

08 NOVEMBRE 2021

#8 RUBRICA:
GLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI NZEB

DALLA TEORIA ALLA PRATICA

Dott. Ing. Michele Vio



Rubrica: Gli impianti negli edifici NZEB: dalla teoria alla pratica

Progettazione di un edificio NZEB -

L'utilizzo delle valvole Pressure Independent a bilanciamento dinamico per l'ottimizzazione di impianti a portata d'acqua variabile

Effetti della portata d'acqua nei terminali

Le batterie di scambio termico di UTA e fan-coil hanno una curva potenza-portata che si discosta dalla linearità così come mostrato in figura 1, valida per il funzionamento estivo, e dipendono molto dalla temperatura dell'acqua d'immissione. Per avere, con temperatura di immissione di 7°C ad esempio il 75% della potenza, è necessario ridurre la portata al 50%.

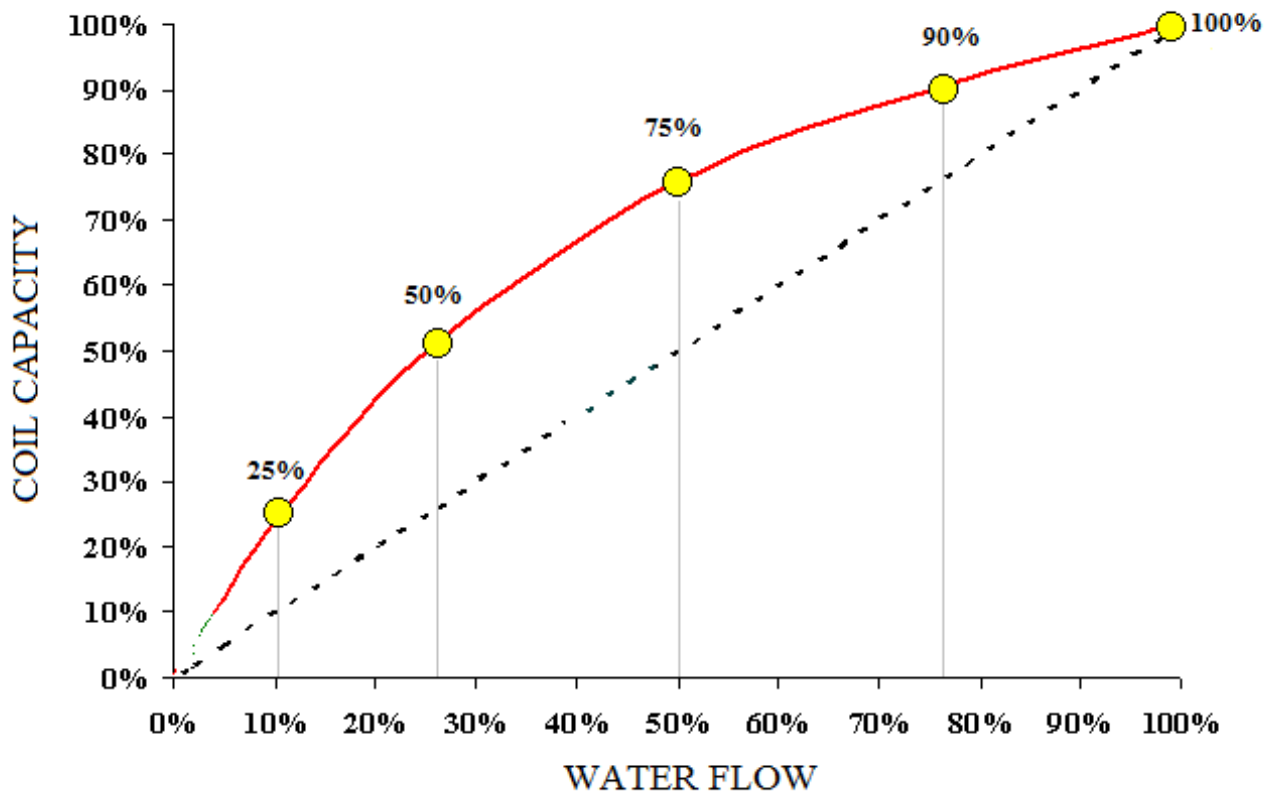


Figura 1: curve portata (water flow) - potenza (coil capacity) di una batteria di scambio termico

Questo pone un problema di regolazione, in quanto allo stelo della valvola bisogna dare un segnale lineare. Per superare il problema, gli otturatori delle valvole sono costruiti in modo da compensare la curva Portata – Potenza della valvola, così come mostrato in figura 2. La curva dell'otturatore, tra corsa della valvola e portata d'acqua (curva verde) compensa la curva Portata – Potenza (curva blu).

in modo che il risultato sia una linearità perfetta tra corsa della valvola e potenza ottenuta dalla batteria.

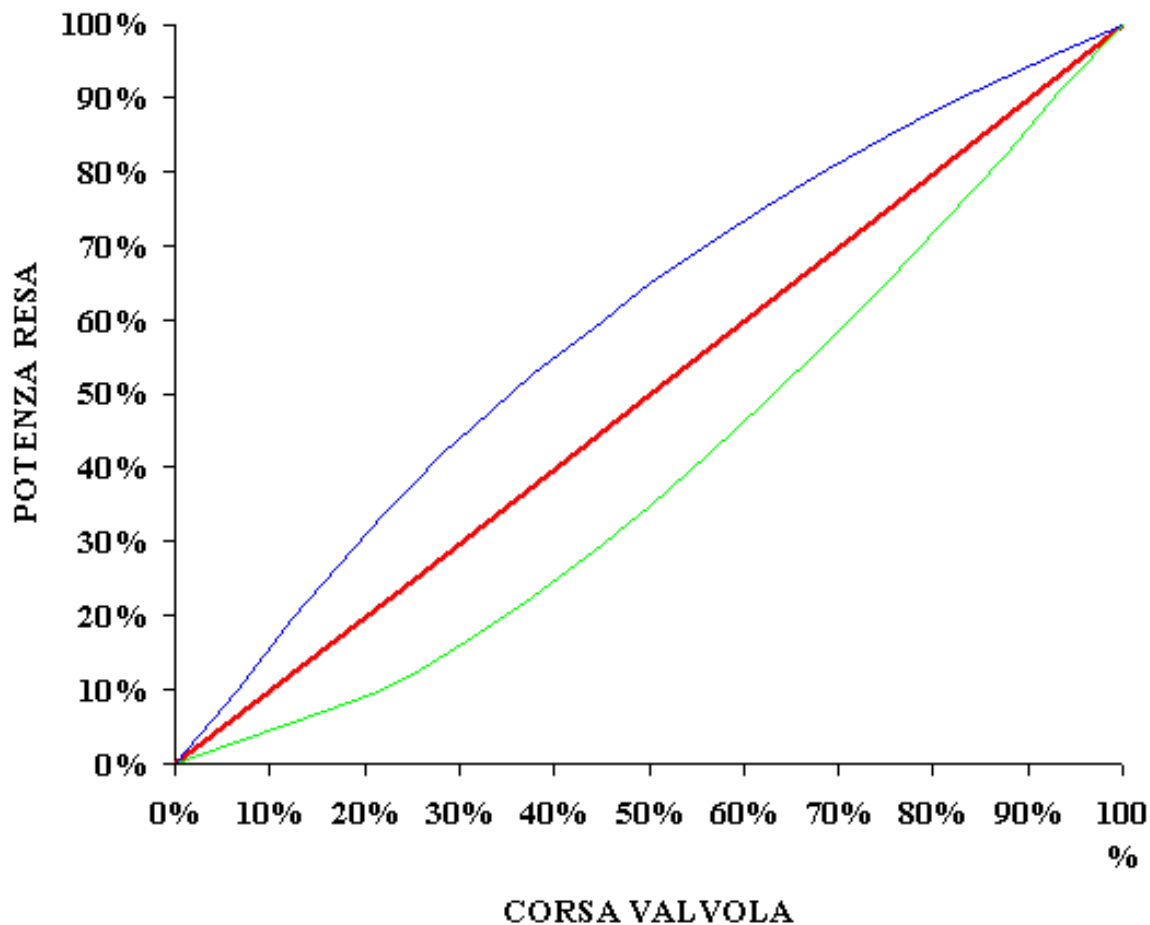


Figura 2: ottenimento della linearità

In questo modo c'è linearità anche tra il segnale di apertura della valvola (generalmente 0-10 V) e potenza resa: quando serve il 50% della potenza, il segnale è 5 V, pari alla metà del massimo, con grande semplicità per la regolazione.

Differenze tra le valvole a tre vie e le valvole a due vie

Dal punto di vista del terminale, a parità di condizioni quali temperatura dell'aria in ingresso, temperatura dell'acqua d'immissione, temperatura dell'aria e potenza richiesta, la portata d'acqua che lo attraversa è sempre la stessa indipendentemente che si utilizzi una valvola a 3 vie oppure una valvola a 2 vie.

Utilizzando una valvola a 3 vie parte della portata viene by-passata sulla terza via e non attraversa la batteria, ma la portata nella tubazione di collegamento verso il terminale è sempre pari al 100%. Con una valvola a 2 vie, invece, la portata circolante sulla tubazione verso il terminale è sempre pari a quella che attraversa la batteria. Circola meno acqua sull'impianto ed si ottiene quindi un sistema a portata d'acqua variabile (figura 3)

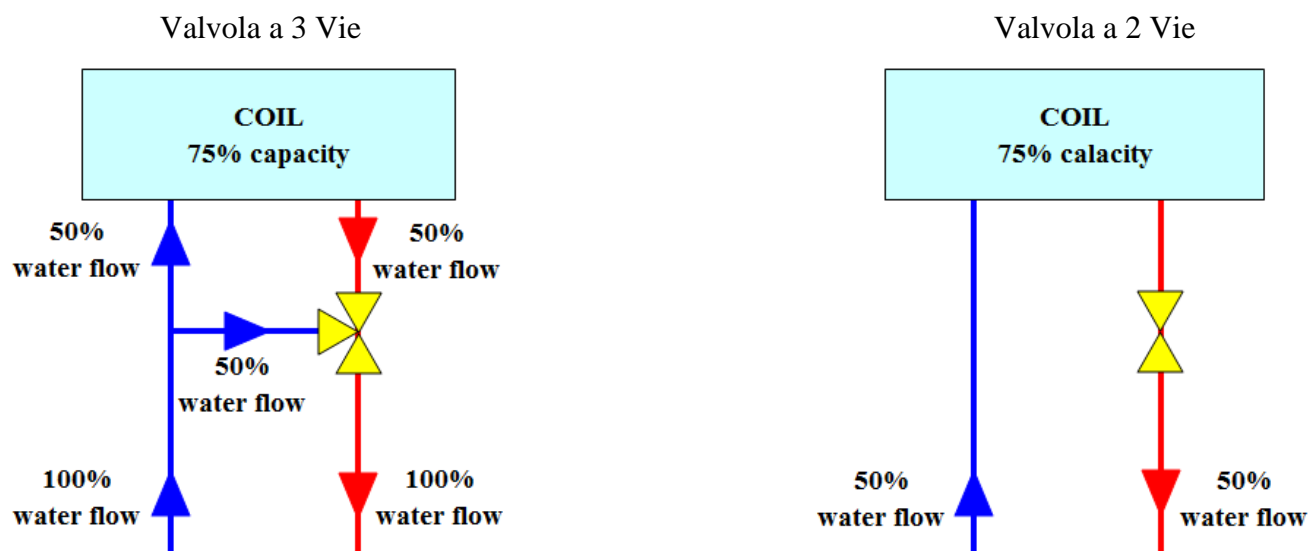


Figura 3: differenze tra valvole a tre vie e valvola a due vie, con potenza richiesta pari al 75% della massima (temperatura di alimentazione 7°C).

Mentre con circuiti con valvole a tre vie la portata che circola è sempre pari alla massima, intesa come la somma delle portate di ogni singolo terminale, nel caso di valvole a due vie circola solo la portata d'acqua necessaria al carico richiesto dall'edificio in ogni singolo istante: in questo modo si ottengono grandi risparmi energetici.

Limiti delle valvole a due vie tradizionali

Si supponga di avere un circuito idraulico come quello mostrato in figura 4, con quattro terminali uguali, ad esempio 4 UTA. L'esempio mostra valvole a due vie, ma la situazione sarebbe analoga anche per valvole a tre vie.

Al 100% del carico la portata è massima in ogni tratto comune del circuito, per cui ai capi di ogni terminale i salti di pressione ΔP sono diversi. Per renderli uguali bisogna inserire delle valvole di taratura a valle delle valvole di regolazione.

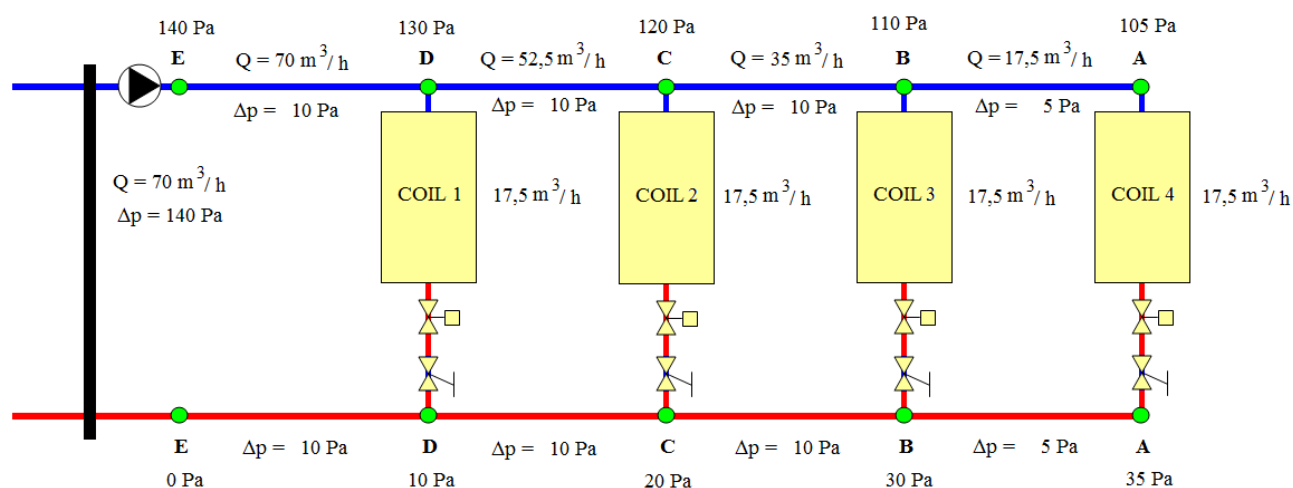


Figura 4: circuito preso ad esempio.

Se si osserva l'andamento delle pressioni ai capi dei terminali (figura 5), si vede che la perdita di carico della batteria è di 30 kPa (istogramma blu) e quella delle valvole 40 kPa (istogramma rosso).

Ciò che cambia è perdita di carico delle valvole di taratura, che a sua volta dipende dalle perdite di carico dei tratti comuni di mandata e di ritorno. Si va dai 50 kPa del terminale 1, a 0 kPa del terminale 4.

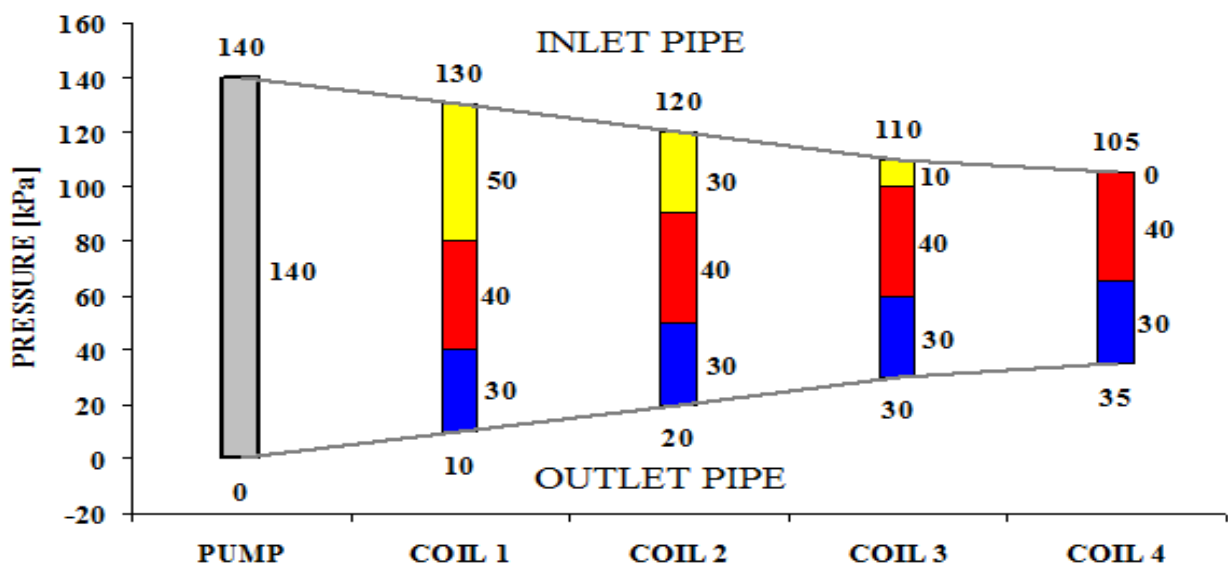


Figura 5: andamento delle perdite di carico al 100% del carico a capo dei terminali (coil) nelle tubazioni di mandata (Inlet Pipe) e di ritorno (Outlet Pipe). Le batterie sono rappresentate dagli istogrammi blu, le valvole di regolazione dagli istogrammi rossi e le valvole di taratura dagli istogrammi gialli

Si supponga di avere una variazione di carico come quella mostrata in figura 6, in cui la portata d'acqua nelle batterie dei terminali si riduce e ancora di più si riduce la perdita di carico (varia circa con il quadrato della portata d'acqua).

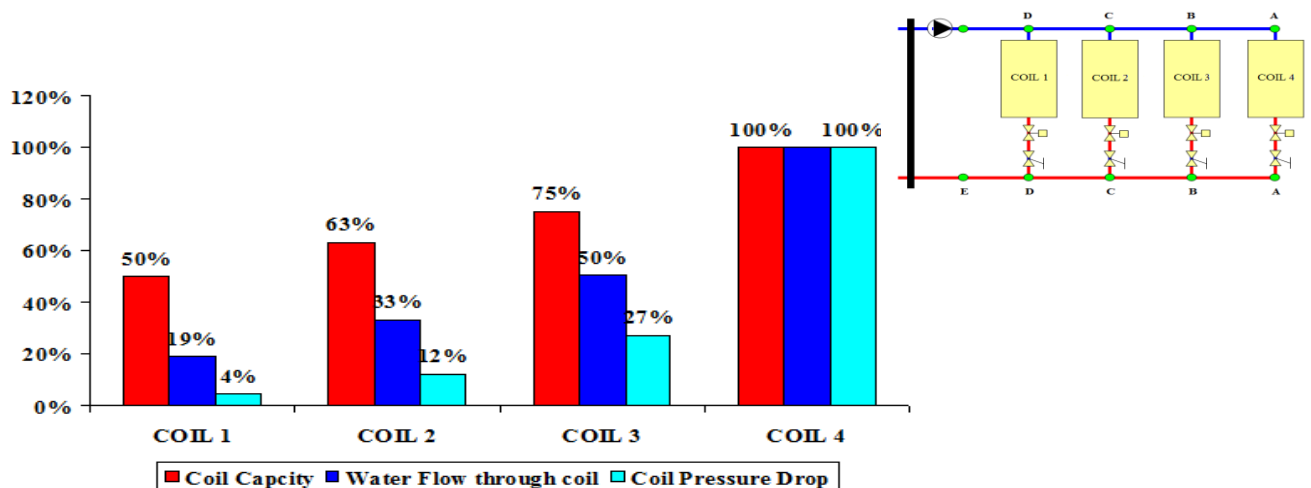


Figura 6: per ogni terminale variazione di carico (Istogramma rosso), con conseguente variazione di portata d'acqua (istogramma blu) e perdita di carico (istogramma azzurro)

La figura 7 mostra l'andamento della pressione nei tubi di andata e di ritorno nel caso di valvole a tre e a due vie. L'ipotesi è quella di mantenere costante la differenza di pressione ai capi della pompa.

Con le valvole a due vie si ottiene un impianto a portata d'acqua variabile. La portata si riduce nei tratti comuni tra i vari terminali e così anche le perdite di pressione. Ad esempio, ai capi del Terminale 3 c'è un $\Delta P =$ di 80 kPa con valvole a tre vie contro 114 kPa delle valvole a due vie.

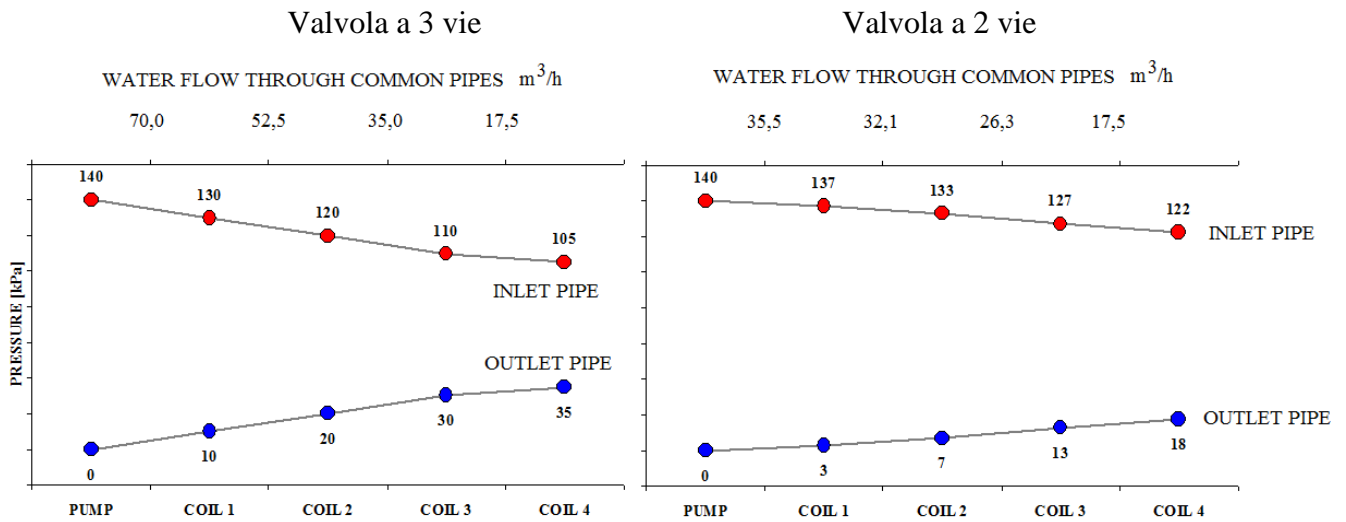


Figura 7: andamento delle perdite di carico ai capi dei terminali (coil) nel caso della condizione di figura 6

Nel caso di valvole a tre vie, la costanza della portata d'acqua a monte e valle della valvola (nei punti rossi di figura 8) e sulla valvola di taratura, fa sì che ai capi A-C la differenza di pressione sia sempre costante, pari a 70 kPa (generalmente le valvole a tre vie hanno una perdita maggiore sulla via di by-pass C-A: non dovesse bastare, si dovrebbe mettere una valvola di taratura in modo da pareggiare le perdite di carico tra batteria + via B e by-pass).

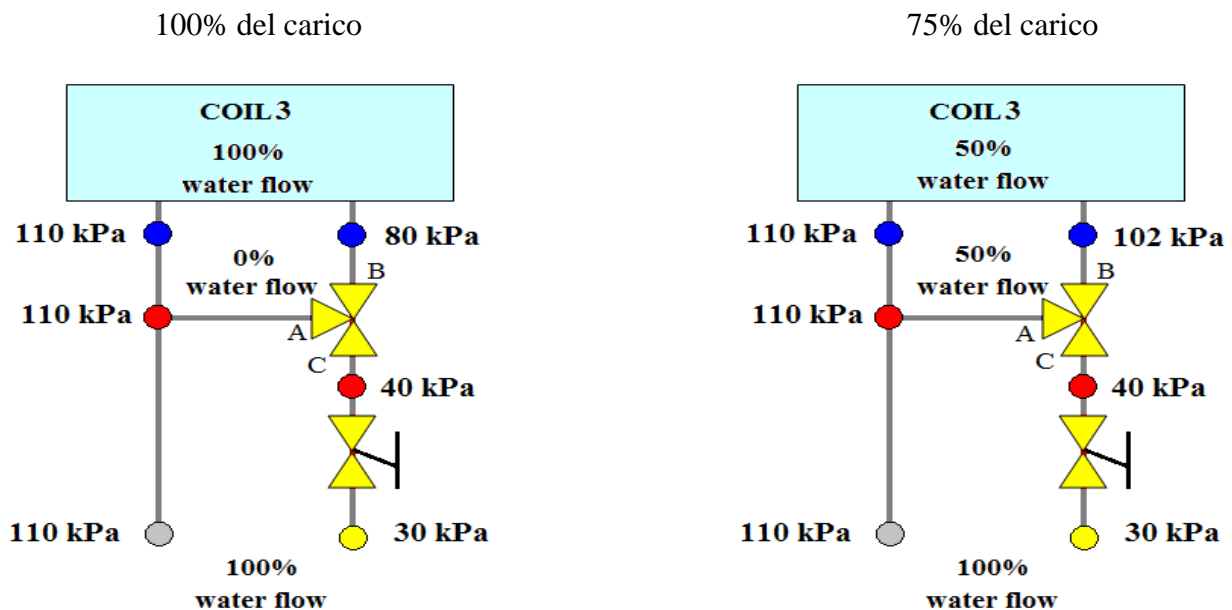


Figura 8: diverso comportamento di una valvola a 3 vie nel terminale 3 di figura 7 al 100% e al 75% del carico

L'azione dell'otturatore fa sì che della valvola si crei una perdita di carico di 22 kPa per compensare la minore perdita di carico della batteria, dovuta al dimezzamento della portata. La valvola lavora a differenza di pressione costante.

Nel caso di valvole a due vie invece la situazione cambia (figura 9). Innanzitutto la differenza di pressione ai capi del terminale aumenta, poiché si riduce la portata nei tratti comuni ed inoltre la taratura è fissa, per cui la sua perdita scende da 10 a 2,5 kPa. In secondo luogo, non esistendo più la terza via, la valvola si trova a lavorare sotto salti di pressione completamente diversi tra di loro, 40 kPa al 100% del carico, 103 kPa al 75% del carico.

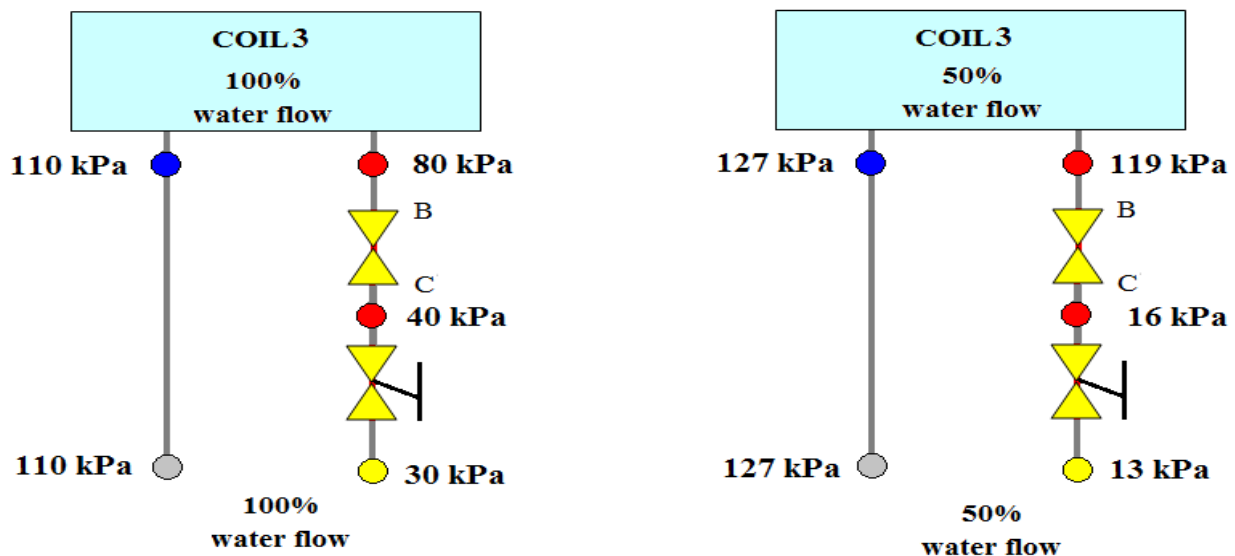


Figura 9: comportamento di una valvola a 2 vie nel terminale 3 di figura 7 al 100% e al 75% del carico

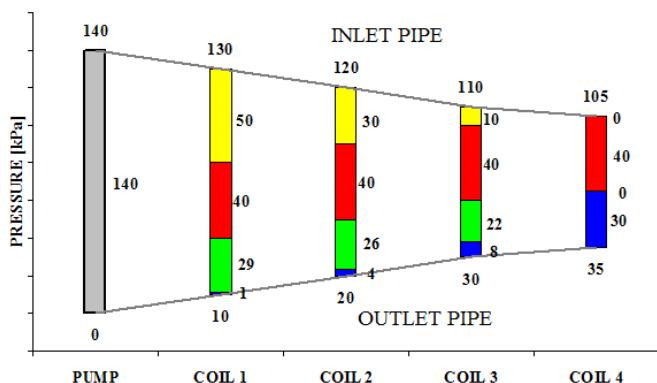
La figura 10 riporta l'andamento delle perdite di carico nella situazione di figura 6, nel caso di valvole a tre e due vie. Entrambe le tipologie di valvole hanno sempre perdita di carico nominale (tutte aperte) uguale, pari a 40 kPa.

Con le valvole a 3 vie, la somma degli istogrammi blu (ΔP batterie), rosso (ΔP nominale valvola) e verde (compensazione otturatore valvola, linea della terza via di by-pass) dà sempre 70 kPa. Le valvole di taratura (istogrammi gialli) rimangono uguali al caso 100%, perché la portata che le attraversa è sempre pari alla massima. Inoltre, le perdite di carico dei tratti comuni rimangono costanti, perché costante è la portata d'acqua che li attraversa.

Con le valvole a due vie, la perdita di pressione ai capi delle valvole aumenta, rispetto ai 40 kPa della condizione al 100% del carico: infatti, la portata dell'acqua in batteria diminuisce e con essa anche la perdita di carico. Il circuito di ogni singolo terminale non è più compensato dalla terza via di by-pass, come nel caso delle valvole a 3 vie: anche le valvole di taratura sono attraversate dalla portata della batteria e non più dall'intera portata.

La riduzione di portata d'acqua si ha anche nei tratti comuni dove si riducono le perdite di carico. Di conseguenza le valvole a due vie devono compensare tutto ciò, chiudendo molto il loro passaggio.

Valvola a 3 vie



Valvola a 2 vie

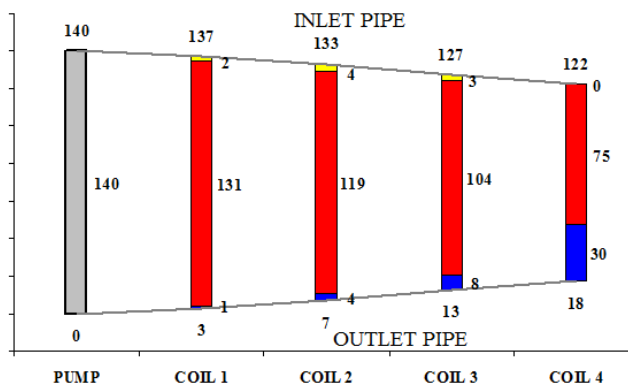
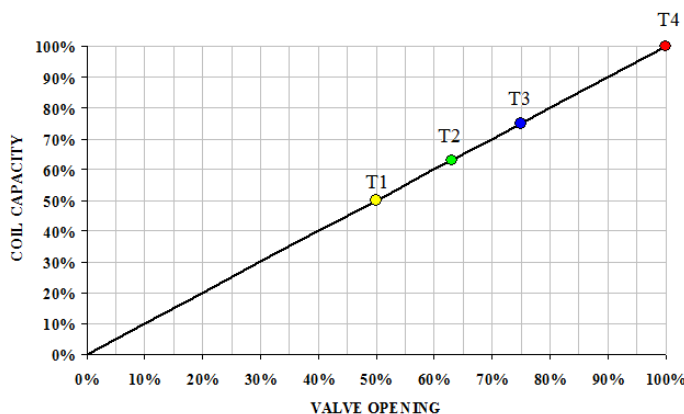


Figura 10: andamento delle perdite di carico nelle condizioni di figura 6, a capo dei terminali (coil) nelle tubazioni di mandata (Inlet Pipe) e di ritorno (Outlet Pipe). Le batterie sono rappresentate dagli istogrammi blu, le valvole di regolazione dagli istogrammi rossi e le valvole di taratura dagli istogrammi gialli. Gli istogrammi verdi rappresentano la compensazione della terza via di by-pass, nel caso di valvole a tre vie

Il fenomeno è ancora più evidente se mostrato in un grafico che riporta la potenza resa dalla batteria in funzione dell'apertura della valvola (figura 11). Si nota subito che si ha perfetta corrispondenza tra potenza richiesta e apertura delle valvole, nel caso di 3 vie, mentre le due vie devono chiudere molto di più, a causa dell'aumento di pressione ai loro capi, come mostrato in precedenza. Addirittura la valvola del terminale 4 (punto rosso), deve chiudere anche se la potenza richiesta è pari al 100%.

Valvola a 3 vie



Valvola a 2 vie

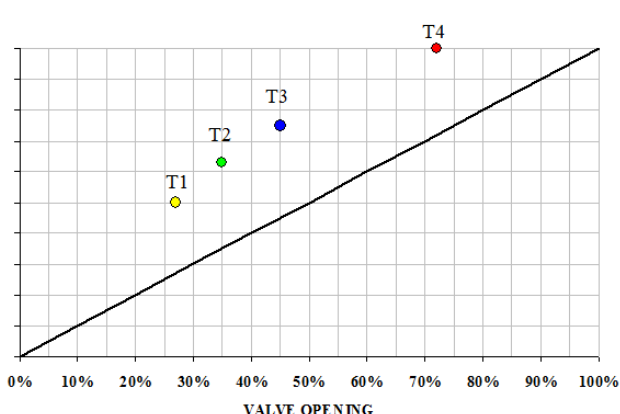


Figura 11: Differenze di comportamento tra le valvole a tre vie e le valvole a due vie.

Se la via corretta per ottenere dei risparmi energetici è adottare un impianto a portata variabile, che faccia circolare quindi solo l'acqua necessaria a soddisfare la richiesta di potenza dei terminali. L'utilizzo di valvole a due vie tradizionali però induce seri problemi di regolazione con rischio di pendolamento, laddove i terminali richiedano una apertura troppo bassa della valvola, o con rischio

di sottolaminazione sui quei terminali in cui e perdite di carico sono superiori alla pressione fornita dalla pompa (condizione mostrata più avanti).

Vantaggi delle valvole pressure independent a bilanciamento dinamico

È possibile sopperire a tali problematiche con l'utilizzo di valvole a 2 vie di tipo pressure independent a bilanciamento dinamico in grado di coniugare i vantaggi delle valvole a 2 vie con la precisione di regolazione delle valvole a 3 vie.

Queste sono sostanzialmente l'unione di due valvole (figura 12): quella di regolazione a due vie nella parte superiore e quella di taratura nella parte inferiore. Rispetto alle tradizionali valvole di taratura però, quelle montate nelle valvole PI sono dinamiche.

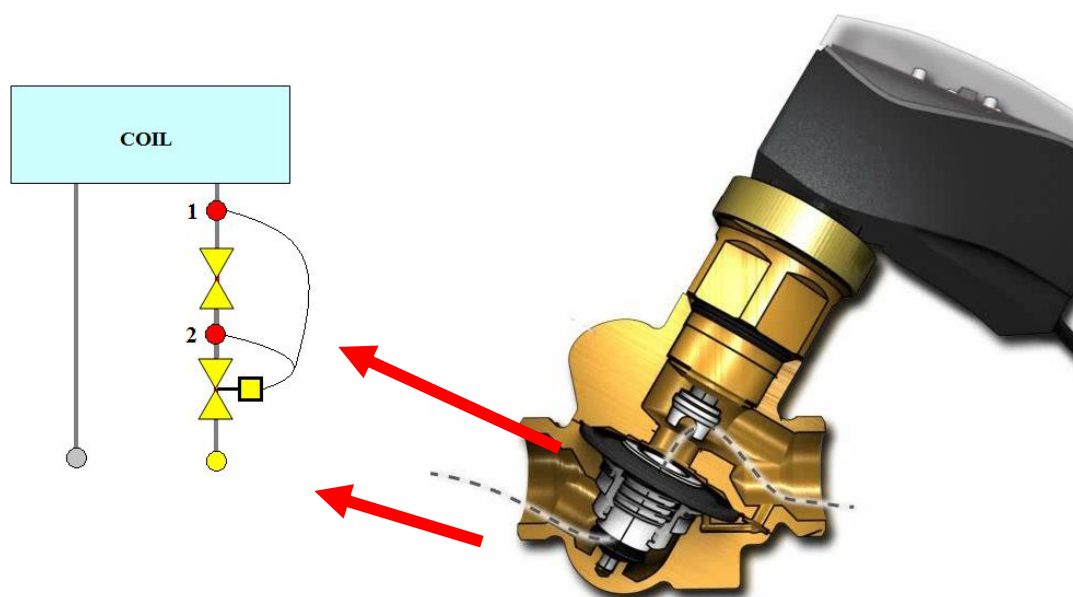


Figura 12: valvola Pressure Independent a bilanciamento dinamico

La parte superiore della valvola è la valvola di regolazione vera e propria che permette di limitare la portata massima.

La parte inferiore è un regolatore di pressione differenziale dinamico, che lavora per mantenere costante la pressione tra i punti 1 e 2 della valvola di regolazione.

Risoluzione del problema della sovrappressione sulla valvola di regolazione

Si rifà il caso delle figura 6 e si vedono le differenze di comportamento delle valvole in tutti i terminali, con particolare attenzione al numero 3.

La figura 13 mostra cosa avviene nel terminale 3, dove è richiesta il 50% della portata nominale. Le perdite di carico in batteria sono analoghe nei due casi, ma mentre nel caso di valvola a due vie tradizionale la valvola di taratura è fissa, per cui le sue perdite di carico diminuiscono, con la valvola PI, invece, la valvola di taratura è dinamica e mantiene sempre una differenza di pressione costante sulla valvola di regolazione.

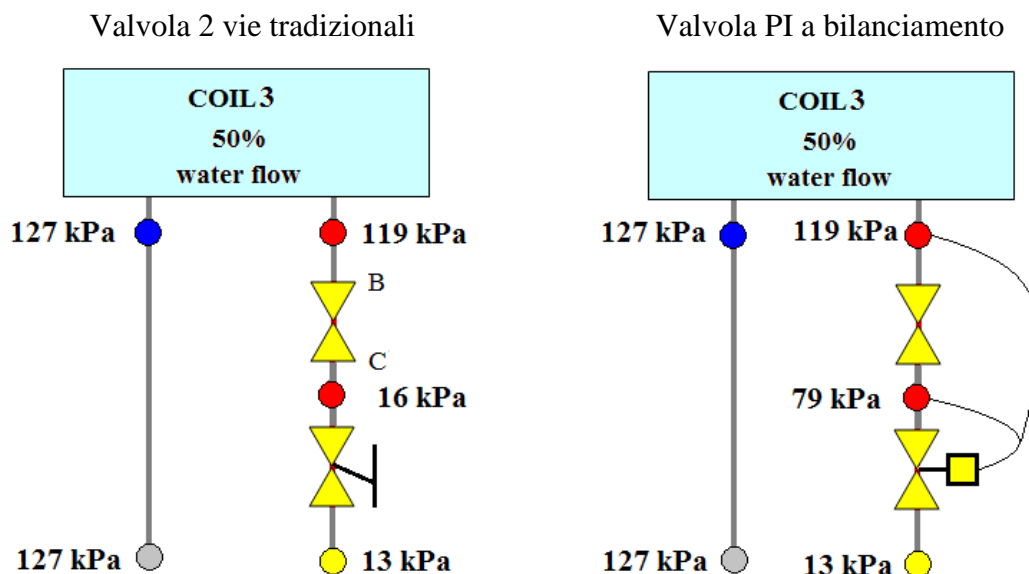


Figura 13: Andamento delle pressioni a monte e a valle di ogni elemento, nel terminale tre di figura 6: differenze tra le valvole a due vie tradizionali e le valvole PI a bilanciamento dinamico

L'andamento di tutti i terminali è riportato in figura 14. Con le valvole tradizionali tutto il carico della regolazione è a capo degli otturatori (istogrammi rossi) perché le valvole di taratura (istogrammi gialli) sono fisse e le perdite di carico variano con la portata, così come le perdite di carico della batteria (istogrammi blu).

Con le valvole PI a bilanciamento dinamico, invece, la taratura è dinamica ed interviene per mantenere costante la perdita di carico sull'otturatore della valvola di regolazione.

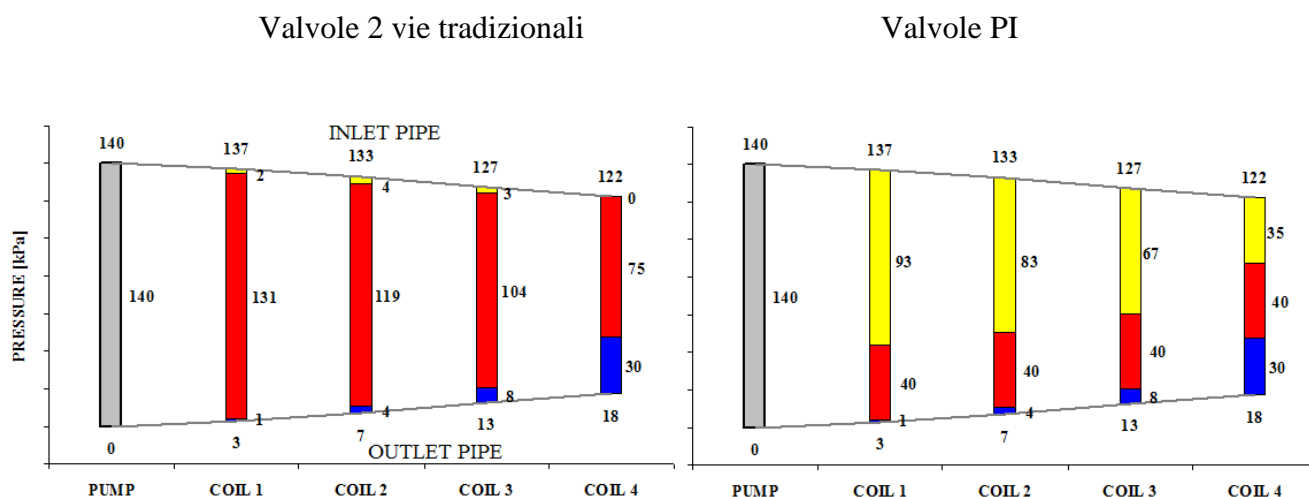


Figura 14: andamento delle perdite di carico sulle valvole (istogrammi rossi), sulle batterie (istogrammi blu) e sulle valvole di taratura (istogrammi gialli), nel caso di figura 6.

Se si riporta il caso della figura in un grafico che riporta la potenza resa dalla batteria in funzione dell'apertura della valvola (figura 15), si nota subito che nel caso di valvole PI a bilanciamento dinamico si ha perfetta corrispondenza tra potenza richiesta e apertura delle valvole perché ai loro

capi viene mantenuta una perdita di pressione costante, mentre le valvole a 2 vie tradizionali devono chiudere molto di più a causa dell'aumento di pressione ai loro capi, come mostrato precedentemente. Con le valvole PI a bilanciamento dinamico si ottiene una perfetta linearità, mentre le valvole a 2 vie tradizionali sono costrette a chiudere molto di più, e qui si rischia di innestare un pericoloso fenomeno di pendolamento per scarso controllo, perché ogni valvola fatica a regolare bene al di sotto del 20% di apertura.

Valvole 2 vie tradizionali

Valvole PI a bilanciamento dinamico

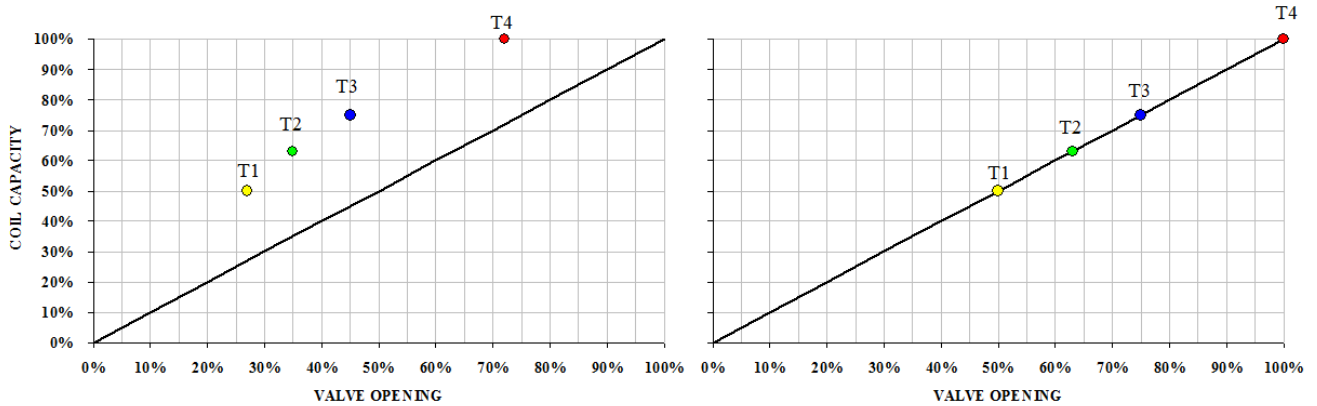


Figura 15: apertura delle valvole e potenza resa dalle batterie - differenze tra valvole a due vie tradizionali e valvole PI a bilanciamento dinamico

Rischi di pendolamento e sottoalimentazione delle valvole

Si supponga ora di avere una situazione diametralmente opposta a quella analizzata precedentemente, dove il terminale 1 lavora al 100% del carico, mentre gli altri lavorano a carico ridotto (figura 16).

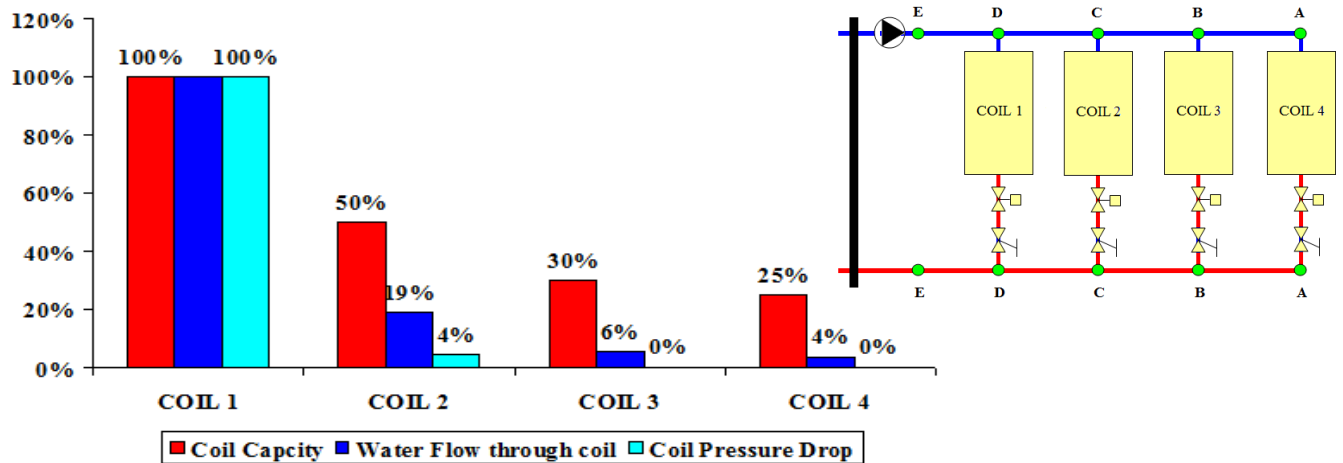
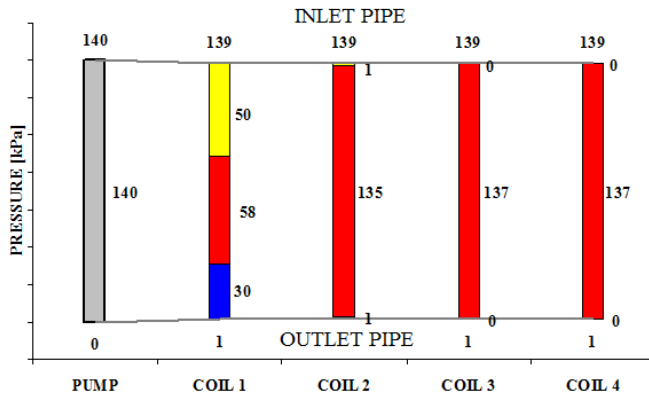


Figura 16: nuova condizione di riferimento

Le perdite di carico dei tratti comuni sono molto basse, a causa della ridotta portata. Quindi (figura 17) sono le valvole a 2 vie tradizionali a dover chiudere molto (istogrammi rossi) per compensare l'eccesso di aumento di pressione ai capi del terminale. Le perdite delle batterie (istogrammi blu) e delle valvole di taratura (istogrammi gialli) sono quasi azzerate a causa della bassa portata.

Con le valvole PI a bilanciamento dinamico è di nuovo la taratura dinamica a compensare la maggiore pressione ai capi dei terminale

Valvole 2 vie tradizionali



Valvole PI a bilanciamento

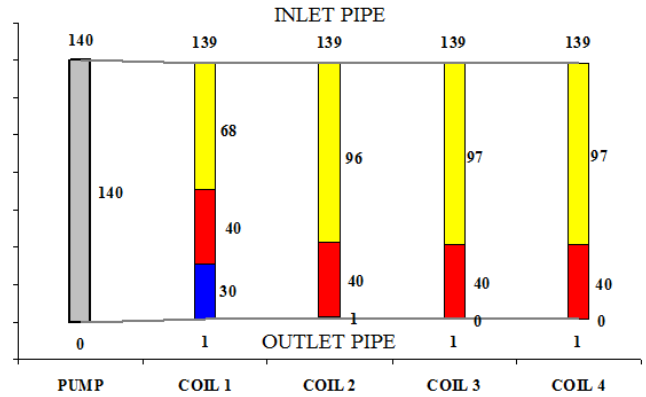
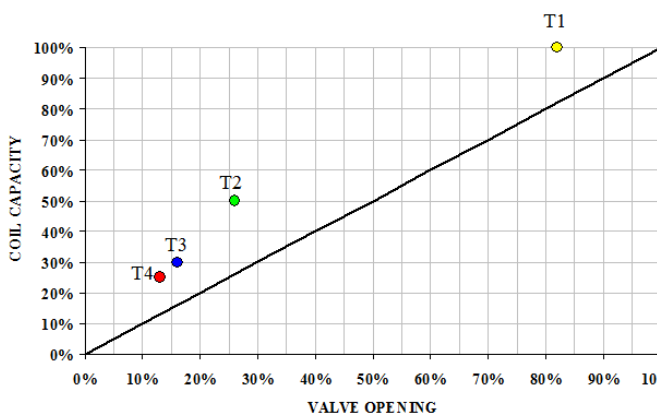


Figura 17: andamento delle perdite di carico sulle valvole (istogrammi rossi), sulle batterie (istogrammi blu) e sulle valvole di taratura (istogrammi gialli), nel caso di figura 16, controllo pressione in E-E.

Come si può notare in figura 18, le valvole a 2 vie tradizionali devono chiudere molto più rispetto alla potenza richiesta. Addirittura il terminale 3 lavora con la valvola aperta al 16% (contro una potenza richiesta del 30%), al limite dell'innestarsi del pendolamento, mentre il terminale 4 lavora con la valvola aperta al 12% (contro una potenza richiesta del 25%), in piena zona di scarsa regolazione. Ciò accade perché il salto di pressione sulla valvola non è costante.

Le valvole PI a bilanciamento dinamico lavorano invece in totale linearità in quanto il salto di pressione è mantenuto costante dalla regolazione dinamica

Valvole 2 vie tradizionali



Valvole PI a bilanciamento dinamico

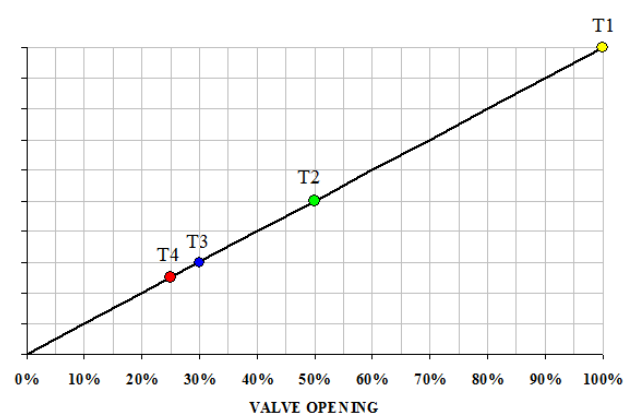


Figura 18: relazione tra apertura valvole e potenza della batteria, caso di figura 16, controllo pressione in E-E

Per migliorare il fenomeno dell'eccesso di pressione ai capi delle valvole e ridurre il consumo delle pompe, si potrebbe regolare la pressione mantenendola costante nel punto A-A (il più distante), anziché E-E a cavallo della pompa, in modo da ridurre la potenza di pompaggio.

Come si può notare in figura 19, la prevalenza fornita dalla pompa è molto minore con il controllo in A-A, per cui le valvole devono fornire una minore perdita di carico.

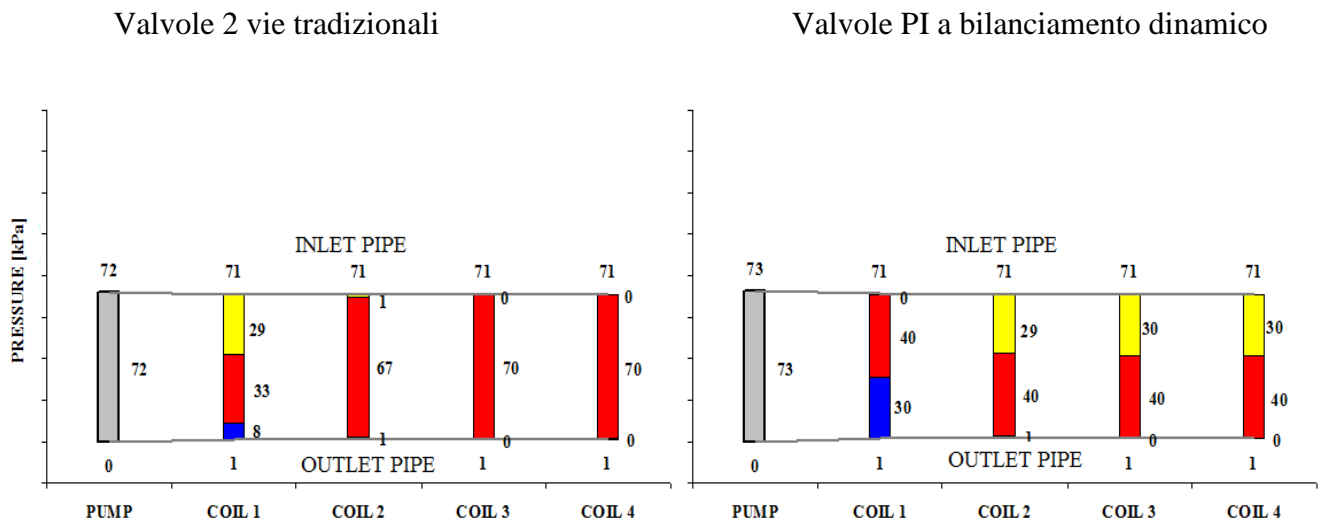


Figura 19: andamento delle perdite di carico sulle valvole (istogrammi rossi), sulle batterie (istogrammi blu) e sulle valvole di taratura (istogrammi gialli), nel caso di figura 16, controllo pressione in A-A.

Se si osserva però il terminale 1, la perdita di carico della batteria con valvole a 2 vie tradizionali è pari a 8 kPa (istogramma blu), contro i 30 kPa necessari. Significa che la batteria è sottoalimentata perché la pompa sta dando una pressione inferiore a quella necessaria per il carico richiesto. Questo accade perché la valvola di taratura è fissa e non riesce ad aprire (istogramma giallo). Con le valvole PI a bilanciamento dinamico, invece, il problema è risolto grazie alla taratura dinamica.

Il fenomeno si comprende meglio nel diagramma Apertura valvola – Potenza (figura 20). La differenza di pressione ai capi del terminale 1 (punto giallo) è troppo bassa, nel caso di valvole a 2 vie tradizionali. La valvola rimane completamente spalancata, ma la potenza fornita è pari al 90% della potenza richiesta. Nel caso di valvole PI a bilanciamento dinamico c'è sempre la perfetta linearità.

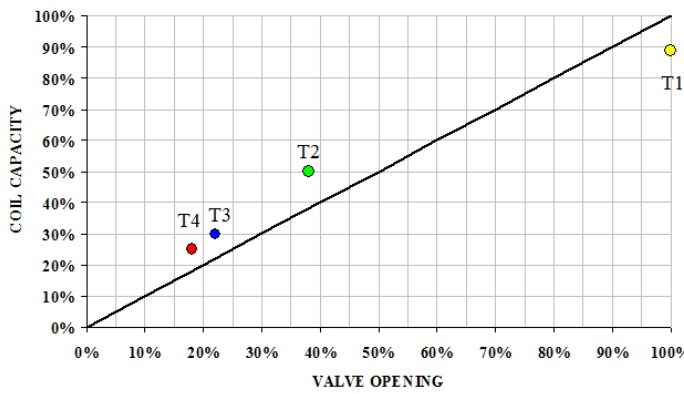
Conclusioni:

I problemi di bilanciamento degli impianti a portata variabile con le valvole a due vie tradizionali, vengono risolti grazie all'adozione delle valvole di bilanciamento a due vie di tipo pressione indipendente, perché queste valvole sono in grado di coniugare i vantaggi delle valvole a 2 vie con la precisione di regolazione delle valvole a 3 vie.

Questo comporta un minore pendolamento delle portate, con conseguente minore consumo di pompe e gruppi frigoriferi.

La corrispondenza tra apertura della valvola e potenza richiesta permette di effettuare regolazioni molto più sofisticate, nonché eventuali contabilizzazioni ai fini di un minimizzare i consumi degli impianti.

Valvole 2 vie tradizionali



Valvole PI a bilanciamento dinamico

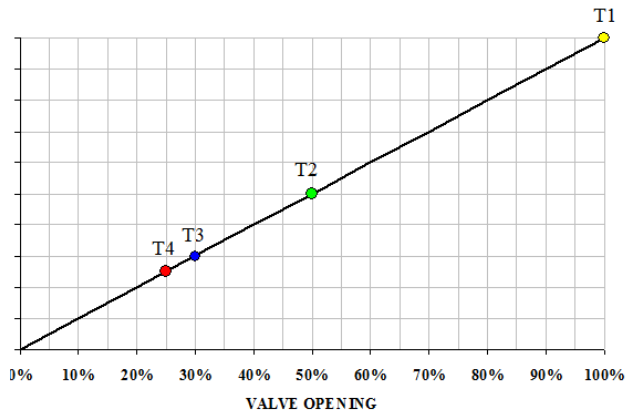


Figura 20: relazione tra apertura valvole e potenza della batteria, caso di figura 16, controllo pressione in A-A