatibilmente con la morfologia territoriale e le presenze antropiche, i tracciati dell'intera rete idrica devono essere il più breve possibile. Inoltre, i tracciati delle condotte alimentatrici e delle reti idriche devono essere il più possibile baricentrici rispetto alla distribuzione dei consumi nella zona servita.

La configurazione delle condotte alimentatrici e delle reti idriche varia a seconda della geometria della zona e dello schema di distribuzione adottato. Se possibile è preferibile scegliere una configurazione ad anello che garantisce maggiore sicurezza di esercizio della rete e migliore distribuzione delle pressioni tra le condotte. Tale configurazione viene ottenuta per mezzo di maglie chiuse che realizzano percorsi idraulici diversi in caso di necessità per fuori servizio di tratti di condotta, limitando al minimo i tratti terminali chiusi da testate.

Ove possibile, le condotte vanno ubicate su strade pubbliche o aperte al pubblico transito, al lato della carreggiata, in modo da facilitarne l'accessibilità ad opera del personale preposto all'esercizio ed alla manutenzione, compatibilmente con il rispetto delle distanze minime da edifici, manufatti, altri sottoservizi, vegetazione da salvaguardare.

L'andamento altimetrico delle condotte deve essere il più possibile conforme a quello del terreno, al fine di limitare gli oneri di scavo ma anche le deviazioni altimetriche.

La pendenza delle tubazioni non deve essere inferiore allo 0,2% nei tratti ascendenti e allo 0,4% nei tratti discendenti, per favorire la risalita dell'aria verso i punti sommitali di sfiato e lo svuotamento dell'impianto.

Le velocità minime in condotta non devono essere inferiori a 0,4 m/s mentre le velocità massime non dovrebbero superare i 2 m/s.

6.3 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

6.3.1 *Bacino e popolazione di progetto*

La caratterizzazione del bacino servito, dovrà essere realizzata sulla base dell'analisi di più fonti, ad esempio la Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000 - 1:5.000), il P.R.G. dei Comuni di competenza, il layout esistente delle reti di distribuzione. A seguito d'indagini e verifiche in campo è possibile generare un poligono georeferenziato rappresentativo del

bacino di interesse per il quale è necessario definire la popolazione, i consumi idropotabili e la tipologia di bacino.

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 acquedottistica, che va comunque verificata nelle condizioni di scenario attuale/a breve termine.

6.3.2 Portate di progetto

Al fine di determinare le portate di progetto necessarie al dimensionamento ed alla verifica delle reti idrauliche, è necessario individuare il numero di abitanti serviti, P , e la dotazione idrica giornaliera, d [l/(ab · giorno)], definita secondo la normativa di riferimento vigente.

Per quanto riguarda il valore della dotazione idrica procapite da assegnare alla popolazione servita è opportuno fare riferimento ai valori riportati nella normativa di riferimento vigente (ad esempio il Piano Regolatore Generale degli Acquedotti P.R.G.A.).

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.

a) Portata media giornaliera

Il calcolo della portata media giornaliera Q_a è eseguito quindi sulla base del fabbisogno idrico-potabile come:

$$Q_a \text{ (l/s)} = d \times P \quad (1)$$

b) Coefficienti di domanda

A partire dalla portata media giornaliera, si adottano dei coefficienti di domanda come rapporto tra la portata nello specifico intervallo temporale considerato e la portata media:

- coefficiente del giorno dei massimi consumi: α_g
- coefficiente dell'ora dei massimi consumi α_h o $C_{h,max} = 5/P^{1/6}$ (formula di Gibbs) ;
- coefficiente dell'ora dei minimi consumi $\alpha_{hmin} = 0.2 * P^{1/6}$

Tab. 1: da Valerio Milano "Acquedotti"

Valori dei coefficienti di punta mensili, giornalieri e orari per città di importanza media (A), di importanza medio-alta (B) e di importanza molto grande (C)

Tipo di città	$K_m = \frac{Q_{m,max}}{Q}$	$K_g = \frac{Q_{g,max}}{Q_{m,max}}$	$\alpha_g = \frac{Q_{g,max}}{Q}$	$K_h = \frac{Q_{h,max}}{Q_{g,max}}$	$\alpha_h = \frac{Q_{h,max}}{Q}$
Città tipo A	1,30	1,23	1,60	1,56	2,50
Città tipo B	1,25	1,16	1,45	1,40	2,00
Città tipo C	1,18	1,10	1,30	1,32	1,70

È possibile quindi calcolare le portate corrispondenti a tali specifici intervalli temporali considerati come:

c) Portata media del giorno dei massimi consumi Q_g

- portata media del giorno dei massimi consumi

$$Q_g \text{ (l/s)} = Q_a \times \alpha_g \quad (2)$$

La portata media del giorno dei massimi consumi Q_g viene utilizzata come dato di progetto nel dimensionamento e verifica delle condotte adduttrici esterne alla rete idrica di distribuzione.

d) Portata media dell'ora dei massimi consumi Q_{hmax}

- portata media dell'ora dei massimi consumi

$$Q_h \text{ (l/s)} = Q_a * \alpha_h \quad (3)$$

e) Portata media dell'ora dei minimi consumi Q_{hmin}

- portata media dell'ora dei minimi consumi

$$Q_{hmin} (l/s) = Q_a * \alpha_{hmin} \quad (4)$$

Le portate medie dell'ora dei massimi e dei minimi consumi sono utilizzate al fine del dimensionamento e verifica delle reti interne di distribuzione, in quanto indici delle oscillazioni in rete dei carichi totali.

Tali oscillazioni in rete dei carichi totali sono dovute alla variabilità oraria delle portate e all'altezza media degli edifici serviti nell'area di studio. Al fine di garantire il corretto funzionamento della rete è necessario garantire il valore della piezometrica minima in corrispondenza del punto di allaccio alla rete esistente, un valore minimo di pressione residua al piano stradale corrispondente ad un carico minimo da garantire all'ultimo piano dell'edificio più alto (in genere 5m sull'ultimo piano), ed un valore massimo di pressione (70÷80m) da non superare in corrispondenza dei nodi della rete a quota ortometrica minore.

6.3.3 Condizioni di verifica

a) Rete idrica a maglie chiuse

Per il dimensionamento delle reti idriche a maglie chiuse viene solitamente utilizzato un software di calcolo (tipo Watercad o Infoworks) ed effettuata la verifica della rete per lo scenario attuale e lo scenario futuro di funzionamento.

b) Condotte a gravità

La verifica delle condotte a gravità è finalizzata a valutare la capacità di deflusso per le portate transianti. Il dimensionamento e/o la verifica idraulica viene effettuata applicando la formula di Chézy, espressa come:

$$v = \chi \sqrt{R i} \quad (5)$$

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

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

R [m]: raggio idraulico;

i : inclinazione della linea del carico totale.

Il parametro di Chézy χ viene determinato mediante la formula empirica di Gauckler-Strickler:

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

dove il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler k_s [$m^{1/3}/s$] assume i valori riportati in Tabella 2.

Tabella 2 – 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		
<i>a) rivestimenti degradabili</i>		
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
<i>b) rivestimenti non degradabili</i>		
cemento applicato per centrifugazione	120	
Tubazioni in lamiera saldata		
in buone condizioni	90	
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	
c.a. nuove, intonaco perfettamente liscio	100	
c.a. con intonaco liscio, in servizio da più anni	70	
gallerie con intonaco di cemento, a seconda del grado di finitura	70	65
Tubazioni in altri materiali		
Gres vetrificato	75	85

Tipo di tubazione	k_s [$m^{1/3}/s$]	
	Minimo ^(*)	Massimo ^(**)
PVC e PEAD	125	167

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

c) Condotte in pressione

Per la verifica delle condotte in pressione è necessario definire l’andamento delle perdite di carico totali (locali e distribuite) lungo il tracciato. Nelle condizioni di moto uniforme, le perdite di carico distribuite nelle condotte in pressione sono calcolate utilizzando la formula di Darcy-Weisbach:

$$J = \frac{\lambda v^2}{2Dg} \quad (7)$$

con J [m/m]: cadente piezometrica;

D [m]: diametro del tubo;

λ : indice di resistenza;

v [m/s]: velocità media del fluido;

g [m/s²]: accelerazione di gravità.

Nel caso di regime assolutamente turbolento l’indice di resistenza λ può essere calcolato mediante la formula di Colebrook-White introducendo il coefficiente di scabrezza ϵ [mm]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3,71 D} \right) \quad (8)$$

Il coefficiente di scabrezza ϵ assume i valori riportati in Tabella 3.

Tabella 3 – Valori del coefficiente di scabrezza ϵ [mm]

Tipo di tubazione	ϵ [mm]	
	Minimo ^(*)	Massimo ^(**)
Tubazioni in acciaio		
<i>Nuove</i>		
grezze non saldate	0,03	0,06
grezze saldate	0,03	0,08
<i>Nuove con rivestimenti degradabili nel tempo</i>		
verniciati per centrifugazione	0,02	0,05
bituminati per immersione	0,10	0,15
con asfalto o catrame	0,5	0,6
<i>In servizio, grezze o con rivestimenti degradabili</i>		
con leggera ruggine	0,6	0,8

Tipo di tubazione	ε [mm]	
	Minimo ^(*)	Massimo ^(**)
con tuberculizzazione diffusa	1	4
<i>Con trattamenti o rivestimenti non degradabili nel tempo</i>		
zincati	0,02	0,05
galvanizzati	0,015	0,03
rivestimento bituminoso a spessore	0,015	0,04
rivestimento cementizio applicato per centrifugazione	0,05	0,15
Tubazioni in ghisa		
<i>Nuove</i>		
grezze	0,2	0,4
rivestite internamente con bitume	0,1	0,2
<i>In servizio, grezze o con rivestimenti degradabili</i>		
con lievi incrostazioni	0,4	1
parzialmente arrugginite	1	2
con forti incrostazioni	3	5
<i>Con rivestimenti non degradabili nel tempo</i>		
rivestimento cementizio applicato per centrifugazione	0,05	0,15
Tubazioni in cemento		
cemento amianto (nuovi)	0,03	0,1
in servizio	0,1	0,4
cemento armato con intonaco perfettamente liscio (nuove)	0,1	0,15
cemento armato con intonaco perfettamente liscio (in servizio da anni)	1	3
gallerie con intonaco in cemento, in funzione di finitura e condizioni di servizio	1	10

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

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:

$$\Delta H = K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (9)$$

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

K : coefficiente di perdita concentrata

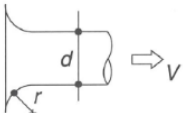
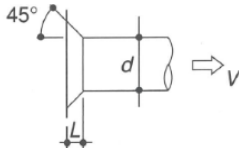
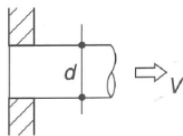
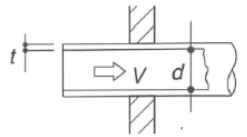

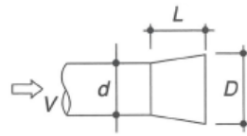
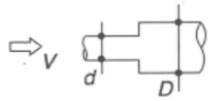
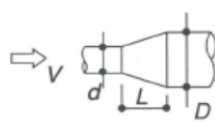
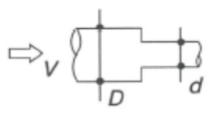
$V [m/s]$: velocità media della corrente

$g [m/s^2]$: accelerazione di gravità

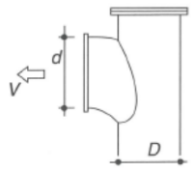
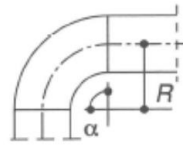
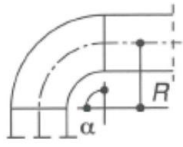
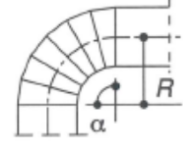
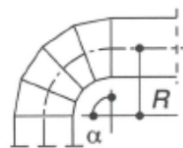
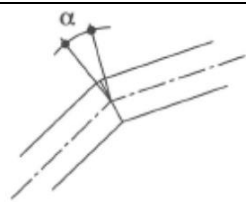
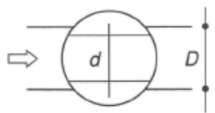
Il coefficiente di perdita concentrata K dipende dalla contrazione della vena che si verifica in prossimità di eventuali singolarità della condotta, e assume i valori riportati in Tabella 5.

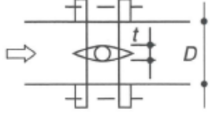
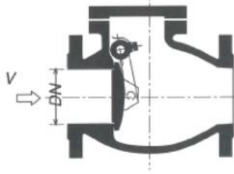
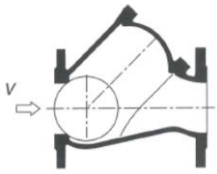
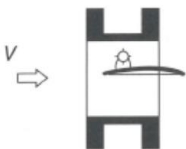
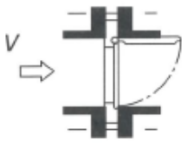
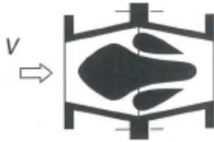
Tabella 5 – Valori del coefficiente di perdita di carico concentrata K

“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
- tubo addizionale interno		$t / d = 0,05 \div 0,01$	0,6 ÷ 1,1
b) sbocchi in aria o sommersi			1
		$L = 1,5 d$ $d / D = 0,7$	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

COMPONENTE	SCHEMA	K						
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						
h) confluenze mediante curva a 90° a 4 spicchi - con setto R = 1,5D - senza setto R = 1,5D		d / D = 1,0	0,7	0,85	1	1,1		
		d / D = 0,8						
		d / D = 0,7						
		d / D = 0,6						
		d / D = 1,0	1	1,2	1,5	2,0		
		d / D = 0,8						
		d / D = 0,7						
		d / D = 0,6						
i) confluenze mediante raccordi a "T" (K è riferito a V ₃)		alpha	d ₁ /d ₃	Q ₁ /Q ₃ 0,25	Q ₁ /Q ₃ 0,33	Q ₁ /Q ₃ 0,5	Q ₁ /Q ₃ 1	
		90°	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	
45°	0,5	-0,08	0,20	0,80	2,75			
	0,7	-0,15	0,05	0,40	1,25			
	0,8	-0,20	0,00	0,30	0,90			
	1,0	-0,30	-0,14	0,11	0,39			
j) derivazioni mediante raccordi a "T" (K è riferito a V ₃)		alpha	d ₁ /d ₃	Q ₁ /Q ₃ 0,25	Q ₁ /Q ₃ 0,33	Q ₁ /Q ₃ 0,5	Q ₁ /Q ₃ 1	
		90°	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	
45°	0,5	0,75	0,75	0,79	2,20			
	0,7	0,65	0,60	0,59	0,90			
	0,8	0,62	0,56	0,51	0,78			
	1,0	0,64	0,56	0,43	0,45			

COMPONENTE	SCHEMA		K					
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°	0,12	0,09	0,06			
30°	0,08	0,06	0,04					
m) curve stampate, in regime di transizione (K max)		α	R = 1 D	R = 1,5D	R = 2 D			
		180°	0,4	0,3	0,2			
		120°	0,4	0,3	0,2			
		90°	0,32	0,24	0,16			
		60°	0,23	0,17	0,11			
		45°	0,17	0,13	0,09			
30°	0,12	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°	0,45	0,35	0,27			
		120°	0,41	0,31	0,24			
		90°	0,35	0,27	0,21			
		60°	0,24	0,18	0,21			
		45°	0,18	0,14	0,11			
	30°	0,11	0,09	0,07				
		α	R = 1 D	R = 1,5D	R = 2 D			
		180°	0,53	0,40	0,32			
		120°	0,48	0,36	0,29			
		90°	0,41	0,31	0,25			
		60°	0,28	0,21	0,25			
45°		0,21	0,16	0,13				
30°	0,13	0,10	0,08					
o) curve a spigolo vivo		α						
		120°					2,7	
		90°					2,16	
		60°					0,66	
		45°					0,33	
		30°					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 $V \leq 2\text{m/s}$ - se la velocità $V \geq 2\text{m/s}$		senza contrappeso con contrappeso DN 80 ÷ 150 DN 200 ÷ 600 DN700 ÷ 1800	$\Delta h = 0,2\text{m}$ $\Delta h = 0,5\text{m}$ 1,2 0,7 0,41																									
s) valvole di ritegno a palla		$V \leq 1\text{m/s}$ $V \leq 2\text{m/s}$ $V \leq 3\text{m/s}$ $V \leq 4\text{m/s}$ $V \leq 5\text{m/s}$	$\Delta h = 0,10\text{m}$ $\Delta h = 0,05\text{m}$ 1 1,1 0,9 0,95 0,8 0,9 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		$V \text{ [m/s]} \cong$ DN 50 ÷ 200 DN 250 ÷ 300 DN 350 ÷ 600 DN 700 ÷ 1200	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1,0</th> <th>1,5</th> <th>2,5</th> <th>3,5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DN 50 ÷ 200</td> <td>3,7</td> <td>1,5</td> <td>1,0</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>DN 250 ÷ 300</td> <td>2,75</td> <td>1,1</td> <td>0,85</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>DN 350 ÷ 600</td> <td>2,75</td> <td>1,1</td> <td>0,78</td> <td>0,65</td> </tr> <tr> <td>DN 700 ÷ 1200</td> <td>2,75</td> <td>1,1</td> <td>0,75</td> <td>0,6</td> </tr> </tbody> </table>		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
	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																								

6.3.4 *Verifica di resistenza delle tubazioni metalliche alla pressione idraulica*

Gli spessori delle tubazioni delle condotte sono dimensionati al fine di garantire le verifiche di resistenza alle sollecitazioni indotte dalla pressione interna dell'acqua, dal peso del terreno di ricoprimento e dai carichi accidentali applicati in superficie.

Sono nel seguito descritti e riportati i calcoli di verifica della resistenza delle tubazioni metalliche alla pressione interna dell'acqua considerando le condizioni di funzionamento più gravose e fenomeni di moto vario elastico.

Per la verifica statica delle tubazioni interrate si rimanda all'elaborato progettuale "Relazione Geotecnica".

6.3.5 *Sovrappressioni di moto vario elastico*

Nella progettazione di condotte in pressione, è necessario valutare l'entità dei fenomeni di moto vario elastico o "colpo d'ariete" che si verificano quando il movimento del fluido viene bruscamente arrestato a causa della repentina chiusura di apparecchiature idrauliche presenti all'interno del sistema, quali valvole o arresto delle pompe. Infatti, nel caso di condotte prementi, l'arresto dell'alimentazione di energia delle pompe implica l'arresto delle masse rotanti. Quest'ultimo avviene in una durata generalmente molto breve, funzione del momento di inerzia delle masse rotanti stesse.

Il D.M. LL.PP. del 12/12/1985 - Tab.3, recante le normative tecniche per le tubazioni, indica i valori limite ammissibili delle sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete in funzione della sola pressione idrostatica, indipendentemente dalla tipologia delle tubazioni impiegate, ed è di seguito riportata.

·	· Pressione [daN/cm ²]			
	· 0-6	· 6-10	· 10-20	· 20-30
· Pressione idrostatica	· 0-6	· 6-10	· 10-20	· 20-30
· Sovrappressione di colpo d'ariete massima ammissibile	· 3	· 3-4	· 4-5	· 5-6

Come prescritto, per la verifica di moto vario elastico è necessario calcolare la pressione idrostatica e la sovrappressione di colpo d'ariete nel punto di interesse. Al valore di pressione idrostatica corrisponde una classe di pressioni ammissibili superato il quale è imposto il dimensionamento di un dispositivo di attenuazione degli effetti del colpo d'ariete quale una cassa d'aria in testa alla premente.

Dimensionamento degli organi di attenuazione del colpo d'ariete

Il dimensionamento degli organi di attenuazione del colpo d'ariete prevede opportuni dispositivi di riduzione della sovrappressione. Lo scopo di tali dispositivi è trasformare i fenomeni di colpo d'ariete in fenomeni di oscillazioni di massa per mezzo di un serbatoio riempito in parte di acqua in parte di aria compressa, collegato idraulicamente alla

tubazione. Tale collegamento può essere realizzato anche per mezzo di una strozzatura, che determina una perdita di carico localizzata.

Il volume delle casse d'aria è dimensionato attraverso metodi di letteratura (abaco di Evangelisti – schema funzionale Figura 1) o software di calcolo (es. Hytran Solutions), assumendo un margine di sicurezza maggiorato del 50% sul valore di calcolo.

È possibile scrivere l'equazione del moto e l'equazione di continuità relative alla cassa di espansione, 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):

$$HV^n = H_s V_s^n = cost \quad (10)$$

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;

V [m³]: volume di gas contenuto nella cassa;

V_s [m³]: volume di gas contenuto nella cassa corrispondente al carico H_s ;

n : parametro di trasformazione termodinamica del gas (trasf. isoterma $n=1$ – transf. adiabatica $n=1,4$).

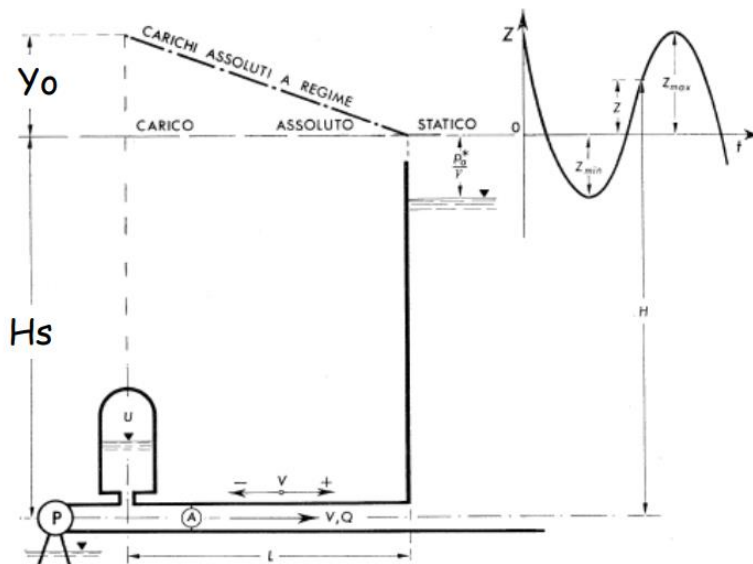


Figura 1 – Schema di funzionamento della cassa d'aria (Citrini-Nosedà)

Si indica con Z [m] la variazione di carico e la sua relazione con il carico assoluto $H = H_s + Z$. Introducendo tale relazione nell'equazione (4) e esplicitando il volume di gas contenuto nella cassa, si ottengono le seguenti relazioni:

$$V_{max} = V_s \left(\frac{H_s}{H_{min}} \right)^{\frac{1}{n}} = V_s \left(\frac{H_s}{H_s + Z_{min}} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (11)$$

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

dove V_{max} , V_{min} e H_{max} , H_{min} sono, rispettivamente, il volume massimo e minimo di aria e il massimo e minimo carico in corrispondenza della cassa stessa.

Si introducono i seguenti parametri adimensionali:

$z = \frac{Z}{H_s}$	Z [m]: variazione del carico
$U_{ad} = \frac{u}{u_0}$	H_s [m]: carico assoluto in corrispondenza della cassa in condizioni statiche
$V_{ad} = \frac{Y_0}{V_s}$	u [m/s]: velocità istantanea nella condotta
$k_0 = \frac{K_0}{H_s}$	u_0 [m/s]: velocità media nella condotta relativa alla condizione di moto permanente
$\lambda = \frac{AL}{H_s V_s} \frac{u_0^2}{2g}$	Y_0 [m]: perdite di carico distribuite nella condotta
$\tau = t \sqrt{\frac{gAH_s}{LV_s}}$	V_s [m ³]: volume di gas contenuto nella cassa corrispondente al carico H_s
	K_0 [m]: perdite di carico concentrate nella strozzatura
	A [m ²]: sezione della condotta
	L [m ²]: lunghezza della condotta

Introducendo tali parametri adimensionali nell'equazione (5), si ottiene:

$$V_{max} = V_s \left(\frac{H_s}{H_{min}} \right)^{\frac{1}{n}} = V_s \left(\frac{H_s}{H_s + Z_{min}} \right)^{\frac{1}{n}} = V_s \left(\frac{1}{H_s + z_{min}} \right)^{\frac{1}{n}} \tag{12}$$

$$V_{min} = V_s \left(\frac{H_s}{H_{max}} \right)^{\frac{1}{n}} = V_s \left(\frac{H_s}{H_s + Z_{max}} \right)^{\frac{1}{n}} = V_s \left(\frac{1}{H_s + z_{max}} \right)^{\frac{1}{n}}$$

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

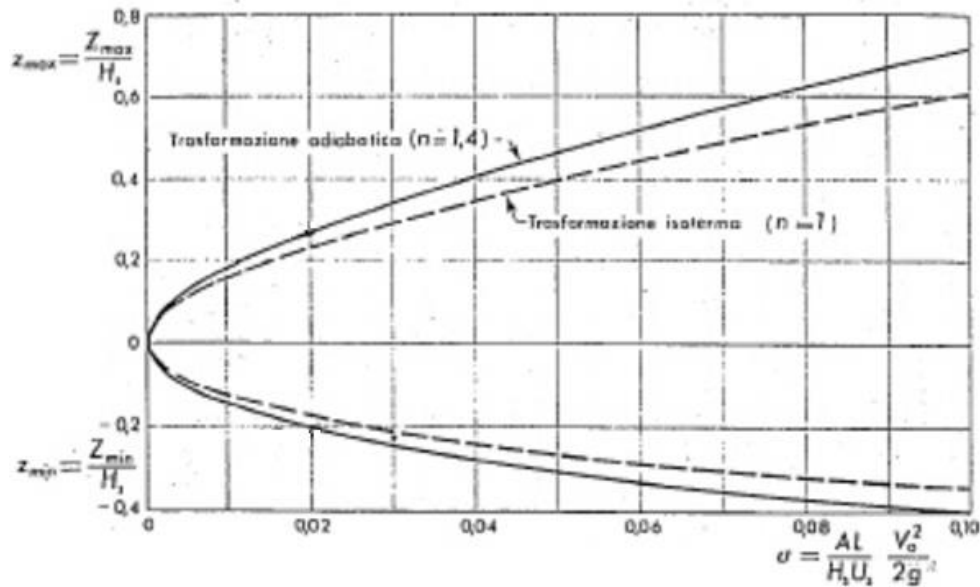


Figura 2 – Abaco di Evangelisti – perdite di carico nulle (Citrini-Nosedà)

Di seguito vengono elencati i passaggi per la determinazione del volume della cassa:

1. si fissa il parametro z_{max} e si definisce la classe di pressione massima all'interno delle condotte;
2. si fissa il parametro n e si definisce il tipo di trasformazione termodinamica;
3. con i valori di z_{max} e n si ricava per mezzo dell'abaco il parametro σ ;
4. tramite le relazioni adimensionali si definisce il volume d'aria in condizioni idrostatiche V_s ;
5. a partire dal parametro σ per mezzo dell'abaco si determina il valore di z_{min} (negativo);
6. si ricava il volume massimo della cassa V_{max} introducendo i valori di V_s e z_{min} nelle equazioni 6.

Nel caso di perdite di carico non nulle, è necessario fare riferimento ad un'altra tipologia di abaco distinguendo il caso in cui il parametro n assume valore pari a 1,4 o 1 e il tipo di strozzatura corrispondente al collegamento tra la cassa d'aria stessa e la condotta premente (assenza di strozzatura $K_0 = 0$ o strozzatura ottima).

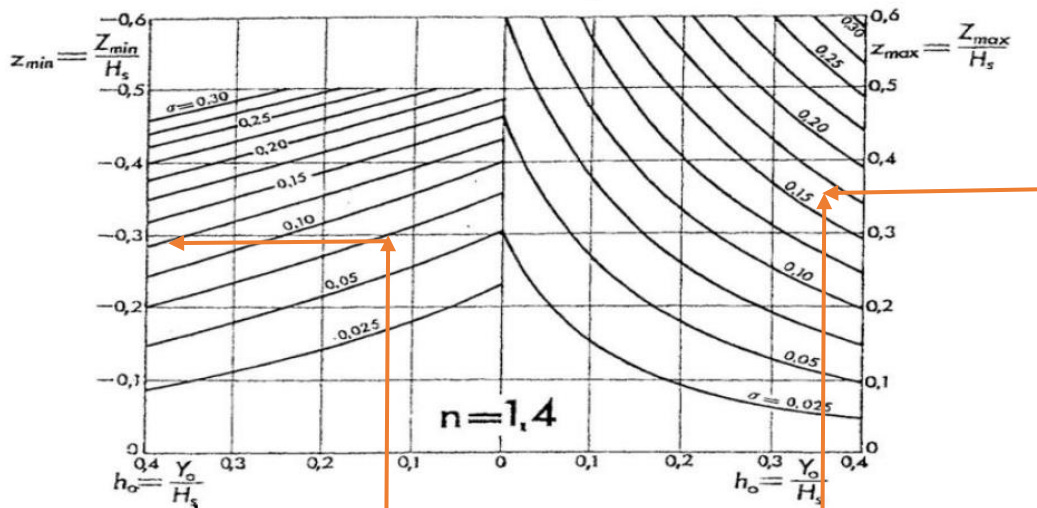


Figura 3 – Abaco di Evangelisti – perdite di carico non nulle ($n = 1,4$; $K_0 = 0$)

Di seguito vengono elencati i passaggi per la determinazione del volume della cassa:

1. si fissa il parametro z_{max} e si definisce la classe di pressione massima all'interno delle condotte;
2. si fissa il parametro n e si definisce il tipo di trasformazione termodinamica;
3. tramite le relazioni adimensionali si calcolano le perdite di carico h_0 ;
4. con i valori di z_{max} e h_0 si ricava per mezzo dell'abaco il parametro σ ;
5. tramite le relazioni adimensionali si definisce il volume d'aria in condizioni idrostatiche V_s ;
6. a partire dalle perdite di carico h_0 per mezzo dell'abaco si determina il valore di z_{min} (negativo);
7. si ricava il volume massimo della cassa V_{max} introducendo i valori di V_s e z_{min} nelle equazioni 6.

L'utilizzo del grafico è analogo nelle situazioni di trasformazione isoterma ($n = 1$) e di strozzatura ottima, definita come quella strozzatura che produce, per una velocità pari a quella di regime U_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:

$$K_0 = Y_0 + |z_{min}| \quad (13)$$

6.3.6 Verifica degli spessori delle tubazioni

Tubazioni in acciaio

Per il dimensionamento dello spessore delle tubazioni in acciaio si fa riferimento a quanto espresso dalla Circolare del Ministero LL.PP. n. 2136 del 5/5/1966 secondo la quale lo spessore teorico del tubo s [m] deve soddisfare:

$$s \geq \frac{P_n D_e}{200 n S} \quad (14)$$

con P_n [daN/cm²]: pressione nominale;

D_e [mm]: diametro esterno del tubo;

$n < 0.5$: coefficiente di sicurezza;

S [daN/mm²]: carico unitario di snervamento.

Tubazioni in ghisa sferoidale

Per il dimensionamento dello spessore delle tubazioni in ghisa sferoidale si fa riferimento a i valori della pressione di funzionamento massima (PMA, Appendice A.2, norma UNI EN 545:2007) relativi alle caratteristiche geometriche delle tubazioni.

La massima pressione nominale P_n [daN/cm²] è data dalla somma della massima pressione idrostatica (PI_{max}) più l'incremento di pressione ΔP legato ai fenomeni di moto vario elastico, e deve soddisfare la relazione:

$$P_n = PI_{max} + \Delta P \leq PMA \quad (15)$$

6.4 ASPETTI COSTRUTTIVI

6.4.1 *Materiali e tubazioni*

Tutte le tubazioni, nonché i pezzi speciali ed ogni genere di apparecchiature e strumenti previsti in progetto devono corrispondere alle norme nazionali vigenti in materia di unificazione (UNI, UNICERAB, UNIPLAST, ecc.) o, in mancanza, ai relativi progetti o proposte.

Tali prescrizioni riguardano la qualità delle materie prime, i metodi di fabbricazione, le dimensioni, le tolleranze, le prove di collaudo, ecc. e pertanto saranno dotate di marchio CE.

È inoltre prescritto che le tubazioni siano accompagnate dal certificato di collaudo 3.1.B come da norma EN 10204, in ottemperanza della circolare ministeriale n. 2136 del 5.5.1966 e del D.M. LL.PP. del 12.12.1985.

a) Tubazioni e raccordi in ghisa sferoidale

Le tubazioni ed i raccordi in ghisa sferoidale devono essere conformi alle norme UNI-EN ed in particolare devono essere ottenute mediante procedimento produttivo di centrifugazione e trattamento termico della ricottura e ferritizzazione.

I tubi dovranno avere un'estremità sagomata a bicchiere per la giunzione a mezzo di anello in gomma. Il giunto sarà del tipo automatico e deve permettere deviazioni angolari e spostamenti longitudinali del tubo senza comprometterne la tenuta.

Le guarnizioni per il trasporto di acque potabili devono essere conformi al D.M. n° 174 del 06/04/2004 e s.m.i..

Le tubazioni dovranno essere inoltre rivestite internamente con malta di cemento alluminoso, applicato per centrifugazione. Esternamente le tubazioni dovranno essere rivestite con uno strato di zinco puro (in quantità di almeno 200g/m²) applicato per metallizzazione e successivamente verniciate con un prodotto bituminoso o di resine sintetiche compatibili con lo zinco.

b) Tubazioni e raccordi in acciaio

I tubi in acciaio con o senza saldatura, di qualsiasi diametro e spessore dovranno corrispondere, salvo quanto di seguito specificato, alle prescrizioni di qualità, fabbricazione e prova, della norma UNI EN 10224/ 06 e UNI EN 10025/ 05.

L'impresa deve redigere le verifiche di stabilità delle tubazioni per la determinazione dello spessore minimo da adottare, secondo quanto prescritto dal D.M. 12.12.1985 - Cap. "VERIFICHE DI SICUREZZA", in condizioni di massima sollecitazione relativa alla fase di esercizio e di posa in opera, sia a tubo pieno che a tubo vuoto.

L'acciaio impiegato deve avere caratteristiche meccaniche (snervamento, allungamento, rottura) e grado di saldabilità non inferiori a quelli indicati nella relazione di calcolo.

I tubi di linea devono essere realizzati mediante saldature elicoidali o una sola saldatura longitudinale e avere estremità calibrate lisce e smussate, predisposte per giunzioni in opera testa a testa o sagomate per giunzioni a bicchiere sferico.

La lunghezza dei tubi deve essere compresa tra un minimo di 8m ed un massimo di 13,50m, e garantire una lunghezza media minima di 11,50m.

I pezzi speciali, ricavati da tubi già opportunamente collaudati in officina, devono corrispondere alle sopraccitate prescrizioni, ove applicabili, e devono essere dimensionati con uno spessore maggiorato di almeno il 15% rispetto alle tubazioni correnti, per tener conto delle maggiori sollecitazioni a cui sono sottoposte.

Contro la corrosione di natura elettrochimica delle tubazioni in acciaio delle condotte di progetto, provocata da differenze di potenziale elettrico indotta da disomogeneità dei terreni attraversati, da correnti vaganti presenti nel sottosuolo o impresse per proteggere cavi elettrici o altri sottoservizi, in aggiunta alla protezione passiva offerta dal rivestimento isolante applicato all'esterno ed all'interno dei tubi in acciaio, è generalmente prevista una protezione catodica attiva. In corrispondenza degli attraversamenti aerei di fossi e tombini stradali, la protezione dalla corrosione elettrochimica è assicurata dal rivestimento esterno in polietilene ed interno in resine epossidiche, nonché dall'inserimento di giunti isolanti interrati alle estremità di collegamento con le tubazioni in ghisa. Tra le tubazioni in acciaio e quelle in ghisa sferoidale è prevista l'interposizione di appositi giunti dielettrici ed intermateriale.

Per consentire il controllo dei potenziali elettrici, nonché l'eventuale protezione catodica attiva, sono predisposti posti di misura e drenaggio in corrispondenza dei giunti dielettrici.

- c) 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 e raccordi in PEAD

Le tubazioni in polietilene ad alta densità devono corrispondere alle caratteristiche ed ai requisiti di accettazione prescritti dalle norme UNI-EN e alle Raccomandazioni I.I.P..

I tubi in PEAD sono fabbricati in polimero di polietilene con l'aggiunta di sostanze (nerofumo) atte ad impedire o ridurre la degradazione del polimero in seguito all'esposizione a radiazioni solari, in particolare a quella ultravioletta.

I raccordi ed i pezzi speciali devono rispondere alle stesse caratteristiche chimico-fisiche dei tubi e possono essere prodotti per stampaggio o ricavati direttamente da tubo diritto mediante opportuni tagli, sagomature ed operazioni a caldo (piegatura, saldature di testa o con apporto di materiale, ecc.). In ogni caso tali operazioni devono essere sempre eseguite da personale specializzato e con idonea attrezzatura presso l'officina del

fornitore. Per forme e dimensioni non previste dalle norme UNI o UNIPLAST è consentito usare raccordi e pezzi speciali di altri materiali purché idonei allo scopo.

6.4.2 Pozzetti di sfiato e scarico

Lungo il tracciato di progetto degli acquedotti saranno previsti manufatti in c.a. di sfiato e scarico ubicati rispettivamente nei punti di massimo /minimo del profilo altimetrico.

Tali pozzetti devono essere ispezionabili e sono, di norma, del tipo a pianta quadrata in c.a. prefabbricato, di dimensioni interne corrispondenti alle misure standardizzate presenti nel corrente prezziario ufficiale della Regione Lazio.

In corrispondenza della sede stradale tali manufatti devono risultare completamente interrati. Qualora non completamente interrati, devono avere caratteristiche geometriche e costruttive tali da non pregiudicare la sicurezza del traffico e della circolazione veicolare. In tal caso il progetto deve essere munito di preventiva approvazione degli organi di vigilanza aventi competenza in merito.

I dispositivi di chiusura per l'accesso ai suddetti manufatti dovranno essere costituiti da chiusini circolari in ghisa sferoidale rispondenti alle norme UNI EN124, classe D400, luce netta Ø 700mm. In aree non urbane, tali chiusini circolari dovranno essere sollevati di 0,40m rispetto al terreno per una più facile individuazione.

Ove possibile, i manufatti devono essere collegati alla più vicina fogna o altro corpo idrico ricettore al fine di assicurare l'allontanamento a gravità delle acque che in caso di danno o manutenzione dovessero fuoriuscire dalle condotte. Tale collegamento deve essere isolato, mediante pozzetto sifonato o altro sistema idoneo, dal corpo idrico ricettore al fine di salvaguardare igienicamente l'impianto idrico. Lo scarico va regolarmente autorizzato dagli organi competenti.

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

6.4.3 Modalità di posa

a) Posa in scavo

Per quanto riguarda le modalità di posa delle condotte la larghezza minima dello scavo dovrà essere pari 1,2 volte il diametro della condotta più 0,40m, ma comunque non inferiore a 0,60m.

La copertura minima delle tubazioni deve essere di norma superiore a 1,20m. Nei casi eccezionali in cui non è possibile assicurare la copertura minima, deve essere prevista un'adeguata opera di protezione della condotta dai carichi esterni tale da non pregiudicare l'agevole e rapido intervento in caso di manutenzione.

La tubazione posata nel sottosuolo deve essere opportunamente indicata mediante nastro segnalatore.

L'inclinazione delle pareti degli scavi viene determinata in funzione del tipo di terreno e del tipo di protezione adottato. Di norma, lo scavo è previsto a sezione obbligata con pareti

verticali e protezione delle stesse tramite opportuna armatura a cassa chiusa realizzata con palancolate metalliche o sbadacchiatura in legno.

È inoltre necessario prevedere tutti gli accorgimenti tecnici legati alla necessità di allargamento dello scavo per l'esecuzione delle giunzioni delle tubazioni, delle murature di contrasto o di ancoraggio e in presenza di canalizzazioni di sottoservizi.

Il rinalzo, rinfianco e il ricoprimento delle tubazioni deve essere effettuato in pozzolana vagliata o altro materiale arido ritenuto idoneo, anche nel caso di riempimento degli scavi in misto cementato, con materiale betonabile o con riuso del materiale proveniente dallo scavo stesso (per posa in campagna), fino a 0,30m sopra la generatrice superiore del tubo.

Per il rinterro devono essere previste modalità e materiali tali da assicurare la continuità del comportamento meccanico della sede evitando al tempo stesso il danneggiamento delle tubazioni e degli eventuali rivestimenti. Devono comunque essere rispettate le indicazioni contenute nel Regolamento vigente di apertura degli scavi stradali dell'Ente competente sul territorio, anche in riferimento alle caratteristiche di ripristino della pavimentazione stradale.

Generalmente, la struttura dei ripristini stradali è costituita da due strati: uno strato inferiore di collegamento e livellamento (binder) e uno superiore di usura (tappetino). Il conglomerato bituminoso deve essere costituito da una miscela di inerti ed additivi mescolati con bitume a caldo e posto in opera con idonee attrezzature.

b) Posa in cunicolo

Nel caso di condotte all'interno di cunicoli e gallerie PP.SS. (SSP: strutture sotterranee polifunzionali), le tubazioni non devono mai essere collocate direttamente sul pavimento bensì essere collocate nella parte inferiore, su apposite selle di appoggio metalliche o in calcestruzzo. Tali selle di altezza costante devono essere opportunamente distanziate dalle pareti della galleria/cunicolo al fine di consentire interventi di manutenzione o allaccio delle utenze alla condotta stessa. Lo spazio al di sopra delle tubazioni deve essere, almeno nei cunicoli multiservizi, completamente sgombro.

L'altezza delle selle può variare in base alla pendenza risultante dal profilo di progetto della tubazione. In presenza di elevate sollecitazioni dinamiche le selle svolgono anche funzione di ancoraggio della tubazione, mediante apposite staffe metalliche collegate alla struttura muraria circostante. In ogni caso, è necessario prevedere che la superficie esterna del tubo a contatto con la sella e/o con l'eventuale staffa sia protetta da materiale isolante, per evitare danni al rivestimento esterno del tubo e l'instaurarsi di fenomeni corrosivi dovuti a possibili correnti vaganti.

La posa in cunicolo è volta ad evitare l'esigenza di scavo e l'interruzione del traffico stradale nel caso di interventi agli impianti. Il cunicolo deve quindi essere ubicato in corrispondenza del marciapiede stradale e la sua copertura deve essere costituita da elementi (plotte) facilmente asportabili e ricollocabili in sito.

In corrispondenza di brevi attraversamenti stradali è necessario realizzare delle camere di adeguate dimensioni agli estremi per consentire, qualora necessario, l'estrazione e successiva introduzione di tronchi di condotta.

L'intero cunicolo o galleria deve essere dotato di adeguata pendenza e collegamento alla fogna o altro corpo idrico ricettore per l'allontanamento e lo scarico delle acque che in caso di danno o manutenzione dovessero fuoriuscire dalle tubazioni. In sede di

progettazione va posta particolare attenzione alle uscite per le diramazioni di utenze, nonché in corrispondenza di curve, incroci e punti singolari.

È da sottolineare che la progettazione di cunicoli o gallerie è fortemente influenzata dalle specifiche peculiarità dell'area interessata, rendendo necessario definire e adeguare caso per caso opportune soluzioni progettuali. È necessario inoltre coordinare le esigenze dei soggetti già presenti gestori degli impianti che vi andranno collocati ed eventuali interferenze con attività antropiche e commerciali.

6.4.4 Attraversamenti

In corrispondenza degli attraversamenti di canali, ferrovie ed importanti arterie stradali, le modalità di posa delle tubazioni dovranno essere tali da consentire la manutenzione senza pregiudicare il normale esercizio dell'infrastruttura attraversata. Tale attraversamento deve essere strutturalmente compatibile con l'opera interessata e garantire contestualmente la salvaguardia igienica ed il mantenimento delle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua.

Ove necessario, la tubazione deve essere alloggiata in apposito manufatto di protezione (cunicolo, galleria, controtubo) tale da consentire un'agevole estrazione e sostituzione della stessa. I criteri di progettazione di tali manufatti di protezione e contenimento sono assimilabili a quelli relativi alle camerette di linea, quali:

- prevedere adeguati sistemi di accesso dall'esterno, generalmente con dispositivo di chiusura circolare in ghisa sferoidale di luce netta Ø 700mm o chiusini del tipo modulare in caso di necessità di luci maggiori;
- sicurezza dell'ambiente di lavoro in funzione degli ingombri dei pezzi speciali e delle apparecchiature, degli spazi necessari alle operazioni di posa, giunzione e smontaggio delle tubazioni, nonché all'azionamento delle apparecchiature e delle installazioni accessorie;
- stabilità delle strutture rispetto alle sollecitazioni statiche e dinamiche, esterne e interne all'opera;
- protezione dalle possibili fonti di inquinamento;
- pozzetto sifonato o altro sistema idoneo allo smaltimento dell'acqua per il recapito in fogna dell'acqua proveniente dallo svuotamento o dall'eventuale rottura della condotta.

Ogni scelta tecnica deve essere compatibile con le indicazioni e prescrizioni dell'Ente gestore dell'opera attraversata.

Gli **attraversamenti di linee ferroviarie** devono essere progettati secondo le prescrizioni del D.M. 14/04/2014 "Norme tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie e altre linee di trasporto". Nel caso di attraversamenti inferiori si dovrà ricorrere alla tecnologia microtunnelling che risulta essere la più indicata al fine di mantenere la precisione della livelletta di progetto.

Gli **attraversamenti autostradali** devono essere progettati tenendo conto che i manufatti di estremità dovranno essere disposti al di fuori dell'area di allargamento e dovranno essere concordati nelle modalità costruttive ed esecutive dell'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.



Acea Elabori SpA

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 (spessore 0,30m) per un'ampiezza pari a minimo 6m in asse alla tubazione. La tubazione deve essere protetta con un rinfiacco in calcestruzzo e garantire una copertura di almeno 1m dal fondo alveo. I pozzetti di ispezione dovranno essere posizionati ad almeno 4m dal ciglio del fosso o in conformità alle esigenze di manutenzione dell'Ente competente.

7 ELENCO MODULI

Titolo modulo	Codice modulo
Check List _Progettazione acquedotti	MD LG019A
Allegati:	
Fac-Simile Indice - Relazione Illustrativa del progetto preliminare	FS 019-01
Fac-Simile Indice - Relazione Idraulica del progetto preliminare	FS 019-02
Fac-Simile Indice - Relazione Generale del progetto definitivo	FS 019-03
Fac-Simile Indice - Relazione Idraulica del progetto definitivo	FS 019-04
Fac-Simile Indice - Relazione Generale del progetto esecutivo	FS 019-05
Fac-Simile Indice - Relazione Idraulica del progetto esecutivo	FS 019-06