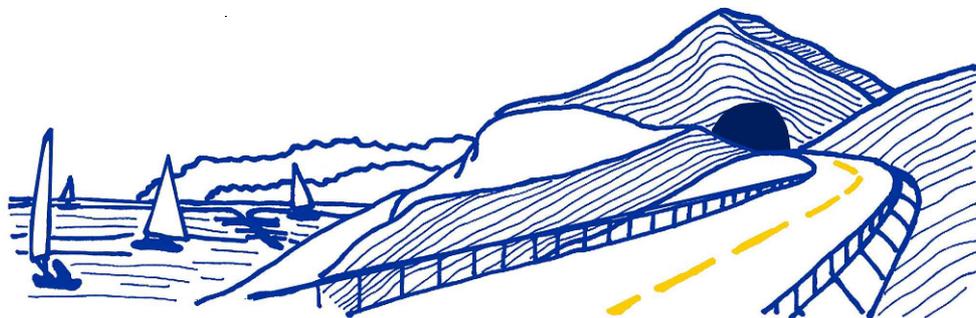


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)  
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA  
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA  
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

**PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**GE265**



VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

Ing. Fabrizio CARDONE

RESPONSABILE  
DELL'INTEGRAZIONE DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Alessandro RODINO

PROGETTISTA SPECIALISTA

Ing. Paolo Alberto COLETTI

IL COORDINATORE DELLA  
SICUREZZA IN FASE DI  
PROGETTAZIONE

Dott. Domenico TRIMBOLI

**IMPIANTI TECNOLOGICI  
IMPIANTI MECCANICI  
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ANTINCENDIO**

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPGE0265 E 20

NOME FILE

P00IM09IMPRES01\_B

CODICE ELAB. P00IM09IMPRES01

REVISIONE

B

SCALA:

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C					
B	REVISIONE GENERALE	Ottobre 2021	L. Luraghi	G. Cassetti	D. Morgera
A	EMISSIONE	Marzo 2021	F. Luraghi	G. Cassetti	D. Morgera

INDICE	pag.
1. PREMESSA .....	1
2. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO .....	1
2.1 Perdite localizzate e lunghe condotte.....	2
2.2 Determinazione battente minimo (o massima altezza di aspirazione).....	2
2.3 Verifica rischio gelo tubazione in acciaio.....	2
2.4 Protezione termica tubazioni in PEAD .....	3
2.5 Prevenzione colpo ariete .....	3
3. RIEPILOGO RISULTATI DIMENSIONAMENTO RETE ANTINCENDIO .....	5
4. RISULTATI PRESSIONI RICHIESTE ALIMENTAZIONE.....	8
5. RISULTATI VERIFICA RISCHIO GELO .....	9
6. RISULTATI VERIFICA RESISTENZA TERMICA .....	10

## 1. Premessa

La presente relazione di calcolo tratta:

- il dimensionamento dei sistemi di protezione attiva antincendio installati a servizio della galleria Fornaci I, II, III e IV;
- la valutazione del rischio gelo per la tubazione in acciaio esposta in galleria;
- la valutazione della resistenza al calore della tubazione PEAD interrata all'aperto a partire dalla sala pompe e dietro al profilo redirettivo in galleria.

## 2. Dimensionamento dell'impianto

Il dimensionamento dell'impianto avviene attraverso la definizione delle portate di progetto, la determinazione dei diametri e tipologie di collettori di distribuzione idrica, la definizione dell'autonomia dell'impianto e delle caratteristiche prestazionali del gruppo di pompaggio. Tali operazioni sono state eseguite nel rispetto delle prestazioni di progetto riportate nei precedenti paragrafi.

Al fine di garantire la costanza delle portate di erogazione dei terminali installati in rete, a valle di ogni stacco idrante (o sul corpo idrante stesso), sarà posizionato un riduttore di pressione la cui taratura verrà effettuata in sede di collaudo. La portata dei terminali di erogazione è stata calcolata con la formula:

$$Q=K \cdot \sqrt{P}$$

dove:

- Q è la portata in litri al minuto al terminale;
- P è la pressione in bar residua;
- K rappresenta il coefficiente di efflusso caratteristico del terminale.

La rete idranti è preposta a strumento di protezione della struttura azionabile dal personale addetto al soccorso/salvamento delle persone e antincendio.

Il dimensionamento dell'impianto avviene, in accordo con le Linee Guida ANAS, al fine di garantire il simultaneo funzionamento di almeno 4 idranti UNI 45 con 120 l/min cadauno e pressione residua non inferiore a 0,2 MPa e 1 idrante UNI 70 con 300 l/min e pressione residua non inferiore a 0,35 MPa, nella posizione idraulicamente più sfavorevole.

**Ne risulta una portata di progetto totale pari a 780 l/min.**

Nel rispetto delle prestazioni nominali di progetto si è ipotizzato l'utilizzo dei seguenti terminali:

- Idrante UNI 45 – 120 l/min @ 2 bar K=85;
- Idrante UNI 70 – 300 l/min @ 3.5 bar K=160.

Il dimensionamento di rete è stato quindi effettuato utilizzando la formulazione di Hazen-Williams per il calcolo delle perdite distribuite:

$$p_1-p_2= 6,05 \times Q^{1,85} \times 10^9 / (C^{1,85} \times D^{4,87})$$

dove:

- Q è la portata d'acqua in m<sup>3</sup> al secondo;
- D è il diametro interno della tubazione in m;
- C è la costante di Hazen-Williams assunta pari a 150 per tubi in PE e 120 per tubi in acciaio.

## 2.1 Perdite localizzate e lunghe condotte

Le perdite localizzate dovuta alla presenza di discontinuità geometriche o pezzi speciali lungo la rete sono state valutate con il metodo della lunghezza equivalente. Ad ogni tratto di tubazione, in sede di verifica, è stata sommata una lunghezza di tubazione equivalente pari alla somma della discontinuità effettivamente presenti; le lunghezze equivalenti standard, valide per velocità dell'acqua nell'intorno di 1 m/s, sono riportate nel prospetto che segue.

DN	Curve			Raccordi		Saracinesca	Valvola di ritegno
	45°	90°	90° ampio raggio	Tee	Croce		
Lunghezza di tubazione equivalente (metri)							
40	0,6	1,2	0,6	2,4	2,4	-	2,7
50	0,6	1,5	0,9	3,0	3,0	0,3	3,3
65	0,9	1,8	1,2	3,6	3,6	0,3	4,2
80	0,9	2,1	1,5	4,5	4,5	0,3	4,8
100	1,2	3,0	1,8	6,0	6,0	0,6	6,6
125	1,5	3,6	2,4	7,5	7,5	0,6	8,3
150	2,1	4,2	2,7	9,0	9,0	0,9	10,4
200	2,7	5,4	3,9	10,5	10,5	1,2	13,5

L'elevata estensione geometrica delle reti in oggetto ( $L \gg 1000 \times D$  - dove L è lunghezza e D il diametro della tubazione) fa sì che la condotta idrica possa essere definita "lunga" e pertanto le perdite concentrate, da qualunque cosa provocate, possano considerarsi trascurabili rispetto a quelle distribuite. Inoltre, essendo le reti poste a servizio di tracciati stradali con livelletta non trascurabile, i carichi cinematici all'interno delle tubazioni possono ancora essere ritenuti trascurabili rispetto a quelli piezometrici di rete.

## 2.2 Determinazione battente minimo (o massima altezza di aspirazione)

Per funzionare correttamente, un impianto non deve essere soggetto a fenomeni di cavitazione all'interno del gruppo di pompaggio - occorre quindi verificare che il valore di NPSH (Net Positive Suction Head) disponibile all'impianto sia maggiore di quello richiesto dal gruppo stesso.

Il valore di NPSH richiesto dalla pompa è solitamente presentato sul diagramma della curva caratteristica della pompa; questa curva è determinata con misure sperimentali effettuate dal produttore. Rimane quindi a carico del fornitore la verifica di rispondenza tra il valore di NPSH disponibile di impianto e quello richiesto dalla pompa antincendio, anche in relazione al battente minimo di progetto della riserva idrica.

## 2.3 Verifica rischio gelo tubazione in acciaio

La verifica di calcolo del rischio gelo è stata eseguita mediante analisi del transitorio termico tramite software di calcolo dedicato (ArmWin di Armacell), nell'ipotesi di utilizzo di materiale isolante elastomerico, con le seguenti condizioni:

- temperatura esterna -1°C;
- temperatura iniziale acqua 7°C;

- velocità del vento 0 m/s;
- punto inizio congelamento 4 °C;
- coefficiente scambio convettivo 2,21 W/m<sup>2</sup>K;
- coefficiente scambio radiativo 4,29 W/m<sup>2</sup>K;
- acqua ferma (nessun ricircolo acqua in rete);
- esposizione alla temperatura per 12 ore (prolungata – es. notte).

#### 2.4 Protezione termica tubazioni in PEAD

La verifica termica è stata condotta con l'ausilio di un software di calcolo dedicato all'analisi FEM ThermoCAD.

Ai fini della valutazione della verifica si considerano i seguenti valori di riferimento:

- temperatura operativa di esercizio standard della tubazione: 20°C;
- pressione nominale tubazione: 1.6 MPa;
- pressione di esercizio massima ammissibile a 20°C: uguale PN (1.6 MPa);
- temperatura massima del fluido trasportato: 40°C;
- pressione di esercizio massima ammissibile a 40°C: 1.1 MPa;
- riduzione di resistenza meccanica delle tubazioni con fluido a 40°C;
- temperatura di rammollimento della tubazione: 74°C (da assimilarsi al limite di rottura).

Considerata la riduzione di caratteristica meccanica della tubazione, sino al valore limite di 1.1 MPa, indotta da un possibile aumento della temperatura di parete sino a 40°C, si considera tale valore di temperatura quale limite superiore della sollecitazione termica ammissibile.

#### 2.5 Prevenzione colpo ariete

Al fine di proteggere le apparecchiature di impianto sono state verificate le sovrappressioni causate dall'eventuale repentina chiusura di un sezionamento o di terminale di impianto. Per verificare l'eventuale sovrappressione generata da una brusca manovra (colpo d'ariete), è necessario ricorrere alla formulazione che segue. In particolare, le formulazioni per il calcolo della sovrappressione si distinguono in funzione del tempo di chiusura dell'organo di sezionamento; nel caso in cui la chiusura della valvola avvenga in tempi maggiori al tempo di fase (tempo in cui la perturbazione raggiunge il serbatoio o la pompa di servizio e ritorna alla valvola), vale:

$$\Delta H = \frac{2Lv}{gT}$$

dove:

- L è la lunghezza totale della condotta in m
- T è il tempo di chiusura della valvola in s
- v è la velocità iniziale dell'acqua in m/s.

Nel caso in cui la chiusura della valvola fosse istantanea o comunque inferiore a  $T < 2L/a$ , la formulazione è indipendente dal tempo di chiusura e vale:

$$\Delta H = \frac{av}{g}$$

dove a è la celerità caratteristica della tubazione, ovvero la velocità di propagazione delle

onde di pressione nella tubazione. La celerità, che è funzione del fluido e delle caratteristiche della tubazione, si calcola con l'espressione seguente:

$$a = \frac{V_s}{\sqrt{1 + \frac{\text{eps} \cdot D}{E \cdot e}}}$$

dove:

- eps è il modulo di elasticità dell'acqua (=  $25 \cdot 10^8 \text{ kg/m}^2$ );
- Vs è la velocità di propagazione del suono nell'acqua (= 1425 m/s);
- D è il diametro della tubazione principale in m;
- E è il modulo di elasticità del materiale costituente la tubazione;
- e è lo spessore della tubazione in m.

Anche considerando la presenza lungo la rete di dispositivi di sezionamento ad azione lenta è necessario, a causa delle elevate lunghezze di rete, verificare l'entità del parametro T caratteristico. Si determinano, in relazione alla lunghezza della galleria tempi caratteristici variabili compresi nell'ordine di qualche secondo sino a 30 s. La dotazione dei sistemi di sezionamento con comando manuale a volantino consente di ottemperare al rispetto del requisito di chiusura lenta richiesto dalla verifica. Ciò nonostante, le sovrappressioni generabili in rete non sono di entità trascurabile e possono assumere valori anche dell'ordine di qualche decina di m c.a..

La distribuzione delle valvole lungo la condotta antincendio consente di limitare l'estensione del tratto di rete interessato dal rialzo pressorio e di equilibrarne l'andamento entro i limiti massimi ammissibili. Applicando le formulazioni sopra si trova:

- Velocità di propagazione onda d'urto (celerità): 300 m/s;
- Periodo critico T: 6,67 s (tempo critico di azionamento valvole).

Ipotizzando la chiusura dei volantini di manovra delle valvole nel tempo  $T_{min.} = 15 \text{ s}$  e considerando ancora la lunghezza massima di rete sopra ipotizzata, si determina il rialzo di pressione nell'impianto dovuto al colpo di ariete; si trova:

- Sovrappressione di picco (colpo d'ariete): 2,72 bar;
- Pressione totale di picco rete  $7+2.72= 9.72\text{bar}$

Per quanto sopra detto la sovrappressione massima generata da un eventuale colpo d'ariete risulta essere dell'ordine dei 27,2 m di c.a. il che, considerati sia la natura della rete idrica che la pressione massima presente in rete e dei componenti di impianto, si può ritenere idonea al normale funzionamento della rete stessa ed alla durabilità dei suoi componenti.

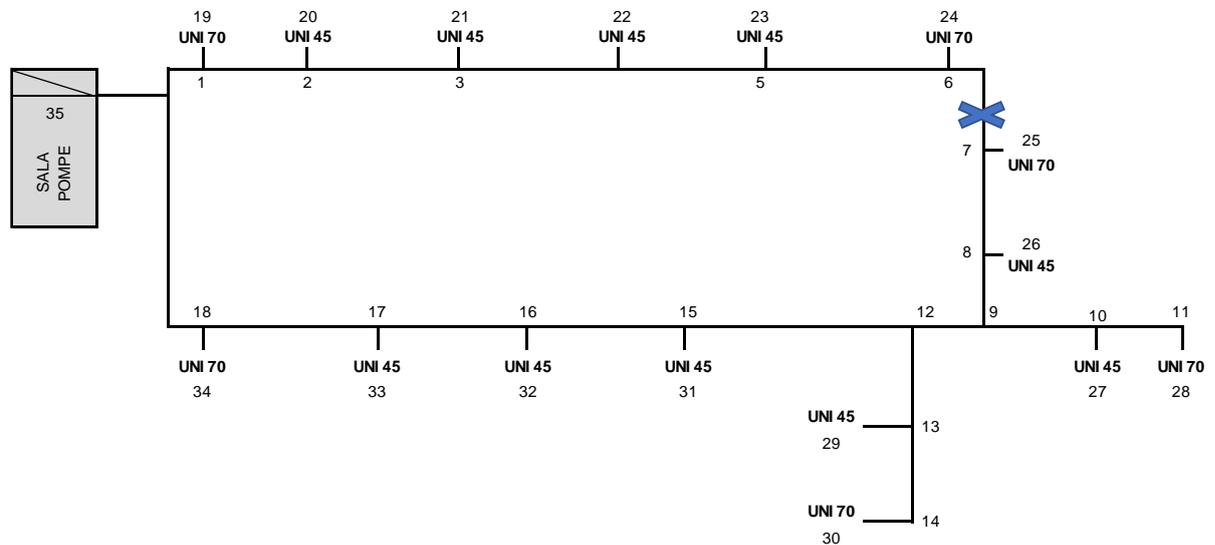
### 3. Riepilogo Risultati dimensionamento rete Antincendio

Dati	Area favorita	Area sfavorita	u.m.
Pressione min. richiesta	5,91	6,35	bar
Portata disponibile	780,0	780,0	l/min

Dati	Area favorita	Area sfavorita
Numero idranti in funzione	5	5
Numero totale idranti	16	

Dati	Idrante favorito	Idrante sfavorito	u.m.
Numero	31	34	-
Perdita totale	3,71	6,35	bar
Pressione residua	4,78	3,66	bar
Portata	120,00	300,00	l/min

#### Schema rete verifica



#### Dati rete

Nodo iniziale	Nodo finale	Lunghezza [m]	Quota finale [m]	Ø nominale	Ø interno [mm]
1	2	75,0	11,0	110	90,0
1	19	2,0	17,0	80	80,9
2	3	150,0	4,0	110	90,0

Nodo iniziale	Nodo finale	Lunghezza [m]	Quota finale [m]	Ø nominale	Ø interno [mm]
2	20	2,0	13,0	40	41,9
3	4	150,0	1,5	110	90,0
3	21	2,0	6,0	40	41,9
4	5	150,0	2,0	110	90,0
4	22	2,0	3,5	40	41,9
5	6	118,0	2,0	110	90,0
5	23	2,0	4,0	40	41,9
6	24	2,0	3,0	80	80,9
7	25	2,0	3,0	80	80,9
8	7	63,0	2,0	110	90,0
8	9	15,0	2,0	110	90,0
8	26	2,0	4,0	40	41,9
9	10	10,0	2,0	110	90,0
9	11	20,0	2,0	110	90,0
9	12	65,0	2,0	110	90,0
10	11	94,0	2,0	110	90,0
10	27	2,0	4,0	40	41,9
11	28	2,0	3,0	80	80,9
12	13	75,0	2,0	110	90,0
12	15	75,0	1,5	110	90,0
13	14	97,0	2,0	110	90,0
13	29	2,0	4,0	40	41,9
14	30	2,0	3,0	80	80,9
15	16	150,0	4,0	110	90,0
15	31	2,0	3,5	40	41,9
16	17	150,0	11,0	110	90,0
16	32	2,0	6,0	40	41,9
17	18	150,0	16,0	110	90,0
17	33	2,0	13,0	40	41,9
18	1	20,0	16,0	110	90,0
18	34	2,0	17,0	80	80,9
35	1	20,0	16,0	110	90,0
1	2	75,0	11,0	110	90,0
1	19	2,0	17,0	80	80,9
2	3	150,0	4,0	110	90,0

### Calcoli rete area favorita

Nodo iniz.	Nodo fin.	Dir.	Descrizione	Ø nomin.	Portata [l/min]	Velocità [m/s]	Pressione iniziale [bar]	Pressione finale [bar]	Dp tratto [bar]
1	2	1->2	Tubi di PE - SDR 11	110	540,0	1,42	3,84	4,19	-0,345
2	3	2->3	Tubi di PE - SDR 11	110	540,0	1,42	4,19	4,58	-0,397
3	4	3->4	Tubi di PE - SDR 11	110	540,0	1,42	4,58	4,54	0,045
4	5	4->5	Tubi di PE - SDR 11	110	420,0	1,10	4,54	4,31	0,231
4	22	4->22	Tubi di acciaio - serie M	40	120,0	1,45	4,54	4,28	0,257
5	6	5->6	Tubi di PE - SDR 11	110	300,0	0,79	4,31	4,23	0,077
5	23	5->23	Tubi di acciaio - serie M	40	120,0	1,45	4,31	4,05	0,257
6	24	6->24	Tubi di acciaio - serie M	80	300,0	0,97	4,23	4,11	0,121
12	13	12->13	Tubi di PE - SDR 11	110	120,0	0,31	4,98	4,97	0,010
12	15	15->12	Tubi di PE - SDR 11	110	120,0	0,31	5,04	4,98	0,060
13	29	13->29	Tubi di acciaio - serie M	40	120,0	1,45	4,97	4,71	0,257
15	16	16->15	Tubi di PE - SDR 11	110	240,0	0,63	4,86	5,04	-0,173
15	31	15->31	Tubi di acciaio - serie M	40	120,0	1,45	5,04	4,78	0,257
16	17	17->16	Tubi di PE - SDR 11	110	240,0	0,63	4,25	4,86	-0,614
17	18	18->17	Tubi di PE - SDR 11	110	240,0	0,63	3,83	4,25	-0,418

### Calcoli rete area sfavorita

Nodo iniz.	Nodo fin.	Dir.	Descrizione	Ø nomin.	Portata [l/min]	Velocità [m/s]	Pressione iniziale [bar]	Pressione finale [bar]	Dp tratto [bar]
1	2	1->2	Tubi di PE - SDR 11	110	120,0	0,31	3,84	4,32	-0,481
2	20	2->20	Tubi di acciaio - serie M	40	120,0	1,45	4,32	4,07	0,257
8	9	9->8	Tubi di PE - SDR 11	110	120,0	0,31	4,89	4,89	0,003
8	26	8->26	Tubi di acciaio - serie M	40	120,0	1,45	4,89	4,63	0,257
9	12	12->9	Tubi di PE - SDR 11	110	120,0	0,31	4,90	4,89	0,009
12	15	15->12	Tubi di PE - SDR 11	110	120,0	0,31	4,96	4,90	0,060
15	16	16->15	Tubi di PE - SDR 11	110	120,0	0,31	4,74	4,96	-0,225
16	17	17->16	Tubi di PE - SDR 11	110	240,0	0,63	4,12	4,74	-0,614
16	32	16->32	Tubi di acciaio - serie M	40	120,0	1,45	4,74	4,48	0,257
17	18	18->17	Tubi di PE - SDR 11	110	360,0	0,94	3,78	4,12	-0,337
17	33	17->33	Tubi di acciaio - serie M	40	120,0	1,45	4,12	3,87	0,257
18	1	1->18	Tubi di PE - SDR 11	110	660,0	1,73	3,84	3,78	0,056
18	34	18->34	Tubi di acciaio - serie M	80	300,0	0,97	3,78	3,66	0,121
35	1	35->1	Tubi di PE - SDR 11	110	780,0	2,04	6,50	3,84	2,659
1	2	1->2	Tubi di PE - SDR 11	110	120,0	0,31	3,84	4,32	-0,481
2	20	2->20	Tubi di acciaio - serie M	40	120,0	1,45	4,32	4,07	0,257

### Risultati idranti Area Favorita

Nodo	Descrizione	Quota [m]	DN	K metrico	Portata [l/min]	Pressione residua [bar]	Perdite totali [bar]
22	Idranti - Parete UNI 45	3,5	45	85	120,0	4,28	4,21
23	Idranti - Parete UNI 45	4,0	45	85	120,0	4,05	4,44
24	Idranti - Soprasuolo UNI 70	3,0	80	160	300,0	4,11	5,91
29	Idranti - Parete UNI 45	4,0	45	85	120,0	4,71	3,78
31	Idranti - Parete UNI 45	3,5	45	85	120,0	4,78	3,71

### Risultati idranti Area Sfavorita

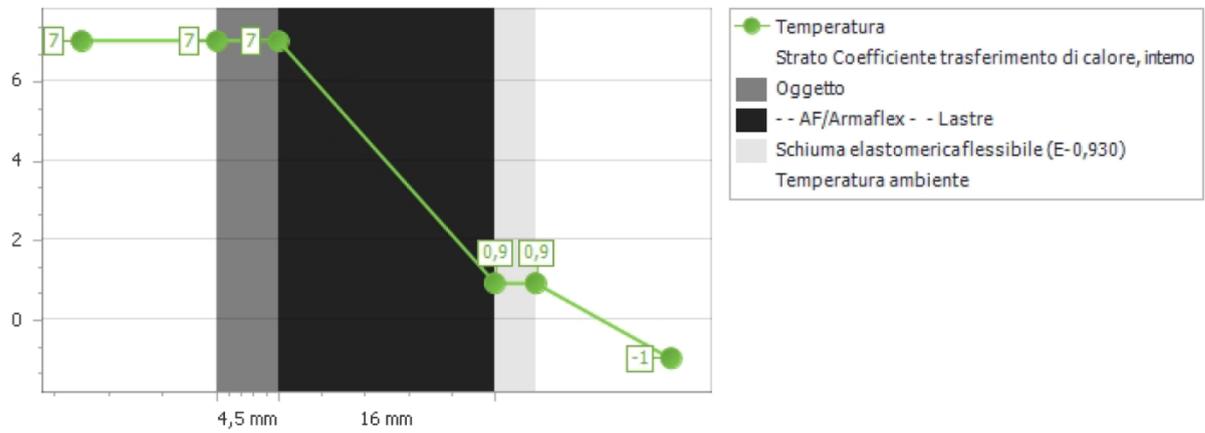
Nodo	Descrizione	Quota [m]	DN	K metrico	Portata [l/min]	Pressione residua [bar]	Perdite totali [bar]
20	Idranti - Parete UNI 45	13,0	45	85	120,0	4,07	4,43
26	Idranti - Parete UNI 45	4,0	45	85	120,0	4,63	3,86
32	Idranti - Parete UNI 45	6,0	45	85	120,0	4,48	4,01
33	Idranti - Parete UNI 45	13,0	45	85	120,0	3,87	4,63
34	Idranti - Soprasuolo UNI 70	17,0	80	160	300,0	3,66	6,35

## 4. Risultati pressioni richieste alimentazione

A valle dei calcoli generali di rete risulta:

- Portata max. nom. collettori = 780 l/min;
- Pressione min. calcolo idraulico = 635 kPa;
- **Pressione min. richiesta al gruppo di pompaggio = 700 kPa;**
- **Tempo di erogazione massimo = 2h;**
- **Capacità utile vasca di accumulo = 100 mc.**

## 5. Risultati Verifica rischio gelo



I risultati evidenziano la necessità di proteggere la tubazione con guaina/lastra di isolante in elastomero espanso a celle chiuse avente spessore minimo pari a 16 mm al fine di evitare un principio di congelamento nella tubazione antincendio.

I tratti di tubazione esposti in galleria saranno anche protetti con cavo scaldante e con lamierino di alluminio esterno a protezione dello strato isolante.

## 6. Risultati Verifica resistenza termica

La condizione minima di corretta posa della tubazione antincendio in polietilene relativamente alla capacità della tubazione di resistere alle sollecitazioni meccaniche indotte dal transitorio termico, nei tratti non interrati (cunicoli di alloggiamento e interramenti leggeri) è definita da un getto di alloggiamento e fissaggio in calcestruzzo della tubazione, letto di posa di sabbia stabilizzatrice, posa della tubazione, ricoprimento della stessa con strato di sabbia di spessore minimo 20 cm, intercapedine d'aria di spessore contenuto (qualche cm), elemento di chiusura (beola, marciapiede, getto non a contatto con lo strato di copertura in sabbia) in calcestruzzo spessore minimo 8 cm.

La condizione di posa definita è tale da limitare anche lo scorrimento per dilatazione indotto dalle differenze di temperature cui è sottoposta la tubazione riducendo lo stato tensionale e deformativo che può portare a sollecitazioni critiche.

