



Università degli studi di Padova

Dipartimento di tecnica e gestione dei sistemi industriali

**Corso di laurea triennale in ingegneria meccanica e mecatronica –
curriculum meccanico**

Tesi di laurea di primo livello

DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI IDRICI E LORO VALUTAZIONE ECONOMICA

RELATORE: Prof. Fabio SGARBOSSA

Candidato: Fabio PIGATTO

Matricola: 1052054

ANNO ACCADEMICO: 2015-2016

INDICE

SOMMARIO.....	1
----------------------	----------

INTRODUZIONE.....	2
--------------------------	----------

CAPITOLO 1

L'impianto idrico.....	3
-------------------------------	----------

1.1.Fonti di approvvigionamento idrico.....	3
1.2.Componenti di un impianto idrico.....	4
1.2.1.Tubi.....	5
1.2.2.Giunti.....	7
1.2.3.Guarnizioni.....	9
1.2.4.Raccordi.....	9
1.2.5.Organi di intercettazione e regolazione.....	10
1.2.5.1.Saracinesche.....	11
1.2.5.2.Valvole.....	12
1.2.5.3.Rubinetti.....	13
1.2.6.Pompe.....	13
1.2.7.Sistemi di accumulo.....	16
1.3.Configurazioni degli impianti idrici.....	18

CAPITOLO 2

Dimensionamento degli impianti idrici.....	20
---	-----------

2.1.Equazione di Bernoulli e perdite di carico.....	20
2.2.Calcolo del diametro delle tubazioni.....	24
2.3.Scelta della presenza di sistemi di accumulo e loro dimensionamento.....	25
2.3.1.Dimensionamento del serbatoio sopraelevato.....	26
2.3.2.Dimensionamento delle autoclavi.....	28
2.4.Scelta della pompa.....	30
2.5.Valutazioni economiche.....	30

CAPITOLO 3

Calcolo del costo degli elementi componenti l'impianto idrico.....33

3.1.Costo delle tubazioni.....	33
3.2.Costo delle flange.....	37
3.3.Costo delle guarnizioni.....	40
3.4.Costo dei raccordi.....	40
3.5.Costo dei giunti.....	44
3.6.Costo delle valvole di fondo.....	45
3.7.Costo delle saracinesche.....	46
3.8.Costo delle valvole.....	47
3.9.Costo dei rubinetti.....	49
3.10.Costo delle pompe.....	51
3.11.Costo dei sistemi di accumulo.....	53

CAPITOLO 4

Esempio di dimensionamento.....55

4.1.Calcolo dei diametri delle tubazioni.....	56
4.2.Individuazione dell'utenza più sfavorevole.....	57
4.3.Configurazione dell'impianto a monte della rete di distribuzione.....	59
4.3.1.Dimensionamento del serbatoio sopraelevato.....	60
4.3.2.Calcolo del diametro della tubazione a monte del serbatoio.....	62
4.3.3.Calcolo della prevalenza e della potenza della pompa.....	62
4.4.Calcolo del costo dell'impianto.....	63

CONCLUSIONI.....65

BIBLIOGRAFIA.....66

APPENDICE.....67

Sommario

La presente trattazione si pone l'obiettivo di analizzare i metodi di progettazione degli impianti di distribuzione dell'acqua, necessaria, a livello industriale, per la produzione e altre esigenze.

A valle dell'introduzione, nella quale viene fornita una classificazione degli impianti presenti in un'azienda, nel primo capitolo si elencheranno le fonti di approvvigionamento e si descriveranno tutti i possibili componenti che concorrono alla formazione di un impianto di distribuzione idrica.

Successivamente, nel secondo capitolo, si introdurranno i criteri per la scelta della configurazione degli impianti e gli approcci al loro dimensionamento, andando a fare, infine, considerazioni di carattere economico.

Nel terzo capitolo, sulla base dei prezzi di mercato degli elementi costituenti gli impianti idrici descritti nel primo capitolo, si andranno a ricavare delle funzioni che, per ogni componente, forniscano un suo costo approssimativo.

Tali funzioni verranno, infine, usate nel quarto capitolo, dove verrà affrontato un esempio di dimensionamento di un impianto idrico del quale si stimerà l'esborso di denaro per l'acquisto delle parti costituenti.

Introduzione

Si definisce azienda un'organizzazione di beni e capitale umano atta a perseguire la generazione di utili economici mediante la produzione di beni o servizi che soddisfino i fabbisogni umani. Di questi beni facenti parte dell'azienda, l'insieme di macchinari, apparecchiature, dispositivi vari e servizi predisposto per la trasformazione, di natura fisica o chimica, e/o l'assemblaggio delle materie prime o dei semilavorati in prodotti finiti viene definito *impianto industriale*.

All'interno di esso si possono distinguere gli *impianti di produzione (o tecnologici)* e gli *impianti di servizio (o ausiliari)*: mentre i primi operano i processi di produzione vera e propria dei prodotti finiti, i secondi non partecipano direttamente alla fabbricazione ma soddisfano esigenze del processo produttivo o delle connesse attività produttive.

Volendo focalizzare l'attenzione su quest'ultimi, essi risultano quindi essere tutti quei sistemi di alimento di energia elettrica e termica e di alimento e scarico di materiali solidi o fluidi, ma anche di realizzazione delle condizioni igieniche, di sicurezza e delle condizioni climatiche idonee per la produzione e per il benessere dei lavoratori.

Gli impianti ausiliari risultano essere classificabili sulla base di considerazione fatte su aspetti quali:

- tipo di servizio fornito (di alimentazione o di scarico);
- entità servita (mezzi produttivi o persone);
- funzione svolta (controllo condizioni ambientali, trasporto materiali, interazione con l'ambiente esterno, produzione e distribuzione energia).

Fra tutti gli impianti di servizio, ci si vuole soffermare, in questa trattazione, sugli impianti di distribuzione dell'acqua ad uso industriale, con particolare riguardo al dimensionamento e alla valutazione di aspetti di carattere economico.

Va precisato, a monte di tutto, che la progettazione degli impianti di servizio in genere può essere svolta solamente una volta noto il layout dell'impianto di produzione, determinabile dopo aver eseguito, con esito positivo, lo studio di fattibilità dell'impianto, ovvero la determinazione della taglia che garantisce una maggior convenienza economica.

CAPITOLO 1

L'impianto idrico

Un impianto idrico, una cui rappresentazione schematica secondo la norma UNI 9511 può essere osservata in fig. 1.1, ha lo scopo di trasportare l'acqua dal punto di captazione verso determinati punti dello stabilimento industriale dove sono ubicate le utenze. Qui l'acqua può essere utilizzata in determinate fasi del processo produttivo come:

- mezzo di raffreddamento;
- materia prima;
- mezzo di lavaggio;
- solvente;
- agente meccanico;
- mezzo di trasporto di materie prime o di scarto;
- mezzo per raffrescare l'aria dell'ambiente;
- mezzo per la preparazione di bagni;
- produzione di vapore e trasporto di calore.

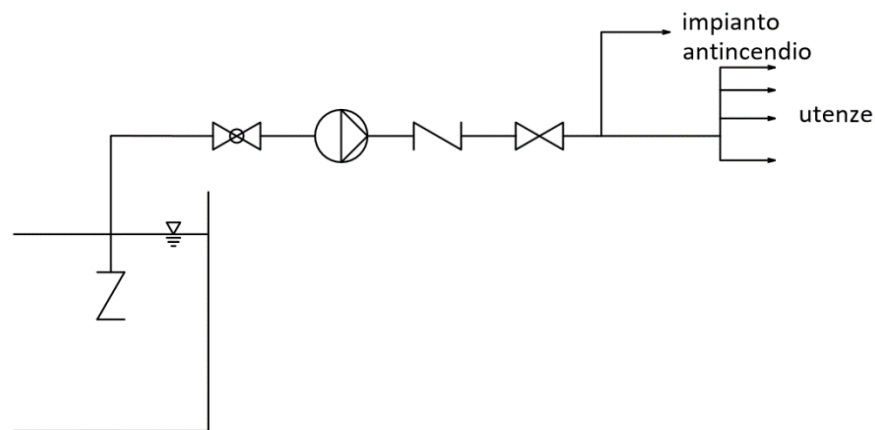


Fig. 1.1 – Rappresentazione schematica di un impianto idrico

1.1.Fonti di approvvigionamento idrico

In linea generale, le principali fonti di rifornimento idrico sono:

- acquedotti pubblici;
- acque superficiali (mari, laghi, fiumi, canali);
- falde sotterranee (freatiche e artesiane).

In dipendenza del numero di utenze presenti nel fabbricato e del fabbisogno idrico da esse richiesto, si avrà la necessità di poter disporre di volumi d'acqua più o meno ingenti: ciò va a influenzare la scelta dell'ubicazione dello stabilimento e/o la fonte di approvvigionamento. Oltre al quantitativo di acqua necessario, altri elementi quali le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua richieste dal processo, la vicinanza di acquedotti, fiumi, laghi e mari, la profondità delle falde sotterranee e la loro ricchezza di acqua e, non da meno, il costo unitario dell'acqua costituiscono fattori di scelta della fonte di alimento.

Una volta prelevata dalla fonte, l'acqua, che contiene impurezze, qualora fosse richiesto da specifiche esigenze delle utenze, può essere purificata e trattata e successivamente pompata in rete.

1.2.Componenti di un impianto idrico

Gli impianti idrici sono composti da diversi elementi, quali:

- tubi;
- giunti, flange, guarnizioni, raccordi;
- organi di intercettazione e regolazione;
- accessori (misuratori di portata, manometri, filtri);
- pompe;
- sistemi di accumulo (dove previsti).

Per la designazione degli elementi di una rete di distribuzione di un fluido (tubi, flange, saracinesche, valvole ecc.) si ricorre al diametro nominale e alla pressione nominale.

Il diametro nominale, che viene indicato con la sigla DN seguita da un numero, è un valore convenzionale con il quale si individua il diametro degli elementi assialsimmetrici. Esso risulta essere privo di unità di misura ed è correlabile, ma non corrisponde, al diametro interno in millimetri o al diametro esterno in millimetri rispettivamente per gli elementi in acciaio e ghisa e per gli elementi in materiale plastico. I valori numerici seguenti la sigla DN seguono la serie di Renard di ordine 10, e i valori unificati più usati sono: 6 - 8 - 10 - 15 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 65 - 80 - 100 - 125 - 150 - 175 - 200 - 250 - 300 - 350 - 400 - 500 - 600 - 700 - 800 - 900 - 1000.

La pressione nominale, indicata con PN seguito da un valore numerico che segue approssimativamente la serie di Renard di ordine 5, è un valore convenzionale che indica la pressione interna massima ammissibile (in bar) di un componente a 20 °C. Il componente

designato con una certa pressione nominale, comunque, può resistere fino a un valore di pressione pari a 1,5 volte il valore della pressione nominale. I valori di pressione nominale unificati di più frequente impiego sono: 2,5 – 6 – 10 – 16 – 25 – 40 – 64 – 100.

Tuttavia, in dipendenza della temperatura e del tipo di fluido trasportato, a ogni valore della pressione nominale corrispondono tre valori della pressione di esercizio, come si può notare nella tabella seguente (tab. 1.1), dove la condizione I riguarda il caso di fluidi non pericolosi con temperature inferiori ai 120 °C, la II riguarda fluidi chimicamente pericolosi a temperatura inferiore ai 120 °C o non pericolosi tra i 120 e i 300 °C e la III riguarda fluidi a temperatura superiore ai 300 °C.

PN	pressione di esercizio				Pressione di prova idraulica
	I	II	III		
	tubi e flange	tubi e flange	tubi	flange	
1	1	1			2
2,5	2,5	2			4
6	6	5			10
10	10	8			16
16	16	13	10		25
25	25	20	16	20	40
40	40	32	25	32	60
64	64	50	40	40	96
100	100	80	64	64	150

Tab. 1.1 – Pressioni nominali, di esercizio e di collaudo per tubi e flange di acciaio (valori in bar). Fonte: A. Monte, “Elementi di impianti industriali” vol.2, p. 690

Si noti, infine, che due elementi di una tubazione risultano direttamente accoppiabili se hanno gli stessi diametri nominali e pressioni nominali.

1.2.1.Tubi

In linea generale, nel settore del piping industriale si possono adottare diverse tipi di tubi, i quali si differenziano tra loro in base al materiale di cui sono costituiti e in base al loro tipo costruttivo. Mentre la scelta del materiale viene fatta tenendo conto delle caratteristiche chimico-fisiche del fluido e delle condizioni ambientali in cui verrà collocata la tubazione, la scelta del tipo costruttivo è influenzata anche dalla portata e dalla pressione. In particolare, per quanto inerente al trasporto di acqua in pressione, si possono avere tubi in acciaio, rame, ghisa sferoidale e materie plastiche (polietilene (PE), polipropilene (PP), polivinilcloruro (PVC) e plastica rinforzata con fibre di vetro (PRFV)).

I tubi di acciaio possono essere:

- lisci: con o senza saldatura, sono in acciaio non legato;
- con estremità filettate: con o senza saldatura, sono di acciaio non legato e vengono forniti sia con le estremità lisce che già filettate;
- zincati: la zincatura viene eseguita per evitare fenomeni di ossidazione o corrosione;
- acciaio inossidabile: usati per condizioni severe di esercizio, sono senza saldatura.

Le tubazioni in ghisa sferoidale, prodotte secondo la norma UNI EN 545, risultano avere una buona resistenza alla corrosione e vengono normalmente rivestite internamente ed esternamente in funzione del tipo di utilizzo.

Il rame, invece, viene utilizzato per le tubazioni non saldate allo stato ricotto o temprato. Esso presenta una buona conduttività termica ed elettrica e resistenza alla corrosione e viene utilizzato per pressioni fino a una decina di bar e dove le proprietà citate vengono sfruttate.

I tubi in materie plastiche, infine, vengono usati per la loro leggerezza e flessibilità e per le loro proprietà dielettriche e di resistenza alla corrosione.

Per quanto riguarda le possibili collocazioni delle tubazioni, esse possono essere poste all'interno o all'esterno del fabbricato. Nel caso in cui siano poste internamente, queste possono essere installate sopra o immediatamente sotto il filo catena dell'edificio, nell'intercolunnio dei pilastri o in cunicoli sotto il piano pavimento. Quando invece sono posizionate esternamente al fabbricato, queste possono essere interrate, poste dentro cunicoli o montate su strutture metalliche (pipe-rack). La scelta della loro collocazione dipende, in generale, dalla presenza di ostacoli e dall'agevolazione della manutenzione e dell'ispezione delle condotte.

Indipendentemente dalla loro ubicazione, le tubazioni vengono normalmente installate con una certa pendenza, compresa tra lo 0,2% e lo 0,5%, in modo da consentire lo svuotamento in caso di necessità. Si prevedono, inoltre, nella parte alta della rete, dei punti di raccolta e di sfiato dell'aria inevitabilmente presente nel fluido.

Altro aspetto da tenere in considerazione riguarda la protezione esterna dei tubi metallici dai fenomeni corrosivi. Nel caso di tubi interrati, i principali metodi di protezione sono la protezione catodica, il rivestimento con materiali impermeabili all'acqua, il rivestimento con polietilene applicato per estrusione, il rivestimento con nastri di materie plastiche, il rivestimento con controtubi di materie plastiche e il rivestimento con bitume. Nel caso di tubazioni aeree, si adottano opportune vernici protettive.

Oltre alla protezione esterna, i tubi possono essere protetti internamente con rivestimento bituminoso, malta cementizia e resine epossidiche, oppure si adottano tubi in acciaio inox o in materie plastiche.

Nel caso di trasporto di acqua fredda o calda, si va a ridurre al minimo il rientro termico o la dispersione termica rivestendo esternamente le condotte con opportuni materiali isolanti. L'isolamento si adopera anche per proteggere le tubazioni dal gelo e per evitare la formazione di condensa esterna. I materiali principalmente utilizzati per i rivestimenti termici sono: lana di roccia o di vetro, poliuretano, sughero espanso e fenolite.

Ultimo aspetto da tenere in considerazione riguarda le dilatazioni termiche delle tubazioni: in presenza di variazioni di temperatura del fluido e, quindi, dei tubi, si incorrono in fenomeni di dilatazione termica, la cui entità dipende dal materiale costituente i tubi, che potrebbero andare a deformare le tubazioni fino a romperle o comunque andare a esercitare delle spinte inammissibili sugli impianti. Per ovviare a tale problema, si installano appositi dispositivi, detti *compensatori*, che assorbono le dilatazioni. Esistono compensatori a lira (fig. 1.2 -a), assiali a soffietto (fig. 1.2 -b) e a snodo a soffietto (fig. 1.2 -c).

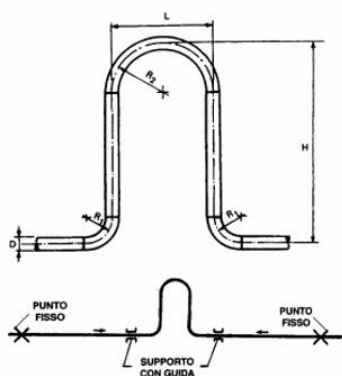


Fig. 1.2 -a

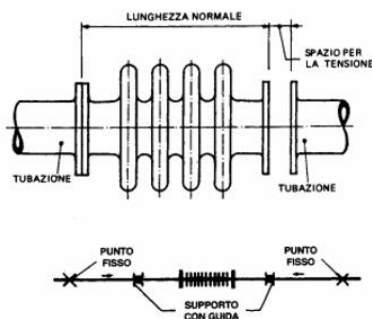


Fig. 1.2 -b

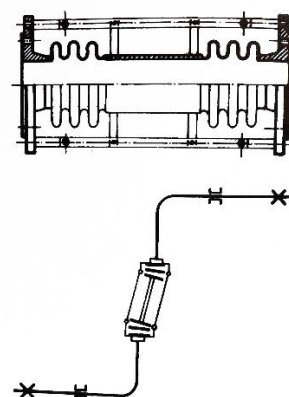


Fig. 1.2 -c

Fonte: A. Monte, "Elementi di impianti industriali" vol.2, p.735-736

1.2.2.Giunti

Il collegamento testa a testa tra i tubi o tra i tubi e gli altri elementi costituenti l'impianto (ad esempio valvole e pompe) può essere fatto in diversi modi.

I principali tipi di giunzione utilizzati sono:

- giunti per saldatura con materiale d'apporto: è il sistema di giunzione più utilizzato per i tubi di acciaio di tutte le dimensioni;

- giunti a bicchiere saldati (fig. 1.3): una delle estremità dei tubi viene deformata a freddo in modo da ottenere una forma cilindrica (bicchiere cilindrico) o sferica (bicchiere sferico) in grado di accogliere l'estremità non deformata di un altro tubo.

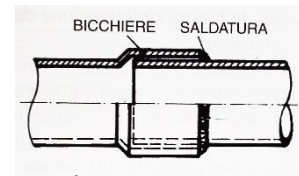


Fig. 1.3 – Giunto a bicchiere cilindrico saldato

Una volta accoppiati i due tubi, si esegue una saldatura tra il bicchiere e il tubo in esso inserito. È adatto per tubi di acciaio destinati all'interramento;

- giunti a bicchiere non saldati: a differenza del metodo di giunzione precedente, la saldatura perimetrale non viene eseguita e si pongono guarnizioni in materiale elastomerico per la tenuta. È adatto per tubi in ghisa sferoidale e in materiale plastico;
- giunti a flange (fig. 1.4): usati per le giunzioni di tubi in acciaio, plastica, ghisa e leghe di alluminio, nonché in corrispondenza degli attacchi dei tubi a impianti, pompe, valvole e saracinesche. Esistono diversi tipi di flangia in funzione del tipo di applicazione: si possono usare flange piane quando i fluidi trasportati hanno pressioni basse e medie, flange scorrevoli quando si trasportano fluidi caldi a bassa pressione e flange a collare (distinguibili in: ad incastro, a tasca e ad anello) per fluidi ad alta pressione e temperatura. Ci sono, inoltre, flange cieche, le quali sono idonee per la chiusura della estremità di una tubazione.

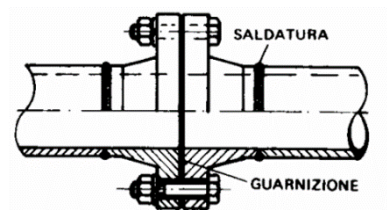


Fig. 1.4 – Giunto a flange

Il collegamento tra flange e tubi viene realizzato per saldatura (per diametri minori di DN50) o eseguendo una filettatura sul tubo e avvitando la flangia filettata al tubo, mentre il collegamento tra flange avviene mediante bulloni;

- giunti a manicotto: usati per diametri piccoli, sono costituiti da dei segmenti di tubo di diametro leggermente più grande dei due capi che andrà a collegare. Il manicotto può essere fissato ai tubi con una saldatura o con una filettatura interna per i tubi di acciaio, mentre mediante incollaggio per i tubi in materiale polimerico;
- giunti a bocchettone: impiegati tipicamente per tubi di acciaio e materie plastiche con diametro inferiore a 100 millimetri, sono composti da tre pezzi filettati, due dei quali si avvitano ai tubi, mentre il restante unisce i primi;
- giunti rapidi: sono composti da due semianelli di ghisa sferoidale opportunamente sagomati per contenere una guarnizione e collegati tra loro mediante bulloni; vanno montati su tubi scanalati o che presentano un anello di tenuta.

Alle metodologie di collegamento riportate, si possono ancora aggiungere i giunti smontabili senza saldatura, detti giunti speciali, nelle varianti di tipo Gibault, Express, Victaulic e adattabili, il collegamento mediante incollaggio per i tubi in materiale plastico, e la giunzione mediante saldobrasatura con leghe di stagno, adatta per tubazioni in rame.

1.2.3. Guarnizioni

Nei giunti a flange, la tenuta viene assicurata dalle guarnizioni: queste, quindi, sono degli elementi che vengono interposti tra due superfici per evitare il passaggio di fluido tra di esse. In generale, tali elementi di tenuta possono essere di diversi materiali e si possono presentare in diverse configurazioni a seconda delle caratteristiche chimiche e fisiche del fluido.

Esistono guarnizioni:

- piane non metalliche: a base elastomerica o grafitica, adatte alle medie pressioni e basse temperature;
- piane metalliche: in ferro dolce, rame, piombo e alluminio, sono usate per pressioni e temperature medie e per fluidi corrosivi;
- ondulate: possono essere metalliche, metalloplastiche o spirometalliche: le prime due sono adatte per basse pressioni, mentre le ultime per pressioni medio-alte;
- ad anello: in acciaio o ferro dolce, usate per temperatura e pressioni alte.

Nella pratica industriale, l'uso delle guarnizioni in materiale non metallico è da considerarsi ragionevole per quei valori di temperatura (in °C) e pressione (in bar) per cui $p \cdot t < 5000$ (fonte: A. Monte, "Elementi di impianti industriali" vol.2, p. 707), mentre per valori superiori si ricorre alle guarnizioni metalliche.

1.2.4. Raccordi

I raccordi sono gli elementi di una rete di distribuzione dei fluidi che consentono di collegare due tubi posti in direzioni diverse o aventi filettature o diametri diversi, oppure di collegare tre o più tubi convergenti. I principali tipi di raccordo presenti in un impianto idrico sono:

- gomiti: a 90° o a 45°, possono avere imbocchi lisci o filettati;
- curve: a 90° o a 45°, possono presentare imbocchi filettati, flangiati o smussati per la saldatura; si differenziano dai gomiti poiché hanno un raggio di curvatura più ampio;
- curve doppie;
- T: possono avere derivazioni dello stesso diametro o di diametro diverso;
- T curvi;

- croci: solitamente sono dotate di imbocchi filettati;
- riduzioni e nippli: le prime hanno lo scopo di collegare tubi aventi diametri diversi, mentre i secondi di collegare tubi dotati di filettatura diversa;
- distribuzioni: uniscono tre o più tubi convergenti.

Generalmente la raccorderia con imbocchi lisci risulta essere di acciaio trafilato a caldo, mentre quella con imbocchi filettati è in ghisa malleabile, materie plastiche od ottone.

Esiste, inoltre, la possibilità di chiudere un'estremità filettata di un tubo o di un raccordo tramite l'uso di calotte e tappi, che si differenziano tra loro in quanto le prime sono dotate di filettatura femmina, mentre i secondi di filettatura maschio.

1.2.5. Organi di intercettazione e regolazione

Gli organi di intercettazione e regolazione, generalmente denominati *valvole*, sono dei dispositivi in grado di regolare o interrompere il flusso dei fluidi all'interno delle tubazioni.

Essi risultano essere composti da un corpo, un coperchio, una sede di tenuta, un otturatore e da un dispositivo di manovra (fig. 1.5).

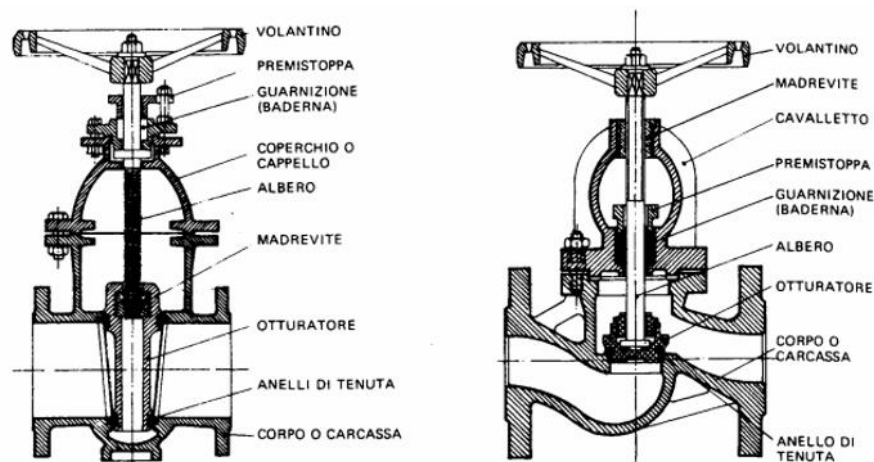


Fig.1.5 – Componenti di una saracinesca (sinistra) e di una valvola a flusso avviato(destra)

Fonte: A. Monte, "Elementi di impianti industriali" vol.2, p. 709

Il corpo, che risulta essere differente per ogni tipo di valvola e che ha la funzione di contenere l'organo mobile (otturatore), di consentire gli attacchi ai tubi e il collegamento degli organi di comando, viene costruito con diversi materiali a seconda della pressione e della temperatura del fluido, del diametro dei tubi e dell'ambiente in cui si trova la condotta. In particolare, si usano:

- bronzo e ottone per diametri inferiori ai 100 mm e per fluidi a pressioni minori di 25 bar e temperature inferiori ai 200 °C;
- ghisa per diametri maggiori di 100 mm, fluidi a temperature minori di 200 °C e pressioni minori di 16 bar e dove sono soggette a urti, vibrazioni o installate all'aperto;
- acciaio, in particolare al carbonio, legato o inossidabile.

Il coperchio, che funge da sostegno per le parti mobili dell'organo di intercettazione, può essere filettato (per diametri piccoli, pressioni e temperature basse), flangiato (per alte pressioni e temperature) o elettrosaldato.

L'otturatore, ossia l'organo di intercettazione vero e proprio, si può presentare in svariate forme (ad esempio a cuneo, a disco, a cono, a spillo, a sfera e a battente), e la scelta del materiale che lo costituisce è conseguenza delle caratteristiche del fluido e delle condizioni di esercizio. Si possono avere otturatori in acciaio, bronzo e ottone, leghe di nichel e cromo.

La sede di tenuta è la cavità, ricavata sul corpo, sulla quale si appoggia l'otturatore in modo da impedire il passaggio del fluido. Per problemi di grippaggio, essa deve avere una durezza sufficientemente superiore rispetto all'otturatore.

Il dispositivo di manovra è principalmente costituito da un volantino che comanda l'albero, o stelo. La manovra può essere eseguita mediante uno stelo filettato che scorre su una boccola fissa oppure grazie a uno stelo che ruota in folle sul quale si avvita l'otturatore.

Gli organi di intercettazione e regolazione si possono suddividere in tre categorie:

1. saracinesche;
2. valvole;
3. rubinetti.

1.2.5.1. Saracinesche

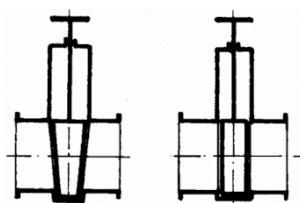


Fig. 1.6 - a

Fig. 1.6 - b

Le saracinesche, adatte per portate alte e per l'intercettazione del flusso del fluido, sono costituite da un otturatore a cuneo (fig. 1.6 - a) o a facce parallele (fig. 1.6 - b) che si muove perpendicolarmente all'asse del tubo. Il loro corpo può essere piatto, ovale o cilindrico, in ghisa o in acciaio: si passa dal corpo piatto in ghisa (per pressioni inferiori a 4 bar), al corpo ovale in ghisa (per diametri grandi e pressioni maggiori) al corpo cilindrico in acciaio. Possono essere presenti dei riduttori per agevolare le manovre di apertura e chiusura in caso di grandi pressioni e diametri.

1.2.5.2. Valvole

Le valvole possono svolgere, a differenza delle saracinesche, sia funzioni di regolazione che di intercettazione. Esse presentano l'asse dell'otturatore coincidente con l'asse della sede di tenuta.

In base al moto del fluido all'interno delle valvole, si possono distinguere:

- valvole a flusso avviato (fig. 1.7 -a);
- valvole a flusso libero (fig. 1.7 -b).

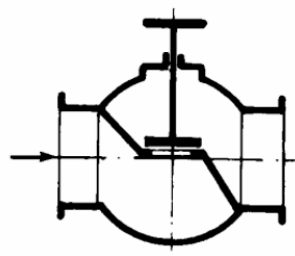


Fig. 1.7 -a

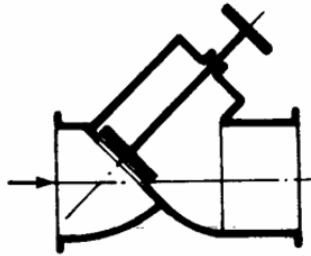


Fig. 1.7 -b

Nelle prime, il flusso subisce due successive deviazioni di 90°, mentre nelle seconde subisce una variazione di direzione molto minore: ciò va a incidere sulle perdite di carico, che risulteranno di entità maggiore dove la deviazione risulta maggiore.

Alle valvole a flusso avviato appartengono le valvole a galleggiante e a spillo, le valvole di sicurezza (a peso diretto, a leva con contrappeso, a molla, a membrana), le valvole a diaframma e le valvole regolatrici di portata e di pressione.

Una particolare tipologia di valvola è quella di ritegno (o di non ritorno): questo tipo di valvola consente il passaggio del fluido in una sola direzione, mentre lo impedisce nell'altra. Ne esistono di diversi generi che si differenziano tra loro per il principio di funzionamento, ma i più utilizzati sono: a battente (o a clapet, fig. 1.8-a), a disco (fig. 1.8-b), a flusso avviato (fig. 1.8-c), verticale (fig. 1.8-d) e a flusso libero.

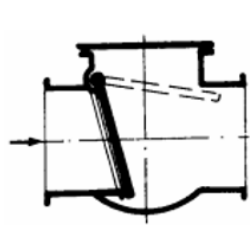


Fig. 1.8 - a

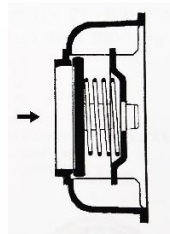


Fig. 1.8 - b

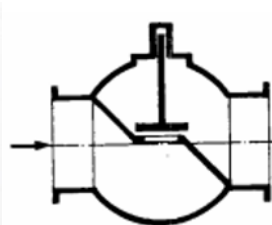


Fig. 1.8 - c

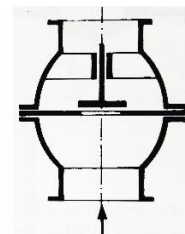


Fig. 1.8 - d

Fonte: A. Monte, "Elementi di impianti industriali" vol.2, p.713

1.2.5.3. Rubinetti

I rubinetti sono principalmente adatti, come le saracinesche, all'intercettazione. Sono presenti anch'essi in diverse varianti e le più comuni sono:

- rubinetti a maschio (a due, tre o quattro vie), visibile in fig. 1.9-a;
- valvole (o rubinetti) a sfera (fig. 1.9 -b): presentano un otturatore sferico;
- valvole (o rubinetti) a farfalla (fig. 1.9 -c): adatte anche alla regolazione, sono dotate di otturatore a disco.

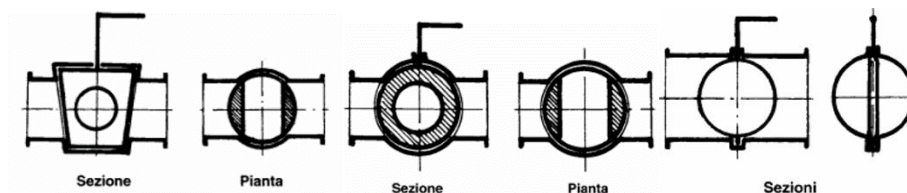


Fig. 1.9 -a

Fig. 1.9 -b

Fig. 1.9 -c

Fonte: A. Monte, "Elementi di impianti industriali" vol.2, p.714

1.2.6. Pompe

Per il trasferimento delle acque dalle fonti alle utenze o ai sistemi di accumulo si usano le pompe: queste sono delle macchine operatrici, ovvero macchine che incrementano l'energia del fluido di lavoro a spese di un lavoro meccanico fornito dall'esterno, generalmente da un motore elettrico o da un motore a combustione interna. A seconda del modo in cui avviene lo scambio di energia tra fluido e gli organi interni, si possono distinguere le macchine operatrici, e quindi le pompe, in *volumetriche* e *turbomacchine*: le prime sfruttano variazioni di volume per aspirare o spingere il fluido, mentre nelle seconde lo scambio di energia avviene per cambiamento della quantità di moto.

Le pompe volumetriche si possono distinguere in:

- rotative (ad esempio le pompe a lobi, a palette, a pistoni e a ingranaggi);
- alternative.

Le turbomacchine, o pompe fluidodinamiche, possono essere di tipo centrifugo, lineare o magnetofluidodinamico.

I principali parametri che caratterizzano le pompe sono:

- portata (Q): generalmente espressa in m^3/s , è il volume di fluido spostato nell'unità di tempo;

- prevalenza (h): misurata in metri di colonna di fluido, esprime l'energia per unità di peso fornita al fluido;
- numero di giri (n): corrisponde alla velocità di rotazione della pompa in giri/min;
- rendimento (η): dato dal rapporto tra la potenza effettivamente fornita al fluido e la potenza all'albero, risulta essere il prodotto del rendimento meccanico, idraulico e volumetrico;
- potenza (P): espressa in watt, corrisponde alla potenza all'albero assorbita.

A causa dei limiti intrinseci delle pompe volumetriche legati al numero di giri massimo, esse sono adatte per valori modesti di portata e prevalenze, indipendenti dalla portata, elevate, mentre per valori di portata e prevalenza richiesti generalmente dagli impianti industriali sono più adatte, e più diffuse, le pompe centrifughe, in configurazione orizzontale, verticale o sommerse, mosse da motore elettrico asincrono.

La relazione che lega i parametri che caratterizzano la pompa centrifuga è:

$$P = \frac{\rho Q g h}{\eta}$$

dove, oltre ai parametri già descritti precedentemente, ρ = densità del fluido (per l'acqua, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) e g = accelerazione di gravità, pari a $9,81 \text{ m/s}^2$. Come si può dedurre dalla formula appena citata, il funzionamento della pompa risulta essere influenzato, ovviamente, dalle caratteristiche fisiche del fluido, in particolare densità e viscosità: la prima incide sulla potenza, mentre la seconda, che indica la resistenza allo scorrimento del fluido, va a incidere sul rendimento della pompa.

A parità di fluido, numero di giri e caratteristiche geometriche e dimensionali della pompa, le pompe centrifughe forniscono una portata variabile con la prevalenza: in particolare, al diminuire della portata aumenta la prevalenza, come si può osservare nella curva caratteristica in figura 1.10.

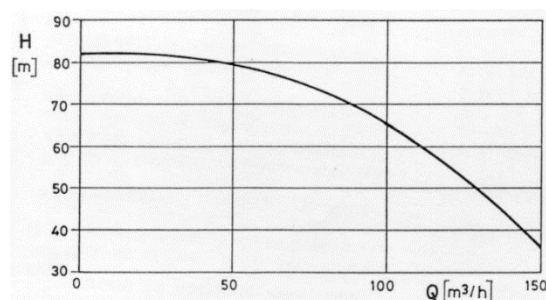


Fig. 1.10 – Curva caratteristica di una pompa centrifuga. Fonte: www.irriworks.com

Quando, inoltre, ci si discosta dalla portata e prevalenza di progetto, il rendimento cala, dando quindi luogo a una curva del rendimento variabile con la portata (figura 1.11) e, conseguentemente, a una curva della potenza (vedi figura 1.12).

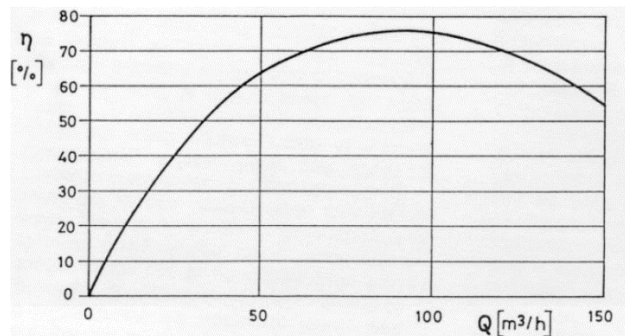


Fig. 1.11 – Curva rendimento – portata di una pompa centrifuga

Fonte: www.irriworks.com

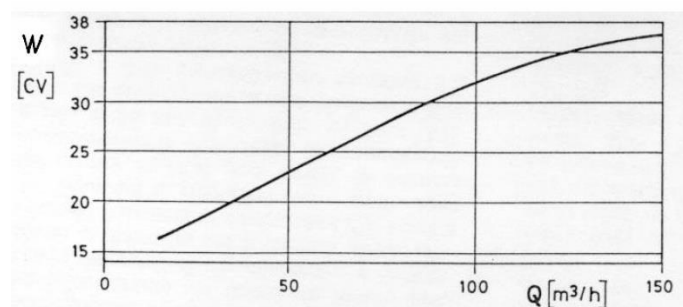


Fig. 1.12 – Curva potenza assorbita – portata di una pompa centrifuga

Fonte: www.irriworks.com

Dal lato impiantistico, le pompe presentano un limite superiore all'altezza a cui possono essere installate rispetto al bacino di aspirazione, altrimenti esse manifesterebbero fenomeni cavitazionali deleteri per le stesse. Bisogna, perciò, disporre di una curva sperimentale, detta curva dell'NPSH (= altezza netta di aspirazione), fornita dal costruttore, la quale indica l'energia che la macchina vede alla sua bocca quando sta per cavitare. Con riferimento alla figura 1.13, l'altezza massima alla quale la pompa può essere installata risulta:

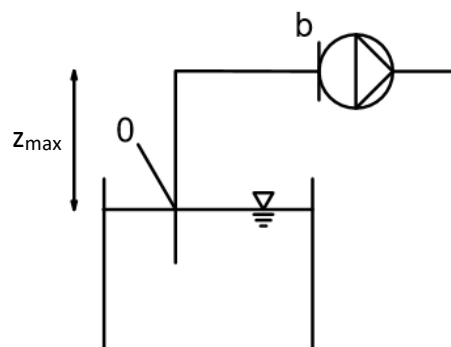


Fig. 1.13

$$z_{max} = \frac{p_0 - p_v}{\rho g} - NPSH - \Sigma h_{0-b}$$

dove: p_0 = pressione atmosferica = 101325 Pa, p_v = tensione di vapore del fluido (per l'acqua a 20 °C vale, circa, 2330 Pa), Σh_{0-b} = somma delle perdite di carico da 0 a b.

Il valore dell'NPSH può essere stimato grazie alla relazione sperimentale:

$$NPSH \cong 0,25 * h * K^{1,4}$$

con $K = \text{numero tipico di macchina} = \frac{\pi n}{30} \frac{\sqrt{Q}}{(gh)^{0,75}}$.

Altro problema, presentato dalle pompe centrifughe orizzontali ma non da quelle ad asse verticale o sommerse, è quello dell'adescamento: prima dell'avvio della pompa bisogna riempire il tubo di aspirazione e la cassa della pompa con il fluido, altrimenti questa non riuscirebbe a creare una depressione tale da aspirare il fluido. Per ovviare a tale problema, si usano delle valvole di ritegno poste a monte della pompa oppure si ricorre a pompe centrifughe autoadescanti, aventi una girante ad anello liquido.

1.2.7. Sistemi di accumulo

Quando in un impianto idrico i consumi o la disponibilità di acqua dalla fonte risultano essere variabili, risulta opportuno ricorrere all'uso di sistemi di accumulo. Costituiscono sistemi di accumulo le vasche, interrate o seminterrate, in cemento armato e i serbatoi metallici fuori terra. Nel caso di adozione di uno di questi sistemi di accumulo, si deve predisporre, a valle degli stessi, di una pompa o di un gruppo di pompaggio che preleverà l'acqua e la farà pervenire alle utenze. A questi metodi di accumulo vengono solitamente preferiti i serbatoi sopraelevati e le autoclavi.

I serbatoi sopraelevati, costruiti in cemento armato o in acciaio, possono avere disparate forme (cilindrica, a fungo, sferica), come visibile in figura.

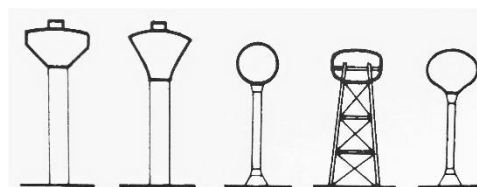


Fig. 1.14 – Forme dei serbatoi sopraelevati

Fonte: A. Monte, "Elementi di impianti industriali" vol.2, p.760

Essi vengono riempiti mediante una condotta di alimentazione, collegata direttamente alla pompa, che arriva nella parte superiore del serbatoio. A un'altezza inferiore si trova la condotta di captazione dell'acqua a uso industriale, mentre a un'altezza ancora inferiore e tale che si abbia a disposizione un volume d'acqua che garantisca il rifornimento all'impianto

antincendio secondo le norme vigenti, si trova la presa per l'impianto antincendio. È previsto, inoltre, uno scarico di troppo pieno che elimina il volume d'acqua eventualmente presente nel serbatoio eccedente il volume massimo, al quale è collegato il fondo del serbatoio con una valvola per un eventuale svuotamento totale. Il comando di accensione e spegnimento della pompa è affidato a un regolatore di livello, il quale accende la pompa se l'acqua raggiunge un certo limite inferiore e la spegne quando arriva al troppo pieno.

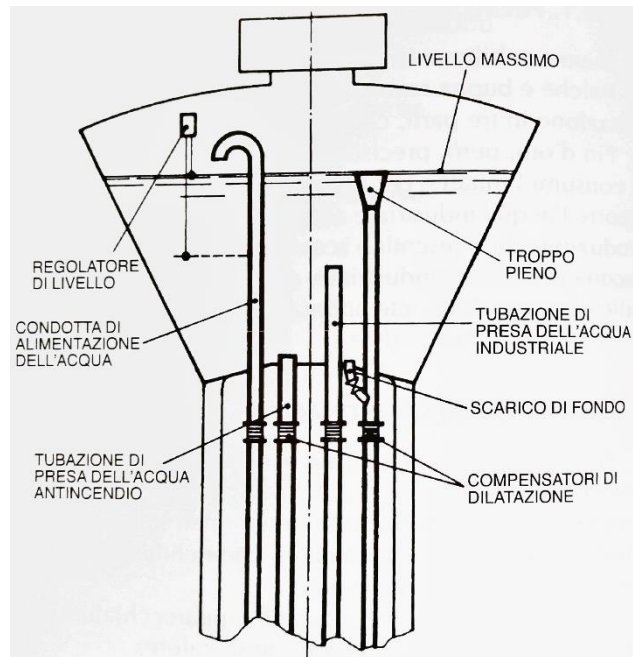


Fig. 1.15 – Sezione di un serbatoio sopraelevato

Fonte: A. Monte, "Elementi di impianti industriali"
vol.2, p.760

Il volume totale del serbatoio è dato dalla somma di tre termini: un volume libero, ΔV_O , che è il volume esistente nella parte superiore e che serve per far arrivare il tubo di carico e per far funzionare il regolatore di livello, un volume minimo, V_{min} , che è il volume da mettere a disposizione dell'impianto antincendio, e un certo ΔV , dipendente dal diagramma di richiesta giornaliera, tale da assicurare il rifornimento idrico alle utenze nei periodi di punta o per un certo periodo di tempo in caso di assenza di alimentazione al serbatoio.

$$V_{serb.} = V_{min} + \Delta V_O + \Delta V$$

Per la determinazione del ΔV si rimanda al capitolo successivo.

Per quanto riguarda le autoclavi (fig. 1.16), esse, a differenza dei serbatoi sopraelevati che sono a pressione atmosferica, sono serbatoi in pressione allacciati alla rete di alimentazione mediante una pompa che vengono adottate quando si vuole avere una pressione in rete circa costante o comunque un certo range di pressione.

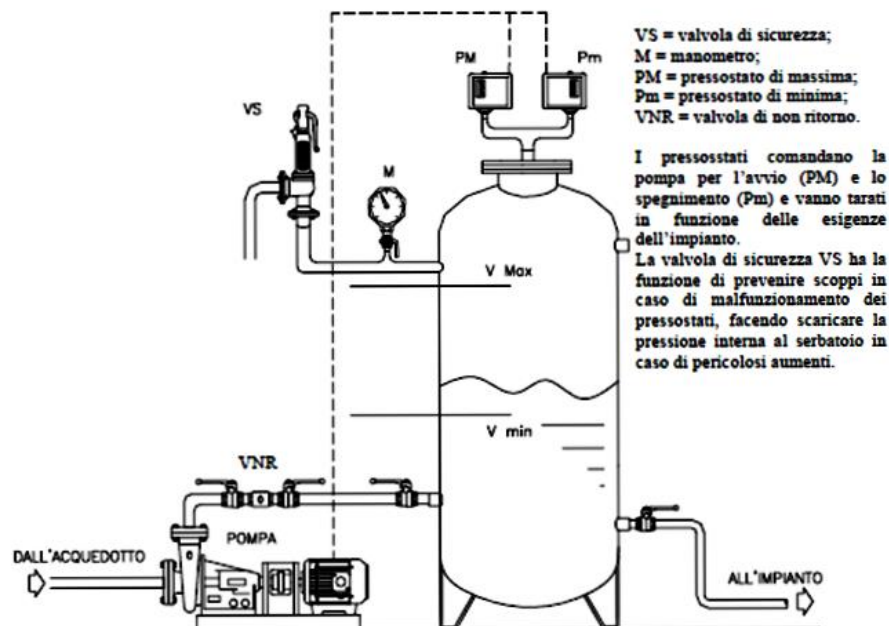


Fig. 1.16 – Impianto idrico con autoclave, pompa e pressostati per piccole e medie applicazioni

L'autoclave generalmente dispone di uno scarico di fondo e di una valvola di sicurezza collegate a uno scarico. La presenza di un pressostato di minima garantisce la partenza della pompa qualora la pressione interna, a seguito di un prelievo di acqua, risulti inferiore a un certo valore limite inferiore. Al raggiungimento della pressione limite superiore, il pressostato di massima ferma la pompa. Per applicazioni di elevata potenzialità si collega al serbatoio un compressore, comandato da pressostati, che mantiene in pressione un "cuscino d'aria" tra i due livelli di pressione prefissati, mentre la pompa viene comandata da un elettrolivello.

L'aria presente nelle autoclavi, a causa dello scioglimento di quest'ultima nell'acqua, deve essere opportunamente reintegrata, in modo tale che la massa di aria, e quindi il suo volume, non diminuisca: questo problema non sussiste nelle applicazioni con compressore, mentre bisogna prevedere sistemi di reintegro negli altri casi.

Per il calcolo del volume dell'autoclave e delle pressioni limite inferiore e superiore, si rimanda al capitolo successivo.

1.3. Configurazioni degli impianti idrici

Si vuole, a questo punto, descrivere brevemente le principali soluzioni adottate in ambito industriale per gli impianti idrici.

Lo schema riportato in figura 1.1 rappresenta, come visibile, il caso di un impianto idrico senza sistemi di accumulo, nel quale l'acqua viene prelevata dalla fonte e inviata alle utenze grazie all'azione della pompa. Questa, per garantire il rifornimento, dovrà lavorare in modo continuo durante i periodi di richiesta e dovrà avere caratteristiche tali da poter far arrivare a destinazione l'acqua coi parametri richiesti.

In figura 1.17 viene raffigurato lo schema un impianto idrico provvisto di serbatoio sopraelevato: in questo caso la pompa, che lavora in modo continuo e che fornisce una portata diversa da quella richiesta dalle utenze, ha lo scopo di prelevare l'acqua dalla fonte e di trasportarla fino al serbatoio, dal quale viene prelevata tramite la tubazione di presa che la dirige verso le utenze senza l'ausilio di macchine in quanto il serbatoio viene opportunamente progettato con un'altezza tale da far sì che l'acqua, al suo interno, abbia una certa energia potenziale che le consente di giungere alle utenze coi parametri richiesti, fronteggiando le perdite di carico.

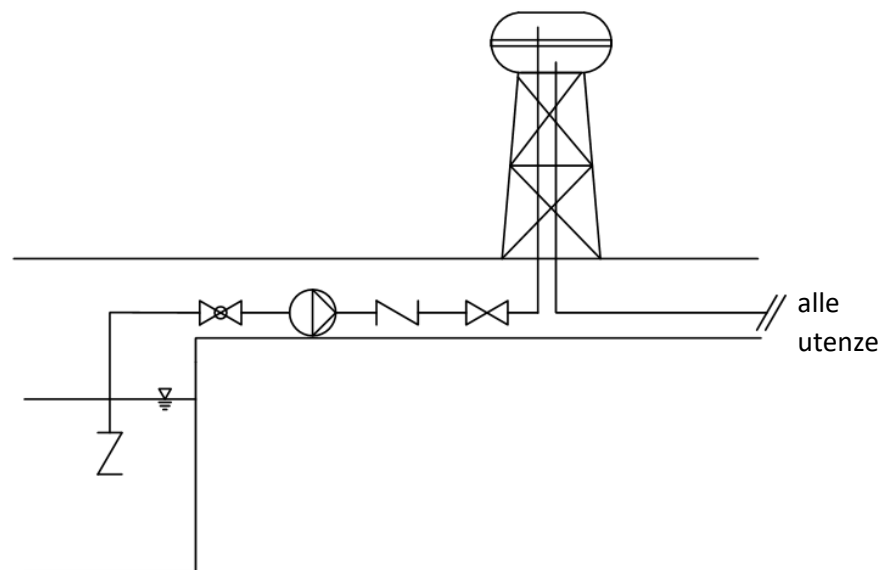


Fig. 1.17 – esempio di impianto idrico con serbatoio sopraelevato

Infine, la figura 1.16 riporta un impianto idrico con autoclave, nel quale la pompa, che lavora in modo non continuo, preleva l'acqua dalla fonte e la invia all'autoclave, dove viene immagazzinata a una pressione tale da poter giungere alle utenze alle condizioni richieste senza l'ausilio di pompe.

CAPITOLO 2

Dimensionamento degli impianti idrici

Si vuole ora andare a esaminare i metodi di progettazione degli impianti di distribuzione dell'acqua ad uso industriale.

Essenzialmente, il dimensionamento consiste nella determinazione del diametro delle tubazioni, nella valutazione dell'uso di sistemi di accumulo (ed eventualmente dimensionarli) e nella scelta della pompa adatta all'impianto. Per fare ciò occorre conoscere, come già accennato, il numero di utenze da asservire e la loro disposizione planimetrica. Oltre a questo, devono essere note le portate e le pressioni richieste e i periodi di tempo in cui le utenze necessitano di acqua.

2.1. Equazione di Bernoulli e perdite di carico

Alla base della progettazione degli impianti idrici sta l'equazione di Bernoulli, che esprime, nel caso di un fluido non viscoso e incompressibile di densità ρ in moto permanente a una pressione p , velocità media v e a un'altezza media h , la conservazione dell'energia:

$\frac{p}{\rho g} + h + \frac{v^2}{2g} = cost$, ossia la somma dei termini di pressione ($\frac{p}{\rho g}$), geodetico (h) e cinetico ($\frac{v^2}{2g}$) risulta costante nel moto del fluido.

Tuttavia, dato che l'acqua nella realtà è un fluido viscoso, il suo moto all'interno delle condotte avviene con perdite di energia causate dall'attrito. Tali perdite, dette perdite di carico, sono distinguibili in *distribuite e concentrate*.

Le perdite di carico distribuite (h_d) sono dovute principalmente a fenomeni di attrito e alla rugosità presente sulla superficie interna del tubo. Esse possono essere quantificate, per tubi a sezione circolare di diametro interno D , grazie alla formula di Darcy-Weisbach:

$$J = \frac{\lambda v^2}{D 2g}$$

dove: - J = perdite di carico per unità di lunghezza e peso ($J=h_d/L$), in m/m;

- λ = coefficiente di attrito.

Il valore del coefficiente λ risulta essere funzione delle proprietà del tubo, in particolare scabrezza(ϵ) e diametro interno del tubo(D), e del numero di Reynolds(Re).

La scabrezza, misurata in millimetri, corrisponde al valore medio della rugosità della superficie interna del tubo. La tabella seguente riporta i valori tipici di scabrezza per tubi di diversi materiali.

Materiale	$\epsilon(\text{mm})$
Rame incrudito e ricotto	$0,001 < \epsilon < 0,003$
Materie plastiche	$0,002 < \epsilon < 0,007$
Acciaio zincato	$0,02 < \epsilon < 0,03$
Acciaio nero	$0,04 < \epsilon < 0,09$
Acciaio incrostato	$0,2 < \epsilon < 1$

Tab. 2.1 – Valori tipici di scabrezza

Fonte: A. Pareschi, “Impianti meccanici per l’industria”

Il numero di Reynolds, quantificabile attraverso l’espressione $Re = \rho v D / \mu$, dove, oltre ai parametri v , ρ e D già noti, μ = viscosità dinamica del fluido (per l’acqua a 20 °C, $\mu = 1,001 \cdot 10^{-3}$ Pa s), è un parametro adimensionale che si usa per determinare il tipo di moto del fluido: per $Re \leq 2000$ il moto è laminare, altrimenti risulta turbolento.

È importante conoscere il tipo di moto in quanto questo influenza il valore di λ : in caso di moto laminare, λ dipende principalmente dal numero di Reynolds e risulta quantificabile mediante l’equazione $\lambda = \frac{64}{Re}$, mentre in regime turbolento non è più trascurabile l’influenza della scabrezza e del diametro, per cui λ si calcola attraverso l’equazione di Colebrook e White, valida per tubi commerciali:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon}{D} \frac{1}{3,71} \right).$$

Tale equazione, di non agevole soluzione in quanto richiede un certo numero di iterazioni, è stata graficata da Moody, per cui per il calcolo del coefficiente di attrito λ risulta più conveniente consultare il diagramma di Moody (fig. 2.1).

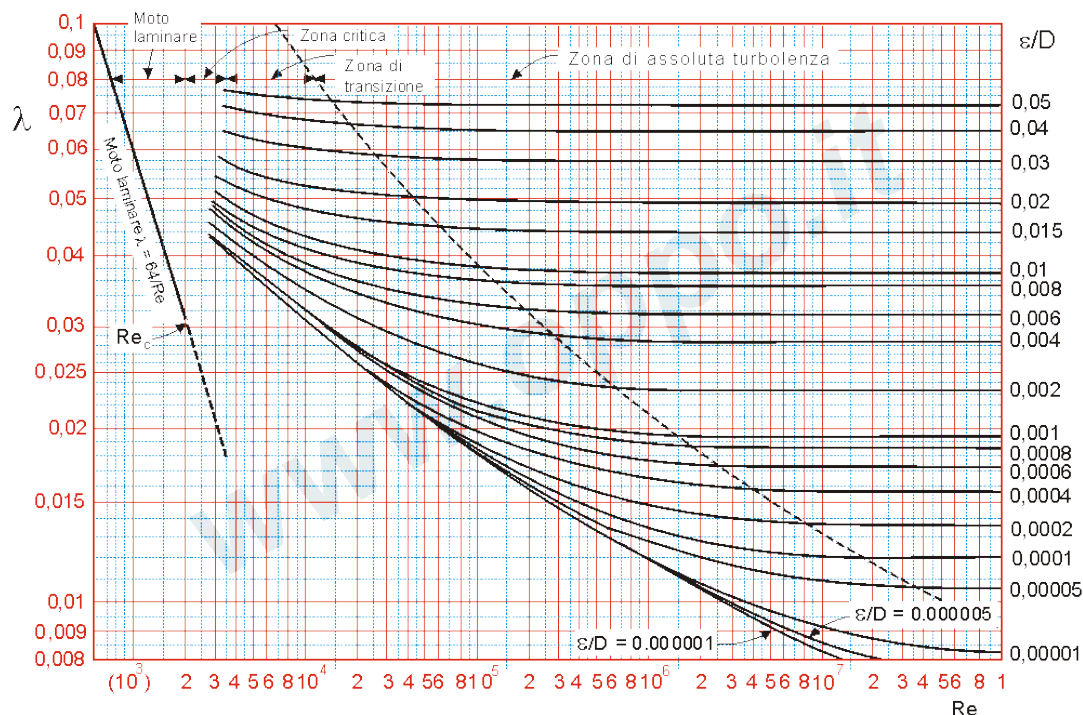


Fig.2.1 – Diagramma di Moody

Fonte: www.oppo.it

Esistono in letteratura altre relazioni per il calcolo delle perdite di carico distribuite, valide solo in determinati casi specifici, che prescindono dal calcolo del coefficiente di attrito: ad esempio, per tubi di acciaio nuovi, bitumati internamente, al cui interno scorre acqua a 15 °C e con diametri compresi tra DN40 e DN400, vale la formula di Scimemi-Veronese:

$$J = 6,81 * 10^8 \frac{Q^{1,82}}{D^{4,71}}$$

con J in m/km, Q in l/s e D in mm, oppure, ancora, per tubi di acciaio nuovi zincati, si può usare la formula di Marchetti (sempre con J, Q e D espressi rispettivamente in m/km, l/s e mm):

$$J = 12 * 10^8 \frac{Q^{1,83}}{D^{4,83}}$$

Risulta inoltre opportuno tenere presente dell'invecchiamento delle tubature, che determina un aumento delle perdite di carico distribuite: per tenerne conto, si moltiplicano le perdite per un coefficiente, compreso tra 1,1 e 1,4, il cui valore dipende dalle caratteristiche chimiche del fluido e dalle caratteristiche del tubo (ad esempio, i tubi zincati non variano mai la loro superficie interna, per cui non serve tenere conto dell'invecchiamento).

Le *perdite concentrate*, invece, sono causate da accidentalità, quali curve, gomiti, valvole, raccordi, allargamenti e restringimenti di sezione, che il fluido incontra. Esse risultano

quantificabili secondo la relazione: $h_c = k \frac{v^2}{2g}$, con k dipendente dal tipo di accidentalità e tabulati in apposite tabelle. Nella pratica impiantistica, tuttavia, risulta di più agevole utilizzo la conversione delle perdite concentrate in perdite distribuite equivalenti grazie alla lunghezza di tubo equivalente (L_{eq}) espressa in metri, dove $L_{eq} = k \frac{D}{\lambda}$. I valori delle lunghezze di tubo equivalente per le diverse accidentalità sono solitamente reperibili in tabelle come quella di seguito riportata (tab. 2.2).

	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150
VALVOLE											
Saracinesca	0,1	0,15	0,18	0,2	0,27	0,35	0,43	0,5	0,7	0,85	1
Valvola a sfera	0,05	0,08	0,09	0,09	0,12	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
Valvola di ritegno (clapet)	2,4	3,1	3,6	4,7	5-9	6-12	8-15	10-20	13-25	16-30	20-35
Valvola a globo	5	7	8	10	13	17	22	28	35	42	50
Valvola ad angolo	2,5	-	4	5	7	8	10	13	16	20	25
CURVE E GOMITI											
90° larga	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,4	1,7	2	2,6	3
90° stretta	0,5	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2	2,5	3,2	4	5
Curva brusca a 90°	1	1,5	1,8	2	3	5	4,4	5,5	7	8,6	10
Gomito	0,4	0,6	0,7	0,8	1	1,5	1,8	2	2,8	3,5	4
Curva 60°	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1	1,5	1,7	2
Curva 180° larga	0,7	0,8	1	1,3	1,6	2	2,7	3,2	4	5,5	6,5
Curva 180° stretta	1,4	1,7	2	2,6	3,2	4	5,5	6,5	8	11,5	13
RACCORDI - FITTINGS											
Confluenza a T	1,7	2,3	2,7	3,2	4	5	7	8	10	13	15
GIUNTO CONICO											
d/D=3/4	0,4	0,6	0,7	0,9	1,3	1,5	2	2,5	3	3,6	4
d/D=1/2	0,5	0,7	0,8	1	1,4	1,7	2,2	2,8	3,5	4,1	5
BRUSCO CAMBIO DI SEZIONE											
Riduzione											
d/D=3/4	0,11	0,15	0,18	0,24	0,3	0,37	0,5	0,6	0,7	0,85	1
d/D=1/2	0,17	0,23	0,27	0,35	0,45	0,55	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6
d/D=1/4	0,2	0,3	0,35	0,45	0,55	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2
Aumento											
d/D=1/2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,3	1,5	2	2,7	3
d/D=1/4	0,5	0,7	0,8	1	1,4	1,7	2,2	2,8	3,5	4,2	5
Imbocco da serbatoio	0,25	0,35	0,4	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,5

Tab. 2.2 – L_{eq} , in metri, delle accidentalità più comuni al variare del diametro nominale.

Fonte: A. Pareschi, "Impianti meccanici per l'industria"

2.2. Calcolo del diametro delle tubazioni

Le reti per la distribuzione dell'acqua possono essere *aperte* (o *a pettine*) oppure *chiusa* (o *a maglie*).

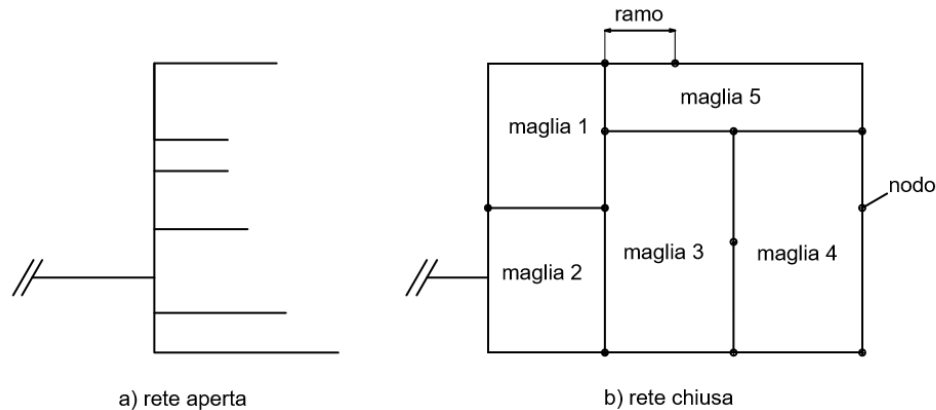


Fig. 2.2 – Tipi di rete di distribuzione

Nel primo caso, il dimensionamento delle tubazioni viene fatto considerando il valore maggiore della somma delle portate richieste dalle utenze durante le ore lavorative passante per quel segmento di tubazione e imponendo un certo limite superiore alla velocità media del fluido. Invertendo l'equazione di continuità, $Q = vA$, per tubi a sezione circolare si ottiene il valore del diametro interno (D_{int}) dei tubi:

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}.$$

Il valore trovato, qualora non corrispondesse a uno dei valori dei diametri interni secondo la serie dei diametri nominali, va approssimato al valore tabulato immediatamente più grande in modo da contenere il valore della velocità e quindi delle perdite di carico.

I valori di velocità normalmente imposti negli impianti idrici industriali per evitare problemi legati all'insorgenza di vibrazioni e rumore sono inferiore ai 3 m/s, mentre negli impianti antincendio, ad esempio, si possono raggiungere velocità più elevate, dell'ordine dei 10 m/s.

Per le reti a maglie, invece, il dimensionamento risulta essere più difficoltoso poiché non è possibile assumere a priori il senso del moto del fluido all'interno della rete: ciò comporta la necessità di dover utilizzare metodi euristici per il dimensionamento.

Nelle reti chiuse si possono individuare le diramazioni, cioè i tratti di alimentazione o di prelievo dalla rete, e più maglie, ossia percorsi chiusi costituiti da tre o più lati sui quali si individuano i nodi, cioè i punti di separazione delle acque o ai quali pervengono o dai quali

defluiscono certe portate, e i rami, ovvero i tratti di tubazione a sezione costante compresi tra due nodi.

Esistono diversi metodi per il dimensionamento delle reti chiuse, ma il metodo più frequentemente utilizzato è il metodo di Hardy Cross (o del bilanciamento dei carichi), il quale cerca dapprima una soluzione che soddisfi le equazioni di continuità delle portate per ogni nodo N

$$\sum_N (\pm q_i) \pm Q_N = 0$$

dove con $+q_i$ si indicano le portate dei rami che entrano nel nodo e con $-q_i$ quelle che escono dal nodo, mentre con Q_N le portate provenienti dalle diramazioni, considerate positive se entranti e negative se uscenti dal nodo.

Tale soluzione, tuttavia, non soddisfa il principio di continuità dei carichi per ogni maglia M

$$\sum_M (\pm \Delta h_i) = 0$$

con le perdite di carico Δh_i che sono ritenute di segno positivo o negativo rispettivamente se concordi o discordi al verso assunto come verso di circolazione.

Per rispettare la condizione appena citata, essendo le perdite proporzionali alla velocità, e quindi alla portata, si dovrà considerare una portata correttiva q_c da sommare alle q_i tale da annullare la somma dei Δh_i . Tale portata correttiva non sbilancia l'equazione di continuità e va considerata algebricamente quando si ripete il procedimento per dimensionare le maglie aventi lati in comune con la maglia dimensionata.

2.3. Scelta della presenza di sistemi di accumulo e loro dimensionamento

I sistemi di accumulo visti nel capitolo precedente servono sostanzialmente per disaccoppiare il funzionamento della pompa dalle richieste delle utenze o per disaccoppiare dal punto di vista della disponibilità di acqua dalla fonte in caso questa non possa garantire il quantitativo richiesto o il rifornimento in alcuni periodi. La scelta della loro presenza negli impianti idrici viene fatta sulla base di come si presenta il diagramma di richiesta giornaliera, il quale non è altro che un diagramma, ricavato una volta note le portate richieste e i periodi di tempo di richiesta delle utenze, nel quale vengono riportate le somme delle portate richieste durante le ore del giorno.

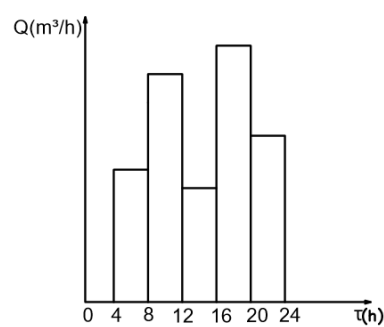


Fig. 2.3-a

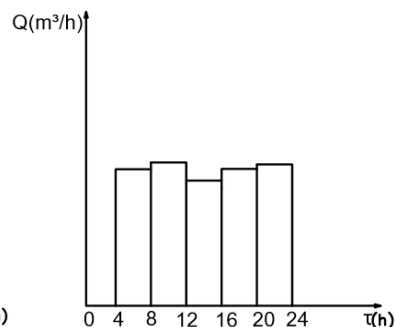


Fig. 2.3-b

Se la situazione si presenta come nel caso riportato in fig. 2.3-a, ovvero presenta un andamento irregolare che rispecchia una richiesta di acqua molto variabile nel tempo, risulta vantaggiosa la presenza di un serbatoio alimentato da una pompa avente portata pari alla portata media oppure la presenza di un accumulo parziale in autoclave (con pompa alla portata massima richiesta). Se, al contrario, il diagramma risulta regolare o approssimativamente regolare come nel caso riportato in fig. 2.3-b, è di maggior interesse l'adozione di una soluzione con pompaggio continuo usando una pompa che abbia un campo di rendimento buono nell'intorno delle piccole variazioni di portata, purché le distanze in gioco non siano elevate: con distanze molto elevate, anche per piccole variazioni tra la portata media e massima potrebbe risultare conveniente l'uso di sistemi di accumulo.

2.3.1. Dimensionamento del serbatoio sopraelevato

In precedenza si è visto come il volume totale del serbatoio sia dato, in genere, dalla somma di tre contributi ($V_{\text{serb}} = V_{\text{min}} + V_0 + \Delta V$) e si è detto come il termine ΔV dell'espressione dipenda dal diagramma di richiesta giornaliera. Per calcolare tale contributo si calcola il volume cumulativo per ogni periodo di richiesta delle utenze ($V_{\text{ut}}^{\text{CUM}}$), cioè la somma dei volumi di acqua richiesti fino a quel determinato momento, fino ad ottenere, alla fine delle ore lavorative, il volume totale richiesto. Trovato il totale, lo si divide per le ore lavorative, così da ottenere la portata della pompa. Si calcola poi il volume cumulativo di fluido pompato nel serbatoio (V_p^{CUM}) per ogni fascia oraria e, per ogni periodo, si fa la differenza tra il volume cumulativo pompato e quello prelevato. Di questi termini, si fa la differenza tra il massimo e il minimo: quel che si ottiene è il valore di ΔV , che per sicurezza verrà aumentato per tenere conto di eventuali richieste non previste o per far fronte alla mancanza di alimentazione. Per un esempio pratico, si rimanda al capitolo 4.

Il calcolo dell'altezza del serbatoio viene fatto, come accennato, considerando l'utenza, anche dell'impianto antincendio, che richiede una maggior energia per il suo raggiungimento a pressione e velocità desiderate, tenendo conto delle perdite di carico.

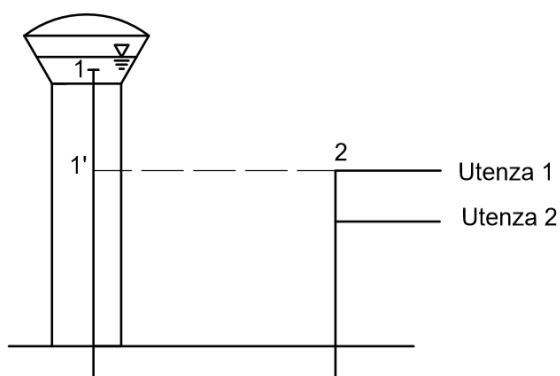


Fig.2.4

Nell'ipotesi che l'utenza 1 di fig. 2.4 sia la più sfavorevole, applicando Bernoulli tra 1 e 2 si ottiene:

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \Sigma h_{diss}$$

dove con Σh_{diss} si intende la somma delle perdite di carico, sia distribuite che concentrate.

Ora, v_1 è nulla in quando l'acqua nel serbatoio è ferma, p_1 è nulla perché pari alla pressione atmosferica, mentre v_2 , p_2 e h_2 sono parametri noti da progetto. Le perdite di carico Σh_{diss} possono essere viste come somma di due contributi, $\Sigma h_{diss} = \Sigma h_{diss\ 1-1'} + \Sigma h_{diss\ 1'-2}$, essendo 1' il punto alla stessa altezza di 2 sul tubo che scende dal serbatoio ($h_1=h_2$). Si osservi come le perdite di carico tra 1' e 2 ($\Sigma h_{diss\ 1'-2}$) siano note perché nota la configurazione della rete da progetto, mentre le perdite di carico tra 1 e 1' sono calcolabili attraverso la seguente equazione:

$$\Sigma h_{diss\ 1-1'} = \frac{\lambda L}{D} \frac{v_1'^2}{2g} = \frac{\lambda}{D} (h_1 - h_2) \frac{1}{2g} \frac{Q^2}{\frac{\pi^2}{16} D^2} = \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \frac{Q^2}{D^3} (h_1 - h_2)$$

con D, Q e λ relativi al tratto 1-1' e avendo trascurato eventuali perdite per imbocco brusco.

Inserendo questa formula nell'applicazione di Bernoulli tra 1 e 2 ed esplicitando l'incognita h_1 si ottiene:

$$h_1 = \frac{\frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + h_2 \left(1 - \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \frac{Q^2}{D^5}\right) + \Sigma h_{diss\ 1'-2}}{\left(1 - \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \frac{Q^2}{D^5}\right)}.$$

Nota l'altezza del serbatoio, è possibile andare a calcolare la prevalenza della pompa che lo alimenta, come si vedrà in seguito.

2.3.2. Dimensionamento delle autoclavi

L'accumulo nell'autoclave ha come scopi la limitazione del numero di accensioni e spegnimenti della pompa e il mantenimento di una pressione in rete circa costante.

Con il dimensionamento dell'autoclave si vanno a definire:

- il volume utile;
- le pressioni massima e minima di esercizio.

Per quanto riguarda le pressioni, la pressione minima ($p_{\min}$) viene scelta in modo che sia maggiore o uguale alla pressione dell'utenza più sfavorevole, tenendo conto delle perdite di carico, mentre la pressione massima ($p_{\max}$) deve essere minore o uguale alla pressione nominale dei componenti della rete di distribuzione, oppure, nel caso di utenze poste a quote geodetiche minori dell'autoclave, minore o uguale alla pressione nominale meno il dislivello tra i due moltiplicato per la densità e per l'accelerazione di gravità.

Una volta note le pressioni, si può procedere al calcolo del volume dell'autoclave.

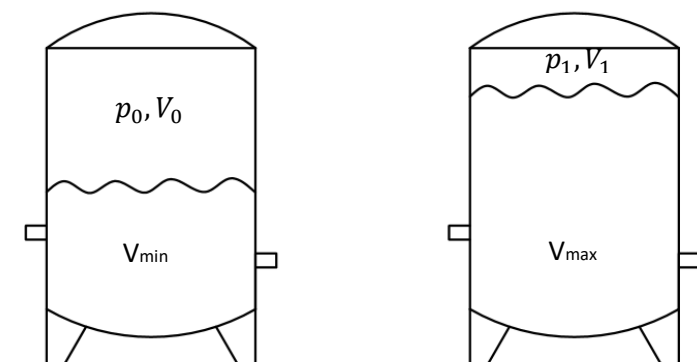


Fig. 2.5

Con riferimento alla figura 2.5 e ponendo $p_0=p_{\min}$ e $p_1=p_{\max}$, a cui corrispondono rispettivamente un volume V_0 e un volume V_1 , essendo $V_u = V_0 - V_1$ e ipotizzando che la compressione e l'espansione dell'aria sia isoterma, si ottiene che

$$V_u = V_0 \left(1 - \frac{p_0}{p_1}\right) \quad (2.3)$$

in quanto, per l'ipotesi di isoterma, $p_0 V_0 = p_1 V_1$.

Ora, V_u deve essere tale da limitare il numero di accensioni e spegnimenti della pompa, N , ponendo come limite superiore ($N_{\max}$) i 10 cicli/h (per problemi dovuti alle correnti di spunto elevate all'avvio e a problemi di surriscaldamento). Analizzando N si vede come esso sia pari al reciproco della durata del ciclo di accensione e spegnimento, T , che è composto da un periodo in cui la pompa è accesa (t_1) e uno in cui è spenta (t_2). Il numero di accensioni e spegnimenti risulterà massimo quando la durata del ciclo di accensione e spegnimento sarà minima, per cui esisteranno dei valori di t_1 e t_2 minimi. Essendo il primo pari al rapporto tra il volume utile e la differenza tra la portata immessa nell'autoclave dalla pompa (Q_p) e la portata richiesta dalle utenze e quindi uscente dall'autoclave (Q_{ut}) e il secondo al rapporto tra il volume utile e la portata richiesta dalle utenze (Q_{ut}), t_1 sarà minimo quando Q_{ut} è nulla, mentre il secondo sarà minimo quando la portata uscente risulta essere massima. Da ciò,

$$T_{\min} = t_{1\min} + t_{2\min} = \frac{V_u}{Q_p} + \frac{V_u}{Q_{ut\max}}.$$

A garanzia del funzionamento del sistema nel caso peggiore ed evitando sovradimensionamenti della pompa che comporterebbero costi elevati e maggiori perdite di carico, si pone $Q_p = Q_{ut\max}$, giungendo così all'espressione $N = \frac{Q_{ut\max}}{2V_u}$, che girata e combinata con la formula del volume utile in funzione V_0 , p_0 e p_1 vista all'inizio fornisce il valore di V_0 :

$$V_0 = \frac{Q_{ut\max}}{2N_{\max}} \left(\frac{p_1}{p_1 - p_0} \right).$$

Al volume appena calcolato si andrà ad aggiungere un certo volume minimo, ad esempio per l'impianto antincendio o per garantire la continuità di rifornimento, ottenendo quindi:

$$V_{tot} = V_{\min} + V_0.$$

2.4. Scelta della pompa

La scelta della pompa da adottare per l'impianto idrico dipende dalle caratteristiche di portata e prevalenza che essa deve possedere, che dipendono, ovviamente, dalla configurazione dell'impianto stesso e dalle richieste delle utenze.

Per quanto riguarda la determinazione della portata della pompa, questa risulterà essere quella massima richiesta nei casi di soluzione con pompaggio continuo e di uso dell'autoclave, mentre sarà pari alla portata media nel caso della presenza di un serbatoio sopraelevato, come visto nel paragrafo precedente.

In merito alla determinazione della prevalenza della pompa, va sottolineato come esse debba corrispondere a quell'energia per unità di peso fornita al fluido tale da garantire la conservazione dell'energia (equazione di Bernoulli) tra due punti di un impianto, tenendo conto degli effetti dissipativi. Ciò implica, a causa della presenza delle forze dissipative, una dipendenza della prevalenza della pompa anche dall'ubicazione delle utenze nello stabilimento e dai diametri delle tubazioni.

Detto ciò, risulta intuibile come, per un impianto idrico con pompaggio continuo che debba rifornire più utenze, la prevalenza debba corrispondere all'energia per unità di peso da fornire all'acqua tale da colmare il gap energetico maggiore esistente tra la fonte di approvvigionamento e le varie utenze, ovvero deve essere tale da poter far giungere l'acqua all'utenza più sfavorevole in termini energetici.

Nel caso, invece, di impianti idrici con serbatoio sopraelevato, la prevalenza corrisponderà alla somma del dislivello geodetico tra il serbatoio e il punto di prelievo dalla fonte e delle perdite di carico riscontrate in tale percorso, mentre, nel caso di impianto idrico con autoclave, ai termini visti per il serbatoio sopraelevato si deve aggiungere anche il termine di pressione.

2.5. Valutazioni economiche

Il costo totale annuo di un impianto idrico risulta essere composto da costi fissi, quali la quota parte dei costi di realizzazione e i costi di manutenzione, e da costi variabili legati al suo funzionamento. Indicando con C_T il costo della tubazione, curve, valvole e altri accessori di rete, con C_P il costo della pompa e con E l'energia elettrica consumata annualmente, il costo totale annuo C sarà dato da:

$$C = s_T C_T + s_P C_P + eE$$

con s_T e s_P coefficienti dati dalla somma dei coefficienti di ammortamento e dei coefficienti adottati per valutare il costo di manutenzione rispettivamente delle tubazioni (più gli altri elementi menzionati in precedenza) e della pompa ed e il costo unitario dell'energia elettrica.

Ora, sulla base di relazioni empiriche (si veda il capitolo successivo), il costo delle tubazioni e degli accessori di rete risulta essere una funzione crescente del diametro interno, mentre il costo della pompa, essendo funzione crescente della prevalenza della pompa e quindi delle perdite di carico, le quali aumentano al diminuire del diametro interno delle tubazioni, risulta essere decrescente all'aumentare del diametro. Anche il consumo di energia elettrica, dato dal prodotto della potenza assorbita dal motore elettrico che muove la pompa per il numero di ore annue di funzionamento, risulta essere funzione decrescente del diametro per gli stessi motivi del costo della pompa.

Da quanto appena detto, il costo totale annuo risulta essere funzione del diametro interno delle condotte

$$C(D) = s_T C_T(D) + s_P C_P(D) + eE(D)$$

e risulterà essere minimo per un determinato valore del diametro interno, detto *diametro ottimale* o *diametro economico*, calcolabile annullando la derivata rispetto al diametro del costo annuo totale.

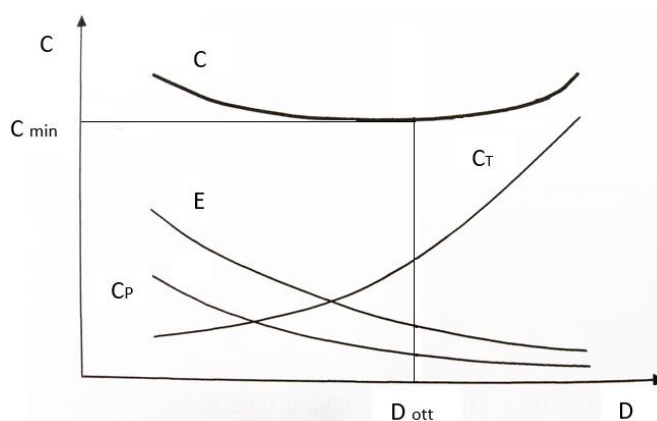


Fig. 2.6 – Relazione diametro – costi di un impianto

In genere la condizione di minimo costo cade tra due valori di diametri commerciali: fra i due, si sceglie solitamente quello che presenta un valore assoluto minore della derivata del costo totale rispetto al diametro, tenendo comunque presente che il valore della velocità del fluido all'interno delle condotte non deve superare il valore della velocità ammissibile.

Si vuole sottolineare, infine, come il concetto di diametro economico sia valido non solo per le reti aperte, ma anche per quelle chiuse: in questo caso, si considera il solo anello esterno e lo

si divide in due parti una volta individuato il punto di separazione delle acque. Per questi tratti individuati, si può calcolare il diametro economico.

Oltre al diametro interno delle tubazioni, anche la presenza di un serbatoio di accumulo incide pesantemente sul costo totale annuo di un impianto idrico: esso, infatti, va ad aggiungere dei costi fissi legati al costo dello stesso, che è funzione crescente della sua capacità, e alla sua manutenzione. D'altro canto, come già visto, l'utilizzo di un serbatoio consente di installare una pompa più piccola, con una diminuzione sia del costo di acquisto che del costo di funzionamento, e di poter installare nel tratto di tubazione dalla fonte di alimento al serbatoio tubi con un diametro inferiore, andando così a diminuire i costi della rete.

In formule:

- per impianti senza accumulo:

$$C = s_T C_T(D_{ott}) + s_P C_P(Q_{max}) + eE(Q_{max})$$

- per impianti con accumulo:

$$C' = s_T C_T'(D'_{ott}) + s_P C_P'(Q_{media}) + eE'(Q_{media}) + s_S C_S(\Delta V)$$

dove C_S indica il costo del serbatoio e s_S il coefficiente di ammortamento, eventualmente comprendente la quota per la manutenzione.

È chiaro come possa risultare economicamente vantaggiosa la scelta dell'uso di un serbatoio solo in quei casi in cui C' risulti minore di C , ovvero in quei casi in cui il costo del serbatoio non supera il risparmio dato dall'uso di una pompa più piccola e di tubi di dimensioni inferiori.

CAPITOLO 3

Calcolo del costo degli elementi componenti l'impianto idrico

Dopo aver descritto i criteri di progettazione di un impianto idrico, si vuole ora andare a individuare delle funzioni, per ogni suo componente, che in base a determinati parametri caratterizzanti gli elementi forniscano un costo indicativo del componente, grazie al quale si potrà andare a stimare il costo complessivo dell'impianto. Tali funzioni sono state ricavate basandosi sui listini dei prezzi delle aziende produttrici o rivenditrici dei componenti, andando a cercare poi la curva che meglio approssima i punti dei grafici che mettono in relazione il costo ai parametri scelti come caratterizzanti l'elemento.

3.1. Costo delle tubazioni

Per le tubazioni si è deciso di correlare il costo in euro al metro al diametro interno in millimetri, andando a trovare funzioni diverse in base al materiale costituente e alla pressione nominale caratterizzante i tubi.

Basando l'analisi sui dati riportati nelle tabelle A÷G in appendice, per i tubi di acciaio è stato ricavato il seguente grafico:

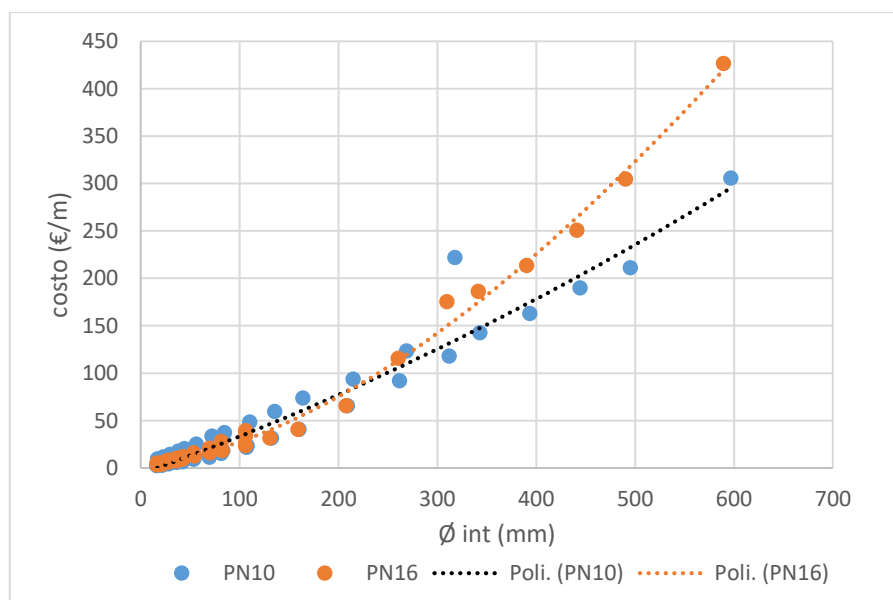


Grafico 3.1 – Relazione diametro interno-costi per tubi in acciaio

dove per PN10 l'indice di correlazione (diretta) risulta pari a 0,972 e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/m}) = 0,0002 \, \varnothing_{\text{int}}^2 + 0,371 \, \varnothing_{\text{int}} - 6,0433 ,$$

mentre per PN16 l'indice di correlazione (diretta) risulta pari a 0,997 e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/m}) = -4 * 10^{-7} \varnothing_{int}^3 + 0,0012 \varnothing_{int}^2 + 0,1369 \varnothing_{int} + 2,1671 .$$

Nel caso dei tubi in polietilene con caratteristiche riportate in tabella H in appendice, si sono ottenuti i seguenti grafici:

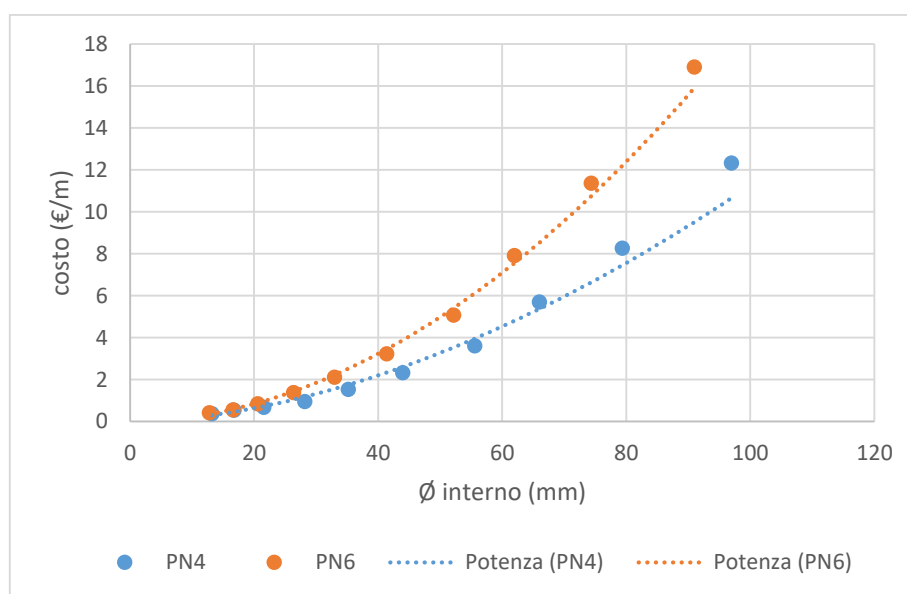


Grafico 3.2 – Relazione diametro interno-costo per tubi in PE

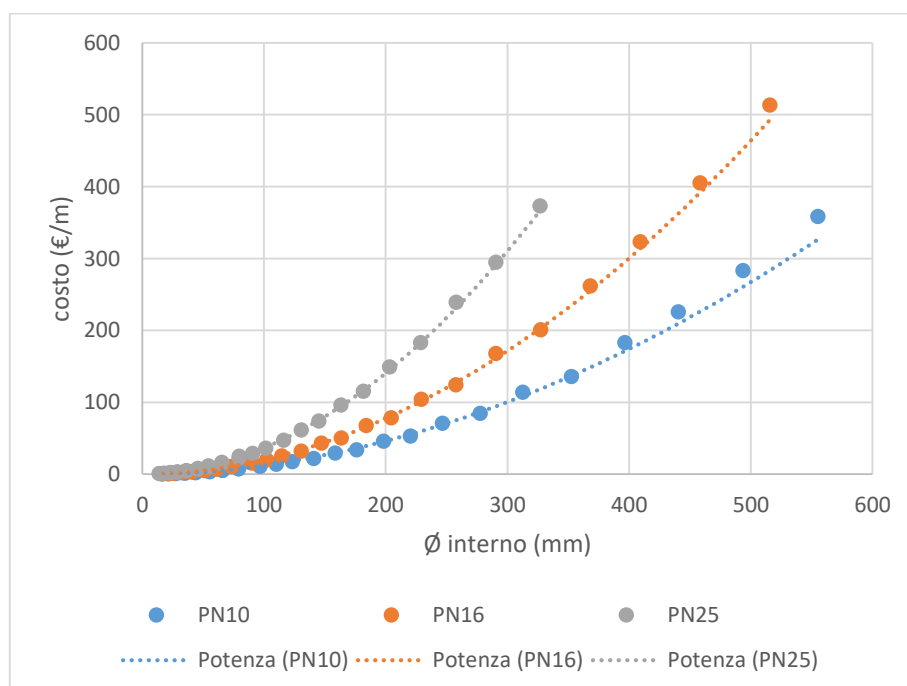


Grafico 3.3 – Relazione diametro interno-costo per tubi in PE

dove:

- nel caso di pressione nominale pari a 4 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,993 e la linea di tendenza ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/m}) = 0,0031 \varnothing_{\text{int}}^{1,7789} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 6 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,998 e la linea di tendenza ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/m}) = 0,0025 \varnothing_{\text{int}}^{1,9381} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 10 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,999 e la linea di tendenza ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/m}) = 0,0018 \varnothing_{\text{int}}^{1,9167} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 16 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,999 e la linea di tendenza ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/m}) = 0,0025 \varnothing_{\text{int}}^{1,9496} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 25 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,999 e la linea di tendenza ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/m}) = 0,0045 \varnothing_{\text{int}}^{1,952} .$$

Per tubi in polivinilcloruro (tabella I in appendice), è stato ricavato il grafico seguente:

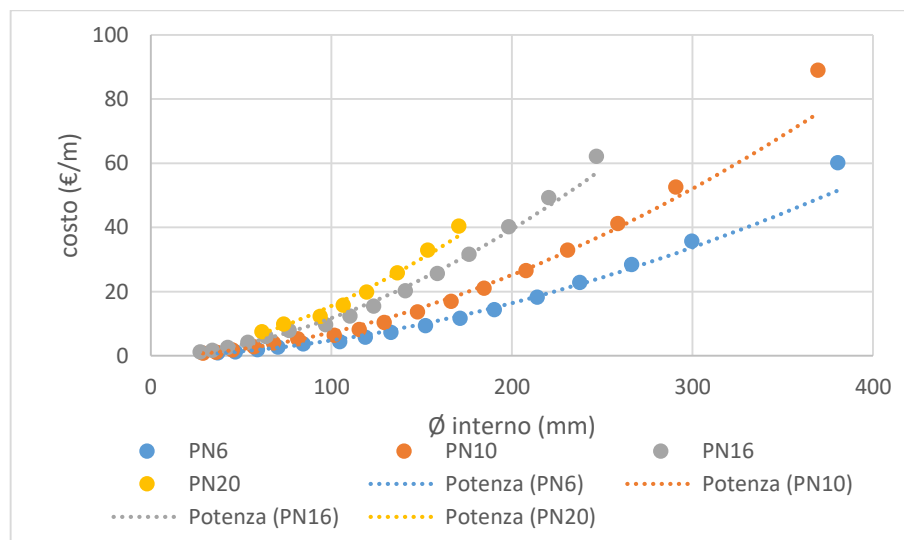


Grafico 3.4 – Relazione diametro interno-costo per tubi in PVC

dove:

- nel caso di pressione nominale pari a 6 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,997 e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/m) = 0,0013 \varnothing_{int}^{1,7761} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 10 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,998 e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/m) = 0,0019 \varnothing_{int}^{1,7893} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 16 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,998 e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/m) = 0,0038 \varnothing_{int}^{1,7468} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 20 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,991 e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/m) = 0,008 \varnothing_{int}^{1,6451} .$$

Per tubi in ghisa sferoidale (tabella L in appendice), sono state ottenute le relazioni seguenti:

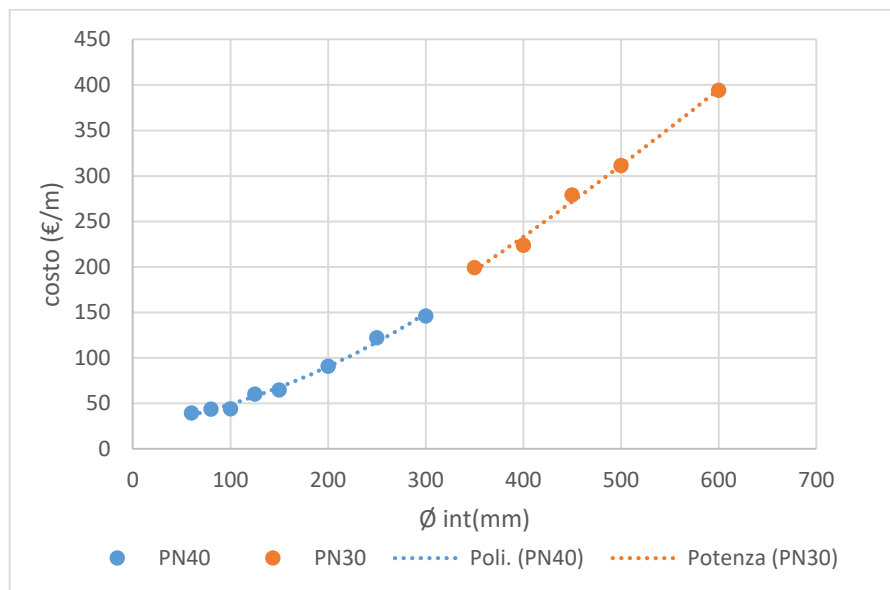


Grafico 3.5 – Relazione diametro interno-costo per tubi in ghisa sferoidale

dove:

- nel caso di pressione nominale pari a 30 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,995 e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/m) = 0,0957 \varnothing_{int}^{1,3015} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 40 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,997 e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/m) = 0,0008 \varnothing_{int}^2 + 0,1621 \varnothing_{int} + 24,355 .$$

L'analisi dei dati riportati in tabella M in appendice ha condotto al seguente grafico e alla seguente relazione, valida per tubi di rame:

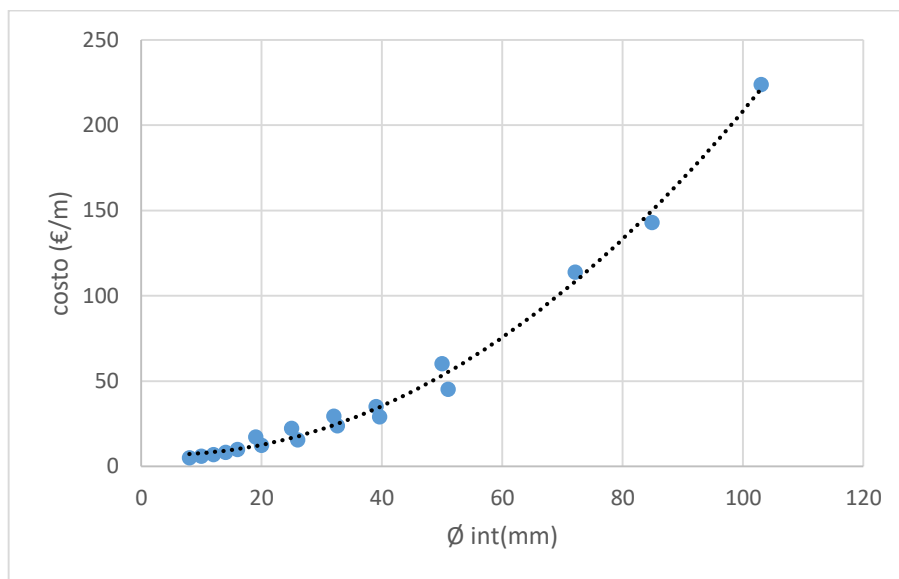


Grafico 3.6 – Relazione diametro interno-costi per tubi in rame

dove il minimo della pressione massima di esercizio è pari a 18 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,997 e la curva risulta avere equazione:

$$costo(€/m) = 0,0218 \varnothing_{int}^2 - 0,1675 \varnothing_{int} + 7,2563 .$$

3.2. Costo delle flange

Per le flange di acciaio, i cui dati sono stati riportati nelle tabelle N÷P in appendice, si è scelto di relazionare il costo al diametro nominale, andando a trovare funzioni diverse in base al tipo di flangia (piana, cieca, a collare) e alla relativa pressione nominale.

Per le flange piane, l'analisi dei dati ha condotto al grafico seguente:

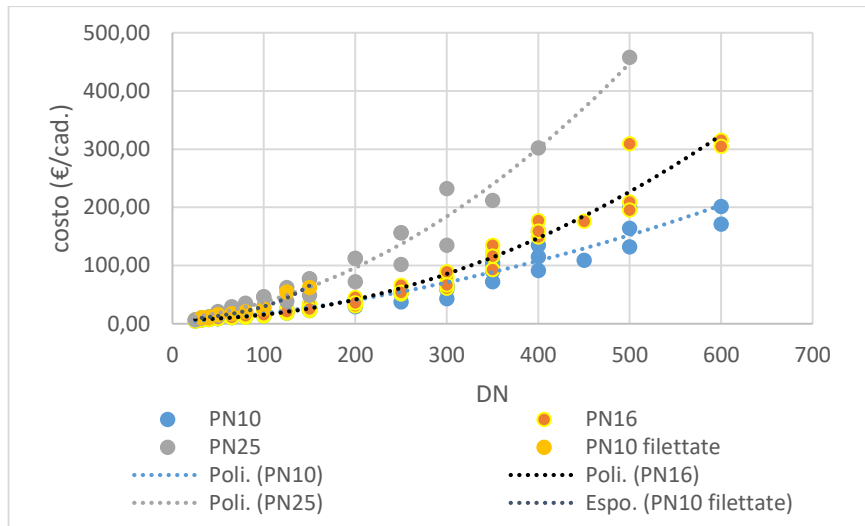


Grafico 3.7 – Relazione diametro nominale-costo per flange piane

dove:

- nel caso di pressione nominale pari a 10 bar e flange piane filettate, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,985 e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 6,1139e^{0,0158DN} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 10 bar, la correlazione è diretta con valore dell'indice pari a 0,967 e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,0004 DN^2 + 0,127DN + 1,2756 ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 16 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,983 e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,0009 DN^2 - 0,0064DN + 7,2274 ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 25 bar PN25, la correlazione è diretta con valore dell'indice pari a 0,982 e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,0014 DN^2 + 0,1571DN + 6,9004 .$$

Per flange cieche, si è giunti ai seguenti risultati:

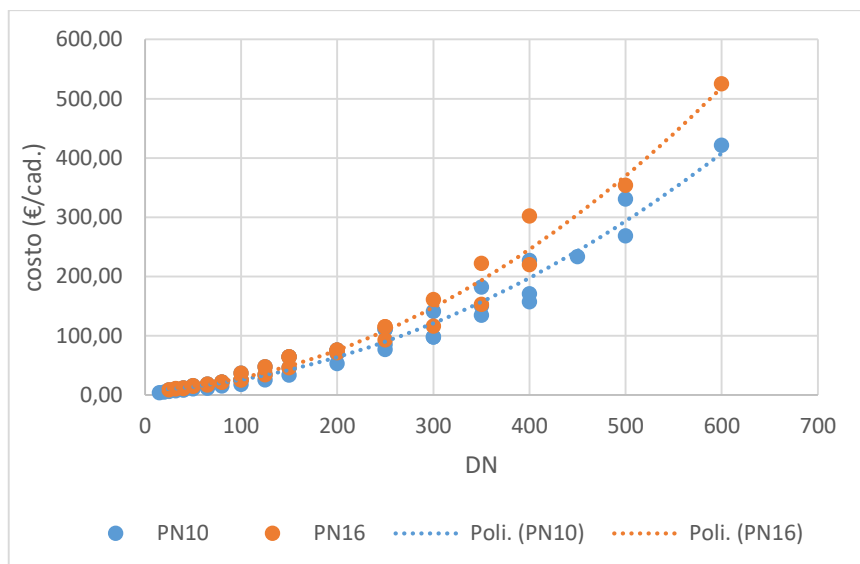


Grafico 3.8 – Relazione diametro nominale-costo per flange cieche

dove:

- per pressione nominale pari a 10 bar, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,986 e la linea di tendenza ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 0,001 \text{ DN}^2 + 0,0922 \text{ DN} + 7,0731 ;$$

- per pressione nominale pari a 16 bar, la correlazione è diretta con valore dell'indice pari a 0,99 e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 0,0013 \text{ DN}^2 + 0,0801 \text{ DN} + 8,1734 .$$

Per flange a collare, si sono ottenuti i risultati seguenti:

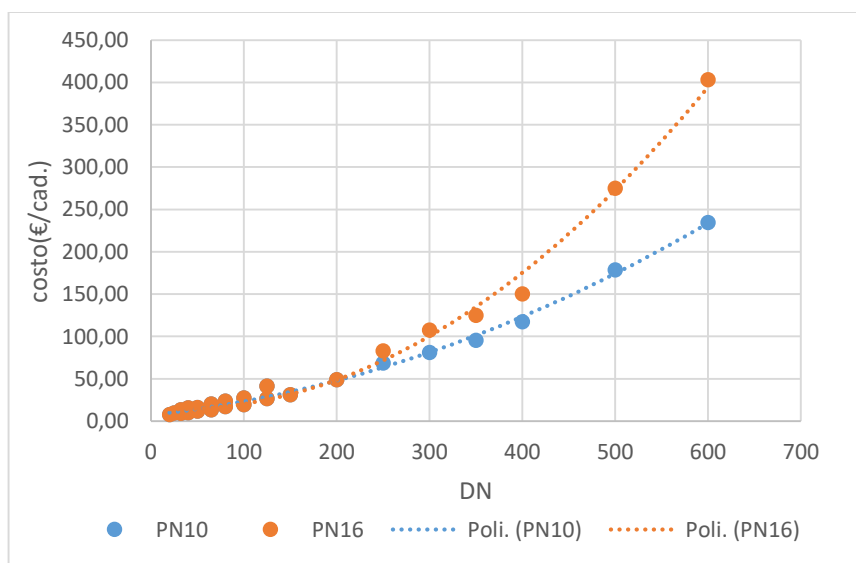


Grafico 3.9 – Relazione diametro nominale-costo per flange a collare

dove:

- per pressione nominale pari a 10 bar, la correlazione è diretta ($R=0,997$) e l'equazione della curva risulta:

$$costo(€/cad.) = 0,0004 DN^2 + 0,1147DN + 7,4453 ;$$

- per pressione nominale pari a 16 bar, la correlazione è diretta ($R=0,996$) e l'equazione della curva risulta:

$$costo(€/cad.) = 0,0012 DN^2 - 0,0634DN + 15,01 .$$

3.3.Costo delle guarnizioni

Per le guarnizioni in gomma (tabelle Q-R in appendice), dalla correlazione del costo al diametro nominale, si è pervenuti al grafico e alla relazione seguenti:

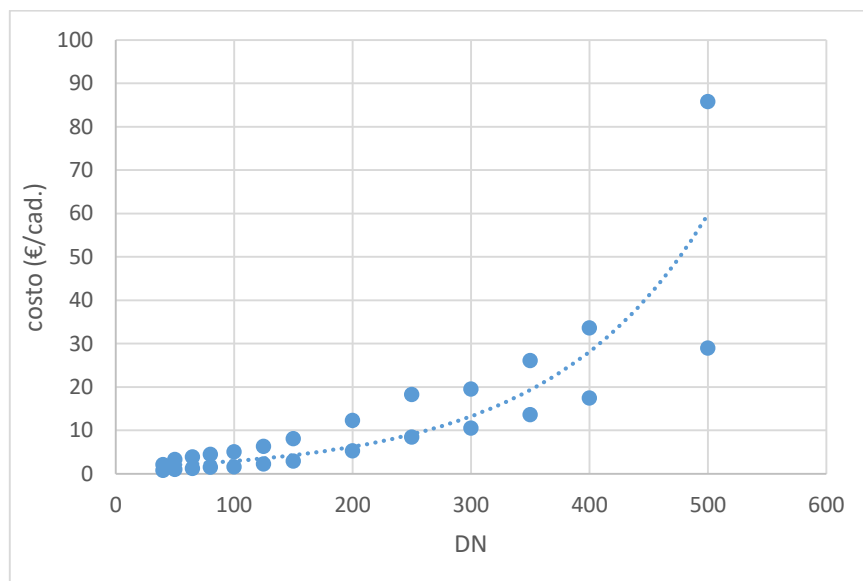


Grafico 3.10 – Relazione diametro nominale-costo per guarnizioni

dove la correlazione risulta essere diretta ($R=0,903$) e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 1,3801e^{0,0075DN} .$$

3.4.Costo dei raccordi

Nel caso dei raccordi, si è deciso di correlare il costo al diametro nominale, andando a trovare funzioni diverse in base al tipo di raccordo e al materiale costituente.

Per le curve (tabella S in appendice), l'analisi dei dati ha portato alle relazioni seguenti:

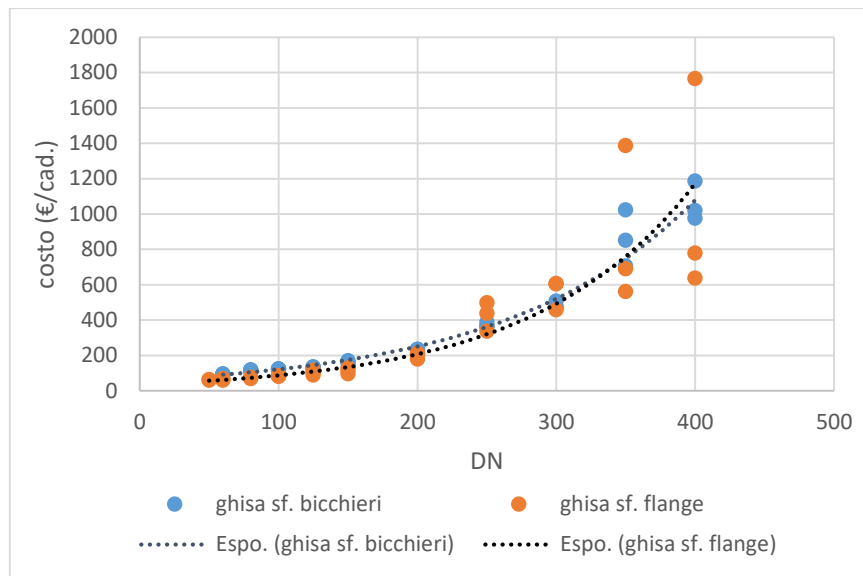


Grafico 3.11 – Relazione diametro nominale-costo per curve in ghisa sferoidale

- per curve in ghisa sferoidale con giunti a bicchiere, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,994 e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 58,408e^{0,0073DN} ;$$

- per curve in ghisa sferoidale flangiate, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,973 e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 36,599e^{0,0087DN} ;$$

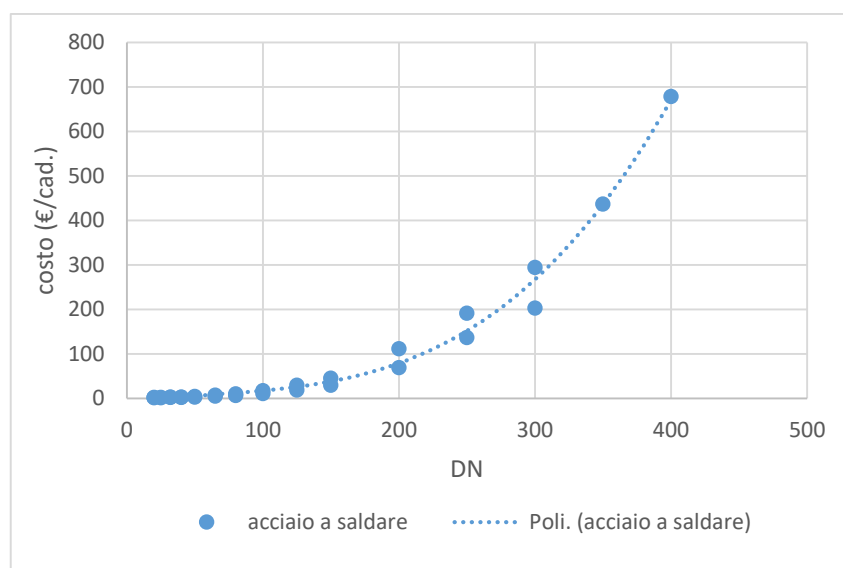


Grafico 3.12 – Relazione diametro nominale-costo per curve in acciaio a saldare

- per curve in acciaio, la correlazione è diretta ($R=0,994$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 2 * 10^{-5} DN^3 - 0,0027 DN^2 + 0,3819 DN - 8,7141 .$$

Per raccordi a T (tabella T in appendice), l'analisi dei dati ha portato alle relazioni seguenti:

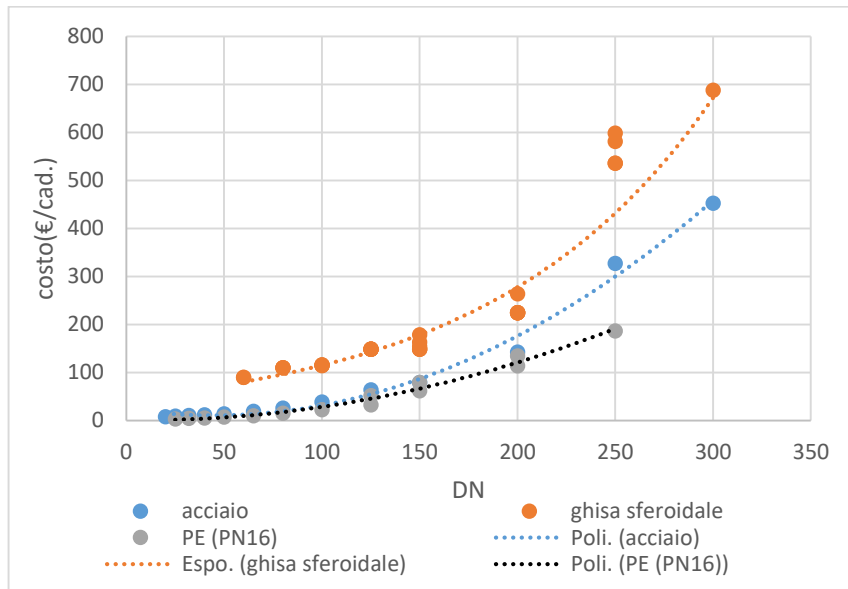


Grafico 3.13 – Relazione diametro nominale-costi per raccordi a T

- nel caso che il materiale costituente sia acciaio, l'indice di correlazione (diretta) vale 0,995 e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 0,0069 DN^2 - 0,6169 DN + 24,485 ;$$

- nel caso che il materiale costituente sia ghisa sferoidale, la correlazione è diretta ($R=0,963$) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 47,409 e^{0,0088 DN} ;$$

- nel caso che il materiale costituente sia polietilene, la correlazione è diretta ($R=0,992$) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 0,0032 DN^2 - 0,0496 DN + 0,685 .$$

Per i gomiti PN16, i cui dati sono riportati nelle tabelle U-V in appendice, lo studio dei dati ha portato ai seguenti risultati:

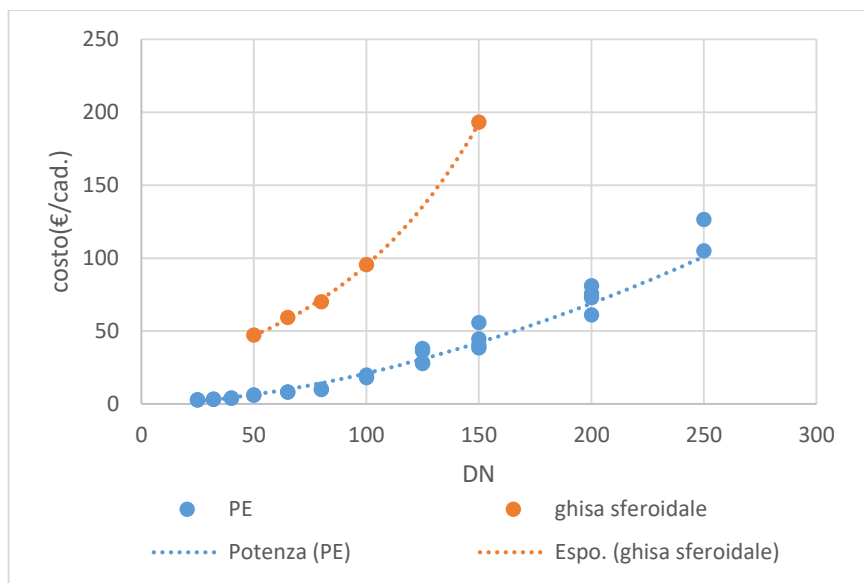


Grafico 3.14 – Relazione diametro nominale-costo per gomiti

- nel caso che il materiale costituente sia polietilene, la correlazione risulta diretta ($R=0,989$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,008DN^{1,7107} ;$$

- nel caso che il materiale costituente sia ghisa sferoidale, la correlazione risulta diretta ($R=0,999$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 23,294e^{0,0141DN}$$

Per le croci a quattro flange in ghisa sferoidale (tabella W in appendice), si è pervenuti al grafico e alla relazione seguenti:

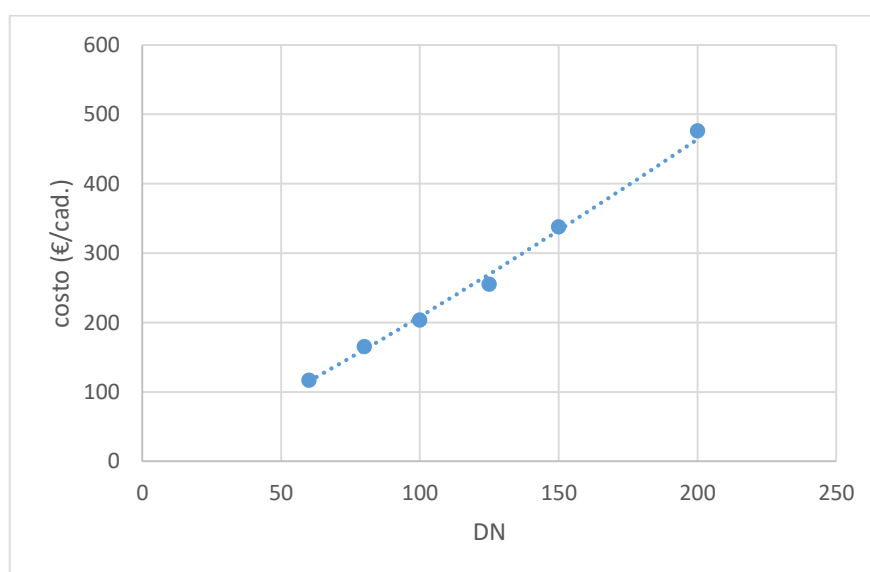


Grafico 3.15 – Relazione diametro nominale-costo per croci a quattro flange

dove la correlazione risulta essere diretta ($R=0,998$) e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 1,021 DN^{1,1549}.$$

Nel caso delle riduzioni (tabelle X-Y in appendice), l'analisi dei dati ha condotto ai seguenti risultati:

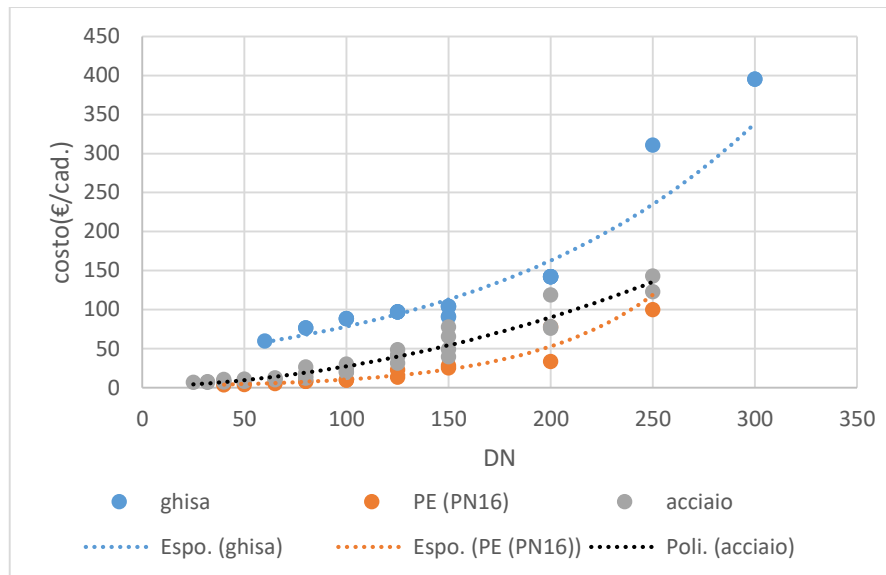


Grafico 3.16 – Relazione diametro nominale-costo per riduzioni

- nel caso di riduzioni in ghisa sferoidale, la correlazione è diretta ($R=0,961$) e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 37,709e^{0,0073DN};$$

- nel caso di riduzioni in polietilene, la correlazione è diretta ($R=0,976$) e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 2,069e^{0,0162DN};$$

- nel caso di riduzioni in acciaio, la correlazione è diretta ($R=0,967$) e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,0018 DN^2 + 0,0812DN + 0,9966.$$

3.5.Costo dei giunti

Per i giunti di vario tipo, i cui dati sono riportati in tabella Z in appendice, si è relazionato il costo al diametro nominale che li caratterizza, ottenendo, dall'analisi, il risultato seguente:

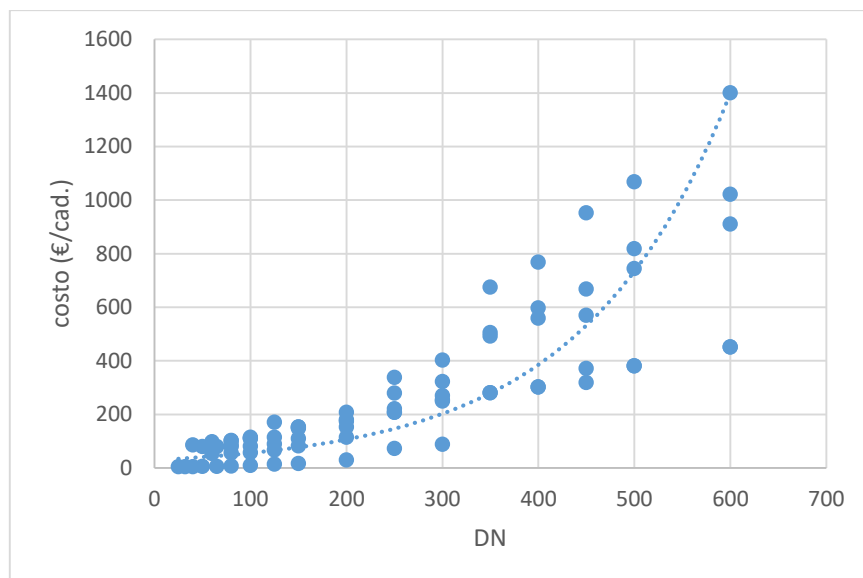


Grafico 3.17 – Relazione diametro nominale-costo per giunti

dove la correlazione risulta essere diretta ($R=0,796$) e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 29,24e^{0,0064DN}.$$

3.6.Costo delle valvole di fondo

Anche per le valvole di fondo (filtri), si è deciso di correlare il costo al diametro nominale, trovando funzioni diverse al variare della pressione nominale. Per valvole di fondo in ghisa, i cui dati sono riportati nelle tabelle AA-AB in appendice, si sono ottenute le seguenti relazioni:

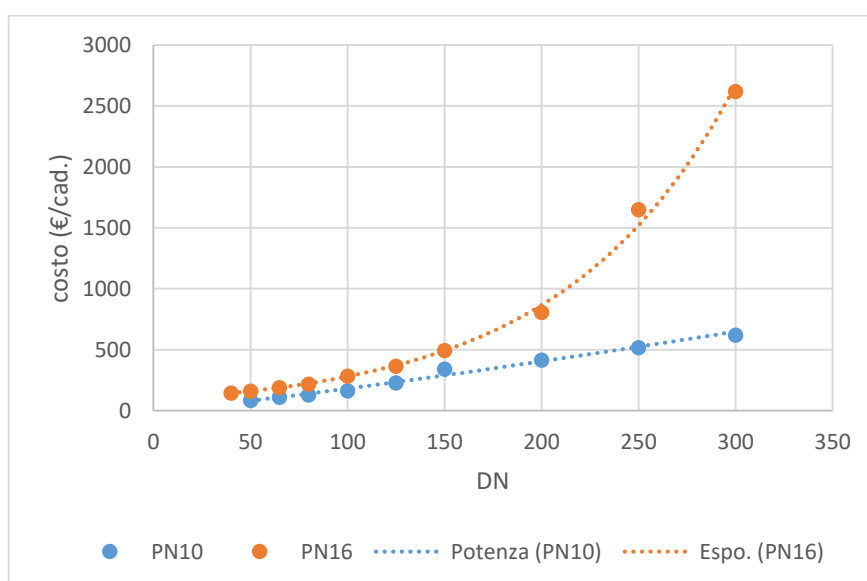


Grafico 3.18 – Relazione diametro nominale-costo per valvole di fondo

dove:

- per pressione nominale pari a 10 bar, la correlazione è diretta ($R=0,994$) e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,8488DN^{1,1637} ;$$

- per pressione nominale pari a 16 bar, la correlazione è diretta ($R=0,999$) e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 90,772e^{0,0113DN} .$$

3.7.Costo delle saracinesche

Nel caso delle saracinesche, per i dati riportati nelle tabelle AC÷AI in appendice si è deciso di relazionare il costo al diametro nominale, reperendo funzioni diverse al variare della pressione nominale. L'analisi dei dati ha condotto alle seguenti relazioni:

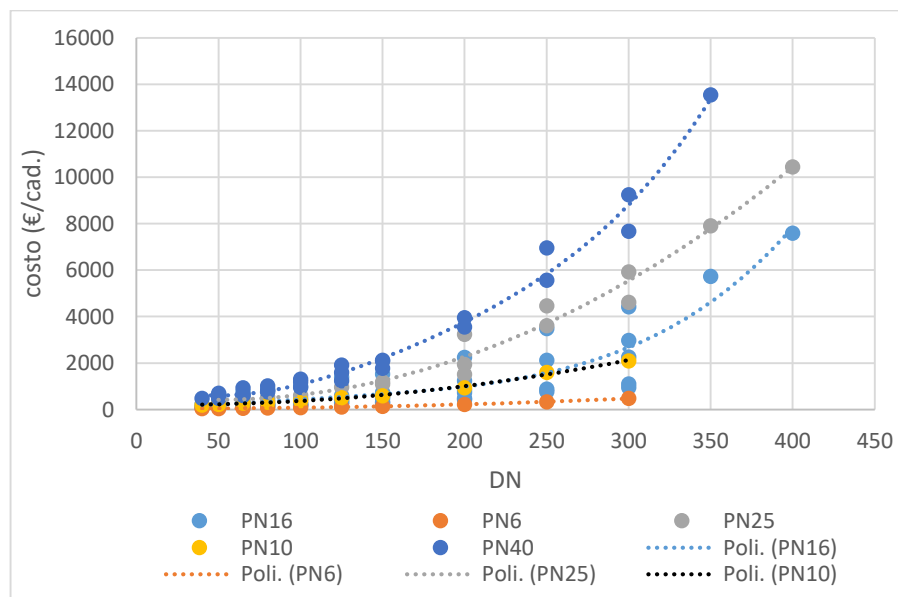


Grafico 3.19 – Relazione diametro nominale-costo per saracinesche

- per pressione nominale pari a 6 bar, la correlazione è diretta ($R=0,999$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,0054 DN^2 - 0,1989 DN + 42,893 ;$$

- per pressione nominale pari a 10 bar, la correlazione è diretta ($R=0,997$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,0238 DN^2 - 0,7549 DN + 204,25 ;$$

- per pressione nominale pari a 16 bar, la correlazione è diretta (R=0,9) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 6 * 10^{-7} DN^4 - 0,0002 DN^3 + 0,0267 DN^2 + 2,5023 DN + 50,268 ;$$

- per pressione nominale pari a 25 bar, la correlazione è diretta (R=0,988) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,0812 DN^2 - 7,9476 DN + 612,14$$

- per pressione nominale pari a 40 bar, la correlazione è diretta (R=0,993) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 2 * 10^{-6} DN^4 - 0,0013 DN^3 + 0,3891 DN^2 - 30,016 DN + 1278,7 .$$

3.8.Costo delle valvole

Anche per le valvole si è ritenuto opportuno correlare il costo al diametro nominale, cercando funzioni diverse in base alla pressione nominale e al tipo di valvole.

Per le valvole di regolazione e intercettazione (tabelle AJ-AK in appendice), l'analisi dei dati ha portato al grafico seguente:

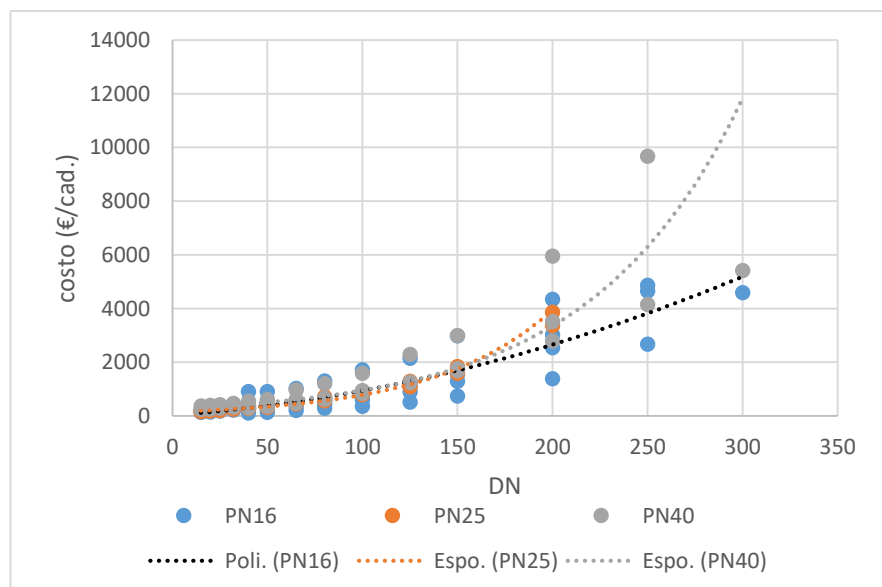


Grafico 3.20 – Relazione diametro nominale-costi per valvole di regolazione e intercettazione

dove:

- per pressione nominale pari a 16 bar, la correlazione è diretta ($R=0,898$) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 0,0406 DN^2 + 5,015 DN + 31,296 ;$$

- per pressione nominale pari a 25 bar, la correlazione è diretta ($R=0,99$) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 156,06e^{0,0162DN} ;$$

- per pressione nominale pari a 40 bar, la correlazione è diretta ($R=0,947$) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 269,42e^{0,0126DN} .$$

Nel caso delle valvole di ritegno (tabelle AL÷AN in appendice), si sono ottenuti i seguenti risultati:

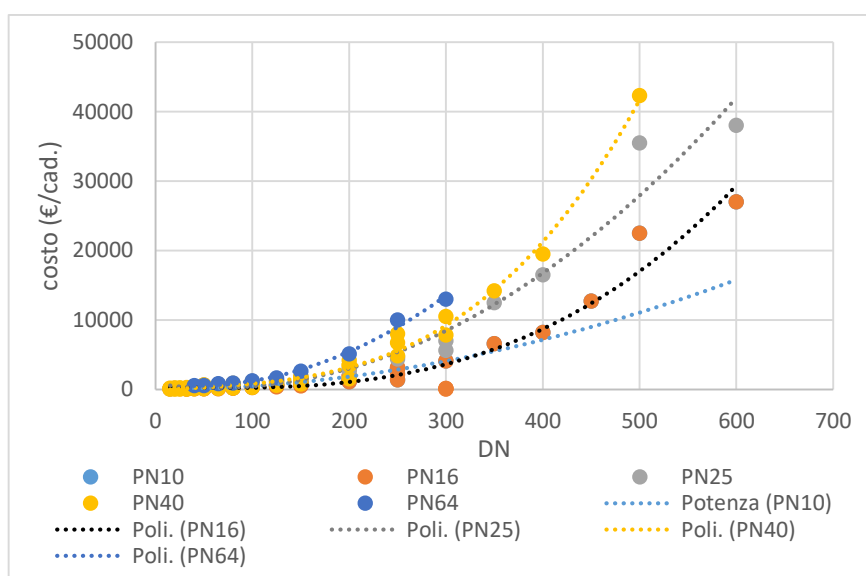


Grafico 3.21 – Relazione diametro nominale-costi per valvole di ritegno

- per pressione nominale pari a 10 bar, il valore dell'indice di correlazione (diretta) è pari a 0,963 e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 0,0589DN^{1,954} ;$$

- per pressione nominale pari a 16 bar, il valore dell'indice di correlazione (diretta) è pari a 0,816 e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 119,07e^{0,0095DN} ;$$

- per pressione nominale pari a 25 bar, il valore dell'indice di correlazione (diretta) è pari a 0,983 e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,1437 DN^2 - 17,554 DN + 775,49 ;$$

- per pressione nominale pari a 40 bar, il valore dell'indice di correlazione (diretta) è pari a 0,995 e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,0004 DN^3 - 0,05 DN^2 + 11,153 DN - 180,32 ;$$

- per pressione nominale pari a 64 bar, il valore dell'indice di correlazione (diretta) è pari a 0,996 e la curva ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 0,1917 DN^2 - 15,381 DN + 836,55 .$$

3.9.Costo dei rubinetti

Dalla correlazione del costo col diametro nominale, per i rubinetti si sono trovate relazioni diverse in base al tipo di rubinetto e alla pressione nominale.

Per i rubinetti (o valvole) a sfera, i cui dati sono riportati in tabella AO in appendice, l'analisi ha portato ai seguenti risultati:

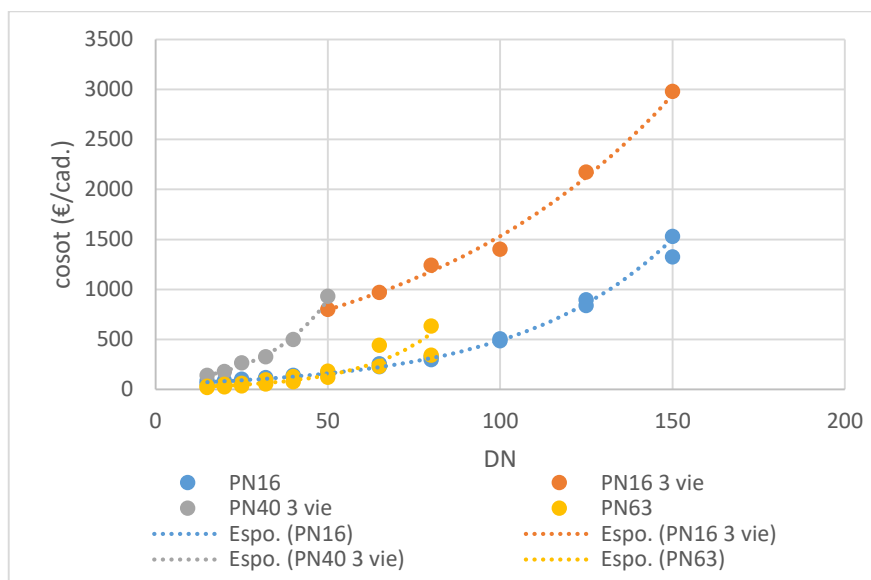


Grafico 3.22 – Relazione diametro nominale-costo per valvole a sfera

- nel caso di pressione nominale pari a 16 bar, la correlazione è diretta ($R=0,994$) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 51,598e^{0,0225DN} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 16 bar e per valvole a tre vie, la correlazione è diretta (R=0,995) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 415,14e^{0,0131DN} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 40 bar e per valvole a tre vie, la correlazione è diretta (R=0,996) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 63,437e^{0,0529DN} ;$$

- nel caso di pressione nominale pari a 63 bar, la correlazione è diretta (R=0,953) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 14,655e^{0,0455DN} .$$

Per i rubinetti (o valvole) a farfalla, l'analisi dei dati riportati nelle tabelle AP-AQ in appendice ha condotto al seguente grafico:

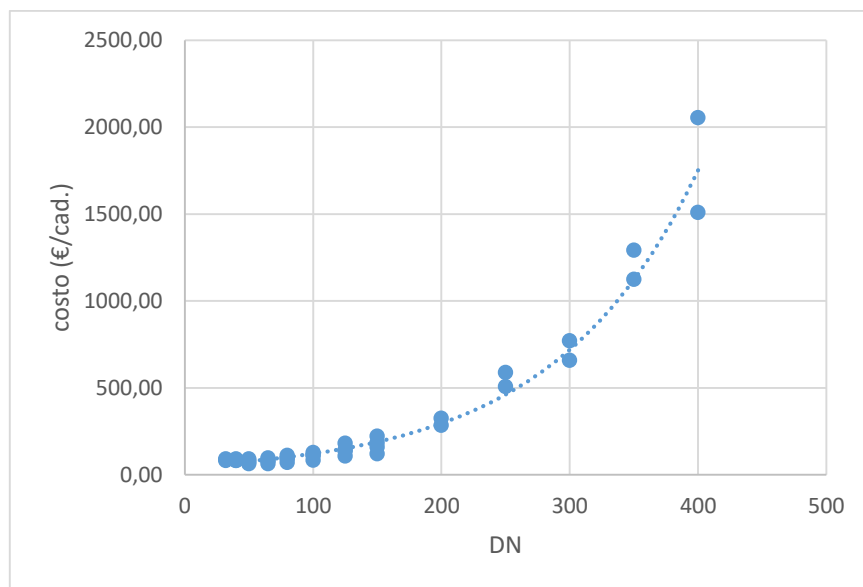


Grafico 3.23 – Relazione diametro nominale-costi per valvole a farfalla

dove, per una pressione nominale pari a 16 bar, la correlazione risulta essere diretta (R=0,98) e la linea di tendenza ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€/cad.}) = 49,784e^{0,0089DN} .$$

Per i rubinetti a maschio (tabella AR in appendice) si è giunti ai seguenti risultati:

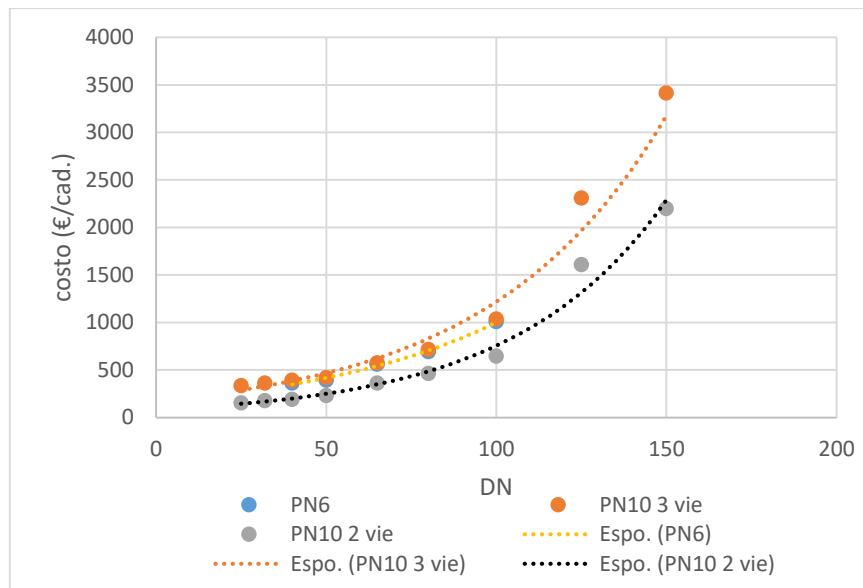


Grafico 3.24 – Relazione diametro nominale-costo per rubinetti a maschio

- per pressione nominale pari a 6 bar, la correlazione risulta essere diretta ($R=0,995$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 173,99e^{0,0175DN} ;$$

- per pressione nominale pari a 10 bar e per rubinetti a tre vie, la correlazione è diretta ($R=0,988$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 179,1e^{0,0192DN} ;$$

- per pressione nominale pari a 10 bar, la correlazione è diretta ($R=0,994$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€/cad.) = 82,59e^{0,0221DN} .$$

3.10.Costo delle pompe

In base ai dati delle pompe centrifughe multistadio verticali riportati in tabella AS in appendice, si è scelta la potenza, espressa in kilowatt, come parametro da correlare al costo, ottenendo il seguente grafico:

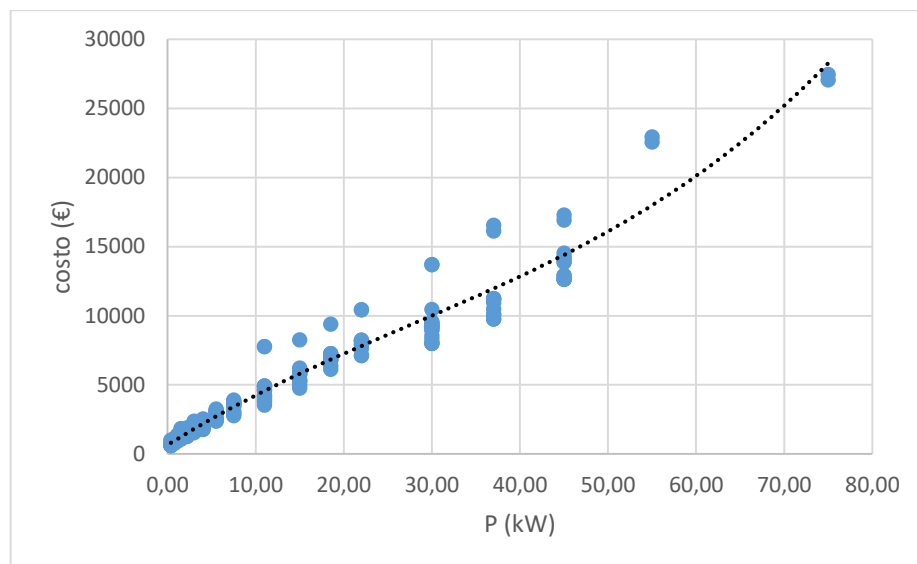


Grafico 3.25- Relazione potenza-costo per le pompe centrifughe verticali

La curva riportata risulta essere quella che meglio approssima i punti del grafico e ha equazione:

$$costo(€) = 0,0557P^3 - 4,5926P^2 + 399,44P + 652,83$$

con correlazione diretta in quanto l'indice di correlazione risulta pari a 0,978.

Come per le pompe verticali, anche per le pompe centrifughe monostadio orizzontali si è scelto di relazionare la potenza in kilowatt col costo della pompa. Dall'analisi dei dati riportati nelle tabelle AT÷AW in appendice si ottiene il grafico 3.26, dove la curva di best fitting dei dati segnata risulta avere equazione:

$$costo(€) = 191,52P + 1875,2$$

con indice di correlazione pari a 0,918, che indica la correlazione tra le due variabili è diretta.

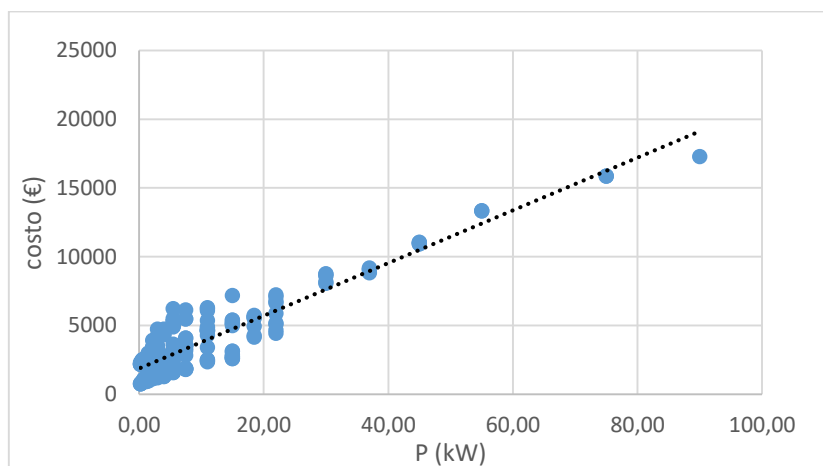


Grafico 3.26- Relazione potenza-costo per le pompe centrifughe orizzontali

3.11. Costo dei sistemi di accumulo

Per i serbatoi di acciaio, i cui dati sono riportati nelle tabelle AX÷BA in appendice, si è relazionato il costo alla sua capacità in litri. L'analisi dei dati ha portato al seguente grafico:

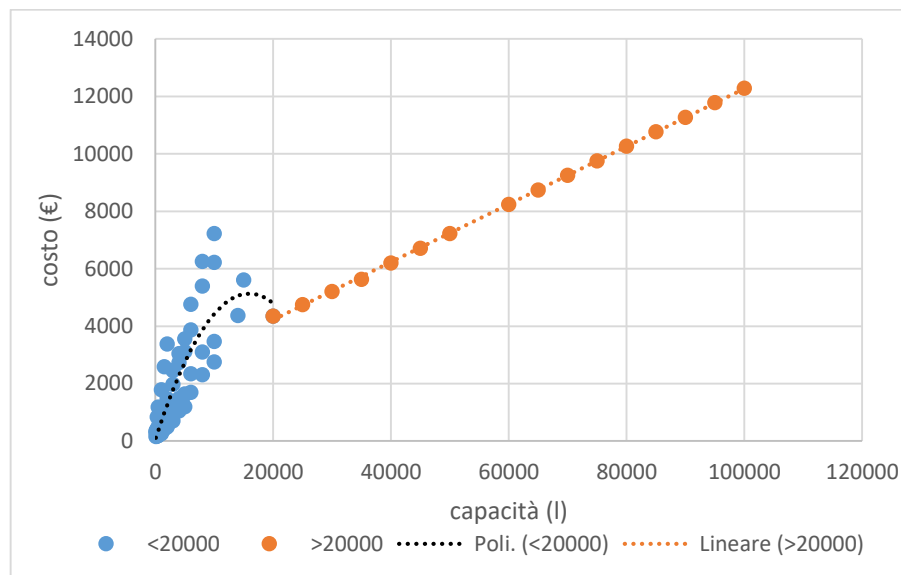


Grafico 3.27 – Relazione capacità-costi per serbatoio in acciaio

dove:

- per capacità minori di 20000 litri, la correlazione è diretta ($R=0,854$) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€}) = -2 * 10^{-5}V^2 + 0,6371V + 51,382 ;$$

- per capacità superiori al 20000 litri, la correlazione è diretta ($R=0,999$) e la curva ha equazione:

$$\text{costo}(\text{€}) = 0,1006V + 2209,7 .$$

Per i serbatoi sopraelevati in acciaio e cemento armato, i costi sono dell'ordine dei 400-500 €/m³, come riportato nel sito web della Hoepli (www.manualihoepli.it/media/doc/pr162.pdf).

Per le autoclavi in acciaio (tabelle BB-BC in appendice) si è adottata sempre la capacità come variabile correlata al costo, differenziando le relazioni in base alla pressione massima di esercizio.

L'analisi dei dati ha prodotto i seguenti risultati:

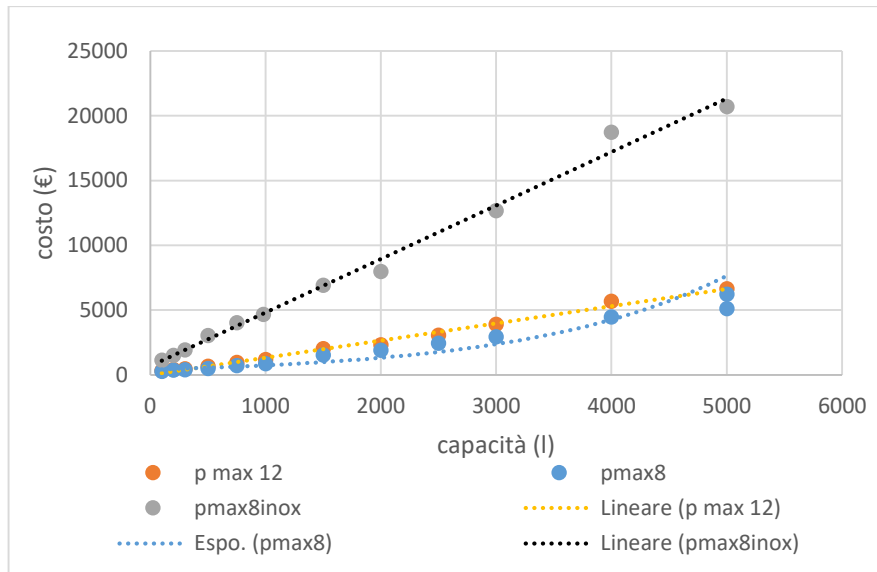


Grafico 3.28 – Relazione capacità-costo per autoclavi

- per pressione massima di esercizio pari a 8 bar, la correlazione è diretta ($R=0,961$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€) = 410,57e^{0,0006V} ;$$

- per pressione massima di esercizio pari a 12 bar, la correlazione è diretta ($R=0,996$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€) = 1,3278V - 3,7534 ;$$

- per pressione massima di esercizio pari a 8 bar e autoclave in acciaio inox, la correlazione è diretta ($R=0,996$) e la linea di tendenza ha equazione:

$$costo(€) = 4,1313V + 684,52 .$$

CAPITOLO 4

Esempio di dimensionamento

In questo capitolo si vuole affrontare il dimensionamento di un impianto idrico industriale, andando a stimarne i costi finali utilizzando le relazioni trovate nel capitolo precedente.

Si ipotizzi di avere una rete di distribuzione, il cui schema è riportato nella figura sottostante, che deve alimentare le utenze con portate e pressioni riportate nelle tabelle 4.1 e 4.2.

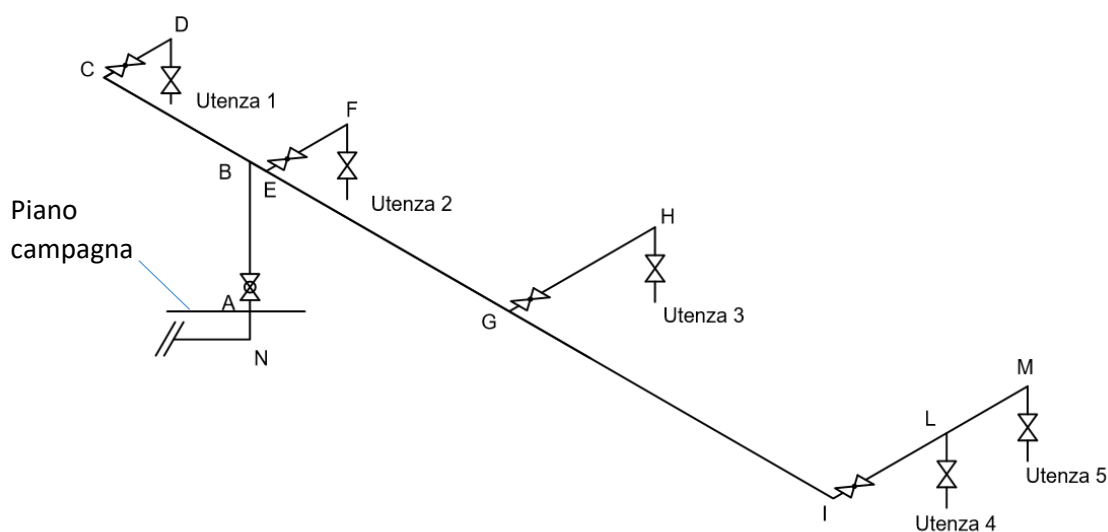


Figura 4.1

Utenza	Pressione richiesta (bar)
1	6
2	4
3	7
4	2
5	3

Tab. 4.1- Pressioni richieste dalle utenze

	Portata richiesta (m ³ /h)				
	Utenza 1	Utenza 2	Utenza 3	Utenza 4	Utenza 5
0-6	10	40	0	14	5
6-12	0	20	10	18	30
12-18	30	30	30	30	10
18-24	10	35	0	10	5

Tab. 4.2- Portate richieste dalle utenze nelle varie fasce di ore lavorative

Siano note, inoltre, le lunghezze delle condotte (tab. 4.3) e i tipi di raccordi e valvole presenti nell'impianto: in particolare, sono presenti curve strette a 90° nei punti C e I, curve brusche a 90° nei punti D, F, H e M, raccordi a T in B, E, G e L, saracinesche nei pressi di ogni utenza, valvole a globo all'inizio di ogni ramo e una valvola a sfera nel tratto A-B.

Tratto	L (m)
A-B	8
B-C	10
C-D	3
B-E	1
E-F	5
E-G	15
G-H	9
G-I	20
I-L	7
L-M	5

Tab. 4.3

4.1. Calcolo dei diametri delle tubazioni

Il calcolo del diametro delle tubazioni è stata effettuato attraverso la formula

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

avendo posto una velocità ammissibile pari a 2 m/s, mentre i valori di portata usati sono stati ricavati dalla tabella 2 andando a trovare i valori massimi delle portate fluenti nel tratto di tubo considerato. I valori trovati, come già detto, sono poi stati approssimati ai valori dei diametri interni immediatamente maggiori della serie dei diametri nominali (tabella BD in appendice, nell'ipotesi di uso di tubi in acciaio). Si è infine calcolato il valore della velocità effettiva in quanto il diametro non è esattamente quello che garantisce i 2 m/s. Si è ottenuto:

Tratto	Q (m³/h)	D (m)	DN	D(mm)	v (m/s)
A-B	130	0,15162	150	158,3	1,835
B-C	30	0,07284	80	80,9	1,621
C-D	30	0,07284	80	80,9	1,621
B-E	100	0,13298	150	158,3	1,411
E-F	40	0,0841	100	105,3	1,276
E-G	70	0,11126	125	129,7	1,472
G-H	30	0,07284	80	80,9	1,621
G-I	48	0,09213	100	105,3	1,531
I-L	48	0,09213	100	105,3	1,531
L-M	30	0,07284	80	80,9	1,621

4.2. Individuazione dell'utenza più sfavorevole

Per la determinazione dell'utenza più sfavorevole, è necessario conoscere l'entità le perdite di carico. Queste, essendo proporzionali alla velocità, e quindi alla portata, saranno di maggior entità nel caso in cui la portata fluente totale risulta massima, ovvero nella fascia oraria 12-18.

Per quanto riguarda le *perdite di carico distribuite*, esse sono state calcolate grazie alle formule relative viste nel capitolo 2 (in particolare la formula di Darcy-Weisbach), considerando di aver tubi di acciaio con un valore di scabrezza assoluta $\epsilon=0,07$ mm. Si sono assunti valori di viscosità dinamica dell'acqua μ , di densità dell'acqua ρ e di accelerazione di gravità g pari rispettivamente a $1,001 \cdot 10^{-3}$ Pa s, 1000 kg/m^3 e $9,81 \text{ m/s}^2$. Il coefficiente di attrito λ è stato, infine, calcolato utilizzando il diagramma di Moody. Si è ricavato:

tratto	D(mm)	v (m/s)	Re	ϵ/D	λ	$\lambda v^2/(2Dg)$ (m/m)	L(m)	h_d (m)
A-B	158,3	1,835	290159	0,000442	0,018	0,0195	8	0,1561
B-C	80,9	1,621	131022,6	0,000865	0,0212	0,0351	10	0,351
C-D	80,9	1,621	131022,6	0,000865	0,0212	0,0351	3	0,1053
B-E	158,3	1,411	223199,2	0,000442	0,01832	0,0117	1	0,0117
E-F	105,3	0,957	100662,2	0,000665	0,021	0,0093	5	0,0465
E-G	129,7	1,472	190691,6	0,00054	0,0191	0,0163	15	0,2439
G-H	80,9	1,621	131022,6	0,000865	0,0212	0,0351	9	0,3159
G-I	105,3	1,276	134216,3	0,000665	0,02	0,0158	20	0,3152
I-L	105,3	1,276	134216,3	0,000665	0,02	0,0158	7	0,1103
L-M	80,9	0,54	43674,21	0,000865	0,024	0,0044	5	0,0221

A queste vanno sommate le perdite di carico distribuite che si verificano tra le curve e le utenze, nell'ipotesi che la lunghezza sia pari a 4 metri per ogni utenza, le cui entità sono:

tratto	h_d (m)
D-Ut. 1	0,1404
F-Ut. 2	0,0372
H-Ut. 3	0,1404
L-Ut. 4	0,1404
M-Ut. 5	0,0177

Le *perdite di carico concentrate*, invece, sono state determinate andando a ricavare le lunghezze di tubo equivalenti, corrispondenti alle accidentalità presenti in determinati punti, dalla tabella riportata nel capitolo 2, ottenendo:

Accidentalità	Punti	L_{eq} (m)	$\lambda v^2/(2Dg)$ (m/m)	h_c (m)
Curva stretta a 90°	C	2,5	0,0351	0,0878
	I	3,2	0,0158	0,0504
Curva brusca a 90°	D	5,5	0,0351	0,1931
	F	7	0,0093	0,0652
	H	5,5	0,0351	0,1931
	M	5,5	0,0044	0,0243
T	B	15	0,0195	0,2927
	E	15	0,0117	0,1762
	G	13	0,0163	0,2113
	L	10	0,0158	0,1576
saracinesca	utenza 1	0,5	0,0351	0,0176
	utenza2	0,7	0,0093	0,0065
	utenza 3	0,5	0,0351	0,0176
	utenza 4	0,5	0,0351	0,0176
	utenza 5	0,5	0,0044	0,0022
valvola a globo	tratto C-D	28	0,0351	0,9829
	tratto E-F	35	0,0093	0,3258
	tratto G-H	28	0,0351	0,9829
	tratto I-L	28	0,0158	0,4412
valvola a sfera	tratto A-B	0,5	0,0195	0,0098

dove i termini della terza colonna sono noti dal calcolo delle perdite di carico distribuite.

Sommando i vari contributi delle perdite di carico relative ai tratti percorsi dall'acqua per il raggiungimento dell'utenza specifica dal punto A e andando a calcolare per ognuna di esse la somma dei termini geodetici, cinetici e di pressione dell'equazione di Bernoulli, si ottiene:

Utenza	h_c+h_d(m)	h(m)	p/(ρg) (m)	v²/(2g) (m)	totale (m)
1	2,3365	4	61,1621	0,134	67,633
2	1,1277	4	40,7747	0,0467	45,949
3	2,7516	4	71,3558	0,134	78,241
4	2,3344	4	20,3874	0,134	26,856
5	2,2427	4	30,581	0,0149	36,839

Come si può vedere, l'utenza 3 risulta essere la più sfavorevole in quanto richiede un'energia maggiore per far arrivare l'acqua alle condizioni di pressione e velocità richieste.

4.3. Configurazione dell'impianto a monte della rete di distribuzione

Da quanto visto nei capitoli precedenti, la scelta della presenza di sistemi di accumulo dipende dall'aspetto del diagramma di richiesta giornaliera. Sulla base dei dati riportati in tabella 4.2, il diagramma si presenta come in figura 4.2:

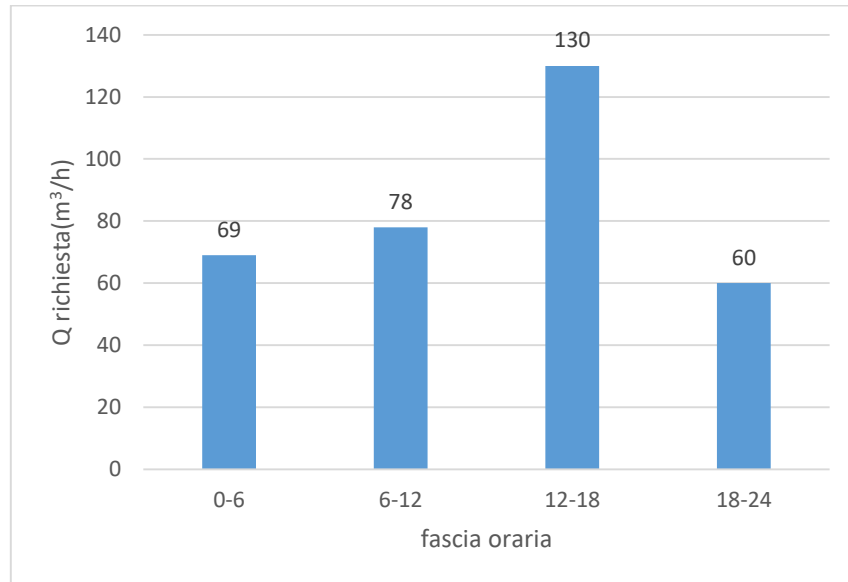


Figura 4.2 -Diagramma di richiesta giornaliera

A primo impatto, data l'irregolarità esibita, risulta conveniente, volendo scartare l'ipotesi di uso di un'autoclave, la presenza di un serbatoio sopraelevato.

Il valore della portata massima richiesta, come visibile in figura 4.2, è pari a 130 m³/h, mentre la portata media risulta pari al consumo giornaliero, pari a $V_{TOT}=6*(69+78+130+60) = 2022 \text{ m}^3$, diviso per le ore lavorative (in questo caso sono 24), ottenendo una $Q_{media}=84,25 \text{ m}^3/\text{h}$.

Il rapporto fra questi due valori dà: $k = \frac{Q_{max}}{Q_{media}} = \frac{130 \text{ m}^3/\text{h}}{84,25 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,54$, che dà prova di una irregolarità non elevatissima, ma comunque significativa.

La scelta dell'uso del serbatoio sopraelevato, tuttavia, andrebbe verificata in quanto potrebbe non essere quella più vantaggiosa dal punto di vista economico, come visto nel paragrafo dedicato nel capitolo 2.

Nell'ipotesi che sia la soluzione più conveniente, si assuma, dopo quanto detto, che a monte della rete di distribuzione l'impianto si presenti secondo lo schema riportato in figura 4.3, il quale presenza curve larghe a 90° in corrispondenza di N, O, Q e R, un filtro in S, una valvola di

non ritorno a clapet nel tratto S-R, una valvola di non ritorno a clapet e due saracinesche nel tratto Q-R, nel quale è installata la pompa, e le seguenti caratteristiche geometriche:

tratto	L(m)
A-N	1,5
N-O	30
Q-R	40
R-S	2,5

Si assuma, ancora, che la distanza tra il piano campagna e il pelo libero dell'acqua sia pari a 3,5 metri.

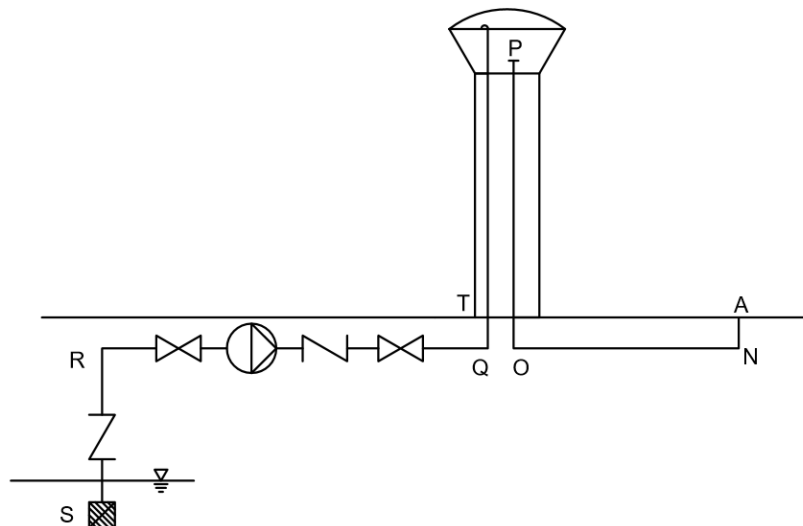


Figura 4.3

4.3.1. Dimensionamento del serbatoio sopraelevato

Calcolando i volumi cumulativi richiesti dalle utenze, i volumi cumulativi di acqua versati dalla pompa nel serbatoio e facendo la differenza tra i secondi e i primi, si ottiene la seguente tabella:

ore	$V^{CUM}_{UT} (m^3)$	$V^{CUM}_P (m^3)$	$\Delta V (m^3)$
0-6	414	505,5	91,5
6-12	882	1011	129
12-18	1662	1516,5	-145,5
18-24	2022	2022	0

Il volume minimo che il serbatoio deve avere per far fronte alle richieste si ottiene facendo la differenza tra il ΔV massimo e il minimo, ottenendo:

$$V_{serb} = \Delta V_{max} - \Delta V_{min} = 274,5 \text{ m}^3$$

Senza tenere conto di eventuali riserve idriche per l'impianto antincendio, ma considerando un certo margine di sicurezza per eventuali richieste non previste e un certo volume libero, si decide di adottare un serbatoio sopraelevato di volume pari a 300 m^3 .

Si deve ora procedere al calcolo dell'altezza del serbatoio utilizzando le formule viste nel paragrafo dedicato. Si devono calcolare, pertanto, le perdite di carico tra l'utenza più sfavorita e il punto (1') che sta alla stessa altezza dell'utenza considerata, rispetto al piano campagna, sul tratto O-P. A tal fine, essendo già note le perdite tra il punto A e l'utenza 3, sarà necessaria la determinazione delle perdite dal punto A al punto sopraccitato, calcolabili poiché note le lunghezze in gioco.

Le perdite di carico distribuite risultano computabili grazie al valore di $\lambda v^2/(2Dg)$ già calcolato per il tratto A-B moltiplicato per la distanza tra A e 1', pari a 37 metri, ottenendo un valore pari a 0,722 metri.

Le perdite di carico concentrate, invece, sono state determinate, come fatto in precedenza, andando a ricavare i valori delle lunghezze di tubo equivalenti corrispondenti alle accidentalità presenti. In particolare:

Accidentalità	Punti	$L_{eq} \text{ (m)}$	$\lambda v^2/(2Dg) \text{ (m/m)}$	$h_c \text{ (m)}$
curva larga a 90°	N	3	0,0195	0,1171
	O	3	0,0195	0,1171

Oltre ai termini già calcolati, ai termini a numeratore della formula per il calcolo dell'altezza del serbatoio si devono aggiungere delle perdite concentrate dovute all'imbocco brusco da serbatoio: a tali perdite corrisponde una lunghezza equivalente pari a 2,5 metri, che, moltiplicata per il valore di $\lambda v^2/(2Dg)$ del tratto A-B, aggiunge circa altri 0,05 metri di colonna d'acqua. Inserendo i valori di Q, D e λ del tratto A-B nella formula si ottiene:

$$h_{serb} = \frac{\frac{v_{UT3}^2}{2g} + \frac{p_{UT3}}{\rho g} + h_{UT3} \left(1 - \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \frac{Q^2}{D^3}\right) + \Sigma h_{diss\ 1'-A} + h_{c\ imbocco}}{\left(1 - \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \frac{Q^2}{D^3}\right)} = 79,2 \text{ m}$$

Per semplicità, tale valore viene arrotondato a 80 m.

4.3.2. Calcolo del diametro della tubazione a monte del serbatoio

La portata sollevata dalla pompa dalla fonte al serbatoio è costante e pari alla portata media, ovvero 84,25 m³/h. Ipotizzando, anche per questo tratto di tubazione, che la velocità ammissibile sia pari a 2 m/s, dall'equazione di continuità risulta un diametro pari a 0,122 m, che viene approssimato al valore DN125. L'approssimazione a questo valore della serie dei diametri nominali comporta che la velocità reale dell'acqua sia pari a 1,77 m/s.

4.3.3. Calcolo della prevalenza e della potenza della pompa

Per il calcolo della prevalenza della pompa è indispensabile calcolare l'energia dissipata nel percorso che va dal filtro in S fino al serbatoio.

Ripetendo i calcoli visti nei casi precedenti, le perdite distribuite risultano essere:

tratto	D(mm)	v (m/s)	Re	ϵ/D	λ	$\lambda v^2/(2Dg)$ (m/m)	L(m)	h_d (m)
S- serb.	129,7	1,77	229511	0,00054	0,019	0,0234	126	2,9518

avendo considerato una lunghezza del tubo di carico di 2 metri superiore rispetto al tubo di presa.

Per le perdite di carico concentrate, si sono considerate i seguenti valori per le varie accidentalità:

Accidentalità	Punti	L_{eq} (m)	$\lambda v^2/(2Dg)$ (m/m)	h_c (m)
curva larga a 90°	Q	2,6	0,0234	0,0609
	R	2,6	0,0234	0,0609
2 valvole di ritegno	tratto Q-R	50	0,0234	1,1713
2 saracinesche	tratto Q-R	1,7	0,0234	0,0398
filtro	S	2,2	0,0234	0,0515

Sommando, le perdite di carico totali risultano essere pari a 4,34 metri di colonna d'acqua.

Applicando, a questo punto, l'equazione di Bernoulli tra il pelo libero dell'acqua e l'altezza del serbatoio, tenendo conto che in entrambi i termini la pressione è pari alla pressione atmosferica e la velocità del fluido è nulla, risulta nota la prevalenza della pompa:

$$h = h_{serb} - h_{pelo\ libero} + h_{diss\ S-serb} = 80 - (-3,5) + 4,34 = 87,84\ m.$$

Assumendo un rendimento η della pompa pari al 70%, la potenza assorbita dalla pompa risulterà essere:

$$P_{ass} = \frac{\rho Q g h}{\eta} = 28,81 \text{ kW}.$$

4.4. Calcolo del costo dell'impianto

Per la stima del costo dell'impianto, si sono usate le relazioni descritte nel capitolo 3.

Si è deciso di utilizzare, per la rete di distribuzione, tubi in acciaio ed elementi aventi pressione nominale pari a 16 bar. Si è supposto di adottare l'uso di flange piane a saldare per la giunzione tra tubi e filtro, pompa, valvole e saracinesche, con rispettive guarnizioni, mentre per le curve, raccordi a T e riduzioni si è ipotizzata una giunzione per saldatura.

I costi stimati dei tubi risultano essere:

DN	ϕ int(mm)	L(m)	€/m	costo (€)
80	80,9	43	20,88	898,02
100	105,3	36	29,42	1059,17
125	129,7	141	39,24	5532,39
150	158,3	122	52,32	6383,32

mentre per gli altri componenti:

	DN	Quantità	costo (€)
Curve	80	4	59,19
	100	2	44,95
	125	2	71,8
	150	2	110,64
T	100	1	31,795
	125	1	55,185
	150	2	174,4
Riduzioni	100	2	54,23
	125	2	78,54
	150	3	161,03
Flange	80	12	771,78
	100	6	579,52
	125	11	1617,58
	150	2	417,53
Guarnizioni	80	12	30,18
	100	6	17,53
	125	11	38,77
	150	2	8,5

Saracinesche	80	4	1374,03
	100	1	427,5
	125	2	1072,2
Valvole a globo	80	3	2077,01
	100	1	938,8
Valvole a sfera	150	1	1507,91
Valvole di non ritorno	125	2	780,83
Filtro	125	1	372,73

Per quanto riguarda la pompa, data la configurazione dell'impianto è necessario utilizzarne una ad asse orizzontale, il cui costo indicativo, nota la potenza assorbita, risulta pari a:

$$\text{costo pompa}(\text{€}) = 191,52 * 28,81 + 1875,2 = 7392,5 \text{ €}.$$

Nell'ipotesi di serbatoio sopraelevato in acciaio di capacità pari a 300 m³, la spesa indicativa per l'acquisto risulta:

$$\text{costo serbatoio} = 400 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 300 \text{m}^3 = 120.000 \text{ €}.$$

Così configurato, l'impianto avrà un costo totale pari a circa 154.140 €.

Volendo calcolarne il costo annuo, si ipotizzi un tasso di interesse i pari al 10% e un periodo di tempo, n , di 8 anni per l'ammortamento, mentre si consideri un uso dell'impianto per 24 ore al giorno per 365 giorni l'anno e un costo dell'energia elettrica pari a 0,2 €/kWh.

La spesa annua per l'energia elettrica risulterà ammontare a:

$$E_{\text{elettrica}} = 0,2 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * 28,81 \text{kW} * 24 \frac{\text{h}}{\text{gg}} * 365 \frac{\text{gg}}{\text{anno}} = 50471,52 \text{ €/anno}$$

mentre il costo all'anno dell'impianto idrico risulterà:

$$C_{\text{impianto}} = \frac{(1 + 0,1)^8 * 0,1}{(1 + 0,1)^8 - 1} * 154140 \text{€} = 28892,54 \text{ €/anno}.$$

Da quanto visto, ne consegue un costo totale annuo pari a 79364,06 €.

CONCLUSIONI

Grazie ai concetti e ai contenuti visti, l'elaborato ha posto le basi per poter scegliere tutti gli elementi componenti un impianto idrico industriale, andando anche a fornire i criteri di scelta della sua configurazione sulla base di considerazioni basate sul quantitativo di acqua richiesto e sulla base di considerazioni di convenienza economica.

Tali concetti, inoltre, sono applicabili non solamente a impianti idrici ad uso industriale, ma anche a impianti idrici antincendio e residenziali, mettendo così in rilievo come il campo di applicabilità di quanto visto possa essere esteso al di fuori dell'area del solo impianto per l'acqua utilizzata per i processi produttivi.

Si è visto, ancora, come si possano ottenere delle funzioni, variabili per ogni componente di un impianto idrico, che consentono di calcolare il costo approssimativo di un elemento a partire dalle sue caratteristiche tecniche, potendo così stimare il costo totale di un impianto idrico nota che sia la sua configurazione.

Per tali funzioni, si è evidenziato come il costo finale sia il prodotto di un'influenza di più variabili, distinguendo quindi relazioni diverse al variare dei parametri considerati.

BIBLIOGRAFIA

- Monte A., *Elementi di impianti industriali vol.2*, Edizioni libreria Cortina Torino, 2009, IV edizione
- Pareschi A., *Impianti meccanici per l'industria*, Società editrice Esculapio, ristampa 10/2012
- Ventrone G., *Macchine per allievi ingegneri*, Libreria internazionale Cortina Padova, 2006, II edizione

APPENDICE

Tab. A- Dati tubi in acciaio zincati senza saldature filettabili PN16 (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Ø est (mm)	spessore (mm)	Ø int (mm)	costo (€/m)
21,3	2,3	16,7	5,3
26,9	2,3	22,3	5,8
33,7	2,9	27,9	8,3
42,4	2,9	36,6	10,5
48,3	2,9	42,5	11,8
60,3	3,2	53,9	16
76,1	3,2	69,7	20,8
88,9	3,6	81,7	27,9
114,3	4	106,3	39,6

Tab. B- Dati tubi in acciaio zincati saldati PN10 (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Ø est (mm)	spessore(mm)	Ø int (mm)	costo (€/m)
21,3	2,3	16,7	2,7
26,9	2,6	21,7	3,3
33,7	2,6	28,5	4,8
42,4	2,9	36,6	6,1
48,3	2,9	42,5	6,9
60,3	3,2	53,9	9,5
76,1	3,2	69,7	12,3
88,9	3,6	81,7	16,4
114,3	3,6	107,1	23

Tab. C- Dati tubi in acciaio neri senza saldatura filettabili PN16 (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Ø est (mm)	spessore (mm)	Ø int (mm)	costo (€/m)
21,3	2,3	16,7	3,37
26,9	2,6	21,7	4,14
33,7	2,6	28,5	6,25
42,4	2,9	36,6	7,72
48,3	2,9	42,5	9,4
60,3	3,2	53,9	13,3
76,1	3,2	69,7	16,6
88,9	3,6	81,7	21,7
114,3	4	106,3	34

Tab. D- Dati tubi in acciaio neri con saldatura filettabili PN10 (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Ø est (mm)	spessore (mm)	Ø int (mm)	costo (€/m)
21,3	2,3	16,7	2,5
26,9	2,6	21,7	3,1
33,7	2,6	28,5	4,6
42,4	2,9	36,6	6,2
48,3	2,9	42,5	6,8
60,3	3,2	53,9	9,8
76,1	3,2	69,7	11,5
88,9	3,6	81,7	15,5
114,3	3,6	107,1	22

Tab. E- Dati tubi in acciaio inossidabile AISI304 saldati PN10 (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Ø est (mm)	spessore (mm)	Ø int (mm)	costo (€/m)
21,3	2	17,3	9,7
26,9	2	22,9	11,9
33,7	2	29,7	14,5
42,4	2	38,4	17,9
48,3	2	44,3	20,4
60,3	2	56,3	25,3
76,1	2	72,1	33,8
88,9	2	84,9	37,5
114,3	2	110,3	48,5
139,7	2	135,7	59,7
168,3	2	164,3	73,9
219,1	2	215,1	93,8
273,1	2	269,1	123,6
323,9	3	317,9	222

Tab. F- Dati tubi in acciaio bitumati esternamente con saldatura PN10 (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Ø est (mm)	spessore (mm)	Ø int (mm)	costo (€/m)
48,3	2,6	43,1	10,23
60,3	2,9	54,5	12,63
76,1	2,9	70,3	16,03
88,9	2,9	83,1	18,42
114,3	3,2	107,9	23,71

139,7	3,6	132,5	31,56
168,3	4	160,3	40,94
219,1	5	209,1	65,67
273,1	5,6	261,9	92,11
323,9	5,9	312,1	118,04
355,6	6,3	343	142,6
406,4	6,3	393,8	162,9
457,2	6,3	444,6	189,86
508	6,3	495,4	211,18
609,6	6,3	597	305,65

Tab. G- Dati tubi in acciaio bitumati esternamente senza saldatura PN16 (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Ø est (mm)	spessore (mm)	Ø int (mm)	costo (€/m)
48,3	2,6	43,1	11,66
60,3	2,9	54,5	12,63
76,1	2,9	70,3	16,03
88,9	3,2	82,5	18,42
114,3	4	106,3	23,71
139,7	4,5	130,7	31,56
168,3	4,5	159,3	40,94
219,1	5,6	207,9	65,67
273,1	6,3	260,5	115,74
323,9	7,1	309,7	175,62
355,6	7,1	341,4	186,2
406,4	8	390,4	213,48
457,2	8	441,2	250,89
508	8,8	490,4	304,75
609,6	10	589,6	426,57

Tab. H- Dati tubi in polietilene (PE) di produzione Picenumplast (listino prezzi reperibile al sito www.picenumplast.com)

Ø est (mm)	spessore (mm)	Ø int (mm)	PN(bar)	costo (€/m) barre	costo(€/m) rotoli
20	1,6	16,8	10	-	0,57
25	1,6	21,8	10	-	0,7
32	2	28	10	-	1,06
40	2,4	35,2	10	-	1,61
50	3	44	10	2,34	2,34
63	3,8	55,4	10	3,73	3,73
75	4,5	66	10	5,27	5,27
90	5,4	79,2	10	7,57	7,57

110	6,6	96,8	10	11,27	11,27
125	7,4	110,2	10	13,81	-
140	8,3	123,4	10	17,33	-
160	9,5	141	10	21,94	-
180	10,7	158,6	10	29,43	-
200	11,9	176,2	10	34,18	-
225	13,4	198,2	10	46,05	-
250	14,8	220,4	10	53,14	-
280	16,6	246,8	10	70,89	-
315	18,7	277,6	10	84,53	-
355	21,1	312,8	10	114,29	-
400	23,7	352,6	10	135,94	-
450	26,7	396,6	10	182,94	-
500	29,7	440,6	10	226,08	-
560	33,2	493,6	10	283,2	-
630	37,4	555,2	10	358,68	-
20	2	16	16	-	0,61
25	2,3	20,4	16	-	0,92
32	3	26	16	1,54	1,43
40	3,7	32,6	16	2,42	2,18
50	4,6	40,8	16	3,69	3,32
63	5,8	51,4	16	5,83	5,25
75	6,8	61,4	16	7,33	7,55
90	8,2	73,6	16	10,64	10,97
110	10	90	16	15,74	16,22
125	11,4	102,2	16	20,39	-
140	12,7	114,6	16	25,44	-
160	14,6	130,8	16	32,35	-
180	16,4	147,2	16	43,45	-
200	18,2	163,6	16	50,45	-
225	20,5	184	16	67,83	-
250	22,7	204,6	16	78,53	-
280	25,4	229,2	16	104,55	-
315	28,6	257,8	16	124,56	-
355	32,2	290,6	16	168,05	-
400	36,3	327,4	16	200,78	-
450	40,9	368,2	16	262,15	-
500	45,4	409,2	16	323,48	-
560	50,8	458,4	16	405,26	-
630	57,2	515,6	16	513,46	-
20	3	14	25	-	0,87
25	3,5	18	25	-	1,28
32	4,4	23,2	25	2,15	1,99
40	5,5	29	25	3,36	3,02
50	6,9	36,2	25	5,23	4,7

63	8,6	45,8	25	8,2	7,38
75	10,3	54,4	25	10,49	11,66
90	12,3	65,4	25	15,05	16,72
110	15,1	79,8	25	22,52	25,03
125	17,1	90,8	25	28,96	-
140	19,2	101,6	25	36,38	-
160	21,9	116,2	25	47,32	-
180	24,6	130,8	25	61,66	-
200	27,4	145,2	25	74	-
225	30,8	163,4	25	96,34	-
250	34,2	181,6	25	115,43	-
280	38,3	203,4	25	149,12	-
315	43,1	228,8	25	183,25	-
355	48,5	258	25	239,34	-
400	54,7	290,6	25	295,07	-
450	61,5	327	25	373,23	-
16	1,4	13,2	4	-	0,37
20	1,6	16,8	4	-	0,54
25	1,7	21,6	4	-	0,68
32	1,9	28,2	4	-	0,96
40	2,4	35,2	4	-	1,54
50	3	44	4	-	2,33
63	3,7	55,6	4	-	3,61
75	4,5	66	4	-	5,7
90	5,3	79,4	4	-	8,27
110	6,5	97	4	-	12,32
16	1,6	12,8	6	-	0,42
20	1,7	16,6	6	-	0,56
25	2,2	20,6	6	-	0,85
32	2,8	26,4	6	-	1,38
40	3,5	33	6	-	2,12
50	4,3	41,4	6	-	3,23
63	5,4	52,2	6	-	5,08
75	6,5	62	6	-	7,92
90	7,8	74,4	6	-	11,37
110	9,5	91	6	-	16,91

Tab. I- Dati tubi in polivinilcloruro (PVC) di produzione Picenumplast (listino prezzi reperibile al sito www.picenumplast.com)

Ø est(mm)	spessore(mm)	Ø int (mm)	PN(bar)	costo(€/m) barre
40	1,5	37	6	0,94
50	1,6	46,8	6	1,26
63	2	59	6	1,94

75	2,3	70,4	6	2,69
90	2,8	84,4	6	3,72
110	2,7	104,6	6	4,44
125	3,1	118,8	6	5,81
140	3,5	133	6	7,28
160	4	152	6	9,42
180	4,4	171,2	6	11,74
200	4,9	190,2	6	14,43
225	5,5	214	6	18,25
250	6,2	237,6	6	22,9
280	6,9	266,2	6	28,44
315	7,7	299,6	6	35,79
400	9,8	380,4	6	60,18
32	1,6	28,8	10	0,85
40	1,9	36,2	10	1,16
50	2,4	45,2	10	1,82
63	3	57	10	2,82
75	3,6	67,8	10	4,04
90	4,3	81,4	10	5,3
110	4,2	101,6	10	6,42
125	4,8	115,4	10	8,26
140	5,4	129,2	10	10,42
160	6,2	147,6	10	13,66
180	6,9	166,2	10	17,03
200	7,7	184,6	10	21,12
225	8,6	207,8	10	26,54
250	9,6	230,8	10	32,94
280	10,7	258,6	10	41,18
315	12,1	290,8	10	52,56
400	15,3	369,4	10	89,03
32	2,4	27,2	16	1,21
40	3	34	16	1,73
50	3,7	42,6	16	2,67
63	4,7	53,6	16	4,25
75	5,6	63,8	16	6,03
90	6,7	76,6	16	7,91
110	6,6	96,8	16	9,7
125	7,4	110,2	16	12,37
140	8,3	123,4	16	15,53
160	9,5	141	16	20,27
180	10,7	158,6	16	25,67
200	11,9	176,2	16	31,69
225	13,4	198,2	16	40,19
250	14,8	220,4	16	49,35

280	16,6	246,8	16	62,15
75	6,8	61,4	20	7,52
90	8,2	73,6	20	9,96
110	8,1	93,8	20	12,3
125	9,2	106,6	20	15,85
140	10,3	119,4	20	19,85
160	11,8	136,4	20	25,91
180	13,3	153,4	20	32,92
200	14,7	170,6	20	40,39

Tab. L- Dati tubi in ghisa sferoidale (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Ø est(mm)	Ø int(mm)	PN(bar)	costo (€/m)
78	60	40	39,45
98	80	40	43,5
118	100	40	44,03
144	125	40	60,12
170	150	40	64,7
222	200	40	90,62
274	250	40	121,95
326	300	40	145,94
378	350	30	199,03
429	400	30	223,97
480	450	30	279,2
532	500	30	311,39
635	600	30	394,22

Tab. M- Dati tubi in rame (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Ø est(mm)	spessore(mm)	Ø int(mm)	p max eserc.(bar)	costo (€/m)
10	1	8	80	5,1
12	1	10	66	6
14	1	12	57	7
16	1	14	50	8,2
18	1	16	45	9,9
22	1	20	40	12,4
22	1,5	19	54	17,2
28	1	26	50	15,5
28	1,5	25	43	22,4
35	1,2	32,6	50	23,9
35	1,5	32	34	29,4
42	1,2	39,6	40	29,1
42	1,5	39	29	35,1
54	1,5	51	28	45,3

54	2	50	29	60,3
76,1	2	72,1	21	114
88,9	2	84,9	18	143
108	2,5	103	18	224

Tab. N- Dati flange in acciaio di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

Piane per cartelle:

DN	PN(bar)	€/cad.
32	10	8,5
40	10	9
50	10	10,5
65	10	12
80	10	16,5
100	10	17
100	10	17
125	10	20
150	10	27
150	10	27
200	10	36
250	10	52
300	10	59
350	10	90
400	10	115

DN	PN(bar)	€/cad.
32	16	8,5
40	16	9
50	16	10,5
65	16	12
80	16	16,5
100	16	17
100	16	17
125	16	20
150	16	27
150	16	27
200	16	33,5
250	16	56
300	16	80
350	16	123
400	16	157

DN	PN(bar)	€/cad.
50	25	21
65	25	29
80	25	35
100	25	46
100	25	46
125	25	62
150	25	77
150	25	77
200	25	112
200	25	112
250	25	156
250	25	156
300	25	232

Cieche:

DN	PN(bar)	€/cad.
25	10	8,5
32	10	10,5
40	10	11
50	10	15,8
65	10	16,8
80	10	21,5
100	10	25,5
100	10	36,9
125	10	47,6
150	10	64,4
150	10	64,4
200	10	75,5
200	10	75,5
250	10	111

DN	PN(bar)	€/cad.
25	16	8,5
32	16	10,5
40	16	11
50	16	15,8
65	16	16,8
80	16	21,5
100	16	25,5
100	16	36,9
125	16	47,6
150	16	64,4
150	16	64,4
200	16	75,5
200	16	75,5
250	16	115

250	10	111
300	10	141
350	10	182
400	10	227

250	16	115
300	16	161
350	16	222
400	16	302

Piane:

DN	PN(bar)	€/cad.
25	10	6,5
32	10	10
40	10	11,5
50	10	13
65	10	15,1
80	10	17
100	10	20
125	10	25
150	10	32,8
200	10	42,6
250	10	54,6
300	10	63
350	10	104
400	10	135
500	10	198,9

DN	PN(bar)	€/cad.
25	16	6,5
32	16	10
40	16	11,5
50	16	13
65	16	15,1
80	16	17
100	16	20
125	16	25
150	16	32,8
200	16	45
250	16	65,9
300	16	89
350	16	135
400	16	177
500	16	309

DN	PN(bar)	€/cad.
25	25	6,5
32	25	10
40	25	11,5
50	25	13
65	25	17
80	25	21
100	25	29
125	25	38,4
150	25	49
200	25	71,8
250	25	102
300	25	135
350	25	212
400	25	302
500	25	458

DN	PN(bar)	€/cad.
25	40	6,5
32	40	10
40	40	11,5
50	40	13
65	40	17
80	40	21
100	40	29
125	40	38,4
150	40	49
200	40	86,3
250	40	141
300	40	215
350	40	320
400	40	480
500	40	608

A collare filettata:

DN	PN(bar)	€/cad.	DN	PN(bar)	€/cad.
20	10	7,5	20	16	7,5
25	10	9,4	25	16	9,4
32	10	13,05	32	16	13,05
40	10	15,3	40	16	15,3
50	10	16	50	16	16
65	10	19,85	65	16	19,85
80	10	23,45	80	16	23,45
100	10	27,3	100	16	27,3
125	10	41	125	16	41

Tab. O- Dati flange in acciaio (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

Piane a saldare:

DN	PN(bar)	€/cad.	DN	PN(bar)	€/cad.
25	10	4,4	25	16	4,4
32	10	6,8	32	16	6,8
40	10	7,8	40	16	7,8
50	10	8,8	50	16	8,8
65	10	10,3	65	16	10,3
80	10	11	80	16	11
100	10	13,4	100	16	13,4
125	10	18	125	16	18
150	10	22,7	150	16	22,7
200	10	29,3	200	16	31
250	10	37,5	250	16	51
300	10	43	300	16	61
350	10	72	350	16	93
400	10	91,5	400	16	149
450	10	109	450	16	175,9
500	10	132	500	16	208,9
600	10	201,5	600	16	315,2

Cieche:

DN	PN(bar)	€/cad.
15	10	4
20	10	4,8
25	10	5,9
32	10	7,2
40	10	8,1
50	10	10,5

65	10	11,6
80	10	15
100	10	17,8
125	10	25,7
150	10	33,6
200	10	53
250	10	77
300	10	98
350	10	150,3
400	10	157
450	10	233,5
500	10	330,5

Tab. P- Dati flange in acciaio (listino prezzi Eurotherm GWF 02/2008, reperibile al sito www.eurothermgwf.it)

piane filettate

DN	PN(bar)	€/cad.
32	10	10,4
40	10	10,8
50	10	15,3
65	10	16,9
80	10	20,5
100	10	25,1
125	10	54,3
150	10	62,4

piane

DN	PN(bar)	€/cad.
32	10	6,5
40	10	7
50	10	8,7
65	10	10,7
80	10	13,7
100	10	15,3
125	10	20,7
150	10	25,2
200	10	35,6
250	10	53,8
300	10	66,8
350	10	116
400	10	158,8
500	10	163,7
600	10	171

piane

DN	PN(bar)	€/cad.
32	16	6,5
40	16	7
50	16	8,7
65	16	10,7
80	16	13,7
100	16	15,3
125	16	20,7
150	16	25,2
200	16	35,6
250	16	53,8
300	16	66,8
350	16	116
400	16	158,8
500	16	195,4
600	16	305

a collare			a collare		
DN	PN(bar)	€/cad.	DN	PN(bar)	€/cad.
32	10	8,9	32	16	8,9
40	10	9,6	40	16	9,6
50	10	11,7	50	16	11,7
65	10	13,3	65	16	13,3
80	10	16,9	80	16	16,9
100	10	19,1	100	16	19,1
125	10	26,4	125	16	26,4
150	10	31,1	150	16	31,1
200	10	48,8	200	16	48,8
250	10	68,5	250	16	82,9
300	10	80,9	300	16	107,5
350	10	95,3	350	16	124,6
400	10	117,3	400	16	150,2
500	10	178,3	500	16	274,8
600	10	234,5	600	16	403

cieche			cieche		
DN	PN(bar)	€/cad.	DN	PN(bar)	€/cad.
32	10	9,7	32	16	11
40	10	11,9	40	16	11,9
50	10	14,6	50	16	14,5
65	10	18,5	65	16	18,5
80	10	21,5	80	16	21,5
100	10	25,7	100	16	25,7
125	10	34,2	125	16	34,2
150	10	46,1	150	16	46,1
200	10	69,6	200	16	71,2
250	10	85,5	250	16	92,8
300	10	97,7	300	16	116
350	10	134,4	350	16	152,7
400	10	171	400	16	219,8
500	10	268,7	500	16	354,1
600	10	421,3	600	16	525

Tab. Q- Dati guarnizioni in gomma (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

DN	€/cad.
40	2,1
50	3,3
65	3,9
80	4,5
100	5,1
125	6,3

150	8,1
200	12,3
250	18,3
300	19,5
350	26,1
400	33,6
500	85,8

Tab. R- Dati guarnizioni in gomma telata di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

DN	€/cad.
40	0,8
50	1
65	1,25
80	1,5
100	1,6
125	2,25
150	2,9
200	5,3
250	8,5
300	10,5
350	13,6
400	17,5
500	29

Tab. S- Dati curve (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

curva a 2 bicchieri in ghisa sferoidale

a 90°		a 45°		a 11°	
DN	€/cad.	DN	€/cad.	DN	€/cad.
60	95,27	60	92,19	60	92,19
80	114,05	80	118,08	80	118,08
100	123,59	100	123,59	100	123,59
125	133,57	125	133,57	125	133,57
150	159,14	150	159,14	150	169,96
200	233,72	200	233,72	200	233,72
250	363,36	250	388,08	250	363,36
300	475,39	300	507,75	300	475,39
350	1024,09	350	851,48	350	706,67
400	1186,62	400	977,09	400	1019,84

curva a 2 flange in ghisa sferoidale

a 90°		a 45°		a 11°	
DN	€/cad.	DN	costo (€)	DN	€/cad.
50	63,55	50	59,41	60	69,06
60	63,55	60	59,41	80	75,81
80	71,61	80	69,49	100	82,92
100	84,66	100	82,11	125	88,05
125	104,29	125	115,11	150	95,27
150	128,79	150	115,11	200	211,97
200	206,66	200	179,61	250	336,84
250	498,2	250	437,41	300	458,1
300	606,73	300	604,29	350	560,9
350	1386,7	350	690,86	400	636,75
400	1766,5	400	778,28	-	-

curva in acciaio

da tubo saldato		da tubo non saldato	
DN	€/cad.	DN	€/cad.
20	1,4	20	2,1
25	1,5	25	2
32	1,7	32	2,6
40	1,9	40	2,9
50	2,8	50	4,4
65	4,6	65	7,2
80	6,5	80	10,2
100	10,9	100	17,4
125	18,6	125	29,2
150	29,2	150	44,9
200	69,1	200	111,3
250	136,4	250	191,5
300	202,8	300	294,3
-	-	350	436,6
-	-	400	678,4

Tab. T- Dati raccordi a T (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

a 3 flange ghisa sferoidale		in acciaio		in PE a saldare PN16	
DN	€/cad.	DN	€/cad.	DN	€/cad.
60-50	89,96	20	7,6	25	3,4
60-60	89,96	25	9,2	32	4,1
80-50	109,7	32	10,6	40	5
80-60	109,7	40	11,6	50	6,8
80-80	109,7	50	13,7	65	9,5

100-50	114,58
100-60	114,58
100-80	116,17
100-100	116,17
125-50	148,53
125-60	148,53
125-80	148,53
125-100	148,53
125-125	148,53
150-50	148,53
150-60	148,53
150-80	148,53
150-100	163,38
150-125	154,36
150-150	178,23
200-50	224,38
200-60	224,38
200-80	224,38
200-100	224,38
200-150	224,38
200-200	264,06
250-100	599
250-150	536,18
250-200	536,18
250-250	581,27
300-250	688,1

65	19
80	25,9
100	38,2
125	63,5
150	79,3
200	142,3
250	327,4
300	452,6

80	15,3
100	22,5
125	32,6
125	51,9
150	62
150	79
200	113,7
200	134,7
250	186,6

Tab. U- Dati gomiti PN16 a 90° in ghisa sferoidale di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

DN	€/cad.
50	47,15
65	59,23
80	70,04
100	95,45
150	193,2

Tab. V- Dati gomiti in PE PN16 (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

	a 90°	a 45°
DN	€/cad.	€/cad.
25	2,7	2,8
32	3,3	3,1
40	4	4,1
50	6	6,1
65	8,1	8,2
80	10	10,1
100	19,9	18,1
125	28,3	27,8
125	38	36,3
150	40,4	38,5
150	55,8	44,7
200	75,6	61
200	81,1	73
250	126,6	105,1

Tab. W- Dati croci a quattro flange in ghisa sferoidale (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

DN	€/cad.
60	116,81
80	165,5
100	203,48
125	255,36
150	337,68
200	476,34

Tab. X- Dati riduzioni (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

PE (PN16)		a due flange ghisa sferoidale	
DN	€/cad.	DN	€/cad.
40-25	3,5	60-50	59,83
50-40	4,2	80-50	76,6
65-50	5,4	80-60	76,6
80-40	8,1	100-50	88,69
80-65	8,1	100-60	88,69
100-50	10	100-80	88,69
100-80	10	125-50	97,07
125-100	13,6	125-60	97,07
125-100	23,1	125-80	97,07

150-125	25,5
150-150	28,3
200-150	33,6
225-200	78,1
250-200	100

125-100	97,07
150-50	91,03
150-60	91,03
150-80	103,97
150-100	103,97
150-125	103,97
200-60	142,48
200-80	142,48
200-100	142,48
200-125	142,48
200-150	142,48
250-200	310,74
300-200	395,4
300-250	395,4

Tab. Y- Dati riduzioni in acciaio di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

DN	€/cad.
25-20	7,1
32-20	7,75
32-25	7,1
40-20	10,5
40-25	8,6
40-32	7,3
50-40	10,85
50-32	9,35
50-40	8,1
65-50	12,7
65-32	11,25
65-40	10,2
80-50	26,5
80-65	18,75
80-50	14,9
80-65	12,1
100-50	30,5
100-65	23,6
100-80	20,65
100-90	19,7
125-65	48,8
125-80	41,6
125-90	39,6
125-100	31,5
150-80	78

150-90	65,5
150-100	49,1
150-125	39,6
200-100	119
200-125	78,2
200-150	76,1
250-150	143
250-200	123

Tab. Z- Dati giunti di vario tipo (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

imbocco in ghisa sferoidale		tazza in ghisa sferoidale		manicotto in ghisa	
DN	€/cad.	DN	€/cad.	DN	€/cad.
60	53,05	60	72,99	60	98,03
80	55,7	80	79,36	80	102,27
100	57,29	100	81,26	100	110,23
125	67,05	125	89,75	125	115
150	82,01	150	110,02	150	152,98
200	114,9	200	152,88	200	207,72
250	279,23	250	220,46	250	338,21
300	322,51	300	269,47	300	402,72
350	504,99	350	492,05	350	675,58
400	558,78	400	597,5	400	768,41
450	569,49	450	668,05	450	953,11
500	744,75	500	818,91	500	1068,11
600	910,78	600	1021,54	600	1401,02

Manicotto Fiton per tubi di acciaio

DN	φ est(mm)	PN(bar)	€/cad.
40	48,3	46	85,4
50	60,3	46	79,5
65	76,1	46	79,5
80	88,9	46	85,4
100	114,3	46	114,6
125	139,7	46	170,3
150	168,3	36	148,6
200	219,1	35	174,9
250	273,1	34	207,4
300	323,9	34	249,9
350	355,6	23	280,9
400	406,4	27	302,5
450	457,2	24	318,6
500	508	24	381,6
600	609,6	26	451,5

Manicotto Fiton per tubi di ghisa
sferoidale

DN	φ est(mm)	PN(bar)	€/cad.
60	78	46	80,1
80	98	46	101,9
100	118	46	111,3
150	170	36	152,6
200	222	35	180,8
250	274	35	207,4
300	326	34	254,4
350	378	29	280,9
400	429	25	302,5
450	480	23	371,3
500	532	26	381,6
600	635	25	451,5

giunti rapidi in acciaio

DN	φ est(mm)	PN(bar)	€/cad.
25	33,7	34	4,8
32	42,4	34	4,8
40	48,3	34	5,1
50	60,3	34	5,4
65	76,1	34	6
80	88,9	34	7,2
100	114,3	34	9,2
125	139,7	31	14,2
150	168,3	31	16,7
200	219,1	31	29,5
250	273,1	20	72,5
300	323,9	20	88,8

Tab. AA- Filtri in ghisa PN10 di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

DN	€/cad.
50	85
65	110
80	128,4
100	163,6
125	229,8
150	341,6
200	414
250	517,6
300	621,1

Tab. AB- Filtri in ghisa PN16 di produzione MIVAL (listino prezzi 02/2015 reperibile al sito www.flipits.net)

DN	€/cad.
40	144,5
50	160,3
65	190,3
80	219
100	285
125	365
150	495
200	806
250	1649
300	2619

Tab. AC- Dati saracinesche a cuneo gommato con corpo piatto in ghisa sferoidale di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

DN	PN (bar)	€/cad.
40	16	97,2
50	16	107
65	16	130,2
80	16	142
100	16	167,15
125	16	282
150	16	290
200	16	421
250	16	766
300	16	953
50	25	413
65	25	482
80	25	527
100	25	603
125	25	961
150	25	1078
200	25	1518

Tab. AD- Dati saracinesche a cuneo gommato con corpo ovale in ghisa sferoidale di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

DN	PN (bar)	€/cad.
40	16	99
50	16	103
65	16	138
80	16	149
100	16	177
125	16	283
150	16	310
200	16	474
250	16	884
300	16	1103
150	25	1175
200	25	1941
250	25	3613
300	25	4617

Tab. AE- Dati saracinesche monoblocco a cuneo gommato con corpo in ghisa sferoidale di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

corpo piatto			corpo ovale		
DN	PN (bar)	€/cad.	DN	PN (bar)	€/cad.
50	16	200	50	16	220
65	16	209	65	16	223
80	16	214	80	16	227
100	16	239	100	16	244
125	16	406	125	16	429
150	16	463	150	16	549
200	16	730	200	16	840
300	16	2250			

Tab. AF- Dati saracinesche a cuneo gommato con corpo cilindrico in acciaio di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

DN	PN (bar)	€/cad.
50	40	511,4
65	40	646
80	40	826
100	40	1180
125	40	1600
150	40	2084

200	40	3945
250	40	5563
300	40	7670

Tab. AG- Dati saracinesche a tenuta metallica con corpo in ghisa di produzione MIVAL (listino prezzi 02/2015 reperibile al sito www.flipits.net)

corpo piatto			corpo ovale			corpo ovale		
DN	PN (bar)	€/cad.	DN	PN (bar)	€/cad.	DN	PN (bar)	€/cad.
40	10	191,8	40	16	230	40	40	476
50	10	219	50	16	276	50	40	476
65	10	270	65	16	306	65	40	603
80	10	318	80	16	404	80	40	756
100	10	379	100	16	448	100	40	952
125	10	509	125	16	598	125	40	1241
150	10	595	150	16	746	150	40	1767
200	10	930	200	16	1231	200	40	3552
250	10	1600	250	16	2121	250	40	6955
300	10	2094	300	16	2968	300	40	9249
						350	40	13548

Tab. AH- Dati saracinesche a tenuta metallica con corpo piatto in acciaio di produzione MIVAL (listino prezzi 02/2015 reperibile al sito www.flipits.net)

DN	PN (bar)	€/cad.	DN	PN (bar)	€/cad.
50	16	639	50	40	699
65	16	773	65	40	935
80	16	859	80	40	1011
100	16	1001	100	40	1309
125	16	1393	125	40	1906
150	16	1520	150	40	2118
200	16	2246	200	25	3228
250	16	3484	250	25	4461
300	16	4420	300	25	5923
350	16	5723	350	25	7907
400	16	7588	400	25	10440

Tab. AI- Dati saracinesche a corpo piatto in ghisa (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

DN	PN (bar)	€/cad.
40	6	40
50	6	44
65	6	53
80	6	65
100	6	82
125	6	105
150	6	135
200	6	216
250	6	325
300	6	475

Tab. AJ- Dati valvole di regolazione e intercettazione di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

a flusso avviato (ghisa)			a flusso avviato (acciaio)			a galleggiante flangiata (ghisa sferoidale)		
DN	PN (bar)	€/cad.	DN	PN (bar)	€/cad.	DN	PN (bar)	€/cad.
40	16	108	40	40	298	40	16	905
50	16	137	50	40	348	50	16	905
65	16	203	65	40	464	65	16	1026
80	16	288	80	40	615	80	16	1300
100	16	360	100	40	839	100	16	1720
125	16	517	125	40	1242	125	16	2148
150	16	745	150	40	1681	150	16	2985
200	16	1387	200	40	2795	200	16	4340
250	16	2670	250	40	4154	250	16	4870
300	16	4589	300	40	5410	-	-	-

Tab. AK- Dati valvole di regolazione e intercettazione di produzione MIVAL (listino prezzi 02/2015 reperibile al sito www.flipits.net)

a flusso avviato in ghisa sferoidale con tenuta tradizionale			a flusso avviato in ghisa sferoidale con tenuta a soffietto		
DN	PN (bar)	€/cad.	DN	PN (bar)	€/cad.
15	16	133	15	16	175
20	16	149	20	16	188
25	16	177	25	16	213
32	16	211	32	16	253
40	16	219	40	16	273

50	16	256
65	16	348
80	16	428
100	16	598
125	16	900
150	16	1292
200	16	2535
15	25	157
20	25	175
25	25	209
32	25	253
40	25	276
50	25	314
65	25	446
80	25	564
100	25	782
125	25	1084
150	25	1589
200	25	3363
-	-	-

50	16	321
65	16	475
80	16	576
100	16	735
125	16	1098
150	16	1542
200	16	3016
250	16	4649
15	25	199
20	25	215
25	25	247
32	25	296
40	25	332
50	25	381
65	25	575
80	25	715
100	25	924
125	25	1285
150	25	1843
200	25	3860

a flusso avviato in acciaio
con tenuta tradizionale

DN	PN (bar)	€/cad.
15	40	241
20	40	251
25	40	290
32	40	318
40	40	385
50	40	414
65	40	601
80	40	657
100	40	938
125	40	1250
150	40	1765
200	40	3516

a flusso avviato in acciaio
con tenuta a soffietto

DN	PN (bar)	€/cad.
15	40	371
20	40	392
25	40	415
32	40	471
40	40	544
50	40	608
65	40	968
80	40	1205
100	40	1588
125	40	2293
150	40	2990
200	40	5957
250	40	9671

Tab. AL- Dati valvole di ritegno a clapet in ghisa flangiate di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

DN	PN (bar)	€/cad.
50	10	149
65	10	176
80	10	215
100	10	298
125	10	433
150	10	607
200	10	1076
250	10	1350

DN	PN (bar)	€/cad.
50	16	149
65	16	176
80	16	215
100	16	298
125	16	433
150	16	607
200	16	1076
250	16	1350

Tab. AM- Dati valvole di ritegno di produzione MIVAL (listino prezzi 02/2015 reperibile al sito www.flipits.net)

a flusso avviato in acciaio

DN	PN (bar)	€/cad.
15	40	192
20	40	203
25	40	239
32	40	267
40	40	326
50	40	347
65	40	537
80	40	588
100	40	840
125	40	1098
150	40	1512
200	40	4202
250	40	6741

verticale in ghisa

DN	PN (bar)	€/cad.
40	16	124,5
50	16	151,7
65	16	206
80	16	233
100	16	306
125	16	391
150	16	537
200	16	884
250	16	1932
300	16	3115

a flusso avviato in ghisa
sferoidale

DN	PN (bar)	€/cad.
15	16	96
20	16	108
25	16	126
32	16	147
40	16	153
50	16	189
65	16	271
80	16	338
100	16	497
125	16	668
150	16	1093
200	16	1980
250	16	3186
300	16	4956
15	25	102
20	25	114
25	25	135
32	25	159
40	25	168
50	25	204
65	25	288
80	25	362
100	25	550
125	25	765
150	25	1329
200	25	2832

a disco in acciaio

DN	PN (bar)	€/cad.
15	40	42
20	40	46
25	40	52
32	40	56
40	40	78
50	40	98
65	40	138
80	40	186
100	40	262
125	40	568
150	40	792
200	40	1512

a disco in ghisa

DN	PN (bar)	€/cad.
32	16	48,4
40	16	53,4
50	16	60,9
65	16	79,5
80	16	102,4
100	16	151,6
125	16	266
150	16	344
200	16	500

a clapet in acciaio

DN	PN (bar)	€/cad.
50	25	632
65	25	721
80	25	841
100	25	1015
125	25	1367
150	25	1829
200	25	2671
250	25	4379
300	25	5619

a clapet in acciaio inox

DN	PN (bar)	€/cad.
40	16	129,4
50	16	144,9
65	16	177
80	16	223
100	16	310
125	16	404
150	16	538
200	16	768
250	16	1305
300	16	2146

a clapet acciaio

DN	PN (bar)	€/cad.
50	40	646
80	40	874
100	40	1130
150	40	1876
200	40	3510
250	40	4847
300	40	7847

Tab. AN- Dati valvole di ritegno Venturi di produzione Brandoni, con corpo in ghisa e otturatore in acciaio AISI304 (listino prezzi 2015 reperibile al sito www.brandoni.it)

DN	PN (bar)	€/cad.
40	10	209
50	10	209
65	10	265
80	10	340
100	10	470
125	10	640
150	10	850
200	10	1390
250	10	3000
300	10	4100
350	10	6600
400	10	8200
450	10	12700
500	10	22500
600	10	27000
40	16	209
50	16	209
65	16	265
80	16	340
100	16	470
125	16	640
150	16	850
200	16	1390
250	16	3000
300	16	4100
350	16	6600
400	16	8200
450	16	12700
500	16	22500
600	16	27000

DN	PN (bar)	€/cad.
40	25	280
50	25	280
65	25	398
80	25	500
100	25	740
125	25	1180
150	25	1600
200	25	3000
250	25	4700
300	25	7000
350	25	12500
400	25	16500
500	25	35500
600	25	38000
40	40	280
50	40	280
65	40	398
80	40	500
100	40	740
125	40	1180
150	40	1600
200	40	3500
250	40	8000
300	40	10500
350	40	14200
400	40	19500
500	40	42300
40	64	530
50	64	530
65	64	800
80	64	930
100	64	1250
125	64	1670
150	64	2600
200	64	5100
250	64	10000
300	64	13000

Tab. AO- Dati valvole a sfera di produzione MIVAL (listino prezzi 02/2015 reperibile al sito www.flipits.net)

ghisa sferoidale

DN	PN(bar)	€/cad.
15	16	85,5
20	16	85,5
25	16	102,2
32	16	117,6
40	16	141,4
50	16	167,5
65	16	226
80	16	297
100	16	487
125	16	838
150	16	1325

a tre vie in ghisa sferoidale

DN	PN(bar)	€/cad.
50	16	801
65	16	969
80	16	1242
100	16	1403
125	16	2174
150	16	2981

monoblocco in acciaio inox

DN	PN(bar)	€/cad.
15	63	18,5
20	63	25,4
25	63	34,6
32	63	53,9
40	63	76,3
50	63	122,3
65	63	229
80	63	342

in acciaio inox 3 pezzi

DN	PN(bar)	€/cad.
15	63	31,9
20	63	49,9
25	63	60,2
32	63	96,4
40	63	126,2
50	63	181,6
65	63	443
80	63	634

in acciaio

DN	PN(bar)	€/cad.
15	16	56,7
20	16	64
25	16	75,9
32	16	104,3
40	16	127,1
50	16	156,4
65	16	256
80	16	326
100	16	505
125	16	895
150	16	1530

a tre vie in acciaio

DN	PN(bar)	€/cad.
15	40	139
20	40	177,4
25	40	266
32	40	327
40	40	498
50	40	930

Tab. AP- Dati valvole a farfalla di produzione VE.MA.PLA (listino prezzi 05/2013 reperibile al sito www.vemapla.it)

tipo wafer in ghisa e lente in ghisa sferoidale			tipo LUG in ghisa sferoidale		
DN	PN(bar)	€/cad.	DN	PN(bar)	€/cad.
40	16	83,45	40	16	87,6
50	16	64	50	16	72,3
65	16	64	65	16	80,7
80	16	72,3	80	16	96
100	16	84,8	100	16	114
125	16	108,5	125	16	138
150	16	122,4	150	16	160
200	10	168,25	200	10	221

Tab. AQ- Dati valvole a farfalla di produzione MIVAL (listino prezzi 02/2015 reperibile al sito www.flipits.net)

tipo Lug in ghisa sferoidale e disco in acciaio inox			tipo SEMILUG in ghisa sferoidale e disco in acciaio inox		
DN	PN(bar)	€/cad.	DN	PN(bar)	€/cad.
32	16	92,4	32	16	82,9
40	16	92,4	40	16	82,9
50	16	92,4	50	16	82,9
65	16	98,2	65	16	87,2
80	16	112,8	80	16	95,1
100	16	129,1	100	16	112,8
125	16	182,6	125	16	144
150	16	222,9	150	16	186,3
200	16	326,5	200	16	286,5
250	16	589,4	250	16	508,2
300	16	772,2	300	16	658,7
350	16	1293,7	350	16	1125,9
400	16	2056,1	400	16	1510,6

Tab. AR- Dati rubinetti a maschio in ghisa di produzione MIVAL (listino prezzi 02/2015
reperibile al sito www.flipits.net)

a 2 vie			a 2 vie			a 3 vie		
DN	PN(bar)	€/cad.	DN	PN(bar)	€/cad.	DN	PN(bar)	€/cad.
25	10	154	40	6	364	25	10	336
32	10	177,8	50	6	392	32	10	364
40	10	190,4	65	6	560	40	10	392
50	10	232,4	80	6	694	50	10	420
65	10	364	100	6	1008	65	10	574
80	10	462				80	10	717
100	10	644				100	10	1036
125	10	1610				125	10	2310
150	10	2198				150	10	3416

Tab. AS- Dati elettropompe centrifughe multistadio verticali Pentair Nocchi delle serie PVM
(listino prezzi 01/2016, reperibile al sito www.nocchi.it/pentair/)

MOD.	P2 (kW)	Tens. (V)	In (A)	Q (l/min)		prevalenza (m)		€
				min	max	max	min	
PVM 1-2 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	40	12	7,5	605
PVM 1-2 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	40	12	7,5	610
PVM 1-3 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	40	18,2	10,4	609
PVM 1-3 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	40	18,2	10,4	614
PVM 1-4 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	40	24,3	13,5	629
PVM 1-4 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	40	24,3	13,5	634
PVM 1-5 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	40	30,4	16,5	648
PVM 1-5 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	40	30,4	16,5	654
PVM 1-6 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	40	36,5	19,5	679
PVM 1-6 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	40	36,5	19,5	684
PVM 1-7 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	40	42,7	22,5	700
PVM 1-7 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	40	42,7	22,5	706
PVM 1-8 FM	0,55	1 ~ 230	4,2	0	40	48,8	25,5	717
PVM 1-8 FT	0,55	3 ~ 230/400	2.6-1.5	0	40	48,8	25,5	719
PVM 1-9 FM	0,55	1 ~ 230	4,2	0	40	54,9	28,5	748
PVM 1-9 FT	0,55	3 ~ 230/400	2.6-1.5	0	40	54,9	28,5	739
PVM 1-10 FM	0,55	1 ~ 230	4,2	0	40	61	31,5	773
PVM 1-10 FT	0,55	3 ~ 230/400	2.6-1.5	0	40	61	31,5	774
PVM 1-11 FM	0,55	1 ~ 230	4,2	0	40	67,2	34,5	805
PVM 1-11 FT	0,55	3 ~ 230/400	2.6-1.5	0	40	67,2	34,5	806
PVM 1-12 FM	0,75	1 ~ 230	5	0	40	73,3	37,6	877
PVM 1-12 FT	0,75	3 ~ 230/400	3.5-2	0	40	73,3	37,6	896
PVM 1-13 FM	0,75	1 ~ 230	5	0	40	79,4	40,6	912
PVM 1-13 FT	0,75	3 ~ 230/400	3.5-2	0	40	79,4	40,6	931

PVM 1-15 FM	0,75	1 ~ 230	5	0	40	91,6	46,6	937
PVM 1-15 FT	0,75	3 ~ 230/400	3.5-2	0	40	91,6	46,6	954
PVM 1-17 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	40	103,9	51,6	1045
PVM 1-17 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	40	103,9	51,6	1034
PVM 1-19 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	40	110	55,6	1124
PVM 1-19 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	40	110	55,6	1113
PVM 1-21 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	40	122,3	61,7	1182
PVM 1-21 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	40	122,3	61,7	1170
PVM 1-23 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	40	134,5	67,7	1270
PVM 1-23 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	40	134,5	67,7	1258
PVM 1-25 FM	1,5	1 ~ 230	10.5	0	40	146,7	73,7	1375
PVM 1-25 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	40	146,7	73,7	1405
PVM 1-27 FM	1,5	1 ~ 230	10.5	0	40	159	79,7	1439
PVM 1-27 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	40	159	79,7	1471
PVM 1-30 FM	1,5	1 ~ 230	10.5	0	40	177,3	88,8	1549
PVM 1-30 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	40	177,3	88,8	1581
PVM 1-33 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	40	195,7	97,8	1757
PVM 1-36 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	40	220	110	1874
PVM 3-2 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	75	12	2,3	614
PVM 3-2 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	75	12	2,3	620
PVM 3-3 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	75	18,6	4,8	640
PVM 3-3 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	75	18,6	4,8	645
PVM 3-4 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	75	25,3	7,4	673
PVM 3-4 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	75	25,3	7,4	678
PVM 3-5 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	75	31,9	10	707
PVM 3-5 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	75	31,9	10	713
PVM 3-6 FM	0,55	1 ~ 230	4,2	0	75	38,6	12,6	739
PVM 3-6 FT	0,55	3 ~ 230/400	2.6-1.5	0	75	38,6	12,6	740
PVM 3-7 FM	0,75	1 ~ 230	5	0	75	45,2	15,2	775
PVM 3-7 FT	0,75	3 ~ 230/400	3.5-2	0	75	45,2	15,2	777
PVM 3-8 FM	0,75	1 ~ 230	5	0	75	51,9	17,8	810
PVM 3-8 FT	0,75	3 ~ 230/400	3.5-2	0	75	51,9	17,8	829
PVM 3-9 FM	0,75	1 ~ 230	5	0	75	58,5	20,5	845
PVM 3-9 FT	0,75	3 ~ 230/400	3.5-2	0	75	58,5	20,5	865
PVM 3-10 FM	0,75	1 ~ 230	5	0	75	65,2	23,1	881
PVM 3-10 FT	0,75	3 ~ 230/400	3.5-2	0	75	65,2	23,1	902
PVM 3-11 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	75	71,8	25,7	988
PVM 3-11 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	75	71,8	25,7	976
PVM 3-12 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	75	78,5	28,3	1029
PVM 3-12 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	75	78,5	28,3	1017
PVM 3-13 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	75	85,1	30,9	1052
PVM 3-13 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	75	85,1	30,9	1039
PVM 3-15 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	75	98,4	36,1	1136
PVM 3-15 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	75	98,4	36,1	1123
PVM 3-17 FM	1,5	1 ~ 230	10.5	0	75	111,7	41,3	1209

PVM 3-17 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	75	111,7	41,3	1240
PVM 3-19 FM	1,5	1 ~ 230	10.5	0	75	125	46,5	1294
PVM 3-19 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	75	125	46,5	1327
PVM 3-21 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	75	138,3	51,7	1359
PVM 3-23 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	75	151,6	56,9	1436
PVM 3-25 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	75	164,9	62,1	1547
PVM 3-27 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	75	178,2	67,3	1622
PVM 3-29 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	75	191,5	72,5	1698
PVM 3-31 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	75	204,8	77	1781
PVM 3-33 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	75	218,1	82,9	1953
PVM 3-36 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	75	238	90,4	1970
PVM 5-2 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	140	11,6	3,1	701
PVM 5-2 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	140	11,6	3,1	706
PVM 5-3 FM	0,55	1 ~ 230	4,2	0	140	18,6	6,7	738
PVM 5-3 FT	0,55	3 ~ 230/400	2.6-1.5	0	140	18,6	6,7	739
PVM 5-4 FM	0,55	1 ~ 230	4,2	0	140	25,4	10,1	795
PVM 5-4 FT	0,55	3 ~ 230/400	2.6-1.5	0	140	25,4	10,1	796
PVM 5-5 FM	0,75	1 ~ 230	5	0	140	32,3	13,5	850
PVM 5-5 FT	0,75	3 ~ 230/400	3.5-2	0	140	32,3	13,5	872
PVM 5-6 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	140	39,2	16,8	936
PVM 5-6 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	140	39,2	16,8	922
PVM 5-7 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	140	46	20,2	979
PVM 5-7 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	140	46	20,2	966
PVM 5-8 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	140	52,9	23,6	1005
PVM 5-8 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	140	52,9	23,6	991
PVM 5-9 FM	1,5	1 ~ 230	10.5	0	140	59,8	27	1079
PVM 5-9 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	140	59,8	27	1110
PVM 5-10 FM	1,5	1 ~ 230	10.5	0	140	66,6	30,4	1121
PVM 5-10 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	140	66,6	30,4	1153
PVM 5-11 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	140	73,5	33,8	1247
PVM 5-12 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	140	80,3	37,1	1284
PVM 5-13 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	140	87,2	40,5	1320
PVM 5-14 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	140	94,1	43,9	1360
PVM 5-15 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	140	100,9	47,3	1397
PVM 5-16 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	140	107,8	50,7	1433
PVM 5-18 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	140	121,5	57,4	1598
PVM 5-20 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	140	135,3	64,2	1671
PVM 5-22 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	140	149	70,9	1759
PVM 5-24 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	140	162,7	77,7	1833
PVM 5-26 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	140	176,4	84,5	1909
PVM 5-29 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	140	197	94,6	2019
PVM 5-32 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	140	217,6	104,8	2417
PVM 5-36 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	140	245	118	2572
PVM 10-1 FM	0,37	1 ~ 230	2,8	0	200	8	4,4	980
PVM 10-1 FT	0,37	3 ~ 230/400	1.7-1.0	0	200	8	4,4	987

PVM 10-2 FM	0,75	1 ~ 230	5	0	200	18,5	10,6	1073
PVM 10-2 FT	0,75	3 ~ 230/400	3.5-2	0	200	18,5	10,6	1096
PVM 10-3 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	200	28,6	17,1	1348
PVM 10-3 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	200	28,6	17,1	1332
PVM 10-4 FM	1,5	1 ~ 230	10.5	0	200	38,8	23,6	1437
PVM 10-4 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	200	38,8	23,6	1475
PVM 10-5 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	200	49	30,1	1591
PVM 10-6 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	200	59,2	36,5	1680
PVM 10-7 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	200	69,4	43	1856
PVM 10-8 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	200	79,6	49,5	1945
PVM 10-9 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	200	89,7	55,9	2037
PVM 10-10 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	200	99,9	62,4	2333
PVM 10-12 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	200	120,3	75,4	2518
PVM 10-14 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	200	140,6	88,3	2942
PVM 10-16 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	200	161	101,2	3127
PVM 10-18 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	200	181,4	114,2	3450
PVM 10-20 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	200	201,7	127,1	3632
PVM 10-22 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	200	222	144,5	3817
PVM 15-1 FM	1,5	1~230	10.5	0	350	11,7	7,6	1082
PVM 15-1 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	350	11,7	7,6	1070
PVM 15-2 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	350	25,7	17,3	1324
PVM 15-3 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	350	39,8	26,8	1537
PVM 15-4 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	350	53,9	36,2	1791
PVM 15-5 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	350	68	45,7	1881
PVM 15-6 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	350	82,1	55,1	2363
PVM 15-7 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	350	96,2	64,6	2458
PVM 15-8 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	350	110,3	74,1	2761
PVM 15-9 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	350	124,4	83,6	2855
PVM 15-10 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	350	138,5	93	3528
PVM 15-12 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	350	166,6	112	3719
PVM 15-14 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	350	194,8	130,9	3911
PVM 15-17 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	350	237	158,2	4753
PVM 20-1 FM	1,1	1 ~ 230	7.9	0	450	12	4,7	1175
PVM 20-1 FT	1,1	3 ~ 230/400	4.5-2.6	0	450	12	4,7	1161
PVM 20-2 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	450	26,9	14,8	1450
PVM 20-3 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	450	41,8	24,1	2060
PVM 20-4 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	450	56,7	33,5	2444
PVM 20-5 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	450	71,6	42,8	2558
PVM 20-6 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	450	86,4	52,2	2967
PVM 20-7 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	450	101,3	61,5	3085
PVM 20-8 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	450	116,2	70,9	3837
PVM 20-10 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	450	145,9	89,5	4071
PVM 20-12 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	450	175,7	108,2	4971
PVM 20-14 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	450	205,4	126,9	5205
PVM 20-17 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	450	250	149	6205

PVM 32-1-1 FM	1,5	1 ~ 230	10.5	0	600	16	7,1	1686
PVM 32-1 -1 FT	1,5	3 ~ 230/400	6.1-3.5	0	600	16	7,1	1832
PVM 32-1 FT	2,2	3 ~ 230/400	7.6-4.4	0	600	19,6	11,2	1713
PVM 32-2-2 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	600	35,4	19,6	2356
PVM 32-2 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	600	39,2	24,2	2117
PVM 32-3-2 FT	5,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	600	54,7	32,4	3118
PVM 32-3 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	600	58,7	37,2	3118
PVM 32-4-2 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	600	74,1	45,2	3676
PVM 32-4 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	600	78,2	50,3	3676
PVM 32-5-2 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	600	93,5	58,1	4620
PVM 32-5 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	600	97,8	63,3	4620
PVM 32-6-2 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	600	112,8	70,9	4874
PVM 32-6 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	600	117,3	76,3	4874
PVM 32-7-2 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	600	132,2	83,7	5738
PVM 32-7 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	600	136,9	89,4	5738
PVM 32-8-2 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	600	151,6	96,5	5989
PVM 32-8 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	600	156,4	102,4	5989
PVM 32-9-2 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	600	170,9	109,3	6797
PVM 32-9 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	600	176	115,4	6797
PVM 32-10-2 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	600	190,3	122,1	7049
PVM 32-10 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	600	195,5	128,5	7049
PVM 32-11-2 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	600	209,6	134,9	7903
PVM 32-11 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	600	215	141,5	7903
PVM 32-12-2 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	600	229	147,8	8164
PVM 32-12 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	600	234,6	154,5	8164
PVM 32-13-2 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	600	248,4	160,6	9198
PVM 32-13 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	600	254,1	167,6	9198
PVM 32-14-2 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	600	267,4	174,7	9450
PVM 32-14 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	600	273,7	182	9450
PVM 45-1 -1 FT	3	3 ~ 230/400	11.7-6.7	0	900	22	9,7	2027
PVM 45-1 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	900	25	13,2	2431
PVM 45-2-2 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	900	46,8	26,4	3235
PVM 45-2 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	900	50,4	30,6	3884
PVM 45-3-2 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	900	71,7	42,2	4912
PVM 45-3 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	900	75,9	48	4912
PVM 45-4-2 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	900	96,5	59,1	6099
PVM 45-4 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	900	101,3	65,4	6099
PVM 45-5-2 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	900	121,3	75,9	7256
PVM 45-5 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	900	126,8	82,8	7256
PVM 45-6-2 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	900	146,2	92,7	8233
PVM 45-6 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	900	152,2	100,2	8233
PVM 45-7-2 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	900	171	109,5	8976
PVM 45-7 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	900	177,7	117,6	8976
PVM 45-8-2 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	900	195,8	126,3	9268
PVM 45-8 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	900	203,1	135	9268

PVM 45-9-2 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	900	220,7	143,2	9562
PVM 45-9 FT	37	3 ~ 400/690	63.5-36.8	0	900	228,6	152,3	10959
PVM 45-10-2 FT	37	3 ~ 400/690	63.5-36.8	0	900	245,5	160	11244
PVM 45-10 FT	37	3 ~ 400/690	63.5-36.8	0	900	254	169,7	11244
PVM 45-11-2 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	900	270,3	176,8	13883
PVM 45-11 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	900	279,5	187,1	13883
PVM 45-12-2 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	900	295,1	193,6	14202
PVM 45-12 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	900	305	204,1	14202
PVM 45-13-2 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	900	320	210,7	14520
PVM 64-1 -1 FT	4	3 ~ 230/400	13.5-7.8	0	1400	22	6,9	2289
PVM 64-1 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	1400	32	14	2875
PVM 64-2-2 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	1400	42,3	19,4	3440
PVM 64-2-1 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	1400	51,1	26,5	4211
PVM 64-2 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	1400	61,2	34	4211
PVM 64-3-2 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	1400	70,8	39,3	5324
PVM 64-3-1 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	1400	80,1	46,4	5324
PVM 64-3 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	1400	90,4	54,4	6118
PVM 64-4-2 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	1400	99,5	59,2	6407
PVM 64-4-1 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	1400	109,1	66,3	7114
PVM 64-4 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	1400	119,6	74,1	7114
PVM 64-5-2 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	1400	128,1	79,1	7987
PVM 64-5-1 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	1400	138,1	86,2	7987
PVM 64-5 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	1400	148,7	94	7987
PVM 64-6-2 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	1400	156,8	99	8291
PVM 64-6-1 FT	37	3 ~ 400/690	63.5-36.8	0	1400	167,1	106,1	9768
PVM 64-6 FT	37	3 ~ 400/690	63.5-36.8	0	1400	177,9	114	9768
PVM 64-7-2 FT	37	3 ~ 400/690	63.5-36.8	0	1400	185,5	118,9	10071
PVM 64-7-1 FT	37	3 ~ 400/690	63.5-36.8	0	1400	196,1	126,1	10071
PVM 64-7 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	1400	207	134,8	12627
PVM 64-8-2 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	1400	214	140,8	12914
PVM 64-8-1 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	1400	225	149,4	12914
PVM 90-1 -1 FT	5,5	3 ~ 400/690	10.2-5.9	0	1800	27,5	8,7	3003
PVM 90-1 FT	7,5	3 ~ 400/690	14.7-8.5	0	1800	36	14	3561
PVM 90-2-2 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	1800	58,8	26,7	4647
PVM 90-2 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	1800	69,8	33,7	5810
PVM 90-3-2 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	1800	90,1	46,1	6865
PVM 90-3 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	1800	103,6	52,6	7621
PVM 90-4-2 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	1800	121,3	62,7	10460
PVM 90-4 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	1800	137,5	70	8558
PVM 90-5-2 FT	37	3 ~ 400/690	63.5-36.8	0	1800	152,6	78,7	11223
PVM 90-5 FT	37	3 ~ 400/690	63.5-36.8	0	1800	171,3	88,5	10465
PVM 90-6-2 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	1800	184	99,7	12642
PVM 90-6 FT	45	3 ~ 400/690	77.8-45	0	1800	205	111	12642
PVM 120-1 FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	2670	29	10	7765
PVM 120-2-1 FT	18,5	3 ~ 400/690	35-21	0	2670	50	17	9394

PVM 120-2 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	2670	57	26	10429
PVM 120-3 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	2670	86	40	13692
PVM 120-4-1 FT	37	3 ~ 400/690	65.6	0	2670	106	48	16554
PVM 120-5-1 FT	45	3 ~ 400/690	82.4	0	2670	136	64	17298
PVM 120-6-1 FT	55	3 ~ 400/690	93.6	0	2670	163	78	22941
PVM 120-7 FT	75	3 ~ 400/690	123.1	0	2670	200	101	27454
PVM 150-1 -1FT	11	3 ~ 400/690	21-13	0	3000	22	6	7765
PVM 150-1 FT	15	3 ~ 400/690	29-17	0	3000	31	13	8255
PVM 150-2-1 FT	22	3 ~ 400/690	42-25	0	3000	54	24	10429
PVM 150-3-2 FT	30	3 ~ 400/690	55-32	0	3000	76	35	13692
PVM 150-3 FT	37	3 ~ 400/690	65.6	0	3000	95	49	16126
PVM 150-4-1 FT	45	3 ~ 400/690	82.4	0	3000	118	61	16928
PVM 150-5-2 FT	55	3 ~ 400/690	93.6	0	3000	140	72	22566
PVM 150-6 FT	75	3 ~ 400/690	123.1	0	3000	191	108	27078

Tab. AT- Dati elettropompe centrifughe monostadio orizzontali Pentair Nocchi delle serie NRM2 (listino prezzi 01/2016, reperibile al sito www.nocchi.it/pentair/)

MOD.	P2 (kW)	Tens. (V)	In (A)	Q (l/min)		prevalenza (m)		€
				min	max	max	min	
NRM2 50x32x125C	0,75	230/400	1,7	100	300	15,5	6	901
NRM2 50x32x125B	1,1	230/400	2,5	100	350	20,5	7,5	927
NRM2 50X32X125A	1,5	230/400	3,4	100	350	24,5	13	962
NRM2 50X32X160C	2,2	230/400	4,4	100	350	28,5	15	1186
NRM2 50X32X160B	3	230/400	5,9	100	350	33,5	22,5	1276
NRM2 50X32X160A	3	230/400	5,9	100	350	38	26,5	1276
NRM2 50X32X200C	4	230/400	7,8	100	400	47	35	1337
NRM2 50X32X200C	4	400/690	7,8	100	400	47	35	1337
NRM2 50X32X200B	5,5	230/400	10,4	100	400	55	42	1576
NRM2 50X32X200B	5,5	400/690	10,4	100	400	55	42	1576
NRM2 50X32X200A	7,5	230/400	14,2	100	400	62	49	1812
NRM2 50X32X200A	7,5	400/690	14,2	100	400	62	49	1812
NRM2 65X40X125C	1,5	230/400	3,4	250	600	15,5	7	984
NRM2 65X40X125B	2,2	230/400	4,4	250	600	19	10,5	1140
NRM2 65X40X125A	3	230/400	5,9	250	600	24,5	17	1209
NRM2 65X40X160B	3	230/400	5,9	250	600	30	18	1246
NRM2 65X40X160A	4	230/400	7,8	250	600	36,5	27	1304
NRM2 65X40X160A	4	400/690	7,8	250	600	36,5	27	1304
NRM2 65X40X200C	5,5	230/400	10,4	250	600	45,3	31	1627
NRM2 65X40X200C	5,5	400/690	10,4	250	600	45,3	31	1627
NRM2 65X40X200B	7,5	230/400	14,2	250	600	51	37	1875
NRM2 65X40X200B	7,5	400/690	14,2	250	600	51	37	1875
NRM2 65X40X200A	7,5	230/400	14,2	250	600	56,5	44	1875

NRM2 65X40X200A	7,5	400/690	14,2	250	600	56,5	44	1875
NRM2 65X40X250D	11	230/400	19,8	250	650	69	54	2499
NRM2 65X40X250D	11	400/690	19,8	250	650	69	54	2499
NRM2 65X40X250C	15	400/690	27	250	700	77	60	2706
NRM2 65X40X250B	15	400/690	27	250	700	90	71	2706
NRM2 65X50X125C	2,2	230/400	4,4	400	900	17	9	1.163
NRM2 65X50X125B	3	230/400	5,9	400	1000	21	12	1.246
NRM2 65X50X125A	4	230/400	7,8	400	1000	25,5	18	1.307
NRM2 65X50X125A	4	400/690	7,8	400	1000	25,5	18	1.307
NRM2 65X50X160B	5,5	230/400	10,4	400	1000	32,5	23,5	1.588
NRM2 65X50X160B	5,5	400/690	10,4	400	1000	32,5	23,5	1.588
NRM2 65X50X160A	7,5	230/400	14,2	400	1000	37	29	1.868
NRM2 65X50X160A	7,5	400/690	14,2	400	1000	37	29	1.868
NRM2 65X50X200B	11	230/400	19,8	400	1000	51	37	2.403
NRM2 65X50X200B	11	400/690	19,8	400	1000	51	37	2.403
NRM2 65X50X200A	15	400/690	27	400	1000	58	42,5	2.629
NRM2 65X50X250D	15	400/690	27	400	1000	72	56	2.900
NRM2 65X50X250C	18,5	400/690	33,3	400	1000	80,5	67,5	4.275
NRM2 65X50X250B	22	400/690	38,6	400	1000	92	80	4.444
NRM2 80X65X125C	4	230/400	7,8	600	1500	17,5	9	1.337
NRM2 80X65X125C	4	400/690	7,8	600	1500	17,5	9	1.337
NRM2 80X65X125B	5,5	230/400	10,4	600	1750	21	11	1.588
NRM2 80X65X125B	5,5	400/690	10,4	600	1750	21	11	1.588
NRM2 80X65X125A	7,5	230/400	14,2	600	1750	25	16	1.826
NRM2 80X65X125A	7,5	400/690	14,2	600	1750	25	16	1.826
NRM2 80X65X160C	11	230/400	19,8	700	2000	30,5	16	2.360
NRM2 80X65X160C	11	400/690	19,8	700	2000	30,5	16	2.360
NRM2 80X65X160B	15	400/690	27	700	2250	36,5	19	2.610
NRM2 80X65X160A	15	400/690	27	700	2250	41	24	2.610
NRM2 80X65X200D	15	400/690	27	800	2000	44	31,5	2.791
NRM2 80X65X200C	18,5	400/690	33,3	800	2250	51	35	4.165
NRM2 80X65X200B	22	400/690	38,6	800	2250	57	42,5	4.668
NRM2 80X65X250D	22	400/690	38,6	800	1750	64	53	5.097
NRM2 100X80X160D	11	230/400	19,8	1000	2750	24	15	2.516
NRM2 100X80X160D	11	400/690	19,8	1000	2750	24	15	2.516
NRM2 100X80X160C	15	400/690	27	1000	3000	28,5	18,5	3.144
NRM2 100X80X160B	15	400/690	27	1000	3000	34	24,5	3.144
NRM2 100X80X200D	18,5	400/690	33,3	1000	2750	42	30,5	4.947
NRM2 100X80X200C	22	400/690	38,6	1000	2750	47	37	5.174
NRM2 125x100x200D	22	400/690	38,6	1500	4000	39	24	5.887

Tab. AU- Dati elettropompe centrifughe monostadio orizzontali Pentair Nocchi delle serie NRM4 (listino prezzi 01/2016, reperibile al sito www.nocchi.it/pentair/)

MOD.	P2 (kW)	Tens. (V)	In (A)	Q (l/min)		prevalenza (m)		€
				min	max	max	min	
NRM4 50x32x125Y	0,25	230/400	0,9	50	150	4,4	2,2	760
NRM4 50x32x125X	0,25	230/400	0,9	50	200	6,2	3	760
NRM4 50x32x160X	0,37	230/400	1,2	50	225	9,4	4,7	816
NRM4 50x32x200Y	0,75	230/400	1,8	50	300	13	6	1036
NRM4 50x32x200X	1,1	230/400	2,5	75	300	14,5	8	1068
NRM4 65x40x125Y	0,25	230/400	0,9	100	300	4,6	2,4	779
NRM4 65x40x125X	0,37	230/400	1,2	100	350	6,3	3	804
NRM4 65x40x160X	0,55	230/400	1,7	100	350	8,8	4,5	940
NRM4 65x40x200Y	1,1	230/400	2,5	100	350	12,7	7	1182
NRM4 65x40x200X	1,1	230/400	2,5	100	400	14,2	6	1182
NRM4 65x40x250Y	1,5	230/400	3,4	100	400	18,3	12	1272
NRM4 65x40x250X	2,2	230/400	5,1	100	400	22,5	17	1447
NRM4 65x50x125Y	0,37	230/400	1,2	150	500	5,3	3	817
NRM4 65x50x125X	0,55	230/400	1,7	150	500	6,4	4,4	871
NRM4 65x50x160Y	0,75	230/400	1,8	200	600	8,2	4	1098
NRM4 65x50x160X	1,1	230/400	2,5	200	600	9	5,5	1148
NRM4 65x50x200Y	1,1	230/400	2,5	200	600	12,4	5,8	1265
NRM4 65x50x200X	1,5	230/400	3,4	200	700	14,3	5	1289
NRM4 65x50x250Y	2,2	230/400	5,1	200	700	18,5	10	1447
NRM4 65x50x250X	3	230/400	6,5	200	700	22,5	15	1517
NRM4 80x65x125X	0,75	230/400	1,8	300	800	5,8	4	1.052
NRM4 80x65x160Y	1,1	230/400	2,5	300	1000	8,6	5	1.094
NRM4 80x65x160X	1,5	230/400	3,4	300	900	10,2	7,7	1.121
NRM4 80x65x200Y	2,2	230/400	5,1	400	1100	12,5	8,5	1.330
NRM4 80x65x200X	3	230/400	6,5	500	1200	15,2	11	1.466
NRM4 80x65x250Y	4	230/400	8,5	500	1300	19,5	10,5	1.869
NRM4 80x65x250Y	4	400/690	8,5	500	1300	19,5	10,5	1.869
NRM4 80x65x250X	5,5	230/400	10,8	500	1400	23	14	2.275
NRM4 80x65x250X	5,5	400/690	10,8	500	1400	23	14	2.275
NRM4 100x80x160Y	1,5	230/400	3,4	600	1500	7,7	5	1.220
NRM4 100x80x160X	2,2	230/400	5,1	600	1750	9,7	6	1.349
NRM4 100x80x200Y	3	230/400	6,5	600	1750	12	7	1.654
NRM4 100x80x200X	4	230/400	8,5	600	2000	14,5	6,5	1.772
NRM4 100x80x200X	4	400/690	8,5	600	2000	14,5	6,5	1.772
NRM4 100x80x250Y	5,5	230/400	10,8	900	2000	19	12	2.460
NRM4 100x80x250Y	5,5	400/690	10,8	900	2000	19	12	2.460
NRM4 100x80x250X	7,5	230/400	14,4	900	2250	22	14,5	2.835
NRM4 100x80x250X	7,5	400/690	14,4	900	2250	22	14,5	2.835
NRM4 125x100x200Y	4	230/400	8,5	900	2750	12,4	4,8	2.134

NRM4 125x100x200Y	4	400/690	8,5	900	2750	12,4	4,8	2.134
NRM4 125x100x200X	5,5	230/400	10,8	900	2750	14,5	8,5	2.676
NRM4 125x100x200X	5,5	400/690	10,8	900	2750	14,5	8,5	2.676
NRM4 125x100x250Y	7,5	230/400	14,4	1000	2750	19,5	12	3.174
NRM4 125x100x250X	11	230/400	22	1000	3000	22	13	3.417
NRM4 150x125x200W	5,5	400/690	10,8	1800	3500	10,4	6,8	3.640
NRM4 150x125x200Z	7,5	400/690	14,4	1800	4000	11,6	7	4.091
NRM4 150x125x200Y	7,5	400/690	14,4	1800	4500	13	7,5	4.091
NRM4 150x125x200X	11	400/690	22	1800	5000	14,3	8	4.301
NRM4 150x125x250Z	11	400/690	22	1800	3500	17	12,6	4.616
NRM4 150x125x250Y	15	400/690	29	2000	4000	19,8	15	5.391
NRM4 150x125x250X	15	400/690	29	2000	4500	20,8	13,2	5.391
NRM4 200x150x200W	5,5	400/690	14,4	2500	5000	10,4	5,5	5.507
NRM4 200x150x200Z	11	400/690	22	2500	5500	11,5	5,8	6.084
NRM4 200x150x200Y	11	400/690	22	3000	6000	13,3	7,6	6.292
NRM4 200x150x200X	15	400/690	29	3000	6500	14,5	8	7.194

Tab. AV- Dati elettropompe centrifughe monostadio orizzontali Pentair Nocchi delle serie NRB2 (listino prezzi 01/2016, reperibile al sito www.nocchi.it/pentair/)

MOD.	P2 (kW)	Tens. (V)	In (A)	Q (l/min)		prevalenza (m)		€
				min	max	max	min	
NRB2 32x120C	0,75	230/400	1,7	100	250	15,5	9	2.129
NRB2 32x120B	1,1	230/400	2,3	100	300	21	11,5	2.177
NRB2 32x120A	1,5	230/400	3	100	350	24,5	13	2.200
NRB2 32x160C	2,2	230/400	4,3	100	300	31,5	22	2.466
NRB2 32x160B	3	230/400	5,6	100	300	34,5	26	2.550
NRB2 32x160A	3	230/400	5,6	100	350	38	26,5	2.550
NRB2 32x200C	4	230/400	7,1	100	350	47,5	35	2.648
NRB2 32x200B	5,5	400	9,9	100	450	56	37	3.021
NRB2 32x200A	7,5	400	13,7	100	450	61	45	3.355
NRB2 40x120C	1,5	230/400	3	200	400	18	14	2.226
NRB2 40x120B	2,2	230/400	4,3	200	500	21,5	15,5	2.272
NRB2 40x120A	3	230/400	5,6	200	550	25	18,5	2.442
NRB2 40x160C	3	230/400	5,6	200	550	31	19,5	2.366
NRB2 40x160B	4	230/400	7,1	200	600	34	21,5	2.648
NRB2 40x160A	4	230/400	7,1	200	600	37	26,5	2.648
NRB2 40x200C	5,5	400	9,9	200	600	43,5	24	3.245
NRB2 40x200B	7,5	400	13,7	200	700	52	28	3.585
NRB2 40x200A	11	400	19,4	200	700	57	37	4.609
NRB2 40x250C	11	400	19,4	200	650	73	44	4.857
NRB2 40x250B	15	400	26,1	200	700	82,5	56	5.140
NRB2 40x250A	18,5	400	31,7	200	750	93	67	5.529

NRB2 50x120C	2,2	230/400	4,3	400	700	18	13,5	2.366
NRB2 50x120B	3	230/400	5,6	400	800	22	16,5	2.500
NRB2 50x120A	4	230/400	7,1	400	1000	25,5	17,5	2.553
NRB2 50x160C	4	230/400	7,1	400	800	27,5	21	2.744
NRB2 50x160B	5,5	400	9,9	400	1000	33	22	3.211
NRB2 50x160A	7,5	400	13,7	400	1100	37	26	3.585
NRB2 50x200C	7,5	400	13,7	400	900	47	31,5	3.597
NRB2 50x200B	11	400	19,4	400	1000	52,5	35	4.627
NRB2 50x200A	11	400	19,4	400	1000	57,5	43	4.627
NRB2 50x250D	15	400	26,1	450	1000	70	51	5.188
NRB2 50x250C	18,5	400	31,7	450	1100	77	55,5	5.739
NRB2 50x250B	22	400	37,8	450	1100	88	69	6.764
NRB2 50x250A	30	400	50,7	450	1300	94,5	70	8.194
NRB2 65x120C	4	230/400	7,1	600	1300	18	12,5	2.749
NRB2 65x120B	5,5	400	9,9	600	1400	21,4	16,4	3.211
NRB2 65x120A	7,5	400	13,7	700	1600	23,6	17,6	3.550
NRB2 65x160C	11	400	19,4	700	1500	30,8	21	4.698
NRB2 65x160B	11	400	19,4	700	1800	33,8	22,5	4.698
NRB2 65x160A	15	400	26,1	700	2000	40,8	29	4.998
NRB2 65x200C	18,5	400	31,7	800	2000	51	39	5.617
NRB2 65x200B	22	400	37,8	800	2250	57,5	42,5	6.640
NRB2 65x200A	30	400	50,7	800	2250	62	50	8.070
NRB2 65x250C	30	400	50,7	800	1800	72	57	8.759
NRB2 65x250B	37	400	62,4	800	2250	82,5	59,5	9.077
NRB2 65x250A	45	400	75,9	800	2250	92,5	72,5	10.948
NRB2 80x160C	11	400	19,4	1200	2500	28,5	20	4.873
NRB2 80x160B	15	400	26,1	1200	3000	33,6	23	5.157
NRB2 80x160A	18,5	400	31,7	1200	3250	38	27	5.618
NRB2 80x200C	22	400	37,8	1200	3000	44,6	31	7.100
NRB2 80x200B	30	400	50,7	1200	3250	53	38,5	8.601
NRB2 80x200A	37	400	62,4	1200	3500	58,5	43,5	9.087
NRB2 80x250D	37	400	62,4	1500	3000	68	51	9.183
NRB2 80x250C	45	400	75,9	1500	3500	74,6	53	11.054
NRB2 80x250B	55	400	92	1500	3500	84	66	13.332
NRB2 80x250A	75	400	127	1500	4000	90,5	66	15.858
NRB2 100x200D	22	400	37,8	2000	4000	37,5	20,5	7.222
NRB2 100x200C	30	400	50,7	2000	4500	45	27	8.724
NRB2 100x200B	37	400	62,4	2000	5000	50,5	31	8.830
NRB2 100x200A	45	400	75,9	2000	5000	55,5	38	10.930
NRB2 100x250D	45	400	75,9	2000	4000	66,5	49,5	11.054
NRB2 100x250C	55	400	92	2000	4500	73	53,5	13.350
NRB2 100x250B	75	400	127	2000	5500	83	55	15.875
NRB2 100x250A	90	400	152	2000	5500	89,5	65	17.290

Tab. AW- Dati elettropompe centrifughe monostadio orizzontali Pentair Nocchi delle serie NRB4 (listino prezzi 01/2016, reperibile al sito www.nocchi.it/pentair/)

MOD.	P2 (kW)	Tens. (V)	In (A)	Q (l/min)		prevalenza (m)		€
				min	max	max	min	
NRB4 32x120C	0,25	230/400	0,9	50	150	4,5	2,1	2.177
NRB4 32x120B	0,25	230/400	0,9	50	175	5,4	2,5	2.177
NRB4 32x120A	0,25	230/400	0,9	50	200	6,2	2,9	2.177
NRB4 32x160C	0,25	230/400	0,9	50	175	7,8	4,6	2.226
NRB4 32x160B	0,37	230/400	1,2	50	200	8,6	4,6	2.248
NRB4 32x160A	0,37	230/400	1,2	50	200	9,4	5,8	2.248
NRB4 32x200C	0,55	230/400	1,2	75	225	11,2	6,5	2.316
NRB4 32x200B	0,75	230/400	1,7	75	250	13,2	8,2	2.316
NRB4 32x200A	1,1	230/400	2,5	75	250	14,5	10	2.316
NRB4 40x120C	0,25	230/400	0,9	100	250	4,6	2,5	2.202
NRB4 40x120B	0,37	230/400	1,2	100	275	5,4	3,5	2.226
NRB4 40x120A	0,37	230/400	1,2	100	300	6,3	4,4	2.226
NRB4 40x160C	0,37	230/400	1,2	100	275	7,3	4,3	2.226
NRB4 40x160B	0,55	230/400	1,2	100	300	8	4,7	2.248
NRB4 40x160A	0,55	230/400	1,2	100	300	8,8	5,8	2.248
NRB4 40x200C	0,75	230/400	1,7	125	300	11	5,4	2.531
NRB4 40x200B	1,1	230/400	2,5	125	350	12,8	6,2	2.553
NRB4 40x200A	1,1	230/400	2,5	125	350	14	8,3	2.553
NRB4 40x250C	1,5	230/400	3,2	125	350	17,2	10,6	2.932
NRB4 40x250B	2,2	230/400	4,6	125	400	19,7	11,5	2.979
NRB4 40x250A	2,2	230/400	4,6	125	450	22,3	13	2.979
NRB4 50x120C	0,25	230/400	0,9	150	400	4,4	2,6	2.316
NRB4 50x120B	0,37	230/400	1,2	150	450	5,3	3,5	2.316
NRB4 50x120A	0,55	230/400	1,2	150	450	6,3	4,8	2.341
NRB4 50x160C	0,55	230/400	1,2	200	450	6,8	4,4	2.508
NRB4 50x160B	0,75	230/400	1,7	200	500	8	5,6	2.508
NRB4 50x160A	1,1	230/400	2,5	200	550	9	6,4	2.508
NRB4 50x200C	1,1	230/400	2,5	200	500	11,6	6,2	2.553
NRB4 50x200B	1,1	230/400	2,5	200	500	13	8,2	2.553
NRB4 50x200A	1,5	230/400	3,2	200	600	14,3	7,8	2.601
NRB4 50x250D	2,2	230/400	4,6	200	550	16,8	10,5	3.436
NRB4 50x250C	2,2	230/400	4,6	200	600	18,4	11,5	3.436
NRB4 50x250B	3	230/400	6,1	200	600	21	15,2	3.518
NRB4 50x250A	3	230/400	6,1	200	700	22,5	14,7	3.518
NRB4 65x120C	0,55	230/400	1,2	250	600	4,2	3	2.508
NRB4 65x120B	0,55	230/400	1,2	250	700	5	3,7	2.508
NRB4 65x120A	0,75	230/400	1,7	300	800	5,6	4	2.508
NRB4 65x160C	1,1	230/400	2,5	300	800	7,7	4,7	2.553
NRB4 65x160B	1,1	230/400	2,5	300	900	8,5	4,9	2.553

NRB4 65x160A	1,5	230/400	3,2	300	1000	10,2	6,5	2.601
NRB4 65x200C	2,2	230/400	4,6	400	1000	12,3	9	3.269
NRB4 65x200B	3	230/400	6,1	400	1100	15	10	3.291
NRB4 65x200A	3	230/400	6,1	400	1200	13,7	11	3.291
NRB4 65x250C	3	230/400	6,1	500	1000	17,2	1,6	4.256
NRB4 65x250B	4	230/400	7,7	500	1200	20	12,5	4.353
NRB4 65x250A	5,5	400	10,9	500	1400	23	14	4.902
NRB4 80x160C	1,5	230/400	3,2	600	1300	7,1	4,8	2.997
NRB4 80x160B	2,2	230/400	4,6	600	1500	8,5	5,6	3.261
NRB4 80x160A	2,2	230/400	4,6	600	1600	9,6	6,6	3.261
NRB4 80x200C	2,2	230/400	4,6	700	1500	10,4	6,5	3.927
NRB4 80x200B	3	230/400	6,1	700	1800	12,5	7,2	4.056
NRB4 80x200A	4	230/400	7,7	700	2000	14,2	7,6	4.346
NRB4 80x250D	5,5	400	10,9	700	1600	16,3	11,5	4.982
NRB4 80x250C	5,5	400	10,9	700	1800	17,9	11,9	4.982
NRB4 80x250B	7,5	400	14,5	700	2000	20,5	13,9	5.497
NRB4 80x250A	7,5	400	14,5	700	2250	22,2	14	5.497
NRB4 100x200D	3	230/400	6,1	900	2000	9,8	6	4.751
NRB4 100x200C	4	230/400	7,7	900	2250	11,8	7,5	4.751
NRB4 100x200B	5,5	400	10,9	900	2500	13,2	8,2	5.332
NRB4 100x200A	5,5	400	10,9	900	2750	14,4	8,5	5.332
NRB4 100x250D	5,5	400	10,9	1000	2250	16,4	9,8	6.234
NRB4 100x250C	7,5	400	14,5	1000	2500	18	10,4	6.146
NRB4 100x250B	11	400	20,7	1000	2750	20,4	12,4	6.234
NRB4 100x250A	11	400	20,7	1000	3000	22	12,8	5.369

Tab. AX- Dati serbatoi cilindrici in acciaio di produzione Alta Serbatoi (listino prezzi reperibile al sito www.alta.it)

capacità(l)	costo (€)
20000	4350
25000	4751
30000	5215
35000	5629
40000	6197
45000	6713
50000	7230
60000	8242
65000	8748
70000	9254
75000	9760
80000	10266
85000	10772

90000	11278
95000	11784
100000	12291

Tab. AY- Dati serbatoi cilindrici in acciaio AISI304 di produzione Alta Serbatoi (listino prezzi reperibile al sito www.alta.it)

orizzontali		verticali	
capacità(l)	costo (€)	capacità(l)	costo (€)
100	297,17	100	353,4
200	324,3	200	385,7
300	349,34	300	418
500	407,83	500	506,35
750	554,89	750	688,75
1000	594,45	1000	738,15
1500	697,67	1500	1201,75
2000	1192,6	2000	1480,1
3000	1978,6	3000	2455,75
4000	2732,47	4000	3052,35
5000	3113,1	5000	3554,9
6000	3874,4	6000	4759,5
8000	5396,96	8000	6262,4
10000	6227,45	10000	7224,75

Tab. AZ- Dati serbatoi cilindrici orizzontali in acciaio zincato di produzione Alta Serbatoi (listino prezzi reperibile al sito www.alta.it)

capacità(l)	costo (€)
100	164,43
200	173,49
300	179,96
500	189,02
750	251,17
1000	258,94
1500	420,78
2000	494,57
3000	712,09
4000	1052,59
5000	1198,89
6000	1701,24
8000	2308,45
10000	2753,83
14000	4374,79

Tab. BA- Dati serbatoi cilindrici in acciaio zincato (listino prezzi Oppo, reperibile al sito www.oppo.it)

orizzontali		verticali	
capacità(l)	costo (€)	capacità(l)	costo (€)
300	199	300	199
500	245	500	239
750	327	750	319
1000	365	1000	356
1500	622	1500	616
2000	750	2000	734
3000	1107	3000	1138
4000	1441	4000	1485
5000	1641	5000	1606
6000	2350		
8000	3100		
10000	3474		
15000	5616		

Tab. BB- Dati autoclavi in acciaio zincato di produzione Alta Serbatoi (listino prezzi reperibile al sito www.alta.it)

capacità (l)	p max (bar)	costo (€)	capacità (l)	p max (bar)	costo (€)
100	8	269	100	11,76	307
200	8	356	200	11,76	410
300	8	396	300	11,76	470
500	8	500	500	11,76	671
750	8	723	750	12	957
1000	8	856	1000	12	1191
1500	8	1532	1500	12	2009
2000	8	1891	2000	12	2324
2500	8	2442	2500	12	3061
3000	8	2939	3000	12	3911
4000	8	4468	4000	12	5685
5000	8	5114	5000	12	6643
5000	8	6221			

Tab. BC- Dati autoclavi in acciaio AISI316L di produzione Alta Serbatoi (listino prezzi reperibile al sito www.alta.it)

capacità (l)	p max (bar)	costo (€)
100	8	1128
200	8	1500
300	8	1911
500	8	3040
750	8	4015
980	8	4671
1500	8	6909
2000	8	7988
3000	8	12672
4000	8	18728
5000	8	20695

Tab. BD- Dimensioni dei tubi di acciaio senza saldatura, serie media, filettabili, secondo UNI 8863. Fonte: A. Monte, "Elementi di impianti industriali" vol.2, p.692

DN	ϕ est.(mm)	ϕ int.(mm)
10	17,2	12,6
15	21,3	16,1
20	26,9	21,7
25	33,7	27,3
32	42,4	36
40	48,3	41,9
50	60,3	53,1
65	76,1	68,9
80	88,9	80,9
100	114,3	105,3
125	139,7	129,7
150	165,1	158,3