

RECUPERO SCARICO FOGNARIO DIRETTO VIA II GIUGNO - FRAZIONE PONTE A ELSA - EMPOLI



PROGETTO DEFINITIVO

Allegato R.ID.2		Titolo: CALCOLI DI VERIFICA		SCALA	
				DATA Febbraio 2019	
 Sede Firenze Via De Sanctis,49/51 - 50136 - Cod.Fisc. e P.I.V.A. 06111950488 Organizzazione con Sistema di Gestione Integrato Certificato in conformità alle normative ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000					
PROGETTISTA : Ing. Giovanni SIMONELLI GEOLOGO : Dott. Geol. Nicola CEMPINI			COLLABORATORI : Ing. Beatrice SALANI Dott. Geol. Carlo FERRI Ing. Carmine MIULLI		
CONSULENTI TECNICI: Ing. Robi Novelli			COMMESSA IT: INGT-TPLPD-ACQFC696		
			CODICE COMMESSA COMMITTENTE: I18F2007		
COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: Ing. Beatrice SALANI			RESPONSABILE COMMESSA I.T.: Ing. Beatrice SALANI RESPONSABILE COMMESSA ACQUE: Geom. LASTRAIOLI		
DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE : Ing. MARIO CHIARUGI			COMMITTENTE : ING. ROBERTO CECCHINI		
REV.	Data	DESCRIZIONE/MOTIVO DELLA REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO / APPROVATO	
01	07/02/2019	Revisione	Robi Novelli	Simonelli/Chiarugi	
00	21/12/2018	Prima emissione	Robi Novelli	Simonelli/Chiarugi	

Acque SpA

INGEGNERIE TOSCANE srl

Comune di

EMPOLI

Provincia di Firenze

**RECUPERO SCARICO FOGNARIO DIRETTO
VIA II GIUGNO - FRAZIONE PONTE A ELSA**

Relazione di calcolo

febbraio 2019

Indice

1.	DIMENSIONAMENTO RETE FOGNARIA	3
1.1	ANALISI DELLA RETE E CALCOLO DELLE PORTATE	3
1.2	DIMENSIONAMENTO CONDOTTE A GRAVITÀ	8
2.	DIMENSIONAMENTO CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO	11
2.1	DIMENSIONAMENTO VASCA DI SOLLEVAMENTO	11
2.2	FREQUENZA DI AVVIAMENTO DELLE POMPE	13
2.3	DIMENSIONAMENTO POMPE DI SOLLEVAMENTO E DELLA CONDOTTA PREMENTE.....	14

1. DIMENSIONAMENTO RETE FOGNARIA

1.1 ANALISI DELLA RETE E CALCOLO DELLE PORTATE

Al fine di individuare le portate nere afferenti al collettore di progetto si è proceduto a recuperare i dati dal Gestore che individuano, attraverso il metodo Puman, le portate nere delle singole utenze a partire dai corrispondenti consumi idrici.

Il modello “PUMAN” è stato sviluppato da Ingegnerie Toscane srl in collaborazione con Acque SpA nel periodo 2011-2012.

La possibilità di avere il dato della fatturazione civile ed industriale quale dato “certo” e georeferenziato ha consentito di realizzare un modello, sviluppato su piattaforma GIS, che associa automaticamente questi elementi alla rete fognaria ed esegue una serie di elaborazioni ed affinamenti successivi che portano a stimare, per ogni sezione della rete, il valore più probabile della portata media nera in tempo asciutto. Al calcolo della totalità della portata media nera in tempo asciutto (Q_{mn}) contribuiscono sia le portate nere derivanti dagli scarichi civili, sia quelle derivanti dagli scarichi produttivi.

All'interno della piattaforma di elaborazione i contatori dell'acquedotto delle utenze di Acque SpA sono classificati sotto tre voci relative al servizio: Servizio 1 (utenze civili allacciate alla rete dell'acquedotto), Servizio 4 (utenze produttive) e Servizio 8 (utenze non allacciate alla rete dell'acquedotto, ma dotate di pozzi privati, di cui si conoscono i volumi utilizzati tramite autodichiarazioni). Nel modello vengono altresì importati i consumi idrici relativi ai comuni al di fuori del territorio servito, i cui reflui confluiscono all'interno della rete fognaria a sistema; di tali comuni si conoscono i volumi fatturati tramite dichiarazioni.

Il modello PUMAN calcola il valore della quota parte di portata media nera Q_{mn} relativa agli scarichi civili considerando i contatori delle utenze che pagano il canone relativo ai servizi di fognatura e depurazione, con la possibilità di considerare anche le utenze che pagano il canone relativo esclusivamente al servizio acquedotto qualora necessario, come nel caso di utilizzo del modello come strumento per la pianificazione economica. All'interno del modello è stata inoltre fissata una condizione sulla distanza tra i contatori delle utenze e la condotta fognaria, valutata come maggiormente realistica per il modello a seguito di misurazioni in campo effettuate nel periodo luglio-agosto 2011 sulla rete fognaria del comune di Capannori (LU); pertanto tutti i contatori ubicati nel raggio di 150 metri dalla condotta

fognaria possono concorrere alla produzione della portata media nera. È comunque possibile definire una condizione sulla distanza tra i contatori e la rete fognaria differente, in funzione delle caratteristiche del territorio servito e/o di possibili valutazioni sulle effettive distanze di allaccio.

Oltre alla condizione relativa alla distanza tra i contatori delle utenze e la condotta fognaria, qualora localmente siano disponibili informazioni più dettagliate, all'interno della piattaforma di elaborazione è possibile forzare o svincolare l'allaccio di gruppi di contatori in modo mirato e puntuale. Alle condizioni descritte, il modello crea in automatico un allaccio fognario tra i contatori e la condotta fognaria più vicina. In aggiunta alle condizioni citate, nel caso in cui siano presenti sia tratti di fognatura nera che di fognatura mista nelle vicinanze dei contatori, il sistema privilegia l'allaccio dei contatori alla fognatura nera.

In Figura 1 viene illustrato lo schema di flusso logico relativo al modello PUMAN.

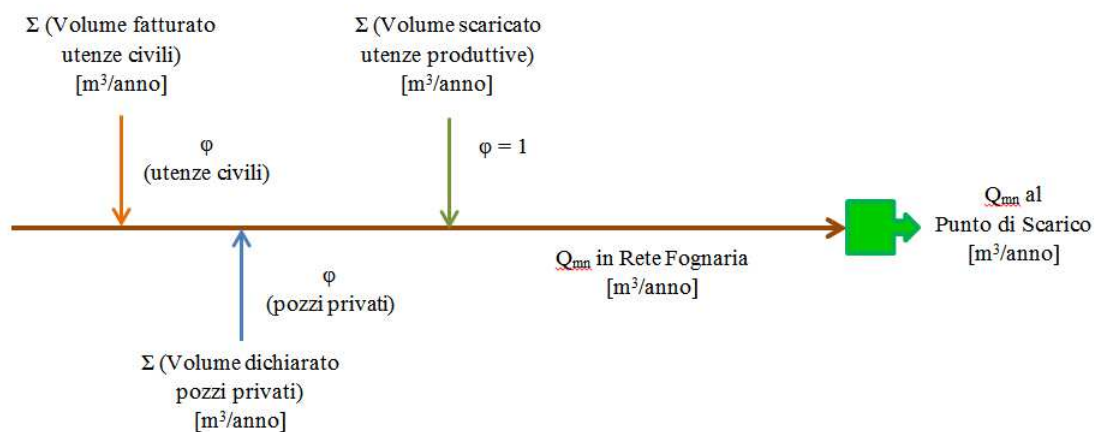


Figura 1 - Schema di flusso logico relativo al modello PUMAN

Il calcolo è, pertanto, condizionato dallo stato di aggiornamento della rete fognaria e dalla precisione delle ubicazioni dei contatori, elementi i quali subiscono continui aggiornamenti; ad ogni aggiornamento del modello, segue un aggiornamento automatico del calcolo.

In Figura 2.4 viene illustrata una schermata tipo relativa al modello PUMAN su piattaforma GIS.

Il valore della quota parte di portata media nera Q_{mn} , relativa alla restituzione nella pubblica fognatura delle utenze produttive e dei pozzi privati è stato invece dedotto dai volumi dichiarati dagli utenti, i quali rappresentano ad oggi l'unico dato disponibile, nonché quello su cui si basa la fatturazione del gestore verso tali utenze. Si sottolinea che la

precisione dei dati calcolati dal modello è comunque inversamente proporzionale al numero di dati di portata basati su dichiarazioni, non direttamente verificabili dal Gestore.

Il modello consente, inoltre, di effettuare valutazioni sui dati storici relativi al volume fatturato alle singole utenze, che consentano di inquadrare, assieme all'andamento del contesto socio-economico di riferimento, le variazioni di consumo delle utenze stesse; tali valutazioni sono estremamente significative per quanto riguarda le utenze produttive.

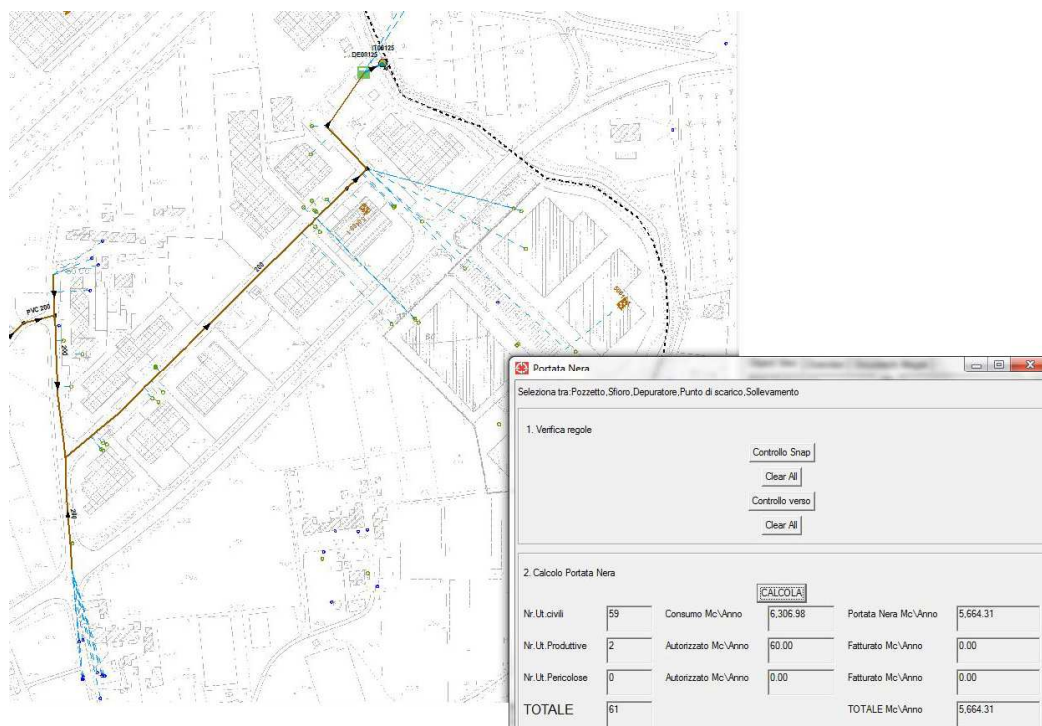


Figura 2 - Schermata tipo relativa al modello PUMAN su piattaforma GIS.
Indicate fognatura separata (in marrone), allacci utenze (in azzurro), punto di recapito (in verde)

Le incertezze nel modello di calcolo sono legate sostanzialmente all'incertezza degli strumenti di rilevazione GPS, ai volumi dichiarati da parte degli utenti, al possibile errore di allaccio di un singolo contatore ad un tratto di fognatura piuttosto che ad uno ad esso vicino (errore il cui effetto è inversamente proporzionale alle dimensioni del reticolo fognario considerato) ed alla possibile variazione del volume idrico annuo fatturato in caso di conguagli; tali incertezze incidono complessivamente nel sistema, comunque in modo marginale, in scala di località o di comune.

Per effettuare la stima della portata media nera in tempo asciutto vengono considerati i dati relativi al consumo idrico fatturato di ogni singolo contatore georeferenziato, applicando, ad ogni contatore, il relativo coefficiente di afflusso in fognatura φ , secondo la formula:

$$Q_{mn} = \varphi \cdot Q_{fatturata} \quad [\text{m}^3/\text{anno}]$$

Il coefficiente di afflusso in fognatura φ è variabile a seconda della tipologia di utenza, come riportato in Tabella 1. Per gli scarichi da utenze produttive i coefficienti di Tabella 1 non vengono utilizzati, poiché è direttamente noto il volume scaricato.

A questo livello, dato un qualsiasi punto di una rete fognaria, è possibile stabilire la portata media nera attesa in arrivo a quel punto, in funzione del numero e della tipologia delle utenze allacciate alla rete fognaria a monte del punto selezionato.

Tabella 1 - Coefficienti di afflusso in fognatura utilizzati nel modello PUMAN
(Fonti: Artina S. et al., 1997; Rimoldi P., 2010)

Tipologia di utilizzo	Coefficiente afflusso in fognatura
Agricolo	0.5
Altri usi	0.95
Artigiani	0.95
Autoconsumi	0.95
Cantiere	0.2
Civile abitazione	0.8
Civile abitazione non residenziale	0.8
Commercio	0.95
Cont. controllo	0.8
Convivenze	0.8
Fontanelli alta qualità	0.2
Generico	0.95
Idranti antincendio	0.2
Industria alberghiera	0.95
Industria manifatturiera	0.95
Luoghi di culto	0.95
Pozzi privati domestici	0.8
Pozzi privati domestici non residenti	0.8
Pozzi privati non domestici	0.95
Pozzi privati usi pubblici	0.95
Servizio antincendio	0.2
Strutture ospedaliere	0.95
Uffici vari	0.95
Usi promiscui	0.95
Uso allevamento	0.8
Uso antincendio	0.2
Uso attività produttive	0.95

Uso contatore generale non fatturato	0.95
Uso fognatura/depurazione	0.95
Uso lente tarata	0.95
Uso misto	0.95
Uso non domestico	0.95
Uso pubblico non potabile	0.95
Uso termale	0.95
Utenze comunali	0.95
Utenze pubbliche	0.95

Grazie al modello PUMAN è possibile effettuare sui punti del reticolo fognario dotati di misuratori di portata valutazioni relative alla presenza o meno di acque parassite sulle fognature nere e/o miste, nonché valutazioni sul coefficiente di diluizione k_d sui singoli tratti del reticolo fognario dotati di misuratori di portata, dato dalla formula:

$$k_d = Q_{misurata} / Q_{mn} \quad [\text{adim}]$$

All'interno della piattaforma di elaborazione sono state altresì importate le informazioni relative ai corpi idrici all'interno del territorio servito, fornite dagli Enti Amministrativi e dalle Autorità di Bacino; tali informazioni hanno consentito di individuare univocamente i corpi idrici recettori degli scarichi della rete fognaria, di calcolare per ogni punto di scarico la portata media nera afferente al corpo idrico di riferimento ed effettuare valutazioni sull'impatto dei punti di scarico sullo stato di qualità ambientale, ove tale informazione fosse disponibile.

Vengono di seguito elencati i tipici utilizzi del modello PUMAN:

- calcolo della portata media nera in ogni punto della rete e del relativo contributo in termini di A.E., per valutazioni di carattere gestionale o progettuale;
- calcolo della portata media nera in ingresso agli scaricatori di piena, per verifiche di carattere gestionale e/o normativo;
- calcolo della portata media nera in arrivo agli impianti di depurazione, per verifiche di carattere gestionale e/o normativo;
- valutazioni relative alla presenza o meno di acque parassite sulle fognature nere e/o miste;
- valutazioni sul coefficiente di diluizione k_d sui singoli tratti del reticolo fognario dotati di misuratori di portata;
- valutazioni sui corpi idrici recettori degli scarichi della rete fognaria;

- valutazioni relative a pareri per l'allaccio di utenti alla rete fognaria;
- valutazioni sulla presenza ed il relativo contributo di utenze produttive in ogni tratto del reticolo fognario;
- valutazioni di carattere contrattuale relative alla portata media nera;
- verifica indiretta dell'assoggettamento delle utenze alle varie tariffe in funzione del servizio corrispondente (acquedotto, fognatura, depurazione).

Di seguito si riportano i valori delle portate ottenuti per le utenze dei bacini afferenti al collettore di progetto:

$$Q_a = 8.235,35 \text{ m}^3/\text{anno}$$

$$Q_g = 22,56 \text{ m}^3/\text{g}$$

$$Q_h = 0,94 \text{ m}^3/\text{h} = 0,261 \text{ l/s}$$

Occorre però tenere conto del fattore di contemporaneità degli scarichi nelle ore di punta.

Considerano un coefficiente di punta pari a :

$$K = 3$$

$$\text{Si ha } Q_p = 0,261 \times 3 = 0,7883 \text{ l/s}$$

AE	PORTATA NERA		
	Qa mc/anno	Qh l/s	Qp l/s
113	8.235,35	0,261	0,7883

Tabella 2: Dati di progetto

1.2 DIMENSIONAMENTO CONDOTTE A GRAVITÀ

Le sezioni sono state verificate, in condizioni idrauliche di moto uniforme utilizzando la relazione di Chèzy:

$$Q = S \cdot \chi \cdot \sqrt{(R \cdot i)}$$

Dove:

- Q: portata massima transitante nella condotta in esame (m³/s)
- S: sezione di deflusso della condotta (m²)
- χ : parametro di resistenza al moto
- R: raggio idraulico della sezione, $R=S/C$, con C contorno bagnato della sezione
- i: pendenza della condotta.

La condizione di moto considerata è quella usuale di moto assolutamente turbolento, ossia per numero di Reynolds superiore a 2500: in questa situazione il parametro di resistenza al moto, χ , dipende solo dalla scabrezza relativa della condotta, e non più dal numero di Reynolds.

Il parametro di resistenza al moto χ viene quindi calcolato tramite l'espressione di Gauckler e Strickler:

$$\chi = K \cdot R$$

dove k (m^{1/3}s⁻¹) è il coefficiente di scabrezza della condotta secondo Gauckler e Strickler, il cui valore, funzione del tipo di materiale e dello stato di conservazione, è stato stimato, a titolo cautelativo, pari a 120 m^{1/3}s⁻¹ per la tubazione in PVC.

Il confronto fra la portata di progetto e la portata di moto uniforme della condotta permette di valutare la sufficienza di quest'ultima dal punto di vista idraulico.

Dalla

Tabella , che sintetizza i risultati dei calcoli, si nota che la portata di progetto da luogo ad un riempimento della tubazione di poco superiore al 10%: una condotta di diametro minore sarebbe stata pertanto sufficiente.

Tuttavia, si è preferito evitare la posa di tubazioni con diametro troppo piccolo onde evitare problemi di intasamento.

$\varnothing$	D_{int}	Scabrezza k	Q_{prog}	Pendenza i	Riempimento	Q_{max}	V_{prog}
[mm]	[mm]	[m ^{1/3} s ⁻¹]	[l/s]	[m/m]	[%]	[l/s]	[m/s]
200	188,2	120	0,788	0,0031	12,50	25,95	0,552

Tabella 3: Verifica tubazione di progetto

Volendo fare una verifica in considerazioni future, ovvero con invecchiamento della condotta e/o incrostazioni, anche portando il coefficiente di scabrezza $k = 80$, la fognatura di progetto sarebbe in grado di smaltire la portata di punta con un riempimento di poco superiore al 15%

$\varnothing$	$D \text{ int.}$	Scabrezza k	$Q \text{ prog}$	Pendenza i	Riempimento
[mm]	[mm]	[$m^{1/3}s^{-1}$]	[l/s]	[m/m]	[%]
200	188,2	80	0,788	0,0031	15,10

Tabella 4: Verifica tubazione di progetto con invecchiamento

2. DIMENSIONAMENTO CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO

2.1 DIMENSIONAMENTO VASCA DI SOLLEVAMENTO

Le dimensioni della vasca di sollevamento devono essere tali da tenere conto sia dei tempi di permanenza dei liquami sia del corretto funzionamento delle pompe.

In particolare, le apparecchiature elettromeccaniche delle pompe sono sottoposte a surriscaldamento durante la fase di avvio e necessitano quindi di un intervallo, tra due avviamenti successivi, tale che il calore prodotto venga dissipato nell'ambiente in cui le pompe sono immerse.

Il valore di tale tempo, ciclo della pompa, somma dell'intervallo di funzionamento e di riposo, non deve essere inferiore di un valore limite prefissato, dipendente dalle caratteristiche della pompa. Il valore minimo di un ciclo tende ad aumentare all'aumentare della potenza della pompa.

Per pompe fino a 50 kW il numero di attacchi orari raccomandato deve essere inferiore a 12.

Assumendo 8 attacchi orari otteniamo il tempo T_p di intervallo fra due attacchi successivi.

Considerando la condizione di massimo afflusso in base al principio di continuità, abbiamo che il volume affluito nella camera di aspirazione delle pompe durante il periodo T_p deve essere uguale al volume prelevato dalla pompa in marcia nell'intervallo di tempo di funzionamento della stessa. Inoltre va garantito che le pompe restino immerse per gran parte nel fluido anche al termine della fase di pompaggio, così da facilitarne il raffreddamento e conseguentemente aumentare i rendimenti energetici e il ciclo di vita della medesima

Dunque abbiamo:

$$q_a \cdot T_p = q_p \cdot \Delta t_v = q_p \cdot (T_p - \Delta t_r)$$

dove:

- q_a = portata di afflusso (m³/s)
- q_p = portata di pompaggio (m³/s)
- Δt_r = intervallo di riempimento della vasca, ossia di pausa della pompa (s)
- Δt_v = intervallo di vuotatura della vasca, ossia di attività della pompa (s)

- $T_p = \Delta t_r + \Delta t_v$ periodo di funzionamento della pompa, ossia intervallo tra due attacchi successivi

Indicando con I l'invaso della vasca di aspirazione, esso coincide con il prodotto della portata di afflusso per l'intervallo di riempimento:

$$I = q_a \cdot \Delta t_r$$

Esplicitando le due equazioni rispetto a Δt_r ed uguagliando le due espressioni di Δt_r si ottiene:

$$I = T_p \cdot q_a \cdot \left(1 - \frac{q_a}{q_p} \right)$$

La condizione di volume massimo si ottiene quando la portata di afflusso è pari alla metà della portata di pompaggio.

In tal caso si ha:

$$I = \frac{T_p}{4} \cdot q_p$$

dove:

- I = volume utile di accumulo (m³)
- Q = portata della pompa in mandata (m³/s)
- T = intervallo tra due attacchi successivi (s)

NOTA: Per Volume utile di accumulo si intende la superficie del pozzetto per la differenza di quota tra la parte superiore del corpo pompa e il punto massimo di riempimento previsto.

Di seguito si riportano i risultati del calcolo del volume utile teorico e del volume utile della vasca della centralina di sollevamento.

CALCOLO DEL VOLUME UTILE DELLA VASCA

Portata media della pompa	10 l/s
Numero avviamenti / ora	8
Intervallo tra due attacchi successivi T	7,5 min (450 sec)
Volume utile	1.125 litri

CARATTERISTICHE DELLA VASCA

Lunghezza interna	2 m
Larghezza interna	2 m
Altezza utile (Lmax-Lmin)	1,0 m
Volume utile	4.000 litri

2.2 FREQUENZA DI AVVIAMENTO DELLE POMPE

La norma UNI EN 12056-4 suggerisce (non prescrive) una durata minima di funzionamento di:

- 2,2 sec. per pompe fino a 2,5 kW
- 5,5 sec. per pompe da 2,5 a 7,5 kW
- 5,5 sec. per pompe oltre 7,5 kW

ed un pompaggio minimo di 20 litri.

In modo più restrittivo i costruttori di pompe suggeriscono:

- massimo 12 avviamenti/ora per pompe fino a 5 kW
- massimo 8 avviamenti/ora per pompe oltre 50 kW

I due diversi criteri potrebbero essere compatibili tra loro in funzione del tempo di funzionamento.

2.3 DIMENSIONAMENTO POMPE DI SOLLEVAMENTO E DELLA CONDOTTA PREMENTE**CARATTERISTICHE CONDOTTA****Tratto 1 – mandata singola pompa**

lunghezza	4 m
diametro	DN80
materiale	acciaio inox

Tratto 2 – collettore

lunghezza	1 m
diametro	DN100
materiale	acciaio inox

Tratto 3 – collettore

lunghezza	6 m
diametro	DN125
materiale	PE100

DATI DI CALCOLO

Portata pompa	36 m ³ /h
Prevalenza geodetica media	1 m

VERIFICA IDRAULICA**Tratto 1 – mandata singola pompa**

velocità	1,9 m/s
perdita di carico	0,7 m

Tratto 2 – collettore

velocità	1,1 m/s
perdita di carico	0,1 m

Tratto 3 – collettore

velocità	1,2 m/s
perdita di carico	0,1 m

SPECIFICHE POMPE SOLLEVAMENTO

Portata pompa	36 m ³ /h
Prevalenza totale	1,9 m
Potenza	1,3 kw