REGIONE
PIEMONTE

PROVINCIA
DI CUNEO

COMUNE DI CASTELLINALDO D'ALBA

Dismissione impianto di depurazione di Castellinaldo d'Alba sito in località Biegio e Sollevamento reflui al Depuratore Consortile di Canove di Govone

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE

TECNOEDIL S.p.A. Via Vivaro, 2 – 12051 ALBA (CN)
tel. +39 0173.441155 – fax + 39 0173.441104
www.egea.it – mail: tecnoedil@egea.it

PROGETTISTA

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 – 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 – fax + 39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it

Dott. Ing. Fabrizio Saglietto

CERTIFICATORE

AUTORITÀ D'AMBITO
n° 4 CUNEESE

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	ALLEGATO
03	16/06/2021	Relazione idraulica	2.1

Protocollo	Commessa	
	2021_001	

INDICE

PREMESSA 2

STATO DI PROGETTO 3

Parametri di progetto 3

Interventi in progetto 4

Sollevamento a Castellinaldo d'Alba 4

Elenco lavorazioni previste in progetto 5

Modalità di manutenzione ordinaria/straordinaria della nuova stazione di dissabbiatura, grigliatura e sollevamento 6

VERIFICHE IDRAULICHE DELLE TUBAZIONI IN PROGETTO 6

Parametri di progetto 6

Verifiche dei tratti fognari con funzionamento in pressione (Sez. 1 a 477) 6

Verifiche dei tratti fognari con funzionamento a gravità (Sez. 477 a 515) 8

Esito delle verifiche 10

VERIFICHE IDRAULICHE DELLE TUBAZIONI ESISTENTI A VALLE DI QUELLE IN PROGETTO 11

Parametri di verifica 11

Collettori 11

Portate 12

Verifiche condotte 13

Sfioratori 16

VERIFICHE STATICHE DELLE TUBAZIONI IN PROGETTO 18

Calcolo dei carichi 19

Verifiche per tubazioni flessibili 22

Esito delle verifiche 25

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

PREMESSA

Nel Progetto di fattibilità tecnico economica "Lavori di manutenzione straordinaria preso l'impianto di depurazione di Castellinaldo d'Alba sito in località Biegio" Rev.02, sono stati valutati due percorsi alternativi. Nel Progetto Definitivo "Dismissione impianto di depurazione di Castellinaldo d'Alba sito in località Biegio e sollevamento reflui al Depuratore Consortile di Canove di Govone" datato 27 gennaio 2021 è stata sviluppata la soluzione 2.

In data 22 aprile 2021, si è tenuta la 1° Conferenza dei Servizi finalizzata all'approvazione del Progetto Definitivo.

A seguito delle prescrizioni dei vari Enti è stata valutata la costruzione di una sezione di grigliatura, sollevamento ed accumulo ex novo posta giusto a monte dell'impianto, in terreno Comunale, poiché, da sopralluogo effettuato con il Gestore, è emerso che il manufatto esistente, non avrebbe potuto rispettare quanto richiesto in conferenza di servizi. Inoltre, a seguito di quanto comunicato dal Comune di Priocca, l'innesto del collettore in progetto alla rete fognaria esistente è stato modificato, allungandolo di 212 metri di cui 304 metri con condotta diam. 250 a gravità lungo la Via Roagna e sono state recepite le indicazioni sul ripristino ed asfaltatura. Sono inoltre inserite le richieste della provincia, settore viabilità, per quanto riguarda gli asfalti. Al fine di contenere l'aumento economico che tali modifiche hanno comportato, si è optato per una sola tubazione di mandata del diametro di 225 mm in Pead PE100 RC.

Sono state inoltre verificate le capacità idrauliche delle condotte a valle gestite da Tecnoedil S.p.A. sulla base dei dati planimetrici, altimetrici e di portate esistenti forniti dal Gestore.

E' stato quindi redatta la revisione (rev.01) del Progetto Definitivo sulla base di quanto sopra descritto.

Successivamente, è stata creata una revisione rev.02 nella quale, però, non sono state apportate modifiche.

In data 10 giugno 2021, si è tenuta la 2° Conferenza dei Servizi finalizzata all'approvazione del Progetto Definitivo. E' stata quindi redatta la revisione (rev.03) del Progetto Definitivo che recepisce quanto prescritto dai vari Enti.

La definizione delle proposte progettuali è stata ispirata dai criteri di economicità congiunta alla massima efficacia e semplicità realizzativa e gestionale, sulla base delle esigenze concrete della Committenza e di un'analisi costi-benefici.

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Il presente elaborato contiene le verifiche idrauliche relative alle portate definite nella 2° Conferenza dei Servizi.

STATO DI PROGETTO

Il progetto Definitivo (rev.01 e successive) prevede quindi la dismissione dell'impianto di depurazione del Comune di Castellinaldo d'Alba ed il collegamento della rete fognaria all'impianto consortile ubicato nel Comune di Govone mediante un nuovo sollevamento adiacente all'impianto di Castellinaldo, ed un'adduzione prima in pressione e poi a gravità fino alla condotta a gravità nel Comune di Priocca che adduce alla rete consortile di SISI s.r.l.

Parametri di progetto

A seguito di misurazioni in campo eseguite dal Gestore, è emerso che la portata media è di 300 mc/d. Ai fini del rispetto del Piano di Tutela delle Acque, a seguito di valutazioni ambientali, per conseguire una significativa riduzione del carico inquinante rispetto alle esigenze di protezione del corpo ricettore (art. 32 c.4), era stato valutato di sollevare e quindi portare a trattamento la 7Qm. Considerati i costi elevati è stato deciso nella riunione dell'EGATO4 del 20/01/2020 di considerare un sollevamento a $5Q_m$.

Parametri di progetto		
Parametro	U.M.	Valore
Nuovo sollevamento Castellinaldo d'Alba		
Abitanti equivalenti civili	Aeq	1000
Portata media di tempo secco (Q_m)	mc/d	300
	mc/h	12,50
	l/s	3,50
Portata massima al sollevamento ($5Q_m$)	mc/d	1500
	mc/h	62,50
	l/s	17,36

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Interventi in progetto

Sollevamento a Castellinaldo d'Alba

I reflui saranno canalizzati nella rete del Comune di Priocca mediante un nuovo sollevamento disposto idraulicamente a monte dell'impianto di depurazione esistente. La nuova sezione di pompaggio sarà attrezzata con una dissabbiatura statica di circa 6 mc, una griglia avente spaziatura 1 cm a protezione delle apparecchiature che tratterà anche la portata sfiorata superiore alla $5Q_m$, due nuove pompe con relativi accessori ed un misuratore di portata. La volumetria a disposizione all'interno del sollevamento di circa 83 mc svolgerà funzione di polmonazione delle portate di picco in arrivo. La tubazione di sfioro delle portate eccedenti la $5Q_m$, dopo la grigliatura, dopo essere stata misurata con un misuratore di portata elettromagnetico, verrà recapitata nella tubazione dell'attuale sfioro dell'impianto esistente. Sul pozzetto esistente a monte della nuova stazione di sollevamento verrà posizionato un misuratore di portata a livello.

A valle delle pompe del sollevamento, è prevista la posa di una condotta di rilancio in PEAD DE 225 PN 16 PE 100 RC con funzionamento prima in pressione (4032 m) e poi a gravità in PP-HM DE 250 SN 16 (ultimi 304 m) per uno sviluppo complessivo di 4336 m circa.

La stazione di sollevamento sarà in grado di gestire, per ogni singola pompa, la portata in arrivo per 1500 mc/d -18 l/s (pari alla $5Q_m$).

La grigliatura unica, ma con la predisposizione strutturale per aggiungerne in futuro una seconda, sarà del tipo a catenaria equicorrente tipo VERRA SCE 1000/800 + 5200 mm spaziatura 1 cm, mentre le 2 pompe con funzionamento alternato (1+1R) saranno tipo FLYGT NP 3171.185 SH 274 o equivalente. Ogni singola elettropompa sarà caratterizzata dai seguenti dati tecnici:

Potenza	Portata	Prevalenza
22 kW	18 l/s	51,5 m

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

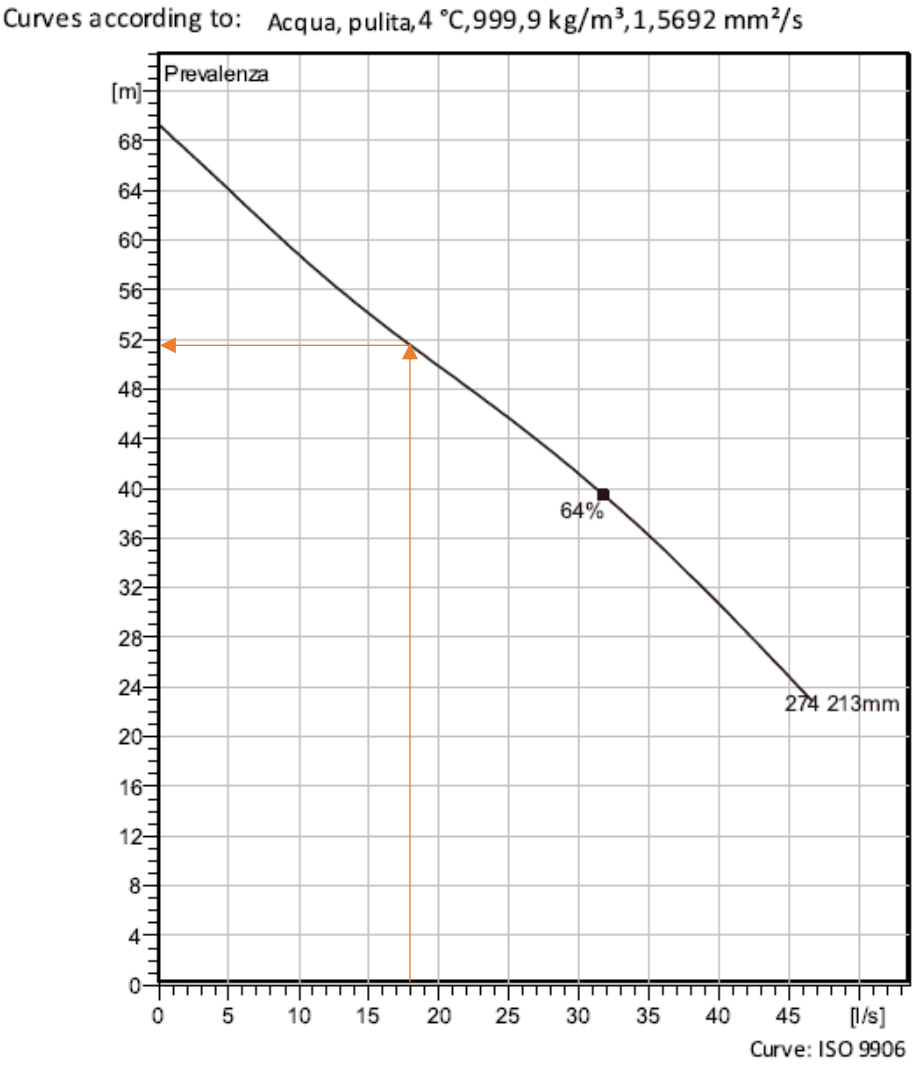

Figura 5 – Curva di funzionamento FLYGT NP 3171.185 SH 274

Elenco lavorazioni previste in progetto

Le lavorazioni previste possono, quindi, essere così sinteticamente riassunte:

- Nuova stazione di dissabbiatura, grigliatura e sollevamento nelle vicinanze del depuratore di Castellinaldo d'Alba con installazione di n.1 griglia con spaziatura 1 cm, n.1+1R pompe con funzionamento alternato e dismissione dell'impianto;
- posa di un nuovo collettore con funzionamento in pressione in PEAD DE 225 PN 16 PE100 RC e a gravità in PP-HM DE 250 SN 16.
- Oltre a posizionare un misuratore di portata a livello sulla fognatura in ingresso come richiesto in Conferenza Servizi, la cui misura fornisce solo l'ordine di grandezza, si è posizionato un

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

misuratore di portata elettromagnetico sulla mandata delle pompe ed un misuratore elettromagnetico sulla tubazione di sfioro. La somma delle due portate fornisce la portata istantanea massima in arrivo all'impianto di sollevamento.

I sistemi di misura saranno provvisti di lettura e registrazione continua "in situ" con storicizzazione dei dati ed interfacciati con il sistema di telecontrollo.

Modalità di manutenzione ordinaria/straordinaria della nuova stazione di dissabbiatura, grigliatura e sollevamento

La nuova stazione presenta un pozzetto di dissabbiatura che verrà svuotato periodicamente dal Gestore con autospurgo. Le griglie saranno dotate, invece, di cassonetto che verrà anch'esso svuotato con tempistiche che dipendono dal grado di afflusso di materiali grossolani.

Per quanto riguarda la manutenzione da effettuare sulla vasca di accumulo del nuovo sollevamento, è stato previsto, oltre all'apertura del vano pompe, anche un pozzetto posizionato sul lato opposto per poter aerare la vasca in caso di manutenzione, considerando comunque che i lavori saranno effettuati da Ditte specializzate in lavori svolti in ambienti confinati.

VERIFICHE IDRAULICHE DELLE TUBAZIONI IN PROGETTO

Parametri di progetto

Si riportano, in seguito, le caratteristiche della condotta fognaria in progetto:

Caratteristiche della condotta in progetto					
Sezioni	Distanze progressive		Funzionamento	Materiale	L
(-)	m		(-)	(-)	m
1 a 477	0,000	4032,166	Pressione	PEAD DE225 PN16	4032,17
477 a 515	4032,166	4336,223	Gravità	PP-HM DE250 SN16	304,06

Verifiche dei tratti fognari con funzionamento in pressione (Sez. 1 a 477)

La perdita di carico totale lungo il tratto di condotta in pressione (ΔH_{tot}) è data dalla somma delle perdite di carico distribuite (ΔH_l) e concentrate (ΔH_c):

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

$$\Delta H_{tot} = \Delta H_l + \Delta H_c$$

Il calcolo delle perdite di carico distribuite è stato effettuato mediante la formula di Colebrook-White di seguito riportata:

$$Q = -\frac{\pi D^2}{2} \cdot \sqrt{2gDi} \cdot \log\left(\frac{2{,}51\nu}{D\sqrt{2gDi}} + \frac{\varepsilon / D}{3{,}71} \right)$$

dove

i: pendenza motrice;

ν: viscosità del liquido pari a 1,15 * 10^-6 m^2/s ;

ε: scabrezza assoluta della tubazione.

Le perdite di carico concentrate, invece, sono state valutate secondo la consueta relazione:

$$\Delta H_c = \xi \cdot \frac{U^2}{2g}$$

dove

ξ: coefficiente che assume differenti valori in funzione della singolarità idraulica in esame;

U: velocità media della corrente;

g: accelerazione di gravità (m/s^2).

Sono stati così ricavati i seguenti risultati:

Tratti fognari con funzionamento in pressione									
Tratti		Materiale	Di	L	Q		U	ε	ΔHtot
m		(-)	mm	m	mc/h	l/s	m/s	mm	m
Mandate pompe		Acciaio DN125	133,70	8,00	62,50	17,4	1,24	0,03	0,26
0,000	4032,166	PEAD DE225 PN16	184,00	4032,17	62,50	17,4	0,65	0,01	8,65

Sommando, alle perdite di carico ottenute, l'altezza geodetica è possibile ottenere la prevalenza richiesta alle pompe di sollevamento:

Prevalenza richiesta alle pompe		
ΔHtot	Altezza geodetica	Prevalenza richiesta alle pompe

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

cm	m	m
0,26	0,00	41,91
8,65	33,00	

Perciò, verranno installate n.1+1R elettropompe tipo FLYGT NP 3171.185 SH 274 o equivalenti aventi le seguenti caratteristiche:

Potenza	Portata	Prevalenza
22 kW	18,0 l/s	51,5 m

Verifiche dei tratti fognari con funzionamento a gravità (Sez. 477 a 515)

Venendo ora alla verifica idraulica dei tratti con funzionamento a superficie libera, è stata allo scopo utilizzata la formula di Chèzy per correnti in moto uniforme:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

Q= portata defluente [m^3/s];

A= area della sezione liquida [m^2];

$\chi = cR^{1/6}$;

i = pendenza del fondo [m/m];

con

c = coefficiente di scabrezza di Strickler [$m^{1/3}s^{-1}$];

R= raggio idraulico (area della sezione liquida/contorno bagnato) [m].

Per questi tratti, il coefficiente di scabrezza di Strickler è stato assunto pari a 80 $m^{1/3}s^{-1}$.

Sulla base dei suddetti dati e a mezzo della relazione sopra riportata, sono stati ricavati i valori dell'altezza d'acqua, del grado di riempimento e della velocità.

Inoltre, è stata condotta una verifica sulla base dei numeri di Froude e Vedernikov.

Il numero di *Froude* (F_r) è dato da:

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h_m}}$$

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

dove V e h_m rappresentano velocità media ed altezza media della corrente.

Per le canalizzazioni fognarie si può assumere che il limite di stabilità corrisponda ad un numero di Froude pari a tre.

Quando si è in presenza di canali a pendenza molto forte può capitare che la corrente non riesca a dissipare tutta l'energia potenziale fornita dall'abbassamento del fondo. In questi casi, definiti correnti rapide, il moto della corrente assume un aspetto irregolare caratterizzato dalla formazione spontanea di treni di onde frangenti, le "roll waves". Queste dissipano energia con vortici ad asse orizzontale, interessando il canale per un'altezza maggiore di quella di moto uniforme. La condizione limite di stabilità del moto uniforme può essere espressa mediante il numero di *Vedernikov* (V_e), che deve risultare minore dell'unità:

$$V_e = n \cdot g_v \cdot F_r$$

dove

n=2/3 esponente del raggio idraulico nella formula del moto uniforme;

g_v=0,5 parametro di forma per sezioni semicircolari;

F_r= numero di Froude.

Si riportano, in seguito, le verifiche idrauliche condotte e le osservazioni relative ai risultati ottenuti:

Tratti fognari con funzionamento a superficie libera **Portata media Q_m**									
Distanze progressive	Materiale	Q_m	Di	i	Altezza d'acqua	Franco	V	Fr	Ve
m	(-)	mc/h	mm	%	cm	%	m/s	(-)	(-)
4032,166 – 4070,000	PP-HM DE250 SN16	12,5	227,8	14,4	2,16	90,51	1,77	3,84	1,28
4070,000 – 4107,505				14,8	2,15	90,56	1,78	3,88	1,29
4107,505 – 4140,000				15,3	2,13	90,64	1,80	3,95	1,32
4140,000 – 4192,832				12,9	2,22	90,24	1,70	3,63	1,21
4192,832 – 4242,301				8,2	2,48	89,13	1,45	2,94	0,98
4242,301 – 4297,125				6,7	2,61	88,56	1,34	2,66	0,89
4297,125 – 4336,223				6,5	2,62	88,49	1,33	2,63	0,88

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Tratti fognari con funzionamento a superficie libera **Portata massima $5Q_m$**									
Distanze progressive	Materiale	$5Q_m$	Di	i	Altezza d'acqua	Franco	V	Fr	Ve
m	(-)	mc/h	mm	%	cm	%	m/s	(-)	(-)
4032,166 – 4070,000	PP-HM DE250 SN16	62,5	227,8	14,4	4,77	79,08	2,81	4,10	1,37
4070,000 – 4107,505				14,8	4,74	79,21	2,83	4,15	1,38
4107,505 – 4140,000				15,3	4,70	79,39	2,87	4,22	1,41
4140,000 – 4192,832				12,9	4,90	78,47	2,69	3,88	1,29
4192,832 – 4242,301				8,2	5,49	75,90	2,30	3,13	1,04
4242,301 – 4297,125				6,7	4,90	78,47	2,69	3,88	1,29
4297,125 – 4336,223				6,5	5,83	74,42	2,11	2,79	0,93

Esito delle verifiche

Il **sollevamento** risulta correttamente dimensionato in quanto la **prevalenza** fornita (51,5 m) risulta maggiore rispetto a quanto richiesto dal sistema (41,9 m).

Per quanto riguarda i tratti a **superficie libera**, si osserva che:

- nel dimensionamento di condotte circolari chiuse di diametro minore o uguale a 40 cm, è buona pratica costruttiva che il **franco** (tra pelo libero e generatrice superiore della sezione), con le portate di progetto, sia maggiore o uguale al 50% dell'altezza dello speco per questioni di sicurezza e per l'alimentazione d'aria della corrente. Detta condizione viene soddisfatta;
- la **velocità** della corrente nelle canalizzazioni fognarie rispetto alla portata media di tempo secco non deve essere inferiore a 0,5 m/s per evitare la formazione di depositi persistenti di materiali sedimentabili, ne maggiore di 5 m/s, rispetto alle portate massime, per evitare problemi di abrasione delle superfici interne. Dette condizioni vengono soddisfatte;
- per quanto riguarda i **numeri di Froude e di Vedernikov**, si osserva un leggero superamento dei due parametri a causa delle marcate pendenze dovute alla morfologia delle aree attraversate. Questo significa che la corrente non riesce a dissipare tutta l'energia potenziale fornita dall'abbassamento del fondo, per cui il moto della corrente assume un aspetto irregolare caratterizzato dalla formazione spontanea di treni di onde frangenti (roll waves) che dissipano energia con vortici ad asse orizzontale, interessando il canale per un'altezza

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

maggiore di quella di moto uniforme. Dalle tabelle si evince però, viste le esigue altezze d'acqua, come sopra il pelo libero venga garantito un adeguato franco di sicurezza.

VERIFICHE IDRAULICHE DELLE TUBAZIONI ESISTENTI A VALLE DI QUELLE IN PROGETTO

Parametri di verifica [1]

Collettori

Il collettore in progetto si innesta, nella sezione ultima, in un pozzetto esistente in Via Roagna. All'interno di detto pozzetto scarica la condotta con funzionamento in pressione in PEAD DE160 PN10 proveniente dalla stazione di sollevamento Barbarini di Priocca e prosegue a gravità con tubo in PVC rigido DE250 SN4 (riferimenti linee rossa e senape dell'allegato 3.11). La condotta in PVC rigido DE250 SN4 ha una lunghezza pari a circa 1400 m e pendenza variabile fra 0,25 % e 16,6 %. Secondo quanto indicato dal Gestore, è previsto il potenziamento di una porzione con tubazione in PVC corrugato esterno DE315 SN8 (riferimento linea senape dell'allegato 3.11) disposta in parallelo a quella esistente:

Caratteristiche della condotta esistente in PVC rigido DE250 SN4 e futuro potenziamento con PVC corrugato esterno DE315 SN8				
Distanze progressive		Funzionamento	Materiale	Pendenza
m		(-)	(-)	%
2150,00	2188,00	gravità	PVC rigido DE250 SN4	8,600
2188,00	2230,00			16,600
2230,00	2257,00			16,000
2257,00	2317,00			9,700
2317,00	2365,00			9,900
2365,00	2413,00			8,700
2413,00	2473,00			5,800
2473,00	2593,00			2,200
2593,00	2830,00		PVC rigido DE250 SN4	0,250
2830,00	2949,00			0,250

[1] Vedi allegato "*3.11_Planimetria condotte esistenti e sfioro impianto*".

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

2949,00	2991,00		e potenziamento con PVC corrugato esterno DE315 SN8	3,100
2991,00	3039,00			2,250
3039,00	3147,00			1,450
3147,00	3192,00			0,250
3192,00	3252,00			1,800
3252,00	3312,00			0,700
3312,00	3368,00			2,500
3368,00	3514,00			1,400
3514,00	3551,00			1,000

Nell'ultima sezione (progressiva 3551,00 m), il collettore prosegue con tubazione esistente lunga circa 780 m in calcestruzzo di diametro 500 mm (riferimento linea verde dell'allegato 3.11) e pendenza media 1,02 %. Dopodiché, è presente una tubazione ovoidale 400 x 600 mm in calcestruzzo (riferimento linea viola dell'allegato 3.11) lunga 700 m circa avente pendenza media 0,57 %.
Infine, ci sarà l'innesto nella condotta SISI srl, sempre ovoidale 400 x 600 mm in calcestruzzo (riferimento linea azzurra dell'allegato 3.11), che porta al depuratore di Canove – Govone.

Caratteristiche delle condotte esistenti in calcestruzzo				
Distanze progressive		Funzionamento	Materiale	Pendenza
m		(-)	(-)	%
0,00	781,00	gravità	cls 500 mm	1,02
0,00	702,00		cls ovoidale 400 x 600 mm	0,57

Portate

Le portate provenienti da Priocca Barbarini convogliate dai collettori in oggetto sono state estratte da quanto prescritto dalla Provincia di Cuneo (rif. Pratica n.176/PF) in sede di istanza dell'Autorizzazione Unica Ambientale (AUA) per lo scarico dello sfioratore di piena sito in Priocca (CN) loc. Barbarini e rilasciata il 14/08/2018.
La prescrizione a cui si fa riferimento cita "in relazione a ciascuna linea di pompaggio della stazione di sollevamento, deve essere predisposta, nei tempi e modi più avanti indicati, la manutenzione delle giranti o la sostituzione degli organi elettromeccanici tale da **garantire una capacità effettiva di sollevamento pari a quella di targa (40 l/s)**."

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Perciò, è stato considerato un valore di portata massima in arrivo da Loc. Barbarini pari a 40 l/s.

Ai fini delle verifiche, a detta portata, è stata sommata quella massima di progetto proveniente da Castellinaldo d'Alba:

Parametri di verifica		
Parametro	U.M.	Valore
Portata massima nuovo sollevamento Castellinaldo d'Alba ($5Q_m$)	mc/d	1500
	mc/h	62,50
	l/s	17,36
Portata massima Priocca - Barbarini ($5Q_m$)	mc/d	3456,00
	mc/h	144,00
	l/s	40,00
Totale	mc/d	4956,00
	mc/h	206,50
	l/s	57,36

Verifiche condotte

Si riportano, in seguito, le verifiche idrauliche delle condotte PVC rigido DE250 SN4, cls 500 mm e cls ovoidale 400 x 600 mm in **gestione a Tecnoedil S.p.A.**

Per quanto riguarda i tratti di tubazione **gestite da SISI S.r.l. si rimanda alle verifiche effettuate dal suddetto Gestore**.

La suddivisione delle portate del tratto oggetto di potenziamento è stato effettuato in modo da garantire un franco del 50% all'interno della tubazione esistente e convogliare le restanti portate lungo il nuovo tratto in PVC DE315.

Tratti fognari esistenti con funzionamento a superficie libera in PVC rigido DE250 SN4, cls 500 mm e cls ovoidale 400 x 600 mm Portata massima Q_{max}									
Distanze progressive	Materiale	Q_{max}	Di	i	Altezza d'acqua	Franco	V	Fr	Ve

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

m	(-)	mc/h	mm	%	cm	%	m/s	(-)	(-)
2150,000 – 2188,000	PVC rigido DE250 SN4 *	206,5	237,6	8,60	9,93	58,22	3,27	**3,31**	**1,10**
2188,000 – 2230,000				16,0	8,34	64,91	4,13	**4,57**	**1,52**
2230,000 – 2257,000				16,0	8,42	64,57	4,08	**4,49**	**1,50**
2257,000 – 2317,000				9,70	9,61	59,55	3,41	**3,51**	**1,17**
2317,000 – 2365,000				9,90	9,56	59,77	3,44	**3,55**	**1,18**
2365,000 – 2413,000				8,70	9,90	58,35	3,28	**3,33**	**1,11**
2413,000 – 2473,000				5,80	11,05	53,47	2,84	2,73	0,91
2473,000 – 2593,000				2,20	14,76	**37,89**	1,98	1,65	0,55
2593,000 – 2830,000	PVC rigido DE250 SN4 (e potenziamento con PVC corrugato esterno DE315 SN8) *	47,52	237,6	0,25	11,71	50,71	0,61	0,57	0,19
2830,000 – 2949,000				0,25	11,71	50,71	0,61	0,57	0,19
2949,000 – 2991,000				3,10	6,03	74,63	1,49	1,94	0,65
2991,000 – 3039,000				2,25	6,54	72,47	1,33	1,66	0,55
3039,000 – 3147,000				1,45	7,32	69,19	1,14	1,34	0,45
3147,000 – 3192,000				0,25	11,71	50,71	0,61	0,57	0,19
3192,000 – 3252,000				1,80	6,93	70,85	1,23	1,49	0,50
3252,000 – 3312,000				0,70	8,85	62,74	0,88	0,94	0,31
3312,000 – 3368,000				2,50	6,37	73,20	1,38	1,75	0,58
3368,000 – 3514,000				1,40	7,39	68,91	1,12	1,32	0,44
3514,000 – 3551,000				1,00	8,06	66,07	1,00	1,12	0,37
0,000 – 781,000	cls 500 mm **	206,5	500,0	1,02	9,93	58,22	3,27	3,31	1,10
0,000 – 702,000	cls ovoidale 400 x 600 mm **	206,5	/	0,57	13,50	77,51	2,24	1,95	0,65

*: il coefficiente di scabrezza di Strickler è stato assunto pari a 80 $m^{1/3}s^{-1}$.

**: il coefficiente di scabrezza di Strickler è stato assunto pari a 70 $m^{1/3}s^{-1}$.

Si riportano, inoltre, le verifiche idrauliche delle condotte PVC corrugato esterno DE315 SN8:

Tratti fognari esistenti con funzionamento a superficie libera in

PVC corrugato esterno DE315 SN8

Portata massima Q_{max}

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Distanze progressive	Materiale	Q_{max}	Di	i	Altezza d'acqua	Franco	V	Fr	Ve
m	(-)	mc/h	mm	%	cm	%	m/s	(-)	(-)
2593,000 – 2830,000	(PVC rigido DE250 SN8) e potenziamento con PVC corrugato esterno DE315 SN8 *	159,0	235,4	0,25	21,69	**27,71**	0,81	0,55	0,18
2830,000 – 2949,000				0,25	21,69	**27,71**	0,81	0,55	0,18
2949,000 – 2991,000				3,10	10,29	65,71	2,06	2,05	0,68
2991,000 – 3039,000				2,25	11,19	62,71	1,84	1,75	0,58
3039,000 – 3147,000				1,45	12,58	58,07	1,57	1,41	0,47
3147,000 – 3192,000				0,25	21,69	**27,71**	0,81	0,55	0,18
3192,000 – 3252,000				1,80	11,87	60,43	1,70	1,57	0,52
3252,000 – 3312,000				0,70	15,40	48,67	1,21	0,98	0,33
3312,000 – 3368,000				2,50	10,88	63,73	1,91	1,85	0,62
3368,000 – 3514,000				1,40	12,70	57,67	1,55	1,39	0,46
3514,000 – 3551,000				1,00	13,92	53,59	1,38	1,18	0,39
*: il coefficiente di scabrezza di Strickler è stato assunto pari a 80 $m^{1/3}s^{-1}$.									

Si osserva che:

- nel dimensionamento di condotte circolari chiuse di **diametro minore o uguale a 40 cm**, è buona pratica costruttiva che il **franco** (tra pelo libero e generatrice superiore della sezione), con le portate di progetto, sia maggiore o uguale al 50% dell'altezza dello speco per questioni di sicurezza e per l'alimentazione d'aria della corrente. Detta condizione viene soddisfatta nella maggior parte dei tratti. In alcuni punti, invece, viene superato in quanto le pendenze sono ridotte. Si ritiene, comunque, che il sistema sia adatto a convogliare le portate aggiuntive in arrivo da Castellinaldo d'Alba;
- nel dimensionamento di condotte circolari chiuse di **diametro compreso tra 40 cm e 1m**, invece, è buona pratica costruttiva che il **franco** (tra pelo libero e generatrice superiore della sezione), con le portate di progetto, sia almeno di 20 cm dell'altezza dello speco per questioni di sicurezza e per l'alimentazione d'aria della corrente. Detta condizione viene soddisfatta;
- la **velocità** della corrente nelle canalizzazioni fognarie, rispetto alla portata massima, non deve essere maggiore di 5 m/s per evitare problemi di abrasione delle superfici interne. Detta condizione viene soddisfatta;

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

- per quanto riguarda i **numeri di Froude e di Vedernikov**, si osserva un superamento dei due parametri a causa delle marcate pendenze dovute alla morfologia delle aree attraversate. Questo significa che la corrente non riesce a dissipare tutta l'energia potenziale fornita dall'abbassamento del fondo, per cui il moto della corrente assume un aspetto irregolare caratterizzato dalla formazione spontanea di treni di onde frangenti (roll waves) che dissipano energia con vortici ad asse orizzontale, interessando il canale per un'altezza maggiore di quella di moto uniforme. Dalle tabelle si evince però, come sopra il pelo libero venga garantito un adeguato franco di sicurezza.

Sfioratori

In corrispondenza dell'ultima sezione della tubazione in cls ovoidale 400 x 600 mm esistente (riferimento linea viola dell'allegato 3.11), è prevista la costruzione di uno sfioratore del tipo a salto di fondo (per i disegni di dettaglio ed individuazione catastale vedi allegato 3.11), nel quale le portate avviate verso il depuratore di Canove – Govone $Q \leq 5Q_m$ alimenteranno una luce di fondo di dimensioni 15 x 43 cm e quelle da sfiorare $Q > 5Q_m$ proseguiranno verso lo scarico nel fiume Tanaro tramite una condotta esistente ovoidale di acque bianche, già gestita da Tecnoedil S.p.A. in calcestruzzo (riferimento linea blu dell'allegato 3.11). Lungo la condotta di scarico delle portate Q > 5Qm è stato individuato un pozzetto di ispezione e campionamento. Il pozzetto verrà predisposto per il campionamento andando ad inserire sul fondo una lama di cm.10 che creerà il battente per poter effettuare il prelievo.

Il calcolo dimensionale della luce di fondo è stato effettuato secondo le seguenti formule:

$$\Delta Q = C_{da} \cdot b \cdot V_0 \cdot \Delta L$$

$$C_{da} = 0{,}61 - 0{,}1 \cdot \beta^{1/2} \cdot {y_0}^{1/2} \cdot \left(\frac{D}{\Delta L}\right) \cdot F_r$$

$$V_0 = (2 \cdot g \cdot h_0)^{1/2}$$

$$0{,}6 \leq \beta \leq 0{,}8$$

dove:

ΔQ: portata derivata [mc/s];

C_{da}: coefficiente di efflusso [-];

b: larghezza della luce [m];

V_0: velocità torricelliana [m/s];

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

ΔL: Lunghezza della luce [m];

β: larghezza relativa della luce di fondo pari a $\beta = b/D$ [m/m];

y_0: grado di riempimento della sezione pari a $y_0 = h_0/D$ [m/m];

D: diametro della tubazione in arrivo [m];

F_r: numero di Froude della corrente in arrivo [-];

g: accelerazione di gravità pari a 9,81 m/s^2;

h_0: altezza di moto uniforme [m];

La larghezza della luce (b) è stata scelta in modo da ottenere una larghezza relativa della luce di fondo (β) compresa fra 0,6 e 0,8. Detta condizione preserva l'efficienza di separazione del manufatto.

Il diametro della tubazione in arrivo (D) è stato impostato pari a quello del cerchio inferiore della condotta in cls ovoidale 400 x 600 mm, pari a 0,20 m.

I parametri altezza di moto uniforme (h_0) e numero di Froude della corrente in arrivo (F_r) corrispondono a quelli ottenuti nei calcoli di verifica dimensionale prima riportati e di cui si riporta un estratto in seguito:

Tratti fognari esistenti con funzionamento a superficie libera in cls ovoidale 400 x 600 mm Portata massima Q_{max}									
Distanze progressive	Materiale	Q_{max}	Di	i	Altezza d'acqua	Franco	V	Fr	Ve
m	(-)	mc/h	mm	%	cm	%	m/s	(-)	(-)
0,000 – 702,000	cls ovoidale 400 x 600 mm **	206,5	/	0,57	**13,50**	77,51	2,24	**1,95**	0,65
**: il coefficiente di scabrezza di Strickler è stato assunto pari a 70 $m^{1/3}s^{-1}$.									

È stato, quindi, individuata la lunghezza della luce (ΔL), per tentativi, finché la portata derivata (ΔQ) risultava pari a quella di verifica delle condotte esistenti (57,36 l/s):

Dimensionamento luce di fondo		
Parametro	u.d.m.	valore
g	m/s^2	9,81
h_0	m	0,135

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

V_0	m/s	1,63
b	m	0,15
ΔL	m	0,43
D	m	0,20
β	m/m	0,75
y_0	m/m	0,675
F_r	(-)	1,95
C_{da}	(-)	0,546
ΔQ	mc/s	0,05736
	l/s	57,36

Perciò, le dimensioni della luce di fondo necessaria per avviare verso il depuratore di Canove – Govone 57,36 l/s, risultano pari a 15 x 43cm.

VERIFICHE STATICHE DELLE TUBAZIONI IN PROGETTO

Le condotte soggette a verifica sono in PEAD DE225 PN16 e PP-HM DE250 SN16.

La verifica statica di una tubazione interrata consiste nell'accertare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni ammissibili, cioè compatibili con il materiale costituente la tubazione e con le esigenze di progetto. Le verifiche delle tubazioni flessibili possono essere effettuate seguendo le indicazioni riportate nella norma AWWA (American Water Works Association) C950/88.

Il criterio di verifica da adottare dipende dal comportamento della tubazione nei confronti della deformabilità, cioè dall'elasticità in sito. La distinzione tra struttura rigida e flessibile viene effettuata tramite il coefficiente d'elasticità in sito (n):

$$n = \frac{E_s}{E_t} \cdot \left(\frac{r}{s}\right)^3$$

dove

E_s: modulo di elasticità del terreno che avvolge la tubazione;

E_t: modulo di elasticità istantaneo del materiale costituente la tubazione;

r = (D-s)/2 raggio medio della tubazione;

s: spessore della tubazione.

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

La tubazione interrata è flessibile (o deformabile) se risulta n ≥ 1.

Valori di progetto:

Parametro	U.d.m.	PEAD DE225 PN16	PP-HM DE250 SN16
Es	kN/mq	13800	13800
Et istantaneo	kN/mq	900000	1700000
Et a lungo t	kN/mq	225000	1700000
D (diametro esterno)	m	0,2250	0,2500
Di (diametro interno)	m	0,1840	0,2278
r	m	0,1023	0,1195
s	m	0,0205	0,0111
n	(-)	1,90	10,12
		FLESSIBILE	FLESSIBILE

Calcolo dei carichi

1) *Calcolo del carico dovuto al rinterro*

Il carico dovuto al rinterro viene calcolato in maniera differente a seconda che la posa sia in trincea stretta o in trincea larga. Si dice che un tubo avente diametro esterno (D) è posato in trincea stretta quando la larghezza della trincea (B) a livello della generatrice superiore del tubo e l'altezza del rinterro (H) al di sopra di questa generatrice soddisfano una della seguenti condizioni:

$B \leq 2D$ con $H \geq 1{,}5B$

$2D < B < 3D$ con $H \geq 3{,}5B$

Si dice che un tubo è posato in trincea larga quando le relazioni fra B, D, H differiscono da quelle sopra indicate.

Parametro	U.d.m.	PEAD DE225 PN16 H_{max}	PEAD DE225 PN16 H_{min}	PP-HM DE250 SN16 H_{max}	PP-HM DE250 SN16 H_{min}
D	m	0,2250	0,2250	0,2500	0,2500
B	m	0,70	0,70	0,75	0,75
H	m	2,57	0,92	1,32	0,95

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Tipo di trincea	(-)	LARGA	LARGA	LARGA	LARGA

Per la posa in trincea larga il carico dovuto al rinterro (P_{ST}) viene valutato secondo la seguente espressione:

$$P_{ST} = C_e \cdot \Upsilon_t \cdot D^2$$

dove

C_e: coefficiente funzione del rapporto H/D. Per rinfianco in materiale arido, sempre necessario per tubazioni flessibili:

$$C_e = \frac{H}{D}$$

Υ_t: peso specifico del rinterro (saturo).

Per cui:

Parametro	**U.d.m.**	**PEAD DE225 PN16 H_{max}**	**PEAD DE225 PN16 H_{min}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{max}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{min}**
Ce	(-)	11,43	4,10	5,28	3,82
ϒt	kN/mc	20,00	20,00	20,00	20,00
Pst	kN/m	11,57	4,15	6,60	4,77

2) *Calcolo del carico dovuto ai sovraccarichi mobili*

Il calcolo del carico sulla generatrice superiore del tubo generato da un carico mobile agente in superficie viene calcolato tramite la seguente espressione:

$$P_{din} = p_v \cdot D \cdot \varphi$$

dove

p_v: pressione verticale sulla generatrice superiore del tubo dovuta ai sovraccarichi mobili concentrati (N/mq). E' ricavabile da grafici forniti dalla norma DIN 1072 in funzione dell'altezza H e del carico per ruota (P) definito in base alle classi di carico HT (autocarro pesante) ed LT (autocarro leggero o ferroviario). Nel caso in oggetto si valuta il carico dovuto al transito di un convoglio HT60 a cui si attribuisce un carico per ruota di 100kN;

φ: coefficiente di incremento. Nel caso di traffico stradale e autostradale è dato da:

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

$$\varphi = 1 + \frac{0,3}{H}.$$

Risulta:

Parametro	U.d.m.	PEAD DE225 PN16 H_{max}	PEAD DE225 PN16 H_{min}	PP-HM DE250 SN16 H_{max}	PP-HM DE250 SN16 H_{min}
pv	t/mq	1,90	5,70	3,60	5,30
φ	(-)	1,117	1,325	1,227	1,314
Pdin	kN/m	4,68	16,67	10,83	17,08

3) *Calcolo del carico dovuto alla massa dell'acqua contenuta dentro il tubo*

Il carico verticale sulla generatrice superiore del tubo dovuta alla massa dell'acqua contenuta nel tubo (Pa) è funzione del diametro interno (Di). Il tubo si considera riempito per tre quarti (Pa), e si calcola con la formula:

$$P_a = 5788 \cdot D_i^{\,2}$$

Nei casi di funzionamento in pressione, le tubazioni si considerano riempite completamente.

Per cui si ha:

Parametro	U.d.m.	PEAD DE225 PN16 H_{max}	PEAD DE225 PN16 H_{min}	PP-HM DE250 SN16 H_{max}	PP-HM DE250 SN16 H_{min}
Di	m	0,184	0,184	0,2278	0,2278
Pa	kN/m	0,27	0,27	0,30	0,30

4) *Calcolo del carico dovuto alla pressione idrostatica esterna*

A titolo cautelativo, la superficie della falda viene assunta coincidente con la quota di piano campagna. Per cui la tubazione sarà soggetta ad una pressione idrostatica esterna che può essere calcolata attraverso:

$$Q_w = \Upsilon_w \cdot \left(H_w + \frac{D}{2}\right) \cdot D$$

dove

Υ_w: peso specifico dell'acqua pari a 10000 N/mc;

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

H_w: altezza della superficie libera della falda sulla sommità della canalizzazione.

Per cui:

Parametro	**U.d.m.**	**PEAD DE225 PN16 H_{max}**	**PEAD DE225 PN16 H_{min}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{max}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{min}**
Hw	m	2,57	0,92	1,32	0,95
Qw	kN/m	6,04	2,33	3,61	2,70

Verifiche per tubazioni flessibili

1) *Verifica dell'inflessione diametrale a lungo termine*

L'inflessione diametrale assoluta del tubo in senso verticale con il 95% della probabilità, è fornita dalla seguente formula:

$$\Delta y = \frac{(D_e \cdot P_{st} + P_{din}) \cdot K_x}{8 \cdot RG + 0{,}061 \cdot K_a \cdot E_s} + \Delta a$$

dove

D_e: fattore di ritardo d'inflessione che tiene conto che il terreno continua a costiparsi nel tempo. Per grado di costipamento da moderato a elevato è pari a 2,0;

K_x: coefficiente d'inflessione che dipende dalla capacità di sostegno fornita dal suolo all'arco inferiore d'appoggio del tubo. Per fondo sagomato con materiale di riempimento ben costipato ai fianchi del tubo (densità proctor ≥ 95%) o materiale di letto e rinfianco di tipo ghiaioso leggermente costipato (densità proctor ≥ 70%) è pari a 0,083;

RG: indice di rigidezza $= \frac{E_t \cdot I}{D^3}$;

I: momento d'inerzia del tubo $I = \frac{s^3}{12}$;

E_t riferito al modulo di elasticità a lungo termine del materiale costituente la tubazione);

K_a e Δ_a: parametri che consentono di passare dall'inflessione media (50% di probabilità) all'inflessione massima caratteristica (frattile di ordine 0,95 della distribuzione statistica dell'inflessione). Per H ≤ 4,9 m risultano $K_a = 0{,}75$ e $\Delta_a = 0$.

Risulta:

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Parametro	U.d.m.	PEAD DE225 PN16 H_{max}	PEAD DE225 PN16 H_{min}	PP-HM DE250 SN16 H_{max}	PP-HM DE250 SN16 H_{min}
De	(-)	2,0	2,0	2,0	2,0
Kx	(-)	0,083	0,083	0,083	0,083
RG	N/cmq	1,89	1,89	1,42	1,42
Ka	(-)	0,75	0,75	0,75	0,75
Δa	(-)	0,00	0,00	0,00	0,00
Δy	cm	0,30	0,26	0,27	0,30

Nota la deformazione assoluta (Δy), si calcola la deformazione relativa come rapporto tra Δy ed il diametro esterno (D). La verifica è soddisfatta se il parametro Δy/D non supera il 5% del diametro iniziale della condotta:

Parametro	U.d.m.	PEAD DE225 PN16 H_{max}	PEAD DE225 PN16 H_{min}	PP-HM DE250 SN16 H_{max}	PP-HM DE250 SN16 H_{min}
Δy/D	%	1,31	1,18	1,07	0,19
Esito della verifica	(-)	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO

2) *Verifica all'instabilità all'equilibrio elastico (Buckling)*

In una tubazione interrata, la pressione che determina instabilità elastica ("pressione di buckling") dipende, non solamente dall'indice di rigidezza della tubazione (RG), ma anche dal modulo elastico del suolo che circonda la tubazione (Es) in quanto il sistema terreno-tubazione si comporta come un'unica entità. L'espressione di stima della pressione ammissibile di buckling (N/cmq) è:

$$q_a = \left(\frac{1}{FS}\right) \cdot \left(32 \cdot R_w \cdot B' \cdot E_s \cdot \frac{E_t \cdot I}{D^3}\right)^{\frac{1}{2}}$$

dove

FS: fattore di progettazione, pari a 2,5;

R_w: fattore di spinta idrostatica della falda eventualmente presente con:

$R_w = 1 - 0{,}33\frac{H_w}{H}$ con $0 \leq H_w \leq H$;

H_w: altezza della superficie libera della falda sulla sommità della tubazione;

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

B': coefficiente empirico di supporto elastico

$B' = \frac{1}{1+4 \cdot e^{-0,213H}}$;

RG: indice di rigidezza $= \frac{E_t \cdot I}{D^3}$;

I: momento d'inerzia del tubo $I = \frac{s^3}{12}$.

Per cui:

Parametro	**U.d.m.**	**PEAD DE225 PN16 H_{max}**	**PEAD DE225 PN16 H_{min}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{max}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{min}**
FS	(-)	2,5	2,5	2,5	2,5
Rw	(-)	0,67	0,67	0,67	0,67
B'	(-)	0,30	0,23	0,25	0,23
qa	N/cmq	45,02	39,57	38,21	37,10

La verifica all'instabilità elastica si esegue confrontando la pressione ammissibile di buckling (q_a) con la risultante della pressione dovuta ai carichi esterni applicati in presenza di sovraccarichi mobili (p_e):

$$p_e = \Upsilon_w \cdot H_w + \frac{R_w \cdot P_{st}}{D} + \frac{P_{din}}{D}$$

Deve risultare pe ≤ qa.

Parametro	**U.d.m.**	**PEAD DE225 PN16 H_{max}**	**PEAD DE225 PN16 H_{min}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{max}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{min}**
pe	N/cmq	8,10	9,57	7,42	9,06
Esito della verifica	(-)	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO

3) Verifica della sollecitazione massima di flessione

La sollecitazione massima di flessione che risulta dall'inflessione del tubo, nel caso di tubazioni funzionanti a superficie libera, non deve eccedere la resistenza a flessione a lungo termine del prodotto, ridotta di un fattore di sicurezza:

$$\sigma = D_f \cdot E_t \cdot \frac{\Delta y}{D} \cdot \frac{s}{D} \leq \frac{\sigma_{lim}}{\mu}$$

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

dove

б: tensione dovuta alla deflessione diametrale;

RG: indice di rigidezza $= \frac{E_t \cdot I}{D^3}$;

Df: fattore di forma funzione dell'indice di rigidezza (RG) della tubazione e delle caratteristiche geotecniche del rinterro (composizione granulometrica e grado di costipamento);

E_t a lungo t: modulo di elasticità a lungo t del materiale costituente la tubazione;

$б_{lim}$: tensione limite ultima;

μ: coefficiente di sicurezza, fissato di norma in 1,5.

Nel caso, invece, di tubazioni in pressione, la verifica consiste nell'accertare che la sollecitazione massima risultante dagli effetti combinati della pressione interna e dell'inflessione diametrale non ecceda la resistenza a flessione a lungo termine del manufatto ridotta di un fattore di sicurezza:

$$б = \frac{P_w \cdot D}{2 \cdot s} + D_f \cdot E_t \cdot \frac{\Delta y}{D} \cdot \frac{s}{D} \leq \frac{б_{lim}}{\mu}$$

dove

Pw: pressione massima interna.

Si ha:

Parametro	**U.d.m.**	**PEAD DE225 PN16 H_{max}**	**PEAD DE225 PN16 H_{min}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{max}**	**PP-HM DE250 SN16 H_{min}**
Pw	N/mq	1600000	1600000	/	/
Df	(-)	4,50	4,50	4,5	4,5
б	N/cmq	999,08	108,59	363,62	402,92
бlim	N/cmq	2000	2000	2000	2000
μ	(-)	1,50	1,50	1,50	1,50
Бlim/μ	N/cmq	1333	1333	1333	1333
Esito della verifica	(-)	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO	POSITIVO

Esito delle verifiche

Si conclude che le verifiche hanno avuto esito positivo.

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072