



CENTRALI FRIGORIFERE NUOVE TECNOLOGIE E RISPARMIO ENERGETICO





Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

Sistemi di pompaggio a portata variabile: gli inverter



General data - Global Power Consumption - Pumps

Premessa

- ➔ **40% dell'energia consumata del totale dell'energia è dovuta ai motori elettrici**
- ➔ **¹Totale energia consumata al mondo dai motori – 7.400 TWh p.a.**
- ➔ **¹Risparmio potenziale di energia: Dal 20% al 30%**
- ➔ **²Le elettropompe consumano ~ 30% di elettricità in una nazione come la Gran Bretagna (representing WE standard)**
- ➔ **³ Le stime di consumo elettrico al mondo dovute al solo funzionamento di elettropompe possono essere stimate in 1.100 TWh p.a.**
- ➔ **Le elettropompe consumano quindi ~ 15% del consumo globale di energia elettrica prodotta**

TWh: Terawattora. Equivale a 1.000.000.000 (1 miliardo) kWh

1. Source: Paul Waide, International Energy Agency, EEMODS, Beijing, June 2007 – www.emods.org
2. UK Market Transformation Programme – Report BNMO8
3. “Energy Reduction” Paper: Steve Schofield (BPMA) IMechE Conference 18th October 2007

EcoDesign Directive 2009/125/EC

Una breve storia

Giugno 1992	Rio de Janeiro: United Nation Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
Settembre 1992	Council Directive 92/75/EEC • <i>Sistema di Etichettatura per gli elettrodomestici (classe energetica)</i>
Dicembre 1997	Kyoto: Protocollo di Kyoto
Gennaio 1998	Commission Directive 98/11/EC • <i>Direttiva immessa dalla CE implementante la Counc. Dir. 92/75/EEC in merito all'etichettatura "energetica" delle lampadine per uso domestico</i>
Maggio 2000	European Climate Change Program • <i>Strategia per l'implementazione del protocollo di Kyoto in Europa</i>
Febbraio 2003	Classificazione dei circolatori (proposta) • <i>In riferimento al Commission Directive 98/11/EC</i>
Luglio 2005	European Directive 2005/32/EC, the EuP Directive <i>In merito, fra l'altro:</i> • <i>Motori Elettrici (IE vs eff)</i> • <i>pompe per acqua negli edifici, sistemi per acqua potabile, industria del cibo, agricoltura (in arrivo per le pompe di superficie nel 2015)</i> • <i>Circolatori</i>
Luglio 2009	Commission Regulation (EC) No 641/2009 <i>[...] implementazione della Directive 2005/32/EC [...] in merito ai requisiti per la progettazione ecocompatibile per i circolatori "standalone" [...]</i>

Circolatori a rotore bagnato a velocità variabile

Perché l'alta efficienza?

Regolamento n. 641/2009 del 22 Luglio 2009 che recepisce la Direttiva Europea 2005/32/CE sulla progettazione eco-compatibile delle macchine che consumano energia. Rettifica N. 622/2012 dell' 11 luglio 2012

- Circolatori inclusi nello scopo del regolamento: ogni pompa centrifuga a rotore bagnato con una potenza compresa tra 1 W e 2500 W. Sono esclusi i circolatori per applicazioni solari e per la circolazione dell'acqua calda sanitaria.
- Dal **1 Gennaio 2013** tutti i circolatori immessi sul mercato libero devono essere rispondenti al valore di $EEI < 0,27$
- Dal **1 Agosto 2015** tutti i circolatori integrati in prodotti (es. circolatori utilizzati all'interno delle caldaie) devono essere rispondenti al valore di $EEI < 0,23$
- I valori di EEI (Energy Efficiency Index) varieranno come segue:
 - Valore attuale: $< 0,40$
 - Valore richiesto per il 2013: $< 0,27$
 - Valore richiesto per il 2015: $< 0,23$

$$EEI = \frac{P_{LAVG}(\text{media ponderata consumo e})}{P_{ref}(\text{potenza di riferimento})}$$

"Concentrazione di CO2 senza precedenti" L'allarme di Greenpeace per i gas serra

I nuovi dati del NOAA, uno degli enti americani più accreditati, riferiscono di una concentrazione in atmosfera di 400 parti per milione. Come 3 milioni di anni fa, quando l'homo sapiens non esisteva e il livello era più alto di 30 metri. **Dovremmo ridurre le emissioni ma le stiamo aumentando** di ANTONIO CIANCIULLO



Un bel guaio. Ma non è finita. Il tasso di crescita della concentrazione di CO2 in atmosfera è senza precedenti, denuncia Greenpeace, « Se le emissioni di gas serra continueranno con questo ritmo si raggiungeranno le 1.000 parti per milione nel giro di 100 anni. Già l'ipotesi del raddoppio viene considerata catastrofica dagli scienziati



ErP Directive EC 640/2009



Non più vendibili
dal 15/06/2011

Non più vendibili
dal 01/01/2015

Vecchia Denominazione

Eff 3

Eff 2

Eff 1



IE1

IE2

IE3

IE4

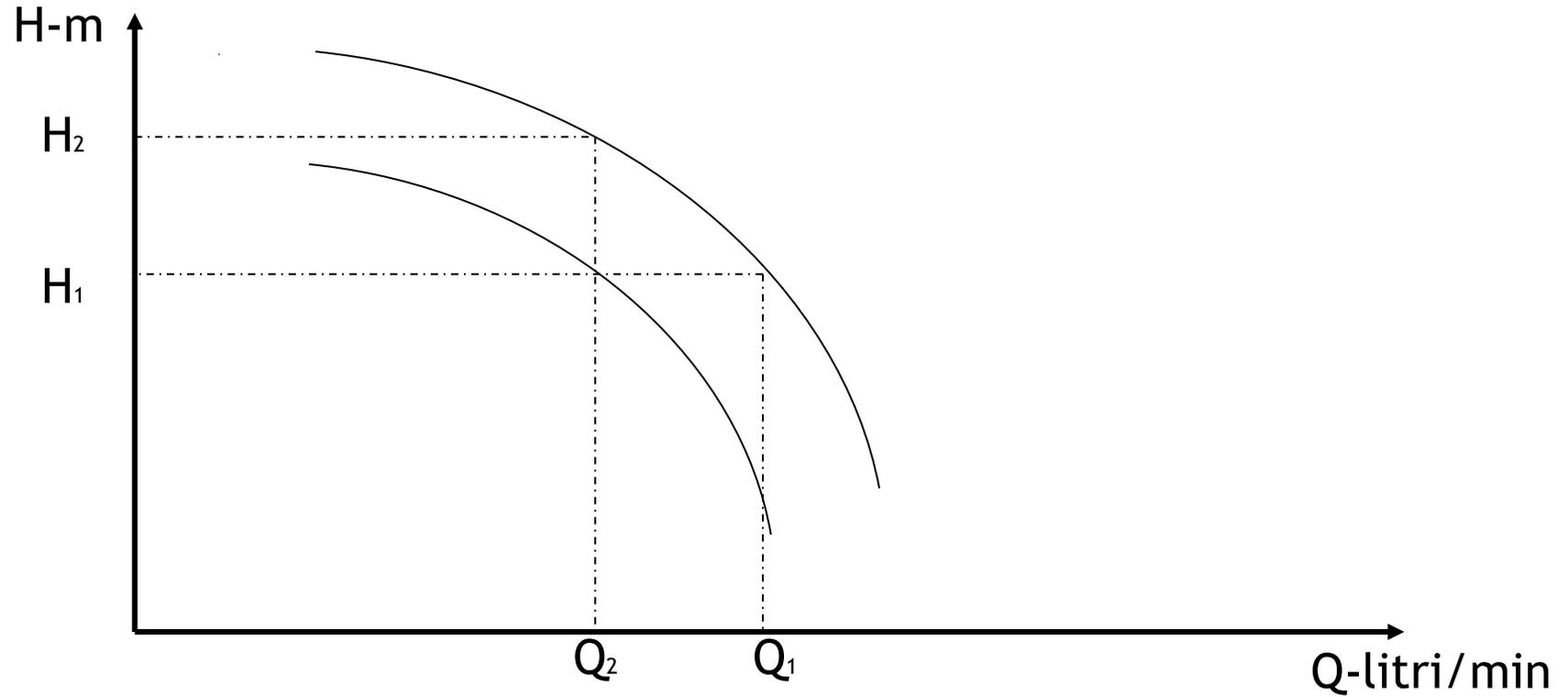
Nuova Denominazione

NEMA
EPAAct

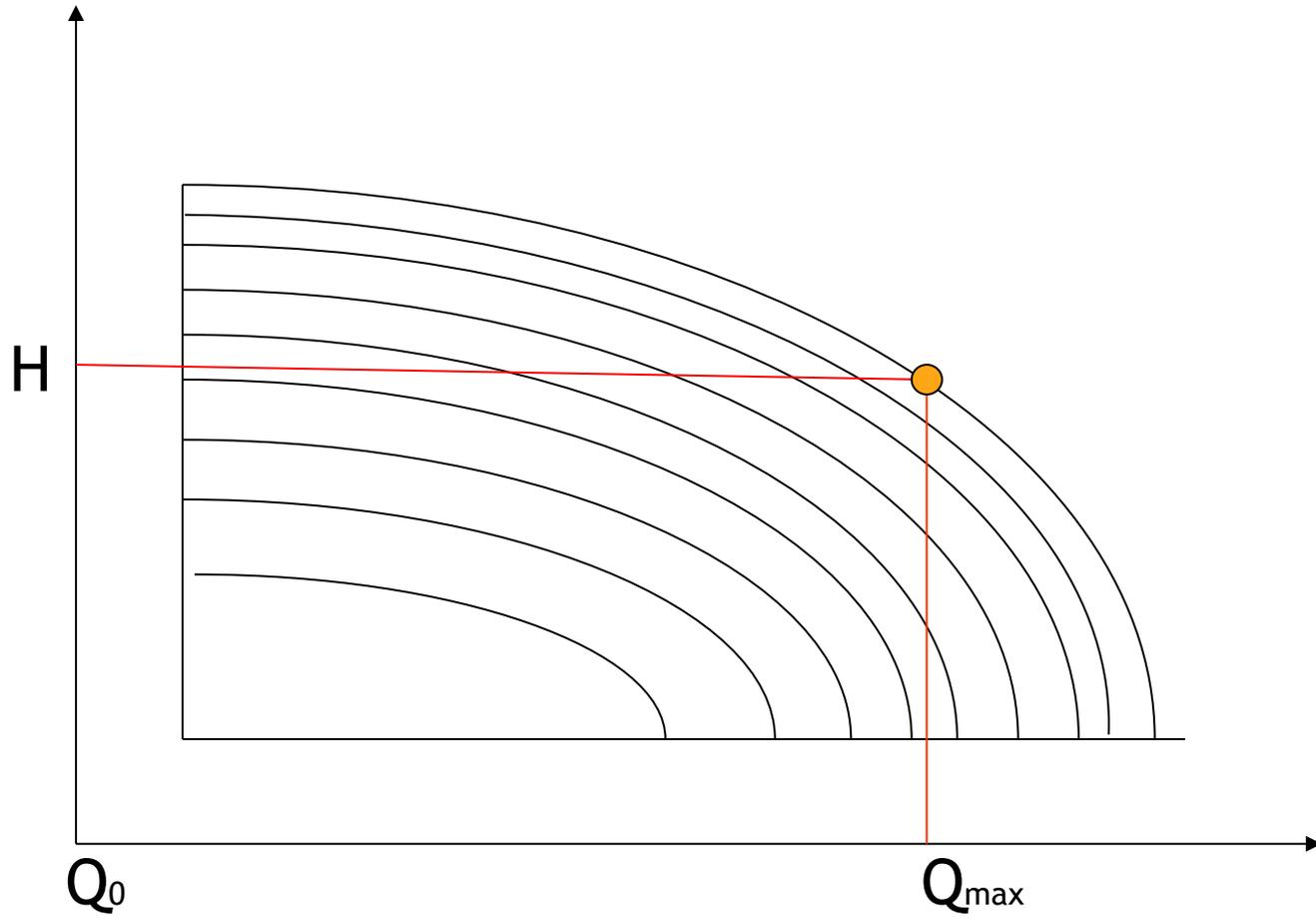
IE2 + VFD

NEMA
Premium

Norma USA



Elettropompa a velocità fissa



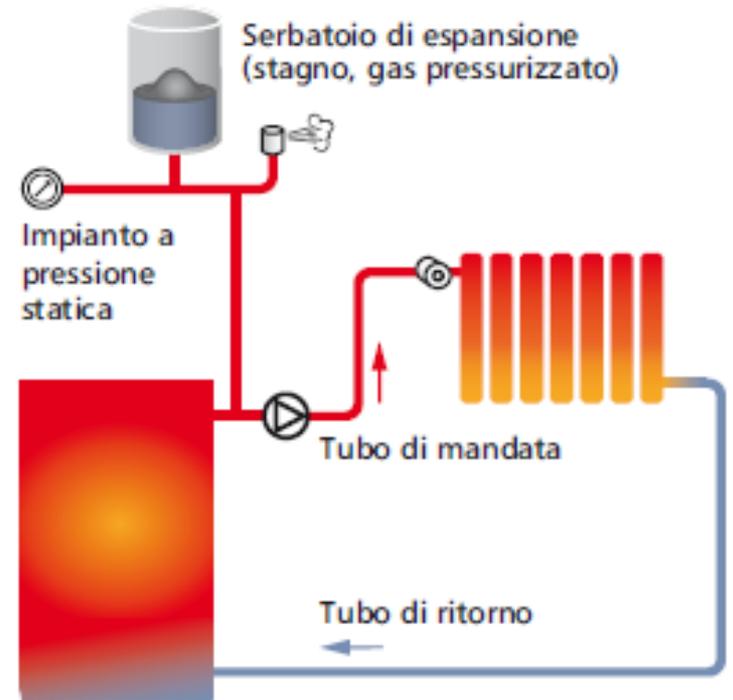


Installazione di elettropompa in un circuito chiuso



Impianti a circuito chiuso

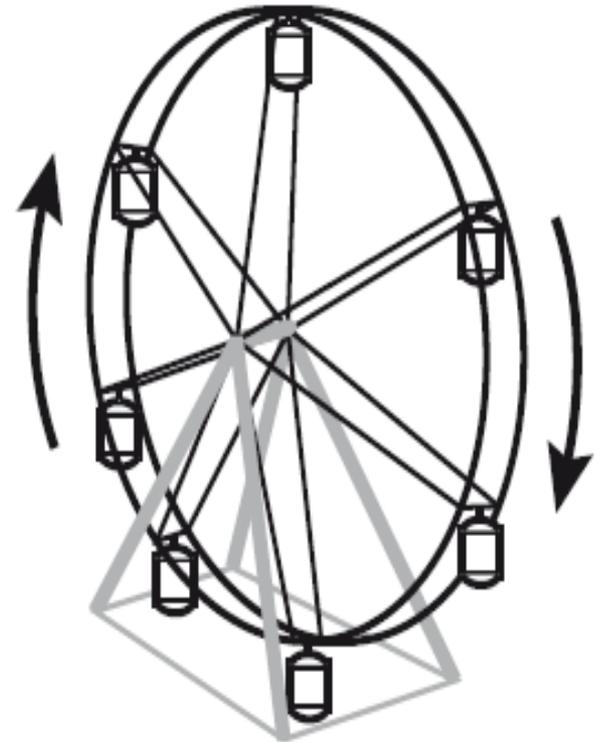
- La maggior parte degli impianti di riscaldamento/raffreddamento è a circuito chiuso => all'interno delle condutture ricircola più volte la stessa acqua.





Curva resistente d'impianto

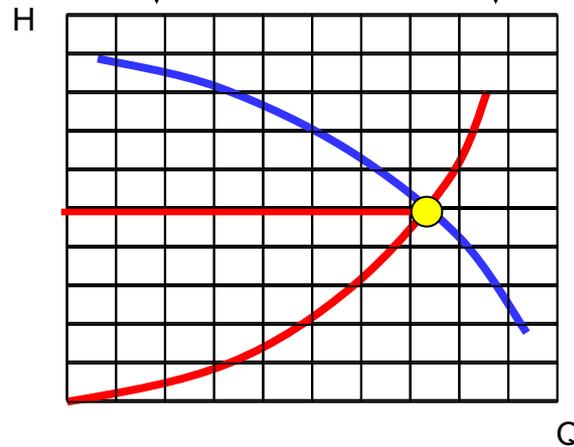
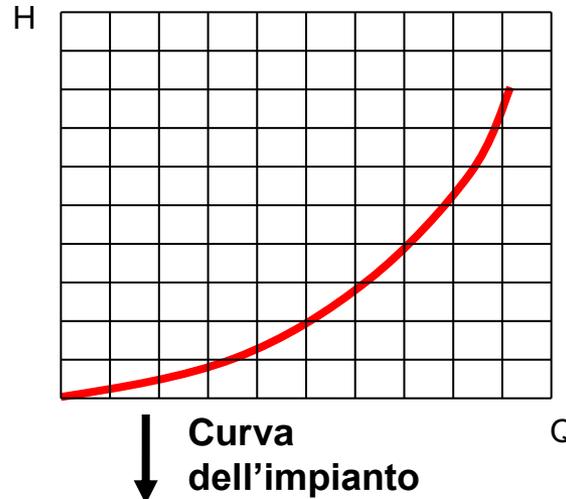
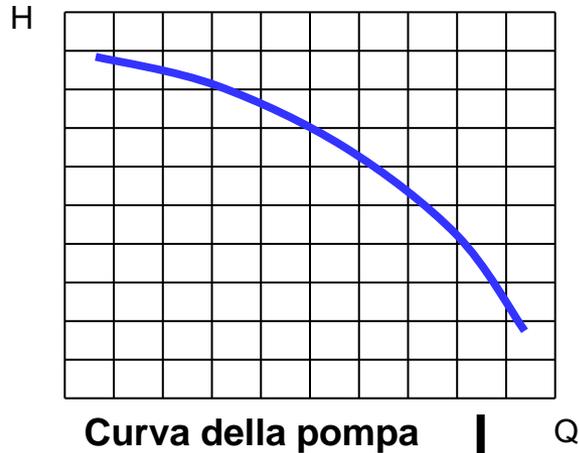
- Un **impianto di ricircolo** è gen. a circuito chiuso => non ho ΔH geod.=0, solo perdite per attrito che aumentano in modo esponenziale all'aumentare della velocità.
- In un **circuito chiuso**, il peso del liquido in salita è bilanciato da quello del liquido in discesa.



Ruota di Ferris



Basic pumping curves



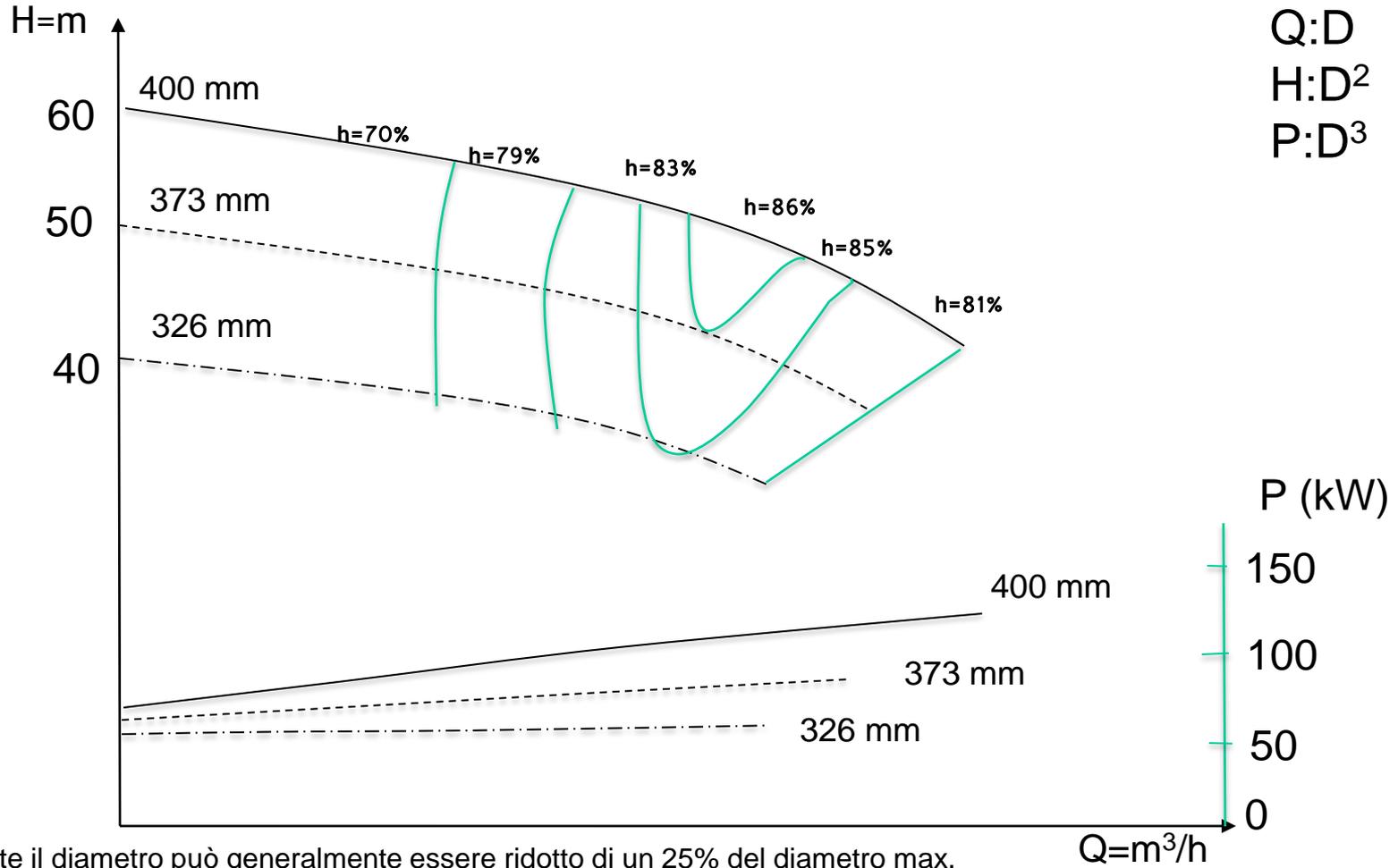
H = Altezza
 Q = Portata
 ● = Punto di lavoro

- La *curva dell'impianto* descrive la resistenza interna, cioè tutte le cadute di pressione all'interno delle condutture.

Se una pompa sta lavorando a tutta velocità in un impianto, il punto di lavoro è l'intersezione tra la curva dell'impianto e la curva della pompa. Se è richiesta una portata diversa ci sono disponibili sul mercato vari sistemi di controllo per raggiungere lo scopo.



Esempio di girante con diametro ridotto



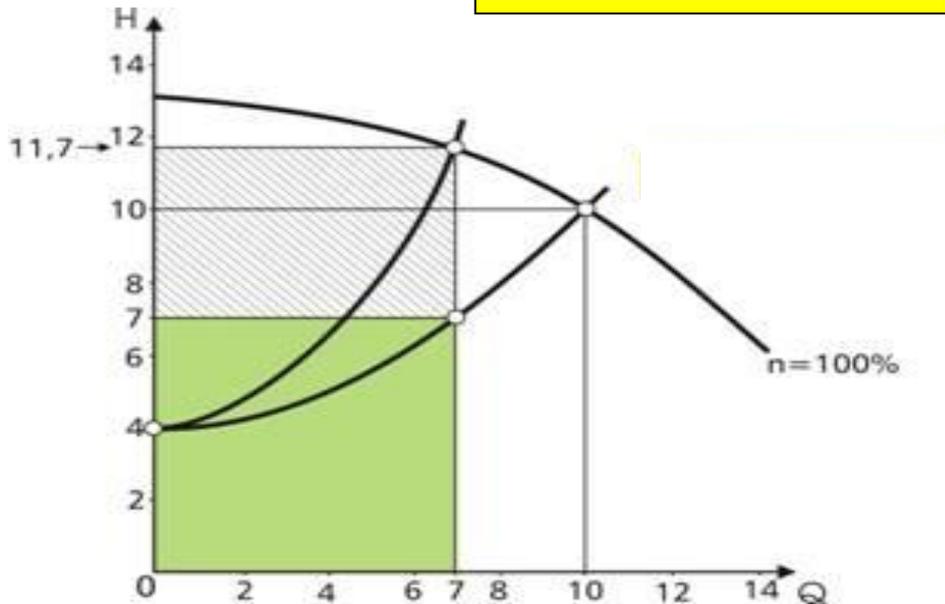
- Generalmente il diametro può generalmente essere ridotto di un 25% del diametro max.
- Q e H diminuiscono in proporzione alla riduzione
- Consumo energetico inferiore
- Non possibile regolare la portata dell' impianto

Conventional control methods – Water supply / booster systems

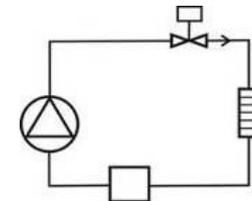
$$P = \frac{Q \times H}{367,2 \times \eta} \quad \text{m}^3/\text{h} \times \text{m} > \text{kW}$$

Riduttore di pressione
(uso di riduttori di pressione)

$$P = 7 \times 11,7 = \underline{81,9}$$



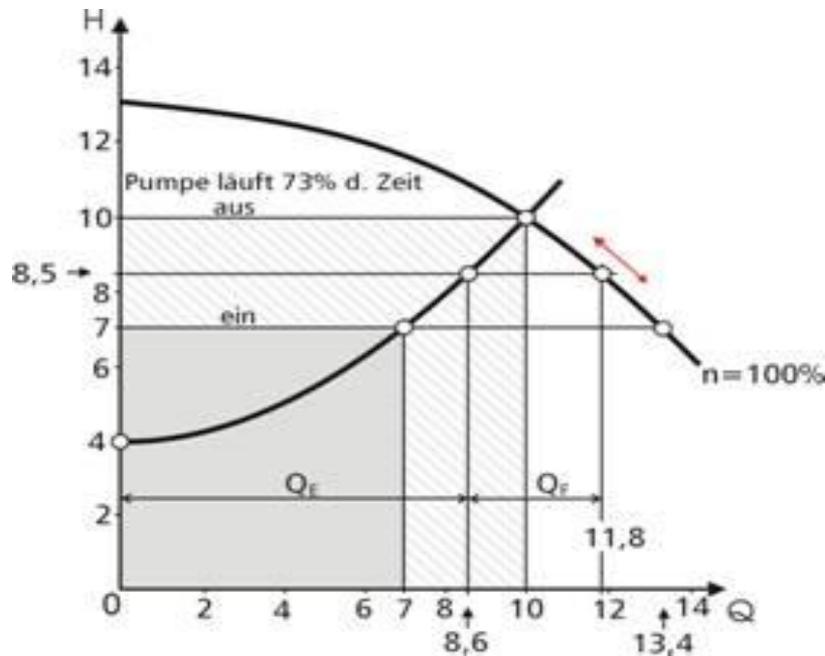
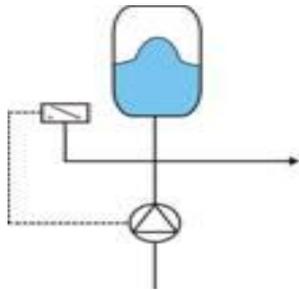
Riduttore di pressione:
La pompa sta lavorando a 11,7 bar e l'alta pressione è limitata dal riduttore di pressione ➔
risultato: la potenza consumata ammonta all' 81,9%



Conventional control methods – Water supply / booster systems

$$P = \frac{Q \times H}{367,2 \times \eta}$$

$$P = 8,5 \times 11,8 \times \frac{73}{100} = 73$$

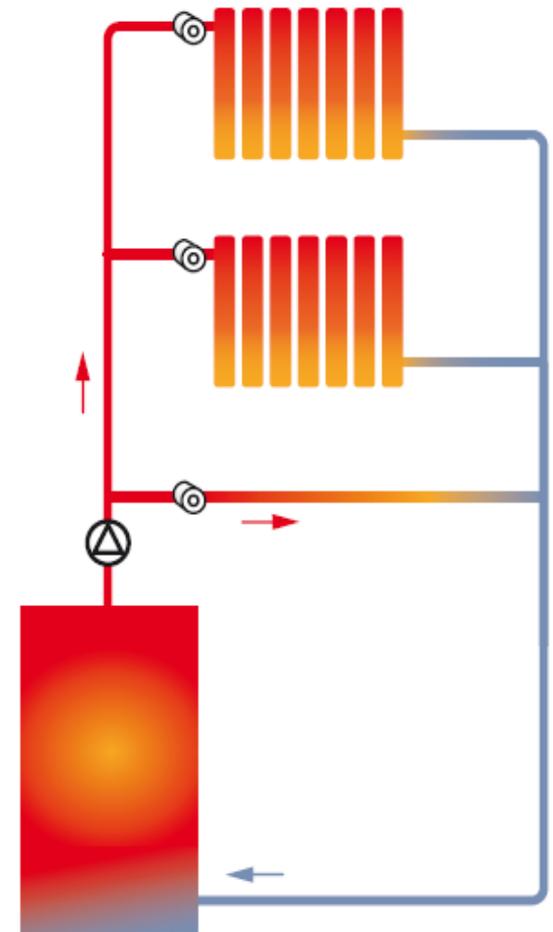


On/Off controllo:
 La pompa è in funzione e per il 73% del tempo di funzionamento riempie il serbatoio in pressione
 ➔ Risultato: Il consumo medio di energia è del 73%

Regolazione Q: Altri metodi

In un impianto di bypass:

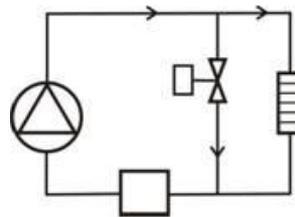
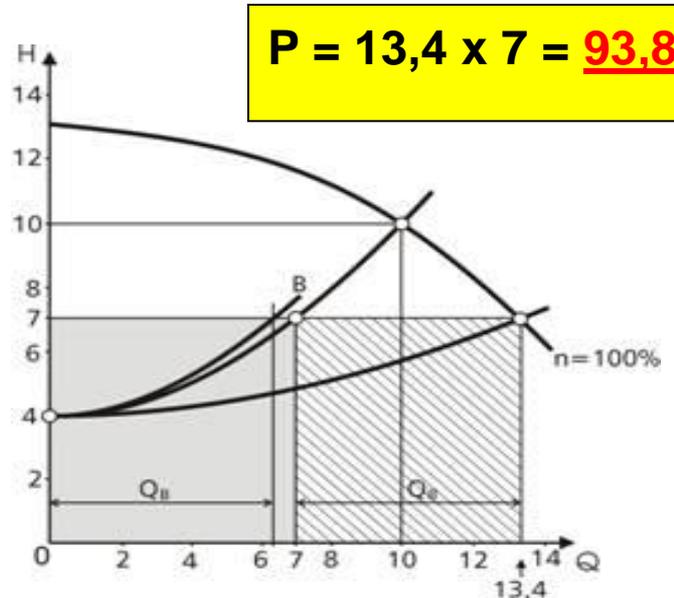
- Q è regolata da bypass
- parte della Q viene diretta al lato di aspirazione.
- pompa funziona sempre a vel. max
- in determinati impianti di raffreddamento un circuito di bypass è indispensabile per evitare problemi con il refrigeratore.



Costo iniziale inferiore, ma non si riduce il consumo energetico e il costo del ciclo di vita.

Metodi di controllo convenzionali – HVAC systems

Bypass control (valvola a 3 vie)



Bypass control:

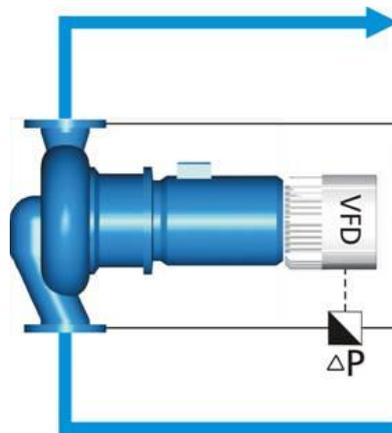
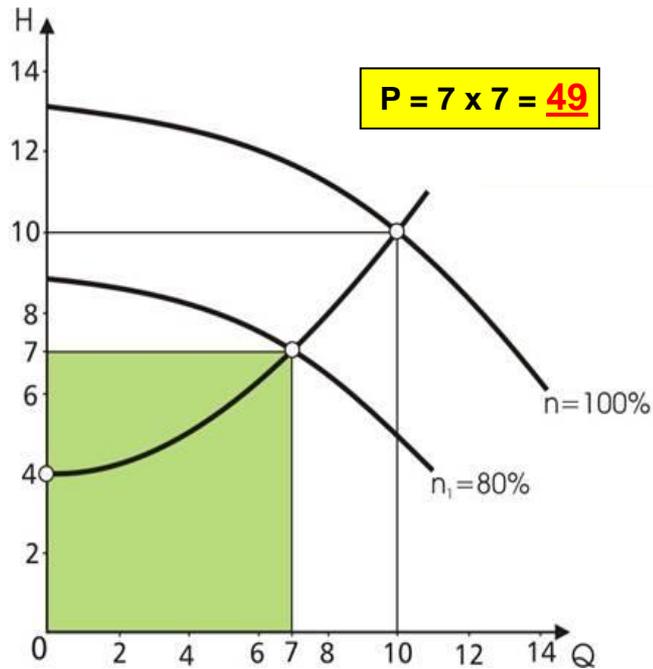
La pompa lavora a 13,4m³/h e la maggiore portata torna indietro. E' stata sprecata energia

➔ risultato: potenza consumata è il 93,8%

➔ Come mostrato, tale controllo del sistema, dal punto di vista energetico, è il peggiore di tutti.

Controllo del sistema usando una pompa a velocità variabile

Nei sistemi con pompe a velocità variabile la curva della pompa si adatta alle reali esigenze, senza ulteriori perdite nel sistema con un'efficienza del sistema più alta.



Utilizzando pompe a velocità variabile.

La pompa è in funzione nel giusto punto di lavoro richiesto per soddisfare la domanda di pressione e portata.

➔ risultato: **Potenza consumata ammonta al 49%**
Solo usando la pompa a velocità variabile si può ottenere un risparmio energetico che va dal 25 al 45%







Perchè usare pompe a velocità variabile ?



Note:

Il consumo di energia elettrica di una pompa a velocità variabile è solo il 50% rispetto ad una pompa a velocità fissa



Ulteriore risparmio energetico:

A causa di fattori di sicurezza durante lo sviluppo di un sistema o dopo l'adeguamento di un sistema esistente molte pompe sono sovradimensionate e non lavoreranno mai nel punto di lavoro ipotizzato.



Determinazione della Q richiesta

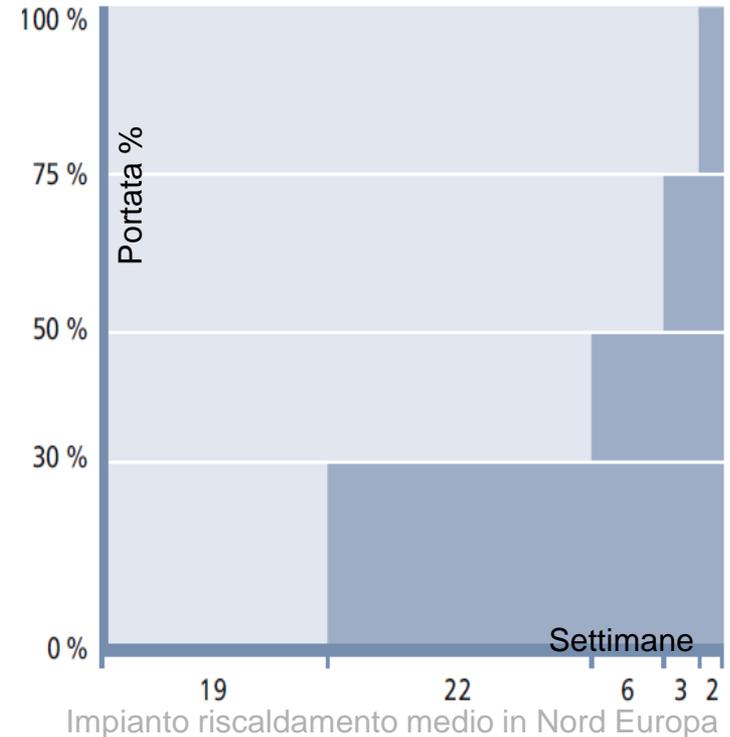
La portata richiesta in un impianto di riscaldamento/ raffreddamento dipende da:

- differenza di temperatura tra tubo di mandata e tubo di ritorno.
- fabbisogno di calore (variabile)

Con clima variabile l' impianto viene utilizzato al max della capacità solamente in un breve periodo

Soluzione più economica:
combo emettitori a ctrl termostatico e pompe con velocità variabile

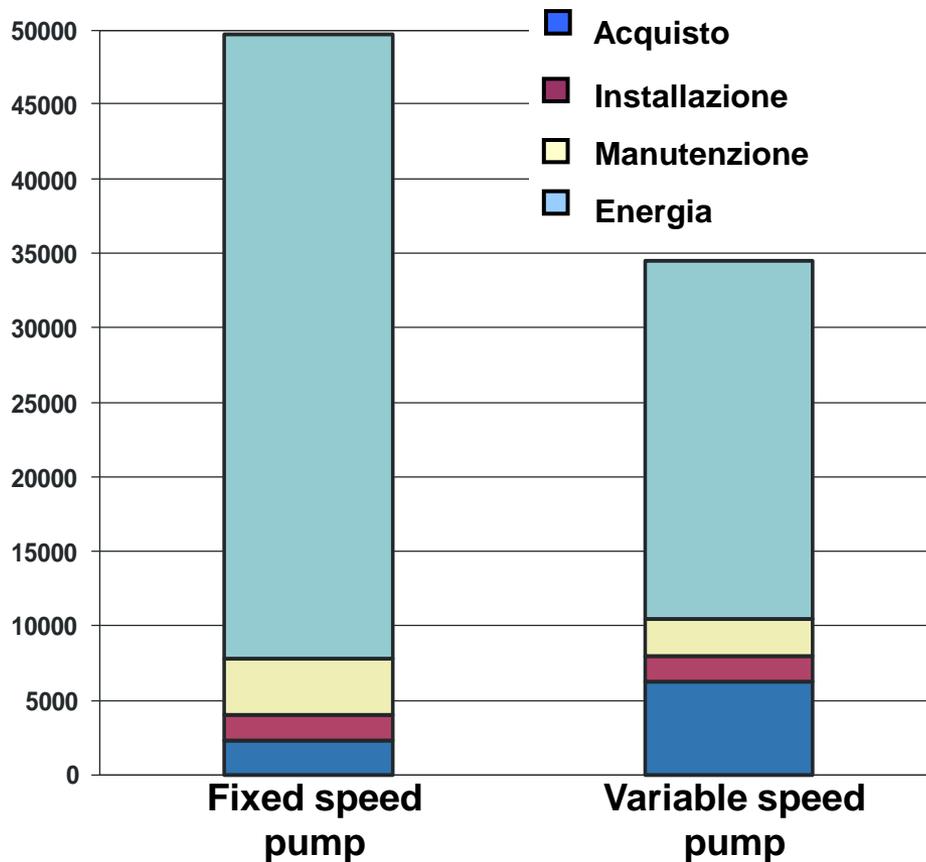
Profilo di carico => calcolo disp. e analisi LCC (costo ciclo di vita)





Calculation of Life Cycle Costs (LCC)

LCC E' normalmente calcolato per un periodo di lavoro di 10 - 15 anni . I costi per il funzionamento e la manutenzione, con un massimo dell' 80%, rappresentano la spesa maggiore



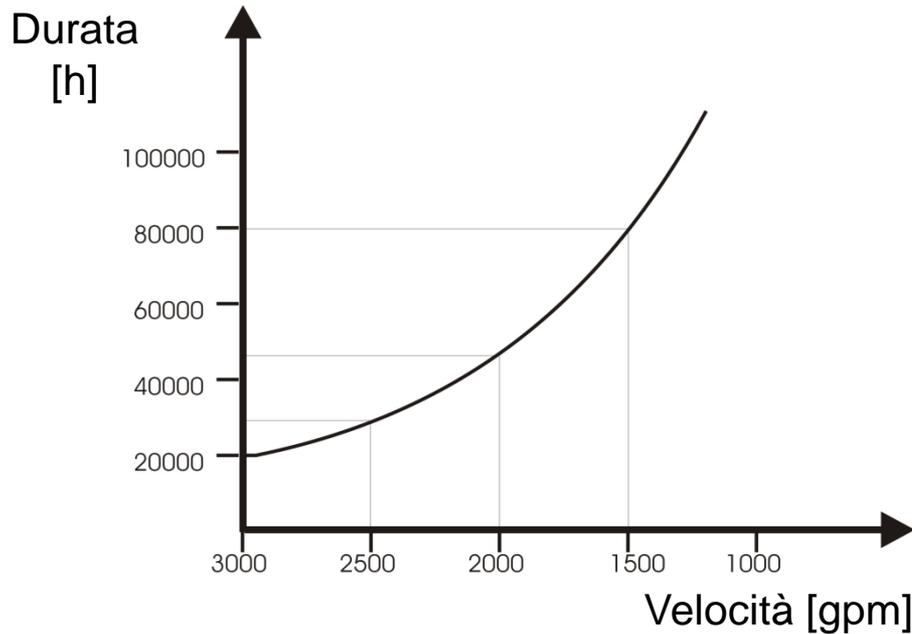
Il grafico a sinistra mostra il confronto tra una pompa a velocità fissa e una a velocità variabile nel corso della vita di funzionamento

Basato sul costo per kWh fper consumo industriale di 0,10 €/kWh (Source: Eurostat, 2007)

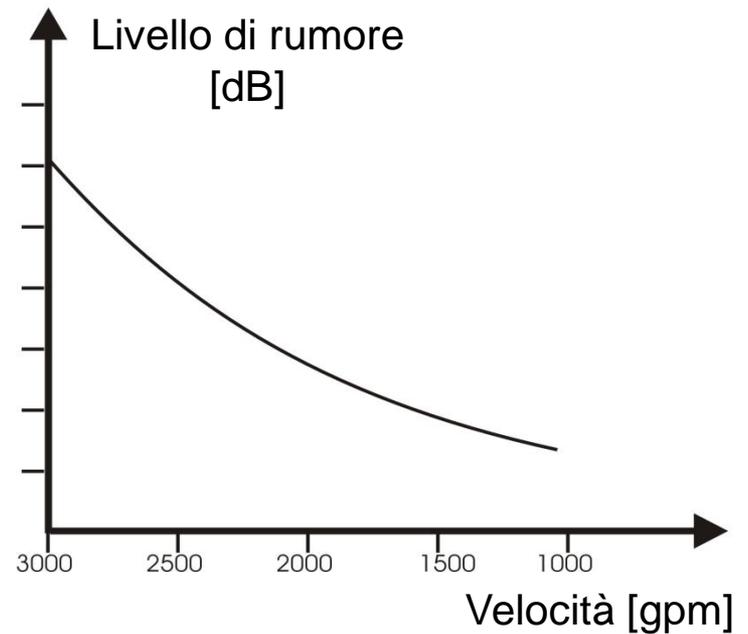


Controllo della velocità: salvaguardia del sistema

Allunga la vita dei cuscinetti



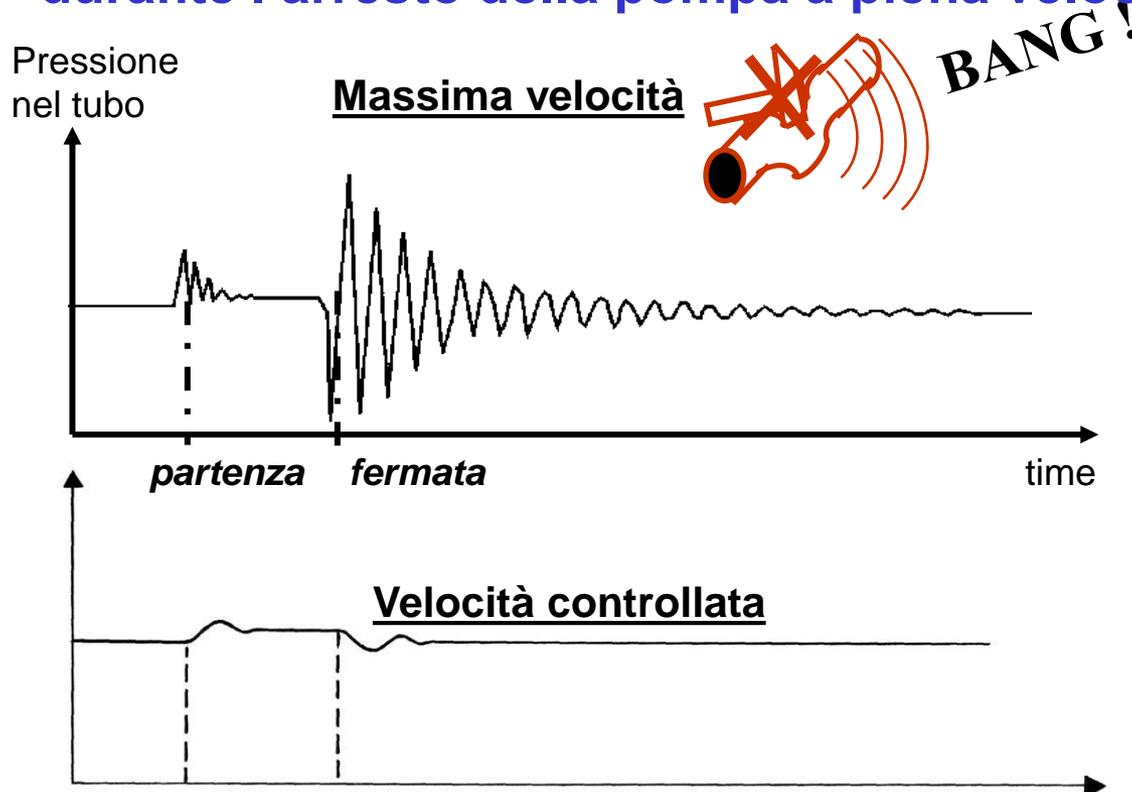
Riduce il rumore





Riduzione dei costi di manutenzione

- **Prevenzione del colpo d'ariete che normalmente si verifica durante l'arresto della pompa a piena velocità.**



Picchi di pressione ripetuta riducono la durata di un sistema

L'avviamento e l'arresto a velocità controllata evita picchi di pressione e previene le fratture del tubo

- Per evitare picchi elevati di corrente fino a $10 \times I_N$ durante l'avviamento a piena velocità rispetto alla massima di $1,2 \times I_N$ per le pompe a velocità variabile. Riduzione dello stress elettrico al motore (surriscaldamento)

Numeri di giri della pompa

Per modificare il numero di giri basta cambiare la frequenza di alimentazione

Per $f = 50$ Hz (frequenza di rete)

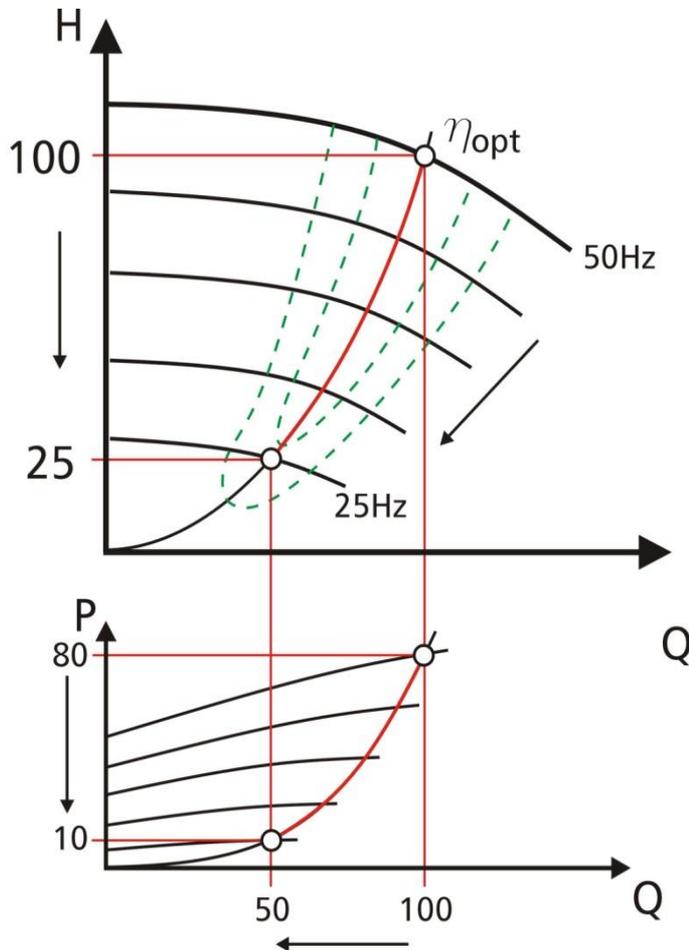
$$N = \frac{60 \times f}{P \text{ (coppia poli)}} \qquad N = \frac{60 \times 50}{1} \qquad \mathbf{N = 3.000 \text{ giri/minuto}}$$

Per $f = 40$ Hz

$$N = \frac{60 \times 40}{P} \qquad N = \frac{60 \times 40}{1} \qquad \mathbf{N = 2.400 \text{ giri/minuto}}$$



Leggi di Affinità



Portata

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

Prevalenza

$$\left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 = \frac{H_1}{H_2}$$

Potenza

$$\left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3 = \frac{P_1}{P_2}$$

Assorbimento in kW al variare del numero di giri



$$\frac{N_1^3}{N_2^3} = \frac{P_1}{P_2}$$

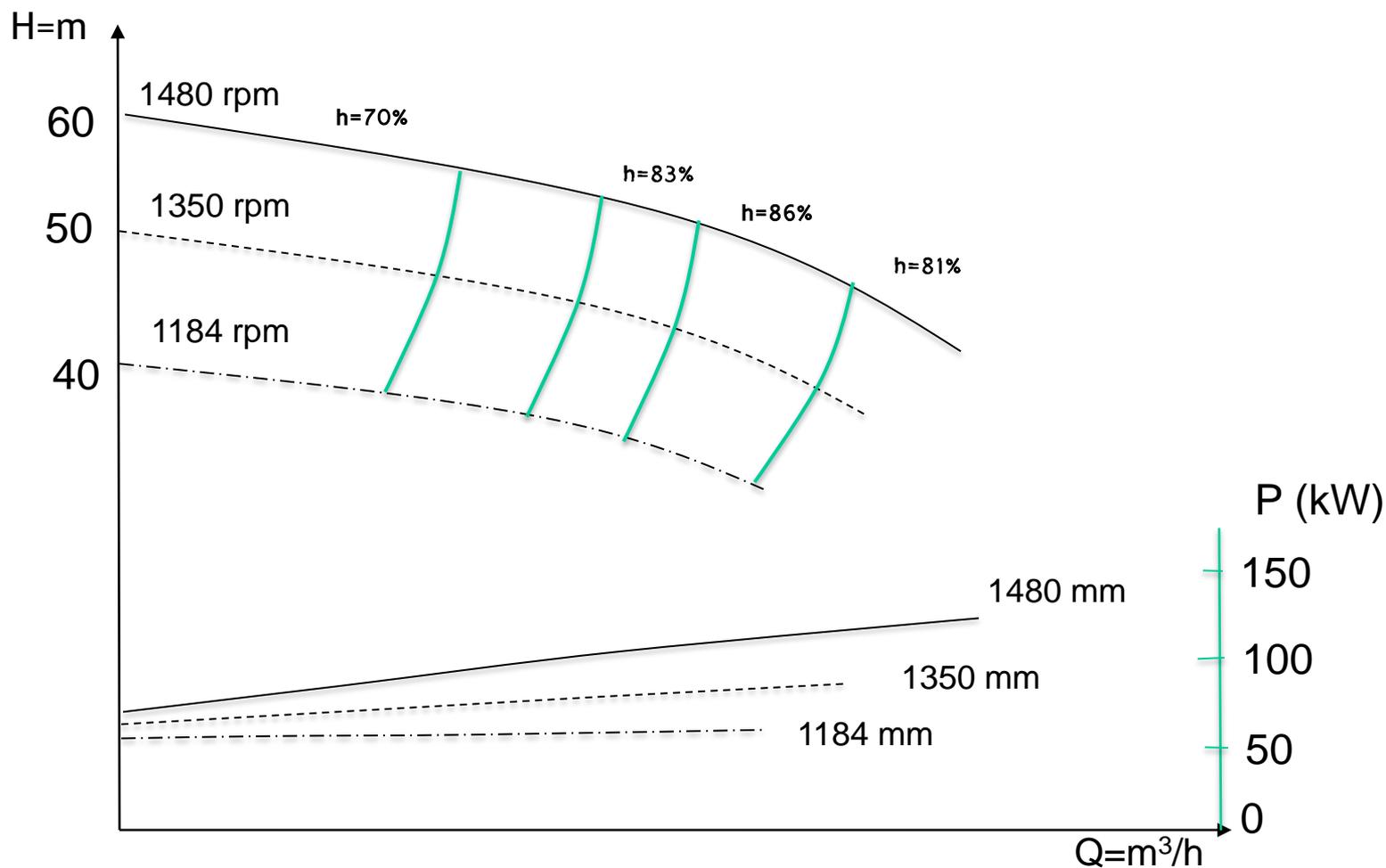
$$N_1^3 : N_2^3 = P_1 : P_2$$

$$2.900^3 : 2000^3 = 1,2 : P_2$$

$$24389000000 : 8000000000 = 1,2 : P_2$$

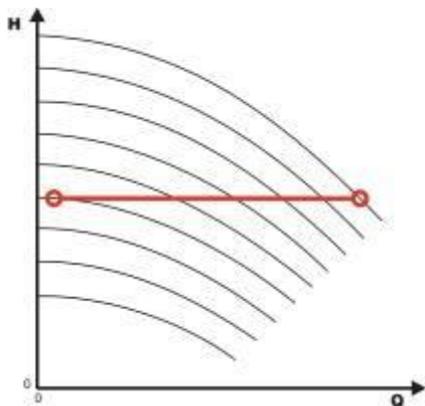
$$P_2 = \frac{1,2 \times 8000000000}{24389000000} = 0,3962 \text{ kW}$$

Esempio di variazione numero di giri

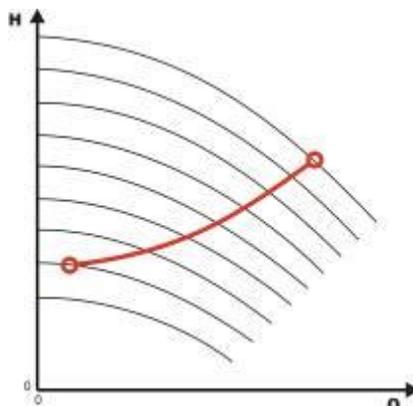


Al diminuire dei numeri di giri diminuisce la potenza assorbita

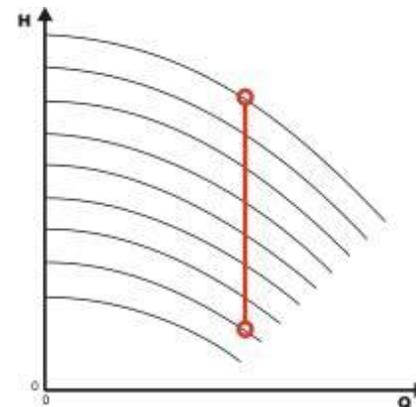
Tipi di controllo sistema evoluto "Hydrovar"



Pressione costante



Controllo in funzione della curva dell'impianto



Portata costante

Alimentazione monofase o trifase



VFD



Motor

3~
output



Lowara Ecocirc[®] CIRCOLATORE “erp ready”

**ErP
ready
2015**

L'alta efficienza del domani è disponibile adesso: i nuovi circolatori Ecocirc sono conformi alla Direttiva ErP per il 2015



Circolatori a rotore bagnato a velocità variabile

Come si ottiene l'alta efficienza?

Motori elettrici ad induzione

- Il campo magnetico è indotto dalla corrente elettrica nell'avvolgimento di rame. Questo processo richiede energia.
- Il motore ad induzione è asincrono ossia esiste uno sfasamento tra il campo magnetico indotto e il rotore. Ciò si traduce in perdita di efficienza.

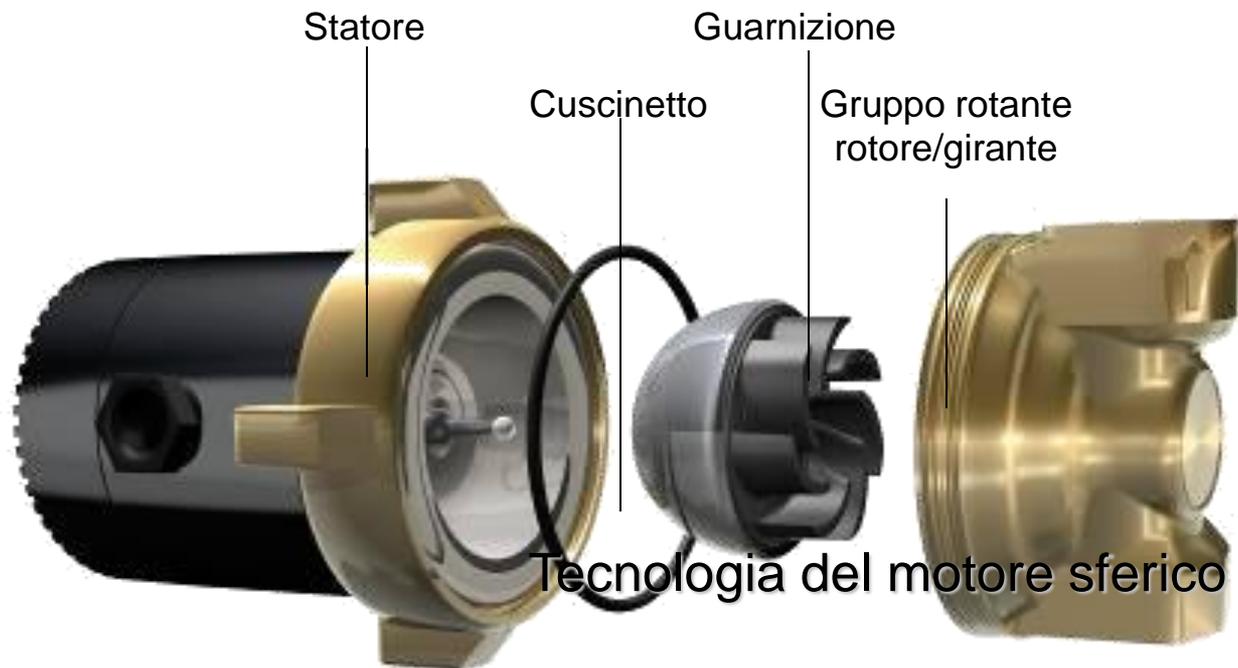
Motori ECM (Electronically Commutated Motors)

- Il campo magnetico non viene creato dalla corrente, ma è presente permanentemente nel rotore.
- Il motore a magneti permanenti è sincrono. Il campo magnetico che muove il rotore si muove unitamente al rotore stesso. L'assenza di sfasamento tra i campi magnetici genera approssimativamente un risparmio energetico del 9%.

Risparmio energetico

Maggiore efficienza

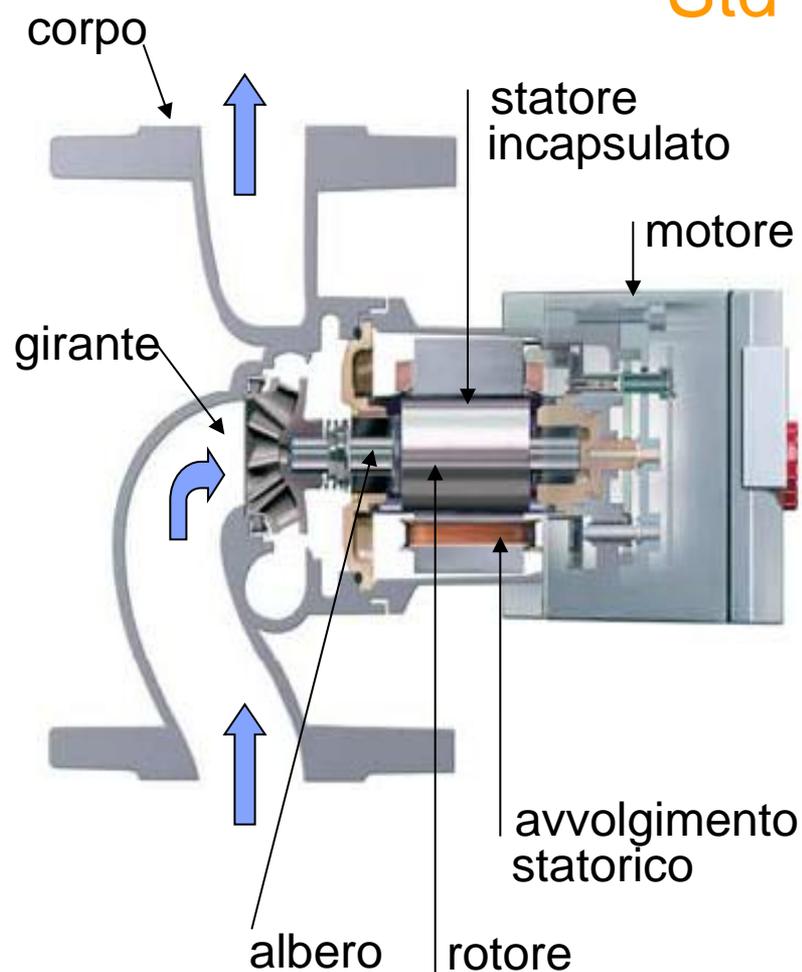
Circolatori a rotore bagnato a velocità variabile



SEMPLICITÀ

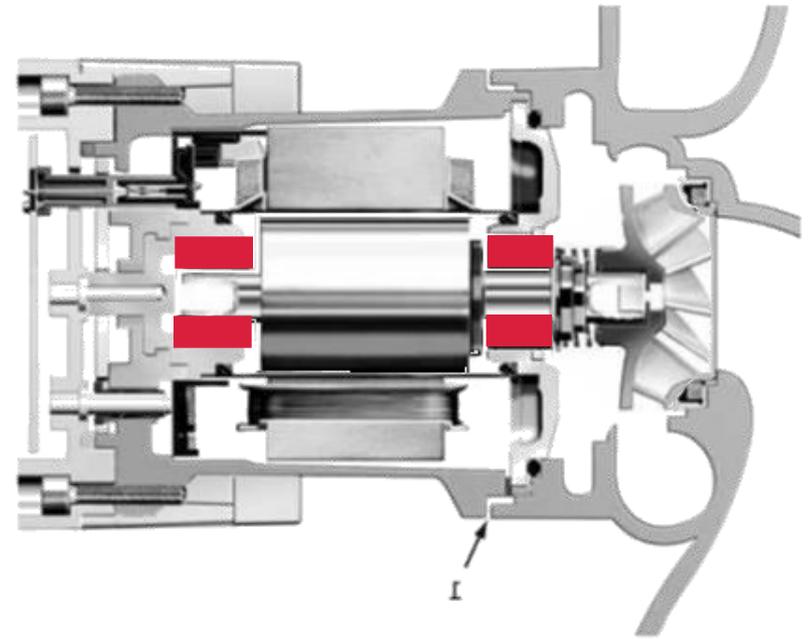
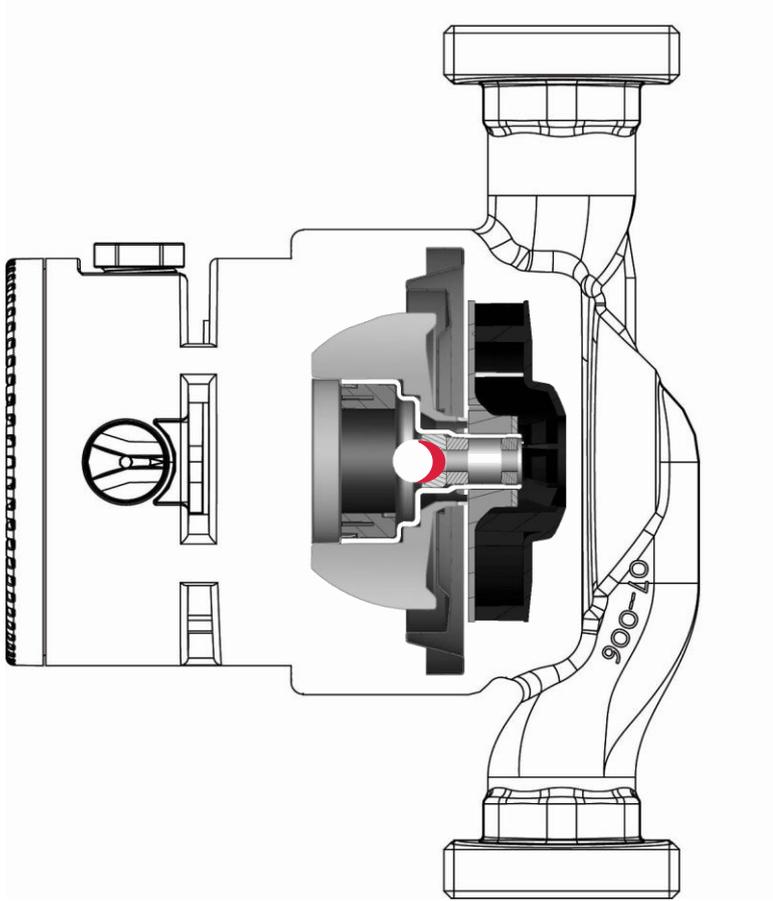
Tecnologie a confronto

Std vs Motore Sferico



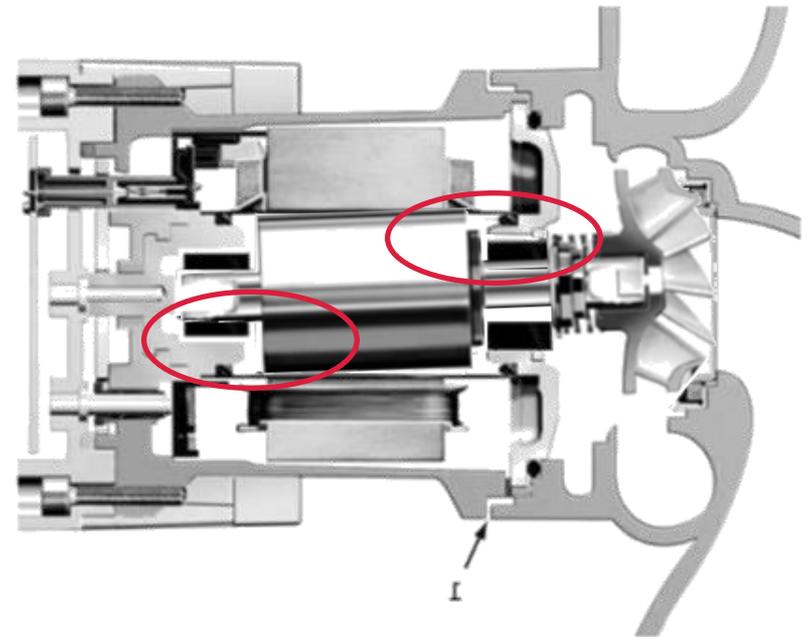
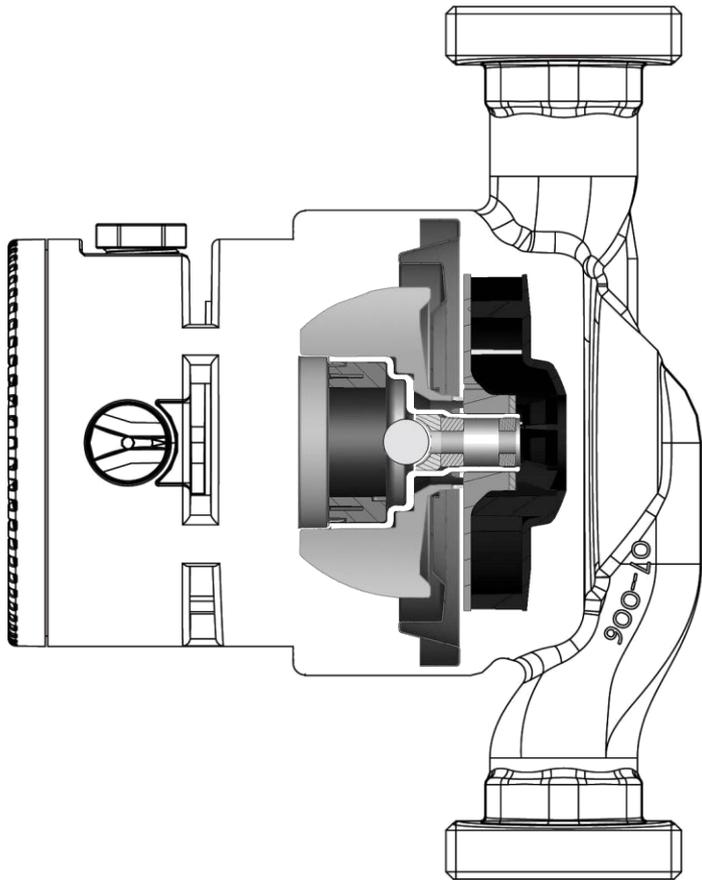
Circolatori a rotore bagnato a velocità variabile

Tecnologia del motore sferico - Cuscinetto



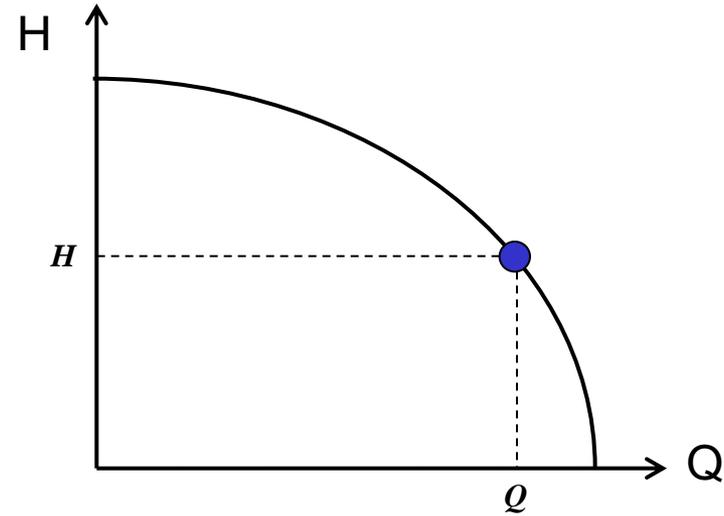
Circolatori a rotore bagnato a velocità variabile

Tecnologia del motore sferico – Antibloccaggio del cuscinetto

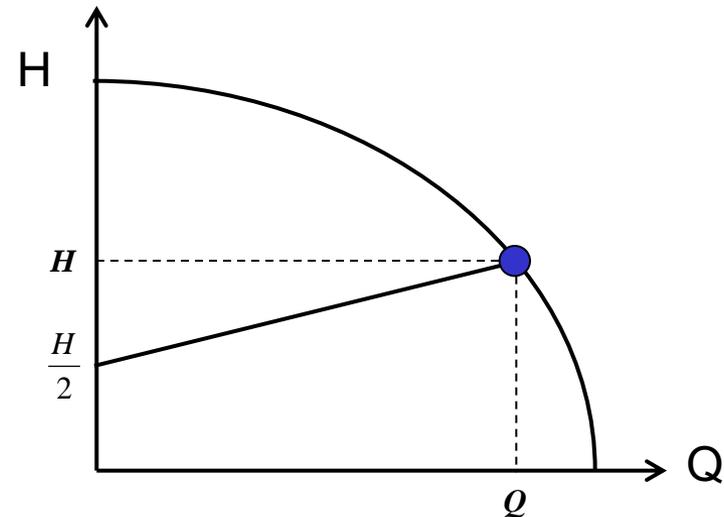


Tecnologia due in uno

Velocità costante

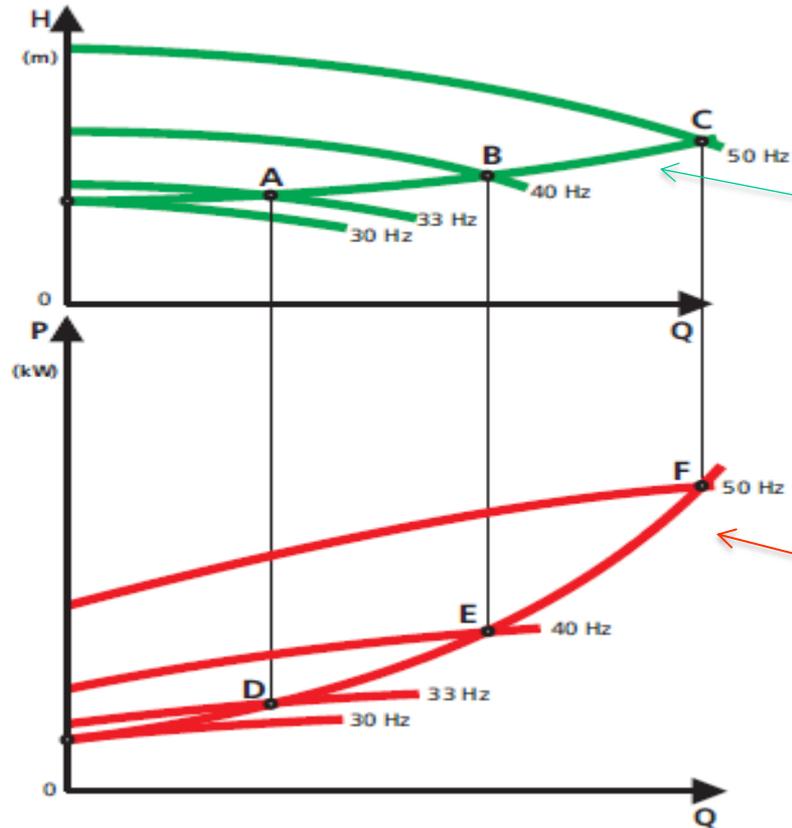


Pressione differenziale in automatico





Principio di funzionamento del sistema di controllo

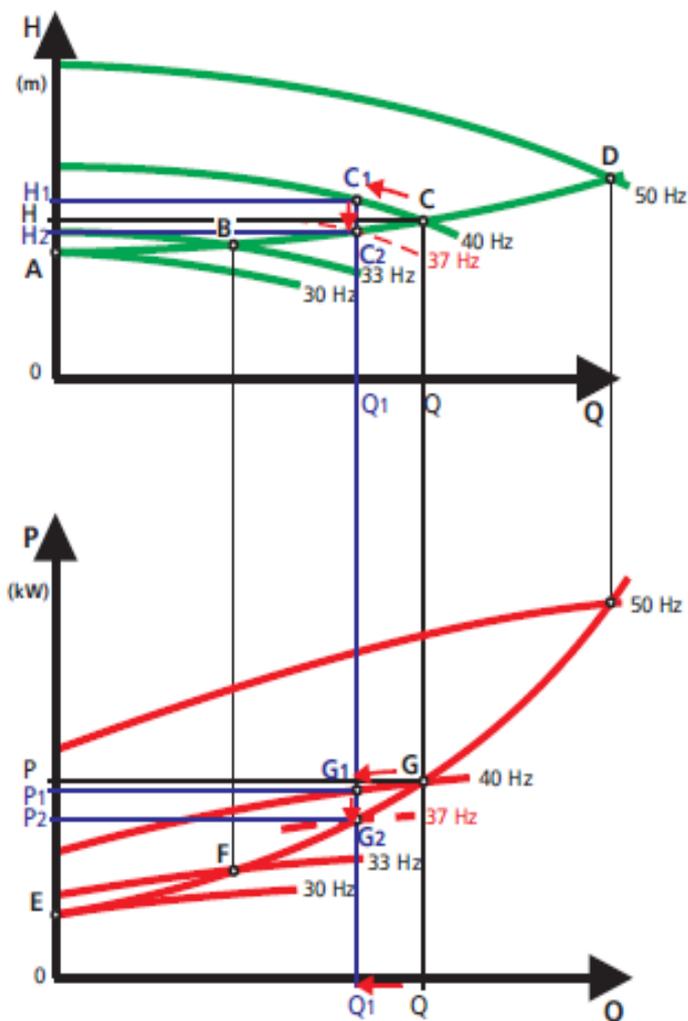


Curva resistente dell' impianto

Curva di consumo di potenza



Spiegazione dettagliata del metodo di controllo



Spiegazione dettagliata del metodo di controllo:

La pompa sta lavorando nel punto C con una specifica portata Q e prevalenza H, alla velocità di 40 Hz. Nella curva di Potenza, il corrispondente punto di lavoro è il punto G (potenza P a 40 Hz).

Se l'utenza riduce la portata da Q a Q1, il punto di lavoro si muoverà da C a C1 e nel diagramma di Potenza, in maniera corrispondente da G a G1 mantenendosi sulla curva a 40 Hz.

Il sistema riconosce che il punto G1 non si trova sulla curva di consumo di potenza memorizzata nel convertitore di frequenza, e quindi riduce la velocità della pompa in modo da intercettare un punto della curva.

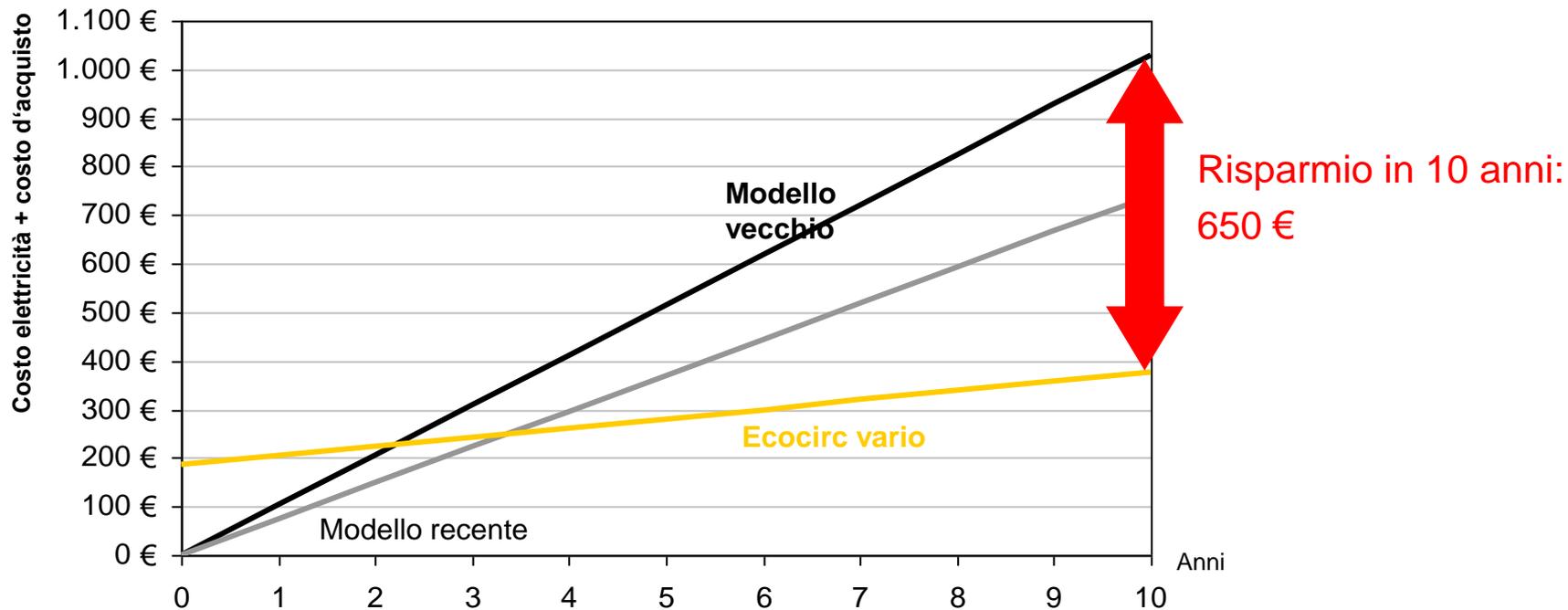
Alla nuova portata Q1, la velocità corrisponderà a 37Hz ed il consumo di potenza verrà ridotto a P2 corrispondente al punto di funzionamento G2.

Analogamente, il punto di lavoro nel diagramma Q-H si sposterà da C1 a C2.

In tal punto C2, la pompa produrrà solo la prevalenza necessaria a fronte della portata ridotta Q1 e consumerà quindi solo la poca energia richiesta per tale portata.



Risparmio considerevole



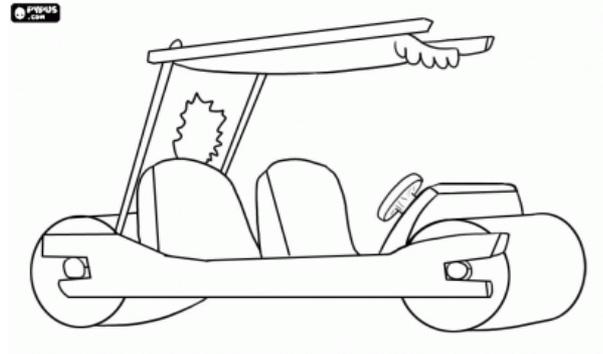
Pompa	Potenza consumata	Potenza/anno	Costo annuo energia	Risparmio
Modello vecchio	90 W	450 kWh	103 €	<i>Riferimento</i>
Modello recente	65 W	325 kWh	75 €	28 € / 27 %
Ecocirc vario	A-class	85 kWh	19 €	84 € / 81 %

Vantaggi di un convertitore di frequenza in circuiti chiusi quali riscaldamento e condizionamento

- Maggiore durata dei cuscinetti dell'elettropompa, considerato che la macchina girerà alla massima velocità solo per poco tempo del suo ciclo di funzionamento
- Pressione costante del liquido all'interno dell'impianto, a prescindere dall'acqua pompata, considerato che la lettura della pressione in entrata ed uscita della pompa è sempre monitorata è mantenuta costante. L'elettropompa regola la velocità di rotazione leggendo istantaneamente le perdite di carico continue e accidentali. Tale lettura con conseguente variazione della velocità, comporta una pressione di funzionamento d'esercizio costante.
- Mancanza di sbalzi di velocità dell'acqua e rumorosità.
- Mancanza nell'impianto di colpi d'ariete
- Avvio e fermata graduale della pompa/e
- Run test giornaliero della pompa con riduzione di eventuali bloccaggi della stessa dovuti alla non operatività
- Possibilità d'impostare pressioni e portate d'acque diverse. Ciò permette di usare la stessa macchina anche se il salto termico è diverso (riscaldamento e condizionamento)



Cos' è un' elettropompa a velocità variabile ?





La maggior parte di variatori di velocità “solid state” (senza componenti in movimento) producono tensioni e frequenze variabili.

Essi sono conosciuti come “convertitori di frequenza”.

Si varia la frequenza per modificare il numero di giri del motore.

Si varia la tensione per mantenere costante il flusso magnetico al traferro. del motore e conseguentemente costante la coppia.

Non si deve confondere il convertitore con il softstart, dispositivo elettronico che interviene solo nelle fasi di avvio e fermata.

