



**zenon**  
by COPA-DATA



# Simply the BESS

Il ruolo della tecnologia software  
nell'integrazione dei BESS.

[www.copadata.com](http://www.copadata.com)  
[energy@copadata.com](mailto:energy@copadata.com)

## **Abstract**

Questo white paper spiega come i Battery Energy Storage Systems (BESS) o, in italiano, Sistemi di Accumulo di Energia a Batteria possono aiutare gli stakeholders nell'affrontare un ecosistema di rete dinamico.

Spiega come il software può migliorare la gestione dei BESS per le utility. Ne esamineremo le parti fondamentali, analizzeremo gli standard le norme e i regolamenti esistenti, vedremo esempi reali e casi d'uso in cui è stata impiegata la piattaforma software zenon.

## **Informazioni sul documento**

Questo documento parla dei Sistemi di Stoccaggio dell'Energia a Batteria (BESS) ed evidenzia il modo in cui questa tecnologia può essere migliorata con l'integrazione di soluzioni software per l'automazione. Descrive inoltre i soggetti chiave in grado di realizzare la sostenibilità attraverso la gestione della domanda e della distribuzione dell'energia.

La nostra ricerca ci ha portato a concludere che le informazioni qui fornite sono orientate ai settori ad alta intensità energetica, inclusi quelli ibridi per la generazione di energia.

Tuttavia, l'applicabilità dei sistemi BESS si estende anche ad altri settori quali infrastrutture, raffinazione, utility, prodotti alimentari e bevande, siderurgia, chimico-farmaceutico, dei metalli e dell'estrazione mineraria e infine cartario.

Il presente white paper non fa alcuna ipotesi sulle competenze o l'esperienza del lettore. Di conseguenza, alla fine del documento viene fornita una lista di riferimenti bibliografici consultabili per approfondire l'argomento.

## Indice dei contenuti

SIMPLY THE BESS .....	0
IL RUOLO DELLA TECNOLOGIA SOFTWARE NELL'INTEGRAZIONE DEI BESS. ....	0
SIMPLY THE BESS .....	0
IL RUOLO DELLA TECNOLOGIA SOFTWARE NELL'INTEGRAZIONE DEI BESS. ....	0
ABSTRACT .....	1
INFORMAZIONI SUL DOCUMENTO .....	1
1. COME VIENE USATO LO STOCCAGGIO DELL'ENERGIA? .....	4
2. COS'È UN SISTEMA DI STOCCAGGIO DELL'ENERGIA A BATTERIA (BESS)? .....	7
3. I FATTORI CHIAVE PER L'INVESTIMENTO NEI BESS .....	10
3.1. L'integrazione delle fonti di energia rinnovabili.....	10
3.2. KOMIPO, Corea.....	11
3.3. Smart grid .....	13
3.4. RTE, Francia .....	14
3.5. Creazione di soluzioni resilienti per gli utenti finali e gestione di strutture di generazione e domanda in continuo cambiamento.....	15
3.6. Camera dell'Artigianato di Potsdam, Germania .....	15
4. CHI PUÒ TRARRE VANTAGGIO DALL'UTILIZZO DEI BESS? .....	17
4.1. Produzione di energia.....	19
4.2. Compravendita di energia .....	19
4.3. Trasmissione e distribuzione dell'energia .....	20

- 4.4. Vendita e marketing dell'energia ..... 20
- 4.5. Consumatori di energia ..... 20
- 4.6. Altri stakeholder ..... 21
  
- 5. QUALI SONO LE BEST PRACTICE CHE POSSIAMO DEFINIRE PER IL FUNZIONAMENTO DEI BESS? ..... 22
  - 5.1. I componenti dei BESS ..... 22
  - 5.2. Tipi di batterie ..... 23
  - 5.3. Specifiche della batteria ..... 24
  - 5.4. Il ruolo del software ..... 24
  - 5.5. Automazione e comunicazione ..... 26
  - 5.6. Uno standard per la valutazione delle prestazioni BESS: il protocollo SNL/PNNL ..... 28
  - 5.7. Altri standard e protocolli per i BESS ..... 29
  
- 6. CONCLUSIONE ..... 37
  
- 7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI ..... 38

## 1. Come viene usato lo stoccaggio dell'energia?

Per comprendere come può essere usato un sistema di stoccaggio dell'energia a batteria (BESS), occorre conoscere i fondamenti della tecnologia dei sistemi di stoccaggio dell'energia (ESS).

La possibilità di fornire **applicazioni** indipendentemente dalla posizione è uno dei numerosi servizi che un ESS può offrire a una rete di energia elettrica. Tali applicazioni implicano principalmente servizi quali: la partecipazione al mercato dell'energia elettrica, servizi secondari o bilanciamento dell'energia.

Tra queste attività rientrano:

- arbitraggio energetico,
- adeguatezza del sistema energetico,
- bilanciamento della rete elettrica,
- responsabilità del bilanciamento,
- servizi di bilanciamento tra richiesta e produzione,
- ramping flessibile e
- fornitura di inerzia virtuale.

A **livello di rete**, le applicazioni forniscono servizi che sono specifici per la posizione geografica di un collegamento alla rete dei sistemi di stoccaggio dell'energia. Questi ultimi, possono essere collegati o alle reti di trasmissione o alle reti di distribuzione.

Questo tipo di applicazione può:

- gestire congestioni del sistema di trasmissione,
- posticipare investimenti nell'infrastruttura di rete,
- contribuire a rispettare i criteri di stabilità del sistema,
- compensare la tensione e la potenza reattiva,
- gestire i "black start" e
- ridurre le perdite di rete.





L'obiettivo delle **applicazioni per l'utente finale** è quello di aiutare vari settori economici, tra cui centrali elettriche convenzionali e fonti di energia rinnovabili. Lo scopo principale è riuscire a ottenere alcuni vantaggi, come ad esempio la riduzione dei costi o un miglioramento della qualità e dell'affidabilità della fornitura elettrica.

Questi servizi includono:

- monitoraggio del consumo energetico e della produzione,
- livellamento delle punte di carico e spostamento dei carichi,
- arbitraggio della vendita al dettaglio,
- qualità della tensione,
- alimentazione di backup e
- monitoraggio del consumo energetico e della produzione

L'industria utilizza alcune soluzioni software per gestire questo tipo di requisiti. Una di queste è zenon Software Platform di COPA-DATA.

La seguente tabella fornisce una panoramica delle varie tecnologie di stoccaggio dell'energia impiegabili in applicazioni di produzione dell'energia: (1)

 <b>APPLICAZIONI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Regulation</li><li>▶ Renewable Energy Smoothing</li></ul>	 <b>LE TRE SCELTE PRINCIPALI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Flywheel</li><li>▶ Lithium Ion (P) Battery</li><li>▶ NaS Battery</li></ul>
 <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Renewable Capacity Firming</li><li>▶ Load Following</li><li>▶ Energy Time Shift</li><li>▶ Service Reliability (Utility Backup)</li><li>▶ Supply Capacity</li><li>▶ Renewable Energy Time Shift</li><li>▶ Supply Spinning Reserve</li><li>▶ Black Start</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Pumped Hydro</li><li>▶ Compressed Air (cavern)</li><li>▶ NaS Battery</li></ul>

La seguente tabella fornisce una panoramica delle varie tecnologie di stoccaggio dell'energia impiegabili in applicazioni di trasmissione: (1)

 <b>APPLICAZIONI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Transmission Upgrade Deferral</li><li>▶ Transmission Congestion Relief</li></ul>	 <b>LE TRE SCELTE PRINCIPALI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▶ NaS Battery</li><li>▶ NaNiCl Battery</li><li>▶ Hybrid Lead Acid Battery and Super-Capacitor</li></ul>
 <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Transmission Support</li><li>▶ Voltage Support</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Flywheel</li><li>▶ Lithium Ion (P) Battery</li><li>▶ NaS Battery</li></ul>

La seguente tabella fornisce una panoramica delle varie tecnologie di stoccaggio dell'energia impiegabili in applicazioni di distribuzione: (1)

 <b>APPLICAZIONI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Distribution Upgrade Deferral</li></ul>	 <b>LE TRE SCELTE PRINCIPALI</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Hybrid Lead Acid Battery and Super-capacitor</li><li>▶ NaNiCl Battery</li><li>▶ Lithium Ion (E) Battery</li></ul>
 <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Power Quality Utility</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Lithium Ion (P) Battery</li><li>▶ NaNiCl Battery</li><li>▶ Valve Regulated Lead Acid Battery</li></ul>

La seguente tabella fornisce una panoramica delle varie tecnologie di stoccaggio dell'energia impiegabili in applicazioni per gli utenti: (1)

 <b>APPLICAZIONI</b>	 <b>LE TRE SCELTE PRINCIPALI</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Service Reliability (Customer Back Backup)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Valve Regulated Lead Acid Battery</li><li>▶ Advanced Lead Acid Battery</li><li>▶ Lithium Ion (E) Battery</li></ul>
 <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Retail TOU Energy Charges</li><li>▶ Retail Demand Charges</li><li>▶ Power Quality (customer)</li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Thermal Storage (Hot)</li><li>▶ Valve Regulated Lead Acid Battery</li><li>▶ Lithium Ion (E) Battery</li><li>▶ Valve Regulated Lead Acid Battery</li><li>▶ Advanced Lead Acid Battery</li><li>▶ Lithium Ion (P) Battery</li></ul>

## 2. Cos'è un sistema di stoccaggio dell'energia a batteria (BESS)?

Una produzione di energia resiliente ed efficace è essenziale per il funzionamento delle società moderne e costituisce un pilastro fondamentale per la crescita su piano internazionale, nazionale e aziendale. Lo stoccaggio sicuro è una parte importante di questo processo.

Oggi giorno, il settore energetico si trova a fronteggiare alcune delicate sfide. Per questa ragione, strutture di stoccaggio sicure ricoprono un ruolo ancora più importante.

La necessità del passaggio a risorse energetiche a basso tenore di carbonio sta spingendo i fornitori elettrici su scala industriale a riconsiderare le infrastrutture della rete che gestiscono. Le recenti tensioni geo-politiche hanno peggiorato le cose sul fronte dell'approvvigionamento sicuro e affidabile di energia, sia per gli operatori di rete che per le aziende che dipendono da questi ultimi.

I sistemi di stoccaggio dell'energia offrono una soluzione per riuscire a rispondere ad alcune di queste sfide.



Nell'ambito più ampio dello stoccaggio energetico, che su scala industriale include soluzioni basate su tecnologia idroelettrica, ad aria compressa e termica, i Battery Energy Storage Systems (BESS) costituiscono una soluzione efficiente in termini di costo e relativamente semplice nella implementazione.

I BESS sono sistemi basati su batterie, ovvero un dispositivo elettrochimico che carica energia (o raccoglie) dalla rete o da una centrale elettrica, e che successivamente scarica l'energia accumulata per fornire elettricità o altri servizi di rete secondo necessità.

Vari tipi di batterie, tra cui quelle agli ioni di litio, al piombo-acido, di flusso redox e ai sali fusi (con sostanze chimiche basate sul sodio), sono utilizzabili su vasta scala o sono a tutt'oggi oggetto di studi e ricerche per una futura applicazione su vasta scala (4).

Oltre ai moduli batteria, tra i tipici componenti di un BESS troviamo una scatola di stoccaggio con un sistema di gestione termica, un sistema di conversione dell'energia, un sistema di gestione della batteria e un sistema di gestione dell'energia.

Software di automazione, controllo e monitoraggio continuano a fare davvero la differenza nel modo in cui paesi, mercati, industrie e istituzioni avanzano verso funzionalità all'avanguardia.

Sebbene siano stati condotti numerosi studi relativi ai BESS per ovviare alla problematica della congestione della trasmissione a livello industriale (5), l'integrazione della tecnologia software all'interno dell'ecosistema BESS rappresenta un interessante ambito di ricerca che ha il potenziale per influenzare un'ampia gamma di campi e settori.

In questo white paper, affronteremo le seguenti domande:

- Quali sono le opportunità di mercato per i BESS? Quali sono i fattori chiave per investire nei BESS?
- Chi può trarre vantaggio dall'utilizzo dei BESS? In che modo tali sistemi aiutano gli attori coinvolti ad affrontare le sfide in un ecosistema di rete dinamico? Perché le aziende ad alta intensità energetica dovrebbero dotarsi di BESS? Per quali altri settori e aziende sono adatti i BESS?
- Quali sono le best practice che possiamo identificare per il funzionamento dei BESS? Come si può rendere operativo un BESS al minor costo possibile? In che modo il software è d'aiuto? E quali sono gli standard, i protocolli e i regolamenti attualmente in vigore?



OBIETTIVO	DOMANDA	RISPOSTA
Scala del progetto	Qual è il sito più esteso dedicato allo stoccaggio dell'energia?	Il sito BESS di maggiore estensione è il Vistra Moss Landing Energy Storage Facility, in California, Stati Uniti. Ha una capacità di 400 MW/1600 MWh.
Efficienza BESS	Qual è il sistema di immagazzinamento a batteria più efficiente?	Il sistema di immagazzinamento a batteria più efficiente è il BESS basato su batterie al litio.
Stoccaggio dell'energia avanzato	Cos'è lo stoccaggio dell'energia avanzato?	Con il termine "stoccaggio dell'energia avanzato", ci si riferisce a una batteria tipicamente dotata di un Energy Management System intelligente che le consente di caricarsi e scaricarsi in base alla necessità. Quando si utilizza un caricabatteria rapido a corrente continua, nel quadro di una strategia di riduzione dei picchi di carico, solitamente è presente un sistema di stoccaggio dell'energia avanzato. Questo tipo di installazione è potenzialmente molto utile nella riduzione della quantità di energia proveniente dalla rete.
Migliore tecnologia per lo stoccaggio di energia	Qual è la migliore tecnologia di stoccaggio dell'energia?	Conoscere quali sono i problemi da affrontare e risolvere può essere d'aiuto nella scelta della migliore tecnologia di stoccaggio. I tipi di sistemi di stoccaggio più comuni sono i seguenti: termico, meccanico, con acqua per pompaggio e a idrogeno.
Sfide tecniche dello stoccaggio	Quali sono le sfide tecniche dello stoccaggio?	Non esistono metodi universalmente accettati per la fase di test e la messa in servizio. Le difficoltà sugli aspetti pratici della previsione, della misurazione e del controllo si presentano come ostacoli. All'inizio delle operazioni, ci sono anche casi in cui è più probabile che si verifichino incertezze nella misurazione dello stato di carica (SoC). Questi casi si possono trovare in punti diversi. Un altro dilemma è quello della scelta tra l'ottimizzazione del sistema di controllo e l'aumento della velocità di risposta. Anche se un fornitore può avere tra i suoi obiettivi la sostenibilità, il modo in cui gestisce le perdite di energia può costituire una sfida, soprattutto sotto l'aspetto della rete o delle batterie.

Cercheremo di fornire alcune risposte nei prossimi capitoli.

Ci auguriamo che al termine della lettura di questo white paper, il lettore avrà compreso chiaramente i numerosi vantaggi offerti dai BESS sotto il profilo della complessiva efficienza di rete.

### 3. I fattori chiave per l'investimento nei BESS

Nel mercato dei BESS, c'è un enorme potenziale di crescita. Tra il 2022 e il 2026, si prevede che il mercato dei BESS si sviluppi con un tasso di crescita annuale composto (CAGR) del 26,1%.

Ciò corrisponde a una previsione di espansione del mercato globale dei BESS da una prima stima di 4,7 miliardi di dollari statunitensi nel 2022, a una dimensione rivista di 12,9 miliardi di dollari statunitensi entro il 2026 (6).

La previsione di crescita per il mercato dei BESS si basa su alcune delle attuali condizioni del mercato:

- L'espansione del settore delle energie rinnovabili.
- Le iniziative di modernizzazione e la transizione alle tecnologie della "smart grid".
- La mutevole struttura della domanda sulla rete come parte della transizione energetica, per es. il passaggio all'energia elettrica per riscaldamento e veicoli.
- Le tensioni geo-politiche a livello globale che creano ulteriori pressioni sui grandi consumatori di energia elettrica affinché rendano le proprie forniture più resilienti.
- Il modello dell'alimentazione di rete in evoluzione, con confini sempre più sottili tra produttori e consumatori.

Prenderemo in considerazione ciascuno di questi fattori chiave, ma prima, rifletteremo sul ruolo dei sistemi di stoccaggio dell'energia in una rete ordinaria.

#### 3.1. L'integrazione delle fonti di energia rinnovabili

I BESS ricopriranno un importante ruolo nell'aiutare i paesi a soddisfare le proprie esigenze energetiche mentre guardano verso un futuro dell'energia più sicuro e sostenibile per il pianeta.

Con la tecnologia BESS, l'energia potrà essere immagazzinata a basso costo per sostenere i picchi di richieste, mentre la carica potrà beneficiare di uno "spot price" contenuto e di fonti di energia rinnovabili in eccedenza. Usando i BESS, un'azienda potrà collegarsi a una tecnologia molto più potente capace di adattarsi nel giro di pochi millisecondi alle esigenze variabili. In questo modo, è possibile una maggiore integrazione delle fonti energetiche intermittenti come l'eolica e la solare, che sono effettivamente ancora inaffidabili per via del periodico livellamento della produzione.

Un futuro più sostenibile sarà il risultato delle piccole decisioni individuali delle imprese. Sebbene molti paesi abbiano fatto progressi nell'integrazione delle fonti energetiche rinnovabili nelle proprie reti elettriche (7), la transizione da un sistema economico basato sui combustibili fossili rappresenta ancora un'enorme sfida.

La tecnologia a batterie rende più appetibile l'immagazzinamento e la distribuzione dell'energia rinnovabile, e contribuisce a livellare le strutture di produzione e domanda caratterizzate da elevata variabilità. Implementando i sistemi di stoccaggio dell'energia su batterie, governi (8), università (9) e aziende (10)(11) compiono un passo cruciale nel loro percorso verso la realizzazione di una visione condivisa per un futuro sostenibile sul piano dell'infrastruttura energetica mondiale.

Stando agli studi e all'esperienza pratica, i sistemi di alimentazione interconnessi sono in grado di integrare in modo sicuro e affidabile livelli elevati di energia da fonti rinnovabili intermittenti (VRE) senza l'aggiunta di nuove risorse per lo stoccaggio dell'energia. In passato, si credeva che ciò fosse impossibile, ma a questa scoperta si è giunti grazie all'integrazione di grossi quantitativi di energia rinnovabile. Non c'è una regola generale per determinare il volume dello stoccaggio su batterie necessario per immagazzinare grandi quantitativi di energia rinnovabile, saranno invece le specifiche del sistema di distribuzione a determinare quante batterie occorrono a livello di rete. (12)

Il ruolo dei BESS nel favorire la transizione all'energia pulita si riflette nell'enorme potenziale del loro mercato. Noi di COPA-DATA riconosciamo le potenzialità dei BESS di diventare un elemento rilevante delle smart grid, oltre a un pilastro fondamentale per un avvenire energetico sostenibile.

### 3.2. KOMIPO, Corea

**KOMIPO** è uno dei cinque fornitori di energia elettrica pubblici in Corea, nonché filiale di Korea Electric Power Corp. Nel 2015 ha avviato la costruzione di una nuova centrale eolica

da 21 MW con sette aerogeneratori sull'isola coreana di Jeju. Come avviene per tutti i progetti sulle rinnovabili, gli architetti coinvolti nella progettazione del nuovo parco eolico Jeju Sangmyeong erano consapevoli che le fluttuazioni dell'offerta, non sempre corrispondenti alle fluttuazioni della domanda, possono nascondere sfide per la pianificazione e la distribuzione di una fornitura elettrica affidabile.

Per risolvere la problematica, la nuova centrale eolica è stata progettata con un sistema di stoccaggio dell'energia (ESS) che presenta un sistema di controllo delle batterie (BMS) con tecnologia delle celle agli ioni di litio a elevate prestazioni sviluppata da LG Chem per favorire la stabilizzazione della fornitura nelle operazioni relative alle rinnovabili. Pertanto, l'ambito del progetto richiedeva un Electrical Equipment Control and Monitoring System (ECMS) sicuro e affidabile e un sistema di gestione dell'energia (PMS) in grado di visualizzare e controllare le apparecchiature elettriche e di collegarsi al sistema di stoccaggio dell'energia.

Al fine di garantire la sicurezza della fornitura, era cruciale che il nuovo sistema software fosse sufficientemente flessibile per soddisfare le esigenze di tutti i sottosistemi e fornire una ridondanza altamente affidabile tra il server primario dell'ECMS e del PMS, e il server secondario di dell'ECMS e del PMS. KOMIPO ha avviato un processo di selezione completo per identificare una soluzione in grado di soddisfare i requisiti delle utility.

L'integratore di sistemi scelto: NEOPIS. Un partner di COPA-DATA ha utilizzato zenon per implementare il sistema di gestione dell'energia (PMS). zenon mostra e controlla i quantitativi di energia immagazzinati nelle batterie e quelli trasferiti direttamente in rete. Il sistema è programmabile con regole che determinano i tempi di immagazzinamento dell'energia. Questa soluzione include costi relativi. Poiché l'energia di notte è meno costosa per via della minore richiesta, viene rivenduta quando può raggiungere il prezzo più alto. zenon fornisce la flessibilità necessaria per automatizzare o adattare manualmente tali processi nel PMS alle circostanze attuali.

Il Project Manager Jun Seon Lee spiega che immagazzinando l'energia in questo modo, l'azienda può massimizzare la generazione di ricavi. Egli afferma: "Siamo entusiasti del funzionamento del sistema e delle sue prestazioni. Con zenon, disponiamo di una singola soluzione per il controllo e il monitoraggio sia delle operazioni del parco eolico, sia delle operazioni di stoccaggio dell'energia, con una ridondanza integrata in grado di consentire lo svolgimento delle operazioni perfino in caso di un blackout del sistema". (13)

### 3.3. Smart grid

La creazione di una fornitura energetica più sostenibile non riguarda soltanto l'inserimento nella rete di nuove fonti di energia rinnovabile, sebbene importante, ma riguarda anche la riduzione al minimo degli sprechi e l'ottimizzazione delle operazioni esistenti.

La richiesta di sistemi d'accumulo a batteria è in crescita anche grazie a iniziative di modernizzazione della rete, come la transizione a tecnologie innovative come le smart grid (14). La trasformazione dei sistemi di rete in sistemi "smart" consente un maggior livello di sicurezza della fornitura (15)(16).

Il software dei BESS può essere utile nella visualizzazione dei dati, nell'analisi e nella creazione di una strategia ottimale. Oggi, i fornitori delle utility che operano nel settore energetico stanno pensando di ricorrere all'automazione di sottostazioni e alimentatori, oltre a sistemi di monitoraggio più intelligenti. Un tale avanzamento può comportare un buon numero di migliorie nelle reti di distribuzione energetica, principalmente per analizzare i dati operativi in modo da potenziare la rete e migliorarne la sicurezza. Tra le potenziali applicazioni rientrano la gestione facilitata delle risorse, nonché la pianificazione e la gestione degli investimenti di capitale. (17)

La rete elettrica moderna è un sistema a integrazione verticale suddiviso in tre parti: produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia. Ciascuna di queste è supportata da controlli e dispositivi diversi in grado di mantenere il sistema stabile, affidabile ed efficiente. I BESS su scala industriale contribuiscono a garantire un funzionamento regolare della rete rimediando a eventuali ritardi o interruzioni nei trasferimenti di energia programmati. Per effetto dei drastici cambiamenti che si verificheranno nelle industrie ad alta intensità energetica di domani, si prospetteranno opportunità di investire in nuove tecnologie che hanno il potenziale sia di aumentare la resilienza, sia di ridurre le emissioni di anidride carbonica.

Con installazioni permanenti e di grandi dimensioni, i sistemi BESS possono essere collegati alle reti elettriche preesistenti o utilizzati per generare nuove fonti di energia elettrica. I loro servizi includono la regolazione della frequenza della rete minuto per minuto e la creazione di funzioni di slittamento di tempo che permettano di acquistare e accumulare l'energia quando i prezzi sono bassi per poi utilizzarla quando i prezzi e la domanda sono elevati.

In questo modo, una società elettrica può ridurre il sovraccarico delle linee elettriche della rete. I BESS offrono un'alternativa alle altre soluzioni a questo problema che richiederebbero maggiori investimenti. Se potessimo risparmiare denaro senza dover

rinnovare o modernizzare l'intera rete elettrica, potremmo destinare il denaro all'acquisto di più BESS. Ciò apre la strada allo sviluppo di linee elettriche virtuali, una forma di tecnologia innovativa.

Le linee elettriche virtuali sono estremamente utili quando due BESS operano alle estremità opposte di una rete. Entrambi intervengono nella distribuzione, ma uno dal lato dell'offerta e l'altro dal lato della domanda. Così facendo, l'energia può essere introdotta nel sistema gradualmente.

### 3.4. RTE, Francia

Il [progetto RINGO](#) per RTE presenta una linea elettrica virtuale che comprende una rete di batterie BOLLORE.

Quando il progetto per l'energia solare RINGO di RTE è cominciato nel febbraio 2018, è stato definito una "linea elettrica virtuale". Grazie al progetto di stoccaggio dell'energia da 72 MWh, non era necessaria una nuova infrastruttura elettrica.

La capacità di stoccaggio era stata considerata esclusivamente per la trasmissione dell'energia, non per la produzione. L'installazione del primo dei tre sistemi di stoccaggio da 12 MW/24 MWh per il progetto del valore di 80 milioni di euro è avvenuta dopo due anni di progettazione. Nidec ha realizzato il sistema a batterie NMC (nichel-manganese-cobalto) installato da RTE a Vingeanne, Francia.

Saft e Schneider Electric hanno creato un sistema di stoccaggio a Bellac, Haute-Vienne, Francia. Engie, Blue e SCLÉ Inéo installeranno la stessa batteria a Ventavon, Hautes-Alpes. La messa in funzione del primo sistema era prevista entro maggio 2022. (18)

In aggiunta, il progetto prevede un comando di controllo elettrico costituito da elettronica di potenza e inverter. Sono stati installati un trasformatore HTA/BT e il suo trasformatore equivalente per la distribuzione. Varie tecnologie vengono gestite tramite software, e tra queste vi sono la sala di controllo, la soluzione HMI locale per il sistema di stoccaggio dell'energia su batterie e il monitoraggio dei sistemi ausiliari di contenitori, ma anche il controllo della ventilazione e la climatizzazione, nonché il collegamento tra la sala di controllo delle utility e l'impianto per l'immagazzinamento locale.



### **3.5. Creazione di soluzioni resilienti per gli utenti finali e gestione di strutture di generazione e domanda in continuo cambiamento**

Come hanno rivelato le nostre domande precedenti, sono molti i fattori che stanno cambiando il modo in cui i grandi consumatori di energia, ma anche altre aziende e organizzazioni, pensano al proprio approvvigionamento energetico e che rendono i sistemi di accumulo dell'energia su batterie un investimento interessante.

Tra questi vi sono:

- La mutevole struttura della domanda sulla rete come parte della transizione energetica, per es. il passaggio all'energia elettrica per riscaldamento e veicoli.
- Le tensioni geo-politiche a livello globale che creano ulteriori pressioni sui grandi consumatori di energia elettrica affinché rendano le proprie forniture più resilienti.
- Il modello dell'alimentazione di rete in evoluzione, con confini sempre più sottili tra produttori e consumatori.

Poiché stiamo entrando in un'epoca in cui probabilmente verranno applicate limitazioni alle forniture di energia, le aziende che implementano la tecnologia BESS hanno la capacità di eliminare i tempi di inattività stagionali, ridurre il rischio e mantenere l'operatività. I BESS sono una scommessa sicura per riuscire a soddisfare l'aumento della domanda oltre le possibilità di fornitura della rete, riducendo gli ostacoli della trasmissione e della distribuzione. Allo stesso tempo, possono prendere misure verso un futuro energetico più sostenibile. È una situazione vantaggiosa per tutti gli attori coinvolti.

Per le aziende che investono in infrastrutture energetiche in loco al fine di assicurare operazioni più resilienti, il software HMI/SCADA può essere utile nella gestione dei BESS semplificando l'impiego dei dati per prendere decisioni relative alla produzione di energia, alla trasmissione e alla distribuzione, all'affidabilità operativa, all'efficienza energetica e all'interrompibilità.

### **3.6. Camera dell'Artigianato di Potsdam, Germania**

La generazione di energia decentralizzata basata sulle fonti rinnovabili è stata a lungo oggetto di ricerca e sviluppo. Gli sforzi per mettere in pratica queste idee iniziano a raccogliere i primi frutti. Nello specifico, questa storia di successo presenta un partenariato tra due paesi e tra il settore educativo e quello tecnologico.



L'istruzione e la formazione di specialisti qualificati sono una componente chiave per la realizzazione di un futuro energetico sostenibile: chi creerà, installerà, farà manutenzione e collegherà tutti gli impianti necessari affinché la rivoluzione energetica abbia successo? Chi si occuperà di mantenere gli impianti funzionanti?

[La Camera dell'Artigianato di Potsdam \(HWK\)](#) ha fatto sua questa missione e, in risposta, nel 2013 ha lanciato un progetto presso il campus per l'istruzione e l'innovazione nell'artigianato di Groß Kreutz. In seguito, nell'aprile 2022 sono stati inaugurati un nuovo centro di competenza per lo stoccaggio dell'energia e una struttura per i sistemi di gestione energetica. Il principale obiettivo è quello di fornire agli artigiani qualifiche incentrate sulla pratica che copriranno tutti gli aspetti dell'implementazione di sistemi di energia sostenibile e decentralizzata, ma anche la loro installazione nell'industria, nel commercio e nelle applicazioni residenziali.

Di conseguenza, la produzione di energia del campus è stata suddivisa in due metà: una è scollegata dalla rete pubblica per poter operare in modo indipendente come rete insulare, mentre l'altra metà del campus continua ad essere collegata alla rete elettrica pubblica. Il campus vanta undici impianti fotovoltaici per un totale di 144 kW, una turbina eolica, alcune stazioni di ricarica e una serie di sistemi di accumulo residenziali in loco.

"Per riuscire a mettere in funzione gli impianti, avevamo bisogno di un grande sistema di stoccaggio a batterie da 640 kW e di un sistema di gestione dell'energia intelligente ", spiega Christian Leest, Technical Manager del campus per l'istruzione e l'innovazione nell'artigianato (BIH) presso la Camera dell'Artigianato di Potsdam. L'HWK di Potsdam era alla ricerca di un fornitore specializzato che fosse in grado di fornire, sviluppare e installare questi due componenti essenziali.

WEMAG, una utility con sede nella Germania nord-occidentale, e il suo partner SCADA-Automation sono state scelte per collaborare con HWK al progetto. Queste aziende hanno messo a disposizione dell'HWK la loro grande esperienza e le proprie competenze nel controllo dei sistemi di stoccaggio su grande scala, fornendole inoltre il software ideale per lo sviluppo di un sistema di controllo di processo innovativo: zenon di COPA-DATA. Le soluzioni implementate funzionano con il software di automazione industriale che ne garantisce la visualizzazione, la registrazione e il funzionamento. (19)

## 4. Chi può trarre vantaggio dall'utilizzo dei BESS?

Dopo aver passato in rassegna i fattori chiave per gli investimenti nei BESS, possiamo vedere che sono molti i segmenti industriali che potrebbero trarre vantaggio dall'uso dei BESS.

In genere, questi rientrano in cinque categorie principali o gruppi utenti:

- Produzione di energia
- Compravendita di energia
- Trasmissione e distribuzione dell'energia
- Vendita e marketing dell'energia
- Consumatori di energia



Prendiamoli in considerazione uno per volta.

## 4.1. Produzione di energia

Spazio per la generazione: produttori di energia (gestori di centrali elettriche e consumatori finali) e aggregatori virtuali delle centrali elettriche.

Negli ultimi anni, i sistemi di stoccaggio dell'energia a batteria sono diventati una componente sempre più importante nelle centrali elettriche, come risultato della crescente importanza della flessibilità del sistema e della rapida diminuzione dei costi della tecnologia delle batterie.

Gli investimenti nei sistemi di accumulo a batterie sono in aumento in tutti i settori della rete (trasmissione e distribuzione) e in tutti i segmenti di mercato (pubblico, industriale, commerciale e residenziale). Le installazioni di BESS a livello di trasmissione sono più comuni. La loro funzione primaria è quella di migliorare la stabilità della rete facilitando il rapido rilascio dell'energia in situazioni di emergenza. Le ditte che operano nella trasmissione e nella distribuzione fanno grande affidamento sulla stabilità della rete perché le loro infrastrutture funzionino senza interruzioni. Con l'aiuto delle batterie, queste possono mantenere la frequenza della rete, caricandosi se il carico è troppo alto e attingendo energia dalle batterie se il carico è troppo basso. Inoltre, un sistema a batterie può aiutare a ridurre le interruzioni della fornitura, ad esempio dopo un blackout.

I policy maker, le autorità di controllo e le utility stanno cercando sempre più di sviluppare politiche in grado di lanciare l'implementazione dei BESS dal momento che il prezzo dei BESS è in continuo calo e la domanda di flessibilità dei sistemi cresce per via del maggiore ricorso all'energia eolica e solare.

Grazie all'utilizzo dei BESS; i produttori indipendenti di energia (IPP), le società di utility e i fornitori di servizi di monitoraggio potrebbero fornire supporto per l'infrastruttura di rete. Gli IPP dispongono del potenziale per vendere a società commerciali che necessitano di una fornitura energetica. (26)

## 4.2. Compravendita di energia

Oltre agli stakeholder operativi e della produzione, è fondamentale includere nella catena degli utenti chiave gli stakeholder indiretti. Questi sono coinvolti principalmente nelle fasi di commercializzazione e vendita, ad es. trader dell'energia, operatori di mercato, mercati virtuali e aggregatori dello stoccaggio dell'energia.

### **4.3. Trasmissione e distribuzione dell'energia**

Tra gli stakeholder della trasmissione e della distribuzione dell'energia troviamo: operatori di rete (T&D); produttori delle apparecchiature di rete per trasmissione e distribuzione; fornitori di energia distribuita; proprietari e operatori di reti di risorse di energia distribuita; fornitori di soluzioni energetiche smart; fornitori di energia; società di servizi; operatori di rete; integratori dei sistemi di stoccaggio dell'energia; sviluppatori di progetti per l'accumulo dell'energia; sviluppatori di progetti incentrati sull'energia eolica; sviluppatori di progetti incentrati sull'energia solare; produttori indipendenti di energia; fornitori di tecnologia di trasmissione e distribuzione; aziende di progettazione, approvvigionamento e costruzione (EPC); agenzie di regolamentazione dell'energia; sviluppatori di sistemi di accumulo e solari; OEM dello stoccaggio dell'energia; OEM del solare fotovoltaico (PV).

### **4.4. Vendita e marketing dell'energia**

Gli stakeholder che operano nel settore vendite e marketing includono: vendita di materie prime, soluzioni energetiche e fornitori di servizi smart.





Alcune organizzazioni scelgono di noleggiare i BESS utilizzando un modello di prosumer invece di effettuare l'acquisto tramite un aggregatore.

### **4.5. Consumatori di energia**

I clienti che operano in industrie ad alto utilizzo energetico, utility e organizzazioni di pubblico servizio hanno la possibilità di ottenere i maggiori vantaggi dall'incorporazione dei BESS nelle loro operazioni aziendali.

Tuttavia, con il passaggio alla microgenerazione e la necessità di assicurarsi l'indipendenza energetica, il profilo delle organizzazioni che potrebbero beneficiare dai BESS è sempre più ampio e include moltissimi consumatori di energia a livello commerciale, industriale e istituzionale.

## 4.6. Altri stakeholder

	 ENTITÀ	 SFIDE	 DIFFICOLTÀ	 CARATTERISTICHE NECESSARIE DELLA SOLUZIONE
Segmento	Chi sono?	Cosa sono?	Cosa sono?	Cosa sono?
<b>Utility</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Gestori del sistema di trasmissione (TSO)</li> <li>▶ Gestori del sistema di distribuzione (DSO)</li> <li>▶ Utility regionale</li> <li>▶ Utility mista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Qualità dell'alimentazione</li> <li>▶ Utilizzo delle risorse economiche</li> <li>▶ Difficoltà con risorse energetiche distribuite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lungo ciclo di vita delle risorse</li> <li>▶ Congestione di rete</li> <li>▶ Invecchiamento della forza lavoro</li> <li>▶ Spesa in conto capitale/ costi operativi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Solida base di installazione</li> <li>▶ Connettività solida e interfacce</li> <li>▶ Soluzione su piattaforma</li> <li>▶ Ergonomia del bordo d'entrata</li> <li>▶ Piattaforma low code</li> <li>▶ Consapevolezza sulla sicurezza di alto livello</li> </ul>
<b>Produttori indipendenti di energia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Impianti (produzione / stoccaggio) distribuiti in una o più aree geografiche</li> <li>▶ Società di proprietà di / fondate da privati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Conformità ai codici di rete</li> <li>▶ Ammortamento degli investimenti</li> <li>▶ Gestione del parco di dispositivi</li> <li>▶ Fornitura di servizi di rete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Spesa in conto capitale/ costi operativi</li> <li>▶ Opinioni consolidate</li> <li>▶ Identificazione dello scarso rendimento</li> <li>▶ Interfaccia delle utility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Scalabilità / Interoperabilità</li> <li>▶ Analisi integrata / report</li> <li>▶ Integrazione nel centro di controllo</li> </ul>
<b>Commerciale e pubblico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Siti industriali</li> <li>▶ Entità commerciali e pubbliche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Riduzione dei costi energia</li> <li>▶ ISO 50001 / EDMS</li> <li>▶ Incentivi, gruppo statico di continuità</li> <li>▶ Infrastruttura di sistema senza interruzioni (IT / OT)</li> <li>▶ Mobilità elettrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Ammortamento degli investimenti</li> <li>▶ Trasparenza operativa</li> <li>▶ Non interruzione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Monitoraggio / ridondanza</li> <li>▶ Ottimizzazione dell'integrazione aperta (di terzi) tramite analisi</li> <li>▶ Integrazione orizzontale</li> </ul>
<b>Integratore di sistema</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Integratori di sistema hardware</li> <li>▶ Integratori di sistemi di ingegneria</li> <li>▶ Aziende di progettazione, approvvigionamento e costruzione (EPC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tecnologia complementare</li> <li>▶ Progettazione efficiente</li> <li>▶ Conformità ai codici di rete</li> <li>▶ Servizio di valore aggiunto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tempi di progettazione</li> <li>▶ Qualifica dei dipendenti</li> <li>▶ Adattamento a diverse esigenze</li> <li>▶ Mancanza di competenze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Engineering automatico</li> <li>▶ Soluzione modulare</li> <li>▶ Semplicità</li> <li>▶ Funzioni pronte all'uso</li> <li>▶ Indipendenza</li> <li>▶ Pacchetti di applicazioni</li> </ul>
<b>OEM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Produttori di tecnologia / apparecchiatura BESS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Ciclo di vita delle risorse</li> <li>▶ IUM / controllo locale</li> <li>▶ Servizi supplementari</li> <li>▶ Innovazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Integrazione della soluzione</li> <li>▶ Flessibilità dei fornitori</li> <li>▶ Prototipazione rapida</li> <li>▶ Tempi di commercializzazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Apertura / connettività</li> <li>▶ Indipendenza</li> <li>▶ Soluzione su piattaforma</li> <li>▶ Scalabilità</li> <li>▶ Esperienza comprovata a livello industriale</li> </ul>

Un'altra parte importante della catena di valore per il settore BESS è quella rappresentata dai produttori di tecnologie a batteria e dai ricondizionatori di batterie "second-life", grazie ai quali le batterie inizialmente usate come batterie per i veicoli elettrici ricevono una seconda prospettiva di vita.

Un altro importante gruppo è quello degli integratori di sistemi, che svolgono un ruolo essenziale nella costruzione delle strutture BESS.



## 5. Quali sono le best practice che possiamo definire per il funzionamento dei BESS?

Come è possibile attivare un BESS mantenendo al minimo i costi? In che modo il software può essere d'aiuto? E quali sono gli standard, i protocolli e le norme attualmente in vigore?

### 5.1. I componenti dei BESS

Per i sistemi di accumulo di energia basati su batterie, il sistema di conversione di potenza (PCS) fornisce la regolazione dell'alimentazione in entrata e in uscita tramite un inverter bidirezionale.

Caricando o scaricando l'energia in risposta a un segnale di partenza entro pochi millisecondi, un PCS consente al BESS di passare dalla modalità di stand-by alla capacità nominale completa in meno di due secondi (senza contare le latenze della comunicazione). Nel giro di alcuni millisecondi, un PCS risponde a un segnale elettrico e cambia il suo stato di carica. Questo tipo di transizione, pressoché istantanea, tra la carica e la scarica (e viceversa) consente di fornire servizi accessori ad alte prestazioni, come la regolazione della frequenza. (27)(28)

I moduli di batterie, un contenitore di stoccaggio con gestione termica, un sistema di conversione dell'energia, un sistema di gestione della batteria e un sistema di gestione dell'energia sono i tipici componenti di un sistema di stoccaggio dell'energia su batteria.

## 5.2. Tipi di batterie

Nei sistemi BESS si possono utilizzare vari tipi di batterie (29). Alcune delle principali sono riportate nella tabella qui di seguito.

<b>DI FLUSSO REDOX AL VANADIO</b> <p>Queste batterie hanno dimostrato la loro capacità di far fronte alla sfida di integrazione delle fonti di energia rinnovabili, come i parchi solari ed eolici. Per molti anni, la sensibilità alle alte temperature, i costi elevati e la ridotta capacità di accumulo di queste batterie hanno limitato una loro ampia diffusione.</p>	<b>DI FLUSSO AL POLIIODURO DI ZINCO</b> <p>La batteria di flusso al poliioduro di zinco, sviluppata nel 2015, viene usata per immagazzinare l'energia rinnovabile. Presenta un elettrolita con oltre il doppio della densità energetica, o dell'energia immagazzinata, rispetto alla seconda migliore batteria di flusso, ed è sempre più vicina a raggiungere la densità energetica delle batterie agli ioni di litio usate per i dispositivi elettronici portatili e alcuni veicoli elettrici di piccole dimensioni.</p>	<b>DI FLUSSO A BASE ACQUOSA ORGANICA</b> <p>Questa batteria, analogamente alla batteria di flusso al vanadio redox, genera energia pompando liquidi da serbatoi esterni verso uno stack centrale. Viene usata anche per l'integrazione delle rinnovabili. Quando verrà completato il suo sviluppo, ci si aspetta che la nuova versione costi meno di 180 \$ per kWh, ovvero il 60% in meno rispetto alle comuni batterie di flusso.</p>
<b>AGLI IONI DI SODIO</b> <p>Nonostante la loro elevata efficienza e un costo relativamente contenuto, lo sviluppo di questo tipo di batterie ad elevata densità energetica e con un lungo ciclo di vita si è rivelato difficile. In futuro, si prevede che la tecnologia agli ioni di sodio costituirà una valida alternativa al litio per l'accumulo dell'energia nella rete.</p>	<b>AGLI IONI DI MAGNESIO</b> <p>Le batterie al magnesio costituiscono un'opzione potenzialmente promettente per l'accumulo dell'energia perché rispetto alle batterie al litio presentano una maggiore capacità e un minor numero di problematiche legate alla sicurezza. Tuttavia, gli elettrodi sono difficili da produrre e si deteriorano rapidamente.</p>	<b>AGLI IONI DI LITIO</b> <p>I dispositivi elettronici portatili e i veicoli elettrici utilizzano abitualmente batterie agli ioni di litio. Si tratta di batterie ricaricabili contenenti due elettrodi: uno ha carica positiva e contiene litio, mentre l'altro ha carica negativa e solitamente è realizzato in grafite. Quando gli elettroni attraversano il filo che collega le due parti, si produce elettricità. Questo è un tipo di batteria ampiamente utilizzato per i progetti BESS.</p>

### Ioni di litio

I rapidi avanzamenti tecnologici hanno reso le batterie agli ioni di litio lo standard di settore per l'accumulo di energia su batterie. Per questo motivo, nel presente white paper ci concentreremo sui BESS con batterie agli ioni di litio.

La domanda mondiale di tecnologia mobile ha avuto un forte impatto sugli investimenti negli studi sugli ioni di litio. Questa tecnologia, grazie alla produzione in serie e alla disponibilità in più composizioni chimiche, ha conquistato una parte considerevole del mercato industriale dello stoccaggio dell'energia. Oggi, la maggior parte dei sistemi di stoccaggio dell'energia su batterie agli ioni di litio contano meno di 10 megawatt (MW). L'Hornsedale Power Reserve nell'Australia Meridionale è sede di uno dei maggiori stabilimenti BESS al mondo, un sistema di batterie agli ioni di litio da 100 MW (129 MWh).



Nel corso degli ultimi due anni, sono stati avviati numerosi progetti BESS con tecnologia agli ioni di litio e la loro capacità combinata supererà i 100 MW (30).

### 5.3. Specifiche della batteria

Quale tipo di batteria utilizzare, ad esempio quella agli ioni di litio, non è la decisione più importante da prendere quando si tratta di specifiche. Occorre prendere in considerazione alcuni aspetti, come ad esempio la potenza nominale consigliata.

Questo valore è correlato al concetto di C-rate, che nella terminologia dei produttori di batterie viene definito come "la capacità di una batteria indicata in Ah per un arco di tempo specifico (solitamente 1 ora, 10 ore o 20 ore)". Quando la capacità è espressa in relazione a un periodo di 10 ore, si usa l'abbreviazione "C10". In questo caso significa che una batteria 100 Ah<sub>10</sub> può essere scaricata a 10 A per 10 ore, fino a raggiungere la tensione minima. (31) Da un punto di vista del sistema, è fondamentale comprendere lo scopo per cui la batteria è stata progettata. Ad esempio, se una batteria viene impiegata per un BESS che non è stato pensato per la regolazione della frequenza, creerà un rischio per la sicurezza e potrebbe persino causare un incidente.

Per quanto riguarda le dimensioni della batteria, il C rate ottimale per evitare il sovradimensionamento, l'efficienza e la manutenzione necessaria durante il ciclo di vita, è essenziale conoscere il costo dei componenti della batteria. Il prezzo viene stabilito con l'aspettativa che il cliente voglia acquistare una particolare batteria utilizzabile al momento di fine vita (EOL). Tuttavia, nella pratica, il cliente paga per la capacità installata all'inizio del ciclo di vita (BOL).

### 5.4. Il ruolo del software

L'industria energetica e delle infrastrutture trae enormi vantaggi dall'uso di un software digitale altamente automatizzato. Nel settore, per via dell'aumento dei prezzi odierni dell'elettricità al dettaglio, l'importanza di monitorare l'energia consumata dai vari processi è aumentata.

Le informazioni rese disponibili da una soluzione di produzione e trasmissione dell'energia affidabile ed efficiente sono state raramente così cruciali. In questo senso, l'automazione

con software dei BESS (32) può contribuire a ridurre i costi, migliorare l'efficienza e promuovere la sostenibilità nel settore energetico.

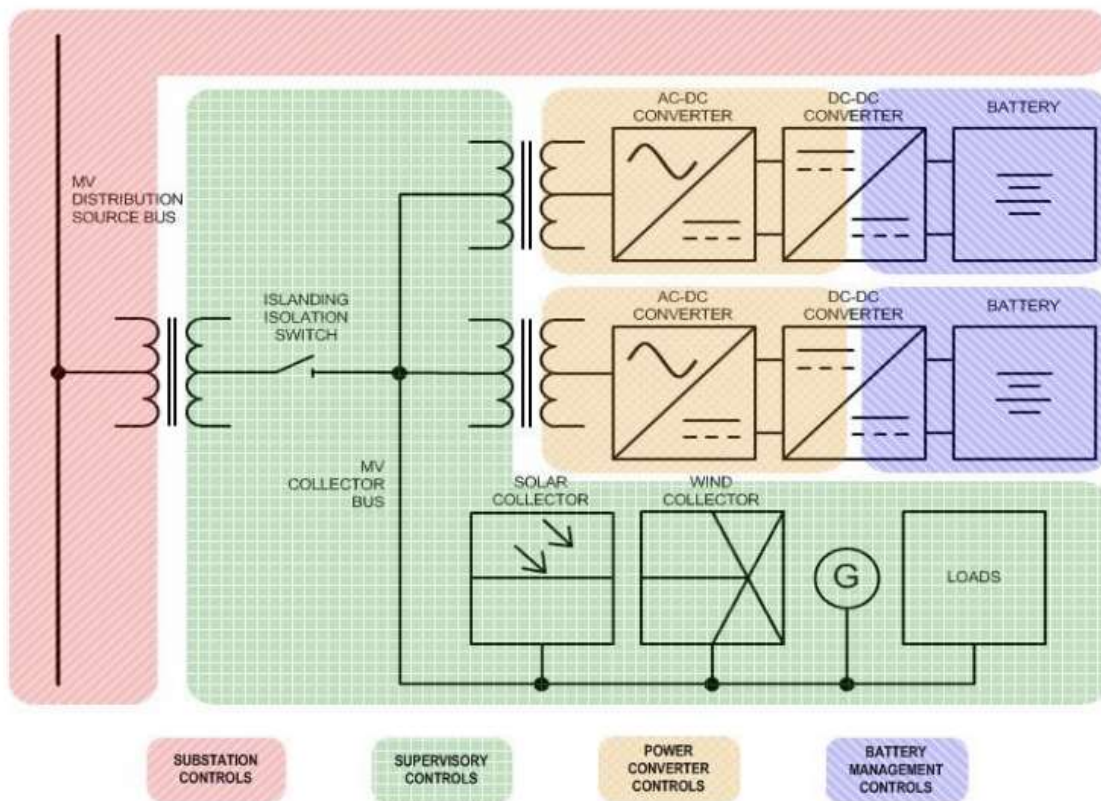
È necessaria una soluzione software HVAC dal momento che il controllo preciso delle temperature è un fattore importante sul piano dell'efficienza e della longevità delle batterie. I pacchi batteria sono raggruppati insieme in un rack e racchiusi in contenitori. Vi sono poi altri elementi ausiliari quali interruttori, sistemi di sicurezza e di rilevazione incendi che costituiscono una parte del pacchetto dell'hardware dei BESS.

Un sistema di gestione dell'energia (EMS) esistente può monitorare e controllare il flusso di potenza nelle reti usando i componenti BESS (moduli di batterie, sistema di gestione delle batterie e sistema di conversione di potenza).

Affinché un software sia adatto per i BESS, deve supportare l'uso dei principali standard e protocolli di comunicazione e degli altri standard fondamentali utilizzati nel settore.

## 5.5. Automazione e comunicazione

Il seguente schema illustra i componenti di una tipica soluzione di stoccaggio dell'energia, con riferimento all'architettura generica e ai controlli del BESS di CIGRE (33):



Source: CIGRE WG C6-30 brochure

Il modello CIGRE (33) può fornirci un'idea dei tipici elementi di costo. Occorre ricordare che è di cruciale importanza valutare il costo capitale iniziale dei BESS quando l'investimento fatto viene collegato a obiettivi di efficienza energetica.

Fornisce inoltre informazioni approfondite sui controlli richiesti all'interno dei BESS.

### Controlli della sottostazione

- **BUS fonte di distribuzione MT**

### Controlli di supervisione

- Interruttore di isolamento/separazione in isola

- BUS del collettore MT
- Collettore solare
- Superficie efficace di captazione (eolica)
- Carichi

### **Controlli del convertitore di potenza**

- Convertitore AC/DC

### **Controlli della gestione della batteria (BMC)**

- Batteria
- Convertitore DC/DC

L'infrastruttura di questa tecnologia richiede che siano disponibili diverse tecnologie di comunicazione:

- Alcune di queste sono emerse da altri settori, come l'automotive. Il CAN, un importante standard di comunicazione, ne è un esempio.
- Modbus, un protocollo legato al sistema di gestione della batteria, è altrettanto importante.
- Tra gli altri protocolli troviamo KNX e BACnet, che potrebbero essere correlati agli elementi ausiliari.
- Componenti di livello più alto, come quelli dei sistemi di gestione dell'energia o dei sistemi di controllo degli impianti, fanno uso di DNP3, IEC 61850 e IEC 60870-5.
- L'IEC 60870-5 entra in gioco quando un fornitore delle utility vuole collegare un impianto a batteria locale a una stanza di controllo delle utility o a un sistema di gestione delle risorse energetiche distribuite (DERMS).
- I protocolli IIoT come MQTT e OPC UA giocano un ruolo importante nelle aree dell'accesso remoto e del cloud computing.

Vista l'ampia gamma dei protocolli di comunicazione, l'industria apprezza le soluzioni software che possono soddisfare tutti i requisiti delle tecnologie di comunicazione.

## 5.6. Uno standard per la valutazione delle prestazioni BESS: il protocollo SNL/PNNL

Il protocollo SNL/PNNL (34) dimostra le possibili implementazioni dei BESS. Nella sezione seguente, tratteremo vari case study che descrivono l'implementazione dei sistemi di stoccaggio dell'energia a batteria.

Il caso d'uso sull'applicabilità del protocollo SNL/PNNL è composto da sette sezioni distinte:

- Livellamento delle punte di carico
- Regolazione della frequenza
- Microreti in modalità isola
- Stabilizzazione del fotovoltaico (PV)
- Volt/Var
- Qualità dell'alimentazione
- Controllo della frequenza

Il protocollo SNL/PNNL (34) riguarda le varie applicazioni di cui possono disporre i BESS, nonché i diversi modi in cui questi sistemi possono essere utili alle industrie del settore energetico.

- Controllo di sistema: per mantenere in equilibrio la produzione e il carico, è necessaria una pianificazione avanzata delle transazioni e della produzione, come anche il controllo in tempo reale di una parte di produzione.
- Fornitura reattiva e regolazione della tensione: la produzione o il consumo di potenza reattiva dai generatori al fine di mantenere entro intervalli accettabili i livelli di tensione nei sistemi di trasmissione.
- Regolazione: mantenimento dell'equilibrio tra generazione e carico all'interno di un'area di controllo, minuto per minuto, al fine di rispettare gli standard NERC.
- Riserva rotante: una capacità produttiva che è in rete ma senza carico e che è in grado di rispondere entro dieci minuti per compensare le interruzioni nelle fasi di produzione o trasmissione; si dice che sia in rete ma senza carico. La riserva rotante sensibile alla frequenza reagisce alle variazioni di frequenza nel sistema entro dieci secondi per mantenerlo stabile.
- Riserva supplementare: capacità produttiva che potrebbe essere fuori rete o carico che può essere ridotto e rispondere entro 10 minuti per compensare le interruzioni nelle fasi di produzione o trasmissione.
- Squilibrio energetico: su base oraria, correzione di eventuali incongruenze verificatesi tra le transazioni effettive e quelle che sono state programmate.

- Inseguimento del carico: regolazione in base alle richieste di spostamento imposte su base oraria e giornaliera.
- Fornitura di backup: produzione di energia disponibile in meno di un'ora, per integrare le riserve già esistenti o per l'uso nelle transazioni commerciali.
- Sostituzione della perdita di potenza reale: produzione che interviene in caso di perdite nel sistema di trasmissione e distribuzione.
- Programmazione dinamica: controllo in tempo reale che consente il trasferimento elettronico dell'uscita di un generatore o del carico di un cliente da un'area di controllo all'altra.
- Black Start: dopo un'interruzione di corrente, è la capacità di fornire nuovamente di energia una porzione della rete senza l'aiuto di fonti esterne.
- Stabilità della rete: azione immediata intrapresa in risposta ai disturbi a carico del sistema per preservarne sicurezza e stabilità.

## 5.7. Altri standard e protocolli per i BESS

L'offerta di standard applicabili ai progetti BESS dipende da una varietà di aspetti del progetto, tra cui i requisiti legali del paese. Inoltre, vi sono i criteri specifici del progetto, come i componenti del BESS, l'infrastruttura del BESS nel complesso, l'installazione del BESS, gli aspetti del BESS relativi alla sicurezza e i processi che riguardano l'interconnettività. (35)(36)

La tabella riportata di seguito esamina alcuni dei principali standard relativi alle installazioni BESS.

## Protocolli per l'industria energetica e delle infrastrutture

<b>MODBUS</b>	<p>"Il protocollo Modbus è un sistema di comunicazione basato su un'architettura client/server. Gould-Modicon lo ideò nel 1979 per mettere in comunicazione i propri controllori a logica programmabile". (37)</p>	<p>"Modbus può collegare un client (come un PC) a più server (ad es. sistemi di misurazione e controllo di processo). Ne esistono due versioni: una su porta seriale (EIA-232 e EIA-485) e una su rete Ethernet". (37)</p>
<b>CAN</b>	<p>"Il protocollo CAN è uno standard che è stato creato per far comunicare tra loro microcontrollori e altri dispositivi senza il bisogno di un host computer. Il protocollo CAN si differenzia dagli altri protocolli di comunicazione per la presenza di un bus di comunicazione di tipo broadcast. Questo è uno degli elementi che lo contraddistinguono. Il protocollo CAN è uno standard creato per permettere ai microcontrollori e ad altri dispositivi di parlare tra loro senza il bisogno di un host computer. Il protocollo CAN è diverso dagli altri protocolli di comunicazione perché ha un bus che funge da broadcast. Questo è uno</p>	<p>"Inizialmente, il protocollo CAN era stato introdotto per risolvere il problema della comunicazione dei componenti all'interno dell'auto. Successivamente, però, venne usato in vari altri campi per via delle funzionalità che era in grado di offrire". (38)</p>

	<p>degli aspetti che lo contraddistingue. Il processo dell'invio delle informazioni a tutti i nodi è detto broadcasting". (38)</p>	
<b>KNX</b>	<p>"Lo standard aperto KNX (v. EN 50090 e ISO/IEC 14543) è lo standard per eccellenza per l'automazione degli edifici commerciali e residenziali. I dispositivi KNX sono in grado di controllare un'ampia gamma di funzioni, quali illuminazione, riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC), allarmi, gestione energetica, impianti audio/video, elettrodomestici, monitor e sistemi di controllo remoto." (39)</p>	<p>"KNX è stato sviluppato sulla base di tre standard precedenti: i protocolli European Home Systems (EHS), BatiBUS ed European Installation Bus (EIB o Instabus). Consente l'uso di collegamenti Powerline, RF o IP. Le coppie intrecciate possono essere usate in una topologia di rete ad albero, lineare o a stella. I dispositivi di questa rete formano applicazioni distribuite e in questo modo possono funzionare in stretta cooperazione. I canali logici dei dispositivi sono modellati usando i modelli di interoperabilità con oggetti e tipi di punti di dati standard". (39)</p>
<b>BACnet</b>	<p>"BACnet è un protocollo ideato per le reti di automazione degli edifici. L'acronimo sta per Building Automation and Control Networks. È stato creato sulla base degli standard di ASHRAE, ANSI e ISO 16484-5. Sono presenti gateway che collegano gli elementi che partecipano alla comunicazione lato BACnet con altri sistemi di</p>	<p>"BACnet assicura che i dispositivi di vari produttori possano lavorare insieme se tutti i partner di progetto concordano su certi BIBB imposti dallo standard. Un BIBB (BACnet Interoperability Building Block) comunica al server e al client quali sono i servizi e le procedure che devono supportare per soddisfare un determinato requisito di sistema. Il documento Protocol</p>



	bus esterni e protocolli (come DALI, KNX o LON) affinché possano comunicare tra loro e con i sistemi di altre industrie". (40)	Implementation Conformance Statement (PICS) elenca tutti i BIBB, i tipi di oggetti, i gruppi di caratteri e le opzioni di comunicazione che un dispositivo può usare". (40)
<b>OPC-UA</b>	"L'OPC Unified Architecture (OPC UA) è uno standard per lo scambio dei dati. Si tratta di un'architettura orientata ai servizi (SOA) in grado di operare su qualsiasi piattaforma. OPC UA è l'ultima generazione di specifiche per la comunicazione per piattaforme aperte (OPC) creata dalla OPC Foundation. È molto diversa dalle versioni precedenti. Può trasportare i dati delle macchine (variabili di controllo, valori misurati, parametri, ecc.) e anche descriverli in un modo comprensibile alle macchine". (41)	"L'architettura OPC UA è un'architettura orientata ai servizi (SOA), e la sua struttura è composta da alcuni livelli". (41)
<b>MQTT</b>	"MQTT, noto anche come MQ Telemetry Transport, è un protocollo di rete aperto per la comunicazione macchina-macchina (M2M). Consente l'invio tra dispositivi di dati telemetrici sotto forma di messaggi anche quando le reti sono lente o hanno	"Un server MQTT (detto anche broker) detiene tutte le informazioni sui dispositivi coinvolti nella comunicazione. Per questo motivo, può essere utilizzato come database di stato. Pertanto, è possibile collegare piccoli dispositivi MQTT che non funzionano bene a un broker MQTT. I dispositivi possono quindi

	<p>una larghezza di banda limitata. I sensori e gli attuatori, i cellulari, i sistemi embedded nelle auto o nei portatili, e i computer ultraccessoriati sono tutti esempi di questo tipo di dispositivo". (42)</p>	<p>raccogliere dati e/o ricevere comandi mentre un broker MQTT crea un quadro complesso della situazione, che può essere valutata lì o da un potente dispositivo remoto". (42)</p>
<p><b>IEC 61850 Client/Server e GOOSE</b></p>	<p>Gli standard IEC 61850 si fondano sul concetto di definizione dei modelli e modellazione dei metodi per le tipiche informazioni che si trovano nelle applicazioni delle sottostazioni reali.</p> <p>Conformemente al principio GOOSE, un dispositivo trasmette dati tramite multicasting.</p> <p>Soltanto i dispositivi che hanno sottoscritto la ricezione (subscribe) riceveranno il messaggio.</p>	<p>"IEC 61850 è uno standard per la progettazione dell'automazione di sottostazioni elettriche. L'IEC 61850 rientra nell'architettura di riferimento per i sistemi elettrici sviluppati da Technical Committee 57 (TC57) della Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC). I modelli di dati astratti dell'IEC 61850 possono essere mappati su vari protocolli. Lo standard al momento include la mappatura su MMS (Manufacturing Message Specification), GOOSE, SMV e comprenderà (presto) Web Services. Questi protocolli possono operare sulle reti TCP/IP o sulle LAN delle sottostazioni usando la rete Ethernet commutata ad alta velocità per rispettare i tempi di risposta previsti dei relè di protezione, inferiori ai quattro millisecondi". (43)</p>
<p><b>IEC 61850 edizione 2 (certificato DNV GL)</b></p>	<p>Garantire l'interoperabilità dei sistemi della smart grid (44)(45)</p>	<p>L'obiettivo della IEC 61850 edizione 2 è quello di semplificare il processo di progettazione dell'IEC 61850 edizione 1. Chiarisce inoltre il</p>

		<p>modo in cui le versioni future dello standard continueranno ad essere interoperabili durante l'espansione dell'area di applicazione dello standard di base. Oltre a supportare la manutenzione, la messa in servizio e i test, la seconda edizione introduce la comunicazione ridondante a livello di porta di comunicazione. (46)</p>
<p><b>IEC 60870-5 (101/103/104)</b></p>	<p>101: si riferisce alle norme di accompagnamento, in particolare per le operazioni di telecontrollo di base.</p> <p>103: si riferisce alla norma complementare per l'interfaccia informativa di apparecchiature di protezione.</p> <p>104: si riferisce all'accesso alla rete con profili di trasporto standard per IEC 60870-5-101</p>	<p>La definizione dei sistemi di telecontrollo, utilizzati nei campi della progettazione elettrica e dell'automazione dei sistemi energetici, può essere trovata in questo standard (parte di IEC 60870). La parte 5 fornisce un profilo di comunicazione per la trasmissione dei messaggi di telecontrollo di base tra due sistemi che usano circuiti di dati permanenti e collegati in modo diretto. (47)</p>
<p><b>ICCP - TASE.2</b></p>	<p>Si tratta dell'Inter-Control Centre Communications Protocol, o ICCP. Lo standard IEC 60870-6-503 descrive in dettaglio il TASE.2 a livello dell'applicazione.</p>	<p>Tale standard definisce il protocollo al livello dell'applicazione, in modo che questa soddisfi i requisiti di cooperazione funzionale. Inoltre, specifica i requisiti per la presentazione e i livelli di relazione del TASE.2.</p> <p>Il protocollo TASE.2 deriva dal MMS (Manufacturing Message Specification). Le funzioni ICCP</p>

		<p>di base sono descritte sotto forma di insieme di "blocchi di conformità ". (48)</p>
<p><b>Unità remota e master DNP3</b></p>	<p>È l'ideale per la comunicazione remota con una larghezza di banda limitata e interruzioni frequenti, come nel caso di interruzioni di corrente in aree remote.</p>	<p>Il DNP3, conosciuto anche come IEEE Std 1815, è un insieme di standard di protocollo che definisce le regole della comunicazione computer-computer.</p> <p>DNP3 definisce due tipi di endpoint che comunicano tra loro: il master e l'unità remota, di cui presentiamo una definizione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il master</li> </ul> <p>Il master è costituito da un computer o una rete in uso in un centro di controllo. Questo computer ha un'elevata potenza ed è in grado di archiviare e visualizzare tutti i dati in ingresso provenienti da fonti remote.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'unità remota</li> </ul> <p>L'unità remota, anche nota come <i>slave</i>, è costituita da un computer usato nel campo. Questi computer remoti raccolgono dati da molti dispositivi di campo, tra cui i sensori di corrente e i trasduttori di tensione, e li trasmettono all'unità master. (49)</p>

<b>IEC 62056-21 (contatori energetici)</b>	IEC ha adottato e mantiene tuttora questo standard per la comunicazione con i contatori energetici. (50)	Si tratta di uno standard di protocolli internazionale per la lettura dei contatori elettrici. È pensato per funzionare tramite qualsiasi mezzo, anche Internet. Usando una porta seriale, un contatore trasmette dati in codice ASCII (modalità da A a D) o HDLC (modalità E) a un palmare nelle vicinanze (HHU). (51)
--	--	---

Qualsiasi software utilizzato in un'installazione BESS dovrebbe essere in grado di supportare gli standard e i protocolli presentati.

## 6. Conclusione

Il potenziale di mercato per i BESS dipende fortemente da una serie di fattori, tra cui le sue applicazioni. I BESS prevedono una serie di applicazioni da cui possono trarre vantaggio attori specifici lungo la catena del valore. Il compito dei sistemi di stoccaggio dell'energia a batteria è quello di provare sempre a massimizzare il valore, indipendentemente da chi lo usa e dove.

Ogni nuova tecnologia presenta le sue proprie funzioni e limitazioni, anche quando il suo scopo principale è quello di ripensare o rigenerare un sistema già esistente. Un BESS affidabile ed efficiente progettato per le applicazioni a livello industriale (52) potrebbe essere una nuova importante soluzione tecnologica per rispondere alla crisi energetica.

I BESS svolgeranno un ruolo importante nel modo in cui i paesi soddisfaranno le proprie esigenze energetiche guardando a un futuro globale con energia più sicura e sostenibile. La sostenibilità dovrebbe essere al centro della soluzione. Per questo, l'automazione software alla base della tecnologia BESS promuove una transizione energetica su scala globale più pulita ed equa, basata sulle rinnovabili.

Sono molti i parametri utili a comprendere a pieno gli investimenti nei BESS all'interno del settore (53). Tra questi, vi sono la capacità di immagazzinamento e l'intervallo di potenza in uscita. La capacità di immagazzinamento dell'energia rappresenta la quantità di carica o di energia che un dispositivo di accumulo può fornire in una singola scarica. Inoltre, la durata di vita è un importante fattore, come lo è l'efficienza energetica, che può essere definita in vari modi in base alla tecnica di accumulo impiegata.

Il tempo di ammortamento, l'affidabilità e la durata di vita utile della risorsa restano importanti metriche di cui gli investitori devono tenere conto (54). C'è molto in gioco e finora i dati sono ancora carenti. Entro il prossimo decennio, la tecnologia software, ad esempio quella utilizzata per il monitoraggio e la creazione di report nel settore della gestione delle prestazioni delle risorse, consentirà una maggiore fiducia negli investimenti, poiché si avranno a disposizione molti più dati.

La sostenibilità dovrebbe essere posta al centro della soluzione. Per soddisfare tali esigenze, l'automazione software alla base della tecnologia BESS promuove una transizione energetica su scala globale più pulita ed equa, basata sulle rinnovabili. L'automazione software dei BESS (55), risultato di un pensiero creativo, potrà fornire un contributo nelle sfide per la riduzione dei costi, il miglioramento dell'efficienza e la promozione della sostenibilità nel settore energetico.

## 7. Riferimenti bibliografici

1. Tam, K.-S. (2015). Energy storage technologies for future electric power systems. 26 (6.)-26 (6 .). 10.1049/ic.2015.0238.
2. Saur Energy International. 2022. *The Top 5: Largest Battery Energy Storage Systems Worldwide - Saur Energy International*. [online] Disponibile all'indirizzo: <<https://www.saurenergy.com/solar-energy-news/the-top-5-largest-battery-energy-storage-systems-worldwide>> [Consultato in data 5 settembre 2022].
3. Zogopoulos, Evgenios. 2021. "Battery Technology: A New Era Emerging." Energy Industry Review. 31 marzo 2021. <https://energyindustryreview.com/analysis/battery-technology-a-new-era-emerging/>.
4. 2022. *Nrel.Gov*. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/74426.pdf>.
5. Marnell, Kevin, Manasseh Obi, and Robert Bass. "Transmission-Scale Battery Energy Storage Systems: A Systematic Literature Review." *Energies* 12, n. 23 (2019): 4603. doi: <https://doi.org/10.3390/en12234603>.
6. "Global Battery Energy Storage Systems Market to Reach US\$12.9 Billion by the Year 2026." Canale di distribuzione dei comunicati stampa di NASDAQ OMX, 16 agosto 2022.
7. "BESS Opportunities In The Australian National Energy Market". 2022. *Nortonrosefulbright.Com*. <https://www.nortonrosefulbright.com/en-us/knowledge/publications/8ffe17e3/bess-opportunities-in-the-australian-national-energy-market>.
8. "Leclanché and Government of St. Kitts Agree to Build Largest Solar Generation Plus Storage Project in Caribbean: Fully Integrated Solar Photovoltaic and Lithium-ion Battery Energy Storage System Will Provide Clean and Reliable Energy for Residents of St. Kitts and Nevis." PR Newswire, 7 agosto 2019.
9. "US Patent Issued to the Regents of the University of California on July 12 for "Battery Energy Storage Control Systems and Methods for a Grid Tie Inverter Coupled to a Photovoltaic System" (California Inventors)." US Fed News Service, inclusa stampa statale, 13 luglio 2022.
10. Chemical, Industry Digest. "Solar Energy Corporation of India Invites Expansion of Interest for 1GWh Battery Energy Storage System." Chemical Industry Digest, 16 ottobre 2021.
11. "Carnival Corporation's AIDA Cruises and Corvus Energy Sign Agreement for World's Largest Battery Storage System for Passenger Shipping." Contify Energy News, 10 settembre 2019.

12. 2022. *Nrel.Gov*. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/74426.pdf>.
13. *www.copadata.com*. "KOMIPO: Zenon Controls the Energy Storage System at Jeju Sangmyeong Wind Power Plant (South Korea) Success Stories | COPA-DATA Group." Consultato in data 25 ottobre 2022. <https://www.copadata.com/en/news/success-stories/komipo-zenon-controls-the-energy-storage-system-at-jeju-sangmyeong-wind-power-plant-south-korea-279/>.
14. "Global Battery Energy Storage Systems Market to Reach US\$12.9 Billion by the Year 2026." Canale di distribuzione dei comunicati stampa di NASDAQ OMX, 16 agosto 2022.
15. Auer, Josef and Heng, Stefan, Smart Grids: Energy Rethink Requires Intelligent Electricity Networks (September 21, 2011). Disponibile su SSRN: Smart Grids: Energy Rethink Requires Intelligent Electricity Networks o Smart Grids: Energy Rethink Requires Intelligent Electricity Networks.
16. Deutsche Bank, A G Research. "Deutsche Bank Research". The above information does not constitute the provision of investment, legal or tax advice. Any views expressed reflect the current views of the author, which do not necessarily correspond to the opinions of Deutsche Bank AG or its affiliates. Opinions expressed may change without notice. Opinions expressed may differ from views set out in other documents, including research, published by Deutsche Bank. The above information is provided for informational purposes only and without any obligation, whether contractual or otherwise  
Pubblicazione: 2011
17. Ferreira, Vitor Hugo, Silva Correa Rubens Lucian da, Angelo Cesar Colombini, Má Fortes, Flávio Luis de Mello, de Araujo Fernando Carvalho Cid e Rodrigues Pereira Natanael. 2021. "Big Data Analytics for Spatio-Temporal Service Orders Demand Forecasting in Electric Distribution Utilities." *Energies* 14 (23): 7991. doi:<https://doi.org/10.3390/en14237991>.
18. Bellini, Joël Spaes ed Emiliano. "France's 'Virtual Power Line' Takes Shape." *pv magazine International*, 7 ottobre 2020. <https://www.pv-magazine.com/2020/10/07/frances-virtual-power-line-takes-shape/#:~:text=When%20it%20launched%20its%20Ringo%20large-scale%20solar%20project>.
19. *www.copadata.com*. "Potsdam Chamber of Crafts: Trailblazer of the Energy Revolution (Germany) Success Stories | COPA-DATA Group," 13 settembre 2022. <https://www.copadata.com/en/news/success-stories/potsdam-chamber-of-crafts-trailblazer-of-the-energy-revolution-germany-584/>.
20. Zhang, Tao, e Zechun Hu. "Optimal Scheduling Strategy of Virtual Power Plant with Power-To-Gas in Dual Energy Markets." *IEEE Transactions on Industry Applications* 58, n. 2 (1 marzo 2022): 2921–29. <https://doi.org/10.1109/TIA.2021.3112641>.



21. Law Insider. "Energy Storage Aggregator Definition," 6 settembre 2022. <https://www.lawinsider.com/dictionary/energy-storage-aggregator>.
22. Bls.gov. "Power Plant Operators, Distributors, and Dispatchers: Occupational Outlook Handbook: U.S. Bureau of Labor Statistics," 4 settembre 2019. <https://www.bls.gov/ooh/production/power-plant-operators-distributors-and-dispatchers.htm>.
23. Bls.gov. "Power Plant Operators, Distributors, and Dispatchers: Occupational Outlook Handbook: U.S. Bureau of Labor Statistics," 4 settembre 2019. <https://www.bls.gov/ooh/production/power-plant-operators-distributors-and-dispatchers.htm>.
24. Law Insider. "The Transmission System Operator Definition," 6 settembre 2022. <https://www.lawinsider.com/dictionary/the-transmission-system-operator>.
25. userwikis.fu-berlin.de. "Distribution System Operator - EnergyWiki - Userwikis Der Freien Universität Berlin," 6 settembre 2022. <https://userwikis.fu-berlin.de/display/energywiki/distribution+system+operator#:~:text=Distribution%20system%20operator%20%28DSO%29%20means%20a%20natural%20or>
26. magnuscmd. "Demand Aggregators, Will They Be the Breakthrough?" Magnus Commodities, 20 giugno 2016. <https://www.magnuscmd.com/demand-aggregators-will-they-be-the-breakthrough/>.
27. Hirst, Eric. Kirby, Brendan. Separating and Measuring the Regulation and Load Following Ancillary Services. Oak Ridge National Laboratory. Marzo 1999.
28. Singh, Nashvinder. "BESS Basics: Battery Energy Storage Systems for PV-Solar." [blog.norcalcontrols.net](http://blog.norcalcontrols.net/bess-battery-energy-storage-systems-pv-solar), 8 ottobre 2021. <http://blog.norcalcontrols.net/bess-battery-energy-storage-systems-pv-solar>.
29. energystorage.pnnl.gov. "PNNL: Energy Storage: Types of Batteries," 6 settembre 2022. <https://energystorage.pnnl.gov/batterytypes.asp>.
30. 2022. *Tristate.Coop*. [https://tristate.coop/sites/tristategt/files/PDF/TransmissionPlanningDocs/2020/20M%200008E\\_Appendix%20Supplemental%20Report\\_HDR%202020%20Energy%20Storage%20Report.pdf](https://tristate.coop/sites/tristategt/files/PDF/TransmissionPlanningDocs/2020/20M%200008E_Appendix%20Supplemental%20Report_HDR%202020%20Energy%20Storage%20Report.pdf).
31. "What Is C Rate In Battery? Revealed The 1 Letter C Mystery!". 2022. *Microtex*. <https://microtexindia.com/what-is-c-rate-in-battery/#:~:text=What%20is%20C%20rate%20in%20battery%20%3F%201,A%20means%20in%20this%20case%20500%20amperes.%20>.
32. "zenon Energy Edition For Energy Storage Systems | COPA-DATA". 2022. *copadata.com*. <https://www.copadata.com/en/industries/energy-infrastructure/energy-solutions/zenon-energy-storage-system/>.
33. Convener, Nikos, and Hartziairyriou. "Impact of Battery Energy Storage Systems (BESS) on Distribution Networks Based on WGC6.30 Report," 2018.

- <https://cigre.gr/wp-content/uploads/2020/02/Nikos-Hatziargyriou-CIGRE-SC-C6-former-Chairman-Impact-of-Battery-Energy-Storage-Systems-BESS-on-Distribution-Networks.pdf>.
34. Sandia National Laboratories. Consultato in data 30 agosto 2022. <https://www.sandia.gov/ess-ssl/publications/SAND2016-3078R.pdf>
  35. "Key Considerations For Adoption Of Technical Codes And Standards For Battery Energy Storage Systems In Thailand | USAID Clean Power Asia". 2022. *USAID Clean Power Asia*. <https://usaidcleanpowerasia.aseanenergy.org/resource/key-considerations-for-adoption-of-technical-codes-and-standards-for-battery-energy-storage-systems-in-thailand-2/>.
  36. "BESS Opportunities In The Australian National Energy Market". 2022. *Nortonrosefulbright.Com*. <https://www.nortonrosefulbright.com/en-us/knowledge/publications/8ffe17e3/bess-opportunities-in-the-australian-national-energy-market>.
  37. "Modbus." 2022. Wikipedia. 18 agosto 2022. <https://de.wikipedia.org/wiki/Modbus>.
  38. "CAN (Controller Area Network) Protocol - Javatpoint." n.d. [www.javatpoint.com](http://www.javatpoint.com) Consultato in data 13 ottobre 2022. <https://www.javatpoint.com/can-protocol#:~:text=The%20CAN%20protocol%20is%20a%20standard%20designed%20to>.
  39. Utenti Wikipedia. 2019. "KNX (Standard)." Wikipedia. Wikimedia Foundation. 24 marzo 2019. [https://en.wikipedia.org/wiki/KNX\\_%28standard%29](https://en.wikipedia.org/wiki/KNX_%28standard%29).
  40. "BACnet." 2022. Wikipedia. 27 febbraio 2022. <https://de.wikipedia.org/wiki/BACnet>.
  41. "OPC Unified Architecture." 2022. Wikipedia. 8 ottobre 2022. [https://de.wikipedia.org/wiki/OPC\\_Unified\\_Architecture](https://de.wikipedia.org/wiki/OPC_Unified_Architecture).
  42. "MQTT." 2022. Wikipedia. 27 settembre 2022. <https://de.wikipedia.org/wiki/MQTT>.
  43. "IEC 60870-6 ICCP/TASE.2 - D2000 V12 Documentation EN - Ipesoft Confluence". 2022. *Doc.Ipesoft.Com*. <https://doc.ipesoft.com/pages/viewpage.action?pagelId=17282639#:~:text=A%20profile%20for%20the%20Telecontrol%20Application%20Service%20Element,that%20it%20accomplishes%20the%20requirements%20for%20functional%20cooperation>
  44. Yann Picand, Dominique Dutoit. 2022. "IEC 61850 : Definition Of IEC 61850 And Synonyms Of IEC 61850 (inglese)". *Dictionary.Sensagent.Com*. <http://dictionary.sensagent.com/IEC%2061850/en-en/>.
  45. "ABB Receives IEC 61850 Certificates From DNV GL". 2022. *DNV*. <https://www.dnv.com/news/abb-receives-iec-61850-certificates-from-dnv-gl-73926>.
  46. Wimmer, Wolfgang. (2014). IEC 61850 Edition 2 and Engineering. pacworld.
  47. "IEC 60870-5 - Wikipedia". 2022. *En.Wikipedia.Org*. [https://en.wikipedia.org/wiki/IEC\\_60870-5](https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_60870-5).

48. "IEC 60870-6 ICCP/TASE.2 - D2000 V12 Documentation EN - Ipesoft Confluence". 2022. *Doc.Ipesoft.Com*.  
<https://doc.ipesoft.com/pages/viewpage.action?pageId=17282639#:~:text=A%20profile%20for%20the%20Telecontrol%20Application%20Service%20Element,that%20it%20accomplishes%20the%20requirements%20for%20functional%20cooperation>
49. "DNP3 (Distributed Network Protocol) & IEC 61850 | COPA DATA". 2022. *copadata.com*. <https://www.copadata.com/en/industries/energy-infrastructure/energy-insights/dnp3-distributed-network-protocol/>
50. "IEC 62056-21 Protocol Driver For Tridium Niagara". 2022. *Baudrate.io*.  
<https://baudrate.io/iec-62056-21-dlms-niagara#:~:text=IEC%2062056-21%20is%20a%20communication%20protocol%20often%20used,International%20Electrotechnical%20Commission%20for%20electricity%20metering%20data%20exchange>
51. "Iec62056-21". 2022. *Pypi*. <https://pypi.org/project/iec62056-21/>.
52. "Energy Sector – New Zealand's First Utility Scale Battery Energy Storage System (BESS) Gains Traction." *LiveNews.Co.Nz*, 7 marzo 2022.
53. Delille, Gauthier & Francois, Bruno. (2009). A review of some technical and economic features of energy storage technologies for distribution system integration. *Ecological Engineering and Environment Protection*.
54. Cone, Chris. 2022. "Battery Energy Storage Systems (BESS) - Worthwhile Investment?". *Renewable Energy World*.  
<https://www.renewableenergyworld.com/storage/battery-energy-storage-systems-bess-worthwhile-investment/>.
55. "zenon Energy Edition For Energy Storage Systems | COPA-DATA". 2022. *copadata.com*. <https://www.copadata.com/en/industries/energy-infrastructure/energy-solutions/zenon-energy-storage-system/>.



© Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH.

All rights reserved. This document is protected by copyright and may not be reproduced, utilized or photocopied in any form or by any means without permission in writing from Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH. The technical data contained herein have been provided solely for informational purposes and are not legally binding. The COPA-DATA logo, zenon, zenon Analyzer, zenon Supervisor, zenon Operator, zenon Logic and straton are registered trademarks of Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH. All other brands and product names may be the trademarks or registered trademarks of their representative owners. Subject to change, technical or otherwise.