



È vietata la riproduzione di questo documento senza la preventiva autorizzazione di MM S.p.A.

SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

CITTA' DI MILANO

DIREZIONE ACQUEDOTTO

PROPOSTA TECNICA DI MISURA DELL'ACQUA PRELEVATA DALL'AMBIENTE DELL'ACQUEDOTTO DI MILANO

0	Marzo 2018		EAC: IEM - MEP	F. Marelli	F. Marelli	F. Marelli
Aggior n.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Acquisito	Approvato

CODIFICA
DOCUMENTO

Commessa

Lotto

Fase

Categoria

Opera

Progressivo





INDICE DEI CONTENUTI

1. Introduzione.....	4
2. Stato di fatto	5
3. Strumentazione installata testa pozzo	7
4. Problematiche tecniche di misura della portata testa pozzo	8
5. Inaffidabilità della misura testa pozzo.....	10
6. Sperimentazioni di misure testa pozzo	16
7. Perdita stimata rete di adduzione	17
8. Audit idraulico ed energetico completo delle centrali e dei pozzi	17
9. Affidabilità del calcolo a partire dai dati scada della strumentazione presente in centrale.	22



1. INTRODUZIONE

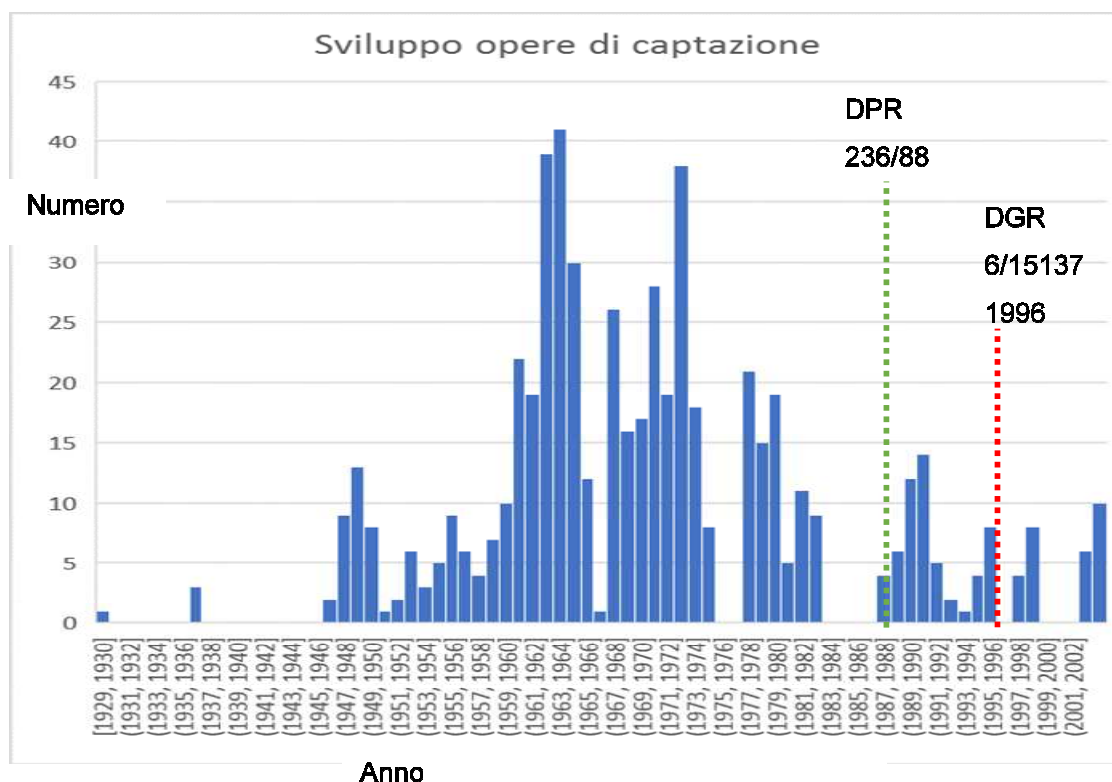
Il presente documento ha lo scopo di illustrare lo schema dello stato di fatto del sistema di captazione e quello di rilancio in rete di distribuzione (centrali), descrivere la tipologia di strumentazione di misura di portata/volume idrico installato presso i pozzi e quella installata presso le centrali. Si illustrano inoltre le problematiche storiche e correnti per la realizzazione della misura di portata idraulica in testa ai singoli pozzi e l'inaffidabilità della misura attualmente disponibile.

A partire dallo stato di fatto, il documento descrive quindi le attività proposte per superare le criticità di misura di portata in testa ai singoli pozzi tramite, da un lato, nuove strumentazioni sperimentali da installare in cameretta avampozzo, e dall'altro mediante audit idraulici ed energetici che dimostrano l'affidabilità delle misure esistenti che vengono certificate e validate come rappresentative del prelevato dall'ambiente per ciascuna centrale di produzione.



2. STATO DI FATTO

I pozzi attualmente al servizio dell'acquedotto milanese sono stati scavati tra il 1929 e il 2004 con vincoli tecnici e normativi molto diversi dagli attuali.



Si evidenzia in particolare l'impossibilità tecnica di modificare l'installazione (pozzi) con estensione dimensionale delle camerette avampozzo.

Pertanto unicamente gli interventi realizzati negli ultimi anni hanno potuto tenere in conto delle normative citate, mentre le pre-esistenze, sono state oggetto di interventi di mitigazione e compensazione che tengano in conto dei vincoli esistenti:

- Normativa nazionale:
 - D.P.R. n. 236/1988
 - D.lgs. 152/2006
 - D.lgs. 31/2001



- Normativa regionale:
 - D.G.R. 6/15137 (1996)
 - D.G.R. 7/12693 (2003)
 - Regolamento Regionale n. 2 (2006)

L'attuale configurazione delle reti e la posizione dei campi pozzi è frutto infatti del graduale sviluppo dell'acquedotto cittadino in funzione delle crescenti necessità di una città in continuo sviluppo. L'assenza di normative in grado di regolamentare il posizionamento dei nuovi pozzi ha fatto sì che le captazioni venissero realizzate laddove vi fosse una maggiore esigenza di acqua con la considerazione che ciascun pozzo, normalmente disposto in area pedonale senza previsione di spazi per dotazioni impiantistiche al proprio interno, fosse in stretta prossimità ad un importante punto di raccolta e distribuzione dell'acqua potabile (centrale), che, strutturalmente, avrebbe garantito il migliore comando e controllo delle apparecchiature (mai a bordo pozzo) oltre che le misure di quantificazione dei parametri elettrici ed idraulici.

L'acquedotto di Milano è stato quindi progressivamente dotato di 587 pozzi che confluiscono in sole 32 centrali complessive, di cui:

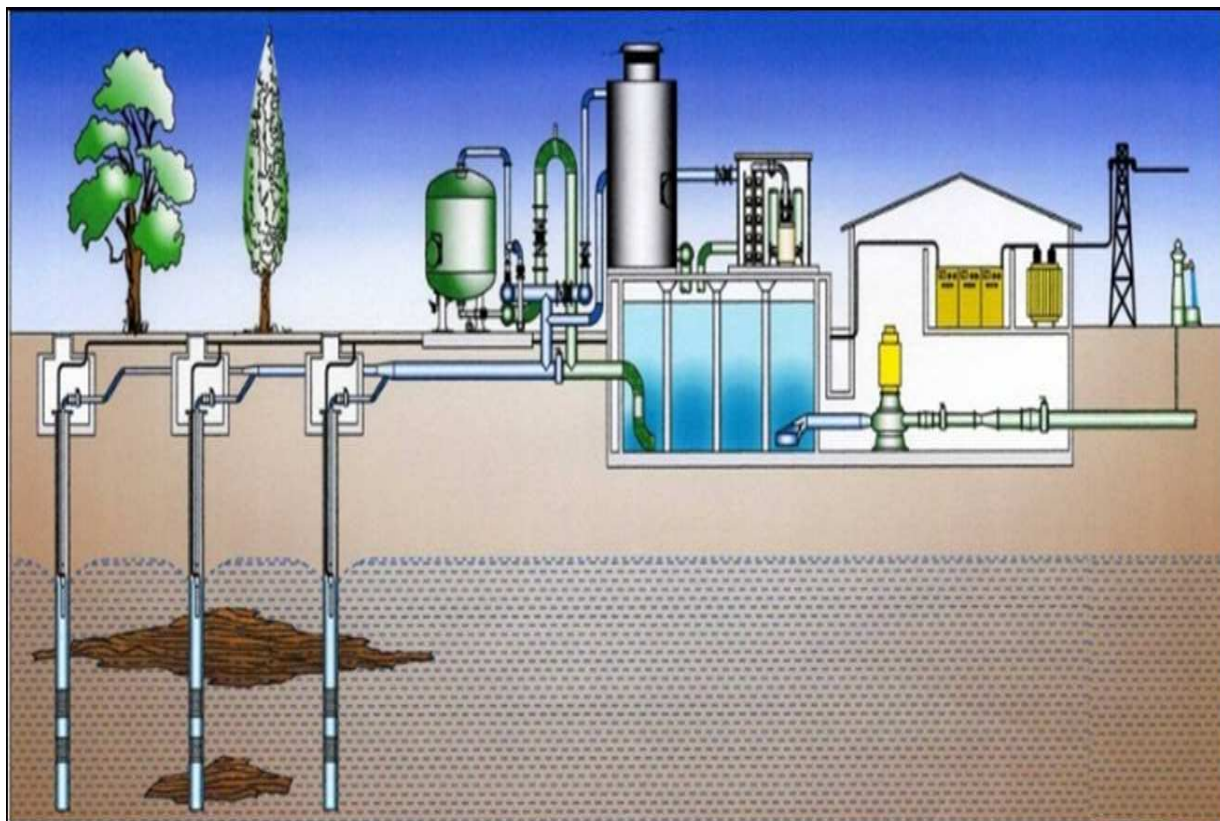
- 27 funzionanti;
- 3 non in esercizio;
- 2 ferme per manutenzione (C.li Feltre e Linate) alla data di stesura del presente documento;

Lo sviluppo complessivo delle tubazioni di adduzione risulta essere pari a 98,6 km (di cui 91,9 km in esercizio), con una distanza media di 168 m tra pozzo e centrale. Il pozzo, costituisce di fatto un sistema unitario con la centrale di raccolta, trattamento e distribuzione, dove sono allocati gli spazi necessari non solo per i processi e le misure ma anche per i comandi e controlli di tutte le apparecchiature elettromeccaniche installate.

Lo schema è quello del doppio rilancio, riportato nello schema di seguito riportato, dove i pozzi rilanciano direttamente in centrale (essendo posizionati nell'intorno della



stessa) dove avvengono i trattamenti, l'accumulo con la vasca di compenso giornaliero ed il rilancio in rete.



Schema tipo del sistema di captazione, trattamento e rilancio in rete

Le misure idrauliche presenti in centrale sono garantite secondo gli standard di progetto e con misure periodicamente verificate mediante tarature e audit, in ciascuna delle 29 centrali, sia presso le tubazioni di arrivo pozzi, che all'uscita degli impianti di trattamento prima dell'immissione in rete di distribuzione.

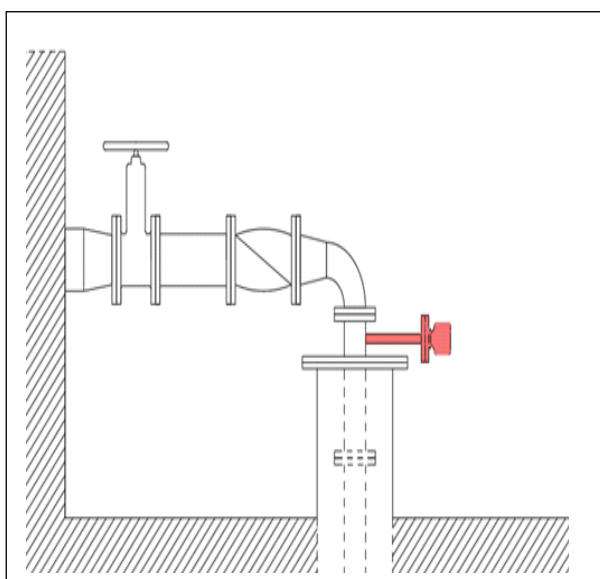
3. STRUMENTAZIONE INSTALLATA TESTA POZZO

Per la presente analisi è stata considerata la presenza di misuratori di portata installati in cameretta avampozzo, in accordo con il Regolamento Regionale n. 2 art. 33 a partire dall'anno 2006 a seguito dell'avvio delle attività di efficientamento idraulico-energetico dei pozzi. I dati relativi ai pozzi in esercizio sono i seguenti:



n. pozzi in esercizio:	416
Pozzi strumentati	300 (72%)
Pozzi non strumentati	105 (28%)

Di seguito si riporta un esempio di installazione misuratore di portata (scelto ad inserzione in ragione della mancanza di spazi di posa con altra tipologia di misuratore):



Schema e foto di installazione misuratore elettromagnetico ad inserzione

4. PROBLEMATICHE TECNICHE DI MISURA DELLA PORTATA TESTA POZZO

L'inserimento di apparecchiature elettroniche per le misure di portata e pressione all'interno delle camerette avampozzo di Milano ha già evidenziato negli anni passati come i locali interessati non risultino idonei; tali locali, infatti, presentano criticità per quanto riguarda gli spazi disponibili (che non consentono l'inserimento di strumenti di misura e soprattutto non consentono la distanza minima necessaria per la misura corretta dei flussi idrici), la presenza d'acqua, l'umidità e la necessità di ricambio d'aria.

MM sta attualmente effettuando prove in campo con l'obiettivo di valutare la resistenza dei misuratori di portata di tipo Woltmann; tuttavia, come indicato dai



manuali dei produttori, tali misuratori risultano sensibili ai colpi d'ariete (danneggiamento) ed alla presenza d'aria nelle tubazioni (incremento dell'errore di misura).

Il loro impiego all'interno dei pozzi potrebbe quindi rendere necessaria l'installazione di soft-start, al fine di evitare che il contatore venga danneggiato dai colpi d'ariete durante gli avviamenti e le fermate delle pompe.

L'installazione di soft start, come già avvenuto per gli strumenti di misura elettronici, non è tuttavia possibile all'interno delle camerette avampozzo.

Pertanto tale installazione potrebbe essere effettuata solo nei seguenti modi:

- Soft-start all'interno dei quadri elettrici delle 29 centrali di pompaggio.

Questa soluzione comporterebbe però la necessità di sostituire tutti i cavi di alimentazione dei pozzi con cavi schermati, in modo da contenere i disturbi elettromagnetici che verrebbero emessi dalle linee di alimentazione; pertanto si renderebbe necessaria anche la realizzazione dei cavidotti per l'instradamento dei cavi (ad oggi infatti la maggior parte è posata direttamente interrata), con i conseguenti circa 100 km di scavi all'interno della città di Milano.

- Soft start in armadio tecnico stradale da posizionare nei pressi dei pozzi.

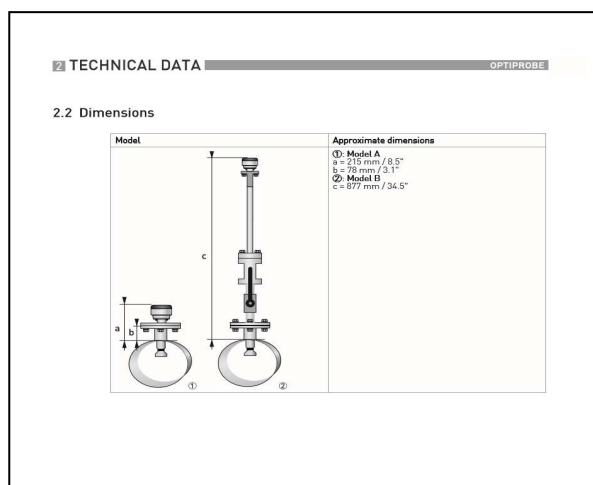
Questa soluzione comporterebbe tuttavia la necessità di installare 587 armadi tecnici stradali, con le conseguenti problematiche tecnico-autorizzative derivanti dalla normativa vigente riguardante l'accessibilità per le persone con disabilità; tale accessibilità non potrà infatti essere garantita per tutti i marciapiedi interessati. A questo si aggiunge il problema relativo al disturbo derivante dal rumore emesso per il funzionamento delle apparecchiature elettroniche installate e della ventilazione forzata necessaria.

Per quanto riguarda invece la fisiologica presenza d'aria nelle tubazioni dei pozzi, dovrà esserne tenuto conto per il conseguente aumento dell'errore di misura dei misuratori Woltmann.



5. INAFFIDABILITÀ DELLA MISURA TESTA POZZO

La strumentazione installata è un indicatore magnetico induttivo di flusso da utilizzare in combinazione con fluidi puliti elettricamente conduttivi in tubi con diametro nominale di 80 mm o superiore. La strumentazione è stata inserita attraverso un foro praticato nel tubo. Una bobina magnetica situata nella testa di misura della sonda genera un campo elettromagnetico impulsivo perpendicolare alla testa di misura. Questo insieme al movimento del fluido induce una tensione proporzionale alla velocità di flusso media. La tensione viene rilevata da due elettrodi montati sulla parte anteriore della sonda e inoltrati a un convertitore di segnale, dove viene convertito in una velocità di flusso misurata.



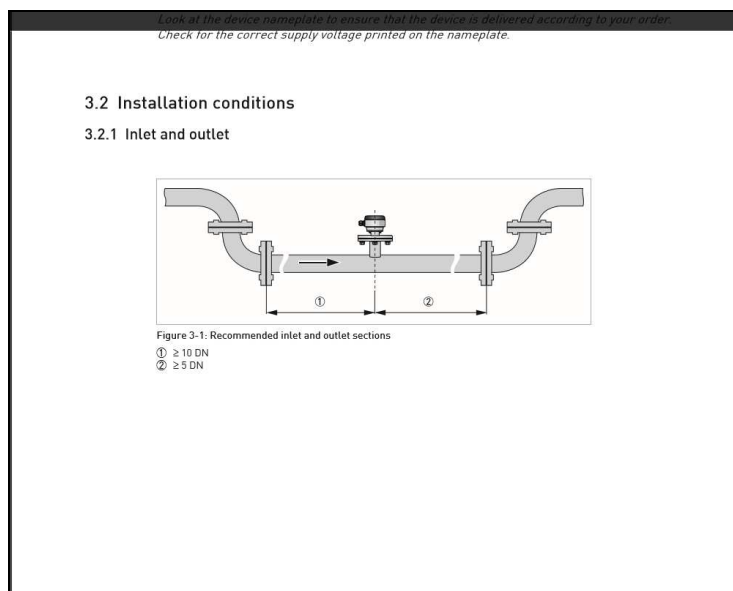
Tipologia di strumentazione installata e dati dimensionali.

La scelta di tale applicazione è stata determinata a partire dal 2006, dal fatto che lo strumento si presentava come unica possibile installazione all'interno dei spazi disponibili presso le camerette avampozzo, anche grazie alle caratteristiche di resistenza della strumentazione a umidità e fenomeni di colpo d'ariete all'avvio / arresto delle pompe. Lo strumento è stato utilizzato negli anni per scopi manutentivi: una volta tarato mediante utilizzo di strumento di misura di portata clamp-on veniva utilizzato per le prove di verifica dell'efficienza del pozzo e della pompa installata in



combinazione con gli altri pozzi asserviti alla centrale (prove a gradini e prove di lunga durata).

Tuttavia la precisione delle misure nel tempo, una volta effettuata la prima taratura dello strumento, risultava compromessa dalle condizioni di installazione (diametri liberi a monte e valle dello strumento) che determinavano misure lontane dal 2% di errore dichiarato dai produttori delle strumentazioni. Nella figura riportata di seguito si evidenzia come per una corretta installazione della strumentazione di misura sono necessari flussi simmetrici pienamente sviluppati realizzabili con tratto rettilineo della lunghezza di almeno 10 diametri a monte dello strumento e 5 diametri a valle. Considerato che la linea di mandata delle pompe pozzo è normalmente DN 200, sarebbero necessari tratti rettilinei di 2 metri a monte dello strumento e di 1 metro a valle. La cameretta avampozzo, considerando la posizione del pozzo ad almeno 0.50 metri dalla parete laterale, la necessità di realizzare la curva di uscita dalla colonna verticale, la valvola di non ritorno a flusso venturi e la saracinesca a corpo piatto (con i relativi raccordi) richiederebbe lunghezze di almeno 5 metri di sviluppo complessivo (a fronte di lunghezze medie delle camerette esistenti di circa 2.5 – 3.0 m)



Condizioni di installazione misuratori elettromagnetici ad inserzione



A titolo di esempio si riportano alcuni casi eclatanti di inaffidabilità della misura testa pozzo sia in eccesso che in difetto come per i seguenti pozzi:

- Centrale CIMABUE pozzo 4 (codice SIF 151460164) – 83.3 l/s dato 13/02/2018
- Centrale ITALIA pozzo 6 (codice SIF 151460322) – 3.5 l/s dato 19/02/2018
- Centrale ASSIANO pozzo 8 (codice SIF 151460064) – 83 l/s dato 16/02/2018
- Centrale OVIDIO pozzo 16 (codice SIF 151460420) – 1.8 l/s dato 20/002/2018
- Centrale PARCO pozzo 12 (codice SIF 151460457) – 83 l/s dato 15/02/2018

Centrale CIMABUE pozzo 4 (codice SIF 151460164)

Portata misurata 83.3 l/s (13/2/2018)

Pompa installata Caprari 30x70

Livello Statico pozzo 20.73 m

Livello Dinamico pozzo 23.70 m

Abbassamento 2.97 m

Al collaudo (12/6/1964), e quindi in condizioni di pozzo nuovo e performante, si registra un abbassamento di 3.09 m con una portata di 46.3 l/s. Una portata di 83.3 l/s non può essere compatibile con un abbassamento di soli 2.93 m.

Inoltre la pompa installata non è in grado di erogare tale portata con le prevalenze necessarie come da scheda tecnica sottoriportata.



caprari
pumping power

DATI TECNICI

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
=ISO 9001/2000=

35x70

E9S55/4Y + MAC640-0V 500V

Dati richiesti
Portata 30 l/s
Prevalenza 70 m
Fluido Acqua, pulita
Tipo installazione Pompa singola
N° di pompe 1

Dati di esercizio pompa

Portata 30 l/s
Prevalenza 70 m
Potenza assorbita 26,3 kW
Rendimento 78,9%
Prevalenza H(Q=0) 97,8 m
Perdite di carico nella valvola di ritegno 0,625 m
Bocca mandata DN125

Dati motore elettrico

Frequenza 50 Hz
Tensione nominale 500 V
Velocità nominale 2870 1/min
Numero di poli 2
Potenza resa P2 30 kW
Corrente nominale A
Tipo motore 3~
Classe d'isolamento Y
Grado di protezione IP 68

Limiti operativi

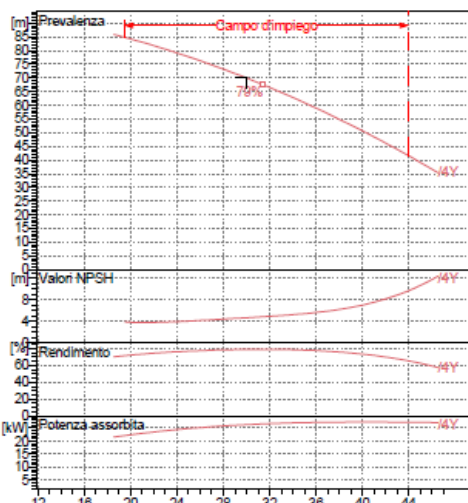
Avviamenti / h max. 15
Temperatura max. liquido pompato 25 °C
Contenuto massimo di sostanze solide 40 g/m³
Densità max. 998 kg/m³
Max. viscosità 1 mm²/s

Dati generali

Peso 189 kg

Materiali

COSTRUZIONE POMPA	
Corpo valvola	Ghisa
Clapet	Ghisa/Acciaio inox
Corpo di aspirazione	Ghisa
Corpo intermedio	Ghisa
Albero	Acciaio inox
Girante	Ghisa
Anello sede girante	Gomma
Succheruola	Acciaio inox
Tegolo protezione cavi	Acciaio inox
Giunto	Acciaio inox
COSTRUZIONE MOTORE	
Supporto superiore	Ghisa
Supporto inferiore	Ghisa
Camicia statore	Acciaio inox
Albero	Acciaio inox
Anello di tenuta	Acciaio/Gomma
Parasabbia	Gomma
Avvolgimento	Rame isolato
Reggispinta	Tipo Michell

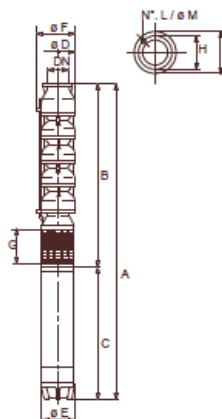


Caratteristiche di funzionamento Curve caratteristiche indicative

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensioni mm

A = 2225
B = 968
C = 1257
D = 188
DN = 125
E = 143
F = 202
G = 160
H = 167
I = 190
L = 6
M = 13,5



Note:

Data 03.07.2017	Pagina 2	Offerta n°	Pos.N° 1.1
--------------------	-------------	------------	---------------

PumpTutor Version 3.1 - 19.12.2006 (Build 2)

Datasheet pompa installata presso il pozzo 4 Cimabue.



Pozzo centrale Assiano n. 8 (SIF 151460064)

Portata misura 83 l/s

Pompa installata Caprari 40x40: Punto di funzionamento ottimale 40 l/s a 40 m di prevalenza. Campo di funzionamento tra 22 l/s e 59 l/s. La pompa non può funzionare per valori di portata superiori a 59 l/s.



DATI TECNICI

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
=ISO 9001/2000=

40 X 40

E10S50/2Y + MAC630-0V 500V

Dati richiesti
Portata 40 l/s
Prevalenza 40 m
Fluido Acqua potabile
Tipo installazione Pompa singola
N° di pompe 1

Dati di esercizio pompa
Portata 40 l/s
Prevalenza 40 m
Potenza assorbita 20,3 kW
Rendimento 78,7%
Prevalenza H(Q=0) 58,6 m
Perdite di carico nella valvola di ritegno 0,327 m
Bocca mandata DN150

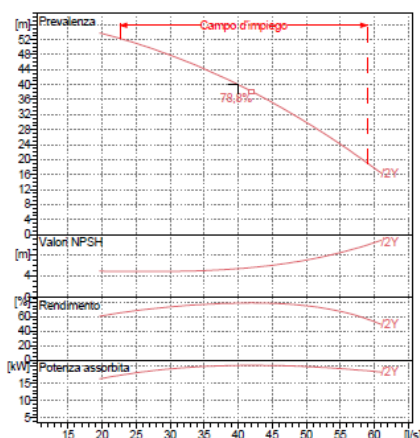
Dati motore elettrico
Frequenza 50 Hz
Tensione nominale 500 V
Velocità nominale 2880 1/min
Numero di poli 2
Potenza resa P2 22 kW
Corrente nominale A
Tipo motore 3~
Classe d'isolamento Y
Grado di protezione IP 68

Limiti operativi
Avviamenti / h max. 15
Temperatura max. liquido pompato 25 °C
Contenuto massimo di sostanze solide 40 g/m³
Densità max. 998 kg/m³
Max. viscosità 1 mm²/s

Dati generali
Peso 176 kg

Materiali

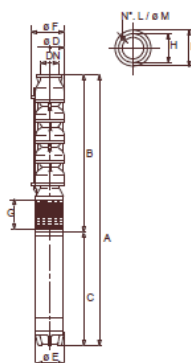
COSTRUZIONE POMPA	Ghisa
Corpo valvola	Ghisa/Acciaio inox
Clapet	Ghisa
Corpo di aspirazione	Ghisa
Corpo intermedio	Acciaio inox
Albero	Ghisa
Girante	Gomma
Anello sede girante	Acciaio inox
Succheruola	Acciaio inox
Tegolo protezione cavi	Acciaio inox
Giunto	Acciaio inox
COSTRUZIONE MOTORE	Ghisa
Supporto superiore	Ghisa
Supporto inferiore	Acciaio inox
Camicia statore	Acciaio/Gomma
Albero	Gomma
Anello di tenuta	Rame isolato
Parasabbia	Tipo Michell
Avvolgimento	
Reggispira	



Caratteristiche di funzionamento			Curve caratteristiche indicative	
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensioni mm

A = 1892
B = 845
C = 1047
D = 240
DN = 150
E = 143
F = 250
G = 198
H = 206
I = 234
L = 6
M = 16



Note:

Data 03.07.2017	Pagina 2	Offerta n°	Pos.N° 2.1
--------------------	-------------	------------	---------------

PumpTutor Version 3.1 - 19.12.2006 (Build 2)

Datasheet pompa installata presso il pozzo 8 Assiano.



Pozzo Centrale Parco n. 12 (codice SIF 151460457)

Portata 83 l/s

Pompa installata Caprari 30x50. Punto di funzionamento di massimo rendimento: 30 l/s di portata con 50 m di prevalenza. Campo di impiego tra 19 l/s e 44 l/s. La pompa non può funzionare per valori di portata superiori a 44 l/s.



DATI TECNICI

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
=ISO 9001/2000=

30 X 50

E9S55/3Y + MAC630-0V 500V

Dati richiesti
Portata 30 l/s
Prevalenza 50 m
Fluido Acqua potabile
Tipo installazione Pompa singola
N° di pompe 1

Dati di esercizio pompa

Portata 30 l/s
Prevalenza 50,1 m
Potenza assorbita 18,8 kW
Rendimento 78,5%
Prevalenza H(Q=0) 72 m
Perdite di carico nella valvola di ritegno 0,625 m
Bocca mandata DN125

Dati motore elettrico

Frequenza 50 Hz
Tensione nominale 500 V
Velocità nominale 2880 1/min
Numero di poli 2
Potenza resa P2 22 kW
Corrente nominale 47 A
Tipo motore 3~
Classe d'isolamento Y
Grado di protezione IP 68

Limiti operativi

Avviamenti / h max. 15
Temperatura max. liquido pompato 25 °C
Contenuto massimo di sostanze solide 40 g/m³
Densità max. 999 kg/m³
Max. viscosità 1 mm²/s

Dati generali

Peso 166 kg

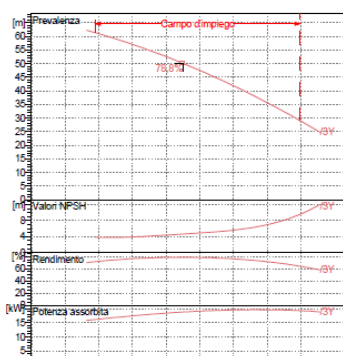
Materiali

COSTRUZIONE POMPA

Corpo valvola Ghisa
Clapet Ghisa/Acciaio inox
Corpo di aspirazione Ghisa
Corpo intermedio Ghisa
Albero Acciaio inox
Girante Ghisa
Anello sede girante Gomma
Succheruola Acciaio inox
Foglio protezione cavi Acciaio inox
Giunto Acciaio inox

COSTRUZIONE MOTORE

Supporto superiore Ghisa
Supporto inferiore Ghisa
Camicia statore Acciaio inox
Albero Acciaio inox
Anello di tenuta Acciaio/Gomma
Parasabbia Gomma
Avvolgimento Rame isolato
Reggispinta Tipo Michell

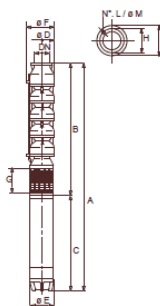


Caratteristiche di funzionamento Curve caratteristiche indicative

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
0	72	0	0	0
10	60	10	78	0
20	50	18	79	0
30	40	22	78	0
40	30	20	75	0
44	25	18	70	0

A = 1675
B = 828
C = 1047
D = 169
DN = 125
E = 143
F = 200
G = 160
H = 167
I = 190
L = 6
M = 13,5

Dimensioni mm



Note:

Data	Pagina	Offerta n°	Pos. N°
03.07.2017	2		1.1

PumpTutor version 3.1 - 19.12.2006 (Build 2)

Datasheet pompa installata presso il pozzo 12 Parco.



6. SPERIMENTAZIONI DI MISURE TESTA POZZO

MM sta attualmente effettuando prove di misura in campo, testa pozzo, con l'obiettivo di valutare la resistenza dei misuratori di portata di tipo Woltmann del tipo MeiStream di Sensus. Attualmente Sensus fornisce già contatori Woltmann per applicazioni in pozzi per diversi primari gestori italiani ed europei (in configurazioni con sistema di avviamento con inverter/softstart delle pompe e adeguati spazi in cameretta avampozzo). Si tratta di prodotti differenti rispetto a quelli oggetto di ns. sperimentazione con DN 150, ove si prevedono contatori meno "sofisticati", più resistenti ed adatti al campo di applicazione in oggetto (anche in verticale). Di seguito la scheda tecnica di sintesi.

A seguito della sperimentazione verrà valutata l'attendibilità, tramite gli audit descritti al paragrafo 8, e la precisione della misura riportate nelle schede prodotto su misura testa pozzo. Nel caso in cui la sperimentazione offra gli esiti sperati, i contatori verranno posti in telelettura acquisiti tramite rete fissa / sistemi walk-by o drive-by.



Performance Data

Metrological Data acc. to Manufacturers Values

Size	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100
C2a	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2b	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2c	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2d	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2e	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2f	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2g	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2h	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2i	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2j	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2k	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2l	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2n	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2o	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2p	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2q	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2r	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2s	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2t	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2u	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2v	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2w	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2x	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2y	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2z	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2aa	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ab	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ac	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ad	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ae	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2af	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ag	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ah	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ai	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2aj	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ak	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2al	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2am	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2an	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ao	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ap	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2aq	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ar	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2as	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2at	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2au	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2av	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2aw	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ax	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ay	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2az	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ba	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bc	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bd	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2be	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bf	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bg	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bh	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bi	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bj	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bk	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bl	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bm	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bp	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bq	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2br	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bs	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bt	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bu	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bv	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bw	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bx	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2by	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2bz	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ca	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cc	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cd	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ce	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cf	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cg	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ch	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ci	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cj	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ck	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cl	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cm	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2co	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cp	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cq	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cr	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cs	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ct	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cu	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cv	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cw	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cx	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cy	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2cz	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2da	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2db	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dc	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dd	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2de	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2df	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dg	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dh	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2di	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dj	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dk	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dl	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dm	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2do	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dp	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dq	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dr	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ds	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dt	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2du	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dv	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dw	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dx	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dy	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2dz	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ea	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2eb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ec	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ed	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ee	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ef	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2eg	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2eh	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ei	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ej	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ek	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2el	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2em	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2en	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2eo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ep	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2eq	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2er	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2es	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2et	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2eu	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ev	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ew	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ex	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ey	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ez	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fa	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fc	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fd	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fe	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ff	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fg	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fh	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fi	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fj	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fk	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fl	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fm	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fp	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fq	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fr	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fs	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ft	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fu	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fv	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fw	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fx	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fy	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2fz	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ga	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gc	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gd	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ge	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gf	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gg	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gh	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gi	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gj	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gk	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gl	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gm	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2go	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gp	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gq	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gr	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gs	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gt	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gu	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gv	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gw	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gx	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gy	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2gz	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2ha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2hb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C2hc	0.05				



7. PERDITA STIMATA RETE DI ADDUZIONE

Considerando un errore di misura del 1% sul volume prelevato dall'ambiente (range di precisione dei migliori strumenti di misura della portata / volume) si ha per Milano (dato 2016) un errore del 1% sul 221.669.364 pari a circa 2.2 milioni di mc / anno.

Le stima della perdita idrica per la rete di adduzione (con sviluppo in termini di lunghezza pari a 1/200 della rete di distribuzione e con pressione di esercizio pari a 1/10 della rete di distribuzione) per il 2016 è stata valutata pari a circa 0.1 milioni mc/anno corrispondente a circa 1/20 del valore di incertezza dovuta alla precisione dello strumento di misura.

Anche considerando in modo improprio, in quanto la pressione della rete di adduzione è pari ad un decimo di quella in distribuzione (circa 0.4 Bar a fronte di una pressione di 4 Bar in distribuzione), che le perdite della rete di adduzione siano paragonabili a quelle della rete di distribuzione (per Milano nel 2016 pari a 46.60 mc/km giorno), si avrebbe una perdita complessiva in adduzione pari a 1.559.773 mc (pari a $46.5 \text{ mc/km} \cdot 365 \text{ d} \cdot 91.9 \text{ km}$) comunque nettamente inferiore all'incertezza della misura (2.2 milioni di mc).

Pertanto si ritiene che la precisione della misura sia fondamentale nella definizione del volume idrico misurato prelevato dall'ambiente, anche considerata per Milano, la prossimità dei pozzi alle centrali (distanza media inferiore a 200 m) e il diverso ordine di grandezza di precisione e affidabilità della misura effettuata in centrale.

8. AUDIT IDRAULICO ED ENERGETICO COMPLETO DELLE CENTRALI E DEI POZZI

Al fine di valutare con la massima precisione l'entità del prelevato dall'ambiente, considerata l'affidabilità della precisione della misura in centrale e della metodologia di ripartizione della misura a singolo pozzo (basata sul numero di ore di funzionamento delle pompe pozzo moltiplicato per la portata media della pompa installata), MM ha previsto per il 2018 la realizzazione di un audit idraulico ed



energetico completo dello stato di fatto per centrali e pozzi, al fine di definire /certificare l'affidabilità della metodologia di ripartizione della misura e di quelle presenti in centrale, anche considerata la distanza di pochi metri tra centrale e pozzo.

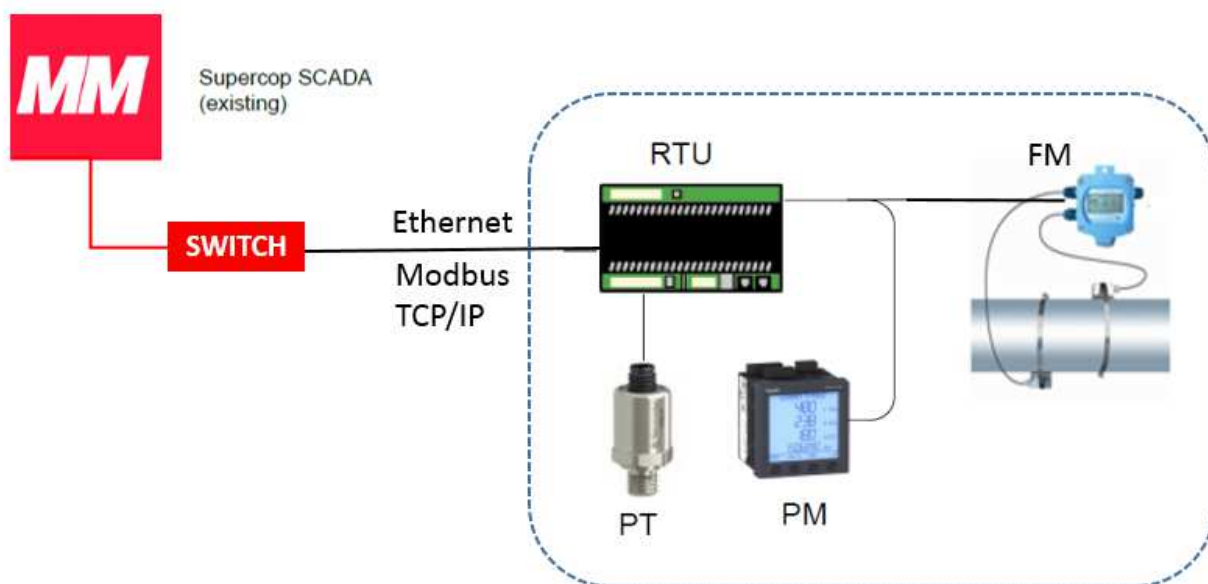
Attraverso la redazione dei report di dettaglio previsti sia per il campo pozzi che per il gruppo pompe di rilancio in rete si intende dimostrare l'affidabilità e la precisione degli strumenti installati in centrale e delle relative misure effettuate.

Gli strumenti di misura della portata verranno installati entro il mese di agosto 2018 in affiancamento a quelli già esistenti (misura di portata in arrivo pozzi e in rilancio in rete) e collegati al sistema di telecomando e telecontrollo esistente (supercop) presso il centro di comando e controllo sito presso la centrale S.Siro.

Per eseguire l'audit si procederà alla installazione di strumenti di misura di portata "in doppio" di verifica della strumentazione esistente ed acquisizione di nuova misura ed in particolare:

- Installazione di misuratori di portata clamp-on sulla tubazione di arrivo in centrale dei campi pozzi. Ove, a seguito dei sopralluoghi, si risconterà l'impossibilità tecnica di installazione, si provvederà con impresa qualificata e certificata, a redigere una verifica della validità di lettura della strumentazione esistente;
- Installazione di misuratori di portata clamp-on sulla tubazione di mandata del gruppo pompe. Ove, a seguito dei sopralluoghi, si risconterà l'impossibilità tecnica di installazione, si provvederà con impresa qualificata e certificata, a redigere una verifica della validità di lettura della strumentazione esistente;

La misure di portata saranno accompagnate da misure di pressione ed elettriche e raccolte per una durata di 6 mesi da una RTU fornita in apposito quadretto elettrico con alimentazione 220 V. I dati raccolti dalla RTU saranno poi inviati tramite Switch di rete verso sistema di telecomando / telecontrollo (Supercop) con cavo Ethernet al fine di memorizzare tutti i dati raccolti nel corso degli audit.



I misuratori di portata clamp-on utilizzati per la taratura della strumentazione esistente saranno gli AT-600 GE Panametrics: strumentazione con i massimi standard qualitativi presente sul mercato. Questi misuratori di portata saranno utilizzati per la misura e la valutazione del parametro idraulico misurato dagli strumenti esistenti.

Le operazioni di audit verranno svolte in conformità a dell'Allegato 2 del D.Lgs. 102/2014 e in osservanza delle norme tecniche UNI CEI EN 16247-1:2012 e UNI CEI EN 16247-3:2014. (EN16247-1 Diagnosi Energetiche Parte 1: Requisiti Generali EN16247-3 Diagnosi Energetiche Parte 3: Processi).

Il processo di Audit (che avrà una durata in continuo di 6 mesi su tutte le centrali e campi pozzi dell'acquedotto) verrà svolto mettendo a disposizione degli Enti di controllo la completa metodologia di analisi dei dati, tabelle e fonte dei dati in maniera chiara e comprensibile in modo che si possano controllare e validare l'operato svolto come richiesto espressamente nelle EN16247-1 sezione 4, in particolare nell'elenco requisiti 4.2. I misuratori verranno quindi mantenuti anche



successivamente agli audit a garantire un doppio controllo della misura idraulica disponibile.

I report prodotti (riportanti le misure per i 6 mesi di audit), soddisferanno le EN16247-3 per le diagnosi dei processi. Non essendo nell'Appendice B previsto lo specifico caso di "Centrali di Produzione Acqua Potabile" si può prendere come riferimento, indicativo e non esaustivo, il punto m) relativo alle pompe. I report prodotti conterranno quanto di seguito descritto:

Campo Pozzi:

- i. data, ora, combinazione pozzi accesi, numero pozzi accesi, portata totale, livello vasca, potenza attiva totale, energia attiva totale;
- ii. distribuzione di frequenza della portata totale;
- iii. distribuzione di frequenza del numero di pozzi accesi;
- iv. comandi di accensione per singolo pozzo sul totale dei comandi di accensione;
- v. durata cumulata di accensione per singolo pozzo sul totale della durata cumulata di accensione;
- vi. potenza attiva totale media vs. portata totale media per ogni combinazione di uguale numero di pozzi accesi;
- vii. rapporto medio nelle 24 ore fra energia attiva totale e volume totale;
- viii. curve di carico, su base oraria e al quarto d'ora, di potenza attiva, energia attiva, energia reattiva induttiva e capacitiva.

Gruppo di pompe di rilancio in rete:

- i. data, ora, combinazione di pompe accese, numero di pompe accese, portata totale, pressione di ciascuna pompa in aspirazione, pressione di ciascuna pompa in mandata, pressione in aspirazione generale, pressione in mandata generale, velocità di rotazione di ciascuna pompa a giri variabili, potenza attiva totale, energia attiva totale;
- ii. distribuzione di frequenza della portata totale;
- iii. distribuzione di frequenza del numero di pompe accese;
- iv. distribuzione di frequenza della velocità di rotazione di ciascuna pompa a giri variabili;
- v. comandi di accensione per singola pompa sul totale dei comandi di accensione;



- vi. durata cumulata di accensione per singola pompa sul totale della durata cumulata di accensione;
- vii. prevalenza vs. portata di ciascuna pompa per ciascuna velocità di rotazione;
- viii. efficienza vs. portata di ciascuna pompa per ciascuna velocità di rotazione;
- ix. potenza attiva vs. portata di ciascuna pompa per ciascuna velocità di rotazione;
- x. rapporto medio nelle 24 ore fra energia attiva totale e volume totale;
- xi. perdita di carico vs. portata di ciascuna valvola di regolazione per ciascun valore del grado di apertura.
- xii. curve di carico, su base oraria e al quarto d'ora, di potenza attiva, energia attiva, energia reattiva induttiva e capacitiva.

I dati e le misure necessarie per effettuare le analisi sopra indicate verranno prese attraverso una tabella di interscambio tra il Sistema Scada Supercop (dove sono presenti sia i dati attualmente disponibili che le nuove misure che saranno convogliate dalle RTU installate localmente).

Scopo dell'audit è dimostrare l'affidabilità e precisione della misura in centrale, e unitamente alla considerazione sulla distanza media pozzo - centrale pari a circa 150 metri ed alle difficoltà tecniche ed imprecisione delle misura idraulica a testa pozzo, ricevere autorizzazione a considerare la misura in centrale come valida per la misura del volume idrico prelevato dall'ambiente.



9. AFFIDABILITÀ DEL CALCOLO A PARTIRE DAI DATI SCADA DELLA STRUMENTAZIONE PRESENTE IN CENTRALE.

La formula di calcolo del prelevato dall'ambiente viene ritenuto affidabile sulla base di quanto riportato ai precedenti paragrafi:

- n. 5 in merito alla inaffidabilità delle misure testa pozzo,
- n. 7 in merito alle trascurabili perdite della limitata rete di adduzione,
- n. 8 in merito alla verifica e certificazione del dato di misura in centrale sia all'ingresso della rete pozzi (e pertanto prima dei trattamenti di processo) che in uscita al rilancio in rete.

Il calcolo condotto annualmente (e così è stato predisposto anche per l'anno 2016) utilizza la seguente metodologia considerata rappresentativa dell'effettiva misura del volume prelevato dall'ambiente.

La formula è la seguente:

$$W_{xi} = (\sum_i W_i (1+\theta_i) / \sum_i T_i) * t_{xi} + \Phi:$$

dove:

- W_{xi} : Volume calcolato prelevato dall'ambiente per il pozzo x-esimo della centrale i-esima
- W_i : Volume misurato di immissione in rete di distribuzione, registrato mediante SCADA, per la centrale i-esima e con intervallo di misura e registrazione di 1 secondo;
- t_{xi} : Numero di ore di funzionamento di ogni singolo pozzo x-esimo di captazione della centrale i-esima registrato mediante SCADA con intervallo di misura di 1 secondo;
- T_i : Numero di ore di funzionamento di tutti i pozzi di captazione della centrale i-esima registrato mediante SCADA con intervallo di misura di 1 secondo;



- Θ_i : Coefficiente di efficienza idraulica del campo pozzo i-esimo uguale al rapporto tra il volume immesso in rete (misura immesso in rete) ed il volume misurato all'arrivo dalla colonna pozzi (misura arrivo pozzi). Dati stimati sulla base della registrazione da SCADA con intervalli di misura di 1 secondo. I valori per il 2016 sono risultati i seguenti:

ABBIATEGRASSO	0 49%
ARMI	0 50%
ASSIANO	0 47%
BAGGIO	0 48%
B COCCA	0 04%
CANTORE	0 50%
CHIUSABELLA	0 42%
CINABUE	0 48%
COMASINA	0 48%
CORSICO C.S.	0 10%
CORRICOPI	0 08%
CRESCENZAGO	0 49%
ESTE	0 51%
FFITRF	0 47%
GORLA	0 49%
ITALIA	0 46%
LAMERO	0 50%
LINATE	0 56%
MARTINI	0 49%
NOVARA	0 48%
OVIDO	0 47%
PADOVA	0 48%
PARCO	0 48%
S.SIRO	0 48%
SALEMI	0 48%
SUZZANI	0 49%
TONEZZA	0 51%
VARESA	0 48%
VIVOFOSI	0 49%

- Φ : coefficiente perdita rete di adduzione. Tale coefficiente è posto pari a zero in quanto trascurabile in quanto complessivamente inferiore a 0.1 milioni di mc anno (come dimostrato al paragrafo 7).