



**Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente**

# **CENTRALI FRIGORIFERE NUOVE TECNOLOGIE E RISPARMIO ENERGETICO**

**Napoli, 22 maggio 2013**



**Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente**

# **Sistemi di pompaggio a portata variabile: gli inverter**

**Per. Ind. Domenico Capolupo**

## General data - Global Power Consumption - Pumps

### Premessa

→ **40% dell'energia consumata del totale dell'energia è dovuta ai motori elettrici**

→ **<sup>1</sup>Totale energia consumata al mondo dai motori – 7.400 TWh p.a.**

→ **<sup>1</sup>Risparmio potenziale di energia: Dal 20% al 30%**

→ **<sup>2</sup>Le elettropompe consumano ~ 30% di elettricità in una nazione come la Gran Bretagna (representing WE standard)**

→ **<sup>3</sup> 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](http://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

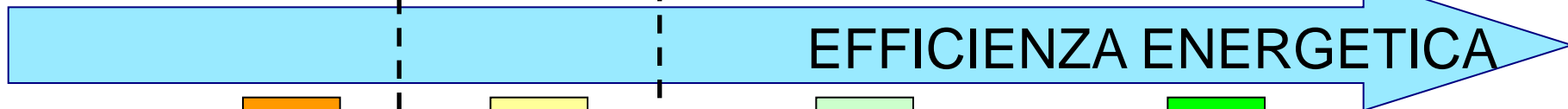
Non più vendibili  
dal 01/01/2015

Vecchia Denominazione

Eff 3

Eff 2

Eff 1



EFFICIENZA ENERGETICA

IE1

IE2

IE3

IE4

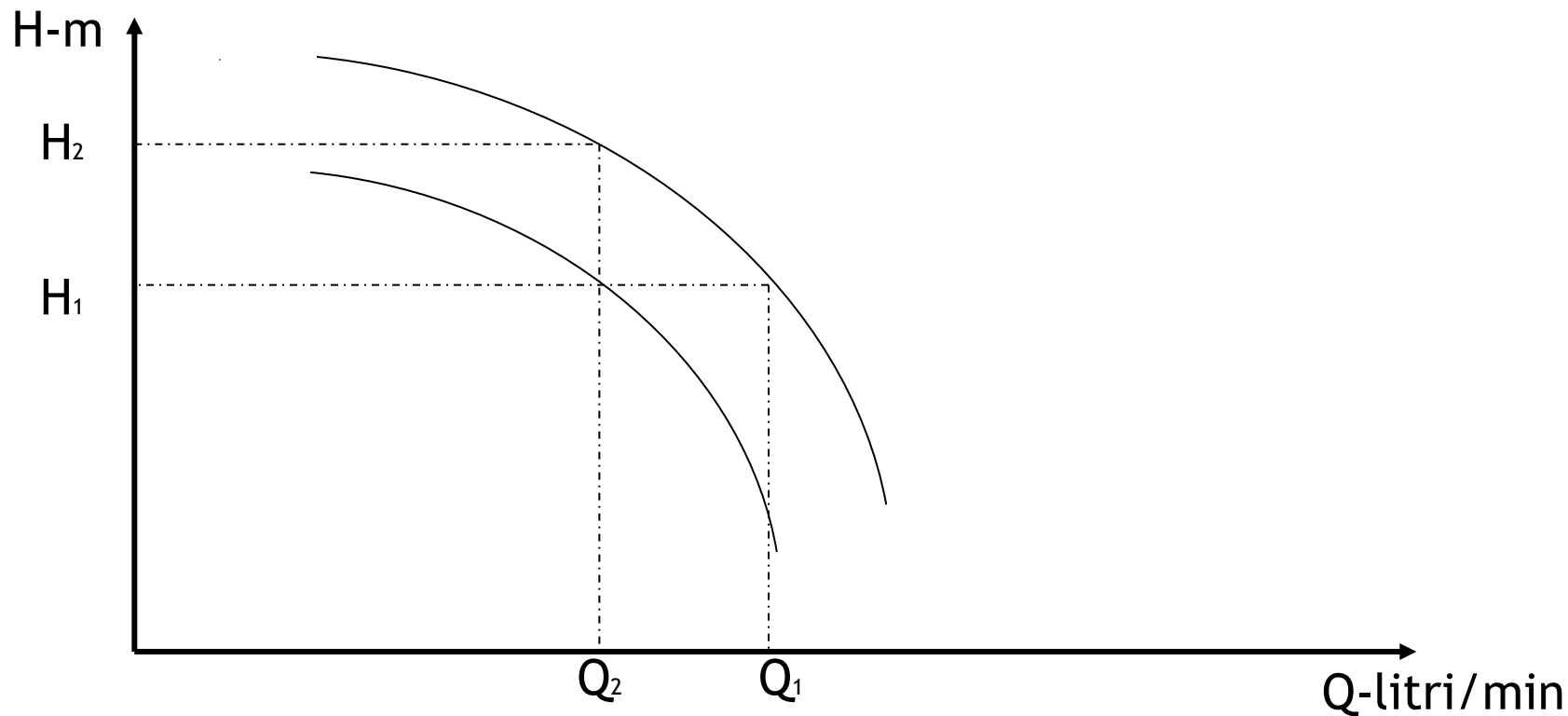
Nuova Denominazione

NEMA  
EPAct

IE2 + VFD

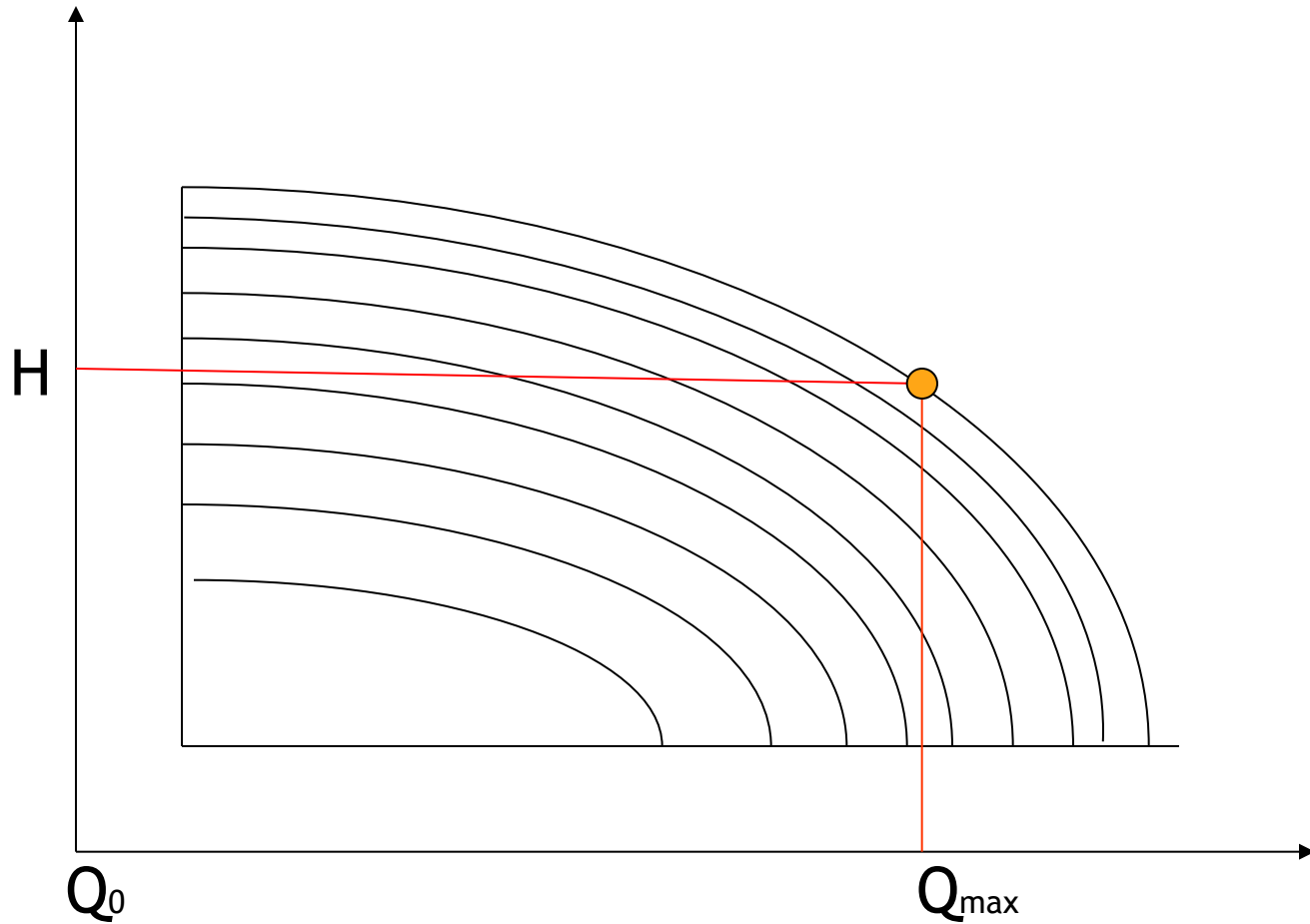
NEMA  
Premium

Norma USA



Elettropompa a velocità fissa





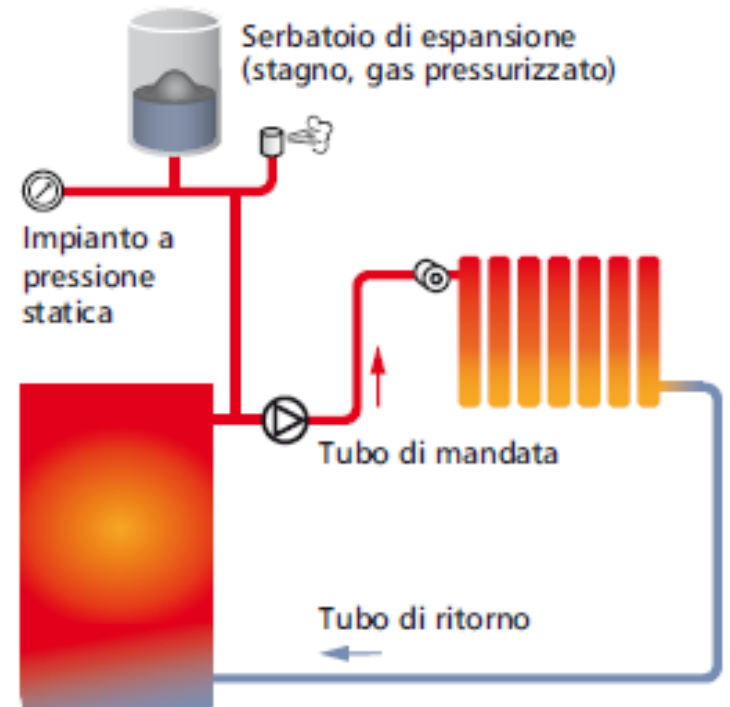


## Installazione di elettropompa in un circuito chiuso



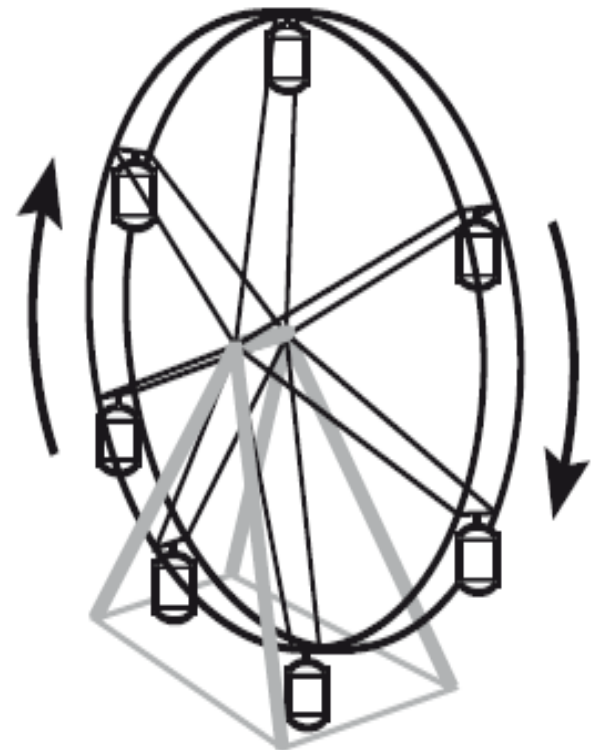
## Impianti a circuito chiuso

- 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

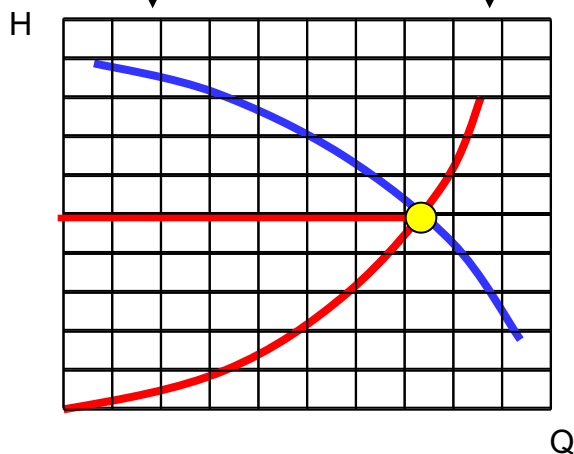
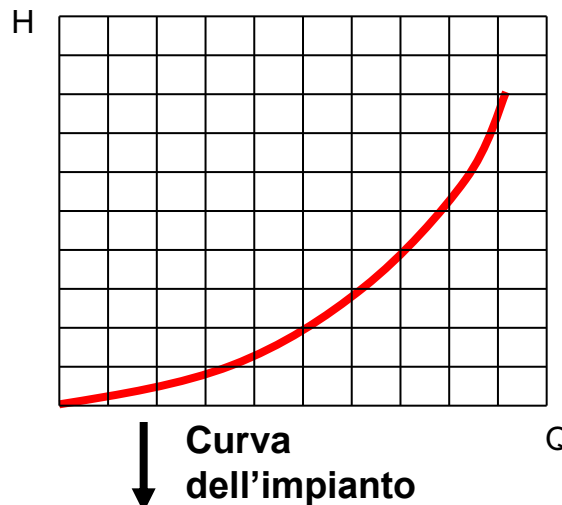
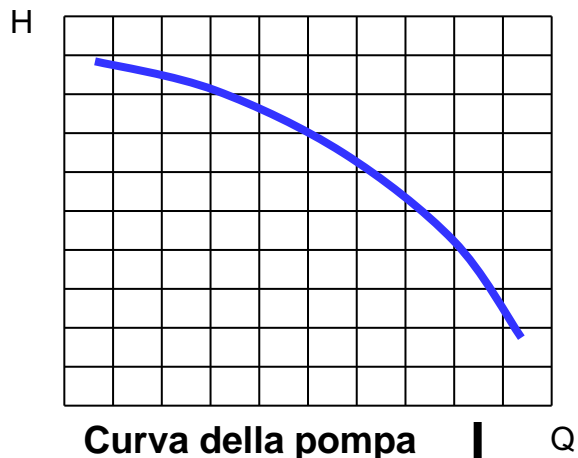
- Un **impianto di ricircolo** è gen. a circuito chiuso => non ho  $\Delta H$  geod.=0, solo perdite per attrito che aumentano in modo esponenziale all'aumentare della velocità.
- In un **circuito chiuso**, il peso del liquido in salita è bilanciato da quello del liquido in discesa.



Ruota di Ferris



## Basic pumping curves



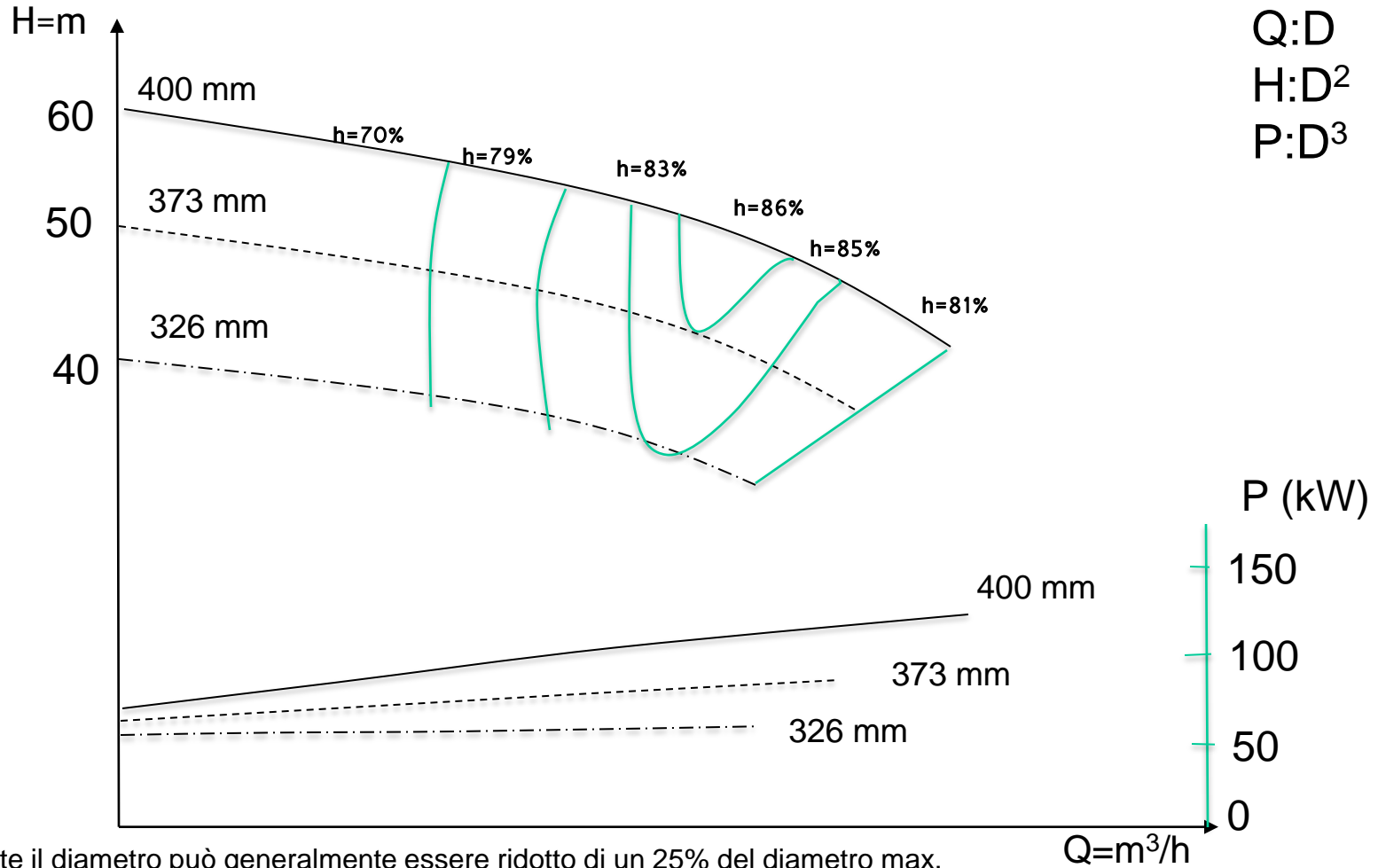
H = Altezza  
 Q = Portata  
 ● = Punto di lavoro

- 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

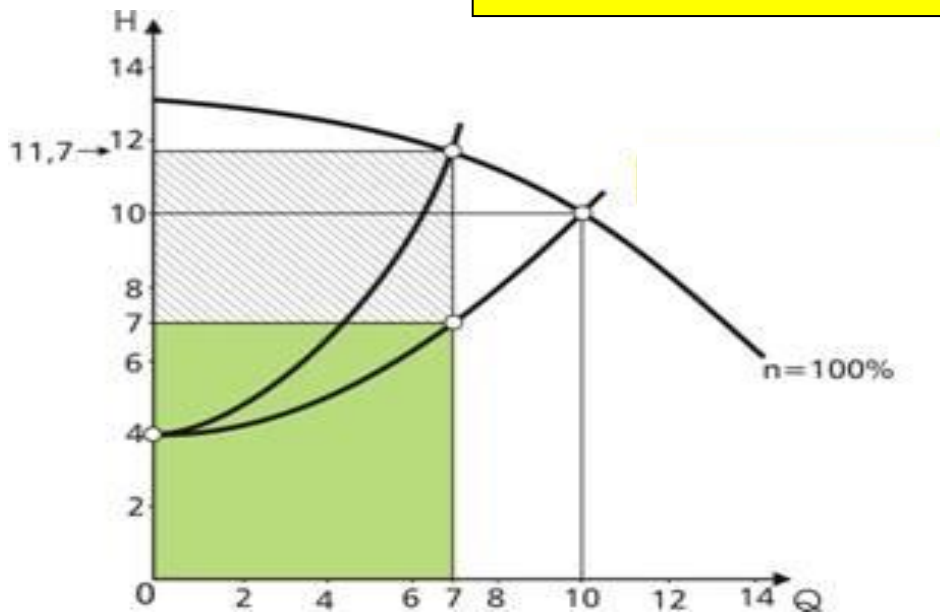


# Conventional control methods – Water supply / booster systems

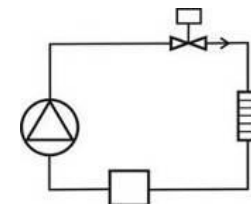
$$P = \frac{Q \times H}{367,2 \times \eta} \quad \text{m}^3/\text{h} \times \text{m} > \text{kW}$$

**Riduttore di pressione**  
(uso di riduttori di pressione)

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



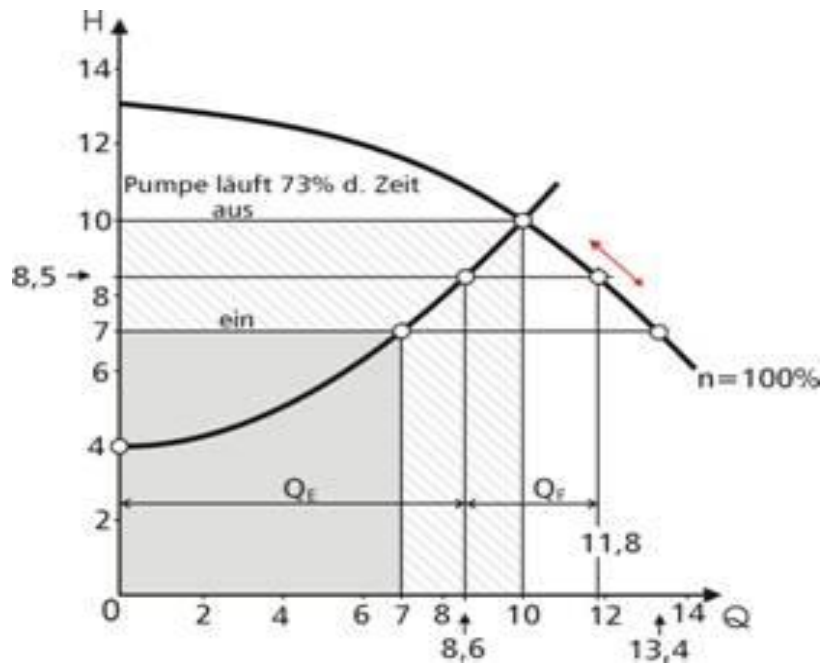
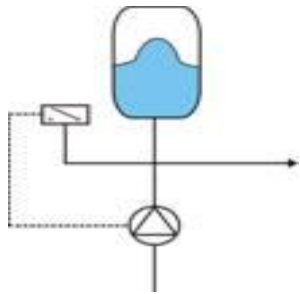
**Riduttore di pressione:**  
La pompa sta lavorando a 11,7 bar e l'alta pressione è limitata dal riduttore di pressione ➔  
risultato: la potenza consumata ammonta all' 81,9%



# Conventional control methods – Water supply / booster systems

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

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

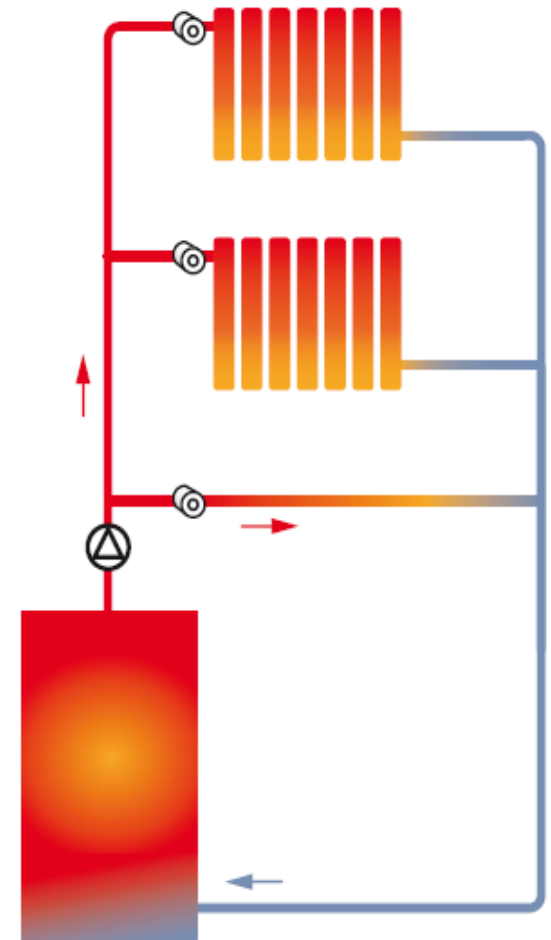


On/Off controllo:  
 La pompa è in funzione e per il 73% del tempo di funzionamento riempie il serbatoio in pressione  
 ➔ Risultato: Il consumo medio di energia è del 73%

## 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.

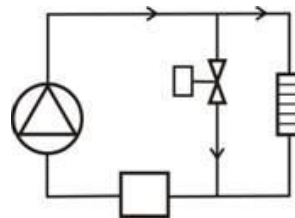
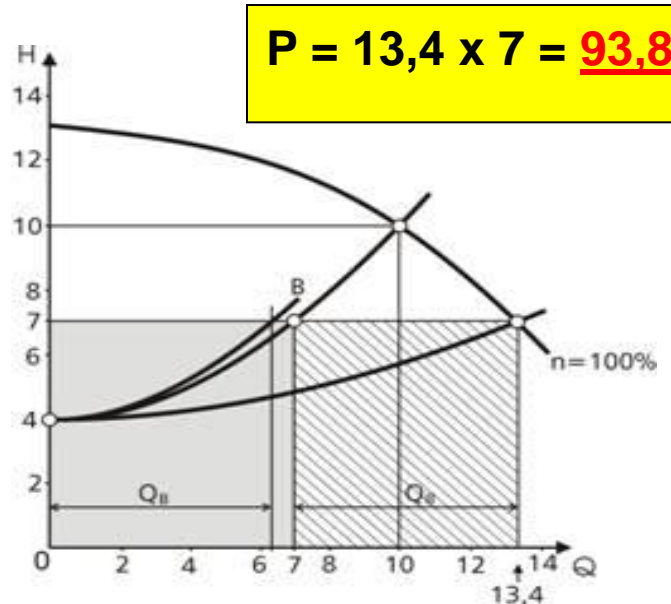


**Costo iniziale inferiore, ma non si riduce il consumo energetico e il costo del ciclo di vita.**



## Metodi di controllo convenzionali – HVAC systems

### Bypass control (valvola a 3 vie)



### Bypass control:

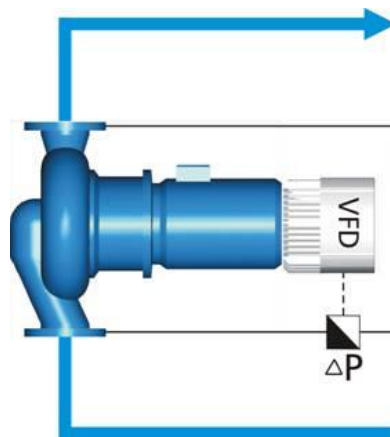
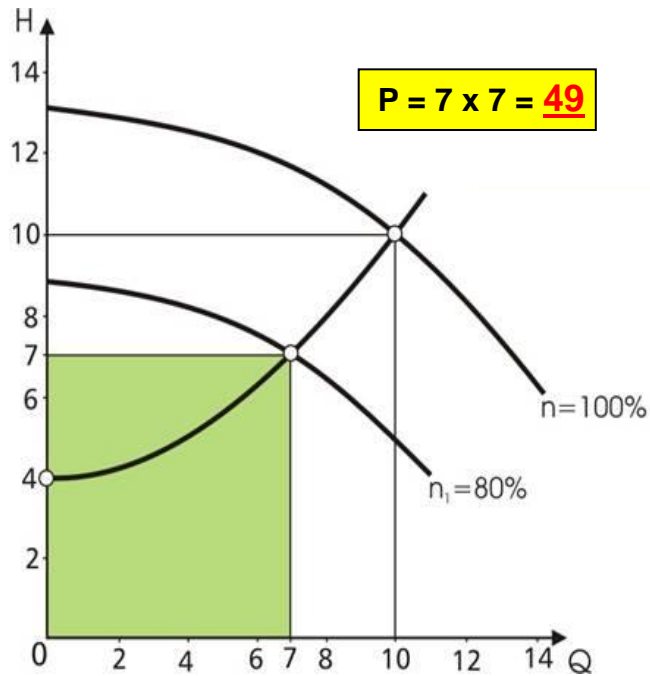
La pompa lavora a 13,4m<sup>3</sup>/h e la maggiore portata torna indietro. E' stata sprecata energia

→ 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

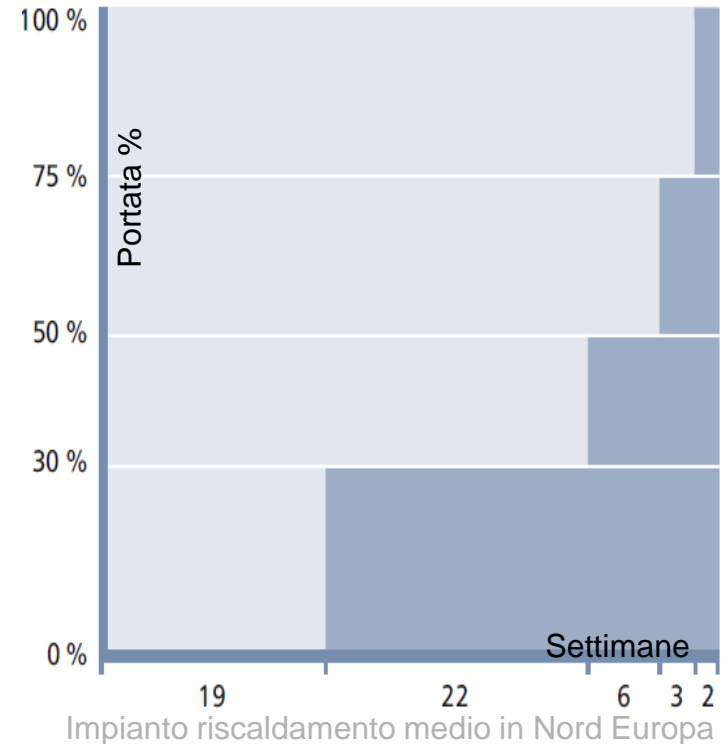
**La portata richiesta in un impianto di riscaldamento/ raffreddamento dipende da:**

- 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

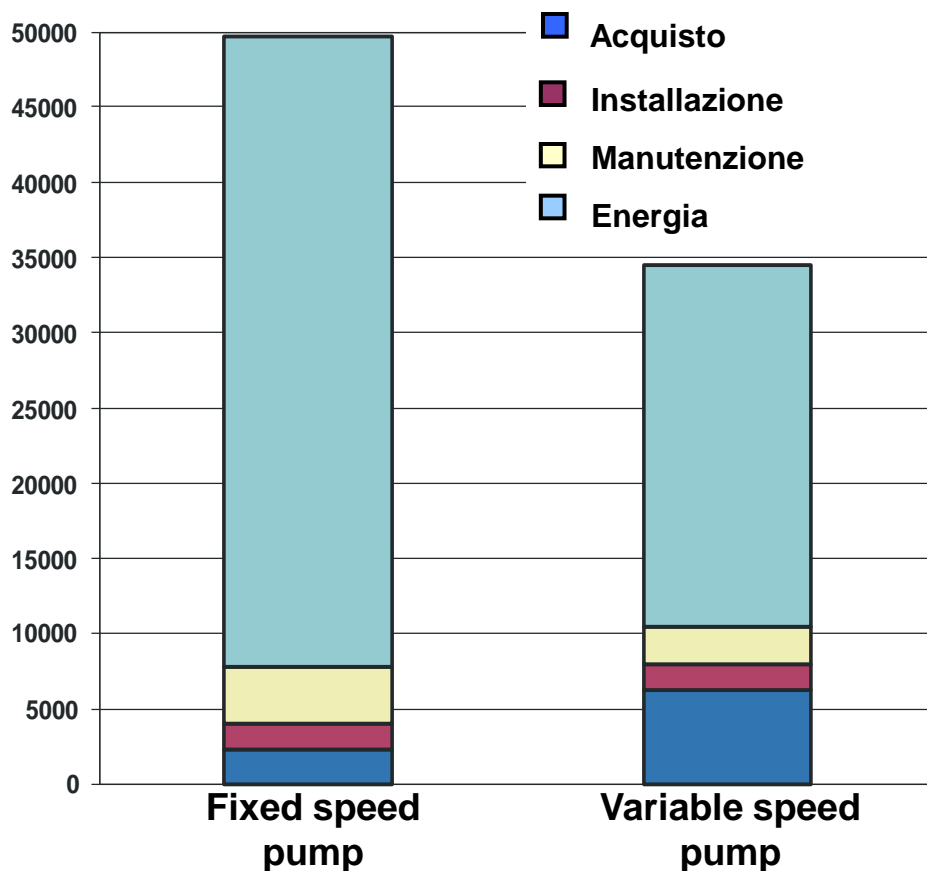
**Profilo di carico =>** calcolo disp. e analisi LCC (costo ciclo di vita)





## 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



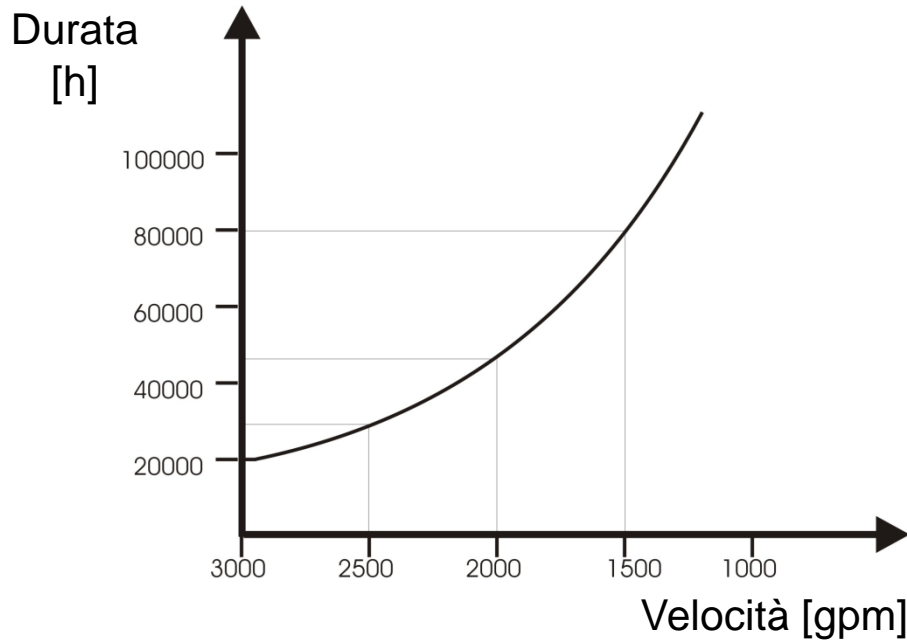
Il grafico a sinistra mostra il confronto tra una pompa a velocità fissa e una a velocità variabile nel corso della vita di funzionamento

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

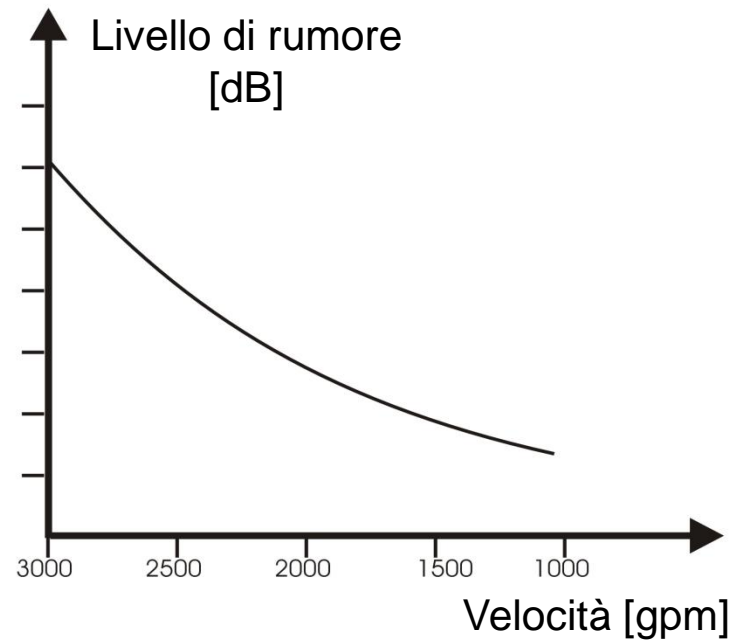


## Controllo della velocità: salvaguardia del sistema

### Allunga la vita dei cuscinetti



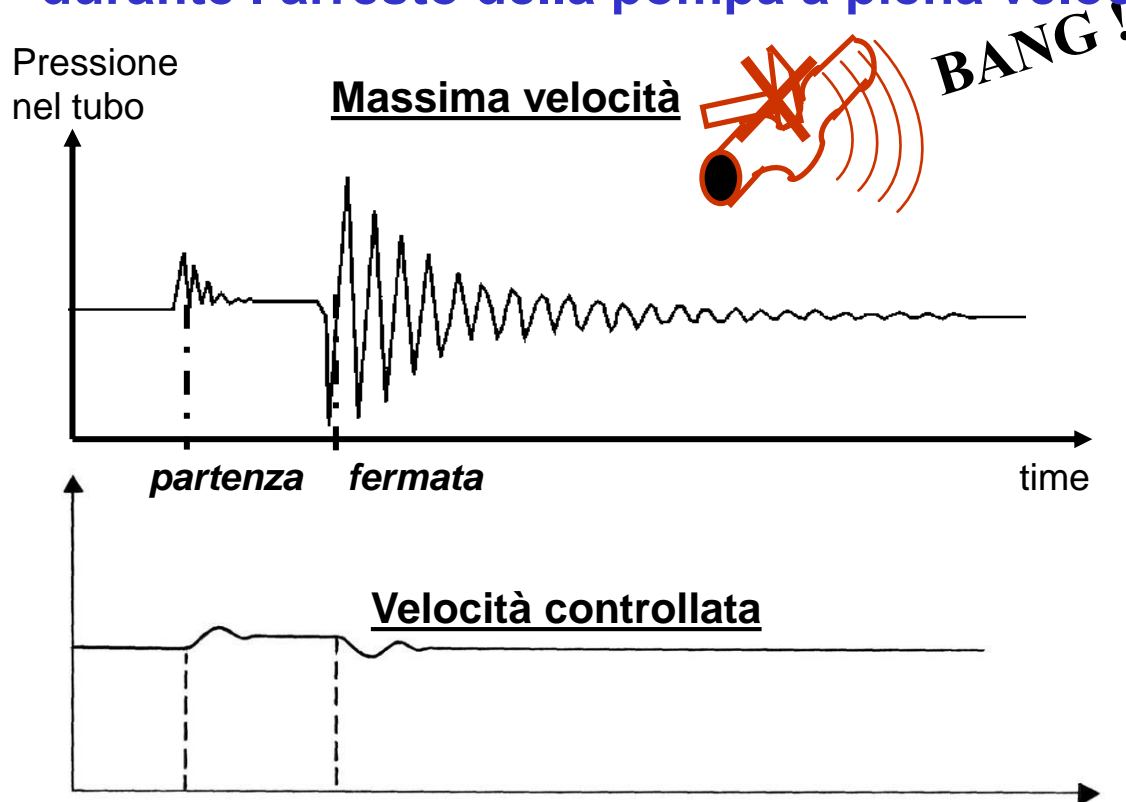
### Riduce il rumore





## 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  $10xI_N$  durante l'avviamento a piena velocità rispetto alla massima di  $1,2xI_N$  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 )**

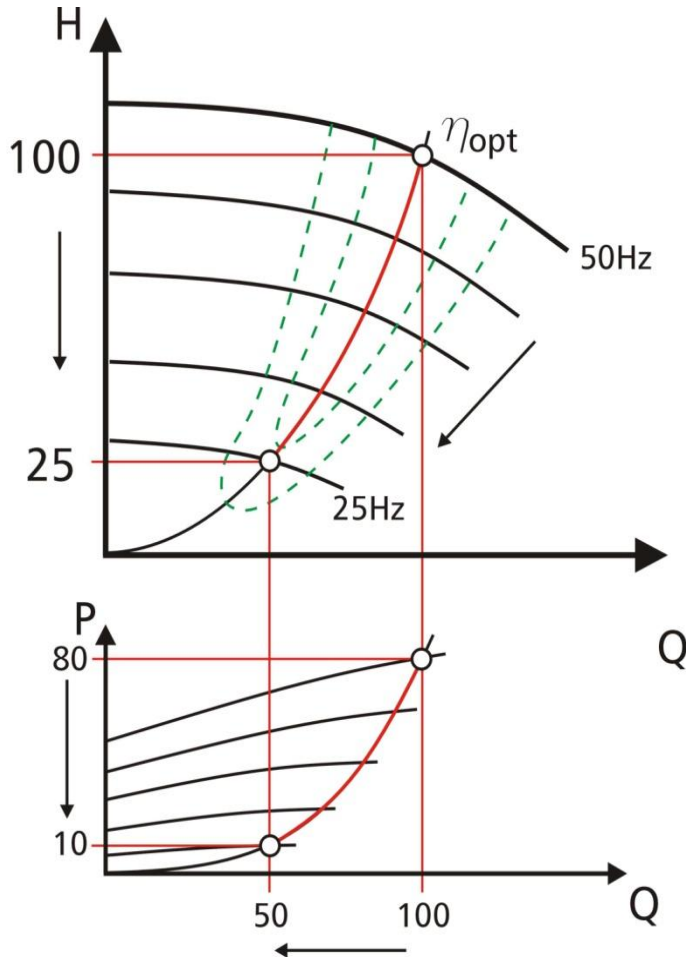
$$N = \frac{60 \times f}{P \text{ (coppia poli)}} \qquad N = \frac{60 \times 50}{1} \qquad \mathbf{N = 3.000 \text{ giri/minuto}}$$

**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



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

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

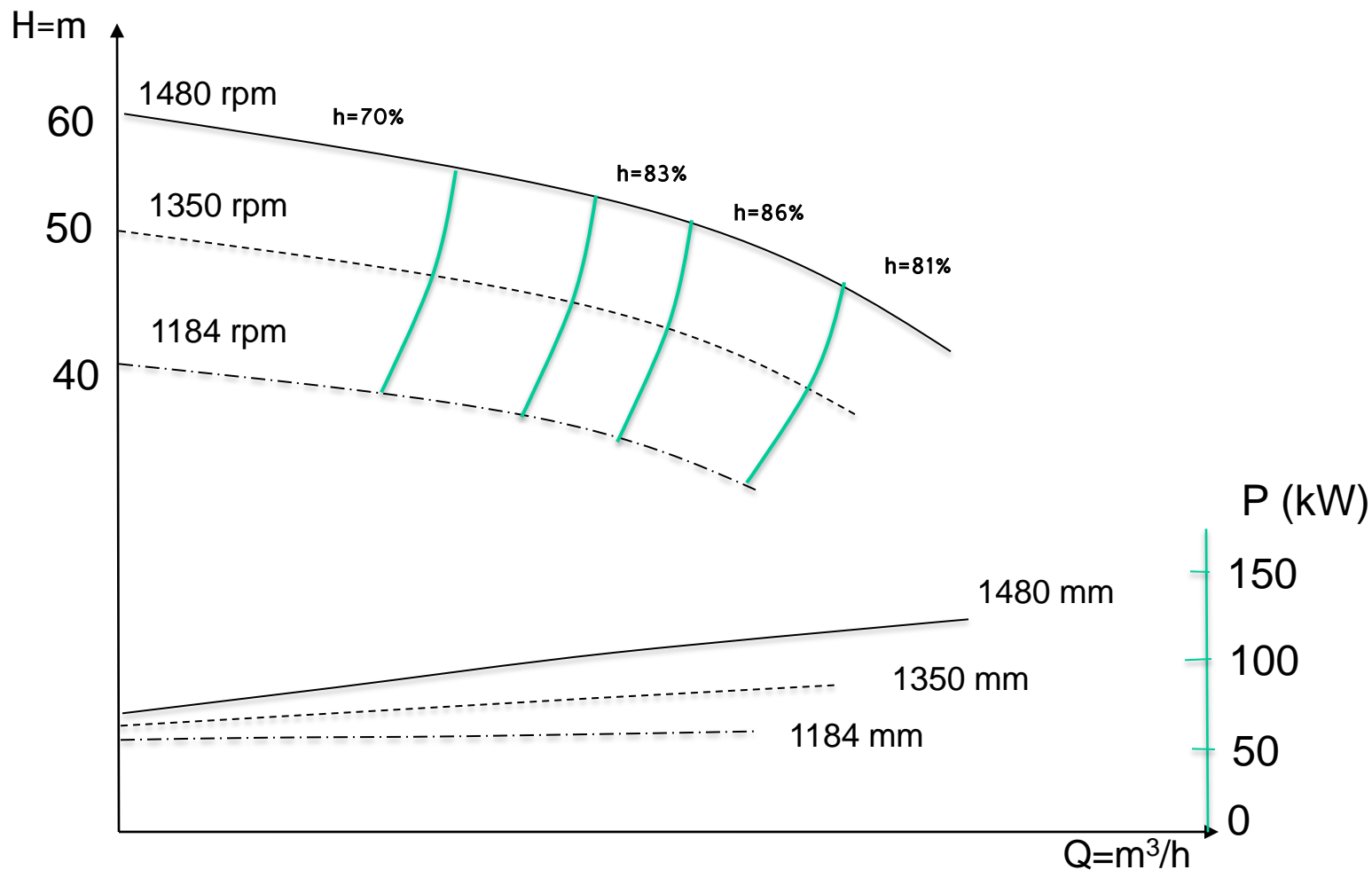
$$2.900^3 : 2000^3 = 1,2 : P_2$$

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

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

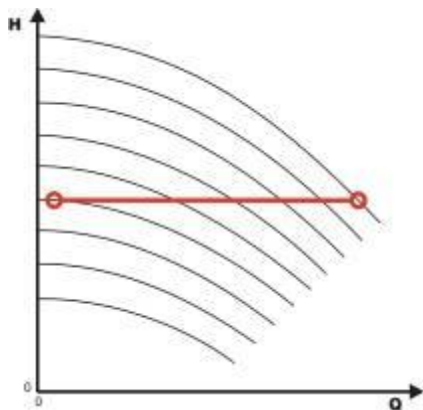


## Esempio di variazione numero di giri

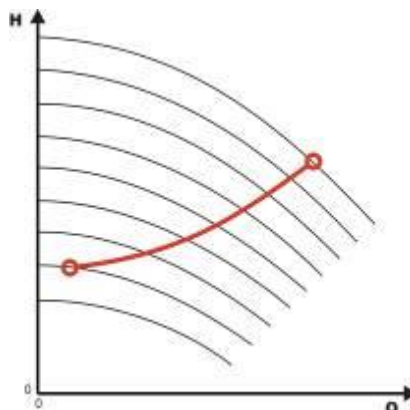


Al diminuire dei numeri di giri diminuisce la potenza assorbita

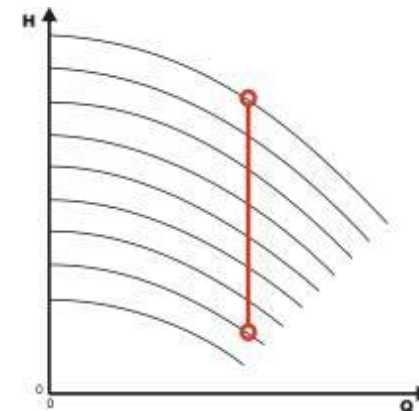
# Tipi di controllo sistema evoluto "Hydrovar"



**Pressione costante**



**Controllo in funzione della curva dell'impianto**

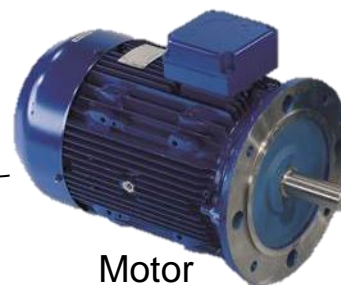


**Portata costante**

Alimentazione monofase o trifase



VFD



Motor

3~  
output



## Lowara Ecocirc<sup>®</sup> 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.

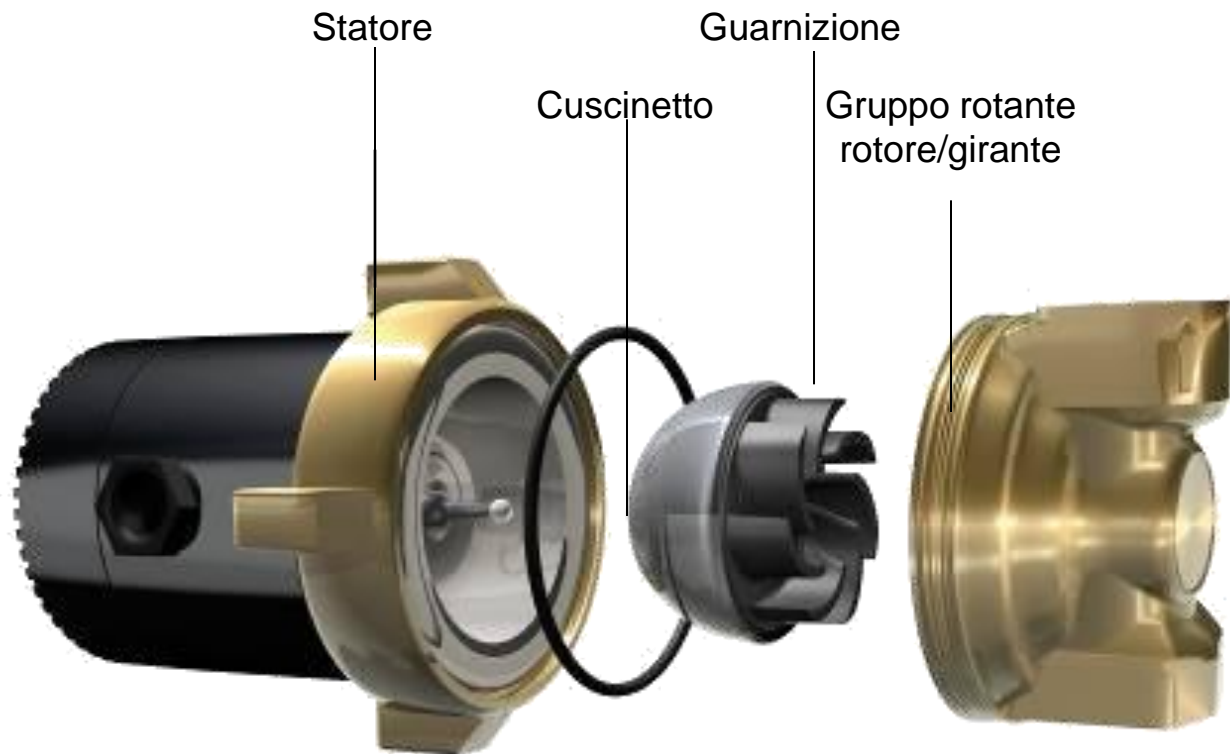
## Motori ECM (Electronically Commutated Motors)

- 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



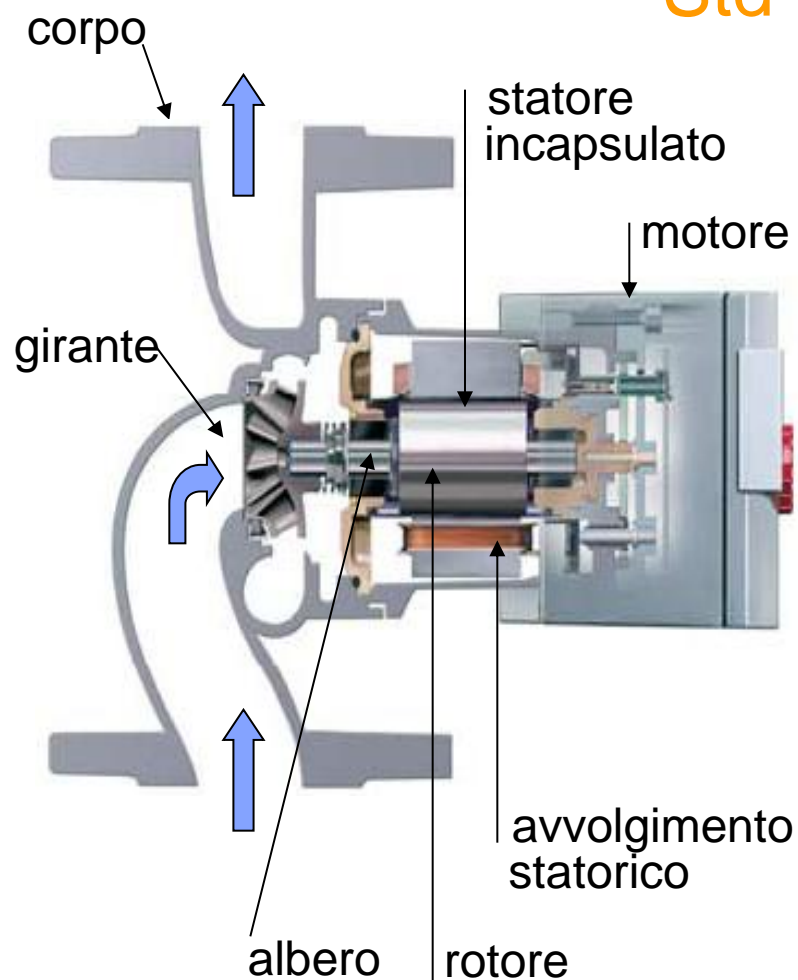
Tecnologia del motore sferico

## SEMPLICITÀ



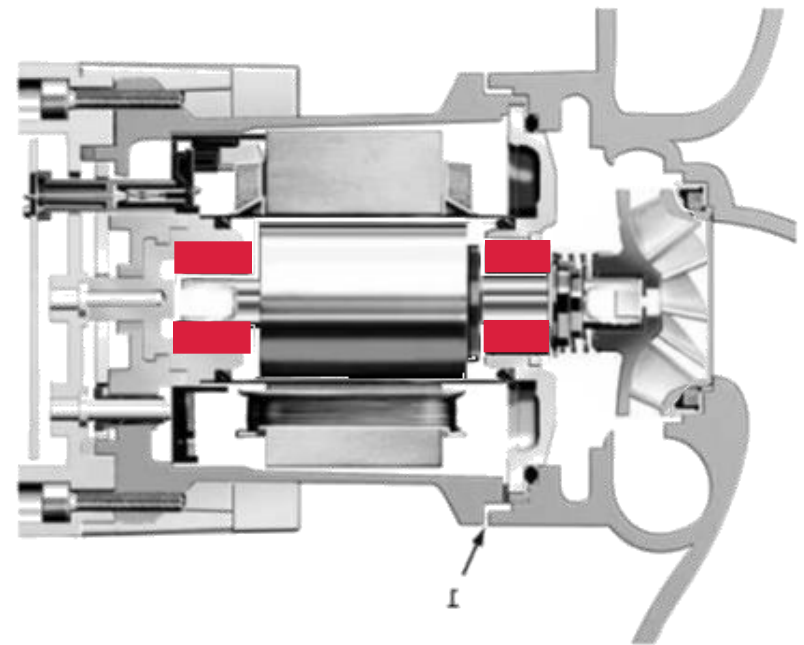
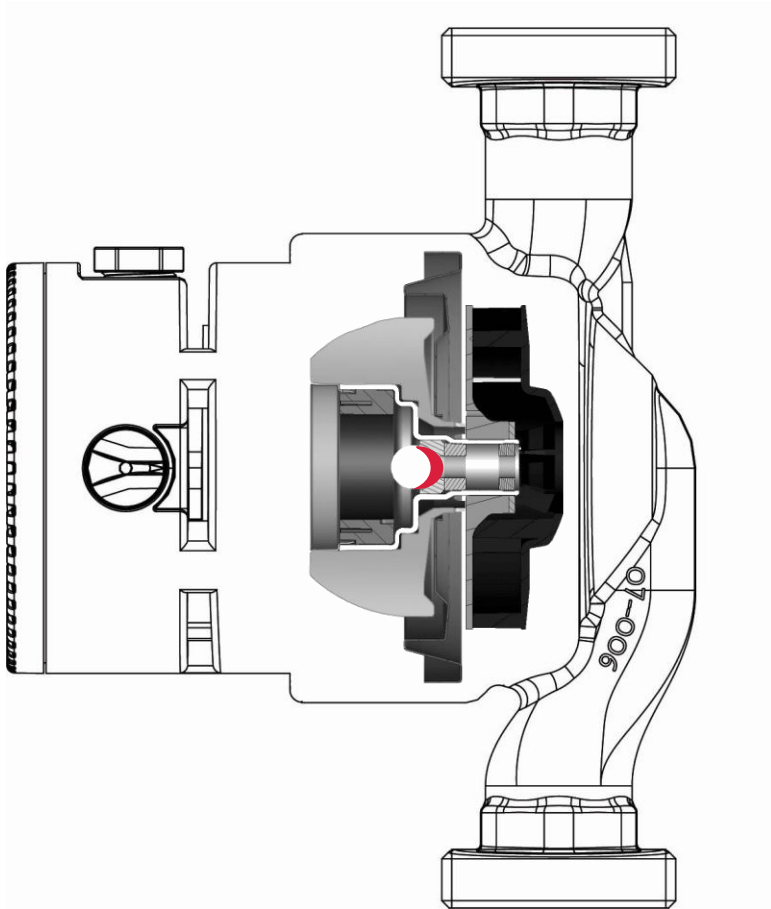
# Tecnologie a confronto

## Std vs Motore Sferico



# Circolatori a rotore bagnato a velocità variabile

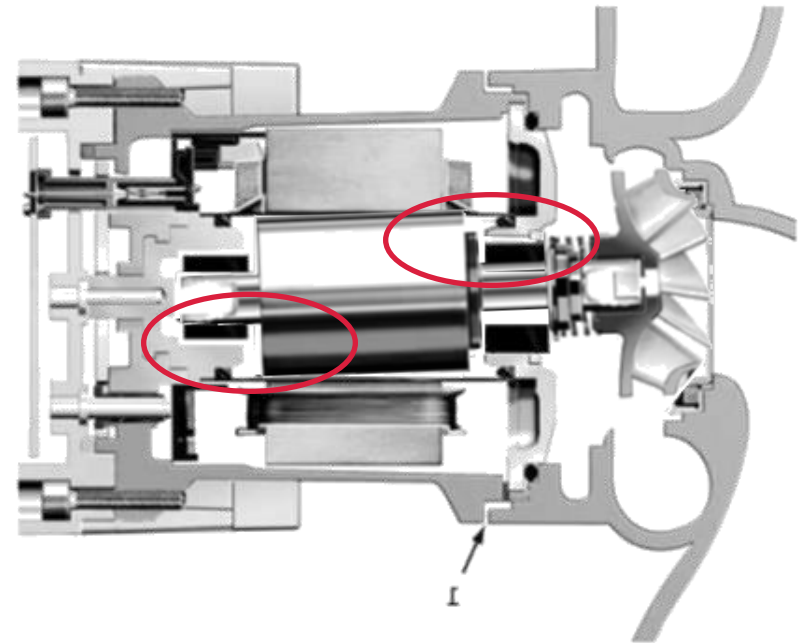
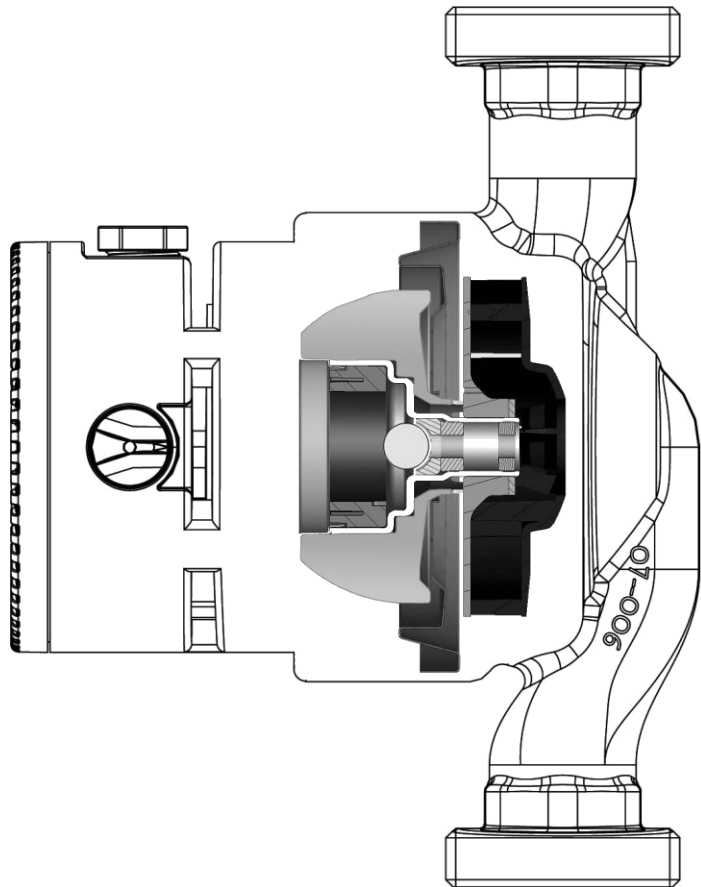
## Tecnologia del motore sferico - Cuscinetto





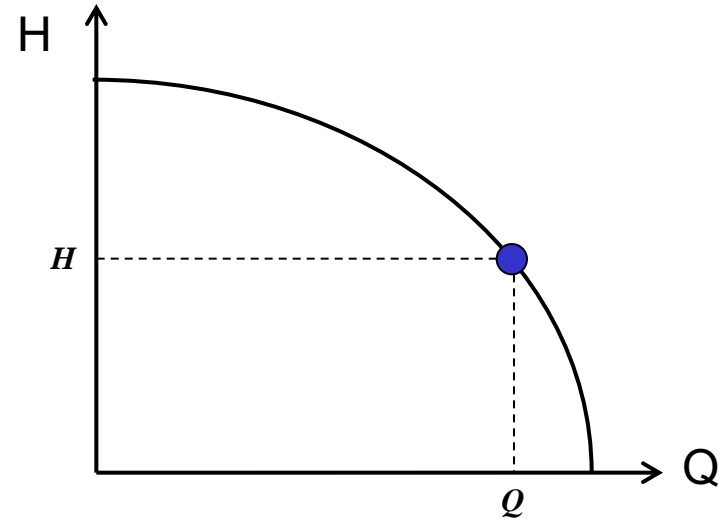
# Circolatori a rotore bagnato a velocità variabile

Tecnologia del motore sferico – Antibloccaggio del cuscinetto

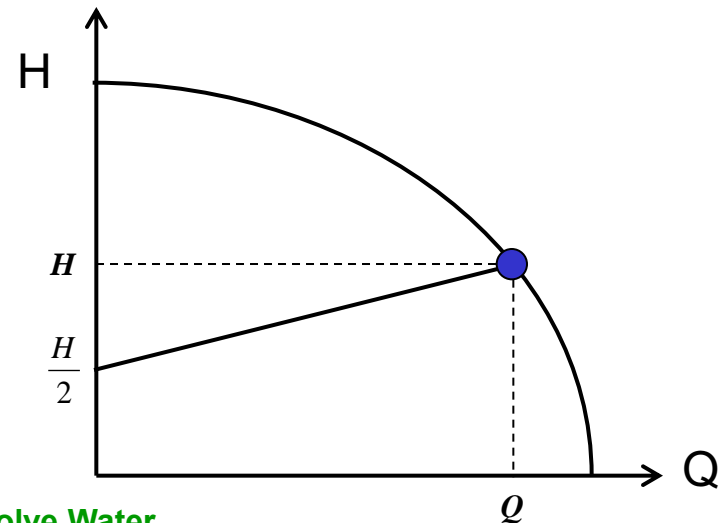


# Tecnologia due in uno

Velocità costante

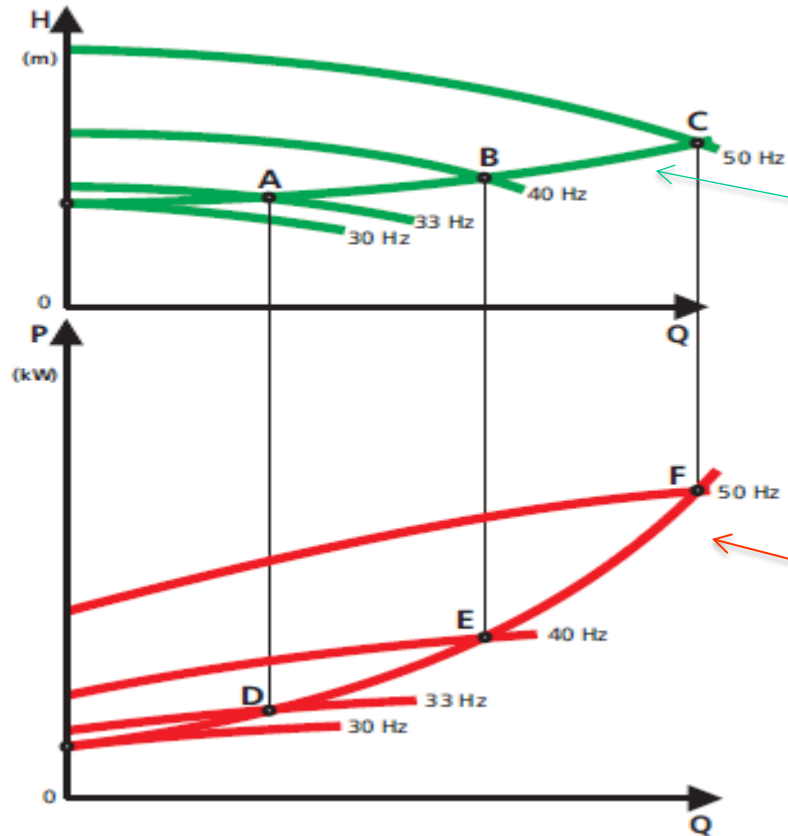


Pressione differenziale in automatico





## Principio di funzionamento del sistema di controllo

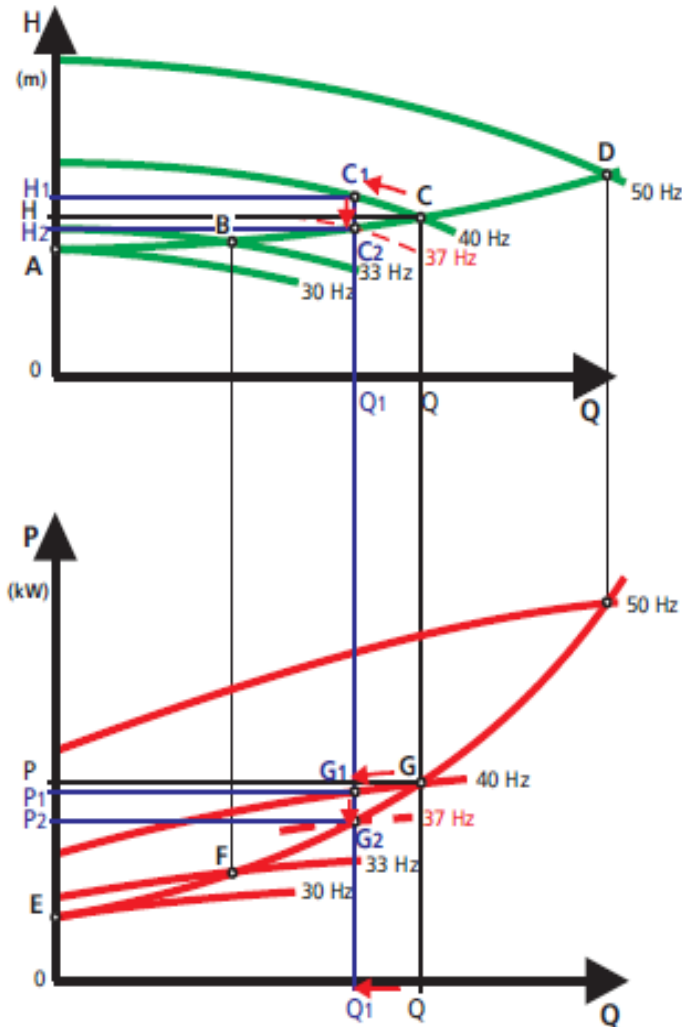


Curva resistente dell' impianto

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.

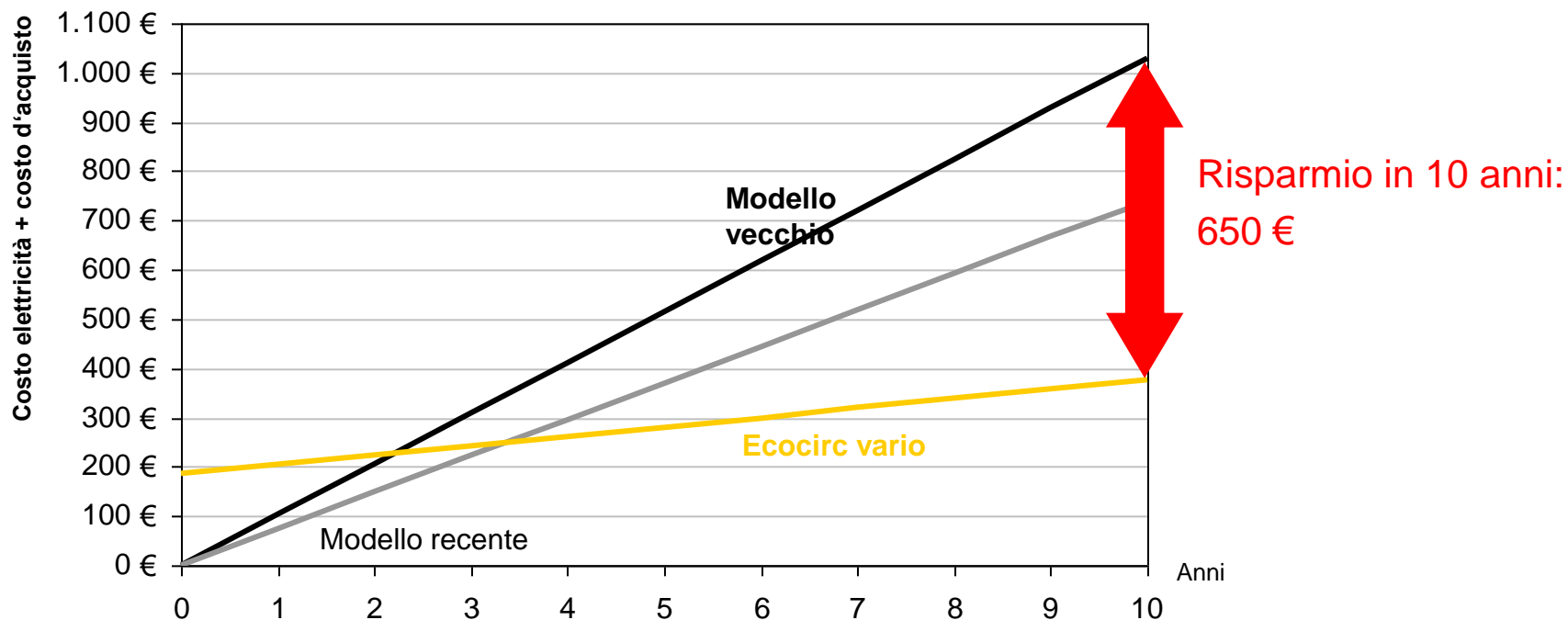
Analogamente, il punto di lavoro nel diagramma Q-H si sposterà da C1 a C2.

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 %





# Alcuni dei nostri clienti





**Grazie per la cortese l'attenzione**

**Domande?**

# 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)



**AiCARR**

Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento e Refrigerazione



**Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente**

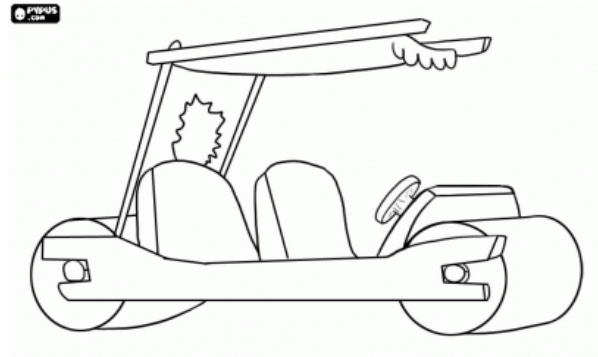
# **GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

*Le opinioni espresse dagli Autori non rispecchiano necessariamente quelle dell'Associazione*

# La legislazione



## 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.

