

---

WHITE PAPER

# Realizzare gli obiettivi dell'Accordo di Parigi

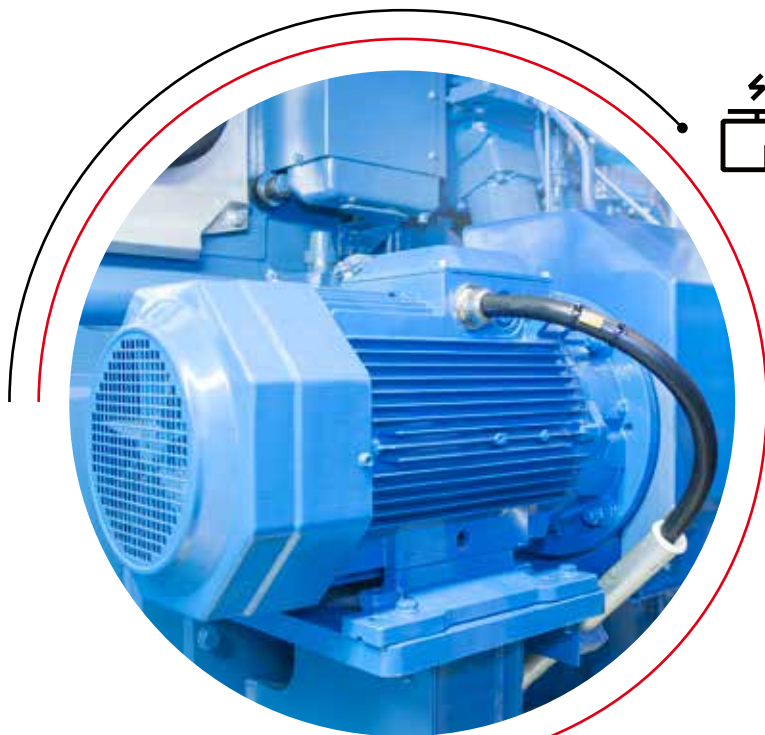
Il ruolo fondamentale di motori e azionamenti ad alta efficienza nella riduzione dei consumi energetici



# Il ruolo fondamentale di motori e azionamenti ad alta efficienza nella riduzione dei consumi energetici

Secondo le stime, entro il 2050 la popolazione mondiale aumenterà a 9,7 miliardi, dai 7,7 miliardi del 2019.<sup>1</sup> Il tasso di crescita previsto per l'economia mondiale è più che doppio nello stesso periodo.<sup>2</sup> L'urbanizzazione, l'automazione e il miglioramento degli standard di vita determineranno un incremento del fabbisogno energetico a livello mondiale. Oltre la metà della popolazione mondiale vive ormai in metropoli e città. Le Nazioni Unite prevedono che la popolazione delle aree urbane arriverà al 68% circa entro il 2050.<sup>3</sup> Se non cambiamo le nostre abitudini, questo tasso di crescita imprimerà una forte accelerazione al cambiamento climatico, compromettendo la qualità dell'aria e dell'acqua da cui dipendono tutti gli organismi viventi. Per proteggere l'ambiente senza rallentare la crescita economica, dobbiamo raddoppiare il nostro impegno per ridurre il consumo di energia e risorse naturali.

In linea con i trend in atto a livello globale, il fabbisogno di movimento elettrico, cioè sistemi di azionamento alimentati da motori elettrici, crescerà in misura rilevante. Secondo la IEA, l'industria rappresenta il 37% del fabbisogno energetico globale e il 24% delle emissioni totali di CO<sub>2</sub>,<sup>4</sup> mentre gli edifici assorbono circa il 30% dei consumi energetici e generano il 28% di emissioni di CO<sub>2</sub>.<sup>5</sup> Una quota rilevante di questa attività è associata a motori elettrici. Secondo le stime, circa il 70% dei consumi di elettricità nell'industria è legato a motori elettrici.<sup>6</sup> Negli edifici commerciali, la quota di energia elettrica destinata ai motori è del 38%.<sup>7</sup>



## 38%

del consumo di energia elettrica è associato a motori in edifici commerciali.



## 70%

dell'elettricità consumata nell'industria viene utilizzata in impianti con motori elettrici.

I motori elettrici vengono utilizzati da 150 anni e, nel corso del tempo, la loro tecnologia è migliorata continuamente. Nell'ultimo decennio in particolare, queste apparecchiature hanno vissuto una fase di progresso tecnologico incredibilmente rapido. L'ultima ondata di miglioramenti ha portato con sé una drastica riduzione dell'impronta di carbonio dei motori elettrici industriali e commerciali in brevissimo tempo. Oggi è disponibile sul mercato una gamma sempre più ampia di motori elettrici ad alta efficienza (IE3 o superiore) e di azionamenti a velocità variabile (detti anche "convertitori di frequenza" o "drive AC") per il controllo dei motori.

Queste tecnologie consentiranno a molti dei Paesi firmatari dell'Accordo di Parigi di raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni di carbonio nei prossimi 10 anni. L'impatto di queste tecnologie è potenzialmente enorme.

Per realizzare tutti i benefici dei motori e degli azionamenti ad alta efficienza, tutti gli attori svolgono un ruolo importante:

- decisori pubblici, governi e regolatori devono incentivarne la rapida adozione;

- imprese, città e nazioni devono essere consapevoli sia dei risparmi economici sia dei vantaggi ambientali, e devono essere pronte a fare investimenti;
- le aziende produttrici, come ABB, devono fornire le tecnologie necessarie e continuare a fare innovazione per migliorare l'efficienza energetica;
- gli investitori devono riallocare capitali alle aziende più preparate ad affrontare il rischio climatico;
- serviranno programmi di informazione pubblica per dimostrare il valore di questi aggiornamenti tecnologici.

Sono già stati adottati provvedimenti importanti per aumentare la diffusione dei veicoli elettrici e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. È ormai tempo di adottare misure analoghe per una tecnologia industriale che porterà benefici ancora maggiori all'ambiente e all'economia globale.



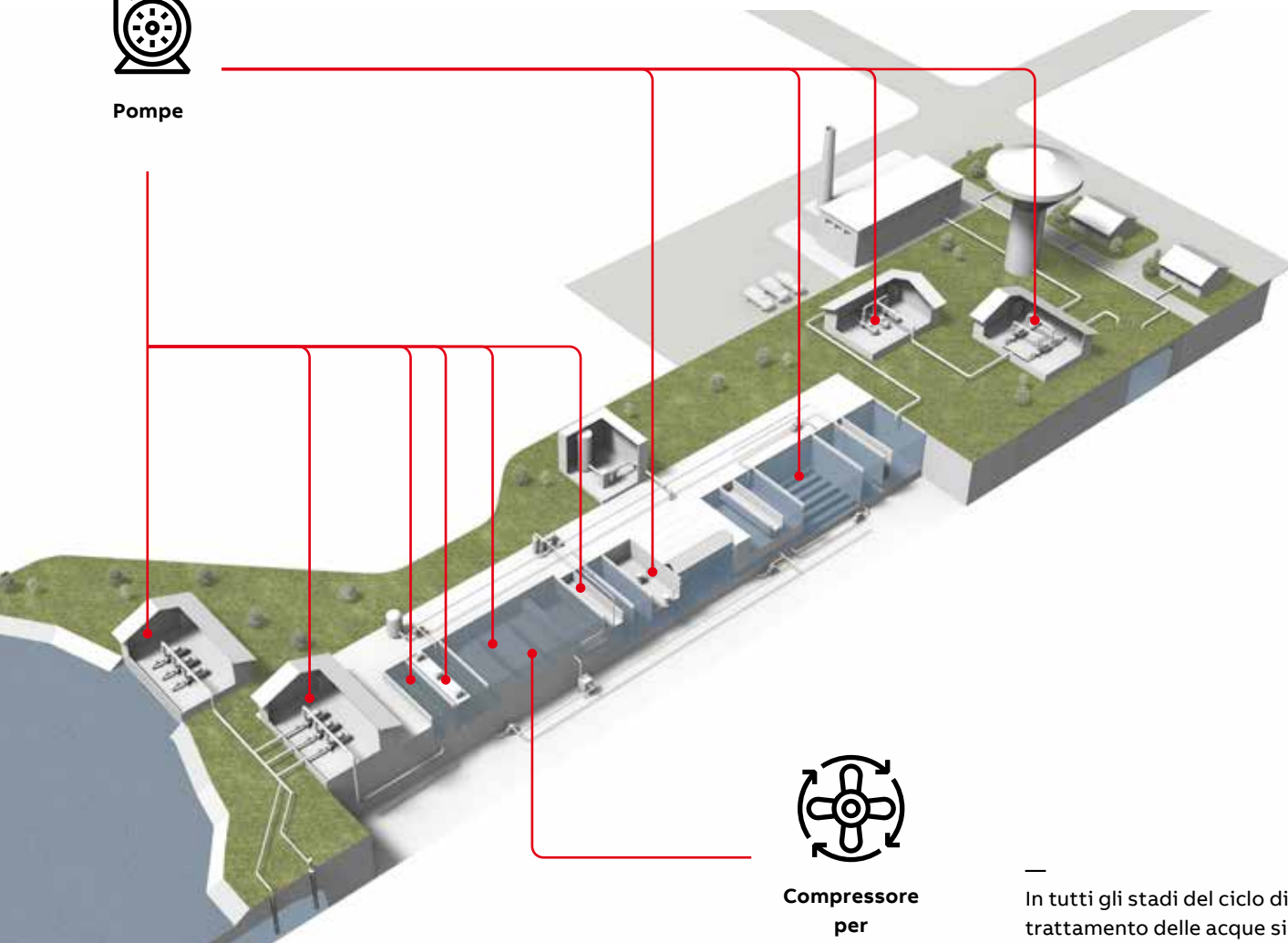
# Il ruolo critico dei motori elettrici

I moderni motori ad alta efficienza, accoppiati ad azionamenti a velocità variabile, sono progettati per essere flessibili e affidabili. Ma, soprattutto, sono estremamente efficienti e garantiscono una drastica riduzione del consumo di potenza rispetto ai modelli più vecchi. La loro importanza per lo sviluppo di una società sostenibile non viene mai sottolineata a sufficienza. Poiché il 45% dell'elettricità a livello mondiale viene impiegato per alimentare motori elettrici in edifici e applicazioni industriali, qualsiasi investimento nell'ammodernamento delle apparecchiature utilizzate in questi impianti produrrà benefici significativi in termini di efficienza e sostenibilità.<sup>8</sup>

Pur essendo poco visibili, i motori elettrici sono ovunque e sono parte integrante dell'attività industriale e della vita quotidiana.



Pompe



Compressore  
per  
aerazione

In tutti gli stadi del ciclo di trattamento delle acque si trovano applicazioni azionate da motori.

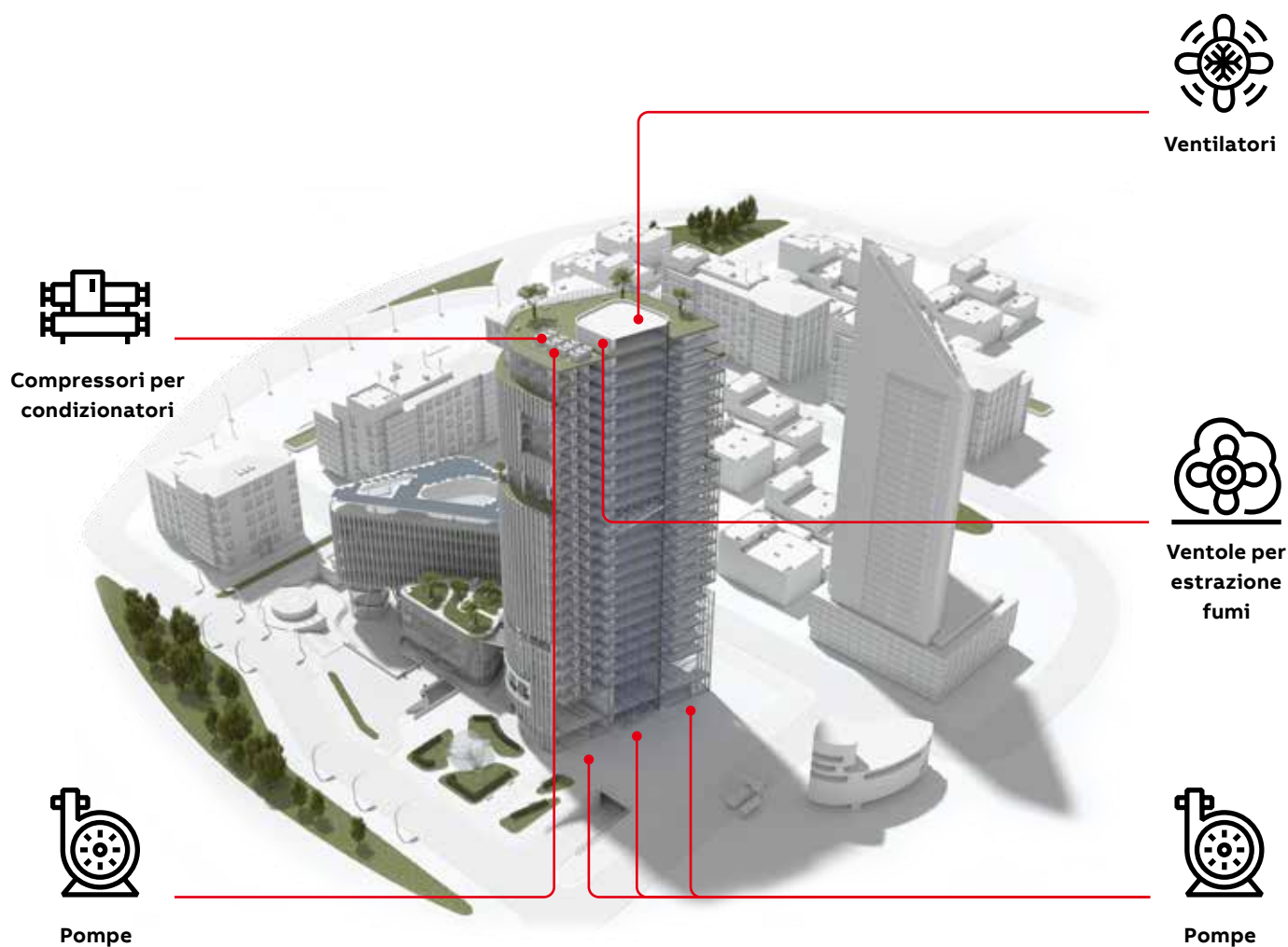
I motori di piccola taglia vengono utilizzati nei compressori dei condizionatori e dei frigoriferi, nei finestrini delle auto, nelle stampanti da computer, nelle ventole di raffreddamento delle apparecchiature elettroniche e in innumerevoli dispositivi di uso comune. I motori di taglia media si trovano negli impianti di climatizzazione (HVAC), negli ascensori, nelle metropolitane e nelle auto elettriche e ibride. Sono inoltre diffusissimi nell'industria, per pompe, trasportatori, ventilatori e movimenti meccanici di ogni genere. I motori elettrici più grandi vengono impiegati su treni, funicolari, sistemi di propulsione navale e attrezzature pesanti utilizzate in miniere e cartiere.

I grandi motori con assorbimenti superiori a 375 kW rappresentano solo lo 0,03% del parco motori mondiale, ma assorbono circa il 23% del fabbisogno elettrico globale destinato ai motori o il 10,4% di tutta la potenza elettrica. I motori più piccoli, con un'uscita inferiore a 0,75 kW, rappresentano solo il 9% circa del consumo di potenza dei motori elettrici.<sup>9</sup>

La quota maggiore di potenza elettrica viene consumata dai motori di taglia media. Molti di questi sono più grandi di quanto servirebbe per le relative applicazioni e spesso girano a pieno regime, anche quando la potenza generata non è necessaria.

Circa il 75% dei motori industriali attualmente installati viene utilizzato per azionare pompe, ventilatori e compressori, apparecchiature che offrono ampi margini di efficientamento energetico.<sup>10</sup>

Gli obiettivi di riduzione dei consumi energetici e delle impronte di carbonio sono a dir poco ambiziosi.



Tutti gli edifici utilizzano motori per gli impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento.

# I motori sono in prima linea sul fronte globale dell'efficientamento energetico e della riduzione delle emissioni

L'ingegneria industriale si è orientata da tempo verso l'utilizzo di motori più piccoli in numero maggiore, ottimizzati per compiti specifici. Regolare l'uscita di un motore in base alla potenza massima necessaria richiesta dall'applicazione è un passo fondamentale per aumentare l'efficienza energetica. Secondo molti questa efficienza comporta maggiore complessità. Nei sistemi più recenti, tuttavia, tale complessità viene gestita efficacemente implementando sensori intelligenti e sistemi di monitoraggio connessi a Internet, che possono avvisare gli operatori quando un motore mostra sintomi che indicano la necessità di riparazioni o sostituzioni.

Al tempo stesso i motori moderni hanno un'efficienza maggiore rispetto al passato. L'efficienza di un motore equivale alla potenza meccanica in uscita divisa per la potenza elettrica in entrata. Il tipo di motore elettrico più diffuso è il motore a induzione in corrente alternata (AC), basato sui progetti sviluppati nel XIX secolo da Galileo Ferraris, Nikola Tesla e Mikhail Dolivo-Dobrovolsky. Questi motori sono migliorati costantemente nel corso degli anni, grazie a evoluzioni dei materiali e della progettazione di statori e rotor.

Vale la pena sottolineare come anche un normale motore a induzione sia molto efficiente rispetto a qualsiasi motore a combustione interna. L'efficienza termica del motore di una tipica automobile raramente supera il 35%.<sup>11</sup>

Praticamente tutti i motori elettrici con una potenza di uscita equivalente raggiungono un'efficienza superiore al 90%.

I motori a induzione moderni offrono livelli di efficienza altissimi. L'efficienza del motore viene misurata in base a una scala pubblicata dalla IEC, la Commissione Elettrotecnica Internazionale. I motori di categoria IE1 e IE2 sono relativamente inefficienti. Un motore a induzione in c.a. da 200 kW conforme allo standard IE3 raggiunge un'efficienza del 96% circa. Alcuni motori fra i più recenti raggiungono lo standard IE4, che indica dispersioni di energia inferiori di circa il 15% rispetto ai motori IE3, mentre i recentissimi motori IE5 con efficienza "ultra-premium" offrono il massimo livello di efficienza fra tutti i motori attualmente in commercio.

**Le norme International Efficiency (IE) certificano l'efficienza energetica dei motori AC in bassa tensione. I codici IE servono da riferimento per i governi che specificano i livelli di efficienza per i propri standard minimi di prestazione energetica (MEPS).**

1

—  
IE1  
Efficienza  
standard

2

—  
IE2  
Efficienza  
alta

3

—  
IE3  
Efficienza  
Premium

4

—  
IE4  
Efficienza  
Super Premium

5

—  
IE5\*  
Efficienza  
Ultra Premium

—●—●—●—●—●—  
Cinque livelli di efficienza dei motori

\*La classe IE5 non è ancora prevista dalla normativa, ma alcuni costruttori hanno già sviluppato motori che saranno conformi a questa categoria.



Troppi motori attualmente in uso non rispettano queste normative e si basano su vecchi progetti IE1 o IE2. Un altro problema nasce dal fatto che molti di questi motori sono sovradimensionati rispetto all'utilizzo. Spesso generano molta più potenza di quella richiesta, con spreco di energia. Si possono ottenere notevoli guadagni di efficienza semplicemente sviluppando motori correttamente dimensionati per l'applicazione in questione.

Oltre ai motori a induzione, un'alternativa ulteriore è rappresentata da alcuni motori ad alta efficienza di nuova concezione. Fra questi c'è il motore sincrono a riluttanza, che unisce le prestazioni di un motore a magneti permanenti con la semplicità di utilizzo e manutenzione di un motore a induzione. Diversamente dai motori a magneti permanenti, i motori sincroni a riluttanza non richiedono l'uso di componenti che contengono terre rare. La coppia di riluttanza massima viene generata grazie a una concezione semplice ma robusta del rotore.

Oggi questi motori innovativi sono sia pratici sia notevolmente efficienti, in grado di raggiungere l'obiettivo di efficienza IE5 introdotto per la prima volta nel 2016.<sup>12</sup> Secondo le stime, se l'80% dei motori attualmente installati venisse rimpiazzato con motori con efficienza Ultra-Premium IE5, si risparmierebbero 160 terawattora di energia all'anno, più dell'intero fabbisogno energetico annuale della Polonia.<sup>13</sup> <sup>14</sup>

Mentre il mondo cerca di aumentare l'efficienza energetica in generale, stanno emergendo nuove applicazioni che richiedono motori efficienti.

Questo vale certamente per qualsiasi applicazione nella quale il motore viene alimentato da batterie. Un'auto elettrica, ad esempio, non può permettersi il lusso di sprecare corrente proveniente dalla rete elettrica, ma deve essere progettata accuratamente per ridurre al minimo i consumi, massimizzando l'autonomia e la potenza a disposizione del guidatore. Queste esigenze stanno generando un flusso costante di innovazioni tecnologiche associate all'aumento delle vendite di veicoli elettrici a livello mondiale, un trend che si prevede continuerà a lungo.

Tecnologia di trazione allo stato dell'arte, sistemi di stoccaggio dell'energia e trasmissioni elettriche consentono di realizzare una gamma sempre più ampia di soluzioni di trasporto a zero emissioni negli ambiti di treni, autobus, mezzi pesanti e imbarcazioni. Cominciano anche ad apparire barche a zero emissioni e navi ibride sulle rotte marittime in tutto il mondo. Le innovazioni nella progettazione dei motori hanno un ruolo importante nel favorire una rapida diffusione di tutte le forme di mobilità elettrica.

# Il ruolo sottovalutato degli azionamenti a velocità variabile

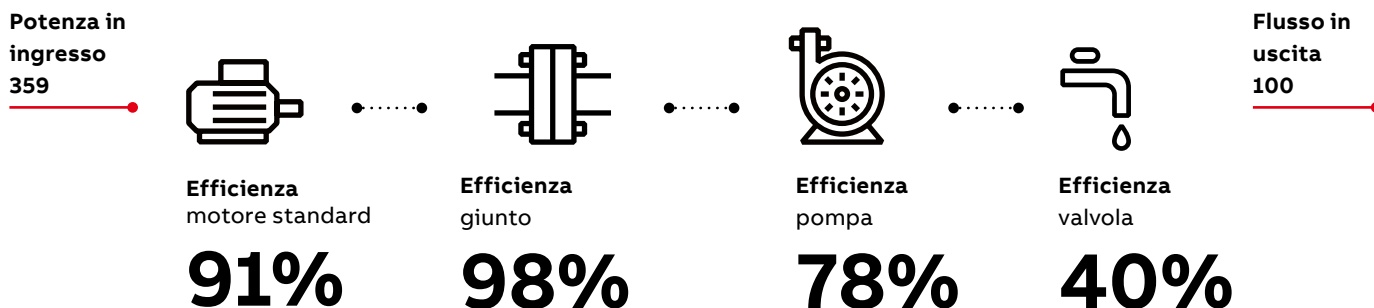
Installando un motore di nuova generazione si possono ottenere grandi benefici in termini di efficienza, ma risparmi ancora maggiori si possono avere combinando un motore ad alta efficienza con un azionamento a velocità variabile.

Un azionamento a velocità variabile, o drive, consente di controllare un motore elettrico in modo da ottimizzarne l'esercizio. Questo risultato viene ottenuto regolando la velocità e la coppia del motore in base al fabbisogno di carico del sistema. Con un drive idoneo, il motore elettrico girerà esattamente alla velocità richiesta dal carico sottostante, con un notevole risparmio di potenza.

Gli azionamenti controllano la velocità di un motore AC variando la frequenza e la tensione della potenza che alimenta il motore stesso. I primi azionamenti, sviluppati all'inizio del XX secolo, funzionavano con principi meccanici.

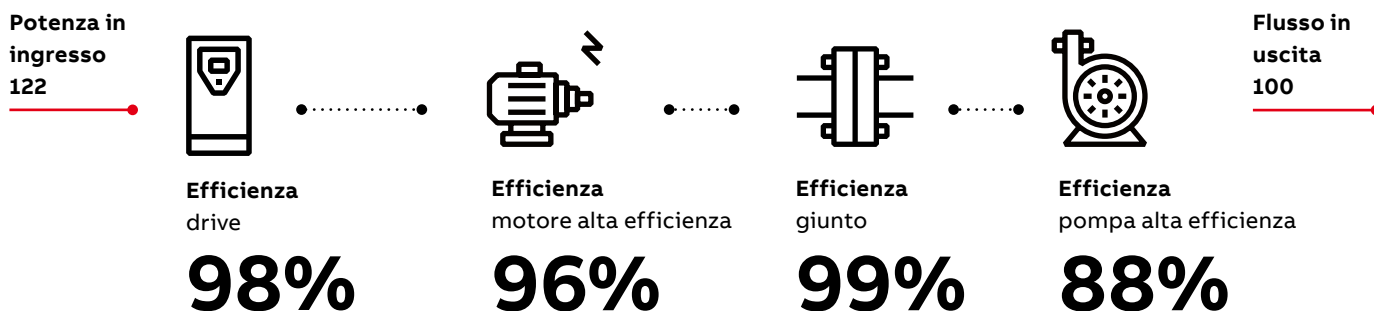
## Sistema di pompaggio convenzionale

Efficienza del sistema = 28%



## Sistema di pompaggio ad alta efficienza energetica

Efficienza del sistema = 82%





Grazie ai progressi dell'elettronica a stato solido negli ultimi decenni, gli azionamenti sono diventati molto più sofisticati e meno costosi.

Nonostante questi sviluppi, sono stati però utilizzati finora in modo limitato. Secondo le stime, il 23% dei motori industriali installati in tutto il mondo è abbinato a un drive.<sup>15</sup> Si prevede che questa percentuale aumenterà al 26% nei prossimi cinque anni, ma si potrebbero ottenere ulteriori risparmi significativi a fronte di un tasso di adozione maggiore. Gli esperti di settore suggeriscono che circa il 50% dei motori industriali beneficerebbe dall'accoppiamento con un azionamento.<sup>16</sup>

Se non sono controllati da un drive, molti motori girano alla massima velocità anche quando i requisiti di carico sono minimi.

Ad esempio, per regolare la potenza meccanica generata dal motore di una pompa, si usa la tecnica dello "strozzamento" (throttling), che equivale a ridurre la velocità di un'auto premendo il pedale del freno senza togliere il piede dall'acceleratore.

Questo provoca naturalmente un notevole spreco di energia.

—

Abbinando un azionamento a velocità variabile al motore di una pompa, di un ventilatore o di un compressore, il consumo energetico viene ridotto tipicamente del 25%.<sup>17</sup>

## L'impatto di digitalizzazione e connettività

Un'altra evoluzione tecnologica destinata a migliorare l'efficienza dei motori elettrici è quella guidata dalla digitalizzazione e dalla connettività, la cosiddetta IIoT, "Industrial Internet of Things". Equipaggiando i motori esistenti con sensori connessi in modalità wireless, diventa possibile monitorare le prestazioni in modo trasparente e da remoto. In un impianto industriale complesso o nell'impianto di climatizzazione di un grande edificio, i dati così raccolti consentono di ottimizzare i processi e ottenere guadagni di efficienza e risparmi energetici significativi.

Se i motori monitorati sono controllati da drive, diventano a tutti gli effetti motori intelligenti, poiché possono essere regolati a distanza o persino automaticamente, ottimizzando ulteriormente le prestazioni, l'efficienza del sistema e il risparmio energetico. I dati forniti dai sensori possono essere analizzati insieme ad altri dati di controllo e utilizzati da un sistema di controllo centrale come base per la gestione in tempo reale dell'intero impianto.

## Potenziali benefici e sviluppi futuri

Secondo alcune stime, se tutti gli oltre 300 milioni di sistemi industriali guidati da motori elettrici attualmente in funzione venissero rimpiazzati con apparecchiature ottimizzate ad alta efficienza, il consumo mondiale di elettricità potrebbe essere ridotto del 10 per cento.<sup>18</sup>

I benefici potenziali di questo ammodernamento sono quindi enormi.<sup>19</sup> Restano però problemi concreti da risolvere per raggiungere questo obiettivo.

Le politiche di regolamentazione sono fra i principali strumenti per sostenere gli investimenti industriali in efficienza energetica in tutto il mondo. Questo vale soprattutto per le regole adottate dai grandi produttori industriali come Cina, Europa, India e Stati Uniti. Regole e incentivi ben congegnati possono svolgere un ruolo decisivo nel favorire l'adozione di motori ad alta efficienza.

Un'altra valutazione riguarda il periodo di recupero dell'investimento, perché le risorse stanziare per l'efficientamento energetico devono competere con la potenziale redditività di altri investimenti.<sup>20</sup>

Un investimento in motori e azionamenti è in molti casi interessante per la facilità di installazione, che solitamente non richiede altre modifiche all'impianto industriale esistente. Il tempo di recupero dell'investimento dipende però in larga misura dai prezzi dell'energia. Nei periodi di prezzi alti, è prevedibile che vi saranno maggiori investimenti in apparecchiature più efficienti. Attualmente, gli incentivi finanziari frenano invece l'adozione.

Resta tuttavia il fatto che l'adozione di un maggior numero di azionamenti e dei motori elettrici di ultima generazione rappresenta una grandissima opportunità per un mondo che punta a una maggiore efficienza energetica.

I benefici ottenibili in generale con l'efficientamento energetico contribuirebbero molto probabilmente per oltre il 40% agli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra fissati entro il 2040 per raggiungere gli obiettivi di tutela del clima definiti dall'Accordo di Parigi.<sup>21</sup>



---

# Casi di successo recenti e relativo impatto

Non mancano esempi di come i motori ad alta efficienza stiano già producendo benefici economici e ambientali in tutto il mondo. Ne citeremo solo alcuni.

## Asia

Nel 2018, il National Motor Replacement Program (NMRP) lanciato dall'India ha promosso studi pilota su 36 motori nelle città di Ahmedabad, Surat, Jamnagar e Mumbai. Sostituendo motori a efficienza standard con motori Premium IE3 in compressori, pompe, ventilatori e soffianti utilizzati nelle industrie di ottone, tessili, prodotti chimici e autoveicoli, sono stati accertati risparmi di energia in tutti gli impianti pilota. Il programma NMRP ha quindi valutato l'effetto potenziale dell'aggiornamento di 5.000 motori con efficienza standard presso grandi aziende e PMI in tutto il Paese. È stato calcolato che l'intervento avrebbe portato a un risparmio energetico annuale di 9.150 MWh, una riduzione dei costi annuali pari a \$902.112 e un taglio delle emissioni di CO<sub>2</sub> su base annua di 8.050 tonnellate. NRMP stima che, coinvolgendo tutto il mercato nazionale, il risparmio energetico arriverebbe a circa 22 milioni di MWh e la riduzione di emissioni a 18,3 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno.<sup>22</sup>

## Europa

Lo zuccherificio della società Nordzucker AG di Uelzen, in Germania, utilizza drive industriali rigenerativi di ABB per azionare le centrifughe con livelli di efficienza senza precedenti. Le centrifughe svolgono un ruolo chiave nella lavorazione dello zucchero, separando i cristalli di saccarosio dallo sciroppo coloso. I motori che azionano le centrifughe devono raggiungere la piena coppia e massima velocità mantenendola per 15-20 secondi, per poi rallentare la centrifuga nel minor tempo possibile. I drive consentono di regolare i motori come necessario, evitandone il surriscaldamento. Inoltre, la loro capacità rigenerativa consente di riversare l'energia di frenata dei motori nella rete. Rispetto ad altri metodi di frenatura, questi drive garantiscono un risparmio energetico notevolmente superiore.<sup>23</sup>

## Americhe

L'Enercare Centre presso l'Exhibition Place di Toronto è il nono centro convegni più grande del Nord America, con una superficie di quasi centomila metri quadrati. La struttura ha la certificazione LEED Platinum ed è concepita per una gestione eco-efficiente. Ma, con le sue dimensioni gigantesche, l'edificio ha un impianto di climatizzazione che consuma oltre 380.000 kWh all'anno per alimentare le pompe di circolazione dell'acqua presenti negli impianti di riscaldamento e raffreddamento della struttura. Nel 2018, 11 grandi pompe sono state dotate di moderni drive HVAC. L'intervento ha prodotto risultati immediati, riducendo il consumo energetico delle pompe del 38%.<sup>24</sup>



# L'impatto globale dei motori e drive ad alta efficienza di ABB

Come fornitore primario di motori e azionamenti in bassa e media tensione, ABB valuta periodicamente l'impatto netto delle proprie apparecchiature sull'efficienza energetica globale. Nel 2020 il parco installato di motori e azionamenti ad alta efficienza di ABB ha consentito un risparmio di elettricità pari a 198 terawattora (tre volte il fabbisogno annuo totale della Svizzera).<sup>25</sup> Entro il 2023 si stima che l'ampliamento del parco installato di motori e azionamenti di ABB consentirà ai clienti di risparmiare ulteriori 78 terawattora di elettricità all'anno, poco più del consumo annuo totale del Cile.

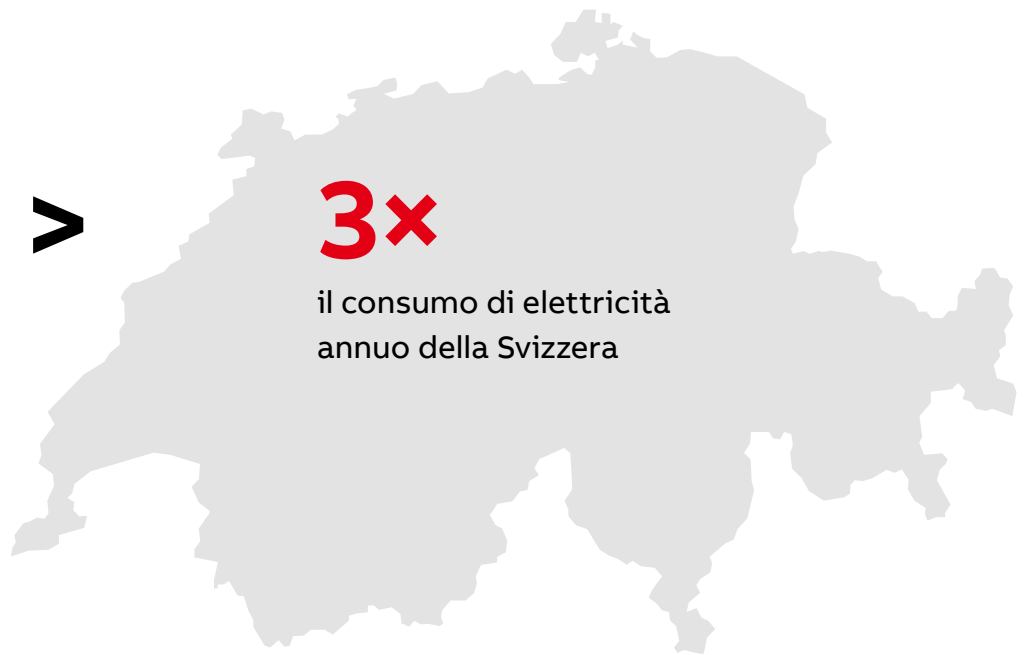
Come gruppo, ABB è impegnata ad aiutare i clienti a ridurre le emissioni annuali di CO<sub>2</sub> di ulteriori 100 megatonnellate dal 2021 al 2030.<sup>26</sup> Oltre a motori e azionamenti, l'azienda punta su connettività digitale e intelligenza artificiale per aumentare l'efficienza e le prestazioni di un'ampia gamma di tecnologie, dai macchinari ai robot, oltre che in siti produttivi, navi e miniere. Queste soluzioni connesse prolungano inoltre la vita utile delle apparecchiature, contribuendo alla conservazione di risorse. ABB vuole anche dare il buon esempio, raggiungendo la neutralità del carbonio nelle sue stesse attività operative. Per farlo, ABB continuerà il processo di transizione alle fonti di energia rinnovabili, migliorando l'efficienza energetica delle proprie fabbriche e sedi e convertendo la propria flotta di veicoli a mezzi elettrici o altre tecnologie a zero emissioni.

**198** TWh  
di risparmio di

>

**3x**

il consumo di elettricità  
annuo della Svizzera



# Conclusioni

La tecnologia di cui il mondo ha bisogno per aumentare sensibilmente l'efficienza energetica è disponibile. In gran parte è già consolidata e testata da tempo, come nel caso di motori e azionamenti ad alta efficienza. Accelerando l'adozione di queste tecnologie già disponibili (in industrie, città e trasporti), si otterrebbero rilevanti risparmi energetici in tutto il mondo. Basterebbe questo per portare motori e azionamenti ad alta efficienza all'attenzione della comunità di investitori, che sempre più valuta la sostenibilità come criterio decisivo per ogni investimento.

Promuovendo la loro adozione con incentivi fiscali, investimenti pubblici e regole di sistema, i governi possono stimolare gli investimenti e la ricerca da parte dei privati e avvicinare il pianeta agli obiettivi climatici fissati dall'Accordo di Parigi.

I vantaggi di una maggiore efficienza energetica vanno ben oltre la lotta ai cambiamenti climatici. Contribuiscono in larga misura alla tutela dell'ambiente, alla pulizia dell'aria e dell'acqua, alla tutela della salute pubblica, all'indipendenza energetica e al rafforzamento della crescita e dello sviluppo economico. Dall'inizio dell'era industriale, i miglioramenti nell'efficienza produttiva hanno sempre portato direttamente a periodi di espansione economica. Con i progressi tecnologici più recenti, stiamo entrando in una fase in cui la maggiore efficienza contribuisce sia alla crescita economica, sia alla protezione dell'ambiente. Accelerare l'adozione di queste soluzioni è semplicemente una misura di buon senso.

Le problematiche da affrontare sono rilevanti, ma non insormontabili. Con investimenti adeguati e leggi appropriate, dovrebbe essere possibile nei prossimi decenni fare importanti passi avanti verso gli obiettivi climatici dell'Accordo di Parigi e gli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'ONU. Di fronte all'impatto crescente di tecnologie obsolete sull'ambiente e sull'economia, è evidente quali e quanti siano i benefici derivanti dall'introduzione di nuove e migliori modalità di produzione delle merci e di gestione degli edifici e delle reti di trasporto. Prima realizziamo questa svolta, maggiori saranno i benefici per tutti.

(1) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, "World Population Prospects 2019: Highlights," [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf).

(2) Guillemette, Y. and D. Turner (2018), "The Long View: Scenarios for the World Economy to 2060," OECD Economic Policy Papers, No. 22, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b4f4e03e-en>.

(3) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, "World Urbanization Prospects 2018: Highlights," <https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>.

(4) IEA, "Tracking industry 2020," <https://www.iea.org/reports/tracking-industry-2020>

(5) UN Environment Programme, Global Alliance for Buildings and Construction, "Why buildings?," 2019 (2018 IEA data), <http://globalabc.org/media-global-advocacy/why-buildings-our-key-messages>.

(6) Fong, J.; F. Ferreira; A. M. Silva; and A. T. De Almeida, "IEC61800-9 System Standards as a Tool to Boost the Efficiency of Electric Motor Driven Systems Worldwide," *Inventions*, 2020, 5, 20, <https://www.mdpi.com/2411-5134/5/2/20/htm>.

(7) Waide, P. and C.U. Brunner, "Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems," International Energy Agency working paper, Paris, 2011.

(8) *Ibid.*, p. 35.

(9) Stoffel, B., "The role of pumps for energy consumption and energy saving," 2015, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/electric-energy-consumption>.

(10) Omdia, "Motor-driven Equipment Research Package," 2020

(11) Christian Bach, "Record efficiency for a gas engine," *Phys.org*, <https://phys.org/news/2019-06-efficiency-gas.html>.

(12) IEC TS 60034-30-2:2016, "Rotating electrical machines - Part 30-2: Efficiency classes of variable speed AC motors," International Electrotechnical Commission, Geneva, 2016, [https://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec60034-30-2%7Bed1.0%7Den.pdf](https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60034-30-2%7Bed1.0%7Den.pdf).

(13) Based on an assumption of 300 million industrial motors currently in service worldwide. Global sales from 2016 to 2020 amounted to roughly 200 million motors. Omdia, "Low Voltage Motors Intelligence Service," 2020.

(14) U.S. Energy Information Administration, international data: electricity, 2019, Poland, <https://www.eia.gov/international/data/world/electricity/electricity-consumption>.

(15) Omdia, "Low Voltage Motors Intelligence Service," 2020.

(16) IEA, "Energy efficiency roadmap for electric motors and motor systems," 2015, p. 12.

(17) For an example of the calculations involved, see "Program Insights: Variable frequency drives," Consortium for Energy Efficiency, 2019, <https://www.cee1.org/content/variable-frequency-drives>.

(18) Waide, P. and C.U. Brunner, *op. cit.*, pp. 13, 17, 118. Absent additional regulations or incentives, and based on ordinary rates of replacement, it is expected that upgrading to high-efficiency equipment could occupy from 10 to 20 years.

(19) United4Efficiency, "Accelerating the Global Adoption of energy-efficient electric motors and motor systems," UN Environment Programme, <https://united4efficiency.org/wp-content/uploads/2017/11/Motors-Policy-Brief.pdf>.

(20) "Energy Efficiency 2020," International Energy Agency, Paris, 2020, <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>.

(21) *Ibid.*

(22) "National Motor Replacement Program Vision Document," Energy Efficiency Services Limited, 2019, [https://copperindia.org/wp-content/uploads/2020/03/Vision-Documents\\_NMRP.pdf](https://copperindia.org/wp-content/uploads/2020/03/Vision-Documents_NMRP.pdf)

(23) "A sugar-sweet start," ABB, 2017, <https://new.abb.com/drives/media/a-sugar-sweet-start>.

(24) U.S. Energy Information Administration, international data: electricity, 2019, Switzerland, <https://www.eia.gov/international/data/world/electricity/electricity-consumption>.

(25) "We enable a low-carbon society," ABB, 2022, <https://global.abb/group/en/sustainability/we-enable-a-low-carbon-society>.

(26) "Convention center exhibits major pump energy savings," Danfoss case studies, 2019, <https://www.danfoss.com/en-us/service-and-support/case-studies/dds/convention-center-exhibits-major-pump-energy-savings/>



—

**ABB Motion**

P.O. Box 1  
FI-00232  
Helsinki, Finland