

REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO E POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Stralcio Allegato IV D.L. 31.05.2021 n.77 - L. di conversione 21.07.2021 n.108

Responsabile Unico del Procedimento
Dirigente Ciclo Integrato delle Acque della G.R. della Campania
Ing. Rosario Manzi

Il Concessionario
Acqua Campania S.p.A.
Direttore Generale
Area Tecnica
(Ing. *Gianluca Maria SALVIA*)

I Progettisti



Coordinatore responsabile della
Integrazione delle Prestazioni
Specialistiche

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
1	Febbraio 2022	Integrazioni richieste dal Comitato Speciale (DPCM 4/11/2021)			
0	Dicembre 2021	EMISSIONE PER VIA			
TITOLO : RELAZIONE TECNICA - IDRAULICA			Progettazione:  VIANINI LAVORI S.p.A.  FINALCA ingegneria srl		
Allegato ED.02.6.01			Revisione:	1	Scala:

INDICE

1. PREMESSA	5
2. INTERVENTI DI PROGETTO	6
2.1 Opere di Presa.....	7
2.2 Condotta di Derivazione DN 2200 in Galleria	9
2.2.1 Premesse	9
2.2.2 Calcolo dello spessore della condotta DN 2200	9
2.3 Pozzo Piezometrico	13
2.3.1 Premesse	13
2.3.2 Trattazione teorica	13
2.3.3 Velocità nel pozzo e nella strozzatura	18
2.3.4 Risultati della simulazione di calcolo.....	19
• Manovre di chiusura parziale	19
• Manovre di chiusura totale	19
• Manovra di apertura parziale – Minimo invaso	20
2.3.5 Descrizione dell'opera.....	21
2.4 Condotta forzata DN 1800	23
2.4.1 Premesse	23
2.4.2 Calcolo dello spessore della condotta forzata DN 1800	24
2.5 Nuova condotta di alimentazione irrigua	27
2.5.1 Premessa	27
2.5.2 Dimensionamento della condotta	27
2.5.3 Calcolo dello spessore	31
2.5.4 Scenario transitorio	37
2.6 Serbatoi di Accumulo	38
2.7 Nuova Condotta di Collegamento all'Acquedotto Campano (ACAM).....	39
2.7.1 Premessa	39
2.7.2 Dimensionamento della condotta	41
2.7.3 Calcolo dello spessore	42
2.8 Stazione di Sollevamento per Alto Calore.....	45

2.9	Condotta di Mandata al Nuovo Serbatoio Area PIP di Campolattaro.....	47
2.9.1	Premessa	47
2.9.2	Calcolo dello spessore	49
2.10	Condotta di Alimentazione al Partitore Zingara Morta DN 600	51
2.10.1	Dimensionamento della condotta	51
2.10.2	Calcolo dello spessore	52
2.11	Condotta di alimentazione al partitore esistente di Guardia Sanframondi....	54
2.11.1	Tracciato e dimensionamento della condotta	54
2.11.2	Calcolo dello spessore	55
2.12	Condotta di alimentazione al nuovo partitore di Pesco Sannita	57
2.12.1	Tracciato e dimensionamento della condotta	57
2.12.2	Calcolo dello spessore	58
2.13	Nuovo Partitore in Pressione e Sollevamenti in linea Pesco Sannita.....	60
2.13.1	Premesse	60
2.13.2	Dimensionamento del manufatto	60
2.14	Condotta di mandata alla Centrale di San Marco dei Cavoti.....	61
2.14.1	Tracciato e dimensionamento della condotta	61
2.14.2	Calcolo dello spessore	62
2.15	Nuovo Sollevamento San Marco dei Cavoti.....	64
2.15.1	Premesse	64
2.15.2	Dimensionamento del manufatto	64
2.16	Condotta di mandata all'esistente Serbatoio di Sella Canala.....	65
2.16.1	Tracciato e dimensionamento della condotta	65
2.16.2	Calcolo dello spessore	66
2.17	Nuova Condotta Curti-Benevento	68
2.17.1	Premessa	68
2.17.2	Calcolo delle portate	68
2.17.3	Dimensionamento della condotta	69
2.17.4	Calcolo dello spessore	72
3.	GESTIONE DELLE ACQUE PROVENIENTI DA EVENTUALI ROTTURE DELLE CONDOTTE DI PROGETTO.....	79

3.1	Rottura di una condotta in galleria (scoppio).....	79
3.2	Rottura della condotta forzata al di fuori della galleria	81
3.3	Allontanamento delle acque di scoppio.....	83
4.	GESTIONE DELLE ACQUE DI SCARICO PROVENIENTI DALL'AREA IMPIANTI.....	85
4.1	Canale di scarico al Torrente Lenta	85
4.2	Gestione delle acque meteoriche dell'area impianti.....	86
5.	PROVVEDIMENTI ANTISISMICI PER LA PROTEZIONE DELLE CONDOTTE	87
•	Per la parte in galleria:	87
•	Per la parte in trincea:	89
6.	PROCEDURE DI SVUOTAMENTO E RIEMPIMENTO DELLE CONDOTTE 90	
6.1	Premessa.....	90
6.2	Procedura di riempimento e svuotamento – Condotte interrato	92
6.3	Procedura di riempimento e svuotamento – Condotte in galleria.....	97
•	Svuotamento del sistema – Condizioni ordinarie	98
•	Riempimento del sistema – Condizioni ordinarie	101
•	Degassaggio del sistema – Condizioni ordinarie	103
•	Svuotamento delle condotte – Condizioni straordinarie di rottura.....	105
7.	IMPIANTI DI PROTEZIONE CATODICA	108
7.1	Descrizione delle opere in progetto.....	108
7.2	Concetti di corrosione e tipologie di protezione	108
7.2.1	Protezione passiva - Protezione attiva	108
7.2.2	Corrosione	109
7.3	Corrosione chimica	109
•	Corrosione batterica.....	109
•	Corrosione galvanica	109
•	Corrosione per correnti disperse.....	109
7.4	Descrizione delle strutture metalliche interrate	110
7.5	Caratteristiche dell'ambiente ed elementi elettrici interferenti	110

7.6	Indagini elettriche da realizzare	110
7.6.1	Resistività dell'ambiente di posa	110
7.6.2	Rilievo dello stato elettrico	111
7.6.3	Misura della resistenza di isolamento delle tubazioni	112
7.7	Fabbisogno di corrente e numero di impianti di protezione catodica da realizzare	112
7.7.1	Calcolo delle masse anodiche	113
7.8	Previsione inserimento giunti dielettrici	114
7.9	Postazioni di misura lungo la tratta numero ed ubicazione	114
8.	TELECONTROLLO	116
8.1	Premessa	116
8.2	Obiettivi del progetto	116
	• Opere di presa	117
	• Opere di adduzione	117
	• Opere di accumulo	120
	• Centrali di sollevamento	120
8.3	Architettura del sistema	122
8.4	Strumentazione in campo	124
8.4.1	Apparati periferici	124
	• Misuratori di livello ad ultrasuoni	124
	• Misuratore di portata elettromagnetico	124
	• Misuratore di portata a inserzione	125
	• Misuratore di pressione relativa	125
	• Pannello di Analisi	125
	• Multimetri	126
8.5	Trasmissione dati	128
8.6	Centrale unica di telecontrollo	129
8.7	Conclusioni	129

APPENDICE – DOCUMENTAZIONE TECNICA APPARECCHIATURE IDRAULICHE

1. PREMESSA

Oggetto della presente Relazione è il dimensionamento di tutte le opere che compongono il sistema per lo sfruttamento a uso irriguo, potabile ed energetico dell'invaso di Campolattaro e della nuova condotta di alimentazione a servizio dell'area beneventana.

L'invaso di Campolattaro, in virtù delle sue caratteristiche di posizione e dimensione, rappresenta attualmente una risorsa strategica, interamente disponibile, in grado di fronteggiare i crescenti fabbisogni idrici, attuali e futuri, del vasto territorio regionale.

Lo sbarramento, del tipo a gravità, è situato nel Comune di Campolattaro (BN); il bacino viene alimentato dalle acque del Fiume Tammaro e del Torrente Tammarecchia, con un'estensione totale di circa 350 kmq. L'invaso di Campolattaro è caratterizzato da un volume utile dell'ordine di 109 Mm³.

Le opere idrauliche esistenti, realizzate al servizio dello sbarramento, consistono nei due scarichi di derivazione e di fondo, nei due scarichi di superficie a calice, nel pozzo di presa (con il relativo collegamento in galleria allo scarico di derivazione) e nell'opera di derivazione dall'alveo del torrente Tammarecchia.

Ad oggi, l'invaso è sprovvisto sia di impianto di potabilizzazione per il trattamento delle acque destinate all'uso potabile, sia di centrali per la produzione di energia idroelettrica, in grado di sfruttare i notevoli dislivelli altimetrici caratteristici dell'area in esame, sia di infrastrutture per il convogliamento della risorsa verso i potenziali utenti.

2. INTERVENTI DI PROGETTO

Le opere previste nel progetto in parola sono elencate di seguito, in ordine di successione idraulica:

- Opere di presa e di collegamento alle opere esistenti in seno alla diga;
- Galleria portatubi;
- Pozzo piezometrico;
- Condotta forzata DN 1800;
- Serbatoi di accumulo;
- Condotta a uso irriguo DN 1800-1700-1200;
- Condotta di adduzione all'Acquedotto Campano (ACAM) DN 1500;
- Stazione di sollevamento e condotte a servizio del sistema "Alto Calore";
- Stazioni di sollevamento e condotte a servizio del sistema "Alto Fortore";
- Condotta Curti – Benevento DN 700.

Nel corso dei paragrafi successivi verranno esplicitati i metodi di calcolo utilizzati, finalizzati al dimensionamento di ciascun elemento di progetto.

2.1 OPERE DI PRESA

Lo sbarramento, del tipo a gravità, è situato nel comune di Campolattaro (BN). Sulla base dei dati del PRGA, dei risultati degli Studi di fattibilità redatti e della Relazione Idrologica (di cui all'elaborato ED.02.5) sono stati stimati i fabbisogni con i relativi periodi annui di utilizzo.

I risultati di tale analisi sono riportati nella tabella seguente:

Utenza	Periodo di utilizzo	Fabbisogno (mc/s)
Idropotabile	Giugno - Settembre	3,00
Irrigua (Consorzio Sannio Alifano)	Maggio-Settembre	3,66
TOTALE		6,66

Si fa presente che i dati riportati in tabella fanno riferimento al fabbisogno medio nei periodi di utilizzo indicati. La verifica è stata, viceversa, condotta nelle condizioni più gravose prevedibili che tengono conto della variabilità della portata irrigua nel corso della stagione: si è considerata la portata relativa al mese di massimo consumo, applicando un coefficiente amplificativo pari a circa il 30%. Con riferimento alla portata relativa al soddisfacimento del fabbisogno idropotabile, si è adottato il valore di 3,00 mc/s. In sintesi, la richiesta dell'utenza irrigua aumenta fino a un valore massimo di 4,80 mc/s mentre la portata complessiva massima (che transiterà lungo la tubazione DN 2200 di derivazione e nella condotta forzata del 1800) risulta pari a 7,60 mc/s.

Come accennato in precedenza, per lo sfruttamento "produttivo" della risorsa invasata, allo stato, non tutte le opere destinate alla derivazione sono state realizzate.

Lo sbarramento è provvisto di due canali di scarico paralleli, aventi diametro interno pari a 7,60 m, che bypassano il corpo centrale in destra idraulica; gli scarichi terminano in un bacino di dissipazione posto a valle della diga.

La derivazione dall'invaso esistente è predisposta lungo il primo scarico, a una distanza di circa 190 m dall'imbocco, mediante una galleria raccordata ortogonalmente alla generatrice superiore dello scarico.

Quest'ultima, ha uno sviluppo complessivo di 140 m, prima curvilineo e poi rettilineo, con una pendenza negativa di circa l'1% che, dalla quota di fondo dell'imbocco (pari a 343,65 m s.l.m.), arriva in corrispondenza del pozzo, con quota fondo pari a 344,85 m s.l.m.

La galleria di derivazione è realizzata in calcestruzzo armato ed è caratterizzata da una sezione di forma circolare, di diametro interno pari a 2,60 m.

In corrispondenza del pozzo di presa sono installate una griglia a sacco di dimensioni 2,50 x 4,80 m, deputata all'intercettazione dei materiali grossolani in ingresso, una paratoia di dimensioni pari a 2,00 x 2,50 m ed i gargami per l'eventuale alloggiamento di panconi per l'intercettazione del flusso. Il pozzo di presa ha un diametro interno di 6,00 m e una profondità di circa 35 m.

A valle della paratoia esistente è stato realizzato solo un breve tratto della galleria di derivazione.

Tutto ciò premesso, la galleria di progetto sarà realizzata sfruttando parte del tratto già predisposto.

Il flusso idrico, a valle della paratoia esistente, è previsto sia intercettato mediante un manufatto metallico convergente in grado di ricondurre la sezione rettangolare a quella circolare del DN 1800. Il tratto iniziale della condotta di derivazione sarà, dunque, DN 1800 ed avrà lunghezza pari a 19 metri. Lungo il tratto in parola saranno installati: un giunto di compensazione degli spostamenti assiali ed una valvola a farfalla di sicurezza ad azionamento automatico, asservita ad una palmola rilevatrice di velocità, che verrà tarata per la completa intercettazione del flusso al superamento della portata di settaggio, posta pari a 8,50 mc/s. A valle della valvola di sezionamento, mediante tronchetto divergente, la condotta di derivazione sarà ricondotta alla sezione corrente per l'intera galleria di derivazione, pari ad un diametro di 2200 mm.

La valvola automatica di sicurezza è ubicata alla base di apposito pozzo verticale di progetto, sito nelle immediate vicinanze della presa. Attraverso detto pozzo verticale sarà possibile provvedere alle verifiche periodiche delle opere ed alla manutenzione della valvola. Le dimensioni del pozzo verticale consentono, in caso di necessità, l'estrazione della valvola.

Il pozzo verticale, interessato per tutta la sua profondità anche dalla posa della condotta DN 800 costituente l'aeroforo necessario al rientro d'aria in caso di attivazione della valvola di sicurezza, è dotato di scala di discesa; in caso di necessità, sarà possibile movimentare personale e materiali mediante l'impiego di cestello collegato ad argano di sollevamento.

La condotta di derivazione DN 2200 è realizzata in acciaio L355 dello spessore di 12,7 mm ed ha una lunghezza complessiva di 7.238,74 m, dalla presa in corrispondenza della diga fino al pozzo piezometrico.

La massima pressione a cui è sottoposta la condotta di derivazione è quella derivante dal calcolo delle sollecitazioni indotte dal verificarsi di fenomeni di moto vario di cui si dirà nel prosieguo del presente capitolo.

In corrispondenza della progressiva 7.258, la galleria di derivazione è intersecata verticalmente da altra struttura in c.a. di sezione circolare avente lo scopo di alloggiare il pozzo piezometrico.

Della galleria e delle sue modalità di realizzazione si parlerà più approfonditamente negli specifici elaborati progettuali; oggetto della presente relazione idraulica sarà soltanto la tubazione DN 2200, che sarà posata al suo interno. La tubazione è stata verificata per la portata massima di 7,60 mc/s definita in precedenza.

2.2 CONDOTTA DI DERIVAZIONE DN 2200 IN GALLERIA

2.2.1 Premesse

All'interno della galleria è installata una condotta che rappresenta la vera opera idraulica di derivazione dall'invaso. Tale condotta, diametro nominale pari a 2200 mm, è posata con una pendenza pari a quella della galleria (1,1‰) e presenta una lunghezza leggermente inferiore, pari a 7238,74 metri.

La condotta presenta una quota dell'asse lievemente superiore a quella della galleria di progetto e risulta posata in sinistra idraulica di detta galleria. La tubazione è poggiata lungo tutta la sua lunghezza su baggioli metallici ancorati al piano di fondo in calcestruzzo armato.

Pertanto, tenuto conto di lunghezza e pendenza, la quota asse tubo 2200 nel suo punto finale, sarà pari a 338,17 m s.l.m. con un dislivello di 7,76 metri tra punto iniziale e finale dell'asse.

La condotta del 2200 è caratterizzata da una portata Q massima pari 7,60 m³/s a cui corrisponde una velocità del flusso pari a ca. 2,00 m/s. Le perdite di carico distribuite associate alla portata massima, considerando una lunghezza di ca. 7,24 km, sono valutate in circa 7,93 m.

CONDOTTA DI DERIVAZIONE DN 2200									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH(m)	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
7,60	90	2,20	0,00110	3,80	6,91	0,55	7238,74	7,93	1,99

2.2.2 Calcolo dello spessore della condotta DN 2200

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta è stato condotto, secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

dove:

s= spessore condotta; [mm]

P= pressione di esercizio; [bar]

D_{est}= diametro esterno; [mm]

σ_{amm}= tensione ammissibile del materiale; [kg/mm²]

z= coefficiente di efficienza della saldatura (0,5 per tubi saldati di acciaio Fe360; 0,8 per tubi saldati di acciaio di qualità; 1 per tubi privi di saldatura o saldati, di acciaio di qualità sottoposti a controlli non distruttivi sull'intero sviluppo della saldatura); in questo caso il valore utilizzato è 0,8;

c= sovrappessore da stabilire in funzione del materiale, del procedimento di fabbricazione e delle condizioni di corrosione in esercizio, pari a 1 mm;
a= tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%;

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

dove:

R= valore minimo del carico unitario di rottura relativo al tipo di acciaio adottato, in questo caso L355, per cui R=52,0055 Kg/mm²;

R_s= valore minimo del carico unitario di snervamento relativo al tipo di acciaio adottato, in questo caso pari a 36,1999 Kg/mm²;

K= coefficiente di sicurezza non inferiore a 2,3. In questo caso il valore adottato è proprio 2,3;

K₁= coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,6. In questo caso il valore adottato è proprio 1,6.

Per tutte le condotte, la pressione massima di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica più la sovrappressione indotta da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

Si fa presente che in tutta la seguente relazione si farà riferimento, nei calcoli, allo spessore della sezione maggiormente svantaggiata, come derivante dalla massima differenza di quota presente lungo il tracciato o su porzioni di essa. Nelle successive fasi di progettazione si procederà a un affinamento del calcolo che terrà conto delle variazioni altimetriche del profilo delle condotte lungo il loro sviluppo planimetrico, così da ridurre – ove possibile - gli spessori dei tubi e la modulazione dei PN delle apparecchiature eventualmente installate lungo i tratti.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta è pari alla differenza tra la quota di ritenuta normale d'invaso (377,25 m.s.l.m.m) e la quota della condotta in corrispondenza della base del pozzo piezometrico:

$$\Delta H = \text{Quota ritenuta d'invaso} - \text{Quota condotta}$$

$$\Delta H = 377,25 - 338,17 = 39,08 = 4 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

P_e è la pressione di esercizio [bar]

P_s è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Secondo il D. Lgs. del 12/12/1985

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

per pressioni idrostatiche inferiori a 6 bar, il ΔP da imporre è pari a 3 bar; da cui $\Delta P = 3$ bar e:

$$P_e = P_s + \Delta P = 4 + 3 = 7 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

DE 2.235,2 mm				
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		σ _{amm}
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²
L 355		T ≤ 16 mm	T > 16 mm	22,61109864
	da 500 a 650	355	345	
		Condizioni di esercizio		
		p _e	spessore	
		[kg/cm ²]	[mm]	
		7	6,076	

Atteso il diametro della condotta, per la scelta dello spessore si sono considerate anche le sollecitazioni indotte in fase di movimentazione delle canne di tubazione che consigliano una maggiorazione di detto spessore sino alla dimensione commerciale di s = 12,7 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 7 = 10,5 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{10,5 \cdot 2235,2}{200 \cdot 12,7 \cdot 0,875} = 10,56 \text{ kg/mm}^2 < \sigma_{amm} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

2.3 POZZO PIEZOMETRICO

2.3.1 Premesse

Subito a valle della condotta del DN 2200 ha origine la condotta forzata di avvicinamento all'impianto di produzione di energia idroelettrica. Un'improvvisa variazione della portata turbinata dall'impianto idroelettrico può provocare l'instaurarsi di fenomeni di moto vario che, in assenza di specifici accorgimenti, si propagherebbero per tutta la galleria di derivazione.

Secondo uno degli schemi più classici della progettazione idraulica, per contrastare il fenomeno si ricorre alla realizzazione, subito a monte della condotta forzata, di un pozzo piezometrico.

Lo schema teorico fa riferimento a un serbatoio a monte considerato di livello invariabile (invaso), da una galleria in pressione rettilinea di sezione costante e ad un pozzo cilindrico. Scopo del pozzo piezometrico è quello di proteggere la galleria dal colpo d'ariete attraverso la dissipazione dell'energia. In caso di manovra di brusca chiusura, il flusso idrico viene deviato verso il pozzo ove il livello di pelo libero si innalza fino a che tutta l'energia cinetica e di pressione non si trasforma completamente in energia potenziale. Il moto si inverte dando luogo a una serie di oscillazioni fino a che le dissipazioni nella galleria e nel pozzo non riportano il sistema in equilibrio idrostatico. La massima quota viene raggiunta alla prima oscillazione. Nella fase di riflusso dell'acqua verso il serbatoio si verifica il problema inverso. Bisogna evitare che il livello idrico nel pozzo scenda al di sotto del cielo della galleria per evitare la formazione di bolle d'aria e fenomeni di cavitazione.

Il pozzo piezometrico può essere realizzato, come nel caso di progetto, con una strozzatura o diaframma che costituisce un ostacolo al passaggio fra tubazione e pozzo. La strozzatura, provocando una maggiore decelerazione della massa d'acqua contenuta nella galleria, comporta un minor valore del sopralzo massimo del pelo libero nel pozzo e un analogo effetto smorzante nella fase discendente.

2.3.2 Trattazione teorica

Nella presente trattazione viene fatto riferimento a una manovra dell'otturatore delle turbine che provochi la brusca interruzione della portata defluente nella condotta forzata.

Nelle condizioni di moto permanente precedenti la manovra, in galleria e nella condotta forzata defluisce la medesima portata; nel pozzo piezometrico l'acqua è in quiete, con livello corrispondente alla quota piezometrica della corrente alla base del pozzo stesso.

Allorché interviene la manovra dell'otturatore, che possiamo ritenere istantanea, il movimento nella galleria non subisce alcuna variazione, ma la portata in arrivo, anziché proseguire nella condotta, entra nel pozzo piezometrico, innalzandone gradualmente il livello e corrispondentemente elevando la quota piezometrica della corrente alla sua

base; ciò provoca una continua diminuzione della portata in galleria. Quando il livello nel pozzo raggiunge la quota del pelo libero nel serbatoio, la portata della galleria non si è ancora annullata, in virtù delle forze di inerzia della massa liquida in essa contenuta; perciò, il livello nel pozzo continua a salire finché raggiunge un massimo quando si verifica l'annullamento della portata in galleria: in questo istante, l'energia cinetica posseduta dalla massa liquida contenuta nella galleria all'atto della manovra si è trasformata, a meno di quella persa per vincere le resistenze, in energia potenziale della massa liquida accumulatasi nel pozzo.

La nuova situazione di quiete così raggiunta non è però, evidentemente, una situazione di equilibrio, e perciò da questo istante ha inizio una fase di svuotamento del pozzo piezometrico e di inversione del moto in galleria, che risulta diretto ora dal pozzo al serbatoio. In questa fase, al continuo abbassamento del livello nel pozzo corrisponde dapprima un aumento della velocità in galleria e, successivamente, superato un massimo, un decremento che prosegue fino all'annullamento della velocità stessa; ciò si verifica quando il livello nel pozzo è al di sotto della quota nel serbatoio, in una posizione di minimo. Pur avendo di nuovo raggiunto la quiete, il sistema non è però ancora in equilibrio e si verifica una seconda fase di moto dal serbatoio al pozzo che porta ancora a un sopraelevamento del livello nel pozzo; questo risulta però inferiore a quello realizzatosi in precedenza, a causa delle perdite di energia avutesi per effetto delle resistenze.

Il processo di moto continua con una serie di oscillazioni del livello nel pozzo e della portata in galleria, che via via si smorzano finché viene raggiunta la condizione di equilibrio finale, quando tutta l'energia cinetica della massa liquida della galleria si è dissipata per effetto delle resistenze al moto.

Caratteristiche del tutto analoghe presenta il processo di moto conseguente a una qualsiasi manovra dell'otturatore che faccia passare la portata dell'impianto da un valore iniziale Q_1 ad un altro finale Q_2 : il livello nel pozzo e la portata in galleria oscillano entrambi intorno ai rispettivi valori corrispondenti alle condizioni di moto permanente del nuovo regime con portata Q_2 .

A seconda che la manovra comporti una diminuzione oppure un aumento della portata (Q_1 minore/maggiore di Q_2) il livello nel pozzo subisce inizialmente un innalzamento o un abbassamento; in questa prima fase si raggiungono i massimi valori dell'escursione positiva o negativa di tutto il processo di movimento.

Nella pratica interessano esclusivamente proprio questi massimi valori dell'escursione: quello positivo, perché determina l'altezza del pozzo e perché a esso corrisponde la massima pressione che si stabilisce in galleria e sulla base della quale devono essere condotti i calcoli statici relativi alla condotta e a ogni altro manufatto che deve sottostare a detta pressione; quello negativo perché è necessario che nell'impianto non venga mai immessa aria e perciò il livello nel pozzo deve sempre mantenersi ad una quota più elevata di quella del raccordo fra la galleria e la condotta forzata.

Salvo casi particolari, non è necessario esaminare le conseguenze di tutte le manovre possibili, ma è sufficiente fare riferimento a due sole eventualità molto semplici, alle quali corrispondono le condizioni più pericolose per il funzionamento del pozzo: la manovra di completo arresto della massima portata Q_0 dell'impianto, per la quale si verifica il massimo sopraelevamento del livello nel pozzo; la manovra di apertura a cui

corrisponde l'aumento della portata dal valore nQ_0 a Q_0 per la quale si determina invece il massimo abbassamento. Il valore del parametro n (ovviamente sempre inferiore all'unità) dipende dalle caratteristiche di funzionamento dell'impianto e più precisamente dalla possibilità di mettere in marcia contemporaneamente una o più turbine; se in particolare tutte le macchine possono entrare in funzione contemporaneamente, si ha $n=0$.

Le durate delle manovre di variazione della portata sono, di regola, molto brevi rispetto alla durata delle oscillazioni nel sistema galleria/pozzo; esse perciò possono essere trattate, in generale, come istantanee; questa ipotesi, che conduce a notevoli semplificazioni della trattazione analitica è d'altra parte cautelativa, poiché è stato riconosciuto che alle manovre istantanee corrispondono, di norma, anche le più grandi escursioni del livello nel pozzo.

Alla base della trattazione del processo di moto vario nel sistema galleria/pozzo vengono fatte le seguenti ipotesi:

- ✓ Il serbatoio da cui ha inizio la galleria è molto grande cosicché il suo livello liquido si può ritenere invariabile durante tutto il transitorio;
- ✓ La lunghezza della galleria è molto grande rispetto a quella del pozzo piezometrico, in modo che l'inerzia della massa liquida in questo contenuta possa essere trascurata senza sensibile errore rispetto a quella della massa che occupa la galleria;
- ✓ La velocità dell'acqua nel pozzo è limitata e, perciò, possono ritenersi trascurabili sia la corrispondente altezza cinetica, sia la resistenza opposta dalle pareti del pozzo. Ciò comporta che la pressione alla base del pozzo è quella idrostatica corrispondente, istante per istante, al livello liquido;
- ✓ Il moto nella galleria è, in ogni istante del transitorio, puramente turbolento: le perdite continue, come tutte quelle localizzate lungo la galleria, sono perciò proporzionali al quadrato della velocità e il complesso di tutte le perdite di carico fra il serbatoio e la sezione della galleria sotto il pozzo può essere espresso da una relazione del tipo:

$$Y = \alpha V^2$$

il coefficiente α dipende dalle dimensioni geometriche del sistema e dalla scabrezza delle pareti e, naturalmente, è da considerare costante per tutto il transitorio; V è la velocità media della galleria;

- ✓ Le perdite di carico attraverso l'eventuale strozzatura posta alla base del pozzo sono di tipo localizzato e perciò proporzionali al quadrato della portata Q_p che passa attraverso la strozzatura stessa e possono essere espresse da una relazione del tipo:

$$K = \beta Q_p^2$$

essendo β un coefficiente che dipende dalle dimensioni e dalla forma della strozzatura.

Il fenomeno di oscillazione di massa, afferente al moto vario nelle correnti in pressione è regolato da due equazioni differenziali del moto e della continuità:

$$\frac{L}{g} \frac{dV_g}{dt} + Y \pm JL = 0$$

$$\frac{dY}{dt} \Omega = V_g \sigma - q$$

Spesso ricavate facendo proprio riferimento a uno schema costituito da un serbatoio a monte di livello invariabile, da una galleria rettilinea e di sezione costante e da un pozzo cilindrico.

In entrambe le equazioni il significato dei simboli è il seguente:

- t il tempo generico
- L, σ lunghezza e sezione della galleria
- Ω sezione orizzontale del pozzo
- V_g velocità in galleria
- Y livello idrico nel pozzo, misurato rispetto al pelo libero nel serbatoio a monte della galleria
- J cadente piezometrica, di norma valutata a mezzo delle formule del moto uniforme
- q portata che, alla base del pozzo, defluisce a valle nella condotta forzata

Il sistema costituito da un pozzo piezometrico viene spesso modificato con l'inserimento di una strozzatura alla base. Lo scopo dell'inserimento di una strozzatura – tipica negli impianti di produzione di energia elettrica può essere facilmente inteso se si osserva che la sua presenza costituisce un ostacolo al passaggio dell'acqua fra galleria e pozzo. Il livello piezometrico subito a monte della strozzatura (verso il basso), in galleria, sarà quindi maggiore di quello subito a valle (verso l'alto) durante la fase ascendente nel pozzo e minore durante la fase discendente.

Nella fase ascendente ciò significa maggiori pressioni nella sezione terminale della galleria, e quindi un maggiore valore della spinta da essa risultante: agendo tale spinta in senso negativo (verso il serbatoio) ne deriva una più forte decelerazione della massa d'acqua contenuta in galleria. Ciò si traduce in un minor valore del soprizzo massimo del pelo libero. Un effetto smorzante analogo si ha nella fase discendente.

Con opportuni elementari passaggi matematici e passando dai differenziali alle differenze finite, dalla prima delle due equazioni otteniamo:

$$\Delta V = -\frac{g}{L} (JL + Y) \cdot \Delta t$$

La cadente piezometrica può essere espressa ricorrendo alla ben nota formula di resistenza di Gauckler-Strickler:

$$Q = K_s \cdot \sigma \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}$$

dove:

Q è la portata (m³/s)

K_s è il coefficiente di scabrezza di Strickler (m^{1/3}/s) dipendente dalla natura del materiale;

σ è la sezione bagnata (m²);

R è il raggio idraulico (m), rapporto tra la sezione bagnata e il perimetro bagnato;

J è la cadente piezometrica.

Dividendo per la sezione σ e isolando la J otteniamo:

$$J = \frac{V_g^2}{K_s^2 \cdot R^{\frac{4}{3}}}$$

Imponendo la posizione:

$$n = \frac{1}{K_s}$$

otteniamo:

$$J = \frac{V_g^2 \cdot n^2}{R^{\frac{4}{3}}}$$

Infine, introducendo un coefficiente k, definito come una caratteristica unitaria della galleria e pari a:

$$k = \frac{n^2}{R^{\frac{4}{3}}}$$

possiamo scrivere la J come:

$$J = k \cdot V_g^2$$

Il livello idrico nel pozzo può, a questo punto, essere espresso come da definizione:

$$Y = H_p - H_s$$

dove:

H_p rappresenta la quota piezometrica nel pozzo;

H_s la quota piezometrica sull'invaso (che coincide con la quota di pelo libero).

La prima delle due equazioni potrà, allora, essere espressa come:

$$\Delta V = -\frac{g}{L} [k \cdot V_g^2 L + (H_p - H_s)] \cdot \Delta t$$

e, ancora:

$$\Delta V = -g \left[k \cdot V_g^2 + \left(\frac{H_p - H_s}{L} \right) \right] \cdot \Delta t$$

$$V_{g_{t+1}} - V_{g_t} = -g \left[k \cdot V_{g_{t+1}}^2 + \left(\frac{H_p - H_s}{L} \right) \right] \cdot \Delta t$$

Quando introduciamo la strozzatura alla base del pozzo si verifica una perdita di carico localizzata che risulta proporzionale al quadrato della portata passante nella strozzatura (che, a sezione costante, implica la proporzionalità al quadrato della velocità) e che può essere espressa come:

$$\frac{V_{str.}^2}{2g}$$

da cui:

$$V_{g_t} - V_{g_{t+1}} - g \left[k \cdot V_{g_{t+1}}^2 + \left(\frac{H_p - H_s}{L} \right) + \frac{V_{str.}^2}{2gL} \right] \cdot \Delta t = 0$$

Va sottolineato che l'espressione su indicata per l'equazione indifferenziata del moto, vale nel caso di moto ascendente nel pozzo; viceversa, quando il moto è discendente va cambiato il segno davanti ai termini in cui compaiono le velocità. Per cui si può scrivere:

$$V_{g_t} - V_{g_{t+1}} - g \left[k \cdot V_{g_{t+1}} \cdot |V_{g_{t+1}}| + \left(\frac{H_p - H_s}{L} \right) + \frac{V_{str.} \cdot |V_{str.}|}{2gL} \right] \cdot \Delta t = 0$$

o anche:

$$V_{g_t} - V_{g_{t+1}} - g \left[\pm k \cdot V_{g_{t+1}}^2 + \left(\frac{H_p - H_s}{L} \right) \pm \frac{V_{str.}^2}{2gL} \right] \cdot \Delta t = 0$$

2.3.3 Velocità nel pozzo e nella strozzatura

Per calcolare le velocità nel pozzo e nella strozzatura si ricorre alla seconda delle equazioni differenziali, quella di continuità, che possiamo scrivere come:

$$V_{t+1} \cdot \Omega_g = V_{str.} \cdot \Omega_{str.} - q_1$$

e, analogamente per il pozzo:

$$V_{t+1} \cdot \Omega_g = V_p \cdot \Omega_p - q_1$$

da cui si ricavano:

$$V_{str.} = \frac{V_{t+1} \cdot \Omega_g + q_1}{\Omega_{str.}}$$

e

$$V_p = \frac{V_{t+1} \cdot \Omega_g + q_1}{\Omega_p}$$

2.3.4 Risultati della simulazione di calcolo

Per la trattazione completa della simulazione numerica si rimanda alla Relazione ED.05.02. Qui ci limiteremo a riportare i risultati e a commentarli.

Per i calcoli ricordiamo che il pozzo piezometrico ha sezione circolare con diametro interno D_p pari a 2,20 m, altezza H_p pari a 72,09 m. La quota della base del pozzo piezometrico – di rilevante importanza ai fini delle simulazioni di moto vario – è pari a 343,38 m s.l.m., per cui la sommità del pozzo risulta situata alla quota 415,57 m s.l.m..

Nel seguito sono sintetizzati i risultati delle simulazioni effettuate per le diverse condizioni di funzionamento dell'impianto prese in esame:

- **Manovre di chiusura parziale**

Si è fatto innanzitutto riferimento alla manovra di chiusura parziale, per la quale si è considerata una variazione lineare della portata nella durata di 12 s dal valore massimo (pari a $7,60 \text{ m}^3/\text{s}$) a quello di funzionamento della sola turbina Pelton a cinque getti (pari a $1,50 \text{ m}^3/\text{s}$). Per le manovre di chiusura si è fatto riferimento alla condizione di tubi nuovi, in modo da operare a vantaggio di sicurezza.

I calcoli sono stati effettuati considerando sia la condizione di massimo invaso (in modo da verificare la compatibilità del massimo sopravalzo idrico con l'altezza del pozzo), sia quella di minimo invaso (onde verificare che, in condizione di livello minimo nel pozzo, sia comunque garantito un adeguato franco di sicurezza rispetto alla base, in modo da impedire l'ingresso di aria nella condotta forzata).

Per la condizione di massimo invaso risulta che il massimo sovravalzo nel pozzo è pari a 55,97 per un livello idrico massimo all'interno del pozzo che corrisponde a una quota di 399,45 m s.l.m., bel lontana dalla sommità del pozzo, situata alla quota di 415,57 m s.l.m., con un franco pari a 16,12 m.

Per la condizione di minimo invaso può evincersi che il livello idrico minimo all'interno del pozzo piezometrico corrisponde ad una quota pari a 348,19 m s.l.m. con un margine di sicurezza di 4,71 m rispetto alla base del pozzo.

- **Manovre di chiusura totale**

Una volta completata la verifica della risposta idraulica del pozzo piezometrico nelle condizioni di funzionamento previste per l'impianto, si è ritenuto opportuno, a vantaggio di sicurezza, verificare il sistema galleria - pozzo piezometrico con riferimento ad una più gravosa manovra di chiusura totale, per cui nella durata di 12 s la portata si riduce linearmente dal valore massimo di regime ($7,60 \text{ m}^3/\text{s}$) al valore nullo. I risultati

delle simulazioni effettuate, relativamente alle condizioni di massimo e minimo invaso, sono sintetizzati nel seguito.

Per la condizione di massimo invaso risulta che il massimo sovrizzo nel pozzo è pari a 60,56 m da cui si evince che il livello idrico massimo all'interno del pozzo corrisponde ad una quota pari a 404,04 m. s.l.m., ancora ben lontana dalla sommità del pozzo, situata alla quota di 415,57 m s.l.m., con un franco pari a 11,53 m.

Per la condizione di minimo invaso può evincersi che il livello idrico minimo all'interno del pozzo piezometrico corrisponde ad una quota pari a 347,76 m s.l.m, con un margine di sicurezza di 4,28 m rispetto alla base del pozzo.

- **Manovra di apertura parziale – Minimo invaso**

Tale verifica è stata effettuata considerando la quota di pelo libero nel serbatoio pari a 360,00 m s.l.m. (minimo invaso) ed assumendo la condizione di tubi usati. La verifica è stata effettuata per individuare una durata minima della manovra di apertura parziale (da 1,50 m³/s a 7,60 m³/s) che assicuri un livello idrico sufficientemente elevato sulla base del pozzo, evitando il rischio d'ingresso di aria nel sistema. La durata t della manovra, assunta ancora lineare, è stata fissata pari a 200 s, 400 s e 600 s.

Risulta, quindi, per t=200 s, un sovrizzo minimo rispetto alla base del pozzo pari a 1,17 m, per t=400 s un valore di 2,86 m, per t=600 s un valore di 3,74 m.

Appare, quindi, consigliabile prevedere una durata cautelativa della manovra di apertura non inferiore a 10 minuti.

2.3.5 Descrizione dell'opera

Nello specifico, a seguito di dettagliata calcolazione di dimensionamento, effettuata dal Dipartimento DICEA dell'Università di Napoli Federico II, si è progettato un pozzo piezometrico del diametro DN 2200 all'interno del quale avverrà, in caso di brusca variazione delle condizioni di moto, l'oscillazione del pelo libero tra il massimo soprizzo pari a 404,04 m s.l.m. ed il livello minimo di riempimento corrispondente a 347,76 m s.l.m. La quota di massima oscillazione risulta compatibile con la collocazione scelta per il pozzo piezometrico che viene a giorno ad una quota di piano campagna pari a circa 416 m s.l.m. La quota di minima oscillazione nel pozzo è tale da non interessare mai la condotta di alimentazione del DN 2200 in maniera da evitare fastidiosi fenomeni di ingresso di aria. Il DN 2200, infatti, presenta in corrispondenza del pozzo piezometrico una quota della generatrice superiore di 339,27 m s.l.m., minore del valore calcolato di 347,76 m s.l.m.

Le pressioni massime che si realizzano nella condotta DN 2200, alla base del pozzo piezometrico, e nella condotta DN 1800, immediatamente a monte della centrale idroelettrica, sono rispettivamente pari a 90 m ca. e 160 m ca.

Il pozzo piezometrico sarà realizzato mediante impiego di tubazione metallica installata all'interno di una struttura in cemento armato, anch'essa di sezione circolare, di dimensioni tali da garantire la totale ispezione della superficie esterna.

Per l'esecuzione delle operazioni di ispezione e manutenzione periodica si è prevista la realizzazione di una comoda scala a chiocciola intervallata da pianerottoli di riposo. Attesa l'altezza della struttura in parola (circa 80 metri), si prevede che gli addetti alla manutenzione accedano al pozzo piezometrico dall'alto e, dopo aver percorso in discesa la scala a chiocciola, proseguano la discesa sino alla galleria e, quindi, percorrano il tronco di galleria sino all'uscita lato impianto di potabilizzazione.

Il pozzo piezometrico, in corrispondenza della base è dotato di n.2 passi d'uomo in grado di consentire l'ispezione interna, da parte del personale addetto, proprio in corrispondenza della connessione con la tubazione DN 800 e con quella di scarico. Sarà, inoltre, possibile ispezionare la flangia tarata costituente la "strozzatura".

Per l'ispezione delle superfici interne del pozzo piezometrico, previa interruzione della connessione idraulica con la condotta di derivazione e svuotamento mediante la tubazione di scarico, si utilizzerà un cestello movimentato da apposito argano installato in corrispondenza della struttura sommitale del pozzo.

L'alimentazione del pozzo piezometrico avviene mediante presa DN 800 dal tronchetto di raccordo 2200/1800. La tubazione DN 800 consta di un primo tronco verticale, destinato al raggiungimento della quota del solaio intermedio, seguito da una curva a 90° mediante la quale la condotta di presa si dispone in orizzontale. Una volta giunta al solaio intermedio, sulla condotta è previsto sia installata una valvola di sezionamento del flusso, utile in caso di manutenzione del pozzo piezometrico. A valle della valvola e del relativo giunto di smontaggio, la condotta DN 800 è interessata da una nuova curva a 90° che, dopo un tronco verticale, consente il collegamento idraulico con il

pozzo piezometrico attraverso la superficie di base dello stesso. Al fine di scongiurare sollecitazioni sulla condotta DN 800, indotte da movimenti relativi tra solaio intermedio e solaio di imposta del tubo piezometrico, in corrispondenza della connessione è previsto apposito giunto di compensazione. In corrispondenza della connessione al pozzo piezometrico è prevista la installazione di una flangia tarata DN 600 in grado di operare la “strozzatura” della sezione necessaria al corretto funzionamento del piezometro.

Per effettuare le eventuali manovre di apertura e chiusura della valvola di sezionamento sulla condotta DN 800, si prevede che il personale addetto giunga in corrispondenza del pozzo piezometrico attraverso la galleria di derivazione e, tramite apposita scala, possa raggiungere il pianerottolo intermedio ed operare in tutta sicurezza sulla valvola. In caso di necessità sarà possibile la sostituzione dell'organo di sezionamento mediante l'ausilio del paranco installato al di sotto del solaio di appoggio del pozzo piezometrico e della botola predisposta in corrispondenza del solaio intermedio.

Al solaio intermedio giunge anche la tubazione di scarico del pozzo piezometrico e la relativa valvola di sezionamento.

2.4 CONDOTTA FORZATA DN 1800

2.4.1 Premesse

Superato il pozzo piezometrico, l'ultimo tratto di condotta in arrivo all'impianto idroelettrico è costituito, come da prassi nello sfruttamento a fini energetici di un bacino acquifero, da una condotta forzata. Alla luce delle caratteristiche dell'intero tracciato progettuale, tale condotta avrà due condizioni di posa. Per il primo tratto, di lunghezza pari a circa 349 metri, la condotta forzata sarà posata - come la condotta del 2200 - all'interno dell'ultimo tratto di galleria di derivazione. Quindi, in maniera progressiva fino alla sezione di sbocco, scenderà di quota fino all'uscita dalla galleria di derivazione, per poi essere posata, al di sotto del piano campagna, all'interno di apposito cunicolo per circa 266 metri.

All'altezza del cambiamento della sezione di posa, la condotta forzata subirà, oltre a una evidente variazione nel profilo altimetrico, anche una variazione planimetrica per permettere il suo allineamento verso l'impianto idroelettrico. In corrispondenza delle deviazioni sia altimetriche sia planimetriche saranno previsti opportuni blocchi d'ancoraggio.

Il dimensionamento della condotta forzata, in pressione, è stato effettuato tenendo conto della necessità di non avere una velocità troppo elevata per non provocare perdite di carico significative che andrebbero a sottrarre energia potenziale in arrivo alle turbine.

La scelta è, dunque, ricaduta su un tubo in acciaio del DN 1800 che, con le portate in esame, presenta una velocità pari a 2,99 m/s.

CONDOTTA FORZATA DN1800									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	$\Delta H(m)$	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
7,60	90	1,80	0,00319	2,54	5,65	0,45	612,84	1,96	2,99

La condotta forzata ha origine, all'interno della galleria di derivazione, in corrispondenza del Pozzo Piezometrico ed ha termine all'ingresso dell'impianto idroelettrico.

Il tracciato della condotta forzata è idealmente suddivisibile in n.3 tronchi successivi: il tratto in galleria, il tratto di attraversamento del piazzale di sbocco della galleria ed il tratto in campagna.

Il primo tratto, con origine in corrispondenza del pozzo piezometrico e termine in corrispondenza dello sbocco della galleria di derivazione, prevede la posa della condotta DN 1800 in galleria, su baggioli metallici posti a passo costante pari a 6 m.

Giunti a circa 30 metri dallo sbocco della galleria di derivazione, la condotta presenta una variazione altimetrica ad "S" che consente l'abbassamento della tubazione al di sotto del piano di calpestio; la posa prosegue all'interno di un cunicolo avente sezione trasversale pari a 2,80 m, e affondamento della generatrice superiore del tubo pari a 0,90 metri rispetto al piano di calpestio. Il cunicolo in parola è protetto superiormente con un grigliato calpestabile.

La lunghezza complessiva del primo tronco di condotta forzata risulta pari a 349 ml.

Il secondo tronco di condotta forzata è relativo all'attraversamento del piazzale di progetto a servizio della galleria di derivazione. La condotta è posata all'interno di un cunicolo ispezionabile in c.a.

Il cunicolo ha una larghezza interna pari a 4,00 ed un'altezza utile interna di 3,10 m; la condotta forzata è posata al centro del cunicolo così da lasciare sia in destra che in sinistra idraulica un corridoio di ispezione di 1,10 metri che, solo in corrispondenza dei baggioli di appoggio della condotta, si riduce a 0,70m.

La lunghezza complessiva del tratto di condotta forzata di attraversamento del piazzale è pari a circa 36 ml. Il tratto termina con il pozzetto destinato all'alloggiamento della valvola di sicurezza, ad attivazione automatica, in grado di interrompere il flusso idrico in caso di rottura e degli sfiati necessari al rientro d'aria in caso di azionamento della citata valvola di sicurezza.

Il terzo tronco di condotta forzata congiunge il piazzale di sbocco della galleria di derivazione con l'impianto idroelettrico. La condotta è posata in cunicolo delle stesse dimensioni di quello descritto per il tronco precedente e, quindi, in grado di garantire la completa ispezionabilità della condotta. L'andamento altimetrico del tronco in parola presenta una significativa acclività, dovendo superare la differenza di quota tra il piazzale di sbocco galleria (336,50 mslm) e la quota di posa delle turbine (275,50 m slm) con uno sviluppo planimetrico di circa 230 ml.

In corrispondenza della sezione iniziale del tronco in parola, come già accennato, è installata una valvola a farfalla dotata di contrappeso per la chiusura automatica in caso di superamento della velocità massima di flusso impostata. Detta valvola è deputata al completo sezionamento (in un tempo programmato pari a 20 secondi) della condotta in caso di rottura rovinosa della stessa. L'azionamento del contrappeso è asservito ad una palmola rilevatrice di velocità che viene tarata per scattare al superamento della portata di settaggio pari a 8,50 mc/s.

2.4.2 Calcolo dello spessore della condotta forzata DN 1800

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta forzata si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2 per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica più la sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

Le sovrappressioni possono innescare, in casi critici, la rottura di quelle condotte che non presentino sufficienti coefficienti di sicurezza. Le depressioni possono creare delle sacche di cavitazione pericolose per le condotte e per le apparecchiature idrauliche.

Nel caso di una condotta forzata, date le sue peculiari caratteristiche, si è provveduto al calcolo della possibile insorgenza del colpo d'ariete secondo la ben nota trattazione di Mendiluce.

La condotta forzata ha una lunghezza di 612,84 m; questo implica un tempo di ciclo pari a 1,25 s che è certamente inferiore a quello di manovra degli organi di chiusura. Pertanto secondo la trattazione del colpo d'ariete l'arresto può definirsi graduale e la formula da utilizzare per il calcolo della sovrappressione è quella di Michaud. I risultati del calcolo sono esposti nella seguente tabella:

DATI PROGETTO			
tm (tempo di chiusura)	120	s	
tc (tempo di ciclo)	1,25	s	$(2 \cdot L)/c$
c (celerità onda)	980,12	m/s	
Q	7,56	m ³ /s	portata massima fluente in condotta
g	9,81	m/s ²	accelerazione di gravità
diametro interno	1,8	m	
A	2,5434	m ²	sezione
L	612,84	m	lunghezza tubazione
V	2,97	m/s	velocità media del flusso
RISULTATI DEL CALCOLO			
ARRESTO GRADUALE			tc < tm
Sovrappressione			
$2 \cdot L \cdot v/g \cdot t$	3,09	m	
(formula di Michaud)	0,30	bar	
ARRESTO BRUSCO			tc > tm
Sovrappressione			
$c \cdot v/g$	296,97	m	
(formula di Allievi)	29,12	bar	

La pressione idrostatica sulla condotta forzata è pari al dislivello tra la quota di ritenuta normale d'invaso (377,25 m.s.l.m.m) e la quota di 276,30 m s.l.m.m. di fondo della condotta forzata. Pari, cioè a 100,95 metri di colonna d'acqua, cioè a 10,10 bar.

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

La sovrappressione generata dall'arresto graduale, pari a 0,30 bar, rientra, dunque, nell'intervallo previsto dal D.M. LL. PP.del 12.12.1985. A scopo cautelare, e stante il valore della pressione idrostatica a cavallo tra due categorie, si assume comunque come sovrappressione il valore massimo ammissibile previsto dal decreto pari a $\Delta P = 4$ bar per una pressione di esercizio pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P = 10,10 + 4 = 14,10 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

		DE 1828,8 mm			
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		σ _{amm}	
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²	
L 355		T ≤ 16 mm	T > 16 mm	22,61109864	
	da 500 a 650	355	345		
		Condizioni di esercizio			
		p _e	spessore		
		[kg/cm ²]	[mm]		
		14,1	9,257		

Atteso il diametro della condotta, per la scelta dello spessore si sono considerate anche le sollecitazioni indotte dalla movimentazione delle canne di tubazione che consigliano una maggiorazione di detto spessore sino alla dimensione commerciale di "s" pari a 16,0 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 14,10 = 21,15 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{21,15 \cdot 1828,8}{200 \cdot 16,0 \cdot 0,875} = 13,81 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

2.5 NUOVA CONDOTTA DI ALIMENTAZIONE IRRIGUA

2.5.1 Premessa

Le acque provenienti dall'invaso di Campolattaro, giunte nell'area denominata "Area impianti", a valle dell'impianto di produzione elettrica, pervengono ad un manufatto partitore.

Questo partitore ha la funzione di separare le acque in due aliquote: una destinata all'uso idropotabile, per una portata massima pari a 3,00 m³/s, di cui si tratterà al paragrafo 2.7, e l'altra destinata al consumo irriguo, da derivare verso la Valle Telesina.

Si procede, dunque, al dimensionamento della condotta irrigua, diventata di importanza non secondaria per il territorio in quanto, negli ultimi anni, si sta assistendo sempre con maggiore frequenza al verificarsi di eventi siccitosi che determinano seri danni alle colture.

2.5.2 Dimensionamento della condotta

La condotta ha origine, come detto, dal partitore posto a valle dell'impianto di idroelettrico principale in Area Impianti, e termina nell'impianto idroelettrico dedicato in prossimità della esistente Centrale di Sollevamento di Grassano, in tenimento del Comune di S. Salvatore Telesino.

Il tracciato, in uscita dall'area impianti, procede verso i Serbatoi di Accumulo di progetto affiancandosi per circa 450 metri alla strada comunale esistente; giunti in corrispondenza dei citati serbatoi, la condotta li supera, per poi procedere attraversando i territori comunali di Ponte, S. Lorenzo Maggiore, Guardia Sanframondi, Castelvenere, S. Salvatore Telesino.

La condotta irrigua presenta in totale 5 punti di derivazione uno per ciascun distretto in cui è stato suddiviso il bacino irriguo di riferimento. Per tale motivo la portata transitante nella condotta irrigua di progetto non è costante. La variabilità della portata ha condotto alla scelta progettuale di prevedere una tubazione di diametro decrescente nel senso del flusso, con i primi due tratti di diametro DN 1800, i due successivi di diametro DN 1700 e l'ultimo tratto, conclusivo, di diametro DN 1200 aventi caratteristiche illustrate sinteticamente nella tabella seguente:

CONDOTTA IRRIGUA		
Tratto	Lunghezza	DN
	(m)	(mm)
1	631,19	1800
2	2635,33	1800
3	7066,32	1700
4	4514,62	1700
5	6653,14	1200

Di seguito una sintetica descrizione del tracciato dell'adduttore in parola:

- La condotta irrigua ha inizio nella vasca sottostante la Centrale Idroelettrica in Area Impianti. Da qui, con quota asse pari a 269,50, parte una condotta DN 1800 che, nel suo primo tratto di posa, arriva fino ai serbatoi d'accumulo. Questo primo

tratto è caratterizzato da una posa al di sotto del tratto stradale all'interno dell'area del Potabilizzatore; in uscita dal potabilizzatore, il 1800 si affianca alla tubazione DN1500 potabile ed alla condotta di mandata DN 600 che risale dall'area serbatoi ed è destinata ad addurre risorsa al Nuovo Serbatoio in Area PIP Campolattaro di cui ai capitoli precedenti. In questa prima parte del tracciato, seguendo il senso dell'acqua, l'ordine di posa sarà da sinistra a destra: DN 600-DN 1500-DN 1800. Il primo tratto di adduttore irriguo termina con il primo dei punti di consegna al Consorzio di Bonifica cui corrisponde anche la minima quota del tratto, pari a 241,70 m.

- Giunti all'area dei Serbatoi d'accumulo, il DN 1800 irriguo abbandona il fascio tubiero per costeggiare l'area serbatoi nel lato di valle. Qui, dopo un tratto in posa solitaria, viene nuovamente affiancato dal DN1500 "potabile" che, dopo un incrocio tra le condotte, è posato in destra idraulica rispetto al DN 1800.
- All'altezza dell'incrocio tra via Monte e la SP.58, in prossimità della Chiesa Madonnelle della Madonna di Pompei (Comune di Ponte), il tracciato delle due condotte devia in destra idraulica, percorrendo un tratto rettilineo di circa 700 metri in direzione del Torrente Lenta. L'attraversamento del Torrente è previsto per entrambe le condotte mediante la tecnica dello spingitubo.
- Per ca. 800 metri il fascio tubiero costeggia, quindi, l'alveo (in dx idraulica del corso d'acqua) fino a incontrare la condotta DN 700 proveniente da Curti e diretta a Benevento. Da questo punto in poi, i tre tubi – irriguo, potabile e Curti-Benevento saranno in posa affiancata per ca. 20 km.
- Dopo aver attraversato la SP. 8, la condotta devia verso sud ovest verso la Strada Provinciale 106 proseguendo, con in posa campagna, parallelamente alla stessa. Dopo circa 240 m dall'inizio della posa congiunta alla condotta Curti-Benevento, è posizionato il secondo punto di consegna al Consorzio di Bonifica, a quota 134 m s.l.m. Tale punto segna anche il cambiamento del diametro nominale della condotta dal DN1800 al DN1700. La posa della condotta seguirà, pur non in maniera strettamente parallela, l'andamento della SP. 106 per circa 10 km. In questo tratto la condotta attraversa per due volte la strada provinciale: una prima volta all'inizio, subito prima dell'incrocio con via Toppo La Paglia, quindi in corrispondenza della intersezione tra la SP 106 e la Strada Provinciale 102.
- Il tratto di territorio appena analizzato sarà interessato anche della realizzazione della linea dell'Alta Capacità Napoli – Bari del cui nuovo tracciato si è, naturalmente, tenuto conto. Il fascio tubiero intersecherà tale linea ferroviaria in due punti e gli attraversamenti saranno entrambi risolti attraverso appositi manufatti che consentiranno il sottopasso della sede ferroviaria. Tali attraversamenti corrispondono proprio a quelli precedentemente indicati all'altezza dell'attuale incrocio con via Toppo La Paglia e con la strada provinciale SP.102. Nel medesimo tratto, compreso tra i due attraversamenti, è previsto

anche il terzo punto di consegna al Consorzio di Bonifica, a una distanza di circa 7 km dalla consegna precedente, in corrispondenza dell'ansa del fiume Volturno, all'altezza del km 14 della SP.106. Le quote terreno nell'area in esame sono piuttosto omogenee con un massimo di 79 m e un punto più depresso posto a 52 m s.l.m.

- Si fa presente che la condotta, nel Comune di San Lorenzo Maggiore, oltre che pressoché parallela alla strada provinciale 106, sarà strettamente affiancata all'attuale linea ferroviaria fino al secondo attraversamento della SP.106 e intersecherà la Strada Provinciale SP.44 in Località Santa Maria La Strada.
- Superata la SP.106 e attraversata la SP. 102 (vale a dire superata l'interferenza con l'Alta Capacità Napoli-Bari), immediatamente prima del suo ingresso nel Comune di Castelvenere, la condotta DN 1700 sarà posata interamente in campagna. Nel tratto finale avviene l'ultimo cambio di diametro e la condotta irrigua passa dal DN 1700 a DN 1200 in corrispondenza del quarto punto di consegna al Consorzio di Bonifica.
- In prossimità del Ponte Seneta il fascio tubiero devia, attraversando la SS. 87 per poi affiancarsi alla SP.15 e proseguire, quindi, in campagna per altri 2 km circa. Infine si affianca a via Pugliano nel tratto in cui quest'ultima risulta parallela alla Strada Statale SS.372. È un tratto altimetricamente poco lineare con il punto più depresso a ca. 62 m s.l.m. e quello più elevato a quota 115 m s.l.m.
- Da qui, infine, in prossimità del centro del Comune di San Salvatore Telesino, il DN 1200 abbandona il fascio tubiero principale per proseguire la sua posa singola in campagna in direzione Sud, attraversando prima la SS. 372, quindi la SP.46 fino alla Centrale di Idroelettrica ad uso irriguo, oggetto della presente progettazione, nelle immediate vicinanze dell'impianto di Sollevamento esistente.

In definitiva, la condotta presenterà un'estensione complessiva di circa 21,5 km.

Ai fini del dimensionamento, i calcoli idraulici effettuati hanno tenuto conto dell'aliquota derivabile per uso irriguo al valore limite in galleria pari a:

$$Q_{max} = 4,65 \text{ m}^3/\text{s}$$

come da Tabella 18 - Caratteristiche di funzionamento dell'adduttore irriguo nel mese di agosto per lo scenario di clima futuro contenuta nella Relazione ED.01.2 parte integrante della presente progettazione.

Tale portata è da intendersi come transitante solo nel primo tratto di adduttore: in quelli successivi la portata transitante è stata calcolata rispetto alla sottrazione dovuta alle portate derivate dai singoli Distretti Irrigui secondo la tabella seguente:

CONDOTTA IRRIGUA			
Tratto	Lunghezza	DN	Q
	(m)	(mm)	(m ³ /s)
1	631,19	1800	4,65
2	2635,33	1800	3,61
3	7066,32	1700	3,31
4	4514,62	1700	3,03
5	6653,14	1200	0,63

Si è considerata, inoltre l'esigenza di non avere velocità troppo elevate e di non dare luogo a perdite di carico troppo significative in condotta.

Tutto ciò premesso, sono stati determinati i valori delle perdite di carico distribuite, utilizzando la relazione di Gauckler - Strickler di seguito riportata:

$$Q = K \sigma R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

dove:

Q = portata (m³/s)

K = coeff. di scabrezza (m^{1/3}/s⁻¹)

R = raggio idraulico (m)

J = cadente dei carichi (m/m)

s = sezione utile (m²)

Scelto cautelativamente un coefficiente "k" di Strickler pari a 90 e, nota la geometria del sistema, è stato sviluppato il calcolo delle perdite di carico in condotta. I risultati del calcolo sono sintetizzati nelle tabelle seguenti:

CONDOTTA IRRIGUA DN 1800 - TRATTO 1									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
4,65	90,00	1,80	0,0011955	2,54	5,65	0,45	631,19	0,75	1,83
CONDOTTA IRRIGUA DN 1800 - TRATTO 2									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
3,61	90,00	1,80	0,0007205	2,54	5,65	0,45	2635,33	1,90	1,42
CONDOTTA IRRIGUA DN 1700 - TRATTO 3									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
3,31	90,00	1,70	0,0008216	2,27	5,34	0,43	7066,32	5,81	1,46
CONDOTTA IRRIGUA DN 1700 - TRATTO 4									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
3,03	90,00	1,70	0,0006885	2,27	5,34	0,43	4514,62	3,11	1,33
CONDOTTA IRRIGUA DN 1200 - TRATTO 5									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
0,63	90,00	1,20	0,0001907	1,13	3,77	0,30	6653,14	1,27	0,56

2.5.3 Calcolo dello spessore

Per la scelta dello spessore della condotta in oggetto si è operata una divisione in tre tratti in funzione dei differenti diametri che compongono la condotta:

- Un primo tratto a DN 1800 di lunghezza pari a $L = 3.267$ m
- Un secondo tratto a DN 1700 di lunghezza pari a $L = 11.581$ m
- Un terzo tratto a DN 1200 di lunghezza pari a $L = 6.653$ m

Di seguito, i calcoli relativi a ciascuno dei tratti suddetti.

Spessore condotta irrigua – Tratto DN 1800

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta irrigua nel tratto caratterizzato dal DN 1800 si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica e della sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta nel tratto in esame è pari alla differenza tra la quota di uscita della condotta irrigua dalla Centrale Idroelettrica (274,10 m.s.l.m.) e il punto più depresso del tratto di adduttore in esame, pari a 81,50 m.s.l.m.:

$$\Delta H = 274,10 - 81,50 = 192,60 \text{ m} = 19,26 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

P_e è la pressione di esercizio [bar]

P_s è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Secondo il D. Lgs. del 12/12/1985:

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

per pressioni idrostatiche comprese tra 10 e 20 bar, il ΔP da imporre è pari a 4,96 bar; da cui ΔP = 4,96 bar e:

$$P_e = P_s + \Delta P = 19,26 + 4,96 = 24,22 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

		DE 1828,8 mm		
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		6amm
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²
L 355	da 500 a 650	T≤16 mm	T>16 mm	22,61109864
		355	345	
		Condizioni di esercizio		
		p _e	spessore	
		[kg/cm ²]	[mm]	
		24,22	15,042	

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 17,5 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 24,22 = 36,33 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{36,33 \cdot 1828,8}{200 \cdot 17,5 \cdot 0,875} = 21,69 \frac{kg}{mm^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \frac{kg}{mm^2}$$

Spessore condotta irrigua – Tratto DN 1700

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta irrigua nel tratto caratterizzato dal DN 1700 si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica e della sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta nel tratto in esame è pari alla differenza tra la quota di uscita della condotta irrigua dalla Centrale idroelettrica in Area impianti (274,10 m.s.l.m.m) e il punto più depresso del tratto, pari a 51,23 m.s.l.m.m:

$$\Delta H = 274,10 - 51,23 = 222,87 \text{ m} = 22,29 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

Pe è la pressione di esercizio [bar]

Ps è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Secondo il D. Lgs. del 12/12/1985:

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

per pressioni idrostatiche comprese tra 20 e 30 bar, il ΔP da imporre è pari a 5,74 bar; da cui $\Delta P = 5,74$ bar e:

$$P_e = P_s + \Delta P = 22,29 + 5,74 = 28,03 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

		DE 1717,2 mm		
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R_s		σ_{amm}
	[Mpa]	[Mpa]		kg/mm^2
L 355		T ≤ 16 mm	T > 16 mm	22,61109864
	da 500 a 650	355	345	
		Condizioni di esercizio		
		P_e	spessore	
		[kg/cm^2]	[mm]	
		28,03	16,231	

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore pari a 18,50 mm.
 Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 28,03 = 42,05 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{42,05 \cdot 1727,7}{200 \cdot 18,5 \cdot 0,875} = 22,44 \frac{kg}{mm^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

Spessore condotta irrigua – Tratto DN 1200

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta irrigua nel tratto caratterizzato dal DN 1200 si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica più la sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta nel tratto in esame è pari alla differenza tra la quota di uscita della condotta irrigua dalla Centrale Idroelettrica in Area Impianti (274,10 m.s.l.m.m) e il punto più depresso del tratto, pari a 51,00 m.s.l.m.m:

$$\Delta H = 274,10 - 51,00 = 223,10 \text{ m} = 22,31 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

Pe è la pressione di esercizio [bar]

Ps è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Secondo il D. Lgs. del 12/12/1985:

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

per pressioni idrostatiche comprese tra 20 e 30 bar, il ΔP da imporre è pari a 5,74 bar; da cui $\Delta P = 5,74$ bar e:

$$P_e = P_s + \Delta P = 22,31 + 5,74 = 28,05 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

DE 1219,2 mm				
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		σ _{amm}
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²
L 355		T≤16 mm	T>16 mm	22,61109864
	da 500 a 650	355	345	
		Condizioni di esercizio		
		p _e	spessore	
		[kg/cm ²]	[mm]	
		28,05	11,86	

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 13,00 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 28,05 = 42,08 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{42,08 \cdot 1219,2}{200 \cdot 13,0 \cdot 0,875} = 22,55 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

2.5.4 Scenario transitorio

Oltre allo Scenario di progetto, con riferimento agli usi irrigui della risorsa, è stato valutato anche lo “scenario transitorio” come definito nell’elaborato progettuale ED.01 Relazione illustrativa, al paragrafo 4.1.1.2 – Fabbisogno Irriguo.

Nel dettaglio, con lo “Scenario Transitorio”, il Consorzio di Bonifica del Sannio Alifano ha chiesto di poter derivare comunque - dall’invaso di Campolattaro - l’intero volume annuo pari a 46,6 Mm3 riservato all’uso irriguo, al fine di valorizzarne il contenuto energetico anche prima del completamento dell’impianto di distribuzione irrigua complessivo.

Quindi, nei 5 mesi di irrigazione dovrà essere garantito il volume complessivo pari al fabbisogno attuale, valutato in 15,45 Mm3 mentre nei restanti 7 mesi dell’anno saranno fruttati ai fini della produzione idroelettrica i restanti 31,15 Mm3

Alla luce di quanto sopra, nel periodo maggio – settembre, la portata media da addurre al nodo di Grassano risulta pari a 1,19 mc/s mentre la portata media da addurre nel periodo ottobre – aprile è calcolata in 1,72 mc/s.

A vantaggio di sicurezza, si è provveduto alla valutazione delle perdite di carico indotte lungo l’adduttore irriguo considerando una portata costante lungo il percorso pari a 2,0 mc/s

Il valore complessivo delle perdite di carico connesse allo “Scenario Transitorio” risulta pari a circa 17 m invero quindi maggiore rispetto al caso dello Scenario di Progetto ma assolutamente compatibile con la corretta alimentazione della Centrale Idroelettrica di Grassano e delle vasche di accumulo esistenti.

CONDOTTA IRRIGUA DN 1800 - TRATTO 1									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
2,00	90,00	1,80	0,0002212	2,54	5,65	0,45	631,19	0,14	0,79
CONDOTTA IRRIGUA DN 1800 - TRATTO 2									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
2,00	90,00	1,80	0,0002212	2,54	5,65	0,45	2635,33	0,58	0,79
CONDOTTA IRRIGUA DN 1700 - TRATTO 3									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
2,00	90,00	1,70	0,0003000	2,27	5,34	0,43	7066,32	2,12	0,88
CONDOTTA IRRIGUA DN 1700 - TRATTO 4									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
2,00	90,00	1,70	0,0003000	2,27	5,34	0,43	4514,62	1,35	0,88
CONDOTTA IRRIGUA DN 1200 - TRATTO 5									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
2,00	90,00	1,20	0,0019224	1,13	3,77	0,30	6653,14	12,80	1,76

2.6 SERBATOI DI ACCUMULO

Dall'impianto di potabilizzazione ha origine una tubazione DN 1500 che recapita le acque trattate a un sistema di serbatoi di accumulo in parallelo, posti a valle del potabilizzatore, in un'area a quota terreno 243/246 m.s.l.m. Prima di raggiungere i serbatoi tale condotta – come sarà spiegato più avanti – raggiunge un pozzetto di ripartizione da cui si dipartono due condotte più piccole del DN 1000.

La struttura in parola consta di due serbatoi indipendenti aventi le medesime caratteristiche.

Ciascun serbatoio è composto da due vasche di accumulo collegate a un'unica camera di manovra.

Le due vasche, geometricamente, presentano le medesime caratteristiche:

- Lunghezza pari a 42,50 m
- Larghezza pari a 30,00 m
- Tirante idraulico pari a 6,00 m

Il volume di ogni vasca, al netto degli sfridi, risulta pari a circa 7.300 m³.

Il volume totale di accumulo è valutato, sempre lordo, in 14.600 m³ complessivi.

Considerando lo spessore della platea di fondazione, il franco di sicurezza al di sopra della quota di massimo invaso e la soletta di copertura, ogni vasca ha un'altezza complessiva di circa 8,00 m.

Ciascuna delle due camere di manovra avrà invece le seguenti dimensioni:

- Lunghezza pari a 30,00 m
- Larghezza pari a 8,00 m
- Altezza pari a 13,60 m

Considerando l'intero serbatoio, e cioè il complesso delle due strutture, il volume massimo immagazzinabile sarà pari a quello delle quattro vasche:

- Volume di accumulo del serbatoio: 29.200 m³.

Le vasche sono previste con una quota fondo pari a 239 m.s.l.m. mentre le camere di manovra hanno quota fondo di un metro e mezzo inferiore e pari a 237,5 m.s.l.m. per consentire un migliore alloggiamento delle apparecchiature idrauliche ivi installate.

La struttura dei due serbatoi di accumulo comprende nella sua parte centrale la stazione di sollevamento della risorsa destinata al sistema Alto Calore, per la quale si rimanda al paragrafo 2.8.

2.7 NUOVA CONDOTTA DI COLLEGAMENTO ALL'ACQUEDOTTO CAMPANO (ACAM).

2.7.1 Premessa

Le acque provenienti dall'invaso di Campolattaro, alla luce di quanto detto, possono considerarsi a tutti gli effetti una risorsa integrativa accumulabile, da utilizzare nei periodi dell'anno in cui le risorse convenzionali risultano insufficienti a coprire i fabbisogni dell'utenza. Tali periodi sono tipicamente riconducibili alla stagione estiva, nella quale, a un aumento fisiologico dei consumi, corrisponde una naturale riduzione del regime sorgentizio delle fonti convenzionali.

Ciò premesso, per fare fronte ai periodi di magra delle sorgenti dell'Acquedotto Campano, col presente progetto si prevede di convogliare, nei quattro mesi estivi (giugno - settembre), una portata aggiuntiva di 3,00 m³/s verso la dorsale principale dell'ACAM.

Come per la condotta irrigua, anche il tracciato del nuovo acquedotto è stato studiato in maniera da non interferire, se non quando strettamente necessario, con due interventi di grande rilievo già programmati o in fase realizzativa, che interessano l'area in esame: il raddoppio della Strada Statale Telesina (SS. 372), la futura realizzazione della linea ferroviaria Alta Capacità Napoli – Bari.

Di seguito si provvede ad una sintetica descrizione del tracciato dell'adduttore DN 1500 ACAM; avendo progettato la condotta in parola in posa parallela all'adduttore irriguo, il tracciato coincide - di fatto - con quello della condotta irrigua dal picchetto A17 (TAV. I.02.1) al picchetto D101 (TAV. I.02.4):

- La condotta ACAM ha origine dall'ultima fase di trattamento dell'impianto di potabilizzazione. Da qui parte una condotta DN 1500 che, in un primo tratto lungo circa 380 m, è posata in affiancamento alla condotta irrigua DN 1800 e alla condotta di mandata all'Alto Calore DN 600. In questa prima posa il fascio tubiero vedrà da sinistra a destra idraulica: DN600 – DN1500 - DN1800. In prossimità dei serbatoi d'accumulo la condotta ACAM si distacca dagli altri due tubi fino a raggiungere un pozzetto di ripartizione. Tale pozzetto ha la funzione di ripartire la portata in due condotte dal diametro minore – DN 1000 – che entrano nelle due camere di manovra dei serbatoi, per poi ricongiungersi, in uscita dai serbatoi, nuovamente in un DN 1500 la cui posa sarà affiancata all'adduttore irriguo.
- All'altezza dell'incrocio tra via Monte e la SP.58, in prossimità della Chiesa Madonnelle della Madonna di Pompei il tracciato delle due condotte devia in destra idraulica in direzione del Torrente Lenta percorrendo un tratto rettilineo di circa 700 metri. L'attraversamento del Torrente è previsto mediante la tecnica dello spingitubo.
- Per ca. 800 metri il fascio tubiero costeggia l'alveo del Lenta in destra idraulica fino ad incontrare la condotta (sempre di progetto) DN 700 proveniente da Curti e diretta a Benevento. Da questo punto i tre tubi – irriguo, potabile e Curti-Benevento saranno in posa affiancata per ca. 20 km.

- Dopo aver attraversato la SP. 8, la condotta devia verso sud ovest in direzione della Strada Provinciale 106 rispetto alla quale mantiene una posa pressoché parallela. Dall'incrocio con la SP. 8 la posa della condotta segue l'andamento della SP. 106 per circa 10 km. In questo tratto la condotta attraversa due volte l'attuale strada provinciale: una prima volta subito prima dell'incrocio con via Toppo La Paglia, quindi verso la fine, in corrispondenza della intersezione con la Strada Provinciale 102.
- Il tratto di acquedotto in esame sarà oggetto della realizzazione della linea ferroviaria Alta Capacità Napoli – Bari del cui tracciato si è tenuto conto nell'ambito della progettazione. Il fascio tubiero intersecherà la linea Alta Capacità in due punti e gli attraversamenti sono previsti mediante opere d'arte specifiche in grado di realizzare il sottopasso della futura sede ferroviaria. Gli attraversamenti corrispondono a quelli precedentemente indicati con l'incrocio di via Toppo La Paglia e quello della strada provinciale SP.102.
- Nel Comune di San Lorenzo Maggiore, il tracciato della condotta di progetto, oltre che seguire la strada provinciale 106, sarà parallelo all'attuale linea ferroviaria fino al secondo attraversamento della SP.106 e intersecherà la Strada Provinciale SP.44 in Località Santa Maria La Strada.
- Superata la SP.106 ed attraversata la SP. 102 (vale a dire superata l'interferenza con l'Alta Capacità Napoli-Bari) immediatamente prima del suo ingresso nel Comune di Castelvenere, la condotta DN 1500 sarà posata interamente in campagna.
- In prossimità del Ponte Seneta, il fascio tubiero devia verso nord attraversando la SS. 87 per poi affiancarsi alla SP.15 e proseguire, quindi, in campagna per circa altri 2 km. Infine, si affianca a via Pugliano nel tratto in cui quest'ultima risulta parallela alla Strada Statale SS.372.
- Per circa 4 km la condotta segue il tracciato della SS.372 distaccandosene solo in prossimità degli svincoli con la SP.70 e di quelli in prossimità della SP. 122. In un percorso altimetrico che prevede una massima quota di 103,75 m e una minima pari a 64,75 m, la condotta taglia diversi assi viari: la SP.46, via Tuono, via San Vincenzo, via Conte Nocera, la SS.372, la strada comunale Puglianello, la SP.69.
- Anche nei successivi 4,9 km la condotta segue il tracciato della SS.372 distaccandosene in prossimità degli svincoli con la Strada Comunale Puglianello. Le interferenze lungo il tracciato sono quelle con la Strada Comunale Marafi e soprattutto con il Fiume Titerno (attraversato con tecnica dello spingitubo) e con il Vallone Possente, affluente del Volturno.

La quota geodetica massima è di 90,14 m, quella più bassa di 54,04 metri. L'ultimo picchetto del tratto in esame (E47, TAV. M.02.05) rappresenta anche l'ultima sezione in cui la Condotta DN 1500 ACAM e l'adduttrice DN 700 da Curti a Benevento sono posate in parallelo. Alla luce di quanto sopra, onde evitare inutili ripetizioni, nel successivo capitolo relativo alla citata condotta DN 700 si provvederà ad illustrare la sola parte di tracciato non in parallelo al 1500.

- Infine, nell'ultimo tratto, di quasi 2,5 km, la condotta segue ancora la SS.372 pur con le necessarie deviazioni per poi deviare in destra idraulica per raggiungere, dopo una decisa risalita, la camera di carico di Torre del Duca che rappresenta la sezione posta a quota massima del tratto (pari a 190,75). La minima è, invece, pari a 57,75.

2.7.2 Dimensionamento della condotta

La condotta ha origine a valle dell'impianto di potabilizzazione di progetto, e termina nella camera di carico di Torre del Duca (q. sf. 195 m.s.l.m.).

Nello specifico, il tracciato segue, per circa 900 metri, il tracciato della strada comunale esistente, per poi sdoppiarsi ed entrare nelle due camere di manovra, relative alle n.4 vasche componenti i serbatoi di accumulo di progetto.

A valle delle suddette camere di manovra, le due tubazioni di presa dai serbatoi si ricongiungono per formare nuovamente una tubazione DN 1500, che percorre i territori comunali di Ponte, S. Lorenzo Maggiore, Guardia Sanframondi, Castelvenere, S. Salvatore Telesino, Puglianello, Faicchio, Ruviano, Gioia Sannitica. Dal Comune di Ponte a quello di S. Salvatore Telesino, la condotta sarà posata parallelamente alla condotta a uso irriguo e alla condotta DN 700 di sostituzione della esistente adduttrice Curti - Benevento, entrambe di progetto; per i restanti 7.5 km ca. di tracciato, culminanti nella camera ACAM di Torre del Duca, sarà posata, invece, in affiancamento alla Strada Statale Telesina (SS 372), a una distanza tale da non interferire, come detto, col programmato raddoppiamento della carreggiata di quest'ultima.

Il percorso seguito dalla condotta – dai Serbatoi d'accumulo alla Camera di Carico di Torre del Duca - complessivamente, avrà un'estensione pari a circa 30,8 km.

Il progetto della condotta in esame è stato sviluppato considerando una portata pari a:

$$Q_p = 3,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tale valore deriva dalla portata di dimensionamento dell'impianto di potabilizzazione.

Ciò premesso, il dimensionamento è stato effettuato tenendo conto della necessità di non avere velocità troppo elevate in condotta, e in modo tale da non provocare perdite di carico troppo significative.

Tutto ciò premesso, sono stati determinati i valori delle perdite di carico, utilizzando la relazione di Gauckler - Strickler di seguito riportata:

$$Q = K \sigma R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

dove:

Q = portata (m³/s)

K = coeff. di scabrezza (m^{1/3}/s⁻¹)

R = raggio idraulico (m)

J = cadente dei carichi (m/m)

s = sezione utile (m²)

Scelto un coefficiente “k” di Strickler pari a 90, nota la geometria del sistema, è stato sviluppato il calcolo delle perdite di carico in condotta.

I risultati del calcolo sono sintetizzati nella tabella seguente:

CONDOTTA ACQUEDOTTO CAMPANO DN1500									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH(m)	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
3,00	90	1,50	0,001316	1,77	4,71	0,38	30800	40,52	1,70

In seguito alle simulazioni effettuate, si è scelto di utilizzare una tubazione in acciaio DN 1500 in grado di convogliare la portata massima di progetto con una perdita di carico valutata in circa 40,5 m rispetto al salto totale disponibile pari a 50,00 m dato dalla differenza tra la quota dei Serbatoi di Accumulo in Area Impianti (245,00m s.l.m.m) e quella della camera di carico di Torre del Duca (195 m s.l.m.m.).

2.7.3 Calcolo dello spessore

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta di scarico si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - a}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica e della sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta è pari alla differenza tra la quota del serbatoio di partenza (245,00 m.s.l.m.m) e il punto più depresso del tracciato, quello a quota più bassa, pari a 53,63 m.s.l.m.m:

$$\Delta H = 245,00 - 53,63 = 191,37 \text{ m} = 19,14 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

Pe è la pressione di esercizio [bar]

Ps è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Secondo il D. Lgs. del 12/12/1985

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

per pressioni idrostatiche comprese tra 10 e 20 bar, si è scelto di imporre un ΔP da imporre è pari a 5 bar; da cui ΔP = 5 bar e:

$$P_e = P_s + \Delta P = 19,14 + 5,00 = 24,14 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

		DE 1524 mm		
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		σ _{amm} Kg/mm ²
	[Mpa]	[Mpa]		
L 355	da 500 a 650	T≤16 mm	T>16 mm	22,61109864
		355	345	
		Condizioni di esercizio		
		p _e	spessore	
		[kg/cm ²]	[mm]	
		24,14	12,688	

Atteso il diametro della condotta, per la scelta dello spessore si sono considerate anche le sollecitazioni indotte dalla movimentazione delle canne di tubazione che consigliano una maggiorazione di detto spessore sino alla dimensione commerciale di s pari a 14,2 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 24,14 = 36,21 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{36,21 \cdot 1524}{200 \cdot 14,2 \cdot 0,875} = 22,21 \frac{kg}{mm^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \frac{kg}{mm^2}$$

2.8 STAZIONE DI SOLLEVAMENTO PER ALTO CALORE

In adiacenza ai Serbatoi di Accumulo è prevista una stazione di sollevamento a servizio del sistema Alto Calore e relativa condotta di mandata DN 600. Tale stazione strutturalmente fa parte del complesso dei serbatoi di accumulo di cui, come anticipato, rappresenta il corpo centrale.

La stazione di sollevamento sfrutta come vasche di accumulo gli stessi serbatoi, pertanto è stata strutturata per ospitare il sistema di pompaggio, le condotte a suo servizio e i relativi quadri elettrici.

La stazione sarà alimentata dalla condotta in uscita dai serbatoi con una portata fino a un massimo di 500 l/s.

La quota sfioro del serbatoio di arrivo posizionato all'interno dell'area PIP di Campolattaro è fissata a 570 m s.l.m.m.; la quota di aspirazione delle pompe è invece fissata a 239 m s.l.m.m. (fondo serbatoi) pertanto la differenza di quota geodetica sarà data da:

$$\Delta H_{geodetica} = 570 - 239 = 331 \text{ metri}$$

A questi vanno aggiunti 5 metri di carico residuo e le perdite di carico distribuite.

Per una condotta del DN 600 e una portata di 0,500 m³/s le perdite di carico calcolate con la formula di Gauckler-Strickler ammontano, per una lunghezza di circa 8300 metri, a:

$$\Delta H_{distribuite} = 40,21 \text{ m}$$

CONDOTTA DI MANDATA SISTEMA ALTO CALORE									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH(m)	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
0,50	90	0,60	0,00484	0,28	1,88	0,15	8300,00	40,21	1,77

e, da qui, la prevalenza manometrica espressa come:

$\Delta H_{manometrica} = \Delta H_{geodetica} + \Delta H_{distribuite} + \text{Carico residuo} = 331 + 40,21 + 5 = 376,21 \text{ m}$
 approssimato a 380 m.

La camera di manovra è realizzata su due livelli.

Il piano a quota campagna 243,25 m, ha le seguenti dimensioni:

- Lunghezza pari a 18,50 m
- Larghezza pari a 13,50 m
- Altezza pari a 7,10 m

Il piano inferiore invece, a quota 238,40 m, ha dimensioni:

- Lunghezza pari a 13,50 m
- Larghezza pari a 13,50 m
- Altezza pari a 5,45 m

Complessivamente la struttura ha, dunque, un'altezza pari a: 12,55 metri.

Mentre il piano superiore è dedicato ai quadri elettrici, quello inferiore ospita il sistema di pompaggio. Nello specifico l'impianto di sollevamento è stato realizzato seguendo una linea di massima flessibilità rispetto alla possibilità di regolare la portata presentando:

- N° 4 pompe centrifughe ad asse orizzontale (più 1 di riserva)

aventi, ciascuna, le seguenti caratteristiche:

- Portata pari a: 125 l/s
- Prevalenza pari a: 380 m

Ciascuna pompa è dotata di motore elettrico ed è caratterizzata da una potenza pari a 670 kW.

2.9 CONDOTTA DI MANDATA AL NUOVO SERBATOIO AREA PIP DI CAMPOLATTARO

2.9.1 Premessa

Il tracciato della mandata dell'impianto di sollevamento è lungo circa 8,3 km e attraversa i comuni di Ponte, Fragneto Monforte, Pontelandolfo e Campolattaro. La posa avviene con scavo tradizionale in campagna o lungo strade sterrate, quindi in parallelo alla SP.58 e alla SS.87.

Nel dettaglio:

- La tubazione di mandata DN 600 parte dalla stazione di sollevamento deviando subito sulla sinistra idraulica seguendo il perimetro dei serbatoi.
- Nel tratto successivo, la condotta si affianca alle condotte DN 1500 ACAM e DN 1800 irrigua con posa in campagna parallela alla strada comunale. Più avanti, seguendo il fascio tubiero attraversa la sede stradale.
- Costeggiando la strada comunale il DN 600 di mandata entra nell'area del potabilizzatore. Di qui segue il suo margine perimetrale di sud-est, con posa in parallelo al canale di scarico dell'impianto idroelettrico. Una volta superata la centrale, la sua posa risulterà parallela a quella della condotta forzata nel suo tratto di posa in campagna.
- Per circa 180 metri la tubazione di mandata sarà affiancata alla condotta forzata interrata, quindi - sempre con posa in campagna - devierà verso la destra idraulica (ancora sud-est) intersecando via Monte per raggiungere via Castelluccia nel Comune di Ponte, e proseguire parallela a essa per ca. 150 metri;
- Da via Castelluccia la posa procede verso nord-est, in piena campagna, costeggiando le due grandi pale eoliche, per ca. 1.200 metri fino a ricongiungersi con il prolungamento verso nord di via Castelluccia ancora nel Comune di Ponte;
- Da questo punto, e per ca. 1.800 metri, la posa sarà parallela alla strada, quindi proseguirà dopo l'attraversamento della stessa (da destra a sinistra idraulica) per altri 600 m, attraversando il territorio comunale di Fragneto Monforte;
- La posa della condotta prosegue in aperta campagna, attraversando i campi per ca. 480 m fino a raggiungere la prossimità della Strada Statale SS.88 nel Comune di Pontelandolfo;
- Proseguendo, la condotta è posata in parallelo alla SS.88 che sarà attraversata subito prima dello svincolo con la Strada Provinciale SP.129,

passando dalla sinistra alla destra idraulica. Siamo ormai nel Comune di Campolattaro;

- La posa in parallelo alla SS.88, superato lo svincolo, procede per ulteriori 2.000 m sfruttando sia la posa in campagna sia quella in corrispondenza di tratturi e strade sterrate.
- Infine, la condotta taglia verso destra per ancora 400 metri per raggiungere il serbatoio di testata di progetto, ubicato all'interno della area PIP in Comune di Campolattaro.

2.9.2 Calcolo dello spessore

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta di mandata si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica e della sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

Alla luce di una pressione manometrica pari a 380 metri, si è calcolato il possibile colpo d'ariete secondo la ben nota teoria di Mendiluce. Si seguito si riassumono i risultati di calcolo:

DATI PROGETTO		
	m	
ΔH geodetico	331	
ΔH manometrico	380,0	
t_m (tempo di chiusura)	60	s
t (tempo distacco potenza motrice)	4,94	s
t_c (tempo di ciclo)	14,65	s
c (celerità onda)	1133,39	m/s
Q	0,5	m ³ /s
g	9,81	m/s ²
diametro interno	0,6	m
A	0,2826	m ²
L	8300	m
V	1,77	m/s
RISULTATI DEL CALCOLO		
ARRESTO GRADUALE		$t_c < t$
Sovrappressione		
$2 \cdot L \cdot v / g \cdot t$	606,13	m
(formula di Michaud)	59,44	bar
ARRESTO BRUSCO		$t_c > t$
Sovrappressione		
$c \cdot v / g$	204,41	m
(formula di Allievi)	20,04	bar

La condotta di mandata è sottoposta a una sovrappressione da arresto brusco pari a un ΔP di 20,04 bar, per la quale sarà prevista l'installazione di un dispositivo di attenuazione del colpo d'ariete. In particolare, si è prevista l'installazione di una valvola anticipatrice le cui caratteristiche saranno definite nelle future fasi progettuali.

Per il calcolo della sovrappressione residua è stato scelto un $\Delta P=10$ bar:

$$P_g = P_s + \Delta P = 38 + 10 = 48 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

DE 609,6 mm				
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		σ _{amm} Kg/mm ²
	[Mpa]	[Mpa]		
L 355		T≤16 mm	T>16 mm	22,61109864
	da 500 a 650	355	345	
Condizioni di esercizio				
	p _e	spessore		
	[kg/cm ²]	[mm]		
	48	10,265		

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 12,5 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_g = 1,5 \cdot 48 = 72,00 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{72,00 \cdot 609,6}{200 \cdot 12,5 \cdot 0,875} = 20,06 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

2.10 CONDOTTA DI ALIMENTAZIONE AL PARTITORE ZINGARA MORTA DN 600

2.10.1 Dimensionamento della condotta

Al fine di alimentare il bacino di utenza, nell'ambito della progettazione, si è prevista una condotta adduttrice DN 600 con origine dal serbatoio Area PIP di Campolattaro e termine nel Nuovo Partitore in località Zingara Morta. Tale condotta convoglia una portata massima pari a 0,500 m³/s ed è posata per gran parte del tracciato in parallelo alla condotta di mandata dall'impianto di sollevamento. La lunghezza complessiva è pari a 2,9 km. La posa avviene per la quasi totalità del percorso con scavo tradizionale lungo strade sterrate o in prossimità del piede del rilevato in parallelo alla SS. 88.

Nel dettaglio:

- Per circa 2.500 metri la condotta segue il tracciato della SS. 88 (Comune di Pontelandolfo) in affiancamento al tratto conclusivo della condotta di mandata.
- Per circa 120 metri sarà posata lungo la SS.87 comprensivi dell'attraversamento della rotonda dove confluiscono la SS.87 e la SP. 129
- Per circa 300 metri, infine, la condotta è posata in affiancamento alla SS.88 dal lato della carreggiata opposto a quello della condotta di mandata fino al raggiungimento del partitore di recapito.

CONDOTTA DN 600 AL PARTITORE DI ZINGARA MORTA									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	ΔH(m)	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
0,50	90	0,60	0,00484	0,28	1,88	0,15	2900,00	14,05	1,77

2.10.2 Calcolo dello spessore

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta di mandata al partitore di Zingara Morta si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica più la sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta è pari alla differenza tra la quota sfioro del serbatoio PIP di Campolattaro (570 m s.l.m.m) e la quota del partitore, pari a 515,50 m s.l.m.m:

$$\Delta H = 570,00 - 515,50 = 54,50 \text{ m} = 5,45 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

P_e è la pressione di esercizio [bar]

P_s è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Secondo il D. Lgs. del 12/12/1985

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

per pressioni idrostatiche inferiori al valore di 6 bar, il valore di ΔP da imporre è pari a 3 bar; da cui $\Delta P = 3 \text{ bar}$ e:

$$P_e = P_s + \Delta P = 5,45 + 3,00 = 8,45 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

DE 609,6 mm				
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		σ _{amm}
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²
L 355		T ≤ 16 mm	T > 16 mm	22,61109864
	da 500 a 650	355	345	
Condizioni di esercizio				
p _e	spessore			
[kg/cm ²]	[mm]			
	8,45	2,766		

Atteso il diametro della condotta, per la scelta dello spessore si sono considerati diversi fattori. Tenuto conto della posa in opera in piano campagna e dei fenomeni di corrosione come anche delle sollecitazioni indotte dalla movimentazione delle canne di tubazione che consigliano una maggiorazione di detto spessore, si è scelto uno spessore commerciale di s pari a 4,5 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 8,45 = 12,68 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{12,68 \cdot 609,6}{200 \cdot 4,5 \cdot 0,875} = 9,82 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

2.11 CONDOTTA DI ALIMENTAZIONE AL PARTITORE ESISTENTE DI GUARDIA SANFRAMONDI

2.11.1 Tracciato e dimensionamento della condotta

Dal partitore di Zingara Morta inizia una nuova condotta di progetto DN 500 che arriva fino all'esistente Partitore di Guardia Sanframondi. Tale condotta sarà alimentata con una portata massima fissata a $Q_{max} = 281,6$ l/s. La quota del partitore di Guardia Sanframondi è pari a 478 m s.l.m., quella relativa al Serbatoio in Area PIP, che determina il carico, è invece pari a 570 m s.l.m.. La lunghezza del tratto in esame è pari a ca. 11,0 km. Pertanto:

CONDOTTA DN 500 DAL PARTITORE DI ZINGARA MORTA A QUELLO DI GUARDIA SANFRAMONDI									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	$\Delta H(m)$	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
0,28	90	0,50	0,00407	0,20	1,57	0,13	11000,00	44,82	1,44

Di seguito la descrizione del tracciato:

- Dal partitore di Zingara Morta la condotta punta verso Ovest attraversando, in tre punti ravvicinati, la Strada Provinciale 129; in particolare, dopo 1.266, 1.856 e 2.098 ml (picchetti A22, A31 e A35 della TAV. CAB.03.3.1);
- Successivamente l'adduttore devia in direzione Nord-Ovest seguendo una posa in campagna che comporta l'attraversamento di alcune strade comunali (picchetti A42, A59, A63 della TAV. CAB.03.3.1);
- Dal picchetto A66 (TAV. CAB.03.3.2), in Comune di Casalduni, la condotta prosegue la sua posa in campagna costeggiando la Strada Statale 87 in direzione Sud-Ovest. Dopo circa 670 m la condotta attraversa un corso d'acqua con fondo alveo a quota 420,76 m. (picchetto B15 della TAV. CAB.03.3.2), quindi percorre le contrade Zingolella e Crocelle;
- Dopo circa 4 km la condotta, costeggiando il limite dell'abitato di San Lupo, giunge in agro del Comune di San Lorenzo Maggiore, dove attraversa la SP.9 e la SS.87 (picchetti C39 e C40 della TAV. CAB.03.3.3);
- Infine, la posa interessa il Comune di Guardia Sanframondi dove, in parallelismo con la SS.87, l'adduttore di progetto raggiunge l'esistente partitore di Guardia Sanframondi.

2.11.2 Calcolo dello spessore

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta al partitore di Guardia Sanframondi si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica e della sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta è pari alla differenza tra la quota sfioro del serbatoio PIP di Campolattaro (570 m s.l.m.m) e la quota del partitore, pari a 478,00 m s.l.m.m:

$$\Delta H = 570,00 - 478,00 = 92,00 \text{ m} = 9,20 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

P_e è la pressione di esercizio [bar]

P_s è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Secondo il D. Lgs. del 12/12/1985

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

per pressioni idrostatiche fino al valore di 10 bar, il valore di ΔP da imporre è pari a un massimo di 4 bar; da cui $\Delta P = 3,92$ bar e:

$$P_e = P_s + \Delta P = 9,20 + 3,92 = 10,12 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

		DE 508,0 mm		
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		δamm
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²
L 355		T≤16 mm	T>16 mm	22,61109864
	da 500 a 650	355	345	
		Condizioni di esercizio		
		p _e	spessore	
		[kg/cm ²]	[mm]	
		10,12	2,762	

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 5 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 10,12 = 15,18 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{15,18 \cdot 508,00}{200 \cdot 5,0 \cdot 0,875} = 8,80 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

2.12 CONDOTTA DI ALIMENTAZIONE AL NUOVO PARTITORE DI PESCO SANNITA

2.12.1 Tracciato e dimensionamento della condotta

Dal partitore di Zingara Morta inizia una nuova condotta di progetto DN 500 che arriva fino al Nuovo Partitore di Pesco Sannita. Tale condotta sarà alimentata con una portata massima fissata a $Q_{max} = 218,4$ l/s. La quota del partitore di Pesco Sannita è pari a 422 m s.l.m., quella relativa al Nuovo Serbatoio Area PIP, che determina il carico, è invece pari a 570 m s.l.m.. La lunghezza del tratto in esame è pari a ca. 8,0 km. Pertanto:

CONDOTTA DN 500 DAL PARTITORE DI ZINGARA MORTA A QUELLO DI PESCO SANNITA									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	$\Delta H(m)$	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
0,22	90	0,50	0,00244	0,20	1,57	0,13	8000,00	19,55	1,11

Di seguito la descrizione del tracciato:

- dal Partitore di Zingara Morta la condotta DN 500 segue per circa 1.000 metri la SS. 88 con posa alla destra della strada secondo il verso idraulico;
- quindi, all'altezza del sottopasso con la SP.58, sfrutta il passaggio per portarsi dall'altra parte, attraversando la SS. 88 passando in sinistra idraulica rispetto alla strada;
- in questa posizione la condotta continuerà la sua posa in parallelo alla strada statale per circa 500 metri, quindi continua in parallelo sulla strada comunale per altri 700 fino al sottopasso ferroviario tra via Cupa e Contrada Celone;
- per circa 1.100 metri la condotta continua la sua posa in Contrada Celone affiancandosi alla principale strada comunale, subito a nord del Comune di Fragneto Monforte fino al Partitore di Fragneto;
- a valle del citato partitore, il tracciato procede ancora seguendo l'andamento delle strade comunali, tranne un breve tratto - in aperta campagna - per una lunghezza di posa totale di circa 4 km. In questo tratto la condotta supererà diverse interferenze tra le quali segnaliamo quelle con Via Tratturo del Molise, la SS.212 Var, la SS.212;
- nel suo ultimo tratto la condotta punta verso sud, con posa ancora affiancata alle strade comunali o in aperta campagna, attraversando la SP.36, la SS.112 e raggiungendo, infine, il Partitore di Pesco Sannita in via Veschetti. L'ultimo tratto ha una lunghezza di circa 800 metri.

2.12.2 Calcolo dello spessore

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta al partitore di Pesco Sannita si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica e della sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta è pari alla differenza tra la quota sfioro del serbatoio PIP di Campolattaro (570 m s.l.m.m) e la quota del partitore, pari a 422,00 m s.l.m.m:

$$\Delta H = 570,00 - 422,00 = 148,00 \text{ m} = 14,80 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

Pe è la pressione di esercizio [bar]

Ps è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Secondo il D. Lgs. del 12/12/1985

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

per pressioni idrostatiche comprese tra i valori di 10 e 20 bar, il valore di ΔP da imporre è pari a un massimo di 5 bar; da cui $\Delta P = 4,74$ bar e:

$$P_e = P_s + \Delta P = 14,80 + 4,74 = 19,54 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

		DE 508,0 mm		
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		δamm
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²
L 355		T≤16 mm	T>16 mm	22,61109864
	da 500 a 650	355	345	
		Condizioni di esercizio		
		p _e	spessore	
		[kg/cm ²]	[mm]	
		19,54	4,262	

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 5 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 19,54 = 29,31 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{29,31 \cdot 508,00}{200 \cdot 5,0 \cdot 0,875} = 17,02 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

2.13 NUOVO PARTITORE IN PRESSIONE E SOLLEVAMENTI IN LINEA PESCO SANNITA

2.13.1 Premesse

Il DN 500 proveniente dal partitore di Zingara Morta trova suo recapito nel manufatto denominato Nuovo Partitore in pressione e sollevamenti in linea di Pesco Sannita. Tale manufatto distribuisce la risorsa idrica attraverso due sollevamenti indipendenti, ciascuno caratterizzato da un sistema booster di rilancio in linea. Il primo sollevamento, con una potenzialità di 122 l/s, è diretto verso il sistema dell'Alto Fortore e in particolare verso il Nuovo Sollevamento di San Marco dei Cavoti; l'altro pompaggio, con una potenzialità di 62 l/s, è diretto verso il cosiddetto Sistema Cassano che rappresenta il collegamento al Ramo Orientale dell'Acquedotto della Normalizzazione. Tale partitore ha, inoltre, la funzionalità per alimentare direttamente anche le utenze dell'Alto Calore.

2.13.2 Dimensionamento del manufatto

Essendo entrambi i sollevamenti in linea, il manufatto presenta solo la camera di manovra senza necessità di una vasca di aspirazione per i gruppi di pompaggio. Entrambi i sistemi di sollevamento rilanciano dalla stessa condotta di aspirazione, rappresentata dal DN 500 proveniente dal Nuovo Partitore di Zingara Morta.

Il manufatto ha forma perfettamente quadrata avente le seguenti dimensioni:

- Lunghezza pari a 12,00 m
- Larghezza pari a 12,00 m
- Altezza complessiva pari a 6,50 m ca.
- Altezza fuori terra pari a 4,00 m ca.

Il sistema di pompe a servizio del sollevamento verso San Marco dei Cavoti presenta le seguenti caratteristiche:

- 2 + 1R pompe ciascuna caratterizzata da:
 - ✓ Portata Q = 61 l/s
 - ✓ Prevalenza H = 235 m

Il sistema di pompe a servizio del sollevamento verso il Ramo Orientale dell'Acquedotto della Normalizzazione presenta le seguenti caratteristiche:

- 2 + 1R pompe ciascuna caratterizzata da:
 - ✓ Portata Q = 31 l/s
 - ✓ Prevalenza H = 41 m

2.14 CONDOTTA DI MANDATA ALLA CENTRALE DI SAN MARCO DEI CAVOTI

2.14.1 Tracciato e dimensionamento della condotta

La condotta di mandata verso il serbatoio/sollevario di San Marco dei Cavoti ha origine dal Sollevamento di Pesco Sannita che, si rammenta, ha un funzionamento tipo booster. Pertanto la differenza manometrica da superare, in questo caso, sarà calcolata come differenza tra le pressioni in aspirazione e in mandata.

Nel caso in esame abbiamo:

- $P_{asp} = 11 \text{ bar}$
- $P_{mand} = 34 \text{ bar}$

Tenuto conto della necessità di garantire un carico residuo di 5 metri ulteriori possiamo scrivere:

$$\Delta H_{manometrica} = 34 - 11 + 0,5 = 23,5 \text{ bar} = 235 \text{ metri}$$

Con una portata di $0,122 \text{ m}^3/\text{s}$ e una lunghezza del tratto in esame pari a 11.600 m, pertanto si ottiene:

CONDOTTA DN 400 DAL PARTITORE DI PESCO SANNITA AL SOLLEVAMENTO DI SAN MARCO DEI CAVOTI									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	$\Delta H(m)$	V
m^3/s	$\text{m}^{1/3}/\text{s}$	m	m/m	m^2	m	m	m	m	m/s
0,12	90	0,40	0,00251	0,13	1,26	0,10	11600,00	29,08	0,97

Vediamo ora nel dettaglio l'andamento del tracciato:

- dal Partitore di Pesco Sannita la condotta di mandata segue via Vischetti, supera la rotonda portandosi su via Seconda Vischetti e, superando l'interferenza con via Prima Santangelo, gira in sinistra idraulica verso Nord seguendo la Strada Statale 212 per un totale di ca. 600 metri;
- a questo punto la condotta taglia la SS.212 girando verso Est e, da qui, la sua posa continua in aperta campagna per ca. 1.400 metri. Lungo il tracciato la condotta sottopassa il Fiume Tammaro e prosegue fino all'intersezione, ancora una volta, con la SS.212;
- superato l'incrocio con la SS.212, la condotta di progetto si affiancherà a strade comunali, percorrendo, in particolare, un lungo rettilineo di quasi 3,5 km. L'intero tratto in esame, fino alla rotonda della SS.212 var. è lungo 6.500 metri ca.;
- la posa prosegue con un breve tratto parallelo alla SS.212 var, con l'attraversamento della Statale per poi continuare in affiancamento alla strada comunale. Procedendo verso nord, la condotta taglia in destra idraulica, attraversando la campagna, fino a raggiungere il Serbatoio / Sollevamento di San Marco dei Cavoti. Quest'ultimo tratto ha una lunghezza di ca. 3.000 metri.

2.14.2 Calcolo dello spessore

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta di mandata si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica e della sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

Il sollevamento di Pesco Sannita è caratterizzato da una pressione manometrica pari a 235 metri; si è calcolata la sovrappressione di colpo d'ariete secondo la teoria di Mendiluce. Di seguito i risultati delle calcolazioni:

DATI PROGETTO			
	m		
ΔH geodetico	-		
ΔH manometrico	235,0		
tm (tempo di chiusura)	60	s	
t (tempo distacco potenza motrice)	5,89	s	$C+k \cdot ((v \cdot L)/(g \cdot DH_{manometrico}))$
tc (tempo di ciclo)	22,29	s	$(2 \cdot L)/c$
c (celerità onda)	1040,93	m/s	per condotte in acciaio 1000 - 1250
Q	0,122	m ³ /s	portata massima fluente in condotta
g	9,81	m/s ²	accelerazione di gravità
diametro interno	0,4	m	
A	0,1256	m ²	sezione
L	11600	m	lunghezza tubazione
V	0,97	m/s	velocità media del flusso
RISULTATI DEL CALCOLO			
ARRESTO GRADUALE			tc < t
Sovrappressione			
$2 \cdot L \cdot v/g \cdot t$	390,17	m	
(formula di Michaud)	38,26	bar	
ARRESTO BRUSCO			tc > t
Sovrappressione			
$c \cdot v/g$	103,07	m	
(formula di Allievi)	10,11	bar	

La condotta di mandata è sottoposta a una sovrappressione da arresto brusco pari a un ΔP di 10,11 bar, per la quale sarà prevista l'installazione di un dispositivo di attenuazione del colpo d'ariete. In particolare si è prevista l'installazione di una valvola anticipatrice del colpo d'ariete le cui caratteristiche di dettaglio saranno definite nelle future fasi progettuali.

Per il calcolo della sovrappressione residua è stato scelto un $\Delta P=5$ bar:

$$P_e = P_s + \Delta P = 23,5 + 5,00 = 28,50 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

		DE 406,4 mm			
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R_s		δ mm	
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²	
L 355		T≤16 mm	T>16 mm	22,61109864	
	da 500 a 650	355	345		
		Condizioni di esercizio			
		p_e	spessore		
		[kg/cm ²]	[mm]		
		28,5	4,773		

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 5,0 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 28,50 = 42,75 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{42,75 \cdot 406,4}{200 \cdot 5,0 \cdot 0,875} = 19,85 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

2.15 NUOVO SOLLEVAMENTO SAN MARCO DEI CAVOTI

2.15.1 Premesse

Il DN 400 proveniente dal Sollevamento in linea di Pesco Sannita trova suo recapito nel manufatto denominato Nuovo Sollevamento San Marco dei Cavoti. Tale manufatto distribuisce la risorsa idrica attraverso un sollevamento tradizionale con serbatoio d'accumulo. La mandata del sollevamento DN 400 è destinata ad addurre portata all'esistente serbatoio denominato Sella Canala in Comune di Colle Sannita.

Da tale accumulo ha origine anche una derivazione del DN 150 destinata ad alimentare direttamente il Comune di San Marco dei Cavoti connettendo così la rete al Sistema Molisano Destro.

2.15.2 Dimensionamento del manufatto

Il manufatto in parola si compone di un unico edificio diviso in camera di manovra e vasca con funzione di disconnessione idraulica ed accumulo per l'alimentazione dei gruppi di sollevamento.

La vasca, avente quota sfioro pari a 725 m s.l.m. ha forma rettangolare avente le seguenti dimensioni:

- Lunghezza pari a 10,00 m
- Larghezza pari a 12,00 m
- Tirante idrico pari a 3,00 m
- Volume pari a 360,00 m³

Il sistema di pompe a servizio del sollevamento verso il serbatoio di Sella Canala presenta le seguenti caratteristiche:

- 2 + 1R pompe ciascuna caratterizzata da:
 - ✓ Portata Q = 45 l/s
 - ✓ Prevalenza H = 140 m

Per quanto riguarda l'altezza il manufatto presenta le seguenti caratteristiche:

- Altezza complessiva 8,00 m ca.
- Altezza fuori terra 4,50 m ca.

2.16 CONDOTTA DI MANDATA ALL'ESISTENTE SERBATOIO DI SELLA CANALA

2.16.1 Tracciato e dimensionamento della condotta

Dalla centrale di sollevamento di San Marco dei Cavoti si diparte una condotta di mandata del DN 400 e lunga circa 11,6 km.

La quota sfioro del serbatoio esistente di Sella Canala è pari a 840 m s.l.m.m., mentre le pompe della stazione di sollevamento di San Marco dei Cavoti aspirano a quota fondo serbatoio 721,40.

$$\Delta H_{geodetica} = 840 - 721,40 = 118,60 \text{ metri}$$

Per ottenere la prevalenza manometrica del sollevamento, a quanto sopra calcolato occorre aggiungere 5 metri di carico residuo sulla quota di arrivo al serbatoio e le perdite di carico distribuite lungo il tracciato della condotta di mandata.

Per una condotta del DN 400 e una portata di 0,090 m³/s le perdite di carico calcolate con la formula di Gauckler-Strickler ammontano, per una lunghezza di circa 11.600 metri a:

$$\Delta H_{distribuite} = 15,83 \text{ m}$$

CONDOTTA DN 400 DAL SOLLEVAMENTO DI SAN MARCO DEI CAVOTI AL SERBATOIO DI SELLA CANALA									
Q	K	D	i	σ	P	R	L	$\Delta H(m)$	V
m ³ /s	m ^{1/3} /s	m	m/m	m ²	m	m	m	m	m/s
0,09	90	0,40	0,00136	0,13	1,26	0,10	11600,00	15,83	0,72

e, da qui, la prevalenza manometrica espressa come:

$$\Delta H_{manometrica} = \Delta H_{geod.} + \Delta H_{distr.} + \text{carico residuo} = 118,60 + 15,83 + 5,00 = 139,43$$

$$\cong 140 \text{ metri} = 14,0 \text{ bar}$$

Di seguito una breve descrizione dell'andamento del tracciato:

- dal Nuovo Sollevamento di San Marco dei Cavoti la condotta di mandata segue una posa in affiancamento a strade comunali o procedendo in aperta campagna per un tratto lungo ca. 10 km;
- raggiunta la Strada Statale 112, la posa avviene in parallelo a quest'ultima per un tratto di circa 1.200 metri. La posa prosegue con una deviazione planimetrica in sinistra idraulica per l'ultimo tratto di posa in campagna che conduce fino all'esistente Serbatoio di Sella Canala.

Per il calcolo della sovrappressione residua è stato scelto un $\Delta P=4$ bar:

$$P_g = P_s + \Delta P = 14,00 + 4,00 = 18,00 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

DE 406,4 mm				
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R_s		σ_{amm}
	[Mpa]	[Mpa]		kg/mm^2
L 355	da 500 a 650	$T \leq 16$ mm	$T > 16$ mm	22,61109864
		355	345	
		Condizioni di esercizio		
		P_e	spessore	
		[kg/cm^2]	[mm]	
		18	3,442	

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 5,0 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_g = 1,5 \cdot 18,00 = 27,00 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{27,00 \cdot 406,4}{200 \cdot 5,0 \cdot 0,875} = 12,54 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

2.17 NUOVA CONDOTTA CURTI-BENEVENTO

2.17.1 Premessa

Lo schema di funzionamento ordinario prevede, attualmente, che il vettore proveniente dalle sorgenti del Biferno adduca la portata captata verso l'Acquedotto ex Casmez, sino ai serbatoi di San Clemente.

Da tale vettore, in tenimento della frazione di Curti (Comune di Gioia Sannitica), all'altezza della vasca di carico delle condotte forzate, si dirama una condotta in acciaio DN 800/600/500 che, dopo aver servito lungo linea i comuni della piana Telesina, arriva sino a Benevento, alimentando i serbatoi di distribuzione cittadina tra cui il serbatoio "Gesuiti" (quota sfioro di 287 m.s.l.m.) e il serbatoio "S. Vitale" (quota sfioro di 260 m.s.l.m.).

La citata condotta DN 800/600/500 risulta affetta dall'affaticamento connesso alla vetustà di realizzazione e, inoltre, alla luce dell'incremento delle idroesigenze, non è più in grado di garantire il soddisfacimento dei fabbisogni delle utenze servite, soprattutto nei periodi di maggiore consumo estivo. Di conseguenza, il presente progetto prevede la realizzazione di una nuova condotta di alimentazione per il sistema in esame.

2.17.2 Calcolo delle portate

Per la stima delle portate, sono stati definiti i fabbisogni idropotabili da assegnare al sistema, prendendo a riferimento i dati dello Strumento Direttore (aggiornamento del Piano Regolatore Generale degli Acquedotti, approvato con Delibera di giunta Regionale n. 182 del 14/04/2015).

Il risultato dell'analisi effettuata è la tabella di seguito riportata, in cui sono sintetizzati i dati necessari al dimensionamento del sistema in esame

DATI da P.R.G.A. (Consumo massimo)	
Comune	Fabbisogno (l/s)
Gioia Sannitica	17,06
Faicchio*	6,7
Puglianello	7,37
S. Salvatore Telesino	21,79
Castelvenere*	7,4
Ponte	13,17
Benevento	464,23
TOTALE	537,72

***Comuni serviti da più sistemi acquedottistici.**

Aliquota del fabbisogno relativa allo schema acquedottistico in esame.

I valori di portata ottenuti sono corrispondenti alle condizioni di massimo consumo, caratterizzati da fabbisogni ovviamente più elevati degli altri mesi.

Una volta individuati i Comuni da alimentare e i corrispondenti fabbisogni, si è potuto procedere al dimensionamento della tubazione.

2.17.3 Dimensionamento della condotta

Come accennato in precedenza, la condotta di progetto alimenterà le utenze già servite dalla condotta attualmente esistente.

Nello specifico, il tracciato seguirà, a partire dalla camera di carico di Cusano Mutri ("Curti"), il tracciato delle condotte esistenti, per un primo tratto di circa 11,50 km.

Una volta giunta in tenimento del Comune di Puglianello, dopo aver attraversato Gioia Sannitica e Faicchio, il tracciato della condotta procederà parallelamente a quello dell'altra condotta di progetto DN 1500 e, in prossimità del Comune di S. Salvatore Telesino, a esse si affiancherà anche la condotta – diametro variabile lungo il percorso - ad uso irriguo.

Le tre condotte procederanno poi per circa 20 km, attraversando i territori comunali di Castelvenere, Guardia Sanframondi e San Lorenzo Maggiore, fino a giungere nel Comune di Ponte, in corrispondenza del quale la condotta in oggetto si distacca dal tracciato delle altre due.

A partire dal comune di Ponte, la condotta di progetto si interconnette all'esistente DN 500, che alimenta il serbatoio "Gesuiti" e il serbatoio "S. Vitale", ubicati in prossimità del nucleo cittadino di Benevento.

Lo sviluppo complessivo della nuova condotta risulta pari a circa 32 km.

Nel dettaglio:

- Il primo tratto, essenzialmente rettilineo, è lungo circa 2 km e collega la Camera di Carico di Cusano Mutri con il manufatto di diramazione per Benevento. I punti più alti e più bassi del tratto coincidono con i due manufatti e sono pari, rispettivamente a 502,25 m e a 222,75 m.
- Dal manufatto di diramazione per Benevento il tracciato curva verso Sud-Est in direzione del Comune di Puglianello. Si prevede la posa campagna per un tratto lungo circa 6,7 km caratterizzato da attraversamenti quali la SP.69 e la SP.34. la sezione a quota geodetica più alta risulta pari a 208,55 m, quella più bassa, a quota 82,75.
- Nell'ultimo tratto da analizzare, quello prima della posa in parallelo al 1500 e, successivamente, anche all'irriguo (per cui si rimanda ai capitoli precedenti nei quali i tracciati vanno letti, evidentemente, in direzione inversa) la posa avviene in parallelo alla SP.122, intersecando, tra le altre, la Strada Comunale Marafi e la Strada Comunale Puglianello e soprattutto, all'inizio del tratto, il torrente Titerno. Il punto più alto è a quota 95,60 m, quello più basso a 79,65

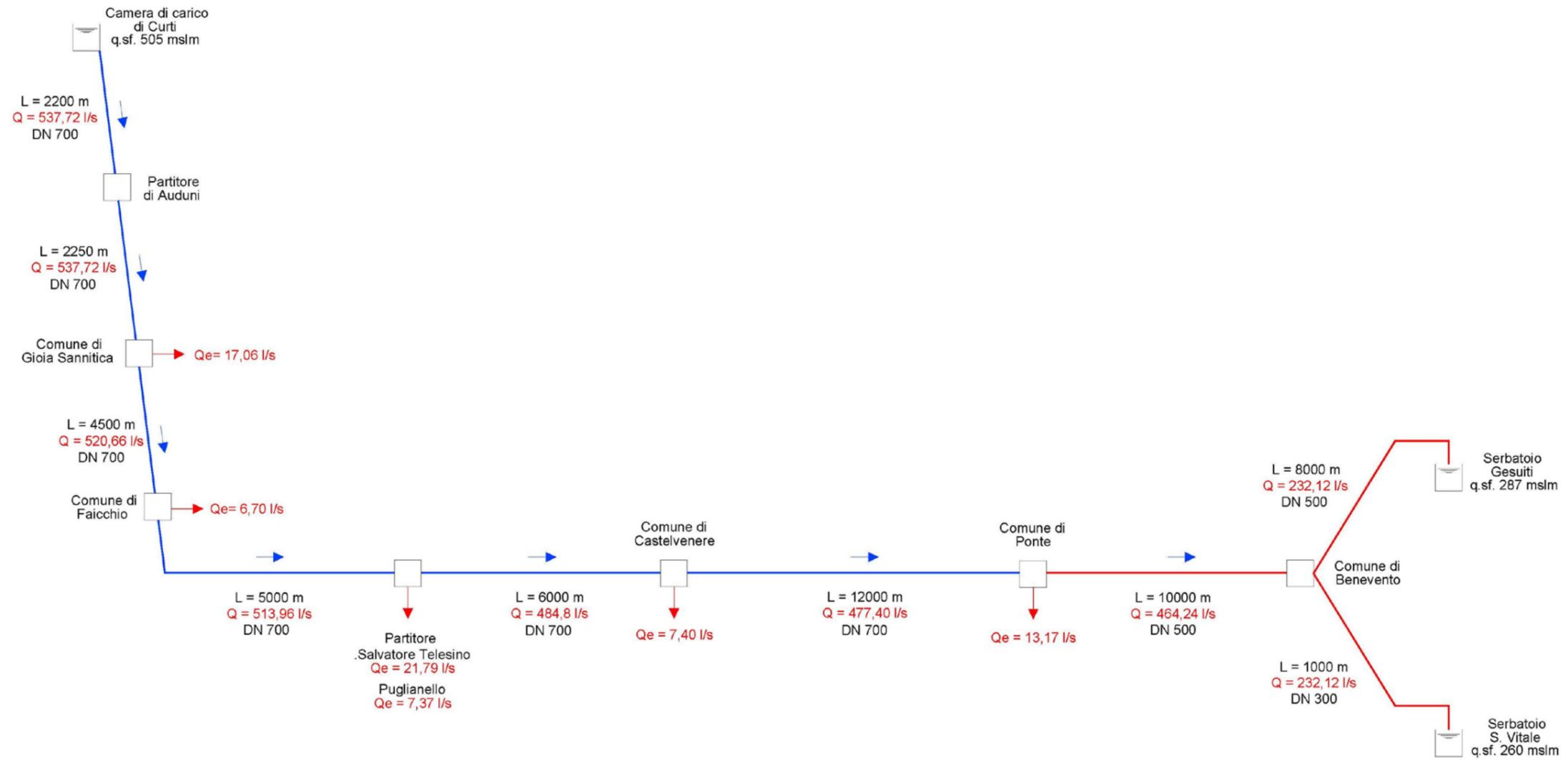
Il progetto della condotta in esame è stato sviluppato considerando il valore di portata, somma dei fabbisogni, valutato al paragrafo precedente:

$$Q_p = 537,72 \text{ l/s} \approx 540 \text{ l/s}$$

Tale valore risulta compatibile con le disponibilità delle sorgenti del Torano – Biferno.

Lo schema di riferimento di progetto utilizzato per la verifica idraulica è il seguente:

Regione Campania – Acqua Campania S.p.a.
 UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO
 E POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA
 AGGIORNAMENTO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA



Il dimensionamento è stato effettuato tenendo conto della necessità di non avere velocità troppo elevate in condotta, e in modo tale da non provocare perdite di carico troppo significative lungo i vari tratti. Tutto ciò premesso, sono stati determinati i valori delle perdite di carico, utilizzando la relazione di Gauckler - Strickler di seguito riportata:

$$Q = K \sigma R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

dove:

Q = portata (m³/s)

K = coeff. di scabrezza (m^{1/3}/s⁻¹)

R = raggio idraulico (m)

J = cadente dei carichi (m/m)

s = sezione utile (m²)

Valutato un k pari a 90, e note le lunghezze dei vari tratti componenti, il sistema in esame, sono stati sviluppati i calcoli idraulici.

In seguito alle simulazioni effettuate, si è scelto di utilizzare una tubazione in acciaio DN 700, che si sviluppa dalla camera di Curti fino al punto di interconnessione con la condotta esistente, localizzato nel comune di Ponte.

Da qui la condotta esistente, del DN 500, procede per 10.200 ml circa, fino a giungere al partitore di Benevento, dal quale si diramano un DN 500, sempre in acciaio, che alimenta il serbatoio "Gesuiti", ed un DN 300, che alimenta invece il serbatoio "S. Vitale".

I risultati dei calcoli sono sintetizzati nella tabella seguente:

CONDOTTA CURTI - BENEVENTO											
da	a	Q	K	D	i	s	P	R	L	Dh	V
Camera Curti	Partitore G.S.	0,540	90	0,7	0,0025	0,38	2,2	0,175	4450	11,06	1,40
Partitore G.S.	Faicchio	0,523	90	0,7	0,0023	0,38	2,2	0,175	4500	10,49	1,36
Faicchio	Partitore S.S.T.	0,516	90	0,7	0,0023	0,38	2,2	0,175	5000	11,35	1,34
Partitore S.S.T.	Castelvenere	0,508	90	0,7	0,0022	0,38	2,2	0,175	6000	13,22	1,32
Castelvenere	Ponte	0,487	90	0,7	0,0020	0,38	2,2	0,175	12000	24,25	1,27
Ponte	Partitore Benevento	0,480	90	0,5	0,0118	0,2	1,57	0,125	10200	120,44	2,44
Partitore Benevento	Serbatoio Gesuiti	0,232	90	0,5	0,0028	0,2	1,57	0,125	8000	22,06	1,18
Partitore Benevento	Serbatoio S. Vitale	0,232	90	0,3	0,0420	0,07	0,94	0,075	1100	46,24	3,28

Risultati simulazione lungo le condotte

Sottraendo al valore del carico iniziale dalla camera di Curti (q.ta 505 m.s.l.m.) le perdite di carico calcolate, tratto per tratto, residuano carichi idraulici sui due serbatoi di recapito pari rispettivamente a 5 m per il serbatoio "Gesuiti" (q.sf. 287 m.s.l.m.) e a 8 m per il serbatoio "S. Vitale" (q.sf. 260 m.s.l.m.)

Alla luce di queste ultime considerazioni, appare evidente che l'alimentazione di Benevento risulti garantita.

2.17.4 Calcolo dello spessore

Per la scelta dello spessore della condotta in oggetto si è operata una divisione in tre tratti in funzione delle pressioni agenti lungo la condotta:

- Un primo tratto con giaciture comprese tra quota 505 e quota 200 m di lunghezza pari a $L = 3.093$ m
- Un secondo tratto (sottoposto al carico della camera di Curti quota 505) con giaciture comprese tra quota 200 e quota 120 m di $L = 11.307$ m
- Un terzo tratto (sottoposto al carico della camera di Curti quota 505) con giaciture comprese tra quota 120 e quota 60 m di $L = 18.063$ m

Di seguito, i calcoli relativi a ciascuno dei tratti suddetti.

Spessore condotta Curti – Benevento DN700 (tratto fino a quota 200)

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta Curti Benevento nel tratto fino a quota 200 m s.l.m.m. si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - \alpha}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.2. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica e della sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta è pari alla differenza tra la quota del serbatoio di Curti (505 m.s.l.m.m) e il punto più depresso del tracciato, quello a quota più bassa, pari a 200 m.s.l.m.m:

$$\Delta H = 505 - 200 = 305 \cong 30 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

P_e è la pressione di esercizio [bar]

P_s è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Secondo il D. Lgs. del 12/12/1985:

Pressione Idrostatica (kg/cm ²)	< 6	1÷10	10÷20	20÷30
Sovrapressioni max di colpo d'ariete (kg/cm ²)	3	3÷4	4÷5	5÷6

per pressioni idrostatiche comprese tra 20 e 30 bar, si è scelto di imporre un ΔP da imporre è pari a 6 bar; da cui $\Delta P = 6$ bar e:

$$P_e = P_s + \Delta P = 30,00 + 6,00 = 36,00 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

		DE 711,2 mm		
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R_s		δ mm
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²
L 355		T \leq 16 mm	T>16 mm	22,61109864
	da 500 a 650	355	345	
		Condizioni di esercizio		
		P_e	spessore	
		[kg/cm ²]	[mm]	
		36	9,151	

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 10 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 36 = 54 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{54 \cdot 711,2}{200 \cdot 10 \cdot 0,875} = 21,94 \text{ kg/mm}^2 < \sigma_{amm} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

Spessore condotta Curti – Benevento DN600 (tratto fino a quota 120)

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta Curti Benevento nel tratto fino a quota 120 m s.l.m.m. si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - a}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.1. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica e della sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta è pari alla differenza tra la quota del serbatoio di Curti (505 m.s.l.m.m) e il punto più depresso del tracciato, quello a quota più bassa, pari a 120 m.s.l.m.m:

$$\Delta H = 505 - 120 = 385 \cong 38,5 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

P_e è la pressione di esercizio [bar]

P_s è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

Regione Campania – Acqua Campania S.p.a.
 UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO
 E POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA
 AGGIORNAMENTO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

DATI PROGETTO			
tm (tempo di chiusura)	150	s	
tc (tempo di ciclo)	56,89	s	(2*L)/c
c (celerità onda)	1141,29	m/s	
Q	0,54	m ³ /s	portata massima fluente in condotta
g	9,81	m/s ²	accelerazione di gravità
diámetro interno	0,7	m	
A	0,38465	m ²	sezione
L	32463	m	lunghezza tubazione
V	1,40	m/s	velocità media del flusso
RISULTATI DEL CALCOLO			
ARRESTO GRADUALE Sovrappressione 2*L*v/g*t (formula di Michaud)	61,94 6,07	m bar	tc < tm
ARRESTO BRUSCO Sovrappressione c*v/g (formula di Allievi)	163,33 16,02	m bar	tc > tm

$$P_e = P_s + \Delta P = 38,5 + 6,07 = 44,57 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

DE 711,2 mm				
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R [Mpa]	Carico unitario minimo di snervamento R _s [Mpa]		σ _{amm} Kg/mm ²
L 355	da 500 a 650	T≤16 mm 355	T>16 mm 345	22,61109864
	Condizioni di esercizio			
	p _e [kg/cm ²]	spessore [mm]		
	44,57	11,034		

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 12,1 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 44,57 = 66,86 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{66,86 \cdot 711,2}{200 \cdot 12,1 \cdot 0,875} = 22,46 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

Spessore condotta Curti – Benevento DN600 (tratto fino a quota 60)

Il calcolo dello spessore da assegnare alla condotta Curti Benevento nel tratto fino a quota 60 m s.l.m.m. si conduce secondo le indicazioni presenti nella norma UNI 1285-68, mediante la seguente relazione:

$$s = \left(\frac{P \cdot D_{est}}{200 \cdot \sigma_{amm} \cdot z + P} + c \right) \cdot \frac{100}{100 - a}$$

(si rimanda al paragrafo 2.2.1. per il dettaglio degli elementi che compongono la formula).

Per tutte le condotte, la pressione di esercizio è stata posta pari alla somma della pressione idrostatica più la sovrappressione causata da un eventuale fenomeno di colpo d'ariete. Bisogna tenere conto che le sovrappressioni dinamiche di colpo d'ariete ΔP devono essere contenute entro i limiti indicati dalla normativa tecnica per le tubazioni, D. Lgs. Del 12/12/1985.

La pressione idrostatica nel punto più depresso della condotta è pari alla differenza tra la quota del serbatoio di Curti (505 m.s.l.m.m) e il punto più depresso del tracciato, quello a quota più bassa, pari a 60 m.s.l.m.m:

$$\Delta H = 505 - 60 = 445 \cong 44,5 \text{ bar}$$

La pressione d'esercizio è pari a:

$$P_e = P_s + \Delta P$$

dove:

Pe è la pressione di esercizio [bar]

Ps è la pressione idrostatica [bar]

ΔP è la sovrappressione di colpo d'ariete.

DATI PROGETTO			
tm (tempo di chiusura)	150	s	
tc (tempo di ciclo)	55,28	s	(2*L)/c
c (celerità onda)	1174,48	m/s	
Q	0,54	m ³ /s	portata massima fluente in condotta
g	9,81	m/s ²	accelerazione di gravità
diametro interno	0,7	m	
A	0,38465	m ²	sezione
L	32463	m	lunghezza tubazione
V	1,40	m/s	velocità media del flusso
RISULTATI DEL CALCOLO			
ARRESTO GRADUALE			tc < tm
Sovrappressione	61,94	m	
2*L*v/g*t (formula di Michaud)	6,07	bar	
ARRESTO BRUSCO			tc > tm
Sovrappressione	168,08	m	
c*v/g (formula di Allievi)	16,48	bar	

$$P_e = P_s + \Delta P = 44,5 + 6,07 = 50,57 \text{ bar}$$

Con tale valore della pressione di esercizio si ricava uno spessore minimo come da tabella seguente:

DE 711,2 mm				
Tipo di acciaio	Carico unitario di rottura a trazione R	Carico unitario minimo di snervamento R _s		σ _{amm}
	[Mpa]	[Mpa]		Kg/mm ²
L 355	da 500 a 650	T≤16 mm	T>16 mm	22,61109864
		355	345	
Condizioni di esercizio				
	p _e	spessore		
	[kg/cm ²]	[mm]		
	50,57	12,348		

Atteso il diametro della condotta, si è scelto uno spessore commerciale pari a 14,2 mm.

Per la pressione di collaudo, pari invece a 1,5 volte la pressione di esercizio, cioè a:

$$P_c = 1,5 \cdot P_e = 1,5 \cdot 50,57 = 75,86 \text{ kg/cm}^2$$

è necessario verificare che la tensione indotta sulla tubazione in corrispondenza della pressione di collaudo sia inferiore alla tensione ammissibile, definita come in precedenza:

$$\sigma_{amm} = \min\left(\frac{R}{K}, \frac{R_s}{K_1}\right)$$

La tensione in parola è calcolata attraverso la formula di Mariotte:

$$\sigma_{coll.} = \frac{P_c \cdot D_E}{200 \cdot s \cdot 0,875}$$

dove il fattore correttivo 0,875 tiene conto della tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo, pari a 12.5%.

Si ottiene:

$$\sigma_{coll.} = \frac{75,86 \cdot 711,2}{200 \cdot 14,2 \cdot 0,875} = 21,71 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} < \sigma_{amm.} = \frac{R}{K} = 22,61 \text{ kg/mm}^2$$

3. GESTIONE DELLE ACQUE PROVENIENTI DA EVENTUALI ROTTURE DELLE CONDOTTE DI PROGETTO

Nell'ambito della progettazione si è valutata la necessità di prevedere la gestione delle acque provenienti da una eventuale rottura di una delle condotte di progetto.

In particolare si è considerata la improbabile condizione dello "scoppio" della condotta con rapida completa perdita della intera sezione della tubazione. Appare evidente che tale condizione rappresenta uno scenario catastrofico, tecnicamente irrealistico, che viene simulato a vantaggio della sicurezza intrinseca dell'opera in progetto.

3.1 ROTTURA DI UNA CONDOTTA IN GALLERIA (SCOPPIO)

Con riferimento al caso della rottura di una condotta in galleria, si sono simulati i due casi estremi: "scoppio" immediatamente a valle della presa dall'invaso e "scoppio" nella sezione terminale della condotta DN 2200 in galleria.

Con l'introduzione tra le opere di progetto della valvola di sicurezza ad azionamento automatico in corrispondenza della sezione di presa dalla Diga di Campolattaro, in caso di "scoppio" repentino della condotta (sia essa DN 2200 o DN 1800) si verifica un aumento della portata in transito in corrispondenza del tronco di condotta a monte della rottura; la palmola rilevatrice di velocità posta immediatamente a valle della valvola di sicurezza, una volta superato il valore di set point della portata - imposto pari a 8,5 mc/s – provvederà allo sgancio del contrappeso e, quindi, interromperà il flusso idrico dalla diga.

Si è provveduto ad effettuare il calcolo in condizioni di moto vario della portata massima che transiterà in condotta nel transitorio legato al tempo di chiusura della valvola (invero molto breve e pari a 15 secondi): la portata massima nel transitorio di chiusura è risultata di poco inferiore a 14 mc/s.

Nel caso di rottura in corrispondenza di una sezione della condotta adduttrice prossima alla presa dall'invaso, la citata portata massima di 14 mc/s si raggiunge quasi immediatamente per poi annullarsi nei 15 secondi del transitorio. Attesa l'esiguità del volume scaricato ($14/2=7$ mc/s x 15 sec = circa 100 mc), la lunghezza e la dimensione della galleria garantiscono un grande effetto di laminazione della portata in transito che sarà facilmente gestibile al termine della galleria stessa con i presidi di seguito descritti.

Nel caso della rottura in corrispondenza di una sezione della condotta prossima allo sbocco della galleria, oltre alla portata massima nel transitorio di chiusura (9,5 mc/s) occorre tener conto della portata dovuta allo svuotamento della lunga condotta adduttrice posta a monte della rottura, in quanto alla chiusura della valvola di sicurezza segue l'ingresso dell'aria attraverso l'aeroforo ed il distacco della vena liquida. Occorre precisare che, mentre la chiusura della valvola di sicurezza è da annoverarsi tra i fenomeni di breve durata, lo svuotamento della condotta, come da calcolo effettuato, è un fenomeno che – in funzione della lunghezza di condotta da

svuotare – si protrae per alcune ore e, quindi, si è provveduto a calcolare la portata defluente attraverso la sezione di scoppio al variare del tempo al fine di dimensionare le opere necessarie alla intercettazione, collettamento e scarico di dette portate.

Nello specifico, a vantaggio di sicurezza, si è considerata la rottura della condotta DN 2200 in corrispondenza del pozzo piezometrico. Tale condizione è quella che determina la massima portata di picco rispetto ad una rottura del DN 1800 nella sezione terminale della galleria, a circa 300 m a valle del pozzo piezometrico. In questo scenario la portata massima da smaltire è pari a 9,7 mc/s; tale portata si riduce in pochi secondi (13 s) fino ad attestarsi su quella di svuotamento della condotta DN 2200 che, all'inizio del transitorio, contiene in volume complessivo di circa 28.000 mc. La portata media di svuotamento è stata valutata in circa 7,5 mc/s nella prima ora di svuotamento per poi discrescere nelle ore a seguire, fino ad esaurirsi.

Il calcolo della portata di svuotamento è stato effettuato assumendo che la cadente piezometrica lungo l'asse della condotta, con sbocco libero nella sezione terminale, sia pari alla pendenza della condotta: 0,11%. Per altra via, la stessa portata è stata calcolata ipotizzando che possano instaurare condizioni di moto permanente a pelo libero nella condotta, pervenendo ad un valore di circa 8 mc/s, sostanzialmente coincidente con quello prima calcolato.

Una volta determinate le portate da gestire, si è previsto di far defluire le acque di scoppio all'interno della sezione libera della galleria sino alla sezione terminale e, da quest'ultima, farle spagliare liberamente sul piazzale di accesso alla galleria che, in virtù della sua superficie (circa 1500 mq) svolgerà un'efficace azione di dissipazione e laminazione. La superficie del piazzale sarà sagomata secondo falde convergenti in una sezione a quota inferiore ove sarà realizzato un apposito sistema di ricaptazione del flusso idrico, dimensionato per raccogliere una portata di 8 mc/s.

Le acque raccolte dal manufatto vengono intubate in una condotta DN 1500/1200 interrata che le convoglia nella vasca di rilascio delle turbine dell'impianto idroelettrico, non prima di aver effettuato idonea dissipazione dell'energia.

L'uscita della portata di scoppio dalla galleria è previsto che avvenga attraverso i portoni di chiusura che saranno dotati, nella parte inferiore, di griglie anti intrusione e pannelli incernierati superiormente aventi la funzione di clapet.

Al fine di evitare la commistione tra le portate di scoppio di uscita della galleria e le acque meteoriche gravanti sul piazzale, le griglie per le acque piovane saranno poste a quota inferiore rispetto al su citato manufatto di ricaptazione delle acque di scoppio.

Come accennato, il sistema di smaltimento delle acque di scoppio trova suo termine in corrispondenza della vasca di rilascio dell'impianto idroelettrico. La condotta DN 1200, nel tratto all'interno di detta vasca di rilascio sarà dotata di fori di dissipazione del carico che si comporteranno quali luci sotto battente rigurgitate, in quanto, come riportato negli allegati grafici a corredo della presente relazione, la vasca di rilascio risulta sempre invasata con un battente idrico dettato dal carico sullo stramazzo di uscita dalla stessa.

L'intero sistema di scarico delle portate è stato dimensionato per una portata massima di 8 mc/s ritenuta certamente cautelativa.

Si evidenzia che la portata delle acque di scoppio è all'incirca pari a quella massima della derivazione di progetto (7,6 mc/s) pertanto, una volta rilasciata in vasca, seguirà il percorso ordinario delle acque derivate e potrà essere allontanata dall'impianto utilizzando il sistema di scarico (By-pass) generale di quest'ultimo.

Rimandando per ogni approfondimento alla Relazione ED.02.6.02 si riportano di seguito i risultati delle simulazioni di calcolo.

Per la rottura della condotta in galleria immediatamente a valle della valvola di sicurezza ubicata poco a valle della sezione di presa, la portata massima risulta di poco superiore a 14 m³/s, mentre il volume idrico complessivamente defluito dalla valvola nel corso del transitorio è all'incirca pari a 90 m³. Il volume complessivamente scaricato risulta tuttavia maggiore, in considerazione del fatto che, atteso il profilo della condotta DN 2200, un'aliquota del volume da essa contenuto, pari a circa 4000 m³, viene scaricato successivamente a gravità nella galleria, per un valore complessivo dell'ordine di 4100 m³.

Per la rottura della condotta DN 2200 immediatamente a monte del pozzo piezometrico e la chiusura, causata dall'incremento di portata in condotta, della valvola di sicurezza ubicata poco a valle della presa, la portata massima risulta in tal caso di poco inferiore a 9.5 m³/s, mentre il volume complessivamente defluito attraverso la valvola nel corso del transitorio è pari a circa 90 m³. Il volume complessivamente scaricato risulta, tuttavia, significativamente maggiore, a causa del contributo derivante dallo svuotamento dell'intera condotta DN 2200 e del pozzo piezometrico. La condotta presenta un volume di oltre 28.000 m³, mentre il contributo derivante dal pozzo risulta di poco superiore a 100 m³, per un totale complessivo dell'ordine di 28.200 m³.

3.2 ROTTURA DELLA CONDOTTA FORZATA AL DI FUORI DELLA GALLERIA

Si è analizzata, in prima istanza, la condizione di rottura della condotta forzata al di fuori della galleria di derivazione ove la stessa è posata all'interno del cunicolo in cemento armato. In particolare, si sono esaminati i due possibili casi: rottura al di sotto del piazzale di sbocco galleria e rottura lungo il tratto a forte pendenza tra il piazzale e la centrale idroelettrica.

Nel caso della rottura in corrispondenza del piazzale di sbocco galleria, si prevede che il flusso – di entità minore o uguale a quanto calcolato con riferimento alla rottura del DN 2200 in galleria– avvenga dal cunicolo verso la galleria e da quest'ultima verso il piazzale ove è realizzato il sistema di allontanamento sopra descritto.

Evidentemente il cunicolo sarà completamente allagato e verrà dimensionato per poter sopportare una lieve pressione interna stimata in circa 2 metri di colonna d'acqua.

La trasmissione del flusso dal cunicolo sottoposto al piazzale a quello lungo la discesa verso l'impianto idroelettrico sarà impedita da apposito tamponi di sezionamento.

Con riferimento alla condizione di rottura della condotta forzata nel tronco discendente dal piazzale antistante la galleria all'impianto idroelettrico, analogamente a quanto già descritto relativamente alle condotte in galleria, si sono analizzate le due condizioni estreme: rottura all'inizio della discenderia e rottura al termine della stessa, presso la centrale idroelettrica.

Occorre precisare che all'inizio della discenderia è stata prevista una seconda valvola di sicurezza assolutamente analoga a quella prevista in corrispondenza della presa dalla diga, tarata sulla medesima portata max di 8,5 mc/s.

Ripercorrendo le stesse calcolazioni già viste per il caso della rottura in galleria, nel caso di uno scoppio immediatamente a valle della valvola di sicurezza, si determinerebbe il flusso, all'interno del cunicolo di protezione della condotta forzata di una portata massima di circa 9 mc/s che si azzererebbe nell'arco di pochi secondi (14 s), corrispondenti al tempo di chiusura della valvola.

Il volume in uscita a valle della valvola, pari a circa 65 mc, si andrebbe ad accumulare nella parte terminale del cunicolo e da qui verrebbe alla vasca di rilascio delle turbine attraverso una tubazione DN 500 a sua volta connessa al diffusore DN 1200 forato sopra descritto.

Dal punto di vista teorico, ben più gravosa è la condizione che si determinerebbe se lo scoppio avvenisse in prossimità della sezione terminale della condotta forzata in quanto, alla portata media durante la fase di chiusura della valvola di sicurezza come sopra indicata, andrebbe aggiunta la portata di svuotamento della condotta che, in questo caso, risulta di grande entità ma, in virtù del modesto volume idrico contenuto nella condotta, di durata molto contenuta.

Per questo scenario sono state preliminarmente effettuate le simulazioni del moto vario nel sistema idraulico di monte, verificando che la massima sovrappressione, con una chiusura completa della valvola in 15 s, fosse sempre compatibile con le caratteristiche delle condotte adottate; la verifica ha dato esito positivo: Pmax a monte della valvola di sicurezza 100 m ca.

Nelle stesse condizioni la portata massima che transita attraverso la sezione della valvola assume un valore di poco inferiore a 10 mc/s, che si azzerava nei 15 s della manovra generando un volume complessivo di circa 75 mc. Di contro, la portata in uscita dalla sezione terminale della condotta, in corrispondenza della rottura, tenderebbe ad aumentare per effetto dello svuotamento conseguente all'ingresso dell'aria attraverso gli sfiati appositamente previsti a valle della valvola.

Infatti, la portata di svuotamento della condotta DN 1800, valutata secondo il medesimo schema dell'idraulica classica sopra richiamato (condotta con sbocco libero avente una cadente piezometrica pari alla pendenza della condotta medesima) assume valori particolarmente elevati. Nel caso specifico, considerato il dislivello geodetico di 61 m tra i due stremi ($336,50 - 275,5 = 61$ m) e la lunghezza di circa 230 m, la pendenza media della condotta è pari a circa il 26% (260 m/km). In queste condizioni, la portata di regime raggiungerebbe asintoticamente un valore di circa 55 mc/s. A fronte

di tale di portata, il volume idrico contenuto nei 230 m di condotta è molto limitato (circa 585 mc), e può essere agevolmente accumulato temporaneamente all'interno del cunicolo, unitamente a quello transitato durante il tempo di chiusura della valvola. Infatti, considerato che il cunicolo presenta una sezione interna di 12 mc/ml e che il volume complessivo da accumulare è pari a 660 mc (75+585), saranno riempiti gli ultimi 55 m del manufatto, con una pressione massima nel punto più depresso di circa 20 m ca (20 kPa). Tale valore è stato assunto a base del dimensionamento della struttura in ca del tratto terminale del cunicolo.

Il volume invasato nel cunicolo viene allontanato attraverso la medesima condotta DN 500 già descritta con riferimento all'allontanamento del volume di scoppio nel caso della rottura in prossimità della valvola di sicurezza.

Rimandando per ogni approfondimento alla Relazione ED.02.6.02 si riportano di seguito i risultati delle simulazioni di calcolo.

La portata derivante dalla rottura della condotta forzata DN 1800 e dalla conseguente chiusura della valvola di sicurezza ubicata circa 320 m a valle del pozzo piezometrico supera il valore di soglia di 8.5 m³/s dopo circa 1 s dall'inizio del transitorio, per cui la chiusura completa si verifica in un tempo di circa 15 s. Inoltre, nel corso del transitorio la portata massima risulta di poco inferiore a 10 m³/s, mentre il volume complessivamente defluito attraverso la valvola nel corso del transitorio è pari a circa 90 m³. Il volume complessivamente scaricato dovrà ovviamente tener conto anche di quello presente nella condotta forzata a valle della valvola di sicurezza, pari a circa 600 m³, per un totale complessivo dell'ordine di 700 m³.

3.3 ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE DI SCOPPIO

Come descritto dei paragrafi precedenti, indipendentemente da dove avvenga la rovinosa rottura di una delle condotte di progetto, le portate di scoppio pervengono dalla vasca di rilascio delle turbine, all'interno della centrale idroelettrica. La massima portata affluente alla vasca risulta quella derivante dalla rottura della condotta di adduzione all'interno della galleria, calcolata in 8 mc/s, che come già messo in evidenza risulta molto prossima alla massima portata derivabile dall'invaso di Campolattaro (7,6 mc/s).

Proprio in virtù della comparabilità tra le due citate portate, tutto il sistema di opere poste a valle della vasca di rilascio delle turbine – di seguito descritto – sarà in grado di gestire anche la condizione straordinaria derivante dalla rovinosa rottura di una condotta di progetto.

Il livello idrico all'interno della vasca di rilascio delle turbine è regolato da una soglia di stramazzo già dimensionata per consentire, con sufficiente franco di sicurezza, il transito della portata massima in regime ordinario di progetto pari a 7,60 mc/s; il transito sullo stramazzo della portata di scoppio pari a 8 mc/s determinerà, vista la considerevole lunghezza dello sfioro pari a 17,30 ml, un lieve incremento del tirante

sulla soglia (che passa da 39 cm a 41 cm) ed una corrispondente minima diminuzione (pari a 2 cm) del franco di sicurezza rispetto all'intradosso del solaio di copertura.

Una volta superata la soglia di sfioro, la portata idrica raggiunge una seconda camera avente la funzione di partitore delle le acque destinate ad essere sottoposte a trattamento di potabilizzazione e portate destinate all'uso irriguo. Dalla camera di partizione, infatti, hanno origine la condotta DN 1400 di alimentazione del potabilizzatore e la condotta DN 1800 ad uso irriguo. Le eventuali portate di supero, dovute sia a surplus di derivazione dall'invaso rispetto ai consumi idropotabili ed irrigui, sia a rotture delle condotte di progetto, è previsto siano sfiorate attraverso una ulteriore soglia di troppo pieno – dimensionata per smaltire fino a 8 mc/s - e scaricate attraverso un sistema di canali a pelo libero -anch'essi progettati per una portata massima pari a quella massima di scoppio - che, prima costeggiando l'impianto di potabilizzazione e poi seguendo gli esistenti impluvi – opportunamente risagomati - presenti in zona , trovano ricettore finale nel Fiume Lenta.

Per completezza di trattazione si conferma che è anche stata verificata la compatibilità idraulica di detto corso d'acqua con le portate di progetto.

4. GESTIONE DELLE ACQUE DI SCARICO PROVENIENTI DALL'AREA IMPIANTI

Con il termine area impianti facciamo riferimento a quell'area che comprende il potabilizzatore e la centrale idroelettrica, il piazzale di sbocco della galleria e l'area dei serbatoi d'accumulo. L'area in sintesi che si trova in testa ai punti di inizio delle condotte principali coinvolte nel progetto.

In questo paragrafo illustreremo principalmente il grande canale di scarico che dall'area del potabilizzatore convoglia le acque di scarico al Torrente Lenta. Accenneremo in ogni caso anche allo scarico dei serbatoi e al deflusso idrologico dell'area a monte della potabilizzazione.

4.1 CANALE DI SCARICO AL TORRENTE LENTA

La principale opera di scarico dall'area impianti è un canale artificiale realizzato mediante l'uso di gabbioni e materassi riempiti di pietrisco delle opportune dimensioni.

Il canale in parola sfrutta un canale naturale preesistente del quale rappresenta un ampliamento e sistemazione.

I parametri di progettazione assunti sono stati la portata e le dimensioni del canale pari rispettivamente a:

- $Q = 8,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $B = 1,5 \text{ m}$
- $H = 1,5 \text{ m}$

Con tali parametri in riferimento alla pendenza media del fondo canale pari a ca. il 13% si ottiene un tirante idrico $h = 0,70 \text{ m}$ e una velocità pari a ca. 8 m/s .

Il valore della portata di progetto è stato valutato come il massimo tra la portata massima derivata dall'invaso e la portata di scoppio di cui ai paragrafi precedenti.

Il tracciato di scarico ha una lunghezza complessiva di circa 1.156 m e termina con un manufatto di restituzione al torrente Lenta, avente lo scopo di dissipare l'energia della corrente prima dell'immissione in alveo. Il dissipatore sarà, anch'esso, realizzato mediante l'utilizzo di gabbioni e materassi di pietrisco delle opportune dimensioni.

Il canale di scarico ha origine di un pozzetto di confluenza nel quale giungono il canale a pelo libero – realizzato in calcestruzzo di dimensioni $2,50 \text{ m}$ per $1,20$ - che parte dalla Centrale Idroelettrica e una tubazione DN 1000 deputata al collettamento degli sfiori e scarichi dell'impianto di potabilizzazione.

4.2 GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE DELL'AREA IMPIANTI

Il calcolo delle portate meteoriche incidenti sull'area impianti è stato effettuato dividendo l'area di pertinenza in un numero opportuno di bacini di riferimento. In particolare si è fatto riferimento ai bacini afferenti al piazzale del pozzo piezometrico, a quello del piazzale di sbocco della galleria, a quelli della sistemazione versante e, infine, all'area di pertinenza del potabilizzatore (e della Centrale Idroelettrica).

La portata è stata determinata, in prima approssimazione, imponendo coefficienti udometrici decisamente conservativi ($200 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ per le aree urbane, 30 per quelle in campagna). Associando le superfici dei bacini imbriferi ai rispettivi coefficienti udometrici come appena definiti, si è calcolata una portata di acque di origine meteorica da smaltire pari a ca. 2600 l/s, decisamente inferiore rispetto alla portata di dimensionamento del sistema di scarico scelta in funzione delle portate di "scoppio" e pari a 8 mc/s.

Le opere dimensionate per lo smaltimento delle portate di scoppio sono certamente in grado di gestire le portate di pioggia.

5. PROVVEDIMENTI ANTISISMICI PER LA PROTEZIONE DELLE CONDOTTE

Le condotte di progetto sono realizzate in Acciaio L355 con diametri variabili (DN 400/500/600/700/1500/1800/2200), spessori variabili in funzione delle pressioni agenti (con massimo oltre i 40 bar), costituite da canne di lunghezza variabile con giunto saldato a completo ripristino.

La posa delle condotte avviene secondo le due modalità: in galleria per circa 7.500 mt su baggioli in acciaio ed in trincea per oltre 120 Km con rinterro in terreno granulare sciolto e sabbia, al fine di minimizzare il rapporto terreno – condotta.

I terreni interessati dalla condotta in trincea sono generalmente limi sabbiosi ed argillosi di categoria B, ed il tracciato della condotta è stato ottimizzando per ridurre l'interferenza con le aree a rischio frana ed alluvione.

I passaggi delle condotte nei manufatti di linea saranno realizzati con fori maggiorati dotati di giunti elastici dissipativi, al fine di ridurre il grado di vincolo tra il manufatto e la condotta.

L'analisi sismica delle tubazioni è svolta con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), all'Eurocodice 8 parte 4 (UNI ENV 1998-4), dedicata ai componenti degli impianti industriali: silos, serbatoi e tubazioni, Eurocode 3 parte 4-3 (EN 1993-4-3), Pipelines - Design of steel structures, ed al D.M. 12.12.1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni".

La classe d'uso considerata, ai sensi delle NTC 2018, è la IV e la Vita Nominale è pari a 100 anni fornendo una Vita di Riferimento pari a 200 anni.

Il modello adottato per l'analisi sismica della condotta è quindi di elemento continuo ad alta resistenza, elasticità e duttilità che nella tratta in galleria è vincolata al sistema dei baggioli e, nella parte interrata, afferisce allo schema di condotta di elevata lunghezza e libera alle estremità.

Con riferimento al documento tecnico redatto dal Comitato Nazionale Italiano delle Grandi Dighe - ITCOLD 2019 "Condotte forzate", [Cap 6.4 Effetti generati dal sisma sulle condotte] ed alla bibliografia allegata, le schematizzazioni utilizzate per la progettazione della condotta sono:

- **Per la parte in galleria:**

Condotta Aerea in Galleria [Cap. 2.2.2 – Cap 6.4, Par 6.4.1 Condotte aeree: libere o in tunnel]

"Le condotte in galleria hanno il vantaggio che:

- *essendo poggiate in gallerie sub-orizzontali e/o in discenderie precedentemente scavate e rivestite, presentano minori problemi legati a frane e valanghe;*
- *sono soggette a variazioni di temperatura più contenute."*

Nel tratto in galleria di circa 7.500 mt la condotta [d 2200 - sp. 12,70 mm] è schematizzata come trave continua vincolata su baggioli metallici ed a vertici liberi.

Nel successivo livello di progettazione verrà definito l'interesse ed il grado di vincolo da esercitare in modo da attendere le verifiche di resistenza e deformabilità

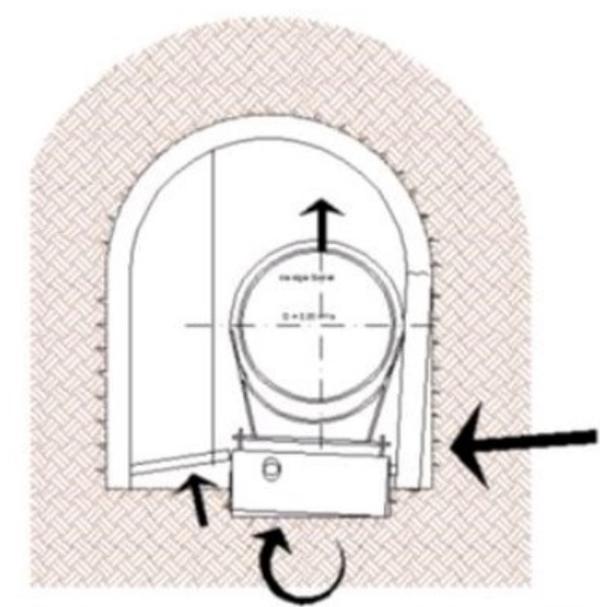
agli stati limite. Particolare attenzione sarà dedicata alla possibilità di introdurre dei sistemi di regolazione dei carrelli metallici (appoggi) in grado di compensare eventuali futuri cedimenti della galleria, particolarmente efficaci nel caso delle deformazioni che hanno coinvolto l'opera di derivazione dell'impianto idroelettrico di Perrères [ITCOLD 2019 - Par. 6.6.1].

I risultati attesi sono coerenti con le esperienze gestionali e bibliografiche da cui si rileva che *“Bisogna però considerare che i vari eventi sismici che si sono verificati non hanno causato danni evidenti alle condotte”* [ITCOLD 2019 - Cap 6.4.1].

La scelta progettuale e gestionale, anche in considerazione della dotazione strumentale di monitoraggio e gestione dell'infrastruttura, conferma lo schema di tubazione continua con elementi saldati che offre una maggiore durabilità nella fase corrente, limitando gli interventi di manutenzione che sarebbero frequenti e necessari con l'introduzione di giunti flessibili, indipendentemente dal verificarsi delle supposte deformazioni.

La scelta risulta coerente anche con l'analisi di rischio [ITCOLD 2019 - Cap. 5.3 Analisi del Rischio] che, a fronte di una Probabilità di Accadimento molto alta (Vn=200 anni) oppone un fattore di Esposizione notevolmente ridotto, dovuto alla localizzazione del tracciato, ed una sostanziale Riduzione del Danno generato dalla adozione di misure di monitoraggio del sistema condotta – galleria e gestione dei flussi idrici.

Inoltre l'utilizzo dell'acciaio consente di prevedere, in caso di danno, la possibilità del totale di ripristino, per integrazione o sostituzione, degli elementi della condotta.



Fenomeno che interessa localmente la condotta lungo il tratto sub-orizzontale a seguito dell'interazione tra la galleria e le superfici di scivolamento.

- **Per la parte in trincea:**

Condotte Interrate [Par 6.4.2 Condotte interrata]:

Nel tratto in trincea, di lunghezza pari a circa 120 Km, in considerazione delle caratteristiche geometriche della condotta, geologiche dei terreni, tecnologiche degli attraversamenti dei manufatti di linea e tipologiche/granulometriche dei terreni di riempimento degli scavi, il modello adottato per lo studio degli effetti sismici afferisce allo schema di condotta rettilinea di elevata lunghezza e libera alle estremità.

In tali ipotesi è applicabile il metodo di Newmark [N. Newmark, «Problems In Wave Propagation In Soil And Rock,» in Proc. Intl. Symp. on Wave Propagation and Dynamic Properties of Earth Materials, Univ. of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, 1967] che assume che la condotta si adatti al movimento del terreno al passaggio dell'onda sismica, ipotizzando di conseguenza una deformazione uguale a quella del suolo e ammettendo la simultaneità delle azioni delle onde P, S ed R. Questo metodo, la cui precisione è stata dimostrata essere paragonabile ad approcci più rigorosi, fornisce una stima di limite superiore delle deformazioni della tubazione che, essendo in acciaio, risulta abbastanza flessibile da seguire senza scorrimenti, né interazioni la deformazione del terreno.

Nel successivo livello di progettazione verranno analizzate le condizioni limite di deformazione del terreno in modo da attendere le verifiche di resistenza e deformabilità agli stati limite della condotta con riferimento all'Eurocodice 3 ed all'Eurocodice 8 che, nelle premesse, riporta: *“Argomenti di tipo teorico e numerose simulazioni numeriche indicano che le forze di inerzia che nascono dall'interazione tra il tubo ed il terreno sono molto più piccole delle forze indotte dalla deformazione del terreno: questo fatto permette di ridurre l'interazione terreno-tubatura ad un problema statico, per esempio, con la tubatura deformata dal passaggio di un'onda di spostamento, senza considerare gli effetti dinamici”* [ITCOLD 2019 - Cap. 6.4.2].

Anche in questo caso la scelta progettuale e gestionale, in considerazione della dotazione strumentale di monitoraggio e gestione dell'infrastruttura, conferma lo schema di tubazione continua con elementi saldati che offre una maggiore durabilità nella fase corrente, limitando gli interventi di manutenzione che sarebbero frequenti e necessari con l'introduzione di giunti flessibili, indipendentemente dalla supposta deformazione.

La scelta risulta coerente anche con l'analisi di rischio [ITCOLD 2019 - Cap. 5.3 Analisi del Rischio] che, a fronte di una Probabilità di Accadimento molto alta (Vn=200 anni) oppone un fattore di Esposizione notevolmente ridotto, dovuto alla localizzazione del tracciato, ed una sostanziale Riduzione del Danno generato dalla adozione di misure di monitoraggio e gestione dell'infrastruttura.

Fenomeno che interessa localmente la condotta lungo il tratto sub-orizzontale a seguito dell'interazione tra la galleria e le superfici di scivolamento.

6. PROCEDURE DI SVUOTAMENTO E RIEMPIMENTO DELLE CONDOTTE

6.1 PREMESSA

Per il corretto funzionamento delle condotte acquedottistiche è necessario prevedere – lungo il percorso -l'installazione di una serie di apparecchiature, quali valvole di sezionamento, scarichi e sfiati, all'interno di appositi manufatti, facilmente accessibili dall'esterno.

Le funzioni più comuni assolve dalle apparecchiature poste lungo linea riguardano le funzioni di entrata/uscita dell'aria dalle condotte, di interruzione del flusso per isolare tronchi di condotta e di scarico delle acque presenti in condotta per favorire operazioni di manutenzione o riparazione dell'infrastruttura.

La presenza di aria nelle condotte che convogliano liquidi in pressione può dar luogo a una serie di inconvenienti che, in alcuni casi, possono ostacolare gravemente o addirittura interrompere il normale deflusso; si ha quindi l'esigenza di mettere in atto tutti gli accorgimenti tecnici per eliminare o ridurre le cause dell'ingresso d'aria nelle tubazioni e per far fuoriuscire il più rapidamente possibile l'aria che comunque è presente.

Le cause più comuni dell'ingresso d'aria nelle condotte in pressione sono:

- insufficiente carico all'imbocco delle opere di presa e di tutte le vasche/opere a pelo libero (serbatoio, camere di carico, torri piezometriche ecc);
- imbrocchi delle tubazioni non ben raccordati;
- mancanza o perdita di tenuta di tronchi funzionanti in depressione (ad esempio le condotte di aspirazione dei sollevamenti);
- turbolenza che sorge durante le fasi di riempimento della tubazione, generando un miscuglio aria/acqua, intrappolando anche notevoli quantità di aria.
-

Ora, tutte queste cause sono tecnicamente risolvibili con i giusti accorgimenti ma, anche riducendole o eliminandole, le correnti idriche in pressione contengono sempre una certa quantità di aria disciolta che, inevitabilmente, si libera in alcuni punti. Infatti, secondo la legge di Henry, la quantità d'aria disciolta nell'acqua è tanto maggiore quanto maggiore sarà la pressione e quanto minore sarà la temperatura. Nelle lunghe condotte, quindi, l'acqua rilascia una certa quantità dell'aria disciolta nelle zone in cui si ha un aumento della temperatura o una diminuzione delle pressioni.

Per le tubazioni interrate con adeguato ricoprimento, le variazioni di temperatura lungo il percorso sono di una entità molto piccola e sono, a tutti gli effetti, trascurabili rispetto, invece, alle variazioni di pressione. Si fa notare che è

proprio questo il caso delle condotte in progetto, la cui quasi totale estensione avviene ad una posa al di sotto del piano campagna. L'unica eccezione a questa considerazione riguarda la condotta di derivazione DN2200 la quale, però, è alloggiata in una galleria portatubi ben al di sotto del piano campagna, che garantisce la costanza della temperatura lungo i suoi 7.600 metri di estensione.

Il liberarsi dell'aria si manifesta, inizialmente, sotto forma di bolle molto piccole che vanno raggruppandosi, raggiungendo dimensioni via via maggiori, fino alla formazione di bolle di dimensioni tali che – sottoposte alla spinta di galleggiamento - hanno la tendenza ad andare verso l'alto, aderendo alla generatrice superiore dei tubi. Queste bolle possono muoversi con una certa velocità relativa rispetto al liquido o possono restare ristagnanti in alcune zone. In entrambi i casi, esse ostacolano il deflusso della corrente, determinando una diminuzione della sezione idrica, occupando una certa parte della sezione trasversale.

Inoltre, per il movimento dell'aria, si verificano continue variazioni di pressione che possono originare veri e propri fenomeni di colpo d'ariete, senza contare che l'aria che si libera può facilitare l'aggressione chimica delle pareti interne delle tubazioni in acciaio.

Per tutti questi motivi si rende necessario espellere quanto più rapidamente possibile l'aria dopo che si è liberata dall'acqua, evitando che si formino grosse bolle. Questo allontanamento avviene con apposite valvole di sfiato. Tali valvole, tipicamente, sono collocate nei punti più alti del profilo longitudinale della tubazione. Queste apparecchiature, inoltre, entrano in funzione anche quando è necessario il vuotamento delle condotte, permettendo il rapido rientro d'aria dall'esterno, al fine di evitare che si instaurino forti depressioni all'interno delle condotte, assolutamente da evitare. Analogamente, nel caso di riempimento delle tubazioni, gli sfiati permettono l'espulsione d'aria dalle condotte, consentendo il corretto riempimento delle stesse.

Tornando momentaneamente alla dinamica dell'eliminazione dell'aria che si libera all'interno del tubo durante l'esercizio ordinario del sistema acquedottistico, è necessario tener presente che la bolla d'aria è soggetta sia alla componente della spinta di galleggiamento, diretta verso l'alto, che tende a far salire la bolla, sia all'azione di adesione tra bolla e parete del tubo (che si manifesta solo quando la bolla viene a contatto con la parete) che si oppone al movimento e all'azione dinamica della corrente, diretta nel senso del moto. In linea generale, considerando la risultante di tutte le forze, per le tubazioni acclivi nel senso del moto, le bolle d'aria vengono trascinate dalla corrente idrica e si muovono verso l'alto, convogliandosi verso i punti di sfiato. La situazione risulta essere diversa nei tratti di tubazione declivi, in quanto l'azione dinamica della corrente è contrastata dalla componente della spinta idrostatica agente sulla bolla, diretta in senso opposto. In letteratura sono presenti molti studi che trattano l'interessante tematica e, nella generalità dei casi, è possibile affermare che le velocità tipiche poste alla base della progettazione degli acquedotti

sono sufficienti a fare in modo che le bolle d'aria vengano sicuramente trascinate a valle anche nei tratti declivi e, quindi, per espellere tale aria è sufficiente predisporre gli opportuni sistemi di sfiato nei punti più alti del profilo longitudinale come, peraltro, già consigliato per lo svuotamento/riempimento delle condotte.

Dunque, le apparecchiature di sfiato da adoperare devono fornire, in ingresso ed in uscita, sia le ingenti masse d'aria necessarie allo svuotamento e al riempimento, sia consentire la fuoriuscita minore d'aria necessaria al degassaggio. Gli sfiati adoperati per tutte le condotte del progetto in parola sono del tipo a tripla funzione, in grado proprio di assolvere a questi tre compiti.

Nel presente elaborato si vogliono illustrare le procedure relative al riempimento e allo svuotamento delle condotte facenti parte il progetto in esame, sia in condizioni di esercizio ordinarie sia, a seguito ad eventi incidentali. In condizioni emergenziali.

6.2 PROCEDURA DI RIEMPIMENTO E SVUOTAMENTO – CONDOTTE INTERRATE

In seno al progetto per l'utilizzo idropotabile delle acque dell'invaso di Campolattaro sono previste decine di chilometri di condotte. Per i dettagli relativi ai tracciati, ai calcoli idraulici di dimensionamento e ai profili longitudinali, si rimanda agli specifici elaborati di progetto. In questa sede si vuole solo descrivere le procedure (che saranno, nelle successive fasi progettuali, inserite negli appositi piani di manutenzione delle opere) che si intende adottare per le operazioni di riempimento e svuotamento, sia per la messa in esercizio del sistema, sia per rendere possibili eventuali interventi manutentivi o di riparazione.

Le procedure descritte sono da ritenersi valide per tutte le condotte interrato mentre la condotta di derivazione DN2200 e la condotta forzata DN1800 saranno trattate successivamente, vista la delicata natura delle opere prese in considerazione.

Le condotte di progetto e i relativi sfiati ad esse associati sono così suddivise:

Regione Campania – Acqua Campania S.p.a.
 UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO
 E POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA
 AGGIORNAMENTO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

SFIATO			
DN Condotta	DN	Portata d'aria allo svuotamento	Portata d'aria al riempimento
mm	mm	m3/h	m3/h
400	100	3.500	3.000
500	100	3.500	3.000
600	100	3.500	3.000
700	150	3.500	3.000
1200	200	4.000	3.000
1500	200	4.000	3.000
1700	200	4.000	3.000
1800	200	4.000	3.000

Per le portate d'aria relative alle fasi di riempimento e svuotamento, si è fatto riferimento agli abachi usualmente adoperati per la progettazione delle valvole di sfiato, riportati nelle due successive immagini.

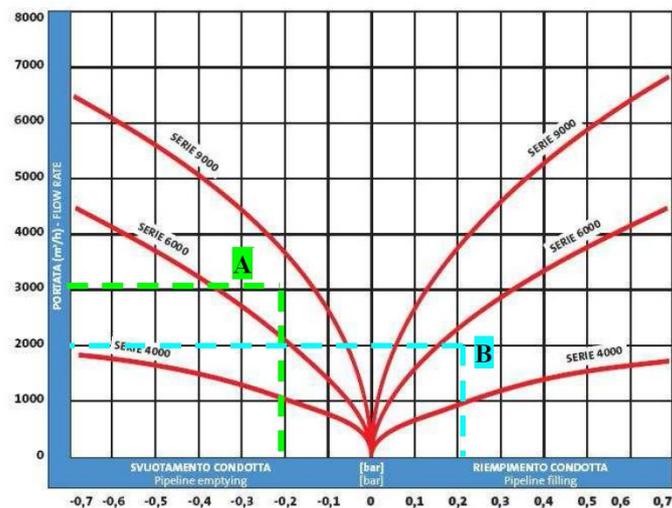


Immagine 1. Sfiati a tripla funzione fino a DN150

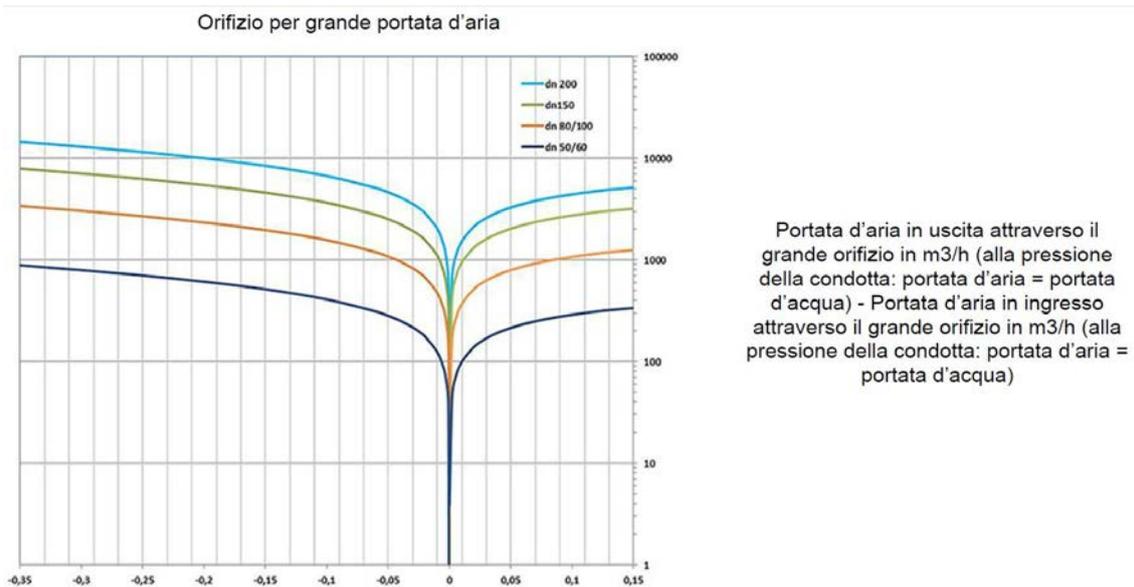


Immagine 2. Sfiati a tripla funzione fino a DN200

A sinistra abbiamo le curve relative allo svuotamento della condotta, con l'aria transitante per lo sfiato; a destra, invece, sono riportate le curve relative al riempimento.

Si considera, per la fase relativa allo svuotamento (lato sinistro) accettabile una depressione pari a -0,2 bar mentre, per il riempimento (lato destro), la sovrappressione massima accettabile è di +0,15 bar.

Si è considerata, inoltre, la disposizione dei manufatti di sfiato e scarico lungo il tracciato delle condotte. Nel caso del progetto in esame è possibile di affermare che, in media, i tratti da svuotare o riempire, sono di circa 3000 metri. Fatta questa necessaria considerazione, è possibile ora valutare il volume d'aria che, in caso di svuotamento, è necessario introdurre nella condotta. Tale volume deve essere pari a quello di acqua che si intende scaricare (intero volume della tratta da scaricare). Nella tabella seguente si mostrano i volumi da scaricare per le diverse condotte, considerando un tratto di profilo longitudinale di 3000 metri individuato tra i due pozzetti di sfiato posti a distanza maggiore l'uno dall'altro.

DN	A	L	V
m	m ²	m	m ³
0,4	0,1256	3.000	376,8
0,5	0,19625	3.000	588,75
0,6	0,2826	3.000	847,8
0,7	0,38465	3.000	1.153,95
1,2	1,1304	3.000	3.391,20
1,5	1,76625	3.000	5.298,75
1,7	2,26865	3.000	6.805,95
1,8	2,5434	3.000	7.630,20

Gli sfiati adoperati dovranno essere in grado di gestire, in ingresso ed in uscita, il medesimo volume di aria, dovendo essere rispettata l'equazione di continuità tra i volumi d'acqua ed aria in ingresso e in uscita.

Noti i volumi e note le portate degli sfiati, è possibile valutare quanto tempo sarebbe necessario allo svuotamento del tronco di condotta, ipotizzando di utilizzare le apparecchiature alla massima portata consentita e che la differenza di quota tra punti alti e punti bassi sia tale da permettere il deflusso di simili portate.

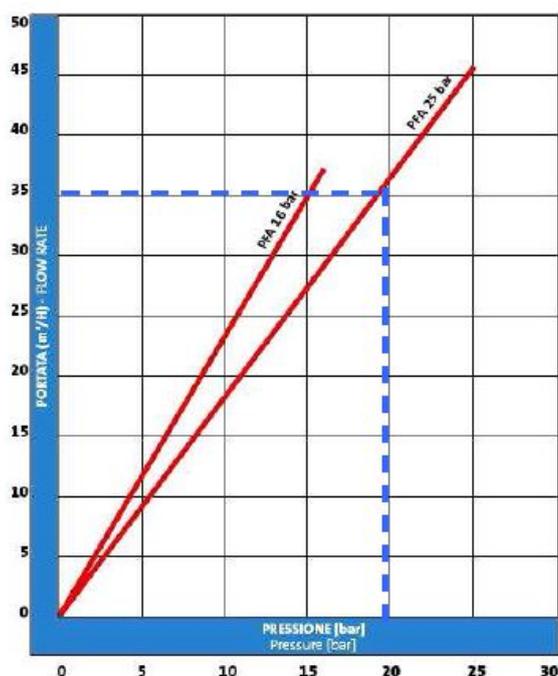
DN	A	L	V	DN sfiato	Q svuot.	Q riemp.	T svuot.	T riemp.
m	m ²	m	m ³	m	m ³ /h	m ³ /h	minuti	minuti
0,4	0,1	3.000	377	0,10	3.500	3.000	6	8
0,5	0,2	3.000	589	0,10	3.500	3.000	10	12
0,6	0,3	3.000	848	0,10	3.500	3.000	15	17
0,7	0,4	3.000	1154	0,15	4.000	3.000	17	23
1,2	1,1	3.000	3391	0,20	4.000	3.000	51	68
1,5	1,8	3.000	5299	0,20	4.000	3.000	79	106
1,7	2,3	3.000	6806	0,20	4.000	3.000	102	136
1,8	2,5	3.000	7630	0,20	4.000	3.000	114	153

Chiaramente, questo discorso è puramente teorico, atto a dimostrare la capacità del sistema di smaltire ingenti portate, scongiurando fenomeni estremi in condotta che possono comprometterne la tenuta statica o il corretto funzionamento.

Da un punto di vista operativo si è scelto di fissare, per portate massime per il riempimento e lo svuotamento delle condotte, il valore di 100 l/s per le condotte di grande diametro (DN>700) e di 50 l/s per le condotte di diametro minore (DN<=700). Scegliendo una portata notevolmente più contenuta rispetto alle potenzialità delle apparecchiature è inoltre possibile non dover considerare diversi i comportamenti delle stesse durante le procedure di riempimento e svuotamento, ottenendo un tempo di progetto unico, valido quale che sia l'operazione da farsi. Sotto le ipotesi di cui sopra, i tempi di svuotamento e riempimento dei tronchi di condotte sono i seguenti.

DN	A	L	V	DN sfiato	Q	Q	T	T
m	m ²	m	m ³	m	m ³ /s	m ³ /h	minuti	h
0,4	0,13	3.000	376,8	0,1	0,05	180	126	2
0,5	0,20	3.000	588,75	0,1	0,05	180	196	3
0,6	0,28	3.000	847,8	0,1	0,05	180	283	5
0,7	0,38	3.000	1153,95	0,15	0,05	180	385	6
1,2	1,13	3.000	3391,2	0,2	0,1	360	565	9
1,5	1,77	3.000	5298,75	0,2	0,1	360	883	15
1,7	2,27	3.000	6805,95	0,2	0,1	360	1134	19
1,8	2,54	3.000	7630,2	0,2	0,1	360	1272	21

Per quanto riguarda la verifica della funzione di degassaggio, si è fatto riferimento all'abaco di progetto di seguito riportato.



Entrando in questo grafico in ascissa con il valore della pressione di esercizio della condotta, incrociando la retta relativa al PFA della valvola di sfiato, si determina la portata d'aria che lo sfiato di degassaggio riesce ad evacuare.

Si riporta il caso della condotta principale al servizio dell'acquedotto campano, il DN1500 ACAM, la pressione di esercizio è compresa tra i 20 e i 25 bar. Incrociando questo valore di pressione con la retta dello sfiato, si legge una portata di evacuazione compresa tra i 35 e i 45 m³/h (tra i 9 e i 13 l/s).

A questo punto si ottiene la portata d'aria liberata in condotta applicando la legge di Henry. Il coefficiente di Bunsen applicato è di 0,01.

$$Q_{\text{disciolti}}^{\text{aria}} = B(T, P)Q_{\text{acqua}}$$

DN Condotta	Q di acqua	Coeff. Di Bunsen	P	Velocità in condotta
mm	m3/s	%	bar	m/s
1500	3	1	25	1,7

Portata d'aria	m3/s	0,0085
	l/s	8,5
	m3/h	30

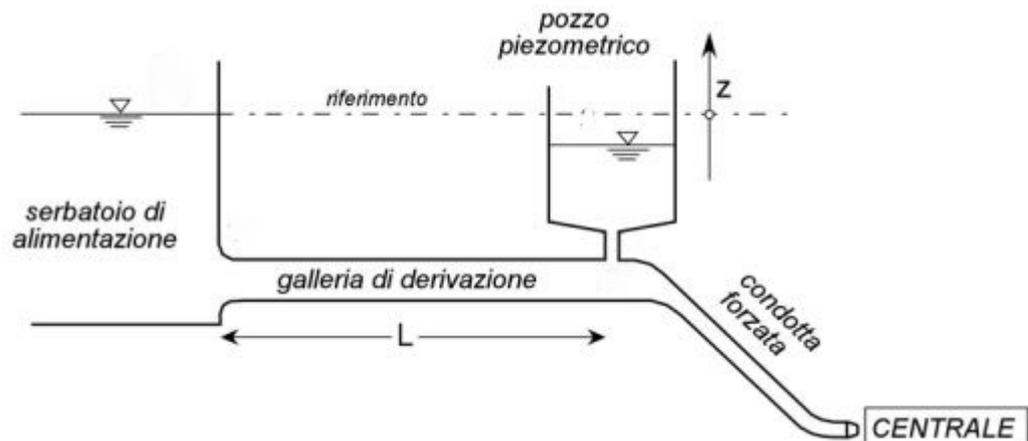
Che rientra nella capacità operativa dello sfiato desunta dall'abaco. Verifiche simili sono state effettuate sulle altre condotte di progetto.

Negli approfondimenti d'obbligo delle successive fasi progettuali attualmente in corso, l'importante tema del degassaggio sarà ulteriormente ampliato e studiato, tuttavia si ritiene che gli accorgimenti adoperati nella costruzione dei profili longitudinali delle condotte e il rispetto delle pendenze minime consigliate dalla letteratura e dalla pratica e l'utilizzo di apparecchiature di sfiato all'avanguardia, garantiranno il corretto funzionamento del sistema acquedottistico durante il normale esercizio.

6.3 PROCEDURA DI RIEMPIMENTO E SVUOTAMENTO – CONDOTTE IN GALLERIA

Le considerazioni svolte fino a questo momento per la necessità di regolamentare l'ingresso e l'espulsione dell'aria dalle condotte valgono, ovviamente, anche per le condotte poste a monte dell'impianto idroelettrico, dalla presa in prossimità della diga alla centrale idroelettrica. Tuttavia, considerando la delicatezza dell'opera, le ingenti portate derivate e la particolarità intrinseca delle condotte a servizio di una centrale idroelettrica, si ritiene necessario specificare in maniera più dettagliata le procedure previste per il riempimento, lo svuotamento e l'ordinario funzionamento del sistema in esame.

Il sistema idroelettrico di Campolattaro segue lo schema classico di un impianto idroelettrico, mostrato in figura.



Per illustrare le diverse procedure, è necessario ipotizzare i diversi scenari di funzionamento.

- **Svuotamento del sistema – Condizioni ordinarie**

In questo scenario, il sistema idroelettrico è da considerarsi in regime ordinario. La portata derivata è convogliata alla centrale idroelettrica per la produzione energetica e, a valle, viene smistata alle diverse utenze previste. Nel caso sia necessario effettuare uno svuotamento del sistema, sia esso programmato o reso necessario dalla necessità di un intervento manutentivo, saranno da smaltire i volumi d'acqua contenuti in quattro distinti elementi, da valle verso monte, così catalogabili:

- Condotta forzata DN1800;
- Pozzo piezometrico DN2200;
- Condotta di derivazione DN2200;
- Aeroforo DN800.

La condotta forzata ha uno sviluppo complessivo di 614 metri, di cui 345 metri in galleria e i rimanenti 269 metri in cunicolo sottoposto al piano campagna. Il volume contenuto in questa parte d'opera è, quindi, dato dal prodotto della sezione della condotta per la sua lunghezza. Discorso analogo per la condotta di derivazione, la cui estensione è di 7258 metri, dalla presa alla base del pozzo piezometrico.

Per il volume dell'aeroforo DN800, si considera che l'altezza idrica all'interno del tubo sia pari alla quota raggiunta dall'acqua nell'invaso stesso (trascurando le perdite di imbocco). Con questa approssimazione, il volume d'acqua contenuto sarà dato dalla sezione del DN800 moltiplicata per la differenza di quota tra la ritenuta

dell'invaso e la generatrice superiore della condotta su cui l'aeroforo stesso è montato. Mentre quest'ultima è costante, essendo dettata dalla geometria del sistema e pari a 346,65 m, il livello dell'invaso è variabile. In questa sede, in via cautelativa, si considera la quota alla ritenuta normale d'invaso, pari a 377,25. Il volume contenuto nell'aeroforo è, quindi, il prodotto tra la sezione del DN800 e l'altezza pari a 30,6 m.

Per il pozzo piezometrico valgono le stesse considerazioni. Dato il livello dell'acqua dell'invaso, il livello idrico all'interno del pozzo si otterrà sottraendo ad esso le perdite di carico distribuite dalla presa alla base del pozzo. In questa sede si trascurano ulteriori perdite localizzate che si dimostrano a vantaggio di sicurezza, traducendosi in un livello idrico maggiore di quello che si instaurerebbe computandole. Le perdite di carico lungo la condotta di derivazione, nel funzionamento ordinario, sono di circa 8 metri. Questo pone il livello idrico nel pozzo a 369,5. Il volume sarà dato, quindi, dal prodotto della sezione del pozzo piezometrico per la differenza di quota tra il livello idrico e la base del pozzo, pari a circa 25 metri.

Nella tabella seguente sono riassunti i volumi delle quattro parti prima descritte.

DN2200		DN1800		POZZO PIEZOMETRICO DN2200		AEROFORO DN800	
L	7258 m	L	614 m	A	3,7994 m ²	A	0,5024 m ²
A	3,7994 m ²	A	2,5434 m ²	h	25 m	h	30,6 m
V	27576 m ³	V	1561,6 m ³	V	95 m ³	V	15,4 m ³

V tot	29248,1 m ³
-------	------------------------

Contributi percentuali		
DN2200	94,3	%
DN1800	5,3	%
Pozzo piezometrico	0,3	%
Aeroforo	0,1	%

Chiaramente, in termini percentuali, l'apporto significativo alla volumetria complessiva è dato dalla condotta di derivazione e, in minima parte, della condotta forzata.

Chiarite le grandezze in gioco, analizziamo la procedura di svuotamento.

L'operazione di svuotamento del sistema condotta di derivazione - condotta forzata - pozzo piezometrico non può che avvenire da valle che, nella fattispecie, coincide con la centrale idroelettrica di progetto in località Monterone. Ricordiamo che la centrale idroelettrica è dotata di un sofisticato sistema di scarico che, in casi

emergenziali, consente lo smaltimento di una portata fino a circa 8,5 m³/s.

Tuttavia nel caso di svuotamento programmato, come quello che si sta affrontando in questa sede, la velocità con cui tale operazione avviene è facilmente programmabile e controllabile. Di fondamentale importanza è che tale operazione avvenga in modo graduale e lento. Sarà possibile anche turbinare l'acqua durante la fase di scarico o avvalersi dei sistemi di bypass per rilasciare l'intera portata di svuotamento nella vasca di laminazione presente al di sotto della centrale.

Quando si procede allo svuotamento, come già detto, bisognerà garantire il rispetto dell'equazione di continuità (a pressione e temperatura costanti): il volume dell'acqua in uscita dovrà essere uguale all'ingresso di aria nel sistema o si rischierà l'insorgere di fenomeni di depressione all'interno della condotta che, se particolarmente gravosi, potrebbero portare al collasso per implosione della tubazione. Si procederà quindi alla chiusura della paratoia di presa e si procederà allo scarico del sistema. La portata di scarico di progetto è fissata in 500 l/s. Il diametro dello sfiato libero che svolgerà l'importante funzione di permettere l'ingresso d'aria in fase di svuotamento e, come vedremo, anche di farla uscire durante la procedura di riempimento è del DN800.

Lo svuotamento del sistema avverrà, quindi, dalla centrale ma, ovviamente, le prime sezioni a svuotarsi saranno quelle, della condotta di derivazione, poste più di monte. A tal fine, infatti, prevedendo la necessità di fare entrare aria proprio nelle sezioni di monte, è stato predisposto un aeroforo che sarà anche il primo elemento a svuotarsi, garantendo, quindi, l'ingresso dell'aria in condotta. Una volta chiuse le paratoie si instaurerà un moto a potenziale.

La portata di progetto per la procedura di svuotamento (che verrà inserita nell'apposito piano di manutenzione), posta pari a 500 l/s, permette di calcolare il tempo necessario all'allontanamento di tutto il volume d'acqua:

Q	0,5	m ³ /s
V	29248,1	m ³

T	V/Q	58496,1	s
		974,9	min
		16,2	ore

Si ritiene l'aeroforo assolutamente in grado di fornire la portata d'aria necessaria. Per il rispetto dell'equazione di continuità, infatti, il volume di acqua in

uscita deve essere compensato da un egual volume di aria in ingresso. Data la geometria dell'aeroforo:

DN	0,8	m
A	0,5024	m ²

Il transito della portata d'aria avverrà alla velocità di:

v	0,995	m/s
---	-------	-----

Considerando che, normalmente, per tali dispositivi le velocità è ritenuta accettabile fino a 6-7 m/s, si ritiene che l'aeroforo, come progettato, sia in grado di consentire l'agevole ingresso d'aria per garantire il lento e graduale svuotamento del sistema in progetto.

- **Riempimento del sistema – Condizioni ordinarie**

La procedura di riempimento riguarda la messa in servizio delle condotte del sistema idroelettrico, sia per la prima volta, sia per ripristinarne la funzionalità in seguito ad uno svuotamento reso necessario dagli eventuali interventi manutentivi.

Anche in questo caso si tratta di un'operazione programmabile, che avviene con l'assoluto controllo da parte degli operatori, in maniera del tutto analoga alla procedura di svuotamento, con lentezza e gradualità.

La logica della procedura è analoga alla fase di svuotamento. Si alimenta la condotta di derivazione con una portata che, anche in questo caso, è fissata in 0,5 m³/s. In questo caso, l'equazione di continuità deve essere rispettata nel senso che, per ogni litro di acqua che entra, altrettanti litri di aria devono uscire.

L'ingresso dell'acqua avviene da monte, dalla paratoia della diga. Si riporta di seguito una simulazione effettuata per verificare il comportamento dell'acqua all'interno della condotta di derivazione.

Risultati			
hu [m]	0.382	Q/QMax	0.061
Uu [m/s]	1.132	σ/σ_{Max}	0.119
σ_u [m ²]	0.44	hr	0.174
Ru [m]	0.234	Fr	0.702
Cu [m]	1.89	Eu [m]	0.45
lu [m]	1.67	hn [m]	
Ju [(m ²) ²]	15E-03	Un [m/s]	
Su [mc]	69E-03	σ_n [m ²]	
Zu [m]	0.155	Rn [m]	
S [t]	69E-03	Cn [m]	
hc [m]	0.319	ln [m]	
Uc [m/s]	1.468	Qn/QnMax	
σ_c [m ²]	0.34	σ_n/σ_{nMax}	
lc [m]	1.55	hrn	

Dati Correnti	
Sezione Adottata:	
Circolare	
Formula del Moto:	
Gaukler & Strickler	
Coefficiente di resistenza:	
Ks = 90	
Pendenza [%] :	
0.110	
1) Q [mc/s] =	0.500
2) D [m] =	2.200
3)	
4)	
5)	
6)	
7)	
8)	

Progressi	
Iterazioni:	59 Precisione Minima: 1.00E-05
Precisione Attuale:	+16.09E-07 Secondi 0

La portata di riempimento transita agevolmente all'interno della condotta di derivazione con un moto a pelo libero, in condizione di corrente lenta e tirante di moto uniforme pari a circa 40 centimetri. In tali condizioni di funzionamento la corrente in ingresso è contenuta nella sezione della tubazione con un franco di circa 1,8 metri, tale da garantire il transito d'aria in contro flusso.

La prima parte del sistema a riempirsi sarà la condotta forzata. Questa fase non presenta problemi di alcun tipo. La condotta forzata, nel tratto in cunicolo, è caratterizzata da pendenze più importanti e, come abbiamo visto, l'acqua che si muove all'interno della condotta di derivazione ha sufficiente franco da far circolare liberamente l'aria necessaria al corretto riempimento della condotta, espellendola sia dall'aeroforo che dal pozzo piezometrico che, in assenza di acqua, si comporta esattamente alla stessa maniera.

Considerando che il tratto in cunicolo della condotta forzata ha lunghezza pari a 269 metri, la condotta fino all'imbocco della galleria si riempirà in un tempo dato dal rapporto tra il volume e la portata di riempimento:

DN1800		
L campagna	269,04	m
A	2,54	m ²
V	684,28	m ³
Q riemp.	0,50	m ³ /s
T	1368,55	secondi
	22,81	minuti

Dopo 23 minuti, quindi, inizia a riempirsi la parte sub orizzontale in galleria. Qui il livello dell'acqua, a causa delle bassissime pendenze, si dispone secondo livelli successivi di un ellissoide (superficie di pelo libero) molto allungato, la cui estensione è di circa 2,2 chilometri. Proseguendo il lento caricamento si completa il riempimento

della condotta di derivazione. Il pozzo piezometrico nelle fasi iniziali del riempimento si comporta come l'aeroforo ma, essendo posizionato nelle prime centinaia di metri dall'imbocco della galleria, vedrà il proprio attacco sulla condotta di derivazione lambito dall'acqua prima che l'intera condotta sia piena, lasciando il compito dell'espulsione dell'aria all'aeroforo di testa il quale, considerando la portata di riempimento di progetto, ha dimensioni più che sufficienti allo scopo.

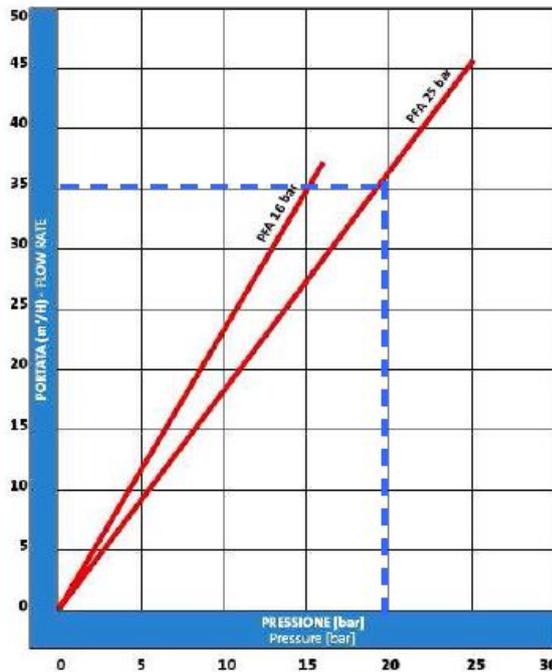
- **Degassaggio del sistema – Condizioni ordinarie**

Nei paragrafi precedenti sono state illustrate le procedure di riempimento e svuotamento del sistema di condotte a monte dell'impianto idroelettrico e le calcolazioni poste alla base della relativa progettazione. Resta da valutare l'allontanamento dell'aria dal sistema durante il normale esercizio dell'opera. La pendenza della galleria e, quindi, delle condotte in essa alloggiate, è piuttosto limitata pari ad 1,1 per mille. Tale condizione, come illustrato in premessa, ostacolerebbe il normale funzionamento dell'acquedotto, essendo difficile garantire la funzione di degassaggio.

Il problema del degassaggio risulta essere limitato alla sola condotta di derivazione in quanto la parte terminale della condotta forzata è caratterizzata da forti pendenze e, a monte di tale ultimo tratto, è prevista l'installazione di una batteria di sfiati.

Relativamente alla condotta di derivazione, per consentire il degassaggio automatico, sono stati previsti 29 sfiati DN100 che, per esigenze di montaggio, saranno installati ogni 252 metri di condotta. Funzione precipua di queste apparecchiature sarà il fornire, a passo costante, una via di fuga all'aria, garantendo il corretto funzionamento del sistema. Ovviamente, gli stessi sfiati, pur non essendo stati considerati nel calcolo, potranno essere utilizzati in supporto dell'aeroforo durante le fasi di svuotamento o riempimento.

Di seguito si riporta l'abaco adottato per la verifica del sistema in fase di degassaggio, analogo a quello già utilizzato per le condotte interrato.



Entrando in questo grafico, in ascissa, con il valore della pressione di esercizio della condotta, incrociando la retta relativa al PFA della valvola di sfiato, si determina la portata d'aria che lo sfiato di degassaggio riesce ad evacuare.

La pressione di esercizio della condotta in galleria è di circa 7 bar. Questo permette di dedurre, dal grafico, una portata di evacuazione tra i 15 e i 20 m³/h (tra i 3 e i 5 l/s) che, moltiplicata per il numero di sfiati (29) pone il sistema in grado di espellere fino a 116 l/s.

Applicando la legge di Henry, sempre con un coefficiente di Bunsen di 0,01, si ottiene una portata di aria liberata in condotta di circa 76 l/s, decisamente minore del limite massimo del sistema.

Alla luce delle apparecchiature predisposte, si ritiene che l'aeroforo di testa, gli sfiati di linea e la batteria di sfiati a valle della valvola di ipervelocità della condotta forzata, siano sufficienti a garantire l'applicazione in tutta sicurezza delle procedure di riempimento e svuotamento del sistema, nonché il degassaggio durante il funzionamento ordinario.

• **Svuotamento delle condotte – Condizioni straordinarie di rottura**

Nei precedenti paragrafi state affrontate le condizioni di funzionamento ordinarie del sistema, con le relative verifiche di riempimento e di svuotamento. Tuttavia, data la sensibilità dell'opera, è anche necessario considerare la risposta del sistema in caso di una rottura catastrofica.

Per i dettagli degli scenari incidentali, si rimanda alla relazione idraulica e all'allegato alla medesima. In questa sede si vuole valutare come le apparecchiature predisposte per l'ingresso o l'evacuazione dell'aria si comportino in caso di fenomeni di rottura rovinosa ed imprevista.

Verranno presi in considerazione i due casi considerati più gravosi:

- 1) Rottura della condotta di derivazione alla base del pozzo piezometrico;
- 2) Rottura della condotta forzata subito a monte della centrale idroelettrica.
- 3)

CASO 1. Gli studi effettuati permettono di affermare che, nel caso di tranciamento netto dell'intera condotta con efflusso a "canna piena", la portata di rottura, prima che il flusso venga interrotto dalla valvola di iper velocità, raggiunge un valore medio di 8,50 m³/s.

In questo scenario, il fenomeno di depressione nella tubazione è scongiurato dalla presenza degli sfiati di linea, disposti a passo costante all'interno della galleria. Gli sfiati, in numero di 29, consentono, complessivamente, l'ingresso della seguente portata d'aria:

SVUOTAMENTO		
Q tot	24,16666667	m ³ /s
	24166,66667	l/s

Quantità non solo superiore alla portata media in caso di rottura, ma superiore anche alla portata di punta, di poco inferiore ai 15 m³/s. Il tutto senza considerare il contributo dell'aeroforo che, da solo, è in grado di fornire, alla velocità normalmente accettata per tali dispositivi, la portata d'aria di oltre 3 m³/s.

Q max Aeroforo		
Q	3,3	m ³ /s
A	0,5	m ²
v	6,5	m/s

Complessivamente, dunque, si ritiene che la rottura per l'intera sezione della condotta di derivazione non desta preoccupazione alcuna, essendo il sistema ben capace di rispondere ai fabbisogni d'aria necessari ad assicurare l'integrità dell'opera.

CASO 2. Nel caso di rottura della condotta forzata subito a monte dell'impianto idroelettrico, il problema è più gravoso. In questo caso, infatti, la portata in transito attraverso la valvola di ipervelocità prima della sua chiusura resta, in termini quantitativi, paragonabile a quella della condotta di derivazione e, quindi, sarebbe gestibile dalla batteria di sfiati predisposti a valle della valvola di sicurezza. Tuttavia, a valvola chiusa e con l'ingresso dell'aria in testa al tronco isolato della condotta forzata, si può immaginare che il sistema funzioni come una luce sotto battente, la cui portata è calcolabile con le leggi classiche della foronomia.

$$Q = \mu \sigma_e \sqrt{2gH_e}$$

dove:

Q = portata effluente (m³/s);

μ = coefficiente di efflusso, posto uguale a 0,61;

σ = sezione di efflusso (m²);

g = accelerazione di gravità (m/s²);

H_e = carico idraulico agente sul baricentro della sezione d'efflusso (m).

In questa condizione, il carico agente è dato dalla differenza di quota tra l'asse della condotta forzata nel manufatto di alloggiamento della valvola di sicurezza (333,42 m) e l'asse della condotta subito a monte dell'impianto idroelettrico (277,20 m) ed è pari a 56,22 m. A questo valore di H_e corrisponde una portata di 51,5 m³/s. I calcoli sono riassunti nello schema seguente, insieme alla corrispondente portata di aria che sarebbe necessario fornire nel caso in cui questa ipotesi si verificasse.

Q [m ³ /s]	mu	S [m ²]	r [m]	D [m]	g [m/s ²]	h [m]
51,5	0,61	2,5434	0,9	1,8	9,81	56,22

Q	51,5	m ³ /s
	185499,2	m ³ /h

Si tratterebbe, quindi, di riuscire a garantire, un flusso di circa 190.000,0 m³/h d'aria per impedire l'insorgere di fenomeni di depressione potenzialmente pericolosi all'interno della condotta.

La calcolazione esposta risulta sovrastimante il reale fenomeno in quanto simula la rottura completa della sezione della condotta (fuoriuscita a "canna piena") e l'efflusso a pressione atmosferica mentre, ovviamente, per consentire l'ingresso d'aria attraverso gli sfiati è necessario si ingeneri una depressione all'interno della condotta.

Si fa notare che la portata di 51,5 m³/s non è costante ma tende rapidamente a diminuire. Attesa la sezione della condotta forzata DN1800, pari a 2,54 m², ogni secondo si svuotano venti metri di condotta, facendo diminuire il carico idraulico, la

portata defluente e il fabbisogno d'aria. Inoltre, a differenza della condotta di derivazione, la condotta forzata è caratterizzata da forti pendenze, con un valore medio del 30%. Questo significa che, ogni 20 metri di lunghezza di tracciato, la quota (e quindi il carico idraulico) diminuisce di 6 metri, comportando una significativa diminuzione della portata.

Ciò premesso, si ritiene inverosimile la possibilità di garantire l'ingresso in condotta di portate così ingenti, corrispondenti ad una condizione catastrofica e drammatica che implica la scomparsa di un'intera canna di una condotta sovrappressorata e alloggiata in un cunicolo ispezionabile armato ed a tenuta. Molto più verosimile – seppure ancora catastrofica - risulta l'ipotesi non del tranciamento dell'intera condotta, ma il cedimento completo di una saldatura lungo l'intera circonferenza della tubazione.

In quest'ultima ipotesi, considerando sempre che la rottura avvenga a monte dell'impianto idroelettrico, la batteria di sfiati DN200 installati a valle della valvola di iper velocità è in grado di fornire un flusso d'aria di 30.000 m³/h (il progetto prevede n.3 sfiati tripla azione DN200, ognuno con portata nominale di 10.000 m³/h con una variazione di pressione accettabile di -0,2 bar) superiore alla portata defluente attraverso una sezione di efflusso (sotto battente) corrispondente ad un anello di condotta con sette centimetri di spessore interessante l'intera circonferenza della condotta. A tale sezione di rottura corrisponde una portata di efflusso di 8 m³/s come di seguito calcolato mediante la usuale legge di foronomia. La sezione di efflusso S è data dalla circonferenza della condotta moltiplicata per la fascia di rottura ipotizzata.

Q [m ³ /s]		mu	S [m ²]	r [m]	D [m]	g [m/s ²]	h [m]
8,0		0,61	0,39564	0,9	1,8	9,81	56,22

Alla luce di quanto esposto e verificato si conferma che il funzionamento del sistema avverrà in piena sicurezza, anche in corrispondenza degli scenari incidentali di rottura.

7. IMPIANTI DI PROTEZIONE CATODICA

7.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

In tale capitolo si analizzano i sistemi di protezione catodica del tipo attiva a corrente impressa da predisporre per la protezione contro la corrosione delle condotte in acciaio interrate per tutti i tratti presentati nei capitoli precedenti.

Le condotte saranno in acciaio con rivestimento esterno in polietilene estruso secondo la norma UNI 9099/89, da realizzare in triplo strato e spessore rinforzato (R3R).

7.2 CONCETTI DI CORROSIONE E TIPOLOGIE DI PROTEZIONE

Le cause dell'insorgere della corrosione possono essere molteplici, quali ad esempio la formazione di pile galvaniche dovute ad accoppiamenti plurimetallici, la formazione di pile geologiche causate dall'eterogeneità dell'ambiente di posa oppure interazioni determinate dalla presenza di campi elettrici esterni che investono la struttura interrata (correnti vaganti).

Per impedire l'insorgere di tali fenomeni le tubazioni devono essere dotate di un doppio sistema di protezione.

7.2.1 Protezione passiva - Protezione attiva

La protezione passiva viene realizzata applicando sulla superficie metallica della condotta un rivestimento isolante di tipo bituminoso o plastico, (polietilene) e, in punti opportuni, installando dei giunti isolanti.

Ad integrazione della protezione passiva occorre inoltre realizzare la protezione attiva (protezione catodica), la quale esercita la sua azione in corrispondenza dei punti in cui si determinano soluzioni di continuità del rivestimento intrinseche o derivanti dagli inevitabili danni che esso subisce durante le fasi di trasporto, movimentazione e posa.

La corrosione è, infatti, l'insieme di reazioni chimiche che interessano un materiale e l'ambiente circostante e che determinano il deterioramento del materiale stesso.

Nei metalli la corrosione è condizionata sia dalle proprietà intrinseche, che dall'aggressività dell'ambiente in cui essi si trovano immersi. In particolare, i metalli possono più o meno facilmente cedere gli elettroni degli strati più esterni all'atomo, producendo in questo modo degli ioni vaganti che andranno a legarsi con sostanze presenti nell'ambiente, con formazione di ossidi e sali.

7.2.2 Corrosione

7.3 CORROSIONE CHIMICA

Si verifica quando il metallo si trova a contatto con acqua e ossigeno. L'ossigeno disciolto in acqua è l'agente aggressivo principale in ambito tecnologico.

- **Corrosione batterica**

La corrosione dei metalli si sviluppa normalmente in ambienti aerobici, cioè in presenza di ossigeno; anche in assenza di ossigeno, però, si può verificare una intensa corrosione, provocata da una particolare famiglia di batteri solfato riduttori, i quali favoriscono la liberazione di ioni idrogeno e la successiva riduzione dei solfati a solfuri.

- **Corrosione galvanica**

In elettrochimica, l'attitudine dei metalli a passare dallo stato di atomo metallico a ione per la perdita di un certo numero di elettroni è definita "nobiltà del metallo". La "scala delle nobiltà", in ordine decrescente, stabilisce il grado di nobiltà del metallo secondo parametri non costanti, ma condizionati dall'aggressività dell'ambiente in cui è inserito il metallo.

Se prendiamo in considerazione soltanto la scala della nobiltà termodinamica possiamo dedurre che l'oro e l'argento sono metalli molto nobili, quindi incorrodibili, contrariamente al ferro, allo zinco o all'alluminio.

In ambiente umido, notiamo che per alcuni metalli i valori di nobiltà termodinamica subiscono variazioni importanti; infatti, se ad esempio esaminiamo il titanio, esso è un metallo poco nobile termodinamicamente, ma in ambiente umido è pressoché incorrodibile. La variazione si spiega perché in ambiente umido si crea spontaneamente uno strato di passività molto compatto e stabile, che protegge il metallo dall'aggressività dell'ambiente.

Un fenomeno analogo si verifica per l'alluminio ed il cromo, che per questa ragione vengono utilizzati come elementi base nelle leghe inossidabili.

La scala di nobiltà consente di comprendere le ragioni di un particolare tipo di corrosione, la corrosione galvanica o corrosione di contatto, che si verifica quando due metalli diversi vengono in contatto elettrico, in ambiente aggressivo. In questo caso, anche se i due metalli sono esposti uniformemente all'azione aggressiva dell'ambiente circostante, la reazione anodica e quindi la corrosione si concentreranno sull'elemento meno nobile.

- **Corrosione per correnti disperse**

In ambito tecnologico assumono importanza particolare quei fenomeni di corrosione non provocati da reazioni elettrochimiche, ma da differenze di potenziale in corrente continua presenti nel terreno che portano il metallo investito ad un potenziale superiore di quello dell'ambiente in cui è immerso.

In questo caso il metallo è spinto a perdere elettroni, con conseguente passaggio dallo stato di atomo metallico a ione.

Le differenze di potenziale nei terreni sono generalmente definite "campi elettrici dispersi" o "correnti vaganti"

7.4 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE METALLICHE INTERRATE

Le condotte di progetto saranno in acciaio rivestito rispondente alla norma EN 10224 e al marchio CE.

Le tubazioni avranno diametri DN diversi a seconda delle tratte in esame.

7.5 CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE ED ELEMENTI ELETTRICI INTERFERENTI

Per ambiente si intende il mezzo elettrolitico nel quale si trova immerso il metallo che costituisce la struttura interrata.

La valutazione dell'aggressività dell'ambiente (terreni), è uno degli elementi fondamentali per determinare la velocità di corrosione di una struttura in uno specifico ambiente .

La concentrazione di sali minerali disciolti, l'acidità del terreno, la resistività ed altri fattori elettrolitici generano e regolano la corrosione. L'interferenza fra strutture immerse in un ambiente è invece il fenomeno per il quale si ha uno scambio indesiderato di corrente fra le strutture stesse attraverso l'ambiente. Infatti, le strutture nel sottosuolo sono sempre più numerose e i problemi di interferenza diventano più complessi.

Per quanto attiene alla sicurezza del personale che viene a contatto con la condotta e/o con gli apparati connessi alla stessa per interventi di manutenzione, controlli e rilievi elettrici, in condizioni normali di funzionamento, per limitare a valori accettabili le tensioni indotte al fine di assicurare la protezione delle persone si è fatto riferimento al limite di tensione 50V sancito dalla norma CEI 64-8.

7.6 INDAGINI ELETTRICHE DA REALIZZARE

Per una corretta realizzazione del sistema di protezione catodica saranno realizzate una serie di misure elettriche e geoelettriche preliminari per individuare lo stato elettrico delle condotte e del terreno lungo il tracciato di posa.

I risultati delle indagini elettriche saranno riportati in schede di verbale.

7.6.1 Resistività dell'ambiente di posa

Per determinare l'aggressività del terreno di posa, sarà misurata la resistività apparente.

Le registrazioni saranno effettuate con un circuito del tipo indicato in figura. Saranno eseguite anche misure della resistività dei terreni sia alla profondità di posa delle strutture che alla profondità delle ubicazioni ipotizzate per la posa del dispersore anodico.

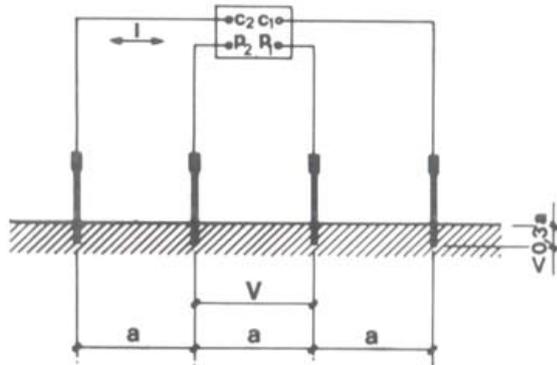


Figura 7.1 - Misura della resistività del terreno con il metodo (Wenner) dei quattro elettrodi in superficie.

7.6.2 Rilievo dello stato elettrico

Per accertare la presenza di correnti vaganti, continuità longitudinale e trasversale della corrente e determinarne l'entità, per individuare le zone anodiche e catodiche, saranno eseguite misure dei potenziali tubo/terreno riferite all'elettrodo di riferimento al Cu/CuSO_4 .

Per tale scopo saranno utilizzati strumenti registratori a doppia traccia

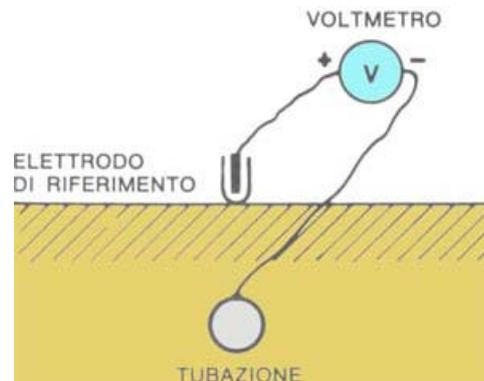


Figura 7.2 - Registrazione Voltamperometrica

7.6.3 Misura della resistenza di isolamento delle tubazioni

Saranno eseguite misure di isolamento delle tubazioni verso terra.

Sulla base del valore di resistenza di isolamento ricavato, sarà calcolata la corrente necessaria per la protezione catodica della struttura, imponendo che nei punti più sfavoriti la d.d.p. verso terra rientri nel range di immunità $-0,85V$, ma mai più negativa di $-2,5V$ con riferimento all'elettrodo impolarizzabile al solfato di rame.

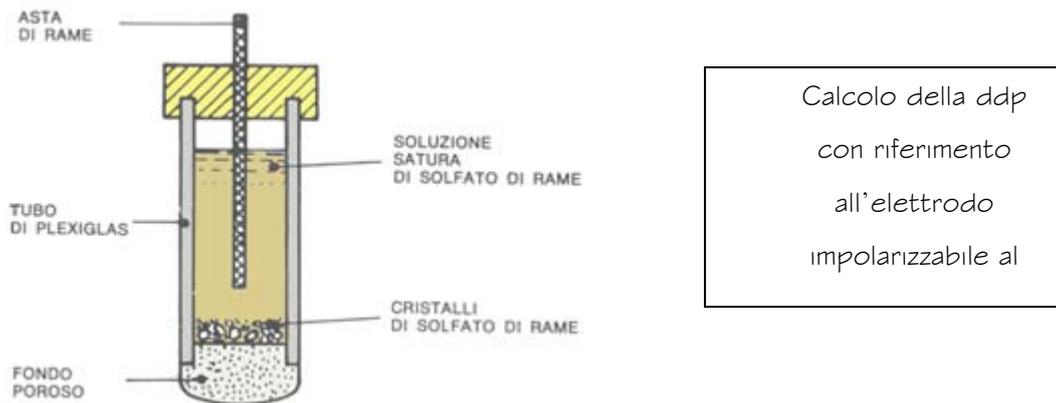


Figura 7.3 – Misura della resistenza di isolamento delle tubazioni

Per questo tipo di indagine saranno utilizzate le seguenti apparecchiature:

- Alimentatore provvisorio da 1A 12V
- Elettrodo di riferimento portatile al $Cu/CuSO_4$
- Massa anodica provvisoria costituita da spandenti zincati collegati in parallelo tra loro
- Multimetro digitale per il rilievo dei parametri (I_{out} , V_{out} e ddp condotta/suolo).

7.7 FABBISOGNO DI CORRENTE E NUMERO DI IMPIANTI DI PROTEZIONE CATODICA DA REALIZZARE

Il calcolo della potenza elettrica necessaria è stato eseguito considerando la superficie esposta, la lunghezza totale della condotta per ogni tratta ed il coefficiente corrispondente al diametro della condotta. La superficie esposta è data da:

$$S_t = D_n L \pi$$

L= lunghezza del tratto di condotta

D_n = diametro del tratto

Il fabbisogno di corrente imposto (1 mA/m^2) è sufficiente per abbassare il gradiente di potenziale nel range di immunità da corrosione $(-0,85) \div (-2,5)$ Volt.

L'alimentatore a supporto dell'impianto di protezione catodica sarà predisposto per funzionare, massimo, a circa il 75% della potenza nominale, ed erogherà una quantità di corrente sufficiente a garantire la protezione della struttura.

In tal modo, il sistema di protezione catodica potrà garantire la completa efficienza anche in caso di ampliamento della rete idrica.

Le tubazioni dovranno inoltre essere rese equipotenziali tramite la predisposizione di cavidotti per collegamenti equipotenziali.

La scelta del sito in cui sarà ubicato l'impianto di protezione catodica sarà determinata dai seguenti elementi valutativi:

- Buona distribuzione lungo la struttura dei potenziali tubo-elettrolita e delle corrispondenti correnti di protezione
- Sufficiente distanza del dispersore anodico dalla condotta

7.7.1 Calcolo delle masse anodiche

I dispersori anodici da installare dovranno garantire una durata di 20 anni.

Il peso totale dei dispersori anodici di ciascun impianto sarà calcolato attraverso la seguente relazione:

$$G = \frac{q \cdot N \cdot I}{\eta}$$

In cui:

G = peso della massa anodica espressa in Kg

q = consumo per Ampère - anno espresso in Kg/ A anno

N = numero di anni di vita (20 anni)

I = corrente che il dispersore è chiamato ad erogare

η = rendimento anodico

Il dispersore anodico è l'elemento passivo del sistema di protezione catodica. Questo costituisce l'anodo del sistema tubo - alimentatore - dispersore e pertanto quello soggetto a disgregarsi per corrosione elettrolitica.

Esso è costituito da un insieme di barre di ferro – silicio - cromo (Fe-Si- Cr) o titanio collegate tra loro con un cavo isolato (da 16 mm²).

I collegamenti tra i due conduttori saranno eseguiti con cura onde evitare l'infiltrazione di umidità con conseguente corrosione degli stessi.

Per la posa del dispersore anodico verrà realizzata una perforazione del diametro ϕ 200 mm a 80 mt di profondità .

Per abbassare il valore della resistività del letto di posa del dispersore anodico si provvederà a sistemare nello scavo del backfill di carbon coke.

7.8 PREVISIONE INSERIMENTO GIUNTI DIELETRICI

I giunti isolanti vengono installati per sezionare elettricamente tratti di struttura e quindi drenare le correnti elettriche solo lungo le condotte che si desidera proteggere.

I giunti dielettrici devono presentare caratteristiche rispondenti alle normative vigenti (UNI 9782):

- resistenza alla pressione interna almeno pari a quella della tubazione sulla quale sono installati;
- perfetta tenuta a qualsiasi sollecitazione interna o esterna;
- rigidità dielettrica e resistenza elettrica elevata, (almeno 3 M Ω);
- inalterabilità in condizioni di esercizio.

I giunti dielettrici saranno installati all'inizio e alla fine delle condotte di nuova posa da proteggere e dove la condotta non è interrata.

Attraverso il suddetto sezionamento verrà realizzato un sistema complesso costituito da più zone elettriche agevolmente controllabili in fase di gestione.

I collegamenti saranno realizzati con cavi di rame isolati (tipo FG160R16 1x16 mm²) attestati in apposite cassette di derivazione stradali in lega di alluminio pressofusa.

Queste ultime saranno installate in prossimità dei giunti dielettrici.

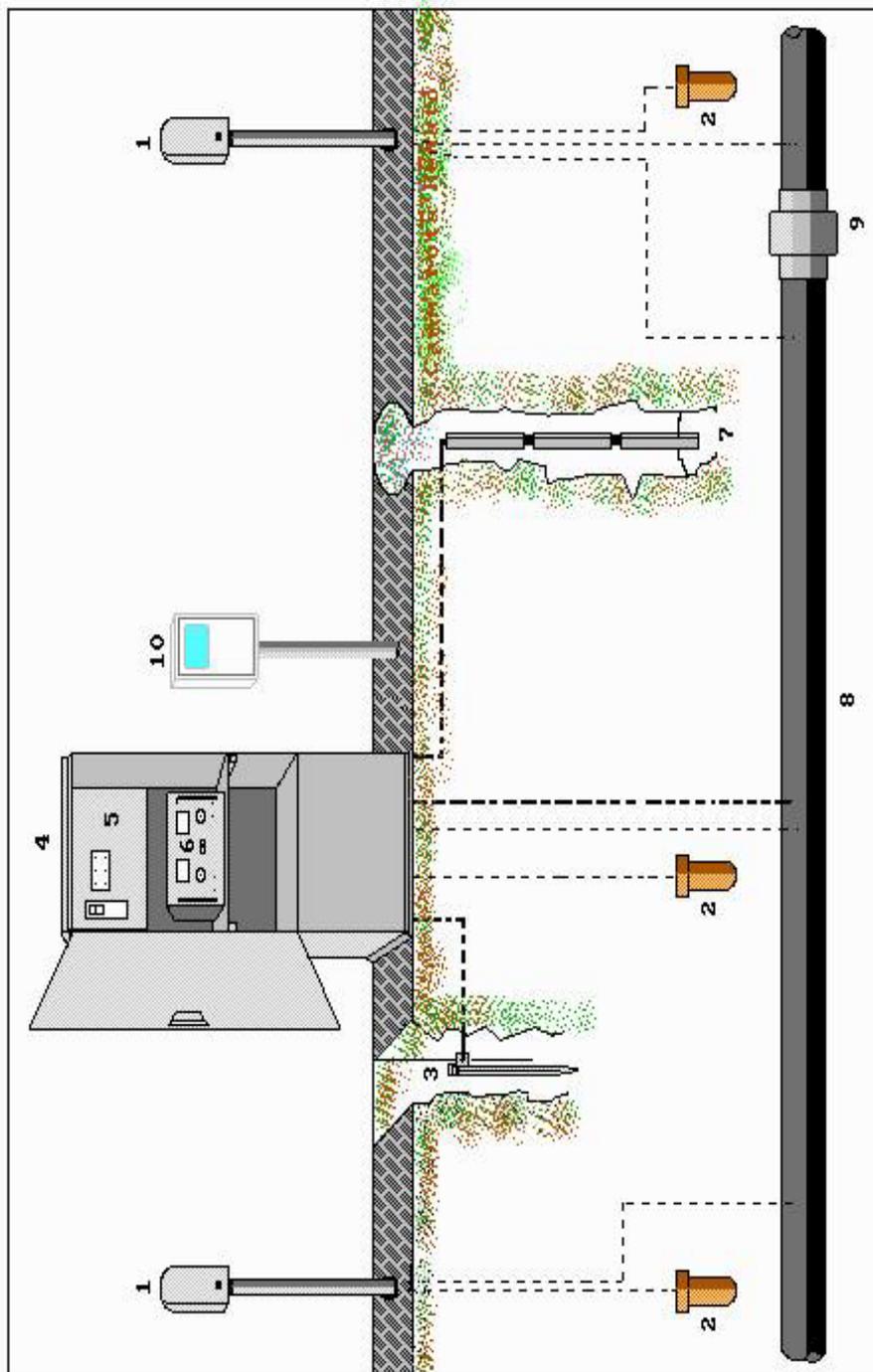
Dai suddetti cavi saranno rilevabili periodicamente, in fase gestionale, i parametri fondamentali determinanti lo stato di efficienza dell'impianto e cioè la ddp condotta- suolo e la corrente assorbita (I_a).

7.9 POSTAZIONI DI MISURA LUNGO LA TRATTA NUMERO ED UBICAZIONE

Saranno installate postazioni di misura ognuna costituita da una cassetta (tipo conchiglia) con proprio numero seriale montata su una colonnina e da un elettrodo di riferimento Cu-CuSO₄ posto in posizione verticale, ad una distanza di min. 50 cm dalla condotta interrata.

Tali punti di misura permetteranno al gestore di controllare costantemente la perfetta funzionalità del sistema di protezione catodica e quindi l'integrità delle condotte.

Perché la condotta sia in condizioni di immunità è necessario che il valore della ddp condotta - suolo rilevata presso i posti di misura abbia sempre un valore compreso tra -1V e - 2V riferito all'elettrodo Cu-CuSO₄ saturo (UNI 9782).



IMPIANTO DI PROTEZIONE CATODICA
 legenda

- | | |
|---|--|
| 1. Casseta di derivazione su piantana | 6. Alimentatore catodico |
| 2. Elettrodo di riferimento (CU-CUSO4) di tipo permanente | 7. Dispensore di corrente di tipo verticale profondo |
| 3. Messa a terra | 8. Condotta |
| 4. Armadio in vetroresina | 9. Giunto isolante |
| 5. Quadro elettrico | 10. Cassetta portacontattore ENEL su palo |

Figura 7.4 - Impianto di Protezione Catodica

8. TELECONTROLLO

8.1 PREMESSA

L' estensione del sistema idrico regionale ed il numero elevato delle opere idrauliche da amministrare, rende necessario implementare un adeguato sistema di telecontrollo per il monitoraggio della risorsa idrica che sarà resa disponibile dagli interventi in progetto, al fine di ottimizzare la gestione della risorsa idrica e razionalizzare l'approvvigionamento delle fonti, sia quelle esistenti, sia quelle rese disponibili dall'intervento oggetto di questo progetto.

Il sistema di monitoraggio consente il controllo della disponibilità della risorsa idrica, la determinazione dei parametri di qualità delle fonti di approvvigionamento e la fruizione sostenibile dal punto di vista energetico. Pertanto, l'obiettivo è predisporre un servizio integrato di monitoraggio delle risorse idriche in grado di attuare un'ideale politica di gestione e di controllo delle criticità.

Il presente progetto, rendendo disponibile le acque dell'invaso di Campolattaro a scopo idropotabile, interfacciandosi con l'acquedotto Campano, i sistemi acquedottistici dell'alto Beneventano e migliorando l'adduzione di risorsa al comune di Benevento, necessita di un sistema con architettura tale da consentire la connessione e l'integrazione dei vari processi di gestione, integrandosi nel sistema di automazione e controllo dell'Acquedotto Campano e degli altri sistemi coinvolti.

Il fine è quello di monitorare in tempo reale e quindi stilare efficaci strategie di controllo e fruizione della risorsa idrica integrativa resa disponibile dagli interventi di progetto.

Per la descrizione dei sistemi acquedottistici coinvolti e su come il progetto in esame si inserisca nello scenario esistente, alterando gli attuali scenari di fruizione e sfruttamento delle risorse idriche, si rimanda alla ED.01 Relazione Illustrativa e suoi allegati.

8.2 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Il sistema di monitoraggio di progetto ha come finalità generale il controllo della disponibilità e la modalità di fruizione della risorsa idrica resa disponibile dalle nuove infrastrutture ed una maggiore conoscenza dello sfruttamento idropotabile per quelle opere alimentate da risorse già esistenti (vedi la nuova condotta Curti-Benevento).

L'obiettivo è la predisposizione di un servizio integrato di monitoraggio delle risorse idriche che consenta di attuare un'ideale politica di gestione e di controllo delle criticità.

Pertanto, appare evidente che si necessita di una conoscenza immediata, precisa, di tutte le principali grandezze fisiche, in corrispondenza dei punti salienti dell'acquedotto, i cui valori e variazioni forniscono un quadro chiaro delle mutevoli

condizioni di funzionamento dell'opera acquedottistica sia in regime standard che in eventuali fasi anomale.

Gli elementi da controllare sono essenzialmente:

- le Opere di presa;
- le Opere di Adduzione;
- le Opere di Accumulo;
- le Opere di Distribuzione;
- le Centrali di sollevamento.

- **Opere di presa**

Il sistema di telecontrollo relativo all'approvvigionamento idrico dall'opera di presa, dovrà interfacciarsi con i sistemi di monitoraggio dell'invaso e con il complesso sistema di gestione della centrale idroelettrica.

Le opere di presa saranno monitorate anche da un punto di vista qualitativo tramite l'installazione di un pannello di analisi in grado di fornire dati relativi alla qualità dell'acqua in comunicazione con l'impianto di potabilizzazione.

In questa fase progettuale, le apparecchiature di monitoraggio previste sono:

- Misuratori di portata, di pressione e di analisi delle acque a valle dell'opera di presa;
- Misuratori di portata e di pressione a monte della centrale idroelettrica.

- **Opere di adduzione**

Si tratta delle opere deputate al trasporto della risorsa dalle fonti fino ai serbatoi a capo delle reti di distribuzione. E' necessario controllare la risorsa fluente sia nella sezione di partenza che in quella di arrivo (per lunghezze notevoli si preferisce avere la misura anche in sezioni intermedie). Ciò, congiuntamente alla misurazione della pressione, consente di verificare l'esistenza di eventuali perdite lungo il percorso ed il corretto funzionamento idraulico avendo la possibilità di ricostruire in tempo reale l'andamento della linea piezometrica.

Per le diverse condotte si indicano, di seguito, le apparecchiature previste in questa fase della progettazione.

Condotta ACAM - DN1500

- Misuratori di portata e pressione in uscita dal serbatoio di accumulo di progetto, alloggiati nella camera di manovra del serbatoio in località Ponte;
- Misuratori di portata e pressione lungo linea, alloggiati in un pozzetto dedicato;

- Misuratori di portata e pressione in arrivo alla camera di carico di Torre del Duca, alloggiati in un pozzetto dedicato.

Nuova condotta Curti-BN – DN700

- Misuratori di portata e pressione in uscita dalla camera di carico di Curti;
- Misuratori di portata e pressione di distribuzione, alloggiati in pozzetti dedicati. Le previste derivazioni sono in numero di cinque (Gioia Sannitica; Faicchio; Puglianello; San Salvatore Telesino; Castelvenere);
- Misuratori di portata e pressione in arrivo al manufatto di interconnessione con la condotta Curti-BN esistente, alloggiati in un pozzetto dedicato.

Condotta Irrigua - DN1800/1700/1200 (non oggetto del presente stralcio progettuale)

- Misuratori di portata e pressione in uscita dalla vasca di alimentazione in area impianti;
- Misuratori di portata e pressione di derivazione alloggiati in pozzetti dedicati per la consegna al consorzio di bonifica. I previsti punti di consegna sono in numero di quattro;
- Misuratori di portata e pressione in arrivo alla centrale idroelettrica del Grassano, alloggiati in un pozzetto dedicato.

Condotta di mandata per il nuovo serbatoio area PIP di Campolattaro – DN600

- Misuratori di portata e pressione in uscita dalla centrale di sollevamento, alloggiati in un pozzetto dedicato;
- Misuratori di portata e pressione in arrivo al nuovo serbatoio, alloggiati all'interno della camera di manovra.

Condotta dal nuovo serbatoio area PIP al partitore di Zingara Morta – DN600

- Misuratori di portata e pressione in uscita dal serbatoio di progetto in area PIP, alloggiati nella camera di manovra della nuova opera.

Condotta da Zingara Morta al nuovo manufatto partitore/sollevamento di Pesco Sannita – DN500

- Misuratori di portata e pressione in uscita, alloggiati nella camera di manovra del partitore di Zingara Morta;
- Misuratori di portata e pressione in arrivo al nuovo partitore/sollevamento di Pesco Sannita, alloggiati in un pozzetto dedicato.

Condotta dal nuovo partitore/sollevarmento di Pesco Sannita al nuovo serbatoio/sollevarmento di San Marco dei Cavoti – DN 400

- Misuratori di portata e pressione in uscita dal partitore/sollevarmento di Pesco Sannita, alloggiati in un pozzetto dedicato;
- Misuratori di portata e pressione in arrivo al serbatoio/sollevarmento di San Marco dei Cavoti, alloggiati in un pozzetto dedicato.

Condotta di mandata dal serbatoio/sollevarmento di San Marco dei Cavoti al serbatoio esistente di Sella Canala – DN400

- Misuratori di portata e pressione in uscita dal serbatoio/sollevarmento di San Marco dei Cavoti, alloggiati in un pozzetto dedicato;
- Misuratori di portata e pressione in arrivo al serbatoio esistente di Sella Canala, alloggiati in un pozzetto dedicato.

Condotta dal partitore Zingara Morta al partitore esistente di Guardia Sanframondi – DN500

- Misuratori di portata e pressione in uscita dal partitore, alloggiati nella camera di manovra;
- Misuratori di portata e pressione in arrivo al partitore esistente, alloggiati in un pozzetto dedicato.

- **Opere di accumulo**

È necessario misurare il livello idrico all'interno dei serbatoi in modo da monitorare esattamente i volumi di acqua invasati e permettere la chiusura del bilancio idrico in ogni singolo nodo dell'acquedotto monitorato dal sistema di telecontrollo. Infatti, con i misuratori di portata installati lungo le adduttrici principali, è possibile misurare i volumi entranti e uscenti da ogni nodo, mentre con i misuratori di livello nei serbatoi, i volumi d'acqua invasati.

Per le diverse opere di accumulo a farsi si indicano, di seguito, le apparecchiature previste in questa fase della progettazione.

Serbatoio di accumulo principale in area impianti

- Misuratori di livello, uno per ogni vasca.

Nuovo serbatoio area PIP di Campolattaro

- Misuratori di livello, uno per ogni vasca.

Nuovo serbatoio/sollevamento di San Marco dei Cavoti

- Misuratore di livello in vasca.

- **Centrali di sollevamento**

Le misure principali necessarie sono la portata e la pressione lungo le condotte prementi, già elencate nella disamina delle condotte. Dappiù, si prevede l'installazione di apparecchiature di misura (multimetri), asservite ai quadri di avviamento delle pompe, così da mettere a sistema la gestione dei consumi di energia elettrica. Infatti, partendo dall'acquisizione delle misure energetiche e dall'analisi delle stesse, saranno ricercate le aree di interesse per la riduzione dei consumi e per l'ottimizzazione dei processi energivori.

Di seguito si riporta lo schema di funzionamento del telecontrollo di progetto.

8.3 ARCHITETTURA DEL SISTEMA

In progetto è prevista una nuova centrale di supervisione del sistema, situata nell'area impianti di progetto (cfr Edificio Direzionale – Elaborato POT.33.1), in comunicazione con quella in essere, in gestione alla Regione Campania.

La sicurezza e la priorità di accesso ai dati saranno gestite tramite accessi differenziati alla rete, mediante la definizione di vari profili utente.

L'architettura del sistema sarà di tipo "aperta" e "distribuita" basando le scelte di progetto su "standard" che hanno riscosso una accettazione diffusa sul mercato; ciò garantisce la possibilità di far evolvere il sistema e di integrarlo con altri ambienti interni ed esterni alla Regione, di rendere indipendenti le procedure software dalla tecnologia hardware, di continuare ad utilizzare ambienti di lavoro molto diffusi ed ormai conosciuti dal personale (ad es. Office).

La caratteristica "distribuita", invece, consente di utilizzare una struttura di lavoro cooperativa e di suddividere i servizi in modo logico e funzionale; ci saranno così posti di lavoro intelligenti in grado di collegarsi alle applicazioni distribuite ma, contemporaneamente, di essere autonomi per molte attività svolte in locale. Tali caratteristiche rendono il sistema flessibile, facilmente modificabile ed espandibile.

La struttura del sistema di controllo può suddividersi in più livelli, ad ognuno dei quali compete un ben determinato compito, al fine di avere una struttura modulare, logicamente ben concepita, la quale riconduca la complessità dell'intero sistema in sottosistemi omogenei facilmente controllabili e gestibili.

I livelli in cui può suddividersi il sistema sono essenzialmente:

1° livello rappresentato dalle periferiche remote in campo e dai relativi strumenti di misura;

2° livello rappresentato dai centri di controllo secondari degli Acquedotti;

3° livello rappresentato dal nuovo centro di controllo e supervisione allocato nell'area impianti;



Figura 2 Configurazione generalizzata del sistema di telecontrollo

Il 1° livello è rappresentato dalle unità periferiche locali, le quali fanno da tramite tra il centro di controllo di zona, gli attuatori e la strumentazione in campo. Ad esse è demandato il controllo della parte di impianti da cui ricevono i dati ed alle cui apparecchiature elettroniche inviano i comandi.

Il 2° livello è rappresentato dai centri di supervisione locali, i quali fanno anche da tramite tra il centro di controllo e le periferiche in campo.

Questo modello di automazione "distribuita" è diventato uno standard "de facto" in questo tipo di applicazioni.

Al 3° livello (che coincide con il centro di controllo dell'intero sistema) sono demandati i compiti di supervisione e di diffusione ed elaborazione delle informazioni ai vari altri livelli del sistema di supervisione e controllo.

A questo ultimo livello è prevista l'installazione di computer in parallelo collegati ai computer della nuova centrale di controllo via rete locale e di computer contenente un Web Server. Dalla sala controllo sarà quindi possibile, istante per istante, conoscere lo stato del sistema, variarne la configurazione, elaborarne i dati di processo ed archiviare e diffondere le informazioni ad altri livelli anche via Internet.

Per la particolare architettura del sistema di supervisione e controllo, i visualizzatori possono anche essere dei PC portatili, in quanto è prevista la diffusione delle informazioni attraverso Internet.

Naturalmente saranno diffuse informazioni a livello di complessità diversa in funzione dei diversi profili di utenti.

Gli strumenti oggetto dell'acquisizione, comunicheranno con il server nelle seguenti possibili modalità:

- Via Ethernet;
- Via seriale RS485, con Gateway per conversione dati (GSM, WMTS, LTE etc..).

8.4 STRUMENTAZIONE IN CAMPO

8.4.1 Apparatiferi periferici

Gli apparatiferi periferici svolgono essenzialmente le seguenti funzioni:

- trasmissione a distanza dei parametri rilevati dai sensori;
- memorizzazione di set point trasmessi dal centro di controllo;
- gestione dell'impianto di sicurezza anti effrazione.
- I segnali di ingresso ON-OFF sono di due tipi diversi:
- segnali di stato, utilizzati ad esempio per controllare lo stato delle valvole e verificarne quindi il corretto funzionamento;
- segnali di allarme, provenienti dai vari sensori misuratori.

Periodicamente il centro di controllo interroga, in modo automatico, ciascuna periferica per riceverne lo stato attuale in tutti i segnali.

Per rendere questa procedura più veloce, ciascuna periferica trasmette, di norma, solamente le variazioni verificatesi rispetto alla chiamata precedente. Solo occasionalmente il centro richiede la situazione generale per controllo.

Le apparecchiature sono realizzate facendo uso dei più moderni dispositivi elettronici, con uso quasi totale di circuiti che uniscono, ad una elevata velocità, una gamma estesa di temperatura, una elevata immunità ai disturbi e un consumo ridotto.

- **Misuratori di livello ad ultrasuoni**

La misura di livello nelle vasche dei serbatoi sarà effettuata mediante l'impiego di misuratori di livello del tipo ad ultrasuoni.

Un trasduttore ultrasonoro è installato sulla sommità della vasca ed invia verso il basso degli impulsi sonori. L'onda ultrasonora viene riflessa dal liquido e ricevuta dal trasduttore. La misura del tempo di ritorno del segnale fornisce il valore della distanza tra il trasduttore e il liquido; questo tempo viene misurato dall'elettronica di controllo del trasduttore e trasmesso come segnale analogico in corrente.

La misura di livello viene utilizzata sia per valutare i volumi invasati nei serbatoi, sia per segnalare il raggiungimento di valori di soglia.

- **Misuratore di portata elettromagnetico**

E' prevista l'installazione di misuratori di portata del tipo ad induzione elettromagnetica sulle condotte di mandata e sulle condotte di diametro inferiore ai 1000 mm.

Il misuratore di portata consiste in un tronco flangiato del diametro pari o minore di quello della tubazione, nel quale vi sono gli elettrodi di misura.

Lo strumento effettua una misura di velocità dell'acqua all'interno della tubazione che, moltiplicata per l'area della stessa, fornisce il valore della portata.

I vantaggi sostanziali dell'adozione di tali sistemi di misura sono connessi al fatto che gli stessi non hanno perdita di carico nel caso che il diametro del misuratore sia uguale a quello della tubazione.

Essi funzionano sul principio della legge di Faraday sulla forza elettromotrice indotta, per cui:

- non vi sono parti meccaniche in movimento, nessuna usura, nessuna manutenzione;
- per l'installazione si richiedono solo 5 diametri di tubazione indisturbata a monte. A valle può esservi accoppiata a breve distanza (3 diametri) anche una valvola;
- segnale lineare in uscita;
- campo di misura utilizzabile nella sua interezza: con questo sistema sono apprezzabili anche misure vicino allo zero;

- **Misuratore di portata a inserzione**

Il misuratore di portata ad inserzione, come i misuratori di portata elettromagnetici, è basato sulla legge di Faraday., con tutti i vantaggi descritti al punto precedente. Prevede l'inserimento di un organo di rilevazione statico, inserito perpendicolarmente rispetto al transito del fluido da misurare. A valle di questo ostacolo si produrrà un treno di vortici la cui frequenza è proporzionale alla velocità del fluido in transito. Un cristallo piezoelettrico convertirà i vortici in un segnale elettrico.

Rispetto ai classici misuratori elettromagnetici, ha i seguenti vantaggi supplementari:

- Non necessita di diametri monte valle, permettendo un'installazione più semplice, quale che sia la complessità del sistema;
- Per installare il misuratore di portata ad inserzione non occorre interrompere il servizio di erogazione acqua, rimuovendo quindi la necessità di bonificare i tubi, tagliare le condotte, saldare le controflange e, infine, installare il misuratore di portata elettromagnetico.

- **Misuratore di pressione relativa**

Le misure di pressione permette la determinazione della piezometrica della rete (anche se per punti).

Il sensore di misura è dotato di una particolare elettronica incorporata di trasmissione del segnale e di indicatore locale della misura.

La struttura dell'apparecchio presenta notevole robustezza ed affidabilità e la mancanza di organi di movimento, determina oneri di manutenzione bassissimi.

- **Pannello di Analisi**

Con l'obiettivo di monitorare la risorsa idrica anche da un punto di vista qualitativo, si prevede l'installazione di pannelli di analisi in grado di determinare parametri quali la concentrazione di ossigeno disciolto in acqua, la conducibilità, la torbidità e il pH.

Infatti, essendo tale risorsa destinata all'uso idropotabile, è fondamentale monitorare istantaneamente i parametri più significativi, permettendo successivamente

anche di storicizzare il dato per caratterizzare ogni fonte di alimentazione del sistema acquedottistico in esame.

Infatti:

- L'alterazione della concentrazione di ossigeno disciolto in acqua può indicare la decomposizione di materiali organici, eventualmente legata ad attività antropiche, che alterano la qualità dell'acqua;
- la conducibilità ossia la capacità di una soluzione di condurre la corrente elettrica, denota la presenza di sali disciolti in acqua che consentono il passaggio della corrente;
- La misura della torbidità permette di identificare sostanze insolubili in sospensione (materiali organici, sostanze minerali e altro). Oltre ad avere rilevanza ai fini delle caratteristiche organolettiche, la torbidità può alterare la qualità batteriologica di un'acqua sia direttamente, in seguito all'adsorbimento di microrganismi sulla superficie dei solidi in sospensione, sia indirettamente, influenzando i processi di disinfezione;
- La misura del pH di un campione di acqua è molto importante come indicatore della qualità dell'acqua. Piccole variazioni di pH possono essere causate dallo sviluppo di alghe (aumento del pH), dal rilascio di acidi o basi da processi industriali o dall'ossidazione di sedimenti contenenti zolfo (diminuzione del pH).

- **Multimetri**

Lo strumento misura direttamente e indirettamente, tramite trasformatori di misura, le correnti e le tensioni di singola fase, la frequenza, lo sfasamento tra le fasi e il fattore di potenza del sistema trifase.

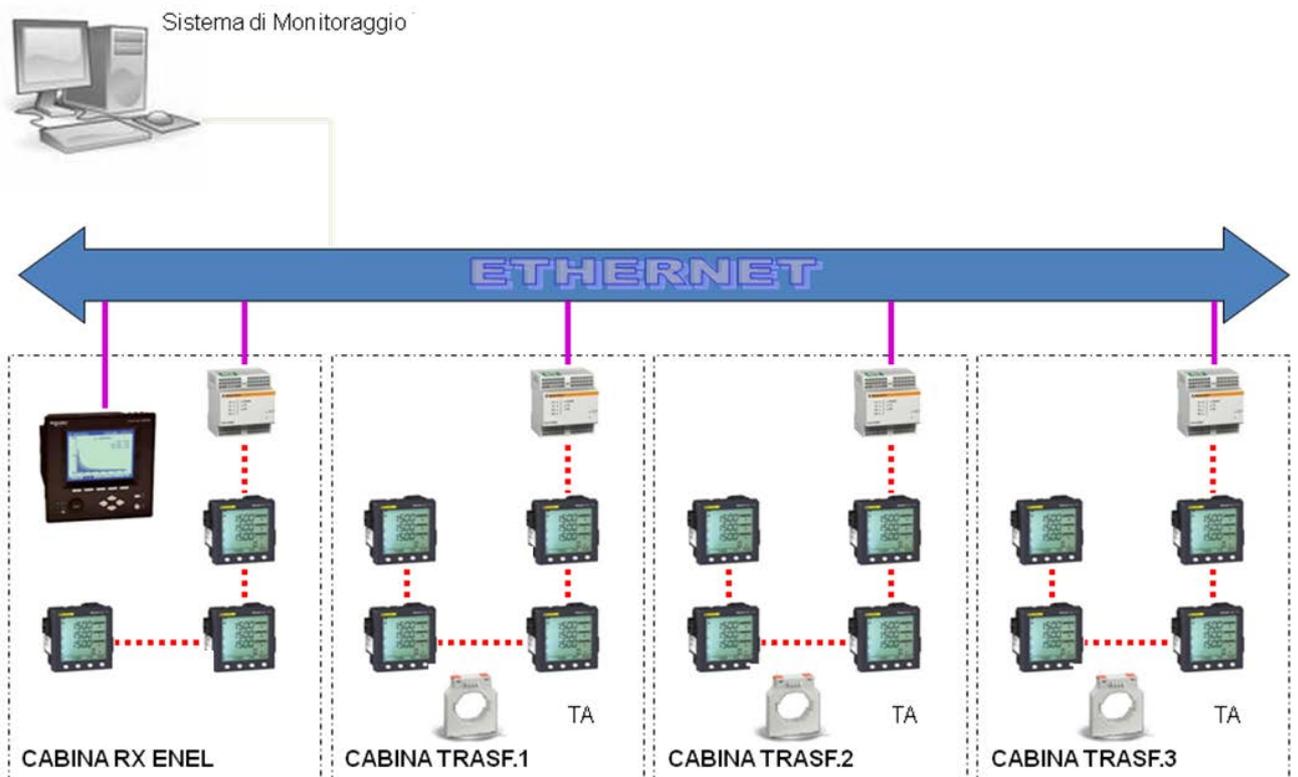
Un multimetro è uno strumento che è in grado di determinare il valore di molte grandezze elettriche diverse. Consente infatti di effettuare misure di resistenza, corrente elettrica e tensione, sia continua che alternata. Nel multimetro è permessa perlomeno la misurazione di:

- Tensione elettrica continua;
- Tensione elettrica alternata sinusoidale;
- Corrente elettrica continua;
- Corrente elettrica alternata sinusoidale;
- Resistenza elettrica.
- Le altre funzioni supplementari che si possono trovare in un multimetro sono:
- Misura di capacità elettrica ed induttanza;
- Misure di frequenza;
- Prova di funzionamento di diodi e transistor;
- Misura di temperatura per mezzo di termocoppie collegate ad appositi connettori;
- Oscillatori e rilevatori di media frequenza per intervenire su apparecchi radio;
- Rilevamento dei valori efficaci o di picco massimo e minimo di tensione e corrente.

Si prevede di installare tale strumentazione nei quadri di avviamento delle elettropompe di progetto. Questo permetterà la piena conoscenza dei vari sistemi a livello energetico per rintracciare i nodi acquedottistici più energivori e meno efficienti sui quali effettuare successivi interventi.

I multimetri saranno collegati in serie tra di loro (divisi per zona e cabina) al rispettivo gateway mediante linee seriali e la comunicazione avverrà attraverso adatto protocollo. A sua volta il gateway sarà collegato attraverso un sistema di trasmissione dati alla rete esistente e quindi al PC.

Un'architettura di massima, a titolo esemplificativo, di quanto descritto è di seguito riportata:



8.5 TRASMISSIONE DATI

I requisiti dei protocolli di comunicazione utilizzati devono poter assicurare:

- un elevato grado di immunità dei dati trasmessi;
- un elevato grado di coerenza dei dati trasmessi;
- ridotti tempi di trasferimento delle informazioni.

La scelta del supporto di trasmissione da utilizzare ha tenuto conto di vincoli tecnici, geografici ed economici. In particolare, partendo dal presupposto di garantire la sicurezza di trasmissione dei dati, si è posta attenzione nelle scelte operate delle distanze reciproche tra gli impianti, della presenza di stazioni isolate o di difficile accesso, della possibilità di installazione delle linee telefoniche e dei moduli radio, dei costi dei dispositivi di trasmissione (modem), dei costi di installazione dei collegamenti e dei costi di esercizio.

Ciò ha consentito di individuare differenti tipologie di trasmissione dati quali:

- Linee telefoniche locali;
- Linee telefoniche commutate e/o dedicate;
- Linee ISDN ad alta velocità;
- Reti GSM.

8.6 CENTRALE UNICA DI TELECONTROLLO

La centrale unica di telecontrollo, da cui il sistema viene governato in maniera centralizzata, avrà sede nell'area impianti in località Ponte.

La centrale sarà composta da due ambienti contigui e comunicanti:

- Un locale apparati (sala tecnica), nel quale verranno installate le apparecchiature di comunicazione e di interfaccia verso il supporto di trasmissione, il gruppo di continuità, gli elaboratori elettronici (server, terminali video e console, front – end server, calcolatore principale), gli armadi per la documentazione tecnica e per le parti di ricambio, un essenziale laboratorio tecnico con adeguata strumentazione per le piccole riparazioni elettroniche;
- Un locale operativo (sala operativa e controllo), nel quale troveranno posto le workstation (sulle quali saranno installate le console, i video terminali a colori, telefoni, radio), Pc di servizio, apparecchiature di interfaccia macchina – operatore (display wall), stampanti, plotter, e gli armadi antifiama (per l'archiviazione dei supporti magnetici e dei registri cartacei).

Nei locali della centrale unica, climaticamente condizionati, sarà prevista una rete di comunicazione locale, sulla quale saranno connessi tutti i calcolatori e gli elaboratori del centro.

Inoltre, i locali saranno allestiti in maniera tale da garantire le condizioni di "comfort ambientale" attraverso :

- L'illuminazione tenue e diffusa dei locali, con luci dirette sulle postazioni di lavoro;
- Sistema di controllo accesso personale.

8.7 CONCLUSIONI

In definitiva, il progetto prevede la realizzazione di un sistema di automazione e telecontrollo in grado di garantire elevati livelli di affidabilità attraverso:

- l'ottimizzazione del funzionamento delle opere idrauliche;
- una visione globale del funzionamento del Complesso Acquedottistico, così da poter intervenire rapidamente in caso di problemi e/o anomalie, minimizzando i tempi di interruzione del servizio;
- l'ottimizzazione della gestione della risorsa d' acqua, in particolare nel periodo estivo, quando il consumo aumenta considerevolmente;
- un significativo risparmio energetico migliorando i tempi di funzionamento delle pompe in funzione delle reali necessità e del sistema di tariffazione dell'energia elettrica;
- la messa a disposizione di un database contenente l'archivio storico dei dati di funzionamento delle reti, in modo da permettere analisi e calcoli della domanda ma anche interventi di manutenzione preventiva grazie alla conoscenza esatta dei tempi di funzionamento delle apparecchiature.

APPENDICE

DOCUMENTAZIONE TECNICA APPARECCHIATURE IDRAULICHE

ISTRUZIONI D'USO

1.1 MANOVRA DI CHIUSURA

La manovra di chiusura della valvola è attuata dal contrappeso, messo in movimento da un cilindro oleodinamico. La chiusura avviene quando viene tolta pressione al circuito oleodinamico, per cui si determina lo scarico del cilindro oleodinamico con conseguente rotazione del contrappeso. Nel caso la valvola di sicurezza sia fornita di rilevatore a palmola e pompa manuale, è presente una valvola regolatrice di flusso, opportunamente tarata, che permette il controllo della velocità di chiusura della valvola, regolando il flusso di olio scaricato dal cilindro oleodinamico e dall'accumulatore.

1.2 MANOVRA CON RILEVATORE A PALMOLA, ATTUATORE OLEODINAMICO E CENTRALINA OLEODINAMICA DI RIARMO ELETTRICO

La valvola a farfalla di sicurezza con rilevatore a palmola, attuatore oleodinamico e riarmo con centralina elettrica, è caratterizzata dal riarmo automatico attraverso una centralina elettrica. Si faccia riferimento allo schema rappresentato in Figura 1.

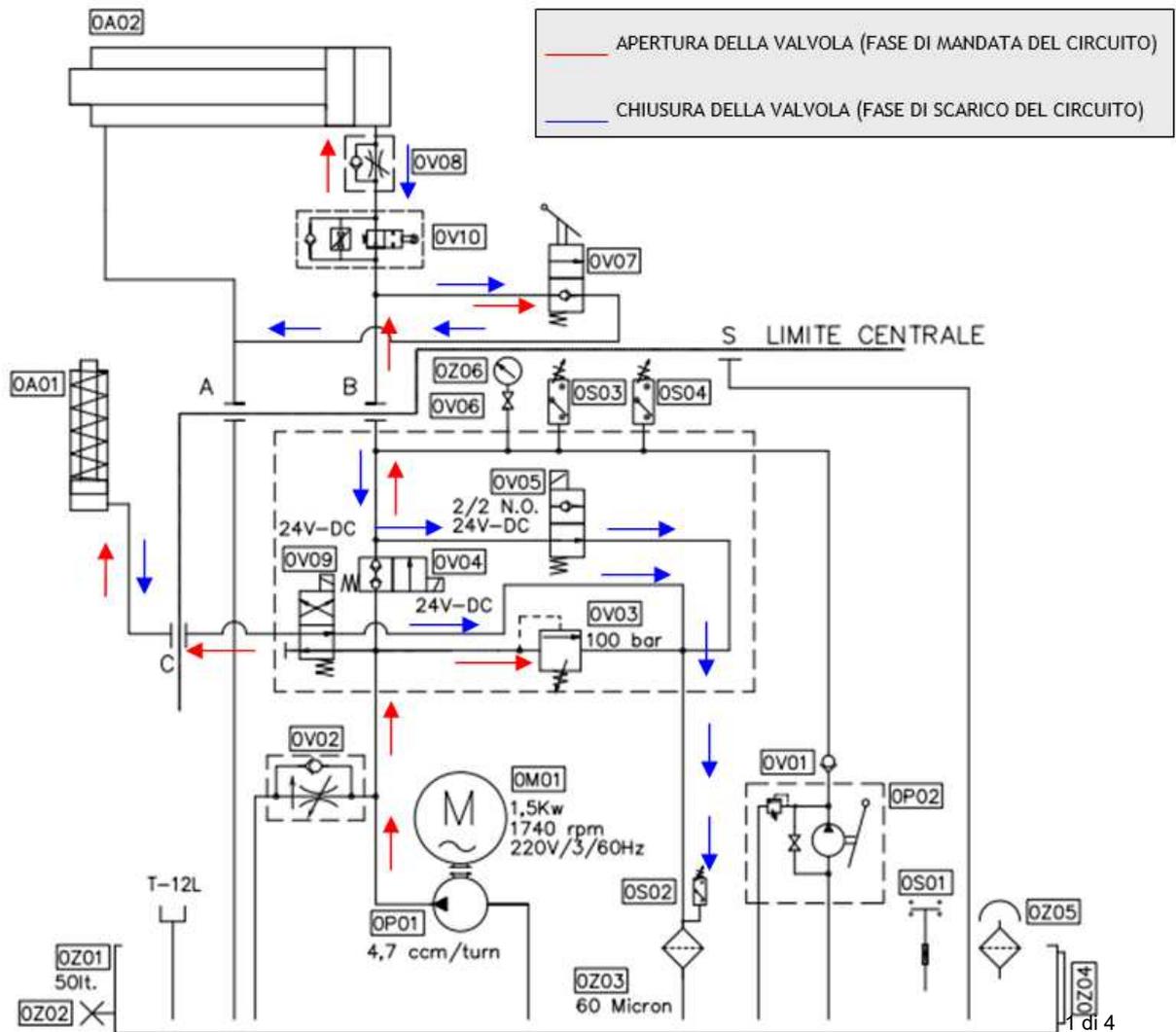


Figura 1 – Schema di manovra valvola con rilevatore a palmola, attuatore oleodinamico e centralina oleodinamica di riarmo elettrico

Rif.	Descrizione	Rif.	Descrizione
0A02	Cilindro oleodinamico	0V03	Valvola di max. pressione
0A01	Cilindro oleodinamico	0V02	Valvola controllo portata comp.
0S04	Pressostato	0V01	Valvola di ritegno (unidir.)
0S03	Pressostato	0Z06	Manometro
0S02	Indicatore intasamento	0Z05	Tappo di riempimento
0S01	Indicatore livello elettrico	0Z04	Livello visivo
0V10	Valvola reg.di flusso (bassa velocità)		
0V09	Elettrovalvola	0Z03	Filtro sul ritorno
0V08	Valvola reg.di flusso (alta velocità)	0Z02	Tappo scarico
0V07	Valvola a camme	0Z01	Serbatoio
0V06	Esclusore manometro	0P02	Pompa a mano
0V05	Elettrovalvola	0P01	Pompa motorizzata
0V04	Elettrovalvola	0M01	Motore elettrico

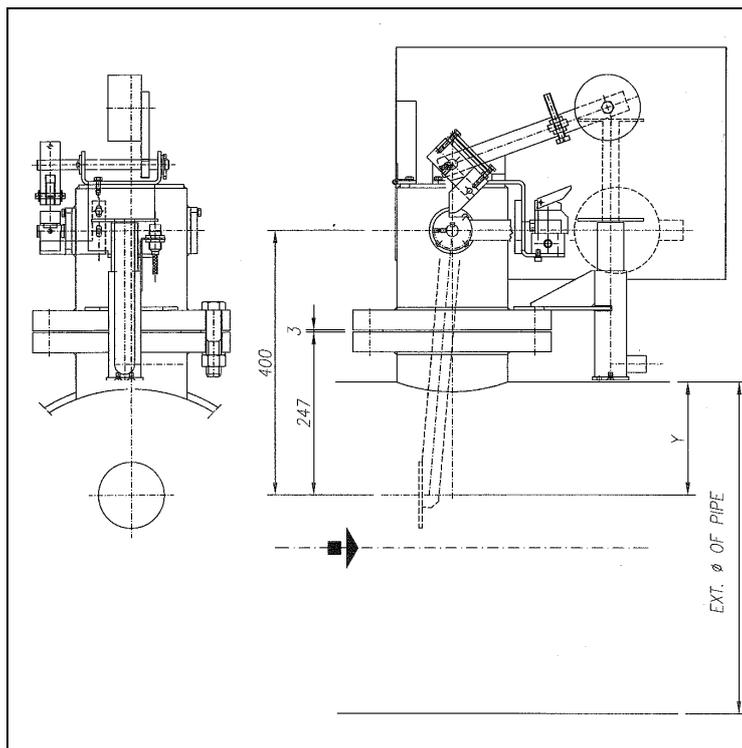


Figura 2 – Particolare cilindro oleodinamico di riarmo per valvola a farfalle Eurostop di sicurezza con rilevatore a palmola, attuatore oleodinamico e centralina oleodinamica di riarmo elettrico

APERTURA VALVOLA (FASE DI MANDATA)

Il motore M aziona la pompa 0P01 che permette di mantenere un valore costante di pressione dell'olio all'interno del circuito. La tipologia del motore e della pompa variano a seconda del diametro della condotta.

La valvola compensata 0V02 mantiene costante la pressione nel ramo di spinta, scaricando la parte di olio in eccesso nel serbatoio, che è dimensionato a seconda del DN. In altri termini la valvola 0V02 permette la regolazione della velocità di apertura della valvola principale: modificando il grado di apertura della valvola 0V02 viene modificata la portata di scarico di olio in eccesso nel serbatoio, ottenendo come risultato una variazione del flusso d'olio in mandata dalla pompa al cilindro con conseguente riduzione/aumento della velocità di apertura della valvola principale (aprendo la valvola 0V02, si rallenta la manovra di apertura della valvola principale).

Inizialmente l'elettrovalvola 0V04 è chiusa, mentre l'elettrovalvola 0V09 permette di alimentare il cilindro 0A01 (dotato di una molla) che permette il riarmo del complesso di controllo di velocità (palmola) con il sollevamento del relativo contrappeso. Una volta completato il riarmo con la chiusura della valvola a camme 0V07, si apre la valvola 0V04 che va ad alimentare il cilindro oleodinamico 0A02, permettendo il sollevamento del relativo contrappeso.

In condizioni di funzionamento normale sia la valvola 0V03 che l'elettrovalvola 0V05 restano chiuse:

- 0V05 è una elettrovalvola di sgancio, controllata da remoto tramite un solenoide, che permette la chiusura a distanza della valvola a farfalla, la sua apertura infatti (a prescindere dalla palmola e dalla valvola a camme) determina lo scarico dell'olio verso il serbatoio con conseguente abbassamento del contrappeso del cilindro oleodinamico e chiusura della valvola;
- 0V03 è una valvola di massima pressione che viene montata di standard e che di fatto entra in funzione in caso di non funzionamento del pressostato di max pressione. In questo caso, con valori di pressioni superiori a quello max ammissibile, 0V03 si apre e permette lo scarico dell'olio nel serbatoio;
- 0S03 e 0S04 permettono di controllare i valori di pressione minima e massima (se la pressione va sotto il minimo si riaziona la pompa per ripristinare i valori esatti).

Al raggiungimento della pressione massima, segnalata dal pressostato di massima pressione, il motore che alimenta la pompa si blocca, si chiude l'elettrovalvola 0V04 e viene scaricato nel serbatoio l'olio ancora presente nel cilindro 0A01 che ritornerà in posizione iniziale.

In queste condizioni la valvola a farfalla di sicurezza è aperta.

CHIUSURA DELLA VALVOLA (FASE DI SCARICO)

Anche in questo caso la chiusura della valvola si verifica quando in condotta il raggiungimento di velocità superiori a quelle massimo determinano l'innescò della palmola, con conseguente sgancio del contrappeso dalla valvola camme 0V07. L'apertura della valvola 0V07 determina lo scarico dell'olio nel serbatoio.

La chiusura, senza l'intervento meccanico della palmola può essere altresì realizzata da remoto tramite l'attivazione dell'elettrovalvola 0V05, come descritto sopra.

In entrambi i casi la velocità di chiusura, quindi di abbassamento del contrappeso, è regolata tramite una valvola regolatrice di flusso 0V08. In particolare, per regolare la velocità della prima fase di chiusura della valvola a farfalla è previsto oltre al regolatore di flusso (0V08), una camma (con angolo di intervento regolabile) che aziona la valvola (0V10), posizionata sull'attuatore. La 0V10 devia l'olio su l'altro regolatore di flusso incorporato, che può essere regolato per definire il tempo di chiusura nella fase finale.

È da tener presente che viene sempre montata una pompa manuale 0P02 per il riarmo da utilizzare in caso di non funzionamento della centralina elettrica.

Per maggiori informazioni verrà fornito il manuale della centralina elettrica.

L'elettrovalvola 0V05 è fornita normalmente aperta (N.O.) nella versione standard: in mancanza di alimentazione elettrica l'elettrovalvola 0V05 resta aperta determinando lo scarico dell'olio nel serbatoio e la chiusura della valvola principale. Su richiesta l'elettrovalvola 0V05 può essere fornita normalmente chiusa (N.C.).

Il funzionamento qui sopra descritto può variare a seconda della configurazione richiesta dal cliente.

1.3 VALUTAZIONE DI MASSIMA DEL TEMPO DI CHIUSURA

Dalla documentazione visionata si rende necessario un tempo di chiusura massimo di 14 sec. Il cilindro fornito sulla valvola ha un volume di 25 l. Svuotarlo nell'intervallo di tempo previsto, implica in prima analisi una portata di circa 110 l/min. Tale valore è in linea con le potenzialità del sistema, ma necessita di accorgimenti tecnici valutabili in fase di progetto dettagliato.

Valvola a farfalla EUROSTOP - Manuale



Valvola a farfalla a doppia eccentricità con guarnizione automatica
Corpo e farfalla in ghisa sferoidale verniciato con polvere epossidica 250 micron.
Range da DN150 a DN2000mm per pressioni PFA10 to 25 bar.

Campo di applicazione

Le valvole a farfalla sono valvole di sezionamento usate in acquedotti e reti idriche in generale, impianti idroelettrici, impianti industriali, stazioni di pompaggio, reti antiincendio.

Le valvole a farfalla possono essere utilizzate sia per acque potabili che per acque grezze o di irrigazione ove presente un adeguato sistema di filtraggio.

Le valvole a farfalla presentano limitate perdite di carico a valvola completamente aperta e garanzia di perfetta tenuta a valvola completamente chiusa in entrambi i sensi di direzione. Possono inoltre essere utilizzate come valvole di sicurezza.

Gamma

La valvola a farfalla Eurostop è disponibile in diverse versioni: manuale, interrata (vedere relative schede tecniche), motorizzata e predisposta alla motorizzazione.

Versione manuale standard fornita con riduttore a chiusura in senso orario (FSH-CC). Su richiesta versione di chiusura in senso antiorario.

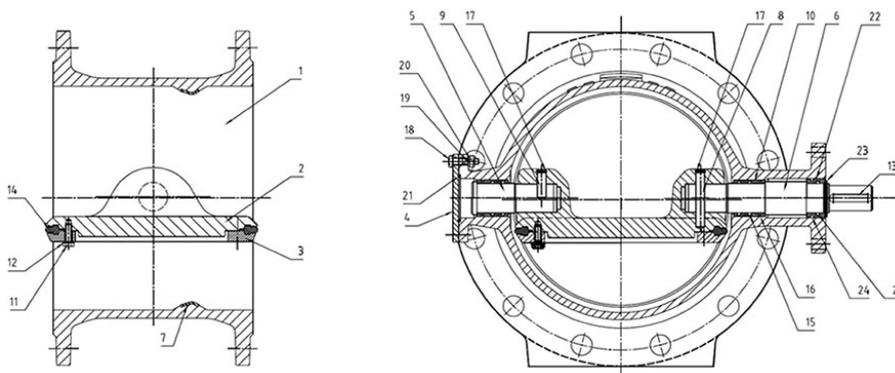
DN	Senso di chiusura	Codici PN10	codici PN16	Codici PN25
<i>mm</i>				
150	orario	RPB15NGAH	RPB15NGAH	RPB15NGDH
200	orario	RPB20GBH	RPB20NGAH	RPB20GDH
250	orario	RPB25GBH	RPB25NGAH	RPB25GDH
300	orario	RPB30GBH	RPB30NGAH	RPB30GDH
350	orario	RPB35GBH	RPB35NGAH	RPB35GDH
400	orario	RPB40GBH	RPB40NGAH	RPB40GDH
450	orario	RPB45GBH	RPB45NGAH	RPB45GDH
500	orario	RPB50GBH	RPB50NGAH	RPB50GDH
600	orario	RPB60GBH	RPB60NGAH	RPB60GDH
700	orario	RPB70GBH	RPB70NGAH	RPB70MGDH
800	orario	RPB80GBH	RPB80MGAH	RPB80MGDH
900	orario	RPB90GBH	RPB90MGAH	RPB90MGDH
1000	orario	RPC10MGBH	RPC10MGAH	RPC10MGDH
1200	orario	RPC12MGBH	RPC12MGAH	RPC12MGDH
1400	orario	RPC14MGBH	203207	RPC14MGDH
1500	orario	RPC15MGBH	203213	203217

DN	Senso di chiusura	Codici PN10	codici PN16	Codici PN25
<i>mm</i>				
1600	orario	RPC16MGBH	203222	RPC16MGDH
1800	orario	203233	203237	please contact us
2000	orario	203244	203248	please contact us

DN valve	Closing direction	References PN10	References PN16	References PN25
<i>mm</i>				
150	Anti-orario	RPB15NJAH	RPB15NJAH	RPB15NJDH
200	Anti-orario	RPB20NJBH	RPB20NJAH	RPB20NJDH
250	Anti-orario	RPB25NJBH	please contact us	RPB25NJDH
300	Anti-orario	RPB30NJBH	RPB30NJAH	RPB30NJDH
350	Anti-orario	RPB35NJBH	RPB35NJAH	RPB35NJDH
400	Anti-orario	RPB40NJBH	RPB40NJAH	RPB40NJDH
450	Anti-orario	RPB45NJBH	RPB45NJAH	RPB45NJDH
500	Anti-orario	RPB50NJBH	RPB50NJAH	RPB50NJDH
600	Anti-orario	RPB60NJBH	RPB60NJAH	RPB60NJDH
700	Anti-orario	RPB70NJBH	RPB70NJAH	RPB70MJDH
800	Anti-orario	RPB80NJBH	RPB80MJAH	RPB80MJDH
900	Anti-orario	RPB90MJBH	RPB90MJAH	RPB90MJDH
1000	Anti-orario	RPC10MJBH	RPC10MJAH	RPC10MJDH
1200	Anti-orario	RPC12MJBH	RPC12MJAH	RPC12MJDH
1400	Anti-orario	RPC14MJBH	Contattare PAM	RPC14MJDH
1500	Anti-orario	RPC15MJBH	Contattare PAM	Contattare PAM
1600	Anti-orario	RPC16MJBH	Contattare PAM	Contattare PAM
1800	Anti-orario	Contattare PAM	Contattare PAM	Contattare PAM
2000	Anti-orario	Contattare PAM	Contattare PAM	Contattare PAM

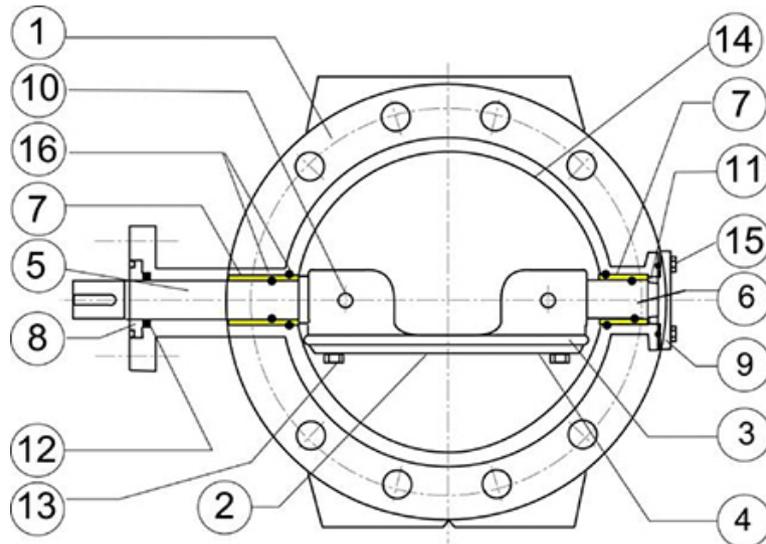
Materiali e rivestimento

Versioni DN150-800 PN10 - DN150-700 PN16 - DN150-600 PN25



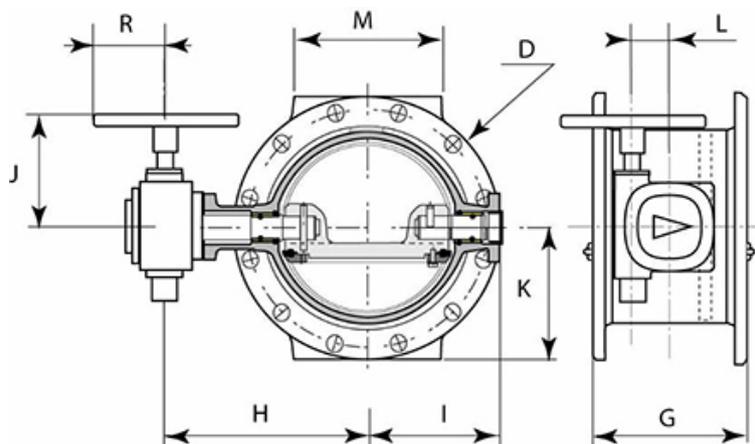
Item	Description	Material	Coating
1	Body	Ductile iron GJS500-7	Polvere epossidica spessore minimo 250 micron RAL 5005 in accordo alla norma EN 14901
2	Disc	Ductile iron GJS500-7	
3	Ghiera (*)	Acciaio al carbonio SR235JR	-
4	Coperchio	Acciaio INOX X2CrNiMo17-12-2	-
5	Albero posteriore	Acciaio INOX EN 10088 X30Cr13 (420)	-
6	Albero anteriore	Acciaio INOX EN 10088 X30Cr13 (420)	-
7	Sede di tenuta	Acciaio INOX EN 10088-2 X2CrNiMo 17,12,2 (316L)	-
8	Spina cilindrica (albero post)	Acciaio INOX EN 10088-3 X5CrNiCuNb 16-4 (630)	-
9	Spina cilindrica (albero ant)	Acciaio INOX EN 10088-3 X5CrNiCuNb 16-4 (630)	-
10	Boccola	Bronzo EN 1982 CuSn12	-
11	Vite	Acciaio INOX A2	-
12	Rondella elastica	Acciaio INOX A2	-
13	Linguetta	Acciaio C40	-
14	Guarnizione	EPDM	-
15-16	O-ring	EPDM	-
17	Seeger	Acciaio INOX EN 10088-3 X5CrNi 18-10	-
18	Vite	Acciaio INOX EN 10088-3 X5CrNi 18-10	-
19	Rondella elastica	Acciaio INOX EN 10088-3 X5CrNi 18-10	-
20	dado	Acciaio INOX EN 10088-3 X5CrNiMo 17-12	-
21	O-ring	EPDM	-
22	Boccola	POM-C	-
23	Seeger esterno	Acciaio INOX EN 10088-3 X5CrNi 18-10	-
24-25	O-ring	EPDM	-

(*) DN150-200 : Acciaio INOX AISI 316L



Item	Descrizione	Materiali	Rivestimento
1	Corpo	Ghisa sferoidale GJS500-7	Polvere epossidica spessore minimo 250 micron
2	Disco	Ghisa sferoidale GJS500-7	
3	Guarnizione	EPDM	-
4	Ghiera	Acciaio al carbonio SR235JR	-
5	Albero posteriore	Acciaio INOX EN 10088 X30Cr13 (420)	-
6	Albero anteriore		-
7	Boccola	Bronzo EN 1982 CuSn12	-
8	Anello	Gunmetal EN 1982 CuSn5Zn5Pb5	-
9	Coperchio posteriore	Acciaio al carbonio SR235JR	Polvere epossidica spessore minimo 250 micron
10	Spina	Acciaio INOX EN 10088-3 X5CrNiCuNb 16-4 (630)	-
11	Dado di bloccaggio	Gunmetal EN 1982 CuSn5Zn5Pb5	-
12	Tenuta	PTFE	-
13	Vite interna	Acciaio tipo A2	-
14	Sede di tenuta	Acciaio INOX EN 10088-2 X2CrNiMo 17,12,2 (316L)	-
15	Vite esterna	- up to M20: Acciaio INOX EN 10088-3 - > M20: acciaio classe 8.8	-
16	O-ring	EPDM	-

Dimensioni e pesi



Versione manuale PN10

DN	G	H	I	J	K	L	M	D	R	peso
<i>mm</i>	<i>kg</i>									
150	210	215	142.9	164	143	50	150	285	100	35
200	230	240	171.0	164	170	50	180	340	100	46
250	250	292	215.3	164	200	50	230	400	100	67
300	270	316	239.3	164	228	50	250	455	100	86
350	290	340	258.3	201	253	63	260	505	125	111
400	310	371	311.4	201	283	63	310	565	125	139
450	330	427	342.4	206	308	80	340	615	125	183
500	350	452	367.4	206	335	80	320	670	125	215
600	390	524	421.4	268	390	100	300	780	175	302
700	430	594	495.5	337	448	100	440	895	175	453
800	470	675	569.5	342	508	125	480	1015	175	640
900	510	724	623	342	558	125	570	1115	175	861
1000	550	815	707	48	615	160	620	1230	175	1249
1200	630	909	842	548	728	200	750	1455	175	1831
1400	710	1051	953	595	838	250	850	1675	250	2512
1500	750	1102	1004	595	893	250	900	1785	250	2873
1600	790	1154	1056	595	958	250	950	1915	250	3470
1800	870	1331	1179	755	1058	315	1000	2115	250	4965
2000	950	1526	1367	848	1173	400	1050	2345	400	6560

Versione manuale PN16

DN	G	H	I	J	K	L	M	D	R	peso
<i>mm</i>	<i>kg</i>									
150	210	215	142.9	164	143	50	150	285	100	35
200	230	240	171.9	164	170	50	180	340	100	46
250	250	292	215.3	164	200	50	230	400	100	67
300	270	321	239.3	201	228	63	250	455	125	88
350	290	340	280.4	201	260	63	260	520	125	132
400	310	407	322.4	206	290	80	310	580	125	170
450	330	427	342.4	206	320	80	340	640	125	207
500	350	470	367.4	248	358	100	320	715	175	265
600	390	550	451.5	334	420	100	300	840	175	414
700	430	627	521.5	340	455	125	440	910	175	543
800	470	713	602	415	513	160	480	1025	175	986
900	510	764	653	415	563	160	570	1125	175	1021
1000	550	815	748	545	628	200	620	1255	175	1432
1200	630	950	852	622	743	250	750	1485	250	2357
1400	710	1125	973	755	843	315	850	1685	250	3500
1500	750	1156	1077	755	933	315	900	1865	250	4281
1600	790	1229	1119	755	965	315	950	1930	250	4916
1800	870	1431	1272	848	1065	400	1000	2130	400	6974
2000	950	1526	1367	848	1173	400	1050	2345	400	8500

Versione manuale PN25

DN	G	H	I	J	K	L	M	D	R	peso
<i>mm</i>	<i>kg</i>									
150	210	217	147.9	164	150	50	150	300	100	39
200	230	269	190.3	164	180	50	180	360	100	63
250	250	297	214.3	201	213	63	230	425	125	88
300	270	321	260.4	201	243	63	250	485	125	120
350	290	376	290.4	206	278	80	310	555	125	174
400	310	425	321.4	248	310	100	310	620	175	221
450	330	471	371.4	334	335	100	340	670	175	300
500	350	498	398.5	334	365	100	320	730	175	348
600	390	581	474.5	340	423	125	380	845	175	636
700	430	665	552	415	480	160	470	960	175	975
800	470	713	645	545	543	200	480	1085	175	1130
900	510	788	695	545	593	200	570	1185	175	1693
1000	550	856	756	622	660	250	620	1320	250	2091
1200	630	1024	872	750	765	315	750	1530	250	3398
1400	710	1126	1016	750	878	315	850	1755	250	4067
1500	750	1186	1078	843	933	400	900	1865	400	6052
1600	790	1328	1169	843	988	400	950	1975	400	6200

Tipologia di riduttore e volantini

Versione Manuale PN10

DN	Riduttore tipo AUMA	Volantino Ø	Numero di giri per 90°	Coppia operativa	Albero riduttore
<i>mm</i>		<i>mm</i>		<i>Nm</i>	<i>mm</i>
150	GS 50.3 – F10	200	12,75	8	16
200	GS 50.3 – F10	200	12,75	12	16
250	GS 50.3 – F10	200	12,75	21	16
300	GS 50.3 – F10	200	12,75	30	16
350	GS 63.3 – F12	250	12,75	40	20
400	GS 63.3 – F12	250	12,75	61	20
450	GS 80.3 – F14	250	13,25	72	20
500	GS 80.3 – F14	250	13,25	92	20
600	GS 100.3 – F16	350	13	133	20
700	GS 100.3+VZ4.3 – F16	350	52	52	20
800	GS 125.3+VZ4.3 – F25	350	52	77	20
900	GS 125.3+VZ4.3 – F25	350	52	100	20
1000	GS 160.3+GZ160.3 - F30	350	110,5	65	20
1200	GS 200.3+GZ200.3 - F30	350	213	74	20
1400	GS 250.3+GZ250.3 - F35	500	212	93	30
1500	GS 250.3+GZ250.3 - F35	500	212	110	30
1600	GS 250.3+GZ250.3 - F35	500	212	130	30
1800	GS 315+GZ30 - F40	500	424	75	20
2000	GS 315+GZ30 - F40	800	432	117	30

DN	Riduttore tipo AUMA	Volantino Ø	Numero di giri per 90°	Coppia operativa	Albero riduttore
mm		mm		Nm	mm
150	GS 50.3 – F10	200	12,75	8	16
200	GS 50.3 – F10	200	12,75	17	16
250	GS 50.3 – F10	200	12,75	29	16
300	GS 63.3 – F12	250	12,75	43	20
350	GS 63.3 – F12	250	12,75	60	20
400	GS 80.3 – F14	250	13,25	84	20
450	GS 80.3 – F14	250	13,25	112	20
500	GS 100.3 – F14	350	13	125	20
600	GS 100.3+VZ4.3 – F16	350	52	59	20
700	GS 125.3+VZ4.3 – F25	350	52	84	20
800	GS 160.3+GZ160.3 – F30	350	110,5	64	20
900	GS 160.3+GZ160.3 – F30	350	110,5	83	20
100 0	GS 200.3+GZ200.3 - F30	350	216	65	20
120 0	GS 250.3+GZ250.3 - F35	500	212	104	30
140 0	GS 315+GZ30 - F40	500	424	65	20
150 0	GS 315+GZ30 - F40	500	424	77	20
160 0	GS 315+GZ30 - F40	500	424	94	30
180 0	GS 400+GZ35 - F48	800	432	126	30
200 0	GS 400+GZ35 - F48	800	432	161	30

DN	Riduttore tipo AUMA	Volantino Ø	Numero di giri per 90°	Coppia operativa	Albero riduttore
mm		mm		Nm	mm
150	GS 50.3 – F10	200	12,75	13	16
200	GS 50.3 – F10	200	12,75	28	16
250	GS 63.3 – F12	250	12,75	45	20
300	GS 63.3 – F12	250	12,75	71	20
350	GS 80.3 – F14	250	13,25	89	20
400	GS 100.3 – F14	350	13	122	20
450	GS 100.3+VZ4.3 – F16	350	52	45	20
500	GS 100.3+VZ4.3 – F16	350	52	59	20
600	GS 125.3+VZ4.3 – F25	350	52	100	20
700	GS 160.3+GZ160.3 – F30	350	110,5	70	20
800	GS 200.3+GZ200.3 – F30	350	216	66	20
900	GS 200.3+GZ200.3 – F35	350	216	84	20
1000	GS 250.3+GZ250.3 - F35	500	212	115	30
1200	GS 315+GZ30 - F40	500	424	74	20
1400	GS 315+GZ30 - F40	500	424	110	30
1500	GS 400+GZ35 - F48	800	432	133	30
1600	GS 400+GZ35 - F48	800	432	153	30

Normative

Collaudi e prove

Collaudo idraulico

Le valvole a farfalla sono testate singolarmente in pressione su un banco di prova idraulica prima della loro uscita dallo stabilimento, conformemente alla EN 12266-1 ed EN1074-2

- Prova di resistenza e di tenuta del corpo a 1,5 volte la PFA (valvola aperta);
- Prova di tenuta da entrambi i lati del disco a 1,1 volte la PFA (valvola chiusa).

Prove sul prodotto

- Controllo della coppia di manovra massima (MOT) e della coppia di resistenza minima ammissibile (mST) come da norma EN1074.
- Controllo della verniciatura: test spessore, test di porosità (holiday test), test di resistenza meccanica (impact test), controllo della reticolazione (MIBK test). Conformità alla norma EN 14901.

Conformità alle norme

Prodotto:

- EN 1074 - 1 e 2
- EN 593

Collaudi in stabilimento:

- EN 12266-1 (ISO 5208)
- EN 1074

Scartamento in accordo a:

- ISO 5752 serie 14

Foratura delle flange di collegamento:

- EN 1092-2
- ISO 7005-2

Attacco del gruppo di comando:

- ISO 5210
- ISO 5211

Alimentarietà:

- D.M. 174/04 per le parti applicabili (ex Circolare Ministeriale 102 del 02/12/78)
- Conformità alle direttive estere: DVGW (tedesca), KIWA (olandese), ACS (francese)

Marchatura

Sul corpo come da EN19:

- Diametro nominale in mm (DN);
- Pressione nominale in bar (PN);
- Tipo di ghisa sferoidale;
- Logo Produttore;
- Codice modello;
- Data di fusione.

Sull'etichetta come da EN19:

- Diametro nominale in mm (DN);
- Pressione nominale in bar (PN);
- Pressione di funzionamento ammissibile (PFA);
- Senso di chiusura;
- Codice prodotto;
- Ordine di lavoro, Conferma d'ordine;
- Marchio produttore.

Sul disco:

- Diametro nominale in mm (DN);
- Pressione nominale in bar (PN);
- Tipo di ghisa sferoidale;
- Logo Produttore;
- Codice modello.

La marcatura delle valvole prodotte da Saint-Gobain PAM è conforme alle normative EN 1074-2 e EN 19.

Dimensionamento

Le valvole a farfalla vengono di norma utilizzate come organi di intercettazione on-off.

In particolari casi, dove vi sono bassi salti di pressione e piccole variazioni di portata le valvole a farfalla possono essere utilizzate come organo di regolazione, tenendo in considerazione i parametri necessari ad evitare l'insorgere della cavitazione.

Per poter dimensionare al meglio la valvola a farfalla è necessario conoscere i seguenti parametri:

- La pressione idrostatica a monte della valvola (cioè la pressione di monte a valvola chiusa)
- La velocità massima in condotta (espressa generalmente in l/s) oppure il diametro nominale e la portata di progetto in condotta da cui si ricava $V=Q/A$

È inoltre necessario verificare che la velocità massima del fluido in condotta sia inferiore o uguale a 5m/s, e che le temperature di esercizio del fluido siano comprese tra 0°C e 40 °C.

Caratteristiche idrauliche

Le perdite di carico Δh variano a seconda del grado di apertura della valvola e possono essere calcolate con la seguente formula:

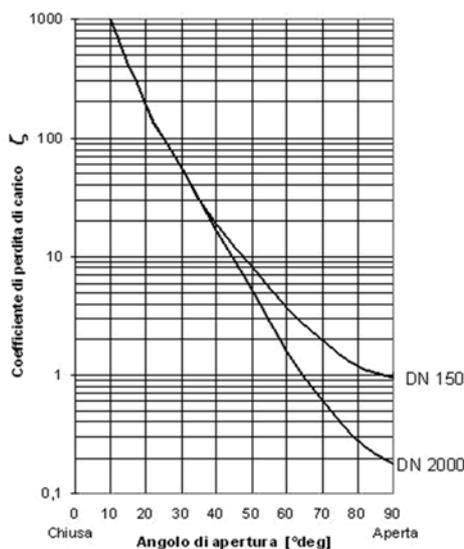
$$\Delta h = \frac{\zeta \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

Δh = perdita di carico [m]

ζ = coeff. perdita di carico [adimensionale]

v = velocità nominale [m/s]

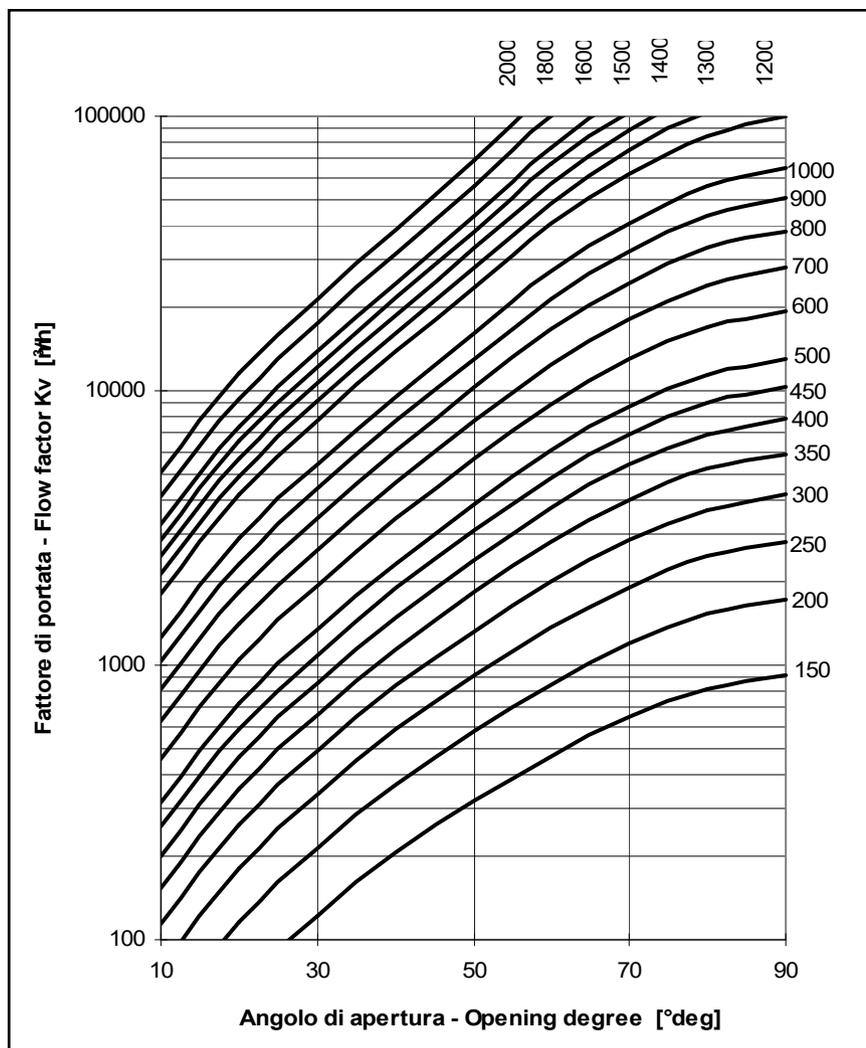
Il coefficiente di perdita di carico può essere stimato dal seguente diagramma:



Una volta determinate le perdite di carico Δh è possibile calcolare la portata Q in m^3/h con la seguente formula (la stessa formula può essere utile, nota la portata Q di progetto, per determinare le perdite di carico Δh senza utilizzare il coefficiente di perdita di carico):

$$Q = Kv \sqrt{\frac{\Delta h}{10.2}}$$

In cui 10,2 è un fattore correttivo in metri, e il termine Kv è il coefficiente di portata in m^3/h , ricavabile dal seguente diagramma in funzione dell'angolo di apertura della valvola:



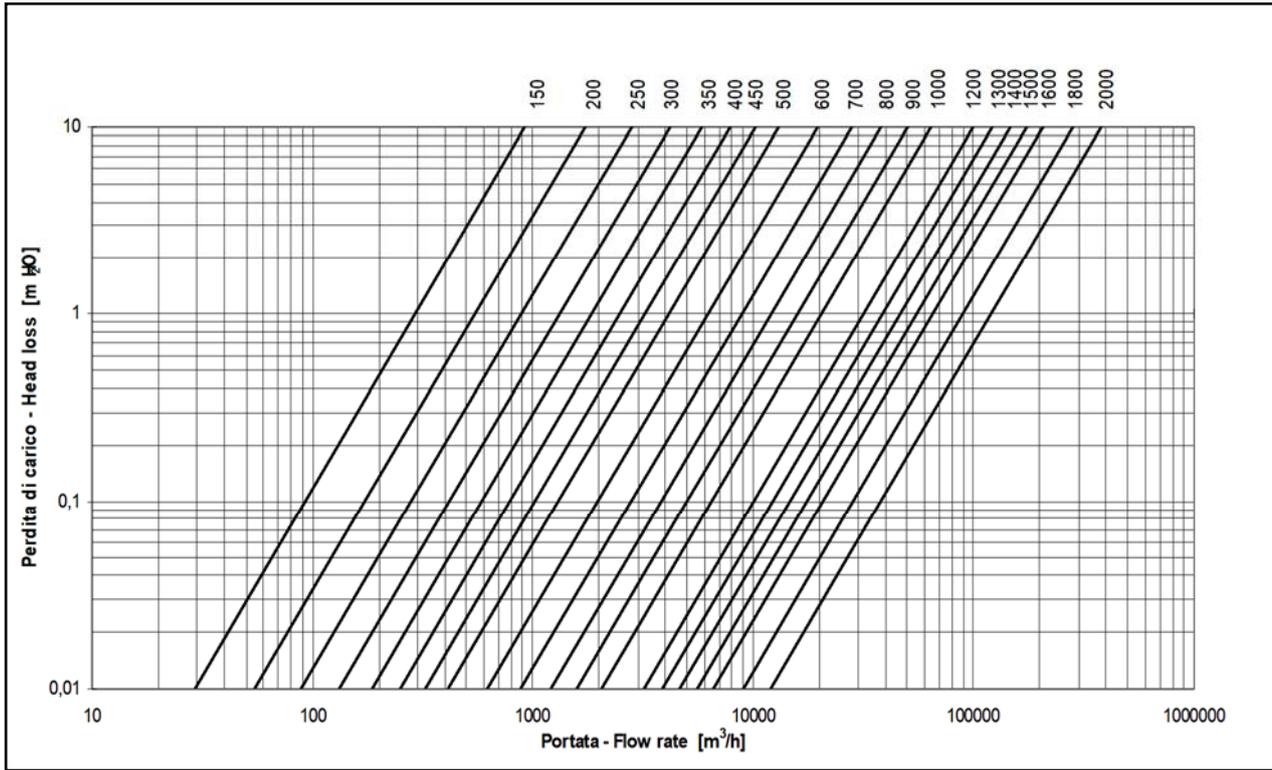
Esempio:

Valvola DN 600 mm - $\Delta h = 3$ m

Dal diagramma precedente con valvola aperta al 100% si ricava $K_v = 20000 \text{ m}^3/\text{h}$, inserendo i dati nella formula precedente:

$$Q = 20000 \sqrt{3/10,2} = 10850 \text{ m}^3/\text{h}$$

In alternativa si possono calcolare le perdite di carico a valvola completamente aperta, nota la portata di progetto Q, in funzione del diametro DN, utilizzando il seguente diagramma:



Cavitazione

Se la valvola a farfalla viene utilizzata solo come organo di intercettazione non c'è rischio di cavitazione. Nel particolare caso si decidesse di utilizzarla per effettuare regolazione, ciò risulta possibile tenendo però in considerazione i seguenti parametri:

- L'angolo di apertura della valvola deve rimanere tra i 30° e i 90° (valvola completamente aperta)
- La pressione di valle P₂ in metri di colonna d'acqua deve essere:

$$P_2 \geq 0,7 \cdot P_1 - 2,8$$

con P₁ pressione di monte.

ISTRUZIONI PER L'USO

Immagazzinamento

Le apparecchiature dovranno preferibilmente essere tenute in luoghi coperti, il più possibile al riparo dal sole (temperatura minima 0°C e massima 70 °C secondo EN 1074) e dalla pioggia ed in generale dagli agenti atmosferici. Si dovrà evitare che le sedi di tenuta delle stesse valvole vengano a contatto con polvere o terra.

Installazione

Le valvole a farfalla vengono di norma installate con la ghiera premi guarnizione posta a valle rispetto alla direzione del flusso per permettere la sostituzione della guarnizione senza dover togliere la valvola dalla condotta. È possibile comunque installarla con la direzione del flusso in senso contrario ed anche, se le esigenze lo richiedono, ad asse verticale. Si consiglia di installare la valvola con l'organo di manovra sulla destra idraulica della condotta.

È possibile installarla sia in camera valvole che interrata (scegliendo l'opportuna versione).

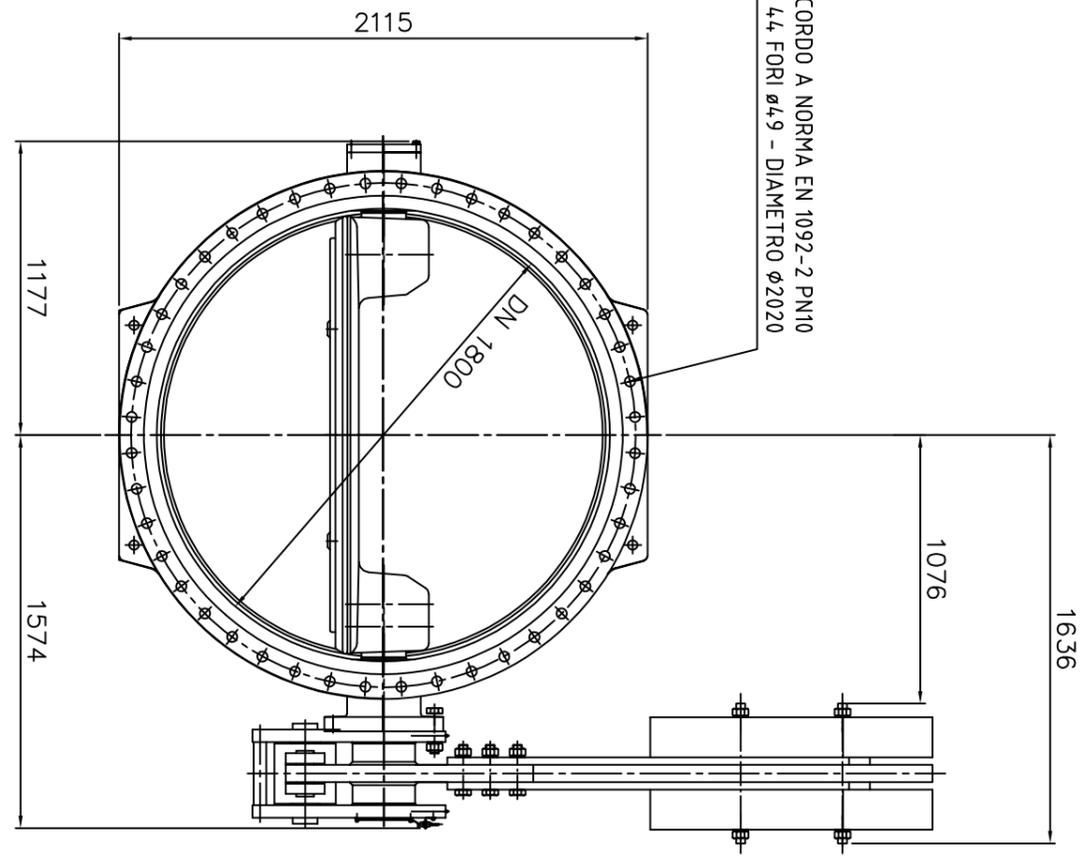
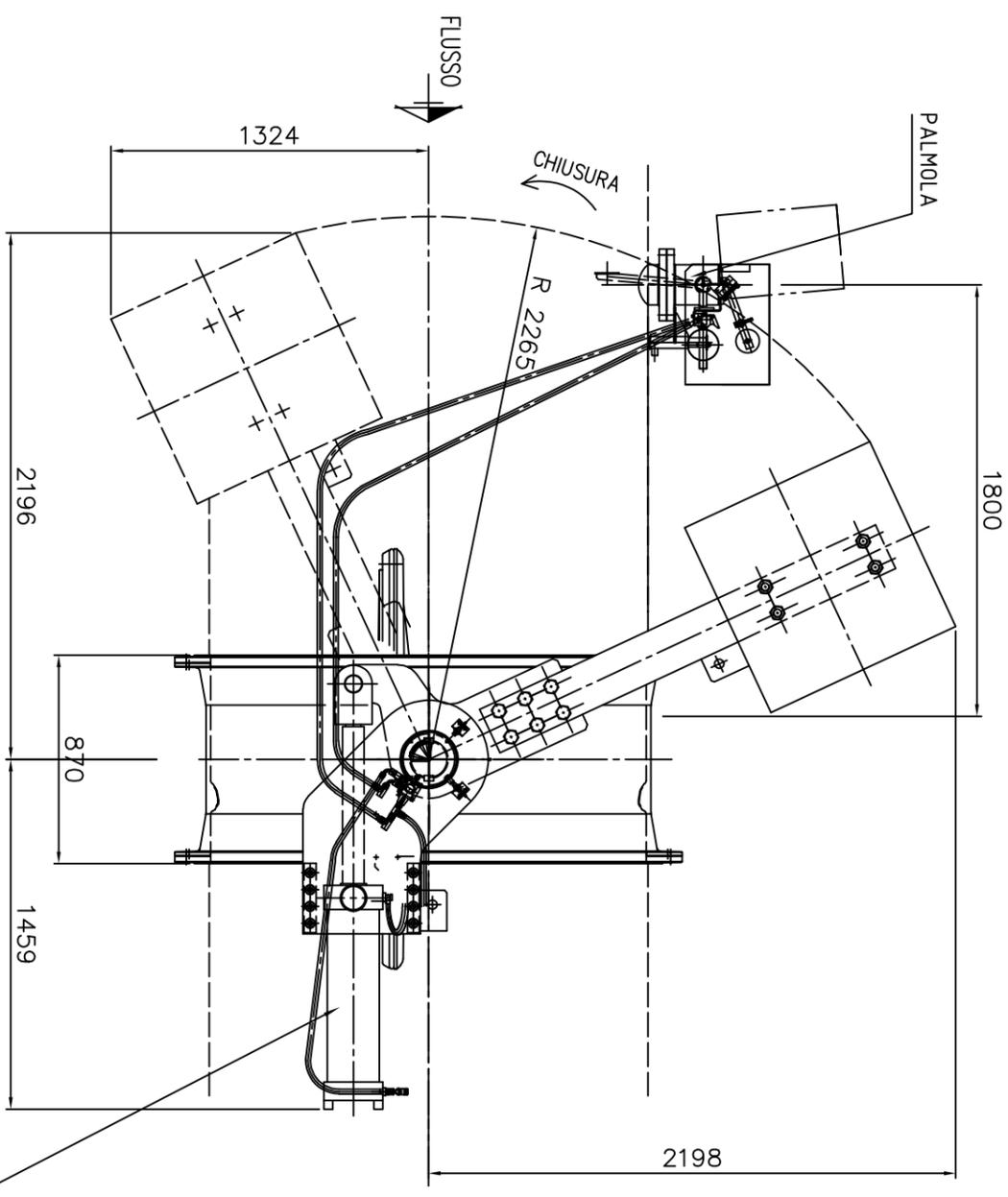
Si consiglia di prevedere un giunto di smontaggio per facilitare le operazioni di installazione e manutenzione.

Manutenzione

La valvola a farfalla non necessita di particolare manutenzione, tutte le parti soggette ad usura sono infatti perfettamente auto-lubrificanti, tuttavia, se rimane per lungo tempo inutilizzata, è necessario verificare il suo stato eseguendo (almeno una volta l'anno) alcune manovre di apertura e chiusura.

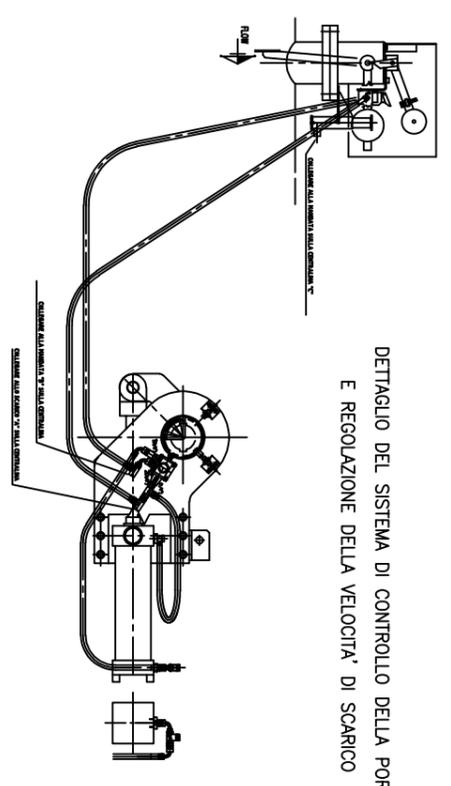
Tutte le operazioni di manutenzione devono essere effettuate dopo lo svuotamento totale della condotta (assenza totale di flusso e pressione zero) per evitare qualsiasi pericolo alle persone durante queste operazioni.

In presenza di particolari condizioni di esercizio o danneggiamenti dovuti a cause esterne, si possono comunque rendere necessarie alcune operazioni di manutenzione. In questi casi la particolare costruzione della valvola a farfalla Eurostop permette la facile sostituzione della guarnizione anche senza smontare la valvola dalla condotta (se presente il giunto di smontaggio).



ATTUATORE OLEODINAMICO F4.0
 ALESSAGGIO = 200 mm
 STELO = 90 mm
 CORSA = 630 mm
 PRESSIONE OLIO = ~70 bar

DETTAGLIO DEL SISTEMA DI CONTROLLO DELLA PORTATA
 E REGOLAZIONE DELLA VELOCITA' DI SCARICO

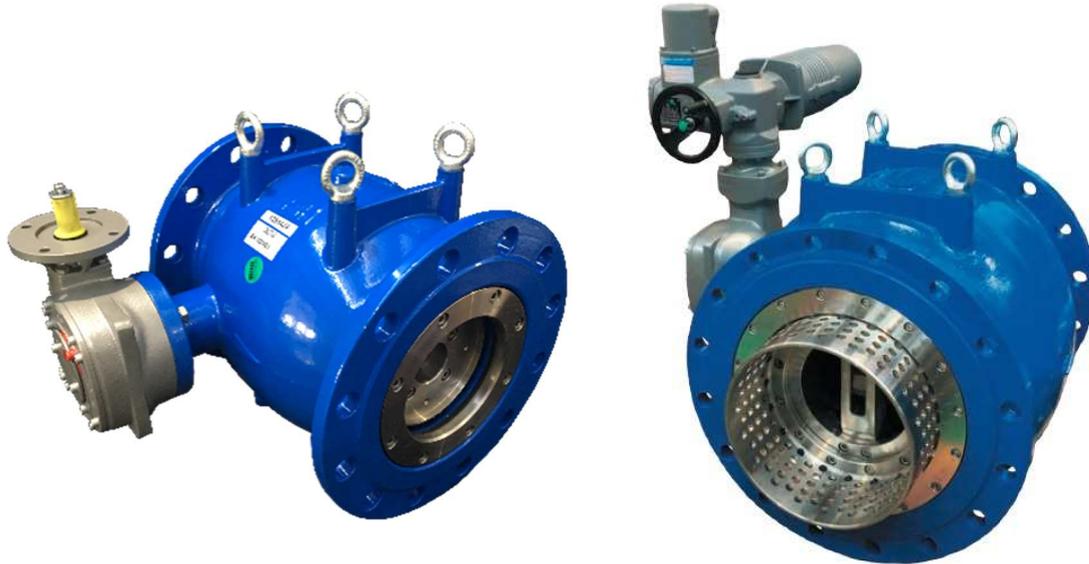


SOSTITUISCE IL		SOSTITUITO DAL	
PORTATA MASSIMA: 14 m ³ /s		PORTATA INTERVENTO: 8,5 m ³ /s	
SALTO NETTO : 20÷40 m		LOA (UNI ISO 2859-93)	
C	I	S	▲ Quota critica
		△	Quota importante
Tolleranze generali EN 22768/1-96		Smussi non quotati	
IT	fine	Roggi non quotati	
MS	medio		
SS	grossolano		
VS	molto gross		
PRODOTTI		MATERIALE	
FIGURA		Norma dimensionale	
PARTICOLARE		Norma qualitativa	
VALVOLE A FARFALLA DI SICUREZZA		Cod H:\DMG\SGHZZI	
511		DN 1800 PN 10	
DIMENSIONI D'INGOMBRO		COD.GR.	
POS		DISEGNO/CODICE	
IL PRESENTE DISEGNO E' DI NOSTRA PROPRIETA' ED A TERMINI DI LEGGE NE VIETAMO L'USO E LA RIPRODUZIONE SENZA LA NOSTRA AUTORIZZAZIONE		SCH3605	
DATA	FIRMA	REV.	N°MOD.
02.07.21	Esc: L.D.G.	2	
02.07.21	Appr: L.D.G.	1	
SCALA 1:20	A2		
DESCRIZIONE MODIFICA			

Valvola a FUSO NGL – Versione standard

DN 100 ÷ 1600 PN10-16
DN 100 ÷ 1000 PN25
DN 100 ÷ 600 PN40

Predisposta alla motorizzazione - motorizzata



Campi di applicazione

La valvola di regolazione a fuso NGL si caratterizza per la capacità di modulare la portata d'acqua transitante e i salti di pressione. È in grado di operare una manovra lineare anche per rilevanti gradi di parzializzazione nonostante notevoli carichi idrostatici in ingresso ed elevata differenza di pressione in esercizio. La possibilità di essere corredata di attuatori elettrici di regolazione continua permette di asservire la valvola a sistemi di controllo per la realizzazione di molteplici funzionalità.

La valvola di regolazione a fuso modula la portata d'acqua mediante lo scorrimento assiale di un otturatore azionato da un meccanismo tipo biella-manovella. La portata d'acqua viene incanalata in un passaggio avente sezione a forma di corona circolare progressivamente decrescente e successivamente crescente dalla sezione di ingresso fino alla sede di tenuta.

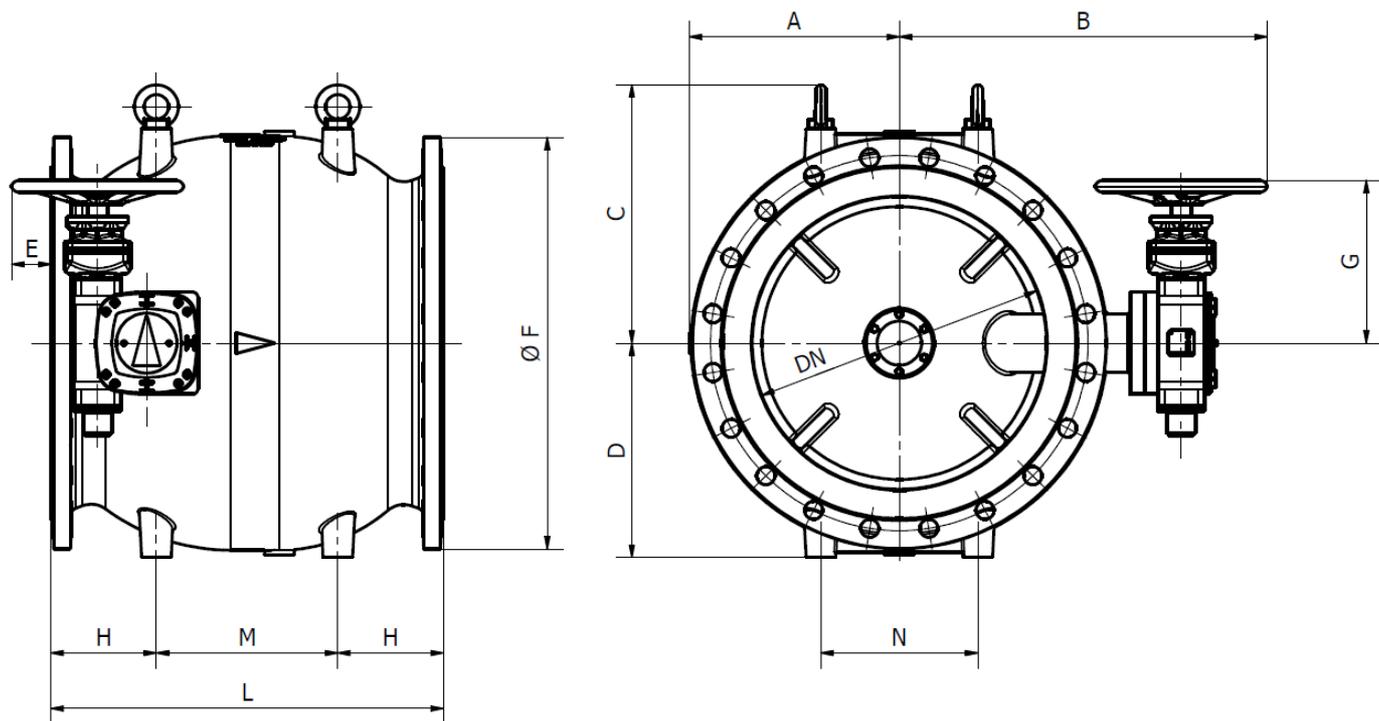
Il profilo interno della valvola è studiato in modo da ottimizzare il comportamento idrodinamico dell'acqua in modo da:

- ottenere basse perdite di carico a valvola completamente aperta;
- ridurre al minimo la possibilità di cavitazione in caso di grandi differenze di pressione tra ingresso e uscita della valvola. A tal proposito la valvola può essere dotata di un apposito cestello forato in acciaio inox atto a dissipare anche elevati carichi senza danni dovuti al fenomeno di cavitazione.

Gamma

La valvola a fuso NGL è disponibile sia in versione motorizzata con riduttore e attuttore elettrico che in versione manuale con riduttore e volantino predisposta per l'ulteriore motorizzazione. Di seguito i codici nella versione standard (senza cestello anti-cavitazione).

Versione manuale/motorizzabile



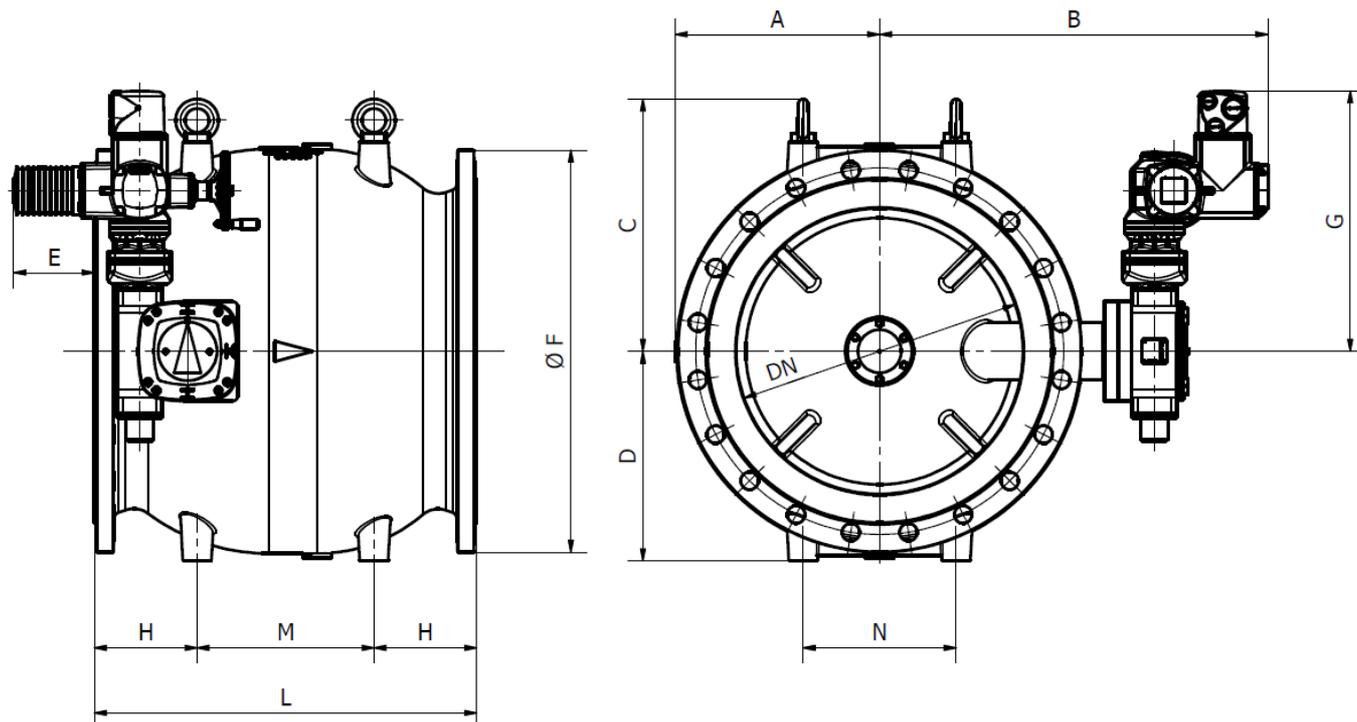
PN10													
DN	A	B	G	D	E	F	L	M	N	H	C	Massa	Codici
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	PN10
100	117,5	300	134	122	50	235	300	140	90	80	167	44	262740
150	150	335	134	155	40	300	350	160	110	95	200	71	262752
200	170	405	169	185	58	340	400	170	150	115	230	103	262754
250	198	440	169	218,5	53	395	450	200	170	125	263,5	150	262757
300	226	470	169	250	53	445	500	230	200	135	295	198	255346
350	264	620	303	300	120	505	550	260	220	145	362	340	Consultarci
400	299	557	174	320	50	565	600	280	240	160	382	344	262764
500	363	690	303	376	100	670	700	330	316	185	438	582	262767
600	428	750	303	440	80	780	800	370	320	215	530	808	261878
700	492	845	308	510	85	895	900	440	440	230	600	1153	262778
800	555	910	308	570	80	1015	1000	500	500	250	660	1486	262781
900	622	1010	384	640	95	1115	1100	550	550	275	730	2142	262784
1000	689	1075	384	710	75	1230	1200	600	600	300	800	2742	262787
1200	833	1240	384	860	35	1485	1400	700	700	350	988	4126	253864
1400	960	1390	514	1000	75	1685	1600	800	800	400	1128	5677	262791
1600	1085	1485	514	1100	20	1915	1800	900	900	450	1228	7518	Consultarci

PN16													
DN	A	B	G	D	E	F	L	M	N	H	C	Massa	Codici
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>	<i>PN16</i>
100	117,5	300	134	122	50	235	300	140	90	80	167	44	262740
150	150	335	134	155	40	300	350	160	110	95	200	71	262752
200	170	405	169	185	58	340	400	170	150	115	230	102	262755
250	203	440	169	218,5	53	405	450	200	170	125	263,5	151	262759
300	230	472	174	250	70	460	500	230	200	135	295	202	253125
350	264	620	303	300	120	520	550	260	220	145	362	347	Consultarci
400	299	625	303	320	120	580	600	280	240	160	382	372	262765
500	363	690	303	376	100	715	700	330	316	185	438	604	262768
600	428	750	303	440	80	845	800	370	320	215	530	855	262776
700	492	845	308	510	85	910	900	440	440	230	600	1161	262779
800	555	910	308	570	80	1025	1000	500	500	250	660	1490	262782
900	622	1010	384	640	95	1125	1100	550	550	275	730	2146	262785
1000	689	1075	384	710	75	1255	1200	600	600	300	800	2769	262788
1200	833	1240	514	860	75	1485	1400	700	700	350	988	4290	262790
1400	960	1390	514	1000	75	1685	1600	800	800	400	1128	5665	262792
1600	1085	1560	589	1100	145	1930	1800	900	900	450	1228	7550	269096

PN25													
DN	A	B	G	D	E	F	L	M	N	H	C	Massa	Codici
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>	<i>PN25</i>
100	117,5	300	134	122	50	235	300	140	90	80	167	43	262744
150	150	365	169	155	78	300	350	160	110	95	200	77	260468
200	180	405	169	185	58	360	400	170	150	115	230	104	262756
250	213	442	174	218,5	70	425	450	200	170	125	263,5	158	262760
300	243	472	174	250	70	485	500	230	200	135	295	207	258497
350	278	620	303	300	120	555	550	260	220	145	362	363	Consultarci
400	310	625	303	320	120	620	600	280	240	160	382	385	262766
500	365	690	308	376	125	730	700	330	316	185	438	616	262769
600	428	750	308	440	105	845	800	370	320	215	530	859	262777
700	492	845	308	510	85	960	900	440	440	230	600	1201	262780
800	555	910	384	570	115	1085	1000	500	500	250	660	1589	262783
900	622	1010	514	640	135	1185	1100	550	550	275	730	2289	262786
1000	689	1075	514	710	115	1320	1200	600	600	300	800	3027	262789

PN40													
DN	A	B	G	D	E	F	L	M	N	H	C	Massa	Codici
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>	<i>PN40</i>
100	117,5	327	169	122	88	235	300	140	90	80	167	49	262750
150	150	365	169	155	78	300	350	160	110	95	200	77	260468
200	188	407	174	195	75	375	400	170	150	115	240	122	Consultarci
250	225	530	303	231	140	450	450	200	170	125	276	207	Consultarci
300	258	560	303	265	120	515	500	230	200	135	310	271	271992
350	290	620	303	300	120	580	550	260	220	145	362	376	Consultarci
400	330	645	303	340	120	660	600	280	240	160	402	490	Consultarci
500	378	720	308	388,5	125	755	700	330	316	185	450,5	737	Consultarci
600	445	790	308	455	105	890	800	370	320	215	545	1008	Consultarci

Versione motorizzata



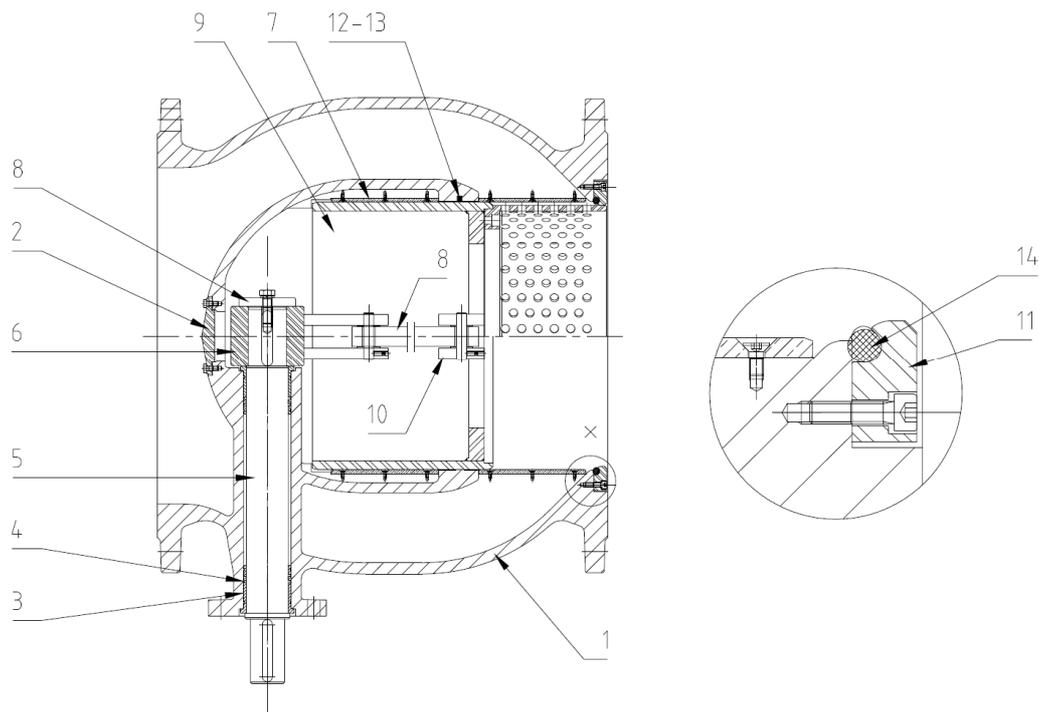
PN10													
DN	A	B	G	D	E	F	L	M	N	H	C	Massa	Codici
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	PN10
100	117,5	438	388	122	215	235	300	140	90	80	167	62	Consultarci
150	150	473	388	155	205	300	350	160	110	95	200	90	Consultarci
200	170	518	413	185	198	340	400	170	150	115	230	121	Consultarci
250	198	553	413	218,5	193	395	450	200	170	125	263,5	168	Consultarci
300	226	583	413	250	193	445	500	230	200	135	295	216	Consultarci
350	264	683	547	300	210	505	550	260	220	145	362	358	Consultarci
400	299	680	420	320	208	565	600	280	240	160	382	364	Consultarci
500	363	753	547	376	190	670	700	330	316	185	438	598	Consultarci
600	428	813	547	440	170	780	800	370	320	215	530	825	Consultarci
700	492	908	552	510	175	895	900	440	440	230	600	1170	Consultarci
800	555	973	552	570	170	1015	1000	500	500	250	660	1502	Consultarci
900	622	1073	628	640	185	1115	1100	550	550	275	730	2158	Consultarci
1000	689	1148	630	710	183	1230	1200	600	600	300	800	2761	Consultarci
1200	833	1313	630	860	143	1485	1400	700	700	350	988	4145	Consultarci
1400	960	1463	760	1000	183	1685	1600	800	800	400	1128	5698	Consultarci
1600	1085	1558	760	1100	128	1915	1800	900	900	450	1228	7540	Consultarci

PN16													
DN	A	B	G	D	E	F	L	M	N	H	C	Massa	Codici
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	PN16
100	117,5	438	388	122	215	235	300	140	90	80	167	62	Consultarci
150	150	473	388	155	205	300	350	160	110	95	200	90	Consultarci
200	170	518	413	185	198	340	400	170	150	115	230	120	Consultarci
250	203	553	413	218,5	193	405	450	200	170	125	263,5	169	Consultarci
300	230	585	418	250	210	460	500	230	200	135	295	220	Consultarci
350	264	683	547	300	210	520	550	260	220	145	362	365	Consultarci
400	299	688	547	320	210	580	600	280	240	160	382	390	Consultarci
500	363	753	547	376	190	715	700	330	316	185	438	620	Consultarci
600	428	813	547	440	170	845	800	370	320	215	530	872	Consultarci
700	492	918	554	510	193	910	900	440	440	230	600	1180	Consultarci
800	555	983	554	570	188	1025	1000	500	500	250	660	1508	Consultarci
900	622	1083	630	640	203	1125	1100	550	550	275	730	2164	Consultarci
1000	689	1148	630	710	183	1255	1200	600	600	300	800	2788	Consultarci
1200	833	1313	760	860	183	1485	1400	700	700	350	988	4312	Consultarci
1400	960	1463	760	1000	183	1685	1600	800	800	400	1128	5686	Consultarci
1600	1085	1611	841	1100	284	1930	1800	900	900	450	1228	7593	Consultarci

PN25													
DN	A	B	G	D	E	F	L	M	N	H	C	Massa	Codici
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	PN25
100	117,5	438	388	122	215	235	300	140	90	80	167	62	Consultarci
150	150	478	413	155	218	300	350	160	110	95	200	95	Consultarci
200	180	518	413	185	198	360	400	170	150	115	230	122	Consultarci
250	213	555	418	218,5	210	425	450	200	170	125	263,5	176	Consultarci
300	243	595	420	250	228	485	500	230	200	135	295	227	Consultarci
350	278	683	547	300	210	555	550	260	220	145	362	381	Consultarci
400	310	688	547	320	210	620	600	280	240	160	382	403	Consultarci
500	365	753	554	376	233	730	700	330	316	185	438	635	Consultarci
600	428	813	552	440	195	845	800	370	320	215	530	876	Consultarci
700	492	918	554	510	193	960	900	440	440	230	600	1220	Consultarci
800	555	983	630	570	223	1085	1000	500	500	250	660	1611	Consultarci
900	622	1083	760	640	243	1185	1100	550	550	275	730	2311	Consultarci
1000	689	1148	760	710	223	1320	1200	600	600	300	800	3049	Consultarci

PN40													
DN	A	B	G	D	E	F	L	M	N	H	C	Massa	Codici
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	PN40
100	117,5	440	413	122	228	235	300	140	90	80	167	67	Consultarci
150	150	478	413	155	218	300	350	160	110	95	200	95	Consultarci
200	188	530	420	195	233	375	400	170	150	115	240	140	Consultarci
250	225	593	547	231	230	450	450	200	170	125	276	225	Consultarci
300	258	623	547	265	230	515	500	230	200	135	310	289	Consultarci
350	290	683	547	300	210	580	550	260	220	145	362	394	Consultarci
400	330	708	547	340	210	660	600	280	240	160	402	508	Consultarci
500	378	793	554	388,5	233	755	700	330	316	185	450,5	756	Consultarci
600	445	863	554	455	195	890	800	370	320	215	545	1025	Consultarci

Materiali e rivestimenti



Pos.	Descrizione	Materiale	Rivestimento
1	Corpo	Ghisa sferoidale GS 500-7	Vernice a polveri epossidiche spessore minimo 250 micron - RAL 5005
2	Coperchio	AISI 304	
3	Boccola	Bronzo CUSN12	
4	O-Ring	EPDM	
5	Albero	AISI 420	
6	Glifo	AISI 304	
7	Guida otturatore	Bronzo CUSN8	
8	Asta otturatore	AISI 420	
9	Otturatore	AISI 304	
10	Forcella	AISI 304	
11	Sede di tenuta	AISI 304	
12	O-Ring	NBR	
13	Fascia guida	PTFE- Carbografite	
14	Guarnizione di tenuta	NBR	
	Cilindro anticavitazione (se applicato)	Acciaio inox X5CrNi1810 (AISI 304) secondo EN 10088-3	
	Viteria interna	Acciaio inox X5CrNi1810 (AISI 304) secondo EN 10088-3	
	Viteria esterna	Acciaio inox X5CrNi1810 (AISI 304) secondo EN 10088-3	

Riduttore e attuatore elettrico

Caratteristiche principali riduttore:

- Riduttore non reversibile
- Costruttore: AUMA / Germania
- Materiale: Ghisa Grigia GG25 secondo DIN 1693
- Rivestimento esterno: vernice sintetica spessore 60 micron – colore grigio
- Indicatore meccanico di posizione
- Grado di Protezione IP68.3 secondo EN60529
- Flangia predisposta per accoppiamento attuatore elettrico
- Volantino (per la versione manuale) in acciaio stampato con rivestimento epossidico 150 micron e frecce di indicazione OPEN/SHUT

Caratteristiche principali attuatore elettrico:

- Alimentazione standard 400 V 50 Hz trifase (AC)
- Servizio intermittente S4 - 25% di regolazione secondo norme CEI / IEC
- 2 finecorsa tandem (2 in ap. - 2 in ch.) per circuiti di comando e telesegnalazione contatti NA e NC
- 2 limitatori di coppia (1 in ap. - 1 in ch.) per circuiti di comando e telesegnalazione contatti NA e NC
- Resistenza anticondensa (5-20 W)
- Comando manuale di emergenza a volantino disinseribile automaticamente
- Trasmettitore di posizione elettronico, con segnale 4-20 mA
- Protezione stagna al getto di manichetta IP 68 secondo EN 60529
- Costruttore: AUMA / Germania
- Schema morsettiera TPA 00R1AB-0E1-000 <https://www.auma.com/en/service-support/wiring-diagrams/wiring-diagram-number/>

Su richiesta, risulta inoltre possibile configurare in maniera differente l'attuatore (ad es. limitatori di coppia tandem, ecc.) e/o installare un'unità teleinvertitrice integrale sull'attuatore stesso.

La valvola in versione a comando manuale è dotata di flangia di attacco per la predisposizione ad una successiva motorizzazione.

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva riportante le caratteristiche dimensionali ed operative di riduttori ed attuatori elettrici installati sulle valvole:

DN	PN	Riduttore tipo AUMA	N° giri	Attuatore AUMA	Velocità	Tempo di chiusura
mm					rpm	s
100	16	GS 50.3 - F10	6,5	SAR 07.6	22	18
	25	GS 50.3 - F10	6,5	SAR 07.6	22	18
	40	GS 63.3 - F10	6,5	SAR 07.6	22	18
150	16	GS 50.3 - F10	7,5	SAR 07.6	16	28
	25	GS 63.3 - F12	7,5	SAR 07.6	16	28
	40	GS 63.3 - F12	7,5	SAR 07.6	16	28
200	10	GS 63.3 - F12	9,5	SAR 07.6	16	36
	16	GS 63.3 - F12	9,5	SAR 07.6	16	36
	25	GS 63.3 - F12	9,5	SAR 07.6	16	36
	40	GS 80.3 - F12	9,9	SAR 10.2	16	37
250	10	GS 63.3 - F12	10,0	SAR 07.6	11	54
	16	GS 63.3 - F12	10,0	SAR 07.6	11	54

	25	GS 80.3 - F12	10,4	SAR 07.6	11	56
	40	GS 100.3/VZ4.3 - F14	40,6	SAR 07.6	45	54
300	10	GS 63.3 - F12	9,1	SAR 07.6	11	50
	16	GS 80.3 - F12	9,5	SAR 07.6	11	52
	25	GS 80.3 - F12	9,5	SAR 10.2	11	52
	40	GS 100.3/VZ4.3 - F14	37,2	SAR 07.6	45	50
350	10	GS 100.3/VZ4.3 - F16	37,6	SAR 07.6	32	71
	16	GS 100.3/VZ4.3 - F16	37,6	SAR 07.6	32	71
	25	GS 100.3/VZ4.3 - F16	37,6	SAR 07.6	32	71
	40	GS 100.3/VZ4.3 - F16	37,6	SAR 07.6	32	71
400	10	GS 80.3 - F14	9,0	SAR 10.2	8	67
	16	GS 100.3/VZ4.3 - F14	35,3	SAR 07.6	32	66
	25	GS 100.3/VZ4.3 - F14	35,3	SAR 07.6	32	66
	40	GS 100.3/VZ4.3 - F16	35,3	SAR 07.6	32	66
500	10	GS 100.3/VZ4.3 - F16	34,9	SAR 07.6	22	95
	16	GS 100.3/VZ4.3 - F16	34,9	SAR 07.6	22	95
	25	GS 125.3/VZ4.3 - F16	34,9	SAR 10.2	22	95
	40	GS 125.3/VZ4.3 - F25	34,9	SAR 10.2	22	95
600	10	GS 100.3/VZ4.3 - F16	38,4	SAR 07.6	22	105
	16	GS 100.3/VZ4.3 - F16	38,4	SAR 07.6	22	105
	25	GS 125.3/VZ4.3 - F16	38,4	SAR 07.6	22	105
	40	GS 125.3/VZ4.3 - F25	38,4	SAR 10.2	22	105
700	10	GS 125.3/VZ4.3 - F25	36,0	SAR 07.6	16	135
	16	GS 125.3/VZ4.3 - F25	36,0	SAR 10.2	16	135
	25	GS 125.3/VZ4.3 - F25	36,0	SAR 10.2	16	135
800	10	GS 125.3/VZ4.3 - F25	35,2	SAR 07.6	16	132
	16	GS 125.3/VZ4.3 - F25	35,2	SAR 10.2	16	132
	25	GS 160.3/GZ 8:1 - F25	74,8	SAR 10.2	32	140
900	10	GS 160.3/GZ 8:1 - F30	72,9	SAR 07.6	22	199
	16	GS 160.3/GZ 8:1 - F30	72,9	SAR 10.2	22	199
	25	GS 200.3/GZ 16:1 - F30	142,5	SAR 10.2	45	190
1000	10	GS 160.3/GZ 8:1 - F30	73,9	SAR 10.2	22	201
	16	GS 160.3/GZ 8:1 - F30	73,9	SAR 10.2	22	201
	25	GS 200.3/GZ 16:1 - F30	144,4	SAR 10.2	45	193
1200	10	GS 160.3/GZ 8:1 - F30	76,7	SAR 10.2	16	288
	16	GS 200.3/GZ 16:1 - F30	149,9	SAR 10.2	32	281
1400	10	GS 200.3/GZ 16:1 - F35	149,0	SAR 10.2	32	279
	16	GS 200.3/GZ 16:1 - F35	149,0	SAR 10.2	32	279
1600	10	GS 200.3/GZ 16:1 - F35	150,2	SAR 10.2	32	282
	16	GS 250.3/GZ 16:1 - F35	147,4	SAR 14.2	32	276

N° giri: numero di giri della valvola per la completa chiusura; **Coppia:** Coppia richiesta in ingresso sul riduttore; Attacco riduttore/attuatore F10 secondo ISO5210; Disponibili tempi di manovra differenti su richiesta.

Normative

Collaudo idraulico

Tutte le valvole di regolazione a fuso sono soggette ad un controllo idraulico finale per verificare la conformità alle prescrizioni in ottemperanza a quanto descritto dalle norme EN 12266 e EN 1074:

- Tenuta corpo (valvola tappata all'estremità, otturatore lievemente aperto) a $P_{test} = \max(1,5 \times PN; PEA)$
- Tenuta/Prova diretta (valvola tappata ad una estremità, otturatore chiuso) a $P_{test} = \max(1,1 \times PN; PEA)$.

Prove sul prodotto

Controllo della verniciatura: test dello spessore, test di porosità (Holiday test), test di resistenza meccanica (impact test), test polimerizzazione (MIBK test). Conforme norma EN 14901.

Conformità alle norme

Collaudi in stabilimento:

- EN 12266-1 (ISO5208)
- EN 1074

Foratura flange in accordo a:

- EN 1092-2
- ISO 7005-2

Attacco del gruppo di comando:

- ISO 5211 per il gruppo valvola-riduttore
- ISO 5210 per il gruppo riduttore- attuatore

Alimentarietà:

- D.M. 6 aprile 2004 n. 174 nelle parti applicabili (ex C.M. 102 del 02/12/1978)
- Conformità alle normative estere: KTW (tedesca), WRC (inglese), ACS (francese)

Marcatura

Sul corpo come da EN19:

- Diametro nominale in mm (DN);
- Pressione nominale in bar (PN);
- Tipo di ghisa sferoidale;
- Logo Produttore;
- Direzione del flusso;
- Codice Modello;
- Data di fusione.

Sull'etichetta come da EN19:

- Diametro nominale in mm (DN);
- Pressione nominale in bar (PN);
- Pressione di funzionamento ammissibile (PFA);
- Senso di chiusura;
- Codice di prodotto;
- Ordine di lavoro, Conferma d'ordine;
- Marchio Produttore.

Dimensionamento

Per il corretto dimensionamento e funzionamento delle valvole a fuso è fondamentale conoscere i seguenti parametri idraulici di portata e pressione:

- Pressione idrostatica a monte della valvola (cioè la pressione a monte con la valvola chiusa)
- La pressione di monte P_{in} e pressione di valle P_{out} della valvola con la Portata massima Q_{max}
- La pressione di monte P_{in} e pressione di valle P_{out} della valvola con la Portata minima Q_{min}

È inoltre necessario verificare che la velocità massima del fluido nella valvola sia inferiore o uguale a 5 m/s e che le temperature di esercizio del fluido siano comprese tra 0°C e 40 °C.

Attraverso questi parametri, consultando l'ufficio Tecnico-Commerciale Saint-Gobain PAM, risulta così possibile dimensionare correttamente la valvola e valutare l'eventuale necessità di inserire un cestello anticavitazione.

Caratteristiche idrauliche

Per il calcolo delle perdite di carico si può utilizzare la seguente formula:

$$\Delta h = \frac{\zeta v^2}{2g}$$

con:

Δh = perdite di carico (m.c.a.)

ζ = coefficiente di perdita a carico (adimensionale - determinabile dal Diagramma 1)

v = velocità nominale (m/s)

g = accelerazione di gravità 9,81 (m/s²)

Una volta determinate le perdite di carico risulta possibile calcolare la portata Q (m³/h) nel seguente modo:

$$Q = K_v \sqrt{\frac{\Delta h}{10,2}}$$

con K_v = coefficiente di portata (determinabile dal Diagramma 2) corrispondente alla portata espressa in m³/h a 20°C che provoca una perdita di carico attraverso la valvola pari a 10 metri di colonna d'acqua (10,2 fattore correttivo in metri).

Diagram 1

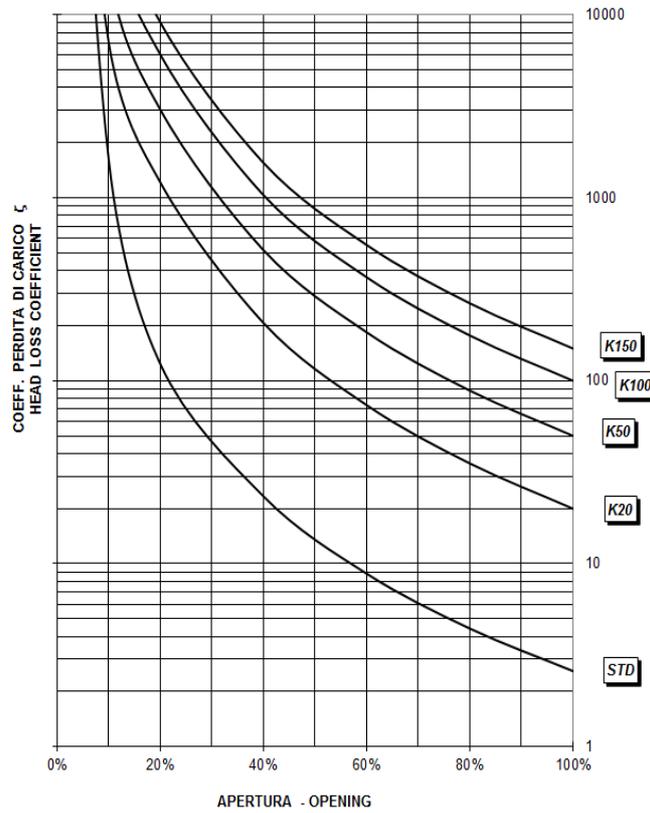
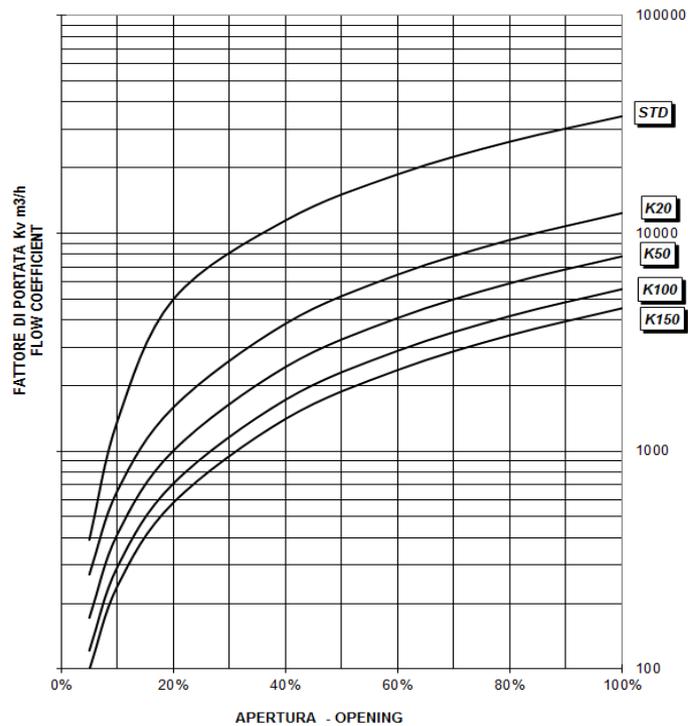


Diagram 2
DN1400 NGL



Cavitazione

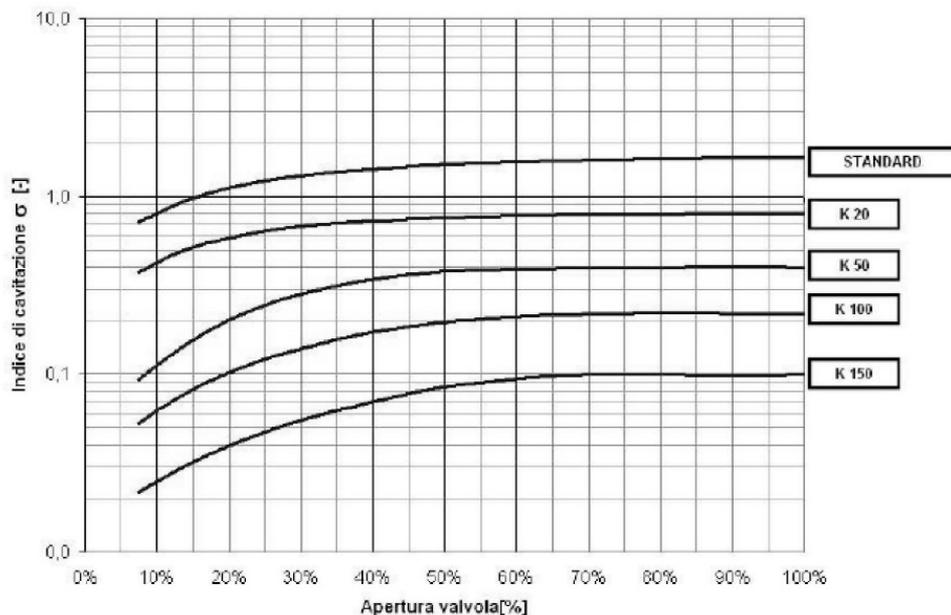
Per poter effettuare una stima indicativa del rischio di cavitazione si può procedere utilizzando il grafico sotto riportato. Allo scopo di determinare se la valvola deve essere equipaggiata di cestello forato anticavitazione e di quale tipo occorre determinare il valore dell'indice di cavitazione σ tramite la seguente formula:

$$\sigma = \frac{P_{out} + p_v + p_a}{(P_{in} - P_{out}) + \frac{V^2}{2 \cdot 9,81}}$$

dove:

- P_{out} = pressione dinamica in uscita dalla valvola (m.c.a.)
- P_{in} = pressione dinamica in ingresso nella valvola (m.c.a.)
- p_a = pressione atmosferica (~ 10 m)
- p_v = pressione vapore (~ 0,1 m)

Nel diagramma seguente sono riportati in funzione del grado di apertura della valvola i valori dell'indice di cavitazione critico per ogni tipologia di uscita (standard, K20, K50, K100, K150). La verifica alla cavitazione dovrà essere effettuata controllando che l'indice di cavitazione σ calcolato sia superiore a quello critico con un margine di sicurezza pari a circa il 25%.



Istruzioni per l'uso

Immagazzinamento

Le apparecchiature dovranno preferibilmente essere tenute in luoghi coperti, il più possibile al riparo dal sole (temperatura minima 0°C e massima 70 °C come da norma EN 1074) e dalla pioggia ed in generale dagli agenti atmosferici. Si dovrà evitare che la sede di tenuta venga a contatto con polvere o terra.

Installazione

La valvola di regolazione a fuso può essere installata in qualsiasi posizione (orizzontale, verticale o obliqua). Deve essere tuttavia rispettata la direzione del flusso, evidenziata sul corpo della valvola con una freccia ricavata di fusione. Il flusso proveniente dalla direzione opposta può essere permesso se questa condizione è occasionale e solamente se la valvola è completamente aperta.

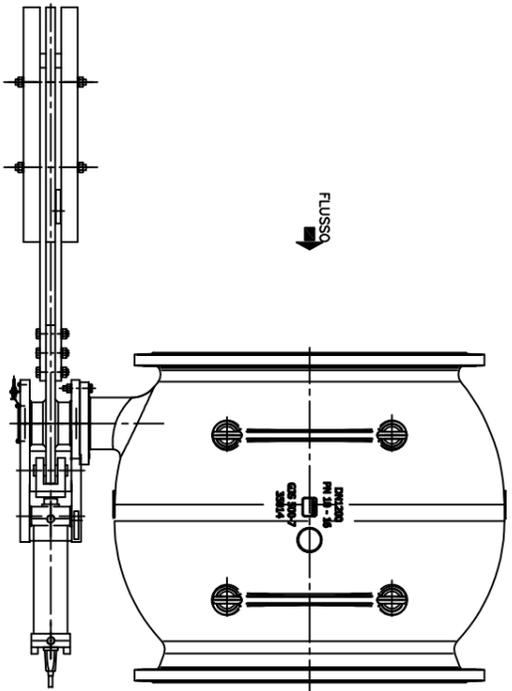
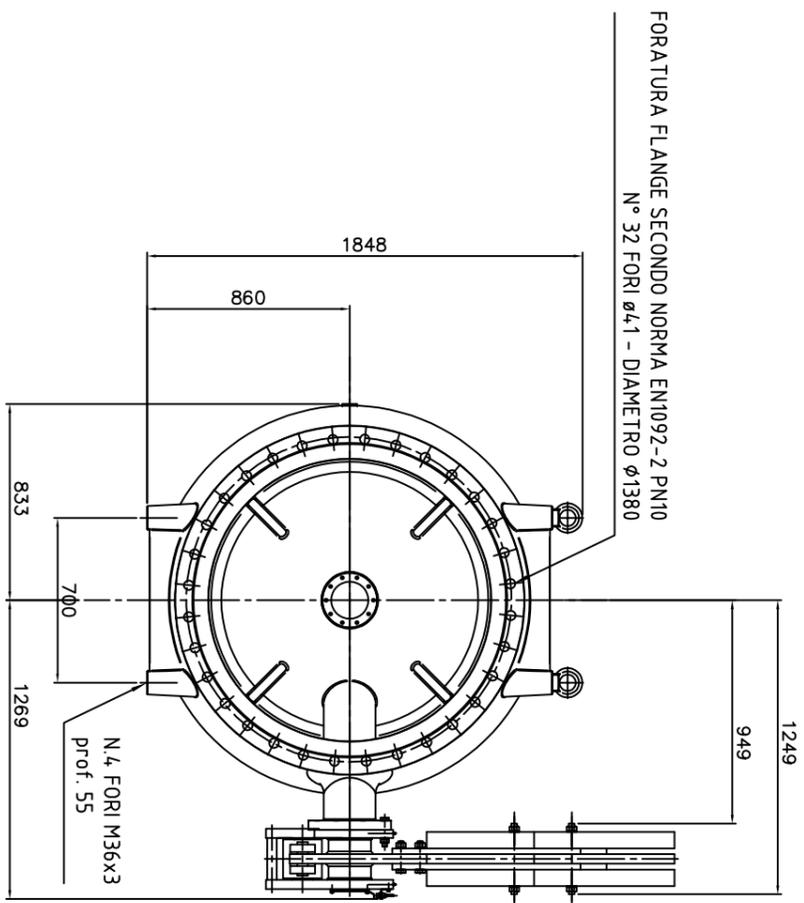
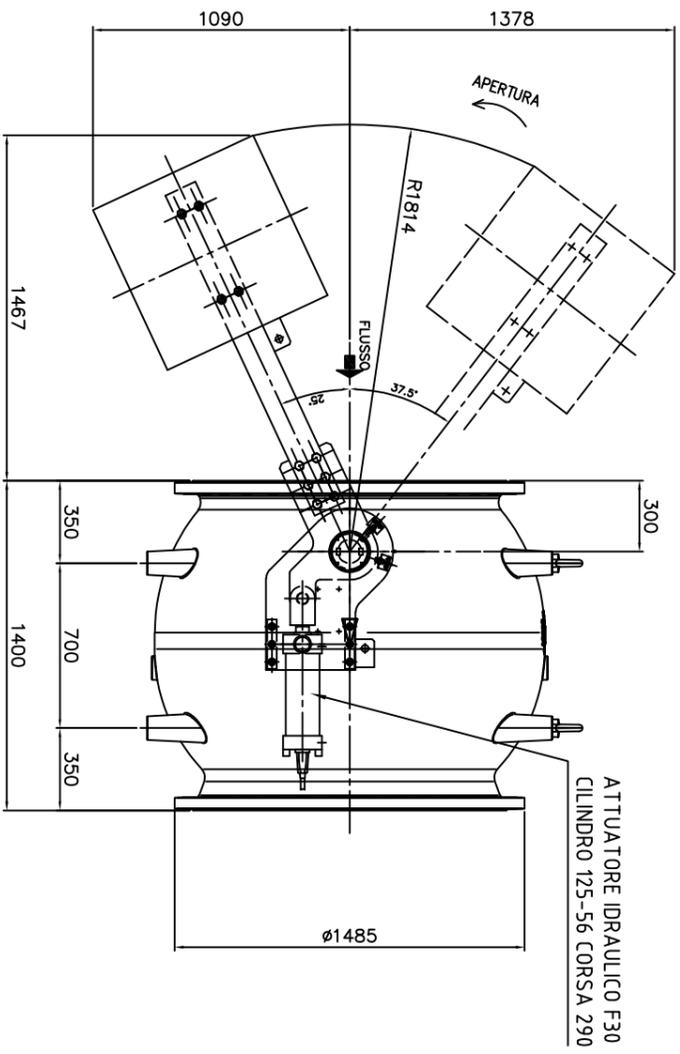
Si consiglia di prevedere un giunto di smontaggio per facilitare le operazioni di installazione e manutenzione.

Manutenzione

Tutte le operazioni di manutenzione devono essere effettuate dopo lo svuotamento totale della condotta (assenza totale di flusso e pressione nulla) per evitare qualsiasi pericolo alle persone durante queste operazioni.

Le valvole a fuso sono progettate, costruite e provate con la massima cura, la scelta dei materiali viene effettuata con grande attenzione considerando il tipo di fluido e le reali condizioni di esercizio. Per mantenere queste caratteristiche nel tempo è indispensabile che la valvola sia controllata periodicamente eseguendo almeno una manovra di apertura e chiusura semestrale qualora la valvola stessa non venga movimentata frequentemente.

Per maggiori informazioni si rimanda al manuale di uso e manutenzione.



LQA (UNI ISO 2859-93)		Note :	
C	I	S	▲ Quota critica
		△	Quota importante

SOSTITUISCE IL		SOSTITUITO DAL	
Tolleranze generali EN 22768/1-96		Smussi non quotati:	
f	fine	Raggi non quotati:	
m	media		
e	grossolana		
v	molto gross.		

PRODOTTO	VALVOLA A FUSO CON APERTURA A CONTRAPPESO
FIGURA	508
PARTICOLARE	DIMENSIONI D'INGOMBRO
	DN 1200 PN 10

MATERIALE		Norma dimensionale	
		Norma qualitativa	
IL PRESENTE DISEGNO E' DI NOSTRA PROPRIETA' ED A TERMINI DI LEGGE NE VIETIAMO L'USO E LA RIPRODUZIONE SENZA LA NOSTRA AUTORIZZAZIONE		PESO TOTALE VALVOLA ~ 3500 Kg	

REV.	N°MOD.	DATA	FIRMA ESEC.	FIRMA APPROV.
4				
3				
2				
1				

DATA	07.02.21	Esec.	L.D.G.
DATA	07.02.21	Appr.	L.D.G.
SCALA	1:15		A3

Cod g:\DWG\SCHIZZI	
COD.GR.	
DISEGNO/CODICE	SCH3604
Rev.	0

DESCRIZIONE MODIFICA

Valvola di regolazione a membrana a flusso avviato

Scheda tecnica IDROVALVOLA BASE modello E2001



Applicazioni

L'idrovalvola E2001 è una valvola di regolazione a membrana del tipo a flusso avviato. È in grado di regolare in modo automatico uno o più parametri idraulici quali pressione, portata, o livello, ad un valore prefissato. Sulla medesima idrovalvola possono essere combinate anche due o più funzioni.

È costituita dalla valvola principale e da un circuito di pilotaggio specifico per ogni funzione. Opera per mezzo di una membrana che crea con il coperchio una camera interna di controllo; la variazione di volume di questa camera modifica la posizione dell'otturatore e permette così di regolare il parametro richiesto.

Il circuito di pilotaggio può essere concepito in modo tradizionale, con elementi separati dedicati al controllo del comportamento della valvola, oppure con l'integrazione di un'unità di controllo centralizzata multifunzione definita "TUP", che racchiude in un unico blocco tutto quanto necessario, ovvero il filtro, il controllo per la regolazione della velocità di chiusura ed apertura (indipendenti tra loro) e il controllo di velocità di reazione della valvola.

Gamma

L'idrovalvola E2001 è prodotta secondo la seguente gamma:

DN 50-700

PN 10-16-25.

I principali modelli normalmente utilizzati sono i seguenti:

- E2115-00: riduttrice e stabilizzatrice della pressione di valle;
- E2116-00: sostegno o sfioro della pressione di monte;
- E2114-00: limitatrice di portata;
- E2110-14: sezionamento a galleggiante on-off;
- E2110-10: controllo di livello costante a galleggiante;
- E2127-01: sezionamento piezometrica on-off;
- E2127-37: controllo di livello costante piezometrica;
- E2117-00: sezionamento per eccesso di portata;
- E2118-05: non ritorno;
- E2116-52: sfioro della pressione ad apertura anticipata (fino a DN 200);
- E2113-12/06: sezionamento con comando elettrico remoto;
- E2113-40/50: controllo passo-passo (step by step) con comando elettrico remoto;
- E2113-46/21: controllo avviamento pompa;
- E2115-02: riduttrice della pressione di valle e sostegno pressione di monte;
- E2114-02: limitatrice di portata e riduttrice della pressione di valle;
- E2115-04: riduttrice della pressione di valle e con comando elettrico remoto;
- E2113-04: riduttrice della pressione di valle e non ritorno;
- E2114-08: limitatrice di portata e sostegno della pressione di monte;
- E2116-03: sostegno della pressione di monte e non ritorno;
- E2110-44: sezionamento a galleggiante on-off e limitatrice di portata;
- E2110-13: controllo di livello costante a galleggiante e sostegno della pressione di monte.

È inoltre disponibile la gamma ECO2001, le cui principali funzioni sono:

- riduttrice e stabilizzatrice di pressione a due livelli (modello E2115-46);
- limitatrice di portata a due stadi;
- sezionamento con comando elettrico temporizzato;
- sfioro della pressione a due livelli;

Su richiesta, è inoltre possibile combinare altre funzioni o aggiungerne di opzionali, installare fincorsa di segnalazione inductivi, il trasduttore analogico 4-20 mA per la trasmissione della posizione dell'otturatore oppure il posizionatore elettrico lineare sui piloti. Il nostro servizio tecnico pre-vendita è a disposizione per l'individuazione della configurazione ottimale.

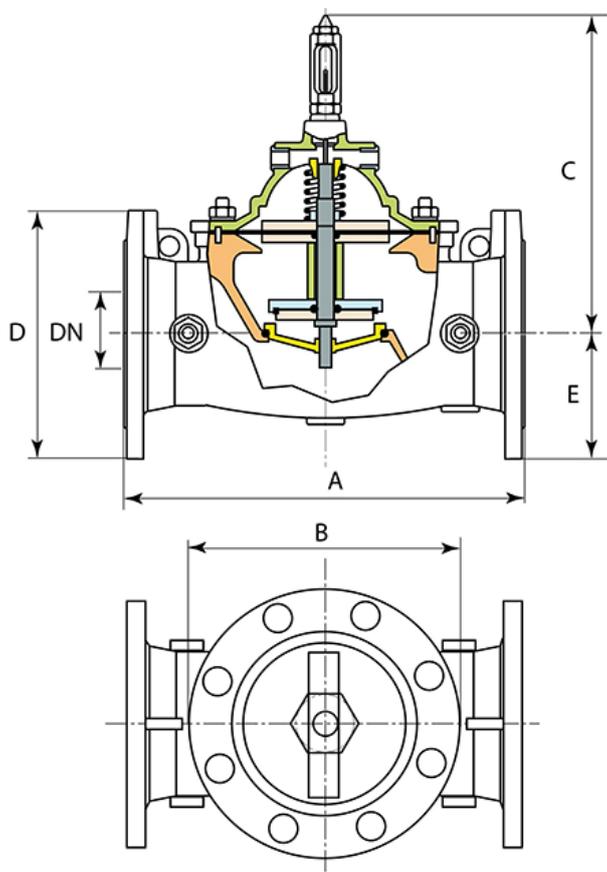
Codici

Questi i codici della sola valvola base, sulla quale dovrà essere integrato lo specifico circuito di pilotaggio con i relativi accessori:

DN	Codici PN10	Codici PN16	Codici PN25
<i>mm</i>			
50	200570	200570	200570
60	200575	200575	200576
65	200577	200577	200581
80	200582	200582	200582
100	200588	200588	200594
125	200596	200596	200599
150	200600	200600	200605
200	200607	200610	200614
250	200615	200617	200622

DN	Codici PN10	Codici PN16	Codici PN25
<i>mm</i>			
300	200623	200625	200628
350	200629	200630	200631
400	200632	200633	200636
500	200637	200638	200640
600	200641	200642	200643
700	200644	200645	200646

Dimensioni e pesi



Flange in conformità alla EN 1092-2 e alla ISO 7005-2.

PN10

DN	A	B	K	D	E	Peso
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>
50	230	148	246	165	85	20.0
60	290	148	246	185	95	23.0
65	290	148	246	185	95	23.0
80	310	148	246	200	100	25.0

DN	A	B	K	D	E	Peso
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>
100	350	206	272	220	110	36.0
125	400	267	330	250	125	50.0
150	480	267	330	285	145	61,0
200	600	356	402	340	170	110.0
250	730	445	569	400	200	225.0
300	850	597	649	455	230	390.0
350	980	597	649	520	255	485.0
400	1100	750	786	565	285	580.0
500	1250	842	840	670	335	820.0
600	1450	905	956	780	390	1180.0
700	1650	1110	1080	910	460	2148.0

PN16

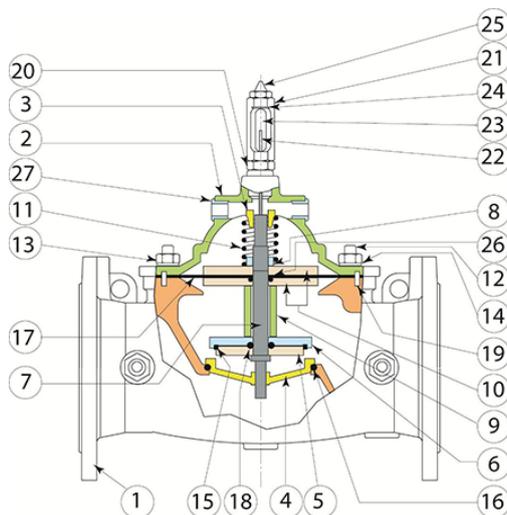
DN	A	B	K	D	E	Peso
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>
50	230	148	246	165	85	20.0
60	290	148	246	185	95	23.0
65	290	148	246	185	95	23.0
80	310	148	246	200	100	25.0
100	350	206	272	220	110	36.0
125	400	267	330	250	125	50.0
150	480	267	330	285	145	61,0
200	600	356	402	340	170	110.0
250	730	445	569	400	200	225.0
300	850	597	649	455	230	390.0
350	980	597	649	520	255	485.0
400	1100	750	786	565	285	580.0
500	1250	842	840	670	335	820.0
600	1450	905	956	780	390	1180.0
700	1650	1110	1080	910	460	2148.0

PN25

DN	A	B	K	D	E	Peso
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>
50	230	148	246	165	85	20.0
60	290	148	246	185	95	23.0
65	290	148	246	185	95	23.0
80	310	148	246	200	100	25.0
100	350	206	272	235	120	36.0
125	400	267	330	270	135	50.0
150	480	267	330	300	150	61,0
200	600	356	402	360	180	110.0
250	730	445	569	425	215	235.0
300	850	597	649	485	245	410.0

DN	A	B	K	D	E	Peso
mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
350	980	597	649	555	280	510.0
400	1100	750	786	620	310	610.0
500	1250	842	840	730	365	860.0
600	1450	905	956	845	425	1270.0
700	1650	1110	1080	960	485	2186.0

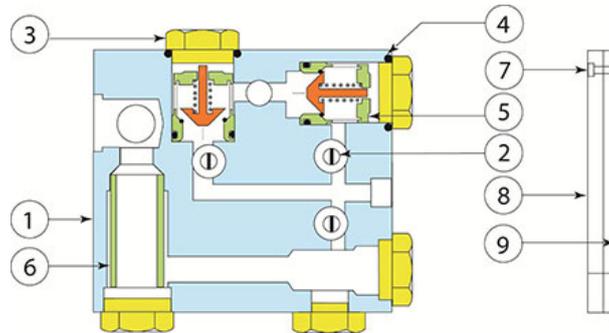
Materiali e rivestimento



Item	Quantità	Descrizione	Materiale	Rivestimento
01	01	Corpo	Ghisa sferoidale GJS 400-15	Epossidico spessore minimo 250 micron secondo EN 14901
02	01	Coperchio	Ghisa sferoidale GJS 400-15	Epossidico spessore minimo 250 micron secondo EN 14901
03	01	Boccola cappello	Bronzo	-
04	01	Sede valvola	AISI 316	-
05	01	Disco premi-guarnizione inferiore	AISI 316	-
06	01	Disco premi-guarnizione superiore taglia DN 50-200	AISI 316	-
		Disco premi-guarnizione superiore taglia DN 250-700	Ghisa sferoidale GJS 500-7	Epossidico spessore minimo 250 micron secondo EN 14901
07	01	Albero	AISI 303	
08	02	Dadi albero	AISI 303	
09	01	Distanziale	AISI 303	
10	02	Rondelle premi-membrana taglia DN 50-100	Acciaio inox AISI 316	
		Rondelle premi-membrana taglia DN 125-700	Acciaio S235 JR	Epossidico spessore minimo 250 micron secondo EN 14901
11	01	Molla taglia DN 50-200	AISI 302	
		Molla taglia DN 250-700	Acciaio C70	Epossidico spessore minimo 250 micron secondo EN 14901

Item	Quantità	Descrizione	Materiale	Rivestimento
12	*	Prigionieri	AISI 303	
13	*	dadi	AISI 303	
14	*	Rondelle	AISI 303	
15	01	Guarnizione Quad-ring	NBR	
16	01	Guarnizione O-ring	Viton	
17	01	Membrana	NBR rinforzato con nylon	
18	01	Guarnizione O-ring	NBR	
19	02	Spina di centraggio	AISI 303	
20	01	Base Indicatore di posizione	Ottone nichelato	
21	01	Corpo Indicatore di posizione	Ottone nichelato	
22	01	Stelo indicatore di posizione	AISI 303	
23	01	Indicatore di posizione	Vetro temperato	
24	02	Guarnizione O-ring	NBR	
25	01	Sfiato manuale	Ottone nichelato	
26	01	Guarnizione O-ring	NBR	
27	01	Riduzione con O-ring	AISI 303 + Viton	

Unità di controllo centralizzata TUP (accessorio del circuito di pilotaggio)

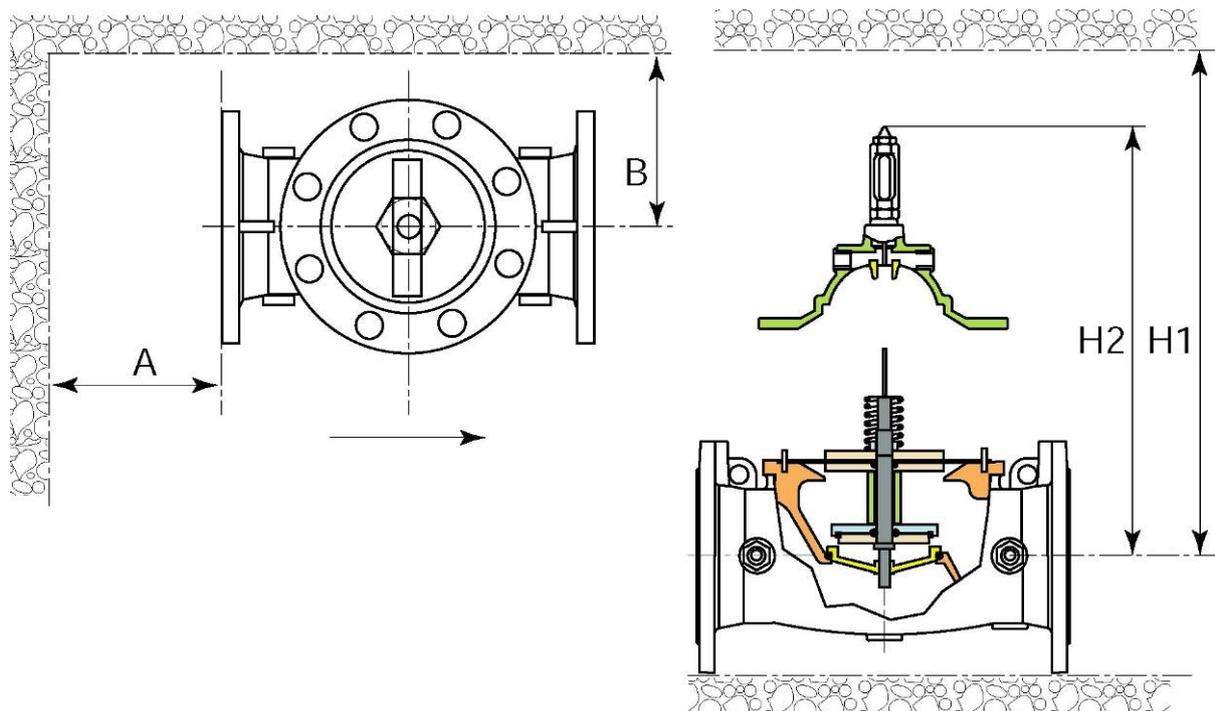


Item	Quantità	Descrizione	Materiale
01	01	Corpo	AISI 303
02	03	Rubinetto	AISI 303
03	03	Tappo	AISI 303
04	03	O-ring	NBR
05	02	Valvola di non ritorno	
06	01	Filtro	AISI 316
07	01	Rivetto	Ottone
08	01	Targhetta inferiore	Policarbonato makrolon
09	01	Targhetta superiore	Policarbonato makrolon

Circuito di pilotaggio

I tubi di collegamento del circuito di pilotaggio ed i relativi raccordi sono in acciaio inox AISI A2. I rubinetti a sfera sono realizzati in ottone nichelato.

Ingombri del pilotaggio e distanze consigliate da rispettare



DN	A	B	H1	H2
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
50	300	300	400	372
60	300	300	400	372
65	300	300	400	372
80	300	300	400	372
100	300	350	500	409
125	300	400	600	491
150	300	400	600	491
200	300	500	700	601
250	400	550	1000	849
300	400	600	1100	966
350	400	600	1100	966
400	400	700	1500	1160
500	400	800	1600	1206
600	400	900	1700	1369
700	400	1000	2000	1553

Normative

Collaudi e Test

Collaudo Idraulico:

Tutte le idrovalvole sono soggette ad un controllo idraulico finale per verificare la conformità alle prescrizioni in ottemperanza a quanto descritto dalle norme EN 12266 e EN 1074:

- Collaudo valvola aperta (corpo/coperchio) a 1,5 volte la PN;
- Collaudo otturatore (tenuta idraulica) a 1,1 volte la PN;
- Collaudo otturatore (tenuta idraulica alla minima pressione): 0,3 bar.

Test sul prodotto:

Controllo della verniciatura: test dello spessore, test di porosità (Holiday test), test di resistenza meccanica (impact test), test polimerizzazione (MIBK test).

Conformità alle norme

Collaudi in stabilimento:

- EN 12266
- EN 1074

Foratura flange in accordo a:

- EN 1092-2
- ISO 7005-2

Scartamento secondo:

- ISO 5752-1

Alimentarietà:

- D.M. 174 del 06/04/04 nelle parti applicabili (ex C.M. 102 del 02/12/1978)
- Conformità alle normative estere: KTW (tedesca), WRC (inglese), ACS (francese)

Marcatura

Sul corpo come da EN19:

- Diametro nominale in mm (DN);
- Pressione nominale in bar (PN);
- Tipo di ghisa sferoidale;
- Direzione del flusso.

Sull'etichetta come da EN19:

- Diametro nominale in mm (DN);
- Pressione nominale in bar (PN);
- Codice prodotto;
- Logo del produttore.

Dimensionamento

Per il corretto dimensionamento e funzionamento dell'idrovalvola occorre conoscere:

- La pressione idrostatica a monte della valvola (cioè la pressione a monte con valvola chiusa)
- La pressione di monte P1 e pressione di valle P2 della valvola con la portata massima Qmax
- La pressione di monte P1 e pressione di valle P2 della valvola con la portata minima Qmin

	Portata Q	Pressione di Monte P ₁	Pressione di Valle P ₂
Unità di misura			
Portata massima			
Portata minima			
Valvola chiusa	0		

Grazie a questi parametri risulta possibile determinare il diametro della valvola, il tipo di pilota da utilizzare per ottenere il controllo dei parametri idraulici desiderato, ed eventualmente la necessità di adottare un cestello anticavitazione nel gruppo otturatore o una piastra anticavitazione sull'uscita dell'idrovalvola in caso di portata costante.

Occorre inoltre verificare che le temperature di esercizio del fluido siano comprese tra 0 e 40°C.

Al fine di effettuare un primo dimensionamento di massima è possibile consultare la seguente tabella dalla quale è possibile ricavare il diametro dell'idrovalvola in funzione della velocità del flusso (m/s) nella sezione di entrata e del tipo di applicazione della valvola stessa.

In ogni caso, per velocità superiori a quelle consigliate, contattare l'ufficio tecnico pre-vendita per un opportuno dimensionamento.

DN	BASSE PERDITE V = 2,3 m/s		CONSIGLIATA V = 3,4 m/s		MASSIMO CONTINUO V = 4,3 m/s	
	l/s	m ³ /h	l/s	m ³ /h	l/s	m ³ /h
50	4	15	7	25	8	29
65	8	28	11	40	14	50
80	12	43	17	61	22	79
100	18	65	27	97	34	122
125	28	101	42	151	53	191
150	41	148	60	216	76	274
200	72	259	107	385	135	486
250	113	407	167	601	211	760
300	162	583	240	864	304	1094
350	221	796	327	1177	413	1487
400	289	1040	427	1537	540	1944
500	451	1624	667	2401	844	3038
600	650	2340	961	3460	1215	4374
700	885	3186	1308	4710	1655	5957

Caratteristiche idrauliche

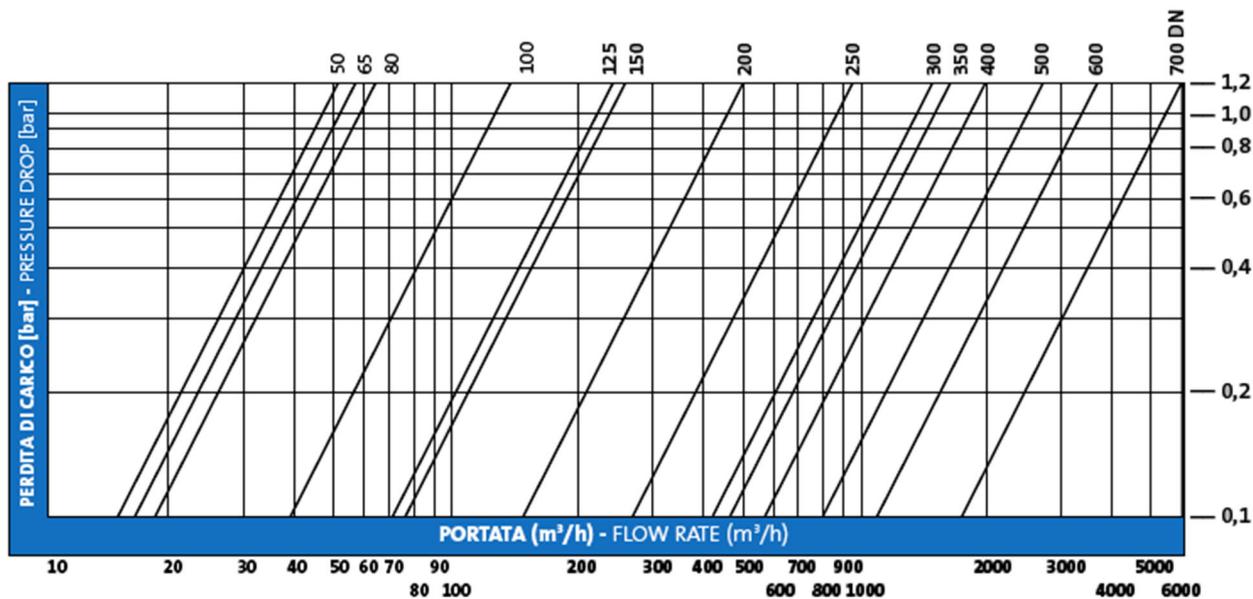
Le caratteristiche idrauliche possono essere valutate attraverso il coefficiente di portata Kv che rappresenta la portata in m³/h a 20°C che causa una perdita di carico di 1 bar nella valvola completamente aperta.

DN	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700
Kv (m ³ /h)	47	52	58	120	215	228	456	847	1370	1450	1767	2480	3205	5400
Corsa (mm)	14	14	14	21	28	29	43	57	71	73	85	100	114	145
Volume Camera (l)	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6	0,7	2,0	4,7	9,5	9,8	15,1	24,6	35,9	69,5

Le perdite di carico possono essere determinate con la seguente formula:

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{Kv} \right)^2$$

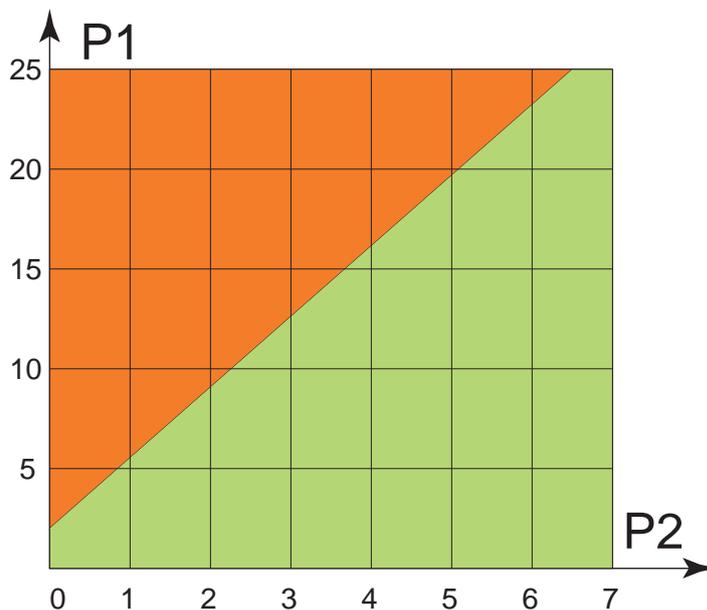
In cui Q è la portata in m³/h, Kv è il coefficiente di perdita di carico e ΔP sono le perdite di carico espresse in bar. In alternativa possono essere ricavate anche dal seguente diagramma, in funzione della portata e del diametro della valvola:



Cavitazione

Al fine di evitare il rischio di cavitazione occorre non generare all'interno dell'idrovalvola un salto di pressione troppo elevato.

Per effettuare un primo controllo si può utilizzare il seguente diagramma di cavitazione:



In cui:

- P1 è la massima pressione di monte all'ingresso della valvola
- P2 è la minima pressione di valle all'uscita della valvola

A seconda dei valori di pressione P1 e P2 immessi nel grafico si possono determinare due situazioni:

- area verde: nessun rischio di cavitazione (nessun danneggiamento alla valvola)
- area rossa: presenza di cavitazione (possibile rapido danneggiamento della valvola).

Per evitare l'insorgere del fenomeno è possibile installare una piastra anticavitazione sull'uscita dell'idrovalvola.

Esempio di dimensionamento valvola:

Q max = 150 l/s; P1 = 10 bar; P2 = 6 bar

Q min = 100 l/s; P1 = 15 bar; P2 = 6 bar

Consultando la tabella a pagina 9 e scegliendo la velocità raccomandata si dimensiona un'idrovalvola DN 250. La perdita di carico a valvola completamente aperta si può ricavare con la formula a pagina 10 e risulta essere pari a 0,41 bar.

Una volta scelto il diametro della valvola, bisogna verificare che non vi siano problemi di cavitazione utilizzando il grafico riportato in questo paragrafo. In questo caso, essendo nella zona verde, non ne risultano.

Schema di montaggio consigliato e istruzioni per l'uso

Per maggiori informazioni sull'utilizzo della valvola, si rimanda al manuale di installazione e manutenzione della funzione/applicazione implementata, secondo lo specifico schema di pilotaggio.

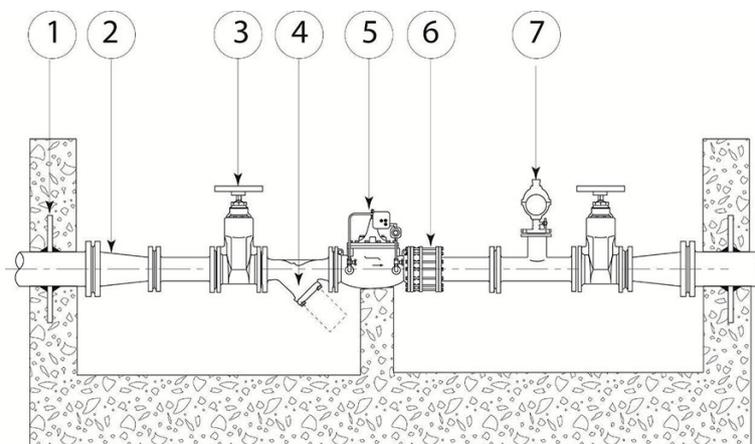
Immagazzinamento

Le apparecchiature dovranno preferibilmente essere tenute in luoghi coperti, il più possibile al riparo dal sole e dalla pioggia ed in generale dagli agenti atmosferici. Si dovrà evitare che le sedi di tenuta delle stesse valvole vengano a contatto con polvere o terra.

Installazione

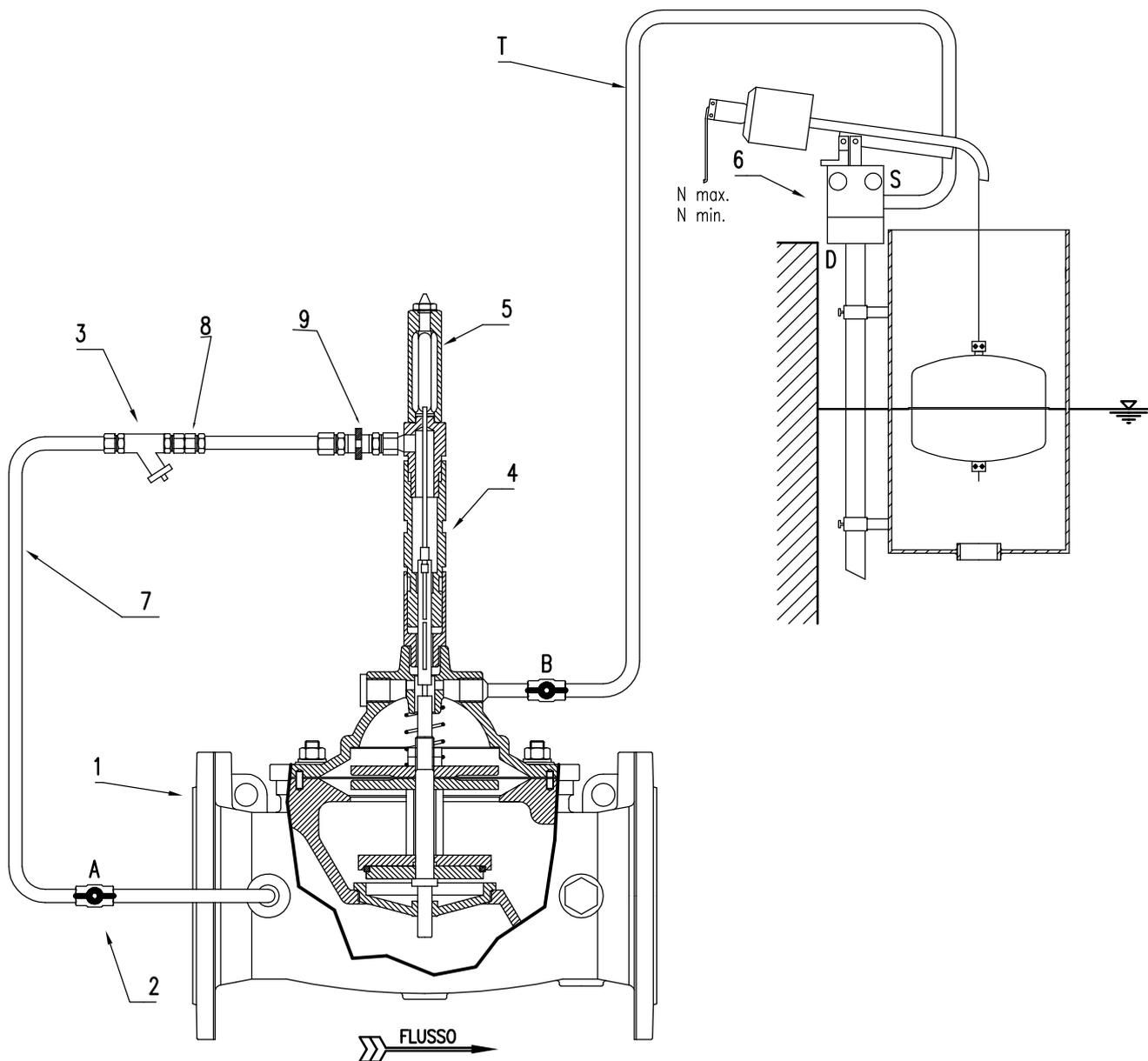
La valvola può essere installata sia su tubazione ad asse verticale che orizzontale, facendo attenzione al senso di scorrimento del fluido, indicato dalla freccia. Per installazione verticale sui diametri maggiori o uguali di DN 200 è necessaria la sostituzione della molla standard con la versione rinforzata. La valvolina di sfiato manuale dovrà essere installata sulla nella sommità della calotta del coperchio. Lasciare attorno alla valvola lo spazio sufficiente per le operazioni di taratura e manutenzione e prevedere un giunto di smontaggio per facilitare la manutenzione.

Per una corretta installazione dell'apparecchiatura si consiglia di prevedere uno sfiato per ingresso e uscita di gradi portate d'aria, un filtro e gli organi di sezionamento come nel disegno sottostante.



Item	Quantità	Descrizioni
01	2	Flange di connessione
02	2	Riduzione flangiata
03	3	Valvola di sezionamento
04	1	Filtro con cartuccia
05	1	Idrovalvola E2001
06	1	Giunto di smontaggio
07	1	Valvola di sfiato a doppia funzione per grandi portate d'aria

N°	DESCRIZIONE - DESCRIPTION BESCHREIBUNG	TIPO-TYPE	N°	DESCRIZIONE - DESCRIPTION BESCHREIBUNG	TIPO-TYPE
01	VALVOLA PRINCIPALE	E2001	T	TUBO (NON INCLUSO)	1/2"
02	VALVOLA A SFERA	OTT-NICH	S	INGRESSO (PILOTA)	1/2"
03	FILTRO	BRONZO-AISI316	D	SCARICO	1/2"
04	SINCRONIZZATORE IDRAULICO	E94			
05	INDICATORE DI POSIZIONE DELL'OTTURATORE (CON RUBINETTO DI SFIATO)	E50			
06	PILOTA MODULANTE A GALLEGGIANTE	F35PS			
07	TUBO	AISI304			
08	RACCORDO SERTO	OTT-NICHELATO			
09	RACCORDO SERTO CON ORIFIZIO CALIBRATO	OTT-NICHELATO-DELRIN			



REV. 01 DATA 09.08.00

DESCRIZIONE

inserito orifizio calibrato d.4mm