



Simone Rasia
Responsabile del settore
tecnico di professione Acqua

rasia@professioneacqua.it

LE POMPE AZIONATE DA MOTORI A VELOCITÀ VARIABILE

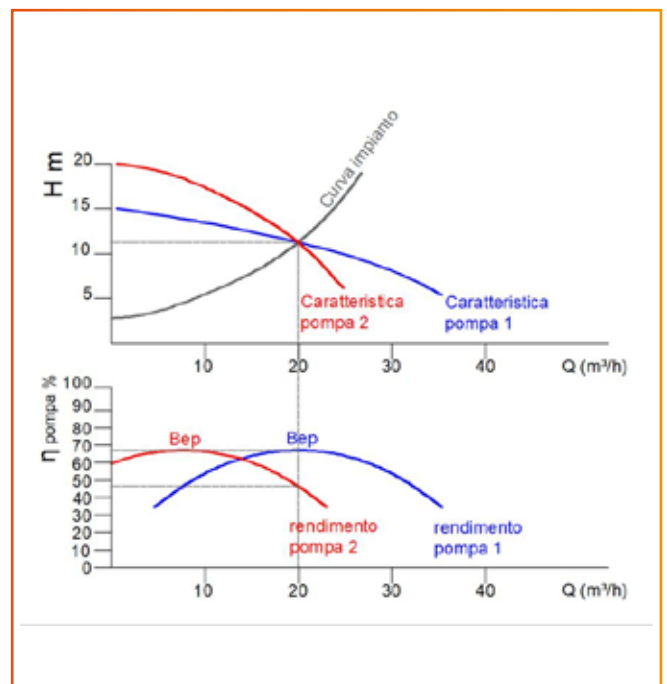
L'impiego di pompe centrifughe a velocità variabile, azionate da motori equipaggiati con inverter, sta avendo una notevole diffusione nel settore piscine.

L'utilizzo di questa tecnologia consente notevoli benefici dal punto di vista dei costi di esercizio e della qualità di servizio, benefici che vanno ricercati sempre di più in un contesto che vede un pesante aumento dei prezzi dell'energia.

La pompa di una piscina scoperta domestica, ad utilizzo stagionale, consuma mediamente una quantità di energia variabile tra 2000 e 5000 kWh annui e costituisce una parte rilevante del fabbisogno di energia elettrica dell'edificio; Le stime dei consumi energetici annuali chiaramente aumentano di molto per piscine domestiche o commerciali impiegate per tutto il corso dell'anno. **Abbattere parzialmente questo fabbisogno, mantenendo adeguati livelli di qualità, costituisce un obiettivo imprescindibile per la sostenibilità economica ed ambientale del sistema piscina.**

Premessa (doverosa) sui criteri di scelta di una pompa.

Alcune considerazioni preliminari sui criteri di scelta di una pompa, tanto nel caso di macchine a velocità fissa, quanto nell'impiego di macchine a velocità variabile, sono fondamentali per evitare di commettere errori. Come ricordato in qualche precedente articolo, **la pompa deve sempre essere scelta sulla base del punto di lavoro stimato in termini di portata e prevalenza richiesta** e, tra i modelli che soddisfano la rispondenza a questo punto di lavoro, si dovrebbero selezionare quelli che garantiscono queste prestazioni di progetto con il migliore rendimento. Nella immagine 1 sono esemplificati i grafici portata-prevalenza (sopra) e di rendimento (sotto) di due pompe centrifughe: entrambe soddisfano un ipotetico punto di lavoro ($Q: 20 \text{ m}^3/\text{h}$; $H: 11 \text{ mc.a.}$), tuttavia la pompa 1 garantisce queste prestazioni con una efficienza vicina al Bep (best efficiency point) pari a circa il 67%, mentre la pompa 2, pur garantendo la portata e prevalenza richieste, lo fa con un rendimento assai inferiore (circa 45%)

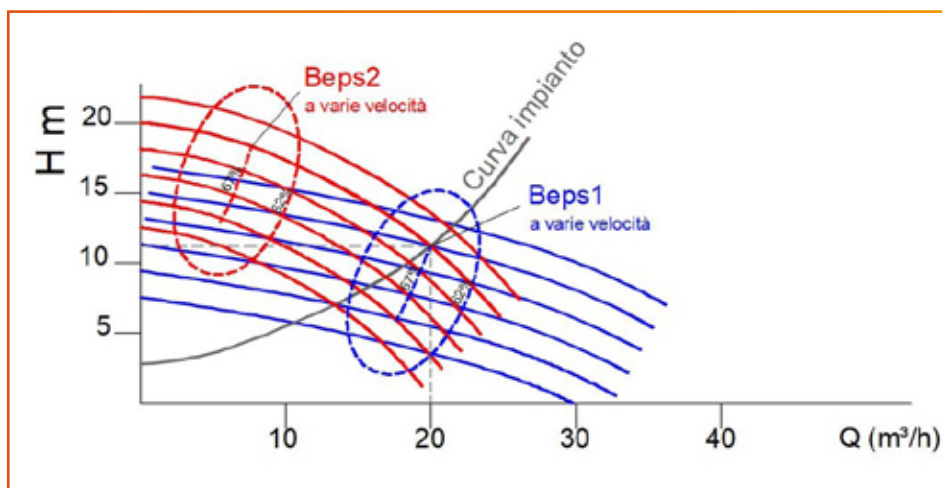




Una pompa che lavora in un intervallo di portata e prevalenza vicina al suo Bep richiederà minor potenza all'asse per movimentare il liquido e darà luogo a minori perdite di energia, minor rumore e minori vibrazioni.

Nel caso dell'esempio la pompa 1 fornirà all'acqua la portata e prevalenza richieste sprecando in attriti e dissipazioni "sola-mente" il 33% della potenza fornita all'asse, mentre la pompa 2 fornirà le stesse prestazioni di portata e prevalenza sprecando il 55% della potenza fornita all'asse. L'entità di questa differenza rivela già da sola la quantità di attenzione che dovrebbe essere profusa in questa fase preliminare della scelta del modello più corretto di macchina.

Benché le pompe azionate da motore ad inverter, come vedremo successivamente, consentano una variazione della curva di lavoro (un po' come se avessimo in dotazione una famiglia di pompe "in scala"), un errore commesso nella selezione della pompa rispetto alla sua "centratura" su un range di rendimento ottimale, non potrebbe essere risolto nemmeno con un adeguamento del regime di rotazione (Vedi immagine 2 - esemplificativa). La pompa 2, anche variando la velocità di rotazione, potrà lavorare sì alla portata di 20 mc/h o ad eventuali altre portate inferiori, scelte tra i punti di incrocio tra curva delle perdite di carico dell'impianto (grigia) e la rispettiva curva pompa (rossa, per ciascun regime di rotazione scelto) ma lo farà sempre in punti di funzionamento corrispondenti a



rendimenti scarsi, molto lontani dal Bep. Viceversa la pompa 1 potrà lavorare alla portata di progetto o a eventuali portate ridotte mantenendosi nell'area di maggior rendimento o nella sua prossimità.

Fin qui la premessa ricorda un criterio di scelta basato sul rendimento della "macchina pompa", e può essere seguito consapevolmente da tutti i tecnici, una volta stimata la curva di prevalenza dell'impianto (statica, legata al dislivello e dinamica, legata alle perdite di carico) e sulla base delle curve Portata-prevalenza, Portata-rendimento e/o Portata-potenza assorbita, che dovrebbero essere disponibili per tutte le pompe (cfr. EN 16713-2 4.7.5 Performance characterization).

Nella realtà dei fatti il rendimento totale del sistema pompa-motore dipende non solo dal rendimento della pompa (che abbiamo visto essere fortemente variabile lungo la curva portata-prevalenza) ma anche dal rendimento del motore. Il rendimento compless-

sivo del sistema pompa-motore risulta appunto dal prodotto dei due rendimenti: la potenza conferita al sistema (al morsetto elettrico) viene in parte persa nel motore (perdite ohmiche “nel ferro” e “nel rame”, perdite per ventilazione...) in parte persa nella pompa stessa (urti del fluido con la girante e la voluta, attriti di trascinamento cuscinetti, turbolenze).

In termini generali possiamo dire che il rendimento del motore risulta più stabile del rendimento della pompa, almeno per contenute variazioni dei carichi di lavoro; I motori a induzione, tra i quali anche quelli che equipaggiano le pompe centrifughe, sono sottoposti al Regolamento (EU) 2019/1781 (che ha recentemente sostituito il Regolamento 640/2009) e devono presentare dei requisiti minimi di efficienza che sono riportati nella seguente tabella di sintesi, che estrapola i dati per i soli motori di taglia e tipologia più diffusa nel nostro settore.

Regolamento (EU) 2019/1781 progettazione ecocompatibile dei motori elettrici e variatori di velocità	
Motori AC ad induzione a giri fissi o VSD	Classe di efficienza minima dal 1/07/21
Trifase da 0,12 a 0,75 kW	IE2 (high efficiency)
Trifase da 0,75 kW a 75 kW	IE3 (premium efficiency)
Monofase da 0,12 a 1000 kW	IE2 (high efficiency) (dal 1/7/23)

La ricerca dei produttori, almeno delle case più attente all'efficienza, è quella tesa non solo ad aumentare i rendimenti di pompa e motore, presi singolarmente, ma anche quella di **trovare i migliori accoppiamenti delle due macchine, al fine di ottenere il massimo rendimento complessivo**. Nello sforzo di ricerca delle migliori prestazioni, le case fanno sempre più spesso ricorso all'impiego di **motori sincroni a magneti permanenti** che presentano rendimenti più alti dei tradizionali motori ad induzione e consentono una migliore precisione nel controllo del regime di rotazione. In questi motori la forza elettromotrice non è creata per induzione ma risulta generata grazie alla presenza di magneti alloggiati all'interno del rotore che ruota in modo sincrono con il campo elettrico statorico. **Questa tipologia di motori presenta minori perdite di energia rispetto ai tradizionali motori asincroni a induzione, a fronte di un costo più elevato.**

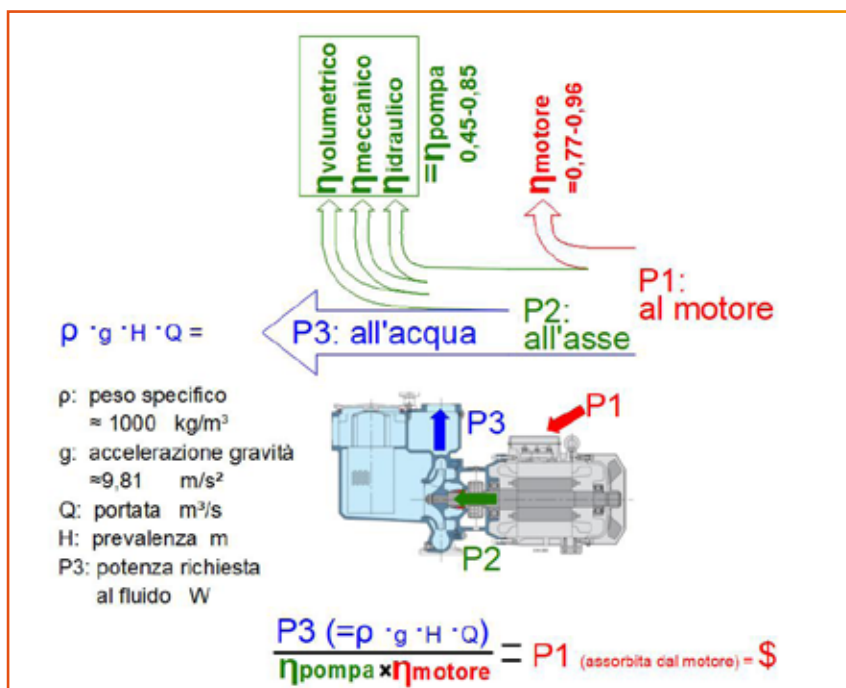
Purtroppo anche se la norma UNI EN 16713-2 richiede che il produttore renda disponibile le curve di potenza elettrica assorbita, queste sono solo raramente pubblicate, e si dispone spesso della sola curva P2 rendendo necessario il calcolo della potenza assorbita totale secondo il rapporto (P2/rendimento motore) comportando -questa prassi- dei pur modesti errori.

Comportamento di una pompa azionata da un motore a giri variabili

I motori elettrici che azionano le pompe (motori asincroni monofase o trifase tradizionali) funzionano ad un regime di rotazione fisso legato alla frequenza della tensione alternata di alimentazione (in Europa 50 Hz) e al numero di poli del motore.

Grazie all'utilizzo dell'inverter, più propriamente convertitore statico di frequenza, è possibile trasformare una corrente alternata in ingresso dapprima in corrente continua e, successivamente, in una corrente alternata in uscita, della quale si possono modificare ampiezza e frequenza. La facoltà di variare la frequenza di alimentazione del motore, consente di modificarne il regime di rotazione. **Al variare del regime di rotazione la curva portata-prevalenza della pompa cambia**, per questo motivo i grafici delle pompe ad inverter riportano più curve caratteristiche corrispondenti ai vari regimi di rotazione (o frequenze) impostabili tramite l'inverter. In pratica, attraverso la variazione di frequenza al motore, si ottengono tante curve Q-H quanti sono i regimi di rotazione impostabili. Queste curve sono congruenti tra loro, conservano lo stesso andamento ma sono traslate verso il centro degli assi.

Dal punto di vista teorico valgono criteri di similitudine (leggi di affinità) che legano la variazione del numero di giri alle corrispondenti variazioni di por-

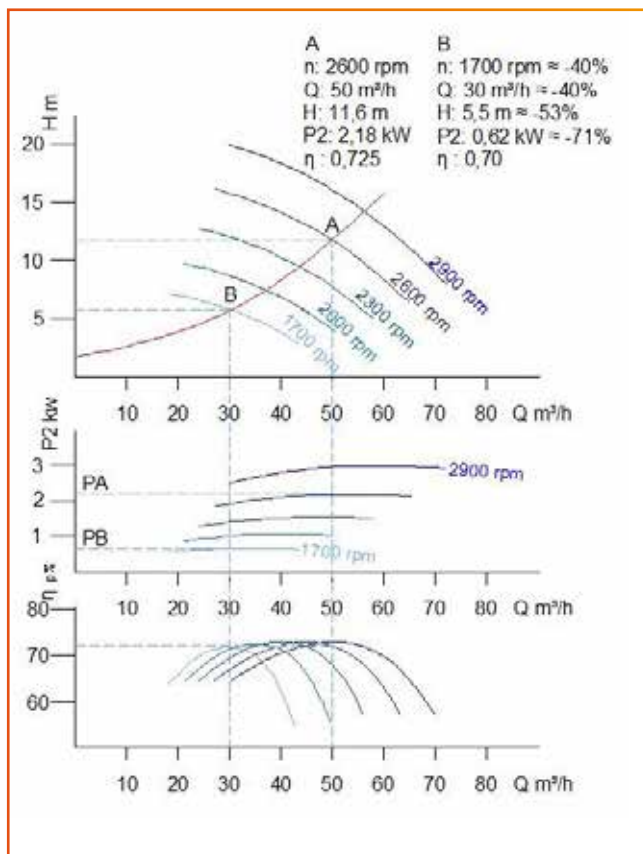


$Q_2=Q_1 \frac{n_2}{n_1}$
 $H_2=H_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$
 $P_2=P_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$

tata, prevalenza e potenza assorbita all'asse; dove n_1 e n_2 sono le velocità di rotazione (giri/min); Q , H e P sono le portate, prevalenze e potenze assorbite (all'asse) della pompa alle rispettive velocità di rotazione. In altre parole, **le leggi di affinità ci dicono che -in via teorica- se dimezzo il numero di giri della pompa: la sua portata si dimezza, la prevalenza si riduce ad 1/4 della prevalenza iniziale, la potenza teorica assorbita all'asse risulterà pari a 1/8 della potenza iniziale.**

Il primo aspetto che si nota è che la variazione di prevalenza segue una proporzione quadratica rispetto al numero di giri: questa proporzionalità si adatta benissimo alla parte idraulica della piscina (curva caratteristica di impianto) nella quale è preponderante la prevalenza dinamica (la prevalenza complessiva è determinata soprattutto dalle perdite di carico, che seguono anch'esse una legge quadratica - crescente rispetto alla portata) circostanza che rende i circuiti idraulici di una piscina particolarmente adatti alla flessibilità operativa ottenuta con l'inverter. **L'altro aspetto importante, soprattutto per i costi di gestione, è dato dalla cospicua riduzione della potenza richiesta all'asse al diminuire della velocità di rotazione:** la proporzione varia con il cubo del numero dei giri, quindi piccole diminuzioni del regime di rotazione consentono grandi riduzioni di potenza e minore fabbisogno energetico.

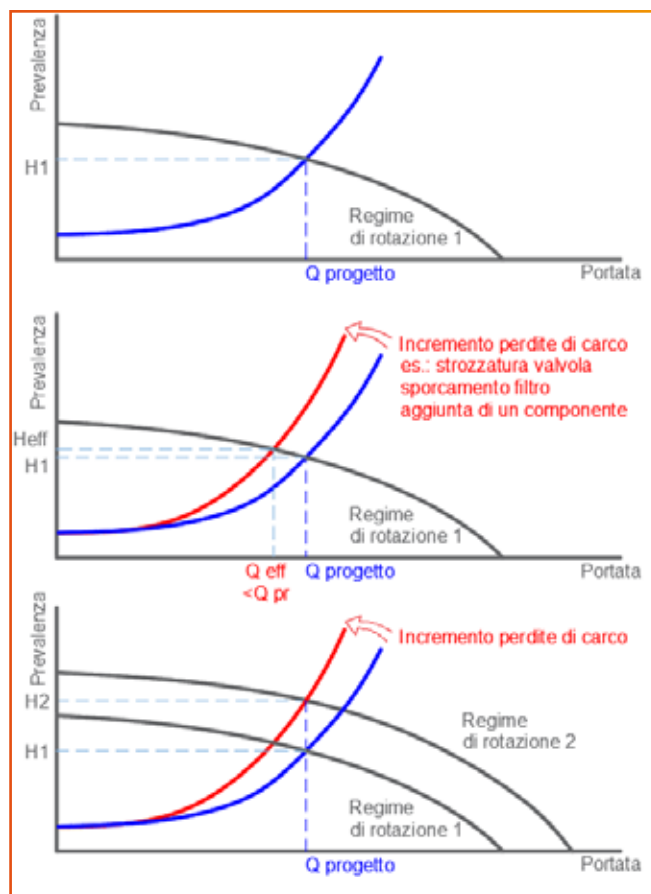
Nella osservazione pratica le riduzioni di potenza non sono così marcate come vorrebbero le leggi di affinità: per variazioni consistenti del regime di rotazione si introducono altri fattori, quali i progressivi cali di rendimento, che rendono leggermente meno consistente la diminuzione di potenza ottenibile riducendo il numero di giri. L'esempio riportato in figura (In



rosso la curva caratteristica dell'impianto, in scala di azzurri le curve caratteristiche della pompa, ai vari regimi di rotazione) mostra un caso reale. Il vantaggio ottenibile riducendo la portata del 40 % è di oltre il 70% sul versante della potenza richiesta all'asse, un andamento molto simile ha anche la potenza complessiva richiesta, comprensiva del rendimento del motore e del rendimento dell'inverter. La tabella che segue esemplifica i costi di esercizio nel caso 1, funzionamento costante al punto di lavoro A e nel caso 2 Funzionamento per 12 h al punto di lavoro A e 12 H al punto di lavoro B (portata ridotta)

1 - Funzionamento costante al punto A H 24												
	Q	H	n	P idraulica	η pompa	η motore	P1	Ore al giorno	Fabbisogno per fascia	Fabbisogno giornaliero	Costo kWh	Costo giornaliero
	m³/h	m	giri/min	kW			kW	h	kWh	kWh	€/kWh	€
A	50	11,6	2600	1,581	0,725	0,871	2,503	24	60,069	60,069	0,27	16,22
B												
2 - Funzionamento variabile punto A H 12 punto B H 12												
	Q	H	n	P idraulica	η pompa	η motore	P1	ore al giorno	Fabbisogno per fasce	Fabbisogno giornaliero	Costo kWh	Costo giornaliero
	m³/h	m	giri/min	kW			kW	h	kWh	kWh	€/kWh	€
A	50	11,6	2600	1,581	0,725	0,871	2,503	12	30,034	38,884	0,27	10,50
B	30	5,5	1700	0,450	0,7	0,871	0,737	12	8,849			

*Si è qui assunto un rendimento costante del motore, un risultato più preciso potrebbe essere dato disponendo di una curva P1 che tenga conto non solo della variabilità di rendimento della pompa ma anche di quella del motore.



La possibilità di scegliere il regime di rotazione consente di mantenere costante la portata anche in caso di mutate condizioni impiantistiche, come succede se determinate condizioni di esercizio producono un aumento delle perdite di carico.

Per le pompe più grandi, per le quali i modelli presentano variazioni più consistenti di prestazioni tra una taglia e l'altra, l'impiego dell'inverter consente di ottimizzare la portata, adattandola alle esigenze dell'impianto, senza ricorrere alla strozzatura di una valvola di mandata, necessaria in molti casi per ottenere la portata desiderata.

L'impiego delle pompe a velocità variabile comporta notevoli vantaggi in termini di consumi qualora sia possibile attuare una riduzione della portata. Di per sé l'applicazione di un inverter ad un dato sistema pompa-motore, senza ridurre il regime di rotazione, non comporta alcun beneficio, anzi: dovremmo impiegare una quota ulteriore di potenza per la alimentazione dell'inverter. **La corretta gestione dei regimi di rotazione - con la riduzione di portata nei momenti e nella misura in cui è possibile farlo - è la reale chiave per avere in questo strumento un alleato vantaggioso nella riduzione dei consumi.**

Ma possiamo ridurre la portata in una piscina? La risposta è affermativa, stando alle norme tecniche di settore; quello che invece non si può - e in fin dei conti non conviene - fare è spegnere l'impianto!

Per le piscine pubbliche la norma UNI 10637 (Par. 5.3.1) ricorda che il funzionamento degli impianti di tratta-

mento dell'acqua deve essere continuo nelle 24 h. **La norma afferma poi che nei momenti di attività ridotta o assente, il gestore, in sede di piano di autocontrollo, sempre nel rispetto dei valori dell'acqua di vasca (Accordo S.R. 2003) può aumentare fino al doppio i tempi di ricircolo agendo sulle pompe di ricircolo e mantenendo operativi tutti i filtri.** Analogamente la EN 16713-2 riporta che: (Par. 4.2 e 4.5.2) il sistema di filtrazione deve avere una portata nominale sufficiente a garantire un tempo di ricircolo inferiore a 8h e in caso di portata di filtrazione ridotta (ad esempio di notte) la circolazione deve essere ancora sufficiente a garantire il tempo di ricircolo nel massimo delle 8h. In nessuno dei due casi, quindi, sarebbe possibile spegnere completamente l'impianto.

Le norme tecniche consentono di dimezzare la portata di progetto nelle piscine pubbliche, e di arrivare ad un massimo di 8h di tempo di ricircolo nelle vasche private: questo sicuramente depone a favore dell'impiego dell'inverter e costituisce sicuramente una opportunità di risparmio (dalle centinaia di euro annue in piccoli impianti domestici stagionali, alle migliaia di euro in impianti commerciali attivi tutto l'anno). **La diminuzione ciclica della portata (di notte, o nei giorni di non utilizzo) va comunque gestita consapevolmente:** il sistema complesso della piscina vive di equilibri che il buon gestore deve imparare a conoscere. La riduzione della portata di impianto può provocare alterazioni nella misura delle sonde di rilevazione dei parametri chimici (sonde cloro a cella amperometrica aperta e chiusa sono sensibili alla variazione di portata); questo inconveniente può essere risolto stabilizzando la portata di analisi con diversi stratagemmi, quali l'impiego di una pompa di campionamento, stabilizzatori di portata o impostando una variazione automatica dei set point nei sistemi di regolazione e controllo concomitante alla riduzione della portata di ricircolo.

La entità della riduzione di portata andrebbe sempre stabilita preservando la capacità del sistema di rimuovere gli inquinanti: se è vero che la efficienza di filtrazione generalmente aumenta riducendo la velocità, la efficacia complessiva del sistema si regge anche sulla capacità di condurre gli inquinanti ai filtri; va quindi mantenuta una circolazione soddisfacente (portata allo sfioro, efficacia di captazione dello skimmer..) ricercando un equilibrio tra riduzione dei consumi e mantenimento della qualità. Anche l'aumento repentino di velocità in un filtro (tipicamente al mattino, dopo una fase notturna a velocità ridotta) può provocare distacchi di materiale trattenuto verso la vasca, particolarmente se viene trascurata una frequente pulizia dello stesso.

I benefici della riduzione di portata operabile con l'impiego di pompe a velocità variabile sono tangibili e rappresentano una delle strade da percorrere per garantire sostenibilità economica e ambientale: **questo processo deve essere però gestito da tecnici consapevoli e possibilmente con l'impiego di sistemi di gestione integrati ed intelligenti che consentano di controllare complessivamente tutte le variabili sensibili del sistema.** ■